

ステッピングモータ制御システム Motion Kinetic Build System

Development of Stepper Motor Control Systems.
Motion-Kinetic-Build System

真壁 友 / 平原 真

MAKABE Tomo / HIRAHARA Makoto

キーワード

Arduino, モータ制御, キネティックアート

Keywords

Arduino, Motor Control System, Kinetic Art

作品タイトル

MKB-System

Title of work

MKB-System

サイズ:

素材: 電子回路

Size:

Material: electronic Device

We built a system to control multiple stepper motors for kinetic art. It can be used in media art and kinetic art. This system is built with Arduino and can be easily customized. It is possible to control multiple

stepper motors from one master Arduino. It is also possible to control the master Arduino from a PC.

1. はじめに

キネティックアートの制作では作品そのものよりも機構部分の実現が困難になることが多い。稼働部分が多くなる場合にはその傾向は顕著となる。Art+com^{*1}のように多数のモータを制御する作品では、その実装に手間がかかる。本研究では多数のモータを安価に制御する仕組みの提案を行う。また容易にカスタマイズできる仕組みとして提案を行いたい。

必要である。今回は DRV8825^{*7}を選んだ。DRV8825 の特徴は以下の通りである。

- ・ステップと回転方向のシンプルな制御方式
- ・6段階のステップ解像度:フルステップ~1/32
- ・電流調整機能によりボリューム操作で最大出力電流を設定可能。
- ・最大電圧:45V

2. 先行事例

多数のモータを制御する技術は工業用途では工作機械やロボットアームに使われている。CNCフライスでは3軸、ロボットアームでは6軸の制御が行われている。工業用は高い信頼性が必要とされ工作機械とセットとなって販売されている場合が多い。モータ制御ユニット単体で販売されている物としてはMoog社のSmartMotor^{*2}などがある。しかしこれらは高価であり、作品に使うにはオーバースペックとも言える。キネティックアートへの導入事例としてはこのような例もある^{*3}。

3.2 マイクロコントローラ

多数のステッピングモータを制御することが目的であるが、拡張性とソフトウェアの開発の容易さを考え各ステッピングモータにはマイクロコントローラを1つ接続して制御を行うようにする (fig.1)。1つのマイクロコントローラに複数のステッピングモータを接続することも可能であるが多数を接続した時の拡張性を考え1つのモータに1つのマイクロコントローラの構成とした。マイクロコントローラは開発の容易なArduinoシリーズを使う。基板サイズをコンパクトに収めるために基板サイズの小さなArduino Pro Mini^{*8}を使用する。Arduino Pro MiniはUSBポートを搭載していない分コンパクトである。プログラム書き込みにはシリアル変換ボードを使う必要がある。しかしファームウェアを書き込む時だけなのでコンパクトさを優先して採用した。Arduino Pro Miniは複数のタイプがある。今回は流通在庫の都合もあり秋月電子のPro Mini 互換ボード^{*9}とSparkFun版の両方の基板を作成した。ピンの配置が若干異なるので注意が必要である。

アート作品への利用としてはArduinoベースでの開発が実際的な方法である。Arduinoベースのモータ制御としては工作機械制御にも使われるGRBL^{*4}が有名であるが、こちらは3軸までの制御にしか対応していない。多軸の制御を行いたい場合には他の手を考える必要がある。

他にはPonoor社のSTEP400^{*5}やSTEP800^{*6}がある。STEP400は4軸、STEP800は8軸の制御が可能である。このシステムは多くのアート作品や店頭ディスプレイなどで導入実績がある。

3.3 通信方式

マスターとなるArduinoからスレーブとなる各Arduinoへモータの制御信号を送信する。通信には実装の容易なI2C方式を採用した。I2C通信では7bitのアドレスをスレーブに割り当て、マスターからコマンドを送ることが可能である。つまり最大で128台のモータを制御することが可能である。ただしI2C通信は通常基板内での通信に使われることが想定されており長距離の通信には不向きとされている。今回はフラットケーブルでGNDと信号線を交互に配置することにより数メートルでの通信を可能にしている。I2C通信にはプルアップ抵抗が必要となる。この抵抗はArduino UNOの基板に載せてある。抵抗値が高いと通信障害が発生することがある。低すぎると電流が流れすぎる。今回は3.3kオームの抵抗を入れてある。

3. 開発

3.1 モータとモータドライバ

一般に使われるモータはACインダクションモータ、DCモータ、サーボモータ、RCサーボモータ、ステッピングモータなどがある。それぞれの特徴はtable 1の通りである。

