

目 次			
【専門課程】 総合制作実習テーマ	学生	指導教員	頁

<生産技術科>

プレス金型の制作	吉田 典瑛, 久保田 愛希, 桑室 光, 松谷 有真	伊東 仁一	2
メタル岸和田城の制作	中地 弘文, 川本 晃生, 内藤 柚香, 林 秀登	松下 圭	4
スターリングエンジンカーの制作	山田 颯太, 松村 拓歩	姉崎 晶久	6
缶バッジメーカーの制作	平野 一, 花岡 采岳, 石山 航大	高橋 麗	8

<電気エネルギー制御科>

電子回路基礎実験テキストの制作	章本 耀, 鈴木 悠斗, 藤本 彩里, 山中 一樹	岡田 卓也	10
鉄球落下ゲームの制作	末吉 伶, 二澤 泰吾	岡田 卓也	12
ロボットハンドの制作	紺谷 直輝, 西岡 来知, 吉田 翔大	北 尊仁	14
ストラックアウトの改良	石丸 光暁, 城野 純, 松本 勘太郎	北 尊仁	16
スマートホームの制作	杉浦 泰太, アシュール, イブラヒム	中川 章人	18
自律型ロボット制作実習に関する教材制作	井ノ本 主樹, 岡村 陽寿, 増田 真幸	中川 章人	20
ドローン自律飛行システムの制作	辻 勇介	瀧本 雄一	22
配膳ロボットの制作	生見 悠間	瀧本 雄一	24

自動エサやり装置の制作	下田 真彰	瀧本 雄一	26
電動車いすの制作	中嶋 清矢, 木村 脩雅, 藤田 成	堀 真吾	28
歩行動作発電システムの開発	赤澤 星太, 千葉 昇栄, 山口 和志	堀 真吾	30

<電子情報技術科>

マイクロマウスの製作	AZZA AHMED, 片岡 廣二, 福岡 幸奈	末富 暢	32
Stable Diffusion を利用した画像生成 AI 実験環境の構築	坂本 飛翔, 小玉 伊織	奥田 佳史	34
シングルボードコンピュータの L 3 スイッチ化	宗野 拓人	奥田 佳史	36
環境センサを用いたモニタリングシステム	平井 陽大, 吉武 万奈, 鹿庭 颯人, 川端 康暉	新山 亘	38
若年者ものづくり競技大会に向けた自走ロボットの製作	石川 隼人, 川島 隆太, 平島 寛士, 毛利 太軌	モンゴメリー露伊 エリクス	40
サッカーロボットの制作	青井 宏樹, 阪口 詞音, 中山 泰志, 西口 太陽, 林 悠叶, 廣 悠介	大久保 欣哉	42

<住居環境科>

学生向けコンペティション参加による卒業設計	岡谷 翔真, 的場 浩祐, 南出 琥次郎	前田 由佳	44
合板を用いた木製家具の制作（玄関シェルフ）	北脇 凜乃	大石 拓海	46
合板を用いた木製家具の制作（ローテーブル）	瀧口 寛人	大石 拓海	48
合板を用いた木製家具の制作（キッズチェア）	田中 帆香	大石 拓海	50
鉄筋コンクリート構造の配筋模型	角林 隼斗, 中森 幸太郎, 渡邊 椋太	石井 真紀子	52

東大寺鐘楼（中世鎌倉期建造物）模型の制作	杉原 萌奈未， 田岡 つぎね，澤口琉依	田島 幹夫	54
足場教材の制作	松本 友也	坂下 哲也	56
大学校モニュメントの制作	中川 歩羽，藪内 美波	坂下 哲也	58

【応用課程】 開発課題実習テーマ	学生	指導教員	頁
---------------------	----	------	---

＜生産システム技術系＞

ロボット農機の開発	北川 琳太郎, 谷上 優誠, 森 優心, 山内 穰, 山岡 周平, 岡村 直哉, 島内 悠人, 仲 聖, 永田 伊吹 泉 夏月, 大川 誠陽, 大北 遥斗, 谷中 宏輔, 辻坂 翔輝, 西川 優翔 廣瀬 亮, 福西 将仁, 持留 颯太, 山田 碧	久保 幸夫 田中 倫之 上間 豊久 藤井 昌之	62
シリンダヘッドカバー製造支援システムの 開発	小名川 車希, 中村 康樹, 西原 柊, 原口 直樹, 山田 将稀, 大木 貴徳, 蔵谷 紘大, 田川 幹太, 辻野 登悟, 森田 昌也, 岩城 智哉, 小野 航平, 小田 楓, 上西 朔矢, 辻野 友彦, 福永 一翔, 山口 陽豊	天野 隆 石田 真一 小南 嘉史	66
部品整列供給装置の開発	上村 洋志, 國金 魁人, 城代 兼嗣, 中井 陸, 藤原 芳樹, 泉本 達也, 伊藤 優希, 犬伏 真悟, 米田 侑加, 田嶋 晴明, 中橋 幹貴, 松田 空也, 御前 政喜, 山崎 孔生, 山本 聖留	大山 有利 吉崎 元二 中島 英一 今園 浩之	70
真円度形状寸法測定機の開発	姥 実貴雄, 小倉 滉貴, 川畑 茜, 多賀 優希, 長岡 大徳, 沈 陽皓, 角 晃太郎, 田中 和也, 日根野谷 陸斗, 福富 琢仁, 伊丹 滉, 笠中 滉矢, 嶋 慶士, 多田 龍牙, 田中 琳大, 西平 尚希, 松本 晃大	佐藤 桂 清水 隆之 武川 肇	74

＜建築施工システム技術科＞

木造需要増加に伴う NLT 工法を用いた梁材 の検討	井上 竣, 川原 明稀, 仲宗根 有輝, 丹羽 優希, 南野 覚我, 村上 輝	足立 和也	78
-------------------------------	--	-------	----

CLT を用いた建築物の施工管理手法習得のためのカリキュラム提案	田中 隼, 山東 勇輝, 高倉 慎, 畠山 陸, 三輪 晟一郎	宇都宮直樹	82
竹ユニットの製作	山田 竜大, 岩本 和磨, 田中 創雲, 橋部 寿大, 松下 大貴	竹口 浩司	86
鉄筋コンクリート構造躯体工事における生産性向上について ー スラブ部材にハーフ PCa を用いた現場管理業務ー	馬越 琴音, 島袋 裕真, 下村 勇太, 田村 隆汰, 橋本 奈美	松岡 亘	90
鋼構造施工管理課題実習における部材スキヤニングとデータ活用の実践	一色 果乃, 上原 侑子, 神崎 颯太, 齊藤 あいる	村岡 寛	94

【専門課程】 総合制作実習報告

プレス金型の制作

近畿職業能力開発大学校

生産技術科 吉田典瑛, 久保田愛希, 桑室 光, 松谷有真

指導教員 伊東仁一

クリップ形しおりのプレス金型を制作した。製品は3工程で完成する。第1工程でスリッド打ち抜き、第2工程で曲げ、第3工程で外形打ち抜き工程とした。設計・製図にはSolidWorksとAutoCADを利用した。加工ではフライス盤や旋盤、ボール盤などの切削加工機とワイヤー放電加工機を使用して精度を重視して作業を行った。全工程の金型を設計したが、第1工程の金型のみを制作することにした。金型と製品の出来栄を項目ごとに評価した。

Keywords : プレス加工, 金型, 設計, 製図, 機械加工。

1. 緒言

製造業における労働者不足は深刻な問題となっている。この問題の解決の一助となるように、国はDX(Digital Transformation)の推進を行っている。機械分野においては、CAD(Computer Aided Design), CAE(Computer Aided Engineering), CAM(Computer Aided Manufacturing), マシニングセンタ, ロボット, 金型などを利用して生産性を向上させ、省人化に取り組んでいる。そこで我々は、DXを利用してプレス金型の制作を行った。この金型制作を通じて、設計、製図、加工、組み立ての技術の向上を図る。そのため、加工・組み立て技術や、打ち出し、出来上がった作品に関して評価を行った。

本報告書では、この制作の過程の報告を行う。

2. 打ち出される製品

制作する金型で打ち出すクリップ形しおりを図1に示す。

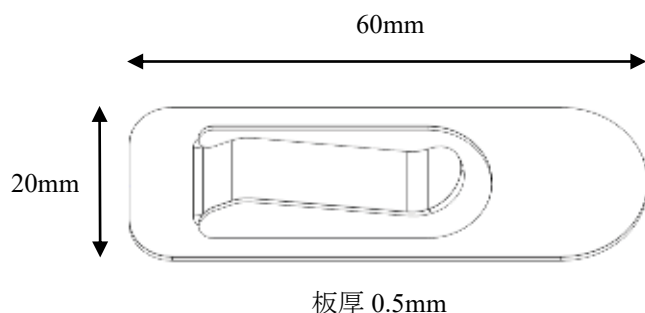


図1 クリップ形しおり

材料は、クリップを室内で使用することから十分な耐食性を有することと、プレス加工後に安全で迅速に回収するため、磁性を持つフェライト系ステンレスSUS430とした。製品寸法は長さ60mm、幅20mmの板厚0.5mmである。この製品は3工程で作られるよう設計している。しかし、全工程の金型を制作することは期限の都合上困難なため、第1工程の打ち抜きまでとした。表1に製品の評価項目をまとめた。

評価の判定基準を、合格は○、不合格で×、合格ではないが実用上問題ないものは△とした。

表1 製品の評価項目

評価項目	評価
製品が図面指示通りの形状であるか	○
製品が図面指示通りの寸法公差であるか	○
図面指示通りの幾何公差であるか	△
表面の傷、打痕などがまったくないこと	△
ばり、かえりの高さが0.05mm以下であるか	△

3. プレス金型

3.1 設計 工程は、第1工程でクリップ部のU字形のスリッドの打ち抜き、第2工程はクリップ部の曲げ、第3工程は外形の打ち抜きである。時間的な制限と、金型製作が未経験であることにより、問題点を分析しやすくするために、これらの工程を単発加工で行うように設計した。図2に第1工程金型の各部名称を示す。

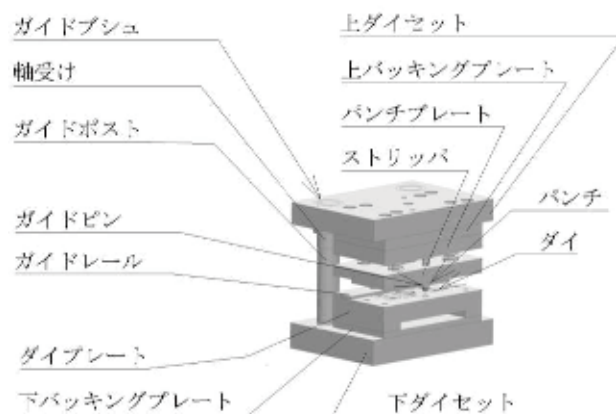


図2 第1工程金型の各部名称

図2のガイドポストは、上型と下型の位置精度や平衡を確保するための部品である。工程を別々にするため、手前から材料を投入することから、2ポストタイプの金型構造とした。また、打ち抜かれて落ちた材料を回収する作業を容易にするため、ダイプレートの下部にスペースを設けている。

金型のサイズは、幅220mm、奥行き160mm、高さ200mmとなっている。

3.2 製図 図面は SolidWorks を使用して 3D モデリングを行い、これを 2D 図面に変換した後、AutoCAD で修正を加え、寸法や幾何公差を記入した。第 1 工程の金型における組図を図 3 に示す。

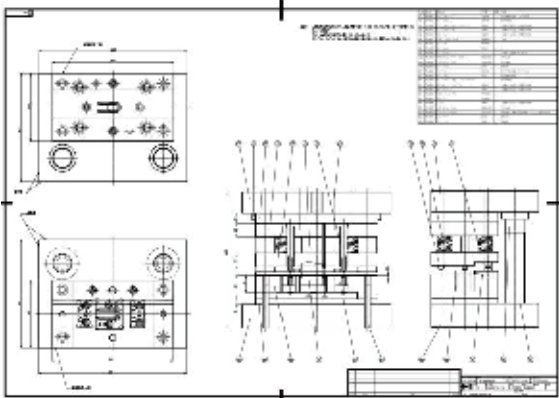


図 3 第 1 工程金型の組図

金型の組図は、一般的な機械図面とは異なる製図形式を採用している。[1] 左上に上型を下方から見た図、左下に下型を上方から見た図、中央に特徴を明確に示すための断面図、右に右側面図を配置している。組図を完成させ、設計上の問題がないと判断した後、部品図の作成を行った。

4. 加工・組み立て

4.1 加工 使用した工作機械は、汎用フライス盤、汎用旋盤、ボール盤、ワイヤー放電加工機、帯鋸盤である。本工程では、量産部品や特殊形状の部品が含まれていなかったため、マシニングセンタや NC 旋盤は使用しなかった。表 2 に加工部品の評価項目をまとめた。加工後の寸法測定は、3 次元測定機や粗さ測定機などを利用して行った。その測定データをもとに評価した。

表 2 加工の評価項目

評価項目	評価
図面指示の寸法公差通りに加工できたか	○
図面指示の幾何公差通りに加工できたか	△
図面指示の表面性状通りに加工できたか	○

4.2 組み立て

各部品はボルトで締結した。特に、パンチとダイの位置関係は極めて重要であるため、パンチを何度か通して位置を確認しながら、ダイをダイプレートに締結した。組み立て時には、端面の基準面を利用し、各種のゲージを利用して組み立てていった。図 4 に組み立てた上型と下型を示す。また、パンチとダイの位置関係は 3 次元測定器を利用して位置を確認した。確認後上型と下型を組み立て、パンチとダイの光を当てて抜けている様子などを参考に判断し、その評価結果を表 3 に示す。



図 4 上型（上）と下型（下）

表 3 組み立ての評価項目

評価項目	評価
正常に組み立てられたか	△
上型と下型がスムーズに動作するか	○

5. 打ち出し

組み立てられた金型を 25t のプレス機に取り付け、動作確認を行った。金型の合わせ調整のため、SUS430 を打ち抜く前に、紙やポリプロピレンの材料を打ち抜いた。切れ残り等がないことを確認した後で SUS430 を打ち抜き、再調整を行った。表 4 に SUS430 を打ち出したときの評価項目をまとめた。

表 4 打ち出しの評価項目

評価項目	評価
打ち出すことができたか	○
座屈が発生していないか	○
再度打ち出すことは可能か	○

6. 結言

実際に 1 つの金型を完成させたことより、設計から組み立てまでの 1 連の流れを通じて、班員全員の技術が向上したといえる。

そして、我々は期限の都合上第 1 工程のみの金型を制作したが、残りの工程も図面作成までは完了しているため、来年度に託すことにした。今回設計したモデルや、加工・組み立てを通じて得た知見を活かしてくれることを期待する。

文献

[1]山口文雄・鰐淵淳・小渡邦昭:基本プレス金型実習テキスト，日刊工業新聞社，pp112-114，2000

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

メタル岸和田城の制作

近畿職業能力開発大学校

生産技術科 中地弘文, 川本晃生, 内藤柚香, 林 秀登

指導教員 松下 圭

この近畿職業能力開発大学校がある岸和田市は、シンボルとして岸和田城があり、関西国際空港にも近いことから、「世界に最も近い城下町」として有名である。私たちはこの岸和田の地で、金属を加工することを学習している。この二つの要素を融合させ、今回私たちのグループは岸和田城天守閣を金属のみで制作することを目標とした。その際、締結部品を使用することなく、はめ合わせのみで組立てを行うこととした。その制作過程において、構想から設計・製図、加工工程の検討、部品加工、組立ておよび調整作業などを学ぶことができた。

Keywords : 岸和田城, マシニングセンタ, CAD/CAM システム

1. 緒言

今回の総合制作では、岸和田市のシンボルである岸和田城天守閣を、本来の木材ではなく、全て金属で制作する。その際に締結部品を使用することなく、はめ合わせのみで制作を行った。さらに普段の授業で加工する素材よりも大きいサイズで加工を行うため、素材の保持や加工順序などを工夫しながら設計及び加工を行った。

2. メタル岸和田城の概要

今回このメタル岸和田城作成に当たり、以下の9つのパートに分け、方角に合わせて部品の管理を行うこととした(図1)。

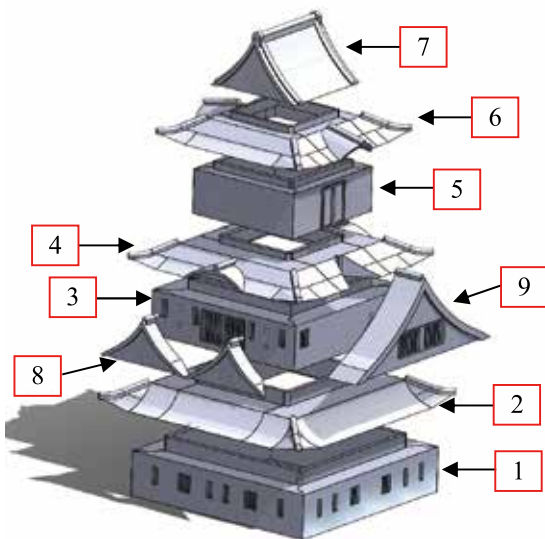


図1 パート分け

1. 一階部屋「東・西・南・北」・・・4 パーツ
2. 一階平屋根「東・西・南・北」・・・4 パーツ
3. 二階部屋「東・西・南・北」・・・4 パーツ
4. 二階平屋根「東・西・南・北」・・・4 パーツ
5. 三階部屋「東・西・南・北」・・・4 パーツ
6. 三階平屋根「東・西・南・北」・・・4 パーツ
7. 三階三角屋根・・・1 パーツ
8. 小三角破風・・・4 パーツ
9. 大三角破風・・・2 パーツ

今回は、実物の約 1/60 に当たる全長 360mm 幅 360mm 高さ 350mm のサイズとなる岸和田城天守閣を制作することを目標とした。

3. 設計方法

実際の岸和田城を調査したデータと過去の再建資料を基に基本設計を行う。

- ・実際に岸和田城へ行き、建物本体、人物とのサイズ比較写真や動画を撮影。構造を知り、岸和田城への理解を深める。
- ・岸和田城に関する収集した資料から、実際の天守閣サイズを算出。
- ・ポリテクビジョン展示台の仕様に合わせて制作スケールを決定。
- ・決定したスケールに合わせ、全体像を構築。
- ・金属で組み立てられる様に、トップダウン設計により構造の再設計。
- ・再設計時に、はめあい部のサイズ公差と、幾何公差、組立サイズを検討。
- ・はめ合わせの際に接触がないことを確認。
- ・アセンブリで組み立ててチェック。
- ・2DCAD にて加工図面を作成。

4. 加工方法

4.1 汎用機械加工 各階の部屋部品に関しては、はめ合い部を 45°傾けた辺に対する凸部と凹部をつけることによるはめ合わせとした。ワークも大きく、かつ、形状精度が重要となる部品であり、マシニングセンタでのワーク保持が困難であると判断し、汎用フライス盤を用いて、1 部品ずつ取り付け精度を確認しながら加工を行った(図2, 図3)。



図2 精度確認



図3 汎用機械加工

4.2 CAM (Computer Aided Manufacturing) 作業 各階層の部屋部品以外のパーツは曲面部もあり、切削量も非常に多いことから CAM を用いることで加工用の NC プログラムを作成した。曲面部の加工では、フラットエンドミルにて階段状の形状に加工した後、ボールエンドミルにて、なだらかな曲面形状となるようにツールパスを構築した。1 部品につき 2~4 回のワーク保持の変更と加工平面の変更があり、その都度、加工原点の変更をしなければならない。プログラミング時には、チャッキング手法を想定しながら作業を行った(図 4)。CAM によるシミュレーション上での全部品全行程の総加工時間は約 87 時間となった。

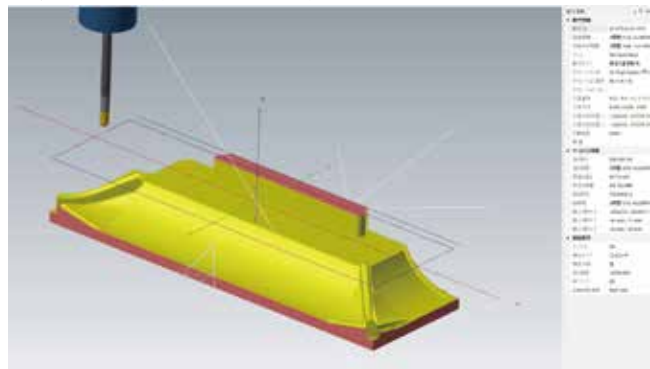


図 4 CAM による切削シミュレーションの様子

4.3 マシニングセンタ加工 CAM を用いて NC プログラムを作成した後、マシニングセンタにて加工を行った(図 5)。CAM で作成したプログラム原点と同一になる様にワークの保持に注意し加工を行う。切削及び段取りを含めると、総加工時間は 100 時間を超えた。各工程の加工が終わる度に、切削状況を確認し、加工時間短縮ができるように都度、切削条件の見直しをしながらの加工となった。切削条件を見直すことにより、いくつかの部品はシミュレーション時間よりも短縮することができた。

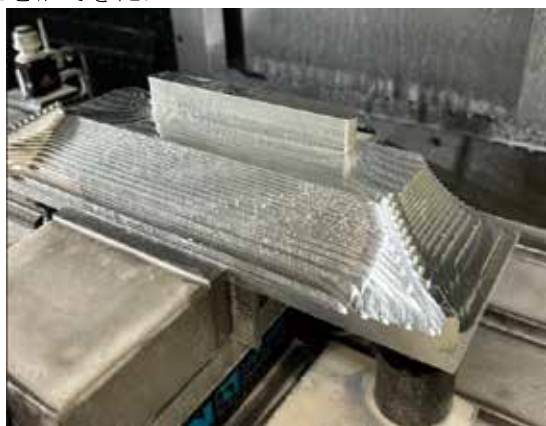


図 5 マシニングセンタによる部品加工の様子

4.4 測定作業 今回のメタル岸和田城は、1 階部屋パーツの南西部(上から見て左下の角)を基準として構築している。各部品単体の精度以外にも、組立状態における直角や平行の精度が非常に重要となり、形状精度が崩れてしまうと組立ができなくなってしまう。図 2 に示す様に、プロトラクタやダイヤルゲージなどを利用し、ワーク保持時に形状精度の確認をしながら加工を行った。各部品加工後は、三次元測定機にて各部品及び組立状態での重要箇所のサイズ及び幾何公差の

測定を行った(図 6)。直角度 0.1/100 mm を目標として加工を行い、今回最大のサイズである 1 階部屋部の組み立てた状態での直角度は 0.07/300 mm で加工をすることができた。

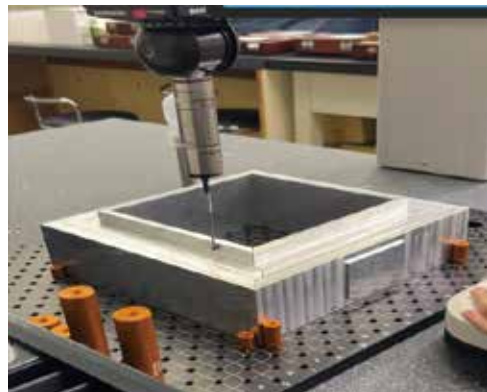


図 6 三次元測定機によるサイズ測定の様子

5. 組立調整

部品加工及び測定後に組立(図 7)を行い、はめ合いに問題が無いか目視で確認する。汎用工作機械やマシニングセンタでも調整が困難である箇所については、ヤスリで干渉部の微調整を行った。

6. 結言

今回のメタル岸和田城制作を通して、設計から加工組立までの一連の流れを学ぶ事が出来た。この 2 年間で学んできた加工や測定の知識や技能をより深く学ぶことができた。



図 7 制作途中のメタル岸和田城

文献

- [1] 岸和田城特設サイト, <https://www.city.kishiwada.osaka.jp/kishiwadajyo/> 参照 2024.5.28
- [2] 岸和田城再建プロジェクト, https://contest.japias.jp/tqj18/180083/2_2_comparison.html#com1 参照 2024.5.28
- [3] 岸和田高校教育コレクション, <https://www.osaka-c.ed.jp/kishiwada/kad/index.html> 参照 2024.5.28

(令和 7 年 1 月 30 日提出)

スターリングエンジンカーの制作

近畿職業能力開発大学校

生産技術科 山田 颯太 松村 拓歩

指導教員 姉崎 晶久

私たちのグループは、スターリングテクノロジーRC（radio controlled）クラスで優勝することができるスターリングエンジンカーの制作を目標に総合制作に取り組んだ。スターリングエンジンの実物や文献を参考に、専門課程で習得した CAD（Computer Aided Design）、機械加工、精密測定を活用して、仕様から 3D モデルと図面を作成し、加工し、組立て調整を行った。

Keywords : スターリングエンジン、機械加工、3DCAD.

1. 緒言

スターリングエンジンは効率性、低公害性、使用熱源の多様性などの優れた特徴を持つ外燃機関である。環境問題が社会問題のひとつとなっている現在、スターリングエンジンのような環境に影響を及ぼすのが比較的少なくエネルギー有効利用ができるものを作りたいと考えた。スターリングエンジンエンジンについて調べていく中で、スターリングエンジンを用いた競技大会があることを知り、競技大会で優勝できるものを作成しようと考え取り組んだ。

スターリングテクノロジーRC クラス（以降 RC クラス）は、自作スターリングサイクル機器の性能とアイデアを競う競技会である。会場内の一般舗装路またはレンガ敷き通路等を用いる。約 12m の間隔に置かれたコーンを半時計回りの向きに 2 回周回するタイムを測定する。

2. スターリングエンジンについて

スターリングエンジンは、密閉したシリンダの外側から熱を加え、空気の膨張・収縮を利用してピストンを動かすエンジンである。内燃機関と異なり、外部の熱源を利用するため、燃料の種類を問わないのが特徴である。廃熱や太陽光等の様々な熱源を利用することができ理論的には熱エネルギーを直接仕事に変換するため高効率で動かすことができるが、同じサイズの内燃機関に比べ出力が小さく始動や加速が遅いというデメリットがある。スターリングエンジンには、2つのピストンを使う α 型と 1つのピストン 1つのディスプレイサを使う β 型、 γ 型があるが、今回は α 型で制作した。

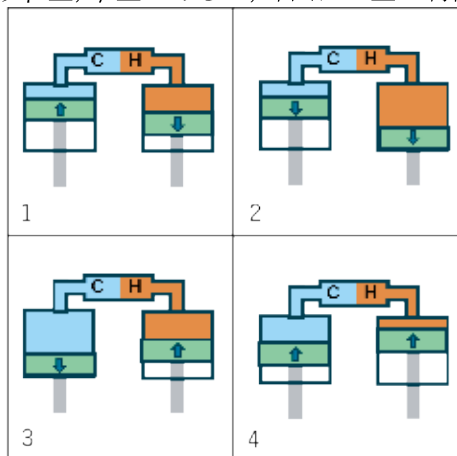


図1 スターリングエンジンの理論

3. 仕様

仕様の決めるために、RC クラスのコース形状と優勝タイムから必要なエンジン出力を求め、エンジンの設計計算を行い各部品の仕様を決めた。3次元CADでモデルを作成するときには、専門課程にある機器で加工できるかを考慮しながらモデリングを行った。表1にエンジンの設計仕様を示す。

表1 設計時のエンジン仕様

大きさ (mm)	260×170×330 以内
重量 (kg)	3.3 以下
ピストン直径 (mm)	40
ストローク (mm)	40
高温部温度 (K)	873
低温部温度 (K)	373
図示出力 (W)	15
回転数 (rpm)	3700

足回りの部品に関しては、スターリングエンジンの製作に時間がかかると判断し、市販の RC カー用のものを流用することで設計開発期間の短縮を図りました。

エンジンから車軸までの伝達は、歯付きベルトを使用し軸間距離の調節のしやすさと出力の損失を抑えられるように考えました。図2は完成した際のスターリングエンジンカーの予想モデルになる。市販 CB 缶ガスパバーナーでの加熱を動力とした。

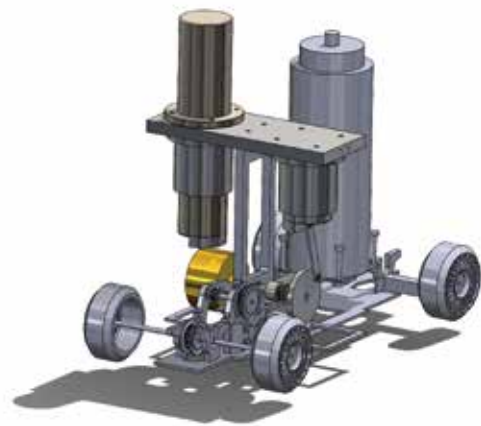


図2 3次元 CAD モデル

4. 製作・組立て・調整

表2 各工作機械で製作した部品

旋盤	シリンダヘッド, 加熱ヘッド, フライホイール, ピストンホル ダなど
フライス盤	エンジン部フレーム, 連結板, ピストンホルダなど
レーザー加工機	連接棒, 車体フレームなど
マシニングセンタ	連結板

表2は使用した機械と製作した部品の一例になる。円筒形の部品が多く、旋盤を使用した加工が中心となった。シリンダやピストンなどはめ合わせが必要な部品は、チャックの締めすぎによる変形やトンボなどで加工面が傷つかない工程を検討、保護板を挟んだ状態での加工などの工夫をした。(作成した部品は図3)

ピストンとシリンダは、ピストンとピストンホルダの組立て前の状態で確認したときは、滑らかに動いていたが、圧入して組立て後、再度シリンダに組込んだところ滑らかに動かなくなってしまう。圧入でピストンが変形した事が原因で、紙やすりで調整することで滑らかに動くように修正した。

スターリングエンジンと車体を取り付ける際に、L字プレートが傾き変形した(図4)。そのためL字プレートの材質をA5052からより強度のあるSPCCに変更し、形状を変更することで対策し、車体にエンジンを組み付けるところまで完成した(図5)。



図3 作成した部品



図4 変形したL字プレート



図5 組立て完成品

5. 性能評価・測定

スターリングエンジンカーを大会規定のコース形状(図6)で走行させ、タイムを測定し評価する。大会最速タイムの27秒を目標としている。

エンジンの組立て、車体への取り付け等は完了したものの、タイヤと舵取りモータ、プロポをまだ実装できていないため性能評価、測定はできていない。

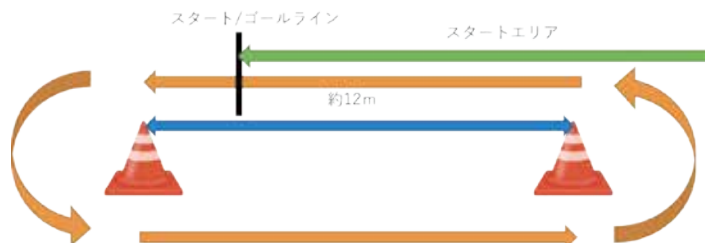


図6 RCクラスコース概要

6. 今後の予定

スターリングエンジンを車体に取り付けた状態で加熱して動作することを確認できた後、タイヤと舵取りモータの取り付け、コントローラーの設定を行い操縦できる状態とする。

大会コースを模したものを用意し、実際と同じ条件でタイムを測定する予定です。

7. おわりに

この総合製作実習では、設計に時間をかけ過ぎて予定に遅れが出てしまったことや、部品を作り直すことになったこと等うまくいかなかったことも多かったですが、少しずつ形になっていく様子を見て期待で胸が高まっていくのを感じました。

この総合製作実習での設計や加工などの経験を今後に生かしていきたいです。

文献

- [1] 浜口和洋・ほか 3名: 模型スターリングエンジン, pp.51-53, 山海堂, 平成9年4月15日
- [2] 福山職業能力開発短期大学校, スターリングエンジンの設計・製作, 平成24年
- [3] 福山職業能力開発短期大学校, スターリングエンジンの設計・製作, 平成26年
- [4] スターリングテクノロジー: 第27回スターリングテクノロジー競技規則

http://www.stirling.jp.org/27th_regulation.pdf 参照

(令和7年1月31日提出)

缶バッジメーカーの制作

近畿職業能力開発大学校

生産技術科 平野 一, 花岡 采岳, 石山 航大

指導教員 高橋 麗

缶バッジメーカーの設計及び制作を通して, 3次元 CAD(Computer Aided Design)を用いたアセンブリモデルを用いた設計, 各種部品の加工を行うことで得た結果をもとに設計に反映する最適化, 学んだシーケンス制御を, 実機に組み込み動作させるための知識・理解を目的とする. 缶バッジメーカーは製造機と捉え設計を行った.

Keywords : シーケンス制御, 缶バッジ.

1. はじめに

私達が, 総合制作実習のテーマに缶バッジメーカーの製作を選んだ理由は, シーケンス制御実習で学んだ内容を活用して人に操作してもらえるようにしたかったこと, 校内の見学会などで, 生産技術科の授業内容を紹介ができ, 記念品を渡せるようなものを制作したいと考えたためである.

2. 缶バッジの構造と成形方法

2.1 材料 缶バッジはシェル, ピンバックで構成され, デザイン画とフィルムを使うことによって完成する. 図1に構成部品を示す.



図1 構成部品

2.2 缶バッジの成形方法

缶バッジを生成する工程を説明するにあたり, カシメ部品の名称を図2に示す.

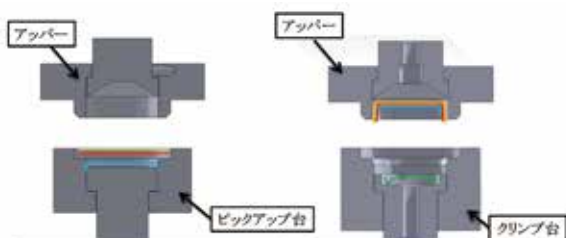


図2 カシメ部品の名称

工程① シェル・デザイン画, フィルムをセットしてアッパーを下げると, 素材がアッパーにくっついて持ち上げられる.

工程② クリンプ台にピンバックをセットし, アッパーを下げると, クリンプ台のテーパによりデザイン画とフィルムが巻き込まれ, さらにアッパーを下げると, ピンバックがシェルにはまる. この2工程により缶バッジが完成する.

3. 制作作業報告

制作作業の流れを図3に示す.



図3 制作の流れ

3.1 設計・3Dモデルの作成およびアセンブリ

設計を行うにあたって1から作成するのは難しいと考え, 市販の缶バッジマシンをベースに設計を行うことにした. 装置の機構とデザインを考えるために, 先輩方が制作したプレス機などを参考にポンチ絵を作成した. アッパーの上下移動と工程変更のためのピックアップ台とクリンプ台の切り替えは送りねじ機構を採用することとした.

ポンチ絵をもとに部品のモデリングを行った. この際, 使用することが決定した機械要素やモータは図面を参考にモデリングを行った. アセンブリをした後, 部品の干渉チェックや組み立て可能性の確認し微調整を行った. 表1に設計の段階で決定した仕様, 図4に缶バッジメーカーの3次元モデルを示す.

