

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
＜2022年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：NC 機械製作プロジェクト

ミッション名：CNC フライスを用いた金属切削の研究

ミッションメンバー：システム工学部 1年羽瀨寿彦, システム工学部 4年倉田亮佑

キーワード：CNC, NC 改造, ステッピングモーター, Arduino, CAD

1. 背景と目的

NC 工作機械が最初に登場した 1950 年代以前は、全ての加工が人の手によってされていたため、設計通りに正確に加工することは極めて困難であった。しかし NC 工作機械の開発によって、航空機の翼の部品のような円弧でも直線でもない曲線をもった部品を高い精度で加工できるようになった。近年では市場のニーズの多様化・複雑化に伴い、いまなお NC 工作機械の需要が拡大を見せている。また様々な新しい機能を付加する必要も出てきており、最近の NC 工作機械はこの方向に向かって進歩しつつある。そこで NC 工作機械の最新技術を学習し、これからも利用が広がると考えられる NC 工作機械を扱えるようになることを目的とした。

本ミッションでは、手動の卓上フライス盤を NC フライス盤へ改造することで工作機械の構造を確認し、制御方法、金属切削に関する学習・研究を行う。まず、手動の卓上フライス盤の構造を確認し NC フライス盤への改造の課題を整理する。次に、制御モーターの選定、フライス盤本体へのモーター取り付け方法の設計製作、および制御プログラムの作成を行う。最後に改造した NC フライス盤を用いて金属の切削を行う。

2. 活動内容

2.1 NC 改造に用いる手動フライス盤の選定

はじめに本ミッションで使用する手動フライス盤の選定を行った。その際に手動フライス盤の選定基準を考案し、機械を購入することにした。考案した基準は以下の 5 つである。

- (1) 価格
- (2) NC 改造の難易度
- (3) 性能
- (4) 信頼性
- (5) サイズ

以上の 5 つの選定基準を総合的に検討し、本ミッションで使用する手動フライス盤を決定した。本ミッションでは、東洋アソシエイツが発売している、ミニフライス盤 Little Milling1 を使用することにした。図 1 は購入したミニフライス盤 Little Milling1 を示す。

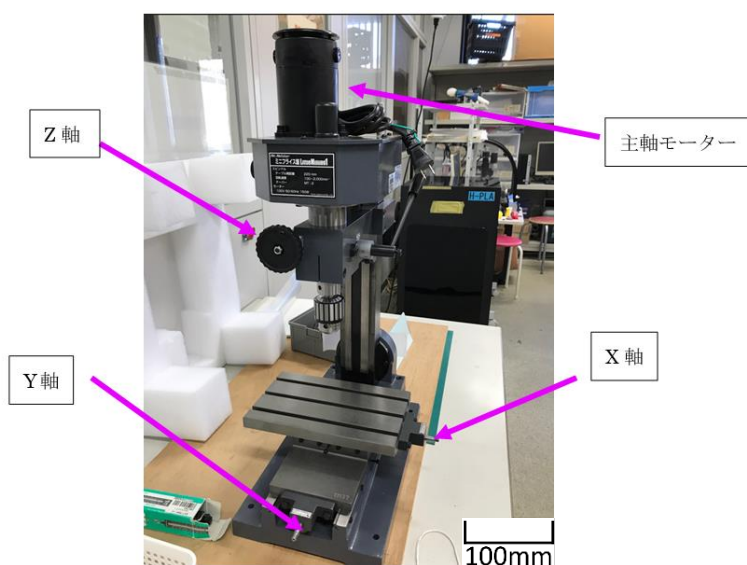


図 1 ミニフライス盤 Little Milling1

2.2 モーターの選定

使用するモーターはステッピングモーターである。パルス信号によって、回転角度・回転速度を正確に制御できるという特徴があり、一般的なNC機械に広く使用されている。

まずはX軸、Y軸、Z軸の3軸を回転させるために必要なトルクの測定を行った。トルクレンチを用いて測定した結果、1.0Nm あれば軸が回転するということが判明した。そこでトルクが1.27NmであるMERCURY MOTOR製のバイポーラステッピングモーターST-57BYG076を使用することにした。

2.3 モーターの取り付け

軸とモーターの取り付け器具を作成した。X軸、Y軸の取り付け器具は、カップリング、ベアリング、自作した取り付け板で構成されている。Z軸の取り付け器具は、カップリング、自作した取り付け板で構成されている。図2はX軸、Y軸の取り付け器具を示す。図3はZ軸の取り付け器具を示す。

