

# 龍谷理工ジャーナル

Ryukoku Journal of Science & Technology



## 目 次

### 解 説

新しい対象・環境に対する投影型拡張現実感……………	藤 本 雄一郎…………	1
---------------------------	-------------	---

### 特集 学生の研究活動報告ー国内学会大会・国際会議参加記 39

2023 Ene-1 SUZUKA Challenge 参加報告書 ……………	村 井 隼 人…………	6
2023 Ene-1 MOTEGI GP 参加報告書 ……………	村 井 隼 人…………	8
MWE2023 に参加して ……………	中 尾 晃 大………… 山 木 健 弘	10
MWE2023 に参加して ……………	村 川 和 也…………	12
IDW に参加して ……………	伊 藤 良………… 中 川 聖 也	14
ナノポアを持つ Poly (2,6-dimethyl-1,4-phenylene) oxide による Coumarin 誘導体の吸着 ……………	山 脇 麻名音…………	16
ロイファナ大学リユーネブルク校に交換留学して……………	周 桐…………	18
EAS11 に参加して ……………	岡 明 澄…………	20
「The 12th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2023)」 に参加して……………	宇 賀 圭 佑…………	22
「The 12th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2023)」 に参加して……………	齊 藤 真 希…………	24
APMC2023 に参加して ……………	大 島 寛 矢…………	26
IWAIT2024 に参加して ……………	矢 野 太 一…………	28
International Workshop on Advanced Image Technology 2024 に参加して ……………	開 田 拓 翔…………	30
第 133 回人文科学とコンピュータ研究発表会に参加して ……	阪 口 直 樹…………	32



GCCE 2023 に参加して .....	田 邊 稜 汰.....	34
第 67 回宇宙科学連合講演会に参加して .....	辻 本 凌 我.....	36
第 72 回ネットワークポリマー講演討論会に参加して .....	須 藤 諒 大.....	38
複合現実感研究会での研究発表 .....	川 村 大 樹.....	40
複合現実感研究会に参加して .....	生 駒 峻 人.....	42
第 71 回複合現実感研究会での研究発表 .....	小笠原 駿.....	44
SSI2023 に参加して .....	安 田 尚 平.....	46
ハプティクス研究委員会 第 31 回研究会に参加して .....	丸 田 千 滉.....	48
a-IGZO メモリスタとキャパシタを組み合わせた抵抗変化 による初期状態依存型ニューロモーフィック・デバイス .....	國 本 雅 椰.....	50
膜電位リセット機能付きのメモリスタとキャパシタ回路 .....	澤 井 一 輝.....	52
Hf <sub>0.5</sub> Zr <sub>0.5</sub> O <sub>2</sub> をゲート絶縁膜に用いた a-IGZO TFT による 不揮発性電荷トラップメモリの特性 .....	篠 田 太 陽.....	54
Switching Characteristics of a-IGZO-based 3-layer ReRAM .....	中 祖 承 良.....	56
第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション, 第 80 回ユビキタスコンピューティング合同発表会 に参加して .....	池 田 颯.....	58
情報処理学会 第 205 回ヒューマンコンピュータ インタラクション研究会に参加して .....	江 南 柊 亮.....	60
第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション 研究会に参加して .....	田 中 美 優.....	62
「人工知能学会 合同研究会 2023」に参加して .....	高 井 知可史.....	64
学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加して .....	稲 田 萌 菜.....	66
2023 年度学生マイクロ波回路設計試作コンテスト に参加して .....	磨 谷 大 地.....	68
学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加して .....	富 井 海 祐.....	70
学生マイクロ波回路設計試作コンテストについて .....	青 野 賢 登.....	72
学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加して .....	小 島 拓 斗.....	74
消しゴム中のフタル酸エステル類の定性・定量と その他可塑剤の使用状況について .....	栗 原 萌 葉.....	76



2023 年室内環境学会学術大会の参加報告 .....	中 村 元 哉.....	78
応用音響研究会 (EA) に参加して .....	藤 岡 璃 乃.....	80
電子情報通信学会総合大会 2024 に参加して .....	川 原 妃 花.....	82
2024 年電子情報通信学会総合大会 .....	井 上 遼 一.....	84
ミリ波帯 PLL の低位相雑音化に関する基礎検討 .....	上 田 幸 繁.....	86
容量装荷型高 Q 共振器を用いた		
電磁界結合方式マイクロ波フィルタの開発.....	加 藤 謙 吾.....	88
2024 年電子情報通信学会総合大会に参加して .....	岡 田 涼 雅.....	90
ISS 特別企画「ジュニア&学生ポスターセッション」		
に参加して .....	東 畑 湧 登.....	92
映像表現・芸術科学フォーラム 2024 に参加して .....	中 池 天 音.....	94
日本音響学会 2024 年春季研究発表会に参加して .....	柴 田 夏 生.....	96
プロテウス効果による姿勢改善システムの研究 .....	北 浦 駿 平.....	98
インタラクション 2024 に参加して .....	中 内 悠 太.....	100
マーカーレスモーションキャプチャに基づく		
筋骨格モデル解析 .....	小 畑 碧 斗.....	102
メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会 (MVE)		
での研究発表 .....	三 枝 恭.....	104
液相析出法により作製した $\text{TiO}_2$ 薄膜の焼成と $\text{Ti}^{3+}$		
及び酸素欠陥の関係 .....	永 田 佳 大.....	106
日本セラミックス協会 2024 年年会に参加して .....	花 田 千 紗.....	108
情報処理学会第 86 回全国大会に参加して .....	青 木 雄 佐.....	110
KSM の動作の動的制御によるメモリ重複排除の効率化 .....	田 上 航 希.....	112
一般物体認識と画像生成 AI による要約画像の出力の研究 .....	土 橋 亮.....	115
「日本化学会第 104 春季年会」に参加して .....	近 藤 智 也.....	117
「日本化学会第 104 春季年会」に参加して .....	前 田 龍 冶.....	119
日本化学会第 104 春季年会に参加して .....	山 田 皓 貴.....	121
日本化学会第 104 春季年会での発表を終えて .....	妹 背 帆 高.....	123
日本化学会第 104 春季年会 .....	齋 田 颯 心.....	125
日本化学会第 104 春季年会 .....	山 岡 湖ノ波.....	127
2024 年第 71 回春季応用物理学会に参加して .....	前 田 直 輝.....	129



第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	池 田 隼 人.....	131
液相析出法による酸化スズ薄膜の作製と そのペロブスカイト太陽電池の電子輸送層への応用 .....	黒 川 聖 也.....	133
第 71 回応用物理学会春季学術講演会 パルスレーザー堆積法および ECR プラズマスパッタリング法 によるアモルファス炭素薄膜の作製とその電気化学特性 .....	長 島 捷 悟...	135
応用物理学会に参加して .....	深 尾 雄 也...	137
スパッタリング法を用いた MoS <sub>2</sub> 合成 .....	木 村 智 史...	139
「第 71 回応用物理学会春季学術講演会」に参加して .....	松 田 侑 真...	141
窒化ガリウム発光ダイオードの特性評価とワイヤレス駆動 .....	吉 井 大 和...	143
第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	阪 本 樹乃里...	145
パルスレーザー堆積法および ECR プラズマスパッタリング法 によるアモルファス炭素薄膜の作製とその電気化学特性 .....	田 畑 優輝人...	147
液相析出法による酸化スズ薄膜の作製と そのペロブスカイト太陽電池の電子輸送層への応用 .....	辻 優 奈...	149
4-アミノ安息香酸を表面修飾したアモルファス炭素薄膜の 電気化学特性評価 .....	平 西 美 穂...	151
第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	邢 健 輝...	153
第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	杉 野 智 之...	155
第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	田 中 瑞 貴...	157
第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	西 塚 直 之...	159
第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	藤 友 雄 也...	161
第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加して .....	森 田 希 望...	163

## 彙 報

2023 年度 先端理工学部・理工学部・理工学研究科 就職先一覧

2023 年度 先端理工学部・理工学部・理工学研究科 業種別就職状況

2023 年度 学会発表等一覧

2023 年度 龍谷大学理工学会 会計報告



# 新しい対象・環境に対する投影型拡張現実感

藤 本 雄一郎  
Yuichiro FUJIMOTO

先端理工学部知能情報メディア課程 准教授  
Associate Professor, Intelligent Media Informatics Course



## 1. はじめに

2024年4月に知能情報メディア課程に着任いたしました藤本雄一郎です。拡張現実感（AR）技術、バーチャルリアリティ（VR）技術により、人が何かをよりよく行うための支援や、スキルを効率よく身につける訓練のためのシステム・手法に関する研究をしています。本解説では、その中で、精力的に取り組んでいる研究の一つである、「投影型拡張現実感」の研究についてご紹介いたします。

## 2. プロジェクションマッピング

ARはコンピュータで作られた情報を現実世界に重畳表示する技術ですが、その情報の表示に、頭部装着型ディスプレイやスマートフォンではなく、プロジェクタを使用するものを投影型拡張現実感と呼びます。近年では、ほぼ同質のプロジェクションマッピングという用語の方がポピュラーですので、本稿でもこれ以降はこの用語を使用いたします。プロジェクションマッピングは、東京駅や大阪城、ディズニーランド、最近では東京都庁舎等の大きな建物などを対象として、対象物の元の形状を活かしながら、あらかじめ作成された美しい画像や動画を投影することで、視覚効果を楽しむショーとして、人気

を博しました。しかし、本来のプロジェクションマッピングは、投影像により実存する物体の見た目を变化させる、情報を付与するという、より広範なものであり、もっと多様な可能性を持った技術です。本解説では、プロジェクションマッピングの応用範囲を広げるために私が行った研究を3点紹介させていただきます。

## 3. 柔軟物体へのプロジェクションマッピング

前述のとおり、当初、プロジェクションマッピングの主な対象は大きな建物や、展示場に配置された車などの、動くことがなく、また形状も変化しないものでした。これに対し、容易に形が変形し得るものにも投影できると、プロジェクションマッピングの適用範囲がより広がるだろうと考え開始したのがこの研究です<sup>[1]</sup>。投影対象として、まずは、手で容易に変形できるシリコンシート（20x30cm程度の大きさ）を想定しました。建物等の静止した剛体に投影する場合、プロジェクタに対する対象物の3次元的位置は固定であるため、あらかじめそれらを合わせるだけで、プロジェクションマッピングが実現可能です。一方、形が動的に変化する物体に投影を行う場合、その変換の前後で投影画像の各部と、対象物の各部の関係性をシステムが把握する必要があります。



あります。最もシンプルにそれを実現するのは、対象物の表面にカメラなどで観測が容易な見た目の基準（いわゆるマーカ）を配置することです。しかし、通常のマーカでは不十分で、以下の3点の要件を満たす必要がありました。

**要件 1. 局所的な位置が認識できる。遮蔽に頑健である**

**要件 2. 人の目に見えない**

**要件 3. 対象面が任意の局面でも認識できる**

要件 1 について、まず、通常のマーカ（例えば、白黒の矩形マーカ）とは異なり、ある領域がカメラにより観測された際に、それが対象中のどこに位置するかを、可能な限り密にシステムが把握する必要があります。そのために、[2] で提案されている格子状のマーカパターンを使用しました。これは、白黒の小さな矩形を格子状に並べたもので、4x4 つの矩形領域をみると、同じ白黒の組み合わせの領域が他に存在しない特殊な構造をもっており（これを局所的な一意性を有すると言います）、当該目的に合致していました。次に、要件 2 について、上記のマーカは白黒で構成されており、およそ半分の領域が黒ですので、そのまま使用すると、投影光を大いに邪魔してしまいます。そのため、可能な限り面積を小さくした点として、黒領域を表現することとしました。さらに、人の目により見えにくくするために、半透明な再帰性反射材を使用して黒領域を置き換えました。ご存じの通り、再帰性反射材は光を入射方向に反射するため、赤外ライトと組み合わせて使用する赤外カメラで非常に明るく観測されます。3 について、基とした論文<sup>[2]</sup>では、マーカパターンは平面上に配置されることを想定しているのに対し、今回の利用では対象面は任意曲面であるため、新しい認識アルゴリズムが必要でした。これについて、対象領域を大きさの異なる小領域にピラミッド上に分割し、その中で個別の ID 認識を行い、それらを各再帰性反射点への投票により、再統合するという

手法を提案しました。各領域は並列処理が可能であるため、処理の高速化にもつながります。これらの工夫により、任意の形状のシリコンシートにピタッと貼りついたかのような投影が可能となりました（図 1 上）。

また、その後の研究でこれらの処理を高速化し、布に応用することで、白地の T シャツへの動的な投影を可能にする応用も構築しました（図 1 下）。T シャツは人が着ると動きますし、表面の形状も変化しますが、それに追従して投影することが可能となりました。その後、より高速・頑健なアルゴリズムも提案され、今でこそ、このようなプロジェクションマッピングは目新しいものではなくなったかもしれませんが、私が最初に実現した技術であると自負しています。

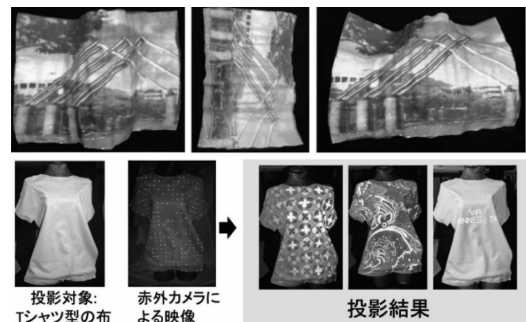


図 1 柔軟物体へのプロジェクションマッピング  
(上) シリコンシートへの投影例、(下) T シャツ型の布への投影例

#### 4. 食品をよりおいしそうに見せるプロジェクションマッピング

次に、全く異なる応用として、食品に対するプロジェクションマッピングの研究についてご紹介します（図 2）。食べ物の見た目は人の食べ物の印象に大きな影響を与えます。レストランや居酒屋、カフェなどで美味しそうな食べ物を目にしたとき、または自分で調理して美味しそうな料理ができたとき、スマートフォンなどで写真を撮影する方も多いと思います。画像の撮影時、自動で画像処理が適用され



たり、撮影後、自分で画像処理アプリにより、ライティングや色味を調整することで、より美味しそうにみせることは日常的に行われます。そのような「画像中の食品」に行う見た目の調整を、「実環境の食品」の見た目に行えたら面白いという素朴な発想から、この研究を開始しました。応用例としては、レストランの店先においてある食品サンプルをより美味しそうに見せることによる販促や、苦手な食べ物を克服するための食育などを想定しました。

まずは、多様な食品画像を集め、人の印象に影響を与える見た目のパラメータを絞り込むために、クラウドソーシングでアンケートを行いました。その結果を基に、カメラで計測した食品画像を、画像上で輝度や彩度、局所的な色味等のパラメータを調整し、実環境でもそう見えように投影を行うプロトタイプシステムを作成するとともに、人が食品の見た目から想像する美味さの印象値（Degree of Deliciousness from Appearance）を定義しました。その後、リングや寿司、ステーキなどの食品や食品サンプルを用意し、そのそれぞれに事前に手動でパラメータ調整を行った投影を参加者に見てもらい印象評価実験を行いました。すると、一般的な環境光（白色 LED 照明下）よりも、印象値が有意に高くなる投影条件が、全ての食品に対して確認されました<sup>[3]</sup>。この結果は、適切な投影を行えば、食品の見た目を改善できるプロジェクションマッピングが実現できることを示しています。しかし、現状は投影のパラメータを事前に手動で決定し、たくさんの投影条件を経験的に見せただけですので、応用によっては実用的ではありません。

そのため、次に、各食品に対して、適切な投影パラメータをシステムが自動的に調整する手法を検討しました<sup>[4]</sup>。この手法実現のためには、人が見た目から想像する美味さの印象値と、カメラが計測した食品の画像から計算され得る特徴量の関係性をモデル化する必要があります。このために、まずは多様な投影光条件を異なる食品に対して設定し、その投影結果の画像を作成し、各対称・各投影条件に対す

る印象値をクラウドソーシングで収集しました。ここで問題になるのは、実環境で投影された食品の見た目に対する評価と、それを撮影した食品画像に対する評価の間には、ずれが生じることです。そのずれが生じにくい評価方法として、2条件を比較させる一対比較法を採用して、この印象値収集を行いました。測定後、対象を一般化するために、食品をいくつかの一般的なカテゴリ（果物、デザート、肉料理等）でグルーピングし、各カテゴリに対して印象値と各画像特徴量の関係性をモデル化しました。このモデルを基に、任意の食品に対して、適切な可能性が高い投影画像を自動生成するプロジェクタカメラシステムを構築しました。このシステムでは、まず、カメラで計測された物体に上記の食品カテゴリ認識をかけます。次に、認識されたカテゴリに対応するモデルを用い、入力画像から、現在の（推定）印象値を算出します。そして、（推定）印象値が現状よりも高くなっていくように漸次的にパラメータを更新して再度投影を行います。この処理をパラメータ更新が収束するまで繰り返します。この手法についても効果を確認めるユーザスタディを行ったところ、リングやパンや唐揚げのように、ある程度テクスチャが均一な対象に対しては良好な結果を得ました。特に唐揚げのような揚げ物は、揚げたてのように見えるということで、参加者から大変好評でした。一方、図2の寿司の盛り合わせのように、複数の異なる見た目の物体が含まれる対象では現状の簡易的なモデルでは上手くいっておらず、モデル改善が今後の課題です。

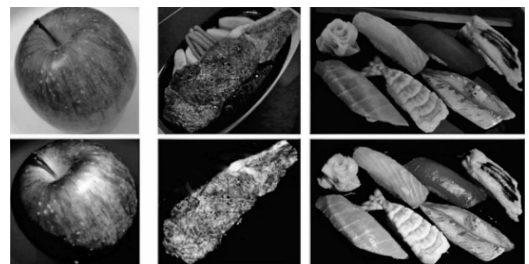


図2 食品をより美味しそうに見せるプロジェクションマッピング



## 5. 明所でのプロジェクションマッピング

最後に明るい環境でプロジェクションマッピングを行うための技術提案について紹介します<sup>[5]</sup>。従来のほとんどのプロジェクションマッピングは、夜の屋外や、電気を消した屋内など、暗い場所で使用されていました。もちろん、暗い環境の方が投影光が綺麗に見える、ということが理由の一つですが、応用によっては提示された情報が視認できれば十分な場合もあります。工場での組み立て作業の手順を示すような作業支援用のプロジェクションマッピングがその一例です。他方、明るい環境においてプロジェクションマッピングが困難となる別の技術的な理由として、プロジェクタとカメラの位置合わせ（カメラなどによる計測を伴う事前準備）が困難となる、という問題があります。これを解決すれば、明るい環境でも投影が行えるようになり、プロジェクションマッピングの応用範囲が広がるのではと考え、この研究を始めました。

一般的に、この位置合わせには、まずプロジェクタとカメラの各画素の対応関係を高い精度・高い密度で求める必要があります。しかし、環境中の光が強いと、カメラのダイナミックレンジの制約により、明るい場所と暗い場所を両方一度に綺麗に撮影するのが難しく、この対応関係取得が困難となります。そこで、この研究ではイベントカメラという特殊なカメラを使いました（図3）。普通のカメラでは各ピクセルにて、光の入射量に応じた輝度値を画像として出力しますが、イベントカメラでは「過去と比較して、光の量が一定以上変化したピクセルの場所」と「変化の方向（明るくなった、もしくは暗くなった）」と「変化が起きた時間」だけを出力します。この光の量の変化を「イベント」と呼んでいます。つまりイベント「カメラ」といいつつも、いわゆる画像は出力されません。一見するとこれは普通のカメラにも劣っているように見えますが、この特殊な構造により、各ピクセルが独立して動作するようになっており、遅延が極めて小さく抑えられて

います。また、人の目とはほぼ同等の広いダイナミックレンジを有する、小さなコントラスト変化を敏感に取得可能、などの上記の問題に適した特性を生み出しています。

本研究では、このイベントカメラの特性を生かして、各微小領域ごと異なる周波数で点滅する投影パターンを提案し、それらを周波数推定することで、各位置をコーディングすることを考えました。この手法はうまくいき、通常のプロジェクタカメラではキャリブレーションが上手く行えない、2000luxを超える明るさ（明るいオフィスが400～800lux程度）の面でもキャリブレーションが行え、欠損なく3次元形状計測と投影が行えることを示しました。

この手法の応用先の一例としては、テニス（屋内コート）、アイスホッケー、体操などの訓練や観客への情報提示が挙げられます。今後は、上記の遅延が小さいという特性を活かし、例えば、明るいスケートリンクでアイスホッケーのバックに投影するなど、非常に高速に動作する対象物に対する投影技術を研究していきたいと考えています。

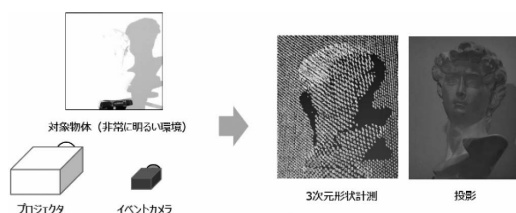


図3 明所でのプロジェクションマッピング

## 6. おわりに

本稿では、プロジェクションマッピング（投影型拡張現実感）の応用範囲を広げるために行った研究を3点紹介させていただきました。前述のとおり、本来のプロジェクションマッピングは、投影像により実存する物体の見た目を変化させる、情報を付与する、というより広範なものであり、一般に認知されているよりも、もっと多様な可能性を持った技術であると思います。今後もこの技術の可能性を広げる研究を行いつつ、人に役立つ使い方を模索してい



きたいと考えています.

#### 参考文献

- [ 1 ] Yuichiro Fujimoto, Ross T. Smith, Takafumi Taketomi, Goshiro Yamamoto, Jun Miyazaki, Hirokazu Kato, and Bruce H. Thomas, Geometrically-correct projection-based texture mapping onto a deformable object, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG), Vol.20, No.4, pp.540-549, 2014.
- [ 2 ] Istvan Szentandrasei, Michal Zacharias, Jiri Havel, Adam Herout, Marketa Dubska and Rudolf Kajan, Uniform marker fields: Camera localization by orientable de bruijn Tori, In Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2012), pp.319-320. IEEE, 2012.
- [ 3 ] Yuichiro Fujimoto, Projection Mapping for Enhancing the Perceived Deliciousness of Food, IEEE Access, Vol.6, No.1, pp.59975-59985, 2018.
- [ 4 ] Yuichiro Fujimoto, Food Appearance Optimizer: Automatic projection mapping system for enhancing perceived deliciousness based on appearance, In Proceedings of IEEE Virtual Reality Conference 2019 (IEEE VR2019), pp.927-928, Poster, Osaka, Japan, 2019.
- [ 5 ] Yuichiro Fujimoto, Taishi Sawabe, Masayuki Kanbara, Hirokazu Kato, Structured Light of Flickering Patterns Having Different Frequencies for a Projector-Event-Camera System, In Proceedings of IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (IEEE VR 2022), 2022.



## 2023 Ene-1 SUZUKA Challenge 参加報告書

村 井 隼 人

Hayato MURAI

機械工学・ロボティクス課程 4年

表 2 KV-Moto 車両概要

ベース車体	DOPPELGANGER lackmax 202-DP
車体重量 (kg)	12
使用モータ	Leaf Bike Technology LBF36250GR

### 1. はじめに

2023年7月30日に鈴鹿サーキットで行われた Ene-1 SUZUKA Challenge に KV-40 と KV-Moto クラスで参加した。

### 2. 大会概要

この大会は Panasonic 製単三ニッケル水素電池「eneloop」40本を動力源とした車両で鈴鹿サーキットを走行し、競技を行う。KV-40 クラスはフルコースの鈴鹿サーキットを3周走行し、その走行距離またはタイムを競う。KV-Moto クラスは東コース1周のタイムと30分間の周回数と走行距離を競う。中学生部門から一般部門まで幅広い世代のチームが参加しており、総エントリー数は140チームを超える。

### 3. 目的

この大会に参加することにより、新たに製作した車体と新規モータでの走行データを取得する。そして、取得したデータから更なる改善点を明らかにすることを目的とする。

### 4. 参加車両に関して

#### 4.1 車両概要

車両の概要を表1、表2と図1、図2に示す。

表 1 KV-40 車両概要

全長×全幅×全高 (mm)	2800×700×600
トレッド×ホイールベース (mm)	510×1350
車体重量 (kg)	26.5
使用モータ	MITSUBA M0348-V II
使用コントローラ	MITSUBA M01048C-278



図 1 KV-40 参加車両



図 2 KV-Moto 参加車両

#### 4.2 主な変更点

昨年に参加した SUZUKA Challenge より以下に示す3点の改善，変更を行った。

- ① KV-40 Div1 クラス用マシンのモータ変更
- ② KV-40 用木製フレーム，カウルの新規製作
- ③ KV-Moto 用車両の新規製作

紙面の都合上，上記の①に関して記述する。

##### 4.2.1 KV-40 Div1 クラス用マシンのモータ変更

昨年度はモータの動力をチェーンで伝達するマシンであったが，今年度は DD モータを使用して参



加した。DD モータで重量制限のない Div1 クラスに出場することは初めてであった為、積算電流のデータは特に重要であった。

レースで上位を狙うには、より少ない積算電流で長距離を走行する必要がある。今回の Ene-1 SUZUKA Challenge において、実際に使用した電池に充電された電気量を表 3 に示す。

表 3 各電池の充電された電気量

名称	充電された電気量(mA)
電池A	1887
電池B	1857
電池C	1832
電池D	1854

これらの電池でサーキットを 3 周走行する必要があるが、電池を消耗すると電圧降下が起き、走行のためにより多くの電気を使用することになる。

したがって、充電された電気量の約 1900mA を 3 周で割って 1 周あたりに約 630mA ずつ使用することはできず、3 周目で積算電流が最も多くなるので、1 周目と 2 周目で消費する電気量を少なくする必要がある。

そこで、サーキットのどの区間で電気を消費しているか明らかにすることで、電力消費削減方法の検討が可能になると考えた。

## 5. 大会結果

結果としては、KV-40 は Div1b (大学・高専・専門学校) クラス 2 位、総合 37 位、パワーアカデミー 36 分賞受賞、KV-Moto は Div1a (一般) クラス 12 位、総合 30 位であった。

ただし電圧・電流の詳細な走行データは、データロガーが故障したため取得できなかった。

1 周目の走行距離と積算電流の関係を図 3 に示す。

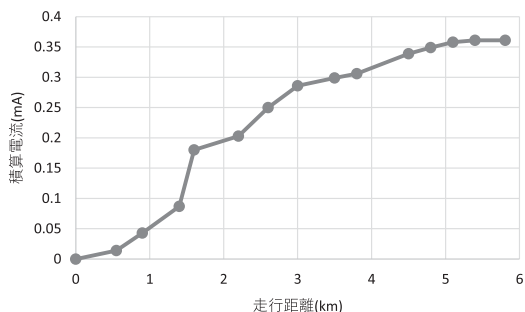


図 3 速度と積算電流の関係

図 3 より、1 周目の積算電流は 0.361mA で、コースの前半部分の 3km 地点までの積算電流が 1 周のうちの 79% を占めていた。特に 1.5km 付近の上り勾配が 7.8% の NIPPO コーナーでの積算電流は全体の 26% であった。

## 6. 考察と今後の展開

図 3 のように、コース前半での電池容量の消費が大きいことから、完走を前提としてさらなるタイムアップを狙うには、前半の S 字からヘアピンカーブまでの積算電流の増大に留意する必要がある。上り坂での積算電流の増加を抑えるには、速度を出し運動量を大きくすることが重要である。またこれは結果としてタイムアップに繋がると考えられる。そのため、速度を保った走行法を実践できるよう努めたい。

## 7. おわりに

親身になりご指導いただいた、野口佳樹講師に深く感謝いたします。今後さらなる改良に取り組んでいく所存です。

## 参考文献

- (1) 2023 Ene-1 KV-40 統一規則書  
付則 1 Ene-1 SUZUKA Challenge KV-40  
特別規則 ELAVATION



## 2023 Ene-1 MOTEGI GP 参加報告書

村 井 隼 人  
Hayato MURAI

機械工学・ロボティクス課程 4年

### 1. はじめに

2023年10月15日にモビリティリゾートもてぎで開催された「2023 Ene-1 MOTEGI GP」に参加した。

### 2. 大会概要

Ene-1 MOTEGI GP はモビリティリゾートもてぎの西コース約1.5kmを、充電式単三電池「eneloop」40本を動力源とする自作の電気自動車です。どれだけ多く周回できるか競う大会である。この大会は中学生から一般まで広い世代のチームが参加しており、今年の総参加台数は70台であった。

今大会はマシン重量制限のない「KV-40 Div1」カテゴリに参加した。なお、このカテゴリの参加台数は47台であった。

### 3. 目的

Ene-1 マシンのさらなる改良を目指し、2023 Ene-1 MOTEGI GP に参加することにより、レースでの積算電流値や電圧の推移といった走行データを取得することを目的とした。

### 4. 大会の進行について

決勝前日にフリー走行が予定されており、そこでの天候は晴れ、昨年の大会とほぼ同じコンディションで走行できた。しかし、大会当日は雨により、予定されていた予選は中止となり、フリー走行となった。これによりグリッドは抽選で決定されることとなった。抽選の結果、14番グリッドからのスタートに決まった。

### 5. 参加車両について

今大会に参加した車両は2023 Ene-1 SUZUKA Challenge で走行したマシンを改良したものである。参加車両を図5-1に示す。



図 5-1 Ene-1 MOTEGI GP 参加車両

今大会は、私たちが経験する初めての雨のレースとなった。製作したマシンも雨天での走行は初であったため、雨対策として溝のついたタイヤを装着し、図5-1のように前方の視界を確保するため、カウルのスクリーンを取ってワイヤで補強した。

そのほか鈴鹿での大会からの変更点は、アナログメーターの追加、ステアリングのガタの低減である。搭載したアナログメーターを図5-2に示す。

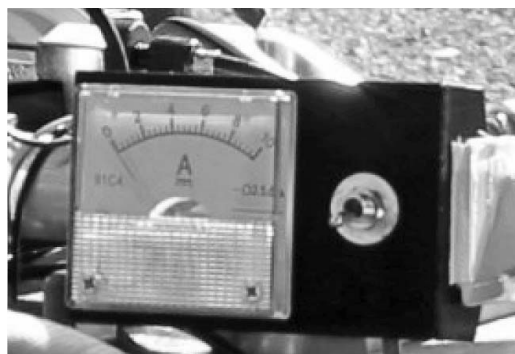


図 5-2 アナログメーター

図5-2のアナログメーターは電流の値が表示される。従来使用していたデジタルメーターよりも大きいことから、視認性がよい。



ステアリングのガタつきは、汎用のベアリングホルダを用いた為であった。これは内蔵されているベアリングの数が1つであったため、新たにベアリングが2つ内蔵されたベアリングホルダを製作し、ガタつきを低減させた。

続いて、マシンの概要を表 5-1 に示す。

表 5-1 マシン概要

全長×全幅×全高 [mm]	2800×700×550
車体重量 [kg]	30.5
使用モーター	ミツバ M0348D-V II ダイレクトドライブ

## 6. 結果

決勝レースにおいて 13 周を 1:09'57.669 で走り切り、完走した。Div1 カテゴリでは 47 台中 27 位、Div1b カテゴリ（大学・高専部門）では 12 台中 8 位の結果であった。

## 7. 考察

今回の大会においては、大会前日のフリー走行と大会当日の決勝レースで天候が異なった。フリー走行で得た積算電流の値を決勝レースで活用しようと考えていたが、タイヤを交換したりカウルに開口部を設けたりしたことにより、2 日間で条件の異なる積算電流の推移を得た。

前日のフリー走行と決勝レースでの積算電流の推移を図 7-1 に示す。

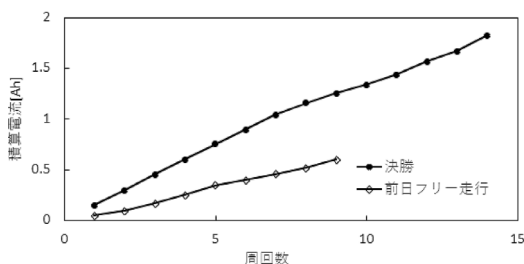


図 7-1 前日のフリー走行と決勝レースでの積算電流の推移

図 7-1 は、ドライバーがデジタルメーターに表示される値を読み取り、記録したものである。決勝では 13 周分の積算電流のデータを記録できたが、前日のフリー走行では時間の制約があり、午後に 2 回走行した際のデータを結合し、通算で 9 周分のデータとして記録した。

図 7-1 より、フリー走行と決勝で積算電流の値に差があることがわかる。決勝の方が大きく、前日のフリー走行の方が積算電流の推移が低く抑えられている。

決勝とフリー走行で 9 周目までのデータを比較すると、1 周目は 50mAh だった差が、2 周目に 155 mAh、3 周目には 231mAh と、每周ごとに使用積算電流値の差が開いていった。そして、1 周ごとに使用した積算電流は、割合にして決勝ではフリー走行時の 1.94 倍であった。

決勝の方が大きな積算電流値となっているのは、雨に対応すべく溝付きのタイヤを使用したことにより、転がり抵抗が増加したことや、カウルの前方を切り取ったことにより、前からの風が大きな抵抗となったことも要因として考えられる。

なお、決勝ゴール後ピットに戻ってきた際の積算電流の値は 1822mAh であった。そして、決勝レースで使用した電池のうち、最も充電量が少なかったものは 1829mAh である。積算電流の値は充電量の 99.5% に相当するので、充電した電気をほぼ使い切ったといえる。

## 8. おわりに

今大会の参加にかかり、機械工学・ロボティクス課程 野口佳樹先生に多くのアドバイスをいただきました。また、第 1 工作室の森岡様には鈴鹿大会以前より部品製作にて多大なお力添えをいただきました。ご協力に感謝申し上げます。



## MWE2023 に参加して

中 尾 晃 大

Kodai NAKAO

電子情報通信課程 3年

山 木 健 弘

Takehiro YAMAKI

電子情報通信課程 3年

### 1. はじめに

2023年11月29日から12月1日まで神奈川県横浜市パシフィコ横浜にて開催された Microwave Workshops & Exhibition (MWE2023) に龍谷大学先端理工学部吉田研究室として参加した。私たち吉田研究室は、「電波を活用するワイヤレス給電とデータ通信の高度な両立で充電を気にすることのない世界を実現しよう」というテーマのもと吉田研究室では高周波を直流電流に変換するレクテナの整流器の部分に注目し、今回の発表は広帯域整流器を設計・試作・評価の結果を発表した。

### 2. 参加目的

目的として大学展示の説明員を通じて、より内容の理解を深め、今後の研究に生かすことがあった。また、最新のマイクロ波関連の技術を他大学の大学展示や企業のブースの発表から学び、現代社会で使われているものづくりの技術を学ぶことを目的とした。

### 3. 展示会内容

#### 3.1 概要

マイクロウェーブ展では約100社のマイクロ波関連企業から最新製品の出展や各大学、大学院、高等専門学校における研究内容や成果を紹介する「大学展示」が開催された。

#### 3.2 大学展示について

MWE はマイクロ波技術の発展や新しい産業の創出を目的として開催され、その一環として大学展示

があった。大学展示では計35校参加しており、マイクロ波の研究だけでなくミリ波帯やテラヘルツ波帯の研究も数多く存在した。ポスター展示の際は、今回試作した整流器の展示もかねて、デモ実験という形で、実際に出ている電波をパッチアンテナで受け取り、受け取った電波を今回試作した整流器で、整流し、その電力でLEDを点灯させている様子を展示した。図1は実際にデモ実験を行っている様子である。

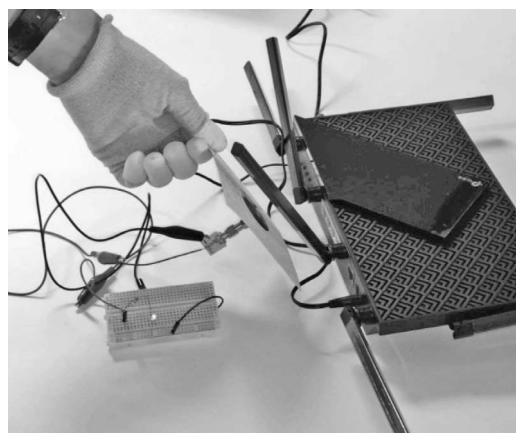


図1 デモ実験をしている様子

ポスターは2枚展示し、一枚は今後の研究の概要や展開について詳しく述べ、もう一枚は今回作成した広帯域整流器の設計、試作、評価した結果を述べ、二素子マッチング回路と多段マッチング回路の性能の違いについて述べた。図2は展示している様子である。





図2 実際に展示しているときの様子

当日は企業や大学の関係者が多く、より高度な説明と質疑応答が求められた。そして説明する際は、通信関連の専門外の人や、文系出身の方も多く参加していたため、誰が聞いても分かりやすく、納得できる説明を心掛けて発表した。そして質疑応答を通じて、私たちが逆に学ばせていただくことも多くあった。また、多くの研究室の展示を見て回ったり逆にみられたりすることで、多くの学生と交流や、お互いの研究分野について議論することができ、非常に有意義な場であった。

### 3.3 大学展示プレゼンテーション

大学展示プレゼンテーションでは、各大学の交流の促進や他大学の研究内容を大まかに把握するために開催されたものである。図3は実際に発表しているときの様子である。



図3 大学展示プレゼンテーションの様子

各大学持ち時間が一分あり、その中で自分たちの研究内容を発表するという制限のもと、自分たちの研究分野について伝えたいことを簡潔にまとめ、より興味を持ってもらうために資料作りや発表の構成に工夫を施し、マイクロ波関連の専門家や一般の方にも興味を持ってもらえるようなプレゼン作りを行った。

## 4. おわりに

MWE2023を通じて説明員として人前に立ち、今までしてきた研究について発表をした。今回の発表の傍聴者は専門家が多く、自分たちの研究したテーマの浅識さを大いに痛感した結果となった。逆に自分たちの足りないものが今回のMWE2023を通じて発見できたため、今後の研究に活用することのできる案を多く得ることができた。

また企業や他大学の大学展示を見ることで、自分たちの研究との相違点や類似点を確認でき、自分たちの研究に応用できる可能性を知るきっかけとなった。そして最新の技術を実際の肌で感じることで、体感することで今後の研究に生きる非常にいい経験となった。



## MWE2023 に参加して

村 川 和 也  
Kazuya MURAKAWA  
電子情報通信課程 3 年

### 1. はじめに

2023 年 11 月 29 日から 12 月 1 日まで横浜市パシフィコ横浜で開催された、電子情報通信学会・APMC 国内委員会が主催する Microwave Workshops & Exhibition (MWE2023) において、龍谷大学先端理工学部石崎研究室として大学展示を行い、説明員として参加した。

### 2. 参加目的

主な目的は、石崎研究室で行っている研究の資料を展示し、研究室の学生で分担して説明員を行うことである。また、様々な企業の展示がありマイクロ波技術の幅広い技術を学ぶこと、ワークショップに参加し新しい技術やモノづくりの現場の情報収集をすること、他大学の展示を見ることで、自身の研究との比較や今後に向けて考えることが目的である。

### 3. 展示会内容

#### 3.1 概要

マイクロ波技術関連の学術、産業、教育に関する国内最大級のイベントで、「マイクロウェーブワークショップ」、「マイクロウェーブ展」から構成されている。ワークショップではマイクロ波工学の研究者による技術発表、若手技術者や初学者を主な対象とした基礎講座が開催されていた。マイクロウェーブ展では世界各国のマイクロ波関連企業から最新の製品の出展、出展企業が新製品や研究・開発成果などの最新情報の発表を行う「出展企業セミナー」や、その他大学および高等専門学校における研究活動や成果を紹介する「大学展示」が開催された。

#### 3.2 大学展示について

大学展示では、日本のマイクロ波の研究を行っている大学がそれぞれ研究成果をポスターを展示し、石崎研究室では私を含め 3 年生が中心となってポスター説明員を務め、来場者に説明を行った。石崎研究室の展示内容は、マイクロ波フィルタ、高効率 GaN パワーアンプ、ミリ波デバイス・回路技術、無線電力伝送の分野について、様々な研究成果をポスター展示した。またポスターに加え、来場者に伝わりやすくするため、実際に開発した機器も会場に持参して展示した。図 1 は大学展示の様子である。



図 1 大学展示の様子

展示会当日は企業の方だけでなく学生や教員、一般の方も多数来場され、多くの方にポスターを見て頂くことができた。展示会は 3 日間あったため、シフト制で説明員を務めた。そのため、事前にそれぞれ自分の研究テーマだけではなく、様々なテーマに関する知識を勉強して臨んだ。MWE2023 の 1 か月ほど前から、勉強会を開催し先輩方に各研究テーマについて教えて頂いた。その結果、様々な知識が身ついた。

実際、展示ブースに来られた方からは様々な質問があり、私たち説明員がその質問に対応した。事前に、先輩方に昨年の質問を教えてもらい、あらかじめ



めどのような質問が来るのか想定し、それに合わせて練習した。事前に勉強をして臨んだため、MWE 2023 当日の本番では返答が止まってしまうことや、戸惑ってしまうことは比較的少なかった。

質問者の中にはマイクロ波を専門としている企業の方もおり、その方から自分や周りの人から出なかった新たな意見も頂き、研究に対しての新たな改善点や発見が生まれることになった。これらは、これからの研究活動に役立つ情報となるため、参加した意義を十分に見出すことができた結果となった。

### 3.3 ワークショップについて

ワークショップでは、最先端のマイクロ波技術を有名企業の方々や大学教授の方々が我々にもわかりやすく説明していただき、自分の研究分野以外の知識も得ることができた。京都大学・生存圏研究所の篠原先生の講演は、宇宙で太陽光発電を行い、マイクロ波で地球に送るというとても興味深いものであった。また初心者講座では、著名な先生方が学生のために基礎からマイクロ波に関する技術を丁寧に教えていただいた。アンテナの初心者講座「0 からスタートするアンテナ超入門」では、アンテナの設計方法や、種類などを教えていただいた。この講座のおかげで、まだ我々には基礎固め出来ていないところがたくさんあると感じ、より一層研究に励もうと思う機会になった。

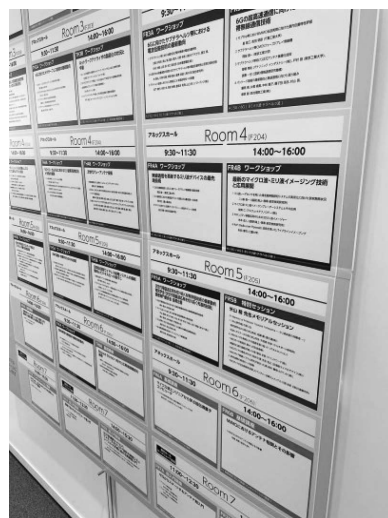


図2 ワークショップのプログラム

## 4. おわりに

説明員である学部生の多くは初めての展示会であり、緊迫した気持ちの中でのポスター展示となった。普段から関わっている研究内容であるが、それでも自身の知識のなさや、口頭で相手に意見を伝える技術の難しさを痛感した。しかし、今回、MWE 2023 に参加したことで今の私たちに足りないものや今後の研究に活用できるような発見があり大変有意義な経験となった。

また、他大学のポスター展示も見ることができたので自分の研究と類似研究との比較を行い、自分の研究に生かせる部分を見出すことができた。他にも全く異なった研究内容に対しても初めて触れるものが多く良い刺激を受けることができた。



## IDW に参加して

伊 藤 良

Ryo ITO

電子情報学専攻修士課程 2年

中 川 聖 也

Seiya NAKAGAWA

電子情報通信課程 3年

### 1. はじめに

12月6日～8日に、新潟県朱鷺メッセ新潟コンベンションセンターで International Display Workshops (IDW'23) に参加し、ホットウォール式ミスト CVD 装置を展示し、発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景・目的

アモルファス酸化物半導体 (AOS 薄膜は、超高速性、長い保持時間、低消費電力、低温で大面積に均一成膜が可能という点で a-Si よりも優れている。私たちは、ニューロモルフィックデバイスのシナプスとして AOS の開発を行っている。ニューロモルフィックデバイスとは人間の脳の神経回路を電子回路で模倣したデバイスのことである。脳の神経回路を模倣するためには、多くのシナプス素子を集積する必要がある。ミスト化学気相成長 (ミスト CVD) 法は、真空装置を必要とせず、AOS 薄膜の大量集積を低コストで実現する方法として有望である。本研究では、GAO 薄膜メモリストの記憶特性について報告する。ミスト CVD 法で形成した GAO は、IGZO に比べて安価で毒性も低い。本研究では、2 層 GAO 薄膜デバイスの記憶特性について報告する。上層と下層の酸素空孔密度の違いにより、スイッチング比向上を目指した。

#### 2.2 作成方法

まず、石英基板上にメタルマスクを介して Ti 下部電極を真空蒸着した。次に、ミスト CVD 法を用いて  $\alpha$ -GAO を 2 層成膜した。成膜時の基板温度

は、下層が 400℃～500℃、上層が 350～450℃ とした。温度が高くなると酸素イオンが放出される。そのため、下層は酸素に乏しい (O-poor) 層で酸素空孔が多く、上層は酸素に富む (O-rich) 層で酸素空孔が少ないと仮定した。図 1 に、本研究で用いたミスト CVD 装置の概略図を示す。キャリアガスの流量は 0.5L/min、希釈ガスは 10L/min とした。上層と下層の蒸着時間はそれぞれ 20 分とした。溶液は、ガリウムアセチルアセトナート Ga (acac)、アルミニウムアセチルアセトナート Al (acac)、塩酸 (20%)、純水から作成した。Ga (acac) は 0.424g、Al (acac) は 0.0415g、純水は 40ml、塩酸は 3.0g とし、Al が 10%、Ga が 90%、モル濃度が 0.03mol/L となるように制御した。最後に、Ti 上部電極を真空蒸着した。作成したデバイスの電流を測定した。図 2 に作成したデバイスの模式図を示す。

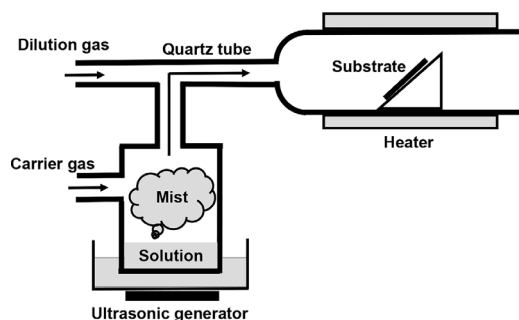


図 1 ホットウォール式ミスト CVD 装置の概略図

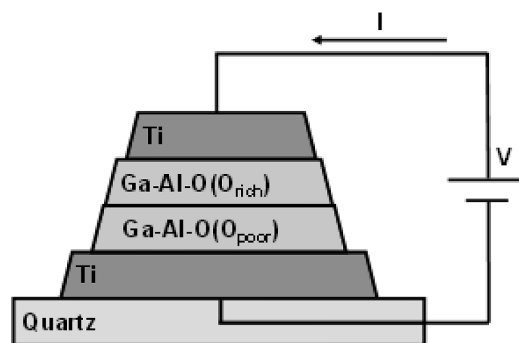


図 2 作成したデバイスの模式図



## 2.3 実験結果

表 1 に異なる成膜温度での結果を示す。図 3 に電流電圧特性を示す。上層の成膜温度を 400℃，下層の成膜温度を 450℃ で成膜することにより，6.9 という高いスイッチング比を得ることができた。

表 1 2 層の異なる成膜温度でのスイッチング比

GAO層	成膜温度[℃]		スイッチング比	膜厚 [nm]
	下層	上層		
2 層	400	350	1.62	70
	450	350	1.50	68
		400	6.91	103
		450	2.26	96
	500	350	1.42	60
		400	3.04	72
		450	1.77	95
1 層	450		0.746	50

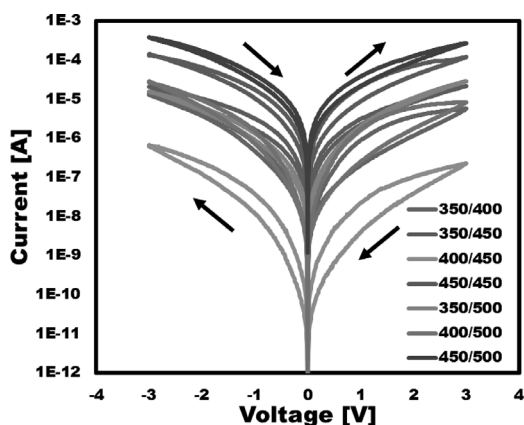


図 3 2 層の異なる成膜温度での電流電圧特性

## 2.4 まとめ

結論として，GAO 薄膜を抵抗変化層として用いて，Ti/GAO(O-rich)/GAO(O-poor)/Ti デバイスを作製した。GAO 薄膜は，非真空プロセスで低コストの成膜方法であるミスト CVD で成膜した。メモリスタ素子のスイッチング比を向上させるため，O-poor 層の上に O-rich 層を追加した。その結果，比較的厚い O リッチ層の添加がスイッチング比の改善に有効であることがわかった。上層の成膜温度を 400℃，下層の成膜温度を 450℃ で成膜することにより，スイッチング比は 6.9 まで向上した。ニューロモルフィック・デバイスのシナプスとして有効であると考えられる。今回の発表を通して，企業の方々からの質問を頂き，自身の研究の立ち位置，将来的に実用化を予想した際の視点について，再認識することができた。

## 謝辞

本研究の一部は龍谷大学理工学部特別研究設備費の支援によるものであり，ここに深く感謝いたします。本研究に協力して頂いた科学研究費補助金 基盤研究 (C) 19 K11876，科学技術振興機構 (JST) 日本-台湾研究交流「AI システム構成に資するナノエレクトロニクス技術」，人工知能研究振興財団，KDDI 財団，龍谷大学ハイテクリサーチセンター，東京工業大学科学技術創成研究院フロンティア材料研究所共同利用研究，東北大学電気通信研究所共同プロジェクト，進工業の方々に深く感謝します。また，今回の発表で国内外から多くの人と議論することができ，とても有意義な時間であり，多くの助言をいただくことができました。今後の研究に大きく活かしたいと考えております。



## ナノポアを持つ Poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene)oxide による Coumarin 誘導体の吸着

山 脇 麻名音

Manato YAMAWAKI

物質化学専攻修士過程 2 年

### 1. はじめに

私は6月11日から12月22日までイタリアのサレルノ大学に研究留学をして、ナノポアを持つ Poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene)oxide による Coumarin 誘導体の吸着の研究を行った。

### 2. 諸言

Poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene)oxide (PPO) はナノポアを持ち有機溶媒を吸着する事が知られており、結晶化条件によって様々な結晶構造を示す。

PPO の high surface area (HAS) は通常の PPO よりも大きい表面積を持ち、水溶液からのゲスト吸着とゲスト脱離で高い拡散率が観測され、PPO の HAS は物理的に架橋された PPO エアロゲルで観察されるナノファイブリル形態に似た膜を持つ。

クマリン誘導体の最も重要な特性の1つは、可逆的な光応答反応を起こすことができることで、これらのポリマーを使いクマリン誘導体を吸着し紫外線を当て反応をみた。

### 3. 実験操作

試料 Sabic 社から提供された PPO を使用した。これらの試料をクロロホルムでキャストをおこないフィルムを作製した。そのフィルムをアセトニトリルに浸漬させクロロホルムを取り出し empty フィルムを作製しクマリン誘導体を吸着し紫外線を当て IR 測定をおこない変化を観察した。

### 4. 結果と考察

#### 4.1

PPO\_HSA キャストフィルムを 7Methoxy Coumarin に浸漬をおこない変化を観察した。

Fig. 1 に 7Methoxy Coumarin を PPO キャストフィルムを使い吸着し紫外線を当てた前と後と 7Methoxy Coumarin の IR 測定を行った。

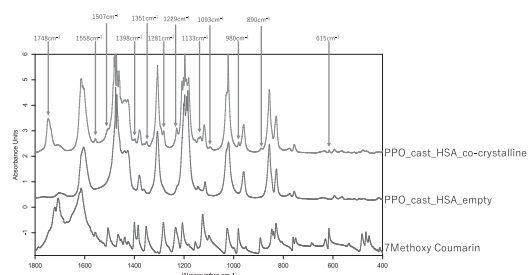


Fig. 1 IR spectra of PPO\_HSA cast film before and after immersion in 7Methoxy Coumarin and only 7Methoxy Coumarin

上記の図は PPO\_HAS キャストフィルムを 7Methoxy Coumarin に浸漬した後と前と 7Methoxy Coumarin 単体の IR データである。一番上が浸漬後、真ん中が浸漬前、一番下が 7Methoxy Coumarin 単体の IR スペクトルである。

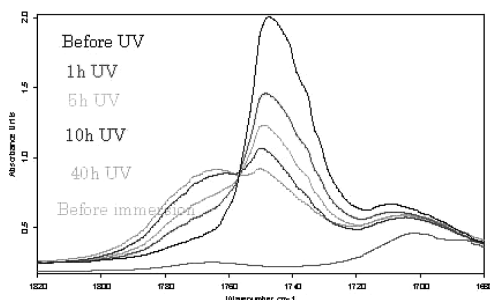
浸漬前と後の IR スペクトルを比較すると浸漬後の IR スペクトルにだけ (615cm<sup>-1</sup>, 890cm<sup>-1</sup>, 980cm<sup>-1</sup>, 1093cm<sup>-1</sup>, 1133cm<sup>-1</sup>, 1229cm<sup>-1</sup>, 1281cm<sup>-1</sup>, 1351cm<sup>-1</sup>, 1398cm<sup>-1</sup>, 1507cm<sup>-1</sup>, 1558cm<sup>-1</sup>, 1748cm<sup>-1</sup>) にピークが見られる。その中で 1748cm<sup>-1</sup> のピークが大きく見えやすいのでこのピークに注目して実験を行い観測した。

#### 4.2

7Methoxy Coumarin を吸着している PPO\_HSA キャストフィルムに紫外線を当て変化を観察した。

Fig. 2 に 7Methoxy Coumarin を吸着している PPO\_HSA キャストフィルムに紫外線を当て変化を観察した。





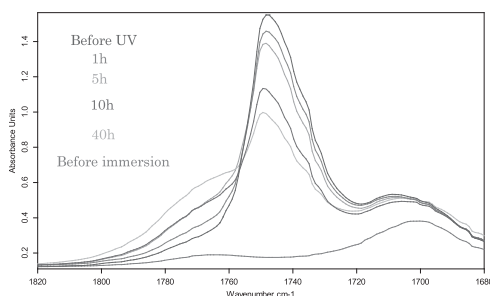
**Fig. 2 IR spectra of PPO\_HSA cast film before and after immersion in 7Methoxy Coumarin and only 7Methoxy Coumarin**

上記の図は一番上が紫外線を当てる前で下にいくにつれて紫外線の照射時間が増えていき 1h, 5h, 10 h, 40h となっていて一番下のピークが浸漬前のピークとなっている。

紫外線の照射時間が増えていくと  $1748\text{cm}^{-1}$  の強度が下がり  $1766\text{cm}^{-1}$  の強度が上がっているのが観測出来る。これは紫外線を当てる事により 7Methoxy Coumarin が二量体に変化をしているのがわかる。

また TGA より PPO\_HSA キャストフィルムに吸着している 7Methoxy Coumarin の量は最大で 6.27wt% で紫外線照射時間が増えていくにつれ 1h で 3.29 wt%, 5h で 1.68wt%, 10h で 1.05wt%, 40h で 0.21 wt% と減っていった。

Fig. 3 に 7Methoxy Coumarin を吸着している PPO\_AM キャストフィルムに紫外線を当て変化を観察した。



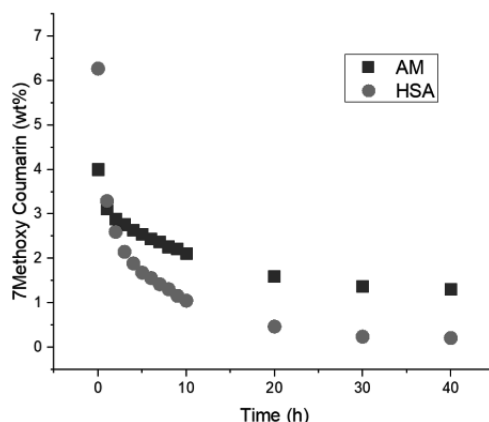
**Fig. 3 Time change of IR spectra when immersed in ethanol 30°C**

上記の図は HSA と同じ時間載せています。紫外

線の照射時間が増えていくと  $1748\text{cm}^{-1}$  の強度が下がり  $1766\text{cm}^{-1}$  の強度が上がっているのが観測出来る。これは紫外線を当てる事により 7Methoxy Coumarin が二量体に変化をしているのがわかる。また TGA より PPO\_AM キャストフィルムに吸着している 7Methoxy Coumarin の量は最大で 4.0wt% で紫外線照射時間が増えていくにつれ 1h で 3.11wt%, 5h で 2.54wt%, 10h で 2.11wt%, 40h で 1.3wt% と減っていった。

#### 4.3

PPO\_HSA, AM キャストフィルムに吸着した 7Methoxy Coumarin の量の変化を示した。



**Fig. 4 The amount of 7Methoxy Coumarin absorbed on PPO\_HSA and AM cast films.**

上記の図は PPO\_HSA と PPO\_AM キャストフィルムに吸着された 7Methoxy Coumarin の量の変化を示している。

上記の図をみると HSA の方が AM よりも吸着量が多く変化の速度も大きい。これは HAS が AM フィルムよりも表面積が大きくなったポアの数が多いことが考えられる。

## 5. 結論

以上の事から PPO\_HSA は PPO\_AM フィルムよりも拡散係数は大きく吸着量が多く、これは PPO\_HSA のほうが PPO\_AM よりも表面積が大きいのが原因だと考えられる。



## ロイファナ大学リュースブルク校 に交換留学して

周 桐

Tong ZHOU

情報メディア学専攻博士課程 2年

### 1. はじめに

2023年9月から2024年1月までの5ヶ月間、本学と協定を結んでいるドイツのロイファナ大学リュースブルク校に交換留学生として参加した。このプログラムは、ロイファナ大学リュースブルク校の「School of Management and Technology」と本学の理工学研究科との交換留学プログラムである。

### 2. 交換留学

#### 2.1 語学研修

留学の最初のステップとして、9月初旬からドイツ語の研修に参加した。この語学研修では、日常生活に必要な基本的なドイツ語会話を学んだ。さらに、世界各国からの他の交換留学生との交流を通じて、多様な文化的背景を持つ人々と触れ合うことができた。これらの経験は、異文化理解の重要性を実感させるものであった。

#### 2.2 授業について

ドイツ語研修の後、10月より大学の正式な授業に参加した。専門分野は機械学習ではなかったが、「Learning from Data」の授業に興味を持ち参加した。また、「Mathematical Foundation」や「Think Mathematically, Act Algorithmically: Numerical Algorithms and Methods to Identify Dynamical Systems for Data Analysis and Reconciliation」という授業も受講した。留学先で受けた授業の形式は、本学で受けた授業と比較してかなり異なっていた。例えば、機械学習の授業には約20人の学生が参加し、最初の授業で教授が異なるテーマのプロジェクトを提示する。学生たちは自分が興味を持つテーマを選び、その後、同

じテーマを選んだ学生と3~4人のグループを組み、最後までチームワークで取り組む。授業の最終回では、各グループが研究結果をレポートにまとめ、全員の前でプレゼンテーションを行う。その科目の成績は、教授が評価したレポートと学生同士が評価したプレゼンテーションの両方を組み合わせた総合評価に基づく。

また、これらの授業は英語で行われ、最新の科学技術分野の研究動向を学び、英語論文執筆にも役立った。さらに、これらの授業を通じて、国際的な研究グループでのコミュニケーション能力や協働スキルを磨くことができた。



図1 授業の様子

#### 2.3 研究について

博士後期課程の学生として、留学中も研究を続けた。研究テーマは、スピーカアレーを用いて音のエリア再生を実現することである。この技術は多言語ガイドシステムや博物館などの展示案内放送に応用が可能である。具体的には、多点制御法という手法を用いて、音を再生したいエリアにのみ音を再生し、音を再生したくないエリアには静かな音場を生成する研究である。この研究の目標は、合成した音場と所望の音場の再生誤差（RE: Reproduction Error）を最小にすることである。



ただし、この手法では生成される音場の性能がスピーカの配置に大きく影響されることが分かっている。さらに、スピーカ配置が変更されると、フィルタを計算する際の最適な正規化パラメータの値も変化する。この正規化パラメータは、生成された音場の性能に影響を与えるだけでなく、音場の安定性（ここでは伝達関数に関する式の条件数（Condition Number）で表される）にも影響を及ぼす（図2参照）。その条件数は高くなるほど、合成した音場がより不安定になる。したがって、スピーカ配置を最適化するには、各配置における再生誤差とシステムの安定性の両方を考慮しながら、適切な正規化パラメータの値を決定することが必要である。

これらの問題点に対して、龍谷大学の指導教員と受け入れ先の研究室の教員方々からの指導を受けつつ、スピーカアレーのフィルタ最適化、スピーカ配置の影響、正規化パラメータの選択について検討した。今後、実験データと結果をまとめ、論文の執筆に取り掛かる予定である。

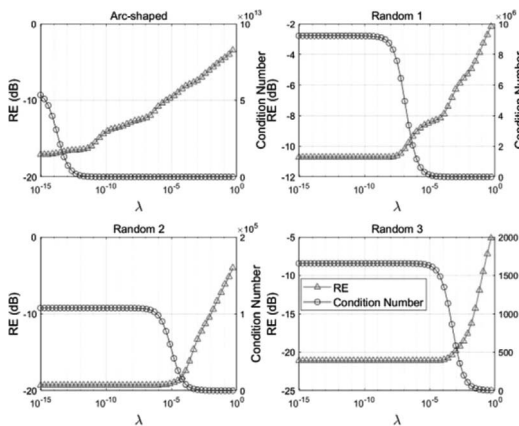


図2 等間隔の円弧スピーカアレーと3組ランダムに配置されたスピーカアレーに対して、正規化パラメータの値により再生誤差と条件数に与えた影響

## 2.4 異文化について

元々中国からの留学生であり、2023年度で日本での生活は4年目となる。日本と中国の文化や生活様式は異なる部分が多いが、東アジアという共通点もある。ドイツでの生活は、これまでの経験とは異なる文化や生活様式に直面する貴重な機会だった。特に食文化や日常習慣の違いに驚かされ、これらの経験は国際文化の理解に対する視野を広げた。

## 3. おわりに

この留学経験は、学術的成長だけでなく、個人的成長にも大きく寄与した。異文化を体験し、多様な視点から物事を見る能力を養った。この経験を活かし、今後の研究に積極的に取り組み、キャリア形成に役立てたい。最後に、指導先生の片岡章俊教授、電子情報学科の植村渉准教授、そしてロイファナ大学リューネブルク校の Anthimos Georgiadis 教授に深く感謝申し上げる。



## EAS11 に参加して

岡 明 澄

Asumi OKA

応用化学課程 4 年

### 1. はじめに

私は 2023 年 10 月 18 日から 20 日にかけて開催された The 11th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (EAS11) に参加し、「Mesomorphic phase transitions of dodecyloxy homologue of the ether-linked alkoxyazobenzene-triphenylene derivatives」をテーマにポスター発表を行った。

### 2. 研究背景

我々の研究室ではこれまでにトリフェニレンコアの周りにアゾベンゼンを 6 つエステル基で結合させた分子がカラミティックーディスコティック双液晶性を示す液晶分子であることを報告した。また、末端炭素数の異なるアルキル同族体の液晶相転移挙動についても検討してきた。この双液晶性のメカニズムには、分子のコンフォメーションが棒状と円盤状に大きく変化することから、アルコキシアゾベンゼンユニットとトリフェニレンユニットとの結合部の柔軟性が関与していると考えられる。そこでエステル結合部をエーテル結合に置換した誘導体を合成し、その液晶相転移挙動を調べた (Fig. 1)。

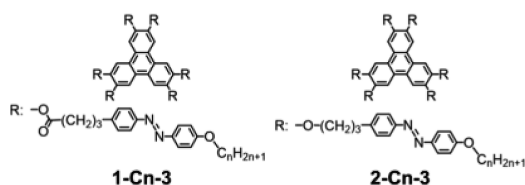


Fig. 1 Mesomorphic phase transitions of dodecyloxy homologue of the ether-linked alkoxyazobenzene-triphenylene derivatives

### 3. 実験

化合物はドデシルオキシアゾベンゼンアルキルブ

ロミドとヘキサアルコキシトリフェニレンの Williamson 合成により得た。液晶性の確認には、示差走査熱量計 (DSC, Perkin Elmer 社 DSC8500) 及び偏光顕微鏡 (POM, Leica 社 DMLP+Mettler 社 FP 82HT) を用いた。また、高輝度光 X 線散乱測定は、SPRING-8 (BL40B2, 強度: 12.4keV, 波長: 1.0 Å) において実施した。ホットステージ (Mettler 社 82HT) に試料を注入したサンドイッチ型ガラスセル (7.5 μm ポリイミドスペーサ) をセットし、放射光照射前後で偏光顕微鏡により配向状況の確認を行った。

### 4. 結果と考察

誘導体 2-C12-3 は、DSC 測定では Iso 相と結晶相の間に 6 つの液晶相が観測された (Fig. 2)。

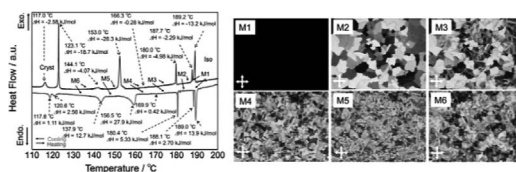


Fig. 2 DSC curves (left) and Polarized light microscope images (right) of 2-C12-3 (heating and cooling rates: 1°C/min). Six mesophase were observed.

まず、最も高温側の M1 相について説明をする。POM 観察においてガラス基板上で暗視野となったため、光学的一軸相であると考えた (Fig. 2)。さらに、XRD 測定では両基板の 2D パターンは一様なリング状であるものの、ポリイミドコート基板では全方位積算強度プロットにおいて、1:1/2 の比のピークが観測されたことから分子が層状構造を形成していると考えられた。これらのことから M1 相は SmA 相であると結論付けた (Fig. 3)。しかし、この XRD 測定値が棒状であるとする、棒状と円盤状の区別のつかないドラム缶状の分子になってしまう。そこで、何らかの影響によって分子 3 つが相関的に集まることで 1 つの分子であるようなふるまいをし、さらに分子のアルキル鎖部分がお互いに相互貫入することで深い層状構造を形成している可能性

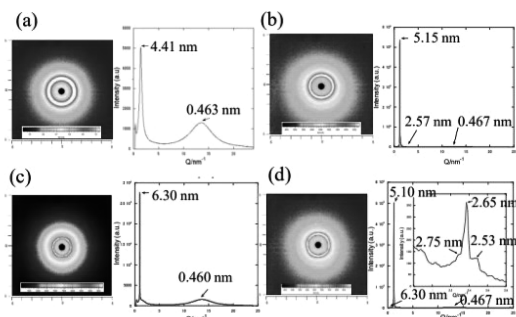


があると考えた。Fig. 4 より、アゾベンゼンユニット 1 分子を上から見た時のサイズより、このサイズからアゾベンゼンユニットが 3 つ集まった時の大きさが XRD 測定の結果となっていることがわかる。

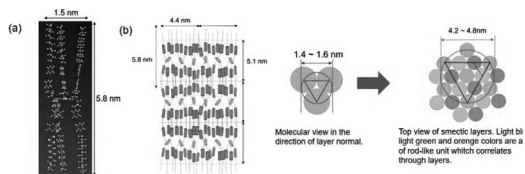
一方、M2 相について、シランカップリング剤処理基板を用いた場合、モザイクテクスチャが観測され高次配向秩序を持つスメクチック相の可能性が考えられた。しかし、XRD 測定では全方位積算強度プロットで観測されたこれらのピークの解析を行ったところ、このような単位格子を持つ Col<sub>ob</sub> 相に同定された (Fig. 3)。

## 5. 結論

低温側の残り 4 つの液晶相については現在解析中ではあるが、本化合物は液晶相を 6 つ持ち、SmA/Col<sub>ob</sub> 相転移を示すカラミティック-デイスコチック双液晶性化合物であることが分かった。この結果を相当するエステル誘導体の C12 同族体と比較すると、これまでの初期的検討の結果と同様にエーテル誘導体では結合部の柔軟性により、多様な液晶相が発現することが確認された。



**Fig. 3** 2D diffraction pattern (left) and diffraction patterns of the integrated scattering intensity over all a zimuthal angles (right) for (a) M1 phase on Si-coupling-reagent-treated (SCR) substrates (191.1°C), (b) M1 phase on polyimide-coated (PI) substrate (190.9°C), (c) M2 phase on SCR substrates (187.7°C) and (d) M2 phase on PI substrate (186.1°C).



**Fig. 4** (a) Length of 2-C12-3 as a rod-like conformation. (b) A proposed trimeric association of rod-like conformation of 2-C12-3 molecules in SmA phase and the layered structure in which molecules tend to form a set of trimeric association with layer-by-layer correlation.