表1 缶バッジメーカーの仕様

カシメ荷重	250N
制御部も含めた平面サイズ	1800×600 以下
制御部も含めた重量	20kg 以下
クリンプ台とピックアップ台の軸間距離	
目標とする缶バッジの生産量	1時間で20個

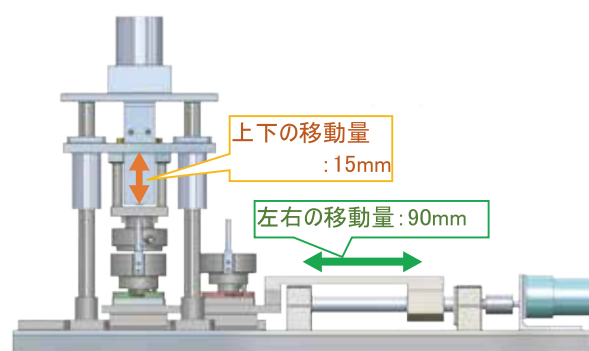


図4 缶バッジメーカーの3次元モデル

3.2 制御部の設計・製作 制御部分はアルミフレームで筐体を作り, ステンレスの天板を取付けた構造を採用した. PLC・リレーなどの機器や端子台は制御台内部に組込んでいる. 図5に完成したスイッチボックス. 表2に入出力の割り振りを示す. 方向を示すスイッチを押すとリミットまで動き続ける方式と押し続けている間だけ動く方式を切替られるように設定した. また, 工程の自動実行はランプスイッチで起動するようにした.

工程①が完了するとスイッチのランプが点灯し、点灯しているスイッチを押すと工程②が実行される。
(設計イメージ) (完成品)

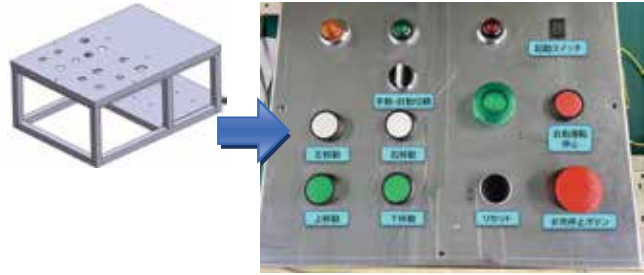


図 5 設計・制作した制御盤

表 2-1 各種スイッチの割振り

接続機器	PLC		接続機器
	入力	出力	
非常停止スイッチ	X2	Y2	
左移動ボタンスイッチ	X3	Y3	
右移動ボタンスイッチ	X4	Y4	モータ(上)リレー
上移動ボタンスイッチ	X5	Y5	モータ(下)リレー
下移動ボタンスイッチ	X6	Y6	モータ(左)リレー
工程実行 GLSW	X7	Y7	モータ(右)リレー
自動運転停止スイッチ	X10	Y10	
リセットスイッチ	X11	Y11	
自動手動切替スイッチ	X12	Y12	
クランプ完了リミットスイッチ	X13	Y13	工程①完了ランプ
ピックアップ完了リミットスイッチ	X14	Y14	停止中ランプ
アッパー上限リミットスイッチ	X15	Y15	上下移動中ランプ
工程①位置 リミットスイッチ	X17	Y16	左右移動中ランプ
工程②位置 リミットスイッチ			

3.3 機械加工 主に汎用工作機械を使用してパーツの加工を行った。表 3 に製作した部品を示す。加工例として図 6 の部品は、4つのブッシュの中心穴の位置、穴径、取り付け用ねじの位置が重要であるため、六面体加工後中心の下穴を基準にアキュセーターを用いてブッシュ用下穴を開け、ワイヤーカット加工を行った。

表 3 加工品一覧

昇降台	モーター土台 1	モーター土台 2
支持台 1	支持台 2	上部テーブル
スパーサーブロック	下部テーブル	リミットスイッチ調整台
アッパーシャフト	土台	



図 6 加工した昇降台

3.4 組み立て及び調整 加工後にパーツの不具合がないかを確認するために組み立てを行った。組み立てで最も難易度が高い 4 本のブッシュからなるガイドについても微調整を行い、円滑に昇降することを確認した。現段階では、制御盤に関して配線中であるため完成次第に動作確認を行い、性能や扱いやすさを評価する。

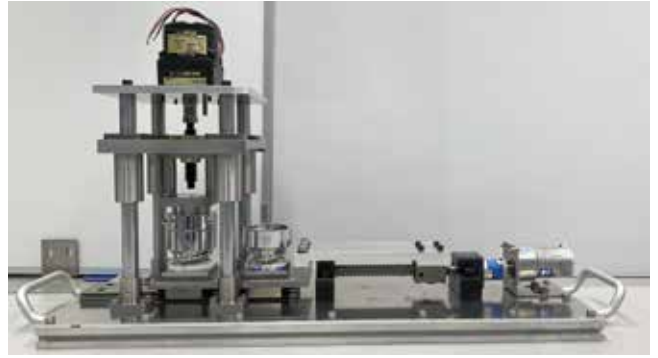


図 7 組み立てた缶バッジメーカー

4. 制作物の評価

4.1 評価方法 組立て、プログラムが完了次第、以下の評価を行う。

- ① サイズ 1800mm×600mm 以内
- ② 重量 20kg 以下
- ③ 生産量 20 個/h 以上
- ④ 成功率 95%以上

4.2 評価結果 前述した評価方法に従い、○、×で評価する。評価した結果を以下の表にまとめた。執筆時点では実験ができていないので生産量の項目は空白にしている。

表 4 評価結果

サイズが 1800 mm×600 mm以内	○
重量が 20 kg以下	○
生産量：毎時 20 個 以上	—
成功率が 95%以上	—

5. 問題点・解決方法

製作中に発生した問題点とその解決方法をいくつか挙げておく。一つ目は、穴あけ加工の位置ミスだ。図面の見間違いとのことなので、事前に穴あけ位置にマークをつけておくことや設計担当者と加工担当者と加工箇所の打ち合わせを行えば解決出来ると考える。二つ目は、降下テーブルの重量を考慮せず設計した点だ。カップリングのみで降下テーブルを支える設計にしていたが、安全性を考えて補助具を取り付けたことで解決した。三つ目は、フライス加工の際、バイスの大きさを考慮せず設計したために、ワークの取付が困難になった点だ。これは、大型のバイスを使用することで解決した。

6. おわりに

今回は、いろいろと学ぶことが多かった。加工担当者に配慮した設計の重要性や、組立てにくい設計をしてしまった点などだ。設計時には重量や大きさをできるだけ小さくしていたが、実際に加工する、組立てるとなるとフライス加工時にワークの取付が困難であったり、組立時に部品が干渉してしまい組立しづらい、などの問題点が露になった。どちらの立場も経験しているはずだが、実際にチームとして経験して設計者の思いやりを体感した。ここから学んだことを、今後の製作活動に活かしていきたい。

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

電子回路基礎実験テキストの制作

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科 章本 耀, 鈴木悠斗, 藤本彩里, 山中一樹
指導教員 岡田卓也

電気エネルギー制御科1年の電子回路基礎実験の授業では、技能検定「電子機器組立2級」の課題に取り組んでいる。すべての基盤を実装し、組み上げた後に動作確認を行っている。昨年の授業では不良箇所を特定する作業に難航し、担当教員だけでなく電気エネルギー制御科の教員総出でサポートする事態となった。この現状を解決するために、教員の負担を減らし学生が自己解決できるようなテキストを制作する。

Keywords : 電子回路基礎実験, 電子機器組立2級, はんだ付け, Word 教材。

1. 緒言

授業で使われる資料に不備や説明不足があると授業が滞る, ということを昨年の授業で身をもって感じた。その経験を活かし担当教員や後輩が記載内容を見て独学で理解できるテキストを制作した。

2. テキスト構成

電子回路基礎実験の授業では電子機器組立2級の実技試験と同じように省エネコントローラーを制作する。省エネコントローラーとは夜間に人の動きを検知するもので照明などの機器の入切を制御する回路である。本テキストではシャーシ組立て, はんだ付け, 束線, 配線, 動作確認の一連の工程を説明する。不良のチェックを主として例年使用しているテキストをベースに制作した。なるべく文章ではなく視覚的に分かるように, 説明が不足しているページに写真や図解, 文章を足す。また, 不良箇所を特定するガイドを追記する。

3. 変更点

3.1 図・写真の追加 部品の写真やイラストを点線部に追加し, 部品番号を振った。図1にヒューズホルダ, 図2に足パーツ, 図3に焦電素子の例を示す。

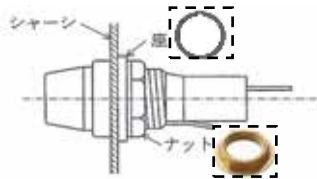


図1 ヒューズホルダ

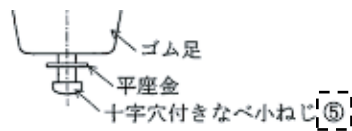


図2 足パーツの組合せ

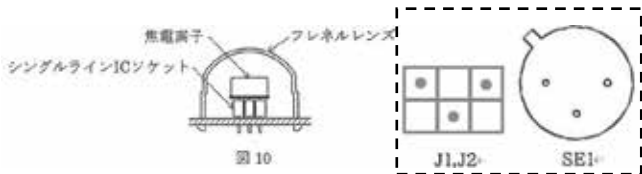


図3 焦電素子

3.2 導通チェック

電源に繋がる端子, 接地極に繋がる端子はそれぞれテスターをあてると導通の確認ができる。回路図の一例を図4に示す。

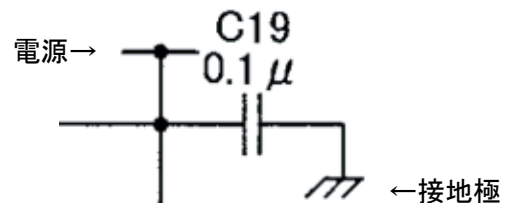


図4 電源, 接地極

しかし, 実際にははんだ付けをする基板の部品配置を表したプリント板組立図には部品同士のつながりまでは書かれていない。そのため, どの端子が電源, 接地極に繋がっているのか一目で判別できるようにプリント板組立図に色を付けた。電源が赤色, 接地極が青色になっている。組立図を図5に示す

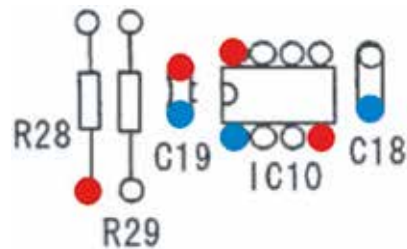


図5 色付きプリント板組立図

3.3 現在使用している部品への更新

旧テキストの内容は現在使われている基盤配置とレイアウトが違うため, 修正した。具体的にはチップの方向が挙げられる。コンデンサと抵抗の向きが異なり混乱するため, 修正した。図6に組立図を示す。

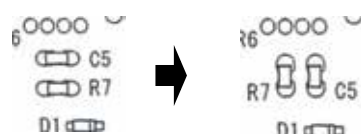


図6 プリント板組立図

3.4 不要な情報の削除, 整理

前のテキストには、工程に直接関係のない情報が多く記載されており必要な情報が探しづらいページがあるため、なるべく必要な情報に絞り見やすく修正する。内容としては、材料表から抵抗器のサイズや消費電力を省き、写真を追加した。修正前を表 1 に、修正後を表 2 に示す。

表 1 材料表 修正前

089	抵抗器	10kΩ(1/4W, 100ppm)	1	CFR080510K (7.6mm)
017	電源調整器	10kΩ(1/4W, 100ppm) 20kΩ, 50W	1	PR03001000 20kΩ
018	半固定抵抗器	10kΩ(1/4W, 100ppm) 20kΩ, 50W	2	CFR080510K (7.6mm)

表 2 材料表 修正後

部品記号	品名	型番	数量	写真
RB1	集合抵抗器 (10kΩ)	RKC4BD1031	1	
VR1,2	半固定抵抗器 (50kΩ)	CT8ES50kΩ (503)	2	

また、部品の詳細のページから余計な情報を減らした。図 7 にフォト IC の例を示す。



図 7 フォト IC

- ・ねじを締める際の適正トルクは、ねじが破損した事例が無いため消去した。表 3 に削除したものを示す。

表 3 適正トルク

ねじ		適正締め付けトルク(鋼)	適正締め付けトルク(黄銅)
母口径	ピッチ	下限値	下限値
M3	0.5	0.461[N・m](4.7[kgf・cm])	0.431[N・m](4.4[kgf・cm])

3.5 配線チェックシート

テスターを使用し、端子間の配線が正しいかを確認する手順書を追加した。同じ番号の端子にテスターを当て 0Ω であれば正しい配線となる。図 8 に例を示す。

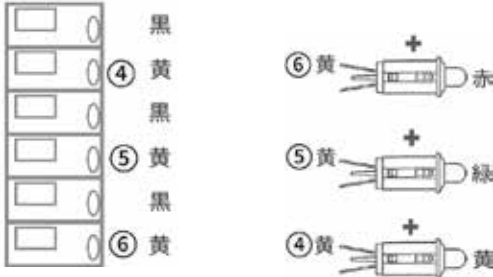


図 8 端子台, LED

3.6 症状別, 不良箇所の特定

回路が正しく動作しない場合、間違っている箇所を症状から特定するガイドを追加した。同じ色の電線を入

れ替える、コンデンサ、ダイオードなど極性のある部品を逆に取り付ける、可変抵抗、IC など見た目の似た部品を入れ替える、レセプタクルの挿す場所をずらす、ディップスイッチの入切を逆にする、等の実験から LED やリレーの動作、端子間の電圧を正しい動作と比較し、動作確認の手順に沿って記録する。また、回路を役割ごとのブロックに区切りブレッドボード上に配線し、出力信号をオシロスコープで測定する。不具合の細かな原因を見つけるために回路の理解を深めた。図 9 にブレッドボード上の作成回路を示す。

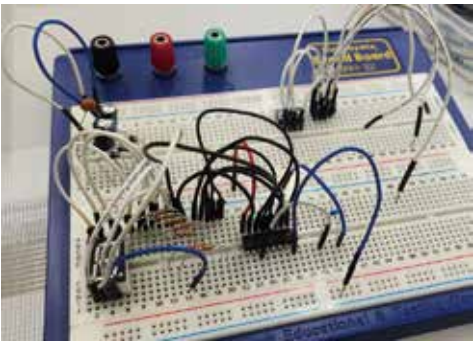


図 9 ブレッドボードによる動作確認

3.7 ファイル形式の変更

前のテキストは紙の冊子をスキャンした PDF データであり、画質が悪い上スキャンした際の紙のしわや汚れなども印刷されていた。テキスト再編集の際に、画質の向上及び後に編集しやすいように Word データに書き写した。

4. フィードバック

改良したテキストを 1 年生の授業で活用し、担当教員から改善点などフィードバックしていただいた。以下に具体的な問題点とその対策を挙げる。

- ・導通チェック用の色付きプリント板組立図に、導通しない箇所があり、色を付ける箇所を間違えていたので修正した。また、基盤の配置を修正する前の組立図に色を付けていたので修正後のデータで作り直した。
- ・発生する異常について、より詳細な表現に変更した。また、症状に対して考えられる要因の記載が不足していたため追加した。

5. 結言

今回の制作において回路を制作し、データを収集することで電子回路基礎実験のテキストが完成した。電子回路基礎実験と総合作の開始時期がほぼ同時だったため改良したテキストを活用するのが授業の後半からになった。前半の工程の改良部分についてはフィードバックを受けられていないため、間違いや改善点がある可能性があり、テキストを改善する余地がある。そのため、後年度からも新テキストを使用、改良をしていく。

(令和 7 年 1 月 30 日提出)

鉄球落下ゲームの制作

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科
指導教員

末吉 伶, 二澤泰吾
岡田卓也

一般のゲームセンターに設置されているクレーンゲームは景品をアームでつかみ指定の位置までもっていく仕様が主流である。アームの強さや、景品の置き方、操作技術が景品獲得に大きく影響する。本作品はそういった技術介入はなく、シンプルに電気力で遊べる仕様になっている。具体的にはアームの代わりに円筒形の電磁石を取り付け、対象物（パチンコ玉）を吸い上げ、狙いの穴に落下させる。その後、通過した箇所により当たりかはずれの判定を行い最終的には当たりの鉄球はセンサで読み取り PLC を通じてルーレットが回る仕様となっている。

Keywords : 電磁石筒, びりびりルーレット, クレーンゲーム。

1. 緒言

昨年、総合制作実習において制作したクレーンゲームの改良を行う。不具合動作の修理と新機能としてルーレットの当たり機能を追加する。

2. クレーンゲームの概要

2.1 動作仕様 クレーンゲーム本体下部に設置したボタンを押すとゲームが開始される。ゲームが開始されると、本体中央に設置したレバースイッチを下方向へと引く。すると電磁石のアームが降下し、対象物である鉄球を吸引する。鉄球を吸引した後、先ほどのレバースイッチを上方向へと引くと電磁石のアームは上昇する。そして上昇を終え、レバースイッチを右方向に引くと、アームは水平移動し、鉄球の投入口へと向かう。両端にリミットスイッチを設けているため端に到達すると強制的にモータが停止する回路を組む。そしてモータが停止すると同時に、ランプスイッチが操作可能になる。ランプスイッチを押すと、電磁石が磁力を失い鉄球が落下する。その後、鉄球はクルーンへ流れる。クルーンには4つの穴があいており当たりの穴は1つとなっている。クルーンは全部で2つあり、どちらも当たりに入ると最後にルーレットが開始される仕組みになっている。

2.2 制作物の構造 図1に外観図を示す。



図1 制作物の外観

2.3 制御の流れ 制御の流れを図2に示す。電源はPLC用AC100Vと負荷装置（DCモータや電磁リレー等）用のDC24V、6Vを用意した。PLCに入出力機器を配線しラダープログラムによりリレーを制御する。図3に配線図を示す。また、IO割付表を表1に示す。

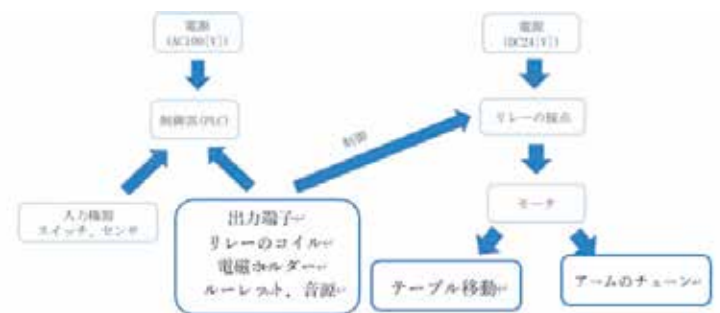


図2 制御の流れ

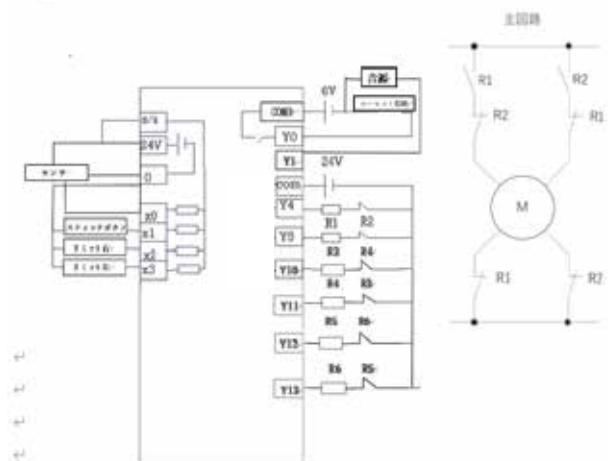


図3 配線図

表 1 IO 割付表

デバイス名	入力機器	デバイス名	出力機器
X0	センサ	Y0	ルーレットCI
X7	ステッピングモータ上	Y1	音源
X8	ステッピングモータ下	Y5	手前(右)移動
X1	ステッピングモータ右	Y6	奥(右)移動
X2	手前(左)LS	Y10	ゲーム機
X3	右(奥)LS	Y11	ゲーム機
X15	ファンメータ	Y12	電磁石吸引
		Y13	電磁石吸引

3. ルーレットの制御

今回使用するルーレットは押しボタンにより、開始と停止を行う仕様である。PLC を使い自動的に開始と停止が行われる動作に変更した。具体的には、最後の当たり穴にセンサを設け鉄球が通過することで PLC より開始信号を送る。ルーレットが開始すると数秒後にタイマーが作動しもう 1 度信号を送り、自動で止まる仕組みとなっている。その後当たりにとまると音楽が鳴り、はずれにとまると手に電流が流れる仕組みになっている。外観図を図 5 に示す。制御についてはルーレット基盤にある手動スイッチは使用せず、PLC の出力制御により動作させている。また鉄球がルーレット回転中に当たり穴を通過した時は、ストックするような仕様になっている。以下の制御を行うためのラダー図を図 6 に示す。

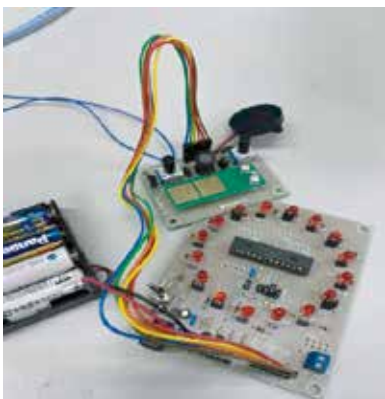


図 5 ルーレット外観図

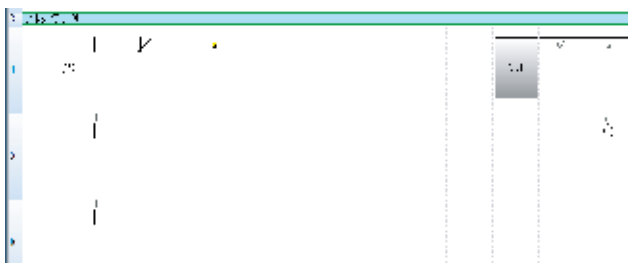


図 6 動作ラダー図の一部

4. 筐体の制作

筐体の制作は主にレーン、クルーン、ボディと 3 つに分かれている。レーンの制作は、市販のレールキットを組み合わせた。鉄球の流れに遊びをつけるために高

低差やカーブを設けた。クルーンの制作は、底が少し深く鉄球が回転しやすい素材の皿を選び、電気ドリルで穴を開けた。また、外れ穴、当たり穴とレーンを連結させた。最後にボディの制作では、先ほどのレーンやクルーンをアクリル棒で固定した。レーンに関しては、鉄球が途中で止まらないようアクリル棒の長さを全体的に調整し、細かい高さ調節はワッシャーで行った。クルーンに関しては、設置角度を調節し鉄球の当たり穴に入る確率を調整した。

5. 動作の検証結果

電磁石に鉄球を吸引させる動作を 10 回行った結果、磁石に対して鉄球は 1 回につき約 13~16 個吸引した。そして鉄球を電磁石からはなす時は、電磁石に流れている電流を切ることで、全部の鉄球をはなすことができた。その後クルーンへと流れた鉄球は、クルーンの当たり穴もしくは外れ穴に入る。この流れが二段階あり、最終的に両方当たりに入るとルーレットが回る。実際に動作確認し、1 回ごとの当たりに入った個数や、ルーレットの当たった数を図 7 でまとめた。また、全球数に対する当たり通過率としては、第 1 クルーン 16%、第 2 クルーン 10%、ルーレットの当たり 60%となった。

回数 \ 回数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目
クルーン1当たり	2	1	1	3	2	0	2
クルーン2当たり	0	1	0	1	1	0	2
ルーレット当たり	0	0	0	1	1	0	2

図 7 確率表

6. 結言

制作にあたり、以下の検討が必要である。使用しているルーレットが現在乾電池の電力で動いているため、使い続けると電力の限界がある。そのため、電力源を乾電池ではなくコンセントより供給できる仕様としたい。また、ゲーム中に流れる音源のレパートリーを増やすことや照明を用いた光の演出もとりたい。動作としては、鉄球の移動テーブルを 2 軸で構成する。軸同士を連結した制御やモータを変更しすることにより位置決め制御を加えて、クレーン上昇下降動作の応用があげられる。最後に、試行回数を更に増やし当たり確率をより正確に算出するとともに、実際に遊んでもらうことで、今の確率で楽しんでもらえるか仕様になっているかの検証が必要である。

文献

[1] 近畿職業能力開発大学校 令和 5 年度総合制作実習 クレーンゲームの製作

(令和 7 年 1 月 30 日提出)

ロボットハンドの制作

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科 紺谷直輝, 西岡来知, 吉田翔大
指導教員 北 尊仁

昨今様々な場所で使用されているロボットハンド,ただ掴むという動作でもそこにたどり着くには筐体作成,電子回路の設計,プログラム作成など,今まで学んだ知識が詰め込まれている.そこで私たちは今までの知識を活用,また更に深めながら,瓶をお盆に置く配膳ロボットの動きの再現を目標に制作を行った.

Keywords : 配膳ロボット, ロボットハンド, 筐体, 電子回路, プログラム

1. 緒言

私たちはこれまでの授業で学んだ図面作成,電子回路,プログラムを活用し,瓶を掴むと検知して停止,掴んだ状態を保持するロボットハンドの制作を行った.

2. 使用機器

- ・ Arduino Nano
- ・ 3D プリンター (FLASHFORGE Adventurer3)
フィラメント:樹脂 (PLA Basic Black 1.75mm)
- ・ 直動サーボモータ (MIGHTY ZAP 12Lf-12PT-27)
サイズ:15(幅)×57.5(奥行)×29.9(高さ)mm
- ・ アルミ板
厚さ:2mm
- ・ シャフト
長さ:100mm

3. ロボットハンドの概要

3.1 構成 図1は3Dプリンター (Projet MJP 2500),アルミ板(厚さ1mm, 2mm)を加工して制作したロボットハンドの全体図である.①は直動サーボモータを固定するための箱であり,厚さ1mmのアルミ板を曲げ,ねじ穴を開けた後ねじで固定した.手のひら部分には2mmのアルミ板を用いている.親指付け根部分は回転型サーボモータで親指全体の角度調整を可能としている.それぞれの指にあけた穴とサーボモータをシャフトでつなぎ,動力を伝えるようにした.

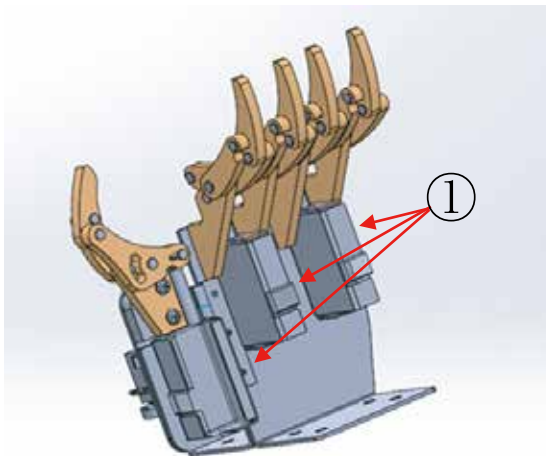


図1 ロボットハンドの全体図

3.2 動作 押しボタンを3つ用いて制御する.ボタン1を押すことで親指の回転サーボが90度まで回転する,これにより瓶などの対象物を包み込むように握ることを可能としている.目的の角度まで到達後すべての指が閉じ始め物体を掴み検知するか,対象物が設置されていない場合はモータの限界まで閉じきることによって停止し,その状態を保持.ボタン2を押すことでハンドが開き,最大まで開くと停止するといった動きである.ボタン3はハンドを閉じる,または開くといった動作中に非常事態が発生したとき,動作を停止させるための緊急停止ボタンである.

4. プログラム

バッファメモリ,ArduinoNanoのRXピン,TXピンを用いてサーボモータのロッド位置を読み取っている.ロッドの現在位置から過去位置を引いた値が,設定した閾値未満であればロッドが停止,閾値以上であれば進むようにすることでハンドが対象物に当たったことを検知できるようにしている.図2は割込み処理のプログラム例である.安全面については物体を検知せずそのまま握り続けることで物体や,直動サーボモータが破損することを防ぐため,MsTimer2という設定した時間ごとにflash()割込み関数が呼び出されるライブラリを用いて本プログラムでは決められたボタンを押すことでいかなる動作中であっても割込み,緊急停止させることで非常事態時の安全性を高めた.

```
#include <MsTimer2.h>

void flash() {
    if (IS_B_POSITION_ON) {
        Easy.MightyZap.forceEnable(ID_NUM, 0);
    }
}

void setup() {
    MsTimer2::set(50, flash);
    MsTimer2::start();
}
```

図2 プログラム例

5. 基盤

図3は全体の電子回路から一部を抜粋した図である.本制作ではRXピン,TXピンを使用するためArduinoのシリアルモニタが表示できなくなっている,そのた

め RGB のランプで動作状態の把握を行った。表示部に使用される色には JIS 規格[1]を採用し、IEC 60073 に記される表示装置（表示部）及び操作機器（操作部）のための色及び補助手段に関する規準，からその意味を加味したうえで LED の色を選択している。Arduino Nano の基板上に USB のシリアル通信の電気信号に変換するチップがあり、チップと RX ピン、TX ピンが接続されているため、本来想定されていないデータがバッファメモリに書き込まれることでエラーが出てしまっていた。対策として RX ピンとバッファメモリの間にスイッチを設け、書き込み時は OFF にすることで非接続状態になり、バッファメモリに書き込まれることを防いだ。本制作の基盤には 100 μ F の電解コンデンサを使用している。これは電源電圧の安定化を行うためである[2]。100 μ F の値はメーカーの推奨値である。

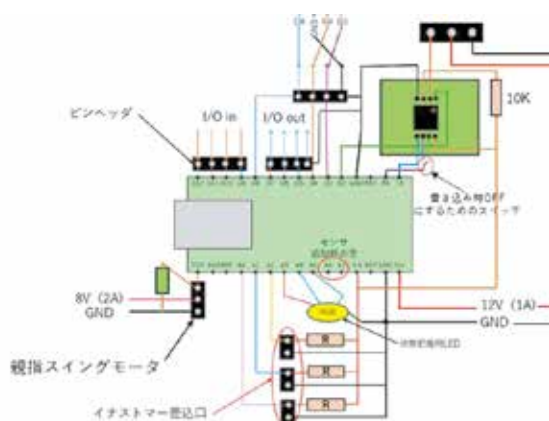


図3 回路図

6. 筐体

図4はロボットハンドの指部分である。指同士を繋ぐねじと指がぶつかり、物理的に関節の限界を作ることによってモータが縮み、対象物を掴んだ時に固定されその位置より後ろに指がそれないように設計されている。

指は図4から見て取れるように手の甲に接続される付け根部分と指先を 3D プリンターで制作し、残りは厚さ 2 mm のアルミ板を加工して制作されている。

各指ごとにサーボモータを取り付けるとプログラムが複雑になってしまうため、複数の指をリンクさせることでサーボモータの数の削減、プログラムの簡略化を実現させた。



図4 ロボットハンドの指部分

7. 作業で苦労した点

筐体部は初めて使用する 3DCAD である SOLIDWORKS に慣れず、作図するときに想定していた形状にするのに時間がかかった。また、試作段階ではパーツの寸法ミスで指が動かないという事態が発生した。ネジではなくピンを打ち込むことで各パーツを固定していたので組み立てに時間がかかった。当初基盤は基板加工機を用いて制作を予定していたが、知識・技術を習得するのに時間がかかってしまったため、ユニバーサル基盤を用いての早急な対応をせざるを得なかった。ユニバーサル基盤を用いるにあたって、ユニバーサル基板の穴に適合しない電子部品を選定してしまった。その為、セロハンテープでの固定や、電線を巻き付けて基盤に繋げるなど少々強引なやり方で基盤上に固定、配線を行うことになり苦労した。可変抵抗の値を精密ドライバーで調整するのに細かい作業が多く、1 時間程度の時間を消費してしまった。プログラムは試作時点では初めて EZ Controller IR-CT01 を使用したため仕様の理解や、動作させるためのライブラリを探し、インクルードするのに苦労した。仕様の理解という点では本番のプログラムは完成した基盤と合わせて動作させるが、バッファメモリによるエラーの原因を突き止め、あらためてスイッチを入れることで防ぐことができた。

8. 結言

筐体部分は組み立てるうえで必要となる部品を 3D プリンター (Project MJP 2500) で作成、出力し組み立てた。指の関節の限界値を決めるためにねじによって物理的に止められるようにした。基盤部分は、モータが正常に動作するように電子回路を考えコンデンサにより電源電圧の安定化、スイッチを挟むことでバッファメモリのエラーを防ぐなどをし、ユニバーサル基盤にはんだ付けをして制作をした。プログラムは物を掴み停止、その後任意のタイミングで開く動作が完成し、安全のため緊急停止を入れている。また、LED の色により現在の動作状況を分かりやすく表示するようにした。追加として、第2目標として挙げていた腕部分のプログラムも主要部分を完成させることができた。

9. 謝辞

今回の筐体、基盤部の制作にあたり生産機械技術科および生産電気システム技術科の皆様には加工機器、工具類の貸出および技術指導を受け大変お世話になりました。心より感謝いたします。

文献

- [1] JISC0448:1997 表示装置（表示部）及び操作機器（操作部）のための色及び補助手段に関する規準 (kikakurui.com) <https://kikakurui.com/c0/C0448-1997-01.html> 参照 2024.12.18
- [2] パスコン（パイパスコンデンサ）とは？役割や最適容量を解説 | TechWeb (rohm.co.jp) <https://techweb.rohm.co.jp/trend/glossary/18773/> 参照 2025.01.07

(令和7年1月31日提出)

ストラックアウトの改良

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科 石丸光暁, 城野 純, 松本勘太郎
指導教員 北 尊仁

前年度から引き継ぐ形で、アミューズメント施設等で楽しめるストラックアウトの制作をおこなった。専門課程で学んできた技術・知識を基に、ゲーム性・演出面・利便性の向上を目指した。PLC(Programmable Logic Controller)で主な制御をおこない、光電センサでパネル状態の監視、GOT(Graphic Operation Terminal)やLED(Light Emitting Diode)にその状態を反映させている。ゲームモードの追加に加え、音楽演出では Raspberry Pi 5、無線化として ZigBee と Arduino、筐体の補強・改善を目的にアルミフレームを用いた。

Keywords : シーケンサ, PLC, GOT, IoT, ZigBee, Raspberry Pi 5.