今回の用途としては位置制御が可能で多回転可能なステッピングモータを使用する。ステッピングモータは一般的には1回転(360°)を200分割して制御が可能であり、ドライバのマイクロステップ機能を使えばさらに細かく制御が可能である。

ステッピングモータを回転させるためには専用のモータドライバが

モータ種別	特 徴
AC インダクションモータ	交流電源で回転する。周波数に応じた回転数になる。
DC モータ	直流電源で回す。模型用のモータなどで使われている。
サーボモータ	工業用の工作機械の制御に使われる。モータを回すためのアンプなど一式で高価である。
RC サーボモータ	角度を指定して回すことができる。モータ内にギアがあり小型でトルクがある。多回転は出来ない。
ステッピングモータ	専用のドライバが必要。パルスを入力するとパルス数に応じた回転角度を得ることが出来る。

table 1 モータの種類と特徴

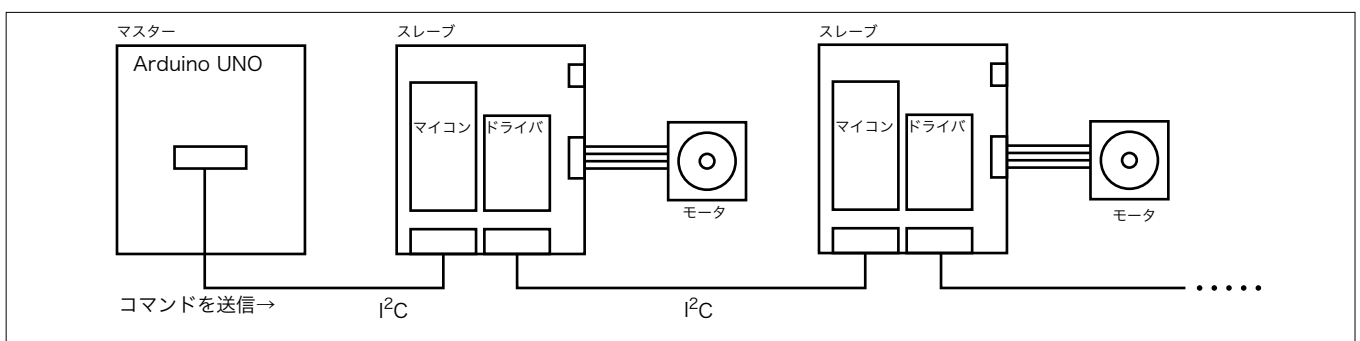


fig.1 システム全体

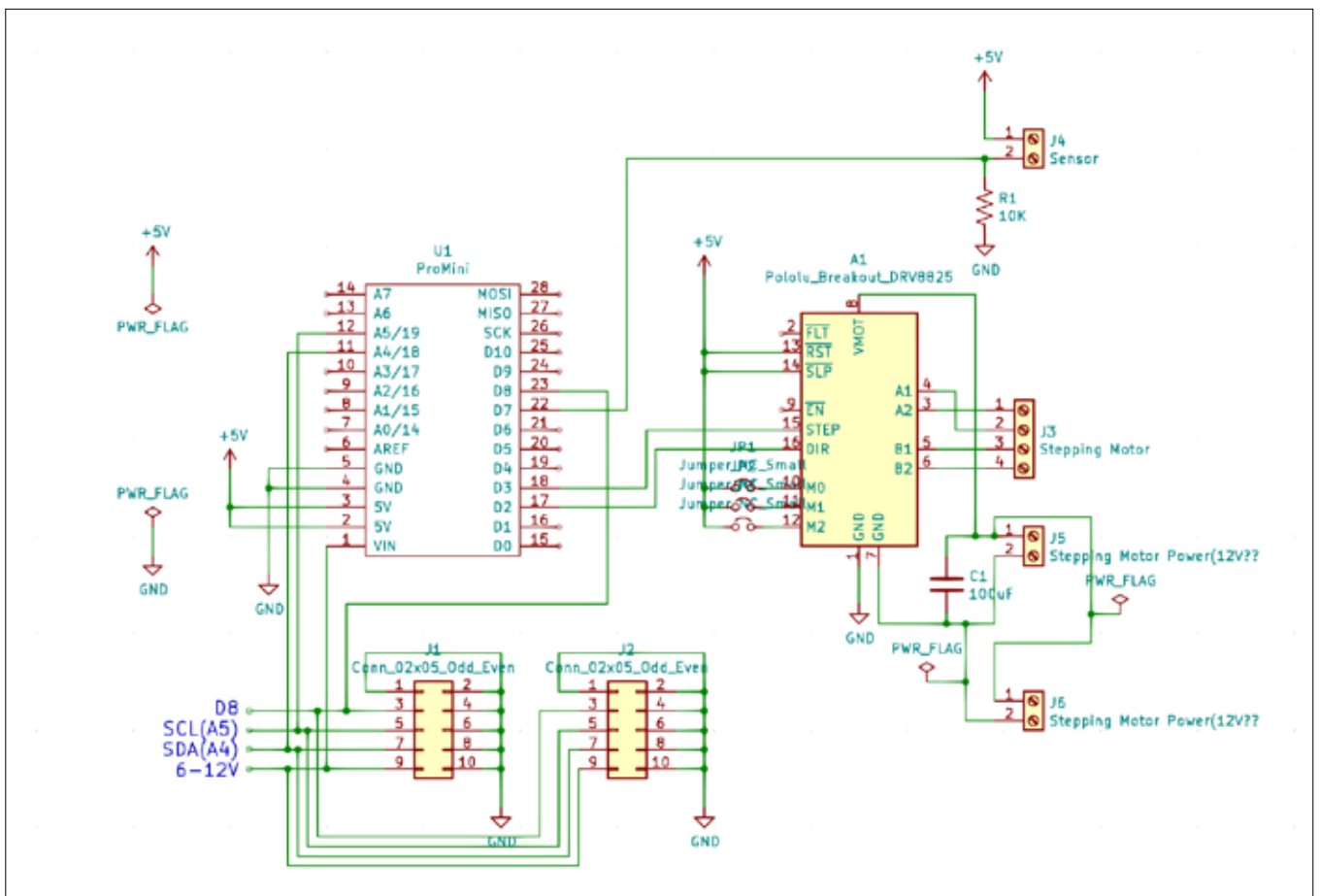


fig.2 Arduino Pro Mini + モータドライバDRV8825回路図

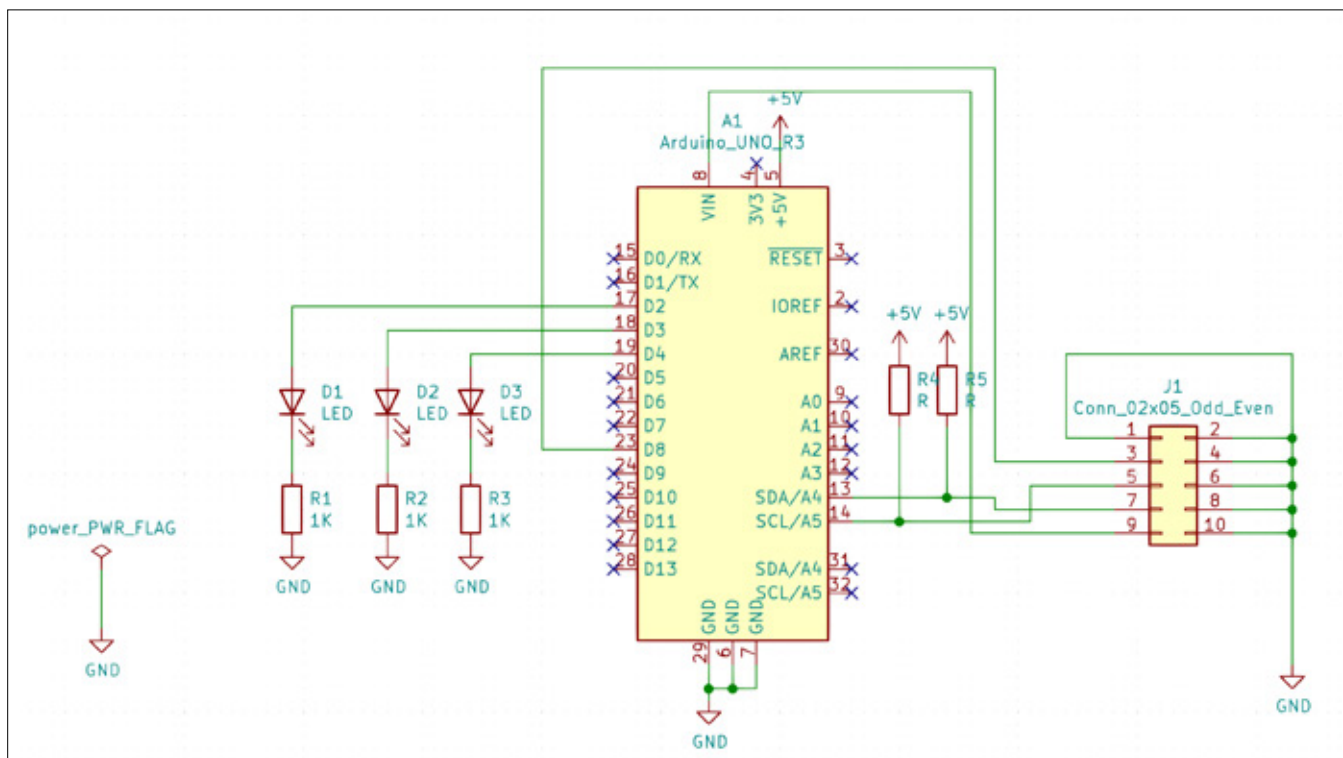


fig.3 Arduino UNO回路図



fig.4 Arduino UNOのマスター基板とArduino Pro Miniのモータコントロール基板