## 6. おわりに

初めての国際学会で英語力などの課題点も多く見つかったが、結果ポスター賞をとることができ、内容の濃い 4 日間であった。また、現地の学生との交流や様々な方のお話や講演を聞くことが出来てとても良い刺激を受けた。今回の経験を活かし、より一層研究に励んでいきたいと思う。最後に、日頃からご指導いただいている内田欣吾教授、清水洋教授、そして研究室のメンバーに厚く御礼申し上げます。



## 「The 12th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2023)」に参加して

宇賀圭佑

Keisuke UGA

電子情報学専攻修士課程 2年

### 1. はじめに

2023年11月28日から30日にかけてフランス・マントンの Palais de l'Europe で開催された「The 12th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2023)」に参加した。

私は、研究成果である“Topic-based Analysis of Structural Transitions of Temporal Hypergraphs Derived from Recipe Sharing Sites”を、全体会議の「Higher-Order Interactions セッション」にて Lightning Talk 形式で口頭発表を行った(図1)。発表論文は、Springer の Studies in Computational Intelligence (SCI) シリーズから出版される<sup>[1]</sup>。



図1 COMPLEX NETWORKS 2023 での発表

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

料理レシピ共有サイトの人気が上昇するのにもとない、ごく普通の人々が家庭料理として創造するレシピが、日々どのように進化しているのかを分析できるようになりつつある。また、食品の科学とコンピューティングへの関心が高まってきており、ネットワーク科学の手法を用いて料理レシピにおける食材ペアの共起特性を分析することにも、注目が集まっている。しかしながら、レシピにおける食材の組み合わせ分析については、従来のネットワークを用いた分析では本質的な限界があり、3つ以上の要素間の相互作用を対象とする、高次ネットワークを用いた分析が必須である。

高次ネットワークの構造遷移解析に関する従来研究では、対象とする高次リンクは比較的小さいサイズに限定されており、そのサイズに依存しないような解析の枠組みを開発することが望まれている。

#### 2.2 提案アプローチ

レシピ共有サイトから得られるレシピストリームを、それが導く食材集合上のテンポラルハイパーグラフに対して構造遷移の観点から分析する。ハイパーエッジ発生の直前と直後における構造遷移を効果的に特徴づける、トピックと射影グラフを活用した新たな解析法を提案する。まず、トレンドと季節性に基づいてハイパーエッジのトピックを抽出するために、トピックをもつハイパーエッジを生成するモデルとして distance dependent Chinese restaurant process (ddCRP) に基づいた確率モデルを提案し、そのベイズ推論法を開発する。次に、ハイパーエッジのサイズに依存しない特徴づけの枠組みとして、全体のハイパーグラフに対する射影グラフの主要エッジ群に着目した解析法を提案する。そして、提案確率モデルを評価するとともに、提案解析法により日本の家庭料理レシピにおける日々の進化の特徴を明らかにする。



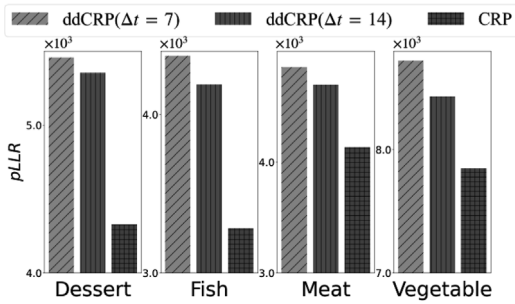


図2 提案モデルの評価結果

### 2.3 実験

2011年12月4日から2013年1月28日までの期間において、日本のレシピ共有サイト「クックパッド」内のお菓子、魚料理、肉料理および野菜料理の4つのカテゴリを調査した。

まず、ハイパーエッジのトピック抽出に関して、提案モデル（ $\text{ddCRP}(\Delta t = 7)$ ）を3つのベースラインモデルと比較することにより評価した。第1ベースラインモデルとしては、提案モデルにおいてトピック数を1としたものを考えた。第2ベースラインモデルとしては、提案モデルにおいてトピックの時間的なトレンドや季節性を無視したもの（CRP）を考えた。また、第3ベースラインモデルとしては、提案モデルにおけるハイパーパラメータ値を変更したもの（ $\text{ddCRP}(\Delta t = 14)$ ）を採用した。4つのデータセットに対する提案モデルの評価結果を、図2に示す。ここに評価尺度としては、第1ベースラインモデルに対する各モデルの予測対数尤度比  $pLLR$  を用いた。提案モデルが3つのベースラインモデルよりも性能がかなり良いことがわかる。この結果は、テンポラルハイパーグラフに生成されたハイパーエッジ群にはトピック構造が存在し、そのようなトピックは時間的なトレンドと季節性に関連していることを示唆している。したがって、提案モデルによりから抽出されたトピックには、意味があると考えられる。

さらに、提案法を用いて4つのデータセットにおけるテンポラルハイパーグラフの構造遷移を調べた。例えば、魚料理データセットにおいて、[サバ, ショウガ], [タコ, 酒], [カレイ, ショウガ], [イカ, キュウリ], [大葉, 米], [ししとう, 酒] および [みょうが, 酒] の7つの主要エッジ（主要な食材ペア）は、「初夏にビールとよく合うような和風魚料理トピック」のみにおいて、それに属するハイパーエッジ（レシピ）発生の直前と直後で、「ほとんど出現しなかった」が「よく出現するようになった」に変化するという特徴をもっていたことが見出された。このように、提案解析法を用いて、日本の家庭料理レシピの日々の進化に関するいくつかの興味深い性質を明らかにした。

### 3. おわりに

初めての国際会議での発表であり、非常に緊張した中での発表となった。プロジェクターの故障により、発表が夜になるというトラブルが発生したものの最後まで研究発表を行うことができた。また、同分野の多くの研究者からの意見を聞くという非常に貴重な経験ができた。本研究については、人工知能学会第130回知識ベースシステム研究会でも発表し、様々なコメントをいただき、今後の研究の手がかりを得ることができた<sup>[2]</sup>。

最後に、今回の発表を行うにあたって、ご指導を頂いた木村昌弘教授、熊野雅仁実験講師、ならびに研究室の皆様へ深く感謝致します。

#### 発表論文

- [1] K. Uga et al.: Topic-based Analysis of Structural Transitions of Temporal Hypergraphs Derived from Recipe Sharing Sites, Complex Networks and Their Applications XII, in press.
- [2] 宇賀圭佑, 他, レシピ共有サイトから導かれたテンポラルハイパーグラフにおけるトピックベースの構造遷移解析, 人工知能学会研究会資料 知識ベースシステム研究会, SIG-KBS-130, pp.36-41 (2023)



## 「The 12th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2023)」に参加して

齊 藤 真 希

Masaki SAITO

電子情報学専攻修士課程 2年

### 1. はじめに

2023年11月28日から30日にかけてフランス・マントンの Palais de l'Europe で開催された「The 12th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2023)」に参加した。

私は、研究成果“Detecting critical streets in road networks based on topological representation”を「Infrastructure Networks セッション」にて口頭発表した(図1)。発表論文は、Springer の Studies in Computational Intelligence (SCI) シリーズから出版される<sup>[1]</sup>。



図1 COMPLEX NETWORKS 2023 での発表

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

近年、ネットワーク科学の手法を用いて、都市の地理的道路ネットワークを分析する研究が注目されている。従来研究では、地理的道路ネットワークは、頂点を交差点、辺をその間の道路セグメント、

そして道路セグメントの実距離をその辺の重みとする、辺重み付きグラフとしてモデル化され、そのような幾何学的に表現された辺重み付きグラフに対し伝統的な中心性指標を用いて地理的道路ネットワークの統計的性質が分析されてきた。しかし、道路セグメントのような部分的な道路単位ではなく、人間が認識しやすいストリートという単位に焦点を当てることの重要性が指摘されている。また、ストリーの通行の容易さに焦点を当てた研究は、これまでほとんど行われていない。

ところで、従来のネットワーク中心性指標は外部パラメータに依存している。最近、salience という概念が導入され、様々な実世界ネットワークにおいてその性質が調査された。その結果、辺に関する salience 分布は二峰性を示すことが示された。高い salience 性を持つ辺を含む峰領域に注目することで、HSS (high salience skeleton) として重要な辺集合を容易に同定できる。HSS は、様々な実世界ネットワークに対してその有効性が実証されており、より多くの分野や課題に貢献し得る潜在的な可能性を持つと考えられ、さらなる応用が期待されている。

#### 2.2 提案アプローチ

本研究では、自動車による避難において重要ストリートと同定する観点から地理的道路ネットワークを分析する新たな問題に取り組む。災害時に自動車により避難する場合、最短距離となる経路が常に最も有益であるとは限らず、たとえ距離が長くても、より通過し易い経路が有利であることもあり得ると考える。また、避難先は従来から用いられてきた施設や場所のみに限定されるべきではなく、広くてよく整備されたストリートも有効な選択肢になり得ると考える。そこで、我々は道路ネットワークの基本的な単位としてストリートに着目し、地理的道路ネットワークにおいて、人々が居住地近郊の出発点となる交差点から避難先となる指定されたゴールストリートに向けて効率的に避難する状況を想定するう



えで、通り易い経路上の重要ストリートを同定する問題に取り組む。

本研究ではまず、頂点と辺がそれぞれストリートとその交差点を表すようなトポロジカル表現による頂点重み付きグラフとして道路ネットワークをモデル化する（図2参照）。各頂点の重みには通過しやすさが反映される。次に、最近提案された辺中心性指標 *salience* を本研究で取り組む問題に拡張するとともに、人口情報および減衰パラメータを組み込むことにより、トポロジカル表現による頂点重み付きグラフに基づいた重要ストリート検出法を提案する。

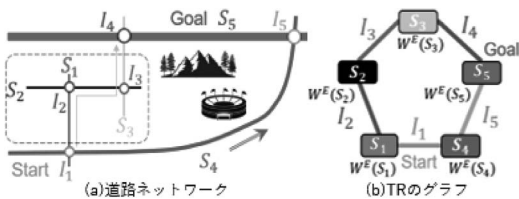


図2 道路ネットワークとそのトポロジカル表現

### 2.3 実験

実験では、OpenStreetMap を用いて、京都とパリの道路ネットワークデータセットを構築した。ただし、スタート地点はすべての交差点、ゴールは4車線以上の道路とした。また、簡単のため、Way 要素を1つのストリートとした。

提案法によって検出された重要なストリートが、ベースライン法である TR-BTW, GR-HSS および GR-BTW によって検出されたものとどの程度類似しているかジャカード係数を用いて調べた。その結果を図3に示す。ここに、TR-BTW は、提案法と同様に、道路ネットワークをトポロジカル表現による頂点重み付きグラフとしてモデル化し、従来の *betweenness* 中心性を適用する手法であり、GR-HSS

および GR-BTW はそれぞれ、従来の HSS および *betweenness* 中心性を本研究の道路ネットワーク分析問題に単純に適用した手法である。提案法により検出された重要ストリートは、ベースライン法によって検出されたものと大きく異なっていることがわかる。また、提案法は、自動車による避難において重要と考えられるストリートだが、ベースライン法での発見が困難であったストリートもいくつか検出していた。これらの結果は、提案法の有効性を示唆していると考えられる。

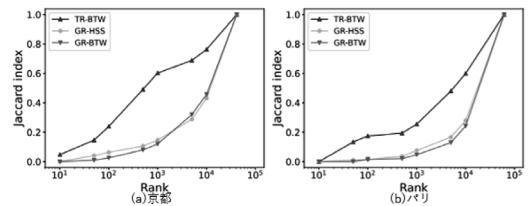


図3 重要ストリート検出における提案法とベースライン法との比較結果

### 3. おわりに

海外で英語での口頭発表自体が初めてであり、緊張した中での発表となった。国際会議では、本研究についての質問や意見をいただき、今後の発展へと繋がる重要な手がかりを得るとともに、自分自身の成長にもつながる経験を得ることができた。

最後に、今回の発表を行うにあたってご指導いただいた木村昌弘教授、熊野雅仁実験講師、ならびに研究室の皆様に深く感謝致します。

#### 発表論文

- [1] M. Saito et al.: Detecting critical streets in road networks based on topological representation, *Complex Networks and Their Applications XII*, in press.



## APMC2023 に参加して

大 島 寛 矢

Hiroya OSHIMA

電子情報学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

2023 年 12 月 5 日から 8 日まで台湾で開催された Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2023) において「Heat Dissipation Design of Active Integrated Antenna for 24GHz Wireless Power Transfer System」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

無線情報エネルギー伝送システムは制御局と複数のバッテリーレス端末との間のデータ通信と電力伝送を目的とする。このシステムは、電波を利用して制御局から情報と電力を送信し、受信端末は受信した電力を利用して制御局に情報を送り返す。センサネットワークの場合、制御局からの電波が届く範囲のセンサ側で電池レスセンサネットワークを実現することができる。大電力を伝送するためには、高出力モジュールが必要となり、放熱設計が非常に重要になる。今回は主に無線モジュールの放熱設計につ

#### 2.2 開発したシステムの概要

図 2 に開発したフェーズドアレイシステムの構成を示す。このシステムは、信号源、分配回路、フロントエンドモジュール、アンテナアレイボードから構成されている。今回は、1つのフロントエンドモジュールで 6 素子のパッチアンテナサブアレイを励振し、4つのフロントエンドモジュールを積層することで、6×4 素子のアレイアンテナを実現している。

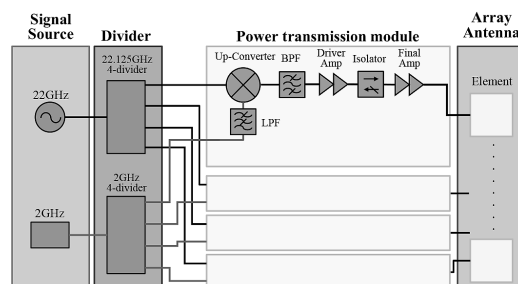


図 1 開発したフェーズドアレイシステムの構成

2GHz のベースバンド信号を 24GHz にアップコンバートした後、アンプで増幅して各アンテナ素子から放射する。このとき、各アンテナ素子への 2GHz ベースバンド信号の入力位相を制御することで、メインビームの方向を制御することができる。

モジュールの外形寸法は 26.4mm×46.4mm×10mm と非常に小さい。また、24.125GHz で 28dBm の出力が得られていることがわかる。4つのモジュールの出力を組み合わせることで、34dBm の送信アンテナ出力を満たすことができる。

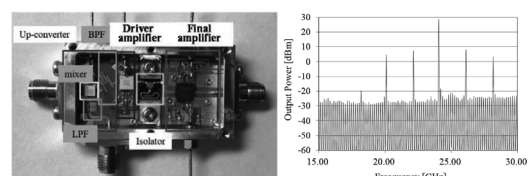


図 2 モジュールと出力スペクトルの写真

#### 2.3 放熱構造の必要性

アンプの PAE は約 10% で、残りの 90% は熱に変換される。この熱はモジュール全体の出力レベルを劣化させ、フェーズドアレイアンテナの連続駆動を困難にする。



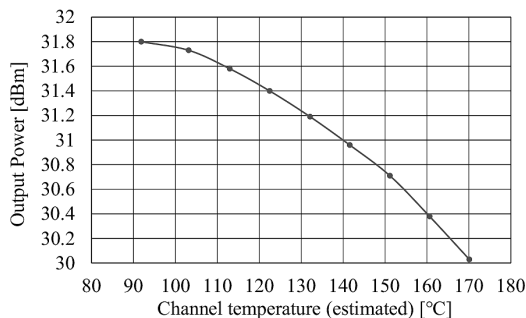


図3 チャンネル温度による出力パワーの劣化

14 分後の 170℃ での時間を比較すると、約 2dB の出力劣化が確認され、アンプが熱により破壊された。このことから放熱設計が必要であることがわかる。

## 2.4 放熱構造

積み重ねられた 4 つのモジュールから発生する熱を放熱する方法として、図 4 に示すように上下にヒートシンクを取り付けることを提案した。

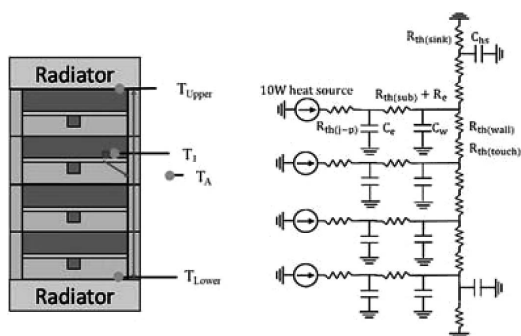


図4 積層モジュールの放熱設計

発生した熱は、モジュールのアルミ筐体を通して伝達される。上記の構造の熱等価回路の導出を行った。熱抵抗値は、複数の熱実験に基づく温度データからすべてが合理的に説明できるように、連立方程式によって計算を行った。両者がよく一致することから、熱等価回路の妥当性が確認された。

表 1 熱等価回路のパラメータ

		Calculated value	Measured value
$R_{th(j-p)}$	the channel-to-package thermal resistance of the substrate	5.75°C/W	N/A
$R_{th(sub)}$		1.59°C/W	N/A
$R_e$	the thermal resistance of the bottom surface of the housing	0.90°C/W	0.90°C/W
$R_{th(wall)}$	the thermal resistance of the side wall of the housing	0.60°C/W	0.39°C/W
$R_{th(touch)}$	the contact thermal resistance between different housings	0.46°C/W	0.35°C/W
$R_{th(sink)}$	the thermal resistance of the heat sink	1.38J/K	N/A
$C_b$	the heat capacitances of the bottom surface of the housing	13.91J/K	N/A
$C_{wall}$	the heat capacitances of the side wall of the housing	11.91J/K	N/A
$C_{sink}$	the heat capacitances of the heat sink	144J	N/A

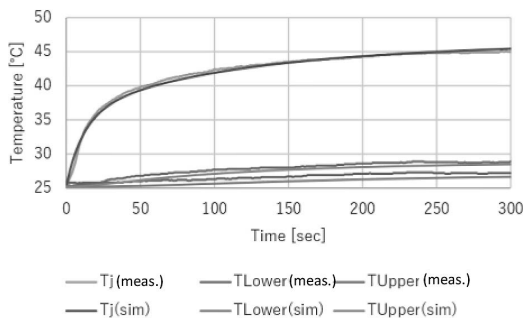


図5 シミュレーションと実測の温度変化の比較

## 2.5 モジュールの温度上昇の評価

熱等価回路から各モジュールのチャンネル温度を見積もると、最高温度は 145℃ と目標の温度以下となった。その結果、連続動作が可能となり、1m 先に設置した LED の点灯にも成功した。

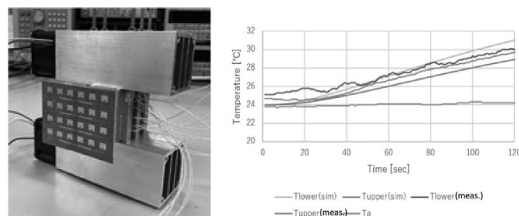


図6 ヒートシンク付きフェーズドアレイアンテナの写真とシミュレーションと測定温度上昇の比較

## 3. おわりに

本学会では、他大学の先生や技術者の方々の前で発表し、建設的な意見を頂いて議論することができた。また、様々な招待講演を聴講することができ、貴重な経験となった。

## 謝辞

ご指導頂きました石崎俊雄教授、松室堯之氏、研究室の皆様へ厚く御礼申し上げます。

## 発表論文

[1] 大島寛矢, 石崎俊雄, 松室堯之, “Heat Dissipation Design of Active Integrated Antenna for 24GHz Wireless Power Transfer System”, APMC2023, Dec. 2023



## IWAIT2024 に参加して

矢野 太一

Taichi YANO

情報メディア学専攻修士課程 2年

### 1. はじめに

私は2024年1月6日から8日までマレーシアのランカウイ島・パークロイヤルリゾートで開催された IWAIT2024 に参加し、「A real-time visualization system of muscle activity in movements using VR device」という題目で口頭発表を行った。

### 2. 研究背景

近年、モーションキャプチャによる動作計測と筋骨格シミュレーションを組み合わせた筋力推定が可能となった。しかし、筋力推定は計算量の多さなどの制約からリアルタイムにユーザへフィードバックすることができない。そこで本研究では、ユーザの動作に合わせて疑似的な筋活動をCG (Computer Graphics) で可視化し、VR (Virtual Reality) 空間でフィードバックするためのシステムを試作した。

### 3. 研究概要

図1は、本研究のシステム概要図である。本システムはVRデバイスの入力によりCGアバタを動かすことで動作中の筋活動を疑似的に可視化する。ユーザがHMD (Head Mounted Display) と両手に持ったコントローラからの位置と方向の入力を基に、3Dアバタの身体をリアルタイムに制御する。また、入力データを手だけでなく、別の部位に割り当てすることもでき、操作する腕や脚の動きはIK (Inverse Kinematics) で制御する。入力された運動に対応する筋活動は、あらかじめ用意しておいたモデルに3Dアバタから算出した肘の角度情報を入力することで可視化される。このモデルは入力に対応した筋活動をモデル化したものであり、肘の角度と筋活動の対応関係を表す簡単な数式であるため、上

肢にのみ対応している。本システムで使用しているCGアバタは解剖学に基づいたキャラクターを使用しており、全身の筋肉の位置が現実の筋肉の構造と対応したキャラクターである。本研究では、システムのコンセプトと操作性の検証と運動時の筋活動をリアルタイムにCGで可視化する手法の有用性を検証した。

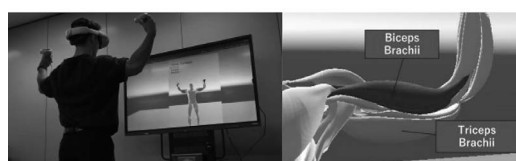
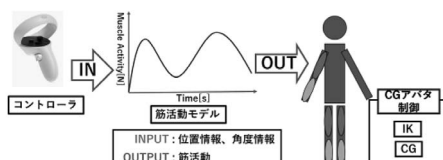


図1 システム概要図

### 4. CGによる筋活動の可視化

本システムはCGオブジェクトの色や変形によって運動中の疑似的な筋活動をユーザへ可視化する手法を用いた。色の濃淡は、CGアバタから算出した特徴量に基づいて制御する。上肢の可視化ではCGアバタの肘の屈曲角度、下肢の可視化では腰の回転角度と膝の屈曲角度を特徴量として用いる。可視化に用いる色は、屈曲動作は赤、外転動作は青、外旋動作は緑の濃淡で筋活動の大きさを可視化する。上肢は屈曲時、下肢は屈曲、外転、外旋時の筋活動が可視化される。図2に動作ごとに色が変わっている様子を示す。複数の動作を組み合わせた動きの場合、その動作に合わせて色が混合されて可視化される。図2の外転と外旋の場合は、臀部の筋活動の大きさが青と緑の混色であるターコイズブルーで可視化される。



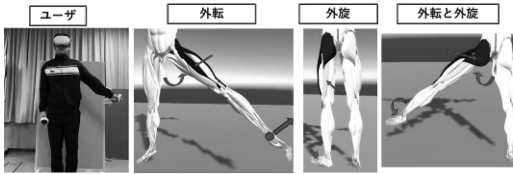


図2 色による筋活動の可視化

CG オブジェクトの変形による可視化では、CG アバタの上肢の筋肉にボーンを追加することで、上肢で可視化する筋肉の膨張（スケール）を制御する。この膨張は肘の角度に比例して制御する。肘の角度変化による CG オブジェクトの膨張の様子を図3に示す。膨張対象となる筋肉の腱部分はスケールの変化を固定し、そのほかの部分はz軸方向とy軸方向に沿って膨張するよう設定した。

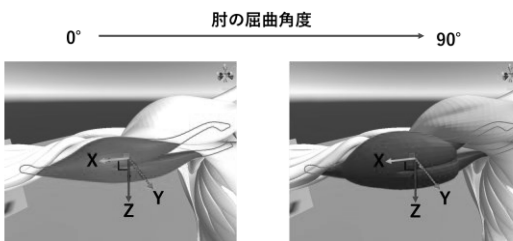
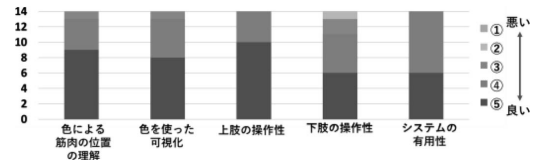


図3 CG オブジェクトの膨張制御

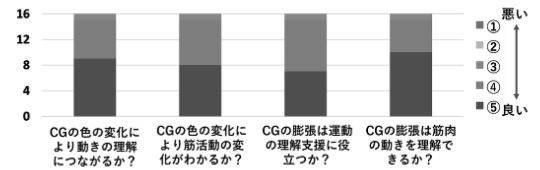
## 5. 実験と考察

システムのコンセプトと操作性、および可視化手法の有用性を評価するため、実験を行った。30名にシステムを体験してもらい、内14名にコンセプトと操作性、16名に可視化手法に関するアンケートに答えてもらった。図4にアンケートの集計結果を示す。図4(a)(b)から、システムのコンセプトと操作性、可視化手法に関して、8割以上の被験者から肯定的な評価を得ていることがわかる。しかし、操作性の「下肢の制御」についてのアンケートは、他の結果に比べて悪い評価であった。実

験中の観察から、腕で脚を操作する下肢の制御は、直感的ではなく、VR空間内のCGアバタが操作しにくいようであった。操作したい部位をつかんで制御することで、この問題は改善されるのではないかと考えている。



(a) コンセプトと操作性に関するアンケート結果



(b) 可視化手法に関するアンケート結果

図4 実験結果の集計

## 6. おわりに

ユーザの動作に合わせて疑似的な筋活動をリアルタイムフィードバックするためのシステムを試作した。実験結果から本システムのコンセプトと操作性、可視化手法の有用性を確認することができた。

発表では PowerPoint の発表スライドを見せながら12分の発表と3分の質疑応答を行った。質疑応答では、全身入力デバイスを使用しなかった理由を聞かれた。初めての国際会議で英語での発表となり苦勞した点多かったが非常に有意義なものだった。

最後に、本研究を行うにあたり、お忙しい中時間を割いて頂き、ご指導と助言を頂いた曾我麻佐子准教授、大阪電気通信大学の小田邦彦教授に心から感謝いたします。



## International Workshop on Advanced Image Technology 2024 に参加して

開 田 拓 翔  
Takuto HIRAKIDA

知能情報メディア課程 4年

### 1. はじめに

私は、2024年1月6日から8日にかけて、マレーシアのランカウイ島にある PARKROYAL Langkawi Resort にて開催された、「International Workshop on Advanced Image Technology 2024」に参加し、「VR Interface for Creating and Editing Dance Movements with Time and Space Parameters」という題目で研究発表を行った。

### 2. 研究内容

近年、仮想現実（VR: Virtual Reality）システムの軽量化や開発の低コスト化に伴い、それらのコンテンツの作成が容易になってきている。仮想空間では現実空間とは異なり、VR デバイスを用いることで身体能力を簡単に拡張することができる。そのため、介護現場での高齢者のリハビリ支援や、教育現場での珍しい疑似体験などに VR デバイスを使用する機会が増えている。また、動画投稿サイトの発達により、自身が踊っている様子を撮影した動画を投稿することが人気を集めている。しかし、新しいダンスの動きを考案するのは困難で時間がかかり、その人の身体能力によって動きが制限されることもある。

そこで本研究では、身体負担を軽減しつつ新しいダンスの動作作成を支援することを目的として、HMD（Head Mounted Display）とコントローラで入力された動きを変換して、全身の動きを作成する VR システムの開発を継続して行っている。変換のパターンは数式と、距離や速度など時空間に関するパラメータで構成されており、これらを自由に編集

することで作成できるダンス動作のバリエーションを増大させることができる。そこで、VR コントローラを用いた仮想空間内での時空間パラメータ編集インタフェースの提案を行った。

### 3. ダンス動作作成システムの概要

図1にダンス動作作成システムの概要を示す。HMD と2台のハンドコントローラから取得した位置と角度の情報を用いて、身体の一部の動作を入力する。入力した身体動作はダンスの動きをパターン化した数式によって変換され、変換した動きを IK（Inverse Kinematics）ターゲットに割り当てる。IK は末端関節から親関節の角度を計算する手法である。図1に示すように頭、手、足の先端に IK ターゲットを配置しており、その位置に CG アバタの各身体部位が追従するようになっている。つまり、パターンによって IK ターゲットを動かすことで、身体負担を軽減しつつ部分的な入力からリアルタイムに全身の動きを制御することができる。また、パターンに含まれる時空間パラメータを、事前に編集することで変換度合いを変えることができる。

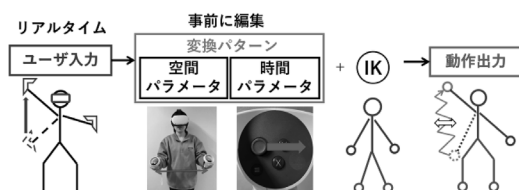


図1 ダンス動作作成システムの概要

### 4. 時空間パラメータの入力と編集

ダンス動作作成のための時空間パラメータのうち、空間に関するパラメータは仮想空間内で直感的に入力できるようにするため、コントローラを用いて長さを入力する手法を提案した。図2に示すように、両手に把持したコントローラでボタンを同時に押した時のコントローラ間の距離を計測する手法（図2（a））と、片手コントローラでボタンを押してから放した地点の距離を測定する手法（図2



(b)) を実装した。また、時間に関するパラメータはコントローラのスティックを左右に倒すことで加減できるようにした。

例として、Zigzag と名付けたパターンでは、ユーザがコントローラを動かすと、IK ターゲットがその方向に対して垂直に振動（上下の場合は左右方向に振動）する。Zigzag には空間のパラメータとして振幅、時間のパラメータとして周期と振動数がある。図 3 のようにコントローラで入力した長さを  $d[m]$  とすると、Zigzag の振幅には  $d/2[m]$  が割り当てられる。

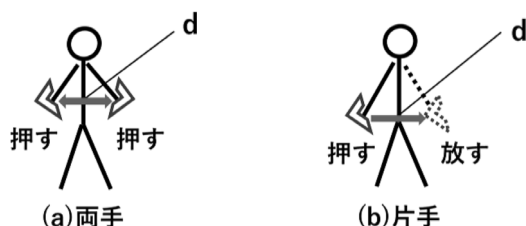


図 2 長さの入力手法



図 3 Zigzag の編集結果

## 5. おわりに

本研究では、ダンス動作作成のための時空間パラ

メータを編集するインタフェースを提案した。ユーザは動きの変換度合いを自由に調整し、バリエーション豊かな動きを作成することが可能になった。

プロのダンサー 4 人に本システムを使用して自由に動作を作成してもらった実験を行った。自身の体では表現できない動きや予想外の動きからダンス創作のアイデアを得たというコメントがあり、本システムのダンス創作支援への有望性が示された。さらに、本システムの機能の必要性和操作性の評価から、時空間に関するパラメータの変更の必要性は高く、操作性もよいことがわかった。

## 6. 発表を終えて

今回の発表は、質疑応答も含めすべて英語で行われた。「なぜ Kinect で全身の動きをキャプチャしようと思わなかったのか」、「入力で動かすことができない足はどのように動かしているのか」という質問をいただき、本システムの特徴を深く考えるいい機会になった。学会全体を通して、英語での資料の作成方法、研究内容の発表・質疑応答などを学ぶことができた。私自身、初めての学会発表だったため、研究に関する質問をいただける貴重な体験となった。

本研究を行うにあたって、ご指導とご助言をいただいた曾我麻佐子准教授に感謝いたします。また、本システムの基盤を作成し、引継ぎを行ってくださった松下匠武氏に感謝いたします。



## 第 133 回人文科学とコンピュータ研究発表会に参加して

阪 口 直 樹

Naoki SAKAGUCHI

情報メディア学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

私は、2023 年 9 月 30 日に岡山県の岡山大学津島キャンパスにて開催された第 133 回人文科学とコンピュータ研究発表会に参加し、「モーションアーカイブと機械学習を用いた琉球舞踊の姿勢判別と精度検証」という題目で口頭発表を行った。

近年、モーションキャプチャ技術の発達により、舞踊や伝統芸能などの人体動作のモーションアーカイブとして蓄積されるようになった。舞踊のモーションデータを用いて伝統芸能や祭事をデジタル技術で再現する研究も行われている。また、楽曲や絵画などの作品の創作や身体動作の分析に AI 技術や機械学習が用いられるようになってきている。

本研究では、舞踊についての専門知識がない人でも容易に舞踊の分類を可能にすることを目的とし、舞踊のモーションアーカイブと機械学習を用いて琉球舞踊の男踊りと女踊りの姿勢判別が可能であるか検証した。また、判別の精度を検証するため、専門家に判別してもらった結果との比較を行った。

### 2. 概要

本研究では、琉球舞踊のモーションアーカイブを用いて男踊りと女踊りの姿勢判別を試みた。本研究の概要図を図 1 に示す。学習用データは、琉球舞踊の基本動作の特徴的な姿勢から角度情報を算出し、機械学習により学習済みモデルを作成した。これを先行研究で開発されたリアルタイムポーズ判別システム<sup>[1]</sup>に導入し、モーションデータを入力するとフレームごとに男踊りか女踊りかを数値で表示した。判別結果の精度を検証するため、機械学習を用いて姿勢判別を行った結果と専門家の判別結果の比較を

行った。男踊りか女踊りと判別された姿勢の画像を専門家に評価してもらうことで、学習済みモデルで判別した結果と比較を行った。

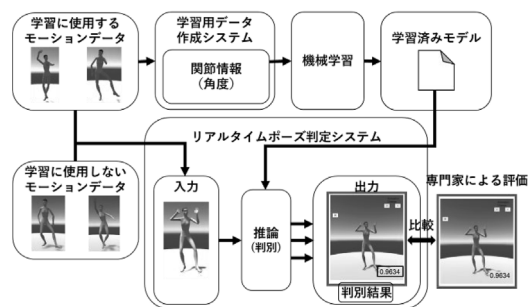


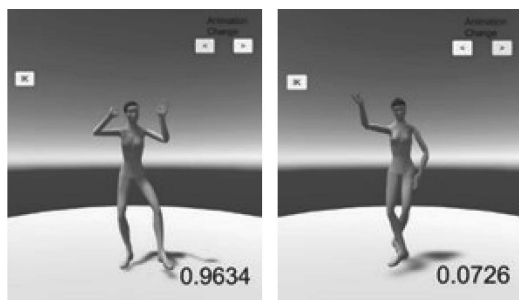
図 1 概要図

### 3. 琉球舞踊の男踊りと女踊りの姿勢判別

#### 3.1 機械学習による姿勢判別

判別結果の例として、女踊りと判別された結果を図 2 (a)、男踊りと判別された結果を図 2 (b) に示す。図中の右下の値が判別結果であり、1 に近いほど女踊り、0 に近いほど男踊りを表す。学習済みモデルの精度を検証するための正解の姿勢として、モーションアーカイブにある基本動作 137 個のうち判別結果の数値が 0.85 以上（女踊りに近いと判定）、0.17 以下（男踊りに近いと判定）の数値になった姿勢を抜粋した。抜粋した姿勢は、学習に用いた姿勢 40 個と学習に用いていない姿勢 50 個で、男踊りの姿勢 45 個と女踊りの姿勢 45 個の計 90 個になるようにした。表 1 に正解の姿勢に対するシステム判別の結果を示す。正解の姿勢とシステムで判別した姿勢の一致率が 65.6% となった。





(a) 女踊り

(b) 男踊り

図 2 女踊りと男踊りの判別結果の例

表 1 正解の姿勢とシステム判別の結果

		システム			
		男踊り	女踊り	計	一致率
正解	男踊り	20	25	45	44.4%
	女踊り	6	39	45	86.7%
	計	26	64	90	65.6%

### 3.2 専門家による評価

機械学習による姿勢判別の精度を検証するため、学習済みモデルの精度検証に使用した姿勢を専門家に判別してもらった。専門家に判別してもらった姿勢は、学習済みモデルの精度検証に用いた結果と同じ姿勢を対象とし、男踊りと女踊りそれぞれ 45 個の姿勢の計 90 個とした。また、判別には、基本動作から抜粋した姿勢を対象とし、検証に使用した 90 個の正解の姿勢に対して専門家の判別精度を検証したところ、一致率が 93.3% という結果になった。判別の方法として、90 個の姿勢画像と評価シートを用意し、90 の姿勢に対して男踊り、女踊り、どちらかわからないの 3 つで判別を行ってもらった。表 2 にシステムでの判別と専門家による評価の比較した結果を示す。システムでの判別結果との

一致率が 64.4% となった。男踊りを女踊りと判別した姿勢として、左手が頭の左上にある姿勢に多く見られ、女踊りを男踊りと判別した姿勢として、右手が首より右上にある姿勢に多く見られた。学習に使用した姿勢に左手が頭の左上にある女踊りの姿勢、右手が首より右上にある男踊りの姿勢が多くあったため誤った判別結果になったと考える。判別精度を上げるために、専門家の判別に使用した姿勢を追加して学習させる必要がある。

表 2 専門家による評価とシステム判別の比較結果

		システム			
		男踊り	女踊り	計	一致率
専門家	男踊り	20	25	45	44.4%
	女踊り	5	38	43	88.4%
	どちらかわからない	1	1	2	
	計	26	64	90	64.4%

### 4. おわりに

本研究会は、私にとって初めての対面方式での口頭発表であった。発表では、他大学の先生や学生からの質疑応答や貴重な意見をいただくことができ、非常に有意義なものであった。また、いただいた意見やアドバイスを今後の研究活動に活かしていきたいと考える。

最後に発表や研究に対して多大なご指導を頂いた曾我麻佐子先生ならびに研究室の皆様に深く感謝いたします。

### 参考文献

- [1] 松下匠武, 曾我麻佐子. 機械学習を用いたダンス創作支援のための基盤システムの構築, じんもんこん 2021 論文集, Vol.2021, pp.282-287, 2021.



## GCCE 2023 に参加して

田 邊 稜 汰

Ryota TANABE

電子情報学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

私は 10 月 10 日から 13 日に奈良県奈良市の奈良ロイヤルホテルで開催された 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2023) に参加した。GCCE とはアメリカに本部があり、電気・情報工学分野の学会 IEEE が主催する家電の技術に関する国際学会である。

私は 10 月 11 日の Related Overall Technologies (ROT) というセッションで「A Finding Place Method Considering Distance between Robots」という題目で、口頭発表した (図 1)。



図 1 発表の様子

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景

現在、少子高齢化が進み、製造業、医療現場など様々な分野で、将来的に人手不足になるため、代わりの労働力としてこれらの現場に自律移動ロボットが導入されると期待される。しかし、複数のロボットが共同で作業を行う環境では、作成した経路が他のロボットの経路と重複すると、衝突する危険性がある。そのため、相手ロボットを検出したときに、すれ違うことができ、衝突が起きない場所を見つけ、衝突回避する必要がある。また、長い経路を選択すれば衝突回避できるが、なるべく短い経路で回避したい。

#### 2.2 経路探索

自律移動ロボットにおける経路探索とは、スタート地点から目的地までの経路を計算する技術である。局所的な自律移動ロボットの衝突回避や経路探索には Dynamic Window Approach (DWA)<sup>[1]</sup>が広く用いられている。DWA はロボットの運動モデルから一定時間までの軌跡を計算しているが、自ロボットの運動モデルのみを扱うため、移動体などの動的障害物を考慮できない。本研究では、相手ロボットが存在せず、静止障害物のみ存在する場合に DWA を使い、相手ロボットがいる場合には、相手ロボットと衝突しない衝突回避点を見つけ、回避的な経路をとる方法を提案する。

#### 2.3 提案法

衝突回避点の導出方法について説明する。図 2 に衝突回避点のイメージ図を記す。ある時刻  $t$  における点  $A_t$  が、その段階での衝突回避点であり、そこに向かうことで相手ロボットと安全にすれ違うことを期待する。走行中の相手ロボットとの衝突を考える。相手ロボットとの衝突回避に必要な距離を  $d$ 、ロボットの半径を  $r$  とすると、お互いのロボットが  $l_t$  進んだ時点で、 $d$  以上の距離を保つ領域ですれ違うべきである。 $l_t$  は相手ロボットと衝突するまでの最短の走行距離である。相手の動きは移動可能範囲の全領域を対象とし、半径  $(l_t + r)$  の円は自ロボットが時間  $t$  までの移動可能範囲、半径  $(l_t + r + d)$  の円は相手ロボットが時間  $t$  までの移動可能範囲から  $d$  離れた範囲である。そのため、目的とする衝突回避点  $A_t$  は自ロボット中心に半径  $l_t$  の円と相手ロボットを中心に半径  $(l_t + 2r + d)$  の円の二つの交点から相手ロボットの進行方向によって選択する。常時、衝突回避点を目指して走行することで、相手ロボットと常に  $d$  以上の距離を保って目的地へ進むことができる。



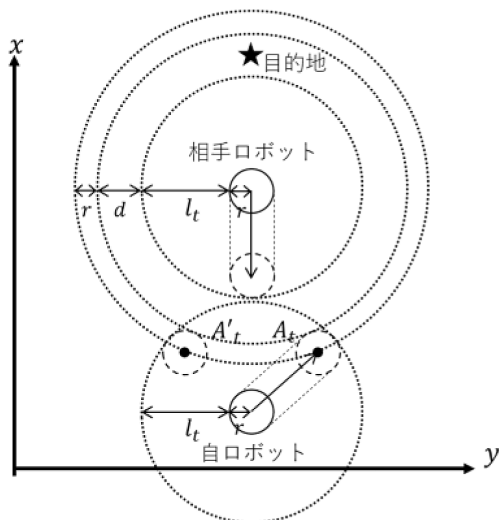


図2 衝突回避点

## 2.4 実験

実験では、ロボットの3次元シミュレーターである Gazebo シミュレーターを用いる。また、自ロボットと相手ロボットに Robotino を用いる。

提案法の性能を評価するために2つの項目を考える。まず、目的地まで安全に移動できるか調べるために、ロボット同士の中心間距離を測定し、衝突回避に必要な距離  $d$  を常に保てるかどうか確認する。次に回避の際にどれだけ余分な経路を通ったかを知るために、自ロボットの移動距離と時間を測定し、目的地までの最短経路と比較する。

実験では、自ロボットが回避する場面を想定して、二つの場面を設定する。実験1は、自ロボットと相手ロボットが直進した場合、衝突する場面、実験2では、衝突しないが、回避が必要な場合を設定する。

実験1では、自ロボットの出発点と目的地が  $(0.0, 0.0)$ ,  $(5.0, 0.0)$  である。自ロボットと相手ロボットが直進した場合  $(2.5, 0.0)$  で衝突する場所を衝突点とし、衝突点から  $0$  から  $\pi$  の範囲で  $\pi/12$

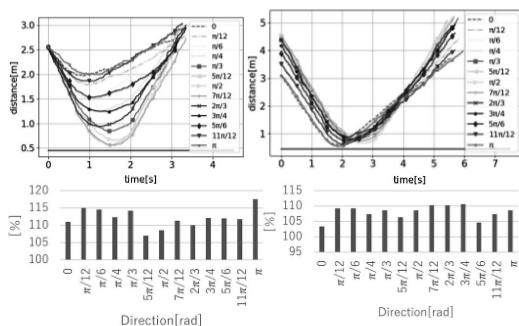


図3 実験結果 (左図が実験1, 右図が実験2, 上図が中心間距離, 下図が最短経路に対する走行時間の割合)

毎の位置を相手ロボットの出発点と設定し、衝突点に向かって進行させる。実験2では、自ロボットの出発点と目的地が  $(0.0, 0.0)$ ,  $(3.0, 0.0)$ , 相手ロボットの出発点が  $(3.0, 0.0)$  で  $0$  から  $\pi$  の範囲で  $\pi/12$  毎の方向に進ませる。お互いのロボットの移動速度は  $1.0\text{m/s}$  である。

実験結果 (図3) から目的地までの最短距離が  $5\text{m}$  のとき約  $12\%$ ,  $3\text{m}$  のとき約  $8\%$  の距離と時間の経路になった。また、実験の全ての場面で、 $d$  以上の距離を保って目的地まで移動できたため、提案法は目的地まで安全に移動できると考えられる。

## 3. おわりに

はじめての国際学会の発表であったため、発表や研究に対して反省するべきことも多かったが、他の参加者の発表を聴講することで、多くのことが学べた。今回の経験を今後の研究活動に活かしたい。

最後に、ご指導、助言していただきました植村渉先生に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] Dieter Fox, Wolfram Burgard, and Sebastian Thrun. The Dynamic Window Approach to Collision Avoidance. IEEE Robotics & Automation Magazine Volume: 4, pp.23-33, Issue: 1, March 1997



## 第 67 回宇宙科学連合講演会 に参加して

辻 本 凌 我

Ryoga TSUJIMOTO

機械システム工学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

今回は、2023 年 10 月 17 日～20 日に富山県富山市の富山国際会議場・ANA クラウンプラザホテル富山にて開催された第 67 回宇宙科学技術連合講演会に参加した。10 月 18 日の 16:30 から 17:30 に開催されたセッション内で 20 分間口頭発表を行った。

再突入カプセルはサンプルを激しい空力加熱から保護するように設計されている。このことは、再突入カプセルを設計する上で最も重要である。

これまでのサンプルリターンミッションでも使われてきたはやぶさ再突入カプセルの前面部は、鈍頭半径の大きい球面部分と半頂角 45 度の円錐部分の組み合わせから成る。このような形状の再突入カプセルは表面の圧力分布の特徴として、球面部と円錐部の接続部分において圧力が一旦低下し、肩部にかけて緩やかに上昇する傾向がある。この傾向がカプセルの肩部付近の衝撃波形状の変化に影響を与え、最終的に空力特性に影響を与える可能性がある。

しかしこの前面部形状を双曲線形状に近似することで、超音速領域での空力特性が改善される。双曲線形状を再突入カプセルに適用して解析を行うと、カプセルの形状を大幅に変えることなく抗力係数が向上し、さらに圧力分布もよどみ点で最大になり、肩部にかけて単調に減少した。これらの傾向は CFD 解析でのみ観察され、実験的には確認されていない。

本研究では、ISAS 遷音速風洞を用いてこれらのことを実験的に確認することを目的とした。実験では、カプセルにかかる空気力と表面圧力の測定を行った。

### 2. 実験モデルの詳細

はやぶさ再突入カプセルと同等の形状として、以下の式を用いて形状を設定した。この式を用いた形状を図 1 に示す。

$$\left(1 - \sqrt{1 + \frac{1}{b^2}}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1 \quad (0 < b < 1)$$

また、圧力測定実験のため、模型の表面に対称面上に、淀み点を含む 11 点の静圧孔を開けた。静圧孔の直径は模型表面付近では 1.5 [mm]、背面にかけて直径 2.6 [mm] とした。断面半径は 40 [mm] とした。断面図を図 2 に示す。

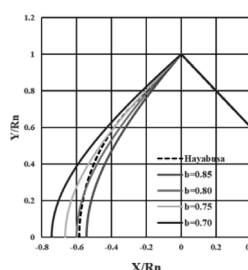


図 1 カプセル形状



図 2 試験模型の断面図

### 3. 実験結果

宇宙科学研究所の所有する遷音速風洞試験装置を用いて実験を行った。通風条件については、通風マッハ数は 1.3、一様流静圧を 53 [kPa]、静温を 224 [K] とした。

#### 3.1 表面部圧力

迎え角 0° での圧力測定結果を図 3, 4 に示す。図 3 は  $b=0.80$ ,  $b=0.85$ 、はやぶさ形状のものを、図 4 は  $b=0.70$ ,  $b=0.75$ 、はやぶさ形状のものを示す。実験結果と解析結果はおおむね一致していることから、本実験で行った模型作成方法は精度よくできていたといえる。また、はやぶさ形状では表面圧力の局所的な低下とまでは言えないが、淀み点から肩部にかけての圧力の減少の様子が変化していることが実験結果からも確認できる。双曲線形状では淀み点で



最大となり，肩部にかけて単調に減少する傾向がみられる．

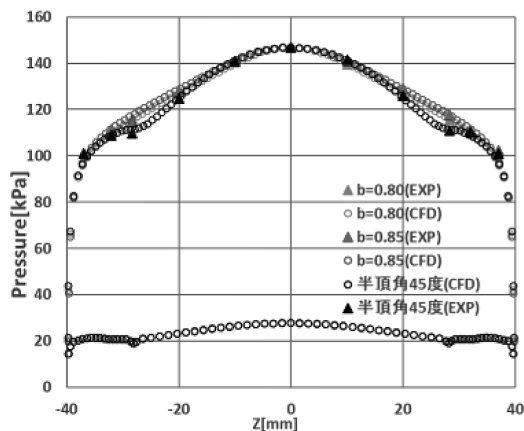


図3 はやぶさ， $b=0.80, 0.85$ の圧力分布

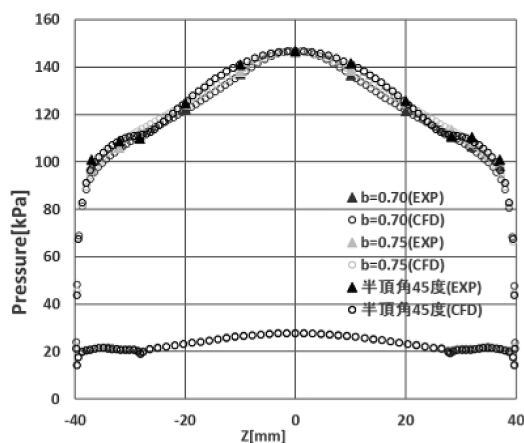


図4 はやぶさ， $b=0.70, 0.75$ の圧力分布

### 3.2 抗力係数および揚力係数

図5に抗力係数，図6に揚力係数を示す． $b=0.80$ の実験模型に不備があったためこの実験結果はない．迎え角がつくほど実験結果と解析結果の誤差が生じるが，抗力係数は下がり，揚力係数は上がる傾向が実験・解析ともに確認できる．また， $b$ が

0.80以上の時，はやぶさ形状の空力係数を上回ることが分かる．

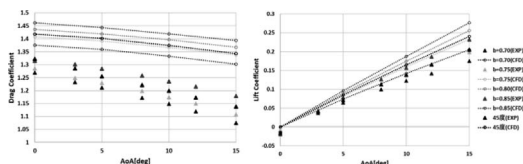


図5 抗力係数の比較 図6 揚力係数の関係

## 4. まとめ

本研究では，双曲線形状を用いた再突入カプセルの圧力分布，基礎的な空力特性の検討を超音速風洞実験と数値流体解析により行った．3D プリンタで作成した試験模型を用いた風洞実験による圧力測定結果が，数値流体解析結果とよく一致していたことは，本実験での模型作成方法は有効であったことを示している．また，先行研究の超音速風洞実験と同様に静圧孔を開けた模型による圧力測定ができた．抗力係数・揚力係数とも，パラメータ  $b$  を0.80以上に設定することではやぶさカプセルのそれらを上回ることも明らかとなった．

## 5. おわりに

対面での学会は私にとっては2度目でしたが，口頭でのプレゼンテーション方式の発表は初めてであったため，大変貴重な機会となりました．質疑応答では3名の方々にご質問をいただきました．実験値と解析値の差や，研究背景のそもそものメカニズムについての質問で，十分とまでは行きませんがレスポンスできたことは良かったと思います．同様の研究をされている学生の方と，アドバイスなどを交え意見交換できたことはとても有意義な時間を過ごせたと考えています．



## 第 72 回ネットワークポリマー 講演討論会に参加して

須 藤 諒 大

Ryota SUDO

物質化学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

2023 年 10 月 25 日から 27 日までの 3 日間、東京工業大学・すずかけ台キャンパスで開催された「第 72 回ネットワークポリマー講演討論会」に参加し、「液晶性フェノールを原料としたベンゾオキサジンの合成とその熱硬化」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

ポリベンゾオキサジンは、アミン、フェノール、ホルムアルデヒドから合成される環状モノマーの開環重合によって得られる熱硬化性ネットワークポリマーである。難燃性や絶縁性に優れ、低吸水性や低誘電率といった特徴に加え、原料であるアミンとフェノールの組み合わせを変化させる事によりテラレーメイドな分子設計が可能という長所も有している。リジッド基板や封止材等の電子材料への展開が期待されており、機器の小型化の要望から放熱特性の向上も強く求められている。本研究では、液晶 (LC) 配向を利用したネットワークの構造制御による高熱伝導率化を目指し、メソゲンとアルキル鎖を導入した液晶性フェノールを原料としたベンゾオキサジンを合成し、その相変化と重合挙動について調査した。また、液晶性フェノールとベンゾオキサジンとの複合体の作製についても検討した。

#### 2.2 実験操作

ビフェニル骨格を有する液晶性フェノール (7BEAP)、オクチルアミン、ホルムアルデヒドをクロロホルム中、150℃ で 10 分間マイクロ波加熱を

行い、単官能 LC ベンゾオキサジン 7BEAB8 を合成した (Fig. 1)。二官能 LC ベンゾオキサジンである 7BEAB<sub>2</sub>12 (Fig. 2) はオクチルアミンの代わりに 1,12-ドデカンジアミンを用いて同様の手法で合成した。7BEAB8 と液晶性フェノール 7EAP との複合体は、ジオキサソラン溶液をガラス基板上にキャストし、熱硬化することで作製した。

合成した LC ベンゾオキサジンならびに複合体の液晶性や重合挙動は示差走査熱量計 (DSC) 測定および偏光顕微鏡観察 (POM) により実施した。

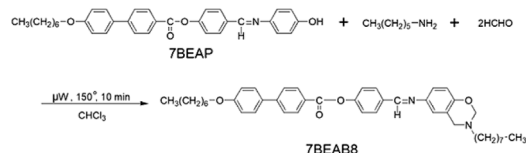


Fig. 1 Synthetic route of 7BEAB8

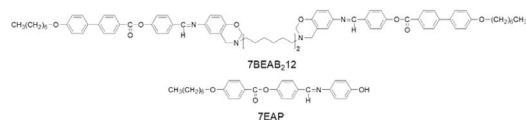


Fig. 2 Chemical structures of 7BEAB<sub>2</sub>12 and 7EAP

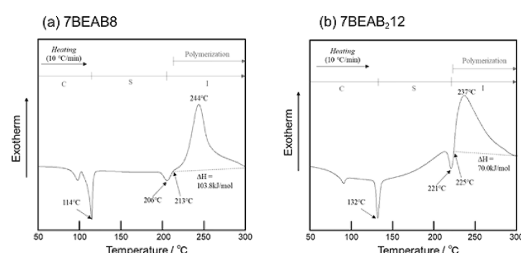
#### 2.3 結果と考察

合成した LC ベンゾオキサジンの DSC 測定結果を Fig. 3 に示す。単官能の 7BEAB8 では、昇温時の 114℃ 及び 206℃ に相転移による吸熱が観測され、エナンチオトロピック液晶であることが確認できた。さらに昇温すると 244℃ をピークとしたベンゾオキサジンの開環による発熱が見られた。同じ条件で実施した POM 観察より、114℃ の吸熱は結晶相からスメクチック相への相転移であり、206℃ のものは等方相への相転移であることがわかった。244℃ で観測された開環による発熱の  $\Delta H$  は 103.8 kJ/mol であり、この値は典型的なベンゾオキサジンの値 (55kJ/unit mol) よりも高い値であった。また、240℃ での POM 観察では複屈折性はみられず (暗視野)、室温まで徐冷後も暗視野のままとなり、重合後は等方相であることがわかった。

二官能の 7BEAB<sub>2</sub>12 の DSC では、132℃ 及び



221℃ に相転移による吸熱が観測され、237℃ に重合による発熱が観測された、132℃ は結晶相からスメクチック相への相転移であることが POM 観察からわかった。7BEAB<sub>2</sub>12 でも重合後は暗視野となり、液晶性は見られなかった。221℃ では等方相に相変化する結果となった。重合時の  $\Delta H$  は 70.0 kJ/mol となり、単官能の 7BEAB8 よりも低いものの、典型的なベンゾオキサジンの開環反応から予想される値とほぼ一致し、十分な重合能を有していることが確認できた。

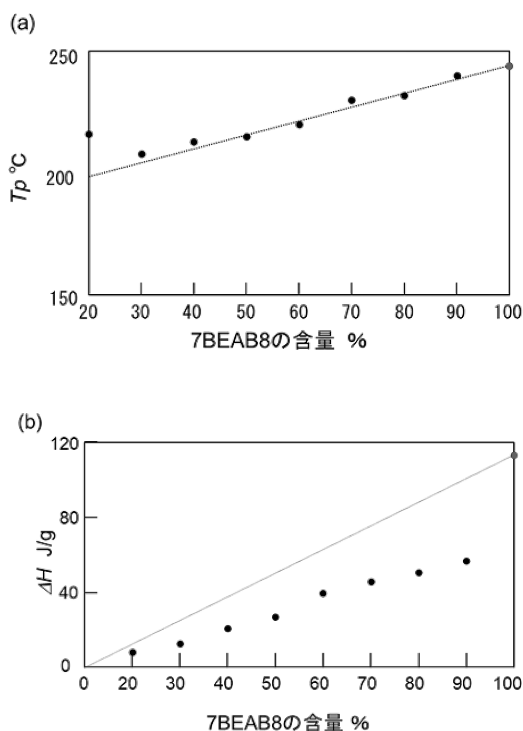


**Fig. 3** DSC thermograms of 7BEAB8 (a) and 7BEAB<sub>2</sub>12 (b) from 30 to 300℃ at a heating rate of 10℃/min

次に、7BEAB8 と液晶性フェノールである 7EAP との複合体について検討した。種々の混合比でサンプルを作製し、その DSC 測定を行った。Fig. 4 に 7BEAB8 含量に対して、重合温度 ( $T_p$ ) と  $\Delta H$  をプロットしたものを示す。7BEAB8 含量の減少に従い、 $T_p$  の低下が観測された。これは 7EAP のフェノール性水酸基が酸触媒として作用したためと考えられる。また、複合体の  $\Delta H$  は、7BEAB8 単独から予想される値 (破線) より低い値であった。

さらに、複合体の POM 観察を行った。いずれの混合比でも 140℃ – 220℃ の温度範囲で複屈折性が見られた。興味深いことに、220℃ で 1 時間熱硬化

を行った後においても複屈折性を示し、さらに室温まで降温後にもクロスニコル下で明視野像が観察された。この結果は、複合化によりネットワーク構造に規則構造を有する熱硬化物が得られたことを示差する。



**Fig. 4** changes  $T_p$  (a) and  $\Delta H$  (b) of a blend of 7BEAB8 and 7EAP

### 3. おわりに

120 分ほどのポスター発表であったが、たくさんの企業の方や他大学の先生方と議論することができ、新しい視点や解決策への糸口をたくさん得ることができた。今学会にて得られた知識を活かしてこれからの研究活動に努めていきたい。



## 複合現実感研究会での研究発表

川 村 大 樹

Taiki KAWAMURA

電子情報学専攻修士課程 2年

### 1. はじめに

私は、2023年10月26日～27日にかけて行われた複合現実感研究会（VRSJ-SIG-MR）に参加し、「皮膚表面冷却によるVR酔い症状の緩和」をテーマに研究発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景

VR利用時に発生することがあるVR酔いと呼ばれる症状は、VR活動の継続を著しく阻害する。VR酔いは乗り物酔いに似た不快感を与える症状であり、快適なVR活動のために解決すべき問題の一つである。そこで、本研究ではVR酔いと乗り物酔いの類似点に着目し、乗り物酔い緩和に用いられる皮膚表面の冷却をVR酔い緩和に応用しようと考えた。

#### 2.2 提案手法と評価

本研究ではVR酔いの発生を抑え、VR酔いが発生した際に素早い回復を行うことを目指し、経験則に基づき皮膚表面冷却による手法を提案する。冷却には市販のネッククーラーを改造したものを使用する（図1）。

VR酔いの度合いを測定するため、定量評価として用意したレースゲームのクリア時間を、定性評価としてSSQ（Simulator Sickness Questionnaire）と呼ばれるVR酔いの主観的評価尺度と7段階のリッカート尺度のアンケートを用いた。また、VR酔いを誘発させるため頭部の動きのみで操作するVRゲームを用意し、よりVR酔い緩和の効果が確認できるようにした。

被験者は21～25歳の17名（男性13名、女性4

名）であり、体調の悪化を感じたらいつでも実験を中断してよい旨を伝えた。



図1 冷却の様子（左）と実験の様子（右）。

#### 2.3 実験と考察

実験ではSSQとレースゲームスコアを、平常時、VRゲーム後冷却なし時、VRゲーム後冷却あり時のそれぞれのタイミングで評価した。また、結果についてVR酔い発生者9名とVR酔い非発生者8名での比較を行った。

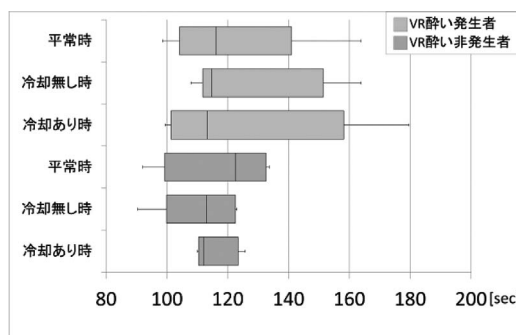


図2 VR酔い発生者（上）と非発生者（下）のレースゲームクリア時間比較。

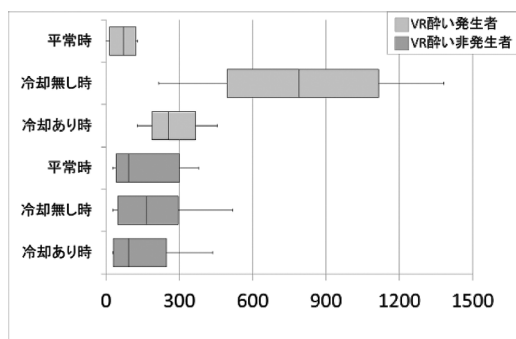


図3 VR酔い発生者（上）と非発生者（下）のSSQスコア比較。



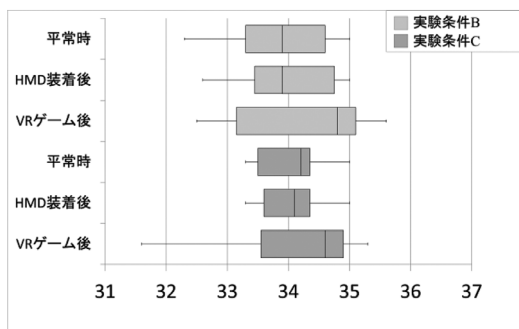


図4 VR酔い発生者の平常時，HMD装着後，タスク終了直後の皮膚表面温度変化について1回目（上）と2回目（下）の比較。

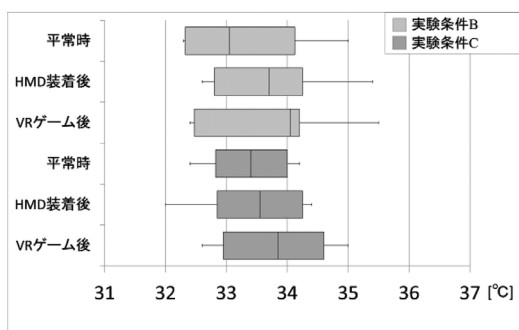


図5 VR酔い非発生者の平常時，HMD装着後，タスク終了直後の皮膚表面温度変化について1回目（上）と2回目（下）の比較。

図2より，レースゲームクリア時間についてはVR酔い発生者の平常時とVRゲーム後冷却なし時の間にのみ統計的有意差がみられた。この結果からVR酔いが発生するとレースゲームクリア時間が長くなることが示唆された。

図3より，SSQスコアについてはVR酔い発生者の平常時，VRゲーム後冷却なし時，VRゲーム後冷却あり時のすべての場合についてそれぞれ統計的有意差がみられた。一方で，VR酔い非発生者についてはすべての場合について統計的有意差がみら

れなかった。この結果から，VR酔いが発生するとSSQスコアが増加し，皮膚表面冷却を行うとSSQスコアが減少していることが分かり，VR酔いが緩和されていることが示唆された。

図4，図5より，VR酔い発生者について，冷却無し時には平常時とVRゲーム後の皮膚表面温度に，冷却あり時にはHMD装着後とVRゲーム終了後の皮膚表面温度に統計的な有意差が見られた。VR酔い非発生者について，冷却無し時にはHMD装着前後，平常時とVRゲーム後の皮膚表面温度に，冷却あり時には平常時とVRゲーム後，HMD装着後とVRゲーム後の皮膚表面温度に統計的な有意差が見られた。この結果から，VRゲームを行うとVR酔い発生の有無にかかわらず皮膚表面温度が上昇する傾向にあることが示唆された。

以上の結果より，VR酔い発生時に皮膚表面冷却を行うという手法にVR酔いの緩和の効果があることが示唆された。また，本手法の効果の要因を明らかにするため，今後はVR酔いと皮膚表面温度変化についての因果関係についての調査を行う必要がある。

### 3. おわりに

今回の学会発表では，様々な研究をされている先生方から貴重なご意見や新たな実験の提案などをいただき，今後の研究の発展や自身の成長につながる良い機会であった。この経験を踏まえ，今後の研究生活を充実させる所存である。

最後に，今回発表するにあたりご指導いただいた酒田信親准教授ならびに実験に協力して下さった皆様に感謝の言葉を申し上げる。



## 複合現実感研究会に参加して

って発生する疲れの軽減を目指した。

生 駒 峻 人

Takato IKOMA

電子情報学専攻修士課程 1年

### 1. はじめに

2023年10月26日～27日に室ガス文化センターにて開催された第71回複合現実感研究会に参加し、「四足歩行動物アバタの操作時における杖を用いた疲労度軽減」のタイトルで研究発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

VR空間上でのユーザは、現実世界と異なる姿のアバタを得る場合が多い。ユーザはアバタの姿によって個性を表現したり、他者へ変身したりする。このとき、アバタの外見には人間以外の姿をしたものも考えられる。Krehovらは、トラやクモなどの人間と骨格が異なる動物型アバタを得る際、四つん這いのような対象となる動物に近い姿勢をとることで、人間型アバタを得た際と同程度の身体所有感を得られることを報告した。しかし、非人間型アバタを操作する際に、そのアバタに近い姿勢をとりながら操作すると身体的な負担も大きく、長時間の操作には適さないという問題があった。そこで、杖の使用により四つん這いになる際に重要な腕の接地感と直立姿勢を両立させることで、装着者に無理な姿勢を取らせることなく、四足歩行動物である馬のアバタに対し高い身体所有感を与える手法を提案する。

#### 2.2 提案手法

Krehovらの動物のアバタに対する先行研究では、四つん這いの状態において実験を行っていたが、四つん這いの状態では、疲弊しやすく長時間の使用は難しいと考えられる。そこで本研究では、杖を用いることで四つん這いの状態と比べ、四足歩行動物への身体所有感を保持しつつ、アバタ操作によ

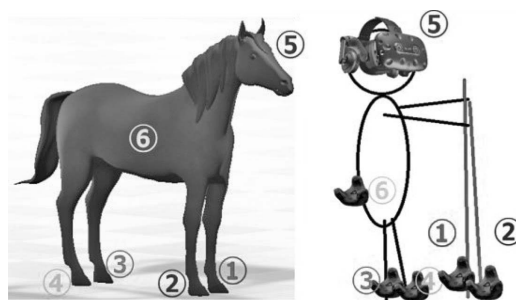


図1 提案手法の概要図

#### 2.3 評価方法

IVBOを測定するため、先行研究と同様にRothらによるalpha IVBO質問票を用いた。回答は1から7の7段階のリッカート尺度で行った。さらに本実験ではalpha IVBO質問票に加え、いくつかの質問を追加した。

表1 alpha IVBO 質問票

受容	Q1	鏡で見た身体が、自分の身体であると感じたか
	Q2	自分の見ている体の部位が、自分の体の部位であるように感じたか
	Q3	自分が見たアバタは人間的であったか
制御	Q4	鏡で見た動きが、自分の動きのように思えたか
	Q5	鏡で見た仮想身体を動かすことを楽しんだか
	Q6	鏡で見た動きを、自分が操作しているように感じたか
	Q7	鏡で見た動きを、あたかも自分が引き起こしているかのように感じるか
変化	Q8	実際の自分の身体とは別の身体を所有しているような錯覚を、体験中に感じたか
	Q9	自分の身体の形状や質感が変化したように感じるか
	Q10	実験中または実験後に、自分の体が本当に自分のイメージ通りになっているか確認したいと思ったか
	Q11	実験後、体が軽くなった／重くなったような感覚があったか
	Q12	実験後、背が低くなった／高くなったような感覚があったか
	Q13	実験後、体が細くなった／太くなったような感覚があったか

表2 追加した質問

Q14	馬になったように感じたか
Q15	馬として動作が自然なものであると感じたか
Q16	操作がしやすかったかどうか
Q17	疲れをどの程度感じたか

#### 2.4 実験条件

本研究では、杖を使用せず直立した状態で歩行する条件、杖を使用しながら歩行する条件、四つん這いになり歩行する条件の3つの条件で実験を行っ



た。杖なし、四つん這いでは、馬の前足にあたる VIVE Tracker を手首に装着して実験を行う。それぞれの条件の実験で、被験者は仮想空間内の鏡に囲われたエリアを2分間自由に歩き回った。各条件を体験する順番は、被験者ごとにランダムに決定された。被験者は体験が終了する度にアンケートに回答し、回答が終了したことを確認した後に次の実験に移行した。一連の流れを3つの条件全てが終了するまで繰り返した。

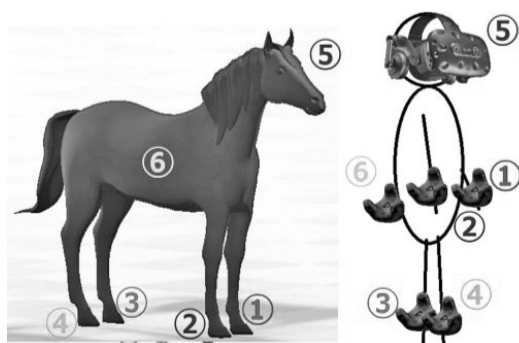


図2 杖なし条件の概要図

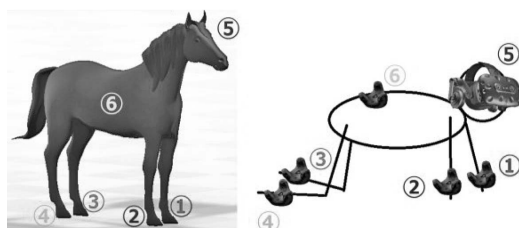


図3 四つん這い条件の概要図

## 2.5 結果と考察

被験者は20～24歳の男性16名で、全員VR体験の有無に関する質問にあると回答した。

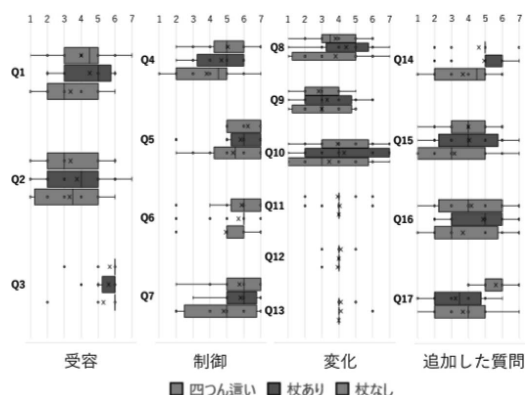


図4 質問票の各条件における比較

alpha IVBO 質問票の3つの成分である受容、制御、変化それぞれにフリーマン検定を行ったところ、全てにおいて、有意な差は認められなかった。Q1（鏡で見た身体が、自分の身体であると感じたか）のみで、フリーマン検定を行った結果、有意差が認められた。それぞれの組み合わせごとにウィルコクソンの符号順位検定を行うと、杖ありと杖なしの間に、有意差が認められた。これにより、杖を使うことによって、使わない場合に比べ、身体所有感が高まり、四つん這いの場合と杖ありの場合で同程度の身体所有感を得られることが示唆された。また、Q17（疲れをどの程度感じたか）のみで、フリーマン検定を行った結果、有意差が認められた。それぞれの組み合わせごとにウィルコクソンの符号順位検定を行うと、杖ありと四つん這い、杖なしと四つん這いの間に、有意差が認められた。これにより、四つん這いと比較して、杖を使うことで疲れを大幅に軽減できることが確認された。

## 3. おわりに

今回初めての学会発表を行い、他大学の先生方から貴重な質問やご意見を頂けて、貴重な経験をすることができた。頂いたご意見を今後の研究に生かしていきたいと思う。



## 第 71 回複合現実感研究会での 研究発表

小笠原 駿

Shun OGASAHARA

電子情報学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

私は、2023 年 10 月 26 日から 27 日にかけて行われた第 71 回複合現実感研究会に参加し、「物体の透明度による重さ知覚の変化」をテーマに研究発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景

頭部装着型ディスプレイ（HMD）による視覚刺激と触覚などの他の感覚を組み合わせると錯覚を生じることが知られており、幅広く研究されている。この中に、Pseudo-Haptics と呼ばれる技術がある。これは、疑似触覚とも呼ばれ、視覚からの情報を操作することで触覚に錯覚を起こす技術である。そこで本研究では、物体の外観に対する視覚的な透明度と持ち上げたときに知覚する重さは線形的になるのではないか、という仮説を立て実験を行った。

#### 2.2 実験 1：提案手法・結果・考察

本提案手法の効果を確かめる実験では、基準となる  $\alpha$  値と比較対象となる  $\alpha$  値で透明度を設定した立方体を順番に持ち上げてもらい、どの程度軽く／重く感じたかをリッカート尺度と VAS 法の 2 つのアンケートで回答してもらうタスクを行う。持ち上げる手法は、立方体の枠に重りと VIVE トラックを乗せたものを手のひらに載せて、立位の状態で図 1 のように持ち上げる手法とした。また、本実験には 20～24 歳の男性 16 名が参加した。



図 1 実験 1 の手法

アンケートの結果をウィルコクソンの符号順位検定を用いて検定した結果（図 2、図 3）、一部ではあるものの有意差が出ているため、 $\alpha$  値が大きいものから小さいものに変えることで軽く感じ、 $\alpha$  値が小さいものから大きいものに変えると重く感じる可能性が示唆された。しかし、比較対象の  $\alpha$  値間に有意な差が全体的に出ているわけではないため、透明度と持ち上げたときに知覚する重さは線形的になるという仮説は支持されなかった。仮説が支持されなかった原因として、カメラ映像の遅延や画質の悪さによる酔い、実験時に対象物を手渡すときの位置や力のずれ、実験対象物が縦長になったことによる持ち上げ動作時のぐらつきが考えられる。そのため、休憩の回数と時間の見直し、別の手法での実験を試す必要があると考える。

また、仮説は支持されなかったものの、グラフを見ると 150g のときに比較対象の  $\alpha$  値が大きくなるにつれて重く感じているようにも見えることから、重さが軽いほどグラフは線形に近づく可能性があると考えられる。



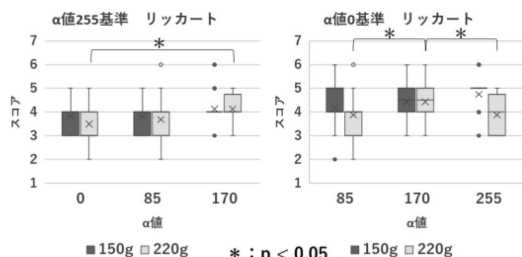


図2 リッカート尺度での重さ評価結果  
(左:  $\alpha$  値 255 基準, 右:  $\alpha$  値 0 基準)

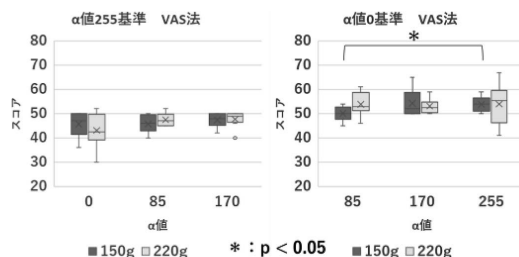


図4 実験 2-1 の重さ評価結果  
(左:  $\alpha$  値 255 基準, 右:  $\alpha$  値 0 基準)

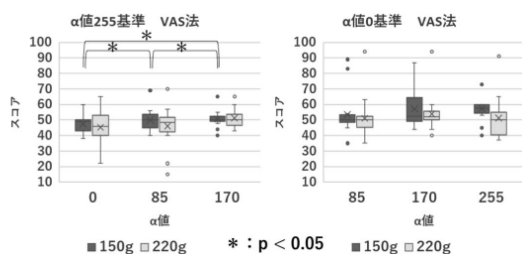


図3 VAS 法での重さ評価結果  
(左:  $\alpha$  値 255 基準, 右:  $\alpha$  値 0 基準)

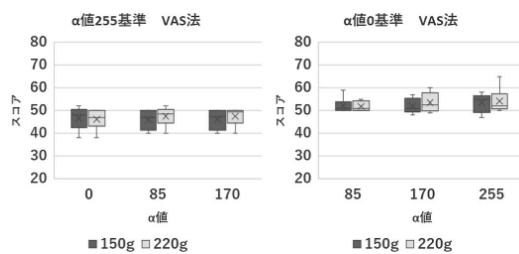


図5 実験 2-2 の重さ評価結果  
(左:  $\alpha$  値 255 基準, 右:  $\alpha$  値 0 基準)

### 2.3 実験 2: 提案手法・結果・考察

実験 1 の結果を踏まえて、比較対象の  $\alpha$  値間について、知覚する重さの差をより出す手法を調べるため、持ち上げる手法を変更した二つの実験 (図 6, 実験 2-1: 肘を机につき持ち上げる手法, 実験 2-2: 上から把持して持ち上げる手法) を行った。また、実験 2-1 には 20~22 歳の男性 8 名が参加し、実験 2-2 には 20~22 歳の男性 6 名が参加した。



図6 実験 2-1: 肘を机につき持ち上げる手法 (左)  
実験 2-2: 上から把持して持ち上げる手法 (右)

比較対象の  $\alpha$  値間についてウィルコクソンの符号順位検定を行った結果 (図 4, 図 5), 実験 2-1 で一条件のみ有意差が出た。しかし、実験 1 ほど比較対象の  $\alpha$  値間について差は出なかった。このことから、実験した手法の中では本実験の手法が最も差を感じると考えられる。以上の結果を踏まえて、今後は持ち上げる対象物を変えて実験を行っていく予定である。

### 3. おわりに

今回の学会発表を通して、様々な研究を行われている方々から普段とは違った視点からの質問や貴重なご意見を頂いたり、他の方々の発表を聞く事で、新たな学びを得たり今後の研究の発展につながる非常に良い機会であった。

最後に、今回発表するにあたりご指導いただいた酒田信親准教授ならびに実験に協力してくださった皆様に心より感謝申し上げます。



## SSI2023 に参加して

安 田 尚 平  
Shohei YASUDA  
電子情報通信課程 4 年

### 1. はじめに

計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2023 (SSI2023) が芝浦工業大学の豊洲キャンパスで開催された。開催日は 2023 年 11 月 10 日から 12 日までの 3 日間であり、オンラインでの対話を主とし、現地での発表も可能であった。本講演会はシステムと情報に関する幅広い分野の研究を発表する場である。

### 2. 発表形式

発表は現地においてポスターを用いて議論する形式と事前に投稿した説明動画を視聴してテキストで議論する形式のハイブリッド形式で行われた。現地における発表は、1 セッションあたり 1 時間であり、発表者とポスターの内容の説明を求める人とが対話する形で議論が進められる。

#### 2.1 筆者の研究内容

合計 9 個のセッションがあり、私は「強化学習とそのハイブリッド手法の最前線」のセッションで発表した。今回の講演会において、現在進行中である研究内容についての発表を行った (図 1 参照)。

発表した研究の題目は「アーム型ロボット制御のための大規模言語モデルに対する強化学習の導入に関する一考察」である。関連する研究として、大規模言語モデル (LLM) を用いて、アーム型ロボットを制御する研究<sup>[1]</sup>がある。私の研究は、LLM を用いて産業用アーム型ロボットを制御する場合に、同じ意味で異なる書き方の文章を入力すると、異なる制御になるという課題を解決する方法を提案する。提案法では、強化学習のエージェントが言い換え生成器<sup>[2]</sup>を用いた文章の言い換え方を学習する。

ここで、言い換え生成器とは文章と制御ベクトルを入力すると、制御ベクトルに従う言い換えを出力するシステムである。提案法は、強化学習の枠組みに基づいている。状態空間は命令文のベクトル、行動は言い換え生成器の制御ベクトル、報酬は制御対象の動きの滑らかさから計算する。アームが制御対象の場合、各関節の躍度の合計値となる。学習後は得た方策を用いて、入力文章を言い換えることで同じ意味の文章であれば、同じ制御になると期待できる。

提案法のシステム全体の構成は図 2 の通りである。入力する情報は、アーム型ロボットのモデルファイル (Model file)、センサーによる周辺情報 (Recognition information by computer)、専門家によるヒント (Hint by experts)、命令文 (Instruction sentence) である。アーム型ロボットのモデルファイルは、xml 形式で記述されたファイルであり、ロボットの機構やサイズなどの仕様の情報が含まれる。センサーによる周辺情報は、環境に設置したカメラから得る把持対象物の位置情報、目的地の情報である。専門家によるヒントは、コードを生成する上で使用可能、もしくは、使用不可能な関数、ライブラリの情報である。命令文は、表 1 の例と同様である。学習時には専門家が命令文を与え、その言い換え方を学習する。非学習時には非専門家が与え、学習によって得た方策に基づいて言い換える。

表 1 アームへの指示の例

例
「ブロックを取って、箱に入れてください。」
「ブロックを箱の中に入れてください。」





図 1 筆者とプレゼン用ポスター

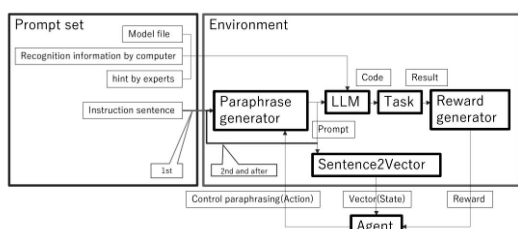


図 2 提案法のシステムフロー

## 2.2 質疑応答

本研究は現在進行中であり、実験が完了していないため、ポスターセッションでは研究の概要を説明する形となった。セッションの時間に6名の参加者と議論し、アドバイスや建設的な意見を聞くことができた。例えば、「LLMのバージョンが変わると、学習結果は使えなくなるのではないか。」という質問があった。私が解決策を答えることができずに困っていると、「ローカル環境でLLMを用意することで解決できるのではないか。」というアドバイスを貰った。

意見の中でも、複数人から強化学習の報酬設計についての同じ意見やアドバイスがあった。報酬設計については発表前から議論が必要だと考えていた点であったため、アドバイスを受けることができ、自身にとって有益な議論になったと思う。

## 2.3 発表を終えて

今回、初めてのポスター発表であったが、程よい緊張感で臨むことができ、有意義な議論ができた。また、講演会で受けたアドバイスを研究の参考にしたいと思った。

## 3. おわりに

SSI2023において、ポスター発表をし、複数の参加者と議論した。本講演会では研究に対するヒントが得られたと思う。

最後に、今回、私が発表した研究と原稿執筆に対する指導、そして、発表会のために芝浦工業大学豊洲キャンパスまで駆け付け、記録をしてくださった植村先生に感謝したい。

## 参考文献

- [1] Jacky Liang, Wenlong Huang, Fei Xia, Peng Xu, Karol Hausman, Brian Ichter, Peter Florence, and Andy Zeng. Code as policies: Language model programs for embodied control. In 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 9493-9500. IEEE, 2023.
- [2] Elron Bandel, Ranit Aharonov, Michal Shmueli-Scheuer, Ilya Shnayderman, Noam Slonim, and Liat Ein-Dor, "Quality Controlled Paraphrase Generation," In Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers), pp.596-609, Dublin, Ireland. Association for Computational Linguistics.