1. 緒言

小学生を対象とした大学校訪問の際やオープンキャンパス、見学会での広報ツールとして、前年度制作されたストラックアウトが遊びながら電気の世界を感じ、学べるものとして非常に人気があった。ただ大量の配線や、筐体自身の取り回しの悪さが原因で移動の面で問題があった。そこで今年度制作では、筐体側と制御側との通信を無線化、そしてゲーム性・演出面・利便性のさらなる改良を目指した。

2. 概要

「ストラックアウト」は、筐体につけられたパネルをボールで射抜き、あてた枚数やビンゴ数、残り球数などで得点を競う的当てゲームである。

図1に外観図を示す。格子状にくまれたアルミフレーム筐体に、蝶番で9つのアクリルパネルが取り付けられている。パネルに磁石を取り付け、パネル自体にボールが当たった時にパネルが倒れるようになっている。そして筐体部の光電センサとパネル部の反射板との接触状態でパネルの転倒を感知、その信号を基に PLC 内のプログラムで GOT や筐体側の LED の制御をおこなっている。また、モーターにより、ボール払い出し機からボールが一球ずつ排出されるようになっており、排出先のセンサによって球数を認識する。



図1 外観図

3. 主な選定品

- ・ PLC[FX5U-32MR/ES]
- ・ GOT[GT2710-STBA]
- ・ 光電センサ[E3T-SR41]
- ・ Raspberry Pi 5[RPI-SC1112]
- ・ テープ LED[WS28115M60]
- ・ アルミフレーム (ミスマ製)
- ・ XBee[XB24CZ7WIT-004]
- ・ Arduino UNO/ MEGA[A000066/ A000067]
- ・ Arduino 用 Xbee シールド[DFR0015]
- ・ Arduino 用トランジスタシールド[ATS-01]

4. 作業内容

4.1 筐体作成 図2, 図3に本制作 CAD 図面を示す。前年度は筐体部分において木材を使用していた。移動を容易にする目的と堅牢化および拡張性を高める事を理由に、木材からアルミフレームに変更した。制作にあたりまず 2DCAD(AutoCAD2024)で図面作成, その後アルミフレーム筐体設計ソフト (MISUMIFRAMES) にて 3D 図面を作成し、組み立てを行った。

アジャスターフット型キャスターを筐体下部に取り付け、移動面を改善。緩衝材や機器を配置する保護台、配線端子部にアクリルパネルを取り付けることで、衝撃や振動などに対する安全面に配慮した。

筐体とパネルの接続部では 3DCAD (SOLIDWORKS) でフレーム溝に合わせた図面を作成し、新たに 3D プリンターでねじ受け部の部品を制作した。

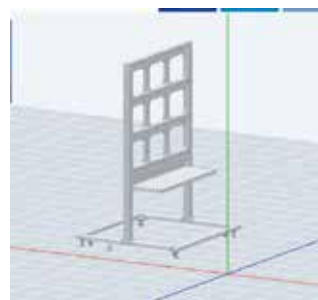


図2 筐体 3D 図面



図3 部品図面

4.2 PLC・GOT プログラム 新たなゲームモードの追加と改良をおこなった。動作の確認、理解のため一からプログラムを制作した。

ラダー図に加え、前年度同様プログラムの短縮や簡略化を目的に、得点計算部分では ST 言語と呼ばれるテキスト型のプログラミング言語が用いられている。

図 4 に GOT 上に表示されるゲーム中画面を示す。現時点で全 3 つのゲームモードで遊べる。

4.3 各種ゲームモード ゲームモードの詳細を示す。

【ストラックアウト】

倒した枚数、ビンゴ数に加えて、残り球数で得点するように変更。パネルを全て倒すか、残り球数がゼロになるまでゲームが進行する。ラダー部にスコアとハイスコアを記録、そのスコアを GOT 上にパネル状態のアニメーションと合わせ、表示する。

【ビンゴモード】

ランダム乱数を使用し、ビンゴ状の 3 枚のパネルをランダムで決定、LED が点灯してビンゴパネルが指定される新たなゲームモードになっている。倒れたパネルが復帰すると、また次のビンゴが指定される。球数や時間の制限なくゲームが進行するので、誰でも遊べる仕様になっている。

【タイムアタック】

ラダー上のカウントを使用して時間を計測し、パネル 9 つすべて倒すまでの時間を競うゲームになっている。さらにその時間に応じた $S > A > B > C$ までのランクを認定し記録、GOT 上に表示する。このモードではハイスコアの代わりに、達成ランクの合計人数が表示される。



図 4 GOT 上ゲーム画面（上部ストラックアウト、左下部ビンゴモード、右下部タイムアタック）

4.4 演出面の改善 新たに RGB 可変色可能のテープ LED[WS2811]を用いて、色の変化による演出改良をおこなった。筐体のパネルひとつひとつを囲うように、計 9 つ取り付けられている。テープ LED はマイコンと LED が連なるように内部で連結されており、状況に応じた PLC からの信号を、Arduino が受け取り、テープ LED の色を変化させている。

音楽演出でも PLC の出力を元に、Raspberry Pi 5 内の python で書かれたプログラムから、スピーカーで mp3 ファイルを再生している。

4.5 無線通信 図 5 に通信接続のイメージ図を示す。無線通信規格 ZigBee での、筐体と PLC 間の通信無線化をおこなう。1 対 1 のシリアル通信を専用のコマンドなしで、運用が容易にできる透過モード(AT)を利用した。利用、設定にあたり専用ソフト (XCTU) によるモード、ID 設定等を行った。透過モード利用のためのマイコンとして、送受信間の両方に Arduino が接続されている。

また Xbee と Arduino 間では Xbee シールド[DFR0015]、PLC と Arduino 間ではトランジスタシールド[ATS-01]と、専用のシールドでそれぞれが有線接続されている。



図 5 通信接続全体イメージ図

5. 苦労した点 前年度制作物を基にさらなる改良をおこなうという面で、新たに ST 言語や Raspberry Pi 5 での python, ZigBee など、新たに触れる技術を利用する必要があり、実践的な理解に苦労した。また運用するまでの環境構築におけるソフト面、そして実際の筐体制作時や、機器同士の通信時でのハードウェアの面で、それぞれの不具合や諸問題の原因発見・改善に労力を要した。

6. 結言 現時点では無線化を除きおおまかに完成している。無線化では各々の機器のプログラムと接続テストを終え、実際に筐体と PLC 間の配線を外した状態での最終調整を行い、完成を目指す。

無線化完了後はボール払い出し機の改良やパネルの自動復帰を視野に製作を進める。子供や初めて遊んだ人が、楽しみながら電気のつながりを感じられるような仕組みを最後まで模索していきたい。

7. 謝辞 制作にあたり、住居環境科の先生方からは部品の提供および加工指導、生産電気システム技術科の先生方からは 3D プリンターの貸与および技術指導、電子情報技術科のモンゴメリー先生からは ZigBee の使い方についてご教授いただきました。また、前年度当テーマを担当していた先輩方からもプログラミング部分を中心にご助言を頂きました。深くお礼申し上げます。

(令和 7 年 1 月 10 日提出)

スマートホームの制作

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科
指導教員

杉浦 泰太, アシュール, イブラヒム
中川 章人

本制作は、家庭の自動化を通じて日常生活をより快適にすることを目的としている。Arduino を活用して温度や照度などの環境データを読み取り、住居空間を自動的に調整するシステムを構築した。複数のセンサによるデータを基に、住居者が快適に過ごせるような工夫を施した。その結果、環境に応じた制御を行うことが確認できた。

Keywords : Arduino, 自動照明, 自動空調設備

1. 緒言

近年、スマートホーム技術の進化により、居住空間の自動化がますます普及している。しかし、高度なシステムを導入するには高額な初期投資が必要となる。そこで、Arduino を活用することにより、コストを大幅に抑え、より手軽で経済的なスマートホームの実現を目指した。本プロジェクトでは、Arduino を用いて温度や照度をリアルタイムで自動調整するシステムをプログラムし、家庭の快適性を向上させることを目的とした。

2. スマートホームの概要

本制作では、一部屋に複数の自動化設備を設置したスマートホームを作成する。

制作した家の寸法は、横幅 900 mm, 奥行き 900 mm, 高さ 1400 mm である。

2.1 家の支柱, 枠組み

支柱や枠組みには、軽量かつ高い強度を持つアルミフレームを使用した。

2.2 家の壁面

内部構造を外部から視覚的に理解しやすくするために、透明なアクリル板を採用した。

図 1 にスマートホームの全体像を示す。



図 1 スマートホーム外観

3. 回路

3.1 自動照明

LED 照明を必要に応じて調整するために、屋外の照度を測定する光電センサ (CdS) を使用した。省エネのために、人の有無を検出する人感センサを使用した。二つのセンサから屋外の情報を読み取ることで、照明を自動で制御することが可能となる。

図 2 に人感センサが OFF の様子を示す。

図 3 に人感センサが ON の様子を示す。

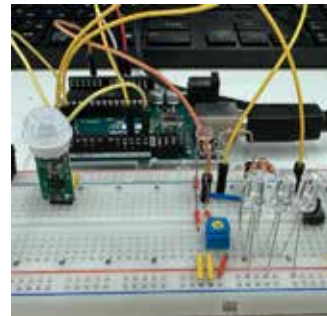


図 2 人感センサ OFF

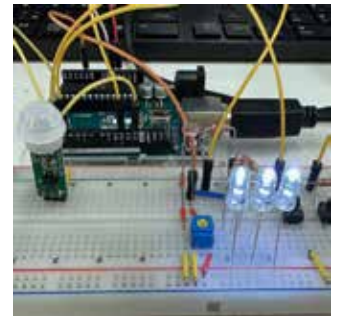


図 3 人感センサ ON

3.2 自動空調

室温を随時検出するために温度センサを使用した。温度センサで室内の温度を検知し、モータに取り付けたファンの回転速度を、PWM 制御を用いて自動的に変化させる。さらに、LCD に室温を表示させることで、常に温度を把握することができる。

図 4 に表示例を示す。



図 4 表示例

3.3 自動開閉カーテン

カーテンはステッピングモータに取り付けたタイヤがカーテンレール上を走ることによって左右に移動する。モータはスイッチにより操作を行う。スイッチ1を押すとモータが正転、スイッチ2を押すことで逆転し、カーテンの開閉を行う。図5に自動開閉カーテンを示す。



図5 自動開閉カーテン

図6に制御の流れを示す。

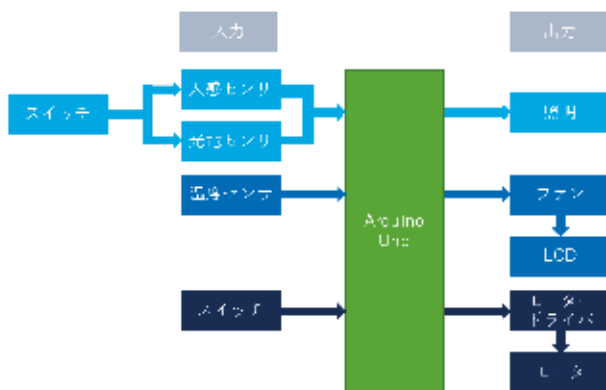


図6 動作一連図

4. Arduino プログラム概要

4.1 自動照明

PBS1 が押されると、while 文によりループに入る。ループ内で CdS からアナログ値(0~1023)を読み取り、map 関数で LED の値(0~255)に変換する。この際、人感センサが人を感知していれば LED が点灯し感知していなければ LED は消灯する。また、PSB2 が押された場合、while 文の無限ループを終了する。

4.2 自動空調

温度センサからアナログ値(0~1023)を読み取り、map 関数で電圧 mV(0~5000)に変換する。電圧に変換後、さらに map 関数により、温度の値(-30~100)に変換する。変換された温度に応じてモータを PWM 制御する。

4.3 自動開閉カーテン

スイッチの入力によりモータが動作を始めると、指定した時間(1秒)が経過するたびに次の phase を実行する。phase は最大で8回まで進み、1回転する。モータは各 phase に応じて正転、逆転を行う。

図7、図8にプログラムから抜粋したものを示す。

// モーターが動いていて、インターバル時間が経過した場合

```
if (motor_run && (micros() - last_time) > STEPPING_INTERVAL) {  
  phase = clockwise ? (phase + 1) % 8 : (phase + 7) % 8;  
  motor_output(phase);  
  last_time += STEPPING_INTERVAL;  
}
```

図7 プログラム抜粋

```
void motor_output(uint8_t phase) { //voidで  
  switch (phase) { //phaseの  
    case 0:  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_1, HIGH);  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_2, LOW);  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_3, LOW);  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_4, LOW);  
      break;  
    case 1:  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_1, HIGH);  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_2, HIGH);  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_3, LOW);  
      digitalWrite(MOTOR_PHASE_4, LOW);  
      break;  
  }
```

図8 プログラム抜粋

5. はんだ作業

中間発表時に問題であった配線の乱雑さを、基盤にはんだ付けすることで改善した。基盤は照明、空調、カーテンの3つに分け、上に積み重ねる形で配置した。積み重ねて配置することで限られたスペースを有効活用し、配線の取り回しがスムーズになった。

図9にはんだ付けした基盤を示す。

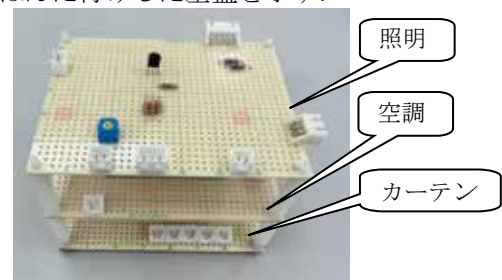


図9 はんだ付けした基盤

6. 反省点と改善点

制作当初は、Arduino Mega を使用し、3つの制御を同時に処理しようと考えていた。しかし、Arduino では複数の処理を同時に行うことが出来ず、作業が難航した。最終的に3台の Arduino Uno を使用し、それぞれの制御を分担することで、3つの制御を同時に動作させることが可能となった。今後、改善できる余地があれば、Arduino ではなく別のマイコンを用いて、複数制御の同時処理に挑戦したい。

中間発表後の目標であった、タブレットと各機器の無線通信が、時間の都合により、取り掛かることが出来なかった。今後、総合制作のような大規模なプロジェクトに取り組む際には、これまで以上に緻密な計画を立てる必要があると強く実感した。

7. 結言

本制作では、家本体の設計・製作、部品の選定、プログラムの作成を行い、スマートホームの完成を目指した。目標であった家本体の製作と自動照明、空調設備の制作を無事終えることが出来た。

文献

[1] 静音性自動開閉カーテン作ってみた

https://youtu.be/yUJtt_0Hdls

自律型ロボット制作実習に関する教材制作

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科
指導教員

井ノ本 主樹，岡村 陽寿，増田 真幸
中川 章人

今回の製作は，自律型ロボット制作実習に関する教材作成に取り組んだ．Arduino の理解をより完璧なものにするため，総合制作として自律型ロボット制作を作成する事により，Arduino について学びを深めることを目標に制作にとりかかった．また，この教材を通して，少しでも Arduino を理解してもらうため自律型ロボットを実際に組み立てながら行った．この制作で得た知識を資料，教材としてまとめたことで，より理解をしてもらうことを目的とする．

Keywords : Arduino, 自律型ロボット

1. 緒言

私たちは，この大学校で初めて，Arduino に触れた．しかし，初めてであり使いこなすことに苦戦を強いられた．ここで，初めて見る人でも，大学校に入学する学生のことを考えた．今回の教材制作で，初めての人でも理解しやすい教材を作成する．

2. 制作物の構成

2.1 使用機器

- ・ PC
- ・ DC モータ（直流モータ）×4
- ・ モジュール Y モータドライバボード
- ・ マイコン Arduino Mega
- ・ 18650 バッテリー（3.7V）×2
- ・ 超音波センサ
- ・ Wifi 拡張ボード
- ・ Bluetooth モジュール
- ・ トラッキングセンサモジュール

2.2 動作の流れ

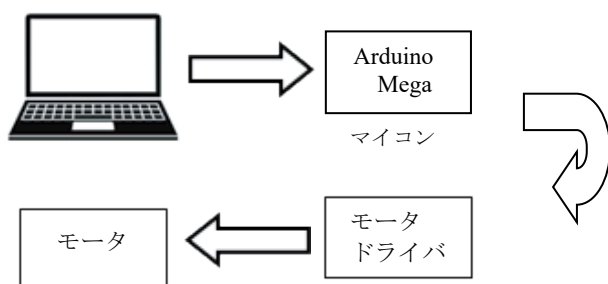


図1 動作順序

動作の流れとして，Arduino 用の開発環境である Arduino IDE からプログラムを打ち込む．そのプログラムを Arduino Mega に書き込むためケーブルで Mega と PC をつなげる．プログラム書き込み作業を行う．Arduino Mega からプログラムの実行を行い，モータやセンサの制御を行う．モータドライバで電流と電圧を調整して，モータの回転速度や回転方向の制御を行う．このように，適切な電流，電圧がモータに送られることで，ロボットカーで動作を確認する．

図1に動作順序を示す．

2.3 使用した自律型ロボット

今回使用したのは，全長 200 mm×250 mm×150 mm（縦×横×高さ），タイヤの直径 70 mm のメカナムホイールを採用した．4 個のホイールが独立して駆動する．使用した OSOYOO メタルシャーシメカナムホイールロボットキットを図2に示す．



図2 ロボット本体

2.4 メカナムホイール移動

メカナムホイールは，車体に対して 45 度の角度にローラーがついている．前進，後進，右・左斜め前進・後退，右・左平行移動，位置を変えずに右回転・左回転が可能である．狭い角や狭い路地，複雑な経路を効率的に移動することができる．図3に7つの移動について示す．

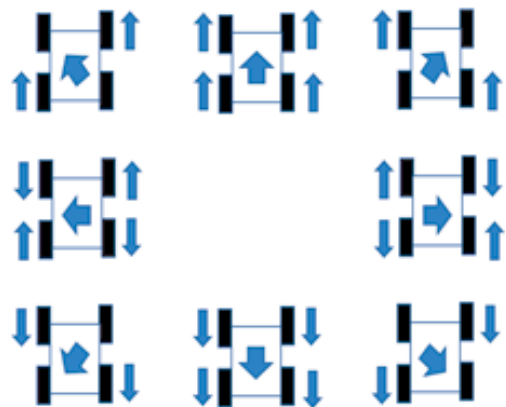


図3 メカナムホイールの移動

2.5 超音波センサ追加

このプログラムは、超音波センサの基本的な使用方法を示す。

```
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
distance = duration * 0.0340 / 2;
```

ここでは、pulseIn 関数を使い、echoPin (エコーピン) からの HIGH を受信する時間を計測している。超音波が物体に当たり反射して、エコーピンに戻ってくるまでの時間(duration:マイクロ秒単位)を測定する。求める距離(cm)の単位に合わせ、音速は×100, 時間は÷1000000 の計算する。duration は往復の時間であり、物体までの距離を求めるためには往復時間を半分にする。使用した超音波センサを図4に示す



図4 超音波センサ (HC-SR04)

超音波センサを使用すると、ロボットは障害物を検知し、それを回避することができる。また、安全に動作することができる。非常に正確な距離測定が可能である。

2.5 Bluetooth モジュールの追加

Bluetooth を使用すると物理的な接続なしで、スマートフォンやPC などから無線で操作できるようになる。ロボットの動きを自由にコントロールすることができ、遠隔操作ができる。

MEGA に WiFi ボードが合体させ、B_TX, B_RX 端子を MEGA のデバイスへ接続。Bluetooth モジュールを挿入する。使用した Wifi ボードを図5に示す。

Bluetooth モジュールを図6に示す。

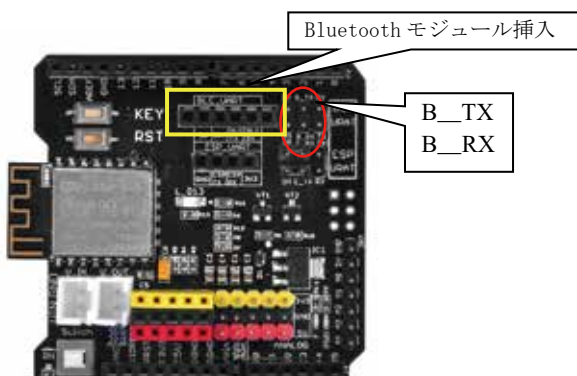


図5 使用した Wifi ボード



図6 Bluetooth モジュール

専用アプリをダウンロード・インストールし、Bluetooth との接続を行う。図7に示す専用アプリにより遠隔操作が可能になる。



図7 専用アプリ

2.6 トラッキングセンサ追加

トラッキングセンサは正確な位置や向きを追跡することができ、自律走行ができる。図8に示す5点使用したトラッキングセンサボードを示す。図9に示すように黒いトラッキングラインに沿って自律走行させた。



図8 トラッキングセンサボード

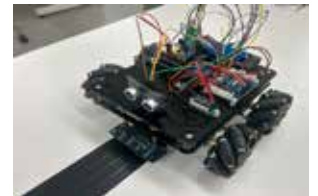


図9 自律走行

3. 作業工程

進行計画→キット選定→ロボットの組み立て→プログラミング→動作確認→動作の問題点改善→走行試験→改善、以上の作業工程である。同時に教材作成を行った。

4. 反省点・改善点

購入したキットに組み立ての説明書が入っていなかった。ネットで調べながら組み立てた。組み立ての事も書いた教材作成を作り分かりやすく理解できるようにした。各センサを用い、基本動作から応用まで段階的に無理なく理解できるようにした。メカナムホイールを使用することで、ロボットは前後左右だけでなく、斜めや回転といった自由な動きができることが分かった。組み立て、プログラムの開発、そしてデバッグに至るまで、さまざまなスキルが求められ、知識不足を痛感した。

5. 結言

本制作を通じて、Arduino のプログラミングの多様性について理解することができた。学んだ知識や技術をさらに深め、今後の技能・技術向上に生かしていきたい。

文献

- 「1」 OSOYOO M2.0 Metal Mecanum Wheel Robotic
Lesson1: Robot car assembly
Lesson 2: Obstacle avoidance robot
Lesson4 :Bluetooth imitation driving
(2025 年 1 月 31 日提出)

ドローン自律飛行システムの制作 (ドローン編隊飛行)

近畿職業能力開発大学校
電気エネルギー制御科 辻 勇介
指導教員 瀧本雄一

私が取り組んだテーマは、太陽光発電用パネルなどの、人が目視で検査するには広すぎる設備に対し、異常を発見することを容易にするドローンを活用するプログラム作成に取り組んだ。ドローンは市販の Tello EDU を使用し、プログラミングには Raspberry Pi を使用した。また、画像識別には OpenCV を用いる。

Keywords : ドローン, Raspberry Pi, Tello EDU

1. 緒言

私は専門課程で様々なものを学んだが、学んだこと以外で実践できるプログラミング技術の課題の題材として、近年応用例が増えてきているドローンを用い、編隊飛行させ、人が目視するには広すぎる、大規模な太陽光発電などの異常がないかの確認を自動でこなすプログラミングを目標とした。

2. 使用機器

- ・ Raspberry Pi 400(以降ラズパイと呼ぶ)
- ・ Tello EDU
- ・ バッテリー(リチウムイオン電池, 3.8V, 1100mAh)
- ・ Wi-Fi ルーター
- ・ タブレット



図 1.Tello EDU



図 2. Raspberry Pi 400

3. 構成

3.1 物理的な構成

構成としては、映像を送受信、画像処理し、Tello にコマンド送信するラズパイと、飛行し撮影した映像をラズパイに送信する Tello EDU からなっている。

3.2 通信構成

ラズパイに Open cv(画像・動画に関する処理機能をまとめたオープンソースのライブラリ)を導入し、編隊飛行させ、映像受信すると画像処理し、Tello にコマンドを送るプログラムを作成した。

姿勢制御等は Tello 自身ですので、作成するものは編隊飛行プログラムだけでよい。Tello1 機の場合、Tello を Wi-Fi 親機としてラズパイと接続すれば良いが 2 機以上接続する場合、ラズパイ、Tello 双方を Wi-Fi ルーターを経由して接続する。(図 3)

方法としてはまず、Tello とラズパイを直接接続しその後、指定した SSID と接続するようコマンドを送る

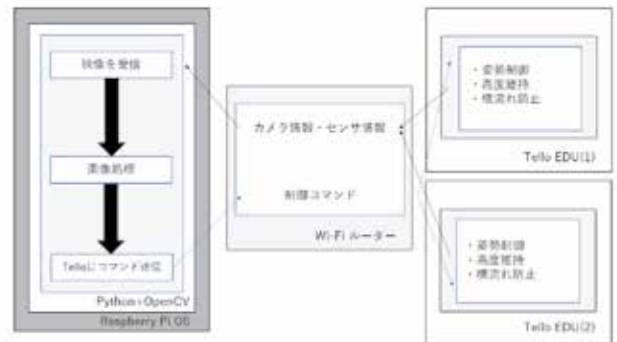


図 3.通信構成

3.2 プログラム

まず、Tello は初期状態だと Wi-Fi が母機となっており、ラズパイと 1 対 1 でしか通信出来ず、同時に送信できるように Wi-Fi ルーターを経由して接続するプログラムを送信する。

概要はまず、プログラムを送信したい Tello の IP アドレスを指定し、接続したい Wi-Fi ルーターの IP アドレス、パスワードを入力、汎用性の高い文字コードである utf-8 を用い、これを 2 台に送信する。

これを送信し、成功すると、Tello が Wi-Fi 子機になるため、ラズパイ側の Wi-Fi 接続一覧のところに表示

されていた Tello の IP アドレスが消えることで確認出来る。

これは、1 度送信すると電源ボタン長押しで出来る。これはリセットするまで有効である。



図 4. Wi-Fi ルーターへの接続プログラム

飛行のプログラムは、まず、ラズパイから Tello2 台にプログラムを送信、離陸し、太陽光パネル上をそれぞれ両端から S 字で飛行し、カメラで撮影し、定位置に戻って来るというものである。

カメラで撮影された映像はラズパイへ送信されるようになっており、人が立ちいりにくい場所でも確認できるようになっている。

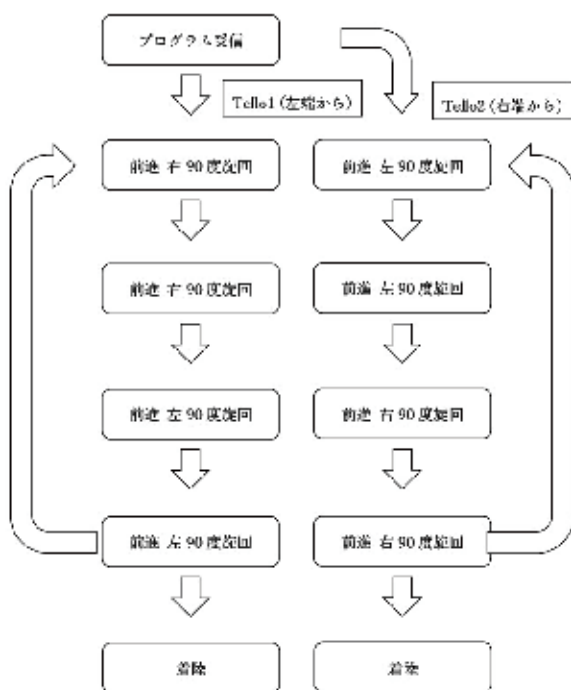


図 5. Tello 飛行のフローチャート



図 6. プログラム例

プログラムを Tello に送る際の基本は、まず送りたい Tello の IP アドレスを入力、次に move_〇〇のようにしてほしい動作(swarm は編隊、群れの意味を持つ)を入力し、次に移動してほしい距離を入力する。そして最後に、着陸の land を入力すれば完了である。

4. 苦労した点

年末までに、Tello EDU にコマンドを送信し、2 機とも Wi-Fi ルーターに接続、ラズパイから飛行コマンドを送信し編隊飛行する所まで成功した。

編隊飛行プログラムは種類があり、そのうちの Tello-python, DJITellopy は動作し、Multitello Formation はエラーで動作せず、原因は少し古く Python3 との互換性がないことだと考えられた。

その時点から接続、飛行は実現したので、飛行経路工程を増やし、実用的なプログラミングに挑戦した。テストプログラムを参考にしながら、それぞれ両端から S 字で蛇行しながらカメラで対象を撮影するプログラムを作ろうとしたが、思ったよりも距離の設定に苦労した。

5. 結言

年末の時点では接続のプログラム作成に時間がかかり、ようやくテスト編隊飛行できたばかりだった。そこからさらに動きを発展させ、それぞれ同じ位置から飛び立つのではなく、同時にプログラムを送信し同時に離陸はするものの、それぞれ違う場所から飛び立ち、それぞれ異なる動きして着陸する動きを作った。

目的としたカメラを用いつつ編隊飛行させるプログラムは完成し、もう 1 つの目的である授業で学んだ以外のプログラミングを学ぶことができた。

文献

【1】Inter face 2021 年 4 月号
(GPS や画像処理で挑戦! ドローン自律飛行)

(令和 7 年 1 月 24 日提出)

配膳ロボットの制作 (1/4 サイズ配膳ロボットの制作)

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科 生見悠間

指導教員

瀧本雄一

今回のテーマでは、専門課程の知識を活かし今の社会に需要があるものを作りたいと考え、コロナ禍で社会に急速に普及した食事をトレイに載せて自動でテーブルに運ぶ配膳ロボットの試作の1/4サイズを制作した。限られたスケジュールと技術でも実現可能であり、ユーモアと利便性を損なわないように設計している。

Keywords :配膳ロボット, 省人化, タグナビゲーション

1. 緒言

このロボットは実際に社会に普及している配膳ロボットを1/4サイズに縮小した機器をコンセプトとしている。参考にしたロボットと同様に低コストかつ高精度なラインを認識して走り、目的地をタグを用いて認識するタグナビゲーション式を採用している。

Raspberry-pi を使って、コスト削減を図り、効率の向上を目指す省人化のための機器を制作することが、今回の総合制作の目的である。

2. システム構成

この機器のシステムは走行するためのシステムと配膳を行うためのシステム、そしてプログラムを送信するためのシステムの3つに分けられる。

走行するためのシステムは、まず5つの赤外線光センサーが床に設置したラインを検知しセンサーの出力が「0」であればラインのない部分、「1」であれば黒線を検出したことを示す。

配膳を行うためのシステムは、タッチパネルに表示されたプログラム送信用アプリケーションから入力されたコードを Raspberry-pi が受信し配膳する順路を走行する仕組みである。CSI カメラがテーブルにつけられたタグ（今回はサイコロの目）を検知し、それが入力されたテーブル用のタグだった場合停止する。配膳したものを受け取って貰いタッチパネルの配膳完了ボタンを押してもらうようになっている。配膳完了後、残るオーダーの有無に応じて、順路から待機場所に戻るか次のテーブルに配膳するか決定する仕組みである。



図1 走行ユニットのシステム構成

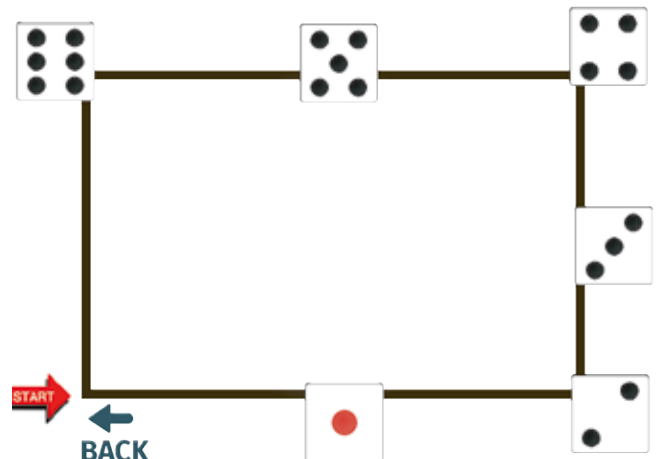


図2 配膳順路の例(サイコロがテーブルの位置の場合)

プログラムを送信するためのシステムはCGIプログラムを使用したWEBアプリケーションを利用する。

仕組みとしてはタッチパネルを通じてブラウザからサーバーに命令し、その命令を受け取ったサーバーがCGIプログラムであるかを判断し、そうであれば保有しているフォルダなどからプログラムに応じた出力を実行する。



図3 プログラム送信用サイトのシステム構成

今回の機器の場合はタッチパネルに表示されるサイコロの目が1のボタンを押して完了ボタンを押すと、黒いラインの上を走り、サーバーがサイコロの目が1のところの場所で停止して受け取り完了ボタンを押されると再び走り出すプログラムが起動して出力される。

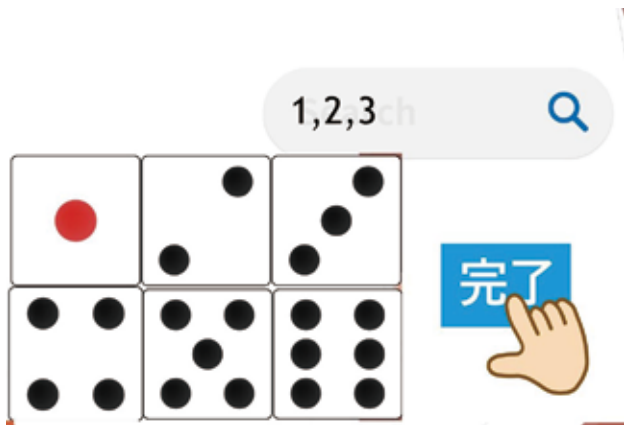


図4 タッチパネル命令入力画面

3. 動作プログラム

設定したテーブルのサイコロタグをタッチパネルから入力するとその命令がサーバーに送信さる。サーバーに送信された後、保有しているフォルダの中からその命令に対応しているプログラムが起動し、機体が走行を開始する。

5つの光センサーを使用して、床に設置したラインを検知し、そのラインに沿って進む。プログラムとしてはセンサーの出力が(10000,11000)の時左折し、(00001,00011)の時右折、(00100,01110,00110,01100)の時直進し、(11111)の時停止する動作を行う。

左右のモーターは4つのGPIOピン(モーター1, モーター2, モーター3, モーター4)と, PCA9685 を用いたPWMで速度を制御するようになっている。

前方に備えたカメラがテーブルのサイコロ札の目を読み取り、指定のテーブルで停止するようになっている。運んだものを受け取って貰えたら、タッチパネルの受け取り完了ボタンを押してもらう。

その後、まだオーダーがあるのなら、次はそのテーブルで停止し、もうオーダーがないのならキッチンの待機場所に戻る仕様である。

4. トラブルに対処した点

制作で最も苦労した点は、ロボットが動くようにプログラムと調整を行った後、Android タッチパネルとトレイを取り付けた結果、ロボットカーの重心が傾き、正常に走行できなくなったことである。

そこで、ライントレースのセンサーの感知条件を変更し、特定の条件下で速度を調整するようにプログラムを修正したが、その結果、機体が激しく揺れ、最終的には脱線するほどトラブルが悪化した。

この問題に対処するために、まず Raspberry Pi で Thonny を使用し、センサーがどのようにラインを読み取り、ロボットカーがどのように動作するかをリアルタイムで視覚的に確認できるようにプログラムを変更した。



図5 プログラムをリアルタイムで見れるモニター

その結果、センサーがラインを読み取る際に右折、左折、前進の動作が頻繁に切り替わりすぎていることが原因で揺れが発生していることが明らかになった。具体的には、タイヤの回転速度を上げて前進したり、急いで右に曲がるようにタイヤの速さを調整したり、緩やかに曲がるようにタイヤの回転を抑えたりすることで、命令が頻繁に書き換わり、その結果ロボットカーの揺れが生じていたのである。最終的には、以下のように右折左折の条件を変更し、改善を行った。

まず、急いで曲がるプログラムを削除し、センサーがラインを読み取った際には急いで曲がるのではなく、前進するように書き換えた。その後、モニターで動作を確認し、前進と曲がる動作が切り替わりすぎるため、この部分を削除または前進に統一することが望ましいと判断し、最終的に安定した動作を実現した。

(改善前) センサー値	状態
"00110", "00111", "01111"	前進 (軽い右折を含む)
"00100", "01110"	前進 (少し右折を含む)
"00001", "00010", "00011"	右折
"10000", "01000", "11000"	鋭い左折
"01100", "11100", "11110"	左折
(改善後) センサー値	状態
"00100", "00110", "01100", "01110"	前進
"00001", "00011"	右折
"10000", "11000"	左折
に変更した	

5. 結言

以上により、今回の制作において荷物を載せて指定したテーブルにラインに沿いながら自動で配膳するロボットが完成した。

同時にこなせる命令の数など実際に社会に出ている自動配膳ロボットのミニサイズというには足りていない機能も多いが自分で考え出した課題を解決するために手探りで手段を模索する事は授業で学んだ知識を活かしながら授業では積めない経験ができた実感する

6. 文献

OSOYOO V4.0 Robot Car for Raspberry Pi
<https://osoyoo.com/ja/category/osoyoo-raspi-kit/osoyoo-v4-0-robot-car-for-raspberry-pi/>
 (令和7年1月24日提出)

