

プロジェクトリサーチ 活動報告書

企画番号 2024-20 LEGO AFM の作製

代表

Y220348 長谷川滉侑

メンバー

Y220318 町将太

Y228002 今北海滉

指導教員

宮戸裕治

研究目的

広い分野において重要な研究ツールである。AFM を用いることで、ナノスケールでの表面構造や材料特性の測定、さらには分子間の相互作用を可視化することが可能となる。これにより、新しい材料の開発や分子の挙動解析、生物学的現象の解明に大きく貢献している。しかし、AFM の仕組みや動作原理は非常に高度であるため、学習や教育の場でその機能や構造を実感することは容易ではない。

本研究では、こうした AFM の理解を深めるために、身近な材料である LEGO ブロックを活用し、AFM の基本構造や機能を再現する試みを行った。具体的には、100 円玉の表面形状を見ることを目標に、レーザー光とフォトダイオードを用いて探針の動きを検出する仕組みを再現し、試料の表面形状を測定する装置を構築した。この取り組みを通じて、AFM がどのように表面の情報を取得し、3次元データとして出力するかを実体験できる装置を設計した。

計画

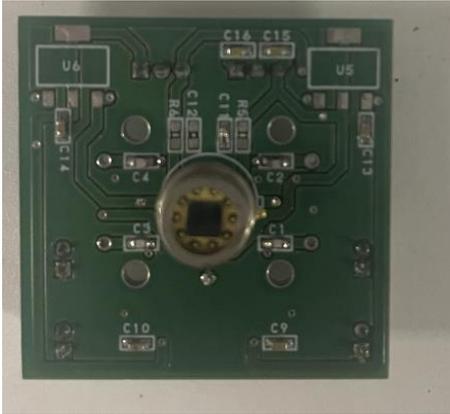
LEGOAFM の組み立て、プログラミング、フォトダイオードの作製を同時並行して行った。また、3D プリンタを使用し、LEGO 部品の代替品を作成することを試みた。

[LEGO AFM — Nanoscale Function Group, EV3用 MicroPython でプログラミングしてみた ~レゴマインドストーム EV3~ | そう備忘録](#)

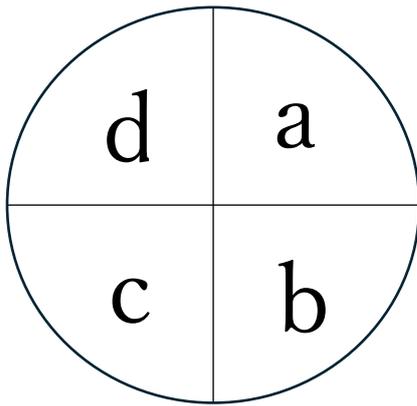
上記のサイトを例として作製を進めた。

活動

- ・フォトダイオードについて



(4面構造フォトダイオード)

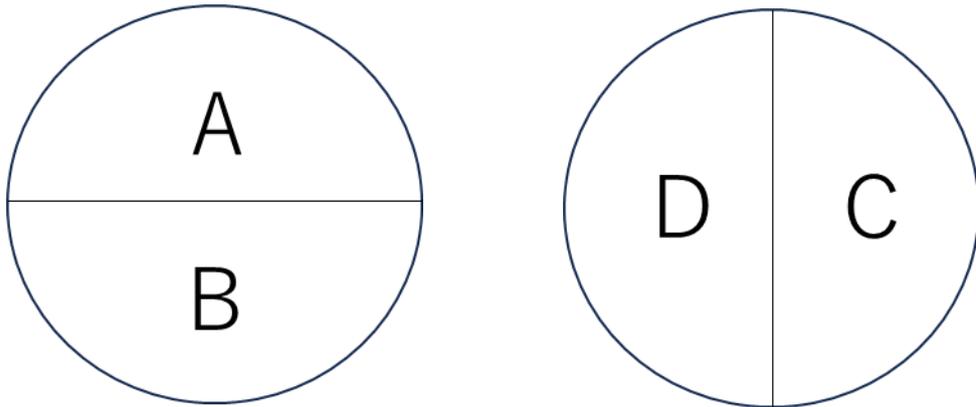


4面構造フォトダイオードは光を4つ異なるセグメントに分けて受光する構造になっている。

4面である理由は

受光範囲が広いから

→AFMのカンチレバーの変位(たわみや振動)を検出するためにレーザー光が使用され、上下左右の受光信号から、カンチレバーの角度や位置の変化を正確に把握出来るため、微小な変化を高精度に測定できる。



