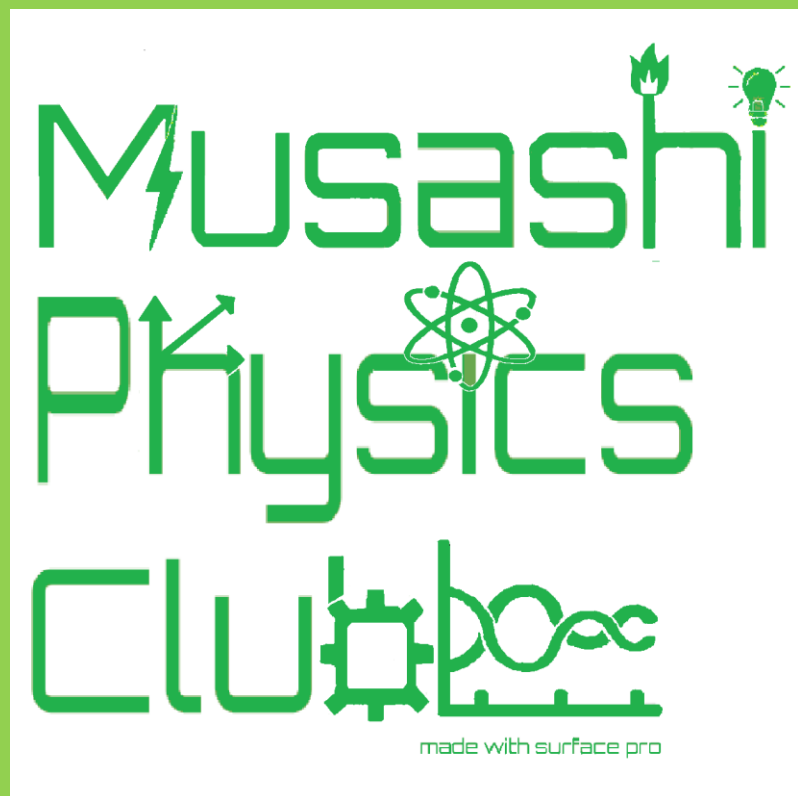


第97回記念祭 物理部

製本機の製作報告



高校1年 窪田 大輝

武蔵高等学校中学校



<https://www.musashi-physics-club.tk/>

1. はじめに

この小冊子は製本機の製作報告書である。昨年の記念祭でも製作の報告を行ったが、その際の製本機は簡素な時間制御だった為、うまく動かなかった。今年は昨年における今後の展望でも述べた通り、センサーを用いて制御する事にし、1/28 現在では、センサーによる位置検知まで出来るようにした。しかし、この小冊子を提出した後も改良する予定であるので、小冊子と記念祭での発表に相違が生じるかもしれないが、大目に見て欲しい。使用した写真の内、インターネット等から転載したものは最後にまとめて記した。

2. 動機と目的

例年の記念祭で小冊子を作る際、紙の束から一枚ずつ紙を取ってホッチキス止めをするという作業が大変面倒であった為、この作業を機械(以下、製本機)に行わせようと考えた事が(機械を作る方がよほど大変)製作の動機である。その為、目的は小冊子製本作業の簡略化である。また、加工技術・電子工作技術・プログラミング技術の向上なども目指している。