### ハプティクス研究委員会 第31回研究会に参加して

丸田 千滉  
Chihiro MARUTA

情報メディア学専攻修士課程 2年

#### 1. はじめに

私は2023年11月16日から17日にかけて、東北学院大学にて開催されたハプティクス研究委員会が主催する第31回研究会に参加した。この研究会は触覚に関する研究を主とする研究会であり、私は「バーチャル物体の色彩効果を用いた疑似温度感覚に関する基礎実験」という題目で研究発表を行った。

#### 2. 発表内容

##### 2.1 研究背景と目的

近年現実空間にバーチャル物体を重畳表示させるAR (Augmented Reality) やVR (Virtual Reality) といったバーチャル技術が進歩し続けているが、バーチャル技術に関する研究についても同様に進歩し続けており「疑似触覚」と呼ばれる錯覚が発現する事があると報告されている。疑似触覚とはバーチャル空間と現実とのユーザーの感覚齟齬による錯覚とされており、実空間には存在しない感覚を知覚するというものである。

今日様々な種類の疑似触覚が研究されているが、私は疑似触覚の中でも温度感について注目し、バーチャル空間に表示するバーチャル物体の色を操作する事で色による心理変化を促す事でバーチャル物体に対する触覚や温度感のある錯覚が再現できないかを目的とし、研究発表を行った。

##### 2.2 実験内容

本実験ではUnityやVIVE Proを用いてAR空間を構築し、箱のバーチャル物体とその箱の上部から煙を模したバーチャル物体の2つを発現させ、実験

参加者には煙を模したバーチャル物体に手を翳してもらう事で触覚や温度感を確認してもらった。箱のバーチャル物体は赤、緑、青の3色、煙のバーチャル物体は白、赤、緑、青の4色を用意し合計12事象に関する実験を15名の実験参加者に対して行った。本実験は色による触覚や温度感の発現や錯覚の程度の変化を観察する事が目的である為、実験参加者の視界には黒幕とバーチャル物体しか映らない様に実験環境を統制した。実験環境を図1、実験に使用したバーチャル物体を図2に示す。



図1 実験環境の様子

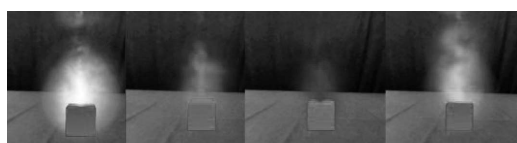


図2 使用したバーチャル物体の様子

##### 2.3 実験結果

実験参加者にはこれらのバーチャル物体に対して手に感じた触覚と温かさをVAS法と呼ばれる100件法の評価方法で評価してもらった。その結果に対して一要因分散分析を行い、箱の色や煙の色がどの様に触覚や温度感に影響したかを確認した。

触覚に関しては、箱の色に注目した赤、緑、青3色間及び煙の色に注目した白、赤、緑、青の4色間でも有意差が見られず、色操作による触覚の変化は見られなかった。



温かさに関しては箱の色に注目した場合、赤と青の組み合わせで  $p$  値 0.01 未満で有意差が見られ、煙の色に注目した場合、白と青、赤と緑の組み合わせで  $p$  値 0.01 未満で有意差が見られ、赤と青の組み合わせでは  $p$  値 0.001 未満で有意差が見られた。この結果を図示したものを以下図 3、図 4 に示す。

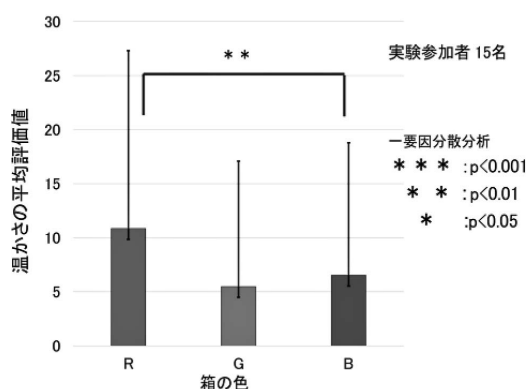


図 3 箱の色に注目した温かさの様子

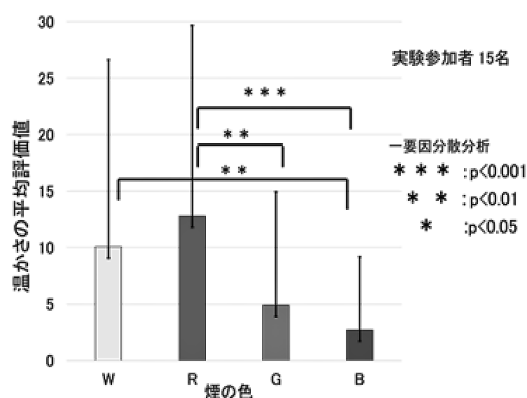


図 4 煙の色に注目した温かさの様子

### 3. まとめ

本実験の結果からバーチャル物体に対する感触に対する疑似触覚については有意差が見られず、温か

さに関する疑似触覚については有意差が見られ、色操作による疑似触覚の変調は温度感に対して有効であると考えられる。さらに色による感触の疑似触覚の操作は色では見られなかった為、他の要因が影響すると考えられ、具体的にはバーチャル物体そのものの見た目や質感等が影響すると考えられる。

また両条件の赤と緑の組み合わせについて注目すると、箱の色では有意差が見られなかった事に対して煙の色に注目した際に赤と緑の組み合わせで有意差が見られた。さらに煙の色を変えることで有意差が多数見られたことから、本実験において視覚的に直接触れている様に捉えられるバーチャル物体の色を操作する方が温度感の操作が有効であると考えられる。

### 4. おわりに

本研究では色操作による感触と温度感に関する疑似触覚の生起や変化について実験を行い、温度感に関しては色操作が変調や生起に対して有効であると考えられ、感触は色ではなくバーチャル物体の持つ物体感や質感等の別の要因が影響すると考えられる結果が得られた。

本実験を基に行った今回の発表では、ハプティクス研究委員会に所属されている触覚を専門とする方々から本研究に対する貴重なご意見を多数頂き、本研究における今後の課題や実験設計、方針に関わる新たな知見を得られる貴重な経験となった。これらのご意見を基に今後の研究を進め、役立てていきたいと考えている。

最後に、今回の研究発表の為に、実験設計やデータの分析方法さらに発表練習等、多大な御協力、御指導を頂いた野村竜也教授に深く感謝致します。



### a-IGZO メモリスタとキャパシタを組み合わせた抵抗変化による初期状態依存型ニューロモーフィック・デバイス

國 本 雅 椰  
Masaya KUNIMOTO  
電子情報通信課程 4年

#### 1. はじめに

2023年11月16日から17日まで京都アバンティホールで開催されたIMFEDK2023という学会講演に参加し「a-IGZO メモリスタとキャパシタを組み合わせた抵抗変化による初期状態依存型ニューロモーフィック・デバイス」という論文を発表した。

#### 2. 研究背景と目的

人工知能の研究は盛んに行われているが、現在の人工知能は、特定の情報処理をソフトウェアで学習するため、総合的な機能性では人間の脳に劣っている。人間の脳をハードウェア・レベルで再現するニューロモーフィック・システムは、ソフトウェアの問題点である消費電力とロバスト性を解決する他の方法である。高性能なニューロモーフィック・デバイスは、多くのニューロンとシナプスを必要とするため、高集積化が課題となっている。このような背景から、我々は薄膜デバイスをベースとしたニューロモーフィック・デバイスの構築を計画しており、修正ヘッビアン学習則を用いてアモルファス酸化物半導体（AOS）薄膜をベースとしたデバイスの研究に成功している。我々はすでに、メモリスタとキャパシタを集積した薄膜ニューロモーフィック・システムが、人間の脳のような出力信号を生成できることを報告している。出力電圧は階段状の信号を示した。

本研究では、さまざまなメモリスタ初期条件下で、メモリスタとキャパシタを組み合わせたニューロモーフィック・デバイスの特性を調べた。目標

は、ダイオード、メモリスタ、キャパシタを組み合わせた薄膜ニューロモーフィック・デバイスを実現することである。a-IGZO は a-Si よりも電界効果移動度が高く、大きなオン電流と小さなオフ電流を実現し、その優れた特性から広く研究開発されている。さらに、a-Si が照明や電気バイアスストレスの下で不安定であるのに対し、a-IGZO は多結晶に匹敵する安定性を持つことが証明されている。ニューロモーフィック・システムは、その性質上、多くのシナプスとニューロンを必要とするため、既存のプロセスとの互換性と拡張性が重要である。以上のことを踏まえ、まずメモリスタの特徴である高抵抗状態と低抵抗状態を切り替えた。次に、初期状態を2つの異なる抵抗状態とみなして、メモリスタとキャパシタを組み合わせた回路にスパイクパルスを印加し、出力電位を調べた。

#### 3. 実験方法

##### 3.1 a-IGZO メモリスタの作製条件

作製した a-IGZO メモリスタの断面図を図1に示す。デバイスは以下のようにして作製した。まず、真空蒸着法を用いて、ガラス基板上に金電極を5分間蒸着した。次に、RF マグネトロンスパッタリング法により、a-IGZO を下層20分、上層10分の2層成膜した。最後に、アルミニウム電極を真空蒸着法で5分間成膜した。

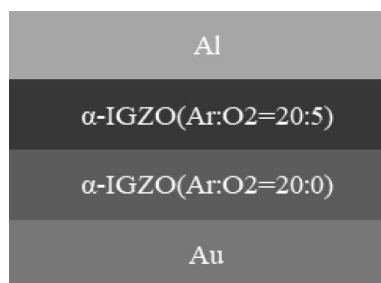


図1 a-IGZO メモリスタの構造

##### 3.2 メモリスタとキャパシタを組み合わせ回路

メモリスタ、キャパシタの回路図を図2に示す。図2の回路は、連続するスパイクパルスの積和回路



であり、ニューラルネットワークのシナプスとして使用される。

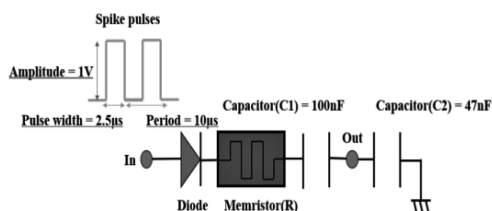


図2 メモリスタとキャパシタの回路図

#### 4. 結果と考察

図3に、a-IGZO メモリスタの I-V 特性を示す。メモリスタの I-V 特性を測定する際には、0.1A や -0.1A を超える電流が流れないように電圧を制御している。図3から、高抵抗状態と低抵抗状態を繰り返すヒステリシスループが確認された。抵抗値は1Vで高抵抗状態が約132Ω、低抵抗状態が約20Ωである。

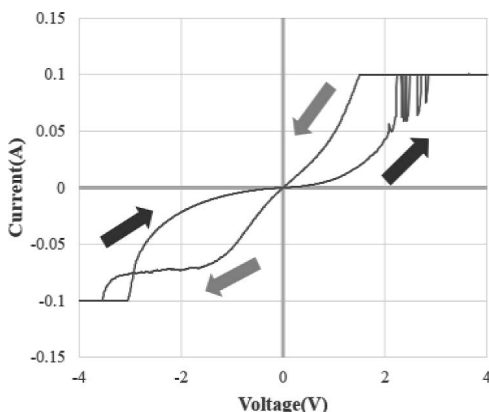


図3 I-V 特性

次にメモリスタとコンデンサ回路の初期状態を決めるため、メモリスタの抵抗状態を切り替える。低抵抗状態から高抵抗状態への切り替えには、4V～-4V の設定電圧を印加する。高抵抗状態から低抵抗状態への切り替えには、-4V～4V のリセット電圧を加え、回路の初期状態を決定する。図4は、図2の回路にスパイクパルスを印加したときの回路の出力電圧の変化を示したものである。ここでは比較

として、メモリスタを実際の抵抗 (20Ω と 130Ω) に置き換え、出力電位の変化を確認した。それぞれの出力電位は同様の結果を示し、人間の膜電位と同じような階段状の挙動を示した。つまり、初期状態の異なるメモリスタとキャパシタを組み合わせた回路は、低抵抗状態では電圧が高くなり、高抵抗状態では電圧が低くなる。この結果は、ニューラルネットワークにおけるシナプスの重み付けに応用可能性がある。

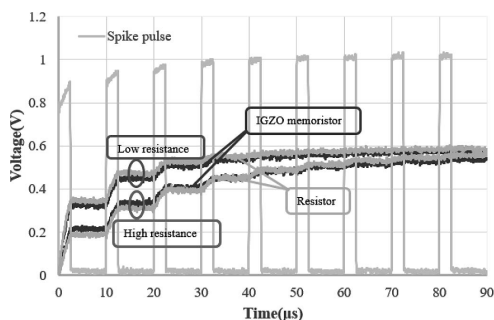


図4 出力電位の変化

#### 5. 結論

我々は、メモリスタとキャパシタを組み合わせた薄膜ニューロモフィック・デバイスを提案した。本研究では、作製した a-IGZO メモリスタを高抵抗状態と低抵抗状態に切り替え、それぞれの状態にスパイクパルスを印加して電圧上昇を観測した。その結果、初期状態が低抵抗状態のとき出力電圧の変動が大きく、高抵抗状態のとき出力電圧の変動が小さいことがわかった。したがって、a-IGZO メモリスタはニューラルネットワークのシナプスとして応用できると考えている。今後は、並列パルスの積和演算回路の実現に向けて研究を進める。

#### 6. おわりに

本研究では、木村睦教授のご指導のもと進められたものであり深く感謝の意を表します。今回の発表で電子情報に関する知識を共有、議論を行うことができ、とても有意義な時間を過ごすことができました。



## 膜電位リセット機能付きの メモリスタとキャパシタ回路

澤 井 一 輝

Kazuki SAWAI

電子情報通信課程 4年

### 1. はじめに

2023年11月16日、17日にAvanti Kyoto Hallで開催された「The 2023 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai」に参加し、「Reset operation of thin-film neuromorphic devices integrating a memristor and a capacitor」という題名で発表を行った。

### 2. 研究背景と目的

近年、人工知能に関する研究が活発であり、その中でもニューラルネットワークを用いる技術が注目されている。ニューラルネットワークとは生物の神経回路のことで特に人間の脳の神経回路を基にした情報処理モデルであると考えられている。また、ニューラルネットワークは信号を保持する働きを持つニューロンとニューロン同士をつなぎ信号を伝達する働きを持つシナプスで形成される。現在は、ソフトウェアでの研究が主流であるが、並列分散処理、ロバスト性、消費電力などの点で問題がある。それに対して、ハードウェアでのニューラルネットワーク、即ち、ニューロモルフィックシステムはソフトウェアでの問題を克服することが可能である。さらに、私たちは消費電力の大幅な削減が期待できるスパイクのパルスを用いたスパイクング・ニューロモルフィックシステムの実現を目指している。我々はメモリスタとキャパシタを集積した薄膜ニューロモルフィックデバイスを実証し、膜電位信号に類似した階段状の信号を観測した。実際の神経回路は膜電位がある閾値に到達したらニューロンが発火し、リセットされる。

このような膜電位挙動が実現できれば、ニューロ

モルフィックシステムに応用できると考えている。

本研究ではメモリスタとキャパシタの集積デバイスを用いてリセット動作を確認した。その結果から、ニューラルネットワークのシナプスとして利用可能か評価した。

### 3. 実験方法

#### 3.1 メモリスタとキャパシタを集積したニューロモルフィック・デバイス

リレスイッチを用いることで閾値に達するとリセットし、何度も一連の動作を繰り返すことができる回路図を図1に示す。Inからスパイクのパルスを印加させている間、Outの電位が上昇する。このOutの電位は膜電位に該当する。その上昇量は、アナログメモリスタのコンダクタンスと正の相関がある（積）。また、次々と入力されるスパイクのパルス列に対して、合算が得られている（和）。すなわち、シリアルなパルス列に対する積和回路が実現されている。

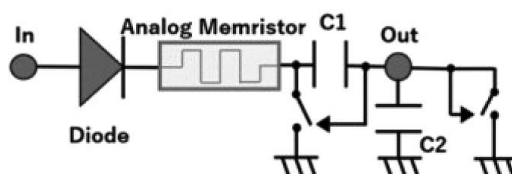


図1 メモリスタとキャパシタの回路図  
(リレスイッチ入り)

#### 3.2 デバイスの作製条件と測定条件

次に、作製したメモリスタとキャパシタのデバイスの構造を図2に示した。このデバイスは図1のメモリスタとC1にあたる。まず熱酸化膜シリコン（SiO<sub>2</sub>/Si）基板上に対して真空蒸着法を用いAlを蒸着した。そしてRFマグネトロンスパッタリング法を用いてアモルファス-Ga-Sn-O(a-GTO)薄膜（Ga:Sn=1:3）を成膜した。最後に真空蒸着法を用いAuの蒸着を行った。表1に作製条件と測定を行ったパラメータの条件を示す。



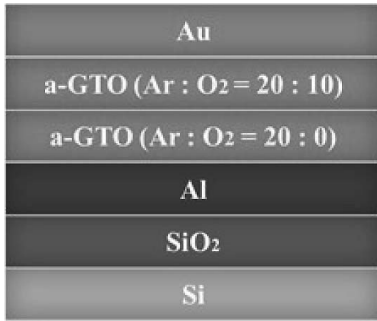


図2 メモリスタとキャパシタのデバイス構造

表1 作製条件

条件	数値	条件	数値
投入電力	60W	電圧	8V
成膜圧力	1Pa	周期	10ms
Argon/Oxygen(一層目)	20/0	パルス幅	5ms
Argon/Oxygen(二層目)	20/10	キャパシタ	C1 = 96nF C2 = 4.7 $\mu$ F
成膜時間	3min		
蒸着時間	5min		

これらの回路は Memristor と C1 の部分は作製したデバイスであり、それ以外はブレッドボード上で電気部品を用いて再現した。これに対して任意波形装置でパルスを送って測定を行った。

#### 4. 結果と考察

図3にオシロスコープで得られた実験結果を示す。この2本の線は、低コンダクタンス・メモリスタと高コンダクタンス・メモリスタに対応している。

まず、図3からスパイクのパルスが印加されている間は段階的に電位が上昇し、印加されていない間は維持していることを確認した。また、リレースイッチの閾値に対応して Out の電位がリセットされ、リセットされた後は再び時間の経過とともに段階的に電位が上昇する動作を繰り返すことを確認した。

さらに、コンダクタンスが大きい方が一段当たりの上昇量大きい結果が得られた。

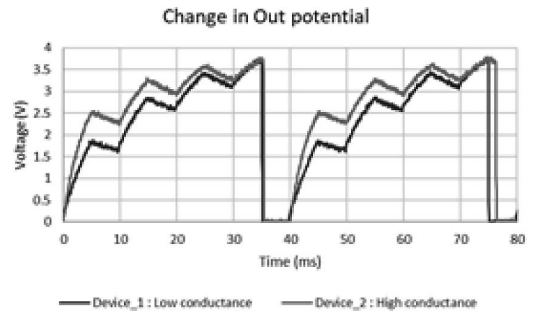


図3 Out 電位の変化

#### 5. まとめ

私たちはシリアルなパルス列に対するニューロモルフィックシステムのためシナプス素子としてメモリスタとキャパシタを統合したものを提案した。本研究では、リレースイッチを用いたメモリスタとキャパシタの回路にスパイクパルスを印加させたときの動作確認を行ったところ、パルスが印加されている間は上昇し、印加されていない間は保持し、この一連の動作を繰り返し動作できる結果が得られた。これは、ニューロンの発火による膜電位のリセット後も動作可能であることを表している。よってニューラルネットワークのシナプスとして利用できる可能性がある。今後は、今回提案したシナプスを用いて文字認識に応用していきたいと考えている。

#### 6. おわりに

本研究は、木村睦教授のご指導のもと進められたものであり深く感謝の意を表します。今回の発表で国内外からの人と議論することができ、とても有意義な時間を過ごすことができました。



# Hf<sub>0.5</sub>Zr<sub>0.5</sub>O<sub>2</sub> をゲート絶縁膜に用いた a-IGZO TFT による不揮発性電荷トラップメモリの特性

篠田 太陽

Taiyo SHINODA

電子情報通信課程 4 年

## 1. はじめに

2023 年 11 月 16 日から 17 日にかけて響都ホールで開催された「2023 IEEE International Meeting for Future of Electron Device, Kansai」に参加し、「Characteristics of non-volatile charge trap memory based on a-IGZO TFTs with Hf<sub>0.5</sub>Zr<sub>0.5</sub>O<sub>2</sub> as a gate insulator」というタイトルでショートプレゼンテーション、ポスター発表を行った。

## 2. 研究内容

### 2.1 研究背景

近年、a-IGZO を用いた不揮発性電荷トラップメモリがその特性から、フレキシブルな不揮発性メモリとして大きな関心を集めている。不揮発性メモリは、多くの種類が研究されており異種界面に電荷を蓄積する構造の場合、ゲート誘電体膜が厚いため電流が小さく小型化に限界がある。そこでゲート絶縁膜の一つとして高誘電率材料を用いる研究が進められている。なかでも、HfO<sub>2</sub> 系材料は、比誘電率が高く、エネルギーバンドオフセットが適切であることから注目を集めている。ほとんどの HfO<sub>2</sub> 系材料は、原子層堆積法 (ALD) によって成膜される。スパッタリング法は低コストで大面積の量産に有利であるが、スパッタリング法で成膜した HZO 膜を用いた電荷トラップ TFT に関する報告はほとんどない。

本研究では、スパッタリング法で成膜した HZO 膜のアニール時間を最適化し、HZO/SiO<sub>2</sub> 積層ゲート絶縁膜と a-IGZO をチャンネル層とする HZO 膜を

用いた電荷トラップ TFT メモリの実証に成功した。

### 2.2 実験方法

作製した電荷トラップ TFT メモリの構造を図 1 に示す。a-IGZO をチャンネル層とするボトムゲート型を採用した。さらに、ゲート絶縁膜として厚さ 50nm の HZO を用いた。まず、RF マグネトロンスパッタ装置を用いて SiO<sub>2</sub>/Si 基板の上に HZO を成膜した。成膜後、大気雰囲気中 400℃ で 5, 10, 15, 20, 30, 60 分間アニールした。その後、同じ方法で IGZO を成膜した。HZO 膜と IGZO 膜の詳細な成膜条件を表 1 に示す。最後に真空蒸着装置を用いて Au/Ti 電極を各 5 分間蒸着し、300℃ で 60 分間ポストアニールした。HZO/SiO<sub>2</sub> 界面を電荷トラップとして用いた。

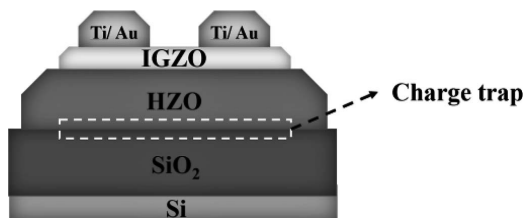


図 1 電荷トラップ TFT の構造図

表 1 IGZO と HZO の成膜条件

Film	HZO	IGZO
Deposition method	RF magnetron sputtering	
Input power (W)	60	
Ar:O <sub>2</sub> (sccm)	20:0	20:1
Deposition pressure (Pa)	3.0	1.0
Deposition time (min)	15	2

### 2.3 結果と考察

図 2 は、HZO 膜の X 線回折の結果を示している。



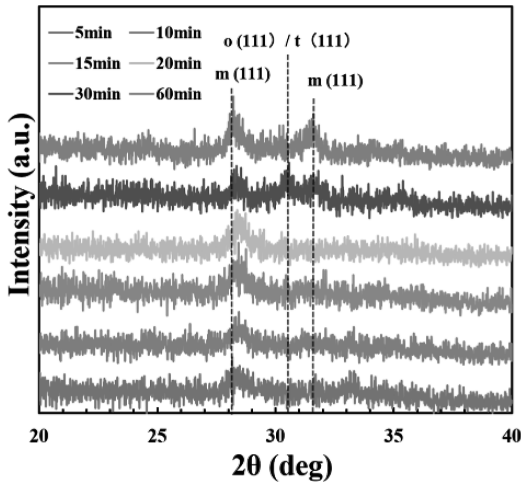


図2 HZO 膜の XRD 回折

30 分アニールした試料では  $30.4^\circ$  付近に斜方晶相と正方晶相のピークがわずかに確認できた。正方晶相の比率が高くなると高い誘電率が得られることが報告されていることから、30 分アニールした HZO 膜では高い誘電率が得られる可能性がある。

次に、30 分アニールした HZO 膜を用いた TFT の伝達特性を図 3 に、得られた値を表 2 に示す。

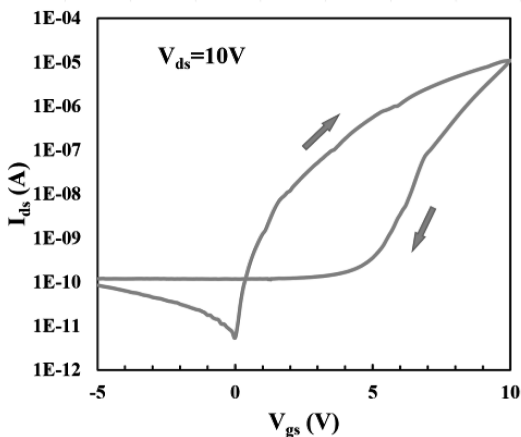


図3 電荷トラップ TFT の伝達特性

表 2 TFT 特性のまとめ

Threshold voltage (V)	Mobility ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	SS (V)	Memory Window (V)
0.04	14.4	0.21	4.5

今回作製した TFT は、時計回りのトランジスタ特性を示した。この TFT に正電圧を印加すると、IGZO/HZO 界面付近に電子が蓄積し、バンドベンディングが生じる。IGZO チャンネルに蓄積した電子は HZO/SiO<sub>2</sub> 界面に注入される。図 4 に示すように、注入された電子は HZO と SiO<sub>2</sub> のエネルギーギャップの違いにより界面に閉じ込められる。よってこの TFT は電荷トラップメモリとして応用できる。

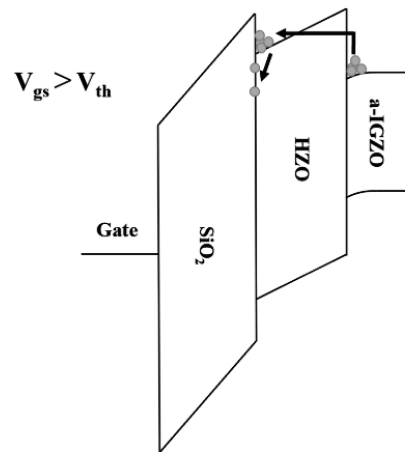


図4 電荷トラップ TFT のエネルギーバンド図

## 2.4 結論

最も結晶性が高かったのは、大気中  $400^\circ\text{C}$  で 30 分間アニールした HZO 膜であった。ゲート絶縁膜に IGZO チャンネルと HZO/SiO<sub>2</sub> 積層ゲート絶縁膜を用いた TFT では、良好な不揮発性メモリ特性が確認された。時計回りのヒステリシス曲線が観察され、これはフローティングメモリ特性を示すと考えられる。

## 3. おわりに

本研究を行うにあたり木村睦先生、河西秀典先生には熱心なご指導をいただきました。心より感謝いたします。また、木村睦研究室の皆様には終始温かいご助言を頂きました。お礼を申し上げます。



## Switching Characteristics of a-IGZO-based 3-layer ReRAM

中 祖 承 良  
Tsuguyoshi NAKASO  
電子情報通信課程 4年

### 1. はじめに

2023年11月16日から17日まで京都アバンティホールで開催された IMFEDK2023 という学会講演に参加し「Switching Characteristics of a-IGZO-based 3-layer ReRAM」という論文を発表した。

### 2. 研究背景と目的

代表的なアモルファス酸化物半導体（AOS）と言えば、In-Ga-Zn-O 系の a-IGZO である。先行研究にて、a-IGZO を中層に用いた 2 層構造の ReRAM において高いスイッチング比を持つデバイスを作製したが、本研究では 3 層構造の ReRAM の作製を行った。3 層構造では 2 層構造よりも電極の酸化を防ぎ、酸素イオン量の安定化が期待出来る。そのため、2 層構造よりも良いスイッチング特性得られるデバイスの作製が出来ると考え、作製を行った。ReRAM とは、金属電極間に電圧を印加することで絶縁体層の電気抵抗が変化し、電気抵抗は電圧降下後も保持されており、不揮発性メモリとして動作する。

今回作成した ReRAM の構造を図 1 に示す。

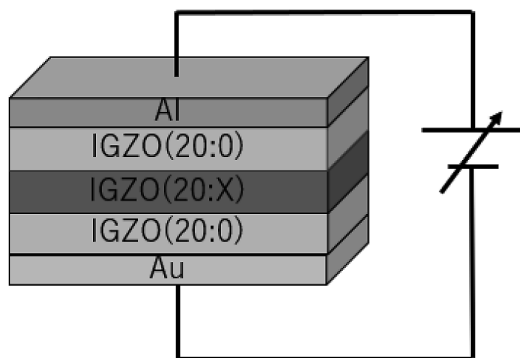


図 1 a-IGZO を用いた 3 層 ReRAM の構造

### 3. 実験方法

まず、真空蒸着法を用いて、下部電極に Au を 5 分蒸着する。次にガラス基板上に RF マグネトロンスパッタリングを用いて今回のターゲットである IGZO を成膜する。再び真空蒸着法を用いて上部電極に Al を 5 分蒸着する。RF マグネトロンスパッタリングを用いて成膜したときの条件は、投入電力を 60W, Ar/O<sub>2</sub> 流量比を 20/0sccm（上層、下層）、中層は 20/10sccm（流量比 0.5）、20/15sccm（流量比 0.75）、10/20sccm（流量比 2）とした。成膜時間を 20 分（上層、下層）、10 分（中層）とした。ガラス基板は 33mm×33mm, a-IGZO はガラス基板上に 25mm×25mm で成膜した。膜厚は、上層、下層は約 200nm, 中層は 100nm である。

### 4. 結果と考察

図 2 に中層の流量比を 3 つの条件で a-IGZO を成膜したときの I-V 特性示す。

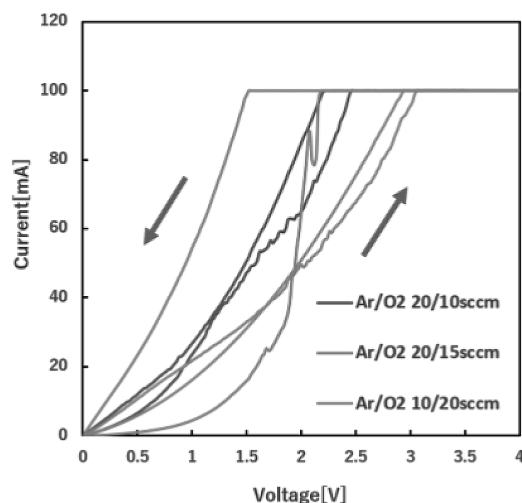


図 2 それぞれの流量比で a-IGZO を成膜した時の I-V 特性

中層の酸素流量比を変化させた 3 つのデバイスの I-V 特性を比較すると、20/10sccm（流量比 0.5）の場合、あまりグラフに開きが出ず、良好なスイッチング特性の結果は得られなかった。さらに酸素流量



比を高くした場合の 20/15sccm（流量比 0.75）が最もスイッチング特性が良い結果となった。さらに、酸素流量比をかなり高くした場合の 10/20sccm（流量比 2）の場合、20/10sccm（流量比 0.5）の結果と同じようなグラフとなり、良好なスイッチング特性は得られなかった。この原因として、まず、酸素流量比が低すぎる場合を考える。RESET/SET パルスを印加することにより抵抗値は可逆的な変化を繰り返すが、そもそも酸素イオンが少なすぎる場合、RESET/SET 動作の酸素イオン移動に変化が出にくくなるため、スイッチング比が低くなったと考える。次に酸素流量比が高すぎる場合を考える。図 2 のグラフで見ると、酸素流量比が 10/20sccm の曲線は比較的緩やかな曲線に見える。つまり、電圧印加によって形成される酸素欠損領域が上手く形成されない、また、酸素の量が多いことで RESET 動作の際に電圧印加による酸素の移動が上手く出来ない。低抵抗状態と高抵抗状態にあまり差が出来ず、スイッチング比が低くなったと考える。

次に先行研究にて作製した 2 層構造の ReRAM の I-V 特性を図 3 に示す。

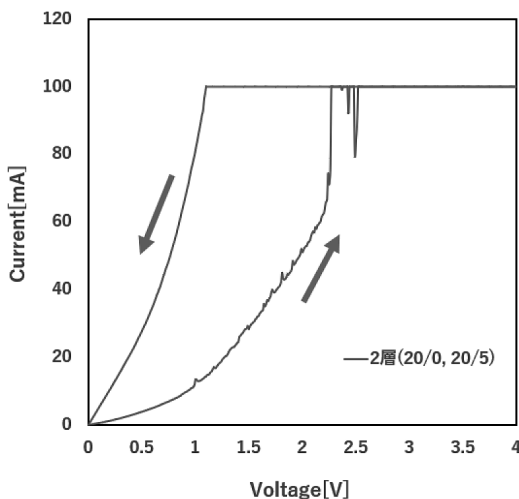


図 3 2 層構造で a-IGZO を成膜時の I-V 特性

本研究で作製した 3 層 ReRAM スwitching 比と、先行研究にて作製した 2 層 ReRAM のスイッチング比を表 1 に示す。

表 1 3 層／2 層 ReRAM のスイッチング比

Ⓔ	3 layersⒺ			2 layersⒺ
Oxygen flow ratioⒺ	20/0Ⓔ	20/0Ⓔ	20/0Ⓔ	20/5Ⓔ
	20/10Ⓔ	20/15Ⓔ	10/20Ⓔ	20/0Ⓔ
	20/0Ⓔ	20/0Ⓔ	20/0Ⓔ	20/0Ⓔ
Switching ratioⒺ	1.26Ⓔ	12.1Ⓔ	1.34Ⓔ	6.04Ⓔ

1V におけるスイッチング比を比較すると、本研究で得た中層 20/15sccm の ReRAM の数値がとても高い。これは、3 層構造にすることによって酸素イオン量が安定化し、酸素イオンが移動しやすく円滑にスイッチング動作を行うことが出来たからだと考える。

## 5. 結論

私たちはターゲット層に a-IGZO を用いた優れたスイッチング特性を持つ 3 層 ReRAM を提案した。本研究室での先行研究にて作製した 2 層 ReRAM のスイッチング比を大きく上回る結果となった。実際に、2 層 ReRAM のスイッチング比は 6.04 に対し、本研究で作製した 3 層 ReRAM のスイッチング比は 12.1 であるため約 2 倍となっている。また、2 層構造から 3 層構造にすることによって、電極の酸化を防ぎ、酸素イオン量の安定化も期待出来る。その点においても、今回作製した 3 層 ReRAM の方がとても良いデバイスであると言える。

## 6. おわりに

本研究は、木村睦教授のご指導のもと進められたものであり深く感謝の意を表します。

今回の発表で様々な大学や企業の方々と議論することができ、とても有意義な時間を過ごすことができました。



### 第 205 回ヒューマンコンピュータ インタラクション, 第 80 回 ユビキタスコンピューティング 合同発表会に参加して

池 田 颯  
So IKEDA

情報メディア学専攻修士課程 1 年

#### 1. はじめに

2023 年 11 月 21 日から 22 日までの 2 日間、淡路島夢舞台国際会議場で開催された「第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション, 第 80 回ユビキタスコンピューティング合同発表会」に参加し、「人工知能がカウンセリングを行うことに対する心理的影響の探索」というタイトルで発表を行った。

#### 2. 研究内容

##### 2.1 研究背景

悩みや心理的な課題を解決する手法としてカウンセリングがあり, AI を使用したカウンセリングは, 精神的なサポートを必要とする個人やコミュニティに対するアクセスを向上させる潜在的な方法として注目されている。特に Open AI 社が開発した Chat GPT は, 対話型 AI としてカウンセリングシステムを実現するものとして期待されている。しかし AI カウンセリングの技術は進んでいるが, AI を活用したカウンセリングの普及には個人や社会全体の感情や懸念にも配慮が必要である。そこで, 本研究は AI によるカウンセリングに対する社会全体の意見と心理的反応を探索, 分析を行い, カウンセリング AI の社会伝搬に対する問題を明らかにすることを目的とする質問紙調査を行った。

##### 2.2 測定方法

質問紙調査は, 大学の特定講義の終了後に受講者を対象に任意の形で実施した。調査の参加者は大学生 111 名 (男性 75 名, 女性 32 名, 不明 4 名, 平均

19.7 歳) であった。質問紙は基本的な情報を問う項目, 人工知能の信頼感を問う項目, カウンセリング AI に関する項目で構成した。基本的な情報は, 性別, 年齢, カウンセリングの利用状況, Chat GPT の利用状況の 4 問で構成した。人工知能の信頼感を問う項目は, 片瀬の対 AI 信頼感尺度を用いて 7 件法で測定を行った。「信頼感」と「不信感」の 2 つの下位尺度に対して 5 項目ずつの設問の合計 10 項目で構成した。

カウンセリング AI について質問の回答方法は 5 件法を使用し, 質問内容はカウンセリング AI に関する不安に関する質問 6 問, カウンセリング AI に関する今後の期待に関する質問 3 問の全 9 問で構成した。最後に自由記述枠として, 人工知能がカウンセリングを行うことに対して感じるものの記載を求めた。

##### 2.3 実験結果と考察

質問紙調査の結果を基に 3 つの分析を行った。1 つ目は男女間での AI に対する信頼感やカウンセリング AI に対する考え方の違いについての結果を明らかにするため, T 検定を用いて分析を行った。有意差のあった項目を図 1 に示す。結果は人工知能がカウンセリングを行うことに対して不安があるという質問項目に対して有意差が認められ, 男性の方が女性よりもカウンセリング AI に対して不安があることが示された。信頼感や不信感は男女間で有意差が見られなかったが, ここで有意差が認められたのはカウンセリングという医療行為に女性が警戒していると考えられる。



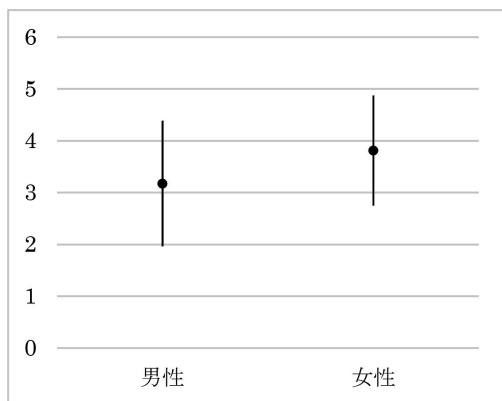


図1 カウンセリング AI への不安の得点の平均と標準偏差

2つ目は AI 信頼感とカウンセリング AI に対する Chat GPT の利用状況の影響明らかにするため一元配置分散分析を用いて評価を行った。有意差があった項目の結果を図2に示す。人工知能と対話することに抵抗があるという項目に対して有意差が認められ、人工知能をよく利用している人は全く利用していない人に比べて人工知能への抵抗がないことが示された。人工知能をよく利用している人は、人工知能との対話を体験することで、その利用価値や利便性を実感する機会が多くなり、抵抗感が低くなった。また、人工知能をあまり利用しことがない人々は、未知の技術やシステムに対する警戒心を持つため、抵抗感が高まったと考えられる。

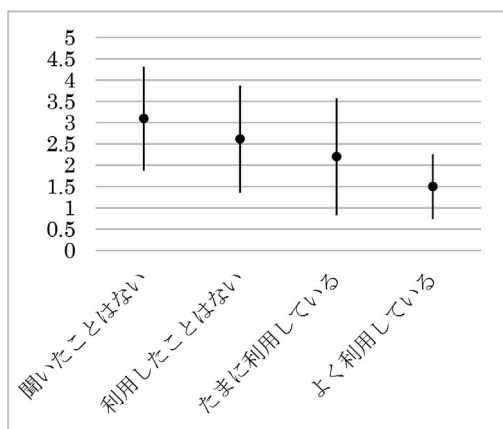


図2 カウンセリング AI への不安の得点の平均と標準偏差

3つ目は人工知能信頼感と AI カウンセリングに関する質問の相関である。ここでは、カウンセリング AI における匿名性のメリットと 24 時間対応の魅力に関する項目に対する回答と AI 信頼感の間には有意な相関が認められた。この結果からカウンセリング AI は人との対面での会話が苦手な方や、恥ずかしい悩みを持っている人にとって価値のあるものであると考えられる。

AI がカウンセリングすることに不安に思うの項目と信頼感、不信感両方で有意な相関が見られた。この結果から、実用化には少し課題があることが考えられる。しかし、回答者の自由記述の回答で、「人工知能の使い方に気をつけさえすればカウンセリングに活用できる」という意見がある。使い方に気を遣い、人々の AI への信頼感を高めることが実用化に近づくと考えられる。

### 3. おわりに

13 分の発表の後、5 分の質疑応答があった。そこで本研究の改善点など様々な視点から意見を得られた。特に、カウンセリング AI において性別ではなく性格特性での判断が有益であるとの提案があった。また、AI に対する価値観や認識の違いがカウンセリング AI に対する考え方に影響する可能性についても指摘があった。

これらの異なる視点からの意見は、私の研究に新たな視野を開かせてくれるものであり、大変参考になった。今後の研究活動においては、質疑応答で頂いた意見や経験を有効活用し、更なる深化を図っていきたいと考えている。



## 情報処理学会 第 205 回 ヒューマンコンピュータ インタラクション研究会 に参加して

江 南 柊 亮

Shusuke ENAMI

情報メディア学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

2023 年 11 月 21 日から 22 日にかけて、淡路夢舞台国際会議場にて開催された、情報処理学会 第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会に参加し、「生成系 AI に対する認知バイアスに関する探索」という題目で研究発表を行った。

### 2. 研究背景と目的

近年、人工知能は多岐にわたる分野で利用されている。テーブルゲームや音楽、絵画の制作、さらには労働市場に至るまで、AI の活用が進んでいる。今後も、AI 技術の発展が予想される。その中で AI の創作物や AI の意思の有無によって人々の認識にどのように作用するのかを調査することは、AI 技術の普及に大きく影響を与えるだろう。

今回の調査は、2022 年にアメリカ合衆国にてオンライン上で実施された、AI に対するバイアスを調査した研究をもとに構築されている。この先行研究では、AI が生成した作品を芸術品であると認めるが、AI を芸術家と認識する傾向が低いことがわかった。

本研究では、質問紙調査を実施し、その結果から行動と意思の有無によって、人間と AI の創作の状況に対する評価を比較し、対 AI 信頼感に対する相関関係を分析した。その結果から、AI に対するバイアスの存在を検討した。

### 3. 方法

まず、AI に対する信頼感の分析を行った。これ

は 10 個の下位尺度を用いて「AI の社会への有益性への信頼感」と「AI の忠実性への不信感」を調査した。次に、8 つの絵画制作状を設定し、それらを構成する因子を表 1 にまとめる。表 1 の絵画制作状況に対して、表 2 の評価項目で評価を行った。最後に、評価項目得点と、対 AI 信頼感との相関関係を分析する。

表 1 各絵画制作状況の因子

製作者	意図・偶発	種類	NO
人間	意図的	抽象画	1
		風景画	5
	偶発的	抽象画	3
		風景画	7
AI	意図的	抽象画	2
		風景画	6
	偶発的	抽象画	4
		風景画	8

表 2 制作物に対する評価項目

NO	評価項目
1	描かれた絵は芸術としての価値をもつ。
2	この絵を描いた主体は、芸術家と認められる。
3	この絵を描いた主体は、それがやりたくて実行した。
4	この絵を描いた主体は、自分自身が絵を描いたことを認識している。
5	この絵を描いた主体は、一定の意図を持ってそれを実行した。

### 4. 結果

表 3 によると、全評価項目において、人間と AI を搭載したロボット間で統計的に有意な差異が観察された。また、意図性と偶然性の間でも有意な差が確認された。さらに、製作者と意図性・偶然性との間には交互作用が存在することが示された。次に、全ての調査項目において、一貫して人間が制作した場合は高評価を受け、AI が制作した場合は低評価



を受けている。いずれの調査項目でも意図的に絵画作品を制作した場合の方が、偶然に絵画作品が制作された場合よりも高く評価される事が分かった。第一調査項目と第二調査項目においては、意図的な行動から生じた絵画を芸術と判断する傾向が強く、意図的に行動するエージェントを芸術家と判断する傾向が強かった。

表 3 3 要因分散分析の結果

	主効果				1次交互作用								2次交互作用			
	製作者		意図性		絵画の種類		製作者×意図性		製作者×絵画の種類		意図性×絵画の種類					
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
芸術的価値	30.402	<0.001	4.012	0.046	1.892	0.17	6.429	0.012	0.002	0.968	0.029	0.866	0.04	0.841		
芸術家性	39.333	<0.001	7.637	0.006	4.27	0.04	7.048	0.008	1.814	0.179	2.126	0.709	0.001	0.969		
自主性	36.517	<0.001	89.051	<0.001	0.727	0.394	60.525	<0.001	0.003	0.971	3.201	0.075	0.158	0.691		
自己認識	41.493	<0.001	62.825	<0.001	0.375	0.541	14.571	<0.001	1.619	0.204	3.201	0.075	0.158	0.691		
意図性	12.948	<0.001	78.01	<0.001	0.167	0.683	27.776	<0.001	1.429	0.231	1.279	0.259	0.699	0.401		

表 4 相関分析の結果

	信頼感	不信感
信頼感		-0.168
芸術的価値（人間）	0.128	-0.007
芸術家性（人間）	0.054	0.119
自主性（人間）	0.133	0.005
自己認識（人間）	0.095	0.055
意図性（人間）	0.127	0.042
芸術的価値（AI）	0.208	-0.021
芸術家性（AI）	0.111	0.067
自主性（AI）	0.214	-0.025
自己認識（AI）	0.230	-0.088
意図性（AI）	0.248	-0.034

次に、表 4 より「AI の社会への有益性への信頼感」と「AI の忠実性への不信感」および各評価項目との相関分析の結果を考察する。本調査では、「AI の社会への有益性への信頼感」が各評価項目に影響を与えている。まず、「AI の社会への有益性への信頼感」と「AI の忠実性への不信感」の相関関

係には負の相関が見られ、これは AI への信頼が高まると、AI への不信感が減少することを示している。「AI の社会への有益性への信頼感」と AI に関する調査項目との間には、正の相関が見られる。また、「AI の忠実性への不信感」が高いと非常に小さい負の相関が見られた。また、「AI の社会への有益性への信頼感」が高い参加者には、人間が絵画作品を制作した場合の評価にも正の相関が見られ、これは「AI の社会への有益性への信頼感」が高い参加者が、人間でも AI でも同等に高い評価を行っている傾向があることを意味している。この結果から、AI の社会進出が進む中で、AI の社会的な有益性を認識させることの重要性が認識された。

## 5. 考察

まず、各評価項目において人間の評価は AI の評価を上回ることが確認された。次に、人間の意図や意思を認める傾向に対して、AI の意図や意思を認めない傾向があることが確認された。そして、「AI の社会への有益性への信頼感」が高い参加者は、人間に対しても AI に対しても高評価を行うことが示された。

AI の社会への有益性を周知させる方法としては、実際に AI を用いたツールを使用することなどが有効だと考えられる。

## 6. おわりに

今回の HCI 研究会では、各大学の教授だけでなく学生たちも積極的に質問をしていた。scrapbox というツールで質問の募集と回答を行っていた。AI が描いたものと主張した場合の評価差について質問された。そのため、今後の展望としては実験を行う際に調査したいと考えている。



## 第 205 回ヒューマンコンピュータ インタラクション研究会 に参加して

田 中 美 優

Miyu TANAKA

情報メディア学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

私は 2023 年 11 月 21 日と 22 日に淡路夢舞台国際会議場で開催された、第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会に参加した。この研究会において、「オンラインでの共食に対する社会的認識の探索」という題目で発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究内容・目的

現代社会において、1 人での食事を行う『孤食』は、心身の健康に悪影響を及ぼす可能性があり、食事文化や社会的つながりにも影響を与える重要な問題である。しかし孤食の割合は年々増加しており、従来の共食方法だけでは孤食問題に対処するのに十分ではないと考えられる。

そのため、本研究ではインターネットを通じたオンラインでの共食に対する社会的な好感度および実際の経験について調査・分析を行い、孤食問題に対する新たなアプローチの提案を行った。

#### 2.2 共食に対する好感度の調査

オンラインでの共食に対する社会的な好感度や実際の経験について調査するため他者との食事場面についての質問を行い、結果について共食相手ごとに 2 要因分散分析を行った。項目内容は共食場所で 2 つ、共食相手で 3 つ、共食手段で 2 つ条件を用意し、それぞれの条件を組み合わせ計 12 項目作成した。共食相手が家族である場合の結果を図 1、友人・同僚である場合の結果を図 2、初対面である場合を図 3 に示す。

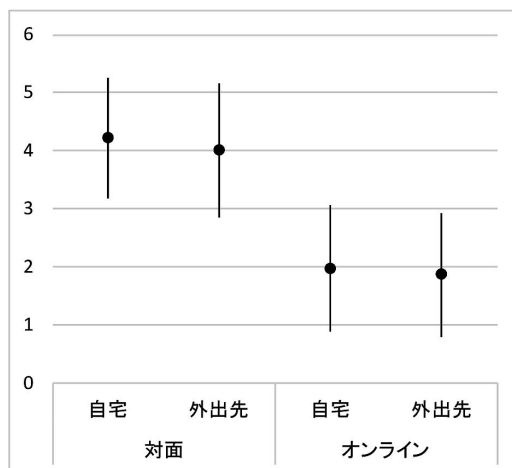


図 1 家族と共食をする場合における好感度項目得点の平均と標準偏差

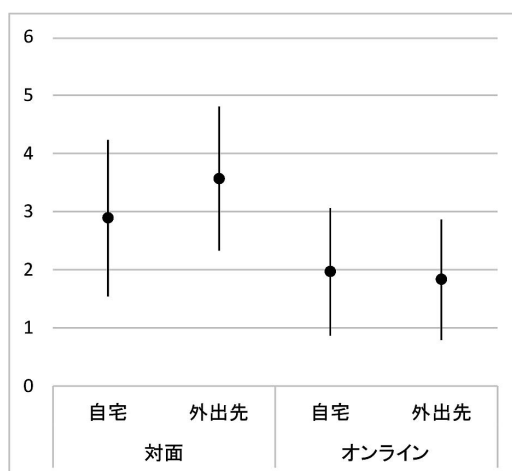


図 2 友人・同僚と共食をする場合における好感度項目得点の平均と標準偏差



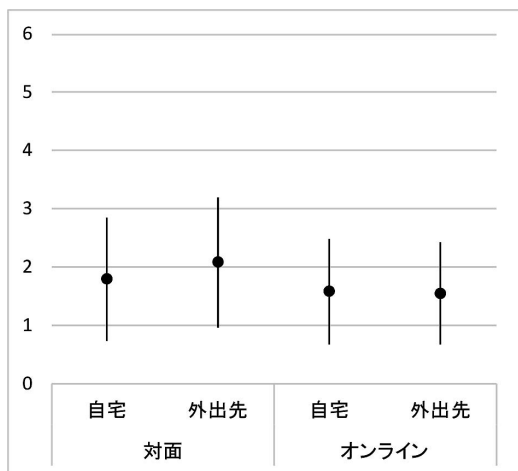


図3 初対面の人と共食をする場合における好感度項目得点の平均と標準偏差

共食相手に関わらず、対面での共食はオンラインでの共食よりも好感度が高いことが分かる。また、対面での共食は相手が家族の場合、自宅の方が好感度が高いが、相手が友人や同僚、初対面の人の場合には外出先の方が好感度が高い。それに対して、オンラインでの共食は相手に関わらず自宅の方が好感度が高い。これは自宅という場所に家族以外を招くということを好ましく思わない人が多いからではないかと考える。

### 2.3 実際の共食経験についての調査

共食場面について実際の経験を評価する質問を、好感度評価と同じ質問項目を使用し実施した。その結果、対面での共食は共食の相手や場所によって実施の程度が大きく変化した。これは共食に対する好感度と傾向は同じであり、共食に対する好感度は共食の実施によって培われたものであるからではないかと考える。オンラインでの共食は、共食の相手や場所に関わらずやったことがない人が大半を占めていることが確認できた。しかし複数の条件、特に自

宅で友人や同僚と共食をするという条件において、約 16% の人がやったことがあると回答した。ここにおいて、これから先の共食の手段としてオンラインが活用される可能性が示唆されていると考えられる。

### 2.4 今後の展望

現在オンラインでの共食は簡単に実施できるものではあるが、実施しようとする人がほばいないように考えられる。そのため、オンラインでの共食を促進することでこれまで共食できなかった層が共食するようになる可能性があると考えられる。しかし、現状のオンラインでの共食は好感度が低いため、共食手段として VR 技術を用いることで別の視点を提供できるのではないかと考えた。そのため、今後の展望として、VR を用いてオンラインで共食をした場合にどのような影響が生じるかを検証し、どうすればより食物をおいしく感じたり、共食をしたいと感じたりするかを検証していきたい。

### 3. おわりに

本研究では、はインターネットを通じたオンラインでの共食に対する社会的な好感度および実際の経験について調査・分析を行った。

今回の学会での発表では、事前に準備した発表内容を存分に伝えることができたと考える。しかし、質問に対して十分に答えを伝えられなかったように感じた。私が普段もっている視点とは違った視点からの質問であったためであり、視野を広げる良い経験となった。また、様々な発表を聞くことができ、とても良い刺激となった。特に Scrapbox を用いて参加者が自由に感想を述べたり意見を交わしたりする様子を見られたことは、私の研究に対する姿勢について良い影響を与えたように考える。



# 「人工知能学会 合同研究会 2023」に参加して

高井 知可史

Chikashi TAKAI

電子情報学専攻修士課程 2年

## 1. はじめに

2023年11月23日に慶應義塾大学の矢上キャンパスで開催された「人工知能学会 合同研究会 2023」に参加した。

私は、知識ベースシステム研究会において、研究成果「成長ソーシャル単体的複体におけるバースト頂点の時間的影響の分析」<sup>[1]</sup>を口頭発表した（図1）。



図1 「人工知能学会 合同研究会 2023」での発表

## 2. 研究内容

### 2.1 研究背景

多くの実世界システムは3つ以上の要素の共起や相互作用を通してモデル化されうる。さらに、そのようなシステムは時間発展しうるので、高次ネットワークの動的な性質の分析は、ネットワーク科学における重要な研究課題の一つである。単体的複体は、任意の数の要素間の共起を表現する高次ネットワークの枠組みである。しかしながら、実世界データにおける単体的複体の成長過程の系統的解析については、大規模データに対して計算困難になるため、ほとんど行われていない。ところで、ヒトの活

動に関連するいくつかのイベントダイナミクスは、イベントの発生頻度が非常に高い期間と、それが非常に低い、または比較的低い期間が交互に現れる、バースト性という特徴を示すことが知られている。そこで我々は、ソーシャルメディアサービスから導かれた成長する単体的複体に対して、バースト頂点に注目し、その成長過程を調べた。

### 2.2 提案アプローチ

本研究では3つのソーシャルメディアデータセットを調べ、まず新たに発生した単体のほとんどは、フィッシャーの正確確率検定により抽出されるバースト頂点を含むこと、すなわち、新単体はバースト頂点と密接に関連していることを示す。次に、バースト頂点を含む新単体に対して、対応するバースト頂点以外の頂点は、それほど遠くない過去において、そのバースト頂点自体とは必ずしも共起していないこと、すなわち、そのような新単体にどの頂点が含まれるかを、対応するバースト頂点との過去の共起履歴から見つけることが困難であることを示す。よって、これらの結果を踏まえ本研究では、成長する単体的複体に対してバースト頂点の集合が与えられたとき、どのバースト頂点が新単体に含まれるかを、それらバースト頂点の過去の発生履歴から見つけるという問題に焦点をあてる。そして、新単体に含まれるバースト頂点を選択する確率モデルとして、過去のバースト頂点発生イベントの影響とその時間減衰効果を考慮するものを提案する。

### 2.3 実験

異なる3種類のソーシャルメディアサービスとして、料理レシピ共有サービスの“Cookpad”，位置情報 SNS の“Foursquare”，および質問回答サービスの“Stack Overflow”を調べた。

表1 新  $n$  単体がバースト頂点を含む割合

	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$
Cookpad (お菓子)	0.945	1.000	1.000	1.000	1.000
Foursquare (京都)	0.854	0.957	0.982	0.991	0.991
Stack Overflow (スレッド)	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000



まず各データセットに対し、新  $n$  単体においてバースト頂点を含むものの割合を調べた。その結果を表1に示す。これより、ほとんどの新  $n$  単体はバースト頂点を含んでいることがわかる。

次に、バースト頂点を含んでいる新  $n$  単体  $S$  に対して、 $S$  に含まれるバースト頂点  $u$  と、 $S$  に含まれる  $u$  以外の頂点が、過去 28 日以内にインタラクションしたかについて調べた。しかしながら、そのような条件を満たす新  $n$  単体  $S$  が発生する確率はきわめて低く、5% 未満であった。このことから、バースト頂点を含む新  $n$  単体  $S$  に対して、どの頂点  $u$  がその単体  $S$  を形成するかを、対応するバースト頂点  $u$  の過去の共起履歴から説明することは困難であることが示唆される。

したがって、本研究では、どのバースト頂点  $u$  が新単体  $S$  に含まれるかを、それらバースト頂点  $u$  の過去の発生履歴から見つけるという問題に焦点をあてた。そして優先的選択メカニズムから導かれる基本モデルに対数正規的な時間減衰因子を組み込んだモデルを考案した。また、予測性能の観点から提案モデルを、それに代わる典型的な 3 つのモデルおよび基本モデルと比較することで評価した。ここに 3 つのモデルとは、提案モデルの時間減衰因子を、指数分布的、正規分布的、べき乗則的なものにそれぞれ変更したものである。また評価指標としては、ベースラインである一様ランダム選択モデルに対する各モデルの予測対数尤度比 PLR を用いた。図 2 に提案モデルの評価結果を示す。この結果より、バースト頂点  $u$  の過去の発生イベントの影響を時間減衰の観点から、適切にモデル化することが重要であることがわかる。

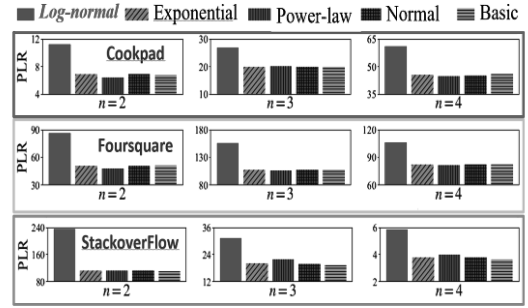


図 2 PLR による予測性能評価結果

### 3. おわりに

知識ベースシステム研究会での発表は、多くの質問や意見をいただいたので、研究の発展に繋がる手がかりを得るとともに、今後の研究活動に良い影響をもたらす貴重な機会となった。また、本研究については、“The 12th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2023)”<sup>[2]</sup>においても発表し、有益な講評をいただいた。

最後に、今回の発表を行うにあたって、ご指導をいただいた木村昌弘教授、熊野雅仁実験講師、ならびに研究室の皆様へ深く感謝致します。

#### 発表論文

- [1] 高井知可史, 他, 成長ソーシャル単体の複体におけるバースト頂点の時間的影響の分析, 人工知能学会研究会資料 知識ベースシステム研究会, SIG-KBS-130, pp.30-35 (2023)
- [2] C. Takai et al.: Analyzing Temporal Influence of Burst Vertices in Growing Social Simplicial Complexes, Complex Networks and Their Applications XII, in press.



## 学生マイクロ波回路設計試作 コンテストに参加して

稲田 萌菜

Moena INADA

電子情報通信課程 4年

### 1. はじめに

2023年11月29日から12月1日にパシフィコ横浜で開催されたマイクロウェーブ展（MWE2023）期間中に電子情報通信学会マイクロ波研究専門委員会が主催する学生マイクロ波回路設計試作コンテストが行われ、私は小信号増幅器部門に参加した。

参加の主な目的は、もちろんコンテストであるため、入賞を目指すことであるが、他の参加者の設計した実機を観察し他の参加者と会話をすることで、今後研究を進めていくのに必要な知識を得たり、モノづくりの現場に役立つ価値のある情報収集をしたりすることである。

### 2. 学生コンテストの内容

#### 2.1 コンテストの概要

学生マイクロ波回路設計試作コンテストは「増幅器の設計・試作」を課題として、小信号増幅器部門、電力増幅器部門の2つがあり、それぞれの部門で学生が自身の実機の精度、サイズを競い合う。

試作条件は以下の通りである。

(a) California Eastern Laboratories（CEL）社製 CE 3514M4-C2 のトランジスタを用いること。

(b) 増幅器は1段構成とすること。

(c) ドレイン電圧とドレイン電流、入力電力は、表1に記載の仕様を満足すること。

表1 各種仕様

ドレイン電圧	ドレイン電流	入力電力
2V以下	15mA以下	-20dbm以下

#### 2.2 評価方法について

今回の評価方法は2.8-3.2GHzの範囲における最小利得、2.8-3.2GHzの範囲における最大利得と最小利得の偏差の利得平坦性、(c) 基板サイズの各評価項目の順位に応じてポイントが付与され、それらポイントの合計点が最も高い参加者を勝者とする。

### 3. 実機製作について

#### 3.1 シミュレーションによる特性確認

実機を製作するにあたり、高周波シミュレータの Advanced Design System を用いてシミュレーションによる特性確認を行った。図1に回路図を示す。トランジスタ CE3514M2.C2 のドレイン電圧 2V、ドレイン電流 14mA の素子 S パラメータを回路の中心に配置している。入出力端子を接続するために 50Ω 線路を回路の両端に配置している。

DC カットキャパシタを 50Ω 線路の次に配置し直流が同軸線路に流れないようにしている。16分の1波長の整合回路とすることで、線路を短くしている。整合回路にはオープンスタブを用いている。ゲートのバイアス回路とドレインのバイアス回路について、バイアス回路のすぐ近くに配置されているコンデンサは高周波を接地し、4分の1波長線路を介してバイアス回路をオープンに見せるためである。その次に配置されているコンデンサと抵抗はそれぞれゲート側の安定化回路とドレイン側の安定化回路の役割を持ち合わせている。4分の1波長の線路で整合回路に接続させている。トランジスタを接続するための線路はハイインピーダンスにすることで最大利得を上げる役割も果たしている。トランジスタのゲート端子とドレイン端子にフィードバック回路を挿入することで最大利得を上げることができる。この回路は全体として、フィードバック回路で利得を平坦化して、安定化回路で安定化係数  $K \geq 1$  を維持している。



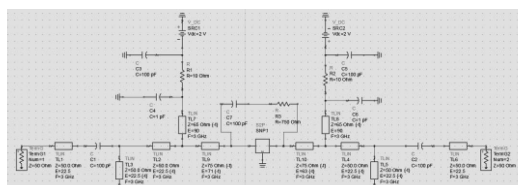


図 1 回路図

### 3.2 増幅器の実機作成について

シミュレーションによる特性の確認後、実機作成を行った。基板はパナソニック社製の Megtron6 を用いた。手順は以下のとおりである。始めに、回路図をパターン化する。次に基板をカットするための目印と GND 用とバイアス回路用の銅線を接続するための島を追加し、マスクパターンを作成する。作成したマスクパターンをシートに印刷する。基板をマスクパターンのサイズに合うようにカットし、フォトレジスト液をスピコートで均等に広げる。電子レンジでフォトレジスト液を乾燥させた後に、露光で基板にマスクパターンを照射し、マスクされていない部分のフォトレジを分解する。露光が終われば、現像液に基板を浸して、分解したフォトレジを除去する。

フォトレジを除去した後、純水で洗浄することでパターンが浮き出てくる。エッチングでフォトレジ部分以外の金属を除去する。最後に、チップ抵抗、チップコンデンサ、コネクタ、バナナプラグをつけた銅線を取り付けた。図 2 に試作した増幅器の写真を示す。

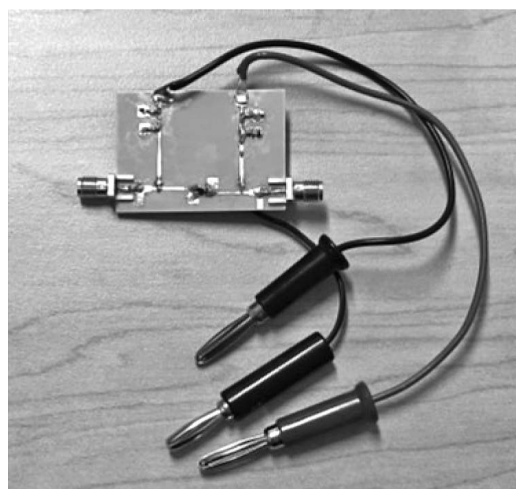


図 2 試作した増幅器

### 4. 当日の測定について

コンテスト当日測定を行ったが設計仕様を満たすことができず、審査対象に入ることが出来なかった。審査対象に入ることはできなかったが、測定終了後、試作した増幅器の展示を行った。他のコンテスト参加者の試作した増幅器を見ることで、最大利得、利得平坦性を得るための技術、基板サイズを小型化するための工夫を知ることができ、今後の研究の参考とすることができた。

### 5. おわりに

学生マイクロ波回路設計試作コンテストの小信号増幅器部門に参加し、試作した増幅器を測定した。設計仕様を満たすことができず、マイクロ波増幅器作成の難しさを痛感した。しかし、今回、学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加したことで今の私に足りないものや今後の研究に活用できるような発見があり大変有意義な経験となった。また、他大学の参加者のマイクロ波増幅器を見ることができたので自分のアンプとの比較をし、自分の研究に生かせる部分を見出すことができた。



## 2023 年度学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加して

磨 谷 大 地

Daichi TOGIYA

電子情報通信課程 4 年

### 1. はじめに

2023 年 11 月 30 日に神奈川県横浜市パシフィコ横浜で開催されたマイクロ波研究会主催の「学生マイクロ波回路設計試作コンテスト」の電力増幅器部門に参加した。

### 2. コンテストの概要

#### 2.1 増幅器の設計・試作条件

設計・試作条件は以下の 5 つである。

- ① コンテスト指定のトランジスタである MA-COM 社製 NPTB00004A を用いた 1 段構成の増幅器であること。
- ② 1.8-2.2 [GHz] の周波数範囲のいずれかで 3 [dB] 以上の利得を有すること。
- ③ バイアス印加時、100 [MHz] から 15 [GHz] の周波数範囲において、入出力の反射係数  $|S_{11}|$ ,  $|S_{22}|$  が 0 [dB] 以下であること。
- ④ バイアス印加時、100 [MHz] から 15 [GHz] の周波数範囲において、安定係数  $K$  が 1 以上であること
- ⑤ ドレイン電圧とドレイン電流、入力電力は表 1 に記載の仕様を満足すること。

表 1 各種仕様

ドレイン電圧	28V以下
ドレイン電流	50mA以下
入力電力	20dBm以下

#### 2.2 評価項目

評価項目は以下の 4 つである。

- ①電力付加効率

1.8-2.2 [GHz] の範囲における最大電力付加効率

- ②出力電力

1.8-2.2 [GHz] の範囲における出力電力

- ③利得

1.8-2.2 [GHz] の範囲における最小利得

- ④基板サイズ

増幅器の基板の面積

### 3. 増幅器の設計・試作

#### 3.1 増幅器の設計

今回設計した増幅器は、入力側と出力側の両側の整合回路に「タップ式インピーダンス変換器」を用いている。設計には Keysight 社製の Advanced Design System (ADS) を使用した。

設計した増幅器の回路図を図 1 に示す。タップ式インピーダンス変換器はインピーダンス  $Z_s$ 、電気長 90 度のトランス線路の下端から電気長  $E$  のタップ位置にタップ線路及び DUT を接続し整合を行う。TL1, 2, 7, 8 がトランス線路、TL3, 6 がタップ線路である。 $Z_s$ ,  $E$  はタップ線路以降のインピーダンスで変化し、計算によって求めることができる。TL4, 5 はトランジスタ端子を接続する線路、上型に接続されている回路がバイアス回路である。バイアス回路の抵抗  $R_1$  とトランス線路下端の抵抗  $R_2$  は  $K$  ファクタ向上のため挿入してある。また、C1, 2 は DC カット用のコンデンサ、バイアス回路の C13, 14 は DC 電源を等価的に表現するコンデンサである。

コンテストで入賞するためには、4 つの項目で高順位を取り、高い総合点を取る必要がある。そこで基板サイズの小型化のためタップ式インピーダンス変換器の設計の中で工夫を施し小型化を狙った。前述したようにトランス線路のインピーダンス  $Z_s$  はタップ線路以降のインピーダンスで変化するため、TL3, 6 の電気長と C1, 2 の値を制御し、 $Z_s$  を 50 [ $\Omega$ ] にすることで TL1 と TL7 の上側のトランス線路を短縮でき、大幅な回路の小型化を行えた。その後パターン化を行い、線路の調整を行った。使用し



た基板は Panasonic 社製の Megtron6 を使用した。また増幅器を製作する際に寄生成分の影響で 100 [MHz] ほど低周波側に特性のずれが生じるため、設計周波数である 2 [GHz] から 100 [MHz] 高周波側にシフトして設計した。図 2 に設計した増幅器のシミュレーション結果を示す。図 2 の結果が 2.2 で述べたコンテストの設計・試作条件を満たしていることを確認した。

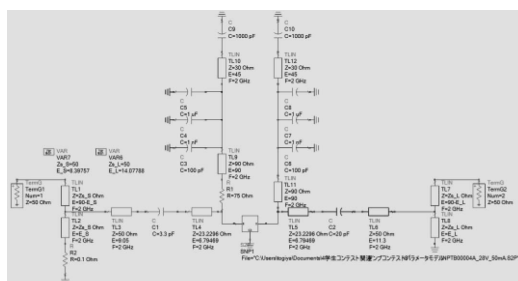


図 1 回路図

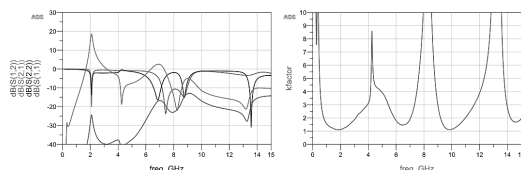


図 2 シミュレーション結果

### 3.2 試作した増幅器

3.1 で設計した回路を試作し、特性評価を行った。試作した増幅器を図 3 に示す。試作した増幅器の特性では、最大利得が 1.5 [GHz] 付近に存在し、600 [MHz] と予測よりも大幅に特性が低周波側にずれていた。そのため 1.8-2.2 [GHz] の周波数範囲に最大利得をシフトさせ範囲内の最小利得を上げるため C1 の容量を 3.3 [pF] から 1.5 [pF] に変更した。最終的な測定結果を図 4 に示す。コンテストの仕様を満たし、1.83 [GHz] で最大利得：14.41 [dB]、2.2 [GHz] で最小利得：10.75 [dB] が得られていることを確認した。

また、試作した増幅器の入力に 20 [dBm] の入力信号を加え、34.2 [dBm] の出力電力と 40.5

[%] の電力付加効率を確認した。

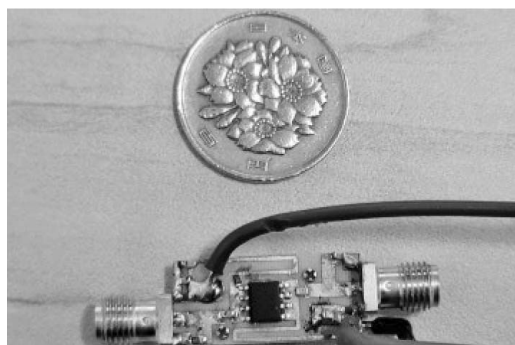


図 3 試作した増幅器

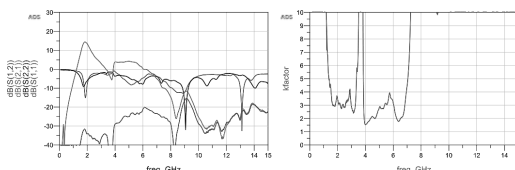


図 4 測定結果

### 4. コンテストでの結果

当日の測定結果は、電力付加効率：42.85 [%] (4 位)，出力電力：15.05 [dBm] (4 位)，最小利得：10.63 [dB] (3 位)，基板サイズ：10.7 [mm] × 23.3 [mm] (1 位) を記録し、総合順位は 3 位であった。また今回小型化のために行った設計方法が評価され、特別賞を受賞することができた。

### 5. おわりに

本コンテストでは、増幅器を設計・試作した。設計段階で小型化を行うため、タップ式インピーダンス変換器の設計を工夫し、大幅な回路の小型化を行い、特別賞を受賞することができた。

今回のコンテストで普段研究では触れることができない増幅器について多くの知識や技術を得られることができ、大変貴重な経験となった。

今回は設計方法が評価された特別賞であり、特性面で秀でた結果は残すことはできなかったため、次回のコンテストでは最優秀賞を受賞できるようにこれからも努力を積み重ねていきたいと考えている。



## 学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加して

富 井 海 祐

Kaiyu TOMII

電子情報通信課程 4年

### 1. はじめに

2023年11月30日に神奈川県横浜市で開催されたに学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加した。

### 2. 参加目的

「学生マイクロ波回路設計試作コンテスト」はマイクロ波研究専門委員会が主催する学生参加のイベントである。色々な大学の学生が作製した回路で性能を競い、優秀な個人、またはチームを表彰するものである。今年度は、「増幅器の設計・試作」が課題として設定された。増幅器の設計経験がない人でも参加しやすいように部門が2つに分けられており、私は初心者向けの小信号増幅部門に参加した。

### 3. 学生コンテスト

#### 3.1 仕様

小信号増幅器部門は以下の(a)～(e)すべて満足するように増幅器を設計した。

- (a) 増幅器は2.8～3.2GHzの周波数範囲で6dB以上の利得を有すること。
- (b) バイアス印加時、100MHzから15GHzの周波数範囲において、入出力の反射係数 $|S_{11}|$ 、 $|S_{22}|$ が0dB以下であること。
- (c) バイアス印加時、100MHzから15GHzの周波数範囲において、安定係数 $K$ が1以上であること。
- (d) 設計・試作条件を満足すること。

#### 3.2 評価項目

各部門において、下記の評価項目を設けて各評価項目の順位に応じてポイントを付与し、そのポイントの合計点が高い優秀な作品を表彰される。

小信号増幅器部門評価項目：(a) 利得、(b) 利得平坦性、(c) 基板サイズである。

#### 3.3 試作条件

- (a) 参加者は下記のトランジスタを使用すること。

##### ①小信号増幅器部門

トランジスタの型番：California Eastern

Laboratories (CEL) 社製 CE3514M4-C2

- (b) 増幅器は1段構成とすること。
- (c) ドレイン電圧2V以下とドレイン電流15mA以下、入力電力は-20dBm以下、の仕様を満足すること。
- (d) 増幅器はバイアス回路を備え付けること。加えて、そのバイアス回路にはφ4mmバナナプラグ(Male)を備え付けること。
- (e) 増幅器は入力端子と出力端子にDCカットキャパシタ、もしくはカップラを備え付けること。
- (f) 増幅器の入出力端子のコネクタは、SMAコネクタ(Female)とすること。ただし、インチサイズのコネクタは不可とする。
- (g) 増幅器の基板形状は正方形、もしくは長方形とすること。
- (h) 参加者は、SMAコネクタRF-GND端子に電源GND端子を短絡させてもよいこととする。

#### 3.4 現地の測定環境と測定時間

当コンテストでは、以下の測定機器が用意される。参加者は、指定された制限時間内に測定すること。当日、測定できる増幅器は1個とする。

##### ①小信号増幅器部門

- (a) ベクトルネットワークアナライザ
- (b) ドレインバイアス用の電源、φ4mmバナナプラグ(Female)を有する。
- (c) ゲートバイアス用の電源、φ4mmバナナプラグ(Female)を有する。

### 4. デザインレビュー

2GHzから15GHzまでのシミュレーション結果より回路の特徴を説明する。整合回路作成に当たって、入力側に伝送線路を2つ直列に用意し、始端側



は電気長 22.5 度, トランジスタ側はインピーダンス 50 $\Omega$  固定として虚部は電気長変更, 実部は  $Z_c = \sqrt{Z_s \cdot Z_l}$  で整合を行った. 同様に出力側も終端側で実部, トランジスタ側で虚部を変更した. 次に K ファクタを安定させるため, 安定化回路を使用した. 安定化回路はトランジスタとポートを接続し先ほどの整合回路を含まずに入出力側共にインピーダンス 50, 電気長 90 度の線路を並列に接続しそこからコンデンサ (0.5pF), 抵抗 (13 $\Omega$ ) を並列に接続した. 抵抗とコンデンサの素子値は K ファクタが 1 以上になるようチューニングを行った (図 1). バイアス回路は, 電気長 90 度, インピーダンス 80  $\Omega$  の線路とした. バイアス回路には高周波信号電源へ漏れを防ぐためにコンデンサ 120pF, 22nF, 470 nF を並列に接続し短絡した.