自動エサやり装置の制作

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科 下田真彰

指導教員

瀧本雄一

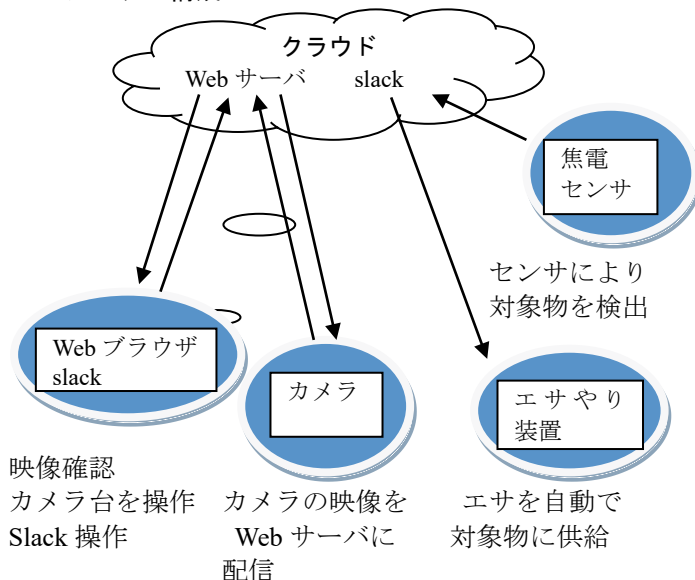
総合制作実習テーマとして、自動エサやり装置の制作に取り組んだ。装置の概要は RaspberryPi 専用のカメラモジュールと RaspberryPi 本体を連携させて、Web サーバ上に映像を配信・Web ブラウザで操作する。また slack を用いて焦電センサが検出したとき、チャット上にそのことを知らせる。その後チャット上に文章を入力し送信するとエサやり装置からエサが自動で供給されて犬などのペットがエサを食べることが出来るシステムを構築する。

Keywords : RaspberryPi, マイクロサーボ, slack

1. 緒言

近年様々な種類が世の中に出回っている犬などの小動物用の自動エサやり装置に着目して、そのシステムを RaspberryPi やその他のアプリケーションツールを用いて制作する。

2. システム構成



カメラ映像を Web サーバに配信・Web ブラウザで操作する。また slack を用いて焦電センサが検出したとき、チャット上にそのことを知らせる。その後チャット上に文章を入力し送信するとエサやり装置からエサが自動で供給されて犬などのペットがエサを食べることが出来るシステムである。

3. 試作の手順

カメラ映像配信、カメラリモート操作の単体動作確認を以下の手順で行った。

- 1 RaspberryPi OS のダウンロード
- 2 RaspberryPi の初期設定
- 3 日本語設定と時刻の設定
- 4 「実例で学ぶラズパイ電子工作」の Web サイトよりサンプルファイルをダウンロードし自身の

フォルダに貼りつけ展開

- 5 AD 変換の利用のための SPI の有効化
- 6 FastAPI のインストールと起動
- 7 ハード PWM を用いるための準備
- 8 mjpg-streamer のインストールと起動
- 9 使用するカメラのバージョンを確認
- 10 サーボモータを 0 度の位置に動かすためのサンプルプログラムを出力し動作確認
- 11 半固定抵抗でマイクロサーボを動かすためのサンプルプログラムを出力し動作確認
- 12 mjpg-streamer を起動し Web ブラウザ上で配信するためのサンプルファイルを出力し動作確認
- 13 Web ブラウザでマイクロサーボを動かすためのサンプルプログラムを出力し動作確認

4. カメラ台の全体像

マイクロサーボ FS90 を 2 台使用し Raspberry Pi 専用カメラを左右、上下に移動させる。

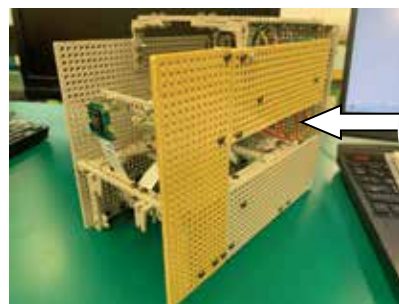
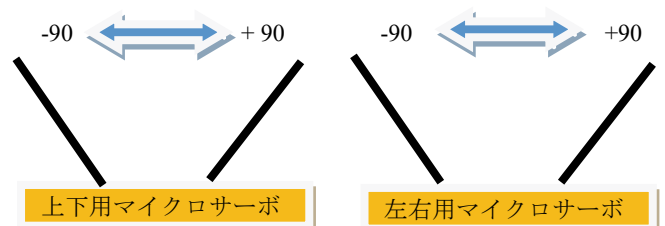


図1 カメラ台

5. カメラ台の動作範囲

2 台のマイクロサーボ FS90 を用いて上下(-90 度~90 度)、左右(-90 度~90 度)の範囲で動作させる

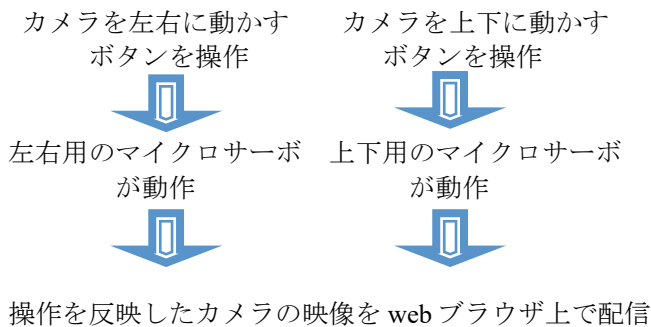


6. Web ブラウザ上でのカメラ台の操作



図 2 Web ブラウザ上での操作状態

Web ブラウザ上でのカメラ台操作フローを示す。



7. ソフトウェア

7.1 mjpg-streamer(映像配信用)

ラズパイ用カメラモジュール(Linux 互換カメラ)の映像を Web 配信するためのアプリケーションで、直接 JPEG データを生成し、リアルタイムに高速な MJPG ストリームを出力する。

7.2 FastAPI(カメラ台の操作)

Python で WebAPI を構築するための高性能なフレームワークであり、web ブラウザ上で RaspberryPi の IO を操作し、カメラを左右上下に動かす。

7.3 slack(エサやり装置との連携)

slack は高速でセキュアなコミュニケーションツールで、LINE のように送信側と受信側の端末で相互のやり取りを行うことが可能。

8. 焦電センサの対象物の検出と slack への通知また送信後のエサやり装置との連携

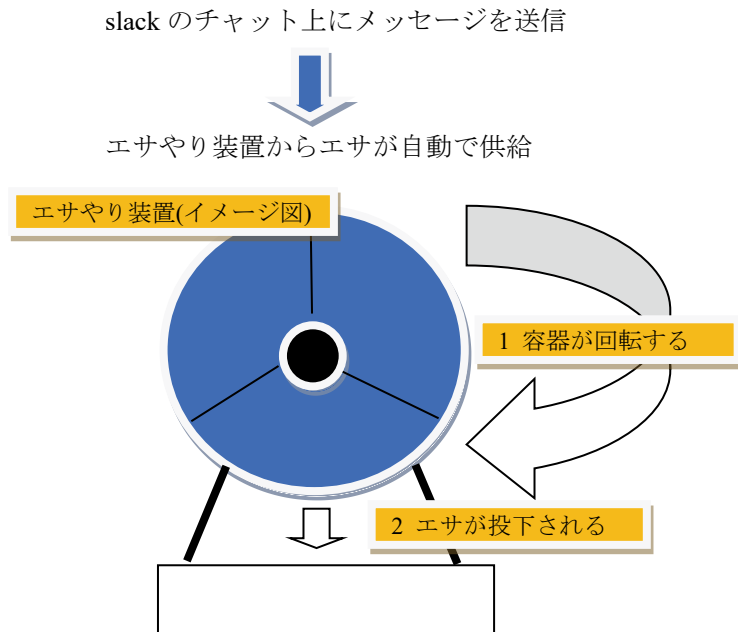
8.1 対象物の検知と通知確認

焦電センサが対象物を検知した時に slack のチャット上にメッセージを送信(以下にフローチャートを示す)



8.2 slack からの送信とエサやり装置の連携

使用者自身が slack のチャット上にメッセージを送信することによってエサやり装置からエサが自動で供給される(以下にフローチャートを示す)



9. 苦労した点

総合制作実習を進めていく中で RaspberryPi の OS の選定や、引用していたサンプルファイルが現在の最新モデルである RaspberryPi5 用の物を使用しないがために正常に動作しなかったことや、シャットダウンの仕方を間違えるとシステムが壊れてしまうなどである。また今回使用した RaspberryPi4 では gpiozero や pigpio ライブラリを使用することは可能ではあるが、RPI.GPIO ライブラリを使用することが出来ないなど RaspberryPi 特有の問題があるなどして、そのようなことに理解するのに苦労したことなどが挙げられる。

10. 緒言

工業高校の電気系の実習で RaspberryPi を使用する機会があったが OS の bit 数の違いや機種によって動作環境が異なるなど細かい部分の学習をすることがなかったので今回改めて学習し理解を深めることが出来た。また指導教員の瀧本先生に心より感謝申し上げます。

文献

- [1] 実例で学ぶ RaspberryPi 電子工作 作りながら応用力を身につける
- [2] 実例で学ぶ RaspberryPi 電子工作 補足情報
<https://raspi22.blogspot.com/2024/01/pi-zero-pi-5.html>
(令和 7 年 1 月 24 日 提出)

電動車いすの制作

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科
指導教員

中嶋清矢、木村脩雅、藤田成
堀 真吾

今年のテーマとして、高齢者社会に着目し体の不自由な人が使用する車椅子を電動化させ、簡単に取り付けることを可能にする。元々ついている車椅子を活用しその車輪にモータに取り付けた車輪を車椅子側の車輪に押し当て力を伝えている。モータの制御は Arduino を使用し制御している。モータは市販の単相ステッピングモータを使用している。

Keywords : Arduino, PWM 制御

1. 緒言

今回の制作課題は今までの実習で教わった Arduino を使用して制御する。元々ある車椅子を使用しキットなどを取り付け電動化し制御したものである。そして現代社会に着目し高齢者社会になっているため車いすを利用する人が増えている、ですが車椅子に乗っていても人の手を借りなければならない。そこで車椅子を電動化することに着目した。電動化することにより車椅子をおす人の負担も減らすことができ体が不自由な人も人の手を借りずある程度なら行動することが可能になる。今回の制作では、どのような車椅子にでも簡単に取り付けることができ自由かつ安全に快適移動できることを目的とする。そして車椅子を使用する方々の生活をより快適にするため技術的なチャレンジを克服し、日々進化し続けることを目指す。

2. 使用機器

- ・モータドライバ(L298N)
- ・ステッピングモータ
- ・直流安定化電源
- ・オシロスコープ
- ・Arduino uno

3. 設計の詳細

3.1 制御回路の構成 本電動車椅子の制御回路は Arduino を中心に構築されている。Arduino は、モータドライバ(L298N)を統合し、車椅子の動作全体を管理している。このシステムの必要な要素は、車椅子がスムーズかつ安全に動作するために必要な各種入力を的確に処理させる。

- ・モータドライバ(L298N)

L298N は過電流保護も搭載しており、モータが過負荷状態になった場合に回路が保護されるため、モータのドライバの故障のリスクが低減する。これにより、耐久性のあるシステムが構築できる。そしてこのモータドライバは PWM(パルス幅変調)信号を受け取り、モータの回転速度や方向を調整する。これにより、車椅子の動きが精密にコントロールされ、前進、後退、方向転換がスムーズに行われる。

- ・ジョイスティック入力

車椅子に乗っている人が車椅子を操作するための入力装置としてジョイスティックを搭載しました。ジョ

イスティックは、手のひらで直感的に操作でき、前後進、左右方向の移動を簡単にコントロールできます。ジョイスティックから送られた信号は Arduino を経由してモータドライバに送られ、モータの動作が決まる。

- ・Arduino

制御システムの中心として、Arduino がジョイスティック操作、およびモータ制御を統括している。Arduino はジョイスティックから得られるデータを処理しそれに基づいてモータドライバやその他の回路を制御する。このシンプルで柔軟なプラットフォームを使用することで、複雑な動作ロジックの実装がある程度容易になる。特にステッピングモータの駆動制御には Arduino のプログラミングが活用されており速度や角度を正確に調整することが可能である。

- ・ステッピングモータ

車椅子では左右の車輪を駆動するためにステッピングモータを採用している。このモータは以下の特徴を持っており高精度な制御が可能である。

1. 高精度な位置制御、ステッピングモータはステップ角度ごとに回転するため、車輪の移動量を細かく制御できる。これにより、前進・後退や方向転換が滑らかかつ正確に行える。
2. 安定した低速回転、ステッピングモータは低速でも安定して動作するため、車椅子が小さな動作や微調整を必要とする場合にも対応可能である。
3. 正確な同期制御、左右のモータを独立して制御しつつも同期性を保つことが可能で直進時に車椅子がぶれることを防ぐ。



図1 制御回路の構成

図2 車椅子を動かすために必要な計算式

3.2 制御の流れ 制作物の構成は大きく分けて駆動部、回路部に分けることができる。今回制作した電動車椅子の全体的な動作としては初めに信号をジョイスティックから Arduino に送り Arduino からモータドライバに送りモータドライバからモータに通信を送ってモータが動作するようになっている。その様子を図1に示す。



図2 制御の流れ

3.3 動作の流れ 図2の矢印はモータの回転方向を示す。ジョイスティックでの動作は表1のようになる。

入力方向	左のモータ	右のモータ
前	正転	逆転
右	正転	正転
左	逆転	逆転
後ろ	逆転	正転

表1 動作一覧



図3 モータの回転方向

3.4 制御プログラム 図3のプログラムは片側の1つのモータの前進、後退のプログラムである。もう一つのモータは図3のプログラムと動きが反対のプログラムが入っている。

```
// 上ボタンが押されている間、上に回転
while (upvalue == LOW) {
  leftstepper.step(1); // 1ステップずつ回転
  upvalue = digitalRead(uppin); // ボタンの状態を再確認
}

// 下ボタンが押されている間、下に回転
while (downvalue == LOW) {
  leftstepper.step(-1); // 1ステップずつ回転
  downvalue = digitalRead(downpin); // ボタンの状態を再確認
}
```

図3

3.5 駆動部 図4の右側のようにモータの先端に車いすのタイヤと接触するためにタイヤを取り付けた。モータを制御するためにモータドライバのL298Nを使用した。L298N,モータの両端に接続された2つの端子に対して、電流の流れる方向を制御します。この制御により、モータの回転方向を正転や逆転に切り替えることができる。そしてバッテリーを乗せるために金属を車いすのパイプサイズに曲げ木の板と金属板を固定し車椅子のパイプに引っ掛ける形で取り付けてる。



図4 改良部分

4. 現在の進捗状況

現時点での私たちの進捗状況は、筐体に乗せる土台を作成し、モータを固定する金属板を作成した。そしてモータと通信のプログラムは完成し、直流安定化電源とブレッドボードを使いジョイスティック操作でのモータの前後左右の動作確認を行い、基盤を作成しブレッドボードの部分を基盤に変え車椅子に筐体を組み込み動作確認が終了した。結果車椅子をモータで駆動させることができた。そしてモータを選定する前にすべきだったトルク計算を行った。

5. 今後の課題

私たちが最初に選定したモータではトルク不足が起きる。だが今から新しく発注することはできないため、今のモータで出せる最大のトルクを出し人が乗っていない状態での動作をし、制御精度のさらなる向上を目指します。

モータの先端に取り付けている車輪を変更することができていないので引き続き改良をします。

プログラムでは、PWM 制御を車椅子を加速させるために取り入れ現段階フルステッピングモードを使用していますそれをハーフステッピングモードに変更しトルクを上げます。

(令和7年1月31日提出)

歩行動作発電システムの開発

近畿職業能力開発大学校

電気エネルギー制御科
指導教員

赤澤星太, 千葉昇栄, 山口和志
堀 真吾

これは人の歩行動作によって発電できる装置である。この装置は電源を使っておらず人が毎日している「歩く」というところにフォーカスを当てて考えた結果、この圧電素子での無電源装置の作成に取り組んだ。これは電源を使っていないためエコでCO₂削減になりクリーンエネルギーを生み出せるため、これからは多種多様な場面で使われるだろう。

Keywords : 圧電素子, LED, 全波整流回路, コンデンサ

1. 緒言

圧電素子から得られる電圧の向きは一定ではなく、また電圧の大きさも変化する。そのためブリッジ整流回路を用いてコンデンサを充電する回路を制作した。そして圧電素子で LED を光らせることを目的とした。イメージ図を図 1 に示す。

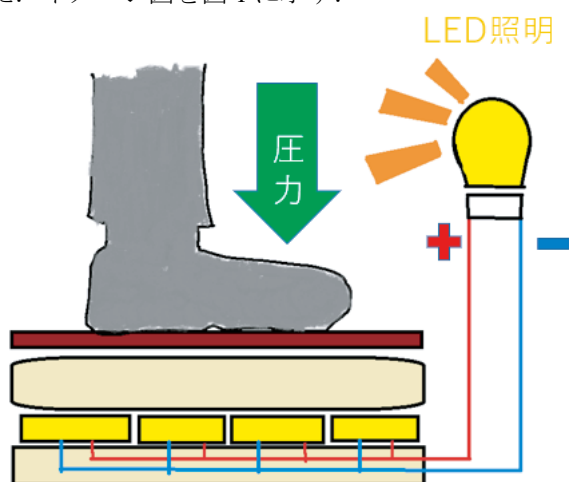


図 1 発電イメージ図

2. 圧電素子発電の概要

2.1 圧電素子とは 外部からの力や圧力を加えることによって電気エネルギーを発生させる材料である。この現象を「圧電効果」と呼ぶ。圧電効果を利用した発電は、主に機械的エネルギーを電気エネルギーに変換する技術として利用されている。圧電素子の模式図は下の図 2 である。

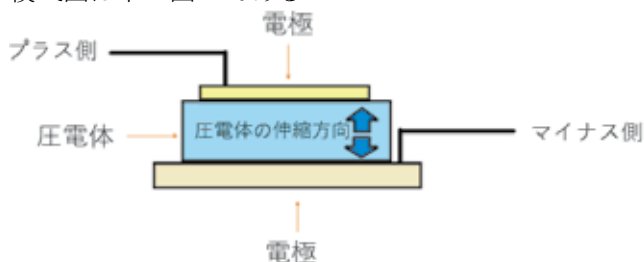


図 2 圧電素子の模式

2.2 圧電素子の発電原理 特定の結晶やポリマーが外力を受けると、その内部で電荷の偏りが生じて電圧が発生する現象である。具体的には、物体に圧力

をかけると、圧電素子内部の正負の電荷が移動し、電極に電位差が生じる。この電圧を取り出すことで、電気エネルギーを得ることができる。

3. 回路説明

全波整流回路とは交流を直流にする回路の中で最も一般的で、4 つのダイオードを使って構成されている。この回路では、交流の波形の両方向（正半周期と負半周期）を整流することができ、出力電圧は常に一定の方向を向いている。なので図 3. a の回路を使用した。図 3. b は出力波形である。

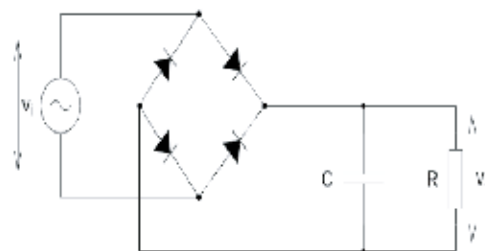


図 3. a 全波整流回路

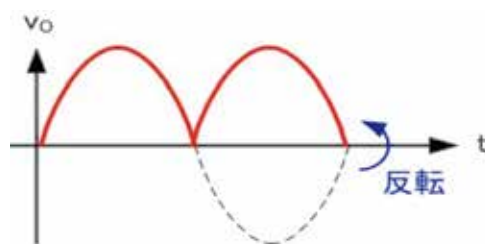


図 3. b 出力波形

4. 実験

4.1 実験 1 振動発電素子 LED を繋げ 3cm の高さから 200g のおもりを落とし、振動発電素子を歪ませたときの電圧を測定し、LED がどのような光り方をするのか調べた。使用機器は次の通りである。

振動発電素子 K7520BS3

オシロスコープ LCRY2106C00303

LED OSB5DA5A33A-1MA

実験結果 瞬間最大電圧は 30V 測定できたが 2ms 程で、それ以降は 5V 以下に下がり LED の点灯は 300ms 程で目での確認は難しい。その時の観測波形

は写真 1 に示す。



写真 1 実験 1 観測波形

4.2 実験 2 振動発電素子に LED と全波整流回路を繋げ 3cm の高さから 200g のおもりを落とし、振動発電素子を歪ませたときの電圧を測定し、LED がどのような光り方をするのか調べた。使用機器は次の通りである。

振動発電素子 K7520BS3
オシロスコープ LCRY2106C00303
LED OSB5DA5A33A-1MA
ダイオード 1S1588

実験結果 瞬間的な電圧は出なかったが、2V まで上がりそこから 700ms 程かけて落ちていくことが分かった。その時の観測波形を写真 2 に示す。



写真 2 実験 2 観測波形

4.3 実験 3 振動発電素子に LED と全波整流回路、コンデンサを繋げ 3cm・30cm の高さから 200g のおもりを落とし何 V 出るか測定・比較し、LED を発光させるために必要な 2V までに何回その動作がいくのかを調べた。使用機器は次の通りである。

振動発電素子 K7520BS3
オシロスコープ LCRY2106C00303
LED OSB5DA5A33A-1MA
ダイオード 1S1588
コンデンサ UVK1V331MPD

実験結果 3cm の時は 44mV 発電でき LED を発光させるために必要な 2V までに約 5 回必要なことが分かった。30cm の時は 65mV 発電でき LED を発光させ

るために必要な 2V までに 3 回必要なことが分かった。

高さを増すことで振動発電素子の歪み量が増え、それに比例して発電電圧も増えることが分かった。その時の観測波形を写真 3, 4 に示す。



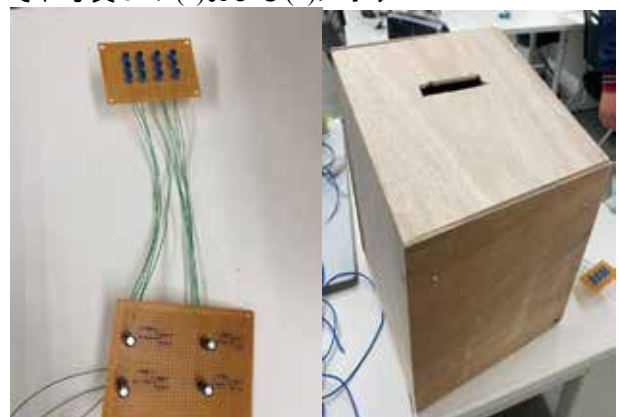
写真 3 実験 3 観測波形 a



写真 4 実験 3 観測波形 b

5. 制作物

実験で使用した回路を基板に作成し、LED の発光状態をより見やすくするため筐体を作成した。それぞれ写真 5 の (a) および (b) に示す。



(a)作成基盤 (b)作成筐体

写真 5 制作物

文献

[1] TECH-MAG 身の周りにある圧電効果,
<https://techmag-pkdhi9b8kbnf2.tdk.com/ja/techmag/knowledge/089>

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

マイクロマウスの製作

近畿職業能力開発大学校

電子情報技術科

指導教員

AZZA AHMED, 片岡 廣二, 福岡 幸奈

末富 暢

マイクロマウス競技会への参加を通じて、マイコンによる制御の習得を目指している。この予稿ではマイクロマウスの走行機能の向上を図っている。そこで壁切れ対策やデータロギングの機能の実装を行った。その内容をここに記す。

1. 緒言

1.1 競技内容 マイクロマウス競技は、ロボットが迷路を通り抜ける速さと知能を競う大会である。競技には、「マイクロマウス」と呼ばれるロボットが参加し、最短時間で迷路をクリアすることを目指す。

ロボットは 25cm×25cm のサイズで、自律性をもって走行する。迷路は 18cm×18cm の正方形区画で構成され、全体で 16×16 区画の大きさである。競技時間は 5 分で、最大 5 回の走行が可能である。5 回の中で最良のタイムが記録される。

1.2 目的 光センサの急激な値の変化によって走行体が予期せぬ動きをして軌道修正を必要としていた。これは走行時間に悪影響を及ぼす。

この軌道修正への対策と走行体の情報の可視化機能を搭載することで走行機能の向上を目的とする。

2. データロギング

走行体の情報の可視化を行う。走行中の動画を見て着目したのが、走行体の光センサとモータである。走行体がどのようにゴールしたのか、うまくいかなかった原因は何なのかを知るため光センサの値とモータの回転をロギングすることにした。

2.1 光センサの役割 光センサは走行体が周囲の壁を認識するために重要である。走行体が LED から光を出し、その光が壁に反射して戻る。その反射光をフォトトランジスタが受け取り、壁までの距離を計算する。これにより、走行体は壁にぶつからずに進むことができる。センサから得られるデータは、走行体が正確に動くために重要である。センサの角度がずれていると、正しい情報を得るのが難しくなり、走行体の動きが不安定になる。また、光の強さと距離の関係を理解することで、周囲をより正確に判断できる。

センサのデータを記録すると、以下のことがわかる。

- ① 走行体が壁を正しく検知しているか
- ② 照明がセンサに与える影響
- ③ 走行体の動きを改善するためのデータ

2.2 センサ値のロギング センサが受け取るアナログ信号は、マイコンの A/D 変換機能を使ってデジタル信号に変換される。このデジタルデータは、走行体の動きや動作をコントロールするために使われる。A/D 変換したデータを記録することで、走行体の動作や環境の変化を分析できる。これにより、システムの改良や、問題発生時の原因特定が可能になる。

2.3 ステッピングモータの原理 走行体を使用しているステッピングモータとは、パルスを送ると決まった角度だけ回転するモータである。さらに 3 つに分類されていて、PM 型と VR 型と HB 型の 3 つがある。競技の走行体に多く使われているのは競技の走行体に多く使われているのは HB 型という、ステップ角が小さいのが特徴の VR 型と永久磁石を利用する PM 型の両方を兼ね備えている。そのため、高いトルクと精密な制御が可能となる。

また 1-2 相励磁方式という 1 相励磁と 2 相励磁を交互に行う方式を採用している。交互に行うことによってステップ角を半分（ハーフステップ）になり、斜め走行やより早い最短走行が可能になる。

走行体にはモータドライバ IC は SLA7070 を使っている。

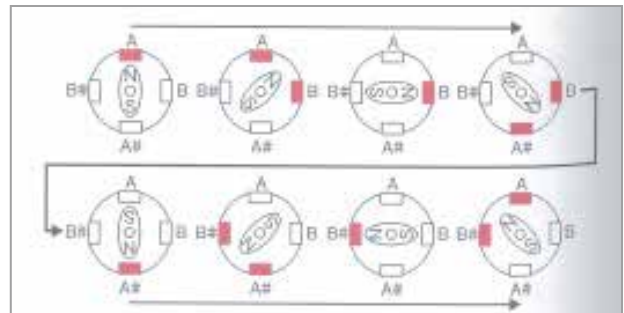


図 1 1-2 相励磁方式

使い方は、CW/CCW 端子に「1」または「0」の信号を入れて回転方向を決める。「0」なら正転、「1」なら逆転する。マイコンでパルスを発生し、モータを回す場合、タイマー機能である PWM を利用する。これを利用して制御 IC である SLA7070 の clock 端子に PWM を入力してモータを回す。

2.4 モータ回転のロギング モータは、パルス数やパルス速度によって回転が決められている。そのため、走行体が迷路を探索や最短走行しながら 1000 パルス当たりのモータの回転を EEPROM に一時保存する。EEPROM からロギングしたデータを Tera Term を使ってパソコンに表示し、走行中のモータの状態がわかるようになる。その結果を解析することで、走行の改善点などを明確にすることが可能になると考えた。

3. 壁切れ対策

3.1 壁切れとは何か 壁切れは、走行体が壁に沿って走っている最中に突然壁が無くなった時に予期せずその方向へ吸い込まれる動きのことを指す。これは仮の壁

を作り,真っ直ぐ走行したい場合でも起こる現象である.そのため,軌道修正を行うのでタイムが伸びてしまう.

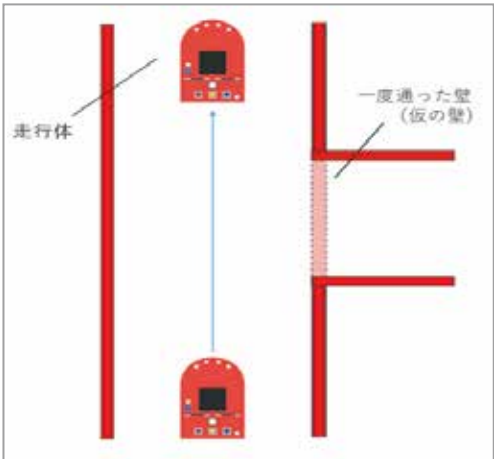


図 3 壁切れしている走行

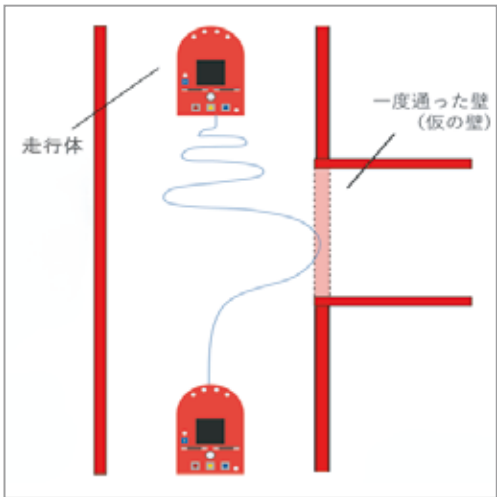


図 2 壁切れしていない走行

3.2 壁切れを緩和する為の考え方 マイクロマウスは

(令和 7 年 1 月 30 日提出)

光センサの値が左右や前の壁を読み取りながら走行している. 壁切れが起きる原因として, この光センサの値が, 壁がある時と無くなった時の差が大きくなることで発生する. なので, この差を小さくすることで壁切れする現象は解決すると考えた.

その為には, 積分を使うと良い. 積分は「小さな部分を足し合わせて, 全体のおおよその値を求める」方法である. この方法を壁切れ対策に利用する. まず, 三つの要素数が入る配列を用意する. これは光センサの値を三つ入れるためのものである. 次に, 配列に入れる為のセンサ値を取得する. この値は, 走行中のセンサ値を一定時間間隔で静的に取得したものである. そして, 三つの取得した値が入っている配列を積分する. 最後に, その積分した値を新しい光センサの値として反映させる. これにより大きな軌道修正は必要としなくなる. また, 大会会場の環境光による光センサの乱れを防ぐことも可能である.

4. 大会結果

ここまで参加した大会結果を表に示す.

	関西地区大会	中部地区大会
AZZA AHMED	33 秒 134	36 秒 913
片岡 廣二	27 秒 765	1 分 14 秒 201
福岡 幸奈	記録なし	54 秒 740

5. 結言

2 月 2 3 日にある「全日本マイクロマウス大会」までに各機能の実装を完了することを目指す. プログラムを完成させて, データロギングや壁切れ対策が成功できるように努力する. より早い最短走行での好タイムの成績を取りたい.

文献

- [1] 株式会社アールティ ほか: マイクロマウスではじめよう ロボットプログラミング入門



Stable Diffusion を利用した画像生成 AI 実験環境の構築 ～Gradio による実装～

電子情報技術科
指導教員

坂本 飛翔, 小玉 伊織
奥田 佳史

オープンソースである画像生成 AI モデル Stable Diffusion モデルを基に, Hugging face 社による実装モデルを利用した実験環境の構築を行った. Gradio を用いた GUI により 4 パラメータを持つ動作実験が可能となった.

Keywords : CLIP, VAE, U-Net, Gradio, Stable Diffusion

1. 緒言

Stable Diffusion とは入力されたテキストを認識し, テキストに沿った画像を生成できるマルチモーダル AI である. 完全オープンソースで公開されているため, 動作環境をローカルマシンに導入することで実験環境の構築が可能となる. 実際に構築で使った環境は図 1 を示す.

Stable Diffusion ver0.30.3 画像生成マルチモーダル AI	
Pytorch ver2.2.1	機械学習ライブラリ
CUDA ver11.8	GPU 向け並列計算ライブラリ
Nvidia-driver ver535	GPU ドライバ
OS Ubuntu ver22.4	CPU RAM 64GB
GPU RTX-3060/	VRAM 12GB 並列演算装置

図 1 構築環境

2. Stable Diffusion 内の事前学習モデル CLIP

Stable Diffusion は「エンコーダ」によるテキストと画像をベクトル値に変換する過程と, 「拡散」による画像にノイズを加えたり除去したりする過程と, 「デコーダ」によるテキストと画像の埋め込みベクトルから画像を生成する過程の 3 つがある. CLIP は入力されたテキストと画像を 512 次元の埋め込みベクトルに変換する際に使用される.

CLIP とは Contrastive Language-Image Pre-training の略で, 約 4 億の膨大な画像とそのキャプションの対データをインターネットから取得している. 図 2 の全体像を参照に, 画像とテキストをエンコーダに通し埋め込みベクトルに変換する. その後対象学習という正解データと不正解データを対比させて学習することでモデルの精度を向上させることができる. 損失計算を行い, 正解データ間の $\cos$ 類似度を 1 に近づけ不正解データは 0 に近づけ, お互いを区別できるように学習することで画像とテキストの関係性を最大化することが可能となる.

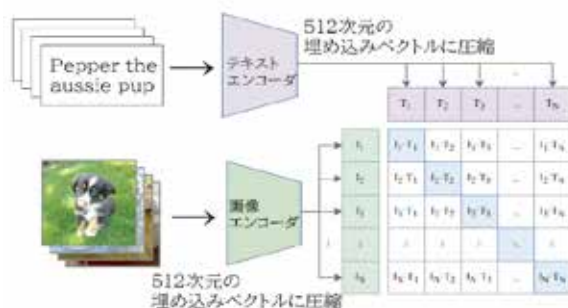


図 2 CLIP の事前学習の全体像

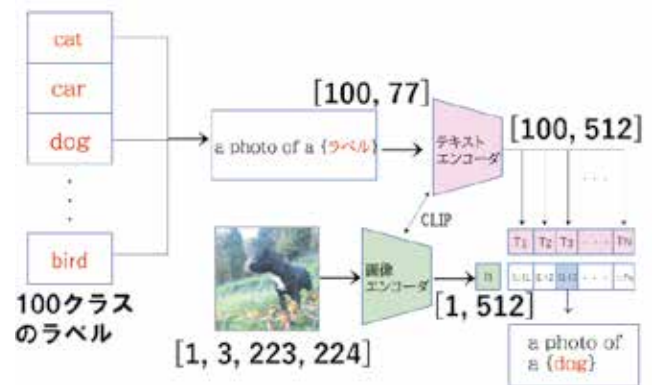


図 3 CLIP 推論の全体像 [] はテンソルサイズ

推論時には画像とテキストはいずれも CLIP エンコーダを通して圧縮し, 潜在空間にベクトル表現として変換される. 図 3 を参照に, 2 つの埋め込みベクトルを内積計算し, 一致度の高い結果を抽出し, 出力する.

3. 実験結果

CIFAR100 という 100 クラスに分けられた約 6 万枚の画像データを使用し, 初めて見た画像 (ゼロショット画像) でも正しいラベルに分類できることを検証した. 図 4 の結果を見ると正しく分類することができている.



図 4 CLIP の分類結果

CLIP の長所

- ・ゼロショット画像でも精度高く分類することが可能
- ・大規模なデータセットによる汎用性
- ・コストを抑えて学習が可能

CLIP を使用することによって従来の学習方法よりもコストを抑え高い精度で分類出来る. また「A photo of {ラベル}」を使用するとより近い確率で分類できるようになる.

4. Stable Diffusion の推論構成図

図 5 に Stable Diffusion の推論構成図を示す.