3. 製本機の概要

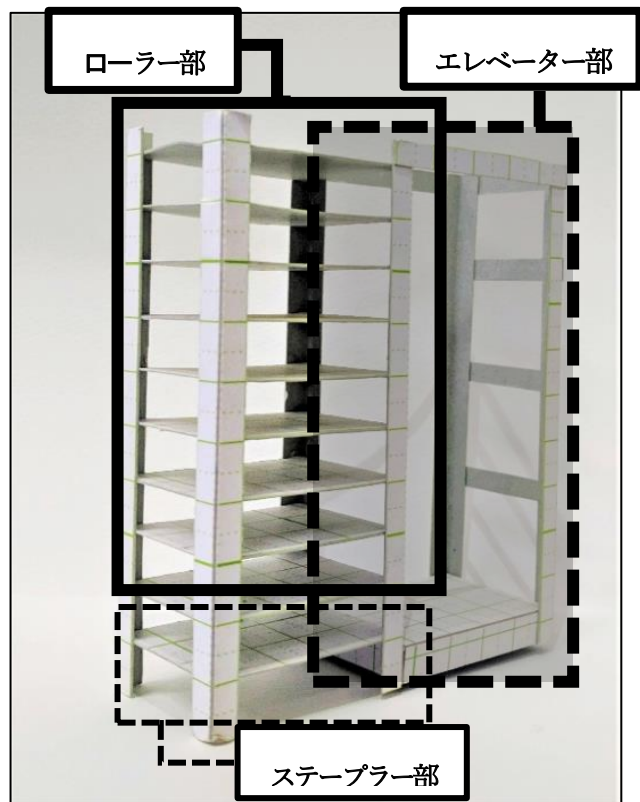


写真1 製本機の模型

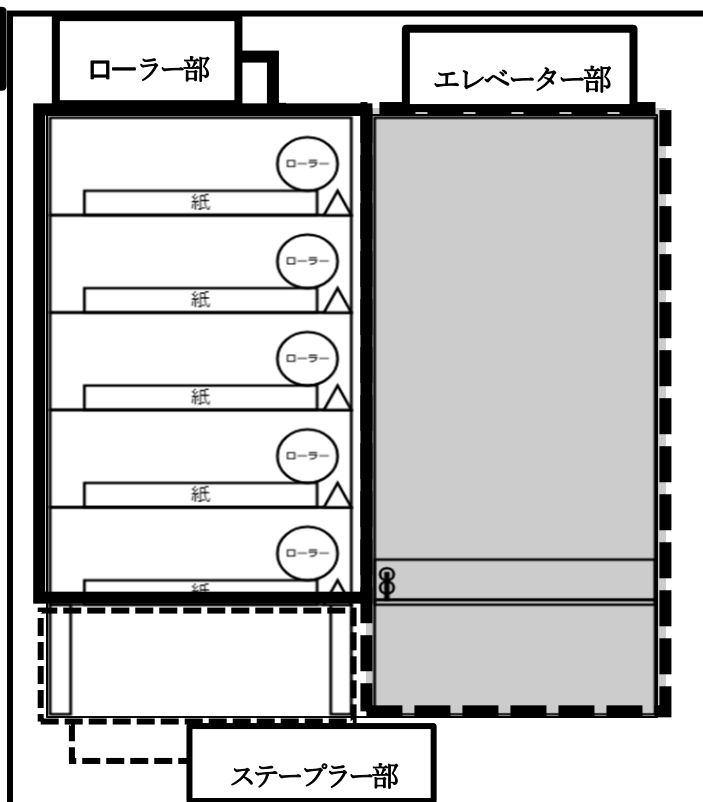


図1 製本機の概略図

写真1は、製本機の概形を工作用紙で製作した模型であり、図1はその概略図である。この製本機は、ローラー部からエレベーター部へ紙を出し、エレベーター部が一段ずつ紙を取り、最後にステープラー部で閉じる仕組み（詳細は後述）となっている。これらの写真と図については、実線で囲まれた部分がローラー部で、太い点線で囲まれた部分がエレベーター部、細い点線で囲まれた部分がステープラー部である。

4. 製本機の実際の製作

ここでは製本機を実際に作った際に使用した仕組みについて具体的に述べていく。

4.1 ローラー部について

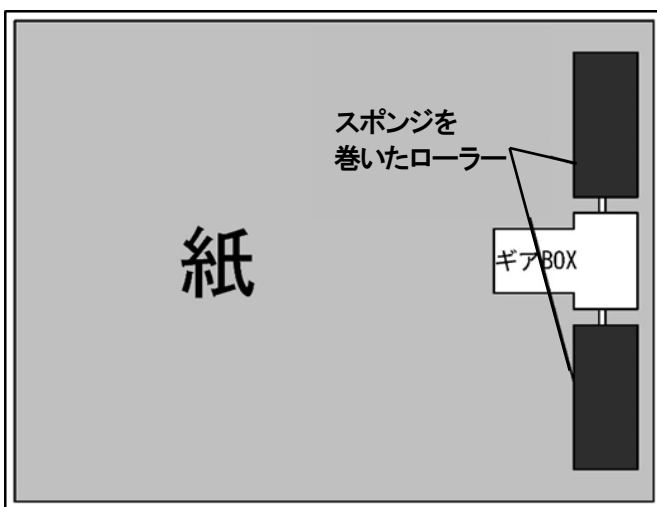


図2 ローラー部の概略図

まずローラー部について述べる。ローラー部は前述の通りエレベーター部へ紙を一枚ずつ送る部分であり、今回の製作ではローラー部から紙を一枚ずつ出す為にゴムを巻いた車輪を用いた（図2）。

しかし、そのまま回しても一度に大量の紙が出てしまうという問題があった為、実際のプリンターを参考にしつつ構想を練った。プリンターには紙を送り出す先に坂があり、そこで紙が引っかかって一枚ずつ出