安定化回路には, 低い周波数をダンピング (カット) するために 120pF と抵抗を接続した.

入出力側には DC カットの 120pF のコンデンサを接続した.

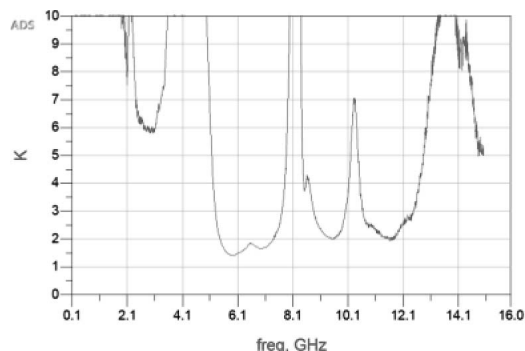


図 1 K ファクタのシミュレーション結果

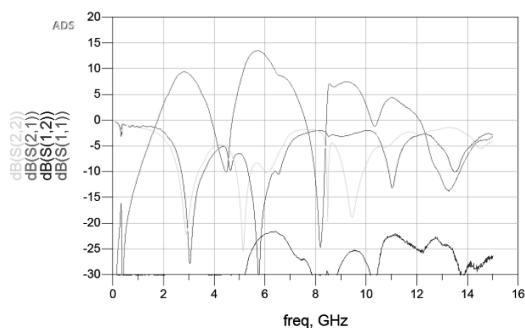


図 2 小信号特性シミュレーション結果

## 5. コンテスト当日の測定

### 5.1 測定結果

コンテスト当日の測定結果は以下のようであった.

- (1) 基板サイズ: 16.5mm $\times$ 36.3mm
- (2) 最小利得: 7.81dB
- (3) 利得平坦性: 1.5dB

### 5.2 各評価項目と総合順位

- (1) 仕様:  $\bigcirc$
- (2) 利得: 3 位
- (3) 利得平坦性: 4 位
- (4) 基板サイズ: 4 位
- (5) 総合順位: 4 位

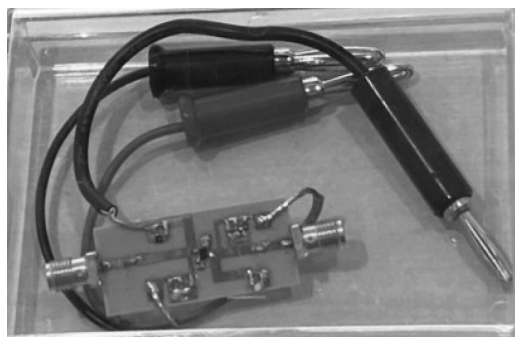


図 3 実機写真

## 6. おわりに

増幅器の設計・試作は, 初めての経験であり, 実機の作成まで大変苦労した. しかし, 今回, 学生コンテストに参加したことで今後の研究に活用できそうな発見があり大変有意義な経験となった.



## 学生マイクロ波回路設計試作コンテストについて

青 野 賢 登

Kento AONO

電子情報通信課程 3 年

表 1 各種仕様

	小信号増幅器	電力増幅器
ドレイン電圧	2V 以下	28V 以下
ドレイン電流	15mA 以下	50mA
入力電流	-20dBm 以下	20dBm 以下

## 4. 内容

今回のコンテストの課題は、自身の研究内容に係るであるため、大変勉強になった。まず、回路設計及びシミュレーションソフトウェアの ADS (Advanced Design System) を使い、理想線路上における解析、マイクロストリップ線路を用いた設計、パターン化した回路のモーメント解析を行った。今回のコンテストの各評価項目を満たすために何十回も作り直し、かなり苦労した。例えば、利得を上げるために回路を変えると安定係数  $K$  が 1 を切ってしまうたり利得が下がったりすることがあった。一つの数値を変更すると他の数値が変わってしまうことで、かなり時間を費やしてしまい、大変苦労した。実際にこの工程で 1~2 ヶ月ほどかかった。もっと、知識があれば費やす時間を減らす事が出来たのではないかと考えられる。

今回、提出した回路図は以下の図 1 である。

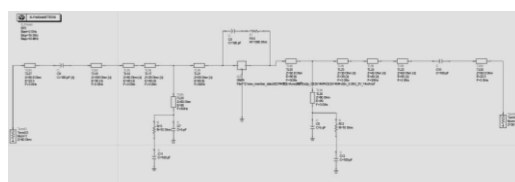


図 1 今回の回路図

ADS でのシミュレーションが終わると、露光で銅板に回路を写す作業をして、その後エッチングを行った。エッチングは、エッチング液（腐食液）を使って、銅板の不要な部分だけを溶かした。その後にチップコンデンサやトランジスタなどを回路に取りつけて、実機を完成させた。

下図が、実際に作成した実機である。

## 1. はじめに

私は、パシフィコ横浜で開催された MWE2023 期間中の 11 月 30 日に行なわれた「学生マイクロ波回路設計試作コンテスト」の小信号増幅器部門に参加した。

## 2. 参加目的

今回のコンテストの課題は「マイクロ波増幅器の設計・試作」であった。私の研究テーマは増幅器であるため、今後研究を進めていくにあたって、これ以上ない勉強機会だと思い参加した。また、他大学の方々の研究成果を見ることが出来るまたとない機会である。これが今回の私の参加目的である。

## 3. コンテストの概要

以下の①から④までの仕様を全て満足するように増幅器を設計する。①増幅器 2.8~3.2GHz の周波数範囲で 6dB 以上の利得を有すること。②バイアス印加時、100MHz から 15GHz の周波数範囲において、入出力の反射係数  $|S_{11}|$ ,  $|S_{22}|$  が 0dB 以下であること。③バイアス印加時、100MHz から 15GHz の周波数範囲において安定係数  $K$  が 1 以上であること。④設計・試作条件を満足すること。また、小信号増幅器部門では、利得、利得平坦性、基板サイズが評価項目であり、各評価項目の順位に応じてポイントが付与され、そのポイントの合計点が高い優秀な作品が表彰される。また、使用するトランジスタの型番は決まっている。また、増幅器は 1 段構成で、ドレイン電圧とドレイン電流、入力電圧は次の表 1 の記載の仕様である。



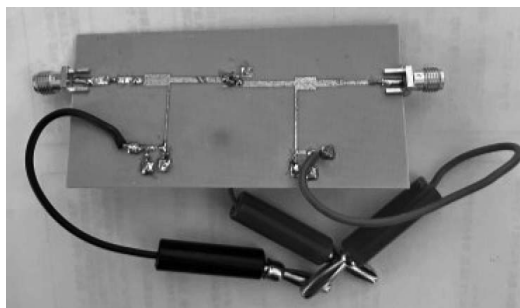


図2 作製した実機

## 5. コンテスト

コンテストは、MWE2023 開催期間中の11月30日（木）の13時半から行われた。様々な大学の方々が出場していた。出場者にはそれぞれ番号が振り分けられ順番に測定をしていき、私はIDがNo.7で4番目の測定であった。実際の測定の雰囲気は以下の写真である。



図3 実際の測定の雰囲気

測定機器は、アンリツ製のVNAを使用し、図3のように作製したものを繋げて測定した。横に審査

員がおり項目を満たしているかを審査した。結果は、一部、測定評価で仕様を満たしていない項目があり、総合順位は一律の5位（図4）となり、非常に悔しい結果となった。私と同部門で、優勝した人と2位の人の実機を見ると、私の作製したものと比べて、かなりサイズが小さいものであった。ここまで差が出たのは知識不足であることを強く痛感した。来年度、コンテストの内容は異なるが、またコンテストが開催される予定である。今回、自身の取り組むべき課題を発見できたので、それを克服し、今回の悔しさを糧に次は優勝できるよう勉強に励みたいと思う。

表彰式でもお伝えしましたが、各評価項目と総合順位をお伝えします。各順位は下記の通りです。

- |          |       |
|----------|-------|
| (1)仕様    | : X   |
| (2)利得    | : - 位 |
| (3)利得平坦性 | : - 位 |
| (4)基板サイズ | : - 位 |
| (5)総合順位  | : 5位  |

\*仕様を満たしていない場合は、各評価項目で同スコアとするため、  
総合順位は5位となります。

図4 各評価項目と総合順位

## 6. まとめ

今回、残念ながら評価項目を満たしていなかったため、大変悔しい結果になったが、ADSによる回路シミュレーション、実機作製などの経験や努力は無駄にはならなかったと思う。また、コンテスト中の自身の測定時間以外の間は、他の出場者の測定などを見学でき、その際に他の出場者との意見交換を行う機会もあり、学べる事も大変多く、大変貴重な経験となった。



## 学生マイクロ波回路設計試作コンテストに参加して

小 島 拓 斗  
Takuto KOJIMA  
電子情報通信課程 3 年

### 1. はじめに

2023 年 11 月 28 日から 12 月 1 日までの 3 日間パシフィコ横浜で開催された「マイクロウェーブ展 2023」に参加し、「学生マイクロ波回路設計試作コンテスト」の小信号部門にて設計・試作した増幅器の測定を行った。

### 2. コンテストの設計・試作条件, 評価項目

#### 2.1 設計・試作条件

小信号部門での設計・試作条件は以下の 5 つである。

- ① コンテスト指定のトランジスタ California Eastern Laboratories (CEL) 社 製 CE3514M4-C2 を使用して増幅器を設計すること。
- ② 増幅器は 2.8-3.2GHz の周波数範囲で 6dB 以上の利得を有すること。
- ③ バイアス印加時, 100MHz から 15GHz の周波数範囲において, 入出力の反射係数  $|S_{11}|$ ,  $|S_{22}|$  が 0dB 以下であること。
- ④ バイアス印加時, 100MHz から 15GHz の周波数範囲において, 安定係数  $K$  が 1 以上であること。
- ⑤ ドレイン電圧とドレイン電流, 入力電力を以下の仕様を満足すること

表 1 各種仕様

	小信号増幅器
ドレイン電圧	2V 以下
ドレイン電流	15mA 以下
入力電力	-20dB 以下

#### 2.2 評価項目

小信号部門では作成した増幅器は以下の 3 点で評価される。

- (a) 利得  
3.0GHz での最大利得
- (b) 利得平坦性  
2.8-3.2GHz での最大利得と最小利得の差
- (c) 基板サイズ  
ヒートシンク等を含まない基板サイズ

### 3. 増幅器設計・試作について

#### 3.1 設計方法

回路設計に用いたソフトは Keysight 社製の Advanced Design System (ADS) である。まずコンテスト指定のトランジスタの s2p データシートを回路シミュレータに入力し, 入出力でのインピーダンス整合をとった。また利得の上昇を図るため DC フィードを取付けた。バイアス線路は整合回路から見てオープンに見えるように 1/4 波長でコンデンサを介してグラウンドに落とした。その後低周波を取り除くために容量の大きいコンデンサを配置した。バイアス線路が直線だと基板のサイズが大型化してしまうため線路を折り曲げることで小型化に成功した。整合回路両端には DC カットのコンデンサを取りつけている。K ファクタが超えてしまう場合整合回路に抵抗を挿入し安定化を図った。S パラメータで回路が試作条件を満たしていることを確認した後, 回路を電磁界シミュレーションにて解析を行った。回路図と解析後の結果を図 1, 2 に示す。

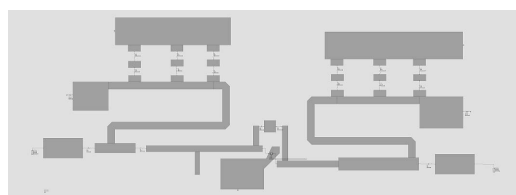


図 1 増幅器の回路図 (オレンジ色のところが線路)



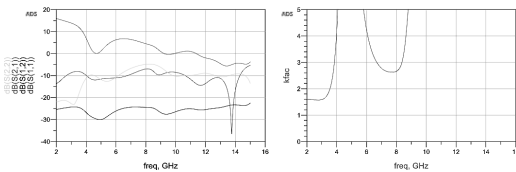


図2 入出力特性（右図は K ファクタ）

シミュレーションの結果、最大利得は 15.05 [dB], K ファクタの最小値は 1.727 であった。よってこの特性は 2 で述べた設計条件、試作条件を満たしている。

### 3.2 試作した増幅器

3.1 で作成した回路を実際に基板化するためにエッチング処理を行いパターン化した。使用した基板は Panasonic 社製の Megtron6 である。接地する箇所は基板に穴を開けてその穴にスルピンを打ちはんだを追加した後、はんだを吸い取りスルーホールを作った。素子は主に 1005 と 1608 サイズのチップ子コンデンサ・抵抗を用いた。作成した増幅器を図 3 に示す。

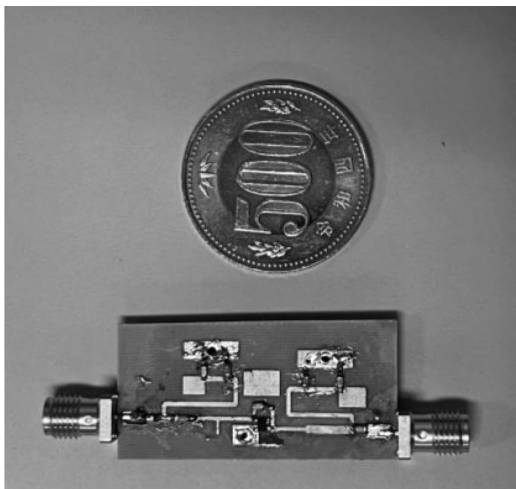


図3 作成した増幅器

## 4. 結果と考察

### 4.1 結果

3 で作成した増幅器はベクトルネットワークアナライザ (VNA) を用いて評価した。測定結果はゲート電圧を上げていく途中で発振してしまい所望の特性は得られなかった。

### 4.2 考察

発振してしまった原因として以下のような理由が挙げられる。

- ・フィードバック回路での帰還量が大きすぎた。
- ・整合回路に取り付けた抵抗値が低かった。

## 5. まとめ

コンテスト当日では他の参加者の増幅器を見ることができた。サイズの小型化に特化したものや線路の幅をすべて一定にした回路など、多種多様な設計例を見ることができ非常に勉強になった。

今回の設計・試作を通して増幅器に関して大きく知識を深めることができ、有意義な経験になった。

今回は残念ながら基準を満たす増幅器を完成させることができなかったが、次回の学生マイクロ波回路設計試作コンテストでは入賞を狙っていきたいと思う。



### 消しゴム中のフタル酸エステル類の定性・定量とその他可塑剤の使用状況について

栗原 萌 葉

Moeha KUWABARA

環境生態工学課程 4年

#### 1. はじめに

私は2023年11月30日～12月2日に開催された2023年室内環境学会学術大会に参加し、「消しゴム中のフタル酸エステル類及びその他可塑剤の使用状況について」という題目で口頭発表を行った。

#### 2. 発表内容

##### 2.1 背景

フタル酸エステル類 (PAEs) は、プラスチックの一種であるポリ塩化ビニル樹脂 (PVC) に使用されている可塑剤である。PVC は日常生活中で普遍的に使用されているため、誰もが PAEs に暴露される。一方、PAEs は内分泌かく乱作用が懸念されており、特に発達途中にある子供への影響が問題視されている。しかし、PAEs への厳格な規制は限られた製品にのみおかれている状態であり、その他の製品に対する使用状況は明確化されていない。そのため、本研究では、子供が使用する可能性があり、PAEs に対する使用規制のない消しゴムに対し、使用 PAEs の定性、定量を行った。また、現在 PAEs に変わり、多く使用されている代替フタル酸エステル類やリン酸エステル類などがどの程度、消しゴム中で使用されているか調べるためにそれらの物質を「その他可塑剤」と一括し PAEs 分析に加え、定性、定量を行った。

##### 2.2 方法

消しゴムの収集法としては、2023年現在、国内で販売されている国内外で生産された消しゴム 35 種を対象とした。それぞれの消しゴムに対し、以下

の方法で前処理を行った。消しゴム試料を洗浄した後はさみで裁断し細粒化した後、約 200mg を電子天秤 (AUW120, 島津製作所) により秤取し、テトラヒドロフラン (THF) を 10ml 添加して、振とう機 (SA400, ヤマト科学) により一時間程度攪拌を行った。その後、PTFE フィルター (0.45 $\mu$ m, 6784-1304, ワットマン) を用いてろ過し、1ml 分取し、メタノール 10ml によりメスアップした。さらに 1 ml 分取してジクロロメタンで 10ml までメスアップした後、再びろ過を行った。その後、アナライトプロテクタントとしてバイアルにポリエチレンプロテクタント (PEG) 300 を 4 $\mu$ L 入れて溶媒を飛ばしたのち、試料を 0.5ml 入れて PAEs11 物質、その他可塑剤 15 物質の計 26 物質を対象として GC-MS (Agilent 8860GC/5977MSD, Agilent Technologies) により分析を行った。また、濃度測定の結果より、検出上限を超過していた物質については 5 倍から 250 倍までの範囲で希釈を行い、再び濃度測定を行った。

##### 2.3 結果と考察

図 1 に各試料の可塑剤含有濃度を示す。検出限界以下の物質はその数値の 1/2 を用い、グラフを制作した。PAEs においては、DEHP, DnBP, DCHP の順に検出率が高く、特に DEHP, DnBP については高濃度で検出された。(検出率 (%): DEHP, 57.1, DnBP, 40.0, DCHP, 37.1, 幾何平均 ( $\mu$ g/g): DEHP :  $7.93 \times 10^3$ , DnBP :  $5.99 \times 10^2$ ) DEHP と DnBP は同一の試料から検出される傾向にあった。この理由として、双方の可塑剤の可塑化特性によるものと考えられる。DEHP は炭素の分子量が多いことから、耐移行性を向上させる一方、可塑化効率を低下させるため性能低下防止として、炭素分子量の少なく比較的安価である DnBP を添加しているのではないかと考える。その他可塑剤では DEHA, ATBC, 2E1H が高頻度で検出され、濃度では ATBC, DEHA が高濃度で検出された。DINCH は限られた製品のみで高濃度であり、2E1H は多くの試料において少量が確認



された。(検出率(%): DEHA: 54.3, ATBC: 40.0, 2E1H: 74.3, 幾何平均(μg/g): ATBC: 1.79×102, DEHA: 69.6) リン酸エステル類は TBEP を除いて検出が無かった。

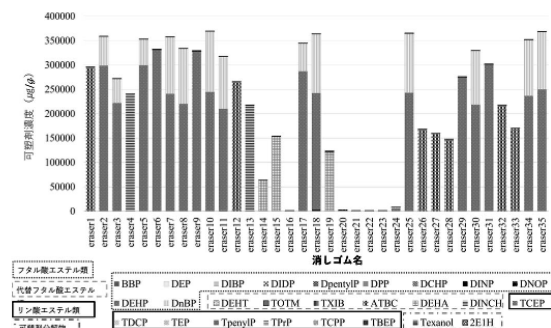


図1 消しゴム中の可塑剤濃度

上記の結果より、可塑剤に暴露された場合のリスクについて、経皮暴露、経口暴露に対して暴露リスク評価を行った。リスク評価法としてハザード比(HQ)を用いた。暴露経路としては経皮、経口暴露を想定し、以下の式により推定ヒト暴露量を算出した。

経皮暴露<sup>1)</sup>：

$$EHE_{derm} = \frac{Cs \times Ls \times Sp \times n \times a(derm)}{BW}$$

EHE<sub>derm</sub>：経皮暴露量(μg/g/day)

Cs：個体中物質濃度(μg/cm<sup>3</sup>)

Ls：皮膚接触層厚(cm)

Sp：暴露身体面積(cm<sup>2</sup>)

n：一日当たりの使用回数(/day)

a：体内吸収率(無次元) BW：体重(kg)

経口暴露<sup>2)</sup>：

$$DI_{ingestion} = \frac{C_{eraser} \times IR_{eraser} \times t/24}{BW}$$

DI<sub>ingestion</sub>：消しゴム経由の体重毎一日摂取量(μg/g/day)

C<sub>eraser</sub>：消しゴム中可塑剤濃度(μg/g)

IR<sub>eraser</sub>：経口消しゴム量(g/day)

t：室内滞在時間(h)

BW：体重(kg)

評価対象として小学生の学校中授業時間と中高生の学校中授業時間の場合分けして評価を行い、評価対象物質として PAEs11 種、代替 PAEs6 種、可塑剤分解物 2 種の結果を用いた。

経皮暴露では、小学生、中高生ともに同様の結果となった。PAEs では DEHP, DnBP に対して暴露リスクが懸念される結果となった。(試料中割合(%): DEHP: 51.4, DnBP: 40.0) 代替 PAEs, 可塑剤分解物では ATBC, DEHA, DINCH に対して暴露リスクが懸念される結果となった。(試料中割合(%): ATBC: 20.0, DEHA: 8.6, DINCH: 5.7)

経口暴露では小学生において PAEs の DnBP のみ全試料中の 25.7% で暴露リスクが懸念される結果となった。

### 3. おわりに

本研究は、研究内容や学会発表に関してご指導いただいた藤森崇先生、産業技術総合研究所における技術研修でご指導いただいた篠原直秀先生、内野加奈子さん、小栗朋子先生により実現したものであり、ご協力頂いた方々に深くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 独立行政法人 製品評価技術基盤機構 (2009), 付属書 1 消費者製品のリスク評価に用いる推定ヒト暴露量の求め方
- 2) Shinohara et al, (2023)



## 2023 年室内環境学会学術大会の 参加報告

中 村 元 哉

Motoya NAKAMURA

環境生態工学課程 4 年

### 1. 室内環境学会学術大会

#### 1.1 本大会について

今回私が研究活動の一環として参加したのは「2023 年室内環境学会学術大会」です。開催地は沖縄県で、11 月 30 日、12 月 1 日の 2 日間にわたり日本中の大学や研究所、企業の方たちが研究報告を行い、12 月 2 日で沖縄建築と住環境の視察が行われました。本大会では様々な催しがありました。口頭発表やポスター発表なども見所の 1 つでしたが機器展示やシンポジウム、分析会セミナー、学生懇談会、懇親会、ランチョンセミナー、意見交流タイムなど充実した内容がたくさんありました。

#### 1.2 室内環境という分野について

室内環境というフィールドにおいて様々な問題が今日まで提示されてきました。近年流行した新型コロナウイルスの感染やシックハウス症状群の対策や予防、その他の物質に対する暴露や環境影響評価、人的快適性など様々な取り組むべきテーマがあります。実際に今回の大会に過敏症経験者がお話を聞くために直接来られたということもありました。その方は自身や周囲の人たちが体験した苦痛を涙ながらに語っておられ、その姿からもわかるように室内環境において苦しんでいる人がいます。その人たちのためにも取り組むべきテーマだといえます。

### 2. 大会の参加についての報告

#### 2.1 発表内容

私は今回「自然換気による講義中の室内環境の改善効果」というタイトルで口頭発表を行いました。今からその発表内容を説明します。

室内環境では CO<sub>2</sub> 濃度が高くなりやすくそれにより思考能力の衰退や意思決定能力の低下など社会的に影響をもたらすと考えられています。そこで本研究では大学の講義中に CO<sub>2</sub> 濃度の測定を行い基準値 1,000ppm を満たしているか確認し、窓開け換気（自然換気）をすることで CO<sub>2</sub> 濃度の変化をみたり換気量を算出したりすることでどれほど換気が行われ、室内環境が改善されたのか調べる研究をしました。

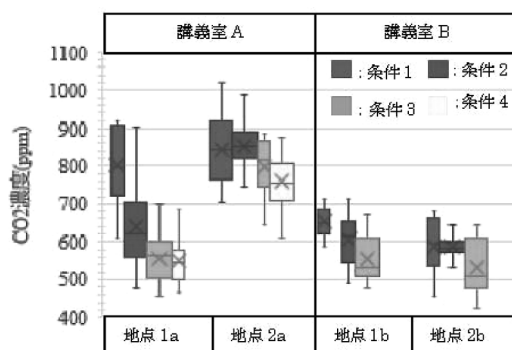


図 1 各講義室における各地点での CO<sub>2</sub> 濃度の分布

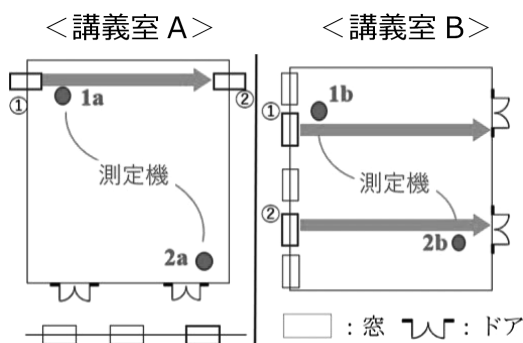


図 2 測定した講義室 A、B の様子

結果は図 1 からわかるように、講義中の室内では基準値を超える CO<sub>2</sub> 濃度が検出された講義室もありました。ただ、図 2 のように室内で向かいあっている窓やドアを 2 つ以上開放することで、外気からの通り道ができ CO<sub>2</sub> 濃度が一定の値まで下がる可能性が示唆されました。しかし、減少の程度や下がり方には在室人数や室外の状態、生徒の座る位置、



その日の風の状態といった複数の要因が関わって  
くこともわかり、結論としては自然換気による改善  
効果は複雑なものでした。

## 2.2 自身の発表に対する評価と分析

今回の学会に参加し自身の研究内容を発表した目  
的は、自身の研究に対する分析を進めるため、人前  
で発表する力と質疑に対し的確に返答する力を磨く  
ため、そして自身の研究の見直しをするためです。  
学会に参加するにあたり要旨を書いて自身の研究を  
まとめたり、スライドを作成することで自分の研究  
に対して向き合う機会をつくったりすることができ  
ました。考察をよりブラッシュアップすることがで  
き、自身の研究の価値を高めることができたと思っ  
ています。

発表時、緊張はしていたものの話す内容はすらす  
らと頭の中にでてきて、自分の想像以上に力を発揮  
できたと思います。時間を使って丁寧に話す所は話  
して、軽く触れるだけでいいところは時間をかけず  
ぎないように話し、発表時間の9分程度で話を終え  
ることができました。また、質疑応答の時間では2  
つ質問が来ました。1つは測定時換気扇や冷暖房と  
いった空調設備はどうなっていたか、もう1つは講  
義中では実際にどのような換気パターンが最適なの  
かという質問でした。前者の質問に対しては事実を  
的確に話し、後者の質問に対しては自身の研究でわ  
かったこととわからなかったことを区別して回答で  
きました。発表という場で的確な受け答えができた  
ように感じ、今回の学会での成果の1つだと捉えて  
います。

質疑応答の時間ではコメントとして講義中の室内  
環境において CO<sub>2</sub> 濃度の基準値はいくつぐらいが  
妥当なのかを研究を通して考えてみるのもいいとア  
ドバイスを受けました。講義中という特殊な環境下

で研究しているので、そのような視点を持ちつつ研  
究にあたることも大事だと自身の研究を見直すこと  
ができました。

ただ、後から振り返って見ると、質疑応答の時間  
で結果や考察に対するものが一切ありませんでした。  
自分のグラフが少しわかりづらいもので、伝わる  
ように時間をかけて説明をしたつもりでしたが、  
聞き手にはうまく伝わっていない可能性があるとい  
う印象でした。わかりやすいグラフの見せ方や1回  
の説明で理解してもらえるような説明の仕方を身に  
つけることが今後の自分の課題であると感じまし  
た。

## 2.3 自身の発表以外の場で得られたこと

ポスター説明時に学んだことについてお話しま  
す。ポスターをやっている人で自分の研究に関連し  
ている何人かの方に質問やお話をしました。最近で  
は当たり前のように用いられている CFD 解析とい  
うものを行っている方が多く、解析の手法など教え  
ていただきました。また、ポスター発表の方が自身  
の研究の説明をするとき、順序よく専門的な表現な  
どはできるだけ控えながら自身の研究の魅力を伝え  
る努力をしているのが伝わり、そういった姿も勉強  
になりました。

自身が参加した懇親会についてのお話をします。  
懇親会では食べ放題、飲み放題となっており立ち食  
い形式で自由に移動しながら色々な人と気軽に話せ  
る空間でした。そこで自身の研究をする上で、参考  
にさせてもらった論文の著者の方に自分は話しかけ  
にいきました。自身の研究に対してのアドバイスを  
いただいたり、その研究をやる上で重要なことはな  
にか教えていただいたりしました。とても良い機会  
だったと思いました。



## 応用音響研究会（EA）に参加して

藤 岡 璃 乃

Rino FUJIOKA

情報メディア学専攻修士課程 2年

### 1. はじめに

私は2023年12月22日から23日にかけて九州大学で開催された、応用音響研究会（EA）に参加した。この研究発表会にて「実環境における床方向への放射を考慮したエリア再生の性能評価」という題目で研究発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景・目的

音場制御技術を用いて、特定のエリアにのみ音を再生するエリア再生の研究が行われている。同一空間内に、音の聞こえる再生エリアと音の聞こえない抑圧エリアの生成が可能となる。

エリア再生の課題のひとつに、実環境での制御効果の低下が挙げられる。エリア再生を実現する場所は美術館といった空間であり、反射の影響により、抑圧エリアへの音漏れが起こり制御効果の低下が生じる。

本研究では、エリア再生の実環境への適応を目指し、反射による影響を軽減するエリア再生の検討を行った。計算機シミュレーションで制御点配置の検証を行い、実環境において反射の少ない空間（防音室）と固い材質で覆われた反射の多い空間（演習室）で性能評価を行った。

#### 2.2 床方向への放射を考慮した音場

本研究では、エリア再生の実環境への適応を目指し、床からの反射による影響を軽減させるため、床方向への放射を考慮したエリア再生を提案する。床方向への放射を考慮したエリア再生のイメージを図1に示す。図1の左図に示すように、従来のエリア再生では、スピーカから放射された音が床で反射することにより、抑圧エリアへの音漏れが生じ、制御

効果の低下へと繋がる。そこで提案するエリア再生は、図1の右図に示すように、スピーカから床方向へ放射される音を少なくすることで、反射の影響を軽減する音場の生成を行う。

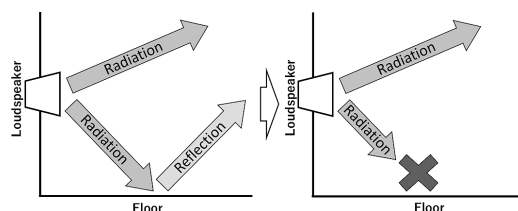
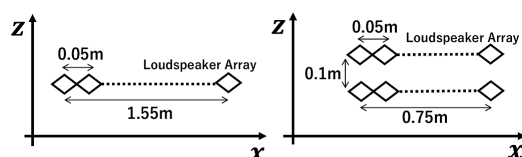


図1 床への放射を考慮したエリア再生のイメージ



(a) 従来手法

(b) 提案手法

図2 スピーカの配置

#### 2.3 スピーカ構成について

本研究で使用するスピーカ構成を図に示す。図2(a)に示すように、従来手法は32chの直線スピーカアレイである。しかし、水平のアレイ1つではスピーカアレイの特性上、円筒状の制御となり上下方向の制御ができない。よって、提案手法では32ch2列スピーカアレイを用いる。提案手法の2列スピーカアレイを図2(b)に示す。

#### 2.4 制御点配置について

従来手法の制御点配置を図3に示す。図中の赤い三角がスピーカ、赤い四角が応答制御点、青丸が抑圧制御点である。スピーカと制御点は全て高さ1.5mに配置する。応答制御点は $(x, y, z) = (-1, 1, 1.5)$ に配置する。抑圧制御点はL型に0.04m間隔で合計63点配置する。提案手法の制御点配置を図4に示す。応答制御点は従来と同様の位置に配置する。抑圧制御点は合計108点の抑圧制御点群を用いる。

#### 2.5 実環境での性能評価

サンプリング周波数は48kHzとし、インパルス



応答長は4096サンプルとした。再生する音源は、Hoth雑音を使用した。騒音計を用いて各測定点（図5）で音圧レベルを5回ずつ測定し、平均値を求め、応答制御点を基準点とした相対音圧レベルを示す。

## 2.6 反射の少ない空間（防音室）での性能評価

表1に相対音圧レベルの平均値を示す。高さ1.5mの抑圧エリアでの平均値は、従来手法が-26.24dB、提案手法が-23.95dBであり、従来手法の方が2.29dB抑圧できている。高さ0.1mの再生エリアでは従来が-10.38dB、提案手法が-16.4dBであり、提案手法の方が6.02dB抑圧できている。抑圧エリアは、従来が-27.12dB、提案手法が-25.86dBであり、差は1.26dBとほぼ同等の抑圧量である。

## 2.7 反射の多い空間（演習室）での性能評価

表2に相対音圧レベルの平均値を示す。エリア再生の音圧差である高さ1.5mの抑圧エリアは、従来が-15.95dB、提案手法が-14.03dBであり、その差は1.92dBとほぼ同等の抑圧量である。高さ0.1mの再生エリアは、従来が-8.14dB、提案手法が-11.87dBであり、提案手法の方が3.73dB抑圧できている。抑圧エリアは従来が-16.42dB、提案手法が-14.79dBであり、その差は1.63dBとほぼ同等の抑圧量である。

## 3. おわりに

実環境においてもエリア再生としての性能を大きく低下させることなく、本研究の目的である床方向への放射を考慮したエリア再生を実現できていることを確認した。今回の学会での研究発表では、多くの方々から貴重なご意見をいただき、今後の研究方針を考えるきっかけとなった。この経験を活かし今後の研究に役立てていきたい。

表1 反射の少ない空間での相対音圧レベルの平均値

	従来手法		提案手法	
	再生エリア	抑圧エリア	再生エリア	抑圧エリア
高さ 1.5m	—	-26.24dB	—	-23.95dB
高さ 0.1m	-10.38dB	-27.12dB	-16.4dB	-25.86dB

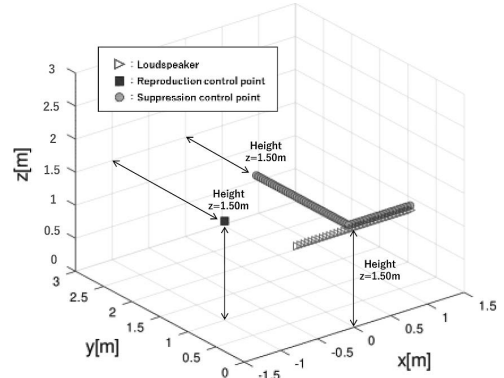


図3 従来手法の制御点配置

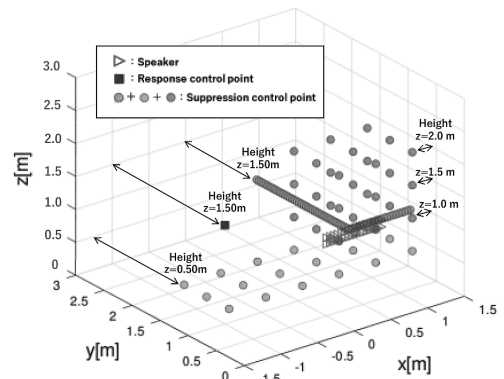


図4 提案手法の制御点配置

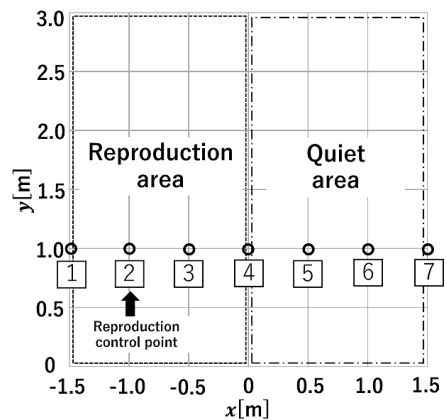


図5 7つの測定点

表2 反射の多い空間での相対音圧レベルの平均値

	従来手法		提案手法	
	再生エリア	抑圧エリア	再生エリア	抑圧エリア
高さ 1.5m	—	-15.95dB	—	-14.03dB
高さ 0.1m	-8.14dB	-16.42dB	-11.87dB	-14.79dB



## 電子情報通信学会総合大会 2024 に参加して

川原 妃花  
Hika KAWAHARA

電子情報学専攻修士課程 2年

### 1. はじめに

私は2024年3月4日～8日にかけて、広島大学東広島キャンパスで行われた電子情報通信学会総合大会に参加し、「マイクロ波パワーアンプ用容量切り替え型整合回路の検討」という題目で発表した。

主な目的としては、研究生活の集大成として研究成果を発表する事である。また、他の大学や企業の発表者の発表を聴講する事で、マイクロ波技術の幅広い応用とその進歩を肌で感じ、今後の研究を進めていくにあたってのいい勉強になると考えている。

### 2. 研究内容

#### 2.1 まえがき

マイクロ波増幅器は負荷インピーダンスにより特性が大きく変動する<sup>[1]</sup>。そこで、動的に整合を行う可変整合回路を増幅器出力側に挿入する必要がある<sup>[2]</sup>。本報告では、可変整合回路を具体的に実現するための回路構成を検討した。

#### 2.2 可変整合回路について

図1は可変整合回路を示し、3個の容量切り替え部で構成され、あらゆる負荷に対して整合可能となる<sup>[3]</sup>。スイッチの切り替えにより、図に示す5通りの負荷インピーダンスに対応する最適な容量値に設定する。

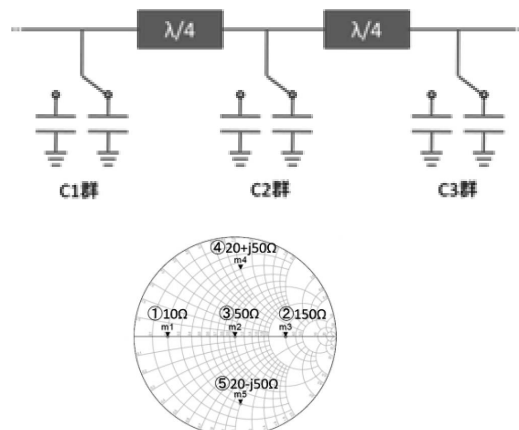


図1 可変整合回路スイッチと想定する負荷インピーダンス

#### 2.3 スイッチに用いる FET の検討

使用するスイッチとして、安価な電源用低周波 GaN-FET が使用できないかを最初に検討した。FET のスイッチ特性を VNA で実測した結果を図2に示す。70MHz 付近ではスイッチとして動作しているが、使用する 2.45GHz 付近では寄生成分のためスイッチ動作をしていないことが分かった。

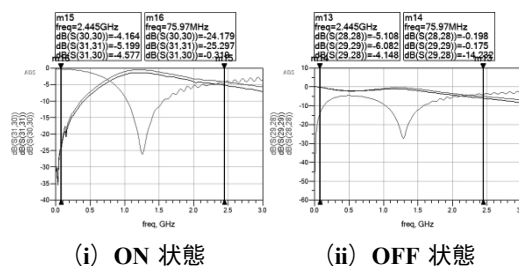


図2 EPC2219 のスイッチ特性

#### 2.4 スイッチに用いる PIN ダイオードの検討

次に、PIN ダイオード (L5206F; CEL 社製) の特性実測してみたところ、図3のような結果が得られた。通過特性を見みると 2.45GHz でスイッチ動作は可能であると言える。



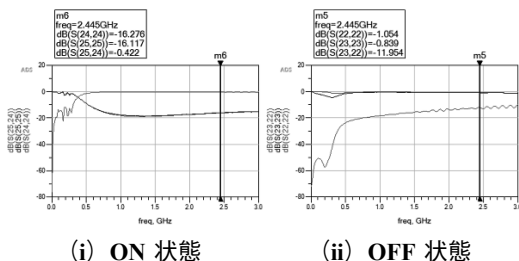


図3 PIN ダイオードのスイッチ特性

## 2.5 可変整合回路のシミュレーション特性

前記 PIN ダイオードの ON 抵抗と OFF 容量を実測値から計算で求めると、ON 抵抗は  $2.88\Omega$ 、OFF 容量は  $0.262\text{pF}$  となった。ここで、OFF 容量は S11 の実測のリアクタンス成分から求め、ON 抵抗は S21 の実測値から反射損を除いた損失値に等しくなるようにフィッティングして求めた。

次に、求めた OFF 容量を用いて、可変整合回路を設計した。図4は負荷抵抗が  $10\Omega$  の時の設計回路図である。ON 抵抗も考量した際の各負荷インピーダンスに対する結果を図5に示す。ON 抵抗も考量すると整合特性が少し悪くなったが、ほぼ整合は取れている。通過損失としては ON 状態の FET の個数が 1 個の時  $0.5\text{dB}$  以内に収まったが、2 個の時  $1.5\text{dB}$  程度、3 個の時  $2.2\text{dB}$  程度になった。

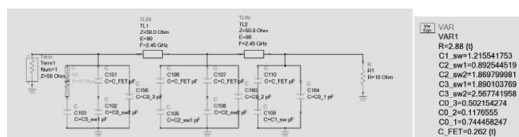


図4 負荷抵抗が  $10\Omega$  の時の可変整合回路

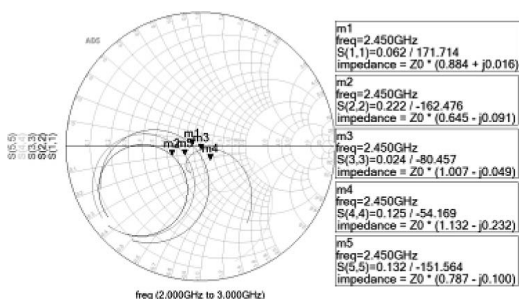


図5 ON 抵抗を考慮した時のシミュレーション結果

## 2.6 結論

可変整合回路のスイッチ切り替えで用いる FET と PIN ダイオードの素子特性を測定し選定を行った。PIN ダイオードの ON 抵抗、OFF 容量を求め、それらを用いて  $2.45\text{GHz}$  で回路設計を行った。その結果、PIN ダイオードスイッチで今後の試作設計に有用な特性が得られた。今後は試作による実験を行う。

## 3. おわりに

総合大会 2024 に参加し、発表や意見交換を通して多くの方から貴重な意見をいただいた。自身の研究ではあるが、それでも自身の知識の無さや、口頭で相手に意見を伝える技術の難しさを痛感した。しかし、本学会に参加したことで、今の私に足りないものや、今後の研究に活用できるような発見があり、大変有意義な経験となった。この経験を活かし今後も研究に注力していきたい。

最後に、今回の発表を行うにあたって多大なご指導をいただいた石崎俊雄教授、実験をサポートしていただいた池田光氏に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 石崎俊雄, 松室亮之, 「マイクロ波パワーアンプ用動的出力整合回路の基礎検討」, 信学論, Vol.J104-C, No.1, pp.2-10, 2021.
- [2] 石崎俊雄, 「マイクロ波パワーアンプ用動的出力整合回路の基礎検討」, 信学技報, vol.122, no.2, MW 2022-12, pp.46-51, 2022 年 4 月.
- [3] 中島将光, 「マイクロ波工学」, 森北出版, p92-95, 1975 年 4 月.



## 2024 年電子情報通信学会 総合大会

井 上 遼 一

Ryoichi INOUE

電子情報学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

2024 年 3 月 5 日から 8 日に広島大学 東広島キャンパスで開催された電子情報通信学会 総合大会に参加した。この学会で、私は「GaN パワーアンプを用いたアクティブ空間電力合成システム」という題目で講演発表を行った。発表は、3 月 7 日に現地対面参加で、口頭発表を行った。

### 2. 参加目的

主な目的として、同分野の研究者が集まる貴重な機会であり、研究者同士での交流を行い意見交換を行うことである。また今後研究を進めるにあたって他のマイクロ波の研究を行っている研究者の発表を聞くことでマイクロ波技術の幅広い応用とその進歩を肌で感じることができると感じたためである。

### 3. 発表概要

マイクロ波加熱用信号源として GaN FET (Gallium Nitride FET) を用いた固体増幅器への置き換えが進んでいるが、従来用いられていたマグネトロン等の真空管に比べて出力電力が小さいという課題がある。本研究では、半導体方式マイクロ波加熱システムと同じ原理を用いて、複数のアンテナから放射されたマイクロ波をキャビティ内で空間合成するアクティブ方式電力合成器について報告する。

### 4. 電力合成器の構成

図 1 は今回開発した電力合成器の全体構成である。信号源からの出力を 4 分配し、それぞれに移相器、可変減衰器とパワーアンプ及びインピーダンス整合回路を取り付け、位相と振幅を電子的に制御す

る。それらの信号はキャビティ内の 4 本の入力アンテナから送信され、1 本の出力アンテナで合成されインピーダンス整合された後、出力される。

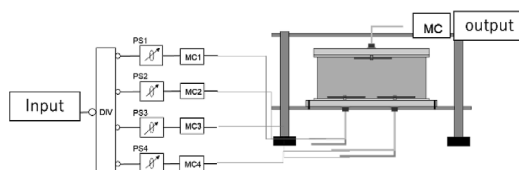


図 1 電力合成器全体構成

先行研究の結果では、伝搬効率が約 97%，各アンテナの反射は平均約 0.01% と良好な特性を得られることがシミュレーションで確認された。また、実際に電力合成器を試作し実験も行っている。その実験図と結果を図 2，図 3 に示す。コンデンサを 3 つ使用したインピーダンス可変方式整合回路を作成し VNA で通過特性を確認した。実際の送出電力を、方向性結合器を用いて測定した。その結果、約 7.87dB の損失があった（ケーブル損失を除く実質合成効率 20.6%）。損失の内訳を図 6 に示すが、整合回路の損失が問題であることが分かった。

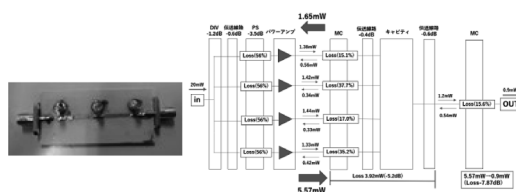


図 2  $\pi$  型整合回路

図 3 損失の内訳

### 5. 整合回路の低損失化検討

整合回路のロスを減らすため新たなエア・トリプレート型の整合回路を検討した。線路を空中に浮かし、 $\lambda/4$  ごとに三つの金属円板を配置し、それぞれを上から近づけ、その容量で整合をとるストリップライン型整合回路を電磁界シミュレーション (HFSS) で設計し特性を確認した。材質はすべて真鍮、線路はテフロン支柱で支えている。整合回路のイメージを図 4 に、3 つの金属円板を線路からそれ



それぞれ1mm から7mm まで離れた時のインピーダンスを計算した結果を図5に示す。図よりスミスチャートのほぼ全域をカバーできることが確認できた。

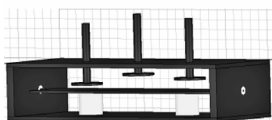


図4 整合回路構造

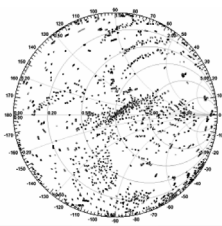


図5 インピーダンス特性

図6に作製した整合回路の写真を、図7に実測した伝送特性を示す。整合回路の損失は0.25dB 以下になり、大幅な損失低減を実現出来たことが確認された。

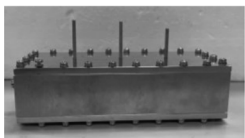


図6 作製した整合回路の写真

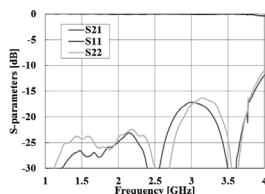


図7 実測した伝送特性

## 6. 電力合成実験

図8に電力合成実験の様子と損失の内訳を示す。全体の損失は2.26dB でケーブル損失が1.0dB なので、実質の合成損失は1.26dB (合成効率74.8%) である。位相と整合の調整は未だ不十分なので、さらなる効率の向上が望める。

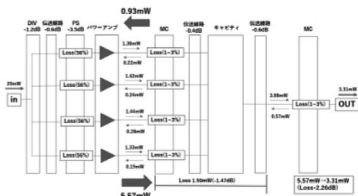
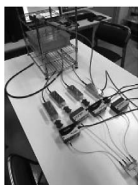


図8 電力合成実験と損失の内訳

## 7. 結論

整合回路の低損失化に向けてエア・トリプレート型の整合回路を設計試作し低損失な特性を確認した。その結果、実質的な電力合成効率74.8% が得られた。今後は、位相と整合の調整アルゴリズムの確立を目指す。

## 8. おわりに

今回、総合大会に参加したことで今の私に足りないものや参加者の方々の発表を聞いて吸収できることが多々あり大変有意義な経験となった。

今回の学会では私よりもマイクロ波の知識を持った研究者ばかりで、質疑応答の際に自分がこれまであまり気にせずに研究を進めていた部分について聞かれ、その質問に対して納得していただけるような応答ができず自身の勉強不足を痛感した。また他の研究者の発表の中で知らない単語が飛び交っていて時々話についていくことができなかった。そのため、今後研究者として社会に出るためには幅広い知識を身に着けること、また成長スピードが早いこの業界では常に最先端の技術を知っておかなければならないと感じた。その他にも発表をする際の話し方やスライドの作り方、質問に対する答え方など勉強になる部分が多く、今回の学会を通して大変刺激を受け、そこで学んだことを今後の研究に活かそうと思った。

## 謝辞

最後に本研究を進めるにあたり、終始多大なるご指導、ご鞭撻を賜りました龍谷大学理工学部電子情報学科石崎俊雄教授に深く感謝いたします。また、実験をご指導頂いた池田光氏に深く感謝いたします。



## ミリ波帯 PLL の低位相雑音化に関する基礎検討

上 田 幸 繁

Yukishige UEDA

電子情報学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

3 月 4 日～8 日に、広島大学 東広島キャンパスで行われた 電子情報通信学会 総合大会に参加し、「ミリ波帯 PLL の低位相雑音化に関する基礎検討」という題目で発表を行った。

これまで私が参加した発表はオンラインのものが多かったことから、同じ分野の先生方と対面での発表経験が少なく、不安が大きい中での参加であった。

### 2. 発表した研究内容

#### 2.1 研究背景

高速な無線データ伝送の需要が増加しミリ波帯通信が期待されている。また、自動車用レーダや産業用レーダ等の次世代無線アプリケーションのために高性能発振器が必要となっている。高安定低位相雑音発振器として PLL (Phase Locked Loop) 発振器があるが、ミリ波帯では分周比  $N$  が大きくなってしまったり、位相雑音、消費電力といったさまざまな課題がある。本研究では、主に分周比による位相雑音への影響の問題を解決するための手法を検討した。

#### 2.2 PLL の構成

本研究で想定するレーダシステムは 3 つ発振器が使われており、共通部分をまとめることがシステムの簡素化につながる。そこで、図 1 のような PLL をカスケード接続する構成を提案する。前段 VCO の出力をレファレンスとし、後段 VCO はサブサンプリング形式でロックする構成である。前段出力を高い周波数にすることで、誤ったロックを防いでい

る。

先行研究にもカスケード接続を使った構成はあるが、本研究では正弦波でスイッチングしてサンプリングを行い、バイアス調整で波形の切り取り幅を調節するため、設計・回路構成が簡単である。

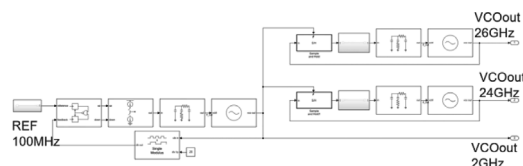


図 1 レーダシステム用 PLL の構成

#### 2.3 位相比較

位相比較は、後段 VCO 出力を前段 VCO 出力でスイッチングした信号を積分して行う。その際スイッチのオンオフ比や速度が重要である。本研究では GaAs FET を用いて図 2 のようにスイッチを構成した。

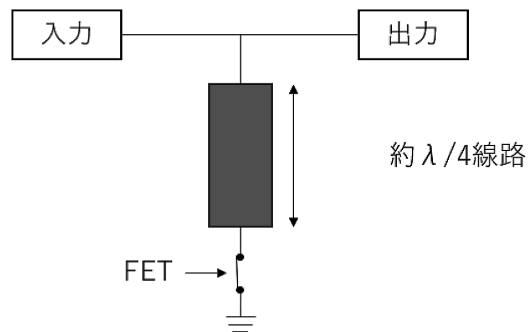


図 2 スイッチ回路

#### 2.4 PLL 出力の評価

設計したスイッチの実測特性を用いてシステムのシミュレーションを行った。詳細な雑音の評価を行うため出力周波数を 24GHz と 900MHz の 2 種類で設計した。結果を図 3 に示す。



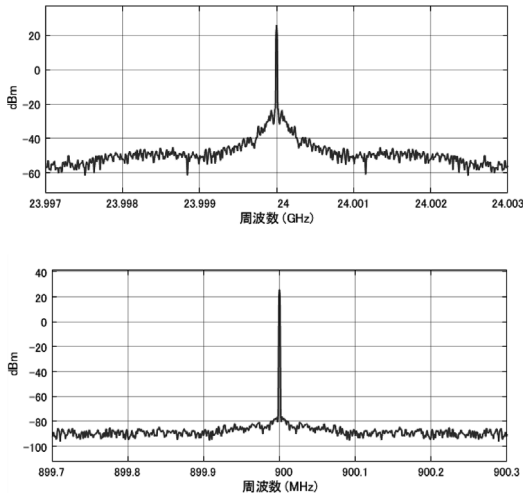


図3 PLL 出力（上：24GHz 下：900MHz）

正弦波を用いたサンプリングでも位相ロックし、所望周波数近傍の位相雑音の大幅な抑制が確認できた。また、この結果から SSB 位相雑音を計算したものを図4に示す。

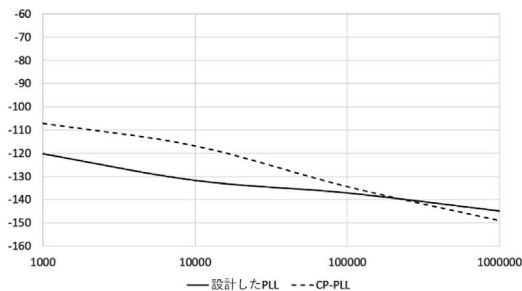


図4 SSB 位相雑音

カットオフ周波数 500kHz より高いオフセット周波数での位相雑音はあまり差がないが、所望周波数近傍の位相雑音は大幅に抑制されており、本設計に

より、構成の効率化だけでなく位相雑音が抑制できることが確認できる。

## 2.5 まとめ

レーダシステムに用いる PLL の低位相雑音化のため、カスケード接続を用い、正弦波でスイッチングしてサンプリングを行い位相比較するシステムを提案した。スイッチ特性を用いた PLL の動作と位相雑音の解析から本構成で位相雑音の大幅な抑制が確認でき、提案した構成の有効性が確認できた。以上の結果から、ミリ波帯レーダシステムの高性能化、低消費電力化、構成の簡素化が期待できる。

## 3. おわりに

今回の学会発表を通して発表者、聴講者それぞれの視点で感じたこととして、発表者としては、セッションの中でも私の発表だけを聴きに来てくださる方がおり、私の研究内容を見ていただけているのだとモチベーションにつながった。また、多くの方々からコメント、アドバイスをいただいた。他大学の研究室や企業の方々からのご指摘は普段の研究生活では得られない新たな視点からの意見であるなど、とても参考になり、これからの自身の成長につながる貴重な経験となった。聴講者としては、学会に参加する前、学会は審査会のようなイメージがあったが、参加してみると研究者同士のコミュニケーション、意見交換といった雰囲気ですべてとても居心地よく、これからも参加したいと思った。最後に発表や研究に対して多大なご指導をいただいた石崎俊雄教授に深く感謝いたします。



# 容量装荷型高 Q 共振器を用いた 電磁界結合方式マイクロ波 フィルタの開発

加 藤 謙 吾

Kengo KATO

電子情報学専攻修士課程 2 年

## 1. はじめに

2024 年 3 月 4 日から 8 日にかけて広島大学で開催された電子情報通信学・会総合大会に参加し、「容量装荷型高 Q 共振器を用いた電磁界結合方式マイクロ波フィルタの開発」と題して 3 月 8 日に現地で口頭発表を行った。

## 2. 研究背景

近年、スマートフォンなどの普及によりデータ通信量が増加しておりそれに伴い基地局の増設が必要となっている。また、携帯電話に割り当てられている周波数帯の間隔は近いものとなっている。よって混信を起こさないように、使用する帯域外は急峻に減衰させる必要がある。そのため小型で特性の良いフィルタの開発が必要となっている。そこで本研究では先行研究で使用された 2 分の 1 波長共振器において、高 Q 値セラミック容量を装荷しフィルタの高性能化と小型化を行う。

## 3. 原理

今回使用するフィルタの等価回路を図 1 に示す。

共振器間では電磁界結合が起こっているためクロスカップリングによる減衰極が生成できる。また共振器のアドミタンスが無限大になった際にも減衰極が生成される。それらの減衰極を使用しフィルタ特性を良好に出来る。さらに高い誘電率を持つセラミック誘電体を共振器端に装荷することにより容量を含めた共振器長の短縮を行う。

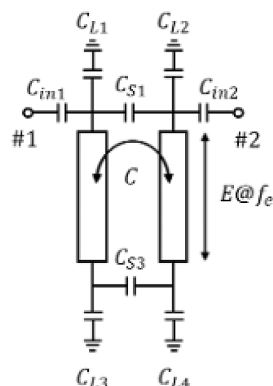


図 1 電磁界結合型 2 段フィルタの等価回路

## 4. 逆 U 字型共振器

共振器端に低損失なセラミックで容量を形成し線路長の短縮を図っているが、先行研究での共振器構造ではセラミック誘電体は使用することはできない。そこで先行研究とは異なる逆 U 字型 2 分の 1 波長結合線路共振器を使用し所望のフィルタ特性を出すことが出来た。電磁界シミュレーション上でのフィルタ構造を図 2 に特性図を図 3 に示す。

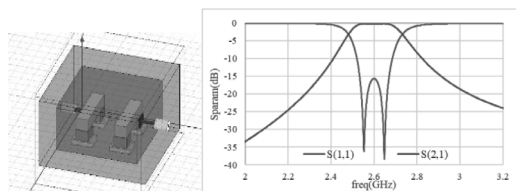


図 2 フィルタ構造図 図 3 フィルタ特性図

## 5. 減衰極操作が可能なフィルタ構造

逆 U 字型共振器では設計に必要な特性インピーダンスと電気長の値を求める手法が定かではない。そこで、電磁界シミュレーション上で共振器端に比誘電率の異なる誘電体をそれぞれ装荷して図 4 に示す回路から共振周波数の解析を行い、それぞれの共振点に一致する特性インピーダンスと電気長を求めた。共振器寸法を図 5 に示し、水平部分の長さを変化させた時の解析結果を図 6 に示す。



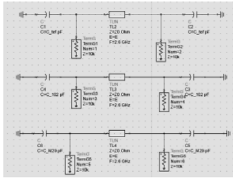


図 4 回路図

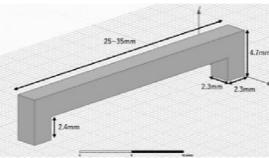


図 5 共振器寸法

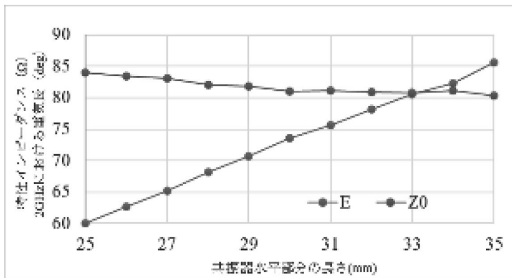


図 6 特性インピーダンスと電気長

それらの求めた値と先行研究の理論より比帯域幅 4%, 中心周波数 2.0GHz, 減衰極 1GHz, 2.25GHz のフィルタの設計を行った。結果, 図 7 のように集中定数回路の特性と電磁界シミュレーションでの特性を大まかに一致させることが出来た。

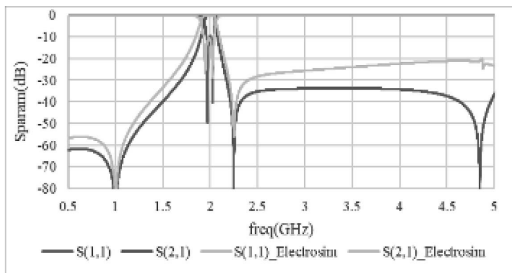


図 7 特性図

実機の試作では良好なフィルタ特性を得ることが出来た。実機の写真と特性結果を図 8 に示す。

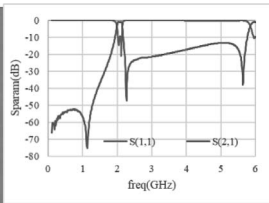
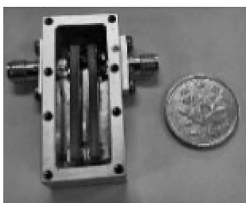


図 8 実機と特性図

寸法は 41mm×18.7mm×12.1mm と小型なフィルタとなっており先行研究より小型なキャビティ型フィルタを作成することができた。

## 6. おわりに

本学会では企業の方や他大学の教授、学生の方などが多数参加しており、その方々の発表を聞き、最新技術についての知見を得ることや、企業レベルでは研究に対してどのようなものが求められているのかなどを知ることが出来、研究者としての知識を広めることが出来ました。また、自分とは異なる分野の方に質問を頂くことで研究室では気づくことが出来なかった点などを知ることが出来とても有意義な経験となりました。

今回の学会では事前に発表場所の確認や、念入りの練習、発表での質問対策を行っていたため緊張なく発表することが出来ましたが、しっかりと質問に答えられない場面があったため、自分の研究の理解度を高めることや、研究に求められているものを把握するということがたいへん重要だと痛感しました。この経験を忘れずにこれからの研究生活に活かしていきたいと思ひます。

## 謝辞

最後に、本研究にあたって終始多大なる丁寧な御指導をしていただいた龍谷大学石崎敏雄教授に深く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 二ツ矢幹基, 石崎俊雄 “電磁界結合型 2 分の 1 波長共振器フィルタの設計理論に関する研究”, 信学技報, vol.120, no.354, MW2020-80, pp.1-6, 2021 年 1 月。
- 清水彩加, 石崎俊雄, “電磁界結合型 2 分の 1 波長共振器フィルタの開発”, 電子情報通信学会技術研究報告, 2019-1-MW, 2019 年 1 月



## 2024 年電子情報通信学会 総合大会に参加して

岡田 涼雅

Ryoga OKADA

情報メディア学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

2024 年 3 月 4 日から 8 日にかけて広島大学にて開催された 2024 年電子情報通信学会総合大会に参加し、「Deeplab v3+を用いたイラストマップの道路領域抽出に関する基礎的検討」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 背景・目的

近年では、スマートフォンなどの位置測位システムが利用可能なデバイスの普及により、屋外を移動する際には地図アプリによるナビゲーション機能が利用されている。一方、観光用などで目にするイラストマップには周辺施設等が強調されて描かれているなどの工夫が施されており、地図アプリと併用されることがある。しかし、併用する際にはそれぞれの地図との対応を取りながら移動することになるため直感性を損なってしまう。イラストマップと実地図を重ね合わせたアプリはいくつか存在するが、事前に対応付けを行っているため現地で手に入れたものを即座にナビゲーションに用いることはできない。

本研究では、入手したイラストマップを事前準備なしで即座にナビゲーションに利用するため、道路ネットワークを用いて実地図との対応を自動で取るための手法を検討する。道路ネットワークデータとは点（道路ノード）と線（道路リンク）で構成されたデータで、主にナビゲーションに用いられる。ネットワークデータを得るためにはイラストマップから道路領域を抽出する必要がある。

#### 2.2 Deeplab v3+

DeepLab v3+は、Google が開発した畳み込みニューラルネットワークモデルであり、エンコーダにアトラス畳み込みが用いられている。アトラス畳み込みは通常の畳み込み層よりも走査する画素範囲を膨張させることで、効率的に広範囲の情報を畳み込むことができる（図 1）。

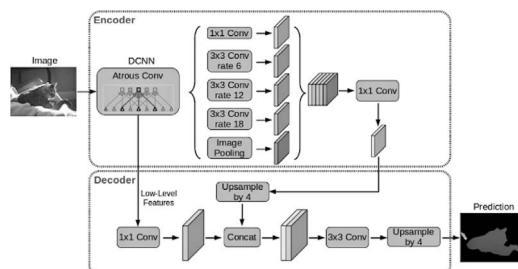


図 1 Deeplab v3+の構造

#### 2.3 実験

手法として、DeepLab v3+によるセマンティックセグメンテーションを用いた。本研究では、イラストマップとそれに対応する道路領域の 2 値マスク画像を用いて学習を行い、学習モデルの抽出精度を評価する。実験は回転や色相変換の編集を含めた実際のイラストマップの画像 182 枚のうち 142 枚を学習データ、40 枚をテストデータに用いて学習を行った。評価指標として precision, recall, f-score の値を算出し、同じくセマンティックセグメンテーション用の CNN モデルである U-Net との比較を行った。



## 2.4 結果

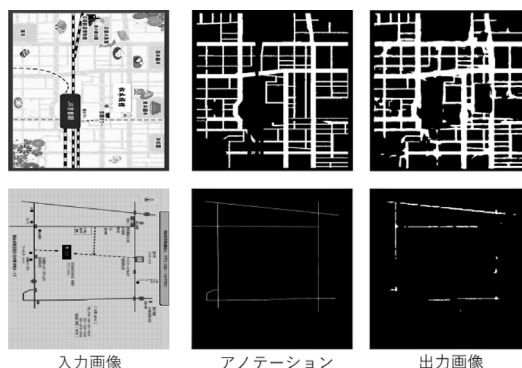


図2 道路領域抽出結果の例

図2に道路抽出結果の例、表1にU-Netと比較したデータを示す。U-Netに比べてrecallの値が大きく上昇し、検出漏れについて大きく改善した。しかし、precisionの値はあまり差がなく、誤検出についてあまり改善されなかった。したがって、U-Netと比べて精度は向上したものの、道路ネットワークデータに用いるほどには達しなかった。理由として道路の細い箇所や、文字とイラストに隠れている領域がうまく抽出されていないことが挙げられる。ネットワークデータとして扱うためには交差点や行き止まりなどの情報を正確に抽出する必要がある。

表1 抽出結果の精度と比較

	precision	recall	f-score
DeepLab v3+	0.491	0.878	0.612
U-Net	0.486	0.449	0.350

図2の上側はテストデータの中で比較的うまく抽出できた例である。おおまかに抽出はできているものの、一部ノイズや途切れがあることがわかる。下側はうまく抽出できていない例である。入力画像の道路が細く描かれており、畳み込みの際に情報が消えてしまい、抽出した領域が途切れてしまっているのではないかと考えられる。

## 3. まとめ

本研究では入手したイラストマップを事前準備なしで即座にナビゲーションに利用するため、イラストマップから道路領域のみを抽出する実験を行った。その結果改善は見られたものの、十分な精度には達しなかった。途切れてしまった細い領域や文字とイラストに隠れて抽出できなかった領域に対して、インペインティング技術を用いて補完することで精度の向上を見込めるのではないかと考えている。

## 4. おわりに

今回が初の学外発表であったが、外部の方々と研究内容や実験方法について討論し意見交換をすることができた。ポスター形式の発表であったため、多少の緊張したもの、対話をするような形で自身の研究について丁寧にわかりやすく発表できたように思う。また、ほかの参加者の研究に触れることで、近い研究分野の実験方法など参考にすべき点をいくつか発見できた。今回の発表会で得られた知見を今後に生かし、よりよい研究活動につなげたい。



## ISS 特別企画「ジュニア&学生ポスターセッション」に参加して

東 畑 湧 登  
Yuto HIGASHIHATA  
知能情報メディア課程 4年

### 1. はじめに

2024年3月4日から8日にかけて広島大学東広島キャンパスにて開催された、電子情報通信学会総合大会におけるISS特別企画「ジュニア&学生ポスターセッション」に参加し、「深層学習を用いた店舗のジャンル推定に関する検討」というタイトルでポスター発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景・目的

近年、スマートフォンなどの携帯端末の普及により、地図アプリによる現在地推定やナビゲーションが利用されている。一方で、屋内施設、特に、ショッピングモールなどの大型商業施設における現在地推定やナビゲーションは、多層で店舗が密集している複雑性や、店舗の入れ替わりやレイアウトの変更に伴う測位インフラの更新、およびデータの再収集などの要因により普及が進んでいない。この問題を解決するための手法として、文字検出を用いた現在地推定システムが提案されている<sup>[1]</sup>。

そこで、本研究では、大型商業施設における画像認識を用いた現在地推定システムの精度を上げる付加機能として、ショッピングモール内における店舗の外見画像から深層学習による画像分類を用いて店舗のジャンルを推定することを提案する。

#### 2.2 提案手法

画像認識モデルのResNet-50<sup>[2]</sup>を転移学習させ、ショッピングモールの店舗のジャンルを識別できるようにする。

#### 2.3 データセットの作成

Google Maps と Yahoo! マップから約1000枚のショッピングモール内の店舗の外見（正面）画像を集める。それらに，“accessory”，“bag”，“book”，“clothes”，“goods”，“restaurant”，“shoes”の7つのラベルを対応する画像ごとに1つずつ割り当てることでアノテーションを付与する。

#### 2.4 トレーニング

ImageNet で事前学習済みの画像認識モデルResnet-50を呼び出し、最終層を新しいタスクのクラス数（7個）に置き換える。

データ数が少なかったため、k-分割交差検証を用いる。データセットを5分割し、その中の4つを訓練データ、残りの1つを検証データとして使用する。検証データを入れ替え、分割したすべてのデータセットを検証データとして使用する。

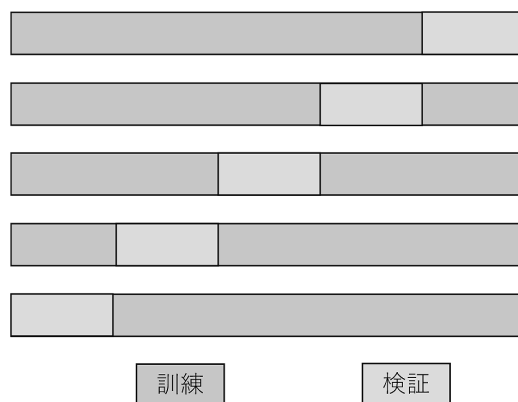


図1 データの分割

#### 2.5 追加手法

予備実験において、画像データ中に人物が写っている場合、高確率で“clothes”に分類されてしまう問題に直面した。この問題を解決する手法として、物体検出アルゴリズムYOLOv5<sup>[3]</sup>を用いて画像から人物を検出し、黒く塗りつぶすことで人物を除去した。





図2 人物除去前の画像データ



図3 人物除去後の画像データ

## 2.6 実験結果・考察

実験結果より、店舗のジャンル推定は高い精度で行うことができ、有効性を確認することができた。一方で、人物除去を行うモデルは少し不安定であり、有効性を確認することはできなかった。

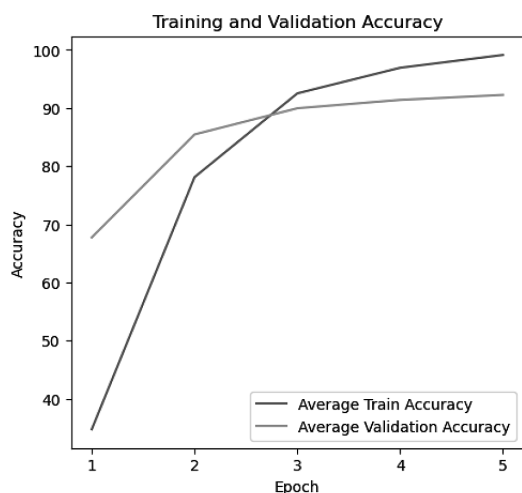


図4 人物除去前の平均正解率

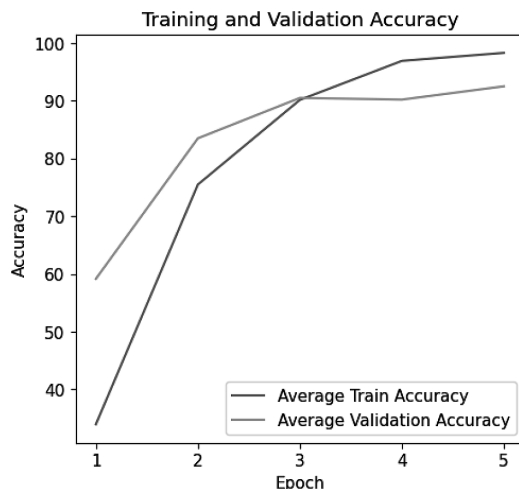


図5 人物除去後の平均正解率

人物除去の有効性を確認できなかった原因として、本研究では、人物を塗りつぶした部分を学習に使用しないようにしておらず、人物が写っている画像が少なかったため、交差検証のためにデータを分割した際、データに偏りができ、塗りつぶした部分を学習してしまったのではないかと考えられる。

以上のことから、画像のデータをさらに増やすこと、また、人物除去した部分を学習に影響を与えないようにすることが今後の課題である。

## 3. おわりに

最後に、今回の発表を行うにあたり、ご指導を頂いた菅谷教授、及び、助言や意見を頂いた菅谷研究室の皆様へ感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] S. Wang, et al., "Lost Shopping! Monocular Localization in Large Indoor Spaces," IEEE International Conference on Computer Vision, 2015, pp.2695-2703.
- [2] K. He, "Deep Residual Learning for Image Recognition," IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2016, pp.770-778.
- [3] Ultralytics, <https://github.com/ultralytics/yolov5>.