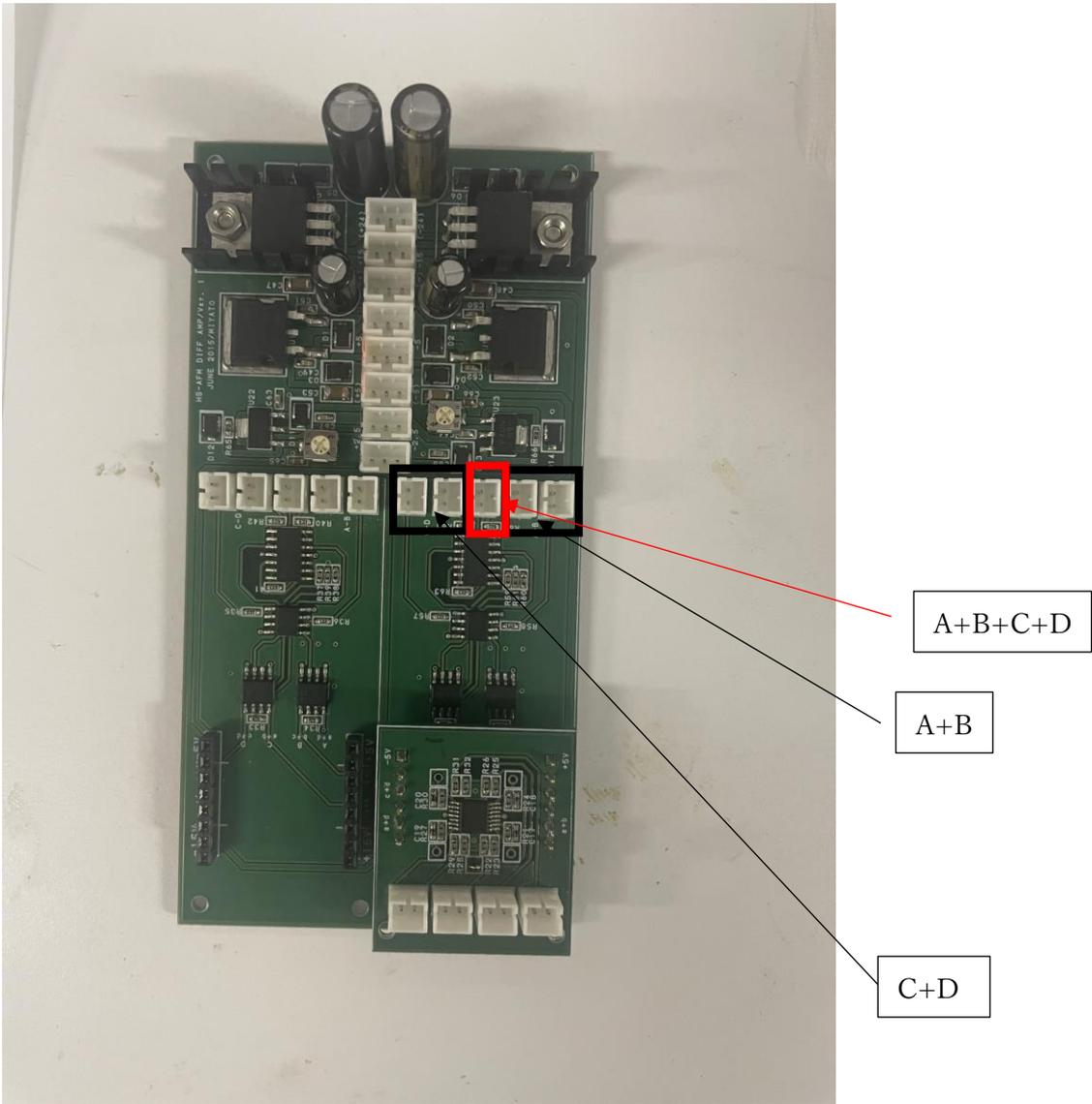
1, カンチレバーのたわみ検出 (垂直変位の測定)