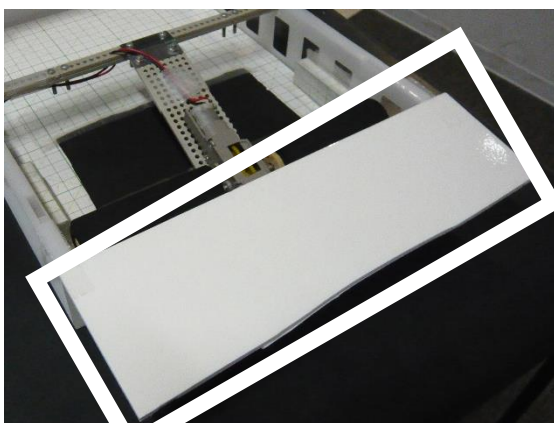


写真2 ローラー部の改良点

ていることが分かった。これをもとに、紙の送り出し先に角度60度の坂を用いて一枚ずつ出すことにした（図3）。

また、紙を送り出す際、紙が正確にある一定方向に向くわけではない為、ローラー部の段それぞれに板状のものを張り（写真2 白枠）、紙の送り出し位置が一定になるようにした。

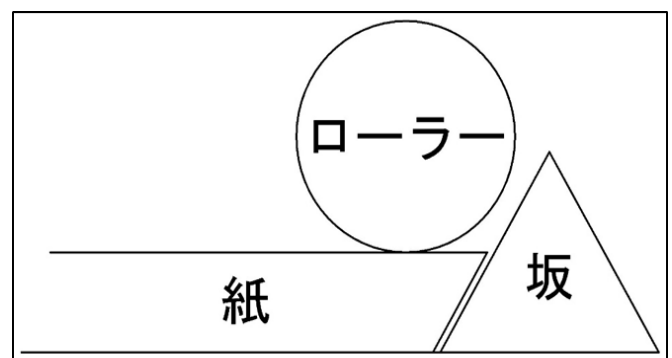


図3 坂を付けたローラー部

最後にローラー部の完成写真を以下に載せる(写真3)。写真4は前述の板状のものを張った時写真である。(写真3)(写真4)

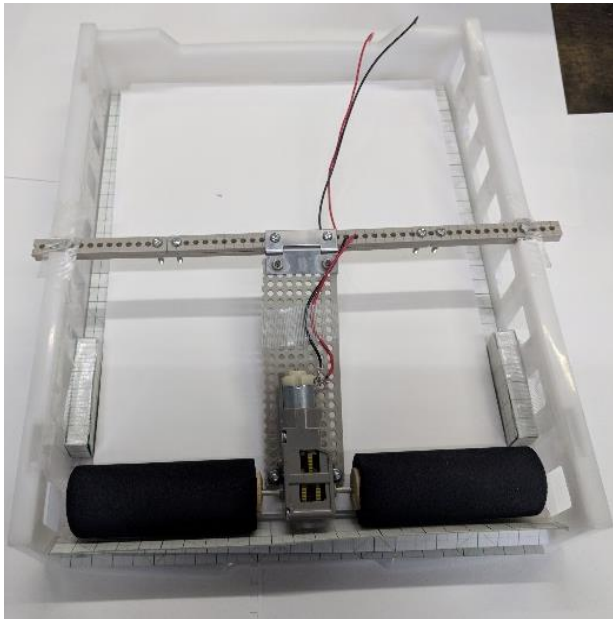


写真3 ローラー部の完成写真(板無し)

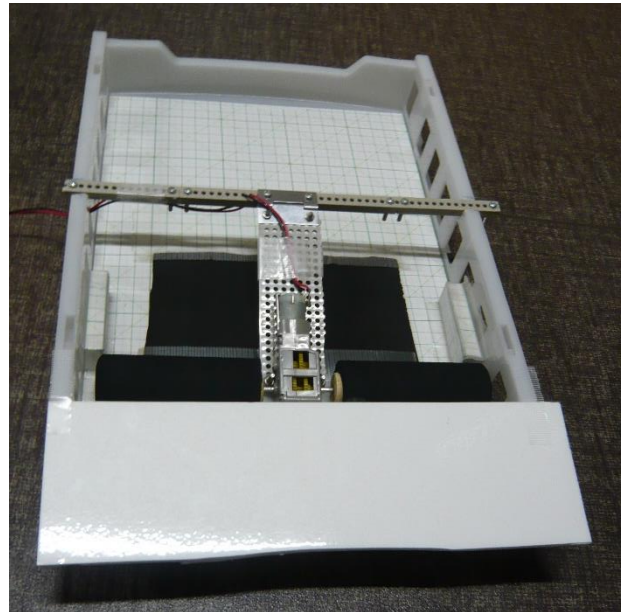


写真4 ローラー部の完成写真(板付き)

4.2 エレベーター部について

エレベーター部について述べる。エレベーター部はローラー部から送り出された紙をエレベーターで取る部分である。また、紙を取り終わった後にエレベーター部からステープラー部に送り出す仕組みも含まれる。

今回は4本の支柱を立て、その内側に A4 より一回り大きいエレベーターを設置し、チェーンで上下するようにした。エレベーターの付くチェーンの反対側には錘を付け、チェーン両端の重さが釣り合うようにした。



