

## 機械学習による心拍変動からの感情推定

夏原 康  
Kou NATSUHARA  
情報メディア学科 4年

### 1. はじめに

2016年10月29日に筑波大学筑波キャンパスにて開催された日本音楽知覚認知学会に参加し、「機械学習による心拍変動からの感情推定」というタイトルでポスター発表を行なった。

### 2. 研究内容

#### 2.1 研究背景

人は音楽を聴取した際に感情を知覚するが、その人が知覚した感情を推定することは一般に困難である。もし知覚した感情を推定することができれば、音楽の評価や演奏手法の改良に有効な指標を得ることができると期待されることから、被験者の生体信号に基づく検討もある。感情評価の対象として音楽を考えると、聴取者が音楽を聴取する際に知覚した感情（以後、知覚感情）を推定する手法として、生体信号に基づく手法があり得る。生体信号の中でもここでは心拍信号について考える。心拍変動を表す RRI (RR-Interval) は、心電における心室の収縮を表す R 波から次の R 波までの時間間隔を意味する。心室の収縮は自律神経系である交感神経と副交感神経によって支配され、自律神経系の活動を反映する。人は感情を知覚すると自律神経反射を起こすため、心拍変動を分析することで知覚感情を推定することができる。しかし、これまでの手法では心拍変動を周波数解析した高周波数成分である HF や低周波数成分である LF という指標は提案されているものの、その再現性には検討の余地がある。また、数多くの感情の中でも「怒り」にしか対応しないという報告もある。一方、複数のパラメータに基づいて対象信号を推定することを考える

と、心拍データ及びそれから求められる指標に基づいて感情を推定する可能性についてはあまり論じられていない。

そこで、本報告では聴取者の知覚感情とその時の心拍変動とそれに基づく複数の手法を用いて聴取者の知覚感情を推定する手法を提案する。

#### 2.2 知覚感情の測定

音楽の演奏に関する感情反応の研究において Juslin の感情平面がある。本研究では、Juslin の感情平面に基づき、被験者の知覚感情をリアルタイムに測定するシステムを開発した。このシステムは Java ベースの開発環境 Processing 2.2.1 で作成し、Windows 上で動作することができる。ユーザーがタッチパネルディスプレイ上にポインティングデバイスを用いて指し示した位置の座標を 60 Hz で記録することができる。

#### 2.3 心拍変動パラメータの算出

最初に心拍を測定する。その後、R 波を同定し、R 波からピークを求め、当該 R 波の出現時刻を決める。R 波の時間系列から、連続する 2 つの R 波の時間差分を縦軸に、横軸に R 波の ID をとることで、RRI カーブが定義される。次にこの RRI カーブの横軸を実時間に対応させるために、横軸に時間、縦軸に RRI を設定する。その後、R 波と R 波の間の時間を補間することで、横軸時間をもつ RRI カーブが得られる。得られた RRI カーブをスペクトル解析することで、心室の収縮の動作に関する特徴が得られると考えられる。RRI カーブにおけるスペクトルの変動量を算出するために Spectral Flux を算出する。Spectral Flux とはスペクトルの変動量を現す指標であり、隣接するフレーム間におけるパワースペクトルの差分を算出することで得られる。

また、RRI のスペクトル重心 Spectral Centroid を算出する。この指標も Spectral Flux の場合と同様に、心室の収縮の動作に関する特徴が得られるが、Spectral Flux は 2 つの連続する R 波の特徴の変化を表わすのに対し、この Spectral Centroid は単一の R 波の特徴を表す。用いる心拍変動パラメータは、

RRI, Spectral Flux 及び Spectral Centroid とした。なお、いずれも時間軸上での長さを調節するために、3 次のスプライン補間を用いて、30000 点の長さにし、最後に 100 点の削除をした 29900 点を用いる。

## 2.4 聴取者の知覚感情と心拍変動の測定

### 2.4.1 実験環境

本学に在籍する大学生 3 名（男性 2 名，女性 1 名，ave=23.3, sd=3.6）である。聴取者 3 名を A, B, C とした。使用した音楽刺激を表 1 に示す。

表 1 使用した音楽刺激

刺激 D	作品名	作曲者	時間長
1	じょうり序曲	シュトラウス	08:18
2	弦楽とオルガンのためのアダージョ	アルビノーニ	07:19
3	タフニスとクロエ! 全員の踊り	ラヴェル	04:41
4	G 線上のアリア	バッハ	04:40

### 2.4.2 実験手順

聴取者に音楽刺激を聴取させ、知覚感情を知覚感情測定システムにリアルタイムで入力させた。聴取者が知覚感情の測定システムにおける縦軸と横軸の交点をタッチすると音楽刺激が再生され、その時刻から 60 Hz で知覚感情を測定した。また音楽刺激の再生時に心拍変動と音楽刺激を Map 7800 にて測定することで音楽刺激と心拍変動を同期させた。

## 2.5 感情推定

### 2.5.1 重回帰分析及び主成分分析による推定

重回帰分析及び主成分分析を用いた Valence 評価の推定を試みる。推定によって得られた知覚感情の Valence 評価結果と、実測値との相関係数によって推定精度を評価する。ただし、主成分分析による推定では第一主成分のみを用いる。重回帰分析では、各被験者の Valence 評価に対して求めた相対重みから求めた推定スコアとその被験者の評価結果との相関による評価（いわゆるクローズド評価）と、2 名の評価結果から推定した相対重みを用いて推定し、残りの 1 名の評価結果との相関による評価（いわゆるオープン評価）を用いる。

### 2.5.2 結果と解析

推定結果と正解データの相関係数を表 2 に示す。

オープン評価及び第一主成分による評価と被験者による Valence 評価との相関係数より、平均は低いものの (0.092)、中には高いものもある (0.559)。その他の条件では相関係数は必ずしも高いとは言えないため、Valence 評価の推定が常に正確にできるとはいえないものの、一部の音楽刺激と被験者の評価については良好な結果が得られたので、自動推定の可能性が示唆された。

表 2 推定結果と正解データの相関

被験者	刺激 D	クローズ	オープン	主成分
A	1	0.217	0.559	0.215
	2	0.264	0.017	0.574
	3	0.299	-0.148	-0.221
	4	0.283	0.295	0.276
B	1	-0.260	-0.174	-0.269
	2	-0.329	0.096	-0.352
	3	-0.255	0.141	-0.316
	4	0.195	0.219	0.086
C	1	0.060	-0.010	-0.063
	2	0.099	-0.094	0.094
	3	0.182	0.076	0.099
	4	0.336	0.123	0.336

## 2.6 今後の課題

今後は音楽刺激と聴取者を拡充し、さらに心拍変動と知覚感情の測定を行なう。また、心拍変動パラメータを増加し、推定精度を上げる予定である。

## 3. 発表について

発表では、デモなどを用いて 150 分間のプレゼンテーションを行なった。心拍変動パラメータに関する指摘や音楽刺激への意見など、学内では得られなかった貴重な時間を体験することができた。今後は研究にこの経験を生かしていきたい。

## 4. おわりに

今回の発表を行なうにあたり、三浦雅展講師には多大なご指導を頂きました。また、多方面にわたりご支援頂いた多くの方々に感謝致します。