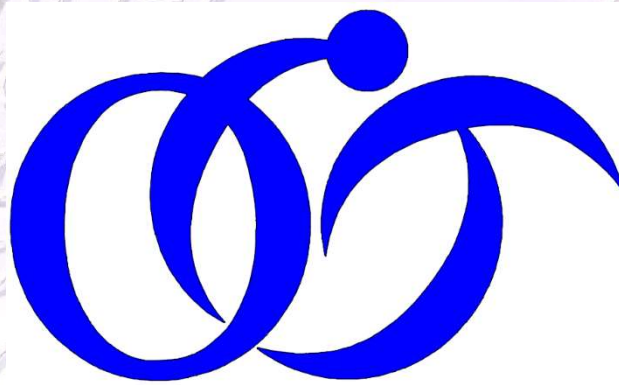


大分県立工科短期大学校

機械システム系

卒業研究発表会

予稿集



Oita Institute of Technology

2023年3月

大分県立工科短期大学校

令和4年度 大分県立工科短期大学校 公開卒業研究発表会（機械システム系2）

日時：令和5年3月8日(水) 8:55～11:40(予定)

場所：講堂

No.	研究テーマ	学生氏名	指導教員	コース	開始	終了
	開会挨拶	副学科主任	遠藤 宏光		8:55	
1	プレス金型の設計・製作（順送方式）	大久保 朋哉 古川 諒	松本 泰徳 遠藤 宏光	金型	9:00	9:13
2	プラスチック射出成形金型の設計・製作 （金型グランプリへの挑戦）	入江 勇斗 梅田 雄気 山田 一輝	川崎 信人 松本 泰徳	金型	9:13	9:28
3	プレス加工実験用金型の設計・製作	森竹 崇智	遠藤 宏光 川崎 信人	金型	9:28	9:40
休憩						
4	エレベータ制御実習装置の製作	秋吉 泰至	満永 浩一	自動化	9:50	10:02
5	画像センサーによるワーク選別装置の製作	村田 悠 油布 康誉	満永 浩一	自動化	10:02	10:15
6	有接点シーケンス制御実習装置の製作と課題研究	岡野 広隆 矢形 侑己 麻生嶋 宏弥	佐藤 安正	自動化	10:15	10:30
7	電気制御エンジニアコースに向けた実習装置および課題の製作	佐野 匠磨 杉山 世馬 瀧澤 宗弥	中畑 和	自動化	10:30	10:45
8	ロボットアームの製作	池田 健太 伊藤 吉輝 藤井 裕大	金丸 祥二	自動化	10:45	11:00
	ポスターセッション				11:10	11:40

※発表時間⇒1人(発表10分、質疑2分)、2人(発表11分、質疑2分)、3人(発表12分、質疑3分)、4人(発表13分、質疑3分)

プレス金型の設計・製作（順送方式）

機械システム系金型エンジニアコース 2021109 大久保 朋哉

2021129 古川 諒

指導教員 松本 泰徳

遠藤 宏光

1. はじめに

本卒業研究では、金型設計から製作、生産までの一連の流れを体験し、プレス金型の知識・技術を習得する。また、指導教員との報告・連絡・相談を徹底し、ヒューマンスキルの向上を目指す。

今回の製品は、ひし形の形状に挑戦しようと考えた。イベントなどで配布できるようにバリ、ソリを小さくし、OITのロゴと学校名を刻印できるようにすることを目標にし、金型の設計製作に取り組んだ。

2. 製品仕様

キーホルダの製作にあたって、次の2点の製品仕様を満たす製品設計を行った(図1)。①順送金型を用いて打ち抜けるひし形のキーホルダとする。②学校関係イベントで配布できるようにOITマークや学校名の刻印を入れる。

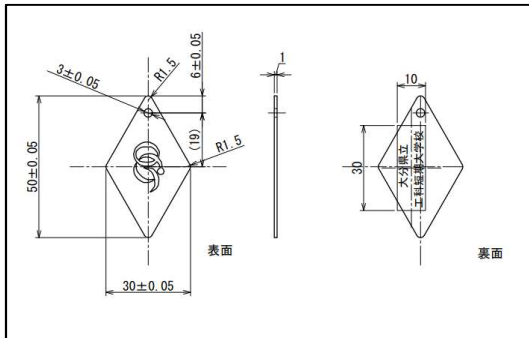


図1 製品図

3. 金型設計

3.1 ストリップレイアウト図の作成

キーホルダが錆びにくくなるように、耐腐食性が高い、オーステナイト系ステンレス(以下SUS304)を材料材質として選定することとした。

3.2 ストリップレイアウトの検討

順送金型は定尺材やコイル材を一定のピッチで送

って製品を加工していくため、製品に対応するピッチ間距離およびパンチやパイロットピン(位置決めピン)の配置を決める必要がある。順送金型において一連の工程を決定せずには金型設計には入れない。その金型の工程をすべて考慮した工程設計図がストリップレイアウトである(図2)。

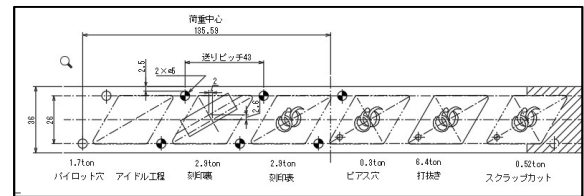


図2 ストリップレイアウトと荷重中心

3.3 荷重中心の計算

ストリップレイアウトを検討する際、工程毎のせん断荷重を計算し、せん断荷重から荷重中心を求める必要がある。この荷重中心がずれると、プレス加工時に金型全体が傾きパンチやダイを破損させ金型の寿命を縮める要因にもなる。せん断荷重の計算を行い荷重中心を求めたところ最初に加工するパイロット穴の中心から135.59mmの位置になった。

3.4 組立図の作成

作成したストリップレイアウト図をもとに2次元CADソフト<AutoCAD>を用い組立図の設計を行った。プレス機の仕様からダイハイトを決め、下型と上型の高さを決定し各 부품の配置を行った。その後、金型のプレートは市販で売っているものを選定し、ダイホルダとパンチホルダに関してはダイセットというあらかじめガイドとガイドブッシュがついているものを選定した。ボルトやピンの規格品は設計寸法に合わせて購入した。

3.5 部品図の作成

3次元CADソフト(CATIA V5)を使用し、2次元

CADソフト（AutoCAD）で設計した組立図の寸法を用いて各金型部品の3Dモデルの作成を行った（図3）。そして、3Dモデルを2次元化することで部品図の作成を行った（図4）。部品を加工するときは、部品図を見て加工するため、右側に穴位置などがわかるように座標の一覧表を作成した。下側には、穴直径や穴深さなどの加工方法がわかるように表記をした。

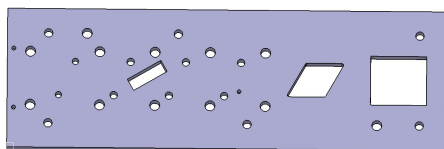


図3 3Dモデル

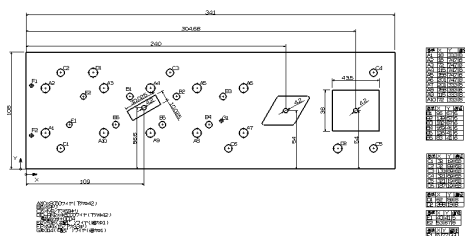


図4 部品図

3.6 製品シュートの設計

製品シュートとは、金型から製品を回収する方法としてよく使われている機構である。今回の金型ではダイホルダに斜面を作りその上を打ち抜いた製品が滑り落ちる仕組みとした（図5）。

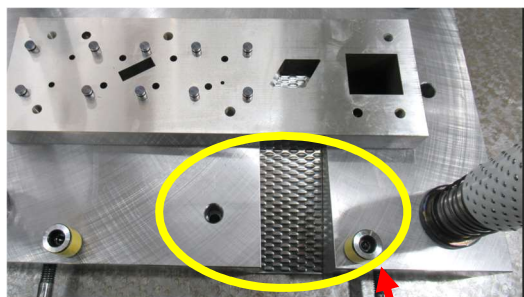


図5 エンボス加工された滑り板と製品シュート

今回、角度を設定するにあたり、サインバーを使用した滑り台を用意し、製品が滑る角度を調べた。製品の代わりに実際に使用する材質を製品に近い形状に切り、テストした（図6）。結果として15度を下回ると完全に滑らなくなり、少しずつ角度を大きくすると17度程度で滑りが安定した。ダイホルダの強度も考

慮して17度程度に設定した。



図6 サインバーを使って角度のテスト

3.7 3次元モデルによる不具合チェック

3次元CADソフト（CATIA V5）を用いて3次元モデルを作成して組立て、部品の干渉等のチェックを行った。問題がないことを確認し、部品発注を行った（図7）。

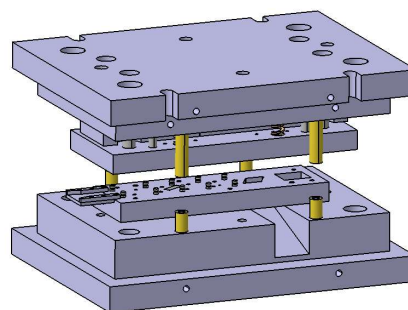


図7 順送金型の3次元モデル（組立）

4. 金型部品加工

金型は精度が必要な部分が多く、プレートの平行度や直角度を出すために、平面研削盤による加工を行った（図8）。また、穴加工が多いため加工精度が大きく影響してくる。そこで、あまり精度がいらぬ穴加工はフライス盤やボール盤などの汎用工作機を使用し、高精度を必要とする箇所、汎用工作機では加工できない箇所はワイヤ放電加工機を使用した。

硬さが必要なプレートには、HRC60-62の真空焼入れを行った（外注）。焼入れ後には切削加工が困難になるため、事前に加工しておかなくてはならない。また、熱変形によりプレートにひずみが生じるため平面研削盤でひずみを取り除かなければならない。

製品シュートは傾斜の加工があるため、ダイホルダを傾けて加工を行うこととした。加工方法としてはあらかじめ17度に加工された治具の上にプレートを乗せ、フライス盤にて加工した（図9）。

刻印パンチを加工するうえで型彫り放電で使用する電極の作成をマシニングセンタで行った。加工プロ

グラムはCAMにより作成した。



図8 平面研削盤での加工



図9 製品シュート加工治具

5. 金型組立

組み合わせた上下型の切れ刃のクリアランスを調整することを「合口合わせ」という(図10)。今回の金型は、ストリッパプレートに基づきパンチを組み付け、クリアランスの偏りを調整して紙を打ち抜く合口合わせを行った。紙を打ち抜くことでパンチがダイに対してどれほどずれているのかがわかる。このずれを直さずに打ち抜くとパンチやダイに摩耗や欠けなどの悪影響を及ぼすほか、二次せん断などの製品不良の要因となるので重要な作業である(図11)。

その後、上型と下型にガイドローラやパイロットピン等の必要な部品を取り付け、ガイドローラとパイロットピンの動きを確認した。完成した金型を図12に示す。

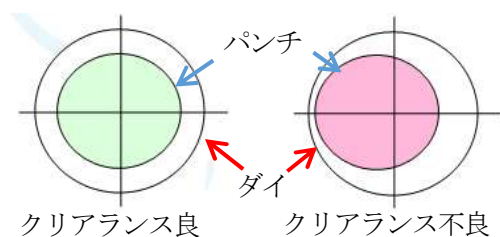


図10 合口合わせの良い例と悪い例

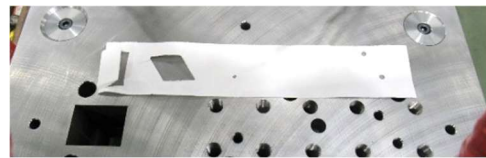


図11 合口合わせ結果



図12 完成した金型

6. トライアウト

完成した金型をプレス機に乗せ、実際に製品を加工できるかテストした(図13, 14)。テストしたところ問題なく製品を打ち抜けたので刻印の製作に入った。

6.1 ファーストトライ

実際に打ち抜いて製品が生産可能であることを確認した。せん断面は板厚の50%程度得られた。



図13 製品(刻印なし)

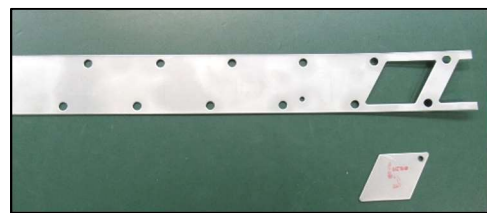


図14 製品とスケルトン

6.2 セカンドトライ

二つの刻印パンチ作成後、金型に取り付けトライし、OITマークは写ったものの、学校名の刻印がほとんど写らなかった。原因を見つけるためにまずOITマークの刻印は金型から外して、学校名の刻印だけでトライをした。結果、問題なく刻印ができていたので、OITマークの刻印が長いと学校名がつかないというこ