図4 エレベーターの概略図

エレベーター本体の仕組みとしては、ローラー部から出された紙をエレベーター部の2つのローラーが挟んで引き込むようになっている。

また、紙がローラー部からエレベーター部に送られた際、エレベーター部の方が紙を引く速さが速くなるようにし、紙が一枚ずつエレベーターに入るようにした。

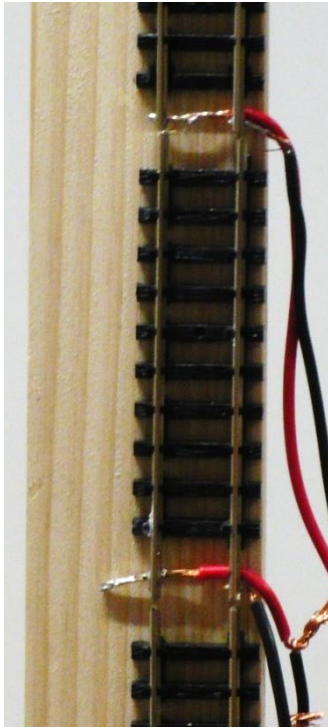


写真5 エレベーター部レールセンサー

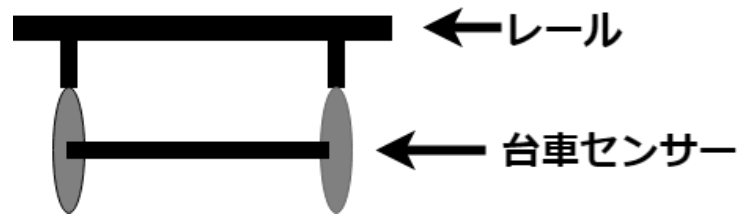


図5 レールと台車センサーの概略図



写真6 台車センサー

エレベーターがエレベーター部のどの位置にあるかを感知する為に車輪とレールを用いた。台車が上下する事により、ブロックごとに分けられたレールの上を走り、センサーとして働くようにしている。(図5 写真5 写真6)

最後にエレベーター部の完成写真を以下に載せる。

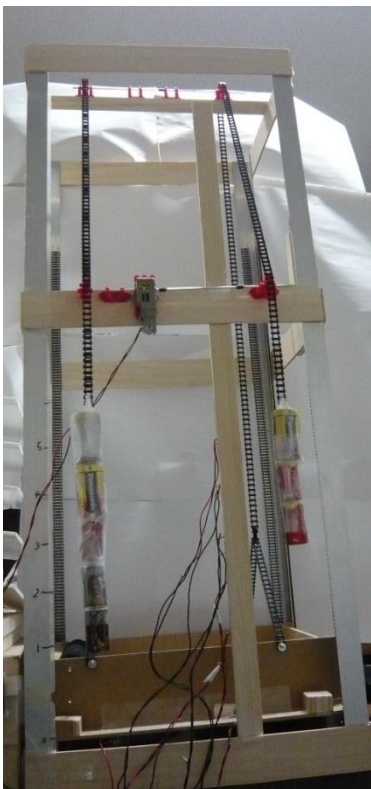


写真7 エレベーター部の完成写真

5.製本機の制御について

製本機の制御（動かす）為に、PIC マイコンをメイン制御部品として、モーター（モータードライバー）、センサーを使用している

5.1 PIC マイコンについて



写真8 PIC マイコンの例



写真9 Arduino の例



写真10 Raspberry Pi の例

PIC マイコン(写真7)について詳しく述べる。PIC マイコンは microchip 社の製造しているマイコンである。マイコンは小さなコンピューターの中身のようなもので、中に CPU、メモリ、I/O 入出力が全て中に入っている。出来る事として、入出力制御、PWM 制御、タイマーカウント等がある。

他にマイコン(マイコンボード)の仲間として Arduino(写真8)や Raspberry Pi(写真9)等が挙げられるが、今回はかなり自由度が高く、種類が豊富(数百種類)で、値段の安い PIC マイコンを用いた。(本当は初めて知ったマイコンが、たまたま PIC マイコンだっただけである。)



図6 MPLAB X IDE のロゴ

統合開発環境(IDE)として、microchip 社純正の MPLAB X IDE を用い、C 言語でプログラミングをした。(図7)

今回、多くの種類がある PIC マイコンがある中でも、28pin の PIC16F1938(写真10)を用いた。特に 28pin であること以外このマイコンである必要はない。