## 映像表現・芸術科学フォーラム 2024 に参加して

中 池 天 音

Amane NAKAIKE

情報メディア学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 5 日に開催された、映像情報メディア学会が主催する映像表現・芸術科学フォーラム 2024 に参加し、「画像アーカイブに基づく小袖・振袖の 3D 化を目的とした CG モデル制作フロー」という題目で口頭発表を行った。

### 2. 研究背景・目的

近年、様々な資料のデジタル化が進み、博物館が所蔵する有形文化財についても画像データとして資料化され、博物館ホームページのデータベースなどで公開がされている。また、メタバースやバーチャルリアリティを利用したインタラクティブ展示も増えてきており、そういった展示の多くでは 3DCG が使用されている。しかし、インタラクティブ展示に活用するために資料をすべて 3DCG 化にしようとするると作業コスト、時間的コストが多くかかってしまう。本研究では、衣装資料の小袖・振袖を対象とし、画像データを活用した 3D モデルの生成手法について検討し、画像を差し替えることで様々な 3D モデルの生成をすることができる 3D モデルのテンプレートを作成した。

### 3. 3D のテンプレートモデルの作成フロー

本研究では、国立歴史民俗博物館が所蔵する「野村正治郎衣裳コレクション」の小袖・振袖の画像アーカイブを対象とし、3D モデルのテンプレートを作成した。1つの資料につき、背面 1 枚、前面 2 枚の画像が 300dpi の解像度でアーカイブ化されている。3D テンプレートモデルの作成フローを図 1 に示す。まず、資料画像を基に 3 枚の画像テン

プレートを作成する (3.1)。次に、画像テンプレートを基に 3D モデルを生成する (3.2)。3D モデルはアニメーションを用いたコンテンツにも対応可能にするため、ボーンを追加し、袖部分にはモデルの質感向上のため、アニメーション用のクロスシミュレーション設定も行う (3.3)。

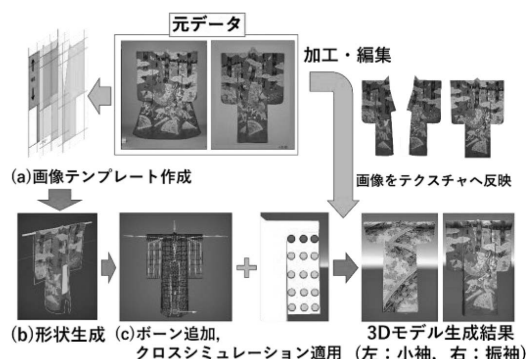


図 1 3D のテンプレートモデルの作成フロー

#### 3.1 テンプレート画像の作成

モデル作成にあたり、背面 1 枚、前面 2 枚のテンプレート画像を作成した。この際、資料画像を基に丈の長さや幅を決定するため、元データを加工し、スケールを統一した。また、モデル作成時に繋ぎ目となる小袖・振袖の肩の位置と胴の幅を同じにするため、位置とスケールの変更を行った。その後、位置やスケールを変更した衣装の中で身丈、袖丈、衿丈（背中の中央から袖の端までの長さ）がそれぞれ最長のものを基準とし、テンプレート画像を作成した。テンプレート画像は小袖・振袖どちらにも対応可能にするため、袖の長さを振袖に合わせた。

#### 3.2 画像からの 3D 形状生成

モデル作成では Blender を用いた。3D 空間上にテンプレート画像の振袖の形にカットした前面（右、左）、背面の 3 つの平面モデルを用意し、その後、膨らみを持った立体的な 3D モデルにするため、胴体部分に下方向に広がっていく円柱をセットし、繋ぎ合わせたい頂点同士をエッジで接続して縫合する。これらを設定後、形状作成のためのクロス



シミュレーションを実行することで 3D モデルを生成する。

### 3.3 クロスシミュレーションの設定

本モデルは、Unity などのゲームエンジンでインタラクティブなコンテンツを制作する際にも利用することを想定しているため、人の骨格構造をもつボーンを適用している。また、モデルを動かした際に袖が揺れるようにするため、袖部分に肩のジョイントを親とするジョイントを 5 個×3 本の 15 個を配置している。クロスシミュレーションのエンジンには Magica Cloth を使用した。最上段にある袖のジョイントは固定し、安定したシミュレーションを実現させるため、クロスシミュレーションでのジョイントの重さ設定を下にあるものほど軽くしている。加えて、オブジェクトを移動させたときだけでなく、回転動作にも対応するようにした。

## 4. 実行結果

作成したテンプレートモデルに振袖の画像を反映し、実行した結果を図 2 に示す。3D モデルのテクスチャは、そのモデルが有している UV マップの範囲内にあるものがテクスチャとして 3D モデルに反映され、表示される。そのため、小袖・振袖の 3D モデル生成では、画像の透過部分が 3D モデルに反映されないようにモデルの設定を行い、小袖・振袖画像の表示させたい部分のみを切り抜いた透過画像を作成し、それらをテクスチャとして利用するこ

とで小袖・振袖それぞれの見た目のモデルが表示されるようにしている。

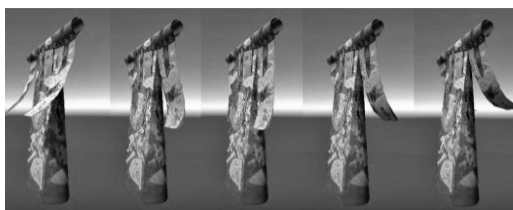


図 2 実行結果（振袖）

## 5. おわりに

本研究では、画像を差し替えるのみで様々な小袖・振袖の 3D モデルを生成可能にするためのテンプレートモデルを作成した。これにより 3D 化のコストを軽減し、デジタルコンテンツへの積極的な活用も期待できる。また、今回の学会での口頭発表において、貴重なご意見をいただき、自分の研究に関する知識をより深め、研究活動を進めていきたいと感じた。

今後は、裾のアニメーションも可能にするほか、生成したモデルを利用し、実際に博物館で展示するインタラクティブシステムの開発を目指す。

今回の研究にあたりご指導いただきました曾我麻佐子准教授、小袖・振袖の資料提供および CG の監修にご協力頂いた国立歴史民俗博物館の澤田和人准教授、3D モデル作成にご協力頂いた中内悠太氏に感謝の意を表します。



## 日本音響学会 2024 年 春季研究発表会に参加して

柴田 夏生

Natsuki SHIBATA

情報メディア学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

2024 年 3 月 6 日から 8 日にかけて拓殖大学で開催された、日本音響学会第 151 回（2024 年春季）研究発表に参加し、「敵対的生成ネットワークを用いた狭帯域音声の帯域拡張に関する検討」という題目で発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

伝送コストなどの観点から、帯域を制限された音声が存在する。身近な例として音声帯域を 300Hz から 3400Hz に制限された固定電話の音声挙げられ、会話内容は伝わるものの、音質に関しては高域が大きく除かれていることから、こもったような音と表現されている。狭帯域音声の帯域拡張における従来法として、全波整流処理を用いた研究があるが、各音素に付与するゲインなどの諸問題により高品質な高域成分の復元は難しく解決課題とされている。本研究では、電話音声に利用されている帯域制限処理を模擬した音声の広帯域化を目指して、生成モデルの一種である敵対的生成ネットワークを用いた帯域の拡張処理を検討する。

#### 2.2 pix2pix GAN による帯域拡張

敵対的生成ネットワーク（GAN: Generative Adversarial Networks）とは生成モデルの一つであり、CNN などと同様に画像処理や画像生成などを目的として開発されたモデルである。pix2pix GAN はオリジナルの GAN のアイデアを拡張し、画像のドメイン変換を実現するために提案されたモデルである。本研究では pix2pix GAN への入力として、音

声信号に高速フーリエ変換処理を施して得られるパワースペクトルのデータを用いることで、音声のドメイン変換を狭帯域音声から広帯域音声への変換として考える。その後学習済みの生成器を音声 A から音声 B に変換するモデルと捉えて処理することで狭帯域音声の帯域拡張に応用する。提案法による帯域拡張処理の流れを図 1 に示す。以降の各音声スペクトログラム画像における横軸は時間 [s]、縦軸は周波数 [Hz] を表す。

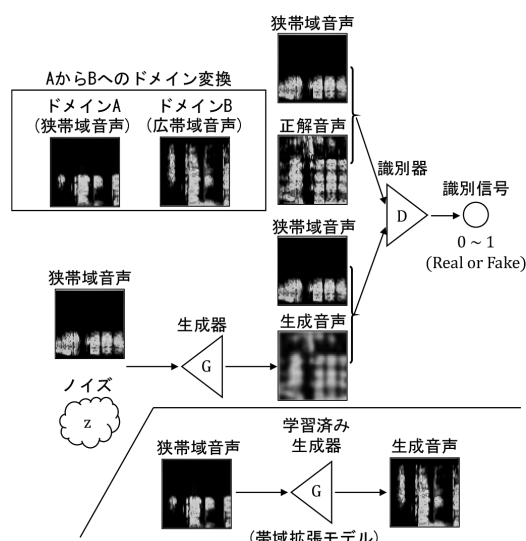


図 1 pix2pix GAN 提案法の全体図

#### 2.3 学習データに対する事前処理

単に狭帯域音声と広帯域音声の組による学習では高域部分の復元は行えなかったため、高域成分の生成を補うための事前の処理として、1) 狭帯域音声に対して全波整流処理を行うことで本来存在しないはずの高調波成分を発生させて狭帯域音声に付加し、2) 高域成分を生成しやすくなるよう高域部分のみにホワイトノイズ (wn) も加え学習用データとした。

図 2 に (a) 帯域制限前のオリジナル広帯域音声 (100～7000Hz)、(b) 制限後の狭帯域音声 (300～3400Hz)、(c) 事前処理を行わずに提案法を用いて帯域を拡張した音声、(d) 事前処理として全波整流高調波の付加のみを適用し拡張した音声、(e) 事前



処理として全波整流高調波とホワイトノイズの付加を適用し拡張した音声を示す。図2より、(e)の処理結果が(a)のオリジナル音声に最も近いことが分かる。全波整流処理とホワイトノイズの付加による事前処理を学習データに対して行うことで、生成器による高域成分の復元精度が向上することを確認した。

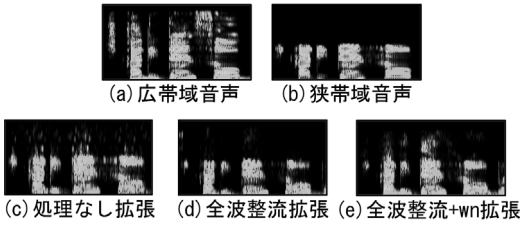


図2 事前処理の有無による復元精度の差

#### 2.4 品質評価実験

学習に用いていない話者による狭帯域発話音声を持提案法による帯域拡張モデルに入力し、処理後の音声に対して品質評価実験を行った。音声信号の品質評価指標として PESQ と呼ばれる音声信号間の差分により算出する客観評価と、実際に人間が耳で音を聞き、5段階で品質を評価し被験者の平均値を比較する MOS 主観評価の2種類の指標を採用した。

PESQ による品質評価では、従来法を用いた処理と提案法を用いた処理における評価値は同程度であり、提案法の有用性は確認できなかった。本指標は基準音声と評価音声の差分を計算するものであり、ドメイン変換を目的とする提案法で用いた生成モデルによる処理には適さない可能性がある。また、音声の位相情報を保持せずに音声を生成していたことも正当な評価ができなかった原因として考えられる。

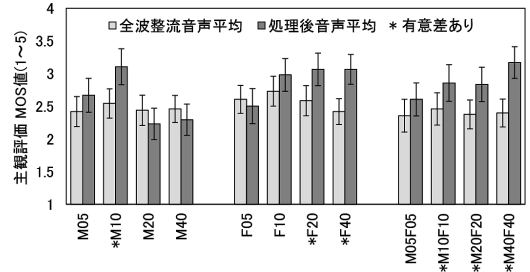


図3 主観評価実験の結果

図3に MOS 主観評価実験の結果を示す。図中の横軸は学習に用いるデータセットの種類 (M:男声, F:女声, 数字:話者数), 縦軸は主観評価平均値である。各データセットにおける左部は従来法である全波整流処理による帯域拡張音声, 右部は提案法による処理音声である。同図より, 男声と女声の話者を混合して学習させたデータセットにおいて, 従来法と比較し有意差の観点からも提案法による処理音声の品質が良いことを確認した。全波整流処理により高域成分の大枠部分が復元され, 付加したホワイトノイズによって不足部分を補うような処理ができたと考える。男声と女声を混合して学習させたモデルにおいて高い評価が得られた要因としては, データセットに多様性が生まれ, 未知の話者に対する復元性能が向上したことなどが考えられる。

#### 3. おわりに

本研究では, pix2pix GAN を音声信号処理に応用して狭帯域音声の帯域拡張処理に用いる方法を提案した。人間が音質を評価する主観評価実験において, 提案法による帯域拡張の有用性が確認できた。

研究発表を通して多数の方々と意見を交換し, 自身の研究について再整理し, 理解を深めることができた。この学会発表で得た経験を今後に活かし役立てていきたい。



## プロテウス効果による 姿勢改善システムの研究

北 浦 駿 平

Shumpei KITAURA

電子情報学専攻修士課程 1年

### 1. はじめに

3月6日～8日に学術総合センター内一橋記念講堂で開催された INTERACTION2024 に参加し、「プロテウス効果による姿勢改善を促進するシステムの研究」という題目で発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

現在、デスクワークやスマートフォンなどの人類史では比較的新しい危機を使用する際に長時間同じ姿勢を維持したことで、筋肉が膨張し姿勢が悪くなり猫背の人が増える傾向にある。姿勢を改善する方法として背筋を伸ばすストレッチや背筋を強化することを目的とした筋肉トレーニングといった肉体的な解決方法は、動画や記事などを参考にすれば実行できる。しかし、意識的な部分は本人に依るところが大きい。そこで自主的な意識改善の手法として、プロテウス効果による姿勢改善システムを提案した。

#### 2.2 実験手法

本実験は没入タスクと鏡タスクの二つのタスクからなる。まず被験者前方に接触すると消失し、直ちに別の場所に出現する赤いキューブを一定時間触り続ける没入タスクを実施する。このタスクはアバタへの没入感を高めることを目的としている。その後仮想空間上で被験者が操作しているアバタの姿勢を、鏡越しに一定時間観察する鏡タスクを実施する。この時アバタは以下に示す2条件のどちらかに設定している。

姿勢変化有り条件：

背筋が伸びている状態から猫背へ遷移し、再び背筋が伸びるという変化を繰り返す（図1）。

姿勢変化無し条件：

アバタの姿勢に変化は起こらない。

順序効果を緩和する目的で、姿勢変化有り条件の後に姿勢変化無し条件を体験するグループAと、姿勢変化無し条件の後に姿勢変化有り条件を体験するグループBの半分にわけて実験を実施した。また姿勢条件を1つ終わるごとに次のアンケートに回答させた。

1. アバタに対して没入感を感じたか
2. アバタの姿勢が変化していることに気が付いたか
3. 鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか

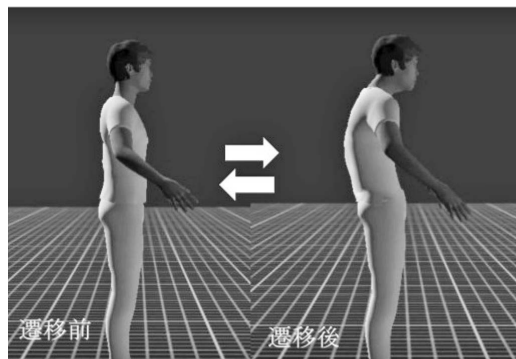


図1 姿勢変化の様子

### 3. 実験結果と考察

被験者は21～29歳の合計17名（男性：13名、女性：4名）で行った。被験者のうち15名がHMDを用いたVRの体験があり、2名は本実験が初めてのVR体験であった。

事後アンケートの「3. 鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか」に関して、全被験者、男性被験者、女性被験者



に分類したアンケートの回答結果を図2に示す。全被験者の回答に対してウィルコクソンの符号順位検定を行ったところ、有意差が確認できた ( $p=0.002194$ )。また男性被験者のみの回答結果に対して同様にウィルコクソンの符号順位検定を行ったところ、有意差が確認できた ( $p=0.0121$ )。

次に姿勢変化有り条件における、事前アンケートをもとに普段から姿勢を直す意識を持っているグループ（アンケートで1, 2, 3のいずれかと回答）と普段から姿勢を直す意識を持っていないグループ（アンケートで4もしくは5と回答）にわけて「3. 鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか」を比較した結果を図3に示す。

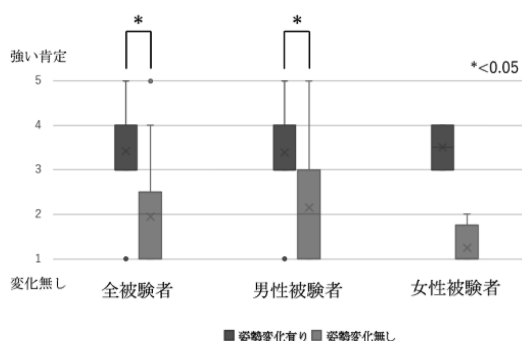


図2 鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか

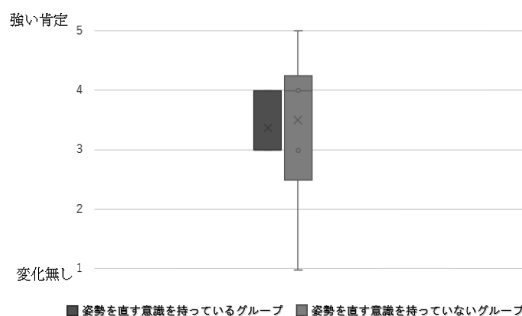


図3「実験前の姿勢に対する意識と比べてどれほど意識したか」の比較図

### 3.1 考察

以前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したかについてのアンケートへの回答において、全被験者のアンケート（図2）にて有意差が確認できたことから被験者が操作しているアバタの姿勢を徐々に猫背に遷移させていくことで、被験者の姿勢に対する意識を変化させられることが明らかとなった。また図3より、普段から姿勢を直す意識がある人物と、普段から姿勢を直す意識がない人物の、実験前と比較した実験後の姿勢に対する意識についての平均値はどちらも同程度であることがわかる。このことから、普段の姿勢に対する意識にかかわらず提案手法は効果的であると考ええる。

### 4. おわりに

今回の学会発表では、様々な研究をされている先生方から普段とは異なった視点からの質問をされたり貴重なご意見を頂いたり、今後の研究の発展や自身の成長につながる良い機会であり、非常に有意義な時間を過ごすことができた。

最後に、今回発表するにあたりご指導していただいた酒田信親准教授ならびに実験に協力してくださった皆様に感謝の言葉を申し上げます。



## インタラクシオン 2024 に参加して

中 内 悠 太

Yuta NAKAUCHI

知能情報メディア課程 4年

### 1. 緒言

私は、2024年3月6日から8日に開催された「インタラクシオン 2024」に参加し、「CG キャラクタの身体運動理解のための抽象化と可視化」というテーマでポスター発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 背景・目的

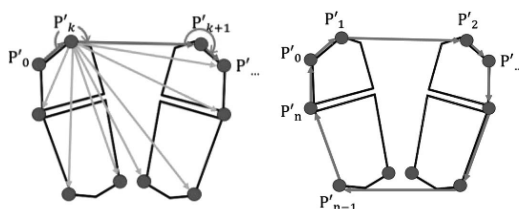
近年、動作のブレンドや AI による動作の生成が容易になってきているが、運動学的に不可能な動作が生成されることや、複雑さが増すことで動きの理解や解釈が難しくなるという問題がある。そこで本研究では、ダンスの創作やクリエイターによるコンテンツ制作における人体動作の理解支援を目的とし、体を支える支持基底と重心の両方を様々な CG キャラクタや姿勢に適応して可視化する手法とモーションキャプチャデータに対してスプライン曲線を用いることで動作の大まかな流れを表現する手法を提案した。

#### 2.2 支持基底

支持基底は体を支える接地面とその間から構成される面であり、接地している面の外周を覆うように形成される。本研究では、ギフト包装法を用いて支持基底を生成する。

まず、地面との接地面を把握するため、CG キャラクタの手や足に仮想マーカを配置する。仮想マーカの位置と個数は任意に決めることができ、仮想マーカの中から閾値以下のものを地面に接地しているマーカ群を支持基底の候補頂点群  $P$  とする。 $P$  から凸包を構成する頂点群  $P'(P'_0, P'_1, \dots, P'_n)$  を求める。水平成分を  $xz$  平面としたとき、 $P$  の中から  $x$

成分が最小かつ  $z$  成分が最小の頂点を凸包の最初の点  $P'_0$  とする。 $k+1$  個目の凸包の点  $P'_k$  から凸包を構成する次の点  $P'_{k+1}$  は図 1(1) に示すように  $P'_k$  を始点、青い点で表した点群  $P$  内の他の候補頂点を終点とするベクトルのうち、最も左の候補頂点となる。これを図 1(2) に示すように  $P'_{k+1} = P'_0$  になるまで繰り返すことで凸包を求める。本手法ではモーション再生中、毎フレーム凸包を求めることでリアルタイムに支持基底を表示することができる。

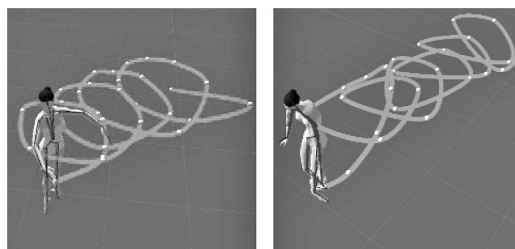


(1) (2)

図 1 仮想マーカと凸包走査

#### 2.3 動作の抽象化ライン

動作の抽象化ラインは 3 次元モーションデータを CG キャラクタで再生するとともに、一定時間おきに制御点を生成することで動作に合わせたスプラインをリアルタイムに描画する。ここでは Catmull-Rom スプラインを用い、制御点を生成する関節の位置と生成する時間間隔は任意に変更できるようにした。図 2 に動作の抽象化ラインの描画例を示す。描画例は全てバレエの回転運動で、(1) は左手を対象に 0.1 秒間隔、(2) は左手を対象に 0.2 秒間隔で制御点を配置し、動作の抽象化ラインを生成したものである。



(a) 左手・0.1 秒 (b) 左手・0.2 秒

図 2 スプラインによる抽象表現

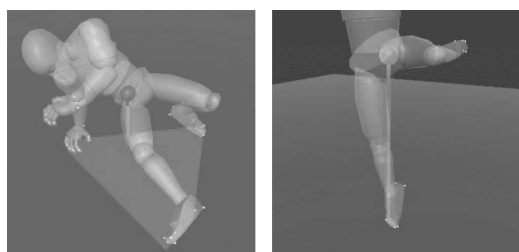


## 2.4 実行例と検証

支持基底の広さや重心からの垂線（重心線）を含めた可視化によって姿勢の安定性を表すことができる。図3に応用例として支持基底と重心を可視化した例を示す。図3の（a）は片手と両足で体を支える動き、（b）はクラシックバレエのつま先立ちの動作に適用した例である。重心は人体を15個の体節に分割し、体節の重心位置および全体重との比率から各体節重心を合成することで算出した。マークは足底に5か所とつま先に2か所、手は指先に5か所、手首に2か所設置することで片足立位や床に手をつく動作にも対応することができた。

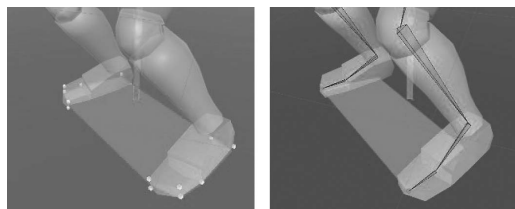
キャラクターのバランスを一目で確認できるため、不自然な姿勢の検出や、体格や足幅が異なるキャラクターにモーションデータをリターゲットする際の修正に活用できる。

本手法による支持基底の妥当性を検証するため、簡易手法として一般的なCGキャラクターが持つ足の3つの関節位置を用いて生成した支持基底との比較を行った。図4に示すように両足立位を維持しながら上体を動かす動作をCGキャラクターに適用し、支持基底内に重心が収まるフレームの割合を算出した。その結果、（a）の提案手法の割合は100%であったのに対し、（b）の簡易手法では64.8%しか重心が支持基底に収まっていなかった。



（a）片手両足 （b）つま先立ち

図3 支持基底と重心線



（a）提案手法

（b）簡易手法

図4 支持基底の検証結果

## 3. 発表について

来訪してくださった方々に対し、ポスターと動画を用いて提案手法の説明を行った。説明を聞いてくださった方からは、支持基底について「ロボット制御におけるゼロモーメントポイントとは違うものか」という質問や、動作の抽象化ラインについて「一定間隔でのスプライン生成は適切ではないのではないか」という意見をいただいた。これらの意見を今後の提案手法の改善に活用していきたいと考えている。

## 4. おわりに

本研究では、姿勢の安定性を把握しやすくすることを目的とした支持基底の可視化と、動作の流れを理解しやすくすることを目的とした動作の抽象化ラインを提案し、支持基底の妥当性の検証を行った。インタラクシオン2024にてポスター発表に参加し、提案手法の説明を行った。発表では、様々な意見や質問をいただき、改善の手がかりを得ることができた。最後に、本研究に関して多大なご指導を賜った曾我麻佐子先生、研究室の皆様に深く御礼申し上げます。



## マーカーレスモーションキャプチャに基づく筋骨格モデル解析

小 畑 碧 斗

Aoto OBATA

機械工学・ロボティクス課程 4年

### 1. はじめに

2024年3月8日から9日の2日間に渡って、富山県立大学射水キャンパスで開催された「2024年合同講演会」に参加し、「マーカーレスモーションキャプチャに基づく筋骨格モデル解析」というタイトルでポスター発表を行った。

### 2. 緒言

運動動作に対する筋骨格モデル解析を用いた筋力推定手法が普及する一方で、モーションキャプチャにおいて計測に要する時間と機材のコストが課題である。これに対し、カメラによる動画の撮影に基づき、簡易的に動作を取得できるマーカーレスモーションキャプチャシステムである Plask の活用が期待されるが、計測条件と推定筋力の精度の解明が望まれる。本研究では、Plask を用いた動作の撮影条件とその筋骨格モデル解析から得られる筋力の関連の評価を目的とし、Plask による動作の撮影条件を変えて足踏み動作を対象とした筋力解析を行った。また、得られた筋力の骨への力学的影響の評価のため、筋力を荷重条件とした骨の応力解析を行った。

### 3. 方法

カメラ一つで動作データを得ることが可能であり、被験者にマーカーの付与が不要である Plask のモーションキャプチャシステムを用いた筋力推定手法と、比較のため、17個の加速度センサを被験者に装着し、高精度なモーション解析を行うことができる Xsens MVN を用いた筋力推定手法による結果を足踏み動作を対象にして比較した。Plask を用いた計測では、被験者に対する撮影の角度、高さ、距

離を変えて動作を取得した。それぞれの項目について、変化させた撮影条件を表1に示す。被験者に対して正面を  $0^\circ$ 、地面の高さを 0m、距離を被験者とカメラの位置として定義した。また、得られた動作データに対し、筋骨格シミュレーションシステム AnyBody Modeling System 上で、逆動力学解析を行い、筋力と関節反力の推定を行った。足踏み動作の筋骨格モデルを図1に示す。また、Xsens と Plask の計測に基づき得られたそれぞれの筋力、関節反力を荷重条件として大腿骨モデル上に与え、Mechanical Finder を用いて大腿骨の有限要素解析を行った。解析では、大腿骨モデルにヤング率 1GPa とポアソン比 0.3 を一様に与え、大腿骨下部2箇所を拘束した。

表1 撮影条件

角度 [ $^\circ$ ]	高さ [m]	距離 [m]
0.0	0.0	2.6
22.5	1.3	3.6
45.0	2.1	4.6

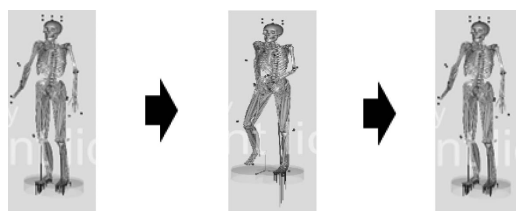


図1 足踏み動作の筋骨格モデル

### 4. 結果と考察

結果の一例として、角度  $0^\circ$  と角度  $45^\circ$ （撮影距離 3.6m、高さ 1.3m）の足踏み動作における Plask と Xsens に基づき算出された下肢の筋力の比較を図2、図3にそれぞれ示す。また、角度  $0^\circ$  と角度  $45^\circ$ （撮影距離 3.6m、高さ 1.3m）において、足踏み動作中の筋力が大きく発揮される右足の着地時点の荷重条件を反映した大腿骨の最小圧縮主ひずみ分布の比較を図4にそれぞれ示す。図2より、Xsens と Plask に基づき得られた筋力発揮の分布の両者は



類似していることがわかった。また、足踏み動作において腓腹筋が大きく発揮された。撮影の距離、高さを変化させても算出された筋力は同一の傾向が確認されたが、図3より、角度をつけて動作を撮影した場合、Plaskに基づく筋力が大きくなった。この原因として、Plaskは、一つのカメラでの撮影であり、一方向の動作のみ撮影するため、角度をつけた場合に撮影方向に対して反対側の足が死角になりやすく、動作のデータが十分に精度よく得られないためと考えられる。さらに、図4より、XsensとPlaskに基づき筋骨格シミュレーションにて得られた大腿骨の最小圧縮主ひずみ分布は類似した。足踏み動作のような単純な動作では、筋力が大腿骨の応力分布に与える影響が小さい可能性が考えられる。以上の結果より、Plaskは、回転する運動などの体の一部が死角になりやすい運動動作の解析に用いることは避けるべきであるが、単純な動作である直進歩行の解析などのリハビリテーション医療に用いることができると考えられる。

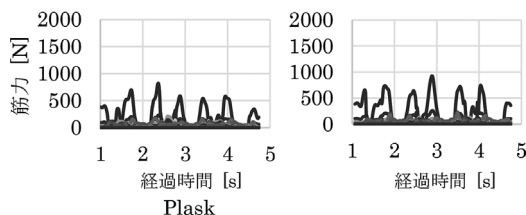


図2 0°のときの下肢の筋力

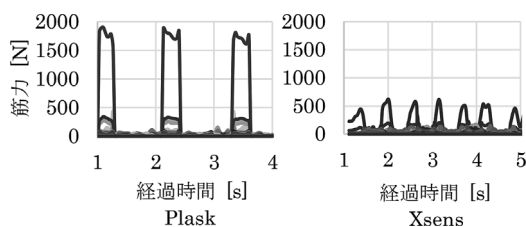


図3 45°のときの下肢の筋力

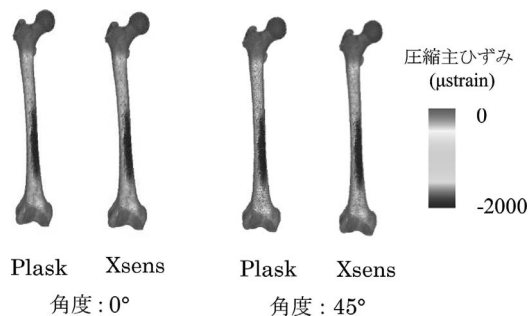


図4 角度0°と45°の圧縮主ひずみ分布

## 5. 結語

PlaskとXsensを用いた推定筋力と骨の応力分布を比較することで、Plaskの計測条件と推定筋力・推定関節反力の関連を評価した。その結果、撮影の角度により推定筋力が変化することがわかり、足踏み動作に対し、被験者に対して正面から撮影を行うとき、Plaskは筋骨格モデル解析に有用となる可能性が示唆された。

## 6. おわりに

45分間のポスター発表の中で、他大学の先生、学生方また企業の方とディスカッションをすることができた。異なる視点からの鋭い指摘や貴重なご意見をいただき、充実したポスター発表となった。

## 謝辞

本研究は、2023年度龍谷大学科学技術共同研究センターによる研究助成を受けて行われたものである。記して謝意を示す。



## メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会（MVE）での研究発表

三 枝 恭

Kyo SAEGUSA

電子情報学専攻修士課程 1年

### 1. はじめに

私は今回、2024年3月13日から15日にかけて沖縄産業支援センターにて開催された「メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会（MVE）」に参加し、「AR作業環境での時間感覚操作に用いるプログレスバー表示位置の検討」というタイトルの研究の発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

人間の時間感覚は、個人や状況によって異なる主観的な経験であり、物理的時間が等しくても、体感する時間は周りの様々な環境の要因によって変化する。その要因は複数存在すると考えられており、これまでの研究によれば、経験の豊かさ、感情の状態、身体的な活動、時間経過の注意、年齢、視覚や聴覚などが報告されている。

何らかの時間的制約を受けた状態で作業をした際に、作業者が受ける認知負荷の一種にタイムプレッシャーがある。タイムプレッシャーは作業効率を向上させることがわかっている。

本研究では、人間が自分の手を視覚的に捉えながら、その手を使用して作業を行う領域において、タイムプレッシャーを与えるプログレスバーのより有効な位置について検証する。

将来的には実世界の作業に伴う拡張現実（AR）環境上でプログレスバーを最も適した位置に表示し、タイムプレッシャーを与えることで作業効率の向上を目指す。しかし、今回は導入の手軽さやタスクの都合上、位置の検証や実験統制を行いやすいヘ

ッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた仮想現実（VR）を利用することで、プログレスバーの表示位置を制御し、体感時間や単純作業の処理速度にどのような影響を与えるかの実験を行った。

#### 2.2 プログレスバーを表示する位置

プログレスバーの表示位置は以下の4条件である。

表 2-1 条件と表示位置

条件	表示位置
Normal	無し
Center	問題の中心の下に表示
Hand	手に追従して表示
Upper right	視界の右上に表示

各条件のプログレスバーの表示について、Normal は図 2-1、Center は図 2-2、Hand は図 2-3、Upper right は図 2-4 の通りである。

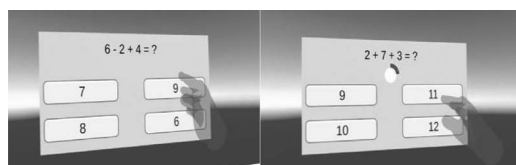


図 2-1 Normal

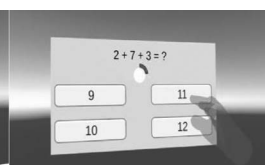


図 2-2 Center

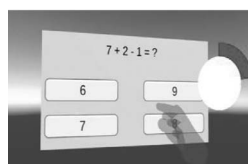


図 2-3 Hand

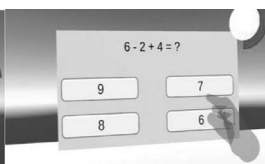


図 2-4 Upper right

### 3. 実験

本実験では、まず被験者情報などの事前アンケートに回答してもらう。次に被験者に実験の説明を行う。各条件のタスクの時間は1分であると説明し、プログレスバーがある条件の場合は、残り時間を意識しながら計算問題を解いてもらうように伝えた。



ハンドトラッキングによって VR 空間に表示されているバーチャルな手で計算問題の解答を指差し、選択するように説明した。その後、計算問題の解答をする練習タスクを行った。練習タスク終了練習タスク終了後、時間感覚の基準となるプログレスバーの表示がない条件の Normal を行ってもらい。その後、プログレスバーの表示がある Center, Hand, Upper right の条件を、順序効果を考慮してラテン方格法を用いた順番に行ってもらい。Center, Hand, Upper right の各条件のタスク終了後には Normal を基準として体感時間にどのくらい違いがあったかを VAS 法によるアンケートに記入してもらい。これをそれぞれ 3 回ずつ行なってもらい、全ての実験が終了した後、実験の感想を自由に記入してもらい。

#### 4. 結果と考察

本実験では 20 代の男性 11 名で実験を行った。図 4-1 に実験結果として取得した各条件における解答数、正解数、正答率、VAS 法の箱ひげ図を示す。

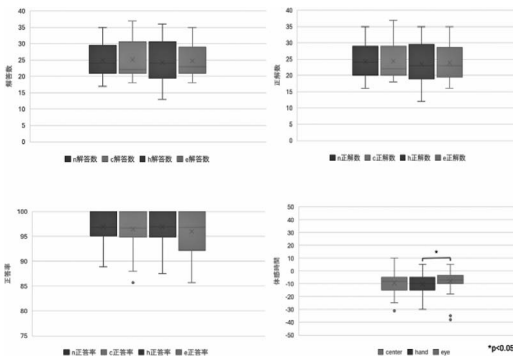


図 4-1 箱ひげ図

フリードマン検定を行ったところ、3 つとも有意差を確認することはできなかった。一方で、VAS

法にもフリードマン検定を行ったところ Hand 条件と Upper right 条件間に有意差が確認された。

プログレスバーの表示位置の違いによるタスクの処理速度の変化について有意な差は確認されなかったことにより、プログレスバーの表示位置がタスクの処理速度に直接的な影響を与えない可能性が示唆される。原因として VR 環境における被験者の行動や注意の特性が影響しており、被験者の個人差やタスクの性質、実験条件などが処理速度に影響を与えた可能性がある。したがって、今後の研究ではこれらの要因をより詳細に検討し、プログレスバーの効果的な位置の設計や、利用法についての理解を深めることが重要である。

また、VAS 法による体感時間のアンケート結果より、プログレスバーの表示によって体感時間は短くなるという傾向が現れた。その中でも Hand 条件と Upper right 条件間では、有意差が確認され、Hand 条件では Upper right 条件よりも体感時間がより短く感じられたことが示唆された。この結果は、プログレスバーの表示位置が被験者の体感時間に影響を与える可能性を示唆しており、擬似的な作業効率の向上が可能である。

#### 5. おわりに

初めての学外発表だったので緊張はしたが、自身の研究についてわかりやすく発表できたように思う。今回の発表会で新たな角度や広い視野で現在の研究を捉えることができ、今後の研究の方針などを深く考える機会が得られた。新たに得た多くの知見を今後の研究活動に活かし、さらなる学びに繋げたいと思う。



# 液相析出法により作製した $\text{TiO}_2$ 薄膜の焼成と $\text{Ti}^{3+}$ 及び酸素欠陥の関係

永田 佳大

Yoshihiro NAGATA

物質化学専攻修士課程 2年

## 1. はじめに

今回、私は公益社団法人日本セラミック協会 2024 年年会に参加した。この学会では、「液相析出法により作製した  $\text{TiO}_2$  薄膜の焼成と  $\text{Ti}^{3+}$  及び酸素欠陥の関係」というタイトルでポスター発表した。

## 2. 緒言

金属酸化物に存在する様々な種類の欠陥は、物理的・化学的特性に大きな影響を及ぼすことが知られている。その中でも、 $\text{TiO}_2$  は酸素欠陥、不純物などの存在が物性に大きな影響を与えることが知られており、フェルミ準位の位置やバンドギャップが変化することなどが報告されている。従って、 $\text{TiO}_2$  に含まれる  $\text{Ti}^{3+}$  や不純物の量を把握し、制御することは重要である。

金属フルオロ錯体水溶液からの金属酸化物薄膜合成法である液相析出 (LPD) 法は、基板の表面形態に依存せずに均一な金属酸化物薄膜が成膜可能で、高価な真空装置なども不要なため経済性に優れている成膜法である。本研究では、LPD 法により作製した  $\text{TiO}_2$  薄膜の熱処理温度、時間が  $\text{Ti}^{3+}$  および酸素欠陥におよぼす影響について検討を行った。

## 3. 実験方法

$\text{TiO}_2$  薄膜は、ホウケイ酸ガラスおよび FTO ガラス基板を用いて  $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$   $0.15\text{mol/dm}^3$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$   $0.20\text{mol/dm}^3$  の反応溶液中に基板を浸漬させ作製した。反応温度は  $60^\circ\text{C}$  で、膜厚は  $50\text{nm}$  となるように反応時間を調整した。また、 $\text{TiO}_2$  粉末は薄膜作製時と同濃度の反応溶液を  $60^\circ\text{C}$  で  $2\text{h}$  反応させた

後に、反応溶液中に生成した粉末はアスピレーターを用いて回収した。得られた  $\text{TiO}_2$  薄膜および粉末は空气中  $200\sim 500^\circ\text{C}$  で、 $30$  分間焼成を行った。得られた  $\text{TiO}_2$  薄膜は、XRD と Raman 散乱分光法、XPS を用いて評価した。光学的バンドギャップは、UV-Vis 吸光光度分析より求めた。また、ESR 測定には  $\text{TiO}_2$  粉末を用いた。

## 4. 結果と考察

液相析出法で作製した  $\text{TiO}_2$  薄膜は FTO 基板表面の凹凸に追従する形で薄膜化していることが確認できた (Fig. 1)。また、 $\text{TiO}_2$  の焼成条件による大きな表面形態の差は確認できなかった。そして、AFM による RMS (平均表面粗さ) の測定を行った結果、FTO 基板表面では約  $44\text{nm}$  であったが  $\text{TiO}_2$  を成膜すると約  $32\text{nm}$  と減少することが確認できた。また、焼成温度の差による RMS の大きな差は確認できなかった。

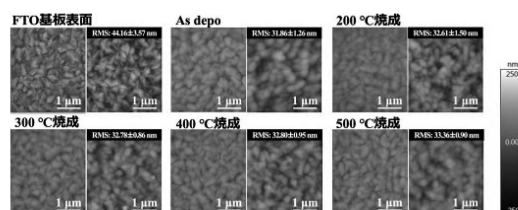
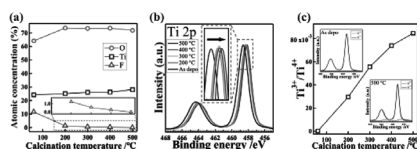


Fig. 1 FE-SEM and AFM images of  $\text{TiO}_2$  thin films calcined at various temperatures.

次に、XPS による原子存在比、結合状態の評価を行った (Fig. 2)。成膜直後の  $\text{TiO}_2$  薄膜内には F が  $11.5\text{at}\%$  ほど含まれていたが、焼成温度の上昇に伴って膜内に含まれる F が減少していく傾向が確認でき、 $500^\circ\text{C}$  の焼成で  $0\text{at}\%$  になることが確認できた。また、得られた  $\text{Ti } 2p$  のスペクトルを比較してみると  $\text{TiO}_2$  の焼成温度の上昇に伴ってピーク位置が低エネルギー側にシフトしていく傾向が確認できた (Fig. 2b)。これは、膜内に含まれる F の減少に伴う影響だと考えられる。また、得られた  $\text{Ti } 2p$  のスペクトルを  $\text{Ti}^{4+}$  と  $\text{Ti}^{3+}$  に波形分離した結果、 $\text{TiO}_2$  の焼成温度の上昇に伴って  $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$  が増加する傾向

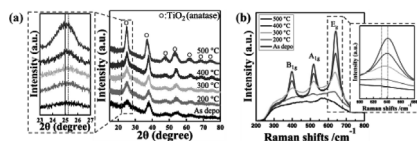


が確認できた (Fig. 2c). これは、焼成の際に以下の反応が起こったことによる影響だと考えられる.



**Fig. 2** (a) Relationships between calcination temperature and atomic concentration of O, Ti and F. (b) Ti 2p XPS spectra of  $\text{TiO}_2$  thin films calcined at various temperatures. (c) Relationship between calcination temperature of  $\text{TiO}_2$  and  $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$ .

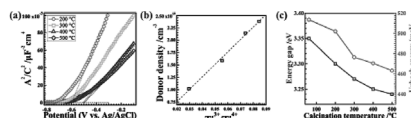
XRD 及び Raman 分光法の測定より、作製した  $\text{TiO}_2$  薄膜はアナターゼ型  $\text{TiO}_2$  であることが確認でき、焼成温度の上昇に伴って結晶性が向上していくことが確認できた (Fig. 3). また、XRD より  $\text{TiO}_2$  の焼成温度の上昇に伴って低角側にピークがシフトしていく傾向が確認でき、これは膜内に存在する  $\text{Ti}^{3+}$  (酸素欠陥) が増加したことによる影響だと考えられる (Fig. 3a). Raman 分光法より、Eg モードのピーク位置が焼成温度の上昇に伴って長波長側にシフトしていく傾向が確認でき、これは膜内の Ti-F の結合が減少したことによる結合長の変化による影響だと考えられる.



**Fig. 3** (a) XRD patterns of  $\text{TiO}_2$  thin films calcined at various temperatures. (b) Raman spectra of  $\text{TiO}_2$  thin films calcined at various temperatures.

次に、作製した  $\text{TiO}_2$  薄膜のフラットバンド電位及び光学的バンドギャップの測定を行った (Fig. 4). フラットバンド電位の測定結果を用いてドナー濃度を求めた結果 (Fig. 4a),  $\text{TiO}_2$  の焼成温度の上昇に伴ってドナー濃度が増加することが確認でき、 $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$  とプロットした結果 (Fig. 4b), 直線関係が得られたことから、ドナー濃度の増加は膜内に存在する  $\text{Ti}^{3+}$  (酸素欠陥) が増加した影響だと考えられ

る. また、光学的バンドギャップの測定を行った結果、 $\text{TiO}_2$  の焼成温度の上昇に伴ってバンドギャップが小さくなる傾向が確認できた (Fig. 4c). これは、膜内に存在する  $\text{Ti}^{3+}$  (酸素欠陥) の増加による影響だと考えられる. そして、吸光度測定の結果を用いて Urbach tail 分析を行った結果、Urbach エネルギーは減少していく傾向が確認できた. 通常、Urbach エネルギーは結晶性が向上すればエネルギーは小さくなり、 $\text{Ti}^{3+}$  (酸素欠陥) のような不純物が増加すればエネルギーは増加することが報告されている. これらのことから、 $\text{Ti}^{3+}$  (酸素欠陥) による不純物準位の増加よりも結晶性向上による影響が大きいと考えられる.



**Fig. 4** (a) Electrochemical Mott-Schottky plots of  $\text{TiO}_2$  thin films calcined at various temperatures. (b) Relationship between donor concentration and  $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$ . (c) Variations of optical band gap and Urbach energy on calcination temperatures.

## 5. 結論

液相析出法で作製した  $\text{TiO}_2$  薄膜は FTO 基板表面の凹凸に追従する形で薄膜化していることが確認できた.  $\text{TiO}_2$  薄膜の焼成温度の上昇に伴って、膜内に存在する  $\text{Ti}^{3+}$  (酸素欠陥) が増加する傾向が確認できた. この  $\text{Ti}^{3+}$  (酸素欠陥) の増加により、光学的バンドギャップは減少、ドナー濃度が増加する傾向が確認できた.

## 6. 学会を通して

今回の学会は、私にとって対面方式での初めてのポスター発表でした. たくさんの人たちのディスカッションを通して今後の課題等を発見、成長することが出来ました.

最後に、このような貴重な機会を与えて下さり、ご指導していただきました青井芳史教授や研究室の皆様方に深く感謝いたします.



## 日本セラミックス協会 2024 年 年會に参加して

花田 千紗  
Chisa HANADA  
応用化学課程 4 年

### 1. はじめに

今回、私が学会で発表した研究のタイトルは、「電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタリング法を用いた AlSiCN 薄膜の作成と評価」です。

### 2. 研究の概要

本研究では、高硬度で耐摩耗性に優れているという特徴を持つ炭化ケイ素（SiC）と、高靱性や耐熱衝撃性に優れているという特徴をもつ窒化ケイ素（Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>）という化合物両方の性質を持つことが期待されている SiCN 薄膜を電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタリング法により作製し、その機械的特性の評価を評価しました。この薄膜が実用化されることにより工具寿命の向上が期待され、より SDGs に貢献できるようになると考えられています。しかしながら、この SiCN 薄膜の現在の課題として挙げられるのは、被削材とコーティング部分の接触面における反応性の高さになります。被削材と切削工具の金属部分（母材）の接触面にはかなりの負荷（高温・高圧）がかかっており、この高温高圧下の部分では被削材側の Fe 等の金属成分が SiCN 薄膜のコーティング側へ拡散していきます。これによって Fe 等の金属元素が SiCN 薄膜の成分と反応を起こし、SiCN 薄膜の、機械的特性が低下し、硬質コーティングとしての機能が損なわれてしまいます。そこで今回は SiCN 薄膜に Fe の拡散を抑制できると考えられている Al を添加した AlSiCN 薄膜を作製し、高温下において熱処理を加えて Fe 等によるコーティング側への拡散の抑制を可能にし、尚且つ SiCN 薄膜の機械的特性に大きな影響を与えないかどうか様々な評価方法を用いて調査しました。

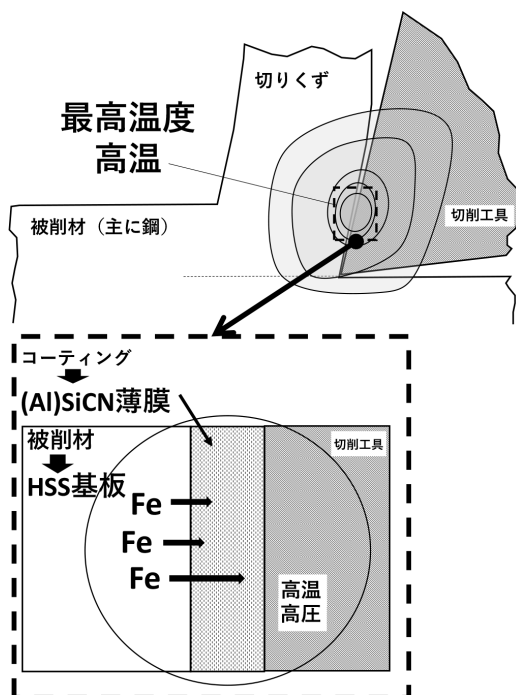


図1 被削材とコーティングの接触面における環境と Fe がコーティング側へ拡散してくる様子

### 3. 結果と考察

第一に、光学顕微鏡における製膜した SiCN 薄膜及び AlSiCN 薄膜の熱処理前後での目視で確認できる変化について調査しました。図2の左下の画像、SiCN 薄膜の熱処理後の周りより黒く見える突起物や白く見える部分は剥離が生じているところです。

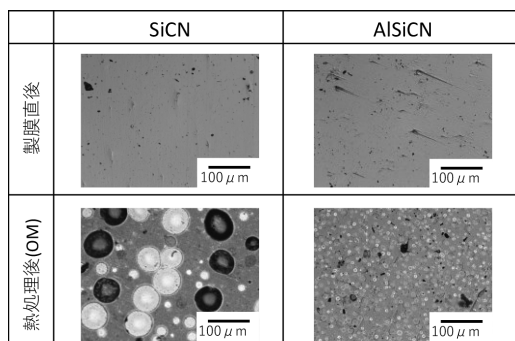


図2 光学顕微鏡における製膜した SiCN 及び AlSiCN 薄膜の熱処理前後での様子



また、図2右下の AlSiCN 薄膜の熱処理後の画像で周りより黒く見えたり白く見えたりする部分も同様に剥離が生じているところになります。これより AlSiCN 薄膜の剥離が生じている部分一つひとつの粒は SiCN 薄膜よりも小さい事が分かります。よって Al を添加することによって剥離が抑制されたことが分かりました。

次に SiCN 薄膜及び AlSiCN の熱処理前後の硬度やヤング率を、ナノインデンテーション試験を用いて測定しました。これによって AlSiCN 薄膜の方が SiCN 薄膜よりも硬度及びヤング率の熱処理における低下が小さいことが分かりました。これにより Al 添加によって高温下における機械的特性に影響を及ぼさないことが分かりました。

最後に熱処理前後での薄膜の組成の変化を、EDS を用いて評価しました。そこから、SiCN 薄膜では Fe の含有量が 1.70% から 3.26% に増加したのに対し、AlSiCN 薄膜では Fe の含有量が 0.44% から 0.37% とほとんど変化が見られませんでした。この事より、熱処理による HSS 基板由来の Fe や金属のコーティング部分への拡散を Al の添加によって抑制することができることができました。

#### 4. 学会発表の自己評価

このような内容の研究の旨を、今回、公益財団法人日本セラミックス協会の 2024 年年会でポスターとして発表しました。

今回の発表では同じ専門分野の研究者や技術者に沢山お声をかけていただき、1 時間超という限られた時間の中で数多くのご質問や助言を頂きました。その中で、「剥離とみられる突起の部分と剥離せず正常な膜としてついている部分で機械的特性がどのように変化するか評価してみたらどうなるか」など、今後の研究の展望になりそうな助言もいただきました。また外国人の研究者にもお声をかけていただき、この研究の背景から結果まで身振り手振りを交えて説明したところ、私も測定結果の回析時には気づかなかった数値やグラフのピーク等に焦点を当ててくださりました。

この 1 年、このテーマで研究を進め、その 1 年間の集大成として日本セラミックス協会御中の年會に参加させて頂きました。計画通りにうまく研究を進めることができずもう一つというところはありませんが、社会人の一人として旅立つ前にこのような経験を沢山積めて良かったと思っております。



## 情報処理学会第 86 回全国大会 に参加して

青 木 雄 佐

Yusuke AOKI

情報メディア学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

2024 年 3 月 15 日～17 日に神奈川大学横浜キャンパスにて開催された情報処理学会第 86 回全国大会に参加し、「キャッシュヒット率向上のための仮想計算機への動的メモリ割り当て手法」という題目で研究発表を行った。

### 2. 研究背景

近年、仮想化技術が広く普及し、様々な分野で仮想計算機が利用されている。1 台の物理計算機上で複数の仮想計算機を運用する場合、メモリや CPU といった計算機資源の適切な配分が困難だという問題がある。本報告では、仮想計算機のディスクキャッシュに着目し、動的にメモリを割り当てる手法について述べる。

### 3. システムの構成

図 1 は提案システムの構成である。単一のホスト計算機上で複数のゲスト計算機が動作している。各ゲスト計算機ではそれぞれ固有のプロセスが動作する。このとき、プロセスが必要とする量のメモリを使用して動作し、通常、ゲスト計算機が持つメモリサイズに応じて動作は変わらない。カーネルやプロセスが必要とする以上のメモリが使用できる場合、当該メモリはディスクキャッシュとして使用する、通常、キャッシュ量が多いほどキャッシュヒット率が高くなるため、多くのメモリをディスクキャッシュに使用できると I/O 性能が向上する。提案システムは、ゲスト計算機のキャッシュ情報をもとに、ゲスト計算機へのメモリ割り当てを行うことでシステム全体の効率化を図る。

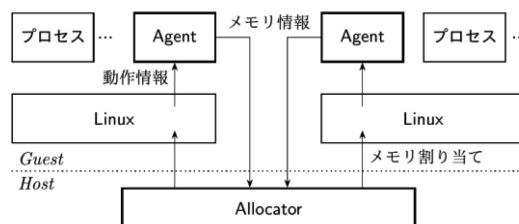


図 1 システムの構成

図 1 に示すように、提案システムでは Agent コンポーネントと Allocator コンポーネントが協調してゲスト計算機へのメモリ割り当てを行う。Agent コンポーネントは各ゲスト計算機で 1 つ動作し、ゲスト計算機のキャッシュ情報を取得する。Allocator コンポーネントはホスト計算機で動作し、ゲスト計算機へと割り当てるメモリサイズの算出、割り当てを行う。

### 4. 実験

提案システムでのメモリ割り当てを行ったことでメモリを効率良く使えるようになったかの確認を行うため実験を行った。時間経過によるキャッシュヒット率の変化を調査した。

本報告では、ゲスト計算機を 2 台稼働している際の実験について述べる。ゲスト計算機は G1 と G2 の 2 台である。6GB のメモリを分配し、少なくとも 1GB は割り当てる。そのため、1 台のゲスト計算機に割り当てるメモリサイズは 1GB から 5GB までの間で変化する。不可プロセスとして、指定サイズ分のファイルを読み込む。G1 は 2GB、G2 は 4GB である。ファイルへはランダムアクセスを行い、100 回読み終えた時点での処理時間を計測する。

評価では 3 つの実験を比較する。提案システムを用いた場合の実験 (proposed system)、G1、G2 共に 3GB 割り当てた場合の実験 (3GB)、G1 に 2GB、G2 に 4GB 割り当てた場合の実験である (4GB)。提案システムでは、G1、G2 に 3GB 割り当てた状態から変化する。メモリ割り当ては 10 秒に 1 回行う。



## 5. 結果

表1は各実験の処理速度である。G1では3つの実験の差が最大2秒となった。G1ではアクセスサイズが2GBであり、G1に2GB割り当てた実験を除く実験ではメモリが十分にあったためこの結果になったと考えられる。G2では、3GB割り当てた実験から71秒早く、4GB割り当てた実験から52秒遅く終了した。提案システムは時間経過とともにG1のメモリを減少させG2のメモリを増加させたため3GB割り当てた実験よりも早く終わった。

図2は横軸が時間、縦軸がG2のキャッシュヒット数を表している。提案システムでは、時間経過とともにキャッシュヒット数が増加した。

図3は横軸が時間、縦軸が提案システムでのキャッシュヒット率を表している。G2のキャッシュヒット率が時間経過とともに増加した。

表1 処理速度

	G1	G2
proposed system	68 秒	181 秒
3GB	68 秒	254 秒
4GB	70 秒	129 秒

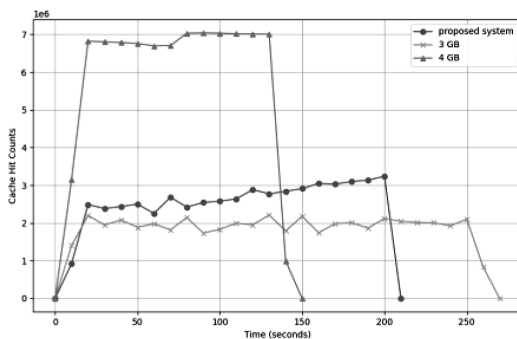


図2 G2のキャッシュヒット数

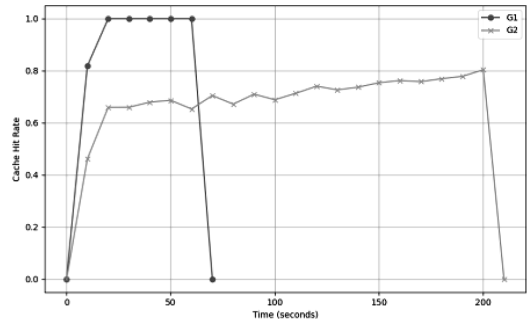


図3 提案システムのキャッシュヒット率

## 6. まとめ

本報告報告では、複数仮想計算機を稼働させている際に限りあるメモリを効率よく使用するため、仮想計算機に動的に割り当てる手法について述べた。本手法では、仮想計算機のディスクキャッシュを調査し、割り当てるメモリサイズを算出して割り当てた。その結果、メモリを必要とする仮想計算機に多くのメモリを割り当てることが達成した。課題として、メモリを割り当てる間隔をゲスト計算機で動作するプロセスに応じて変化させたい。

## 7. おわりに

同分野の様々な発表を聞き、多くの刺激を受けた。今後に役立てていきたい。



## KSM の動作の動的制御による メモリ重複排除の効率化

田 上 航 希

Koki TAGAMI

知能情報メディア課程 4 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 15 日から 17 日に神奈川大学横浜キャンパスで開催された情報処理学会第 86 回全国大会に参加した。この学会で、私は「KSM の動作の動的制御によるメモリ重複排除の効率化」という題目で口頭発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 実験背景

複数の仮想計算機が同じ OS やライブラリを用いる際、メモリページの内容が重複する場合がある。Linux では、KSM (Kernel SamePage Merging) を用いて重複するページをマージすることができる。しかし、KSM のページスキャン速度や頻度を適切に設定しなければ、CPU の使用量が高くなり、KSM の動作が仮想計算機の動作を妨げる場合がある。既存の KSM 制御プログラムとして、ksmtuned がある。ksmtuned は、仮想計算機のメモリ使用量とシステム全体のメモリ量に関連する閾値を基に、KSM の起動や停止、ページスキャン速度の調整を行っている。しかし、この制御方法では、KSM の状態を考慮していないため、それに応じた柔軟な調整が難しい。本研究では、仮想計算機や KSM の状態を監視し、取得した情報を基に KSM のページスキャン速度を動的に調整する機構を作成した。提案機構の目的は、KSM のマージ効率を停止させずに、KSM の CPU 使用量を削減すること、また、それにより、仮想計算機の動作を妨げる機会を減少させ、多数の仮想計算機を効率よく動作させることである。

#### 2.2 ページスキャン速度を調整する機構

本機構は Linux 上で動作するユーザプロセスである。仮想計算機および KSM の状態を監視し、取得した情報を基に、KSM のページスキャン速度を調整する。(図 1)

ページスキャン速度の調整には、複数のスコアを使用する。本研究においてスコアとは、仮想計算機や KSM から取得した情報にそれぞれ重みを付けて数値化したものとする。本機構は、複数のスコアの合計値を、KSM が一度にスキャンするページ数である `pages_to_scan` に設定することで、ページスキャン速度を調整する。以下のスコアを使用する。

- ・ VMCountScore
- ・ PagesSharingScore
- ・ KSMIdleTimeScore

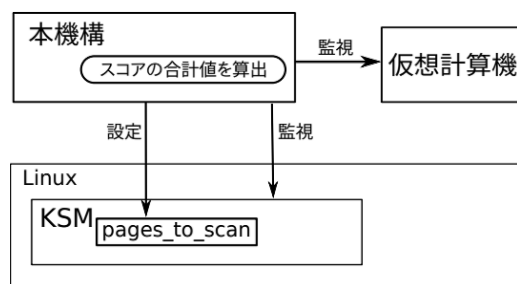


図 1 ページスキャン速度の調整

VMCountScore は、仮想計算機が起動される度に、3000 になる値で、それ以外の場合、0 の値をとる。3000 という数値は、KSM が十分にスキャンを行える値を想定している。このスコアにより、仮想計算機が起動される度に KSM を十分に動作させるようになる。

PagesSharingScore は、KSM が直近 10 回のスキャンで、マージしたページ数を表す。このスコアの値が高いほど、効果的にマージ処理を行えている。この特徴から、今後も KSM を動作させるか、または停止させるのかを判断する指標としてこのスコアを使用する。

KSMIdleTimeScore は、KSM を一時的に停止させてからの経過時間に、定数をかけた値である。本機



構では、KSM のマージ効率が低い場合、KSM を一時的に停止させることがある。その際、KSM が過度に長く停止しないように、KSMIdleTimeScore を使用して停止時間を抑制する。これら3つのスコアを用いて、ページスキャン速度を調整する。

### 2.3 ページスキャン速度の調整手順

まず、VMCountScore, PagesSharingScore, KSMIdleTimeScore を算出する。そして、それらのスコアを合計し、その合計値を `pages_to_scan` に設定することで、ページスキャン速度を調整する。ただし、そのスコアの合計値が1000未満の場合は、スキャンすべきでない状況と判断し、スコアの合計値を0に変更したのち、`pages_to_scan` に設定する。これにより、ページスキャン速度が0となるため、実質的にスキャンを行わない。

以上の手順を繰り返すことで、ページスキャン速度の動的な調整を行う。

表 1 物理計算機の構成

OS	Ubuntu 22.04.3 LTS
Kernel	Linux-6.5.0-1009-oem
CPU	Core i5-11400 2.60GHz
Memory	64GB

表 2 各仮想計算機の構成

OS	Ubuntu 22.04.3 LTS
Kernel	Linux-6.2.0-39-generic
CPU	Core i5-11400 2.60GHz
CPU Core	1
Memory	4GB

## 3. 評価

本機構の効果を調べる実験を行った。本実験は、1台の物理計算機上に2台の仮想計算機を稼働させ、その2台の仮想計算機で異なる周期のカーネル

ビルドの実行と停止をそれぞれ600秒間繰り返させる。また、600秒間のうち、300秒経過した時、新たに仮想計算機をもう1台立ち上げる。

本実験で用いた環境を表1, 2に示し、`pages_to_scan` の変化を図2に示す。グラフの横軸は経過時間、縦軸は `pages_to_scan` である。提案機構を使用しない場合、`pages_to_scan` は3000で一定であるのに対し、提案機構を使用した場合、`pages_to_scan` の値が様々な値に調整されている。しかし、1以上1000未満の範囲に `pages_to_scan` の値が存在することはない。これは2.3で述べた通り、スコアの合計値が1000未満の場合、その値を0に変更したのちに `pages_to_scan` に値を反映するためである。

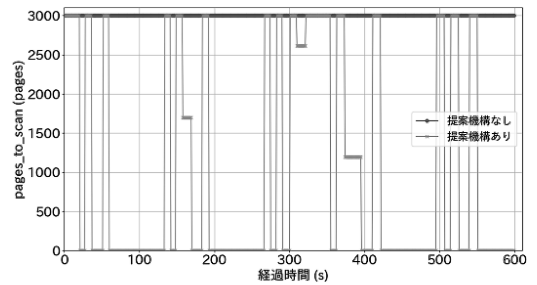


図 2 `pages_to_scan`

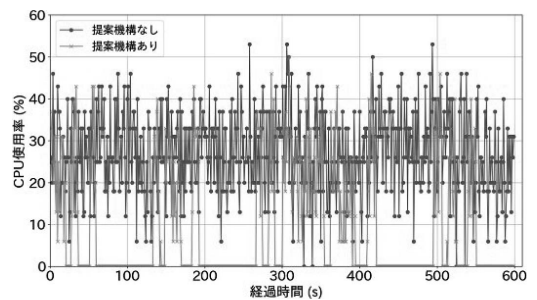


図 3 CPU 使用率

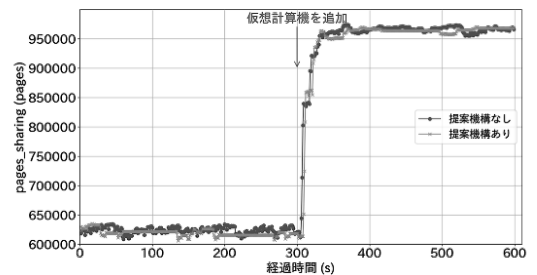


図 4 `pages_sharing`



ksmd の CPU 使用率の変化を図 3 に示す。グラフの横軸は経過時間、縦軸は CPU 使用率である。提案機構を使用しない場合は CPU を使用し続けているのに対し、提案機構を使用した場合、度々、CPU 使用率が 0 になっている。また、CPU 使用率が 0 である時間は、600 秒のうち 510 秒だった。

pages\_sharing の変化を図 4 に示す。pages\_sharing とは、KSM がマージしたページの総数を表す。グラフの横軸は経過時間、縦軸は pages\_sharing である。提案機構を使用した場合と使用しなかった場合で、pages\_sharing に大きな差はなかった。これにより、KSM のマージ効率が低下していないことがわかる。

これらの結果から、本機構が KSM のマージ効率を低下させずに、CPU 使用量の削減を実現していることが確認された。

#### 4. おわりに

本発表では、仮想計算機および KSM の状態を監視し、取得した情報を基に、ページスキャン速度を動的に調整する機構を提案した。本機構はページスキャン速度を動的に調整することで、KSM のマージ効率を低下させずに、KSM の CPU 使用量を削減する。これにより、仮想計算機の動作を妨げる機会を減少させ、多数の仮想計算機を効率よく動作させることが可能になる。



## 一般物体認識と画像生成 AI による 要約画像の出力の研究

土 橋 亮  
Ryo TSUCHIHASHI  
電子情報通信課程 4 年

この文書は、2024 年 3 月 17 日に「京都学・歴彩館」にて開催された「第 71 回 EC 研究発表会」で、「一般物体認識と画像生成 AI による要約画像の出力の研究」と題して発表した内容である。

### 1. はじめに

現代社会におけるディープラーニングの急速な発展は、私たちの日常生活や産業界に影響をもたらしている。特に、言語処理、物体認識、画像生成など、特定のタスクを実行するために特化された技術は、ディープラーニングを基盤として急速に発展してきている。しかしながら、一般物体認識技術、言語処理技術、画像生成技術を身近に感じることが可能なシステムは少ない。

本研究で新たに開発したシステムは、一般物体認識と言語処理と画像生成を組み合わせたものである。システムの機能は、複数の画像から様々なコンテキスト（服装や人物の動き、背景など）を抽出し、それらのコンテキストが反映された全く新しい要約画像を生成することである。例えば、エッフェル塔、鳥居、走っている少年がそれぞれ映っている写真の情報量を一枚の写真にできる限り要約する。本研究では、一般物体認識と言語処理と画像生成を組み合わせ、複数の写真のコンテキストを要約した要約画像を出力し、出力した要約画像が写真撮影者や写真中に写っていた人物にとって有用であるかどうかを調べることを目的とする。

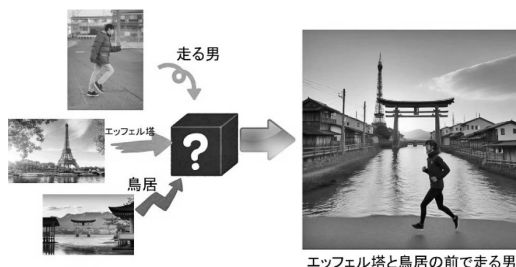


図 1 複数の元画像から要約画像を生成

### 2. システムの概要

このシステムの実装は以下のステップで構成される。

#### 2.1 LoRA による訓練済みモデルファイルの作成

要約画像にシステム利用者の特徴を反映させる際に必要となる「LoRA による訓練済みモデルファイル」を作成する。

#### 2.2 物体認識 (GPT-4V を利用)

複数の画像から特徴的なコンテキストを出力し、テキストデータとして抽出する。



図 2 複数の元画像からコンテキストを抜き出す

#### 2.3 プロンプト生成 (GPT-4 を利用)

抽出されたテキストデータから、新しい画像のコンセプトを記述するプロンプトを生成する。

#### 2.4 画像生成 (Stable Diffusion XL を利用)

「AUTOMATIC1111」ツールを用いて、生成されたプロンプトに基づいて要約画像を生成する。

#### 2.5 崩れた顔の範囲判定 (YOLOv8 を利用)

要約画像内で顔が崩れている範囲を判定する。



## 2.6 顔の修正 (Stable Diffusion XL を利用)

崩れた顔の範囲を修正し、要約画像を出力する。



図3 検出された顔を修正

このシステムを利用する際に、ユーザが行う作業は、「LoRA による訓練済みモデルファイルの作成」, 「input フォルダへの元画像の入力」, ユーザのモデルファイルを要約画像に反映させるための「名前の入力」である。

画像生成 AI を用いることで、全く新しいコンテンツやシーンを組み合わせられるため、ベストな表情や背景を選ぶだけでなく、図2のような創造的で独自の画像を生成することができる。



図4 ウェイクボードとテニスをしている要約画像

## 3. 被験者実験と評価

被験者に写真を提供してもらい、要約画像を生成する。生成した要約画像に対し、「旅行・記念を表す一枚として適しているか」「画像の自然さ」などの評価と「感想」の記載をもらった。



図5 被験者1の元画像（上）と要約画像（下）



図6 被験者2の元画像（上）と要約画像（下）

結果、要約画像の違和感や画像の品質への指摘はあったものの、構図や表現に対して高評価を得られた。

## 4. おわりに

本実験では GPT-4V, GPT-4, Stable Diffusion XL, YOLOv8 を組み合わせた要約画像生成システムを作成した。実用化には、「LoRA による訓練済みモデルファイル」作成の自動化や、「コンテキスト反映数の限界」などの問題点が残るが、ある程度の有用性を証明できた。

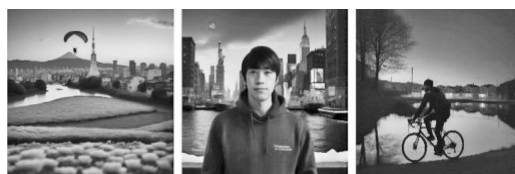


図7 様々な要約画像

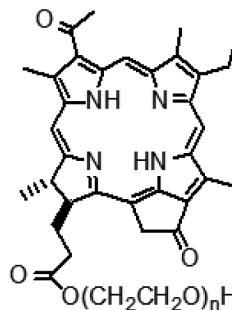


## 「日本化学会第 104 春季年会」に参加して

近 藤 智 也

Tomoya KONDO

物質化学専攻修士課程 1 年



$n=2, 4, 8, 13.3, 22.6, 44.1$

図 1 クロロフィル誘導体の構造

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 18 日から 21 日にかけ、日本大学理工学部船橋キャンパスで開催された「日本化学会第 104 春季年会」に参加し、『外部刺激に応答する 3-アセチルクロロフィル集積体』をテーマに口頭発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景

天然色素であるクロロフィル分子は、生体内および生体外で容易に自己会合して色素間相互作用に伴う分光学的特性の変化を示す。また、テトラピロール骨格の 3 位に導入された置換基はこの色素の光吸収特性に影響を与え、3-アセチル基をもつ誘導体は 3-ビニルをもつクロロフィル- $\alpha$  に比べ長波長シフトした Qy 吸収帯をもつことが知られている。また、17 位の側鎖に親水性のオキシエチレン鎖を導入することで水中で安定なクロロフィルの自己会合体が形成でき、色素間相互作用の発現による吸収帯の長波長化が期待できる。ここでは、天然より抽出したクロロフィル- $\alpha$  から、親水性のオキシエチレン鎖を有する 3-アセチルクロロフィル類 (図 1) を合成し、その分子集合体の物性について検討した。

#### 2.2 実験方法

ここでは、水中で自己会合するクロロフィル誘導体としてフリーベース体 **1** ( $n=2, 4, 8, 13.3, 22.6, 44.1$ ) を用いた。(図 1)

MeOH に溶解させたクロロフィル誘導体を MeOH : 水 = 1 : 99 になるように水と混合し、会合体を得た。また、メタノール溶液をガラス板に滴下したのち溶媒を留去して作成したキャストフィルム状態でもクロロフィルの別の会合体を得た。その状態での分光学的特性と外部刺激による物性の変化の検討を行なった。

#### 2.3 結果と考察

まず、クロロフィル誘導体は 1% MeOH / 水中で自己会合し色素間相互作用を発現することで単量体と比べ Qy 吸収帯が長波長シフトした。またオキシエチレン基が 8 個のときは調製直後から時間が経つと構造の転移がおこり吸収帯が変化した。このとき **1** ( $n=8$ ) は溶液の温度を 4℃ にしておくことでより長波長側に吸収 (775nm) を持つ構造に変化し、エキシマー発光 (780, 830nm) を示した。この会合体溶液を加温し 55℃ にすると吸収帯が短波長シフト (750nm) しエキシマー発光も示さなくなった。クロロフィル誘導体 **1** ( $n=2, 4, 22.6, 44.1$ ) の場合このような変化は見られなかった。加温時の吸収帯の変化を詳細に調べると 30℃ から 36℃ で変化が起きていることがわかった。この変化は等吸収点を通る変化であったため、各温度での会合体の比をファントフォッププロットすると加温時の変化はエントロピー支配の変化であることがわかった。

次に、作成したクロロフィル誘導体 ( $n=4$ ) のキ



キャストフィルムの吸収帯は単量体に比べ長波長シフトおりこのことから固体状態でも **1** は自己会合し色素間相互作用が発現することがわかった。このときの吸収帯は同じクロロフィル誘導体の溶液中での会合体と異なっていたため、固体状態では異なった構造をもつ分子集合体となっていると考えられる。この **1** のキャストフィルムをスパチュラで擦る物理的刺激を加えると、一部が脱会合しその吸収帯が短波長シフトすることがわかった。このキャストフィルムを1時間静置したとき、**1** は元の分子集合体のスペクトルを再びあたえたことから **1** の分子集合体は自己修復性を示した。

## 2.4 まとめ

今回合成したクロロフィル誘導体は1%MeOH/水中または固体状態で色素間相互作用を発現した。クロロフィル誘導体 ( $n=8$ ) は、調製直後の準安定な状態から、温度を変化することによって  $Q_y$  吸収帯の異なる会合体を形成することがわかった。その2種の会合体は温度を変化することによって可逆的に変化することがわかった。また、クロロフィル誘導体 ( $n=4$ ) は固体状態で自己会合し色素間相互作用を発現した。この固体状態での分子集合体は物理

的刺激に応答してその吸収帯を変化させた。静置しておくことでもとの吸収帯に戻る自己修復性を示した。

## 3. 発表にあたって

今回は初めての口頭発表であったため、これまで何度か行ったことのあるポスター発表より発表準備をしっかりと行うことで、しっかりと報告することが出来た。会場の研究者からいくつかの質問もいただくことができ、内容を理解いただけたと感じた。

## 4. おわりに

初めての口頭発表でかなり苦戦したものの確実に自分の自信に繋がる経験ができたと思う。これまでポスター発表よりも自分を成長させる学会発表だった。公聴してくださった方からの質問には今後の課題になることもあったので今後の研究の参考にした。

最後に今回発表を行うにあたって懇切丁寧なご指導をいただいた宮武智弘教授、学会発表を行う機会をくださった学会運営の方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。



## 「日本化学会第 104 春季年会」に参加して

前 田 龍 治

Tatsuya MAEDA

物質化学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

私は 2024 年 3 月 18 日から 21 日にかけて、日本大学理工学部船橋キャンパスにて開催された「日本化学会第 104 春季年会」に参加し、『ドロップキャスト法を用いた銀色光沢効果を有する微結晶膜の作製を可能とするピレン誘導体の分子設計』という題でポスター発表を行った。

### 2. 研究背景

金属を含まない有機化合物を用いた金属調光沢材料の開発は、環境汚染の観点から重要な課題となっている。これまでに様々な光沢色の有機光沢材料が報告されているが、銀色光沢を示す例はスチルベン誘導体のみであった。そこで銀光沢効果を示す新しい化合物群の発見、及び光沢膜の作製と基板への蒸着を同時に行える条件を見つけることを目的に研究を進めてきた。本学会では、可視領域に吸収をもたないピレン (**1**) と *tert*-ブチル基をもつその誘導体 **2**, **3** (Scheme 1) の結晶状態における銀光沢効果を報告した。結晶フィルムの光沢効果は、その分子構造と結晶状態での関連する分子パッキング、および結晶形状に焦点を当てることによって評価された。

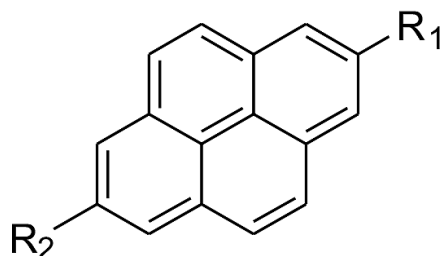
### 3. 実験方法

ガラス基板上に **1-3** の *n*-ヘキサン溶液をドロップキャストし、その後乾燥させることで、各々の結晶膜を作製した。

### 4. 結果と考察

作製した結晶膜を Figure 1 に示す。**1** 及び **3** を使用して調製された結晶膜は、光沢示さなかった。一

方、**2** の場合は、非常に明るい銀色の光沢を示した。この結晶膜の構造を SEM にて観察したところ、光沢を示した **2** の結晶膜では、板状結晶が積み重なっていた (Figure 2)。このような結晶の積み重なりは、**1** 及び **3** では確認されなかった。また、ピレン及び *tert*-ブチル基をもつその誘導体 **1-3** の結晶形状は大きく異なることが示された。これらの結果より、ピレンの 2 位及び／又は 7 位に *tert*-ブチル基を導入すると、結晶形状が大きく変化した。



**1:**  $R_1 = R_2 = H$

**2:**  $R_1 = \textit{tert}\text{-butyl}, R_2 = H$

**3:**  $R_1 = R_2 = \textit{tert}\text{-butyl}$

Scheme 1 Molecular structures of pyrene and its derivatives.