とがわかり、対策としてOITマークの刻印用のスペーサを平面研削盤で研削して調整することにした。最終的には0.1mmずつを2回研削したところで両刻印ともきれいに写すことに成功した(図15)。



図15 製品(刻印入り)

7. 製品評価

7.1 寸法評価

製品の外形寸法はマイクロメーターの測定によって±0.05mm以内の公差に入っていた。ピアス穴の直径と穴位置は万能投影機の測定によって±0.05mm以内の公差に入っていた。

デジタルマイクロスコープ、スコヤマスタ(図16)を用いて製品を測定したところ、バリは0.044mmで±0.05mmの公差内に収まっていたが、ソリが0.333mmで±0.05の公差から大幅に外れていた。



図16 ソリの測定(スコヤマスタ)

7.2 せん断面

製品のせん断面を測定したところ、約50%~60%の割合で全体的に平均したせん断面が得られた(図17)。これはダイとパンチのクリアランスが均一に調整できた結果だといえる。また、全周にわたって二次せん断などの製品不良は発生しなかった。

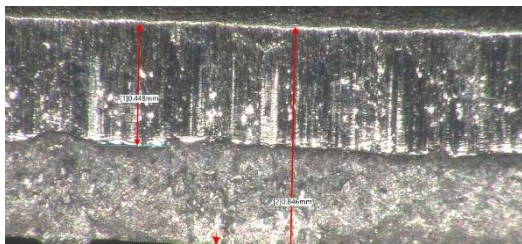


図17 せん断面測定(デジタルマイクロスコープ)

8. コスト評価

ものづくりでのコスト意識の必要性から、製作した金型の販売価格(コスト)を算出した(表1, 2)。

表1 原価の構成

①	調達部品	購入価格<直接材料費・完成品>
②	製造直接経費	H/R(アワーレート) ・・・2,000/1時間
③	製造間接経費	②×15%とする (②に含む場合)
④	製造原価	①+②+③
⑤	販管費(営業費)	④×30% (販売費・一般管理費)
⑥	総原価	④+⑤
⑦	営業利益	⑥×15%
⑧	販売価格	⑥+⑦ <売上高>

表2 金型価格(円)

①	調達部品	742,400
②	製造直接費調達部品	416,727
③	製造間接費	62,509
④	製造原価①+②+③	=1,221,636
⑤	販管費④×30%	=366,490
⑥	総原価④+⑤	=1,588,126
⑦	営業利益⑥×15%	=238,219
⑧	販売価格⑥+⑦	=1,826,345

算出した結果、金型販売価格は約183万円となり、不慣れた作業に費やした時間や、役割分担ができなかったことを考慮すれば、大きくコストダウンすることができると考えられる。

9. 終わりに

製品については、バリは公差内ではあるものの、ソリが公差を大きく外れてしまったため、良品とは言えないが金型製作の一連の流れを体験できたことから目的は十分に達成できたといえる。

謝辞

プレス金型についての知識、技術、技能をご教授して頂いた三井会(株式会社三井ハイテック OB 高橋氏、鳥巢氏、大石氏)の方々に、深く御礼申し上げます。

プラスチック射出成形金型の設計・製作 ～金型グランプリへの挑戦～

機械システム系金型エンジニアコース 2021106 入江 勇斗
2021108 梅田 雄気
2020135 山田 一輝
指導教員 川崎 信人
松本 泰徳

1. はじめに

1.1 研究の目的

卒業研究を通して金型の設計・製作・成形を一貫して行うことで金型を作る為に必要な技術、金型を使う為に必要な技術について知る。さらに報告・連絡・相談を徹底してヒューマンスキル向上させ、それぞれの就職先で即戦力となる人材となることを目標に取り組む。

1.2 学生金型グランプリ

学生金型グランプリとは、INTERMOLD/金型展の中で開催されるグランプリであり、金型を専門的に学ぶ大学生がこのグランプリに参加している。日本金型工業会から送られてくる製品図面、3D データをもとに各学校で金型設計・製作・製品の成形を行う。完成した金型と製品を金型グランプリ会場で展示し、製作内容を発表する。

1.3 課題概要

今回の課題図は図 1 に示す名刺ケースで、Upper, Lower の 2 部品からなる。使用する樹脂はポリプロピレン (PP) である。今回の課題の難点として図 2 に示す Upper の下部 (赤丸部分) にアンダカット処理があることと、Lower 材料が PP であるため反りが発生することである。

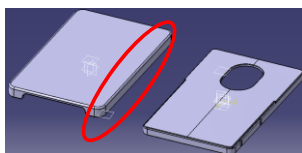


図 1 課題図 (左: Upper 右: Lower)

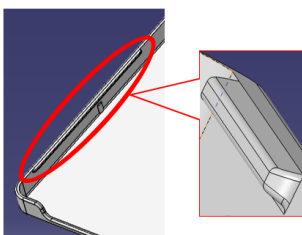


図 2 アンダカット処理 (Upper)

2. 金型構想

2.1 樹脂流動解析とは

今回の収縮率、反りを解決するために樹脂流動解析ソフト「3DTIMON」を使用した。3DTIMON は製品形状やゲート、ランナーなどの情報を入力することで、常温でどの程度収縮するか、どの程度形状が変形するかなどが数値化できるものとなっている。

2.2 成形収縮率

各部品の全長部の収縮率を求め、平均を成形収縮率とした。図 3 が解析結果で成形収縮率を 1.6% とした。実際の形状に反映させる際、寸法に 1.016 をかけた値を金型の形状寸法とした。

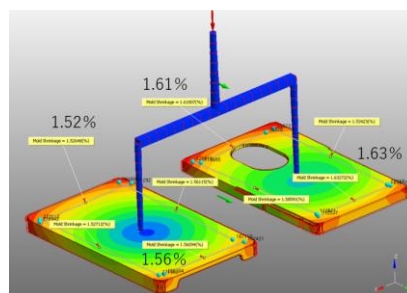


図 3 成形収縮率

2.3 そり

解析結果より Lower の形状のみ反ることが分かった。そり量は最大 0.45mm となったので、Lower 形状の天面の中心 0.45mm 逆そりにした形状を金型の形状寸法とする (図 4)。

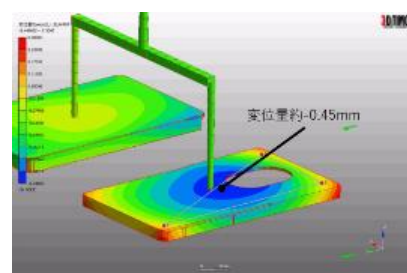


図 4 そりの変形量

2.4 測定箇所を公差内に収める

今回、測定箇所をすべて公差内に収めることを

目標とした。金型グラブリの課題である名刺ケースは平坦部があり、かつ材料が PP であるため、非常に反りやすく収縮も大きくなっている。解析でわかる、反りや収縮率をもとに金型を製作することで達成できると考えた。

さらなる精度追求のため試型と本型の製作を行った。一つ目の試型で、ある程度製品の寸法、そりを把握し、二つ目の本型で微調整しようと考えた。金型設計、製作の流れを図 5 に示す。



図 5 設計・製作の流れ

3. 金型設計

3.1 アンダカット処理

アンダカットとは、成形した製品をそのまま取り出すことのできない形状のことで、製品を取り出すためにはアンダカット処理が必要である。今回の形状では Upper の下部にアンダカット処理を設けた。

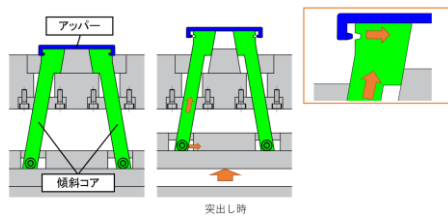


図 6 アンダカット処理（傾斜コア）

このアンダカット処理に図 6 の傾斜コアを用いた。通常、傾斜コアは、スライドユニットなど高価な標準部品を用いるが、図 7 のように機構を担うパーツを一体化させて製作することで、コストを抑えた。また、スムーズな水平方向を実現するために安価なおねじ付きベアリングを用いた。傾斜がなるべく垂直に近い方が傾斜コアの負担が小さい。よって角度を 10° とし、スライド量をアンダカット部の倍に相当する 2mm にし、製作した。これによりアンダカット処理が可能である。

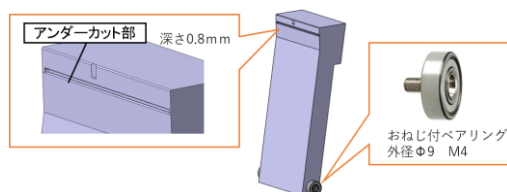


図 7 傾斜コア

3.2 突き出し機構について

安定して製品を金型から取り外すためにエジエクタピンはできるだけ大きくし、Lower は製品の角隅に 4ヶ所、Upper は傾斜コアに突き出しの機能を持つため、反対側の角隅に 2ヶ所設けるのみとした（図 8）。

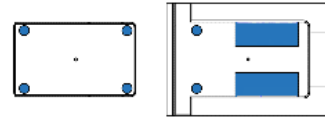


図 8 突き出し機構について

3.3 エアイベント

エアイベントとは空気の逃げ溝のことである。キャビティ内にあった空気が流れ込んでくる樹脂によって逃げ場を失ってしまう。成形の際にそのまま空気が残って最後まで流れ込まないショートショットや、高圧となり黒くなる焼けが発生する。これを防ぐために最終充填位置にエアイベントを設ける。充填解析による最終充填位置は図 9 に示す。今回、Upper 部のエアイベントはスリット方式を用いた。エアイベントの位置は流動解析によって求めた最終充填位置近くに設け、エアイベント深さは成形品部、製品部ともに $15\mu\text{m}$ とし、エアイベント長さ 2mm、エア逃げ溝 1mm に加工した（図 10）。

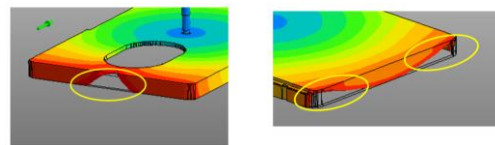


図 9 充填解析による最終充填位置

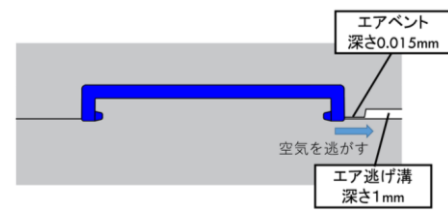


図 10 空気の排出機構

Lower 部に関しては図 11 に示す入れ子を二つに分ける分割入れ子を採用した。そうすることで分割のすき間から空気を排出することが可能である（図 12）。

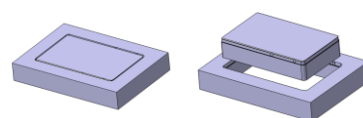


図 11 分割入れ子

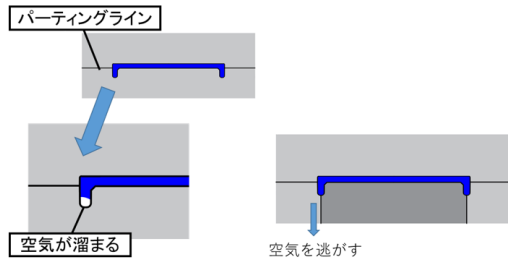


図 12 分割入れ子の空気の逃げる仕組み

4. 金型組立

図 13 に示すように完成した部品を組み合わせて金型組立を行った。省スペースとなる一体化した傾斜コアを用いたことや、無駄なスペースを極力なくすよう取り組んだことで金型を小型化することができた。完成した金型のサイズが 250×280×245 となり、総重量が 101.6 kg となった。

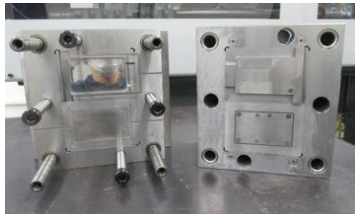


図 13 完成した金型

5. 試し成形 1

5.1 突き出し問題と対策

一回目の試し成形にて成形を行った際、Lower 側に大きなそりが見られた。突き出しを確認すると、図 14 に示すように製品を突き出す際、エジェクタピン付近の形状のみ製品をはがすことができず、アーチ状に折り曲がった。これは製品の離形抵抗が強く、突き出しが不十分なためである。対策として、図 15 に示すように突き出しによって離形不良が起こった部分に新しくエジェクタピンを配置し、確実に製品をはがすことができるように再度加工した。