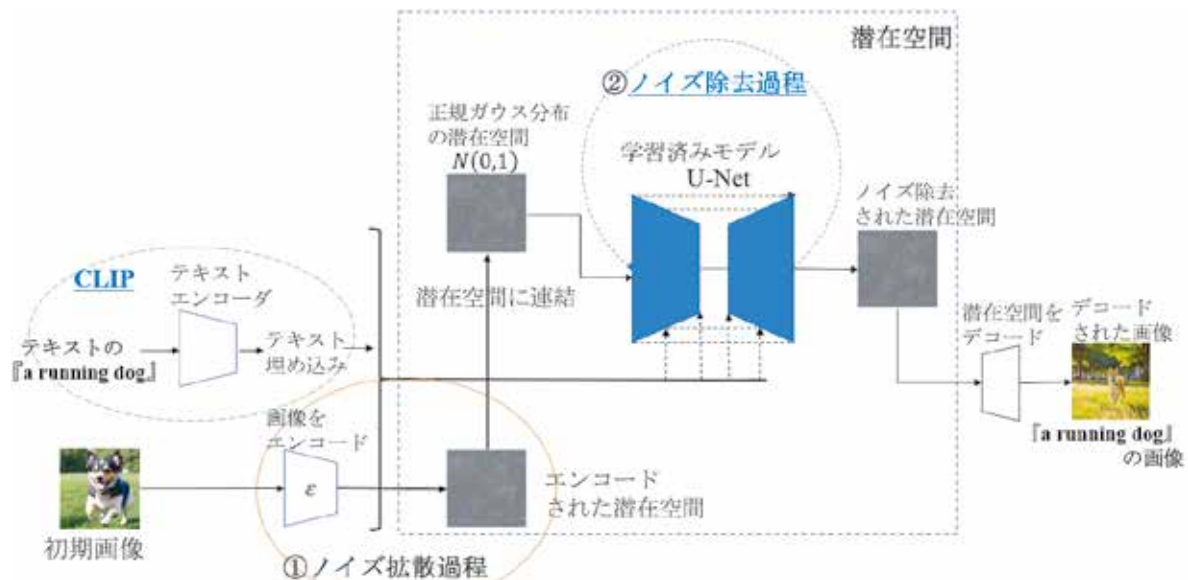


図5 Stable Diffusion の推論アーキテクチャ

5.1 ノイズ拡散過程

①ノイズ拡散過程とは、ノイズが加えられてデータが潜在空間になる過程をモデル化したものであり、拡散過程は式(1)で表現できる。

$$q(x_t|x_{t-1}) = N(x_t; \sqrt{1-\beta_t}x_{t-1}, \beta_t I) \quad \text{式(1)}$$

条件付確率の形で、 x_{t-1} が一つ前の画像で、 t はステップ数で $t = (0 \dots T)$ である。 I は単位行列で β_t は分散を示す。 β_t は加えるノイズの大きさを表す事前に決めるパラメータを示す。ノイズ強度がステップ数に依存しないよう x_{t-1} を $\sqrt{1-\beta_t}$ 倍にスケールしている。これにより分散 1 を保持する。なので、大きいステップ数でも x_T は標準ガウスノイズに近似するようになる。

5.2 再パラメータ化トリックによる高速化

ノイズ付与の過程を毎ステップ行わなくても再パラメータ化トリックにより任意の x_t を初期値 x_0 から直接求めることが可能となる。

$\alpha_t = 1 - \beta_t$ および $\bar{\alpha}_t = \prod_{i=1}^t \alpha_i$ と定義すると、式(2)

のよう表現できる。

$$\begin{aligned} x_t &= \sqrt{\alpha_t}x_{t-1} + \sqrt{1-\alpha_t}\epsilon_{t-1} \\ &= \sqrt{\alpha_t\alpha_{t-1}}x_{t-2} + \sqrt{1-\alpha_t\alpha_{t-1}}\epsilon \\ &= \sqrt{\bar{\alpha}_t}x_0 + \sqrt{1-\bar{\alpha}_t}\epsilon \end{aligned} \quad \text{式(2)}$$

式(2)では、ガウス分布を加算すると新しいガウス分布になるというトリックを使っている。 ϵ は分散 1 を保持するガウスノイズで、 $\epsilon = N(0,1)$ と表現できる。

式(2)を画像ノイズ操作の式に変換すると式(3)になる。

$$q(x_t|x_0) = N(x_t; \sqrt{\bar{\alpha}_t}x_0, (1-\bar{\alpha}_t)I) \quad \text{式(3)}$$

図6に分散 $\beta=0.1, T=15$ の場合の実行結果を示す。

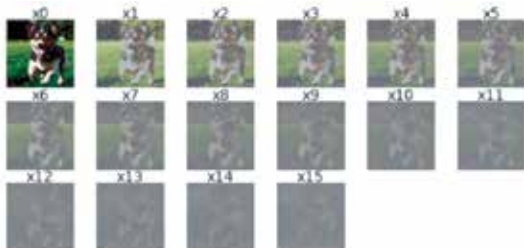


図6 ノイズの遷移

6. ノイズ除去過程

②ノイズ除去過程とは、画像処理に主に使われている畳み込みニューラルネットワークの一種で、U字型の学習済みネットワークでエンコーダ部、デコーダ部で構成され、レイヤー間のスキップ機能が特徴である。

潜在空間と、テキストや画像の埋め込みを組み込んだものを複数回学習済み U-Net を通しながらノイズを除去し、ノイズ除去された潜在空間をデコードすることにより生成画像を入力テキストの表現に誘導する。

一連の流れを潜在空間で行うのが Stable Diffusion モデルの特徴である。

7. Gradio による実装

Gradio は機械学習モデル等の複雑なデモを視覚的かつ簡単に制作できる Python 用のオープンソースライブラリである。Python コードで Web アプリを自動生成することができる。

8. 成果

以下の4パラメータによる実験を可能にした。

- ①Stable Diffusion 推論モデルを 5 種類から選択
stabilityai/stable-diffusion-xl-base-1.0 等
- ②Generation Seed の指定(範囲 1000~1500)
- ③Sampling Scheduler の指定(範囲 5~100)
- ④Guidance Scale の指定(範囲 0.1~10.0)

Guidance Scale の変更による画像の変化が最も視覚的に確認できる。プロンプトはローカルで動作する翻訳ライブラリ Argos Translate により日英入力を可能とした。64GB CPU RAM に全モデルのパイプラインをキャッシュ保存することで、画像生成時に選択されたモデルを個別にロードすることにより 12GB VRAM の少メモリでも実験が可能となった。

文献

- [1] ANDREW ZHU: Using Stable Diffusion with Python Packt pub. 2024

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

シングルボードコンピュータの L3 スイッチ化

電子情報技術科
指導教員

宗野 拓人
奥田 佳史

VLAN セグメントを使用して RaspberryPi4 の L3 スイッチ化を行い、L3 スイッチ製品との接続実験によりその機能を確認した。

Keywords : VLAN, IEEE802.1Q, RaspberryPi4, L3 スイッチ化, ブリッジ。

1. 緒言

本制作の目的は VLAN セグメンテーションを用いて RaspberryPi4 を L3 スイッチ化することである。図 1 のように、RaspberryPi4 には 1 つの LAN インターフェースと 4 つの USB インターフェースがあり、USB-LAN 変換器を使用することで最大 5 つの物理ネットワークインターフェースを使用できる。



図 1 左 ; USB-LAN 変換器 右 ; RaspberryPi4

2. VLAN(Virtual Local Area Network)の概要

VLAN とは、物理的な機器の接続とは無関係に、仮想的なネットワークを構築できる技術である。

2.1 タグ VLAN とは

タグ VLAN とは、IEEE802.1Q[1]に規定される VLAN の代表的な規格の一つ。イーサネットフレーム内に所属する VLAN を示すタグを付加し、受信インターフェース側はタグの有無やタグの内容で受信するパケットを決定する。VLAN タグは送信元 MAC アドレスとイーサタイプの間で 4 バイトで挿入される(図 2 参照)。

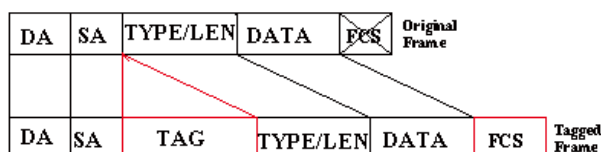


図 2 イーサネットフレーム[2]

2.2 VLANID について

VLANID は 4 バイトのタグのうち 12 ビット (0~4095) を使用する、所属 VLAN を表す識別子である。このため最大 4096 の VLAN がサポートされる。

2.3 PVID(Port VLAN ID)について

PVID とは無タグフレーム(VLAN タグを持たないフレーム)受信時に内部で付けられる一時的な VLANID であり、既定値は 1 だが変更可能である。

2.4 アクセスポートとトランクポート

アクセスポートは 1 つの VLAN に所属する、端末などを接続するポートであり、トランクポートは複数の VLAN が混在する、スイッチ同士の接続などに使用する

ポートである。

2.5 VLAN を使用する意味

VLAN はタグに含まれる VLANID によってセグメントを分割する。VLANID の違う VLAN は同一機器内でも通信できないため、それぞれのネットワークの独立性を維持できる。

2.6 VLAN の命名規則

VLAN インターフェースの命名規則は管理の都合上、"親インターフェース名.VLANID"が推奨される。CentOS Stream9 で NetworkManager を使用するコマンドラインベースの設定を行った場合は自動的に上記の命名規則が採用される。

3. 構成

実験のために図 3 のネットワークを作成した。所属 VLAN とネットワークの異なる 2 つのマシン間を L3 スイッチ化した RaspberryPi4 で通信する。VLANID は 200 と 400 をそれぞれ設定した。

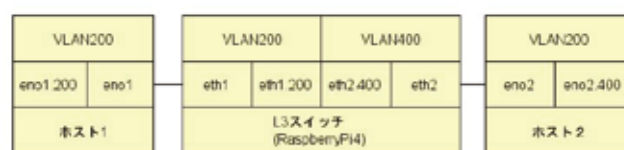


図 3 構築したネットワーク 1

3.1 L3 スイッチ化の手順 1

- ① CentOS Stream9 を RaspberryPi4 にインストール
- ② kernel-module-extra(VLAN を含むパッケージ)をインストール
- ③ VLAN インターフェースを作成
- ④ VLAN インターフェースを iptables で相互に IP フォワードを行う。

3.2 iptables コマンドについて

VLAN インターフェースであっても問題なく iptables コマンドで IP フォワードが行えることを確認した。以下に設定例を示す。

```
iptables -A FORWARD -i enp0s20u4.400 -o enp0s20u3.200 -j ACCEPT
iptables -A FORWARD -i enp0s20u3.200 -o enp0s20u4.400 -j ACCEPT
```

4. L3 スイッチの動作

実際には、VLAN インターフェースからパケットを送受信する際に必ず親となる物理インターフェースを通す。そのため図 4 のようにパケットが動く。

Source	Destination	VLAN ID	Interface
192.168.40.50	192.168.20.254	400	enp0s20u4
192.168.40.50	192.168.20.254		enp0s20u4.400
192.168.40.50	192.168.20.254		enp0s20u3.200
192.168.40.50	192.168.20.254	200	enp0s20u3

図 4 RaspberryPi4(L3 スイッチ)内の動作 1

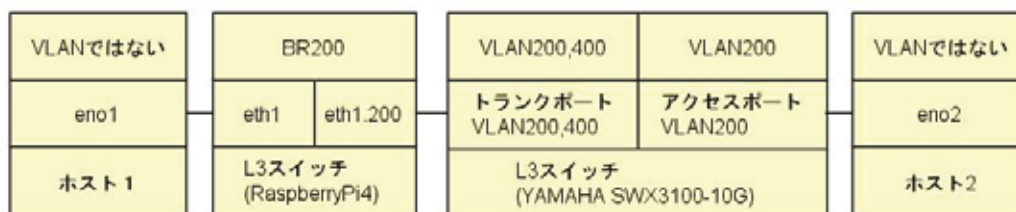


図5 構築したネットワーク 2

VLAN ID のついたパケットとついていないパケットが2つおき交互にキャプチャされている。VLAN のタグ付けが行われる位置が VLAN インターフェースで、VLAN のタグ外しが行われる位置が物理インターフェースであることがわかる。

5. 作成した L3 スイッチの欠点

iptables コマンドで作成した L3 スイッチはホスト側で VLAN インターフェースを用意する必要がある。YAMAHA 製の L3 スイッチ SWX3100-10G(以降 L3 スイッチ(SWX3100)と記述)[3]のアクセスポートは無タグフレーム受信時に VLAN タグを付加する仕組みとなっており、作成した L3 スイッチと併用する場合、ホストが接続する L3 スイッチによって設定を変える必要があるため一貫性がないといえる。

6. ブリッジを使用した L3 スイッチ化

L3 スイッチ(SWX3100)のアクセスポートの機能を再現するためにブリッジを使用して L3 スイッチを改良し、実験のために図5のネットワークを作成した。作成した L3 スイッチに接続されたホスト1と L3 スイッチ(SWX3100)に接続されたホスト2を通信する。

6.1 L3 スイッチ化の手順 2

- ① CentOS Stream9 を RaspberryPi4 にインストール
- ② kernel-module-extra(VLAN を含むパッケージ)をインストール
- ③ ブリッジインターフェースを作成
- ④ VLAN インターフェースを作成
- ⑤ アクセスポートとなる物理インターフェースと VLAN インターフェースをブリッジに隷属させる

6.2 ブリッジの作成

ブリッジが含まれるパッケージは NetworkManagr であるため、設定には NetworkManagr のコマンドである nmcli コマンドを使用した。今回の設定を以下に示す。

```
nmcli connection add type bridge con-name br200 ifname br200
nmcli connection modify br200 bridge.vlan-default-pvid 200
nmcli connection modify br200 bridge.vlan-filtering yes
```

6.3 作成した L3 スイッチの特徴

作成した L3 スイッチはブリッジとトランクポートにのみ VLAN が設定されている。ここでのトランクポートとは、ブリッジに隷属する VLAN インターフェースとその親である物理インターフェースを指す。これには VLANID を変更したい場合にブリッジとトランクポートの設定を変更するだけで所属するすべてのポートの VLANID を変更できるという管理上の利点がある。また、ブリッジにのみ IP アドレスが設定されており、実質的には同ブリッジに隷属するインターフェースとそのホストはすべて同一のサブネットに所属する。

7. ブリッジを使用した L3 スイッチの動作

ブリッジに隷属したインターフェースにパケットが

到達するとブリッジに転送される。また、VLAN インターフェースから送受信する際に必ず親となるインターフェースを通す。図6に動作を示す。

Time	Source	Destination	VLANID	Interface
6.209523306	192.168.90.5	192.168.90.94		enp0s20u9
6.209523306	192.168.90.5	192.168.90.94		br200
6.209529742	192.168.90.5	192.168.90.94		enp0s20u3.200
6.209538996	192.168.90.5	192.168.90.94	200	enp0s20u3
6.209791057	192.168.90.94	192.168.90.5	200	enp0s20u3
6.209791057	192.168.90.94	192.168.90.5		br200
6.209791057	192.168.90.94	192.168.90.5		enp0s20u3.200
6.209796653	192.168.90.94	192.168.90.5		enp0s20u9

図6 RaspberryPi4(L3 スイッチ)内の動作 2

応答パケットが enp0s20u3→br200→enp0s20u3.200 の順に通過しているように見えるがこれらのタイムスタンプはナノ秒単位で一致しており、ほぼ同時に通過していることがわかる。しかし、実際の通過順は enp0s20u3→enp0s20u3.200→br200 となる。これは L3 スイッチ(SWX3100)のトランクポートから送られてきたタグ付きのパケットがまず enp0s20u3 に到着し、その後 VLANID の一致する適切な VLAN インターフェース(本構成の場合は enp0s20u3.200)に割り当てられた後にブリッジに転送されるという送信側のパケットと逆方向の動作をすることを想定して作成したからである。

7.1 アクセスポートの動作

ここでのアクセスポートとは、ホストに接続されている物理インターフェースと PVID が設定されているブリッジを指す。アクセスポートではホストから無タグフレームを受信し、ブリッジに転送する。転送先のブリッジで VLAN タグを付加され、適切な VLAN インターフェースに割り当てられるが、ブリッジに設定されているのは PVID であるためブリッジから出る際に PVID に基づいて VLAN タグは外れる。

7.2 トランクポートの動作

トランクポートでは、ブリッジから受け取ったパケットを親である物理インターフェースに渡し、その際に再度 VLAN タグを付加する。

8. 成果

RaspberryPi4 に CentOS stream9 を導入して L3 スイッチ(SWX3100)と同等に使用できる L3 スイッチを作成し、ネットワーク実験によりその動作が正しいことを確認した。

文献

- [1] 8021Q-2022-IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-Bridges and Bridged Networks
- [2] cisco.com
- [3] network.yamaha.com/products/switches/swx3100-10g

(令和7年1月31日提出)

環境センサを用いたモニタリングシステム

近畿職業能力開発大学校

電子情報技術科

指導教員

平井陽大, 吉武万奈, 鹿庭颯人, 川端康暉

新山 亘

環境センサから取得可能なデータを取得・保存し、表示できる IoT システムを構築した。基本システムを構築後、データベースの拡張、センサの拡張、通信方式の拡張（BLE、LoRa）等システムの発展方法を実証している。

Keywords :Web アプリ, 環境センサ, BLE, LoRa

1. 緒言

近年「モノ」に付随する諸量をセンサで検出し、取得データをインターネット経由で収集し解析する IoT システムが普及している。昨今の激変する環境変化に対して、温度、湿度、気圧、照度、騒音など環境諸量を収集し、複合的観点で解析することが重要である。以上の点を鑑み、モニタリングに重きを置いた IoT システムを制作することにした。

2. システム構成

2.1 システムの概要 過去2年間はWebで提供されたサービスを活用してシステムを構築した。しかしオープンソース開発では、提供されるサービス内容の拡大に伴うアップデートやバージョンアップが頻繁になり、システム維持の労力が増大する。今年度はIoTの基本動作に最低限必要な機能、WebサーバとCGI(Common Gateway Interface)を用いたプロセスおよびデータベースに限定したシステムに再構築した。従ってLinuxやWindows環境下でローカルにシステムを構築し運用できる。また規模拡大に合わせてWebシステムへ変換可能である。今回使用したハードウェアはRaspberry Pi 5, Arduino UNO R4 WiFi およびセンサユニットである。ソフトウェアは、サーバ側はOSがRaspberryPi OS bookworm, WebサーバはApache 2.4.62, データベースはsqlite 3.40.1であり、Arduino側はArduino 1.8.19である。

2.2 サーバの設定 Apache2は標準構成でインストールし、ユーザ毎に設定可能なUserDir機能を用いてユーザのホームディレクトリ下にWebコンテンツおよびCGIディレクトリ[1]を格納した。

2.3 センサの設定 センサにCO2センサSCD40を用いてCO2濃度、温度、湿度をモニタリングした。CGIプロセスがサンプルデータを取得しデータベースに保存可能なことを確認した後、無線LANを介して直接CGIプロセスにアクセスするプログラムを作成し動作確認を行った。

3. システムの拡張

3.1 データ表示 最初に作成したCGIプログラムは、データベースのテーブルデータを文字列表示するものであり、視覚性に欠けていた。Pythonにpandasライブラリを追加しsqlite3からデータを取得し、グラフ

表示し、SVG形式で保存するプログラムを作成した。プロセスがpythonを起動しプログラムを読み込み実行することはサーバの負担が大きい。そこでJavaScriptのグラフ表示ライブラリを利用して直接グラフを表示するプログラムに変更中である。

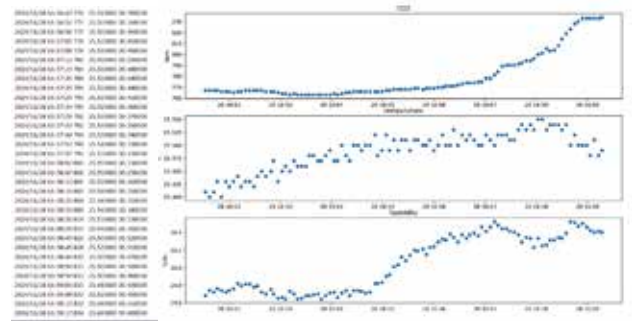


図1 CO2濃度、温度、湿度データの表示

3.2 データベース 今回使用したsqlite3はファイル単位がひとつのデータベースで管理が簡単である。しかしデータ型が整数INTEGER、浮動小数点数REAL、文字TEXT、BLOB(Binary Large Objects)、NUMERICに限定され細かな設定ができない。そこで汎用のオープンソースデータベースPostgresql, MySQL・MariaDB等や商用データベースOracle, SQLServer等にも容易に接続可能なODBC(Open Database Connectivity)を使用することにした。これらのDBMSはデータベースでユーザを管理するため管理の負担が増えるが、信頼性は高い。

3.3 CO2センサ COVID-19発生以降、人の密集度を測るセンサとしてCO2センサの需要が急増した。経済産業省より「二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドライン」[2]が発表され、CO2の検知原理は非分散型赤外線吸収方式NDIR(Non Dispersive InfraRed)や光音響方式の光学方式が指示されている。過去2年間はNDIR方式のSCD30を使用している。今年度はコンパクトで安価になった光音響方式のSCD40を導入し、測定結果を比較しSCD30と同等の結果を得た。また光学方式でない非公認の、H2濃度から二酸化炭素相当量を算出するeCO2濃度測定方式のSGP30と比較し、測定値が有効な条件を探っている。このセンサは総揮発性有機化合物(TVOC)とH2濃度を測定するため、TVOCの影響を受けるため、日常環境におけるTVOC発生との相関を調査する。



図2 CO2 センサ (左から SDC30, SDC40, SGP30)

3.4 BLE センサ 測定頻度は比較的低い長期間測定したい場合は、電力消費量が重要となる。無線 LAN は送受信時の電力消費が大きく、電池駆動には不適切である。このような用途には BLE (Bluetooth Low Energy) が適切である。規定に則った測定ならば、スマートフォンでモニタリングできる。今回 BLE 通信機能を有する CPU として Nordic の nRF52840 を選定した。CPU ボードには Adafruit nRF52840 Feather[3]を使用する。BLE 通信専用のため、電池駆動の BLE ペリフェラルを作製するのに適している。BLE にはデバイス側からセントラル側に通信可能な Notify 機能があり、セントラル側がデータの有無を確認するポーリングは必要ない。まず HRM (Heart Rate Measurement) が規定されている [4][5]心拍数測定用 BLE ペリフェラルを作製し、スマートフォンのアプリ nRF Toolbox でモニタリングしてみた。続いて BLE セントラルのプログラムを作製しデータ受信を確認する。複数の BLE ペリフェラルからデータを受信できるように BLE セントラルのプログラムを変更し、これらの受信データを無線 LAN でサーバに送信できる BLE-無線 LAN ゲートウェイのプログラムに変更する。

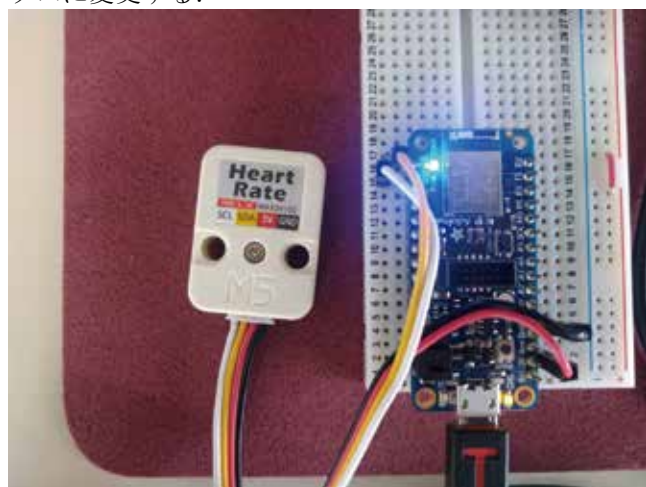


図3 Adafruit nRF52840 Feather による HRM ユニット

3.5 LoRa LoRa(Low Power Wide Area)はデータ量は少ないが長距離通信が可能な規格である。物理層は 920MHz の LoRa 変調だが、MAC 層は独自プロトコルのものと LoRaAlliance で規格された LoRaWAN の2種

類がある。今回はプライベート LoRa を用いて到達距離測定を行う。見通しの良い環境で数 10km, 市街地でも数 km と言われているが、アンテナの設置場所や障害物の有無により大きく変化する。近年マイコンに無線ユニットを組み込んだ STM32Wx が販売され始めて急速に普及が進んでいる。今回は ESEL 社の ES920LR3 を用いて M5Stack Atom 用にまとめたマイアクリエイトのモジュールと、授業で使用した M5AtomS3 および環境センサ ENV-4 でシステムを構成している。



図4 ES920LR3 による環境データの LoRa 通信

4. 結言

当初は Apache 2 の設定が、授業で使用した Windows と RaspberryPi OS (Ubuntu) で大きく異なることに戸惑った。基本構成が完成するまでに期間を要したが、Web システムのデバッグ方法に不慣れのためであった。12 月の集中実習になって漸くシステムの拡張に取り掛かり、システムの全体像が明確になった。

5. 謝辞

今回の発表内容のうち 11 月中旬までに完成した内容を、11 月 26 日～28 日に東京ビッグサイトで開催された「アグリビジネス創出フェア 2024」で展示する機会を得た。部外の方々に説明し質問やコメントを頂く機会を得たことは大切な経験となった。

文献

- [1]: Apache Tutorial: CGI による動的コンテンツ, <https://httpd.apache.org/docs/2.2/ja/howto/cgi.html>, 参照: 2025. 01. 10, 2025.
- [2] 経済産業省: 二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドライン, <https://www.meti.go.jp/covid-19/guideline.pdf>, 2021.
- [3] lady ada: Introducing the Adafruit nRF52840 Feather, <https://learn.adafruit.com/introducing-the-adafruit-nrf52840-feather> 参照: 2025. 01. 10.
- [4] Bluetooth.org, Heart Rate Profile V10r00, 2011-07-12
- [5] Bluetooth.org, Heart RateService V10r00, 2011-07-12
- [6] マイアクリエイト: M5ATOM 用 LoRa 無線キット (ES920LR3), http://ikkei.akiba.coocan.jp/ikkei_Electronics/KIT_LR3.html 参照: 2025. 01. 10. (令和 7 年 1 月 30 日提出)

若年者ものづくり競技大会に向けた自走ロボットの製作

近畿職業能力開発大学校

電子情報技術科

指導教員

石川 隼人, 川島 隆太, 平島 寛士, 毛利 太軌

モンゴメリー 露伊 エリクス

本テーマでは、若年者ものづくり競技大会の種目である「ロボットソフト組み込み職種」に出場するために必要となる自走ロボットを製作することが課題である。自走ロボットの製作にあたり、競技大会の課題となっている安全な走行が可能であることを目標とし、センサやアームに関するプログラム、およびハードウェアの製作、改良を行った。

Keywords : 若年者ものづくり競技大会, 自走ロボット, プログラミング, ハードウェア。

1. 緒言

若年者ものづくり競技大会の種目であるロボットソフト組み込み職種では、自走ロボットが安全に走行できることを原則とし、フィールド上にあるワークを指定の場所に運搬することが課題となっている。また、安全に走行するためには自走ロボットが障害物に当たらないようにすることが前提とされる。

本報告書では、自走ロボットとフィールド上にある障害物やワークにぶつからないようにするための測距センサに関連する取り組みについて述べていく。

2. 若年者ものづくり競技大会について

若年者ものづくり競技大会のロボットソフト組み込み職種の課題の共通点として、フィールド上のワークを指定の場所に運搬することが挙げられる。

図1に、令和6年度のロボットソフト組み込み職種で使用されたフィールドの外観を示す。フィールドの大きさは1800mm×2700mmである。フィールド上には障害物、アリーナの壁、バットおよびワークが乗っている紙コップが配置される。自走ロボットは障害物やアリーナの壁に接触しないようにフィールド上を移動する必要がある。



図1 フィールドの外観

図2に、フィールド上に配置されているワークが乗っている紙コップの一例を示す。課題では2種類の大きさの紙コップを使用し、配置される紙コップの大きさは課題によってランダムに配置されるように設定されている。紙コップの大きさによってワークの高さが変わるため、自走ロボットはワークの高さに関係なく対応できるように設計する必要がある。



図2 ワークが乗っている紙コップの一例

大会では、事前に提示されている「安全機能装置の検査」と「走行検査」の条件を満たすよう動作することを必須とし、当日に発表される課題に合わせて自走ロボットを調整して課題をこなしていくことになる。

3. センサ部分の開発

3.1 センサについて 大会では、機体が障害物やアリーナの壁にぶつからないようにセンサを使い制御していた。しかし、障害物等にぶつかってしまったり、ワークとの距離が離れていたり課題をこなすには不十分な性能であった。そこで、大会での反省を生かし、センサ部分の改良に取り掛かることにした。

図3に、バンパー及び測距センサの配置について示す。測距センサはVL53L1Xを用いることとし、バンパーより内側になるよう測距センサを設置した。



図3 バンパーおよび測距センサ

3.2 測距センサの複数同時使用について 測距センサのデータのやり取りはI2C方式で行われる。今回使用する測距センサは、スイッチ等による外部からの入力装置による初期アドレスを変更する手段がなかった。そこで、今回はI2C方式のアドレス変換器LTC4316を使用することにした。

図4に、LTC4316周りの抵抗値の接続回路図を示す。LTC4316は、XORHおよびXORLのピンに対して特定

の電圧をかけることにより，任意のアドレスに変換して使用することができる．このとき，抵抗器は分圧を行うため適切な値の抵抗器を用意する必要がある．

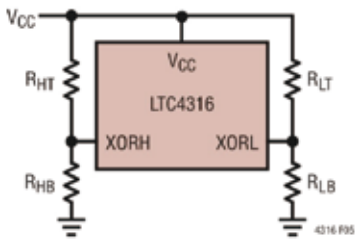


図 4 LTC4316 と抵抗器の接続回路図

表 1 に，抵抗値によるアドレス変換した後のアドレスを求めるための表を示す．抵抗器を配置する箇所は全部で 4 箇所あり，各箇所に適切な値の抵抗値を配置することによって初期のアドレスから任意のアドレスへ変換することができる．

表 1 抵抗値によるアドレス変換表

R _{HT}	R _{HB}	R _{LT}	R _{LB}	XO H	XO L	変換後アドレス	XOR
1000	280	280	1000	0.21875	0.78125	0×18	0×9C
1000	392	1000	392	0.28125	0.71875	0×9D	0×1A
1000	520	520	1000	0.34375	0.65625	0×73	0×5A
520	1000	1000	520	0.65625	0.34375	0×5B	0×96
1000	637	1000	367	0.47056	0.52943	0×5C	0×77

実際に測距センサとアドレス変換器のみで回路を試作し I2C の機能を持っている Arduino を用いて動作を確認してみた．信号が正しく送られていなかったり，波形が乱れていたりと正常に動作しなかった．

図 5 に不安定な信号，図 6 に安定した信号を示す．波形はオシロスコープで測定した．図 5 のような不安定な信号について，Arduino の内部プルアップが機能として不十分であることが原因だと考えた．そこで，外部にプルアップ抵抗を配置して対処することにした．プルアップ抵抗を配置すると，図 6 のように安定した波形を得ることができた．これを基に，電源周りにコンデンサーを配置するなどの調整を行い，完成した試作回路を基盤にするため設計した．



図 5 不安定な信号の波形

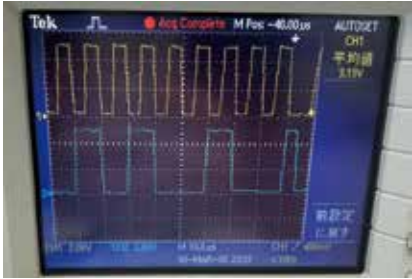


図 6 安定した信号の波形

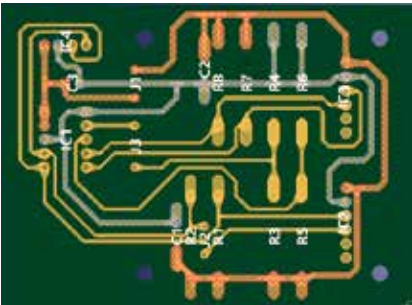


図 7 製作したアドレス変換回路

3.3 回路基板の問題 図 7 に製作したアドレス変換回路を示す．回路にはアドレス変換器が基板上に乗るように設計されており，基板の接続口にはマイコン側につながる 1 つのコネクタとセンサがつながる 2 つのコネクタが配置されている．

試作段階では 6 個の測距センサを複数のアドレス変換器を用いて動かすことを考えていた．しかし，センサおよびアドレス変換器を使用する個数が増えるほど信号を安定させることが難しくなり，安定性をとるためにセンサの使用個数を 2 個に減らした．測距センサの配置の仕方によって自走ロボットの向きの補正に用いることができると判断したためである．センサ 1 個では自走ロボットの向きの補正が不可能であるため，距離を測ること，および自走ロボットの向きの補正を行うために最低限の個数である 2 個のセンサがつながるように基板の設計を行った．

アドレス変換回路の動作確認を行ったところ，センサ 1 個ずつの場合はアドレス変換器を用いない通信，アドレス変換器を用いた通信，双方で正常に動作した．しかし，2 個同時に通信を行おうとすると正常に動作しなかった．

4. 反省と今後の課題

今回センサの複数同時接続について開発をしたが，正常に動かすことができなかった．

試作の段階では動いていたが，想定外の現象が起こったため多くの時間を費やすことになった．部品同士の相性が悪く動作しないこともあったため，調べたうえで再度確認するべきだと考えられる．

また，センサのほかにも，アーム，画像処理およびモータ制御など機体を改善すべき点は多くある．

(令和 7 年 1 月 30 日提出)

サッカーロボットの制作

近畿職業能力開発大学校

電子情報技術科

指導教員

青井 宏樹, 阪口 詞音, 中山 泰志,

西口 太陽, 林 悠叶, 廣 悠介

大久保 欣哉

今回、我々は無線を用いた遠隔制御の車輪ロボットと二足歩行ロボットを使ってサッカーロボットを製作している。車輪ロボットは、通常の授業でも製作するが、ロボット内に新たにシリアル通信を増設し、ジャイロセンサーや超音波センサなどが搭載できるか確認した。また、次年度の授業に向けて CPU も変更した。二足歩行ロボットは、5 年及び 10 年以上前に販売されたロボットキットが発見されたので、サッカーロボットとして使用できるか製作して確認を行った。

Keywords : ロボットサッカー, 2 足歩行ロボット, RX631, 旧 windowsOS.