→A+B の信号は、カンチレバーのたわみ量 (垂直変位) を検出する。

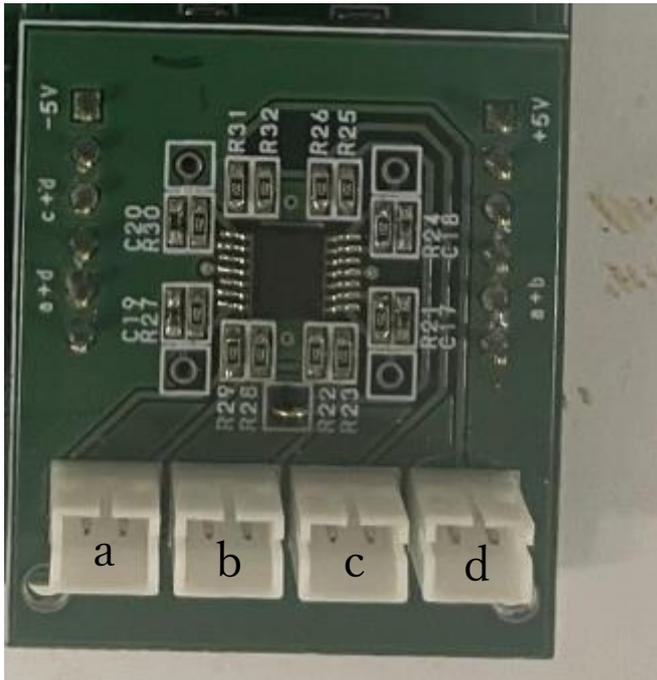
2, カンチレバーのねじれ検出 (水平変位の測定)

→C+D の信号は、カンチレバーのねじれ方向の変化を検出する。

たわみとねじれを同時に取得することによって3次元データを取得できる。



(加算回路)



4面構造フォトダイオードの a,b,c,d を入力してそれぞれ加算回路で出力してデータを取得する。

動作確認:

a,b,c,d それぞれに直流電源 0.1V 電圧を入力して

$a+d=0.2V$

$c+d=0.2V$

$a+b=0.2V$

$b+d=0.2V$ それぞれ加算されていた。

しかし直流電源が 2 台しかなく $A+B, C+D$ の加算された電圧を測定することが出来なかった。また、実際に使用する際、フォトダイオードの出力データを EV3 に送信するか、外部でデータを出力するかの選択があったが、時間の都合どちらも難しかった。

ケーブルの作成



(同軸ケーブル)

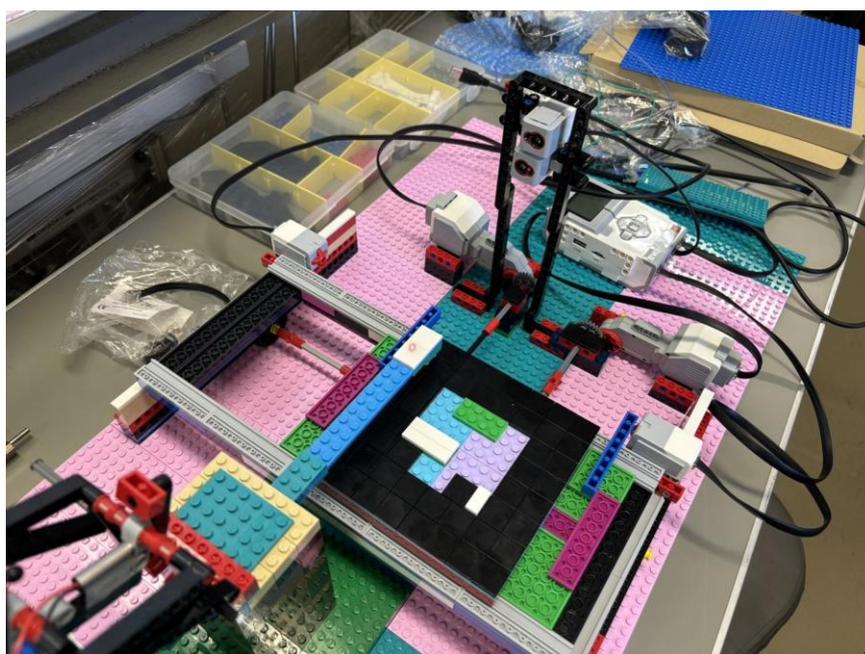
フォトダイオードからの信号を加算回路に出力するために、同軸ケーブルを使用した。同軸ケーブルは、信号伝送の際に外部からのノイズを低減し、信号の劣化を防ぐためのシールド効果を持っており、フォトダイオードからの微弱な光電流信号を確実に加算回路へと伝送することが可能。