図 14 おり曲がった製品

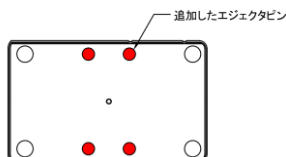


図 15 追加したエジェクタピン

6. 試し成形 2

6.1 寸法測定

試し成形 1 での問題点を改善し再度成形を行い、30MPa で課題の寸法公差内となることが分かった。図 16 に示すように保圧の変化によって寸法を調整できることから、成形収縮率の違う入れ子を製作する必要はないと考えた。

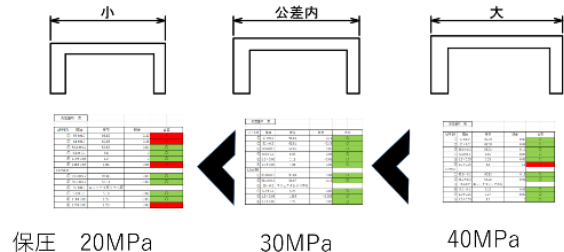


図 16 保圧と寸法の関係

6.2 成形品の変形問題と対策

図 17 に示すように製品の Lower 側に波打ったような形状変形が見られた



図 17 そりの様子 (イメージ)

これは、逆反り形状が部分的に残ったからではないかと考えた。この形状から金型を製作することもできるがさらにうねりが増えることが予想される。そのため逆反りのない平坦な入れ子を再度製作することにした。

7. フィルムインサートへの挑戦

7.1 真空成形を利用したフィルムインサート成形

今回の課題について私たちは製品にさらなる価値を付加できるのではないかと考え、真空成形を利用したフィルムインサート成形に挑戦することとしたが、非常に困難なものだった。まず専用フィルムが入手困難で、入手可能なフィルムで実験を重ねたが失敗が続いた。真空成形用の型を 2 度製作し、薄膜のカッティングシート (PVC) のみ真空成形可能だったが、金型にフィルムを取り付ける際にしわができてしまい確実な位置決めができなかったため、量産不可能と判断し断念することとなった。このことから真空成形を利用したフィルムインサート成形を設計開発し、量産している企業の技術力の高さが分かった。

フィルム	金型	インサート成形
<ul style="list-style-type: none"> 専用フィルム ラミネートフィルム 耐水紙 (PP) CHPシート (PS) 透明プラバン (PS) カッティングシート (PVC) 	<ul style="list-style-type: none"> 真空成形用金型1 真空成形用金型2 	
<ul style="list-style-type: none"> × 入手不可 × 成形不可 × トリム不可 △ 可 	<ul style="list-style-type: none"> × 成形不可 × トリム不可 △ 可 	<ul style="list-style-type: none"> × フィルムの位置不可

図 18 フィルムインサートへの挑戦

び可能なケースとして使えるのではないかと考えた。

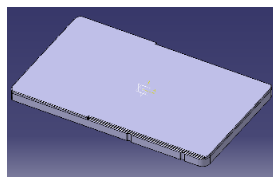


図 21 穴なし形状

8. 成形

8.1 寸法精度

図 19 に示すように型温 55°C 保圧 40Mpa 樹脂温度 220°C で成形した寸法を測ってみるとすべて公差内に収まっていることが確認できた。

測定箇所表

型温 55°C 2.0 mm/sec 樹脂温度 220°C

UPPER	課題	実際	合否	誤差
①	97±0.2	96.89	○	-0.11
②	61±0.2	60.81	○	-0.19
③	58.6±0.2	58.65	○	0.05
④	6.6±0.1	6.63	○	0.03
⑤	1.2±0.05	1.19	○	-0.01
⑥	1.0±0.05	1.01	○	0.01
LOWER				
①	95.8±0.2	95.89	○	0.09
②	58.2±0.2	58.07	○	-0.13
③	56±0.2	55.83	○	-0.17
④	5.2±0.1	5.25	○	0.05
⑤	1.3±0.05	1.295	○	-0.005
⑥	1.2±0.05	1.22	○	0.02

図 19 測定結果

8.2 製品評価

成形した製品を見てみると波打った形状をなくすことができ、さらに成形条件を変化させることで反りを小さくできる結果が得られた。

9. 穴なし Ver. の製作

9.1 製品の新しい価値の追求

図 20 に示すように今回の製品では名刺ケース以外の使い道としてポイントカードのケースなどの限られた価値しかない。

用途	可否
・名刺ケース	○
・救急ケース	○
・いもねじ	×
・クリップ	×
・釣り具	×
・ヘアピン	×
・割ピン	×

図 20 用途

そこで私たちは、さらなる製品の付加価値の追求として、図 21 に示すように Lower の穴なし Ver. を製作することで、小物を収納できる持ち運

9.2 穴なし Ver. の製品評価

穴なし Ver. の Lower キャビティ入れ子を新たに製作した。Lower キャビティ入れ子を交換するのみで穴あり、穴なしの二種類の製品を成形できる。図 22 に示すように、実際に成形品の用途であるヘアピンやクリップ入れとして使えることも確認でき用途を大幅に拡大することができた。

穴なし Ver. 用途



図 22 穴なし使用用途

10. 終わりに

10.1 まとめ

卒業研究を通して金型の設計、製作、成形、修正、評価を一貫して行うことができ、金型の構造だけでなく樹脂の性質、成形機の取り扱いなどプラスチック射出成形における幅広い分野を体験することができた。また、全ての測定ポイントを公差内に収めることができたこと、金型自体もかなり小型におさえることができたこと、モールドベースから設計製作をすべて自分たちで行ったことは金型グランプリでの発表にて強みになると考える。「穴なし Ver. も成形可能となり、製品の価値を上げたこと」ができた。4 月に開催される学生金型グランプリで金賞を目指せる自信のある金型ができたと思う。

今後、卒業研究で身につけた知識や技術、対応力をそれぞれの就職先で生かし、技術の向上に努めていきたい。

謝辞

今回の研究にあたり、カラーマスターバッチを無償で提供して頂きました日本ピグメント株式会社様に深く感謝申し上げます。

プレス加工実験用金型の設計・製作

機械システム系金型エンジニアコースコース

2021133

森竹 崇智

指導教員

遠藤 宏光

川崎 信人

1. はじめに

令和6年度から金型エンジニアコースのカリキュラムが新しくなり、プレスの授業でせん断、V曲げの荷重ストローク線図の理解を深める授業を行う計画である。この授業で使用するせん断実験とV曲げ実験の実験用金型教材を設計・製作することをテーマとした。

なお、金型の設計・製作を通して、モノづくりの一連の流れを経験して知識や技術を習得し、就職先で活かせるようにすること、指導教員との報告・連絡・相談を徹底して行い、ヒューマンスキルを向上させることを狙いとする。

2. せん断実験用金型の設計・製作

2.1 せん断金型仕様

今回製作するせん断の実験用金型は、次のことができなければならない。

- ① 当校にある引張試験機を使用し、荷重－ストローク線図を作成できるようにする。
- ② 実験中、横から見た際に、せん断状態を確認することができるようにする。

なお、クリアランスは、板厚1mmを基準として想定し、金型寸法を設計する。

2.2 せん断金型構想設計

構想設計では、実験で使用する試験片や打ち抜いた時の製品寸法(図1)を決め、パンチの寸法を決めた。使用する試験機を考慮し、金型幅の寸法などを考え、金型の全体図を手書きスケッチすることから始めた。せん断金型には、可動ストリップを使用したものと固定ストリップを使用するものがあるが、今回は横からせん断状態を確認できるようにするため、可動ストリップを使用した。板抑え力は、高張力鋼板への対応を考えて強めに設定した。ガイドポストの形式は、単発加工時によく使われるC形を選定した。

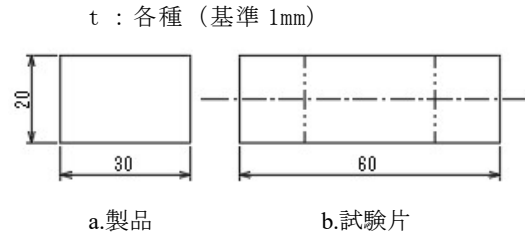


図1 製品図と材料

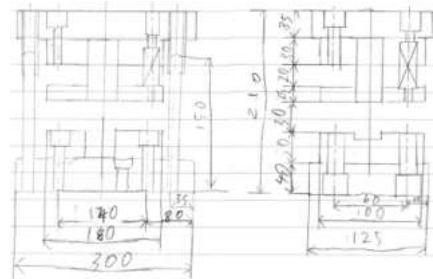


図2 せん断金型組図(スケッチ)

2.3 せん断金型設計

構想設計で作成した手書き図面(図2)をもとに、3次元CADソフト(CATIA)を使用して組立図を作成した。部品設計には、可能な限り、標準部品を用いた。作成した3次元組立図面にて、部品の干渉確認や動きの確認、不具合修正を視覚的に行うことができた。確認後は3次元図面を2次元CADデータへ変換し、2次元CADソフト(AutoCAD)にて、組立図と部品図を作成した(図3)。その後、加工手順の作成、各プレート材料や標準部品の発注を行った。

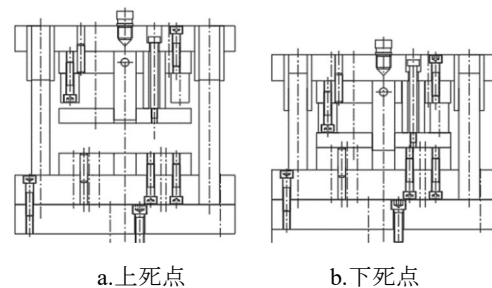


図3 せん断金型組立図(2次元組立図面)

2.4 せん断金型製作

加工を必要とする金型部品を表 1 に示した。

加工部品数 14 点、使用した工作機械は、汎用旋盤、汎用フライス盤、研削盤、ボール盤、ワイヤ放電加工機である。総加工時間は、約 86 時間であった。

表 1 せん断金型部品表

部品番号	数量	部品名称	備考	加工時間
1	2	ダイプレート	SKD11	14時間
2	1	ダイホルダ	SS400	3時間半
3	1	ダイ固定プレート	S50C	3時間半
4	1	可動ストリッププレート	SKD11	5時間
5	1	パンチプレート	S50C	7時間
6	1	パンチホルダ	SS400	3時間
8	6	パンチ	SKD11	46時間
9	1	シャンク	S45C	4時間

2.5 せん断金型組立・調整

各部品を取り付けて組立を行った(図 4)。2 つに分かれたダイプレートは上型に取り付けたパンチを挟み込んで止めることでパンチ基準の位置決めとして組み立てた。しかし、可動ストリップの取り付けにコツが必要となる難しい構造となってしまった。可動ストリップにガイド構造が無いため、傾かないように均一にねじを締めることやパンチとの隙間を確認しながら組み上げていくことが必要となる組み上げにくい金型となってしまった。

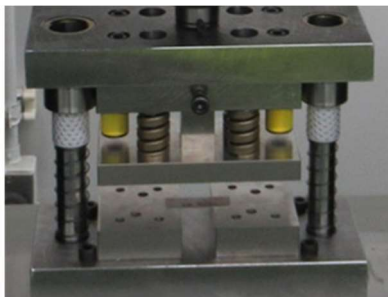


図 4 せん断金型

2.6 せん断金型実験

当校の万能引張試験機(島津製作所製・オートグラフ AG-50kNX)に取り付け、(動力シャーで切り出した)試験片(幅 60mm×奥行 20mm×厚 1mm)をダイの中央部に置き、試験機の圧縮により実験を行った。下降速度は、5mm/min にて実施し、せん断後に手動で停止させて試験を終了する。