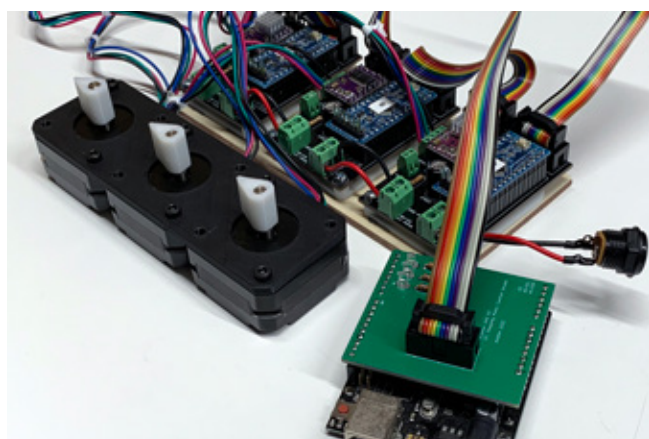


fig.5 ステッピングモータ3台でのテスト

3.4 基板設計

Arduino Pro Mini と DRV8825 のモータ制御回路は fig.2 の通り。マスターとなる Arduino UNO 用の基板は fig.3 のとおりである。実際に部品を実装した写真を fig.4 に示す。ノイズ対策のためにモータ電源とロジック電源は切り離している。ロジック電源はマスターになる Arduino UNO の VIN からフラットケーブルを通じて給電するようになっている。通信ケーブルはネットワークケーブルやモジュラーケーブルなどを使う方法が一般的である。今回は入手が容易で拡張性の良いフラットケーブルを採用した。30cm で両端にコネクタが付属したケーブルは秋月電子で 150 円で購入できる*10。圧着端子とフラットケーブル（リボンケーブル）を使い万力（バイス）でコネクタを圧着して任意の長さのケーブルを作ることができる（fig.6）。

3.5 ファームウェア

ファームウェアは github (<https://github.com/mkbtm/MKB-system>) を参照。それぞれの Arduino Pro Mini にアドレスを指定して書き込んである。加速度、ステップ数、減速のパラメータを指定して制御することが可能である。

4. 結果