1. 緒言

今回は、我々はロボカップサッカージュニア対応のサッカーロボット作りを行った。ロボカップサッカーは、大きく 2 つの形式のロボットのタイプがあり、二足歩行タイプと車輪タイプである。我々は、3 人ずつ二足歩行チームと車輪チームで製作を行っている。ロボカップジュニアで使用されているコートの大きさは、1120x1830mm で、ボールは直径 74mm, 20 個の波長 940nm の赤外線 LED を搭載してロボットへ位置の情報を伝える機能を持っている。

2. ロボットの概要

2.1 二足歩行ロボットチーム (阪口, 中山, 廣) 二足歩行チーム 3 名は、図 1 に示す通り一人 1 台ずつ担当のロボットを決め実習を進めている。この 3 台は、いずれも過去に先輩が製作したもので、10 年以上経過していることから、部品の欠落や開発環境が紛失していたり無かったりして、その確認作業から始めた。今年度は、動作確認と無線コントローラを使って、サッカーを行うことを目標とした。



図 1 3 台のサッカーロボット

2.2 車輪チーム (青井, 西口, 林) 車輪チームは、ゼロベースから作成しており、高さ並びに直径 220mm

円筒内収まるように製作を行っている。車輪チームは、実習でもサッカーロボットを製作していることから、超音波センサ、色センサ、赤外線センサを使用して、独立してサッカーが行えることを目標としていた。しかしながら、現在使用しているマイコンでは、機能や入出力信号の数が不足したことから、急遽 CPU の変更目標を変更した。図 2 に CPU 変更後のロボットのイメージ図を示す

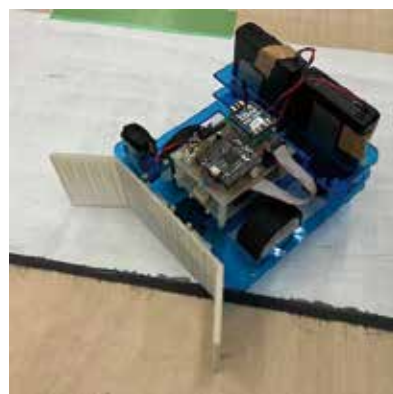


図 2 CPU 換装後のサッカーロボット

3. 制作

3.1 二足歩行ロボットチーム HP を検索して、ロボットの型番を検索したところ、手に入れた 3 台のロボットは、それぞれ亀ロボット (KXR-L4-R) のキット、10 年以上前の近藤科学製の製品 (KHR-1), ディアゴステイニで販売されていたロボザックであった。まず、亀ロボットの 2 足歩行化のキット並びに、マニュアルおよび開発ソフトを特定した。ただ、亀ロボットについては 2 足化キットがすでに販売を終えていたことから、現在販売されているパーツより選択して購入することになった。開発環境については、すべてのマシンが、Windows7 及び windows7 の XPMODE を使用しなければならない状況だったので、古い世代 (第 2 世代) のマザーボードを購入し、パソコンを別途構築し、ネットワークにつないでいない状況で使用することにした。また、これらの OS は、購入ができなくなってい

るので、使わなくなった OS を当科の先生方をお願いして供出してもらった。OS をインストールしてから、残された CD 又は、ネットワークが使用可能なパソコンから開発環境をダウンロードして構築を行った。また、10 年以上前のロボットであることからバッテリーなどの消耗部品が経年劣化で使えなくなっていたので、とりあえず、汎用電源より電力を供給し動作をさせた。それぞれの開発環境を図 3 に示す。

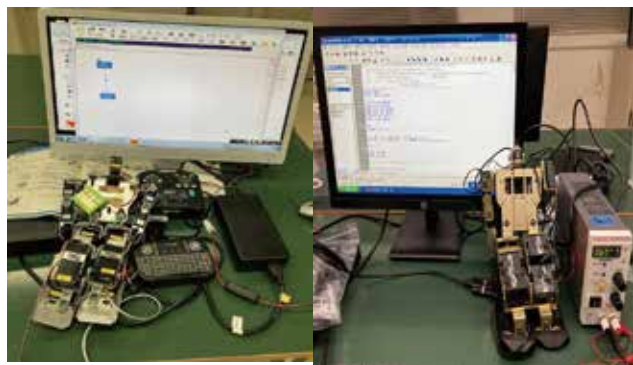


図 3 サッカーロボットの開発環境

結果として図 4 に示す通り、ボールを蹴って、歩くところまで動作させることはできた。



図 4 ボールを蹴るロボット

3.2 車輪チーム 当初は、実習で全員 1 台ずつ作成しているサッカーロボットを改良し、リモコンによる遠隔制御から超音波センサや赤外線センサを使用した独立で動作させることを考えたが、使用している CPU である MicroChip 社製 PIC マイコンのスペックを考慮するとそのまま使用するのには、非常に厳しいことが判明した。そのため、急遽独立制御のテーマから次年度以降に実現するためのマイコンの換装にテーマを変更した。色々検索して適当なマイコンを探したが、結局 1 年生にマイクロコンピュータ工学実習で使用しているルネサスエレクトロニクス社製の RX シリーズが適当ではないかという結論になった。また、その中でもマ

イクロマウスなどで使用されている実績のある RX631 シリーズを使うことになった。表 1 に現在使用している PIC マイコンと RX マイコンのスペックを示す。RX に換装するためにまず、PIC の DIP パッケージに対して RX マイコンは QFP パッケージであるので、そのままでは、動作チェック難しいことから図 5 に示すような変換基板を作成した。

表 1 換装後と換装前のマイコンの主なスペック表

マイコン	RX631(64pin)	PIC16F1829(20pin)
CPU	32bit	8bit
Memory	256KB	8KB
I/O	42	18
SCI	4	1
Clock	200MHz	20MHz

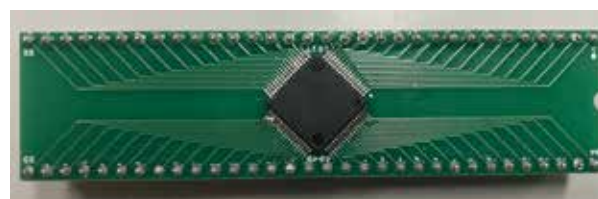


図 5 QFP を DIP に換装する。

DIP へ変換後ブレットボード上で、図 6 に示す通りマイコンと RX の開発環境である CS+へデバッグ E1 を用いて Fine 接続を使い接続しデバッグしながらプログラム開発が可能であることを確認した。なかなか繋がらず苦労したが、データシートの所々にかかっているデバッグにつなぐ際に必要なピンの処理が分かったので、それを反映させながら、14 列×4 のモジュール化を行い図 2 に示す形で、サッカーロボットへ応用が可能であることを示すことができた。

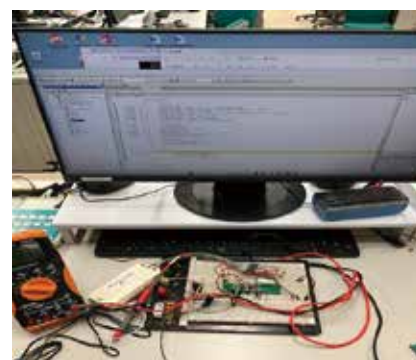


図 6 RX マイコンを CS+へ E1 を使って接続する。

4. まとめ

まとめとして、古い 2 足歩行ロボットは、動作確認並びにボールを蹴って動作することはできたが、今後続けていくには、サーボモータなどの制御機器の性能がかなり進化していることから、改めて最新の物を購入して行うべきだということが分かった。また、車輪型は来年の実習へ応用できる可能性が見えた。

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

学生向けコンペティション参加による卒業設計

近畿職業能力開発大学校

住居環境科
指導教員

岡谷 翔真, 的場 浩祐, 南出 琥次郎
前田 由佳

これまで学んできた建築設計実習や建築計画の知識を活用し、総合制作実習では、学生向けコンペティションに2回取り組んだ。どちらも課題として、テーマや設計条件が与えられる。それに対して計画敷地の調査から、アイデアの発想、コンセプトの立案、デザイン、設計、模型製作、プレゼンボード作成までを行うことで、建築設計作業の一連の流れを学ぶ。このようなコンペティションに取り組むことによって、特に自分のアイデアを形にするまでの能力を身につけることができた。

Keywords : あすなろ夢建築, 現地調査, コンセプト

1. 緒言

私たちは授業の中で、基礎製図、インテリア計画、建築設計実習Ⅰ、建築設計実習Ⅱ、建築法規、建築計画などを通して基礎的な知識・技術を学んだ。これらの知識をもとに2回のコンペティションに参加する。2回のコンペティションを通してテーマに対して的確かつあたらしい建物の計画、設計ができるようになることと、ニーズを把握し、計画予定地周辺の文化、歴史を解説、現地周辺の調査、状況の把握をし、法的条件の整理、その後建物の計画、コストの算出したのち、図面を描く、このような設計業務のフローを理解し、身につけることを目的とする。

この設計業務の流れの中で、図面や模型、プレゼンボードを作成していく。その際に設計からプレゼンテーションまでで使用する道具の使い方・表現方法をあわせて習得する。

2. 第2回目のコンペティションの概要

あすなろ夢建築大阪府公共建築設計コンクール

- ・課題：大阪府営羽倉崎住宅の集会所
- ・テーマ：人と人をつなげる場
- ・設計条件
計画対象：大阪府営羽倉崎住宅の集会所
所在地：泉佐野市新安松3丁目
計画地面積：約400㎡
床面積：150㎡以下
構造・規模：木造・平屋建て・1棟
提出物：A2版の用紙1枚 縮尺1/100（配置図兼屋根伏せ図、平面図、断面図、立面図、外観パース、作品タイトル、設計主旨）

3. 具体的方策

集会所のコンペティションにあたっての手順は以下のとおりである。

- ①集会所の用途を考える②計画敷地を調査する③コンター模型を作る④コンセプトを立てる⑤仕掛けを作る⑥シーンを考える⑦ゾーニングをする⑧プランニングをする⑨スタディ模型作成⑩パース作り⑪プレゼンテーションボード作成

3.1 現地調査 現地調査では、計画地周辺の建築物の高さや土地の高低差を観察しメモやカメラを用いて調査した。その後計画地周辺を探索し、周辺の交通量や住民の年齢層、活動の様子、計画地と同線上つながる公園や駅などの調査を行った。（図1）



図1 現地調査

3.2 敷地コンター模型作成 現地調査で確認した高低差の情報や団地周辺の地図をもとに1/300の敷地コンター模型を作成し、計画建物のボリューム検討を行った。（図2）



図2 敷地コンター模型

4. コンセプトの立案

テーマが人と人をつなげる場ということで、世代の違う人々をどのようにつなぐことができるのかを考えた。そこで出たコンセプトが「ギャルドリーとマルシェのある集会所」である。

ギャルドリーでは、団地や周辺地域に住む子供たちの居場所づくりとして、団地のご年配の方々に協力してもらい安心して過ごせる場所を提供する。このことで団地住民をつなげ、団地の活気を上げる。

マルシェでは、団地住民の方々は勿論、その周辺の

新しい住宅地の方々も引き寄せ、新しいコミュニティを増やし集会所から周辺の地域の活気も上げる。

5. 設計内容

5.1 ギャルドリー ギャルドリーでは、キッチンで料理を学べる場を設ける。子供たちと一緒に料理の作り方や食材に直接触れることで、子供たちと接する機会を増やし、さらにコミュニケーションの場を増やす。また、団地内広場の一部に畑を提案した。子供たちと一緒に畑で花や野菜を育て、食材のありがたみや季節ごとの旬の食材、春の七草などの知識を学ぶ。

5.2 マルシェ マルシェでは、広場を利用しイベントを開催することを提案する。その1つとして野菜のマルシェである。理由は、ご年配の方から若い夫婦の方まで幅広い年齢層の方々が集まる場となり、地域の活性化につながると考えたからである。(図3)



図3 広場で野菜のマルシェ

5.3 ウッドアラウンド ウッドデッキを集会所内から集会所外までを1周できるようにし、子供たちの走り回るシーンを想像し計画した。(図4)



図4 ウッドアラウンド

5.4 集会所と周辺の関係 集会室とキッチンイベントで利用することとし、広場側に配置し、玄関と巡回管理員室は団地のある側に配置した。倉庫に関してはマルシェなどのイベントでの道具を保管することとしたため利用しやすいよう広場側に配置した。(図5)



図5 集会所と周辺の関係

5.5 集会室を明るくする工夫 屋根に段差をつけ、そこに窓を取り付けて集会室に太陽の光を入れるようにする。それにより集会室で子供たちやご年配の方々が太

陽の光で心地よく昼寝や日向ぼっこができるようにした。(図6)

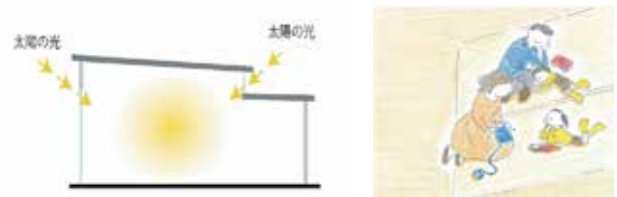


図6 集会室を明るくする工夫

6. プレゼンボード

プレゼンボードは、楽しく明るい雰囲気にするため、イラストは手書きで描き、配色も暖かみのある色を使用した。(図7)

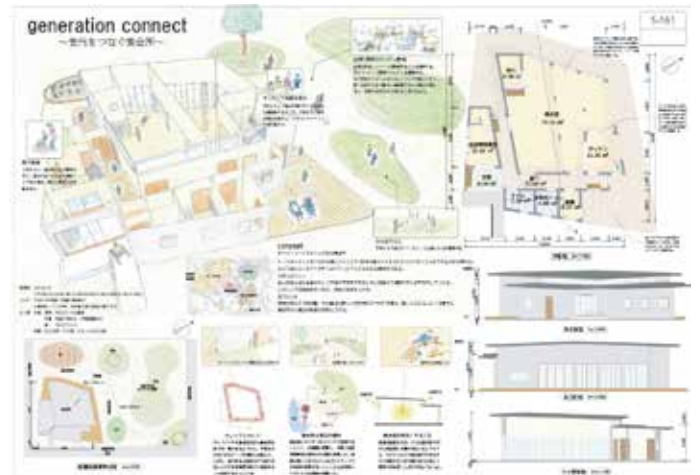


図7 プレゼンボード

7. 模型作成

作成した図面をもとにスチレンボードやバルサ材など用いて、1/50 模型を作成した。(図8)



図8 集会所模型

8. 結言

2 回のコンペティションを通じて得た経験は、建築設計の一連の業務フローを実践的に理解し、自らの設計能力を向上させる貴重な機会となった。敷地周辺の文化や歴史の解説、法的条件の整理、コスト計算、そして図面や模型、プレゼンボードの作成までの一連のプロセスを通じて、建築における計画と実現の重要性を深く理解することができた。これらの経験を基盤に、今後さらに高度な設計やプレゼンテーションに取り組み、社会や地域のニーズに応える建築物を創造する力を養っていきたいと考える。

(令和7年1月30日提出)

合板を用いた木製家具の制作（玄関シェルフ）

近畿職業能力開発大学校

住居環境科

指導教員

北脇 凜乃

大石 拓海

玄関に置くことで、家の顔となる機能的かつ華やかな家具を制作することにした。初めに、試験的に合板の曲げ加工を行った。今回は、合板に水分と熱を加えて曲げる方法を採用した。その結果、板の割れ、部分的なへこみや汚れの付着、シワの発生などの問題点があったが、新たな治具を作製することで改善した。設計した家具は、金物を使わず取り外しができる家具として、本作品の設計を決定した。

Keywords：合板、家具、曲げ加工、治具。

1. 緒言

合板は木材を原料として製造される木質材料の一種である。丸太をかつらむきのように切削した単板を、繊維方向が直交するように積層接着して作られる。これにより、繊維と直交する方向に弱いという木材の異方性を改善している [1]。

また合板には様々な種類があり、建築物の屋根、壁、床の下地材、住宅内装や家具の材料、コンクリート打設のための型枠などに利用されている。これらはいずれも平滑な面を持つ板材としての活用がほとんどで、曲面を構成するものは曲げ合板などの特殊な例を除いて少ない。しかし、曲面を構成することができれば、活用の場がさらに増えることが考えられる。

そこで今回は、曲げ加工した合板を活用した家具を制作する。

2. 設計

2.1 コンセプト 曲げた合板を使用した、玄関で使える家具をコンセプトにした。玄関は建物の入り口であり、多くの人がその建物内の空間で最初に利用するスペースである。そのため、初めて訪れた人にとっては、建物の印象を決定づける重要な空間である。曲面を取り入れた、木材の持つしなやかさを感じられる家具の制作に取り組むこととする。

2.2 曲げ板の加工方法の検討 まず、合板の曲げ加工についての検討を行った。一般的な木材の曲げ加工としては、大きく 2 つの方法が存在する。1 つは木材に一定の間隔で鋸目を入れ、部分的に断面寸法を小さくすることで曲げる方法である。この方法は、鋸目の幅や間隔を変化させることにより、曲線半径をある程度調整することができる。しかし、切れ込みを入れることによる強度の低下や、美観を損なうといった問題点がある。もう 1 つの方法は、木材に水分と熱を加え軟化させることで曲げやすくする方法である。この方法は、強度や美観といった品質を保ちつつ曲げ加工ができる長所がある反面、任意の曲面を作ることが難しい、シワが発生しやすいなどの短所も存在する。

本制作では、合板の持つ特徴を活かした家具を作成するため、熱を加える曲げ加工を行った。

2.3 曲げ加工の条件の決定 次に、条件を変えて曲げ加工を行い、仕上がりを鑑みて本制作における加工条件を決定した。幅 300mm、長さ 1200mm、厚さ 15mm のシナ合板を試験体とし、以下の手順で加工を行った。

①吸水

試験体を水に浸した状態で一定時間放置し、吸水させた。吸水時間に関する実験を行い、1 時間、3 時間、24 時間の各時間における含水率を計測し、曲げ加工を行った。1 時間では、試験体の端と中央で含水率の差は見られなかったが、曲げ加工の際に板が割れてしまったことから、水分が不足していたと考えられる。3 時間では、端と中心での含水率に最大 8% の差があったが、曲げ加工は問題なく行うことができ、十分な水分量が確保されていた。24 時間では、端と中心での含水率に 23.5% もの大きな差があり、曲げ加工後の試験体表面にシワが発生していたことから、過剰な水分はかえって仕上がりが悪くなることが分かった。その後、2 時間の吸水で同様の実験を行ったところ、問題なく曲げ加工ができたため、本制作では 2 時間吸水した材料を用いることとした。

②加熱

吸水後の試験体に濡れウエスを巻き付けた（図 3）。これは試験体表面が乾燥し、加熱後の曲がり具合に影響が表れることを防ぐためである。次に試験体全体に熱を伝えるため、また加えた熱を保持するために、ウエスの上からアルミホイルを巻き付けた（図 4）。その後、アイロンの最高温度である 200℃を使用し、1 か所につき約 15 秒間、板全体に熱を加えた。この作業は試験体の両面に対して行った。



図 3 ウエス



図 4 アルミホイル

③固定

加熱した試験体からアルミホイルとウエスを外し、固定用治具に固定した（図 5）。長さ方向 600mm に対して 100mm 以上持ち上げるように曲げようとしたところ、試験体が割れた。この結果から、本制作における曲げ板の曲面は長さ方向 600mm に対して 100mm 持ち上げることとした。これに合わせ、試験体の上下を挟み、クランプで締め固めることによりプレス加工のように曲げ加工ができる治具を新たに制作した（図 6）。

以上の結果から、本制作における曲げ加工の条件を表 1 に示す通りに設定した。



図 5 固定用治具 図 6 固定用治具（プレス）

表 1 曲げ加工の条件

吸水時間	2 時間
含水率	30%前後
加熱温度	200℃
加熱時間	1 か所につき 15 秒
固定時間	24 時間以上

2.4 本設計 曲げ板を側板に使用し、家具全体が丸みを帯びた形状にすることで、柔らかい印象を与えることができると考えた。1115 mm の板に対して、上下にそれぞれ 100mm のスペースを取り、そこから 228.75 mm の間隔で 5 枚の棚板を取り付けた（図 7）。これは、玄関で靴を置くことを想定して棚板の間隔を設定したためである。側板に幅の異なる 2 段の穴を開け、棚板上から落とすことで固定した（図 8）。

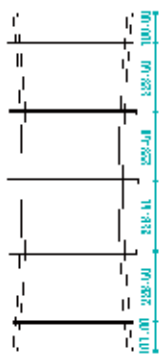


図 7 正面図



図 8 側板の穴開け

3. 加工

3.1 側板の加工 実験から決定した加工条件で 2 枚の側板に曲げ加工を行った。各側板に対して中央と両端の計 3 回加工を行い、おおよそ想定通りの曲面を作成した（図 9）。その後、棚板を通すための穴開けを行った。曲面の側板に対して鉛直方向に穴を開ける必要があるため、専用の治具を作成した（図 10）。ジグソーとトリマーを用いて穴開けをした後、金属ヤスリで角部の調整を行った。



図 9 曲げ加工後の合板

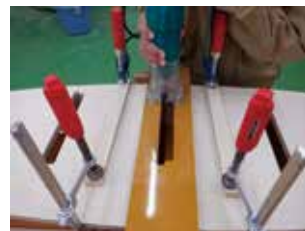


図 10 穴あけ用治具

3.2 棚板の加工 棚板は取り付ける場所により、部材の長さや側板との接合部の位置、角度が異なる。そのため、部材ごとに CAD データを確認し、墨付けを行った。側板との接合部は、墨に沿って手鋸とノミで加工した（図 11）。



図 11 加工した棚板

3.3 組立て 棚板を側板に差し込み、既定の位置で落とし込み固定した。組立て後の状態を図 12 に示す。



図 12 組み立て後

4. 課題点と改善案

曲げ加工の際に固定用治具から外すと、曲げの角度が少し戻る。そこで、曲げた状態を保ちながら冷却をすること、固定時間を長くすることや、加工後に合板の両面に軽くサンディングを施すことで、曲げの戻りを抑えることができた。と考えた。

5. 結言

本作品を通じて、合板の曲げ加工におけるさまざまな課題とその解決策を実践的に学んだ。特に、曲げ加工の条件や治具の制作によって、精度の高い仕上がりが得られることが確認できた。また、玄関シェルフという家具を制作する過程で、機能性と美観を兼ね備えたデザインの重要性を再認識した。今後は、さらに精度を高めるとともに、効率的な制作方法の追求を続け、木材加工技術の向上に努めていきたい。

文献

[1] 橋高 義典 杉山 央: “建築材料”, pp.102-104, 株式会社 市ヶ谷出版社, 2024.

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

合板を用いた木製家具の制作（ローテーブル）

近畿職業能力開発大学校

住居環境科
指導教員

瀧口 寛人
大石 拓海

合板を材料として用いた、手軽に持ち運べるローテーブルの制作を目標とした。まず 1/5 サイズの模型を制作し、寸法などの検討を重ねた後に試作品の図面を制作した。次にシナ合板を用いて実際のサイズで試作品を制作した。試作品を作ることで設計上および制作過程における課題点が多数明らかとなった。また、それらの課題点に対する改善案を検討した。最終的に改善案をもとに設計の見直しを行い、より精度の高い作品の制作を行った。

Keywords : 合板, 家具, ローテーブル, 持ち運び.

1. 緒言

一般的に「家具」と言えば、室内に配置して用いる道具のことを指している。しかしながら昨今、「アウトドア家具」という言葉を見る機会が増えてきた。特にここ数年でのキャンプブームにより、様々な家具メーカーから屋外で使用することを目的とした家具が販売されている。筆者自身もキャンプを一つの趣味としており、複数のキャンプ用品を所持している。そのうちの 하나가図 1 に示すローテーブルである。これは、天板と足をそれぞれ折りたたむことができ、持ち運びを可能としているのだが、重量が 7.50kg あるため持ち運ぶにはある程度の力が必要である。

そこで今回は、持ち運びやすさを重視したローテーブルを制作することとした。また材料として加工が容易であり、適度な強度と軽さを持ち、かつホームセンターなどで手に入れやすい合板を用いた。



図 1 筆者の所持するローテーブル

2. 設計

2.1 コンセプト コンセプトは「持ち運びやすいコンパクトなローテーブル」とした。持ち運びやすさの具体的な指標として、両手で楽に持てる重さである 3.5kg 程度[1]の重量となるよう設計した。また、使用する上での安定性も確保するよう意識した。

2.2 制作物の検討 スチレンボードを用いて 1/5 サイズの模型を制作し、デザインや寸法、運びやすさ、安定性を検討した (図 2)。



図 2 1/5 模型

2.3 試作品の制作 模型制作後に再度検討を行い、試作品の設計および制作を行った (図 3)。また、試作品の制作過程や制作後の仕上がりから、課題点を洗い出した。以下に課題点を示す。

課題点①：重量が 4.7kg あり、少し重い。

課題点②：組み立て後に横揺れが生じる。

課題点③：加工精度が悪く、部材間に隙間が生じる。

課題点④：天板裏に収納した部材が取り出しにくい。



図 3 試作品

2.4 図面制作 課題点を踏まえて設計の見直しを行い、改めて図面を制作した (図 4 および図 5)。また、課題点の一つである「天板裏に収納した部材の取り出しにくさ」の改善案として、部材をスライドして取り外すこととした。そこで、円滑に取り外しが可能であるかを確認するために 3D モデルを制作した (図 6)。以下に設計の見直しによる改善点を示す。

- ・重量軽量化のために板の厚さを 15 mm から 12 mm に変更した。また足の肉抜き部分を大きくした。
- ・横揺れ防止のために固定箇所を増加した。
- ・各部材をスライドして天板から取り外せるように、天板裏の形状を変更した。
- ・加工精度を高めるため、スチレンボードによる型やレーザー加工機によるガイドを制作した。

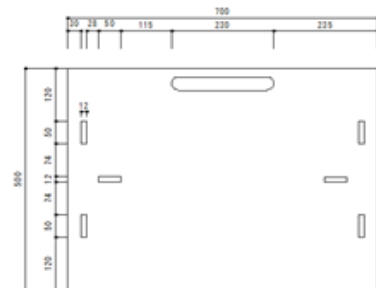


図 4 天板

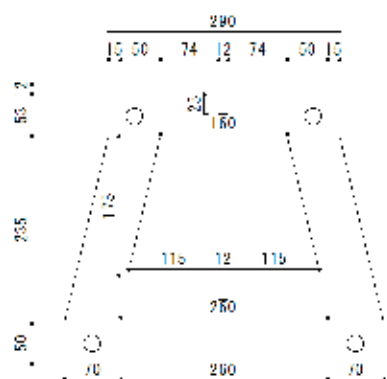


図 5 足



図 6 3D モデル

3. 制作

以下の①～⑤の手順で加工を行った。

①合板への墨付け

指矩と定規を用いて墨付けをした。足に関しては凹凸が多いため、1/1 サイズの型をスチレンボードで制作し、鉛筆でなぞることで墨付けを行った。

②合板の切り出し

パネルソーを用いて 3×6 の合板から大まかに部材を切り出した。その後、のこぎりやジグソーで余分な部分を切り落とした (図 7)。

③ガイドの制作

持ち手の穴や横揺れ防止部材などの細かな部分は、レーザー加工機でガイドを制作した。

④細部の加工

ガイドに沿って電動トリマーを使用し、細部の穴開けや切り出しを行った。(図 8)

⑤仕上げ

金属ヤスリで断面の仕上げと面取りを行った。サンドペーパーで全体にヤスリ掛けをした (図 9)。



図 7 ジグソーでの加工



図 8 トリマーでの穴開け



図 9 ヤスリ掛け

4. 仕上がりと課題点

制作した作品を図 10 に示す。各部材は天板裏に磁石で固定され、落下の心配なく持ち運ぶことができる。また、固定した部材はそれぞれスライドさせることで、簡単に取り外すことができる。重量は約 3.7kg と女性でも持ち運びやすい重さである。

一方、課題点として横揺れの発生が挙げられる。試作品の仕上がりから考えた改善案として横揺れ防止部材を取り付けたが、横揺れを完全に抑えることは難しかった。横揺れの影響をより小さくするためには、2 つの足の上部をつなぐ部材が必要になると考えられる。しかし、現状の天板裏にそのような長い部材を収めることは難しい。天板を大きくすれば部材を収めるスペースを広げることができるが、テーブルとしてのバランスが悪くなる。そのため、各部材をより細かく調節する必要がある。



図 10 完成品

5. 結言

収納性・安定性・利便性・軽量化を考慮し、キャンプ時に使えるローテーブルを合板で設計した。一人や二人で使っていて不便でない大きさの形状を採用した。足とつなぎを天板に収めた状態の厚さは 24 mm となるため、簡単に収納できる。持ち運びが主な使い方なので重量については一番工夫をした。部材の肉抜きや使用した合板の厚みを変えることで、強度を確保しながら約 3.7kg の重さにすることができた。制作過程では、磁石の埋め込みや組み立てやすさなどの課題が発生した。使用した合板が 12 mm という厚さのため磁石を埋め込み固定するのが難しく、ボンドとビスで固定をおこなった。今後実際キャンプに持っていき使い心地を確かめたいと思う。

文献

- [1] 一般社団法人 人間生活工学研究センター HQL データベースサイト: 高齢者対応基盤整備データベース,
<https://www.hql.jp/database/cat/senior/funcdb2200>
 参照: 2024.10.15.

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

合板を用いた木製家具の制作（キッズチェア）

近畿職業能力開発大学校

住居環境科

指導教員

田中 帆香

大石 拓海

合板を使用した幼児向けの家具を制作することとした。この制作は、「平成 16 年度学校用家具に関する調査研究」から着想を得て、教育的要素を取り入れた木製家具を目指したものである。材料には、肌触りが良く加工性にも優れたシナ合板を採用した。

対象となる幼児の体型や使用環境を考慮し、既製品の調査を通じて寸法やデザインの方向性を検討した。これに基づき、幼児が快適かつ安全に使用できる家具として、本作品の具体的な設計を決定した。

Keywords：木製家具，幼児，安全性，合板，利便性

1. 緒言

近年、地球環境への配慮から、森林資源の利活用が世界的な課題として注目されている。この現状を受けて、日本国内では平成 22 年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行された。これ以降、新たに着工される公共建築物の木造率（床面積ベース）は年々増加傾向にある[1]。さらに、同法は令和 3 年に改正され、対象を公共建築物から建築物一般へと拡大した。これにより、今後ますます木材および木質材料の需要が高まることが予測される。

また、建築物における木材利用は、構造部材以外にも内装や設備、家具など多岐にわたる。平成 17 年に文部科学省が実施した「平成 16 年度学校用家具に関する調査研究」[2]では、教育環境での木製家具の活用事例が調査されており、木製家具が子供に与える情緒・健康などの心理的効果や環境教育の教材としての役割があることを示している。

これらの背景から、本制作では特に成長過程にある幼児期の子供たちに注目し、保育園や幼稚園などの就学前教育施設で使用する木製家具を制作することとした。幼児期は五感を通じた体験が重要であり、木の温もりや質感、香りが子供たちの情緒の安定や創造力の発達に寄与すると考えられる。また、安全性や耐久性の観点からも、幼児向けの木製家具には適した設計が求められる。

2. 設計

2.1 コンセプト 教育的要素と使いやすさを重視した幼児向けの家具をコンセプトとし、子どもたちの成長過程において創造力や感性を育むことを目的とした。教育の観点から、家具を自分で組み立てたり、自由に着色したりする体験を通じて、創造性や独自性を引き出し、触る、見る、感じるといった五感を刺激することで学びを促進する設計とした。さらに、自分の手で完成させる経験を通じて、ものづくりの楽しさを体験し、出来上がった家具に愛着を持ち、大切に扱う心を育む狙いもある。

使用感についても子どもたちの視点に立ち、簡単に取り扱えるよう工夫した。部材数を最小限に抑え、シ

ンプルな構造にすることで、小さな手でも扱いやすく、子どもたち自身が大人の手を借りずに組み立てられる仕様とした。

2.2 制作物の検討 幼児のために制作する家具として、木馬、ゆりかご、キッズチェアの 3 つについて検討した。需要の高さや使用頻度、より長く使用できるという点を考慮して、キッズチェアを制作することとした。当初はハイチェアを検討していたが、安全性や組み立てやすさ、使用場所を考慮し、ローチェアを制作することとした。

材料にはシナ合板を用いた。これはラワン材の表面にシナ材を貼り合わせた合板で、外観の美しさや肌触りの良さから建物の内装や家具の材料として用いられることも多い。また合板は定形であることから、部材の形状や切り出し方を工夫することで、端材を減らすことができる。これにより、コストの削減や生産性の向上につながると考えた。

2.3 調査 設計に先立ち、主な対象年齢を、幼稚園や保育園に通う 3～6 歳とした。幼児の体型および既製品の寸法について調査した結果を表 1 に示す。

表 1 調査結果

	年齢			
	3歳	4歳	5歳	6歳
身長 (cm)	90～100	95～105	100～115	105～120
座高 (cm)	50～55	52～58	55～60	57～65
体重 (kg)	12～16	13～18	15～20	17～23
太もも長さ (cm)	20～25	22～27	24～30	26～33
膝下の長さ (cm)	20～25	22～27	24～30	26～33
座面高 (cm)	20～24	22～26	24～28	26～30
握力 (kg)	2.0～3.0	2.5～4.0	3.0～5.0	3.5～6.0

2.4 図面作成 調査結果を踏まえ、検討を重ねながら図面を作成した。最終的に決定した作品の図面を図 1 に示す。設計段階での課題は、安全性の確保と、部材

の増加による組み立ての難しさであった。また、施設での使用を考慮し、利便性や収納性にも配慮する必要があった。そこで、以下の工夫を施した。

まず、道具を必要とせずに分解できる構造とし、省スペースでの収納を可能にした。また、幼児の体格に適した高さや形状を採用し、自然に座ったり立ち上がったたりしやすいデザインとした。さらに、幼児が持ち運ぶには重い、大人が運ぶには負担にならない4 kgの重量に調整し、ぐらつきを防ぐために四つ足の配置と低重心のデザインを採用した。

また、本作品は、910mm×910mm の範囲内に収まるように設計した。合板の規格サイズ(910mm×1820mm)を考慮し、1枚の合板から2つ製作できるように工夫した。量産を前提とし、合板1枚の半分で収まることを設計の必須条件とした。

このように工夫することで、安全性や利便性を確保しつつ、組み立てや収納のしやすさを実現した。

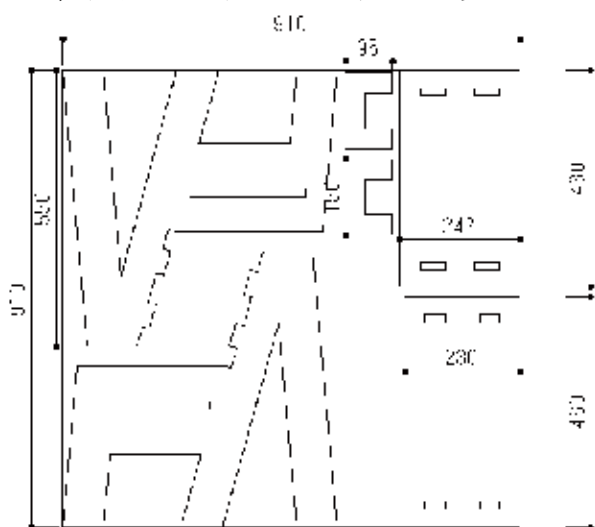


図1 ローチェアの図面

3. 制作

以下の①～⑤の手順で加工を行った。また、作製した作品を図2に示す。

①合板への墨付け

同じサイズの型紙を作成し、指矩と定規を用いて墨付けをした。

②合板の切り出し

パネルソーを用いて大枠を切断した。

③細部の加工

角度のある部材やカーブのついている部分が多数だったため、レーザー加工機を使用したガイドを制作した。そのガイドに沿って電動トリマーを使用し切り出した。

④角

金属ヤスリで断面の仕上げと面取りを行った。サンドペーパーで木材表面全体をやすった。

⑤塗装

刷毛で三度ほど重ね塗りをした。



図2 完成品

4. 仕上がりと課題点、改善案

塗装の過程でシミができ、表面にムラが生じてしまった(図3)。このことから、子供たちだけではすべての塗装を行うのは難しいと判断した。そこで、子供が着色する部位を小さな部材に限定することで、当初予定していた効果を維持しつつ、作業の負担を軽減できると考えた。また、作業が簡単になることで、それを見守る大人の負担も減らせると期待される。



図3 課題点の写真

5. 結言

幼児向けの木製キッズチェアを合板で制作し、安全性や利便性を考慮した設計を行った。幼児の体格に合わせた高さや形状を採用し、転倒しにくい安定したデザインと、省スペースで収納できる構造を工夫したり、重量を調整することで、実用性を高めた。