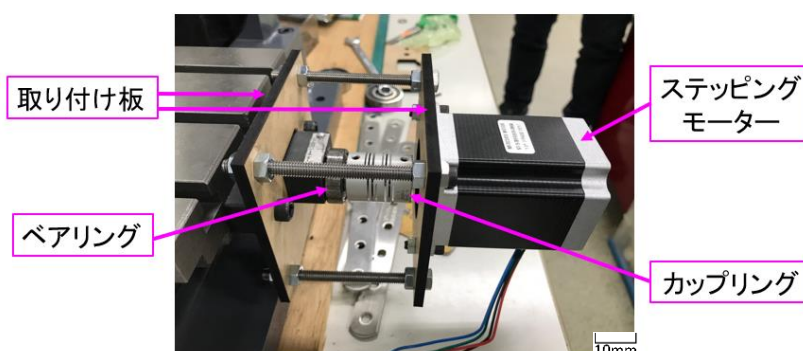


図2 X軸、Y軸の取り付け器具

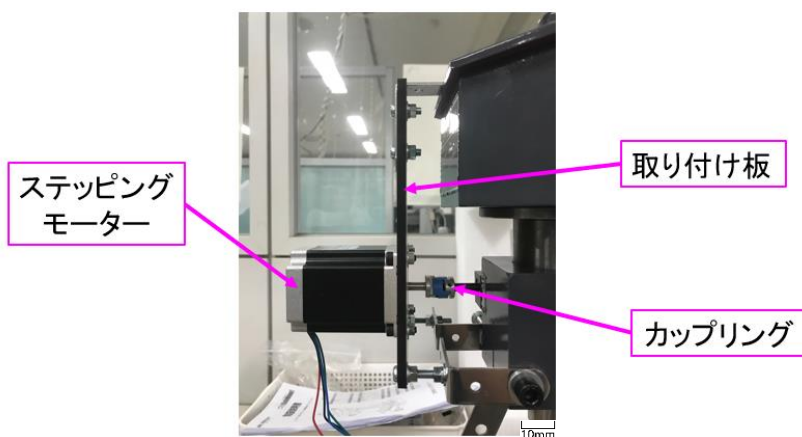


図3 Z軸の取り付け器具

カップリングとは、モーターなどの駆動軸と従動軸をつなぎ、動力を伝達する機械要素部品のことである。モーターの軸径が6.35 mm、フライス盤の軸径が8 mmであり、これらを連結させるためにはカップリングを導入する必要がある。ベアリングは、フライス盤の軸を回すために用いた。本フライス盤のX軸とY軸を回すためには、テーブルを押しながら軸を回転させる必要がある。そこでカップリングでベアリングを押しながらモーターを回転させると、摩擦の影響を受けず、軸をうまく回転させることができた。取り付け板はFusion360というCADソフトを用いて自ら設計を行った。そしてこの図面のデ

ータをクリエ所有のレーザーカッターで切削した。モーターの質量が 1.1kg もあり、MDF ボードでは強度が不安であったが、強度テストにおいて満足のいく結果が得られたため採用した。

2.4 モーターの制御基板の作成

モーターを制御するための基板の作成を行った。「北の国から電子工作 (仮)」「工学部生の生プレス」という 2 つのサイトを参考に、秋月電子の L6470 使用ステッピングモータードライバキットと Arduino Uno というマイコンを用いて、デージーチェーン接続したモーター制御用の回路を作成した。デージーチェーンとは、複数の電子機器を数珠つなぎのように接続することである。配線が複雑になるというデメリットがあるが、それ以上に 1 つのマイコンで複数のモーターを制御できるというメリットがある。図 4 はデージーチェーン接続の配線図を示している。

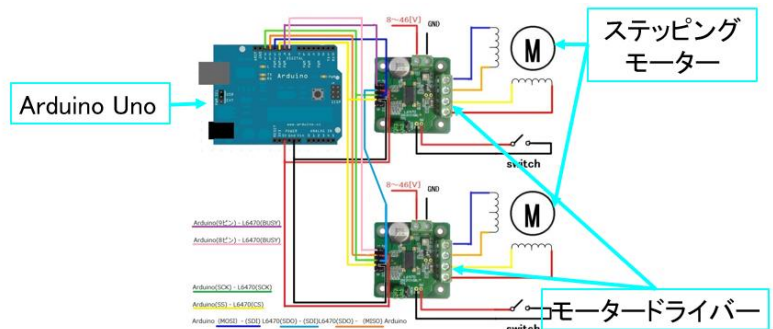


図 4 デージーチェーン接続の配線図

出典：北の国から電子工作 (仮)「L6470 デージーチェーン接続のテスト」

2.5 モーター制御プログラムの作成

モーターの制御プログラムの作成を行った。「北の国から電子工作 (仮)」で公開されているプログラムを基にプログラムを自作した。図 5 はモーターを 2 つ同時に動かして、ミーリングテーブルを斜めに動かすためのプログラムの一部を示している。

ここからは端的にプログラムの説明を行う。まず L6470_move、L6470_move2、L6470_busydelay は自作関数であり、それぞれ X 軸のモーターを動かす関数、Y 軸のモーターを動かす関数、止まるまでの時間を指定する関数である。そしてカ

```
//斜め 4 方向のテスト部  
//-x, -y 方向  
for (int i = 0; i < 1; i++) {  
    L6470_move(1, 1000);  
    L6470_move2(1, 1000);  
    L6470_busydelay(300);  
}  
delay(10);
```