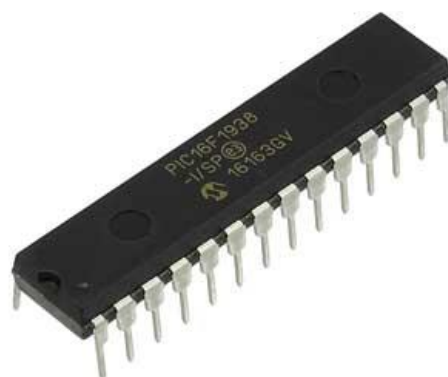


写真11 PIC16F1938 の写真

5.2 電子回路について

前述の通り制御には PIC マイコンを用いるが PIC マイコンは他のマイコン(マイコンボード)よりも簡素である事により、自ら組み立てる部分が多く、電子回路が複雑になりやすい。この為、電子回路について比較的詳しく説明する。

5.2.1 エレベーター部のセンサーについて

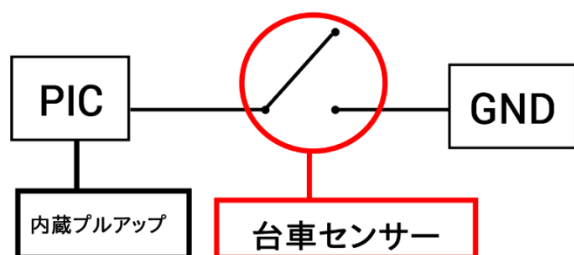


図7 エレベーター部のセンサー図

まず、エレベーター部のエレベーターの位置を PIC マイコンでセンサー感知が出来るようにしたかった為、PIC16f1938 内蔵のプルアップ抵抗を用い、GND と PIC マイコンのピンが接触しないかするか(台車センサー)によって感知するようにした。(写真5 写真6)

5.2.2 モーター制御について

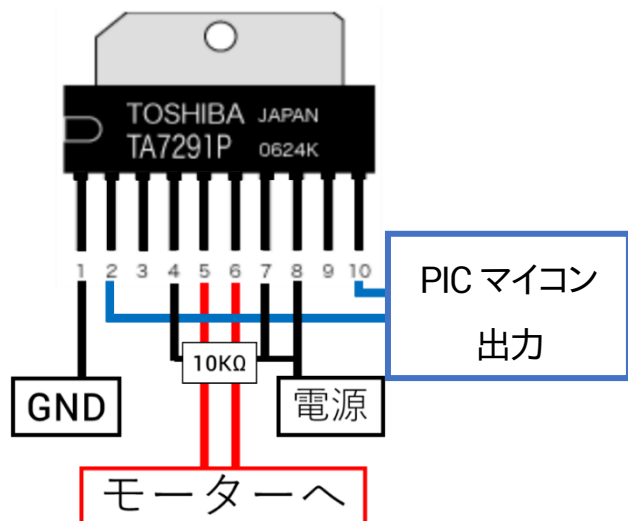


図8 モーター制御の図

次に PIC マイコンによるモーター制御について述べる。PIC マイコンから直接モーターを制御する事は出来ない為、モータードライバーという物を挟む必要がある。今回はこの辺の界限ではメジャーな TA7291p を用いた。

基本的にデータシート通りで、1番 pin を GND、2,10 番 pin を PIC マイコン、5,6 番 pin をモーター、4,7,8 番 pin を電源に繋いだ。4,8 番 pin は 10kΩ で繋いだ。(この図では PWM 制御をしない)