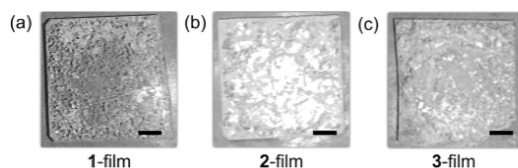


Figure 1 Photographs of crystal films of (a) **1**, (b) **2**, and (c) **3**. Scale bars: 0.5 cm.



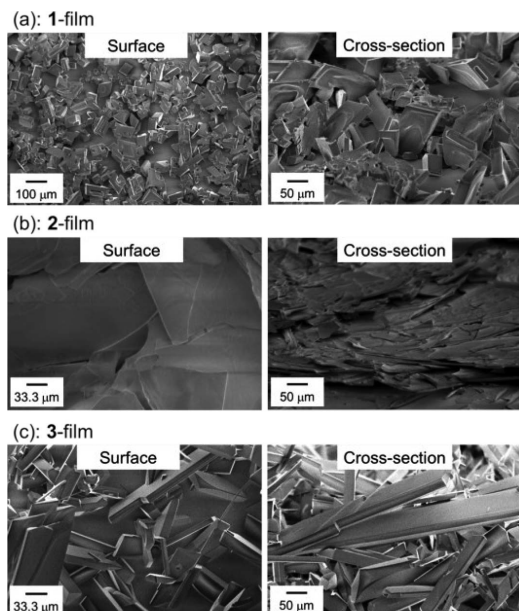


Figure 2 SEM images of surface and cross-section of crystal films of (a) 1, (b) 2, and (c) 3.

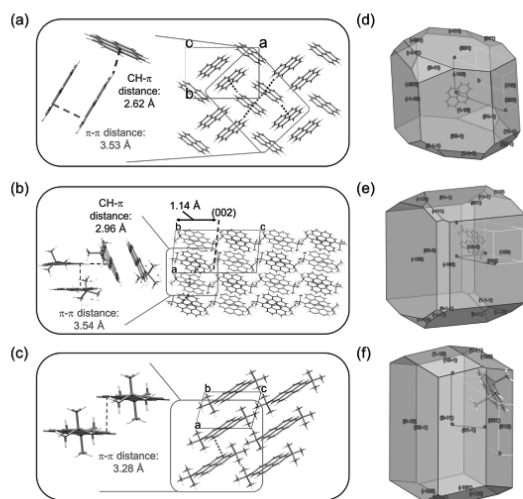


Figure 3 (a-c) Molecular packing of (a) 1, (b) 2, and (c) 3 in the crystals. Here, the supercell is shown with  $2 \times 2 \times 2$ -unit cells from the X-ray crystal structure. (d-f) Crystal morphology predicted using the Bravais-Friedel Donnay-Harker (BFDH) method of (d) 1, (e) 2, and (f) 3 crystals.

この結晶形状の違いを単結晶 X 線構造解析にて

評価したところ、ピレン分子中の *tert*-ブチル基の存在及びその数を変えることで、結晶中の分子間相互作用が変化することが示された (Figure 3). その結果、結晶の成長方向が変化し、結晶の形状が異なることが考えられる. その中でも、板状の形状は容易な結晶の積み重ねを引き起こした.

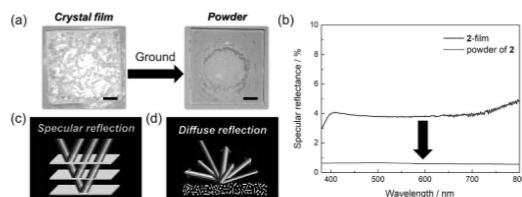


Figure 4 (a) Photograph of 2-film ground into powder. After being ground, the silver luster was lost. (b) Specular reflectance spectra of 2-film and of its powder. (c, d) Schematic illustration of the reflection properties of the microcrystalline film (c), and powder (d) of 2. Stacking of planes causes multiple reflections, resulting in a greater clarity of luster.

最後に板状結晶の積み重ねによって形成された 2 の結晶膜の構造と光沢効果の関係を調査した. 光沢を示した 2 の結晶膜を乳鉢ですりつぶしたところ、光沢が失われ、光沢の指標となる鏡面反射率が低下した (Scheme 4). これらの結果より、銀色のテクスチャーのある結晶膜は、特徴的な吸収（つまり、可視領域では吸収をもたない）と積み重ねられた微結晶の表面からの鏡面反射の組み合わせによるものであると考えられる.

## 5. おわりに

初めての学会発表で戸惑うことが多く大変だったが、貴重な体験ができた. また、ポスター発表を通じて他大学の研究者の方々と議論を深め、有意義な情報を得ることができた. この経験を活かし、今後の研究活動を頑張っていこうと思う.



## 日本化学会第 104 春季年会 に参加して

山 田 皓 貴

Koki YAMADA

物質化学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

2024 年 3 月 18 日から 21 日にかけて日本大学理工学部船橋キャンパスで開催された「日本化学会第 104 春季年会」に参加し、「3 位と 17 位に様々なアルキルエステルを有するクロロフィル誘導体の固体状態ならびに物理的刺激下における集積挙動の変化」というタイトルでポスター発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景

クロロフィルは植物の葉の生体膜内に存在している緑色の色素であり、光合成生物が太陽光エネルギーを効率よく利用するための集光アンテナとして働いていることが知られている。クロロフィル類はピロールが 4 つ環状に連結し共役しているテトラピロールを基本骨格とし、多くのクロロフィル分子は生体内で規則的に配列され組織化されている。これによりクロロフィル類は色素間相互作用を発現し、特異的な光吸収特性を示している。また一般にアルキル鎖を有する環状  $\pi$  共役分子は分子間の  $\pi$ - $\pi$  相互作用を利用しながら安定な分子集積体を構築する。クロロフィル類と同様に  $\pi$  共役系をもった分子の一例として、オリゴチオフェンがあるが、アルキル鎖を付与したオリゴチオフェン分子は分子集合体を形成することや液晶性を有していることが知られている。

#### 2.2 目的

これまでの研究でアミド基を介してアルキル鎖を導入したクロロフィル誘導体は固体状態において加温と力学的刺激を与えることで超分子構造が変化

し、その光吸収帯が変化することが明らかになっている。また、長鎖アルキル基を 2 箇所に付与することで、より低い温度で融解することが期待できる。ここでは 3 位および 17 位の 2 箇所に長鎖アルキルエステルをもつクロロフィル誘導体を合成し（図 1）、その分子配列の変化に伴う光物性の変化について検討した。

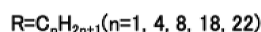
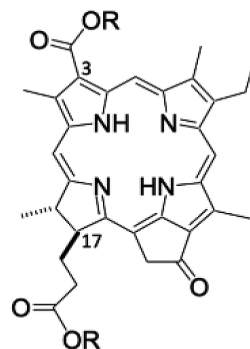


図 1 本研究で用いられたクロロフィル誘導体

#### 2.3 結果と考察

合成したクロロフィル誘導体の  $CHCl_3$  中の可視吸収スペクトルは 685nm に Qy 帯を示した。一方、クロロフィル誘導体の  $CHCl_3$  溶液をガラス板上にキャストして乾燥させたところ、その Qy 帯は  $n=1$  の時は 727nm に、 $n=4$  では 694nm に、 $n=8, 18$  では 695nm に、 $n=22$  では 693nm に長波長シフトした。また  $CHCl_3$  中のクロロフィル誘導体の CD スペクトルは負に小さいシグナルを示したのに対し、キャストフィルムにおいては  $n=1, 4, 8, 18, 22$  すべてにおいて S 字のシグナルを与えた。このことから、このクロロフィル誘導体はキャストフィルム中で  $\pi$ - $\pi$  相互作用により分子集積体を形成していることがわかった。つぎにクロロフィル誘導体の粉末 X 線回折測定を行った。 $n=4$  では低角に強いピークがみられたのに対し、 $n=18, 22$  ではそのような強いピークは見られなかった。このことからアルキル鎖が長くなると結晶性が低下することがわかった。つぎにクロロフィル誘導体の熱分析を行っ



た.  $n=1$  では  $300^{\circ}\text{C}$  を超えても融解せず,  $260\sim 280^{\circ}\text{C}$  の間で熱分解した.  $n=4, 8, 18, 22$  ではそれぞれ  $94\sim 102^{\circ}\text{C}$ ,  $43\sim 55^{\circ}\text{C}$ ,  $57\sim 60^{\circ}\text{C}$ ,  $61\sim 66^{\circ}\text{C}$  に融点を示した. 炭素数が増えるにつれて色素間相互作用が弱まり, 融点は下がるが  $n=18$  まで炭素数を増やすとアルキル鎖同士の分子間相互作用が強くなるため融点が上がったと考えられる. DSC 測定を行うと,  $n=4, 18$  では融点付近に融解による単一の吸熱ピークが見られた. 一方で  $n=22$  では  $50\sim 70^{\circ}\text{C}$  の間に構造転移に伴う複数のピークが見られ, さらに冷却後の  $42^{\circ}\text{C}$  では発熱ピークがみられた. そこで融解前の  $30^{\circ}\text{C}$ , 構造転移が起きている  $66^{\circ}\text{C}$ , 構造転移後の  $75^{\circ}\text{C}$ , 固化した後の  $42^{\circ}\text{C}$  の4点で可視吸収スペクトルおよび CD スペクトルを測定した. 測定試料は粉末状態のクロロフィル誘導体をガラス板で挟み, 加温により融解させ, 冷却させることによりフィルムを作成した.  $30^{\circ}\text{C}$  および  $66^{\circ}\text{C}$  ではともに  $700\text{nm}$  に Qy 帯を示し, その波長領域に S 字型の CD シグナルを与え, これらの温度域で分光学的特性の変化は見られなかった. しかし  $75^{\circ}\text{C}$  では  $705\text{nm}$  に Qy 帯を示し, 分子の配列が乱れることで CD スペクトルが消失した.  $42^{\circ}\text{C}$  では  $690\text{nm}$  に短波長シフトしたが CD スペクトルは消失したままであった. つぎに  $66^{\circ}\text{C}$  にて,  $n=22$  のクロロフィル誘導体を挟んだ2枚のガラス板をこすり合わせると再び S 字型の CD シグナルを示すことがわかった. 以上のことから,  $n=22$  のクロロフィル

誘導体は外部からの刺激に応答してその分光学的特性を変化させることがわかった.

### 3. 学会発表にあたって

ポスター発表は 2024 年 3 月 18 日から 21 日にかけて日本大学理工学部船橋キャンパスで開催された「日本化学会第 104 春季年会」にて行われ, ポスターボードに発表のデータを展示し, 観覧に来られた方にポスター内容を説明するという流れであった. ありがたいことに数名の方が私のポスターに興味を持ってくださり, 意見を交わし合い, 非常に有意義な時間を過ごせたと感じていると共に様々な意見をいただいたので以降の研究に役立てていきたいと考えている. 他の参加者の発表がパワーポイントの構成から非常にしっかり準備されており内容も含め非常に興味深い内容のものばかりだった.

### 4. おわりに

研究成果の発表を通じて, 実験や発表等の改善点など様々なことを学ぶことができた. 今回の学会への参加はとても有意義であり, 良い刺激になったので今後もこの経験を活かして研究活動に励んでいきたいと考えている. 今後はアルキル鎖の長さを変えて同様の検討を行っていきたいと考えている. 最後に今回の発表を行うにあたって, 懇切丁寧なご指導を頂いた宮武智弘教授をはじめ, 宮武研究室の皆様, この場を借りて厚く御礼申し上げます.



## 日本化学会第 104 春季年会での発表を終えて

妹 背 帆 高

Hodaka IMOSE

応用化学課程 4 年

### 1. はじめに

私は 2024 年 3 月 18 日から 21 日にかけて、日本大学理工学部船橋キャンパスで開催された「日本化学会第 104 春季年会」に参加した。この学会で私は、「シッフ塩基を有するクロロフィル誘導体の合成と物性」というタイトルでポスター発表を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

クロロフィルは光合成において光吸収を行い、吸収した光をエネルギーに変換して伝達するという重要な役割を担っている。またクロロフィル分子は 3 位の置換基を変換することでその吸収帯を変化させることが知られている（図 1）。例えばクロロホルム溶液中においてビニル基を有するクロロフィル誘導体は 668nm にその吸収帯を示すのに対して、ホルミル基を有するクロロフィル誘導体は 698nm に吸収帯を示す。このような吸収帯のシフトは 3 位の置換基がもたらす電子供与性や電子吸引性によるものと考えられる。一方、これらのクロロフィル分子は集積化させることで J 会合体を形成し、その吸収帯を長波長シフトさせるとともに、種々の外部刺激により、その集積体の構造が変化することによる物性の変化を示す。以上のようにクロロフィル類は興味深い特性を有しており、かつ自然界で再生される資源であるにも関わらず、今日におけるクロロフィルの利用は食用の天然色素などの一部にとどまっている。本研究室ではクロロフィルの新たな物性を見出すとともにその有効利用につながる研究を行っている。

本研究では図 1 の R の位置にシッフ塩基を有す

るクロロフィル誘導体を新規に合成し、金属イオンとの相互作用における分光学的特性の変化やキャストフィルムにおける物性を評価した。

#### 2.2 実験方法

まず、メタノールを用いてクロロフィル-*a* をスピリリナより抽出し、濃硫酸を加えることで中心金属の脱離と 17 位の側鎖のエステル交換を行った。その後、コリジンで還流を行った後に精製することで出発原料である Methyl pyropheophorbide-*a* ( $R = \text{CH}=\text{CH}_2$ , mpp-*a*) を得た。この mpp-*a* のビニル基を開裂酸化させて R にホルミル基を持つ Methyl pyropheophorbide-*d* ( $R = \text{CHO}$ , mpp-*d*) を合成し、この mpp-*d* に *n*-ブチルアミンとアニリンを縮合させることで **1**, **2** を得た。これらのシッフ塩基をもつ **1**, **2** の物性を検討した。

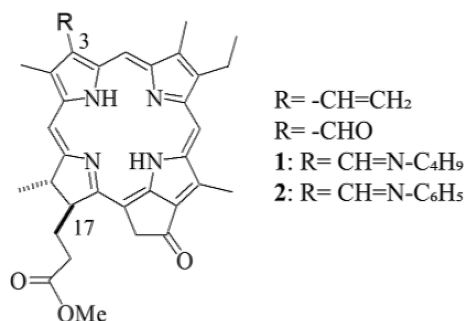


図 1 種々の置換基を有するクロロフィル誘導体の構造式

#### 2.3 実験結果

合成したクロロフィル誘導体 **1**, **2** および  $R = \text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $R = \text{CHO}$  である各誘導体をクロロホルムに溶解し、可視吸収スペクトル測定を行った。 $R = \text{CH}=\text{CH}_2$  ならびに  $R = \text{CHO}$  を有するクロロフィル誘導体はそれぞれ 668nm および 698nm に吸収帯を示した。一方でシッフ塩基を持つ誘導体 **1** および **2** は 678nm ならびに 685nm にそれぞれ吸収帯を示した。誘導体 **2** はイミンの窒素原子に結合したフェニル基によって共役系が拡張されたことによって、誘導体 **1** よりも長波長側に吸収帯を示したと考えられ



る。

一般的にクロロフィル誘導体に金属イオンを加えるとテトラピロールの中心にある窒素が金属に配位し、Qy 吸収帯が短波長シフトすることが知られているが、誘導体 **1** のアセトン溶液に金属イオンを添加すると Qy 吸収帯が長波長シフトし、さらに金属イオンや溶媒の種類によって異なるスペクトルを示すことを見出した。この長波長シフトは3位のシッフ塩基の窒素が金属イオンに配位することで引き起こされると考えられ、NMR 測定でイミン炭素に結合した水素のケミカルシフトが 10.65ppm から 11.61ppm へとシフトしていることから確認できた。一方でシッフ塩基に嵩高いフェニル基を有する誘導体 **2** に金属イオンを添加しても誘導体 **1** に見られた吸収帯の長波長シフトが確認できなかった。これは嵩高いフェニル基が金属イオンの配位を妨げていると考えられる。

次に誘導体 **1, 2** のクロロホルム溶液をガラス板に滴下することでキャストフィルムを作製した。キャストフィルムの可視吸収スペクトルは誘導体 **1** が 690nm、誘導体 **2** は 706nm を示し、それぞれの溶液中の吸収帯からのシフト幅は誘導体 **1** では  $\Delta 300\text{ cm}^{-1}$ 、誘導体 **2** では  $\Delta 430\text{ cm}^{-1}$  であった。よって誘導体 **1, 2** は固体状態において色素間相互作用を示すことがわかった。次に作製したキャストフィルムを加熱すると誘導体 **1** は 714nm、誘導体 **2** は 738nm に吸収帯が長波長シフトし、誘導体 **1, 2** のキャストフィルムはサーモクロミズムを示した。この際の Qy 吸収帯のシフト幅は誘導体 **1** が  $\Delta 480\text{ cm}^{-1}$ 、誘導体 **2** は  $\Delta 610\text{ cm}^{-1}$  であった。また誘導体 **2** を加

熱した後にスパチュラで擦るという物理的刺激を加えると、738nm から 709nm にその吸収帯が短波長シフトしたことから誘導体 **2** はメカノクロミズムを示した。同様の操作を誘導体 **1** に対して行ってもこうしたスペクトルの変化を示さなかったことからシッフ塩基をもつアルキル基とフェニル基は固体状態において異なる物性を示すことがわかった。

### 3. 発表について

この日本化学会第 104 春季年会が、私にとっての初めての学会参加となった。発表形式は研究データをポスターにまとめたものを会場に 45 分間掲示し、その内容について説明や質問を受けるというものであった。多くの研究者が聞きにきて来てくださり、多くの質問もしていただいた。他分野の研究者からの質問はとてもためになるものばかりであったものの、発表の準備をよりしっかりと行っていればよりよい議論が行えたと思われ、次の発表に活かしたい。

### 4. おわりに

今回の学会発表は自身の力不足を感じた学会になったが他大学の研究者とディスカッションできたことはとても楽しい時間であったとともに、研究に対する姿勢を変化させようと思えた有意義な体験であった。

最後に今回の発表を行うにあたりまして、丁寧な指導を頂きました宮武智弘教授や研究室の方々にこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。



## 日本化学会第 104 春季年会

齋 田 颯 心

Soshin SAITA

応用化学課程 4 年

### 1. はじめに

2024 年 3 月 18 日から 21 日までの間、日本大学船橋キャンパスで開催された日本化学会第 104 春季年会に参加し、ポスター発表を行った。この学会で私は、「Synthesis and characterization of a mitochondria transfer signal peptide derivative.」というタイトルでポスター発表を行った。

### 2. 実験内容

#### 2.1 研究背景

ミトコンドリアは細胞のオルガネラの一つであり、ATP の合成とアポトーシスに関与している。

近年、ミトコンドリアを標的とすることによるがん治療が注目されている。

#### 2.2 先行研究

薬物キャリアペプチド (Cap-p) の N 末端にミトコンドリア移行シグナル (MTS) を結合した新規キャリアペプチド (MTS-p) と Cap-p のイソロイシンをアラニンに置換した MTS-pA で細胞毒性評価を行ったところ、アフリカミドリザル腎臓由来 COS-7 細胞に比べてヒト子宮頸がん由来 HeLa 細胞への優位な毒性が確認された。また MTS-pA でよりがん選択的な結果が得られた。

#### 2.3 本研究

先行研究での MTS-p と MTS-pA のがんに優先的な細胞毒性に着目し、より優先的であった MTS-pA をもとに MTS の細胞毒性に寄与する構造を特定するため MTS が有する二つ螺旋のそれぞれを欠損させた 2 種のペプチドを設計・合成し C 末端側の螺旋を欠損させたペプチドを MTSΔC-pA、また N 末

端側の螺旋を欠損させたペプチド wpMTSΔN-pA とした。(図 1) ペプチド二次構造の評価のため、100 μM の濃度で CD スペクトルの測定を行った。また、先行研究で MTS-pA で最も顕著ながん選択性が確認されたペプチド濃度 10 μM に固定して細胞毒性を評価した。

#### 2.4 実験結果

CD スペクトル測定の結果、MTS-pA は生体膜模倣環境において 222nm の残基楕円率は約 -25000 deg cm<sup>2</sup>/dmol であった。一方、MTSΔC-pA 及び MTSΔN-pA は同条件において残基楕円率は約 -28000 deg cm<sup>2</sup>/dmol であった。(図 2-3)

よって MTSΔC-pA 及び MTSΔN-pA は MTS-pA と比べて若干のヘリックス含有率の向上が見られた。細胞毒性評価の結果、MTS-pA では HeLa 細胞に顕著ながん選択性が確認された。MTSΔC-pA では HeLa 細胞・COS-7 細胞のそれぞれに対して MTS-pA と比較してすこし生存率が上昇したがおよそ同じような結果が得られた。(図 4-5) 一方、MTSΔN-pA では HeLa 細胞に対しては MTS-pA と比較して少し生存率の上昇が確認されたが COS-7 細胞に対して少しの生存率の低下が確認された。(図 4-5) この結果より MTS が有する螺旋のうち N 末端側の螺旋には正常細胞を保護するような役割がある可能性が示唆された。

#### 2.5 まとめ

MTS-pA の MTS 配列から片方ずつ螺旋を欠損させた MTSΔC-pA 及び MTSΔN-pA は二次構造に関して欠損させる前の MTS-pA と同じような構造をとっていることを示した。また細胞毒性に関して MTSΔC-pA は MTS-pA と同じような結果が得られたのに対して、MTSΔN-pA では正常細胞に対しての弱い毒性も確認された。

今後は MTSΔC-pA 及び MTSΔN-pA を他の濃度で細胞毒性評価を評価する。



## 2.6 図表

Cap-p : Ac- A-I-A-K-A-2Naf-K-I-A-NH<sub>2</sub>  
 MTS-p : Ac-M-L-R-A-A-L-S-T-A-R-R-G-P-R-L-S-R-L-L-G-G-G-A-I-A-K-A-2Naf-K-I-A-NH<sub>2</sub>  
 MTS-pA : Ac-M-L-R-A-A-L-S-T-A-R-R-G-P-R-L-S-R-L-L-G-G-G-A-I-A-K-A-2Naf-K-I-A-NH<sub>2</sub>  
 MTSΔC-pA : Ac-M-L-R-A-A-L-S-T-A-R-R-G-P- -G-G-G-A-I-A-K-A-2Naf-K-I-A-NH<sub>2</sub>  
 MTSΔN-pA : Ac- -G-P-R-L-S-R-L-L-G-G-G-A-I-A-K-A-2Naf-K-I-A-NH<sub>2</sub>

図1 各ペプチドの配列

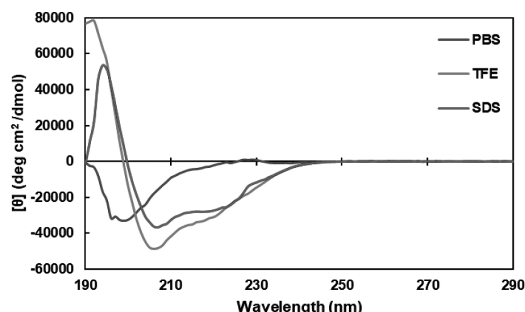


図2 MTSΔC-pA の CD 測定結果

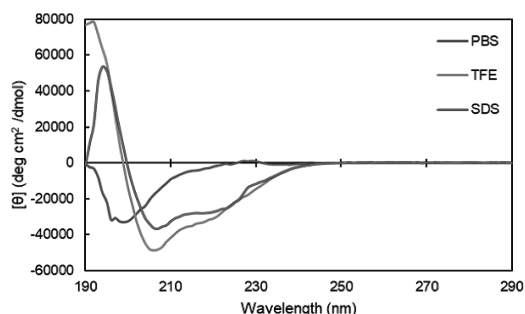


図3 MTSΔN-pA の CD 測定結果

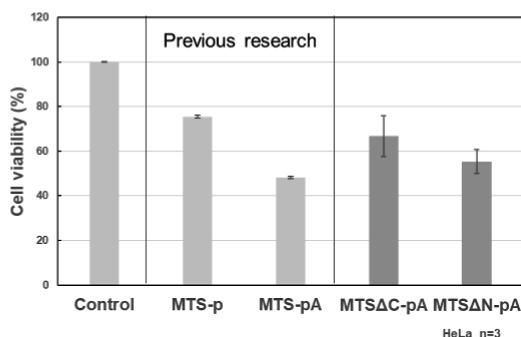


図4 HeLa 細胞での細胞毒性評価

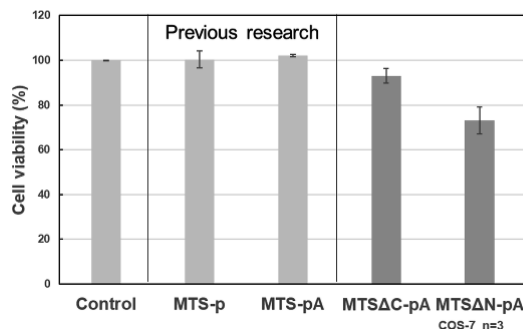


図5 COS-7 細胞での細胞毒性評価

## 3. 学会を通じて

今回、初めての学外での発表の機会でしたので不慣れながらも気を抜かないように取り組みました。ポスター発表では他大学の方々の発表を聞くことで見聞を広めることにつながりました。また自身の発表の際は様々な方から意見をいただき新たな視点での疑問や考えを聞く機会となりました。

最後に、今回の発表を行うに当たりご指導いただいた富崎欣也教授、細胞実験にご助力頂きました山崎正幸教授と対面での学会発表の機会を設けてくださいました日本化学会第104春季年会の運営の方々にこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。







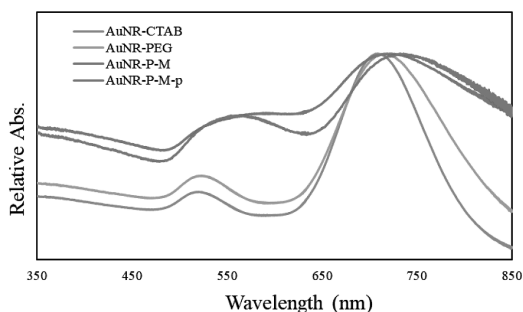


図2 UV-vis 測定

ゼータ電位では、AuNR-CTAB は CTAB 分子膜由来の正のゼータ電位が得られ、その後 PEG で表面を置換することにより中性付近のゼータ電位が得られた。そこに 11MUD を表面修飾するとヒドロキシ基の影響より負に帯電した。そこに RGDS ペプチドを表面修飾すると再び正のゼータ電位が得られた。これにより、金ナノロッド表面がカチオン性ペプチドにより修飾されたと考えられる。

IR 測定では、AuNR-PEG は、 $1100\text{cm}^{-1}$  付近に PEG 由来のエーテル C-O-C 伸縮ピークと  $1450\text{cm}^{-1}$  付近にアルカン C-H 変角ピークを確認した。AuNR-P-M では、 $1450\text{cm}^{-1}$  付近にアルカン C-H 変角ピーク強度が高くなっていることが確認できた。AuNR-P-M-p では  $1540\text{cm}^{-1}$  付近にアミド N-H 変角振動、C-N 伸縮振動のペプチド由来アミドのピークが得られた。また、 $1650\text{cm}^{-1}$  付近にアミド C=O 伸縮ピークを確認した。これらの結果より、金ナノロッドに RGDS ペプチドが表面修飾したと考える。

担持能評価は蛍光測定により行い、その結果を図3に示す。Dox 溶液と上澄み溶液の蛍光強度に変化が見られないことから Dox の担持能は無いと考

えられる。図2より AuNR-P-M-p が凝集していることが示唆され、担持能が無い原因として凝集が挙げられる。

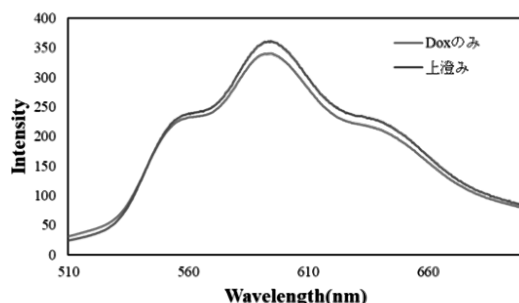


図3 Dox 溶液と上澄み溶液の蛍光スペクトル

## 5. まとめ

金ナノロッド表面に PEG, 11MUD およびペプチドを修飾が UV-vis 測定、ゼータ電位測定、IR 測定より確認できた。また、Dox のみの溶液と攪拌後、遠心分離した上澄み溶液を蛍光測定より AuNR-P-M-p には Dox の担持能がないことを確認した。

## 6. おわりに

今回の学会発表は初の発表であり、戸惑う場面が多々存在したが、学会の楽しみを感じることができた。同じ分野を研究している先生方や学生の方と意見交換を行うにとどまらず、日々の実験の課題や悩みを共有する経験はやはり学会に参加することで得られた貴重な経験であると感じた。

最後に今回の発表を行うにあたりまして、丁寧な指導を頂きました富崎欣也教授にこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。



## 2024 年第 71 回春季応用物理学会に参加して

前田 直輝

Naoki MAEDA

電子情報学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 22 から 25 日にかけて東京都市大学世田谷キャンパスにて開催された、「第 71 回春季応用物理学会」に参加し、「超音波分散法で作製した超微粉末  $\text{GaO}_x/\text{Ga}$  の形成と光触媒性能効果」という題目で研究発表を行った。

### 2. 研究背景

III-VI 族半導体である酸化ガリウム ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) は、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  の 5 種類の相を持つ有望な無機化合物があるが、その中でも  $\alpha$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  と  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  が最も研究されている。この酸化物は、オプトエレクトロニクス、電子デバイス、太陽電池、ガスセンシング、最近では光触媒など、幅広い応用が期待されている。

$\text{Ga}_2\text{O}_3$  は 4.7～5.0eV と広いバンドギャップを有している。異なる相、化学量論、モルフォロジーで、紫外光や可視光照射下で異なる汚染物質や有機色素を分解する許容範囲の光触媒性能が示されている。

本研究では、液体金属 Ga が大気雰囲気下において、表面に極薄かつ均質な金属酸化膜を形成するという性質を用いて、液体金属 Ga から Ga 酸化膜を簡易な方法で得た。そして、光触媒へ応用することを検討した。

### 3. 実験方法

#### 3.1 $\text{GaOOH}$ 粉末の作製方法

超音波分散法による Ga 液体金属の分散手順を図 1 に示す。超音波分散は簡便な方法によって行われた。初めに 50℃ に加熱した超音波装置内で 42kHz の周波数を発生させることで超純水中に  $\text{GaOOH}$  粉末を分散させた。また、分散させた  $\text{GaOOH}$  粉末を

観察するため、分散液中に洗浄後の  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  基板を浸漬させ、乾燥炉内で 120℃\_2h の条件で乾燥させた。

#### 3.2 $\text{GaOOH}$ 粉末を用いた光触媒実験手順

図 2 に光触媒実験の様子を示す。 $\text{GaOOH}$  粉末 0.1g をメチレンブルー (MB) 溶液、コンゴーレッド (CR) 溶液 3ml 中に投入し、ソーラーシミュレータを用いて可視光を 0, 1, 3h 照射した。反応後の溶液を抽出し、遠心分離管に移した後 13200rpm\_1h の条件で遠心分離を行った。その後紫外可視分光光度計を用いて透過率測定を行った。

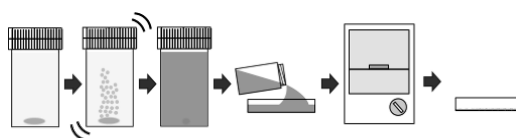


図 1  $\text{GaOOH}$  粉末の作製手順



図 2 光触媒実験手順

### 4. 実験結果

#### 4.1 $\text{GaOOH}$ 粉末の観察結果

図 3 に FE-SEM/EDS による  $\text{GaOOH}$  粉末の観察結果を示す。FE-SEM/EDS で観察を行ったところ、直方体状の  $\text{GaOOH}$  粉末の粒子が確認された。この粒子の径は、短辺 50～300nm、長辺 100～1,000nm の結晶が多数観察された。また、EDS より、Ga と O の元素が確認された。このことから超音波分散で作製した粉末は Ga 酸化物に分類されるものであることが分かった。作製した粉末は安定した材料であることも確認した。



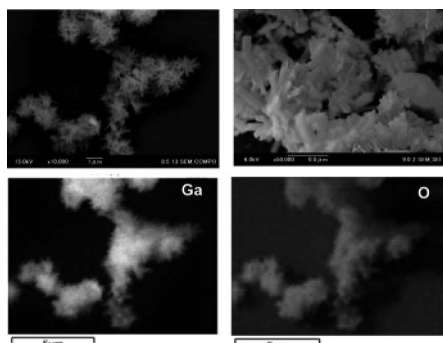


図3 GaOOH 粉末の FE-SEM/EDS 像

また、作製した粉末の XRD スペクトルを図4に示す。このとき、粉末には100℃ 毎にアニール無し-850℃ の条件でアニーリング処理を行った。図よりアニール無し-350℃ までは GaOOH、450℃ -550℃ では  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、650℃ -850℃ では  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が支配的であることを確認した。

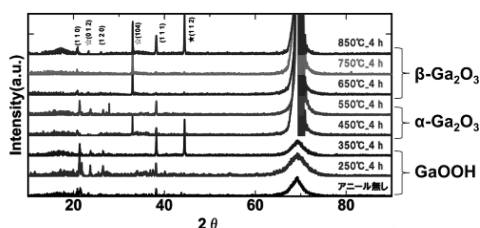


図4 GaOOH 粉末のアニール温度別 XRD スペクトル

## 4.2 GaOOH 粉末を用いた光触媒実験結果

図5に MB 溶液の透過率スペクトルを示す。実験結果より、アニール処理を行っていない GaOOH 粉末を用いたときが最も高い12%の透過率を示した。光触媒効果としては GaOOH が最も高かった。

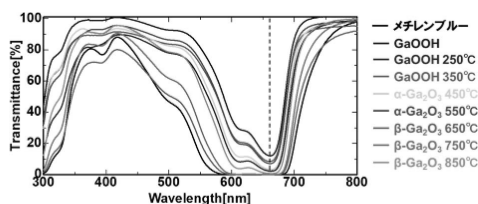


図5 MB 溶液アニール温度別光触媒特性

図6に分解する溶液を MB 溶液から CR 溶液に変更し可視光照射を行った後の透過率スペクトルを

示す。CR 溶液の最大吸収波長497nmにおいて、可視光照射1hで透過率は80%を示した。また、可視光照射3hで透過率は98%を示した。CR 溶液は MB 溶液と比較して GaOOH 粉末との相性がいいことを確認した。

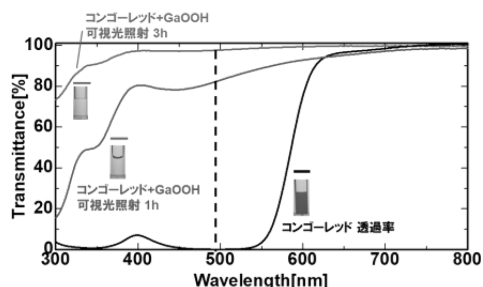


図6 CR 溶液の透過率スペクトル

図7にコアフエリチン溶液に GaOOH 粉末を投入し可視光照射を行った時の透過率スペクトルと FE-SEM/EDS 像を示す。照射時間1h. で99%まで透過率が上昇した SEM/EDS で分解後の溶液を観察した。Gaに付着したCとFeのマッピングが完全に一致しないことからコアフエリチンのCとFeの分離に成功したと考えられる。

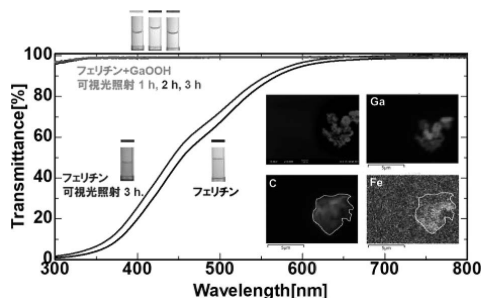


図7 フェリチンの透過率と FE-SEM/EDS 像

## 5. まとめ

超音波分散法を用いて GaOOH 粉末を作製し光触媒実験を行い、光触媒作用を実証した。

## 謝辞

今回の研究にあたりご指導いただきました山本伸一先生及び今井崇人先生、岡本尚文様、研究室の皆様にご心から感謝いたします。



## 第 71 回応用物理学会春季 学術講演会に参加して

池田 隼人

Hayato IKEDA

電子情報学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 22 日～25 日に東京都市大学世田谷キャンパスで開催された、「2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会」に参加し、3 月 23 日に「管状炉中の焼成位置による  $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  粉末の発光特性評価」というテーマについて、ポスター発表を行った。

### 2. 研究背景

無機 EL (EL: Electro-Luminescence) は電界印加により励起・発光するデバイスである。無機蛍光体の化学的安定性から、長寿命な発光デバイスへの応用が期待されている。しかし、現在実用化されている無機 EL は低輝度であり、演色性に優れないことからディスプレイへの応用が難しい。 $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  蛍光体は、フルカラー EL ディスプレイ用途の有力な青色蛍光体として期待されている<sup>[1]</sup>。本研究では、固相反応法により Al, BaS, S, EuS 粉末から  $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  粉末の合成・特性評価を行った。

### 3. 実験方法

$\text{BaS}:\text{Al}:\text{S}:\text{EuS}=1:2:3:0.05$  のモル比で粉末を混合し、すり鉢で 50 回混ぜ合わせた。混合した粉末は、管状炉の加熱ゾーン 5 に配置し、Ar を上流から下流へ流した (Fig. 1)。配置した混合粉末は、750, 800, 850, 900, 950℃<sub>30min</sub> の条件で固相反応を行い、 $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  粉末を作製した。作製した粉末に Black light (波長 365nm) を照射し、PL 特性を測定した。PL 特性から積分強度を算出し、評価した。また、PL 特性から色度を得た。

混合した粉末を管状炉の加熱ゾーン 2-6 にそれぞ

れ配置し、Ar を上流から下流へ流した (Fig. 2)。加熱ゾーン 1 には硫黄 3g を配置した。配置した混合粉末は、1000℃<sub>30min</sub> の条件で固相反応を行い、 $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  粉末を作製した。作製した粉末に He-Cd Laser (波長 325nm) を照射し、PL 特性を測定した。PL 特性から積分強度を算出し、管状炉の位置依存性を評価した。また、PL 特性から色度を得た。

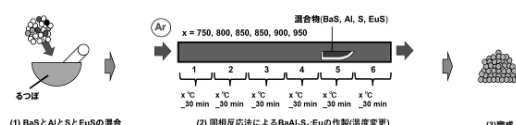


Fig. 1 Fabrication method of  $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  depending on annealing temperatures

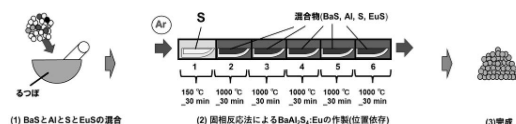


Fig. 2 Fabrication method of  $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  depending on the position of the tube furnace

### 4. 実験結果

固相反応法により温度条件を変更して作製した  $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  粉末に Black light (波長 365nm) を照射し、PL 特性を測定した (Fig. 3 (a))。発光波長 495nm においてピークを示した。焼成温度を 750℃ から 950℃ に上昇させることでより高いピークを示した。PL 特性から積分強度を算出した (Fig. 3 (b))。温度を上昇させることにより、高い積分強度を示す傾向が得られた。PL 特性から色度を得た (Fig. 4)。焼成温度を上昇させることにより、青色に近い発光を示した。

固相反応法により作製した、管状炉の位置による  $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  粉末に He-Cd Laser (波長 325nm) を照射した。加熱ゾーン 1 の左端を基準点 0cm とし、右向きを正として位置による PL 特性を測定した (Fig. 5 (a))。各測定点によるピーク波長を平均し、平均発光波長 495nm においてピークを示した。固相反応法により作製した  $\text{BaAl}_2\text{Si}_4\text{:Eu}$  粉末の位置に



よる発光積分強度を詳細に求めた (Fig. 5 (b)). 30 ~ 40cm の位置における発光強度は高い傾向が得られた.

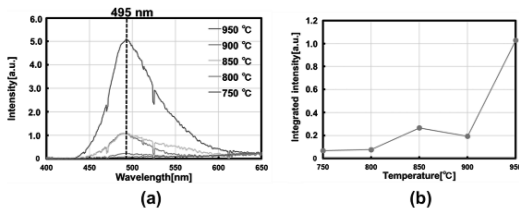


Fig. 3 (a) PL spectra of  $\text{BaAl}_2\text{S}_4: \text{Eu}$  (temperature)  
(b) Emission integrated intensity of  $\text{BaAl}_2\text{S}_4: \text{Eu}$  (temperature)

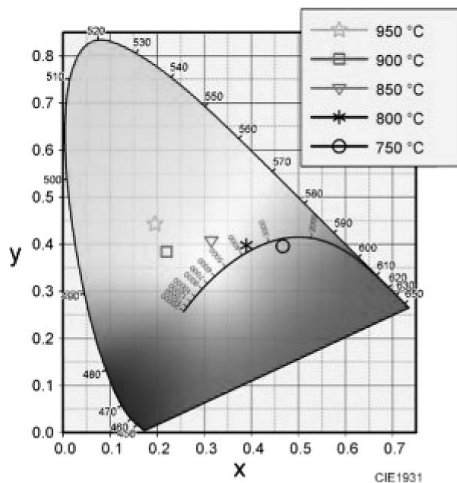


Fig. 4 Chromaticity diagram of  $\text{BaAl}_2\text{S}_4: \text{Eu}$  (temperature)

これは、配置した試料内の硫黄が、Ar の流れに従って上流から下流側 (Fig. 2 中の左から右側) へ供給されたためであると考ええる。また、管状炉の外側 (0~30cm および 40~60cm) では、硫黄の供給量が十分ではなく、発光強度が低くなったと考察している。PL 特性から色度を得た (Fig. 6)。15.0cm の位置において青色から遠ざかったのは、硫黄の供給量が過剰なためと考える。

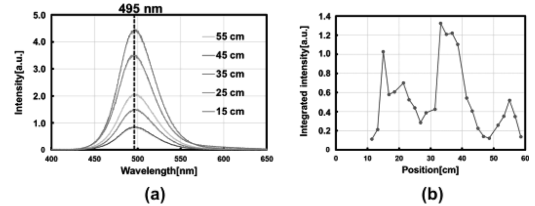


Fig. 5 (a) PL spectra of  $\text{BaAl}_2\text{S}_4: \text{Eu}$  (position)  
(b) Emission integrated intensity of  $\text{BaAl}_2\text{S}_4: \text{Eu}$  (position)

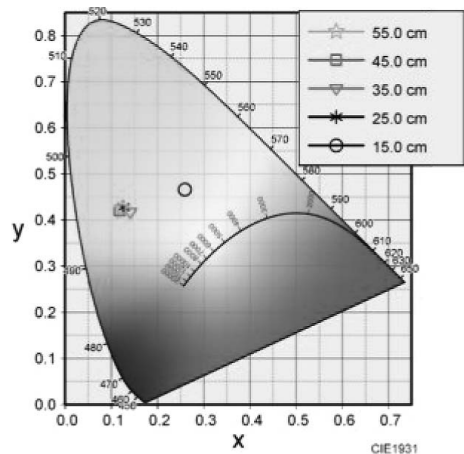


Fig. 6 Chromaticity diagram of  $\text{BaAl}_2\text{S}_4: \text{Eu}$  (position)

## 5. まとめ

$\text{BaS}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{EuS}$  粉末を混合し、管状炉を用いて反応させることにより  $\text{BaAl}_2\text{S}_4: \text{Eu}$  粉末を作製した。温度を上昇させることで発光強度が高くなった。また、管状炉の位置による発光特性を評価し、30~40 cm の位置で積分強度が高くなることが分かった。

## 参考文献

[1] Miura et al., JJAP 38, L1291, 1999

## 謝辞

今回の学会発表を行うにあたり、懇切なご指導を頂きました山本伸一教授、山本研究室の先輩方や、共に協力し合い、励ましあった研究室の仲間たちに心より感謝いたします。



## 液相析出法による酸化スズ薄膜の 作製とそのペロブスカイト 太陽電池の電子輸送層への応用

黒川 聖也

Seiya KUROKAWA

物質化学専攻修士課程 1年

### 1. はじめに

2024年3月23日、東京都市大学世田谷キャンパスで開催された、第71回応用物理学会春季学術講演会に「液相析出法による酸化スズ薄膜の作製とそのペロブスカイト太陽電池の電子輸送層への応用」というタイトルで参加した。

### 2. 緒言

ペロブスカイト太陽電池は安価で作成可能であり、高変換効率を有することから現在注目されている。今回はペロブスカイト太陽電池の中でもペロブスカイト層の電荷分離によって生成した電子を引き抜く役割を持つ電子輸送層について注目しました。この電子輸送層には  $\text{TiO}_2$  が用いられてきましたが、導電性の向上のために高温熱処理が必要で、基板に PET を用いるフレキシブルペロブスカイト太陽電池などの応用に向かないことから、今回はより低温で成膜でき導電性を持つことが期待できる  $\text{SnO}_2$  を金属フルオロ錯体の加水分解平衡反応を用いて成膜する、液相析出法により成膜し、ペロブスカイト太陽電池の電子輸送層への応用を目的とした。

### 3. 実験方法

液相析出法の反応母液には、5%  $\text{H}_2\text{O}_2$  を含む 5% HF 水溶液に  $\text{SnF}_2$  を溶解したものと  $\text{H}_3\text{BO}_3$  水溶液を用いた。 $\text{SnO}_2$  薄膜は、これらの母液を  $\text{SnF}_2$  と  $\text{H}_3\text{BO}_3$  がそれぞれ  $0.01\text{mol dm}^{-3}$  と  $0.20\text{mol dm}^{-3}$  になるように調製し混合した反応溶液中に、FTO 基板あるいはホウケイ酸ガラスを  $60^\circ\text{C}$  で浸漬することにより作製した。膜厚は  $50\text{nm}$  になるように反応時

間を調製し、熱処理は空气中  $200, 500^\circ\text{C}$  で 30 分間行い熱処理無し (as-dep.) 熱処理  $200, 500^\circ\text{C}$  の 3 試料で比較した。得られた薄膜は走査型電子顕微鏡 (SEM)、X 線光電子分光法 (XPS)、X 線回折 (XRD) 法、UV-Vis で評価した。FTO 基板上に成膜した  $\text{SnO}_2$  薄膜上にペロブスカイト層 ( $\text{Cs}_{0.05}(\text{FA}_{0.83}\text{MA}_{0.17})\text{Pb}(\text{I}_{0.83}\text{Br}_{0.17})_3$ )、正孔輸送層として Spiro-OMeTAD をスピンコートで成膜し、その後金電極を真空蒸着し平面ヘテロ型 PSC を作製した。得られた PSC はソーラーシミュレータを用いて評価した。

### 4. 結果と考察

#### 4.1 酸化スズの表面形態について

得られた薄膜の SEM 像より薄膜は微小な粒子から構成されていることがわかった。粒径は析出直後 (as-dep.) の薄膜では約  $45\text{nm}$ 、 $500^\circ\text{C}$  での熱処理後の薄膜では約  $62\text{nm}$  であり、熱処理温度の上昇に伴い大きくなる傾向が得られた。

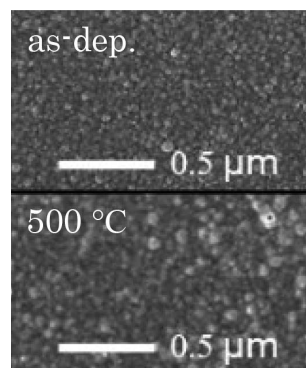


図1 酸化スズ薄膜の表面形態

#### 4.2 酸化スズ薄膜の結晶性

得られた薄膜の XRD より、as-dep. の薄膜においても  $\text{SnO}_2$  に帰属されるピークが確認でき、熱処理温度が上昇するにつれてピークがシャープかつ強度が大きくなることが観察された。これより、熱処理によりまたは熱処理温度の上昇に伴い薄膜を構成する  $\text{SnO}_2$  の結晶子サイズが大きくなり、結晶性が向上している事が確認できた。



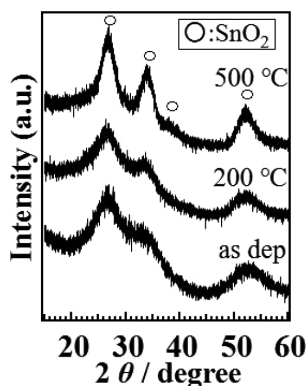


図2 酸化スズ薄膜の XRD 測定結果

### 4.3 SnO<sub>2</sub> 薄膜の光学的バンドギャップ

得られた SnO<sub>2</sub> 薄膜を UV-Vis により吸光度を測定した後、tauc プロットによりバンドギャップを決定したところ、熱処理温度の上昇に伴いバンドギャップは減少していることが確認できた。

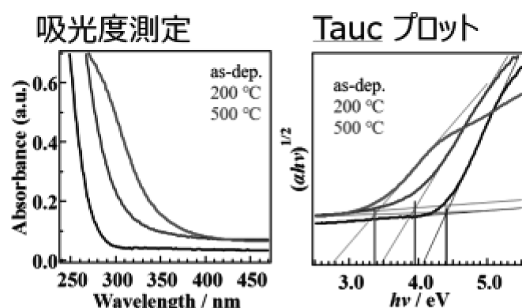


図3 UV-Vis によるバンドギャップの決定

### 4.4 ペロブスカイト太陽電池の ETL として応用

作製した SnO<sub>2</sub> 薄膜を ETL とし、PSC を作製した。J-V 測定より (表 1), ETL として as-dep., 200 °C の SnO<sub>2</sub> を用いた場合、変換効率はそれぞれ 11.98, 10.40% を示した。一方、500 °C で熱処理を施した SnO<sub>2</sub> では約 6.24% となり、高温で熱処理した SnO<sub>2</sub> 薄膜では変換効率が低下した。

表 1 J-V 特性測定結果 (チャンピオンデータ)

	V <sub>oc</sub> [mV]	J <sub>sc</sub> [mA cm <sup>-2</sup> ]	F.F.	PCE (%)
as-dep.	1065	17.53	0.642	11.98
200 °C	865	18.20	0.661	10.40
500 °C	593	17.87	0.588	6.24

### 4.5 ペロブスカイト太陽電池の特性

作製したペロブスカイト太陽電池のフォトルミネッセンス測定を行ったところ、200 °C が 1 番良い消光効果を示したことから電荷抽出がより効率良く行われ、電子と正孔の再結合も少ないことから、電流、F.F. が良いと考えられる。

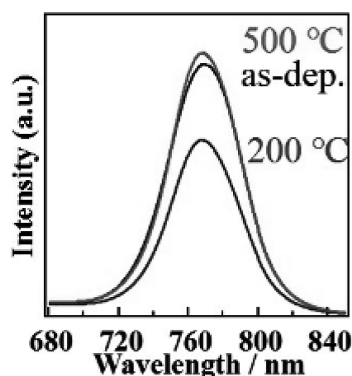


図4 フォトルミネッセンス測定結果

また、開放電圧がバンドギャップの減少に伴い低下していることから、SnO<sub>2</sub> の伝導帯が低下したことで開放電圧が減少し、変換効率が低下したのだと考えられる。

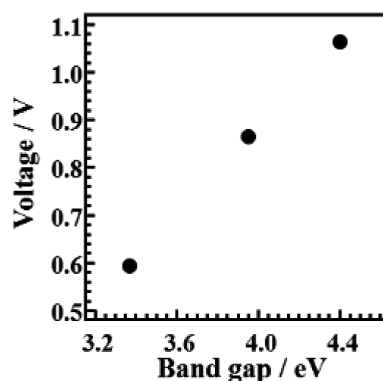


図5 開放電圧とバンドギャップの関係

## 5. 結論

液相析出法により作製した酸化スズ薄膜はペロブスカイト太陽電池の電子輸送層として応用可能であり、低温 (200 °C) 以下で変換効率 10% 以上を記録し、as-dep. のものでは 11.98% を記録した。



## 第 71 回応用物理学会春季 学術講演会 パルスレーザー堆積法および ECR プラズマスパッタリング法による アモルファス炭素薄膜の作製と その電気化学特性

長 島 捷 悟

Shogo NAGASHIMA

物質化学専攻修士課程 1 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 22 日から 25 日に東京都市大学世田谷キャンパスで開催された第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「パルスレーザー堆積法および ECR プラズマスパッタリング法によるアモルファス炭素薄膜の作製とその電気化学特性」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 緒言

アモルファス炭素 (a-C) は  $sp^2$  混成炭素と  $sp^3$  混成炭素が混在する炭素材料であり、その構造や組成は作製方法、条件に依存することが知られている。その物性は、構造、組成に大きく依存し、電氣的、光学的、化学的性質をダイヤモンドライクからグラファイトライクまで制御可能である。近年、この a-C 薄膜の電気化学用電極材料としての応用が注目されている。a-C 薄膜は、水溶液中で広い電位窓を持ち、バックグラウンド電流が低いことから各種電気化学センサ用の電極材料として期待されている。本研究ではパルスレーザー堆積法 (PLD 法) および電子サイクロトロン共鳴プラズマスパッタリング法 (ECR プラズマスパッタリング法) により a-C 薄膜を作製し、その構造や組成が電気化学特性に及ぼす影響について調査した。

### 3. 実験方法と結果・考察

アモルファス炭素 (a-C) は  $sp^2$  混成炭素と  $sp^3$  混

成炭素が混在する炭素材料であり、その構造や組成は作製方法、条件に依存することが知られている。その物性は、構造、組成に大きく依存し、電氣的、光学的、化学的性質をダイヤモンドライクからグラファイトライクまで制御可能である。近年、この a-C 薄膜の電気化学用電極材料としての応用が注目されている。a-C 薄膜は、水溶液中で広い電位窓を持ち、バックグラウンド電流が低いことから各種電気化学センサ用の電極材料として期待されている。本研究ではパルスレーザー堆積法 (PLD 法) および電子サイクロトロン共鳴プラズマスパッタリング法 (ECR プラズマスパッタリング法) により a-C 薄膜を作製し、その構造や組成が電気化学特性に及ぼす影響について調査した。

a-C 薄膜は PLD 法と ECR プラズマスパッタリング法を用いて n 型 Si 基板 (比抵抗値  $0.02\Omega\text{cm}$ ) 上に製膜した。PLD 法では Nd:YAG Laser ( $\lambda=266\text{nm}$ , 繰り返し周波数  $10\text{Hz}$ ) を用い、エネルギー密度を  $1.0, 2.0, 3.0\text{Jcm}^{-2}$ 、基板温度を室温、 $200, 400, 600^\circ\text{C}$  で製膜した。ECR プラズマスパッタリング法ではチャンバー内に Ar ガスを導入し、製膜時圧力  $4.0\times 10^{-2}\text{Pa}$ 、マイクロ波出力  $500\text{W}$ 、ターゲットバイアス  $-400\text{V}$ 、基板温度  $200^\circ\text{C}$  とし、基板バイアスを  $-0.8, +10, +20, +30, +40\text{V}$  と変化させた。いずれの方法においてもターゲットにはグラファイトを用い、膜厚は  $100\text{nm}$  とした。作製した a-C 薄膜は XPS, Raman 散乱分光法, TEM, EELS を用いて評価した。電気化学特性は、a-C 薄膜を作用電極とし、対極に白金電極、参照電極に Ag/AgCl 電極を用いたサイクリックボルタンメトリー (CV) により評価した。

XPS, および EELS の測定結果から PLD 法で作製した a-C 薄膜はレーザーエネルギー密度の減少および基板温度の上昇に伴って  $sp^2$  分率が増加した。一方 ECR プラズマスパッタリング法で作製した a-C 薄膜は基板バイアスを正に印加することにより  $sp^2$  分率が増加した。Raman 散乱分光の結果から、いずれの方法で作製した薄膜についても  $sp^2$  分



率の増加に伴って  $sp^2$  混成炭素の秩序化が進み,  $sp^2$  クラスタサイズが大きくなることが分かった。

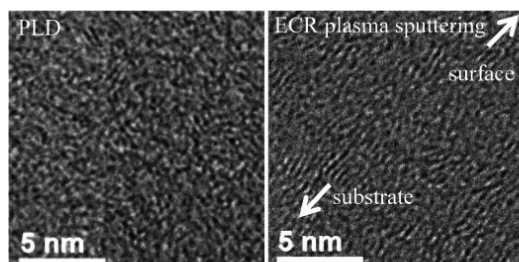


Fig. 1 TEM image of amorphous carbon thin films

Fig. 1 に, PLD 法を用いてレーザーエネルギー密度  $1.0\text{J}/\text{cm}^2$ , 基板温度室温で作製した a-C 薄膜と ECR プラズマスパッタリング法を用いて基板バイアス  $-0.8\text{V}$  で作製した a-C 薄膜の TEM 像を示す。これより, PLD 法で作製した a-C 薄膜はグラファイト微結晶の方向が不規則だが, ECR プラズマスパッタリング法で作製した a-C 薄膜ではグラファイト微結晶は c 軸が基板に平行方向であった。電気化学特性の評価は  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  の酸化還元反応より行った。

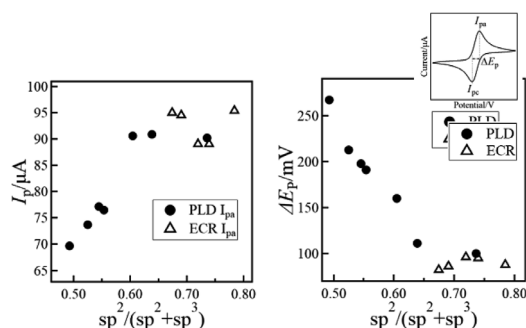


Fig. 2 Variation of current value ( $I_p$ ) and reduction potential difference ( $\Delta E_p$ ) as a function of the  $sp^2$  fraction

Fig. 2 の左に, 薄膜中の  $sp^2$  分率と  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  の酸化電流  $I_p$  の関係を示し, 右に薄膜中の  $sp^2$  分率と  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  の酸化電位と還元電位の電位差  $\Delta E_p$  の関係を示す。  $\Delta E_p$  は理想的な可逆反応では  $59\text{mV}$  となり, 可逆性の低下とともに大きくなる。図より明らかに  $sp^2/(sp^2+sp^3)=0.65$  までは  $I_p$  増加と  $\Delta E_p$  減少が起こり, その後  $I_p$  と  $\Delta E_p$  はほぼ一定となり, 薄膜中の  $sp^2$  分率の増加とともに電気化学活性が向上することが確認された。

#### 4. おわりに

私は今回の学会で初めてポスター発表を行った。ポスター発表は口頭発表に比べ意見交換を行う時間が長いので様々な意見をいただき自分の研究を客観的に見つめなおすいい機会となった。私の研究内容は炭素薄膜の電気化学特性を調査したものであり, 発表会場では珍しい研究でしたが非常に参考になるご意見をいただいた。今回の学会ではポスター発表と口頭発表をいくつか聴講してきたが, 研究内容やプレゼンテーション等において多くの刺激を受けたため, 今後の研究や研究室内の小さな報告会でも意識して研究活動を充実させていきたい。

最後に, このような貴重な機会を与えてくださり, 丁寧にご指導していただいた青井芳史教授, 支えてくれた研究室の皆様方に深く感謝いたします。



## 応用物理学会に参加して

深 尾 雄 也

Yuya FUKAO

電子情報通信学科 4 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 22 日から 25 日にかけて東京都世田谷区の東京都市大学にて開催となった、第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「マイクロ LED を用いた量子ドットの発光特性評価」という題目で研究発表を行った。

### 2. 研究背景

量子ドット (Quantum Dots) とは、光学特性を持つ直径  $2\text{nm} \sim 10\text{nm}$  の半導体結晶である。量子ドットは粒子の大きさを変化させることによってバンドギャップを制御することができ、それにより蛍光波長も操作することができる。また、コア・シェル型と呼ばれる 2 層構造にすることで発光強度が強くなることが確認されている。量子ドットその特性からは生体イメージング、照明、ディスプレイ、太陽電池、レーザーなど幅広い分野で応用されている。従来、高性能な量子ドットにはカドミウム (Cd) が用いられてきたが、RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令によって特定有害物質に指定され、使用が制限されている。

### 3. 研究目的

現在もっとも一般的な量子ドットにはカドミウム (Cd) が使用されているが、上記の RoHS 指令によって Cd の使用は制限されている。そこでカドミウムフリーの量子ドットとして今回は  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  に着目した。本研究では  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$ ,  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  QDs を作製し、材料の比率や加熱装置の変化による特性評価を行った。

### 4. 実験方法

初めに、 $\text{GaN LED Wafer}$  の  $\text{GaN:Si}$  側を  $\text{n-GaN}$  層が露出するようにダイヤモンドペンで  $5\text{N}$  で 3 回罫書いた。その後、 $\text{GaN:Si}$  表面と露出した  $\text{n-GaN}$  層に電極となる銀ペーストを塗布し  $80^\circ\text{C}$   $_{30\text{min}}$  で加熱することで  $\text{GaN LED Wafer Device}$  を作製した。

$\text{Ag}(\text{Cu})$ ,  $\text{In}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{S}$ , オレイン酸 ( $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ ), オクタデセン ( $\text{C}_{18}\text{H}_{36}$ ), オレイルアミン ( $\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{N}$ ), ドデカンチオール ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{SH}$ ) を使用し、ホットインジェクション法を用いて  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  ( $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ ) QDs を作製した。 $\text{Ag}(\text{Cu})$  と  $\text{Zn}$  の比率を調整することで赤色と緑色の QDs を作製した。QDs を  $100\mu\text{l}$  滴下し乾燥炉で  $80^\circ\text{C}$   $_{10\text{min}}$  で乾燥させ塗布した。この作業を 1-10 回行った。その後両電極にプローブの針を接触させ  $\text{GaN:Si}$  表面と接した銀ペーストに上限電流  $100\text{mA}$  とし  $+20\text{V}$  電圧を印加した。



図1 GaN LED Wafer Device の作製手順

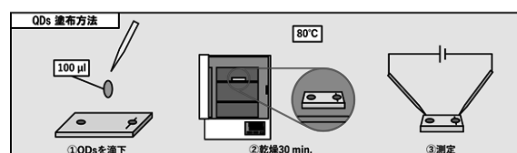


図2 GaN LED Wafer Device へ  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$ ,  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  QDs の塗布及び発光手順

### 5. 実験結果

赤色に発光する  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  QDs を  $\text{GaN LED Wafer Device}$  に塗布した結果、分光スペクトルより LED の EL 発光 ( $375\text{nm}$ ) と  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  QDs の PL 発光 ( $650\text{nm}$ ) を同時に確認した。また、 $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  QDs の発光波長  $650\text{nm}$  において、



AgInS<sub>2</sub>/ZnS QDs の塗布回数ごとの比較を行った結果、最も発光強度が高かったのは4回目の塗布を行った時であった。これは QDs の塗布回数が増加するにつれて QDs 自体の発光強度は上がるが、同時に GaN LED Wafer Device の発光強度が低下している。QDs のほうが発光効率が悪いいため、4回目の塗布が最も良いバランスで成り立っていた。

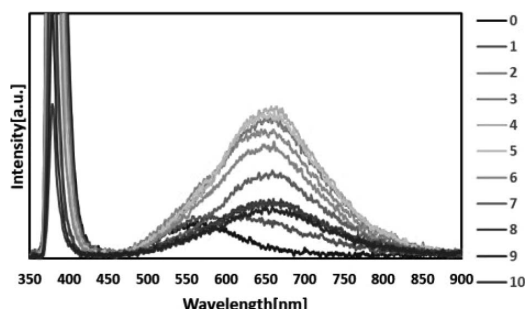


図3 QDs を塗布した GaN LED の発光スペクトル

同様に緑色の AgInS<sub>2</sub>/ZnS QDs と、赤・緑色の CuInS<sub>2</sub>/ZnS QDs を GaN LED Wafer Device に塗布したときの塗布回数と発光強度の関係を図4に示す。緑色の AgInS<sub>2</sub>/ZnS QDs は2回、赤・緑色の CuInS<sub>2</sub>/ZnS QDs は4回塗布した時点で発光強度が最大となった。