図 5 にせん断時の観察状態を示した。材料特性とクリアランスが大きく関係するといわれる反り

現象が発生している様子が見て分かる。

図 6 にせん断実験結果グラフを示す。最初に、荷重の変化がみられるのは、上型についている可動ストリップが、材料にあたったことで、荷重が変化したところである。ばね定数に比例した加工力が計測されたあと、荷重が上昇するところでせん断加工が始まる。せん断加工後は、再度ばね荷重のみの状態が続くことが観察された。



a.上から見た図 b.横から見た図

図 5 実験中の反り観察

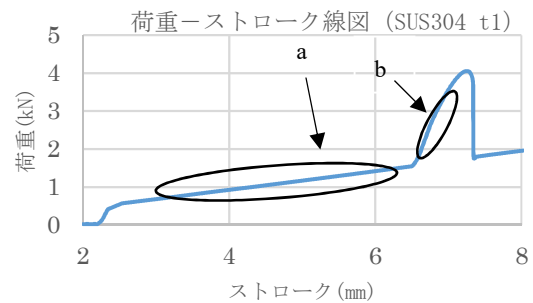


図 6 せん断実験結果

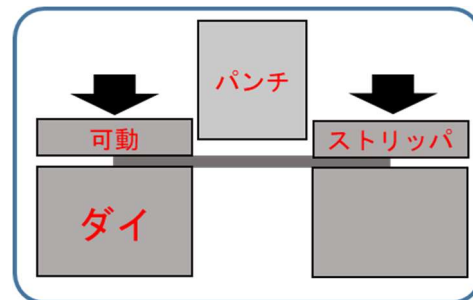


図 7 a. ストリップと材料の接触

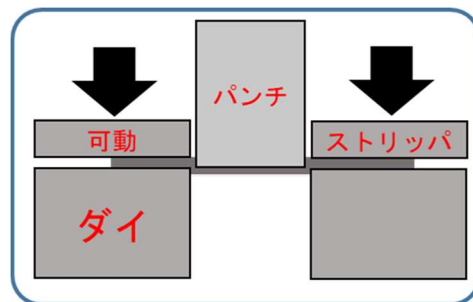


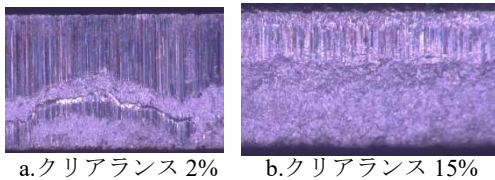
図 8 b. せん断状態

実験後、せん断面を観察したところ、図 10 の写真のように左右のせん断面の厚みが同じであると考えられる。したがって、左右のクリアランスが

同じ状態であると言える。



a.左断面 b.右断面
図9 製品のせん断面



a.クリアランス 2% b.クリアランス 15%
図10 製品のせん断面

クリアランスを変更した実験が可能である結果例を図10に示した。

3. V曲げ実験用金型の設計・製作

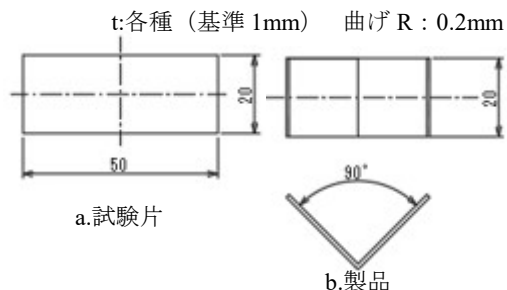
3.1 V曲げ金型仕様

今回製作するV曲げの実験用金型は、次のことができなければならない。

- ① 当校にある引張試験機を使用し、荷重ーストロック線図を作成できるようにする。
- ② 実験中、横から見た際に、曲げの状態を確認することができるようにする。

3.2 V曲げ金型構想設計

金型の設計をする前に構想設計を行う。せん断金型と同様に構想設計では実験で使用する試験片(図11)を決め、金型の全体図を手書きスケッチにて、構想を設計した(図12)。



a.試験片 b.製品
図11 製品図と試験片

3.3 V曲げ金型設計

構想設計で作成した手書き図面(図12)をもとに、3次元CADソフト(CATIA)を使用して組立図を作成した。部品設計には、可能な限り、標準部品を

用いた。作成した3次元組立図面にて、部品の干渉確認や動きの確認。確認後は3次元図面を2次元CADデータへ変換し、2次元CADソフトにて、組立図と部品図を作成した(図13)。その後、加工手順の作成、各プレート材料や標準部品の発注を行った。

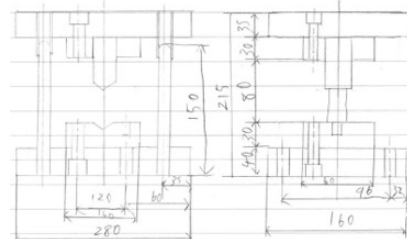
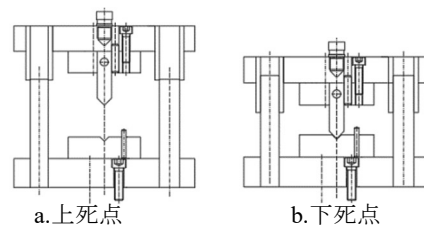


図12 V曲げ金型(スケッチ)



a.上死点 b.下死点
図13 V曲げ金型(2次元図面)

3.4 V曲げ金型製作

今回の金型部品は表2のようにになっている。加工部品数12点、使用した工作機械は、汎用旋盤、汎用フライス盤、研削盤、ボール盤、ワイヤ放電加工機である。総加工時間は、約47時間であった。

表2 V曲げ金型部品表

部品番号	数量	部品名称	備考	加工時間
1	3	ダイプレート	SKD11	12時間
2	1	ダイホルダ	SS400	1時間
3	1	パンチプレート	SKD11	6時間
4	1	パンチホルダ	SS400	2時間半
5	5	パンチ	SKD11	3時間
6	1	シャンク	S45C	4時間

3.5 V曲げ金型組立・調整

各部品を組立、動きの確認を行う。V曲げ金型はせん断金型と違い、ダイプレートをパンチになじませることで位置決めできるようにしたため、調整しないで組立てることができた。



図14 V曲げ金型

3.6 V 曲げ金型実験

当校の万能引張試験機（島津製作所製・オートグラフ AG-100kNX）に取り付け、動力シャーで切り出した試験片（幅 50mm×奥行 20mm×厚 1mm）をダイの中央部に置き、試験機の圧縮により実験を行った。下降速度は、5mm/min にて実施し、V 曲げ後に手で停止させて試験を終了する。図 12 に V 曲げ実験結果グラフを示す。曲げ状態を観察しながら、押し込み量（ストローク）と荷重の関係を把握することができることが実証された。荷重－ストローク線図には、専門書⁽¹⁾に示されるパーシャルベンディング（3 点曲げ）、ボトミング（ならい曲げ）、コイニング（押しつぶし）の 3 つの領域をしっかりと読み取ることができた。曲げた製品は、材料、パンチ角度、領域による違いが出ること、観察できた。

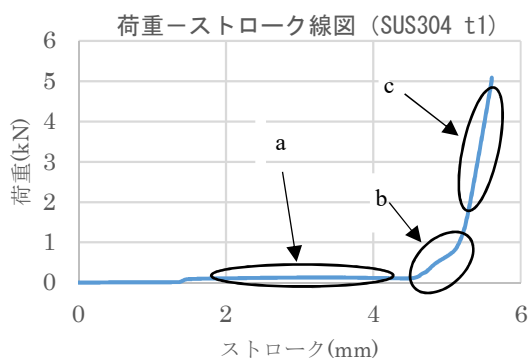


図 15 V 曲げ実験結果



図 16 a. パーシャルベンディング（3 点曲げ）



図 17 b. ボトミング（ならい曲げ）



図 18 c. コイニング（押しつぶし）

表 3 V 曲げ試験結果

材料\パンチ角度	90°	88°	86°
SPCC	91°	90°	/
SUS304	91°	91°	

4. 終わりに

せん断実験では、ばね力とせん断荷重を考慮したプレス加工力が必要であることを見て把握できる良い実験機材ができたと評価する。しかし、せん断部の観察において、破断状態の確認は、難しかった。また、この金型組立・調整を行うことによって、プレートにねじ加工が垂直に立てられていないことで組み立てられなくなることを体験し、ストリップの組立には、平行を保つ仕組みであるストリップガイドの重要性を体験することができた。加工の大切さを学び、図面を書く段階で、加工のポイントや組立性について考えることが重要であることを学ぶことができた。

V 曲げ実験では、ダイプレートを固定しない発想にて、組立性を良くすることができた。

結果、双方ともに概念の仕様を満たしたものが完成できたと言える。今後の授業で活かしていただきたい。

金型の設計・製作を、アドバイスをもらいながら一人で行ったことで、3次元・2次元 CAD の理解度を深めることができ、加工においては、多くの工作機械を扱えるようになり、技術を向上させることができた。

この卒業研究から、作業をする際の報告・連絡・相談を徹底することの大切さを学びました。今回一人で金型製作に取り組むという貴重な経験を生産技術業務で活かしていきたい。

謝辞

プレス金型についての知識・技術及び技能をご教授していただいた三井会（株式会社三井ハイテック OB）の高橋先生、大石先生、鳥巢先生に深くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 新プレス加工データブック編集委員会著，新プレス加工データブック，日刊工業新聞社，1993年5月25日，P141
- (2) 山口文雄著，プレス金型設計—単工程加工用金型編一，日刊工業新聞社，2008年1月25日
- (3) 山口文雄著，基本プレス金型実習テキスト，日刊工業新聞社，1993年6月30日

エレベータ制御実習装置の製作

機械システム系自動化システムエンジニアコース

2021101 秋吉 泰至
指導教員 満永 浩一

1. はじめに

本研究の目的は、エレベータ制御実習装置の製作を通して自身のプログラム作成スキル、計画性の向上、そして、他の学生もプログラムのスキルアップが可能な装置を作ることである。

この装置は過去に作られたエレベータ制御実習装置に改良を加えた装置である。改良点は主にプログラムや機器の方であり基本構造やボタン、ランプの配置はそのまま使っている。そして、エレベータ制御実習装置を改良して、他の学生がプログラミングとデバッグが可能なよう、動作プログラを作成し、動作を確認したので報告する。

2. 実習装置の構造

エレベータ制御実習装置の構造について説明する。

2.1 昇降機構

実際のエレベータの昇降装置は、ロープと錘を利用したロープ式のエレベータの分類の「つるべ式」と呼ばれるものが広く利用されている。「つるべ式」は、人が乗るかごと、つり合い錘がワイヤーロープによって「つるべ式」につながっており、巻上モーターの回転速度を制御し、かごを昇降させる方式である。しかし、この方法ではこの昇降機構ではかごと錘を同じ重さにする必要性があり、錘の製作が困難であること、またチェーンにかかる負荷が多く、長期間の使用ができないため、本研究では輪にしたチェーンを使用し、スプロケットを介してかごを昇降させる方法を採用している。

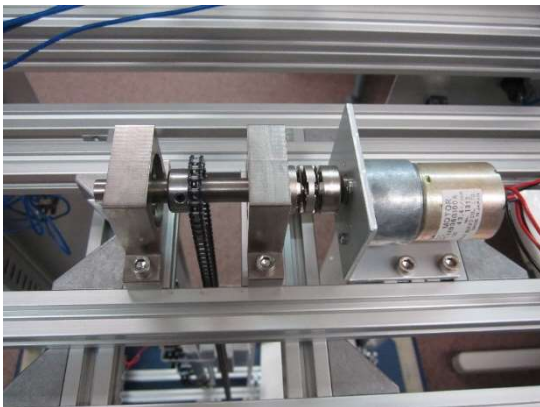


図1 昇降機構

2.2 かごの構造

かごは実際のエレベータにおいて、人間または荷物等を乗せる部分である。本研究では軽くて加工しやすいアルミ板を利用して製作されている。また、かごを動かす機構はチェーンのピッチの隙間を利用し、かごの後部でネジ止めをして固定している。さらにかごの両側面にキャリッジを取り付け、備え付けたレールと組み合わせることでかごのスライドを可能にしている。

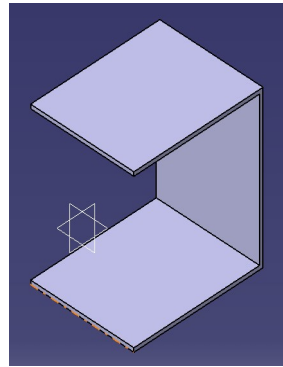


図2 かご部品1

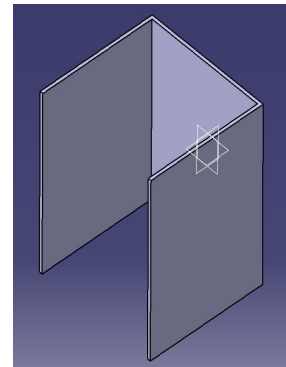


図3 かご部品2

2.3 ドア開閉装置

ドアの材料はかご同様、アルミ板を加工し制作されている。過去の実習装置はドアの開閉装置にソレノイドを利用していた。ソレノイドは電流を流すことにより、磁力で中央のプランジヤーを吸い付けることでドアを開け、閉まる際にはバネの力を利用してドアが元の位置まで戻るように設計・制作されていた。しかし、この方法ではドアを閉まりきれないことがある。このため、本研究では、ソレノイドではなく、電動アクチュエータを使うことにした。電動アクチュエータはDCモータで棒を出し入れする装置である。これを利用して電動アクチュエータの先端にドアを模したアルミ板をつけ、電流を流すことでドアを開閉させる。