またケーブルを三つ編みにすることによって各ケーブルが周囲からの電磁干渉に対して互いに影響を打ち消し合う効果が生まれる。これにより、外部からのノイズの影響を受けにくくなり、信号が安定する。

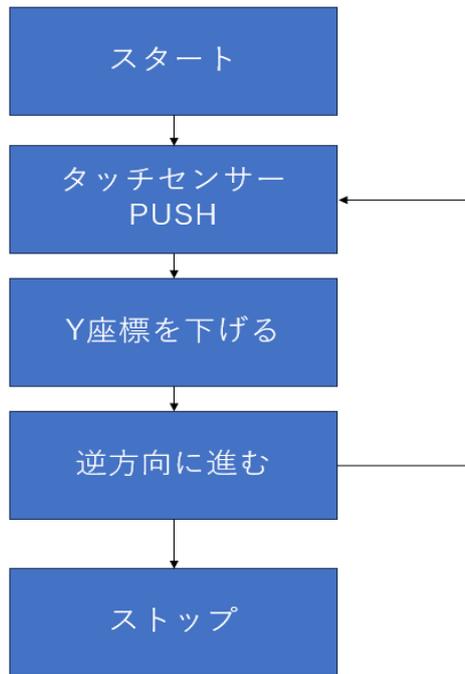
・LEGOAFM について

フォトダイオードの作製が間に合わなかったので EV3 に付属している、カラーセンサーを使用して計測を行った。

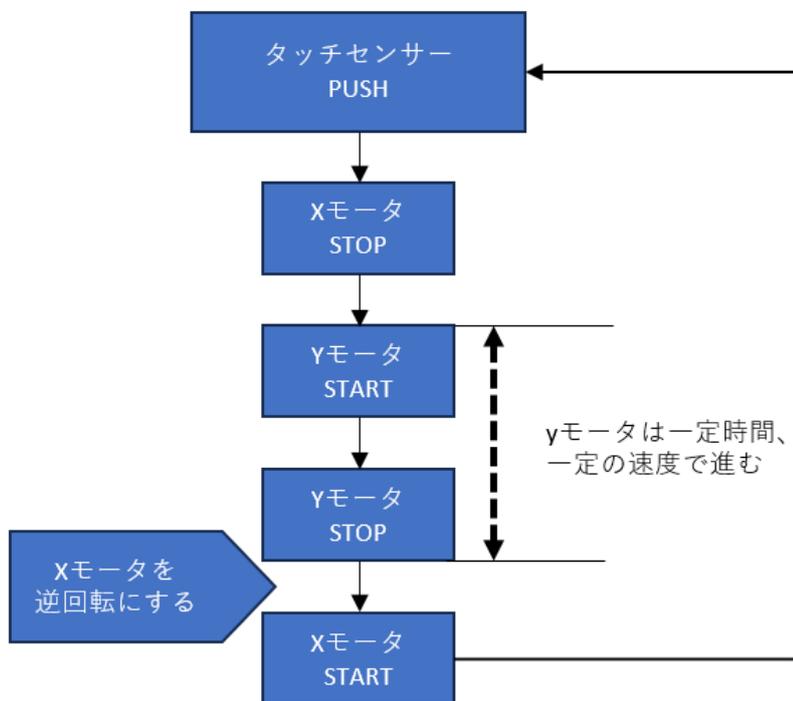
実際作製した LEGOAFM は以下のようになった。



パソコンでデータをグラフ化するために、EV3 に python を導入した。また、EV3 の操作は python で行った。BYOD パソコンでプログラムを作り、パソコンから EV3 にプログラムを書き込み、実行するようにした。全体の流れをフローチャート示す。