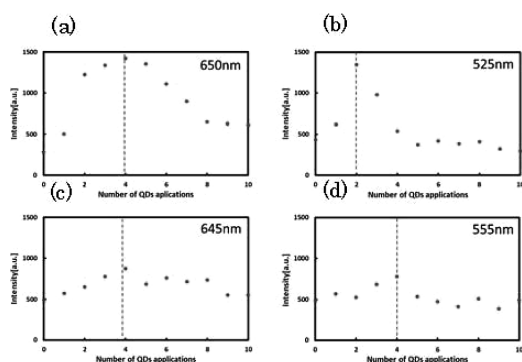


図4 (a) AgInS<sub>2</sub>/ZnS:red  
(b) AgInS<sub>2</sub>/ZnS:green  
(c) AgInS<sub>2</sub>/ZnS:red  
(d) AgInS<sub>2</sub>/ZnS:green

作製した QDs の PL 測定結果と、GaN LED Wafer Device に塗布した後の QDs の PL 測定結果を図5に示す。AgInS<sub>2</sub>/ZnS QDs は紫外線 (375nm) 発光を可視光線 (525nm, 650nm) に変換することが出来た。また、CuInS<sub>2</sub>/ZnS QDs は紫外線 (375nm) 発光を可視光線 (555nm, 645nm) に変換することが出来た。

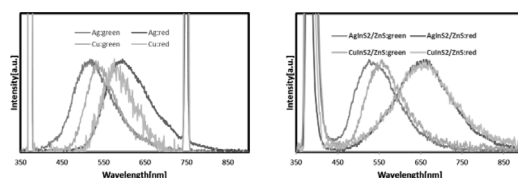


図5 左: QDs の PL 測定結果  
右: LED に塗布した QDs の PL 測定結果

作製した QDs の PL 測定結果と、GaN LED Wafer Device に塗布した後の QDs の色度図を図6に示す。

青く発光をしている LED が QDs によって赤、または緑色の発光にシフトしたことが確認できた。

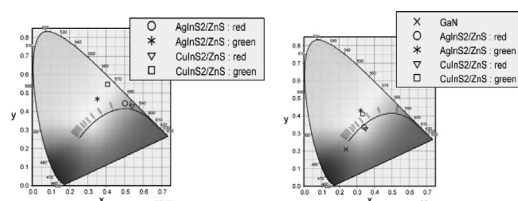


図6 左: QDs の PL 測定結果  
右: LED に塗布した QDs の色度図

## 6. まとめ

QDs を LED に塗布することで、QDs が発光することを確認した。塗布された QDs は塗布を重ねることで、発光強度が大きくなることを確認した。

## 謝辞

今回の研究にあたりご指導いただきました山本伸一先生に心から感謝いたします。



## スパッタリング法を用いた MoS<sub>2</sub> 合成

木村 智史  
Satoshi KIMURA  
電子情報通信課程 4年

### 1. はじめに

私は 2024 年 3 月 22 日から 25 日にかけて開催された第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「スパッタリング法を用いた MoS<sub>2</sub> 合成」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 背景

近年、グラフェンの研究を契機にして、単原子層（もしくは原子数層）からなる物質の研究が盛んに行われている。遷移金属ダイカルコゲナイド（TMD）は、そのような単原子層物質の一つであり、その優れた光・電子特性によりフレキシブルな種々の光・電子デバイスへの応用が期待されている。TMD の最も典型的な物質が層状二硫化モリブデン（MoS<sub>2</sub>）であり、そのバンド構造は層数に依存して変化することが知られている。バルクの MoS<sub>2</sub> は、約 1.3eV のバンドギャップを持つ間接遷移半導体であるが、一方単原子層 MoS<sub>2</sub> は、バンドギャップ約 1.8eV の直接遷移半導体であり、強い発光を示す。本実験では、スパッタリング法を用いて MoO<sub>3</sub>（前駆体）膜を用意した。硫黄（S）と三酸化モリブデン（MoO<sub>3</sub>）が化学気相成長法（CVD）を用いて反応することで MoS<sub>2</sub> 成膜することを目的とした。

### 3. 実験方法

スパッタリング装置を用いて 22W・4 Pa で 60min の条件で SiO<sub>2</sub>/Si 基板に MoO<sub>3</sub> を製膜した（Figure 1）。次に CVD を行うために、管状炉の石英管内に純硫黄（2.5g）を配置し、硫黄から 20, 30, 40cm の距離上に SiO<sub>2</sub>/Si 基板の酸化膜（200nm）表面を下

向きに置き、MoO<sub>3</sub> が成膜された SiO<sub>2</sub>/Si 基板を上向きに配置した。管状炉を Ar ガス雰囲気下で、硫黄：150℃\_30min, SiO<sub>2</sub>/Si 基板：750℃\_30min の加熱条件で MoS<sub>2</sub> の合成を行った（Figure 2）。昇温は 20℃/min で行い、加熱後は自然冷却を行った。成膜形態の測定は上側の SiO<sub>2</sub>/Si 基板の酸化膜（200 nm）表面で実施した。

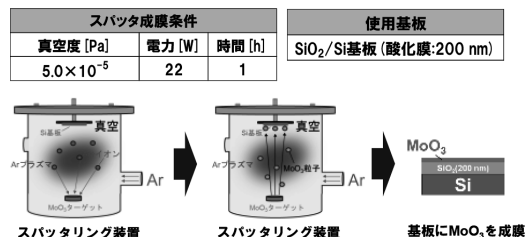


Figure 1 Experimental method (Sputtering)

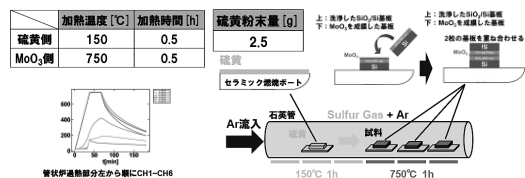


Figure 2 Experimental method (CVD synthesis)

### 4. 実験結果

合成した MoS<sub>2</sub>（硫黄からの距離 30cm）の走査電子顕微鏡（SEM: Scanning Electron Microscope）像を Figure 3 に示す。倍率は 330 倍で、スケールバーは 50μm である。計測した MoS<sub>2</sub> 粒径は約 70 μm であった。MoS<sub>2</sub> の特徴である三角形という形状から、スパッタリング法で作製した MoO<sub>3</sub> 薄膜を用いて、CVD 法によって MoS<sub>2</sub> を合成することができたと考える。硫黄からの距離ごとの MoS<sub>2</sub> の粒径変化を Figure 4 に示す。硫黄から 30cm が最適であるといえる。原子間力顕微鏡（AFM: Atomic Force Microscope）による測定結果を Figure 5 に示す。単層の MoS<sub>2</sub> の厚みは約 0.65nm であるため、Figure 5 の MoS<sub>2</sub> は約 4 層である。測定画像の MoS<sub>2</sub> 以外の小さな粒は硫黄によるエッチホールだと考える。また、基板当たりの面積比率の結果を Table 1、



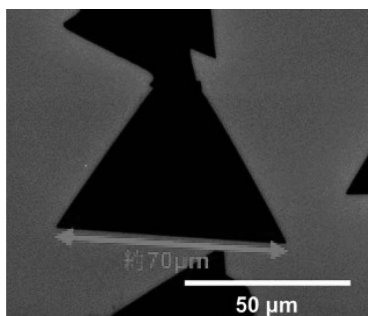


Figure 3 SEM observation photo of MoS<sub>2</sub>

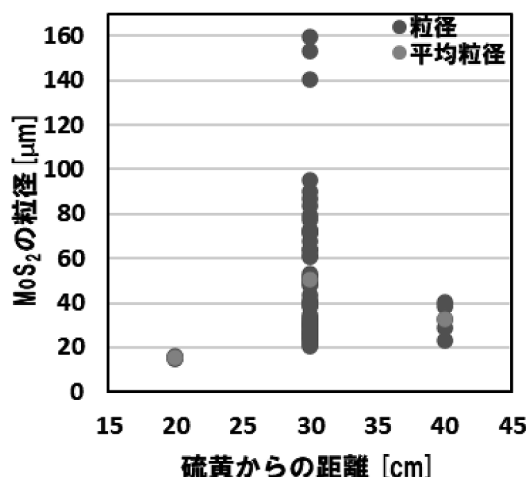


Figure 4 Position dependence of MoS<sub>2</sub> particle size

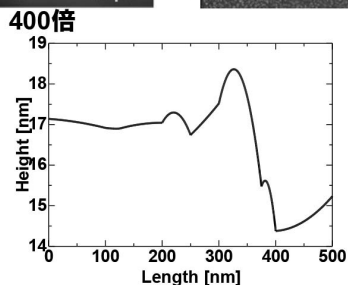
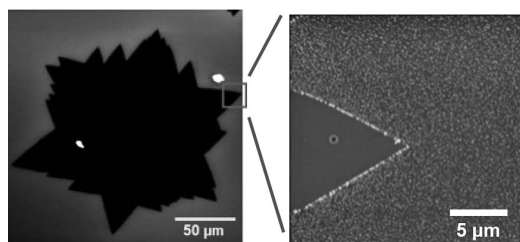


Figure 5 AFM observation and cross-sectional profile

Table 1 MoS<sub>2</sub> area ratio per substrate

硫黄側からの 基板内距離(mm)	面積比率(%)				
	1列目	2列目	3列目	4列目	5列目
5	0.9	3.8	5.6	4.7	5.8
35	2.8	0.2	0.0	0.7	7.6
65	3.7	0.5	0.8	1.0	11.3
95	4.4	0.0	0.0	0.0	4.5
125	1.4	6.6	11.7	8.0	8.5

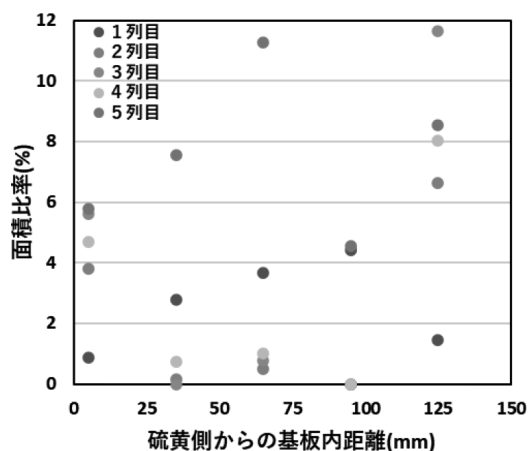


Figure 6 MoS<sub>2</sub> area ratio per substrate

Figure 6 に示す．基板の 25箇所測定し，一番高い割合でも約 11.7% であり，平均すると基板全体では約 3.8% だった．外枠（16か所）と内側（9か所）で比較すると，内側の割合が低い傾向が見られ，それぞれの平均値を比較すると，内側が 0.35%，外枠が 5.70% と差が生まれ，外枠は内側の約 16 倍であった．

## 5. おわりに

今回の発表にあたり，ご指導頂きました山本伸一教授に心より感謝いたします．また，様々なことで質問，議論をさせて頂いた山本研究室に所属している院生の先輩方，同級生の方々に御礼申し上げます．



## 「第 71 回応用物理学会春季 学術講演会」に参加して

松田 侑真  
Yuma MATSUDA  
電子情報通信課程 4 年

### 1. はじめに

私は東京都市大学 世田谷キャンパスにて 2023 年 3 月 22 日～25 日に開催された第 70 回応用物理学会春季学術講演会にポスター発表で参加した。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

有機分子が固体表面に吸着、結合して形成される自己組織化単分子膜（self-assembled monolayers: SAMs）は、その成膜の簡便さと用途の広さから注目されている。単分子が試料表面に結合し、その過程で厚さ約 1～2nm の単分子膜が基板表面上に形成される。SAMs は高い配向性と安定性を持ち、末端官能基によって様々な機能を導入できる利点がある。特にホスホン酸（phosphonic acid: PA）は短時間で金属酸化膜等に単分子膜形成が可能という特徴を持つ。本研究では、短時間で成膜可能な計 5 種類の PA（Phosphonic Acid）系単分子膜を Ga 薄膜上に成膜し接触角特性を測定した。

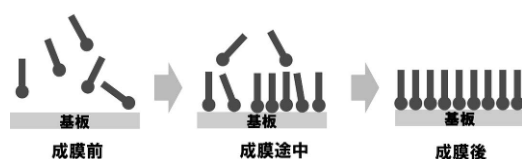


図1 単分子膜成膜の様子

#### 2.2 実験方法

成膜する SAMs はヘキシルホスホン酸：H(C6)PA, デシルホスホン酸：D(C10)PA, テトラデシルホスホン酸：TD(C14)PA, およびオクタデシルホスホン酸：OD(C18)PA の計 4 種類を用いた。SiO<sub>2</sub>/Si 基板に抵抗加熱蒸着装置を用いて Ga (0.01-0.05g)

を蒸着して Ga 薄膜を成膜し、500℃\_4h. でアニール処理し XRD パターン解析を行った。

以下に SAMs の成膜手順を示す。0.01g の Ga を用いて成膜した GaOX/Ga/SiO<sub>2</sub>/Si 基板に UV 照射を 10min. 行った。溶質を 1.0mM 含むアニソール中に GaOX/Ga/SiO<sub>2</sub>/Si 基板を浸漬させ SAMs の成膜を行った。浸漬時間はそれぞれ 10-60min. とした。SAMs 成膜後の試料に超純水を滴下し、接触角の測定を行った。また、Al 薄膜上に SAMs を成膜した試料も同様の手順で接触角を測定し比較を行った。その後、成膜した試料をホットプレート上で 10 min. 加熱し加熱し SAMs の耐熱性を測定した。

#### 2.3 実験結果

図1に Ga 薄膜の XRD パターンを示す。22°, 32°, 36° においてピークが確認された。蒸着時の Ga の質量が増加するに伴って、確認されるピークの強度が増加する傾向があった。

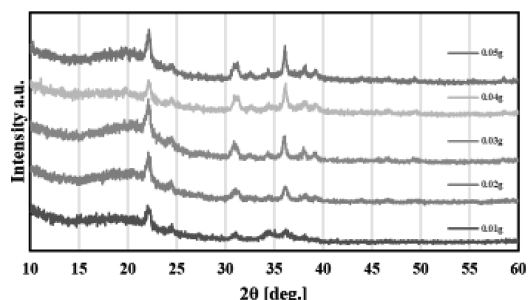


図2 Gaの質量ごとの XRD パターン

図2に Ga 及び Al 薄膜上の接触角値を示す。Ga の最大接触角値が得られた条件は OD(C18)PA: 60 min. (120.9°)であった。また、Al の最大接触角値 (110.7°) は TD(C14)PA: 20min. を用いた時であり、単分子膜の炭素鎖長が大きくなるにつれて、接触角値が大きくなる傾向があった。すべて SAMs において、下地膜に Ga を用いた方が大きな接触角を得た。



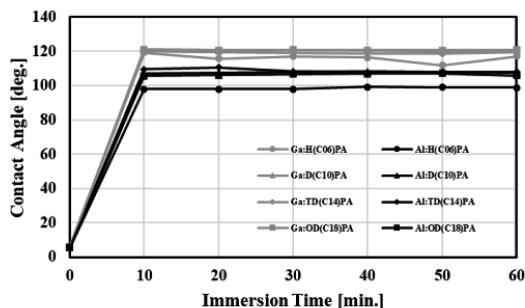


図3 Ga 及び Al 薄膜上に成膜した SAMs の浸漬時間と接触角値の関係

図4, 図5に Ga 及び Al 薄膜に成膜した SAMs をホットプレート上で加熱した基板の接触角の値を示す。Al 及び Ga 薄膜上に成膜された単分子膜は室温から 200℃ まで水滴接触角値 (100°) を維持することができた。250℃ では接触角値が 50-90° に下降し、300℃ では接触角値が 30° 以下になった。このことから 300℃ では金属基板表面の SAMs は分解されたことが考えられる。

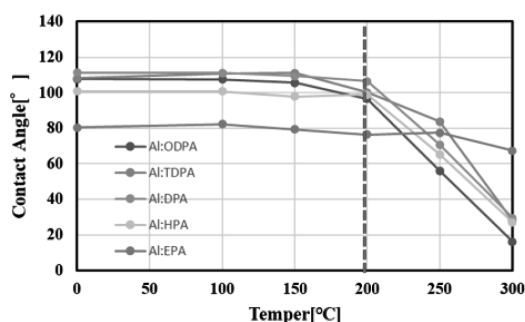


図4 加熱後の Al 上の SAMs の接触角

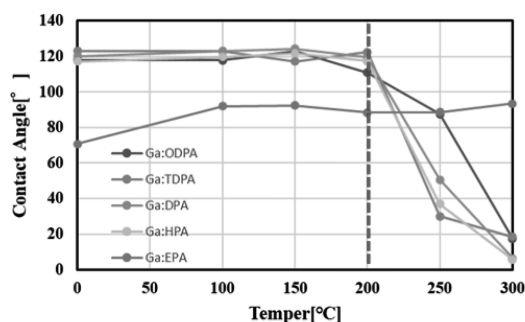


図5 加熱後の Ga 上の SAMs の接触角

## 2.4 まとめ

本研究では 5 種類の PA 系単分子膜材料を用いて、Al 薄膜及び Ga 薄膜に単分子膜を成膜して評価を行った。どちらの基板でも接触角測定より炭素分子鎖が長い試料につれ接触角の値は増加する傾向が見られ、E(C02)PA を除く 4 種類の材料で成膜した単分子膜の接触角の値では Ga が Al より 5°~15° 高い疎水性が確認できた。また、ホットプレート上で単分子膜を加熱すると、200℃ まで水滴接触角値 (100°) を維持することができた。

## 3. おわりに

120 分間のポスター発表で、企業の方や他大学の先生方と活発な議論ができたと感じています。

今回の経験を活かし、今後多くの視点から考えられるように活かしていきたいと思います。

## 謝辞

本研究を終えるにあたり、研究に取り組む姿勢から研究に関すること、研究以外に至るまで幅広くご指導していただいた龍谷大学先端理工学部電子情報通信課程に心より感謝致します。また、格別のご指導を頂いた山本伸一先生、共同研究者として大竹忠様に感謝いたします。そして、日頃の研究において協力や議論をしていただいた研究室の方々に深く感謝いたします。



## 窒化ガリウム発光ダイオードの 特性評価とワイヤレス駆動

吉井 大和  
Yamato YOSHII

電子情報通信課程 4年

### 1. はじめに

私は2024年3月22日から25日に東京都市大学世田谷キャンパスにて開催された「第71回応用物理学会春季学術講演会」に参加した。この講演会において、私は「窒化ガリウム発光ダイオードの特性評価とワイヤレス駆動」というタイトルでポスター発表を行った。

### 2. 研究背景

発光ダイオード（LED: Light Emission Diode）は、p-n 接合に電流を流して発光させる半導体発光素子で、半導体材料の違いで紫外、可視、赤外域のさまざまな波長の光を発光させることができる。また MicroLED は、高輝度、高エネルギー効率、低コスト、長寿命という優れた組み合わせを提供する。本研究では、GaN デバイスに蛍光体層を成膜することで、発光ダイオードの輝度に与える影響について調べた。

### 3. 実験方法

窒化ガリウムウエハを1cm角にカットし、UV洗浄を10min行い基板表面の不純物を取り除いた。次にGaN表面にn型GaN層電極、p型GaN層電極を作製後、乾燥炉で100℃\_10min加熱する。次に蛍光体粉末と樹脂を混合し蛍光体溶液を作製する。p型GaN側とサファイア基板側に混合した蛍光体溶液を塗布し、乾燥炉で100℃\_10min加熱し成膜する。p型GaN層に+電極、n型GaN層に-電極を接続し直流電圧を印加しながら、分光特性および輝度特性を測定した。

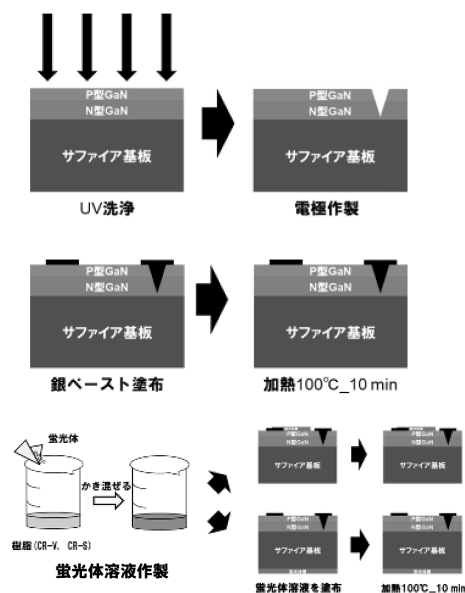


Fig. 1 Creation steps

### 4. 実験結果

#### 4.1 表面と裏面の発光強度の比較

Fig. 2 は作製した発光ダイオードに順方向電流を100mA印加し、積分時間を20msecに設定した場合の分光特性を示す。GaN LEDが発光波長375nmを示し、Green 蛍光体から発する発光は535nmを得た。表面側と裏面側を比較した結果、裏面側に蛍光体を塗布した方がGaN LEDの発光強度が強くなる事が分かった。

次に、作製した発光ダイオードに順方向電流を0～100mAまで5mAずつ上げて印加した場合の電流と輝度の関係をFig. 3に示す。電流が上昇するにつれ発光ダイオードの輝度も上昇する傾向がみられた。電流が100mAの時に表面では約2,000cd/m<sup>2</sup>を示し、裏面では4,000cd/m<sup>2</sup>を示した。先程と同様に表面側と裏面側を比較した結果、裏面側に蛍光体を塗布した方がGaN LEDの輝度が約2倍高くなる事が分かった。また、上部電極が光を遮っている為、表面では発光が弱くなっていると考えた。



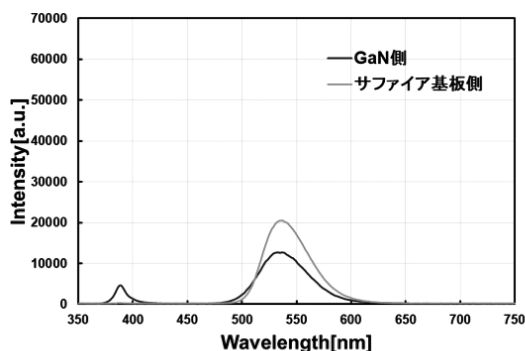


Fig. 2 Spectral characteristics of front and back surfaces

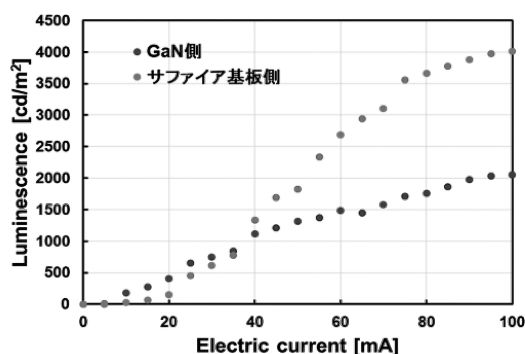


Fig. 3 Brightness characteristics of front and back surfaces

#### 4.2 裏面を使用した RGB 色及び, White 色の表現

Fig. 4 は作製した発光ダイオードに順方向電流を 50mA 印加し, 積分時間を 20msec に設定した場合の分光特性を示す. GaN LED が発光波長 375nm を示し, Blue 蛍光体から発する発光は 450nm, Green 蛍光体から発する発光は 535nm, そして Red 蛍光体から発する発光は 625nm を得た. また, White 蛍光体から発する発光は 455nm, 490nm, そして 610nm の発光波長を示した. 発光波長 375nm の光は蛍光体層が吸収したと考えられる.

次に, 作製した発光ダイオードに順方向電流を 0 ~ 100mA まで 5mA ずつ上げて印加した場合の電流と輝度の関係を Fig. 5 に示す. 電流が上昇するにつ

れ発光ダイオードの輝度も上昇する傾向がみられた. 電流が 100mA の時に Blue 発光は約 3,000cd/m<sup>2</sup> を示し, Green 発光, Red 発光は, それぞれ約 4,000cd/m<sup>2</sup>, 1,500cd/m<sup>2</sup> を示した. また, White 発光は最も高く, 約 9,500cd/m<sup>2</sup> を示した. また, ワイヤレス駆動による発光もすでに行っている.

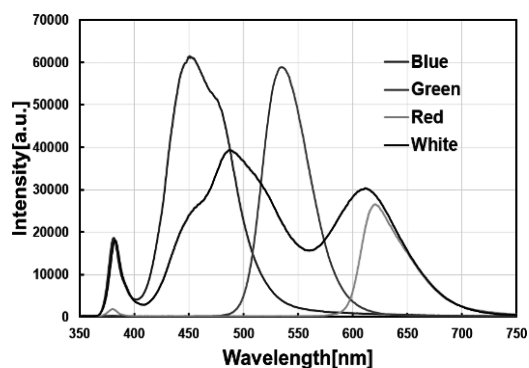


Fig. 4 Spectral characteristics of GaN LEDs

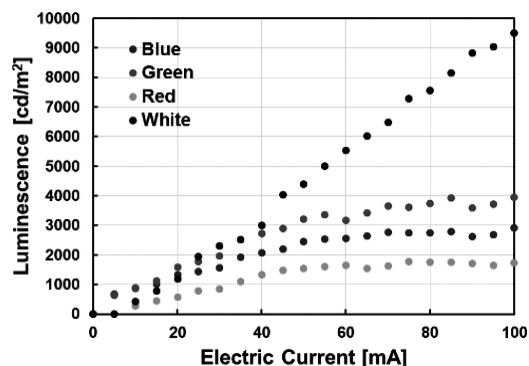


Fig. 5 Brightness characteristics of GaN LEDs

#### 5. おわりに

本研究を終えるにあたり, 研究に取り組む姿勢から研究に関するご指導, また研究以外に至るまで幅広くご指導していただいた, 山本伸一先生, 和辻浩一先生に心より感謝いたします. そして, 日頃の研究においてご協力していただき, 活発な議論をしていただいた山本研究室の方々に御礼申し上げます.



## 第 71 回応用物理学会春期学術講演会に参加して

阪 本 樹乃里  
Junori SAKAMOTO  
応用化学課程 4 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 22 日から 25 日に東京都市大学世田谷キャンパスにて開催された第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加した。この講演会において、私は「液相析出 (LPD) 法による  $\text{NiO}_x$  薄膜の作製とそのエレクトロクロミック特性」というタイトルでポスター発表を行った。

### 2. 研究背景

エレクトロクロミックとは、電圧印加による電気化学的酸化還元反応で物質の色が可逆的に変化する現象である。エレクトロクロミックデバイスの特徴としては、低消費電力、高い発色効率、高いメモリー効果などが挙げられる。エレクトロクロミックを示す無機材料の中でも  $\text{NiO}_x$  は、発色効率が良く、ダイナミックレンジが大きく、材料コストが低いため、陽極 EC 材料としてよく知られている。一方、金属フッ化物錯体水溶液からの金属酸化物薄膜合成法である液相析出法は、基板の表面形態に依存せずに均一な金属酸化物膜が製膜可能であり、高価な真空装置なども不要なため経済性に優れた製膜法である。本研究では、液相析出法により  $\text{NiO}_x$  薄膜を作製し、そのエレクトロクロミック特性について検討した。

### 3. 実験操作

$\text{NiO}_x$  薄膜は、基板に FTO ガラスを用いて、 $\text{NiF}_2$   $0.08\text{mol dm}^{-3}$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$   $0.20\text{mol dm}^{-3}$  の反応溶液中に FTO ガラスを垂直に浸漬することにより作製した。反応温度は  $60^\circ\text{C}$ 、反応時間は 2h とした。得られた  $\text{NiO}_x$  薄膜は、空気中で  $200\sim 500^\circ\text{C}$ 、3h 焼成を行っ

た。

作製した  $\text{NiO}_x$  薄膜は、原子存在比と結合状態は X 線光電子分光法 (XPS)、表面形態は走査型電子顕微鏡 (SEM)、結晶構造は X 線回折法 (XRD) を用いてそれぞれ評価を行った。電気化学的特性はサイクリックボルタンメトリー (CV)、光学的特性は紫外可視分光光度計 (UV-Vis) を用いてそれぞれ評価を行った。電気化学測定は、 $1.0\text{mol dm}^{-3}$  KOH 水溶液で、参照電極に Ag/AgCl 電極、対極には Pt 線を使用した。CV 測定は  $-0.2\sim 0.7\text{V}$  の範囲を  $50\text{mV s}^{-1}$  の走査速度で行った。CA 測定は  $0.7\text{V}$  を 30 秒印加し着色した後、 $-0.2\text{V}$  を 30 秒印加し脱色させ、その際の電流の時間応答と透過率を測定した。

### 4. 結果

作製した  $\text{NiO}_x$  薄膜は、XRD より析出直後および  $200, 300^\circ\text{C}$  での焼成では  $\alpha\text{-}3\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $400^\circ\text{C}$  以上の焼成では  $\text{NiO}$  であることが確認できた (図 1)。この結晶構造の変化に対応して、XPS による組成分析の結果、得られた薄膜の O/Ni の値は析出直後の薄膜では約 2.16 であったが、 $400^\circ\text{C}$  以上の熱処理で減少し、 $500^\circ\text{C}$  では 1.59 となった (図 2)。また、XPS の Ni 2p スペクトルより、析出直後の薄膜では Ni は 2 価のみであったが、 $400^\circ\text{C}$  以上の焼成を行うことによって 3 価の Ni が存在することが確認できた。SEM による表面観察の結果より、作製した  $\text{NiO}_x$  薄膜は網目状の構造であった (図 3)。また、焼成を行っても膜の形態に大きな変化は確認できなかった。



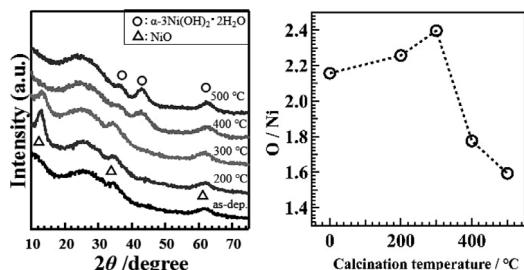


図1 焼成温度を変化させ作製した $\text{NiO}_x$ 膜のXRD測定結果

図2 XPSによる焼成温度を変化させ作製した $\text{NiO}_x$ 膜の原子存在比O/Niの結果

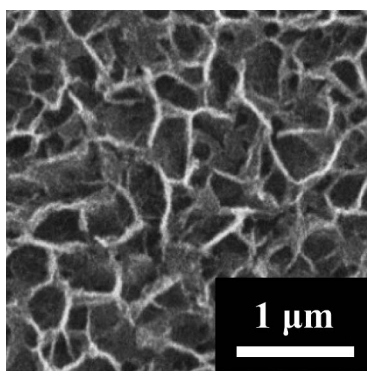


図3  $\text{NiO}_x$ 膜(500 $^{\circ}\text{C}$ 焼成)のSEM像

CVの測定結果より、約0.67Vに酸化ピーク、約-0.01Vに還元ピークが観察された。これらのピークはそれぞれ $\text{Ni}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni}^{3+}$ の酸化と還元に対応しており、それに伴い薄膜の色が酸化状態で褐色、還元状態で透明に変化した。酸化電流値( $I_{pa}$ )および還元電流値( $I_{pc}$ )のサイクル数依存性について検討したところ、 $I_{pa}$ は130サイクルまで上昇した後、250サイクルまではほぼ一定、その後減少した。一方、還元電流( $I_{pc}$ )は110サイクルまで上昇、150サイクルまでは一定、その後減少することが確認できた。

図4にはCV中の脱色状態( $T_b$ )と着色状態( $T_c$ )の波長550nmにおける透過率の差( $\Delta T$ )を示

す。透過率の差は、500 $^{\circ}\text{C}$ で焼成した膜が最も大きかった。また、析出直後(as-dep.)と200 $^{\circ}\text{C}$ で焼成した膜では、50サイクル以上のCVで、膜の破壊と剥離が観察された。

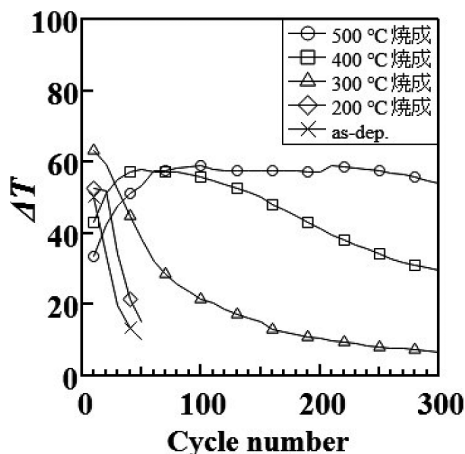


図4 焼成温度を変化させ作製した $\text{NiO}_x$ 膜の透過率の変化量( $\Delta T$ :  $T_b - T_c$ )

## 5. 結論

液相析出法で網目状の多孔質構造を持つ $\text{NiO}_x$ が作製できた。as-dep.では $\alpha\text{-3Ni(OH)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、400 $^{\circ}\text{C}$ 以上の熱処理では $\text{NiO}$ であった。作製した $\text{NiO}_x$ 薄膜はEC特性を示した。サイクル耐久性が最も優れていたのは焼成温度500 $^{\circ}\text{C}$ の $\text{NiO}_x$ 薄膜であった。

## 6. おわりに

今回の学会に参加し、ポスター発表を行ったことはとても良い経験になった。

今回の発表にあたり、ご指導頂きました青井芳史教授に心より感謝申し上げます。また、多大なご支援をいただきました青井研究室に所属している院生の先輩方、同級生の方々にも深く感謝いたします。



## パルスレーザー堆積法および ECR プラズマスパッタリング法によるアモルファス炭素薄膜の作製とその電気化学特性

田 畑 優輝人

Yukito TABATA

応用化学課程 4 年

### 1. はじめに

2024 年 3 月 22 日から 25 日に東京都市大学世田谷キャンパスで開催された「第 71 回 応用物理学会春季学術講演会」に参加しました。そこで「パルスレーザー堆積法および ECR プラズマスパッタリング法によるアモルファス炭素薄膜の作製とその電気化学特性」の題目でポスター発表を行った。

### 2. 研究背景

アモルファス炭素 (a-C) は  $sp^2$  混成炭素と  $sp^3$  混成炭素が混在する炭素材料であり、構造や組成は作製方法や作製条件によって依存する。そして a-C の物性は構造や組成に大きく依存する。そして組成や物性を変化させると電気的や光学的や化学的性質をダイヤモンドライクからグラファイトライクまで制御可能である。そして近年 a-C 薄膜は電気化学用電極材料として注目されている。その理由として他の炭素電極よりも a-C 薄膜電極はバックグラウンド電流が低く、広い電位窓を持つことが知られている。本研究ではパルスレーザー堆積法 (PLD) および電子サイクロトロン共鳴プラズマスパッタリング法 (ECR プラズマスパッタリング法) により a-C 薄膜を作製し、その構造や組成と電気化学特性の関係について研究を行った。

### 3. 実験操作

a-C 薄膜の作製法として PLD 法および ECR プラズマスパッタリング法を用いた。PLD 法では Nd:YAG Laser ( $\lambda=266\text{nm}$  繰り返し周波数 10Hz) を

用い、エネルギー密度を 1.0, 2.0, 3.0J/cm<sup>2</sup>、基板温度を室温、200, 400, 600℃ で製膜した。ECR プラズマスパッタリング法ではチャンバー内に Ar ガスを導入し  $4.0 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 、マイクロ波出力 500W、ターゲットバイアス -400V、基板温度 200℃ とし、基板バイアス -0.8V, +10V, +20V, +30V, +40V と変化させた。いずれの方法においてターゲットにはグラファイトを用い、基板は n 型 Si 基板 (比抵抗値  $0.02\Omega\text{cm}$ ) を用いた。作製した a-C 薄膜は XPS, Raman 散乱分光法, TEM を用いて評価した。電気化学特性は a-C 薄膜を作用電極とし、対極に白金電極、参照電極に Ag/AgCl 電極を用いたサイクリックボルタンメトリー (CV) により評価した。

### 4. 結果と考察

#### 4.1 a-C 薄膜の組成と構造の評価

XPS の測定結果から PLD 法で作製した a-C 薄膜はレーザーエネルギー密度の減少および基板温度の上昇に伴って  $sp^2$  分率が増加した。ECR プラズマスパッタリング法では基板バイアスを正に印加すると  $sp^2$  分率が増加した。Raman 散乱分光法の結果から、基板バイアスの増加、レーザーエネルギー密度の減少および基板温度の上昇に伴って G-band の半値幅が減少した。これは  $sp^2$  分率の増加に伴って  $sp^2$  クラスターサイズが秩序化しと考えられる。そして基板バイアスの増加に伴って  $I_D/I_G$  は減少した。エネルギー密度の減少および基板温度上昇に伴って  $I_D/I_G$  は増加した。これは、 $sp^2$  クラスターのサイズが大きくなったと考えられる。Fig. 1 に PLD 法を用いてレーザーエネルギー密度 1.0J/cm<sup>2</sup>、基板温度室温で作製した a-C 薄膜と ECR プラズマスパッタリング法を用いて基板バイアス -0.8V で作製した a-C 薄膜の TEM 像を示す。



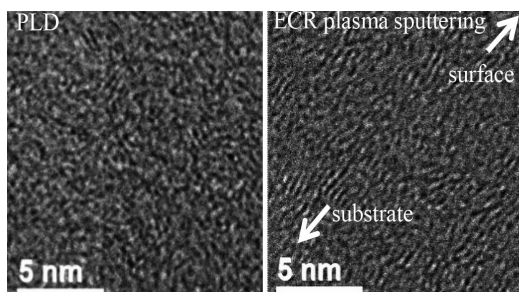


Fig. 1 a-C の TEM 像

PLD 法で作製した a-C 薄膜はグラファイト微結晶の方向が不規則だが ECR プラズマスパッタリング法で作製した a-C 薄膜ではグラファイト微結晶の a-b 面が基板に垂直なことがわかる。

#### 4.2 a-C 薄膜の電気化学特性の評価

溶液を 0.5mol/L の硫酸溶液を用いて水の酸化還元反応から電位窓を測定した。電位窓の結果を Fig. 2 に示す。

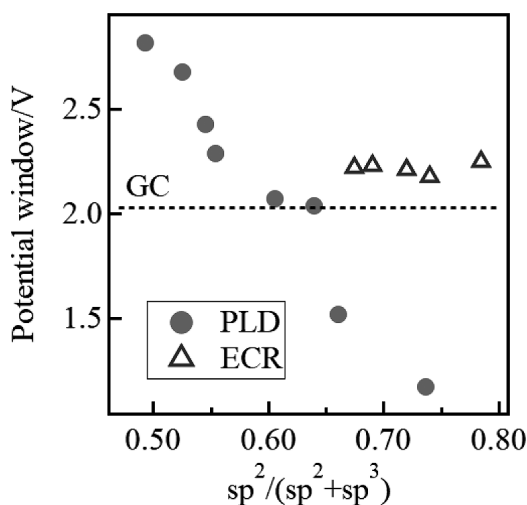


Fig. 2  $sp^2$  分率と電位窓の関係

PLD で作製した a-C 薄膜で電位窓を測定すると  $sp^2$  分率の増加に伴って電位窓が減少した。しかし ECR プラズマスパッタリングは  $sp^2$  分率が増加しても電位窓の広さが変わらなかった。

次に  $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$  の酸化還元反応より電気化学特性評価を行った。

Fig. 3 に薄膜中の  $sp^2$  分率と  $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$  の酸化還元反応により得られた電位差  $\Delta E_p$  の関係を表す。

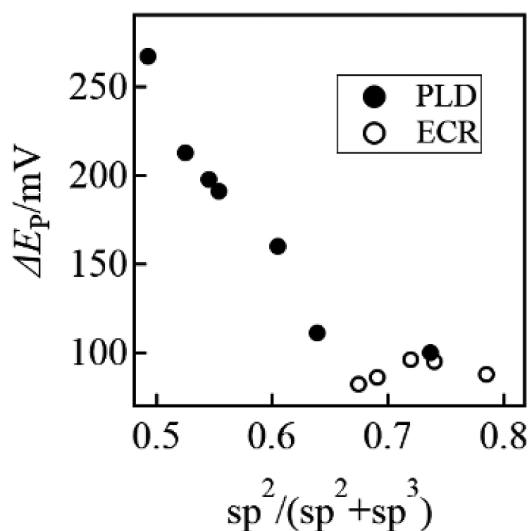


Fig. 3  $sp^2$  分率と  $\Delta E_p$  の関係

$\Delta E_p$  は可逆性の増加により減少する。Fig. 3 から  $sp^2$  分率の割合が 65% ほどから  $\Delta E_p$  は一定となった。そして  $sp^2$  分率が 65% 未満では  $\Delta E_p$  減少傾向になった。これは  $sp^2$  分率の増加とともに電気化学性が向上したと考えられる。

次に  $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$  の酸化還元反応から電荷移動速度定数を算出した。PLD 法で作製した a-C 薄膜と ECR プラズマスパッタリング法で作製した a-C 薄膜では  $sp^2$  分率が同等でも ECR プラズマスパッタリング法で作製した a-C 薄膜のほうが電荷移動速度定数が速いことが確認された。これは TEM 像の結果から ECR プラズマスパッタリング法で作製した a-C 薄膜ではグラファイト微結晶の a-b 面が基板に垂直であるからだと考えられる。

#### 5. おわりに

限られた時間の中で企業の方や他大学の方にポスター発表を聞いていただき、たくさんの質問をしていただきました。さらにたくさんの方とディスカッションもできたことから、この経験を糧により一層研究に励んでいきたいです。



## 液相析出法による酸化スズ薄膜の 作製とそのペロブスカイト 太陽電池の電子輸送層への応用

辻 優 奈

Yuna TSUJI

応用化学課程 4年

### 1. はじめに

2024年3月23日、東京都市大学世田谷キャンパスで開催された、第71回応用物理学会春季学術講演会に「液相析出法による酸化スズ薄膜の作製とそのペロブスカイト太陽電池の電子輸送層への応用」というタイトルで参加した。

### 2. 緒言

ペロブスカイト太陽電池 (PSC) は、比較的安価で作製が可能であり、高変換効率であることから注目されている。PSC の電子輸送層 (ETL) には  $\text{TiO}_2$  が用いられる事が多いが、高温での熱処理が必要となる。そこで本研究では  $\text{TiO}_2$  に比べて低温での成膜が期待されている  $\text{SnO}_2$  に注目し、水溶液中での金属フルオロ錯体の加水分解平衡反応を利用した金属酸化物薄膜の作製法である液相析出法により  $\text{SnO}_2$  薄膜を作製し、その PSC の ETL への応用について検討した。

### 3. 実験方法

液相析出法の反応母液には、5%  $\text{H}_2\text{O}_2$  を含む 5%  $\text{HF}$  水溶液に  $\text{SnF}_2$  を溶解したものと  $\text{H}_3\text{BO}_3$  水溶液を用いた。 $\text{SnO}_2$  薄膜は、これらの母液を  $\text{SnF}_2$  と  $\text{H}_3\text{BO}_3$  がそれぞれ  $0.01\text{mol dm}^{-3}$  と  $0.20\text{mol dm}^{-3}$  になるように調製し混合した反応溶液中に、FTO 基板あるいはホウケイ酸ガラスを  $60^\circ\text{C}$  で浸漬することにより作製した。膜厚は  $50\text{nm}$  になるように反応時間を調製し、熱処理は空气中  $200, 500^\circ\text{C}$  で 30 分間行った。得られた薄膜は走査型電子顕微鏡 (SEM)、X 線光電子分光法 (XPS)、X 線回折 (XRD) 法で

評価した。FTO 基板上に成膜した  $\text{SnO}_2$  薄膜上にペロブスカイト層 ( $\text{CS}_{0.05}(\text{FA}_{0.83}\text{MA}_{0.17})_{0.95}\text{Pb}(\text{I}_{0.83}\text{Br}_{0.17})_3$ )、正孔輸送層として Spiro-OMeTAD をスピスコートで成膜し、その後金電極を真空蒸着し平面ヘテロ型 PSC を作製した。得られた PSC はソーラーシミュレータを用いて評価した。

### 4. 結果と考察

#### 4.1 酸化スズの表面形態について

得られた薄膜の SEM 像より薄膜は微小な粒子から構成されていることがわかった。粒径は析出直後の薄膜では約  $45\text{nm}$ 、 $500^\circ\text{C}$  での熱処理後の薄膜では約  $62\text{nm}$  であった。

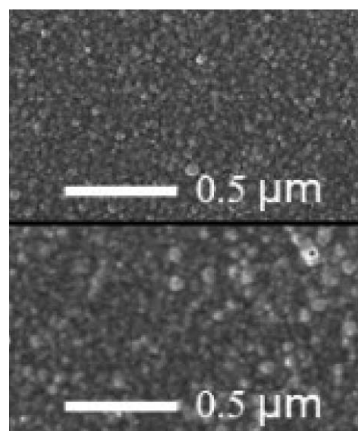


図1 酸化スズ薄膜の表面形態

#### 4.2 酸化スズ薄膜の結晶性

得られた薄膜の XRD より、析出直後の薄膜においても  $\text{SnO}_2$  に帰属されるピークが確認でき、熱処理温度が上昇するにつれてピークがシャープになることが観察された。これより、熱処理により薄膜を構成する  $\text{SnO}_2$  の結晶子サイズが大きくなり、結晶性が向上している事が確認できた。XPS 測定より、析出直後には約 7at% の F が含まれている事がわかった。熱処理により薄膜中のフッ素含有率は低下し、 $500^\circ\text{C}$  での熱処理で 1at% 以下となった。



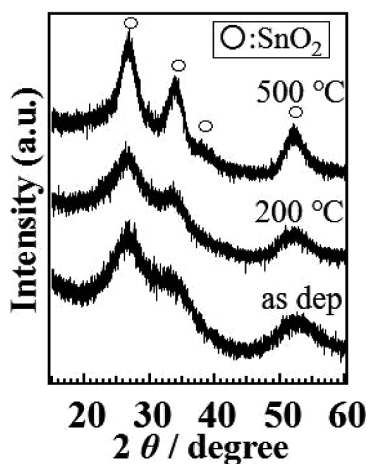


図2 酸化スズ薄膜の XRD 測定結果

#### 4.3 ペロブスカイト太陽電池の ETL として応用

作製した  $\text{SnO}_2$  薄膜を ETL とし、PSC を作製した。J-V 測定より (表 1), ETL として熱処理をしていない析出直後の  $\text{SnO}_2$  を用いた場合、変換効率は平均で約 7.9% を示した。一方、 $500^\circ\text{C}$  で熱処理を施した  $\text{SnO}_2$  では約 1.9% となり、熱処理した  $\text{SnO}_2$  薄膜では変換効率が低下した。LPD- $\text{SnO}_2$  薄膜無しの PSC での変換効率は約 2.0% であったことから、液相析出法で作製した  $\text{SnO}_2$  薄膜は熱処理をしない析出直後の状態で ETL として機能することが確認できた。

表 1 J-V 特性測定結果

	$J_{sc}$ / $\text{mA cm}^{-2}$	$V_{oc}$ / V	F.F.	PCE(%)
w/o LPD- $\text{SnO}_2$ (n=19)	9.222	0.5419	0.3527	1.924
as dep (n=15)	14.83	1.021	0.5205	7.936
$500^\circ\text{C}$ (n=12)	13.75	0.3628	0.3638	1.911

#### 4.4 ペロブスカイト太陽電池の特性

作製したペロブスカイト太陽電池のフォトルミネッセンス測定を行ったところ、 $200^\circ\text{C}$  が 1 番良い消

光効果を示したことから電流, F.F. が良いと考えられる。

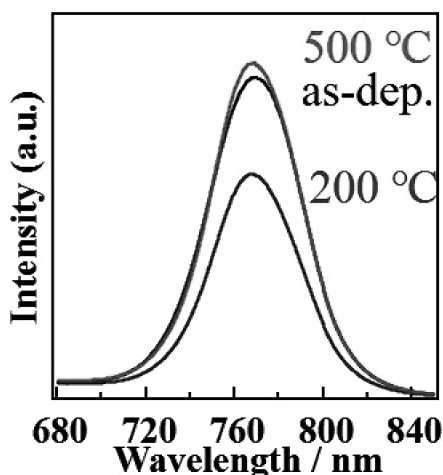


図3 フォトルミネッセンス測定結果

また、開放電圧がバンドギャップの減少に伴い低下していることから、 $\text{SnO}_2$  の伝導帯が低下したのだと考えられる。

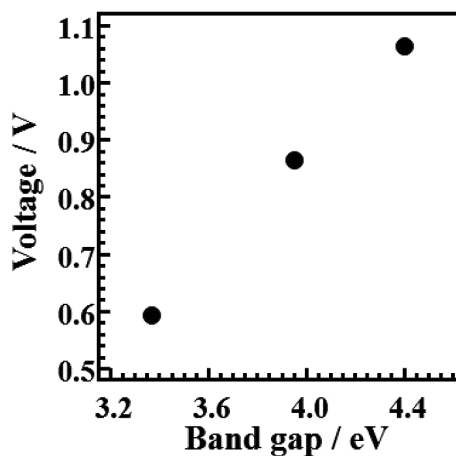


図4 開放電圧とバンドギャップの関係

## 5. 結論

液相析出法により作製した酸化スズ薄膜はペロブスカイト太陽電池の電子輸送層として応用可能であり、低温 ( $200^\circ\text{C}$ ) 以下で変換効率 10% 以上を記録し、熱処理梨のものでは 11.98% を記録した。



## 4-アミノ安息香酸を表面修飾したアモルファス炭素薄膜の電気化学特性評価

平 西 美 穂  
Miho HIRANISHI  
応用化学課程 4年

### 1. はじめに

私は2024年3月22日から25日にかけて開催された第71回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「4-アミノ安息香酸を表面修飾したアモルファス炭素薄膜の電気化学特性評価」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 背景

炭素材料の中でも  $sp^2$  混成炭素と  $sp^3$  混成炭素が無秩序に結合した非晶質構造を有するアモルファス炭素 (a-C) 薄膜は、低コストで作製が可能であり、広い電位窓と低いバックグラウンド電流を持つことから、電気化学用電極材料として期待が高まっている。一方、薄膜材料表面への機能性分子の表面修飾は薄膜材料が本来持つ特性を保持しつつ修飾物質の特性を付与することができるため薄膜材料の高機能化が可能である。我々の研究グループでは、すでに電解酸化を利用した a-C 薄膜への4-アミノ安息香酸 (4-ABA) の修飾を報告している。本研究では、4-ABA 修飾 a-C 薄膜の電気化学的特性について検討した。

### 3. 実験方法

a-C 薄膜はパルスレーザー堆積法により、ターゲットにグラファイトを用いて導電性 Si 基板に作製した。レーザーには Nd:YAG Laser ( $\lambda=266\text{nm}$ ) を用いて、レーザーエネルギー密度  $1.0\text{J cm}^{-2}$ 、繰り返し周波数  $10\text{Hz}$  とした。製膜温度は室温とし、膜厚は  $100\text{nm}$  とした。a-C 薄膜への4-ABAの表面修飾は、a-C 薄膜を作用電極とし、対極に Pt 電極、参

照電極に Ag/AgCl 電極を用いて、4-ABA を含む  $10\text{mmol dm}^{-3}$  リン酸緩衝液中で、電位走査範囲  $0\sim 1.1\text{V}$ 、掃引速度  $20\text{mV s}^{-1}$  で行った。作製した4-ABA修飾 a-C 薄膜の電気化学的特性評価については、 $1\text{mmol dm}^{-3}$   $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  を含むリン酸緩衝液、及び酢酸緩衝液中でのサイクリックボルタンメトリー (CV) により行った。測定は、電位走査範囲  $-0.3\sim 0.7\text{V}$ 、掃引速度  $100\text{mV s}^{-1}$  として行った。

### 4. 結果と考察

図1に pH2.16 の  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液中での未修飾の a-C 薄膜と、4-ABA 修飾 a-C 薄膜の電位掃引速度を変化させて測定した  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  のボルタモグラムを示す。未修飾の a-C 薄膜に比べて4-ABA 修飾 a-C 薄膜の方が、 $\Delta E_p$  が大きくなっていることがわかる。また、電荷移動速度定数は、それぞれ未修飾の a-C 薄膜が  $2.0\times 10^{-3}\text{cm s}^{-1}$ 、4-ABA 修飾 a-C 薄膜が  $3.7\times 10^{-4}\text{cm s}^{-1}$  であった。

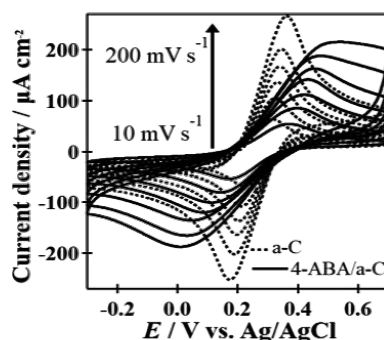


図1 pH2.16 の  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液中での未修飾の a-C 薄膜 (破線) と、4-ABA 修飾 a-C 薄膜 (直線) の電位掃引速度を変化させて測定した  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  のボルタモグラム (スキャンレート: 10, 25, 50, 75, 100, 150,  $200\text{mV s}^{-1}$ )

図2に pH5.40 の  $\text{Ru}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$  溶液中での未修飾の a-C 薄膜と、4-ABA 修飾 a-C 薄膜の電位掃引速度を変化させて測定した  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{2+/3+}$  のボルタモグラムを示す。未修飾の a-C 薄膜と4-ABA 修飾 a-C 薄膜の  $\Delta E_p$  はほとんど変化が見られなかった。また、電荷移動速度定数は、それぞれ未修飾の a-C 薄膜が  $6.0\times 10^{-3}\text{cm s}^{-1}$ 、4-ABA 修飾 a-C 薄膜が  $5.2\times$



$10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ であった。

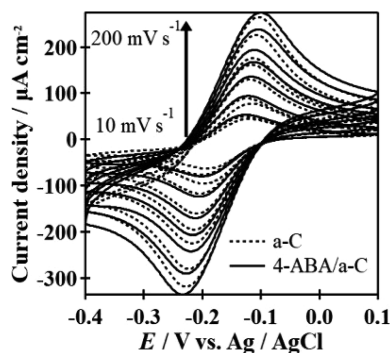


図2 pH5.40 の  $\text{Ru}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$  溶液中での未修飾の a-C 薄膜 (破線) と、4-ABA 修飾 a-C 薄膜 (直線) の電位掃引速度を変化させて測定した  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{2+/3+}$  のボルタモグラム (スキャンレート: 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200  $\text{mV s}^{-1}$ )

図3に、pHの異なる  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液中で CV を行った時の酸化ピーク電流値  $I_{pa}$  と pH の関係について示す。溶液中の pH の増加に伴って酸化ピーク電流値の減少が確認された。これは、4-ABA のカルボキシ基が脱プロトン化し、電極表面が負に帯電することで、静電的反発から  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$  の電極表面への拡散が阻害されたためであると考えられた。また、カルボキシ基の脱プロトン化の指標となる酸解離定数 ( $\text{pK}_a$ ) は 3.84 であった。

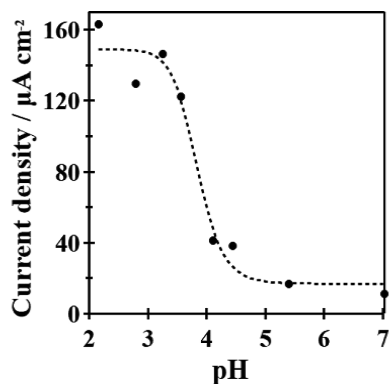


図3 pH の異なる  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液中で CV を行った時の酸化ピーク電流値  $I_{pa}$  と pH の関係

## 5. まとめ

これらの結果から、4-ABA 修飾 a-C 薄膜の電気化学的特性において、 $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{2+/3+}$  の電荷移動は修飾層の影響を受けにくく電子移動が起こりやすいことが示された。また、修飾層の電気化学特性は溶液の pH に依存し、 $\text{pK}_a$  より pH が小さい場合は  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  の電荷移動が阻害されにくく修飾層の影響は小さいが、 $\text{pK}_a$  が pH より大きい場合、カルボキシ基の脱プロトン化によって、 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$  の電荷移動が阻害されることが明らかとなった。

## 6. おわりに

今回の学会への参加は、非常に良い経験となった。多くの方からご意見、ご質問をいただき、自分の研究について客観的に見つめることができた。この貴重な経験を今後の研究に生かしていきたい。

## 謝辞

今回の発表を行うにあたって、多大なご指導を頂いた青井芳史教授をはじめ、青井研究室の皆様がこの場を借りて厚く御礼申し上げます。







0.2875) を得た。

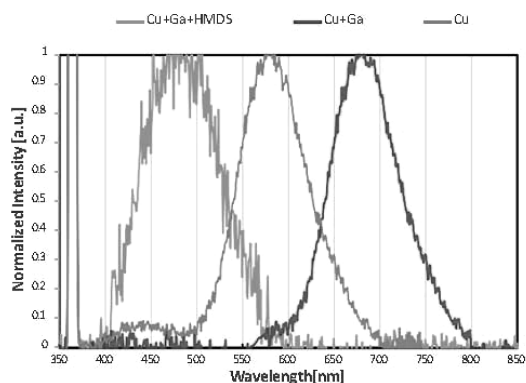


図 2 CuInS<sub>2</sub>/ZnS, CuInS<sub>2</sub>/ZnS+Ga, Cu+Ga+HMDS 量子ドットの正規化スペクトル

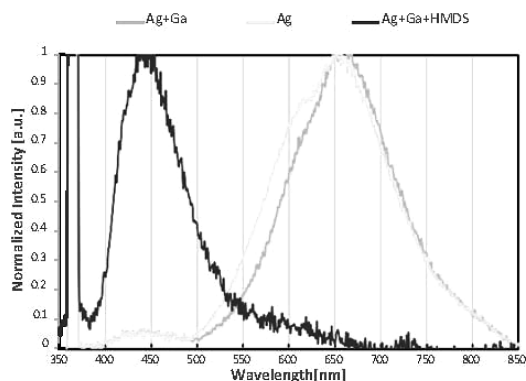


図 3 AgInS<sub>2</sub>/ZnS, AgInS<sub>2</sub>/ZnS+Ga, Ag+Ga+HMDS 量子ドットの正規化スペクトル

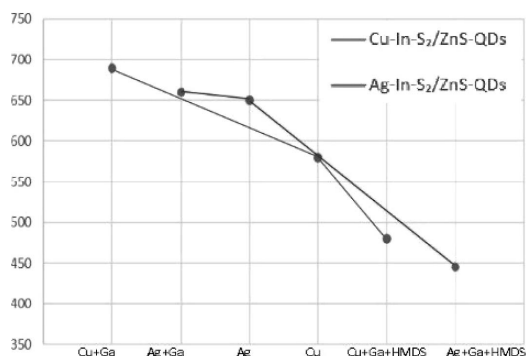


図 4 各量子ドットの発光波長をまとめ

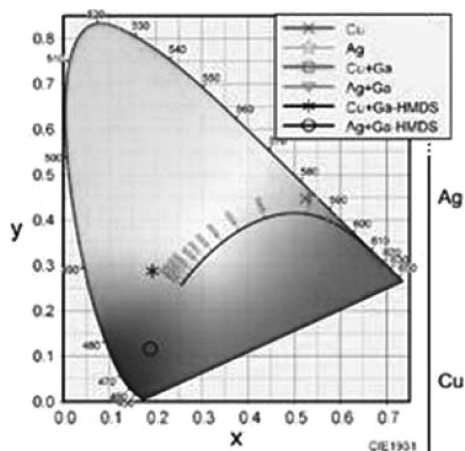


図 5 各量子ドットの色度図

## 5. まとめ

コア/シェル構造の量子ドット Cu-In-S<sub>2</sub>/ZnS, Ag-In-S<sub>2</sub>/ZnS の作製に成功した。また、金属前駆体に Ga を投入した量子ドットは発光波長が長波長側に方向にシフトする傾向が見られ、特に CuInS<sub>2</sub>/ZnS+Ga では発光波長が 100nm 長波長側にシフトした。加えて、S 前駆体の代わりに HMDS を用いて量子ドットを作製した場合、短波長側にシフトする傾向が見られた。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導頂いた山本伸一先生に心より感謝いたします。そして、日頃の研究においてご協力していただき、活発な議論をしていただいた研究室の皆様にご礼申し上げます。



## 第 71 回応用物理学会春季 学術講演会に参加して

杉 野 智 之

Satoshi SUGINO

電子情報通信課程 3 年

### 1. はじめに

私は 2024 年 3 月 22 日から 24 日にかけて、東京都市大学世田谷キャンパスにて開催された、第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「アニール処理した Ga 粒子の光触媒反応」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 背景

Ga 無機化合物である酸化ガリウムは電子デバイス、太陽電池、ガスセンシングなど幅広い応用が期待されている。それに加えて近年は、環境修復に関する世界的な注目の高まりに伴い、さまざまな有機汚染物質を分解するための光触媒への応用が関心を集めている。酸化ガリウムは、その比較的広いバンドギャップにも関わらず、UV および可視光照射下で、汚染物質や有機染料を分解する許容可能な光触媒性能が確認されている。本研究では液相状態のガリウム (Ga) から超音波分散法を用いて Ga 粉末を作製し、作製した粉末にアニール処理を行い、光触媒特性の評価を行った。

### 3. 実験方法

初めにスクリー管瓶に Ga1g と超純水 10ml を加え、50℃\_2h の条件で超音波処理を行い、Ga を粒子状に分散した。分散液をスクリー管瓶からシャーレに移し、乾燥炉で 100℃\_4h の条件で超純水を揮発させ、Ga 粒子を作製した。

0.1mM のコンゴーレッド (CR) 溶液、メチレンブルー (MB) 溶液、メチルオレンジ (MO) 溶液、ブリリアントグリーン (BG) 溶液 3ml に対して作製した Ga 粒子を 0.01g 投入した。溶液にソーラー

シミュレータを用いて可視光を 1h 照射した。照射後の溶液は 13,200rpm\_30min. の条件で遠心分離を 2 回行った。遠心分離を行った溶液の上澄み液を回収し、UV-vis 装置を用いて透過率を測定した。

また、作製した粒子をアルミナボートに移し、電気炉を用いて 200℃\_1h~800℃\_1h の条件で温度を 100℃ ごとに変更してアニール処理を行った。アニール処理後の Ga 粒子 0.01g を CR 溶液、MO 溶液に投入した。Ga 粒子を投入した溶液にソーラーシミュレータを用いて可視光を 1h 照射した。可視光照射後の溶液は 13,200rpm\_30min. の条件で遠心分離を 2 回行った。遠心分離を行った溶液の上澄み液を回収し、UV-vis 装置を用いて透過率を測定した。また、X 線回析装置 (XRD) を用いてアニール処理後の Ga 粒子の X 線回折ピークを測定した。

### 4. 実験結果・まとめ

#### 4.1 各溶液での光触媒特性

図 1 に CR, MB, MO, BG 溶液の透過率および、各溶液に Ga 粒子を投入して可視光照射を行った溶液の透過率を示す。各溶液の最大吸収波長は、CR 溶液が 497nm, MB 溶液が 660nm, MO 溶液が 468 nm, BG 溶液が 626nm である。CR, MO, BG 溶液では、それぞれの最大吸収波長における透過率は、可視光照射後、0%→65%、0%→79%、0%→47% に上昇した。

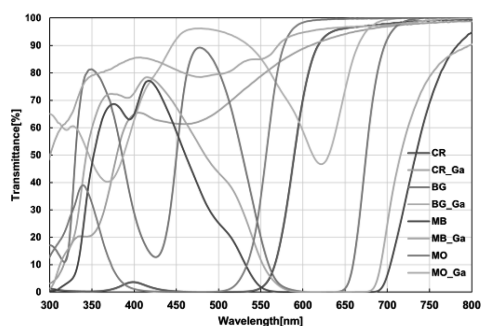


図 1 各溶液の透過率結果

#### 4.2 アニール処理後の Ga 粒子の光触媒特性

図 2 にアニール処理後の Ga 粒子の XRD 解析パ



ターンを示す。アニール処理前の Ga 粒子は GaOOH のピークを示し、400℃、500℃ でアニール処理を行った Ga 粒子は 33°, 35° で  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のピークが確認され、600℃ 以上でアニール処理を行った Ga 粒子は 31°, 35°, 64° で強い  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のピークが確認された。このことから、焼成温度を上昇させていくと結晶構造が GaOOH から  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> へと変化していくことが確認された。

図 3 に CR 溶液の透過率および、Ga 粒子を CR 溶液に投入し、可視光照射を行った溶液の透過率を示す。200℃\_1h の条件でアニール処理を行った Ga 粒子では、CR の最大吸収波長である 497nm において透過率は約 90% まで上昇し、アニール処理を行っていない Ga 粒子と比べ、約 24% の透過率の上昇が見られた。アニール処理を行っていない Ga 粒子および、300℃\_1h, 400℃\_1h の条件でアニール処理した Ga 粒子においても透過率の上昇が確認出来た。

図 4 に MO 溶液の透過率および、Ga 粒子を MO 溶液に投入し、可視光照射を行った溶液の透過率を示す。アニール処理を行わない条件で最も高い透過率を示し、アニール処理を行った Ga 粒子はすべて、アニール処理を行わなかった Ga 粒子より、透過率の上昇が少なかった。また、500℃ から光触媒特性は見られなかった。

以上のことから、アニール処理により結晶構造が安定し、バンドギャップが広がることで光触媒特性に効果が出たと推測される。CR 溶液では、焼成温度を上げると 400℃ から光触媒効果が徐々にみられなくなり、MO 溶液では、200℃\_1h, 300℃\_1h アニール処理を行った試料では透過率が低下していった。しかし、400℃\_1h アニール処理を行った試料では透過率が上昇した。しかし、CR 溶液では 400℃\_1h アニール処理を行った試料は、200℃\_1h, 300℃\_1h アニール処理を行った試料よりも透過率が低くなる傾向が見られた。このことから溶液によって対光触媒特性に効果がある結晶構造があると推測する。また、CR 溶液と MO 溶液のどちらも 500-800

℃\_1h アニール処理を行った場合、光触媒特性がほとんど見られなくなった。このことから、本研究で作製した Ga 粒子では CR 溶液、MO 溶液共に  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> では、可視光照射での光触媒特性は見られないことを確認した。また、結晶構造が GaOOH から  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> であるとき、光触媒特性に大きな効果があることを実証した。

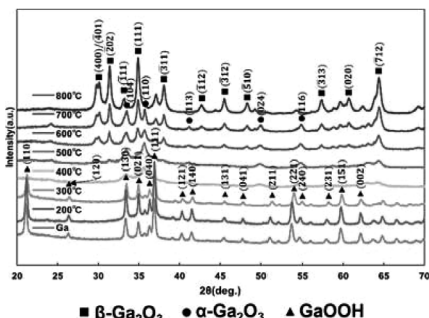


図 2 Ga 粒子の XRD 解析パターン

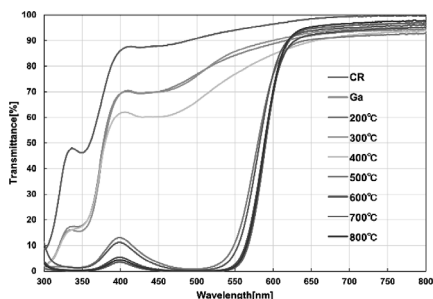


図 3 CR 溶液の透過率結果

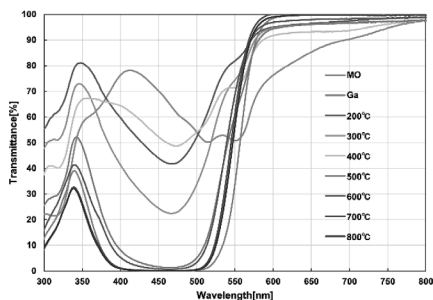


図 4 MO 溶液の透過率結果

## 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導いただいた山本伸一先生に心より感謝いたします。日頃の研究においても協力していただいた研究室の皆様にお礼申し上げます。



## 第 71 回応用物理学会春季 学術講演会に参加して

田 中 瑞 貴

Mizuki TANAKA

電子情報通信課程 3 年

### 1. はじめに

私は 2024 年 3 月 22 日から 24 日にかけて、東京都市大学世田谷キャンパスにて開催された、第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「ドロップキャスト法を用いた  $WS_2$  の CVD 合成」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 背景

現在使用されているシリコン大規模集積回路 (LSI) の性能向上はデバイスの微細化によって実現されている。今後の微細化のためには電界効果トランジスタ (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor: MOSFET) のチャネルの膜厚をさらに薄くする必要がある。しかし、加工揺らぎが避けられない 3 次元立方体結晶材料での実現は困難視されており、層数で制御可能である遷移金属ダイカルコゲナイドをはじめとする層状物質に注目が集まりつつある。層状物質の一つである二硫化タングステン ( $WS_2$ ) は表面積対体積比が非常に高いため、測定対象への俊敏な反応が必要なセンサデバイスとしての応用が期待されている。本研究ではドロップキャスト法と、抵抗加熱蒸着法の 2 種類の方法を用いて、金属前駆体  $WO_3$  (融点:  $1473^\circ\text{C}$ ) を供給し、化学気相成長法 (CVD 法) を用いて  $WS_2$  の合成を行った。また、CVD 合成を行う際の温度条件を変化させることで、 $WS_2$  の結晶成長における温度の影響を調べた。

### 3. 実験方法

#### 3.1 ドロップキャスト法

$WO_3$  の供給元を次の方法で作製した。遠沈管を

用いて超純水に  $WO_3$  粉末を拡散させた。遠沈管から少量の溶液をシャーレに滴下した。そこに、 $1.0 \times 1.5\text{cm}$  に切断した  $SiO_2/Si$  基板を浸漬させ、溶媒を乾燥炉で蒸発させ、 $WO_3$  粉末を  $SiO_2/Si$  基板表面に析出させた。管状炉内の Zone2 に硫黄を、Zone4～6 に  $WO_3$  の供給源基板を上向きにして、それぞれを配置した (Fig. 1 参照)。さらに、供給源基板に対して、鏡面側を下側にした  $SiO_2/Si$  基板を重ねて配置した。CVD 装置は、Ar ガス雰囲気下で  $SiO_2/Si$  基板を  $750^\circ\text{C}$  または  $850^\circ\text{C}$  で 30min の加熱を行った。昇温は  $20^\circ\text{C}/\text{min}$  で行い、また、加熱後に自然冷却を行った。

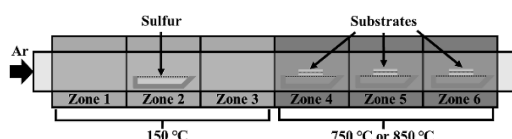


Fig. 1 Schematic diagram of a 6-zone tube furnace

#### 3.2 抵抗加熱蒸着法

CVD 合成に使用する  $WO_3$  供給元基板の作製を次のように行った。 $SiO_2/Si$  基板をアセトン、メタノール、超純水の順に 10min. ずつ浸漬し超音波洗浄を行い、UV 洗浄を 10min. 行った。フィラメント上に  $WO_3$  粉末 5mg をのせ、 $SiO_2/Si$  基板に  $WO_3$  薄膜を蒸着し、供給源基板を作製した。また、管状炉内の加熱部分 6 ヶ所をそれぞれ Zone. 1～6 とした。CVD 合成の準備として、硫黄を Zone 2 に、 $WO_3$  の供給源基板を管状炉内の Zone 4～6 に配置した (Fig. 1 参照)。以下の条件下で CVD 合成による  $WS_2$  結晶成長を行った。Ar ガス雰囲気下で硫黄 (2.5g) を  $150^\circ\text{C}$  に昇温し、また前述の方法で配置した基板を  $750^\circ\text{C}$  または、 $850^\circ\text{C}$  まで  $20^\circ\text{C}/\text{min}$ . で昇温させ、 $750^\circ\text{C}$ \_30min もしくは  $850^\circ\text{C}$ \_30min. で  $SiO_2/Si$  基板表面に  $WS_2$  を結晶成長させた。

### 4. 実験結果

#### 4.1 ドロップキャスト法

CVD 合成を行った基板の SEM 像を Fig. 2 に、



硫黄からの距離と粒径の関係を Fig. 3 に示す。Fig. 2 より各 Zone の  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  基板から  $\text{WS}_2$  と考えられる三角形の結晶成長が確認された。全体的な傾向として  $\text{WS}_2$  の平均粒径は  $850^\circ\text{C}$  焼成の方が  $750^\circ\text{C}$  より大きいことが確認できた。また、どちらの温度条件でも管状炉内の Zone 4 で特に多くの  $\text{WS}_2$  が結晶成長することも確認された。さらに  $\text{WS}_2$  は1つの基板上で、上流側に近い程多く結晶成長する傾向にあることも分かった。 $850^\circ\text{C}$ \_Zone 4 の条件で成膜した基板の中間部（上流から  $73.75\text{mm}$ ）で  $\text{WS}_2$  の最大の平均粒径となる  $63.22\mu\text{m}$  を観察した。 $750^\circ\text{C}$  では、多くの場所で  $\text{WS}_2$  の結晶成長が観測できた。 $\text{WS}_2$  結晶の大きさは  $750^\circ\text{C}$  より  $850^\circ\text{C}$  の方が大きな  $\text{WS}_2$  結晶が多く存在していることを確認した (Fig. 2)。

#### 4.2 抵抗加熱蒸着法

CVD 合成を行った基板の光学顕微鏡像 (Fig. 4 参照) に硫黄からの距離と粒径の関係を Fig. 5 に示す。より、各 Zone での  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  基板から  $\text{WS}_2$  と考えられる三角形の結晶が確認された。Fig. 5 より Zone 5 の  $\text{WS}_2$  の  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  基板への結晶成長が各 Zone の中で最大数であることが確認できる。 $\text{WS}_2$  の結晶成長の総面積は Zone 5 が一番大きくなっていった。しかし、重なっている  $\text{WS}_2$  が多く、正三角形の  $\text{WS}_2$  が少ないことを確認した。Zone6 では一番  $\text{WS}_2$  の面積が小さく  $\text{WS}_2$  の個数も一番少なくなっていた。しかし、 $\text{WS}_2$  結晶の形状が最も正三角形に近い形状であり平均粒径も最大となっていた。