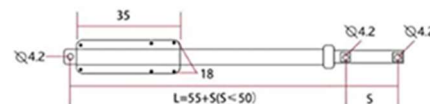


図4 電動アクチュエータ

3. プログラム

エレベータを制御するシーケンスプログラムについて説明する。

3.1 プログラミング

実際に製作した装置のエレベータ動作機構を制御するシーケンスのプログラムを作成した。過去の研究では安全用シーケンサ(FX1S-30MR)と実習用シーケンサ(FX1N-60MT)の二つで動作させていた。しかし、配線数の増加、プログラムの複雑化が起きていたため、シーケンサをFX2N-64MTに変更して一つのPLCで動作させることにした。開発は三菱電機のGX Developerを使用しプログラミングはラダー方式で行った。



図5 FX2N-64MT

3.2 実習装置の動作

本研究では、他の学生もプログラムを作りプログラミング能力の向上に利用できることが目標である。そこで製作したエレベータ制御プログラムの動作を例に挙げて説明する。まず、エレベータの動作とは別に、異常検知による停止と、修正のための手動操作を作ったエレベータの動作との振り分けはマスターコントロール命令を用いた。基本的にマスターコントロール命令は出力されているが、異常検知や、手動操作に切り替わると、マスターコントロールリセット命令によりエレベータの動作を中断するようにした。また、手動操作の切り替えは閉ボタンを0.5秒以内に2回入力することで切り替えるようにした。エレベータの動作はマスターコントロール命令で指定された範囲でプログラムを行う。

4 おわりに

今回の研究では、プログラムをメインにエレベータ制御実習装置を製作した。まず初めに、過去のエレベータ制御実習装置がどのような構造で動いているのか解析を行った。複雑な構造で理解に時間がかかってしまっていたが、様々なことを知る事ができた。次にエレベータ制御実習装置の改良案の立案では、過去の実習装置を活かそうとしたり、扉の開閉機構を用いることに

固執してしまい予定よりも多くの時間を割いてしまった。しかし、配線数の大幅な削減と異常検知時の動作の方法を作った。また、他の生徒がエレベータ制御プログラムを作ることを想定したプログラムの作成は自身のプログラム面でのスキルアップになった。今回製作したエレベータ制御実習装置は実際のエレベータのものをプログラムするとなると、非常に難しいものである。しかし、簡単なプログラムから、難しいものまで、マスターコントロールの範囲内であれば、異常検知できるので、好きなようにプログラムする事が可能である。



図6 装置完成図

	入力		出力
開ボタン	X0		モーター起動 Y0
閉ボタン	X1		扉開閉 Y1
階層指示ボタン1階	X2		Y2
階層指示ボタン2階	X3		Y3
階層指示ボタン3階	X4		現在地ランプ1階 Y4
階層指示ボタン4階	X5		現在地ランプ2階 Y5
1階呼出ボタン↑	X6		現在地ランプ3階 Y6
2階呼出ボタン↓	X7		現在地ランプ4階 Y7
2階呼出ボタン↑	X10		呼出ランプ1階↑ Y10
3階呼出ボタン↓	X11		呼出ランプ2階↓ Y11
3階呼出ボタン↑	X12		呼出ランプ2階↑ Y12
4階呼出ボタン↓	X13		呼出ランプ3階↓ Y13
1階近接センサー下	X14		呼出ランプ3階↑ Y14
1階近接センサー上	X15		呼出ランプ4階↓ Y15
2階近接センサー下	X16		階層指示ランプ1階 Y16
2階近接センサー中	X17		階層指示ランプ2階 Y17
2階近接センサー上	X20		階層指示ランプ3階 Y20
3階近接センサー下	X21		階層指示ランプ4階 Y21
3階近接センサー中	X22		扉閉鎖ランプ1階(緑) Y22
3階近接センサー上	X23		扉閉鎖ランプ2階(緑) Y23
4階近接センサー下	X24		扉閉鎖ランプ3階(緑) Y24
4階近接センサー上	X25		扉閉鎖ランプ4階(緑) Y25
異常上昇検知センサー	X26		扉開放ランプ1階(赤) Y26
異常下降検知センサー	X27		扉開放ランプ2階(赤) Y27
	X30		扉開放ランプ3階(赤) Y30
	X31		扉開放ランプ4階(赤) Y31
	X32		扉反転(リレー) Y32
	X33		モーター反転(リレー) Y33
	X34		Y34
	X35		Y35
	X36		Y36
	X37		Y37

図7 PLC I/O割付表

画像センサによるワーク選別装置

機械システム系自動化システムエンジニアコース

2021132 村田 悠

2021135 油布 康誉

指導教員 満永 浩一

1. はじめに

高い品質を保持しながら大量の製品を供給するには、検査の定量化、数値化は、必要不可欠である。しかし、人の眼によって行われる外観検査は判定誤差や見落としなどが発生しやすい。FA (Factory Automation) 技術の進歩により、シーケンス制御と組み合わせて画像センサや産業用ロボットを使うことで品質の保持、効率化を図っている。

本研究は、ワークに圧着端子ケースを用い、画像センサにより製品検査を自動化する装置を開発することによりシーケンスによりワークをハンドリングする制御技術を習得し、自分達で設計、製作を行うことで、計画管理能力や問題解決能力を向上させることを目的とする。

2. ワーク選別装置

2.1 ワーク

選別に使用するワークは、圧着端子ケースを使用する。寸法は高さ 22mm・長さ 52mm・幅 45mm となっている。この圧着端子ケース表面に文字を書いたシールを貼り画像センサで判別を行う。図 1 の「わさび」のラベルを良品とし、図 1 以外のラベルを不良品とする。図 2 に不良品ラベルの例を示す。

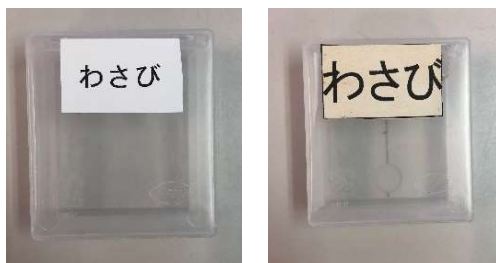


図 1 良品わさび 図 2 不良品わさび

2.2 使用機器

画像センサには、キーエンス製 CV-120 を使用した。今回はパターンという異品混入検査方式を採用した。これはライン内に違うパッケージの

商品が混入した際に画像センサで不良品を検知する方式である。判別方法は、良品となるワークの公差を基準とし、判別するワークが公差内ならば良品、そうでなければ不良品と判別する。良品と判断するとスタックビーコンが青色に点灯し、不良品ならば赤色に点灯する。判別前や判別後など、画像センサや産業用ロボットが動いていない場合スタックビーコンは黄色に点灯する。

産業用ロボットはデンソー製 CS-4130A (図 3) を使用した。円筒座標型 4 軸のアームを持ち、吸引チャックでワークを吸着する。シーケンスは 36 入力 24 出力の FX1N シリーズを使用する。これにより画像センサ・光電センサ・押しボタンなどの入力信号からエアシリンダ・産業用ロボットへの出力信号を制御する。またプログラミング方式はラダー形式で行う。ベルトコンベア・画像センサ・スタックビーコン・産業用ロボット・シーケンスを組み合わせて製作した装置の全体図を図 8 に示す。



図 3 産業用ロボット

2.3 使用部品

画像センサや産業ロボットの位置決めのために光電センサと空気圧ソレノイドバルブを使用した。上手く動作しなかったので速度制御弁を取り付けた。

ワークを供給するためのトレー (図 4) を作成した。今回の卒業研究では、ワークに穴をあけ、

トレーにスペーサーをつけることでワークを固定することにした。

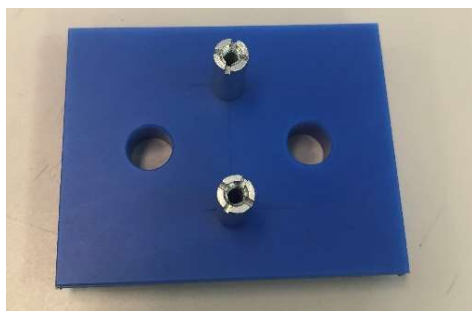


図4 トレー

ワークの良品を出荷のため収納する箱(図5)と不良品排出用の箱(図6)を作成した。

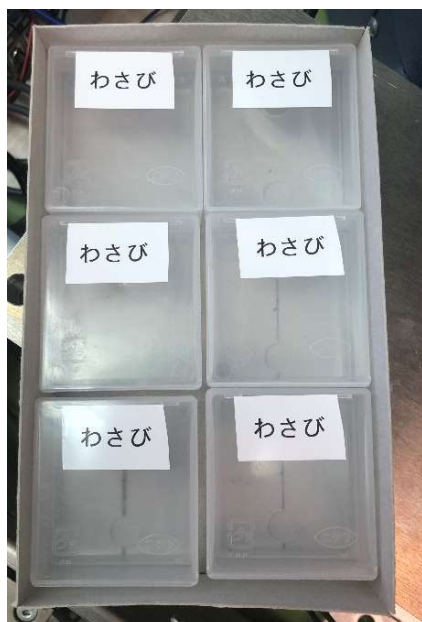


図5 良品収納箱



図6 不良品排出箱

2.4 制御プログラム

製作するワーク選別装置では、ベルトコンベア

でワークを画像センサの下まで移動させる。画像センサで良品・不良品の判別を行い、良品であればパレタイジング操作を行い6個セットで良品箱に収納、不良品であれば不良品箱に排出を行う。

図7に制御プログラムフローチャートを示す。

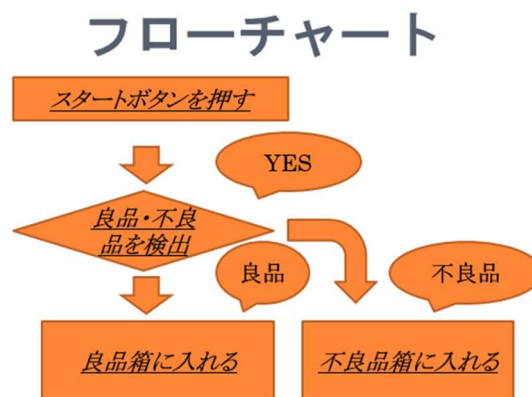


図7 フローチャート

3. おわりに

本研究では、画像センサによるワーク選別装置の設計・製作を行った。シーケンス制御と組み合わせて画像センサや産業用ロボットを使うことで、実際の現場で使用されている装置の開発の仕方、考え方を深く理解することが出来た。



図8 全体図

参考文献

(1) 谷腰欣司, 図解でわかるセンサのはなし, 日本実業出版社 1995年

有接点シーケンス制御実習装置の製作と課題研究

機械システム系自動化エンジニアコース 2021110 岡野 広隆

2021134 矢形 侑己

2020101 麻生嶋 宏弥

指導教員 佐藤 安正

1. はじめに

我々の日常生活には様々なものに自動化が使われている。その中に、シーケンス制御があり、工場生産ラインなどで幅広く扱われている。そこで私たちは、現場でも多く扱われているシーケンスについて知り、本校で使用している有接点シーケンス装置を製作する。またテキストだけでなく、シーケンス制御についてわかりやすく実習を行うための実習テキスト動画の制作にも取り組んだ。これにより、有接点リレーシーケンスの理解、技術習得を深めることを目的とした。

なお、今回製作した装置は次年度以降、本校機械システム系で使用する予定。

実習装置に使われている電磁リレー、タイマ、押しボタンスイッチ等は遊休品で十分で新規装置製作の3台分はあったので新規購入した部品は、端子台 876 円/個を6個とL字のアルミアングル 9,761 円/本を1本のみの購入となった。有接点シーケンス実習装置を図1に示す。

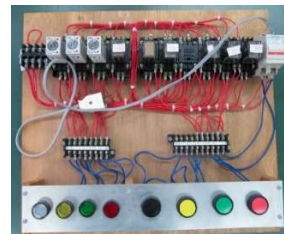


図1 有接点シーケンス実習装置

2. 有接点シーケンス装置の製作

実習装置の製作にあたり現存する有接点シーケンス制御実習装置に使われている部品をリストアップした。実習装置は27台あり次年度の機械システム系の学生人数30には足りていないことから追加で3台の装置製作が必要となった。実習装置1台製作にどのくらいの費用が必要であるかを見積もった結果を表1に示す。

表1 装置1台当たりの部品リスト

部品名	型番	単価	数量	購入価格 (税込み)
リレー	HH5 2P	810	7	5,670
タイマ	ST7	3,626	3	10,878
ランプ	AH165-2ZE	967	4	3,868
押しボタン	AR22FOR	1,099	4	4,396
プロテクター	CP30FM-2Poo5	4,829	1	4,829
中間スイッチ	ベター10A	439	5	2,195
10極端子台		659	2	1,318
4極端子台	DINレール付き	2,629	1	2,629
リレーソケット	4極ソケット	460	10	4,600
合計		15,518		40,383