制作過程では、塗装のムラや組み立てのしやすさなどの課題が発生したが、着色する部位を限定することで解決を図った。今後は、高さ調整機能の追加や軽量化を検討し、より実用的な設計を目指したい。また、実際の使用者の意見を取り入れることで、より安全で快適な幼児向け家具の制作につなげていきたい。

文献

- [1] 林野庁: 令和2年度の公共建築物の木造率について
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/220323.html>
参照: 2022.3.23
- [2] 文部科学省: 木材を活用した学校用家具の事例集,
https://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/shuppan/06051207.htm 参照: 2005.3

(令和7年1月31日提出)

鉄筋コンクリート構造の配筋模型

近畿職業能力開発大学校

住居環境科

指導教員

角林 隼斗, 中森 幸太郎, 渡邊 棕太

石井 真紀子

鉄筋コンクリート構造の概要を調査し対象建築物の設計図書から建築数量積算基準に沿って建築工事数量を拾う。また実際施工にあたって仕口部の配筋詳細図が必要不可欠であり、建築工事標準仕様書、配筋指針を理解・検討し詳細図を作成する。3次元化することによる納まりの検討、施工手順の明確化など今後の若手施工管理者の育成に繋げるため配筋模型を制作し可視化する。また建築工事において管理者側・施工者側の両者の繋がりを理解しものづくりの流れをまとめ制作にあたる。

Keywords : 建築数量積算基準, 建築工事標準仕様書, 積算ソフト (HELIOS)

1. 緒言

配筋とは建築物の安全に関わる構造部材のひとつで、鉄筋コンクリート構造において鉄筋を適切な位置や量で配置することによって安全性や耐久性が確保される。工事に際して仕様書、配筋指針、施工手順、納まりの検討より、施工図、鉄筋加工図、鉄筋加工、配筋、検査等が計画的に行われる。また業界ではDX化においてBIMでの配筋干渉チェック、設計変更など生産性の向上が進められている。しかしながら施工管理者の職に就くためには上記の一連の知識を理解する必要があるため3次元化、配筋模型を制作し可視化することによって修正、チェックなどに対応できる能力を習得する。

2. 計画・予定

1. 鉄筋コンクリート構造の調査
2. 建設業界の現状
3. 対象建築物の図面及び配筋詳細図の作成
4. 部分詳細図の3次元化
5. 配筋模型の制作
6. 積算ソフト (HELIOS) を用いた手拾いと
比較・検証

3. 建設業界の調査

3.1 建設業の現状 昨今建設業界は人材不足、生産低下、職人の高齢化が進み担い手となる若い人材の確保に苦戦している。そのため建築業界はDX化を推奨しており、「クラウド」や「AI」、「AR・VR・MR」、「BIM/CIM」などがあげられる。しかし他の業界と比較して高齢化が進み、中小規模の企業が多く“デジタル化を進められる環境ではない”などの意見もあり浸透していない現状である。(図1)

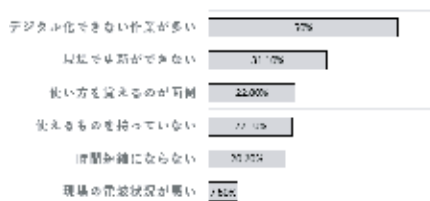


図1 DX化の意見と現状

3.2 建築工事の流れ 施主からの依頼を受けた設計事務所、同じく施主と契約し現場全体を統括するゼネコン。その下にはゼネコンから発注を受け設備工事を統括するサブコン、ゼネコンやサブコンから発注を受け実際にものづくりを行う専門工事会社と、竣工するまでに様々な職種が関わり工事の際にはそれぞれ影響を受ける業界である。

3.3 現場での職人との関わり 規模の大きい建築物の工事になるとゼネコン・サブコン・専門工事会社の様々な職種の方が従事しているため、現場での意思疎通が難しい時など監督や職人によっては言っていることが異なるためか工事の流れを理解することが重要視されている。建築工事において管理者側、施工者側の視点から繋がりを理解しものづくりの流れ習得するため今回は鉄筋工事に絞りまとめた。

3.4 工事に関する管理 新人現場監督の仕事の一つとして配筋検査が挙げられる。配筋検査とは、別名鉄筋検査ともいわれており一例として、建物の基礎に使われる鉄筋が正しい位置・本数に配置されているかを調べるのが目的である。基礎工事の工程の一つでありコンクリートを打設する前に行われる。検査内容は複数の項目に分かれており、基礎部分は建物の完成に伴って見えなくなるため検査時に写真や書面でその内容を残しておき、施工後のトラブルを防ぐ重要な仕事である。

4. 対象建築物の模型作成

4.1 建築物の図面作成 応用課程で取組まれているRC造施工実習を対象建築物とし配筋模型を制作。次に階段の配筋模型に取り組んだ。制作にあたって設計図書より部材リスト、平面図・立面図(図2)を作成、文献[1]を用いて配筋詳細図(図3)、鉄筋加工帳、加工図、3Dモデル(図4)、積算表を作成した。

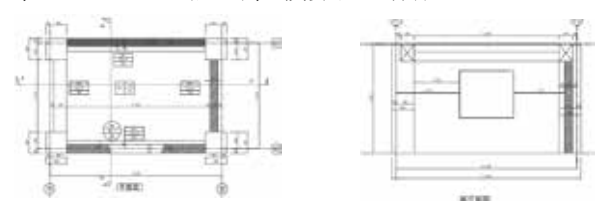


図2 平面・立面

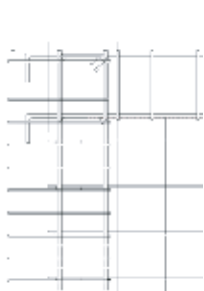


図3 配筋詳細図

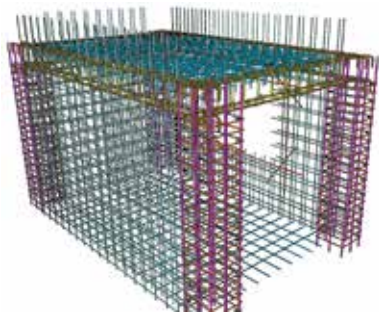


図4 3Dモデリング

4.2 模型制作 鉄筋径の異なる材料は、番線#8, 10, 12 用い柱・梁の主筋、帯筋、あばら筋、壁筋、スラブ筋などの径にあわせて制作、また定着長さフックは仕様書の所定寸法に加工した。組み立てにおいては施工手順に沿って、納まりを検討しながら1Fスラブ(図5)、柱(図6)、梁(図7)、壁・2Fスラブ(図8)の順に縮尺1/5で配筋模型を制作した。



図5 1Fスラブ



図6 柱



図7 梁



図8 壁・2Fスラブ

4.3 階段の図面作成 階段は内部が狭い上に細かい鉄筋が多数配置される。また型枠が複雑で傾斜に合わせて段裏を張り、階段に合わせて加工されたいなづま筋が配置されるなど型枠との取合が難しい。このように配筋の中でも複雑な階段の平面図、断面図(図9)を作成し縮尺1/10で配筋模型を制作した。

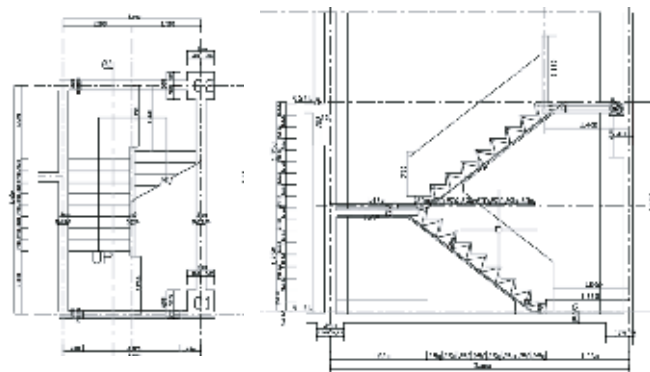


図9 片持階段平面図・断面図

4.4 模型制作 壁からの片持階段で壁への定着は片持スラブと同様、壁内には階段主筋(段ばな筋)を保持する受け筋(図10)を配筋した。いなづま筋(図11)は@200とし受け壁面より約50mmの位置に第1いなづま筋を配筋し踊り場は3辺固定スラブで制作した。(図12)



図10 受け筋



図11 いなづま筋



図12 階段配筋模型

5. 手拾いと積算ソフトのデータ比較・検証

設計図書、仕様書から文献[2]を参考に躯体の工事数量を拾った。仮設、土工・事業、躯体、仕上げ、屋外、改修などの工事費を算出するための基準となる。手拾いでコンクリート9.21 m³、型枠10.85 m²、鉄筋割増4%で約1.0tを算出(表1)、その後積算ソフト(HELIOS)との比較を行った。結果コンクリート、型枠は合致、鉄筋に関しては各々約10kgの誤差が生じた。開口部欠除の有無、継手などが考えられる。

名称	コンクリート				型枠				鉄筋									
	寸法 (mm)	数量 (個)	寸法	数量 (個)	寸法 (mm)	数量 (個)	単位	数量 (個)	D10	D13	D16	D19	数量 (個)	割増率 (%)	割増率 (%)			
(柱) C1	1 05 3	4	250	200	250	4	20.00	主筋	D19	3.24	8	4		104	0.2333	0.2426		
								帯筋	D10	2.0	25	4	200		0.1120	0.1165		
								通し	D16	4.26	5	2				0.0885	0.0891	
(大梁) 2G1	0 04 3	2	0.79	0.92	3.30	2	6.07	ST	D19	1.4	18.0	2	50.4		0.0282	0.0294		
								帯筋	D10	3.35	2	2	13.4			0.0075	0.0078	
								通し	D16	2.66	5	2	26.6	26.6		0.0415	0.0432	
(大梁) 2G2	0 04 2	2	0.41	0.92	1.70	2	3.13	ST	D10	1.4	10	2	28			0.0157	0.0163	
								帯筋	D10	1.76	2	2	7.04			0.0039	0.0041	
								短辺 上側	D10	2.3	18	1	41.4			0.0232	0.0241	
(梁) 2S1	2 3 3	0	1	1.25	3.30	210	1	6.93	短辺 下側	D10	2	18	1	36		0.0202	0.0210	
								長辺 上側	D10	3.9	10	1	39			0.0218	0.0227	
								長辺 下側	D10	3.6	10	1	36			0.0202	0.0210	
(梁) 1S1	2 3 3	0	1	1.25	3.30	210	1	6.93	短辺 上側	D10	3.9	18	1	70.2		0.0393	0.0409	
								短辺 下側	D10	3.6	10	1	36			0.0202	0.0210	
(壁)	南	2 3 3	0	1	1.25	3.30	2	13.86	縦筋(南北)	D10	2.8	18	4	202		0.1129	0.1174	
	東	2 1 7	0	1	0.64	1.70	2	7.14	横筋(南北)	D10	3.9	12	4	187		0.1048	0.1090	
	北	2 3 3	0	1	1.39	3.30	2	13.86	縦筋(東)	D10	3.9	12	2	93.6		0.0524	0.0545	
	西	2 3 3	0	1	1.39	3.30	2	13.86	横筋(東)	D10	2.8	10	2	56		0.0314	0.0326	
	合計	1 1 2	0	1	3.01	1.08	1.226	2	▲2.85	縦筋(西)	D10	2.8	10	2	56		▲0.0073	▲0.0075
	小計							32.21	開口部(縦筋)	D10	1.08	6	2	▲13		▲0.0074	▲0.0075	
									横筋W20	D10	0.2	6	1	1.2		▲0.0069	▲0.0071	
									横筋W18(南)	D10	0.2	6	1	1.2		0.0007	0.0007	
									横筋W18(北)	D10	0.18	6	1	1.08		0.0006	0.0006	
									横筋W18(東)	D10	0.18	4	1	0.72		0.0004	0.0004	
W18,W20									開口部横筋	D13	1.99	2	2	7.96		0.0079	0.0082	
									開口部横筋(南)	D13	2.14	2	2	8.54		0.0085	0.0088	
									開口部横筋(北)	D13	0.91	4	2	7.28		0.0072	0.0075	
									開口部横筋斜筋	D13	0.91	4	2	7.28		0.0072	0.0075	
合計			9.21				10.96					900	32.21	69.20	104			

表1 積算表

6. 結言

鉄筋コンクリート構造における配筋は、建物の安全性や耐久性を確保するために欠かせない重要な作業である。今回課題にした図面・仕様書では実際不明な点や図面では記載されていない細部な箇所、鉄筋同士の干渉・配置間隔など様々な部分を考慮しながら模型を制作した。また図面を読み解く力、3Dモデリング、模型による施工手順の理解など今後施工管理者を目指すための重要な糧となった。

文献

- [1] 一般社団法人 公共建築協会:公共建築工事標準仕様書(建築工事編), 2022.
- [2] 大成出版社,建築工事積算研究会:建築数量積算基準・同解説,pp.87-114, 2023.

(令和7年1月31日提出)

東大寺鐘楼（中世鎌倉期建造物）模型の制作

近畿職業能力開発大学校

住居環境科
指導教員

杉原 萌奈未, 田岡 つぎね, 澤口 琉依
田島 幹夫

私たちは、日本建築についてより詳しく学びたいと考え、特に古建築への理解を深めることを目的とし、社寺建築の模型を製作することとした。また、時代によつての様式やその変化、組物などの詳細や、全体の構造を模型の製作を通じて把握する。今回は、日本で最も美しい伝統的建造物の一つとされている鎌倉時代初期に建造された国宝、奈良東大寺の鐘楼を製作することとした。模型は、文献・図面・現地調査をもとに 1/20 のスケールで製作した。また木材を伝統的手法やDX技術を活用し加工することで日本の伝統的な建築文化、技術に少しでも近づこうとするものである。

Keywords : 鎌倉期古建築, 東大寺鐘楼, 和様, 大仏様, 禅宗様

1. はじめに

まず、今回模型を製作するため、日本建築史の中核をなす社寺建築の様式等の変遷を学び、その中で対象とする建築物を決定することとした。

また製作する模型は、次の3点を考慮した。

- ① 伝統建築への知識を深められること
- ② 図面が手に入ること
- ③ 製作したいと思える美しさが感じられること

話し合いの結果、複数の候補の中から奈良にある東大寺鐘楼を製作することに決定した。

模型製作は、道具、工具等のノウハウもない手探りでの挑戦である。

2. 東大寺鐘楼

鐘楼とは、寺院内において鐘をならすために設けられた建物のことであり、東大寺鐘楼は奈良時代（752年頃）に建造されたものとされている。

現在の鐘楼（図1）は鎌倉期に再建されたもので大歓進として活躍した重源上人の後を継いだ栄西禅師が1207年～1210年の3年をかけて再建したものである。

なお、内の梵鐘（ぼんしょう）は、重さ26.3トンあり奈良時代に製作されたものである。

様式としては和様、大仏様、禅宗様を併せ持つものとなっている。梵鐘をつるす剛健な下層部の構造を大仏様とし、軒裏部の細やかな詰め組などは禅宗様で構成されている。また反りのある軽やかな屋根は、重厚感ある下層部とバランスがとられ美しい建造物となっている。以上の様式を学ぶ上でも東大寺鐘楼は最適ではないかと考えた。

3. 模型の概要

模型の大きさは、展示スペースなども考慮し、スケールを1/20とした。材料はヒノキ材を中心に製作する。図面は文化庁から取り寄せ、それをもとに部材の数量を拾い出す。

また部材の加工に関してはレーザー加工機、ノミ、彫刻刀などの工具を使用した。



図1 東大寺鐘楼

4. 図面の読み取り

文化庁から取り寄せた図面をもとに部材の数量を拾い出していく。その際記入されていない寸法は複数の図面を見比べ、三角スケールを用いて一つずつ計測していくこととし、途中平面図だけではイメージしづらい箇所があったため、見える化、立体化をCGで行い、同時に積算をスムーズに行えるようにした。ソフトウェアはSketchUpを使用した。（図2）

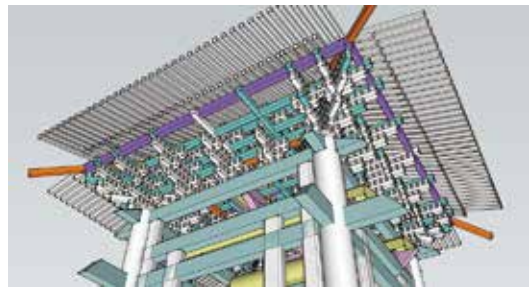


図2 SketchUpによる立体化

5. 現地調査

令和6年10月15日に奈良の東大寺を訪れ現地調査を行い、図面から読み取ることのできなかった組み物の構造や寸法を実際に確認した。

風化等の影響により最大で1cm程度の誤差がみられたが、誤差のない部分も多く、実物と図面を照らし合わせる事ができた。あらためて見る鐘楼は、私たちに風格を感じさせるものであった。

6. 模型製作

6.1 主要構造体（柱貫材等）

柱材は貫が通る場所に墨付けをし、穴を開け貫の部材を差し込めるようにした。

丸柱に関しては角材から差し金の裏目を使用して正八角形の断面を形どり、そこから角を取っていき丸柱に仕上げた。（図3.4）



図3 鉋掛け



図4 丸柱

6.2 軒裏の詰組

斗組の斗は1つずつ作ると数が約 2000 個にもなった。そのため斗の製作は工事報告書を参考に、複数の斗が連なっているものに関しては切り込みで斗の形を表現し、1つの部材として作ることとした。12mm 角の木材の2角を鉋で削ってから、その木材を必要な長さに切り分けて加工していく方法を用いた。（図5）

斗組の中で曲面を伴う部材については、手加工が困難だったため CAD で図面を描き、DXF ファイルをレーザー加工機に送り加工することとした。加工した面は炭化してしまうため、単純な曲面はサンドペーパーやハンドグラインダーで削り、複雑な曲面については塗料を用いてヒノキの色となるよう調色した。（図7）

斗組の細かい溝などは小型ノミ、彫刻刀を使用し、一つ一つ手作業で加工していった。



図5 斗（ます）



図6 斗組



図7 レーザー加工の断面の調色

6.3 屋根部

文化庁から取り寄せた図面を 1/20 に印刷しなおし、それをもとに模型の原寸図とし加工していく。（図8）

鎌倉初期の時代には、規矩術は確立されていないことから実測された図面をよりどころに製作する。

しかし、部材の寸法の規格化は検討され、細やかな木割を用いた設計がなされていたと考えられる。

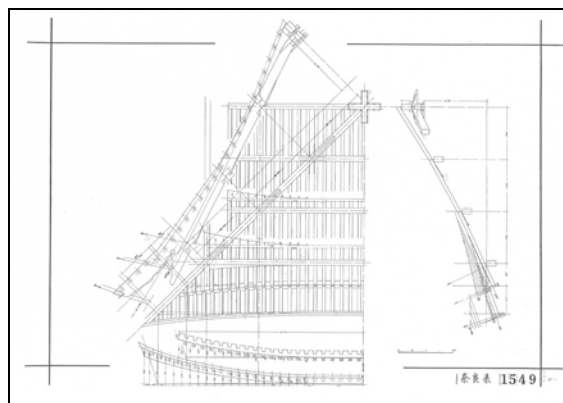


図8 屋根部図面



図9 屋根部取付け前

7. まとめ

今回の総合制作実習では、日本建築の歴史的背景や様式の変遷、細部の構造について深い知識を得ることができた。

また模型を製作する過程では、手作業での細かい加工だけでなくレーザー加工機、ハンドグラインダー、鉋等の道具による加工方法を習得することができた。

さらに、建築に対する深い理解は、主要な部材から今まであまり目を向けてこなかった細かい部材まで、自分達の手で作ることで、見ているだけでは感じることのできなかった職人たちの技術と伝統建築物の素晴らしさを実感することができた。

謝辞

本製作にあたりご助言いただきました株式会社鳥羽瀬社寺建築の鳥羽瀬公二氏に感謝の意を表します。

文献

- [1] 西田 雅嗣ほか 8 名：“建築の歴史”，pp72-77, pp88-93 学芸出版社, 2018
- [2] 文化庁：“国宝・重要文化財（建造物）実測図 奈良県 東大寺鐘楼 図面一式 24 枚”
- [3] 佐藤 隆久：“日本建築学会計画系論文集 598 号，東大寺開山堂及び鐘楼における部材寸法の規格化について”pp.171-176, 2005.12.
- [5] 持田 武夫：“建築規矩術”北國新聞社 2017
- [6] 奈良県 国宝東大寺鐘楼修理工事報告書 1967 pp 1-67 (令和 7 年 1 月 31 日)

足場教材の制作

近畿職業能力開発大学校

住居環境科
指導教員

松本 友也
坂下 哲也

教材としての使用を目的として、足場の縮尺模型を 3D プリンタで制作した。図や写真では伝わりにくい足場の仕組みについて、部材ごとにパーツを制作し、実際の足場と同様に組み立てることで、理解促進に役立てることを目指した。教材としての有効性については、模型の解説動画を制作し、住居環境科の学生を対象に、動画の視聴前と視聴後における足場に関する理解度の違いを調査した。その結果、足場模型の教材としての有効性が確認された。

Keywords : 足場, 模型, 3D プリンタ, 教材

1. 緒言

安全衛生工学や建築施工 I の授業で足場について学んだ。しかし、実際に組み立てたわけではなく、図や写真を見て学んだだけで、本当に理解できているかと問われると正直自信がない。私は施工管理技術者として働く予定であるが、ほとんどの建築現場には足場が設置されているため、学生のうちに足場の知識を深めることは重要だと考えた。足場を理解するためには実際に組み立てるのが一番良いと思うが、気軽にできるものではない。そこで教室内で組立・解体できる足場の縮尺模型があれば足場のことがより理解できるのではないかと考え、本制作に至った。

2. 目的

2.1 教材用足場模型の制作 足場の理解を深めるため、足場の縮尺模型を制作する。完成した模型を足場教育の教材として利用してもらうことを目的とする。加えて制作を通して設計から制作までのモノづくりに関する総合的な実践力を身に付ける。

2.2 教材としての有効性の検証 足場模型の教材としての有効性を検証する。検証方法の検討から結果をまとめるまでの一連の手法について習得する。

3. 制作の概要

3.1 足場について 足場とは作業者を作業箇所に接近させて作業させるために設ける仮設の作業床およびこれを支持する仮設物をいう。足場には次の種類がある。

- ・ 枠組足場
- ・ 張出し足場
- ・ 単管足場
- ・ ブラケット一側足場
- ・ くさび緊結式足場
- ・ つり枠足場

3.2 制作する足場について 本制作では枠組足場の模型を制作することとした。枠組足場であれば比較的長尺の部材が少ないため、3D プリンタによる制作に適していると考えた。

3.3 枠組足場の特徴 枠組足場の特徴を以下に挙げる。

- ・ 施工の進捗に応じた組立・解体作業が容易である
- ・ 部材が比較的軽量である
- ・ 座屈に対する抵抗性が大きい
- ・ 部材の強度上の信頼性が高い

3.4 枠組足場の寸法 枠組足場にはインチサイズとメートルサイズがある。本制作では普及しているとされるインチサイズを選択した。また、スパンや幅、高さにも複数の種類があるため、スパン 1829mm、幅 1219mm、一層当りの高さ 1725mm を基本サイズとして制作することとした。

3.5 枠組足場の構成部材 枠組足場を構成する主な部材には以下のものがある。

- ・ 建枠
- ・ 枠組足場用手すり枠
- ・ 交さ筋かい
- ・ 階段開口部用手すり枠
- ・ 床付き布枠
- ・ 壁つなぎ用金具
- ・ ジャッキ型ベース金具
- ・ 持ち送り枠
- ・ 柱脚ジョイント
- ・ 緊結金具
- ・ 階段枠
- ・ 幅木

3.6 制作方法 3DCAD で足場部材の 3D モデルを作成し、その 3D モデルデータを 3D プリンタで出力することで制作する。部材ごとに制作し、実際の足場と同様に一つ一つの部材を組み合わせ、組立・解体ができるものとする。

3.7 縮尺 3D プリンタで出力できる最大の大きさが 150mm×150mm×150mm であるため、縮尺は最も長い部材が出力範囲に収まる 1/15 とした。

4. 制作

4.1 3D モデル作成 3DCAD の操作方法を習得し部材の 3D モデルを作成した (図 1)。実際の形や大きさで作成すると細かすぎて組めなくなるため、組めるように形状を単純化するなどの工夫をした。

4.2 3D プリント 3D モデルデータを 3D プリンタ用のデータに変換し、3D プリンタで出力した。3D プリンタで出力した部材の表面には凹凸があり、そのままでは組むことができず見栄えも良くないため、ヤスリ掛けをして形を整えた。また、床付き布枠などのフックがある部材は一体で出力した場合、フック部分が高い割合で上手く造形できなかったため、一つの部材を複数のパーツに切り分け、接着剤で接着して一体化する方法に切り替えた (図 2, 図 3, 図 4)。

4.3 組立 合板と角材で建物と台座を制作し、足場を組立てた。建物は 5 階建てのビルを想定し、足場は 9 層となった。(図 5, 図 6)



図1 3Dモデル
(建枠)



図2 床付き布枠
フック部分 (变更前)



図3 床付き布枠
(变更后)



図4 床付き布枠
フック部分 (变更后)



図5 組立てた足場模型 (全体)



図6 組立てた足場模型 (部分)



図7 専門家からの意見聴取

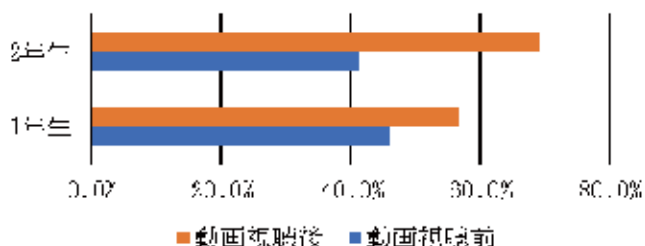


図8 足場に関するテストの平均正答率

表1 足場に関するテストの平均正答率

	＜動画視聴前＞		＜動画視聴後＞
1 年生	45.8%	→	56.6%
2 年生	41.3%	→	69.2%

5. 教材としての有効性について

5.1 専門家からの助言 12月16日、株式会社哲建の清水様と本田様に制作途中の足場模型をご覧いただき、意見を伺った(図7)。足場の仕組みや各部材の名称・役割を学ぶには良い教材であると好評を頂いたが、改善に向けて助言を頂いた内容を以下に示す。

- ・足場を設ける敷地の関係で、現在使用されている足場のほとんどがくさび緊結足場をベースとした次世代足場となっている。
- ・敷板が必要である。
- ・階段手摺に中さんが必要である。
- ・コーナー部分にコーナーステップが必要である。
- ・階段開口部の手摺と床の隙間を塞ぐ必要がある。

この後、不足する部材を追加し模型の完成度を高めた。

5.2 教材としての有効性の検証 住居環境科の学生の協力を得て教材としての有効性を検証した。検証するに当たり、一人一人模型を組立ててもらうことは難しいと考え、模型の説明動画を作成した。動画の視聴前と視聴後に足場の知識を問うテストを行い、平均正答率を比較した。結果を図8および表1に示す。1年生、2年生共に視聴後の正答率が高くなったことから、教材としての有効性が確認された。

6. 課題

制作を終えて、以下の課題が明らかとなった。

- ・部材の接合部を削る際の加減が難しく、固すぎて取り外しの際に部材が壊れることや、緩すぎて部材がずり落ち正しい位置に留まらない事象が発生した。
- ・専門家から指摘があった通り、現在主に使われている足場の種類は次世代足場である。次世代足場の模型を制作すればより効果的な教材となると思われる。

7. 結言

リアルな足場模型を制作することができた。制作を通して目的としていた足場の理解を深めることができ、設計から制作までのモノづくりに関する総合的な実践力を身に付けることができた。また、教材としての有効性を確認できた。課題はあるが、見たり、実際に組立てたりしてもらえれば、初学者が足場の仕組みについて理解するのに役立つと考える。今後安全の授業などで利用してもらえたら幸いである。

8. 謝辞

お忙しい中ご来校頂きご助言を頂戴しました株式会社哲建の清水仁様ならびに本田浩之様に心より感謝を申し上げます。

(令和7年1月31日提出)

大学校モニュメントの制作

近畿職業能力開発大学校

住居環境科
指導教員

中川 歩羽, 藪内 美波
坂下 哲也

大学校をアピールすることを目的として、大学校の名称とマークをあしらったモニュメントを制作した。モニュメントは大学校のシンボルとなることを目指し、自由な形状を造形できるとともに、屋外設置に耐えられるように鉄筋コンクリートで制作した。制作を通して建築材料実験で学んだ骨材に関する知識や、建築施工実習IIで学んだ型枠工事および鉄筋工事に関する知識を実践した。設計には新たにソフトウェアの使用方法を習得し、3DCAD を用いて行った。

Keywords : モニュメント, 鉄筋コンクリート, 3DCAD.

1. 緒言

近年各地で地名を立体的に表したモニュメントを目にするようになった(図1)。訪れた人がモニュメントと一緒に記念撮影するフотスポットとなっており、その場所や地域をPRする効果を發揮している。大学校のシンボルとなるようなモニュメントがあれば大学校をアピールするのに役立つのではないかと考え、大学校の名称とマークをあしらったモニュメントを制作することとした。構造は自由な形状を造形することができ、屋外設置に耐えられることから鉄筋コンクリート造とし、授業で学んだ鉄筋コンクリート造の施工の実践を目的とする。

2. 制作の概要

2.1 構造 鉄筋コンクリート造

2.2 大きさ・重量 実習場での制作後、搭載型トラッククレーンで運搬・設置することを考慮し、大きさは幅2180mm×奥行500mm×高さ680mm、質量は約0.8tとした(図2)。

2.3 デザイン 大学校のマークと Kinki Polytechnic College の頭文字 KPC を配した。また、マークの楕円部分は、リングを傾けて配し、正面から見ると楕円に見えるようにした(図2)。

3. 制作過程

3.1 制作方法 制作は大きくマーク・文字部分とベース部分に分けて行うこととした。マーク・文字は立てた状態でコンクリートを打つことが難しいため、一文字ずつ倒した状態で制作し、その後櫓を組み、マーク・文字部分を吊るした状態で、ベースのコンクリートを打ち一体化することとした(図3)。

3.2 設計 3DCAD と 2DCAD を用い設計を行った。マークは画像データを2DCADでトレースし、3DCADに移して3Dモデル化した。文字のデザインを2DCADで行い、マークと同様に3DCADで3Dモデル化した。ベース上のマークと文字の配置を調整し3Dモデルが完成した。

3.3 マーク・文字部型枠加工図作成 3DCADデータを2DCADに移し、型枠加工図を作成した。アールや三角形、および型枠を外しにくい部分は押出法ポリスチレン

フォーム(以下ポリスチレンフォーム)で型を制作することとした。

3.4 鉄筋配筋図作成 3DCADデータを2DCADに移し、鉄筋配筋図と鉄筋加工図を作成した。

3.5 ポリスチレンフォーム加工 レーザー加工機で切り抜いたアクリル板をポリスチレンフォームに貼り、それをガイドとして熱線発砲スチロールカッターでポリスチレンフォームを加工した。加工精度のばらつきによりポリスチレンフォームの加工面に凹凸ができたため、コンクリート表面の仕上がりに影響が出ると考え、コンクリートと接する面をパテで平滑にした後、プラ板や塩ビ板を貼った。



図1 地名モニュメントの例

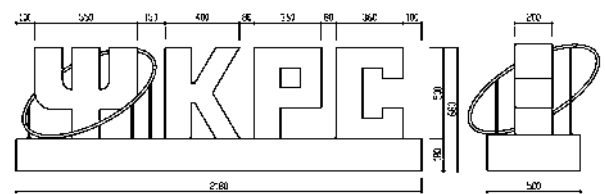


図2 正面図・側面図

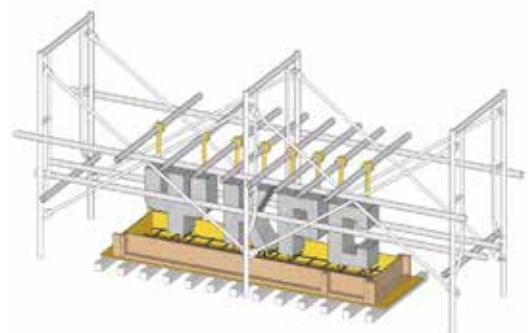


図3 制作方法イメージ図

3.6 マーク・文字部型枠制作 型枠加工図に基づきせき板の制作および型枠の組立てを行った。安全性を考慮して、出隅を面取りすることとし、5mm 角の桧棒を取り付けた。

3.7 マーク・文字部鉄筋加工・組立 鉄筋配筋図を基に鉄筋の加工および配筋を行った。

3.8 コンクリート調合設計 コンクリートの調合設計を行った。設計基準強度を 27N/mm^2 、計画供用期間の級を長期（耐久設計基準強度 30N/mm^2 ）、所要スランブ値を 15cm と設定した。骨材の表乾密度や実積率等は建築材料実験の試験結果を利用した。水セメント比は計算式で用いる値を近隣の生コン工場で用いられるものを使い求めた。計画調合を表 1 に示す。計画調合から材料の質量を割り出した。今回のコンクリート練りは 15ℓ のコンクリートミキサーを使用した。文字部の体積は合計 0.12m^3 であるため、練り回数を決定し、各回に必要な材料の質量をあらかじめ求めた。

3.9 マーク・文字部コンクリート打設 コンクリートミキサーでコンクリートを練り、打設した。コンクリートを型枠に打ち込み、木づちでせき板を叩き、突き棒やバイブレーターを用いて締固めを行った。その後ブリーディングが収まったところで、コテで均した（図 4）。

3.10 マーク・文字部脱型 打設から 7 日後に脱型し、4 週間養生した。

3.11 櫓の組み立て 枠組み足場と単管を組み合わせ、櫓を組み立てた。

3.12 ベース部型枠制作 ベース部のせき板の制作および型枠の組立てを行った。出隅の面取りのために面木を取り付けた。

3.13 ベース部鉄筋加工・組立 ベース部の鉄筋を加工し配筋した。

3.14 マーク・文字の吊り下げ 足場に用いる壁つなぎを利用して櫓にマークと文字を吊り下げ、位置を固定した。

3.15 ベース部コンクリート打設 ベース部は、応用課程の実習でコンクリート打設する際に、生コンクリートを一緒に手配してもらい打設した（図 5）。

3.16 ベース部脱型 打設から 3 日後に脱型し、4 週間養生した。

3.17 リング制作 リングは直径 15mm のアルミパイプで制作した。はじめに 3DCAD を用い、リングが正面から見て校章と同じ形に見える直径や角度を割り出した。続いてパイプに砂を詰め、型に押し当てて曲げ、割り出した径の半円に加工した。半円をつなげて輪にし、大学のイメージカラーである紫色に着色した。最後にリングを支える柱を 4 本取り付けた（図 6）。

3.18 コンクリート補修 養生終了後、ジャンカやセパ穴、マークと文字を吊り下げるために設けたアンカーのねじ穴を補修用モルタルで埋めて塞いだ。モルタルの硬化後、グラインダーで凹凸を削り、形を整えた。

3.19 コンクリート表面仕上げ コンクリートがきれいに打ち上がったことから、コンクリート表面は素地を生かした仕上げとすることとした。表面をサンドペーパーで研磨し、汚れや小さな凹凸を取り除いた後、コンクリート表面保護用の塗料を塗り仕上げた。

表 1 計画調合

品質基準強度	調合管理強度	調合強度	スランブ	空気量	水セメント比	粗骨材最大寸法	細骨材率 3/5/4/5	単位水量	絶対容量 (l/m^3)				質量 (kg/m^3)				(単位水量の水量にき) A E 減水剤 原液
									セメント	細骨材	粗骨材	混和剤	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤	
N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	cm	%	%	mm	%	kg/m^3									l/m^3
30	33	38.7	15	4.5	48	20	44	174	115	294	372	-	362	750	986	3.6	3.6



図 4 文字部コンクリート打設



図 5 ベース部コンクリート打設



図 6 リング制作後の仮組

3.20 設置 搭載型トラッククレーンを手配し、大学敷地内にモニュメントを設置する。最後にリングを固定し、完成となる。

4. 結言

目的としていた型枠、鉄筋、コンクリート打設まで、鉄筋コンクリート工事の一連を経験することができた。また、マークと文字を吊り下げてコンクリートを打つといった、ユニークな施工方法にもチャレンジすることができた。結果としてイメージ通りのモニュメントを造ることができた。このモニュメントを大学のシンボルとして、PR 等に役立てていただければ幸いである。

(令和 7 年 1 月 10 日提出)

【応用課程】 開発課題実習報告

ロボット農機の開発

近畿職業能力開発大学校

生産機械システム技術科

生産電気システム技術科

生産電子情報システム技術科

指導教員

北川 琳太郎, 谷上 優誠, 森 優心, 山内 穰
山岡 周平

岡村 直哉, 島内 悠人, 仲 聖, 永田 伊吹
泉 夏月, 大川 誠陽, 大北 遥斗, 谷中 宏輔
辻坂 翔輝, 西川 優翔, 廣瀬 亮, 福西 将仁
持留 颯太, 山田 碧

久保 幸夫, 田中 倫之, 上間 豊久, 藤井 昌之

現在, 日本では少子高齢化による農業従事者の高齢化が進んでおり, 労働力不足が深刻化している. このような状況に対処するため, 農林水産省は「スマート農業」という考え方を推奨している. 本テーマは株式会社 EIWAT 様 (以下, E 社とする) と共同開発で行うものであり, 二年計画で取り組んでいる. 二年目にあたる今年度は, 昨年度個別に動作していた走行, 耕運, 監視システムの統合を目指し, 農地を自動耕運するロボット農機と監視システムの開発を行う. また, CO₂ 排出量の削減についても農業分野では重要な課題であるため, システムの運用の一部に太陽光発電を利用する.