また、モータについてのフローチャートも示す。



今回、グラフ化したデータは高さの分解能が0, 1の2段階となっている。

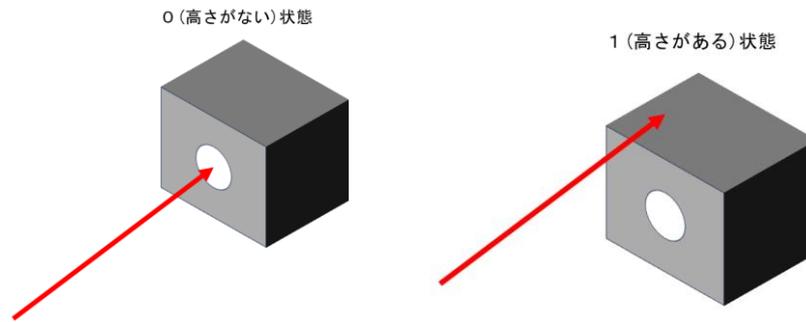


図1 高さの判定方法

・3D プリンタでの LEGO 部品の作製

Autodesk Fusion 360 を使用し、3D モデルを作成した。3D プリンタは宮戸研究室にあるものを使用した。

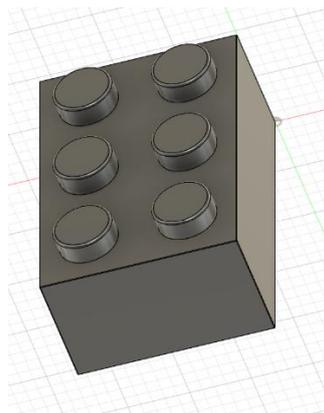


図2 LEGO の 3D モデル

図2の3Dモデルでは直方体の部分が
高さ 10mm 底面 16 mmx 24mm
円柱が半径 2.5mm 高さ 1.6mm
となっている。

結果

左図をグラフ化したものが右図となった。

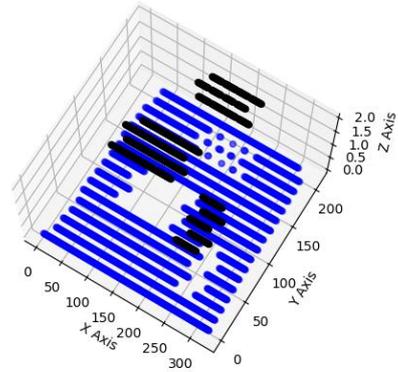
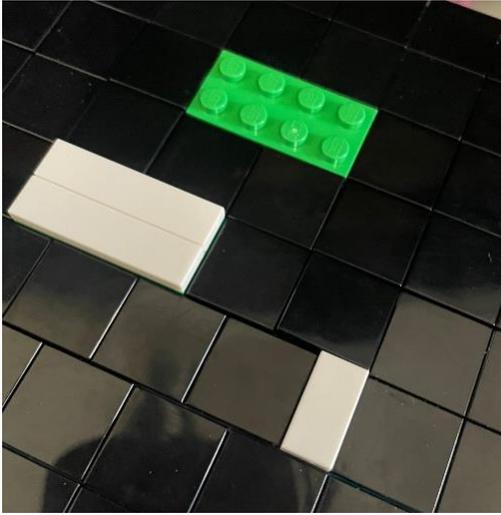


図3 測定した表面とグラフ

考察

結果のグラフから、位置のずれ、分解能の低さがわかった。ギアのかみ合いの悪さや測定台の滑りの悪さなどの LEGO 部品の問題が多く修正する必要がある。また、分解能をたかくするためにはモータの速度を一定にするための制御をする必要もある。

総括

目標である 100 円玉の表面形状は測定できなかったが、おおまかな動作はできるようになった。LEGOAFM を作成していくなかで AFM についての基本構造や原理についての理解を深めていくことができた。

参考文献

[LEGO AFM — Nanoscale Function Group](#)

[EV3用 MicroPython でプログラミングしてみた ～レゴマインドストーム EV3～ | そう備忘録](#)