3台製作 □ 合計金額 □ 121,149 円
※DINレール、コンパネ板含まず

実習装置一台当たりの部品単価は、40,383円で、3台の製作では121,149円の費用が掛かることが分かった。

今回の実習装置製作において費用は極力かけないという指導教官からの指示もあり、できる限り校内にある遊休部品があればそれを使用することで製作費を削減した。

この実習装置は、板厚12mmのコンパネ板(450mm×400mm)に電磁リレー、タイマ、サーキットプロテクタを装着するDINレールと端子台及び、押しボタンスイッチ、ランプを取りつけた構造となっている。ランプや押しボタンスイッチを取り付ける箇所は、それぞれの部品を取り付けるための板が必要となっているので、厚さ3mmのアルミニウム板を図2に示すように穴あけ加工をした。

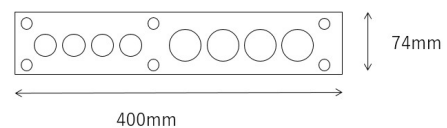


図2 ランプ、スイッチ取り付け板

加えて、この取り付け板を3個のランプ、スイッチ取り付け板固定板(図3)を組み合わせると図4のような構造として有接点シーケンス実習装置の押しボタン、ランプの取り付け部分とした。

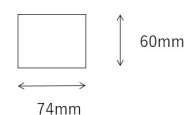


図3 ランプ、スイッチ取り付け板固定板

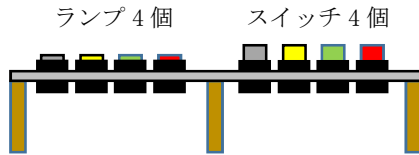


図4 ランプ、スイッチ取り付け分

実習装置のベースとなるコンパネ板上に各種の部品を取り付けた状態を図5に示す。

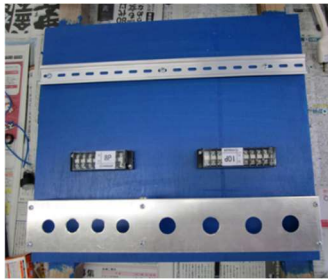


図5 装置の仮組の組立状況

図5に示す装置に押しボタンスイッチ、ランプを取り付け、実際に自分たちで実習を行うことを想定して装置の取り扱い状況を確認した。

3. 実習装置の改良

この実習装置で使っている押しボタンスイッチは、接続端子が押しボタンスイッチの下面にありプラスのネジで端子を接続するタイプのものとなっている。そこで、先程のようなスイッチ取付板が、固定されているとメイク接点、ブレイク接点の変更を行う際に、スイッチを上下に分解して接点を接続し直さないといけないため、あまり現実的でない作業が行われることとなる。

そこで、今回装置精査に加えて実習装置総数30台すべての装置に改良を加え押しボタンスイッチの接点切り替えが容易にできるような改良をおこなった。

1つの押しボタンにはメイク接点の配線を行う端子部が2か所、ブレイク接点の接続を行う接続部が2か所の合計4個の接続箇所が必要となる。最も簡単な対策としては、1つの押しボタンスイッチの4つの接続端子から配線を引き出し、端子台に接続する方法が考えられるが、4つの押しボタンスイッチから合計16本の配線を出して端子台(16端子)に接続することが最も簡単な作業となるが、30台の実習装置に、この改良を加えると16端子の端子台が合計30個必要となる。

今回はできる限りコストをかけずに装置改良を行うことも目的の1つとしたかったので、機械的な構造変更でコストカットを試みた。

その結果として、図4に示したランプ、スイッチ取り付け板を従来の固定式から、固定板にランプ及びスイッチがとりついたままで、跳ね上げができる機構の変更を行った。図6にその機構の簡単な構造図を示す。図中の青色の部分メイク接点の接続端子部でここに2か所の端子部が存在しており、赤色の部分に2か所のブレイク接点端子部があるスイッチの構造となっている。

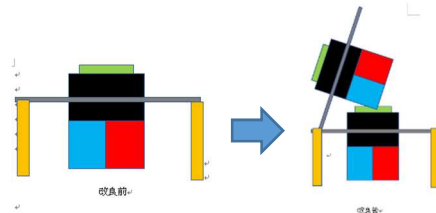


図6 押しボタンスイッチ取り付け板の改良

コストをかけずにこの構想を実現するために跳ね上げ機構の蝶番にL字の部品を使ったこの開閉機能を取り付ける改良が終了した装置を示す。(図7)



図7 改良後の実習装置

4. 実習装置の解説動画制作

実習装置の取り扱いの前段階となる有接点リレーシケンスの入門のための動画制作も行った。使用したソフトは「ゆっくりムービーメーカー」というもので、制作動画は、公开发表会などで上映の予定である。

5. おわりに

本卒業研究では、実習装置3台の追加製作に加え装置の解説動画制作が主たる目的であったが、装置を取り扱うにあたり、目的を1つ加え低コストで、いかに労力をかけずに30台の装置改良を加えるかということにも取り組んだ結果、装置30台の改良は終了した。

電気制御エンジニアコースに向けた 実習装置および課題の製作

機械システム系自動化システムエンジニアコース 2021117 佐野 拓磨
2021119 杉山 世馬
2021120 瀧澤 宗弥
指導教員 中畑 和

1. はじめに

本研究では、令和5年度から電気・電子システム系が再編され、電気制御エンジニアコースが新設されるため、そのコースで行われる実習の実習装置及び課題の作成を行った。

本研究を通し、実習装置の組み立て・加工・配線・動作チェックまで行うことで、就職先で即戦力となるために必要な知識や技術、報連相の徹底を身に付ける。

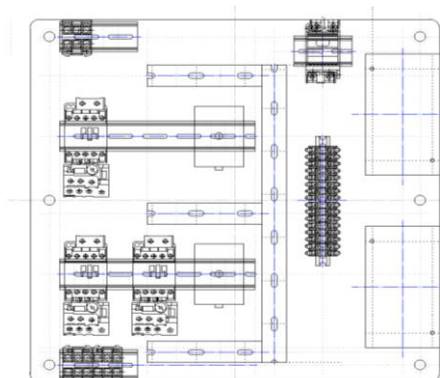


図1 電動機実習装置の設計図

2. 電動機実習装置

電気・電子システム系の就職先で誘導電動機を取り扱うことがあるため誘導電動機の配線方法や運転方法について実習できるように電動機実習装置の設計・製作を行った。この実習は令和6年度5Qの電気制御エンジニアコースの実習として予定している。

図1に電動機実習装置の設計図を示す。部品を取り付ける土台には内外電機(株)製の鉄製基板(500mm×500mm)とした。主回路は3相200Vとし、制御回路は単相100Vとした。盤上に電磁接触器を3つ配置できるレイアウトとなっており、押しボタン3つ、表示灯3つ配置した。実習装置の製作を簡単にするために部品取り付け箇所は全て同じサイズのネジ穴とした。

設計図を元に電動機実習装置の製作を行った。部品取り付け箇所をドリルで穴あけし、インパクトドライバーと六角軸スパイラルタップを使用しネジ穴加工を行った。図2に製作した電動機実習装置を示す。予算の都合上、電動機実習装置は9台製作した。今後2台製作する必要がある。

電動機実習装置が出来上がったため課題の作成を行った。大分高等技術専門校で行われている実習を元に課題を10個作成した。図3に電動機課題実習の一例であるY-Δ始動回路を示す。課題図

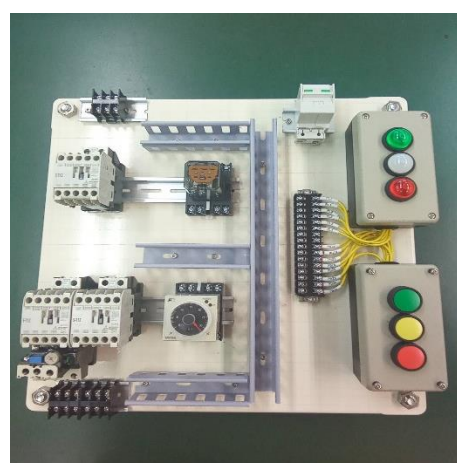


図2 製作した電動機実習装置

を元に実際に配線を行い制御回路が動作することを確認した。

3. 配電盤・制御盤組立実習装置

国家技能検定電気機器組立て職種に配電盤・制御盤組立て作業があり、この検定は三相誘導電動機の運転・制御・監視を行う制御盤を製作する課題となっている。

毎年、電気・電子システム系の学生が配電盤・制御盤の組立を行っている会社に就職しており、それらの会社では先程述べた技能検定を受けさせている。今後この分野にも力を入れるため、在学中

電動機課題10 Y-Δ始動回路(タイマ使用)

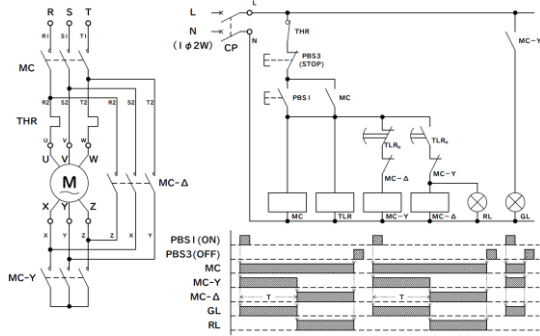


図3 電動機実習課題例(Y-Δ始動回路)

に配電盤・制御盤組立の練習ができるよう実習装置の設計・製作を行った。実習装置の設計には3DCADソフトであるInventorを用い設計を行った。図3に設計した配電盤・制御盤組立実習装置を示す。枠組みにはアルミフレームを使用し、部品を取り付ける基板には内外電機(株)製の鉄製基板(920mm×620mm)を使用した。

図4に設計した3DCADを元に製作した配電盤・制御盤組立て実習装置を示す。配電盤・制御盤組立て実習装置は2台製作した。今後9台製作する必要がある。

4. 工場電気設備実習装置

技能五輪職種の一つに工場電気設備職種がある。この競技は工業製品を生産する工場で、設備や機械が安定的に稼働するように、電気機器に配線を行い、制御装置の設置・組立やプログラムを行う

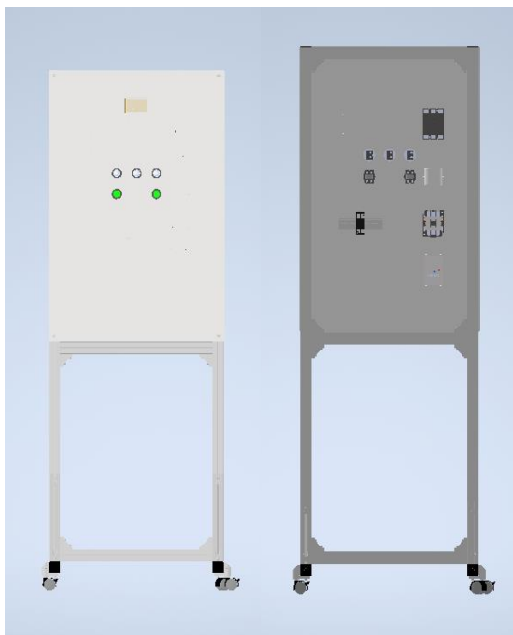


図3 配電盤・制御盤組立実習装置の3DCAD設計



図4 製作した配電盤・制御盤組立実習装置

内容となっている。取り付け部品も多く、配線も複雑であるため、より実践的な内容となる。就職後即戦力として活躍できる学生を育てる上でも非常に有意義な課題であるため、工場電気設備実習装置の設計・製作を行った。

図5に3DCADソフトを使用して設計した工場電気設備実習装置外観図を示す。技能五輪競技では制御盤をコンパネに取り付けるため動かすことができない。固定してしまうとレイアウト変更ができなくなるのでアルミフレームとキャスターを使用し、実習装置を動かすことができるように設計した。

図6に第59回工場電気設備競技課題の制御盤レイアウト図を示す。このレイアウトを元に制御



図5 設計した工場電気設備実習装置外観図

盤の設計を行った。図7に製作した工場電気設備
実習装置を示す。競技課題の配置を少し変更した。
工場電気設備実習装置は1台製作した。

図8に工場電気設備の配線図を示す。この配線
図を元に製作した工場電気設備実習装置に配線
を行った。図9に配線した工場電気設備実習装置を
示す。競技時間は4時間であるが今回は初めてで
あるためかなりの時間を要したが、無事配線する
ことができた。

5. メカトロシミュレーター

メカトロシミュレーターは(株)新興技術研究所
の商品であり、Windows パソコン上で動作するメカ
トロニクス機器のデジタル制御シミュレータであ
る。画面上に仮想のメカトロ機器を配置して、模