通信ケーブルはフラットケーブルを使い 10m までの距離で動作を確認できた。台数は最大 32 台まで制御を確認できた（fig.7）。動作の様子については fig.8 の QR コードを参照されたい。ロジック用の電源は先に述べたように Arduino UNO の VIN から各コントローラに供給されている。モータの電源は別に 12V の電源を用意している。多数のモータを駆動するため電源を分けるか容量の大きい電源を使う必要がある。先に述べたように I2C のアドレス制限の台数まで制御が可能ははずである。

5. おわりに

このシステムにより多数のモータを制御するシステムを安価に構築することが可能となった。またマスター側もマイクロコントローラ (Arduino) を使うことにより展示でパソコンを使用する必要が無いので展示の場所や環境の自由度を上げられる。基板には今後の拡張として入力端子が用意してある。マイクロスイッチなどを使いモータの原点復帰に使うことが可能である。この基板はコマンドを受信後に順次動作する。そのような動作で都合が悪い、高度な同期が必要な場合のために一斉にずれなくモータを動作させるための信号線も入れてある。今回のファームウェアではそれらは実装していない。今後の改良で実装することにより高精度な動きを実現する可能性もある。

また、制御のためにはコマンドで回転ステップ数を指定する必要があり、細かな動きの演出、タイミングの指定がやりにくい。この点は GUI での支援システムが必要であると考えている。