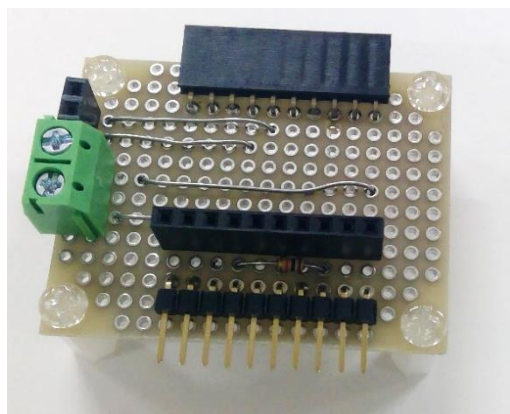


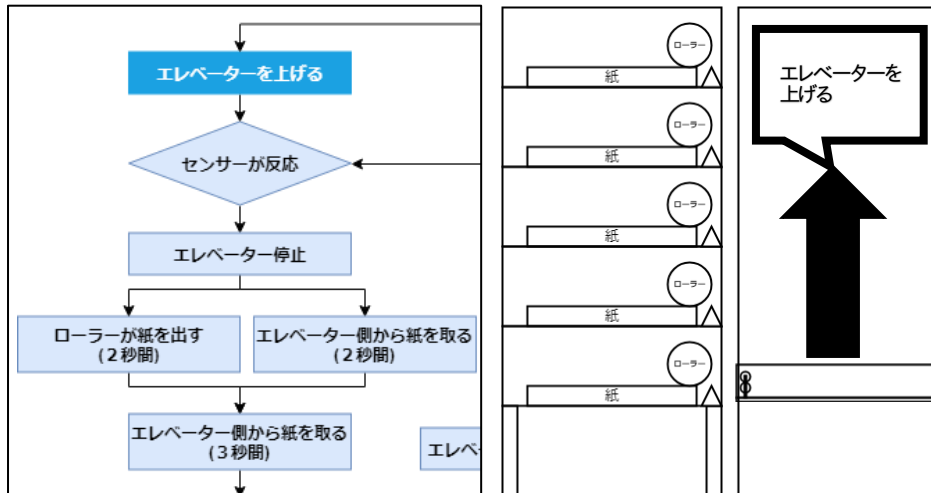
写真12 モーター制御の完成写真

最後にモータードライバーの回路写真を載せる
回路が複雑なのでユニバーサル基板上に回路を組んでモジュール化した。

6. プログラムと実際の動き

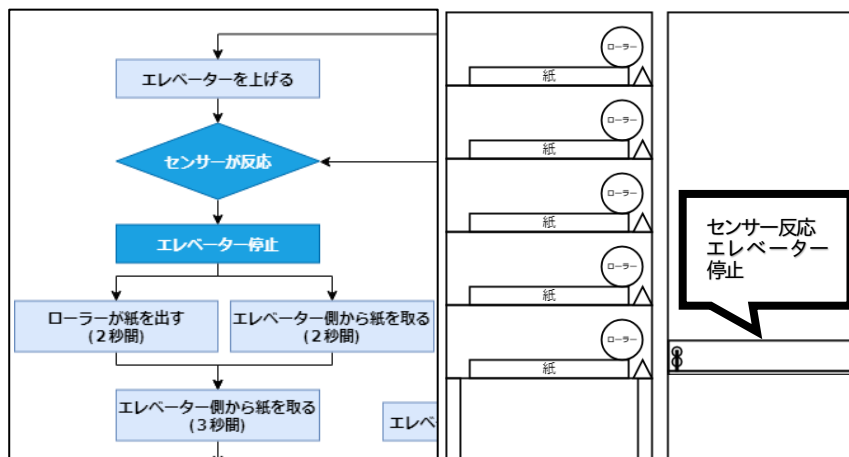
前述の通り C 言語でプログラミングをしたが、フローチャートと図を使って説明する。(ここでは図名を省略する)