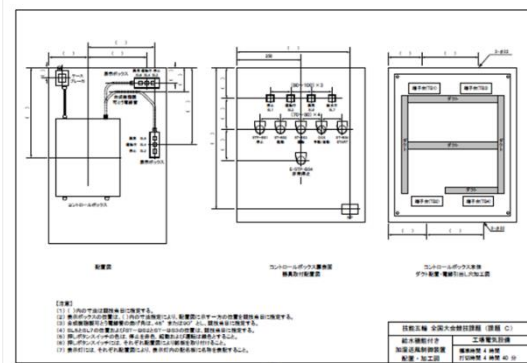


図6 工場電気設備競技課題制御盤レイアウト図



図7 製作した工場電気設備実習装置

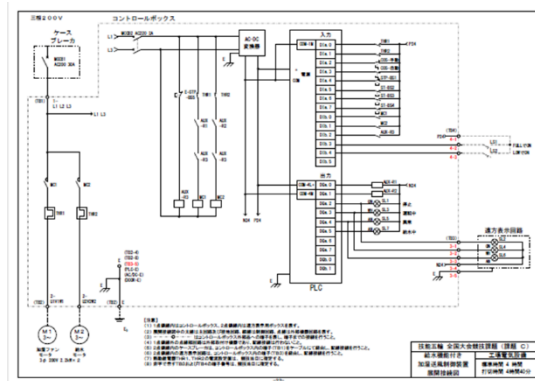


図8 工場電気設備配線図



図9 配線した工場電気設備実習装置

擬の生産設備を作り、PLC 制御、パソコン制御、マ
イコン制御によるデジタル制御が可能な実習シス
テムである。図10にメカトロシミュレーターを
示す。青い箱がメカトロシミュレーター本体であ
る。シミュレータ本体には、シミュレータソフトウ
ェアとデジタル制御機器を接続するためのインター
フェイスが付いており、システム間でのデータの
やりとりやメインプログラムを読み込み、シミュ
レーションを行う。

メカトロシミュレーターには、メカトロニクス
で使用する様々な機器が部品として用意されてお
り、ドラッグ&ドロップの簡単な操作で画面上に
部品を配置することができる。部品は、アクチュエ
ータ、メカニズム、スイッチ・ランプ、ハンドリン
グ装置、ワーク供給装置、ワーク等がある。図11
にシミュレータ部品例を示す。

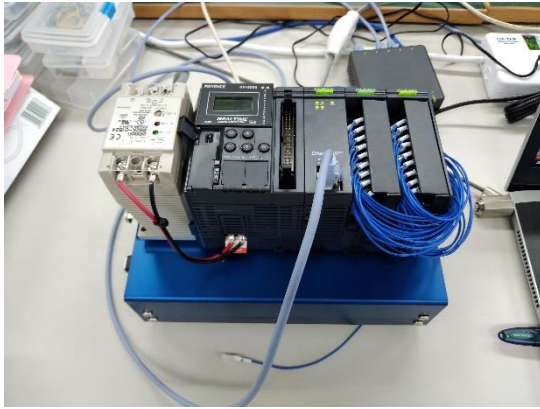


図 10 メカトロシミュレーター

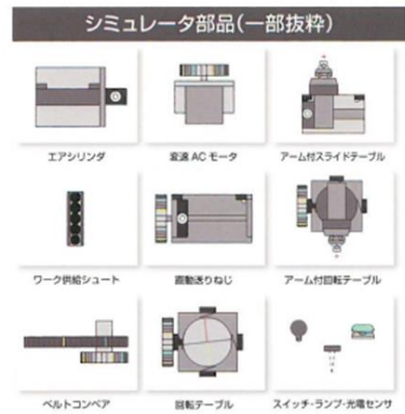


図 11 シミュレータ部品例

5.1 メカトロシミュレーターを用いた課題

メカトロシミュレーターを用いた課題の作成を行った。接続する PLC にはキーエンス製 PLC (KV-3000) を使用した。

図 11 に作成した課題の一例を示す。表 1 に I/O 割付表を示す。ワーク供給マガジンから供給されたワークがベルトコンベアを流れ、近接センサが反応したらコンベアが停止する。コンベアが停止後、直動送りねじにつながれたアーム付きスライドがワークを吸着し回転テーブルの上に置く。回転テーブルにワークが置かれたらテーブルが回転し、指定した位置に到着したら停止する。停止後、回転機構付きアームがワークを吸着し、右側にあるコンベアにワークを運ぶ。コンベアにワークが置かれたらコンベアが駆動し、近接センサが反応したらシリンダが駆動し、つながっているコンベアに押し出され、ワークが右側に流れていく課題となっている。この課題以外に 2 つの課題を作成し動作確認を行った。

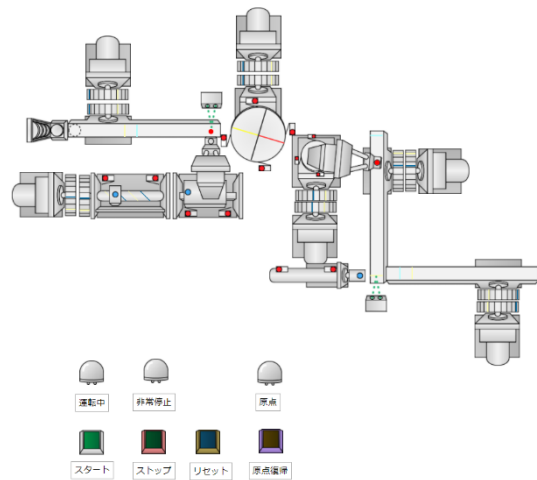


図 12 メカトロシミュレーターを用いた課題

表 1 I/O 割付表

入力	出力	動作	出力	動作
DL0 押しボタン#1	R0000 スタート		DO0 換気ファン#1	R01000 換気ファン
DL1 押しボタン#2	R0001 ストップ		DO1 換気ファン#2	R01001 換気ファン
DL2 押しボタン#3	R0002 リセット		DO2 換気ファン#3	R01002 換気ファン
DL3 押しボタン#4	R0003 待機停止		DO3 ワーク供給マガジン	R01003 ワーク供給
DL4 近接センサ#1	R0004 ワーク検出センサ#1		DO4 回転テーブル	R01004 回転テーブル
DL5 近接センサ#2	R0005 ワーク検出センサ#2		DO5 回転テーブル	R01005 回転テーブル
DL6 アーム付スライド#1 近接検出センサ	R0006 アーム付スライド#1 近接検出	DO6 回転テーブル	R01006 回転テーブル	
DL7 アーム付スライド#1 近接検出センサ	R0007 アーム付スライド#1 近接検出	DO7 回転テーブル	R01007 回転テーブル	
DL8 アーム付スライド#1 近接検出センサ	R0008 アーム付スライド#1 近接検出	DO8 回転テーブル	R01008 アーム付スライド#1 回転	
DL9 回転テーブル#1 近接センサ	R0009 回転テーブル#1 近接検出	DO9 回転テーブル	R01009 回転テーブル	
DLA 回転テーブル#1 270° センサ	R0010 回転テーブル#1 近接検出	DOA 回転テーブル	R01010 回転テーブル	
DLB アーム付回転テーブル センサ	R0011 アーム付回転テーブル 近接検出	DOB アーム付 回転	R01011 アーム付 回転	
DLC アーム付回転テーブル 270° センサ	R0012 アーム付回転テーブル 近接検出	DOC アーム付 停止	R01012 アーム付 停止	
DLD アーム付回転テーブル 近接センサ	R0013 アーム付回転テーブル 近接検出	DOE アーム付 下流	R01013 アーム付 下流	
DLE シリンダ#1 近接検出センサ	R0014 シリンダ#1 近接検出	DOF アーム付 停止	R01014 アーム付 停止	
DLF	R0015	DOG シリンダ#2 駆動	R01015 シリンダ#2 駆動	

6. まとめ

本研究を通して今後仕事で使用する制御設計ソフトウェアや電気制御 CAD ソフトを習得することができた。また、電気図面にに基づき、遮断器、電磁開閉器、継電器、変流器などの各種器具の配置、取り付け方法を正確に読み解き正確な電気配線の方法を習得することができた。研究の成果としては、来年から新設される電気エンジニアコースの実習で用いられる電動機実習装置が 9 台、配電盤・制御盤組立実習装置が 2 台、工場電気設備実習装置を 1 台制作した。また、制作したそれぞれの実習装置を用いて課題へチャレンジすることができた。更に、設計、組立、配線作業などの一連の流れを行ったこ

とにより実際の作業などの技術を身に付けることができ、三菱製、キーエンス製それぞれの PLC を扱ったことで PLC についてより理解を深めることもできた。

本研究の問題点としては、配線に時間がかかってしまったこと、予算の都合上製作できる台数に限りがあったため、多くの台数を作ることができなかったことである。

最後に、自分たちも入社後プログラム作成や組立などの仕事に携わることができれば、この研究で得た知識や技術、また問題点なども有効に活用していきたいと考えている。

ロボットアームの製作

2021103 池田 健太
2021105 伊藤 吉輝
2021128 藤井 裕大
指導教員 金丸 祥二

1. はじめに

本卒業研究では、生産の自動化に重要な役割を果たしているロボットアームについて知識を得るためロボットアームを製作し、それを活用するシステムを作ることにした。昨年と同様にロボットアームを使ったピッキングシステムの製作を研究テーマとし、ランダムに置かれたワークの個々の識別マークを読み取り、ワークを所定の位置に並べるピッキング動作の実現を目指した。製作するシステムの特徴は、ピッキング対象を撮影するカメラと画像処理からピッキング動作の制御まで行うコンピュータをロボットアームに装備し、ロボットアームが自立してピッキング動作することである。昨年製作したものは、カメラがフィールドに取り付けられ、また、パーソナルコンピュータがロボットアームにケーブル接続されており、ロボットアームはパーソナルコンピュータにより制御される機器となっていた。今回ロボットの自立動作を可能とするため、高性能のシングルボードコンピュータである Raspberry Pi をロボットアームに搭載し、カメラをロボットアーム先端のハンド部に取り付けアームと一体構造とし、ロボットアームの新規設計・製作から Raspberry Pi のプログラミング開発まで行った。

2. 装置仕様

製作するロボットアームを用いたピッキング装置について、装置全体の構成とその仕様について述べる。

2.1 装置構成

図 1 は、今回製作するロボットアームを用いたピッキング装置の構成図である。図で示すようにロボットアーム本体と先端に取り付けられた吸着パッド及びカメラ、画像より指定のピッキング対象物を識別し、ロボットアーム・ハンドを制御する Raspberry Pi より構成される。

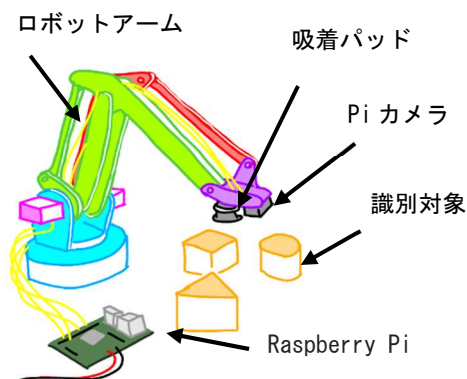


図 1 装置構成図

2.2 装置仕様

ピッキング動作をさせるための個々の構成要素の仕様を表 1 に示す。ロボットのハンドは電動式のエアーポンプを使い、吸着パッドで対象物を吸引して保持する方式とした。ピッキングする対象物は直径 50mm の円形の亚克力板とした。また、画像取得に用いるカメラは 15pin リボンケーブルで接続する Pi カメラモジュールを使用した。

表 1 装置仕様

ロボットアーム	アームの全長	600 mm
	アームの可搬質量	30 g
	制御軸	3軸 (アーム2軸・回転台1軸)
	駆動モータ	RCサーボモータ (LD-27MG)
識別対象	識別サンプル	円形亚克力板 直径 50×厚さ 4 mm, 質量 10 g
	識別エリア	半径500 mmの1/4円
カメラ	製品	Raspberry Pi Camera Module 2
	静止画解像度	8メガピクセル
	接続	15pinリボンケーブル(CSI-2)

3. 機構部

ピッキング動作の機構は、ロボットアーム本体とアーム先端に取り付けられたハンドから成る。以下、それぞれの構造について説明する。

3.1 ロボットアーム

ロボットアーム本体の構造は、自由度の高い動きができ汎用性の高い垂直多関節型とした。一昨年の卒業製作のロボットアームを用いたピッキング装置が同型であったので、それを参考に製作した。図 2 の基本構造に示すように、アーム 1、アーム 2 の 2 つのアームと対象画像を取得するカメラと対象物を吸着するハンドから成る。アーム全体は回転する台の上に固定されており、制御軸は、アーム 1 の駆動軸、アーム 2 の駆動軸、ロボットアームの全体を回転する軸の 3 軸である。今回ピッキング対象物は全て同一水平面内の配置としたので上方向からピッキングできるようにハンドの向きを常に鉛直下方向に保つようにし、そのために平行リンク機構を採用した。