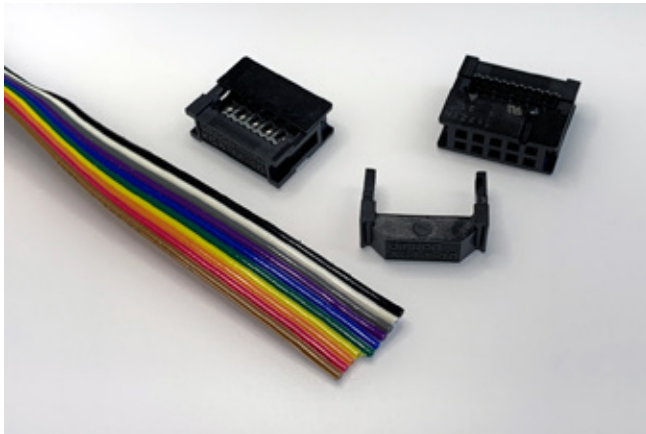


fig.6 フラットケーブルと圧着端子

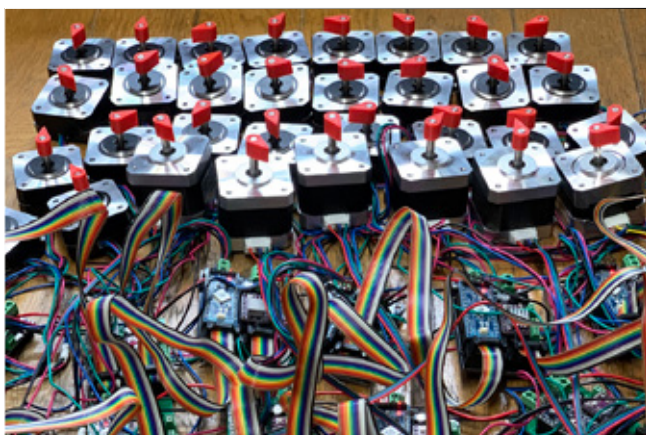


fig.7 32台のモータテスト

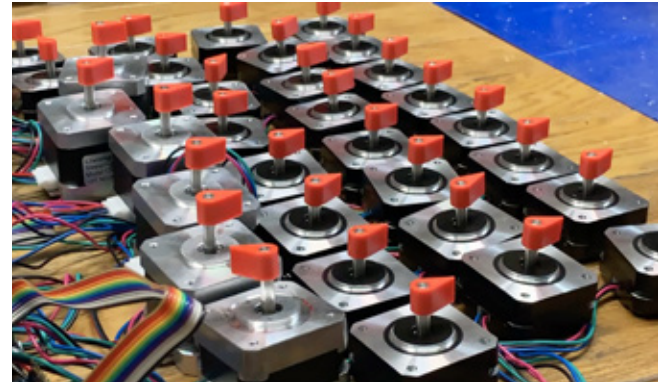


fig.8 32台のモータテスト動画 <https://youtu.be/zQxXfXaFtTA>

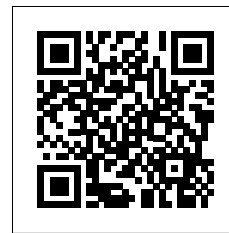


fig.9 32台のステッピングモータの動作テスト (fig.8) 動画QRコード

注釈

1. Art+com <https://artcom.de> 最終閲覧 2022.9.25
2. SmartMotor (<https://www.moog.co.jp/products/motors-servomotors/smartmotor.html>) 最終閲覧 2022.9.14
3. <https://youtu.be/zAOn8BBNLHE> 最終閲覧 2022.9.14
4. GRBL <https://github.com/grbl/grbl> 最終閲覧 2022.9.14
5. STEP400 (<https://ponoor.com/products/step400/>) 最終閲覧 2022.9.14
6. STEP800 (<https://ponoor.com/products/step800/>) 最終閲覧 2022.9.14
7. DRV8825 <https://www.pololu.com/product/2133> 最終閲覧 2022.9.25
8. Sparkfun Arduino Pro Mini <https://www.sparkfun.com/products/11113> 最終閲覧 2022.9.25
9. 秋月電子 Arduino Pro Mini <https://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-10347/> 最終閲覧 2022.9.14
10. 秋月電子 2×5(10P)両端コネクタ付 IDCリボンケーブル <https://akizukidenshi.com/catalog/g/gC-06972/> 最終閲覧 2022.8.25