6.1 エレベーターを上げる



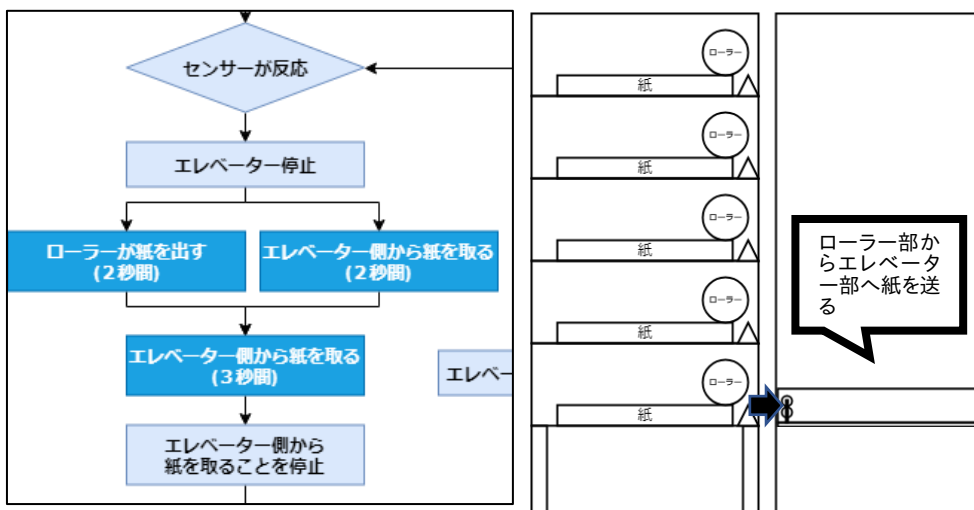
まず、エレベーターを上げる。

6.2 エレベーター停止



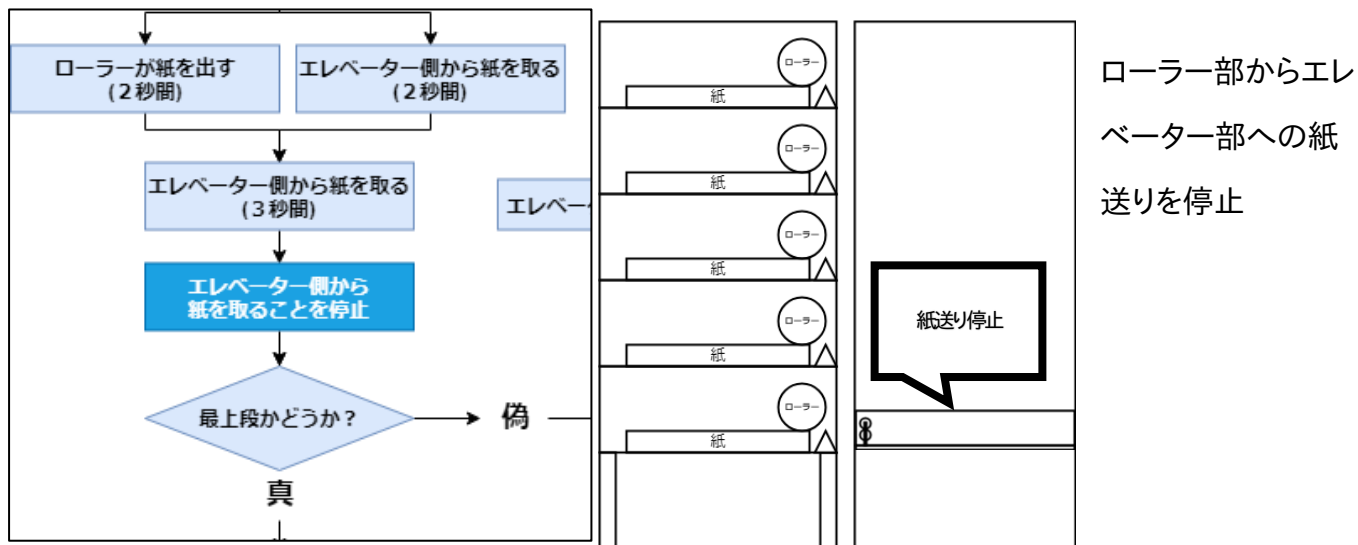
上がっている最中に、先述の台車センサーが反応し、エレベーターが停止する。

6.3 紙を送る

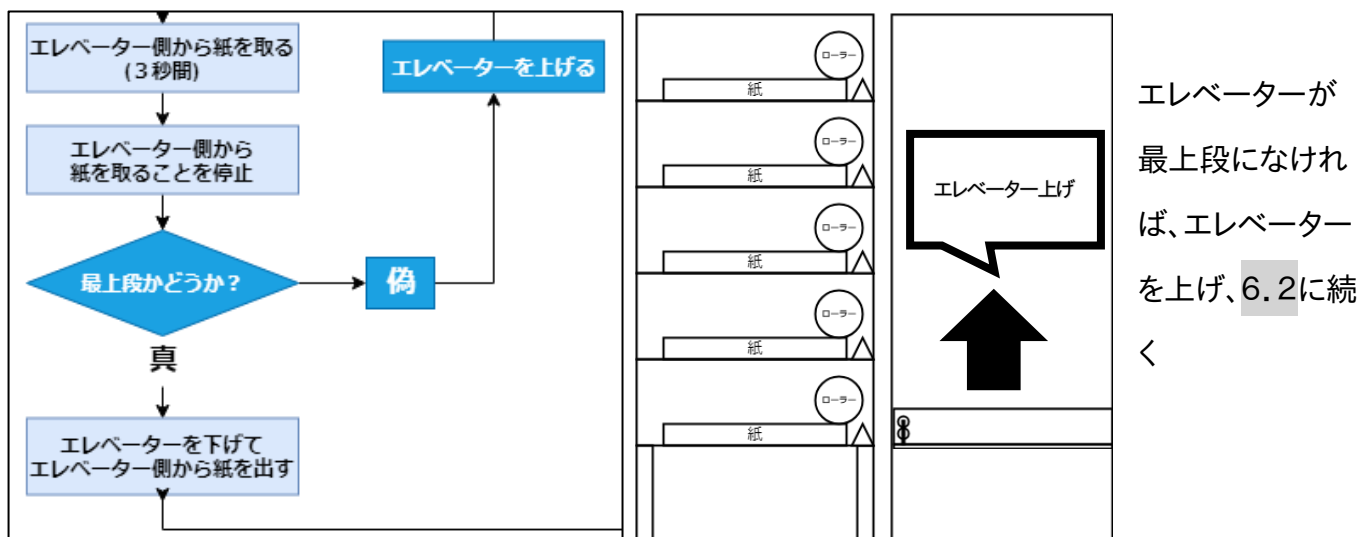


ローラー部からエレベーター部へ紙を送る

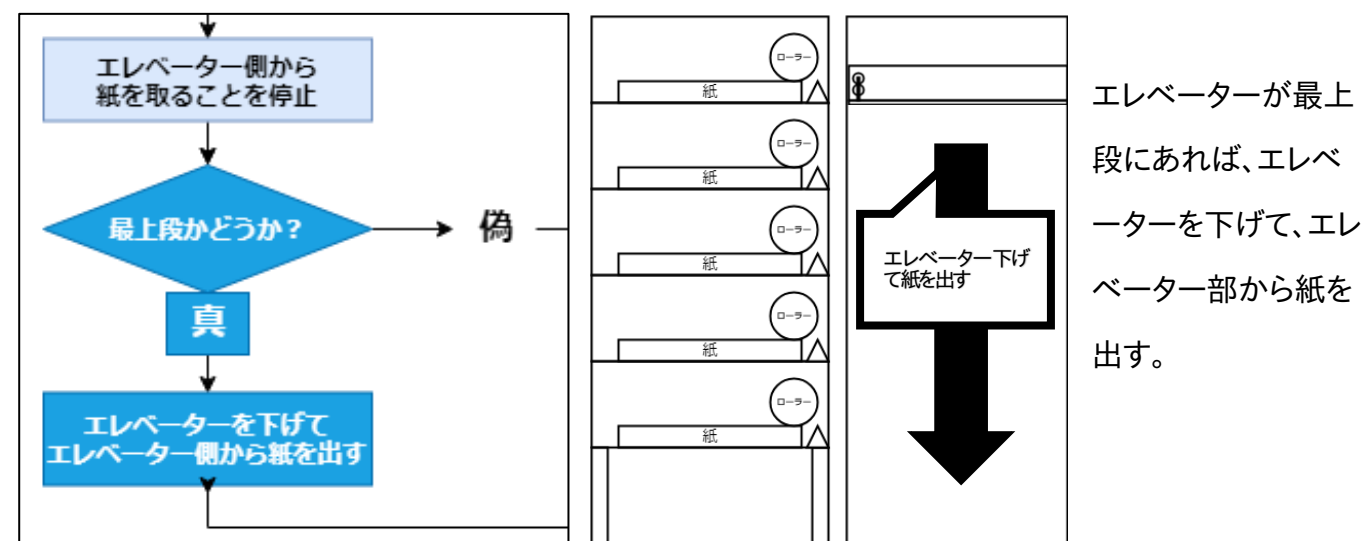
6.4 紙送り停止



6.5 最上段かどうか?—偽



6.6 最上段かどうか?—真



7. 製本機の写真

2/4時点での製本機の写真に掲載する。今後の仕様変更によって見た目が変わる可能性がある。

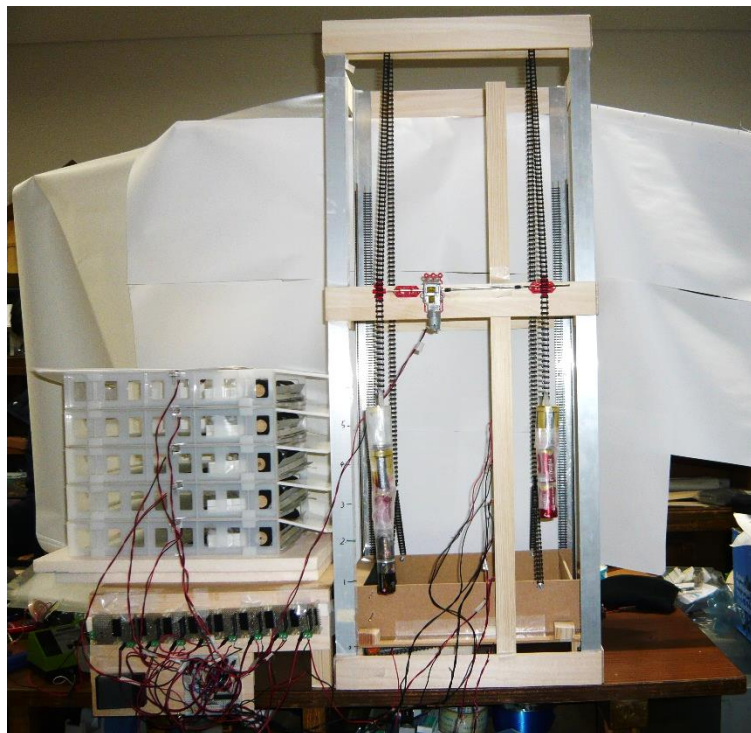


写真13 2/4 時点の製本機の完成写真

8. 今後の展望

この今後の展望は小冊子執筆時点での話である為、記念祭発表時と相違が生じるかもしれないが、取り敢えず挙げておく。

今後の展望として

ステープラー部を完成させる。

ローラー部の紙出しをより正確にする。

ローラー部の段数を増やす。

製本機の速さ、効率性の観点から設計を見直す。

等が挙げられる。

9. 転載資料リスト

<https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>

<https://www.arduino.cc/>

<https://www.raspberrypi.org/products/>

<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-00801/>

<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-04357/>