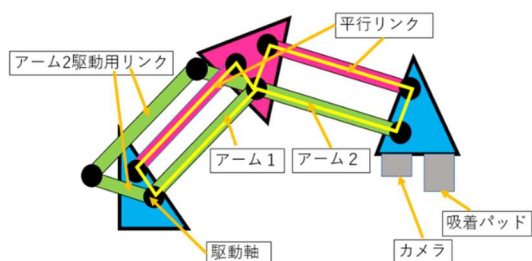


図 2 ロボットアームの基本構造

各アームを動かすために、アーム 1 の根本に駆動用のモータを置き、リンクを介してアーム 2 を駆動する方式にした。過去の卒研で製作したロボットアームはアームを駆動するモータのトルクに余裕がなかった。そこで今回は、アーム（アルミ材）を 10mm の細い物に変更し、アームの接続箇所には、ねじとナットではなく樹脂製のプッシュリベットを使用することで軽量化を図った。また、駆動用のモータは高トルク（20Kgcm）の RC サーボモータを採用した。設計したロボットアーム本体部分の 3 次元 CAD による構造図を図 3 に示す。

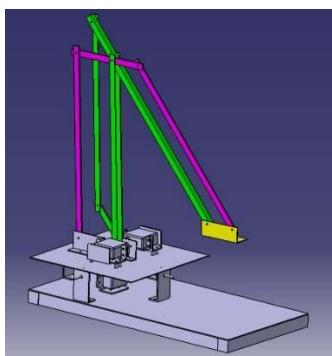


図 3 ロボットアームの構造図

3.2 ハンド

ハンドは吸着パッドにより対象物をエアポンプで吸引して保持する方式とし、保持した対象物はソレノイドバルブを使って空気の流れを切り替え、パッド内の負圧の空気を解放することでパッドから放している。電動式のエアーポンプとソレノイドバルブはロボットアーム本体とは別に実装し、エアポンプからエアチューブをロボットアーム先端の吸着パッドまで配管している。図 4 はエアポンプ、ソレノイドバルブ、吸着パッドを接続したもので、図 5 はロボットアーム先端に吸着パッドを取り付けた写真である。

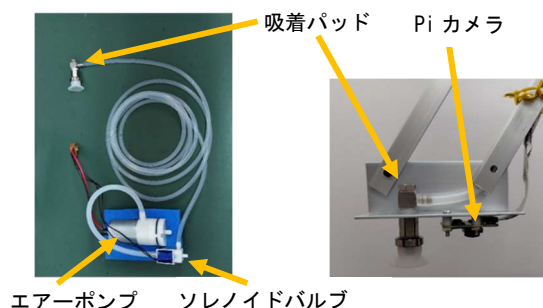


図 4 パッドの接続 図 5 アーム先端

3.3 カメラ

識別エリアの撮影には Pi カメラを使用し、Pi カメラは図 5 のようにアーム先端に取り付けた。Pi カメラと Raspberry Pi の接続は、通常 Pi カメラモジュールに付属する 15pin のリボンケーブルを使用する。しかし、この帯状のリボンケーブルは、柔軟性はあるものの 16mm の幅があり、アームの可動部に実装するには適さず、また、付属のケーブルの長さも 150mm と不十分であった。そこで、図 6 のように信号伝送用の LAN ケーブルを加工し、リボンケーブルを 1500mm に延長することでこの問題を解決した。

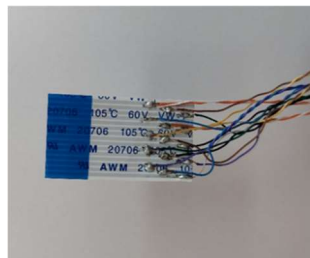


図 6 リボンケーブルの延長部

4. 制御部

本装置は Raspberry Pi のプログラムによって制御され、ピッキングエリアにランダムに置かれ

たワークをロボットアームによって所定の回収エリアへ移動させる。ワークをつかむ際にロボットアームに取り付けられたカメラによってワークの番号を識別することで番号順に回収エリアに並べることができる。これらの動作について説明する。

4.1 ピッキング動作のフロー

図 7 に本装置の機能ブロックを示す。本装置は Raspberry Pi のプログラムにより制御されており、接続された Pi カメラにより画像データを取得する。Raspberry Pi からサーボドライバを通して各軸のサーボモータを制御し、スイッチング基板を通してエアポンプとソレノイドバルブを制御する。

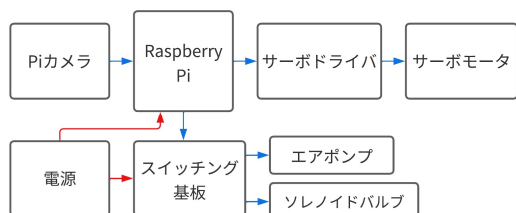


図 7 装置機能ブロック図

ロボットアームによるピッキング手順は次のとおりである。

① ピッキングエリアの画像取得

ロボットアーム先端に取り付けられた Pi カメラを撮影ポイントまで動かし、ピッキングエリアを撮影する。

② ワークの検出と座標の計算

Raspberry Pi による処理プログラムは Python で記述している。ワークの検出には画像処理のオープンソースライブラリである OpenCV を用いる。今回ピッキングする対象のワークは形状が円形の物とし、撮影した画像の中からワークを検出し、その中心の位置座標を求める。

③ アームとハンドの制御によるピッキング

求められた位置座標から各軸のサーボモータの角度を計算し、アームをピッキングエリア内の目標の位置に動かす。そして吸着パッドを使いワークを掴み、掴んだワークの番号に対応する位置まで移動させ放す。製作した装置の一連のピッキング動作の全体フローを図 9 に示す。

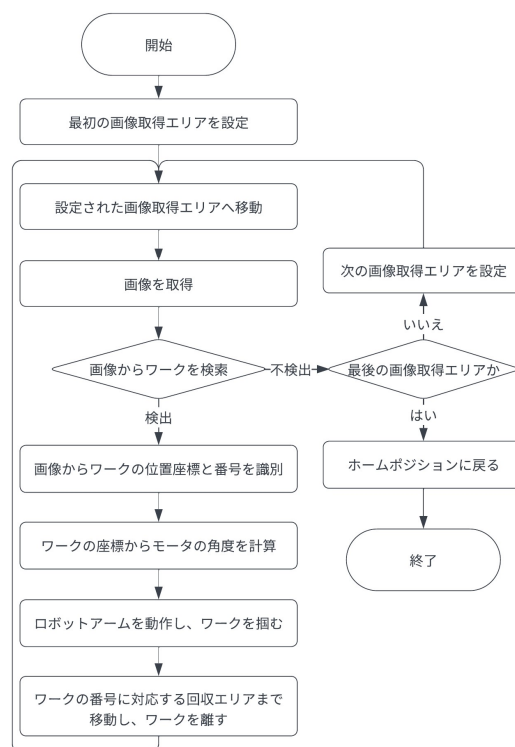


図 9 ピッキング動作フロー図

4.2 ワークの検出

ピッキングエリアはベースの中心から半径 500 mm、ロボットアームの正面から左側 90° の範囲である。撮影はアームを持ち上げられる高さを考慮し、地面から 250mm の高さで行われる。Pi カメラの焦点距離が 3.04mm、画角が 62.2×48.8° であるから、298×224mm の範囲を撮影することができる。一度にすべての範囲を撮影することができないため、5 個のエリアに分けて撮影することでピッキングエリアのすべてをカバーできるようにした (図 8)。

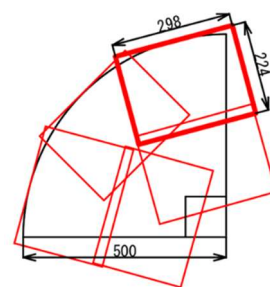


図 8 撮影範囲

撮影した画像からワークを検出するために OpenCV の拡張モジュールである ArUco マーカー検出を使用した。ArUco マーカーは黒の外枠とその識別子を決定する内側のバイナリマトリクスで構成される正方形のマーカーである (図 10)。マーカーを検出することでマーカーの四隅の位置座標とマーカーの ID 番号を得ることができる。図 11 は、ArUco マーカーを識別対象であるワークに張り付けたものである。

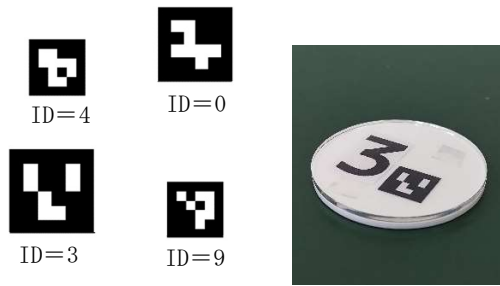


図 10 ArUco マーカーの例 図 11 ワーク例

ワークの座標は、カメラの座標と撮影された画像内のワークの座標を足すという方法で求めた。図 12 の丸の位置にワークがあった場合、画像はアームに対して水平に撮影されるので、撮影される画像は図 13 のようになる。

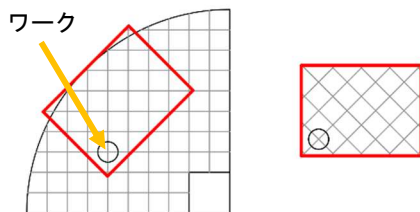


図 12 ワークの撮影 図 13 撮影された画像

ベース座標と画像内の座標を平行にするために画像をアームの角度で傾け、元の画像サイズから角がはみ出ないように余白を追加する処理を行った(図 14)。処理した画像から画像のピクセル座標が求められるので、これを画像サイズである 640 × 480 ピクセルと撮影範囲 298 × 224mm の比を用いて画像の中心からの座標を求めた。これをカメラの座標に足すことで実際のワークの位置座標が求められる。

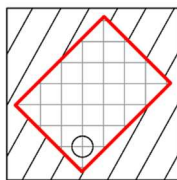


図 14 処理した画像

4.3 ピッキング動作

座標を基にロボットアームの制御する各サーボモータの角度を計算しアーム先端の吸着パッドを目標座標に位置決めする。目標位置では、エアポンプとソレノイドバルブを制御して対象物を吸引パッドで吸着する。その後、吸引パッドで対象

物を保持したまま指定の収集位置までロボットアームを動かし、その位置で吸引とは逆の動作で吸引パッド内の負圧を解放して対象物を放す。撮影エリア内のワークがなくなるまで動作を繰り返し、ワークがなくなると次の撮影エリアに移動しピッキングを行う。最後の撮影エリアのワークがなくなると動作が終了する。

5. 製作機

図 15 は本卒業研究で製作したロボットアームの全体写真である。図 16 は、このロボットアームを使って実際にピッキング動作をさせている写真である。この写真は、ピッキングエリア内に 9 個のワークを置いて検証したときのもので、ID 番号を正しく識別し、所定の位置までピッキング動作することが確認できた。

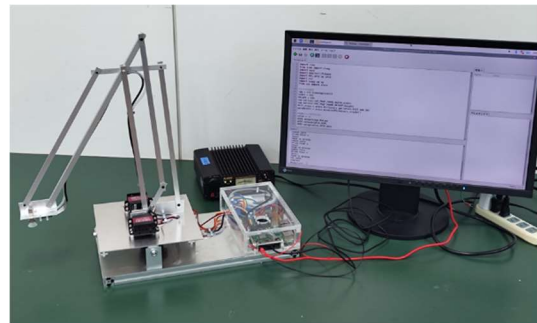


図 15 ロボットアームの全体図

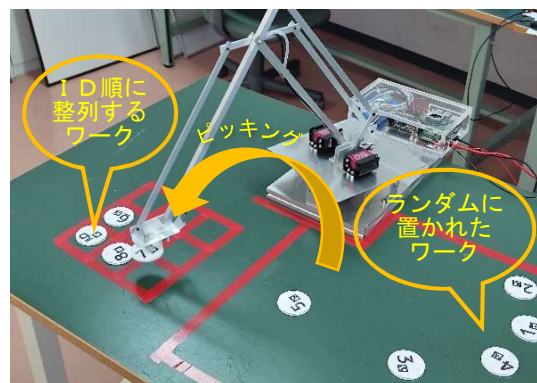


図 16 動作するロボットアーム

6. おわりに

本卒業研究にて、ワークを検出し、アーム先端の吸着パッドで識別対象を収集できるロボットアームを完成することができた。アームの軽量化による振動発生に伴う撮影のぶれや、撮影時の光の反射などによる誤検出の問題があり、これらは今後の検討事項と考える。