図 5 斜め切削用のサンプルプログラム

ッコ内の前の 0 と 1 でモーターの動く方向を指定している。0 は反時計回り、1 は時計回りにモーターが回る。また、後ろの 1000 という数は何ステップ回転させるかということを表している。使用しているステッピングモーターは 200 ステップで 1 回転するため、このプログラムはモーターを 5 回転させるという意味である。そして for 文の条件式で、これらの処理を何回行うのか指定している。図 6 は出力調整プログラムを示す。出力の調整に際して、選定したモーターよりも低トルクのモーターを用いて、トルク負けによる脱調と各パラメータにおける相関を調査した。これにより脱調防止に効果的なパラメータと、数値の調整方法が明らかとなった。調査の結果、励磁電圧や加速度、最大速度が重要であることが分かった。なおかつ切削条件の 1 つである切削速度も考慮しながら調整を行った。

```

void L6470_setup() {
  L6470_setparam_acc(0x0002); // [R, WS] 加速度default 0x08A (12bit) (14.55*val+14.55[step/s^2])
  L6470_setparam_dec(0x0005); // [R, WS] 減速度default 0x09A (12bit) (14.55*val+14.55[step/s^2])
  L6470_setparam_maxspeed(0x0009); // [R, WR] 最大速度default 0x041 (10bit) (15.25*val+15.25[step/s])
  L6470_setparam_minspeed(0x0000); // [R, WS] 最小速度default 0x000 (1+12bit) (0.238*val[step/s])
  L6470_setparam_fsspd(0x027); // [R, WR] 1ステップからフルステップへの切替点速度default 0x027 (10bit) (15.25*val+7.63[step/s])
  L6470_setparam_kvalhold(0x28); // [R, WR] 停止時励磁電圧default 0x29 (8bit) (Vs[V]*val/256)
  L6470_setparam_kvalrun(0xCC); // [R, WR] 定速時励磁電圧default 0x29 (8bit) (Vs[V]*val/256)
  L6470_setparam_kvalacc(0xCC); // [R, WR] 加速時励磁電圧default 0x29 (8bit) (Vs[V]*val/256)
  L6470_setparam_kvaldec(0xCC); // [R, WR] 減速時励磁電圧default 0x29 (8bit) (Vs[V]*val/256)

  L6470_setparam_stepmood(0); // ステップモードdefault 0x07 (1+3+1+3bit)
}

```

図6 出力調整プログラム

2.6 モーター制御のテスト

前項の調査の結果を基にして、実機における数値の調整を行い、モーター制御のテストを行った。テストの結果、X軸とY軸を同期させることにより、斜め方向に直線的に動かすことができた。さらにモーターの回転数を段階的に変更することで、直線だけでなく曲線も動かすことが可能になる。またZ軸も問題なく動かすことができた。

3. 活動の成果や学んだこと

本ミッションでは、手動の卓上フライス盤をNCフライス盤へ改造することで、工作機械の構造を確認し、制御の方法を学習・研究できた。具体的にはNCフライス盤へ改造するときには、CADを用いた設計の技術、モーターの扱い方に関する技術、回路を作成する技術やプログラミングの技術といった総合的な能力が必要であり、これらの力が習得できた。図7は本ミッションで作成したNCフライス盤を示す。

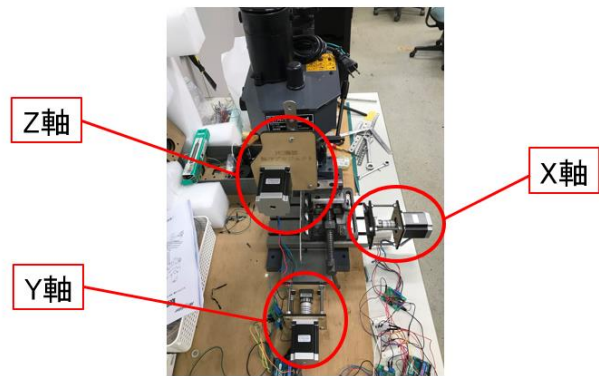


図7 作成したNCフライス盤

4. 今後の展開

本ミッションでは、NCフライス盤への改造を順に行っていたのだが、3軸のモーターの制御ができたところで終わっている。つまり金属の切削はできなかったということである。切削した工作物はミッションの成果を最も分かりやすく表してくれるものであるため、今後は自作したNCフライス盤での切削および精度確認を行いたいと考えている。また現在のNCフライス盤では、切削する向きや距離はプログラムで数値入力しなければならないが、現在実用化されているNCフライス盤や3Dプリンタのように、CAMデータを入れると自動的に切削できるよう改造したい。さらに5軸のCNCフライス盤を最終目標に据えて取り組んでいきたい。

5. まとめ

本ミッションでは、手動のフライス盤をNC改造した。予定にはなかったがミッションを進めていくうちに脱調に関連するパラメータ調査等の自身が知りたくなったことを突き詰めていった結果、スケジュール通りには進められなかった。しかし本ミッションを通して、「ものづくり」の根幹となる基本要素や、手動フライス盤からNCフライス盤への改造に関する技術的な知識を習得することができた。