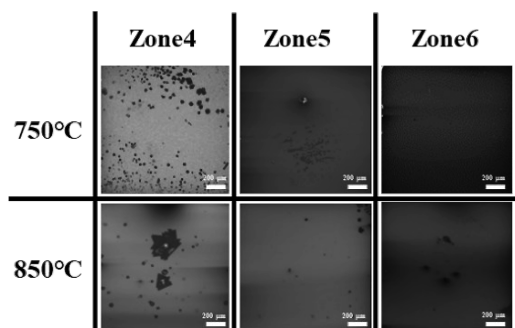


Fig. 2 Images of SEM for  $\text{WS}_2$

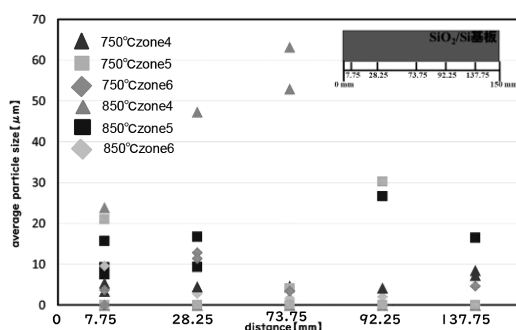


Fig. 3 Average particle size of  $\text{WS}_2$

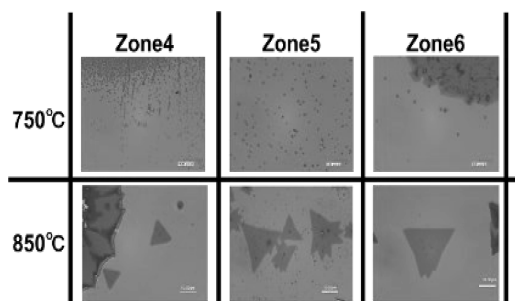


Fig. 4 Optical microscope Images of  $\text{WS}_2$

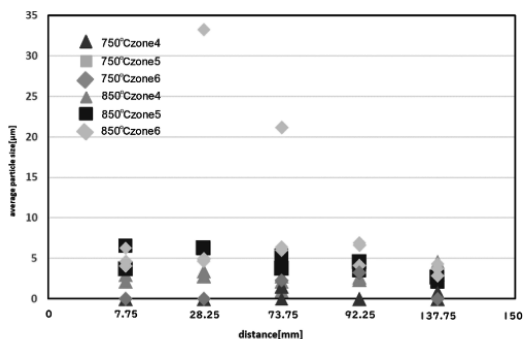


Fig. 5 Average grain size of crystal-grown  $\text{WS}_2$



## 第 71 回応用物理学会春季 学術講演会に参加して

西 塚 直 之  
Naoyuki NISHIZUKA  
電子情報通信課程 3 年

### 1. はじめに

私は 2024 年 3 月 22 日から 24 日にかけて開催された第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「 $\text{AgVO}_3$  粉末における光触媒性能の焼成温度依存性」という題目でポスター発表を行った。

### 2. 背景

光触媒とは、光に照射された際に酸化還元反応を起こし、空気中の酸素と水に反応することで活性酸素を発生させる物質である。この活性酸素は細菌など環境汚染物質を無害な物質に分解・除去する性質を持っており、空気清浄機などに使用され、意欲的に研究が取り組まれている。 $\text{TiO}_2$  ( $E_g = 3.2\text{eV}$ ) などの従来の光触媒は、紫外線のみを吸収し、可視光は吸収しない。そのため、紫外線より長波長の光が照射された場合、十分な効果を発揮しないなどの課題がある。本研究では可視光で光触媒作用を示す  $\text{AgVO}_3$  ( $E_g = 2.2\text{eV}$ ) 粉末を用いて、焼成温度変化による触媒反応の効果を調べた。

### 3. 実験方法

$\text{NH}_4\text{VO}_3$  と  $\text{Ag}_2\text{O}$  をそれぞれ 4:1 のモル比で混合した。大気下において、焼成温度を 200～500℃ の条件で 50℃ ごとに変更して焼成し、 $\text{AgVO}_3$  粉末を作製した。一部凝集している粉末を乳鉢で粉碎した。

作製した  $\text{AgVO}_3$  粉末 0.1g を 0.1mM の BG（ブリリアントグリーン）溶液 3ml に入れ、透明容器に密閉した。密閉した透明容器に可視光を 1 時間照射した。その後、13200rpm\_30min. の条件で遠心分離を行った。遠心分離後の上澄み溶液を石英セル

に入れ、UV-vis 装置で透過率測定を行った。

### 4. 実験結果

焼成により得られた  $\text{AgVO}_3$  の XRD 測定結果を Fig. 1 に示す。350℃ 以下で焼成した試料は前駆体である  $\text{Ag}_2\text{O}$  のピークが確認された。焼成温度が高くなるにつれて  $\text{Ag}_2\text{O}$  のピーク強度が低下した。400℃ 以上の試料では  $\text{AgVO}_3$  のピーク強度が上昇し、 $\text{Ag}_2\text{O}$  のピークが確認できなかった。これは酸化銀の融点が 280℃ であることから焼成温度 400℃ 以上になることですべての  $\text{Ag}_2\text{O}$  が  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  と反応し  $\text{AgVO}_3$  になったと考えられる。

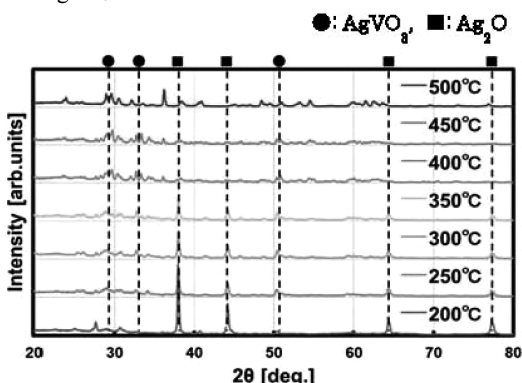


Fig. 1 XRD measurement results of  $\text{AgVO}_3$

Fig. 2 に示した BG 溶液の最大吸収波長は 629nm である。その波長に着目し、分散液の透過率を比較すると、焼成温度 450℃ の条件において 94.7% で最も高い透過率を示した。Fig. 3 に示した MB 溶液の最大吸収波長である 664nm に着目すると、焼成温度 350℃ の条件において 94.0% の最も高い透過率を示した。Fig. 4 に示した BB 溶液の最大吸収波長である 459nm に着目すると、焼成温度 500℃ の条件において 99.2% の最も高い透過率を示した。最大吸収波長以外に注目すると、BG 溶液では波長 540～670nm までは全ての試料で透過率が上昇した。MB 溶液では焼成温度 200℃、350℃、500℃ の試料では波長 450nm 以上で高い透過率を示した。BB 溶液では焼成温度 300℃ 以上の試料では波長



540nm 以上で高い透過率を示した。

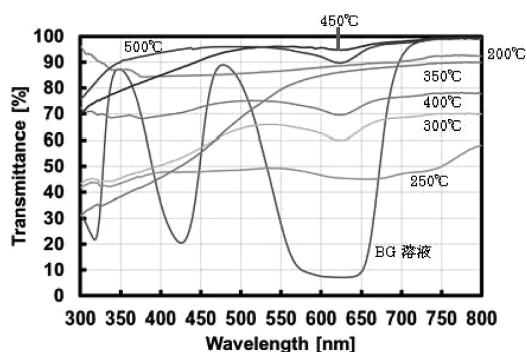


Fig. 2 Transmittance measurement results of BG solution

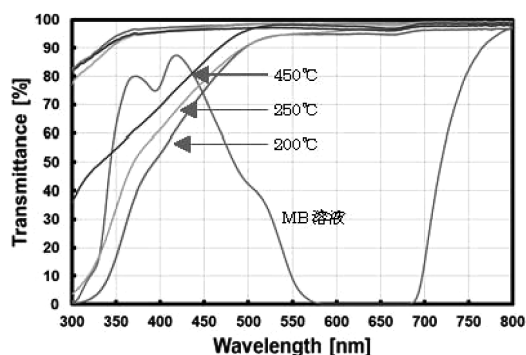


Fig. 3 Transmittance measurement results of MB solution

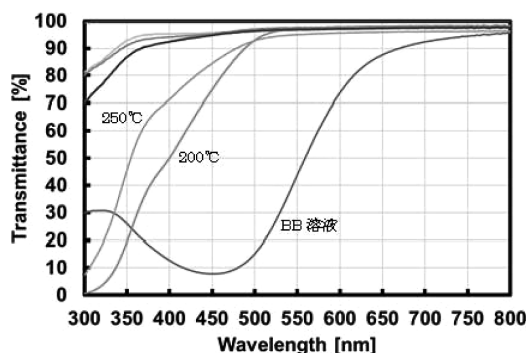


Fig. 4 Transmittance measurement results of BB solution

SEM データを Fig. 5 に示す。粉末形状を比較すると、焼成温度 350℃ までは球状の粉末が確認できた。焼成温度 400℃ 以上の粉末では直方体の粉末が確認された。

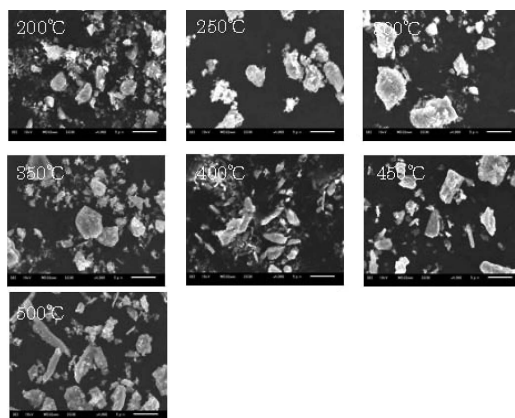


Fig. 5 SEM images of  $\text{AgVO}_3$

## 5. まとめ

XRD と SEM データより焼成温度が高くなるにつれて、直方体の粉末の個数が多くなったことが分かった。このことから焼成温度が高くなるにつれて  $\text{AgVO}_3$  の結晶が成長したと考えられる。この結晶成長により  $\text{AgVO}_3$  の XRD 計測でのピーク強度が上昇したと考えられる。粉末形状が変化し、ピーク強度も上昇したことから焼成温度をより高くしていくと直方体の粉末の個数が多くなると考えられる。透過率測定では焼成温度が高くなると、高い透過率を示すことが確認できた。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導頂いた山本伸一先生、に心より感謝いたします。そして、日ごろの研究においてご協力していただき、活発な議論をしていただいた研究室の同級生、先輩方に御礼申し上げます。



## 第 71 回応用物理学会春季 学術講演会に参加して

藤 友 雄 也  
Yuya FUJITOMO  
電子情報通信課程 3 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 22 日から 25 日にかけて、東京都世田谷区の東京都市大学 世田谷キャンパスにて開催となった、第 71 回応用物理学会春季学術講演会に参加し、「ホスホン酸系単分子膜の複合化検討」という題目で研究発表を行った。

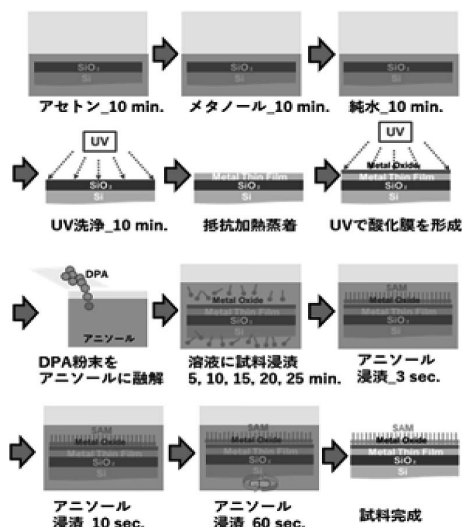
### 2. 研究背景

自己組織化単分子膜（Self-Assembled Monolayers: SAMs）とは、基板を目的とする分子の溶液に浸すことで、自発的に自己形成される超薄膜である。有機分子が固体表面に吸着、結合して形成される自己組織化単分子膜は、その成膜の簡便さと用途の広さから注目されている。単分子が試料表面に結合し、その過程で厚さ 1~2nm の単分子膜が基板表面上に形成される。SAM は高い配向性と安定性を持ち、末端官能基によって様々な機能を導入できる利点がある。本研究では、E(CO<sub>2</sub>)PA 下地層を成膜した後、他のホスホン酸系の SAMs を成膜することで複合化（多層化含む）することで新たな表面状態を生み出すことを目的とした。

### 3. 実験方法 I

まず、溶質としてエチルホスホン酸：E(CO<sub>2</sub>)PA、ヘキシルホスホン酸：H(CO<sub>6</sub>)PA、デシルホスホン酸：D(C<sub>10</sub>)PA、テトラデシルホスホン酸：TD(C<sub>14</sub>)PA、およびオクタデシルホスホン酸：OD(C<sub>18</sub>)PA の 5 種類と、溶媒としてアニソール（C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>O）を用いて、溶媒に対して溶質を 1mol 溶かし溶液を作製した。Si 基板上に抵抗加熱蒸着で Al 薄膜を成膜し、Al 薄膜表面に紫外線照射を 10min. 行

うことで AlOx 層を形成した。その後、各ホスホン酸系 SAMs を AlOx 上に 5min.~25min. で成膜し、リンス洗浄を行った後、水滴接触角測定を行った。



### 4. 実験結果 I

図 1 に AlOx 層上に成膜したホスホン酸系 SAMs の水滴接触角測定結果を示す。E(CO<sub>2</sub>)PA 以外のホスホン酸系 SAMs は 5min. から 25min. にかけて水滴接触角はほとんど変化が見られなかったのに対し、E(CO<sub>2</sub>)PA は約 17° の上昇が見られた。

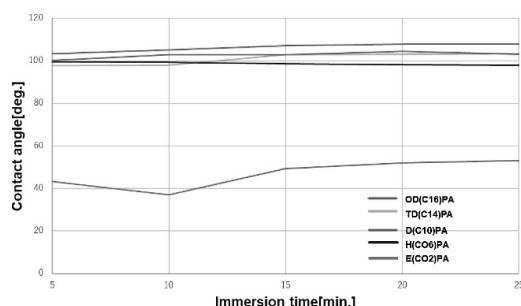


図 1 AlOx 層上に成膜したホスホン酸系 SAMs の水滴接触角測定結果

### 5. 実験方法 II

実験方法 I と同じ手順で AlOx/Al/Si 基板を作製した。そして、E(CO<sub>2</sub>)PA 層を AlOx/Al/Si 上に溶



液に 3min.~18min. 浸漬することで成膜を行い、  
 リンス洗浄することで有機残渣を取り除いた。その後 E(CO2)PA 層の次に 5 種類の SAMs を 1h. 浸漬  
 することで成膜した。基板に超純水を滴下して接触  
 角測定を行った。

## 6. 実験結果Ⅱ

図 2 に E(CO2)PA 層上に成膜したホスホン酸系 SAMs の水滴接触角測定結果を示す。E(CO2)PA 層上に他の種類のホスホン酸系 SAMs を成膜すると、E(CO2)PA 層のみの時より水滴接触角が上がった。このことから、E(CO2)PAS のみより他のホスホン酸系 SAMs と複合化した方が接触角に与える影響がより大きくなることが確認された。

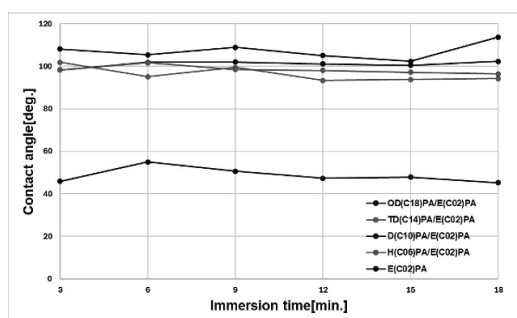


図 2 E(CO2)PA 層および複合化成膜したホスホン酸系 SAMs の水滴接触角測定結果

## 7. 実験方法Ⅲ

実験方法Ⅰと同じ手順で AlOx/Al/Si 基板を作製した。そして、E(CO2)PA 層を AlOx/Al/Si 上に溶液に 24h. と 48h. 浸漬することで成膜を行い、リ

ンス洗浄することで有機残渣を取り除いた。その後 E(CO2)PA 層の次に 5 種類の SAMs を 15min. 浸漬することで成膜した。

## 8. 実験結果Ⅲ

図 3 に E(CO2)PA 層と複合化成膜したホスホン酸系 SAMs と AlOx 上に成膜したホスホン酸系 SAMs の水滴接触角測定結果を示す。OD (C18) PA, TD (C14) PA, E(CO2)PA は E(CO2)PA 層があるとき水滴接触角は小さくなっている。一方、D (C10) PA, H (C06) PA については E(CO2)PA 層との複合化で高撥水性を得た。

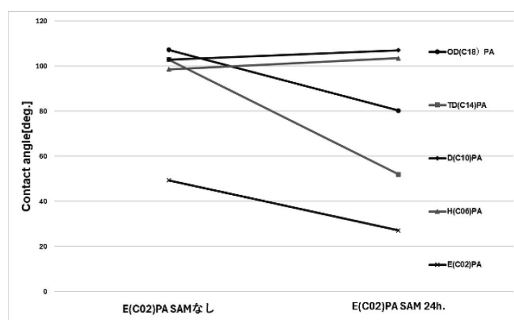


図 3 E(CO2)PA 層上と複合化成膜したホスホン酸系 SAM の水滴接触角測定結果

## 9. まとめ

ポスターセッションという形で研究発表を行ったが、客観的視点から質問、アドバイスをいただき非常に参考になった。この経験を糧に、これからの研究活動に精進していきたい。



## 第 71 回応用物理学会春季 学術講演会に参加して

森 田 希 望  
Nozomi MORITA  
電子情報通信課程 3 年

### 1. はじめに

私は、2024 年 3 月 22 日～25 日に東京都市大学世田谷キャンパスで開催された、「2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会」に参加し、3 月 24 日に「MH 加熱法による  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  量子ドットの発光特性評価」というテーマについて、ポスター発表を行った。

### 2. 研究背景

量子ドット (Quantum Dots: QDs) とは、直径数 nm のサイズの半導体微粒子である。QDs はコア／シェル構造を持つことで発光の量子効率やその安定性を向上させることが知られている。近年では、QDs を用いたテレビ、ディスプレイ、太陽電池などが注目されている。課題として、材料に Cd 系の化合物半導体を使用するのが一般的であるが、Cd は毒性が強く人体に有害である点が挙げられる。本実験では MH (マントルヒーター) 加熱法によるカドミウムフリーの  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  を作製し、発光特性を評価した。

### 3. 実験方法

はじめに酢酸銅、酢酸亜鉛、酢酸インジウム、オレイン酸、オクタデセンを用いて金属前駆体を作製した。この時、酢酸銅と酢酸亜鉛の比率は  $1:x$  (1, 3, 5, 10, 20) とした。次に、純硫黄、オレイルアミンを用いて S 前駆体を作製した。続いて、金属前駆体と DDT を二口フラスコに投入し、MH を用いて窒素雰囲気下で  $180^\circ\text{C}_{10\text{min}}$ 。加熱した後、S 前駆体を投入し  $180^\circ\text{C}_{10\text{min}}$ 。の条件で加熱しコアを作製した。更に  $230^\circ\text{C}_{5\text{min}}$ 。で加熱することでシ

エルを作製した。加熱後の試料にエタノールを投入後  $4,000\text{rpm}_{5\text{min}}$ 。で遠心分離し、試料を洗浄した。さらに、シクロヘキサンを投入して試料を分散させ  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  を作製した。同様の手順で酢酸銀と酢酸亜鉛の比率を  $1:x$  (3, 5, 10, 20) として  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  を作製した。また、加熱における実験装置の違いが QDs に与える影響を調べるため、シェル作製時の加熱に MFR (マイクロフローリアクター) を用いて QDs を作製した。

### 4. 実験結果

Fig. 1 に色彩輝度計によって得られた  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  の色度図を示す。また、PL 測定により得られた発光スペクトル (規格化済) を Fig. 2 に示す。Zn の比率を大きくするほど発光波長のピークが短波長側に移動していることが分かった。Cu:Zn が  $1:20$  のとき発光強度が最も高い結果となった。

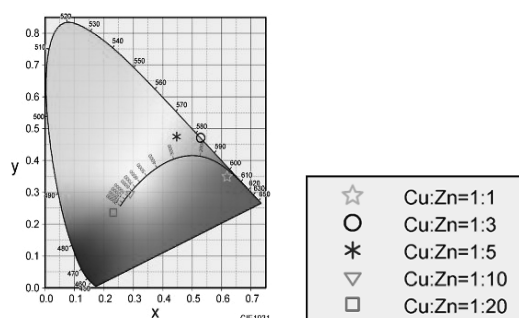


Fig. 1 Chromaticity diagram by emission color of  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  quantum dots

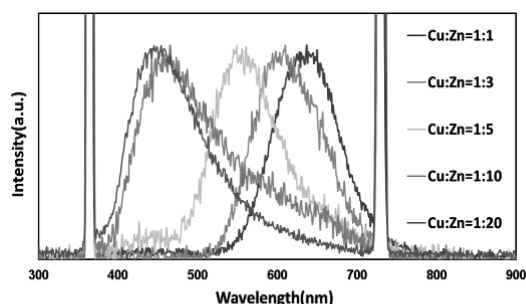


Fig. 2 Luminescence Characteristic Evaluation

Fig. 3 に色彩輝度計によって得られた  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$



の色度図を, Fig. 4に PL 測定により得られた  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  の発光特性の結果を示す. Zn の比率を 5 から 10 に変化させたとき, 発光波長のピークが 150nm 大きく移動していることが分かった. 発光強度は 1 : 20 のときが最も高くなった.

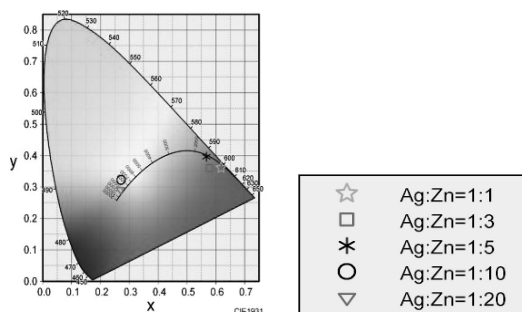


Fig. 3 Chromaticity diagram by emission color of  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  quantum dots

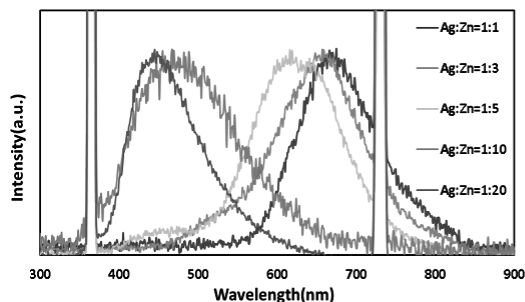


Fig. 4 Luminescence Characteristic Evaluation

加熱における実験装置の違いが QDs に与える影響を調べるため, MH/MFR (マイクロフローリアクター) の 2 種類の加熱装置を用いて QDs を作製した. Fig. 5 にそれぞれの加熱法による PL 測定の結果を示す. 材料に Ag を用いた QDs は赤色発光で

あり, Cu の場合は橙色発光であった.  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  の場合は, MFR では高い発光強度は得られず, MH を用いた方がより明るい発光を得た.  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  の場合は, MH よりも MFR を用いた方が高い発光強度を得られた.

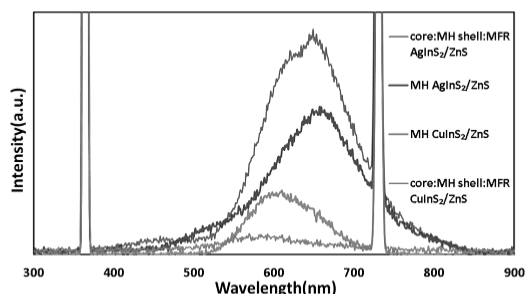


Fig. 5 Comparison luminescence characteristics for each experimental setup

## 5. まとめ

2 種類の加熱装置を用いて  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ ,  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  量子ドットを作製し, 発光特性の評価・比較を行った. Zn の比率を変えることで,  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ ,  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  量子ドットの両方で発光ピークが変化(短波長側)することが確認できた. Cu : Zn, Ag : Zn = 1 : 20 のとき, 発光強度が共に最大となった. シェル作製時の加熱に MFR を用いることで,  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  量子ドットの発光強度が上昇した.

## 謝辞

今回の学会発表を行うにあたり, 懇切なご指導を頂きました山本伸一教授, 山本研究室の先輩方や, 共に協力し合い, 励ましあった研究室の仲間たちに心より感謝いたします.



## 2023 年度 先端理工学部・理工学部・理工学研究科 就職先一覧

業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科計	採用者数					
				数理 情報 科学	電子 情報 通信	機械 工学 ロボティクス	応用 化学	知能 情報 メディア	環境 生態 工学
				(課程・学科・専攻計)					
6	建設業:総合(土木・建築)	株式会社秋村組	1	1					
6	建設業:総合(土木・建築)	株式会社大山建設	1						1
6	建設業:総合(土木・建築)	村本建設株式会社	1						1
6	建設業:総合(土木・建築)	大成建設株式会社	1				1		
7	建設業:土木・橋梁・造園・鉄骨	蛭川造園土木株式会社	1						1
9	建設業:建築・建設	大和ハウスリフォーム株式会社	1						1
10	建設業:設備工事・プラント・内装	アイ電気通信株式会社	1					1	
10	建設業:設備工事・プラント・内装	クボタ環境エンジニアリング株式会社	4						4
10	建設業:設備工事・プラント・内装	ダイキンエアテクノ株式会社	1						1
10	建設業:設備工事・プラント・内装	ダイダン株式会社	1			1			
10	建設業:設備工事・プラント・内装	パナソニック EW エンジニアリング株式会社	1			1			
10	建設業:設備工事・プラント・内装	パナソニック環境エンジニアリング株式会社	1						1
10	建設業:設備工事・プラント・内装	レイズネクスト株式会社	1		1				
10	建設業:設備工事・プラント・内装	株式会社きんでん	1	1					
10	建設業:設備工事・プラント・内装	株式会社日立プラントサービス	1						1
10	建設業:設備工事・プラント・内装	協和テクノロジーズ株式会社	1	1					
10	建設業:設備工事・プラント・内装	新菱冷熱工業株式会社	1						1
11	建設業:住宅	シンニッケンホールディングス株式会社	1	1					
12	建設業:コンサルタント・設計事務所	株式会社ウエスコ	1						1
12	建設業:コンサルタント・設計事務所	株式会社土木管理総合試験所	1						1
12	建設業:コンサルタント・設計事務所	株式会社日水コン	1						1
12	建設業:コンサルタント・設計事務所	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	1		1				
13	不動産取引業(建物・土地)	株式会社 FULL BASE	1	1					
13	不動産取引業(建物・土地)	株式会社山いちば	1	1					
14	不動産賃貸業(賃貸・管理)	パーク 24 グループ	2	2					
14	不動産賃貸業(賃貸・管理)	株式会社長栄	1						1
15	メーカー:食品・食料	キッコーマン株式会社	1				1		
15	メーカー:食品・食料	フジパン株式会社	1			1			
15	メーカー:食品・食料	株式会社ユキオー	1					1	
15	メーカー:食品・食料	株式会社創味食品	1					1	
17	メーカー:繊維工業	シキボウ株式会社	1					1	
17	メーカー:繊維工業	綾羽工業株式会社	1					1	
17	メーカー:繊維工業	東レ株式会社	1			1			
20	メーカー:家具・装備品	タカラスタンダード株式会社	1				1		
21	メーカー:パルプ・製紙・紙製品	ゴウダ株式会社	1					1	
21	メーカー:パルプ・製紙・紙製品	株式会社巴川製紙所	1					1	
22	情報通信:出版・新聞	株式会社ジェイエスコポレーション	1	1					
23	メーカー:印刷・印刷関連サービス	株式会社ゼネラルアサヒ	1		1				
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	JNC 株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	オキツモ株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	サカタインクス株式会社	1						1
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	サンユレック株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	ライトケミカル工業株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	奥野製薬工業株式会社	1		1				
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	株式会社アンズコーポレーション	2					2	



業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科 計	採用者数					
				数 理 情 報 学	電 子 情 報 通 信	機 械 工 学 ロ ボ テ ク ス	応 用 化 学	知 能 情 報 メ デ ィ ア	環 境 生 態 工 学
				(課程・学科・専攻計)					
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	株式会社クラレ	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	株式会社ダイゾー	1			1			
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	株式会社ワイエムシィ	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	積水水口化工株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	大同塗料株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	東ソー株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	日本エア・リキード合同会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	富士フイルムワコーケミカル株式会社	1					1	
24	メーカー:化学・医薬・化粧品	富士フイルム和光純薬株式会社	1					1	
25	メーカー:石油製品・石炭製品	富士高分子株式会社	1					1	
26	メーカー:ゴム製品	三ツ星ベルト株式会社	1					1	
28	メーカー:プラスチック製品	ロンシール工業株式会社	1					1	
28	メーカー:プラスチック製品	宮川化成工業株式会社	1					1	
28	メーカー:プラスチック製品	日東電工株式会社	1					1	
29	メーカー:窯業・土石・セラミックス・ガラス	品川リフrakトリーズ株式会社	1					1	
29	メーカー:窯業・土石・セラミックス・ガラス	林化学工業株式会社	1					1	
30	メーカー:鉄鋼業	株式会社日本ネットワークサポート	2					2	
30	メーカー:鉄鋼業	高周波熱錬株式会社	1		1				
30	メーカー:鉄鋼業	日鉄鋼板株式会社	1					1	
31	メーカー:非鉄金属	株式会社 IHI キャスティングス	1				1		
31	メーカー:非鉄金属	株式会社徳力本店	1					1	
31	メーカー:非鉄金属	古河 AS 株式会社	1					1	
31	メーカー:非鉄金属	福田金属箔粉工業株式会社	1					1	
32	メーカー:金属製品・金属加工品	サンコール株式会社	1					1	
32	メーカー:金属製品・金属加工品	株式会社丸島アクアシステム	1						1
32	メーカー:金属製品・金属加工品	株式会社東研サーモテック	1					1	
32	メーカー:金属製品・金属加工品	株式会社日新ダイヤモンド	1		1				
32	メーカー:金属製品・金属加工品	東ブレ株式会社	1			1			
32	メーカー:金属製品・金属加工品	東レ・プレジジョン株式会社	1				1		
32	メーカー:金属製品・金属加工品	日伸工業株式会社	2			1	1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	KNE 株式会社	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	TMT マシナリー株式会社	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	キャノンマシナリー株式会社	1			1			
33	メーカー:一般機械・産業機械	ダイキン工業株式会社	2					1	1
33	メーカー:一般機械・産業機械	テラル株式会社	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	ニデックマシンツール株式会社	2				1		1
33	メーカー:一般機械・産業機械	フジテック株式会社	7			3	4		
33	メーカー:一般機械・産業機械	ミネベアミツミ株式会社	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	ヤンマーアグリ株式会社	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社ジェイテクトサーモシステム	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社ダイフク	2			1	1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社ツバキ・ナカシマ	2				2		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社テクノスマート	1						1
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社パウレック	1			1			
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社ヒラノテクシード	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社ホリゾン	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社京都製作所	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社清水合金製作所	1			1			



業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科計	採用者数					
				数理 情報 科学	電子 情報 通信	機械 工学 ロボティクス	応用 化学	知能 情報 メディア	環境 生態 工学
				(課程・学科・専攻計)					
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社椿本チエイン	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社鶴見製作所	1						1
33	メーカー:一般機械・産業機械	株式会社日阪製作所	1						1
33	メーカー:一般機械・産業機械	大和歯車製作株式会社	1				1		
33	メーカー:一般機械・産業機械	東レエンジニアリング株式会社	7			5	2		
33	メーカー:一般機械・産業機械	日立造船株式会社	3			1	2		
33	メーカー:一般機械・産業機械	扶桑工業株式会社	1				1		
34	メーカー:電気機械・照明	シャープ株式会社	3	1		1			1
34	メーカー:電気機械・照明	ニデック株式会社	1				1		
34	メーカー:電気機械・照明	パナソニックエナジー株式会社	1			1			
34	メーカー:電気機械・照明	株式会社 GS ユアサ	2	1			1		
34	メーカー:電気機械・照明	株式会社三社電機製作所	1			1			
34	メーカー:電気機械・照明	株式会社小糸製作所	1			1			
34	メーカー:電気機械・照明	株式会社日立製作所	1				1		
34	メーカー:電気機械・照明	株式会社片岡製作所	2	1	1				
34	メーカー:電気機械・照明	株式会社明電舎	1					1	
34	メーカー:電気機械・照明	三菱電機株式会社	1		1				
34	メーカー:電気機械・照明	日新電機株式会社	1			1			
34	メーカー:電気機械・照明	富士電機株式会社	1				1		
35	メーカー:電子・デバイス	コーデンシ株式会社	1					1	
35	メーカー:電子・デバイス	ニチコン株式会社	2			1	1		
35	メーカー:電子・デバイス	ローム株式会社	2		1	1			
35	メーカー:電子・デバイス	株式会社エスケーエレクトロニクス	2					2	
35	メーカー:電子・デバイス	株式会社村田製作所	1			1			
36	メーカー:情報通信機械器具	サイレックス・テクノロジー株式会社	1				1		
36	メーカー:情報通信機械器具	株式会社デンソーテン	1		1				
36	メーカー:情報通信機械器具	株式会社日立国際電気	1		1				
36	メーカー:情報通信機械器具	京セラ株式会社	1				1		
36	メーカー:情報通信機械器具	東芝テック株式会社	1				1		
37	メーカー:自動車・輸送機器・関連	スズキ株式会社	2			1	1		
37	メーカー:自動車・輸送機器・関連	テイ・エステック株式会社	1				1		
37	メーカー:自動車・輸送機器・関連	株式会社アドヴィックス	1					1	
37	メーカー:自動車・輸送機器・関連	今治造船株式会社	1				1		
37	メーカー:自動車・輸送機器・関連	三菱ロジスネクスト株式会社	2			2			
37	メーカー:自動車・輸送機器・関連	大和精工株式会社	1				1		
38	メーカー:精密・光学・レンズ・医療	JFE アドバンテック株式会社	1			1			
38	メーカー:精密・光学・レンズ・医療	エスベック株式会社	1				1		
38	メーカー:精密・光学・レンズ・医療	オージー技研株式会社	1	1					
38	メーカー:精密・光学・レンズ・医療	パナソニックプロダクションエンジニアリング株式会社	1			1			
38	メーカー:精密・光学・レンズ・医療	株式会社アヤハエンジニアリング	1					1	
38	メーカー:精密・光学・レンズ・医療	株式会社堀場製作所	2				2		
40	電気・ガス・熱・水道供給業	Daigas ガスアンドパワーソリューション株式会社	2	1			1		
40	電気・ガス・熱・水道供給業	関西電力株式会社	2	1					1
40	電気・ガス・熱・水道供給業	大阪ガスネットワーク株式会社	1					1	
40	電気・ガス・熱・水道供給業	日本メンテナンスエンジニアリング株式会社	1						1
42	輸送:陸上	近畿日本鉄道株式会社	2		1		1		
42	輸送:陸上	西日本旅客鉄道株式会社 (JR 西日本)	2						2
42	輸送:陸上	東京地下鉄株式会社 (東京メトロ)	1				1		



業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科計	採用者数					
				数理解 情報科学	電子 情報通信	機械 工学 ロボティクス	応用 化学	知能 情報 メディア	環境 生態 工学
				(課程・学科・専攻計)					
44	輸送・倉庫・運輸附帯サービス	丸一海運株式会社	1					1	
46	商社:繊維製品・衣服・身の回り品	東光商事株式会社	1						1
47	商社:農畜水産物・青果物・卸売市場	滋賀びわ湖青果株式会社	1		1				
49	商社:医薬・化学・化粧品・ゴム・プラスチック	株式会社リフレ	1						1
49	商社:医薬・化学・化粧品・ゴム・プラスチック	株式会社日吉	1						1
49	商社:医薬・化学・化粧品・ゴム・プラスチック	大阪ガスケミカル株式会社	1					1	
49	商社:医薬・化学・化粧品・ゴム・プラスチック	浜理薬品工業株式会社	1					1	
49	商社:医薬・化学・化粧品・ゴム・プラスチック	和研薬株式会社	1						1
51	商社:機械器具・OA 製品	アークレイ株式会社	1				1		
51	商社:機械器具・OA 製品	オプテックス・エフエー株式会社	1			1			
51	商社:機械器具・OA 製品	コマツ物流株式会社	1	1					
51	商社:機械器具・OA 製品	ダイドー株式会社	1				1		
51	商社:機械器具・OA 製品	ダイワボウ情報システム株式会社	1	1					
51	商社:機械器具・OA 製品	株式会社 IDOM	1						1
51	商社:機械器具・OA 製品	株式会社 novis	1	1					
51	商社:機械器具・OA 製品	株式会社サンセイテクノス	1					1	
51	商社:機械器具・OA 製品	株式会社日立ハイテクフィールドディング	1					1	
51	商社:機械器具・OA 製品	三菱電機インフォメーションネットワーク株式会社	1		1				
51	商社:機械器具・OA 製品	小林事務機株式会社	1		1				
51	商社:機械器具・OA 製品	松吉医科器械株式会社	1						1
51	商社:機械器具・OA 製品	矢崎総業株式会社	1				1		
52	商社:建材・木材・再生資源	株式会社昭和コーポレーション	1						1
54	商社:その他の製品	株式会社イーふらん	1	1					
54	商社:その他の製品	株式会社エバニュー	1		1				
56	流通:飲食料品・食品スーパー	フロンティア物産株式会社	1						1
56	流通:飲食料品・食品スーパー	株式会社平和堂	2		1				1
56	流通:飲食料品・食品スーパー	株式会社万代	1					1	
59	流通:レストラン・外食・給食	株式会社王将フードサービス	1		1				
59	流通:レストラン・外食・給食	株式会社物語コーポレーション	1	1					
61	流通:家具・建具・什器・家電・ホームセンター	株式会社エディオン	1	1					
62	流通:その他(メガネ・薬局・書籍・スポーツ等)	株式会社クスリのアオキ	2				1	1	
62	流通:その他(メガネ・薬局・書籍・スポーツ等)	株式会社サンドラッグ	1						1
63	金融:銀行・信託銀行	株式会社滋賀銀行	1				1		
63	金融:銀行・信託銀行	株式会社西日本シティ銀行	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	FITEC 株式会社	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	MicroWorld 株式会社	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	NEC ネクサソリューションズ株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	NEXCO 西日本情報テクノロジー株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	SG システム株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	Sky 株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	UT テクノロジー株式会社	2		1			1	
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	アイテック阪急阪神株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	イーテクノロジー株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	インテグレートトータルシステム株式会社	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	エムオーテックス株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	オリックス・システム株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	カコムス株式会社	1						1
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	キーウェア西日本株式会社	1					1	



業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科計	採用者数					
				数理解 情報科学	電子 情報 通信	機械 工学 ロボティクス	応用 化学	知能 情報 メディア	環境 生態 工学
				(課程・学科・専攻計)					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	コンピュータマネージメント株式会社	1					1	
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	タック株式会社	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	トレンドマイクロ株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	ネットソフト株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	ノバシステム株式会社 東京本社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	パーソル AVC テクノロジー株式会社	4	1		2	1		
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	パーソルプロセス&テクノロジー株式会社	1						1
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	フロンティア・デザイン株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	レイシスソフトウェアサービス株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	旭情報サービス株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 AGEST	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 IHI エスキューブ	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 JR 西日本 IT ソリューションズ	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 KDC	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 NTT データ SBC	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 NTT データアイ	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 NTT データフロンティア	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 SCREEN ICT ソフトウェア	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 SET	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社アイヴィス	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社アルファシステムズ	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社アルメディアネットワーク	1				1		
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社インテック	2		2				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社エイチーム	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社エクセル・クリエイツ	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社オービックビジネスコンサルタント	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社オープンアップ IT エンジニア	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社クラックスシステム	2		1	1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社クロスユーアイエス	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ケーケーシー情報システム	1					1	
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社コスモサミット	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社コンピューターエンゼルス	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社さくらケーシーエス	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社シーイーシー	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社システムディ	2	2					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ゼネックコミュニケーション	2		2				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ソフトウェア・サービス	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ディ・アイ・システム	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ティジイエール	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社データ X	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ドリームジャック	1				1		
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ダウンゴ	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ネオ	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ハイマックス	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ビーネックソリューションズ	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社マイナビ	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社モバイルテクノ	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ランドコンピュータ	1						1



業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科計	採用者数					
				数理解 情報科学	電子 情報 通信	機械 工学 ロボティクス	応用 化学	知能 情報 メディア	環境 生態 工学
				(課程・学科・専攻計)					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社リボルブ・シス	2			1			1
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社三光システム	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社電算情報技研	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社日立システムズ	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社日立ソリューションズ・クリエイト	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社日立ハイシステム 21	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	京セラコミュニケーションシステム株式会社	1						1
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	京都電子計算株式会社	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	三井 E&S システム技研株式会社	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	三井住友トラスト・システム&サービス株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	三菱電機ソフトウェア株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	日鉄ソリューションズ株式会社	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	日本ビジネスシステムズ株式会社	2	1		1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	富士ソフト株式会社	3	1	1	1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	富士通株式会社	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社ソフトウェアサービス	1			1			
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社電通国際情報サービス (ISID)	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社プロット	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社富士通エフサス	1	1					
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	株式会社 NTT データニューソン	1		1				
73	情報通信:ソフトウェア・情報処理・情報サービス	ノバシステム株式会社 大阪本社	1		1				
74	情報通信:通信業・同関連	ソフトバンク株式会社	1			1			
74	情報通信:通信業・同関連	株式会社 NTT ドコモ	1			1			
74	情報通信:通信業・同関連	西日本電信電話株式会社 (NTT 西日本)	1		1				
77	情報通信:インターネット関連サービス	株式会社 SKI ウェスト	1		1				
78	サービス:広告代理業	株式会社 D2C	1	1					
78	サービス:広告代理業	株式会社アイレップ	1	1					
81	サービス:病院・医院・医療・保健衛生	済生会滋賀県病院	1						1
82	サービス:福祉・福祉施設	株式会社オン・ザ・ブラネット	1						1
84	サービス:協同組合・郵便局	レーク伊吹農業協同組合	1						1
84	サービス:協同組合・郵便局	京都農業協同組合 (JA 京都)	1						1
85	サービス:税理・会計・特許・経営コンサルタント	SOLIZE 株式会社	1				1		
85	サービス:税理・会計・特許・経営コンサルタント	スパイラル株式会社	1	1					
85	サービス:税理・会計・特許・経営コンサルタント	レイス株式会社	1		1				
85	サービス:税理・会計・特許・経営コンサルタント	株式会社 NEXYZ.Group	1						1
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	株式会社 Relic	1			1			
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	株式会社カンセツ	1				1		
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	株式会社パナソニックシステムネットワークス開発研究所	1			1			
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	株式会社ヒラテ技研	1		1				
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	株式会社ベリサーブ	1	1					
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	株式会社関電エネルギーソリューション	1						1
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	株式会社日産オートモーティブテクノロジー	1					1	
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	三菱電機エンジニアリング株式会社	1				1		
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	島津トラステック株式会社	1	1					
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	東亜非破壊検査株式会社	1					1	
86	サービスその他専門サービス(デザイン・機械設計等)	東明エンジニアリング株式会社	1	1					
87	サービス:学校・専門学校	学校法人創志学園 クラーク記念国際高等学校	1					1	



業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科 計	採用者数					
				数 理 情 報 科 学	電 子 情 報 通 信	機 械 工 学 ロ ボ テ ィ ク ス	応 用 化 学	知 能 情 報 メ デ ィ ア	環 境 生 態 工 学
				(課程・学科・専攻計)					
87	サービス:学校・専門学校	学校法人藍野大学 明浄学院高等学校	1					1	
87	サービス:学校・専門学校	岐阜県教育委員会	2	1					1
87	サービス:学校・専門学校	滋賀県教育委員会	6	2			1	2	1
87	サービス:学校・専門学校	大阪府教育委員会	1	1					
87	サービス:学校・専門学校	東京都教育委員会	1	1					
87	サービス:学校・専門学校	福岡県教育委員会	1	1					
88	サービス:メンテナンス・保守・修理	ウチダエスコ株式会社	1	1					
88	サービス:メンテナンス・保守・修理	株式会社ジーエスユアサフィールドディングス	1				1		
88	サービス:メンテナンス・保守・修理	三菱電機システムサービス株式会社	1						1
89	サービス:娯楽・スポーツ施設・生活関連サービス	アンダーツリー株式会社	1						1
89	サービス:娯楽・スポーツ施設・生活関連サービス	株式会社バンダイナムコアミューズメント	1		1				
89	サービス:娯楽・スポーツ施設・生活関連サービス	平和商事株式会社	1		1				
91	サービス:警備保障	株式会社にしけい	1					1	
92	サービス:物品レンタル・物品リース	株式会社東海大阪レンタル	1						1
93	サービス:その他	AKKODiS コンサルティング株式会社	2	1	1				
93	サービス:その他	KDDI デジタルセキュリティ株式会社	1			1			
93	サービス:その他	STARTEK Malaysia	1						1
93	サービス:その他	UT 東芝株式会社	1	1					
93	サービス:その他	クラウドエース株式会社	1		1				
93	サービス:その他	トランスコスモス株式会社	1						1
93	サービス:その他	パーソルクロステクノロジー株式会社	3	1	2				
93	サービス:その他	株式会社アウトソーシングテクノロジー	5		4			1	
93	サービス:その他	株式会社アテック	1				1		
93	サービス:その他	株式会社アルトナー	1			1			
93	サービス:その他	株式会社アルプス技研	3		1	1		1	
93	サービス:その他	株式会社ウイルテック	1				1		
93	サービス:その他	株式会社エコ・プラン	1					1	
93	サービス:その他	株式会社エステム	1						1
93	サービス:その他	株式会社エスユーエス	2		1				1
93	サービス:その他	株式会社スタッフサービス	2			1		1	
93	サービス:その他	株式会社ダイセキ	1						1
93	サービス:その他	株式会社テアトルアカデミー	1				1		
93	サービス:その他	株式会社テクノプロ テクノプロ・エンジニアリング社	1	1					
93	サービス:その他	株式会社テクノプロ テクノプロ・デザイン社	1		1				
93	サービス:その他	株式会社ヒップ	1		1				
93	サービス:その他	株式会社ブレイブ (Brave, Inc.)	1			1			
93	サービス:その他	株式会社マイスターエンジニアリング 大阪本社	1		1				
93	サービス:その他	株式会社マクシスエンジニアリング	2				2		
93	サービス:その他	株式会社メイテック	3		1	1	1		
93	サービス:その他	株式会社ユニティー	1					1	
93	サービス:その他	株式会社ワールドインテック	2		2				
93	サービス:その他	株式会社勝和	1		1				
93	サービス:その他	株式会社日立パワーソリューションズ	1						1
93	サービス:その他	近鉄ファシリティーズ株式会社	1			1			
96	サービス:学習塾・教育支援	株式会社スブリックス	1		1				
96	サービス:学習塾・教育支援	株式会社湘南ゼミナール	1	1					
98		その他	1			1			
99	公務(国家)	国土交通省	1						1



業種 コード	業種名	企業名等	学部・ 研究科計	採用者数					
				数理 情報 科学	電子 情報 通信	機械 工学 ロボティクス	応用 化学	知能 情報 メディア	環境 生態 工学
				(課程・学科・専攻計)					
99	公務(国家)	防衛省	2					1	1
101	公務(地方)	京都市役所	2						2
101	公務(地方)	京都府警察本部	2		1				1
101	公務(地方)	湖南広域消防局	1						1
101	公務(地方)	広島県庁	1						1
101	公務(地方)	滋賀県庁	1					1	
101	公務(地方)	草津市役所	1	1					
101	公務(地方)	多賀町役場	1						1
101	公務(地方)	大阪市役所	1					1	
101	公務(地方)	大津市役所	1		1				
101	公務(地方)	奈良県警察本部	1	1					
101	公務(地方)	奈良市役所	2		1		1		



## 2023 年度 先端理工学部・理工学部・理工学研究科 業種別就職状況

業種 コード	業種分類	学部・ 研究科計	数理・ 情報科学	電子情報 通信	機械工学・ ロボティクス	応用化学	知能情報 メディア	環境生態 工学
(課程・学科・専攻計)								
6	建設業：総合（土木・建築）	4	1			1		2
7	建設業：土木・橋梁・造園・鉄骨	1						1
9	建設業：建築・建設	1						1
10	建設業：設備工事・プラント・内装	14	2	1	2		1	8
11	建設業：住宅	1	1					
12	建設業：コンサルタント・設計事務所	4		1				3
	土木・建設業 小計	25	4	2	2	1	1	15
13	不動産取引業（建物・土地）	2	2					
14	不動産賃貸業（賃貸・管理）	3	2					1
	不動産 小計	5	4	0	0	0	0	1
15	メーカー：食品・食料	4			1	1	2	
17	メーカー：繊維工業	3			1		2	
20	メーカー：家具・装備品	1				1		
21	メーカー：パルプ・製紙・紙製品	2					2	
23	メーカー：印刷・印刷関連サービス	1		1				
24	メーカー：化学・医薬・化粧品	17		1	1		14	1
25	メーカー：石油製品・石炭製品	1					1	
26	メーカー：ゴム製品	1					1	
28	メーカー：プラスチック製品	3					3	
29	メーカー：窯業・土石・セラミックス・ガラス	2					2	
30	メーカー：鉄鋼業	4		1			3	
31	メーカー：非鉄金属	4				1	3	
32	メーカー：金属製品・金属加工品	8		1	2	2	2	1
33	メーカー：一般機械・産業機械	43			13	24	1	5
34	メーカー：電気機械・照明	16	3	2	5	4	1	1
35	メーカー：電子・デバイス	8		1	3	1	3	
36	メーカー：情報通信機械器具	5		2		3		
37	メーカー：自動車・輸送機器・関連	8			3	4	1	
38	メーカー：精密・光学・レンズ・医療	7	1		2	3	1	
	製造業 小計	138	4	9	31	44	42	8
40	電気・ガス・熱・水道供給業	6	2			1	1	2
	エネルギー 小計	6	2	0	0	1	1	2
42	輸送：陸上	5		1		2		2
44	輸送：倉庫・運輸附帯サービス	1					1	
	運輸業 小計	6	0	1	0	2	1	2
46	商社：繊維製品・衣服・身の回り品	1						1
47	商社：農畜水産物・青果物・卸売市場	1		1				
49	商社：医薬・化学・化粧品・ゴム・プラスチック	5					2	3
51	商社：機械器具・OA 製品	13	3	2	1	3	2	2
52	商社：建材・木材・再生資源	1						1
54	商社：その他の製品	2	1	1				
	卸売業 小計	23	4	4	1	3	4	7
56	流通：飲食料品・食品スーパー	4		1			1	2
59	流通：レストラン・外食・給食	2	1	1				
61	流通：家具・建具・什器・家電・ホームセンター	1	1					
62	流通：その他(メガネ・薬局・書籍・スポーツ等)	3				1	1	1
	小売業 小計	10	2	2	0	1	2	3



業種 コード	業種分類	学部・ 研究科計	数理・ 情報科学	電子情報 通信	機械工学・ ロボティクス	応用化学	知能情報 メディア	環境生態 工学
			(課程・学科・専攻計)					
63	金融：銀行・信託銀行	2	1			1		
	金融業 小計	2	1	0	0	1	0	0
22	情報通信：出版・新聞	1	1					
73	情報通信：ソフトウェア・情報処理・情報サービス	96	23	36	25	3	4	5
74	情報通信：通信業・同関連	3		1	2			
77	情報通信：インターネット関連サービス	1		1				
	情報通信業 小計	101	24	38	27	3	4	5
78	サービス：広告代理業	2	2					
81	サービス：病院・医院・医療・保健衛生	1						1
84	サービス：協同組合・郵便局	2						2
85	サービス：税理・会計・特許・経営コンサルタント	4	1	1		1		1
86	サービス：その他専門サービス(デザイン・機械設計等)	11	3	1	2	2	2	1
88	サービス：メンテナンス・保守・修理	3	1			1		1
89	サービス：娯楽・スポーツ施設・生活関連サービス	3		2				1
91	サービス：警備保障	1					1	
92	サービス：物品レンタル・物品リース	1						1
93	サービス：その他	45	4	17	7	6	5	6
	サービス業 小計	73	11	21	9	10	8	14
82	サービス：福祉・福祉施設	1						1
	福祉 小計	1	0	0	0	0	0	1
87	サービス：学校・専門学校	13	6			1	4	2
96	サービス：学習塾・教育支援	2	1	1				
	教育 小計	15	7	1	0	1	4	2
99	公務（国家）	3					1	2
101	公務（地方）	14	2	3		1	2	6
	公務員 小計	17	2	3	0	1	3	8
98	その他	1			1			
	その他 小計	1	0	0	1	0	0	0



## 2023 年度 学会発表等一覧

2023 年度において、理工学会の補助を受け、学会等で発表を行いました。

### 〈国外での発表〉

発表者	所 属	指導教員	学会・講演会等	時 期	会 場
岡 明澄	応用化学課程	内田 欣吾	11th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (EAS11)	2023 年10月	National Taiwan University (台湾)
宇賀 圭佑	電子情報学専攻	木村 昌弘	COMPLEX NETWORKS 2023	2023 年11月	Palais de l'Europe (フランス)
齊藤 真希	電子情報学専攻	木村 昌弘	COMPLEX NETWORKS 2023	2023 年11月	Palais de l'Europe (フランス)
大島 寛矢	電子情報学専攻	石崎 俊雄	2023 Asia-Pacific Microwave Conference	2023 年12月	Taipei International Convention Center (台湾)
矢野 太一	情報メディア学専攻	曾我麻佐子	International Workshop on Advanced Image Technology 2024 (IWAIT 2024)	2024 年 1 月	Parkroyal Langkawi Resort (マレーシア)
開田 拓翔	知能情報メディア課程	曾我麻佐子	International Workshop on Advanced Image Technology 2024 (IWAIT 2024)	2024 年 1 月	Parkroyal Langkawi Resort (マレーシア)

### 〈国内での発表〉

発表者	所 属	指導教員	学会・講演会等名	時 期	会 場
磯部 大輔	環境ソリューション工学専攻	山中 裕樹	The eDNA Society International Meeting 2023	2023 年 5 月	ピアザ淡海
中田 光星	物質化学専攻	河内 岳大	第 72 回高分子学会年次大会	2023 年 5 月	G メッセ群馬
南 悠斗	物質化学専攻	河内 岳大	第 72 回高分子学会年次大会	2023 年 5 月	G メッセ群馬
森長 翔	物質化学専攻	河内 岳大	第 72 回高分子学会年次大会	2023 年 5 月	G メッセ群馬
源平 隆博	機械システム工学専攻	田原 大輔	日本機械学会 第 35 回バイオエンジニアリング講演会	2023 年 6 月	日立システムズホール仙台
安喜 友哉	機械システム工学専攻	田原 大輔	日本機械学会 第 35 回バイオエンジニアリング講演会	2023 年 6 月	日立システムズホール仙台
尾畑 瑛	機械システム工学専攻	坂上 憲光	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 in Nagoya	2023 年 6 月	名古屋国際会議場
濱 幹太	機械システム工学専攻	坂上 憲光	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 in Nagoya	2023 年 6 月	名古屋国際会議場
山崎 仁矢	機械システム工学専攻	坂上 憲光	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 in Nagoya	2023 年 6 月	名古屋国際会議場
橋本 一海	機械システム工学専攻	坂上 憲光	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 in Nagoya	2023 年 6 月	名古屋国際会議場
松前 辰武	機械システム工学専攻	坂上 憲光	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 in Nagoya	2023 年 6 月	名古屋国際会議場
伊藤 良	電子情報学専攻	木村 陸	AM-FPD'23	2023 年 7 月	龍谷大学響都ホール
谷内田健太	電子情報学専攻	木村 陸	AM-FPD'23	2023 年 7 月	龍谷大学響都ホール
折内 俊哉	物質化学専攻	中沖 隆彦	The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2023)	2023 年 7 月	札幌コンベンションセンター
西岡 幹人	物質化学専攻	中沖 隆彦	The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2023)	2023 年 7 月	札幌コンベンションセンター
川本 智己	物質化学専攻	中沖 隆彦	The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2023)	2023 年 7 月	札幌コンベンションセンター
西村 天真	物質化学専攻	中沖 隆彦	The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2023)	2023 年 7 月	札幌コンベンションセンター
宮内 嶺	物質化学専攻	中沖 隆彦	The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2023)	2023 年 7 月	札幌コンベンションセンター
中世古真吾	数理情報学専攻	高橋 隆史	画像の認識・理解シンポジウム MIRU 2023	2023 年 7 月	アクトシティ浜松
矢羽田聡志	機械システム工学専攻	小川 圭二	日本機械学会 2023 年度年次大会	2023 年 9 月	東京都立大学南大沢キャンパス



発表者	所 属	指導教員	学会・講演会等	時 期	会 場
大野 巧成	情報メディア学専攻	藤田 和弘	FIT2023 第 22 回情報科学技術フォーラム	2023 年 9 月	大阪公立大学中百舌鳥キャンパス
高木 裕也	情報メディア学専攻	藤田 和弘	FIT2023 第 22 回情報科学技術フォーラム	2023 年 9 月	大阪公立大学中百舌鳥キャンパス
奥田 龍	物質化学専攻	富崎 欣也	第 17 回バイオ関連化学シンポジウム	2023 年 9 月	東京理科大学野田キャンパス薬学部
栢下 昂大	物質化学専攻	富崎 欣也	第 17 回バイオ関連化学シンポジウム	2023 年 9 月	東京理科大学野田キャンパス薬学部
岸根 克弥	物質化学専攻	富崎 欣也	第 17 回バイオ関連化学シンポジウム	2023 年 9 月	東京理科大学野田キャンパス薬学部
藤澤 梨花	物質化学専攻	富崎 欣也	第 17 回バイオ関連化学シンポジウム	2023 年 9 月	東京理科大学野田キャンパス薬学部
神田ららは	物質化学専攻	富崎 欣也	第 17 回バイオ関連化学シンポジウム	2023 年 9 月	東京理科大学野田キャンパス薬学部
田中かれん	物質化学専攻	富崎 欣也	第 17 回バイオ関連化学シンポジウム	2023 年 9 月	東京理科大学野田キャンパス薬学部
藤本 翔也	物質化学専攻	富崎 欣也	第 17 回バイオ関連化学シンポジウム	2023 年 9 月	東京理科大学野田キャンパス薬学部
高島 祐輔	情報メディア学専攻	外村 佳伸	第 28 回日本バーチャルリアリティ学会大会	2023 年 9 月	東京たま未来メッセ
片岡 是宗	環境ソリューション工学専攻	藤森 崇	第 64 回大気環境学会年会	2023 年 9 月	産業技術総合研究所 つくば中央共用講堂
小川 颯太	物質化学専攻	藤原 学	日本分析化学会第 72 年会	2023 年 9 月	熊本城ホール
亀山 杏輔	物質化学専攻	藤原 学	日本分析化学会第 72 年会	2023 年 9 月	熊本城ホール
田中 凌	物質化学専攻	藤原 学	日本分析化学会第 72 年会	2023 年 9 月	熊本城ホール
阪口 直樹	情報メディア学専攻	曾我麻佐子	第 133 回人文科学とコンピュータ研究発表会	2023 年 9 月	岡山大学津島キャンパス文法経講義棟
田邊 稜汰	電子情報学専攻	植村 渉	2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2023)	2023 年10月	奈良ロイヤルホテル
辻本 凌我	機械システム工学専攻	大津 広敬	第 67 回宇宙科学技術連合講演会	2023 年10月	富山国際会議場・ANA クラウンホテル富山
須藤 諒大	物質化学専攻	河内 岳大	第 72 回ネットワークポリマー講演討論会	2023 年10月	東京工業大学すずかけ台キャンパス
川村 大樹	電子情報学専攻	酒田 信親	第 71 回複合現実感研究会	2023 年10月	室ガス文化センター
生駒 峻人	電子情報学専攻	酒田 信親	第 71 回複合現実感研究会	2023 年10月	室ガス文化センター
小笠原 駿	電子情報学専攻	酒田 信親	第 71 回複合現実感研究会	2023 年10月	室ガス文化センター
安田 尚平	電子情報通信課程	植村 渉	計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2023 (SSI2023)	2023 年11月	芝浦工業大学豊洲キャンパス
丸田 千滉	情報メディア学専攻	野村 竜也	ハプティクス研究委員会第 31 回研究会	2023 年11月	東北学院大学五橋キャンパス
國本 雅椰	電子情報通信課程	木村 睦	The 2023 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai	2023 年11月	龍谷大学響都ホール
澤井 一輝	電子情報通信課程	木村 睦	The 2023 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai	2023 年11月	龍谷大学響都ホール
篠田 太陽	電子情報通信課程	木村 睦	The 2023 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai	2023 年11月	龍谷大学響都ホール
中祖 承良	電子情報通信課程	木村 睦	The 2023 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai	2023 年11月	龍谷大学響都ホール
池田 颯	情報メディア学専攻	野村 竜也	第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会	2023 年11月	淡路夢舞台国際会議場
江南 柊亮	情報メディア学専攻	野村 竜也	第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会	2023 年11月	淡路夢舞台国際会議場
田中 美優	情報メディア学専攻	野村 竜也	第 205 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会	2023 年11月	淡路夢舞台国際会議場
高井知可史	電子情報学専攻	木村 昌弘	人工知能学会合同研究会 2023 第 130 回知識ベースシステム研究会	2023 年11月	慶應義塾大学矢上キャンパス



発表者	所 属	指導教員	学会・講演会等	時 期	会 場
稲田 萌菜	電子情報通信課程	石崎 俊雄	2023 Microwave Workshops and Exhibition	2023 年11月	パシフィコ横浜
磨谷 大地	電子情報通信課程	石崎 俊雄	2023 Microwave Workshops and Exhibition	2023 年11月	パシフィコ横浜
富井 海祐	電子情報通信課程	石崎 俊雄	2023 Microwave Workshops and Exhibition	2023 年11月	パシフィコ横浜
青野 賢登	電子情報通信課程	石崎 俊雄	2023 Microwave Workshops and Exhibition	2023 年11月	パシフィコ横浜
小島 拓斗	電子情報通信課程	石崎 俊雄	2023 Microwave Workshops and Exhibition	2023 年11月	パシフィコ横浜
栞原 萌葉	環境生態工学課程	藤森 崇	2023 年室内環境学会学術大会	2023 年11月	沖縄県市町村自治会館
中村 元哉	環境生態工学課程	藤森 崇	2023 年室内環境学会学術大会	2023 年11月	沖縄県市町村自治会館
藤岡 璃乃	情報メディア学専攻	片岡 章俊	応用／電気音響研究会 12 月研究会	2023 年12月	九州大学大橋キャンパス
川原 妃花	電子情報学専攻	石崎 俊雄	2024 年電子情報通信学会総合大会	2024 年 3 月	広島大学東広島キャンパス
井上 遼一	電子情報学専攻	石崎 俊雄	2024 年電子情報通信学会総合大会	2024 年 3 月	広島大学東広島キャンパス
上田 幸繁	電子情報学専攻	石崎 俊雄	2024 年電子情報通信学会総合大会	2024 年 3 月	広島大学東広島キャンパス
加藤 謙吾	電子情報学専攻	石崎 俊雄	2024 年電子情報通信学会総合大会	2024 年 3 月	広島大学東広島キャンパス
岡田 涼雅	情報メディア学専攻	菅谷 至寛	2024 年電子情報通信学会総合大会	2024 年 3 月	広島大学東広島キャンパス
東畑 湧登	知能情報メディア課程	菅谷 至寛	2024 年電子情報通信学会総合大会	2024 年 3 月	広島大学東広島キャンパス
中池 天音	情報メディア学専攻	曽我麻佐子	映像表現・芸術科学フォーラム 2024	2024 年 3 月	東京工科大学八王子キャンパス
柴田 夏生	情報メディア学専攻	片岡 章俊	日本音響学会第 151 回（2024 年春季）研究発表会	2024 年 3 月	拓殖大学文京キャンパス
北浦 駿平	電子情報学専攻	酒田 信親	INTERACTION2024	2024 年 3 月	学術総合センター内一橋記念講堂
中内 悠太	知能情報メディア課程	曽我麻佐子	INTERACTION2024	2024 年 3 月	学術総合センター内一橋記念講堂
小畑 碧斗	機械工学・ロボティクス課程	田原 大輔	日本機械学会北陸信越支部 2024 年合同講演会	2024 年 3 月	富山県立大学射水キャンパス
三枝 恭	電子情報学専攻	酒田 信親	電子情報通信学会 MVE 研究会	2024 年 3 月	沖縄産業支援センター
永田 佳大	物質化学専攻	青井 芳史	日本セラミックス協会 2024 年年会	2024 年 3 月	熊本大学黒髪キャンパス
花田 千紗	応用化学課程	青井 芳史	日本セラミックス協会 2024 年年会	2024 年 3 月	熊本大学黒髪キャンパス
青木 雄佐	情報メディア学専攻	芝 公仁	情報処理学会第 86 回全国大会	2024 年 3 月	神奈川大学横浜キャンパス
田上 航希	知能情報メディア課程	芝 公仁	情報処理学会第 86 回全国大会	2024 年 3 月	神奈川大学横浜キャンパス
土橋 亮	電子情報通信課程	酒田 信親	第 71 回エンタテインメントコンピューティング研究発表会	2024 年 3 月	京都学・歴彩館
近藤 智也	物質化学専攻	宮武 智弘	日本化学会第 104 春季年会	2024 年 3 月	日本大学理工学部船橋キャンパス
前田 龍冶	物質化学専攻	内田 欣吾	日本化学会第 104 春季年会	2024 年 3 月	日本大学理工学部船橋キャンパス
山田 皓貴	物質化学専攻	宮武 智弘	日本化学会第 104 春季年会	2024 年 3 月	日本大学理工学部船橋キャンパス
妹背 帆高	応用化学課程	宮武 智弘	日本化学会第 104 春季年会	2024 年 3 月	日本大学理工学部船橋キャンパス
齋田 颯心	応用化学課程	富崎 欣也	日本化学会第 104 春季年会	2024 年 3 月	日本大学理工学部船橋キャンパス
山岡湖ノ波	応用化学課程	富崎 欣也	日本化学会第 104 春季年会	2024 年 3 月	日本大学理工学部船橋キャンパス
前田 直輝	電子情報学専攻	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス



発表者	所 属	指導教員	学会・講演会等	時 期	会 場
池田 隼人	電子情報学専攻	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
黒川 聖也	物質化学専攻	青井 芳史	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
長島 捷悟	物質化学専攻	青井 芳史	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
深尾 雄也	電子情報学科	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
木村 智史	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
松田 侑真	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
吉井 大和	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
阪本樹乃里	応用化学課程	青井 芳史	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
田畑優輝人	応用化学課程	青井 芳史	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
辻 優奈	応用化学課程	青井 芳史	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
平西 美穂	応用化学課程	青井 芳史	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
邢 健輝	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
杉野 智之	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
田中 瑞貴	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
西塚 直之	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
藤友 雄也	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス
森田 希望	電子情報通信課程	山本 伸一	2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024 年 3 月	東京都市大学世田谷キャンパス

〈競技会・展示会出場〉

代表者	所 属	指導教員	競技会・展示会名	時 期	会 場
藤原 孝太	電子情報通信課程	植村 渉	ロボカップジャパンオープン 2023 ロジスティクスリーグ	2023 年 4 月	龍谷大学瀬田キャンパス・オンライン
安田 尚平	電子情報通信課程	植村 渉	RoboCup2023	2023 年 7 月	Bordeaux Lac Exhibition Park (フランス)
村井 隼人	機械工学・ロボティクス課程	野口 佳樹	2023 Ene-1 SUZUKA Challenge	2023 年 7 月	鈴鹿サーキット
村井 隼人	機械工学・ロボティクス課程	野口 佳樹	2023 Ene-1 MOTEGI GP	2023 年10月	モビリティリゾートもてぎ
中尾 晃大	電子情報通信課程	吉田 賢史	マイクrouウェブ展 2023	2023 年11月	パシフィコ横浜
村川 和也	電子情報通信課程	石崎 俊雄	マイクrouウェブ展 2023	2023 年11月	パシフィコ横浜
伊藤 良	電子情報学専攻	木村 睦	International Display Workshops 2023	2023 年12月	朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター

〈派遣留学〉

申請者	所 属	指導教員	内容	時 期	場 所
山脇麻名音	物質化学専攻	中沖 隆彦	University of Salerno への派遣留学	2023 年 6 月	Salerno(イタリア)
周 桐	情報メディア学専攻	片岡 章俊	Leuphana University of Lueneburg への派遣留学	2023 年 8 月	Lueneburg (ドイツ)



〈北米拠点科目履修（RUBeC 演習）〉

履修者	所 属	指導教員	履修内容	時 期	場 所
別荘 貴信	電子情報学専攻	小堀 聡	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)
青木 啓悟	機械システム工学専攻	大津 広敬	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)
池上 友翼	機械システム工学専攻	大津 広敬	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)
楠 純哉	情報メディア学専攻	大津 広敬	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)
石田 結子	環境ソリューション工学専攻	山中 裕樹	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)
藤本 周子	環境ソリューション工学専攻	三木 健	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)
村上 太一	環境ソリューション工学専攻	藤森 崇	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)
森 陽太郎	環境ソリューション工学専攻	丸山 敦	RUBeC 演習	2023 年 8 月	Ryukoku University Berkeley Center (アメリカ)

〈グローバル人材育成プログラム〉

履修者	所 属	指導教員	履修内容	時 期	場 所
折井 優	電子情報通信課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
大石虎太郎	機械工学・ロボティクス課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
菊橋 拓己	電子情報通信課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
茶谷 哉汰	電子情報通信課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
拝藤 巧	電子情報通信課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
田中 駿佑	機械工学・ロボティクス課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
原田 椋平	機械工学・ロボティクス課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
三輪 琉星	機械工学・ロボティクス課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)
伊藤 壮汰	応用化学課程	富崎 欣也	グローバル人材育成プログラム	2023 年 8 月	サンノゼ(アメリカ)

〈ASEAN グローバルプログラム〉

履修者	所 属	指導教員	履修内容	時 期	場 所
奥山 晃希	数理・情報科学課程	奥田 哲士	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
田中 雅都	知能情報メディア課程	宮武 智弘	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
谷本 武琉	知能情報メディア課程	宮武 智弘	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
宮本 侑人	電子情報通信課程	宮武 智弘	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
中村 大志	電子情報通信課程	宮武 智弘	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
高橋 太陽	電子情報通信課程	宮武 智弘	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
岡野 光秀	電子情報通信課程	宮武 智弘	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
篠田 涼介	機械工学・ロボティクス課程	奥田 哲士	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)
野崎瑛里菜	環境生態工学課程	奥田 哲士	ASEAN グローバルプログラム	2023 年 8 月	ハノイ(ベトナム)

〈学会聴講〉

聴講者	所 属	指導教員	学会・講演会等名	時 期	会 場
江尻 龍星	環境生態工学課程	山中 裕樹	The eDNA Society International Meeting 2023	2023 年 5 月	ピアザ淡海



発表者	所 属	指導教員	学会・講演会等	時 期	会 場
小松 大地	環境生態工学課程	山中 裕樹	The eDNA Society International Meeting 2023	2023 年 5 月	ピアザ淡海
鈴木 遼	環境生態工学課程	山中 裕樹	The eDNA Society International Meeting 2023	2023 年 5 月	ピアザ淡海
宮脇 盛	環境生態工学課程	山中 裕樹	The eDNA Society International Meeting 2023	2023 年 5 月	ピアザ淡海
安田 朝香	環境生態工学課程	山中 裕樹	The eDNA Society International Meeting 2023	2023 年 5 月	ピアザ淡海
高橋 遼平	電子情報通信課程	木村 睦	薄膜材料デバイス研究会 第 20 回研究会	2023 年 11 月	龍谷大学響都ホール・オンライン
白川 綾音	数理・情報科学課程	樋口 三郎	第 216 回ソフトウェア工学研究発表会	2024 年 3 月	NTT データ 駒場 研修センター・オンライン



## 2023 年度 龍谷大学理工学会 会計報告

2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

## 〈収入の部〉

(単位：円)

科 目	決算額	備 考
普 通 会 員 会 費 年 会 費 4,000 円 入 会 金 2,000 円	438,000	〈入会金〉 新規 @2,000 × 7 名 〈年会費〉 継続 @4,000 × 98 名 新規 @4,000 × 7 名 新規 (本学部出身者) @4,000 × 1 名
学 生 会 員 会 費 年 会 費 3,000 円 入 会 金 2,000 円	8,728,000	〈入会金〉 学部生 @2,000 × 616 名 大学院修士課程 @2,000 × 1 名 大学院博士課程 @2,000 × 0 名 〈年会費〉 学部生 @3,000 × 2,321 名 学部生 (半期のみ) @1,500 × 35 名 大学院修士課程 @3,000 × 152 名 大学院修士課程 (半期のみ) @1,500 × 3 名 大学院博士課程 @3,000 × 6 名 大学院博士課程 (半期のみ) @1,500 × 0 名
雑 収 入	0	
合 計	9,166,000	

### 〈支出の部〉

(単位：円)

科 目	決算額	備 考
印刷費	1,149,500	理工ジャーナル 34-2（補遺版）， 35-1（補遺版）， 35-2（本誌・補遺版）， 36-1（本誌）
原稿料	203,800	理工ジャーナル 35-2, 36-1
発送費	81,624	理工ジャーナル 35-2, 36-1／発送， 寄贈， 封筒
会議費	0	
消耗品費	0	
通信費	0	
事務印刷費	0	
備品費	0	
学生研究活動助成費	5,421,649	学生会員の研究・開発活動に対する補助 計 122 件 ・国内・国外学会参加 ①国内学会発表 82 件 ②国外学会発表 4 件 ・競技会・展示会参加 7 件 ・派遣留学 3 件 ・北米拠点科目履修（RUBeC） 8 件 ・明治大学， 広島大学単位互換 0 件 ・グローバル人材育成プログラム 9 件 ・ASEAN グローバルプログラム 9 件 理工学部・先端理工学部生の学会聴講参加に対する補助 計 8 件
交換留学生補助費	10,000	QUO カード@10,000 分×1 名
合 計	6,866,573	



## 龍谷理工ジャーナル VOL. 36-2 2024

---

2024 年 10 月 31 日発行

### 編集・発行 龍谷大学理工学会

編集委員長	越 川 博 元（環境生態工学課程）
編 集 委 員	数理・情報科学課程 …… 谷 綾子
	知能情報メディア課程 …… 渡邊 靖彦
	電子情報通信課程 …… 小堀 聡
	機械工学・ロボティクス課程 … 前田 英史
	応用化学課程 …… 渡辺 英児
	環境生態工学課程 …… 岸本 圭子

〒520-2194 大津市瀬田大江町横谷 1-5  
TEL 077-543-5111(代)

### 製 作 協 和 印 刷 (株)

〒615-0052 京都市右京区西院清水町 13  
TEL 075-312-4010

---