Keywords : スマート農業, ロボット農機, 監視システム, 自動走行, CO₂ 排出量削減

1. 緒言

現在, 日本では少子高齢化による農業従事者の高齢化や新規参入者の減少により, 人手不足が深刻な問題となっている. 農林水産省の「農業労働力に関する統計」によると, 農業従事者全体における 65 歳以上の割合は, 平成 27 年時点では 64.9%であるのに対し, 令和 6 年では 71.7%まで増加している[1]. 農林水産省では, 農業従事者の作業負担を軽減する目的で「スマート農業」の考え方を推進しており, ロボット農機とそれに伴う監視システムの開発が注目されている[2]. この背景から, E 社と共同でロボット農機の開発を行う. E 社の要望に基づき, 山間部にある小さな畑でも使用できる小型のロボット農機の開発を目指す. 本テーマは二年計画であり, 昨年度に開発された自動走行ユニット, 耕運ユニット, 農場ステーションの 3 つの改善, 結合を行う.

ロボット農機は自動走行制御によって指定範囲内の農地を自動で耕運する. 農地のような悪路での効果的な走行を可能にするためクローラーを使用する.

農地には監視用のセンサーとカメラ, 発電用のソーラーパネルを設置する. センサーとカメラは農地の状態を測定, 監視している. ソーラーパネルには発電量を計測するための電力測定モジュールを取り付け, 測定データを情報端末へ送信する. 情報端末は他にも, ロボット農機の走行位置やセンサーで取得したデータの記録, 閲覧ができる.

2. システム構成

本システムは図 1 に示すように, 自動耕運を行うロボット農機, 充電や通信中継を行う農場ステーション, 農地の状態を監視するセンサーユニット, 作物の画像や土壌水分量などのデータを保存するクラウドサーバ

ー, 農地全体を広く監視する農場監視カメラ, そしてクラウドに保存されたデータの閲覧やロボット農機の遠隔操作を行う情報端末で構成されている.

ロボット農機はボディユニット, 駆動ユニット, 耕運ユニットから成る. また, 情報端末を使用して走行制御, 作業指示, 非常停止を遠隔で行う. センサーユニットは作物の成長や健康状態を監視するため, 農地に設置される. 取得した画像やデータはクラウドサーバーに保存され, 情報端末を通じて閲覧可能である. また, 農場監視カメラの映像も同様に情報端末で確認することができる. このようにして, 遠隔操作により農業従事者の作業効率を向上させ, 安全性を高めることができる.

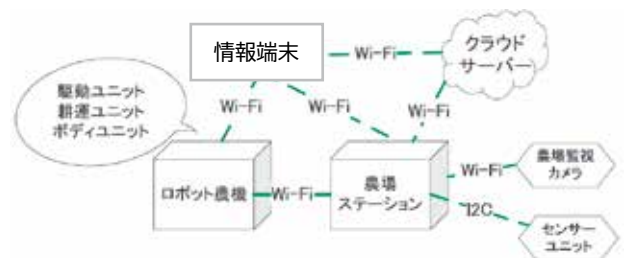


図 1 システム全体の構成図

3. 装置及び機器

3.1 ロボット農機 ロボット農機は 3 つのユニットに分かれており, アクチュエーターや制御基板などを搭載する「ボディユニット」, 走行機能を持った「駆動ユニット」, 耕運機能を持った「耕運ユニット」で構成されている.

ボディユニットには, 位置情報を受信する GNSS アンテナ, 通信用の Wi-Fi アンテナ, 障害物を検知する

LiDAR センサー、本体の傾きを検出する IMU (Inertial Measurement Unit) センサー、位置情報を補正する RTK (Real Time Kinematic) モジュール、2つの USB カメラが取り付けられている。各種アクチュエーターとセンサー類はバッテリーで稼働する。また安全性向上のため、ボディユニット後方に設置された非常停止ボタンを押すことで手動での非常停止が可能である。ロボット農機の外観を図2に、仕様を表1に示す。

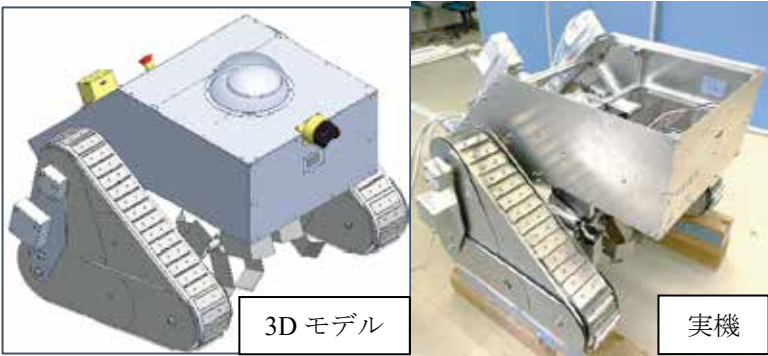


図2 ロボット農機の外観

表1 ロボット農機の仕様

本体寸法 W×H×D(mm)	932×793(546)×940(1025)
本体重量(kgf)	110
バッテリー(V×Ah)	36×13.3
走行速度(km/h)	1.5
耕運幅(mm)	400

※ () 内の寸法は耕運時の数値

3. 2 ボディユニット

3. 2. 1 ボディユニット構造 ボディユニットは、各ユニットを接続させる役割があるほか、各種アクチュエーターや自動走行に必要なセンサー類、それらを制御する基板などを搭載している。バッテリーを2つ搭載しており、筐体側面の扉を開けて交換を行う。

3. 2. 2 ボディユニットハードウェア構成 ボディユニットには、リレー制御基板と電源用基板を搭載する。リレー制御基板は各基板を統括し、CANFD (Control Area Network with Flexible Data Rate) で受信した駆動用モーター、耕運用モーターの電圧、電流データをメインコントローラーである Jetson Orin Nano へ送信する。過電流検知時や非常停止時には停止信号を送信し、ロボット農機を安全に停止させる。また、電源基板の自己保持回路を制御し、システムを安全に停止させる。

電源用基板は36Vバッテリーの電力を各電圧(24V, 12V, 5V)に変換し供給する。リレー制御基板ではFETのリレーを制御し、電源供給を管理する。この時、電力測定モジュールで各モーターの電圧、電流の測定も行う。ロボット農機本体に搭載しているマイコンの電源としてモバイルバッテリーを利用し、電力(5V, 19V)を供給する。非常停止時にはリレーがオフになり、電源供給を停止させる。

3. 3 駆動ユニット

3. 3. 1 駆動ユニット構造 走行を想定している農地は、地面の硬さが一定でなく凹凸がある悪路であるため、走破性や旋回性に優れたクローラーを採用した。

本装置は、左右のクローラーを逆回転することにより、その場で旋回する超信地旋回を行うことができる。超信地旋回を含め旋回を行う際には耕運刃を地面から離して、旋回を阻害するような荷重が加わるのを避ける必要がある。また、耕運時は接地面積を大きくして安定させ、旋回時は摩擦による抵抗を小さくして旋回しやすくするために、クローラーが地面と接している部分の長さである接地長を調整できるようにする。この2つの機能を実現するために、クローラー内部にリンクを用いた変形機構を組み込む。クローラーの変形の様子を図3、4に示す。

クローラーの変形には、ボディユニットを持ち上げるための高いトルクとクローラーの変形角度を正確に制御するための位置決め精度が必要なため、ネジ式の電動シリンダーを使用する。

クローラー単体の仕様を表2に示す。

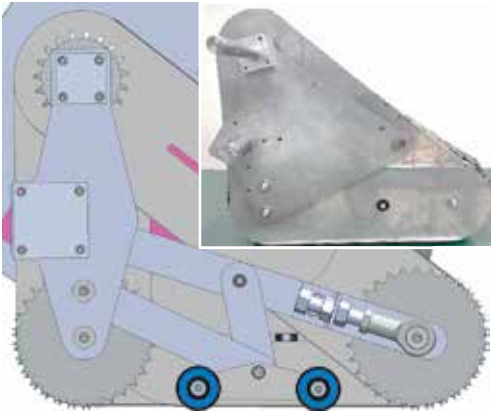


図3 内部リンク通常時

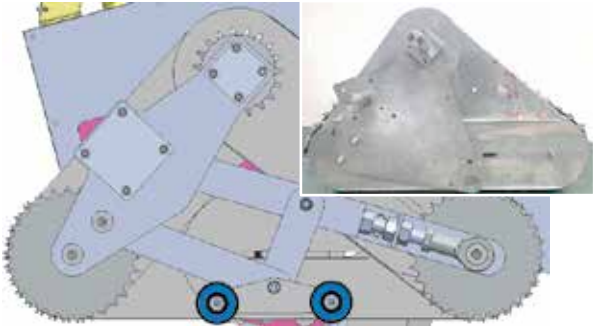


図4 内部リンク耕運時

表2 クローラー単体の仕様

寸法 W×H×D(mm)	219×552(465)×786(776)
重量(kgf)	30
シリンダー最大推力(N)	130
走行速度(km/h)	1.5

※ () 内の寸法は耕運時の数値

3. 3. 2 駆動ユニットハードウェア構成

駆動ユニットは走行用基板と昇降用基板で制御する。

走行用基板は、左右のクローラーの制御基板で Arduino Mega をサブコントローラーとして採用している。メインコントローラーからの CANFD に基づきクローラーを制御する。速度制御は、アナログ電圧 (0～5V) で行う。また、電源基板より駆動ユニットへ供給される電圧、電流データを CANFD でリレー制御基板に送信することにより過電流検知やバッテリーの消費量などを確認する。非常停止時はリレー制御基板からの信号で電源基板のリレーをオフにし、モーターを停止する。

昇降用基板は、リンクを介して本体を上下させる直動シリンダーを制御する。制御にはマイコンを使用し、5V の制御信号を出力するが、アクチュエーターは 24V の電源で動作するため、レベル変換回路を介して制御をする。また昇降用のシリンダーを制御するユニットコントローラーには、入力が 11 点、出力が 13 点あり、これを 2 台制御するために I/O エキスパンダを用いて I/O ピンを拡張している。これにより、システムの柔軟な制御を行っている。

3. 4 耕運ユニット

3. 4. 1 耕運ユニット構造

耕運刃の大きさは「耕運深さ 150mm」という仕様を満たすため半径 175mm とし、均等に土を耕すため先端に角度をつけて交互に配置した。

要求仕様書の「畝幅 400mm を耕運する」という目的を達成するため、耕運刃の幅は 400mm とした。耕運刃の位置決めにはフランジを採用し、組立および分解作業を容易にした。

耕運ユニットを図 5 に、耕運ユニットの仕様を表 3 に示す。

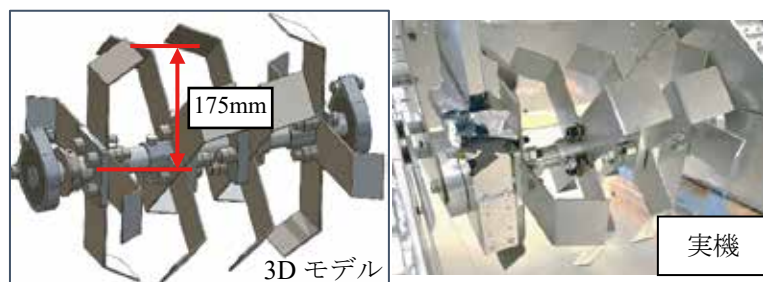


図 5 耕運ユニット

表 3 耕運ユニットの仕様

本体寸法 W×D(mm)	517×350
本体重量(kgf)	15
最大耕深(mm)	150
耕運モーター定格出力(W)	480
耕運幅(mm)	400

3. 4. 2 耕運ユニットハードウェア構成

耕運ユニットは耕運用基板で制御する。耕運用基板のハードウェア構成は、モーター以外については走行用基板と同様

である。

モーターの必要トルクは、市販の耕運機（株式会社ナカトミ製 ERC-15D）の仕様（消費電力 1.05kW、回転数 320min⁻¹、耕運刃直径 200mm）を参考に、刃先に加わる力を元に算出した[3]。本機は耕運刃の長さが 175mm であるため、モーターの必要トルクは 28.0N・m とし、回転数は 150min⁻¹ とした。

3. 5 自動走行ユニットソフトウェア

ロボット制御ソフトウェアは ROS 2 Galactic を用いて実装した。ROS 2 を用いた理由は、マップ生成、自己位置推定や走行経路計画などの高度な機能がオープンソースで公開されていることによる。

駆動用モーターの回転数を制御するマイコンとロボット農機のメインコントローラーは、CANFD で接続され、データの送受信を行う。耕運ユニットのロータリーエンコーダーから、ロボット農機本体のメインコンピューターにモーターの回転数が送られる。これにより、ホイールオドメトリを算出し、ロボット農機の姿勢制御を行う。

また、ロボット農機の正確な位置を把握するために、みちびき衛星からの位置情報をアンテナで受信し、CLAS (Centimeter Level Augmentation Service) を利用してセンチメートル単位まで位置を補正した。ROS2 で自律移動を行うためのパッケージである Navigation 2 では、マップ生成、センサー出力、自己位置推定などの情報を活用して自動走行を行う。まず、GNSS 受信モジュールでロボット農機の位置情報を取得し、IMU センサーでピッチ角、ロール角、ヨー角、加速度データを収集して姿勢制御に利用する。次に、IMU と GNSS 受信モジュールのデータを統合し、EKF (Extended Kalman Filter) で位置推定の精度を向上させる。これらの統合データを基に、ロボット農機の現在位置を地図上に更新し、目的地までの経路を計画する。

ロボット農機はあらかじめ登録されたマップに従って自動走行を行うが、マップ作成時に存在しなかった物が農場内に置かれていたり、人が他の作業をするために侵入したりする可能性があり、これらの障害物を検知し、状況に応じて停止する必要がある。そこで、ロボット農機に搭載された 3D-LiDAR を用いて障害物検知を行う。3D-LiDAR はレーザーを利用するため、夜間や光源の位置に関わらず周囲の環境を認識できる。取得した 3 次元点群データのうち、ロボット農機の高さの範囲の点群を二次元に落とし込み、経路計画で使用するマップに反映する。

ロボット農機の耕運開始の手順として、アプリの教示開始ボタンを押すと、現在地の座標が記録され、ロボット農機は農地の外周を移動する。その際に記録された座標から耕運地の範囲が検出される。ロボットが待機状態にあるときに耕運開始の指示を受けると、自動耕運を開始する。

3. 6 農場ステーション

本ステーションは電源部、制御部から成る。電源部では、ソーラーパネルにより発電された電力を MPPT (Maximum Power Point Tracking) コントローラーによって最大効率化し、本ステ

ーションのバッテリーに蓄電する。制御部には Wi-Fi 機能を搭載した小型マイコンを取り付けた基板を設置し、電力測定モジュールからの測定結果の取得や、メインコントローラーと Wi-Fi ルーターへの電力供給を行う。後述するセンサーユニットからの信号と、制御基板のマイコンからの電力測定結果をメインコントローラーに、軽量通信プロトコルである MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) を用いて送信し、値を情報端末で閲覧できる。

3. 7 センサーユニット 本ユニットは、温湿度、土壤水分量、照度、そしてカメラ画像の 4 つの情報を用いて農場を観測する。センサーユニットにはカメラ付きのマイコンが搭載されており、このカメラで作物の生育状態を撮影する。

各センサーのデータおよびカメラ画像は、農場ステーションのマイコンで 1 時間に 1 回処理され、クラウドサーバーに保存される。保存されたデータは以下の項で説明するアプリケーションを通じて確認できる。

3. 8 情報端末 情報端末では、自作アプリケーションにより、ロボット農機、農場ステーション、クラウドサーバーと通信を行う。ロボット農機との通信では、モーターの動作状態やバッテリー残量などの情報を取得、閲覧することができ、遠隔での非常停止も可能である。また、農場全体を監視するカメラの映像を確認できる。センサーユニットとの通信では、温湿度、土壤水分量、照度のデータを 1 時間に 1 回受信し、閲覧できる。アプリケーション画面を図 6 に示す。



図 6 アプリケーション画面

アプリケーションには他の機能として、ティーチング、手動耕運、ID やパスワードの設定などが用意されている。耕運中は手動、自動にかかわらず、ロボット農機本体の前後に取り付けられた USB カメラで周囲の状態を遠隔で確認できる。

4. 検証・評価

装置の動作検証は、学校内にある農地を想定した実験場で行い、その結果に基づいて評価を行う。仕様書に基づいた評価項目を表 4 に示す。

ロボット農機の調整に時間がかかり、実機を用いた検証ができていないため、評価項目の多数が未達成となっている。

農地の状態のデータの記録に関しては、センサーユニットから取得した農場の温湿度、土壤水分量、照度、カメラの画像データを 1 時間ごとに更新し、AWS に保存できることが確認できたため、達成とした。また、取得したデータを閲覧できるという項目についても、センサーが取得した上記のデータを情報端末上のアプリケーションで閲覧できたため、達成とした。

表 4 評価項目表

ロボット農機を一度のバッテリー運用で 2 時間稼働できる。	×
農場ステーションを 24 時間稼働できる。	×
農地を 1.5km/h で自動走行できる。	×
農地を一日 1000m ² 自動耕運できる。	×
高齢者がロボット農機を情報端末で操作・移動ができる。	×
農地の状態のデータを 1 時間ごとに記録できる。	○
取得したデータを閲覧できる。	○
ロボット農機を非常停止できる。	×

○：達成 ×：未達成

5. 結言

今回ユニット単体での動作確認は行うことができたが、連動させた自動走行等の動作確認には至れなかった。2 年目の取り組みの目標である各ユニット、システムの統合を達成するため、今後は各ユニットが連動できるようにアクチュエーターの動作制御や自動走行システムの調整を行う。

またソーラーパネルを用いた CO₂ 排出量の削減については、システムの一部でしか運用できなかった。将来的にはソーラーパネルの規模を大きくしたり、水車を使った水力発電を併用したりすることで、ロボット農機で使用するバッテリーの充電や各システムへの電力供給を再生可能エネルギーの電力で補うことで CO₂ 排出量をより削減することができる。

文献

- [1] 農林水産省：農業労働力に関する統計
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>
- [2] 農林水産省：政策情報 > スマート農業
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/#kankei>
- [3] 株式会社ナカトミ：ERC-15D 取扱説明書
<https://nakatomi-sangyo.com/manual/erc-15d.pdf>

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

シリンダヘッドカバー製造支援システムの開発

近畿職業能力開発大学校

生産機械システム技術科

生産電気システム技術科

生産電子情報システム技術科

指導教員

小名川 車希, 中村 康樹, 西原 柊, 原口 直輝, 山田 将稀

大木 貴徳, 蔵谷 紘大, 田川 幹太, 辻野 登悟, 森田 昌也

岩城 智哉, 小野 航平, 小田 楓, 上西 朔矢, 辻野 友彦,

福永 一翔, 山口 陽豊

天野 隆, 石田 真一, 小南 嘉史

農耕機用エンジンのシリンダヘッドカバーへの部品組み立てを自動化する装置の開発を行った。開発した装置は、シリンダヘッドカバーへの2種類の部品の設置、ねじ締め、封着剤の塗布、鉄パイプの圧入を行う。組み立て中には画像処理による検査を複数箇所で行い、組み立て不良の検出を行う。

Keywords: 自動化, 組み立て, ねじ締め, 塗布, 圧入, 画像処理。

1. 緒言

製造業において自動化技術の導入は、生産性向上や品質の一貫性確保、コスト削減等を実現するための重要な要素である。現代の製造現場では、特に加工工程で生産ロボット等のシステムによる完全自動化を達成している工場も多く存在する。その一方で、組み立て工程は他工程に比べ技術的な問題から自動化への変遷は遅れをとっている。組み立て工程を自動化することで単純連続作業を作業者が強いられることがなくなり、生産量や品質の向上など様々な改善が見込める。本課題ではテーマ提供元企業である株式会社イケで行われているシリンダヘッドカバー(以下ワーク)の組み立て工程(図1)を自動化する製造支援システム(以下装置)の開発を行った。



図1 シリンダヘッドカバー組み立て工程

2. 仕様

図2に組み立て前のワーク、図3に組み立てを行う部品の外観、表1に装置仕様を示す。装置の操作は1人の作業員によって行う。ワーク1つあたりの組み立てに要する時間は、人による作業で39sであり、開発する装置での目標時間とする。装置を用いてのワークの組み立ては次の工程①~⑤で行う。①作業員が組み立て前のワークをねじ締めテーブルに設置する。②封着材の塗布、部品の設置、ねじ締めが行われる。③作業員がワークをねじ締めテーブルから圧入テーブルへ移動させる。④鉄パイプの圧入が行われる⑤作業員が組み立て後のワークを装置から取り出す。



図2 シリンダヘッドカバー(組み立て前)



図3 組み立て用部品の外観

表1 シリンダヘッドカバー製造支援システム仕様

寸法	1970×1370×1900mm
組立時間	39s/個
電源	100V
消費電力	1470W
空気圧	0.6MPa
機能	封着材を塗布できる 2種類の部品をワーク上に設置できる ねじ締めができる(既定トルク 2.8~4.0Nm) 鉄パイプを圧入できる 取り付けたねじの本数を検査できる 鉄パイプが既定値まで圧入できているか検査できる

3. 各部構成

3.1 システム概要

図4に装置全体を示す。図中の赤丸はそれぞれ作業員がワークを固定する場所である。作業員はまず、ねじ締めテーブルに組み立て前のワークを固定する。操作盤のボタンを押し、封着材塗布、部品設置、ねじ締めの動作を開始させる。動作終了後、作業員が封着材の塗布と部品取り付けがされたワークを圧入テーブルに移動させる。圧入テーブルの操作盤のボタンを押し、鉄パイプ圧入の動作を開始させる。鉄パイプの圧入が行われ、動作終了後に作業員が組み立て完了したワークを装置から取り出す。

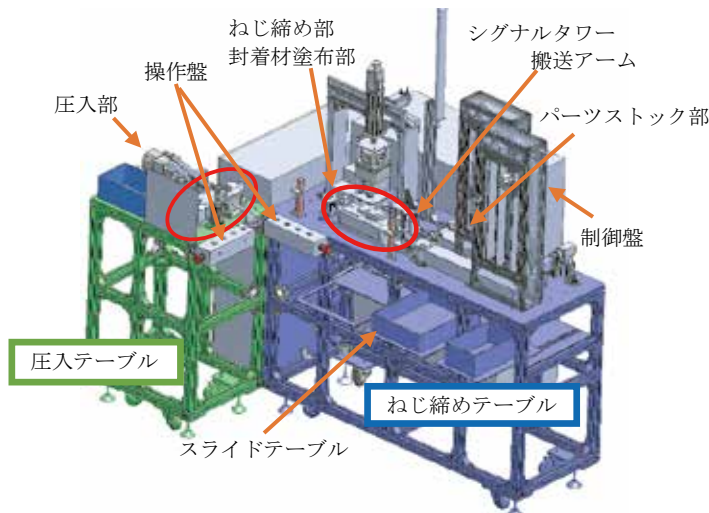


図 4 装置全体

3.2 操作部・筐体部

図 5 にタッチパネル画面の表示例、図 6 に操作盤を示す。ねじ締めテーブルにはスライドテーブルが 3 つあり、タッチパネルの設置、予備部品の保管ができる。操作盤はそれぞれのテーブルに設置されており、左右端にある緑のボタン同時押しで動作を開始する。赤ボタンは機械動作不良時に動作の一時停止ができ、復帰は緑ボタン同時押しで行う。また、側面には非常停止スイッチがある。なお青のボタンは予備とした。タッチパネルは各動作部の原点復帰をする際に用いる。さらに、検査等でエラーが出た際にはタッチパネルにエラー内容を示す。シグナルタワーは動作状態により、緑は通常動作時、赤は停止時、赤点滅は非常停止時、黄色は動作異常時を表す。



図 5 タッチパネル

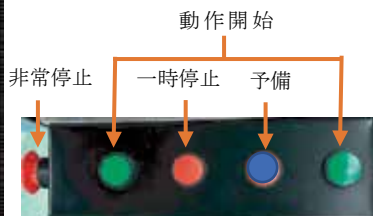


図 6 操作盤

3.3 パーツストック部

バルブコンプレッサと金属カバーの 2 種類の部品をストックし、ベルトコンベア上に位置決めする。図 7 に外観、表 2 に仕様を示す。ストック内には搬送用ベルトが 2 対配置されており、部品をそれぞれ 25 個溜めることができる。対向した搬送用ベルトが下向きに一定角度回転することにより、部品が一つずつベルトコンベア上に落下する。ベルトコンベア上では、パーツ位置決めガイド(図 8)によりパーツの位置が定められる。

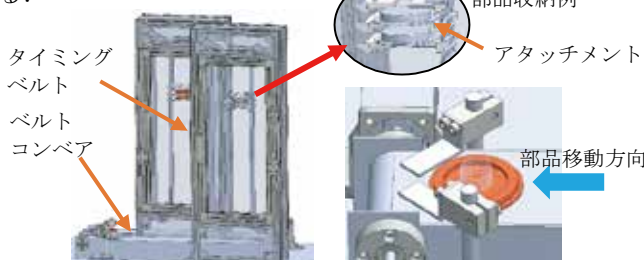


図 7 パーツストック部



図 8 パーツ位置決めガイド

表 2 パーツストック部仕様

パーツストック部	
モータの種類	ステッピングモータ
モータの回転速度	30min ⁻¹
モータのトルク	2Nm
タイミングベルト周長	1240mm
アタッチメントの取付間隔	20mm
ベルトコンベア	
ベルトコンベア速度	225mm/s
モータのトルク	2Nm

3.4 搬送アーム

ベルトコンベアから流れてくる 2 種類の部品を、ワークに設置する。図 9 に外観、表 3 に仕様を示す。パーツの保持には電磁石を使用する。また、初期位置の調整を行うために XY テーブルが下部にある。

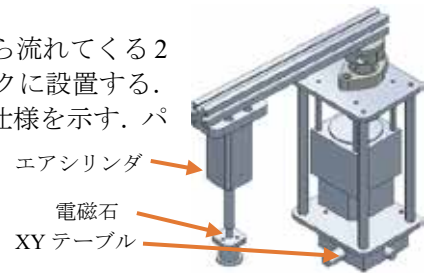


図 9 搬送アーム

表 3 搬送アーム仕様

モータの種類	ステッピングモータ
モータの回転速度	24min ⁻¹
モータのトルク	4Nm
電磁石の最大吸着力	53N
エアシリンダストローク	50mm
XY テーブル移動量	両軸とも ±8mm

3.5 ねじ締め部

ワークに設置された部品にねじ締めを行う。図 10 に外観、表 4 に仕様を示す。まず回転テーブルにねじが 4 本供給される。ここではねじ供給機から排出されるねじをステッピングモータで位置制御された回転テーブルに載せる。次にドライバー部(図 11)を X 軸・Z 軸方向に移動させ、回転テーブルからねじを取得する。ドライバービット先端でのねじの保持はドライバービットの磁力によって行われる。次にドライバー部を再度移動させねじ締めを行う。ねじ締め時にはドライバーを回転させながら Z 軸をマイナス方向に移動する。ドライバー部ではモータ軸の回転をギアで 4 本のドライバービットへと伝える。トルク管理はモータドライバで行っており、一定の負荷を感知するとドライバーの回転を止める。また、ねじ締め付治具はねじの傾きを抑制することにより、ねじが斜めに締まることを防止する。

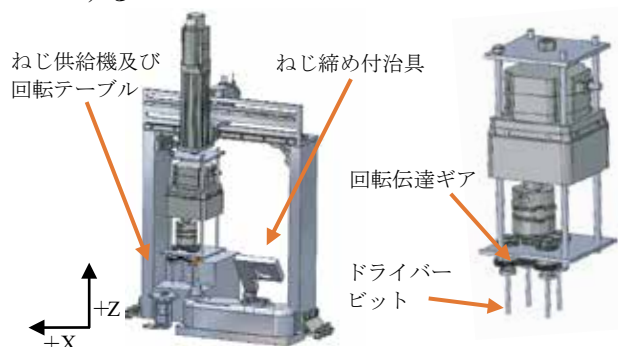


図 10 ねじ締め部

図 11 ドライバー部

表 4 ねじ締部仕様

ドライバー用モータ	
種類	ブラシレスモータ
回転速度	80min ⁻¹
トルク	20.8Nm
X 軸モータ	
種類	ステッピングモータ
回転速度	240min ⁻¹
トルク	2.5Nm
Z 軸モータ	
種類	単軸ロボット
移動速度	40mm/s
位置決め精度	±20μm
回転テーブルモータ	
種類	ステッピングモータ
ステップ角度	0.18°

3.6 封着剤塗布部

鉄パイプ圧入用穴に封着剤を塗布する。図 12 に外観、表 5 に仕様を示す。スポンジの内部でエアピッカー(内圧で膨らむゴム製部品)を膨らませ、エアピッカー表面に封着剤を塗布する。エアピッカーの空気を抜いた後にエアシリンダで押し鉄パイプ圧入用穴へ挿入する。再度エアピッカーを膨らませ、封着剤を塗布する(図 13)。また封着剤は 1 日に 1 回リザーバータンクへ補填する。

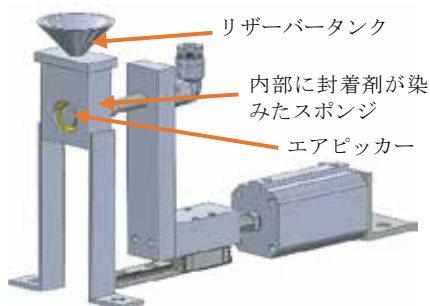


図 12 封着剤塗布部

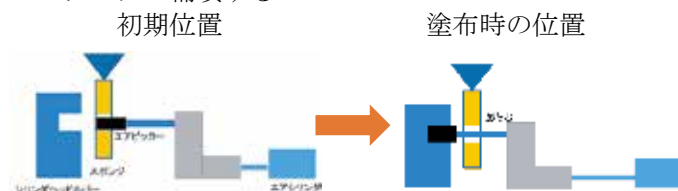


図 13 封着剤塗布部動作

表 5 封着剤塗布部仕様

エアピッカーの空気圧	0.4MPa
シリンダ速度	15mm/s

3.7 鉄パイプ圧入部

パイプストックに溜められた鉄パイプを 1 本ずつフィーダ上に供給し、ワークに圧入する。図 14 に外観、表 6 に仕様を示す。送りねじの先端で鉄パイプを押すことにより圧入を行う。また、圧入時にワークが浮くことを防止するために 2 つのクランプシリンダを用いてワークを固定する。

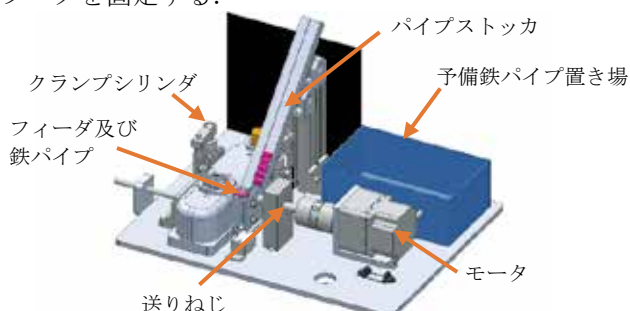


図 14 鉄パイプ圧入部

表 6 鉄パイプ圧入部仕様

モータの種類	ブラシレスモータ
回転速度	60min ⁻¹
トルク	8.6Nm
押し出し力	6000N

3.8 検査部

カメラとマイコンを用いた画像処理により、装置動作の検査や手の誤侵入に対する安全確認を行う。カメラ位置は搬送アーム横と圧入テーブル側面であり、カメラ 1・2 とする(図 15)。検査内容は以下の通りである。

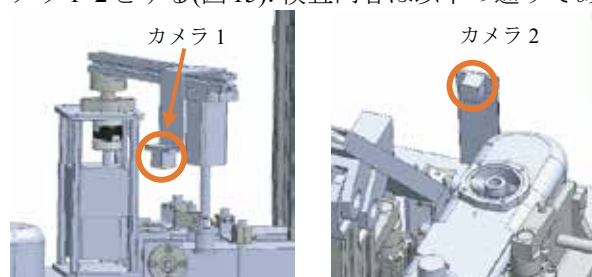


図 15 検査用カメラ 1(左)とカメラ 2(右)

3.8.1 バルブコンプレッサと金属カバーの位置確認(カメラ 1)

ベルトコンベア上での部品の位置決め精度を検査する。また、部品を搬送アームでワーク上に設置した後に、その位置を検査する。検査方法はテンプレートマッチングを用いる。この手法では、正しく部品が位置決めできている画像と検査画像を比較し、その類似度が一定を超えると位置決めが適切と判断する。

3.8.2 ねじの有無確認(カメラ 1)

ねじ締めを行った後に、ねじが 4 つ取りついているかを検査する。ねじの外形を検出するために円検出を用いる。

3.8.3 鉄パイプ圧入検査(カメラ 2)

鉄パイプがフィーダ上にあるか、また鉄パイプ圧入後、鉄パイプが既定の位置まで圧入されているかを検査する。フィーダでの鉄パイプ有無についての検査はテンプレートマッチングを用いる。圧入後には、ワークからの鉄パイプの出代が規定値であるかを検査する。鉄パイプの輪郭を二値化処理し、フィルタ処理をした後に輪郭ピクセル数を求める。

3.8.4 手の誤侵入の検知(カメラ 2)

鉄パイプ圧入時に人の手が誤って侵入した場合、それを検知する。画像処理は HSV 値を用いた異物検知を行う。HSV 値とは、色の色相、彩度、明度の 3 要素であり、人の肌色に近い侵入物のみを検知する(図 16)。人が手袋をつける際は手袋の色をあらかじめ登録する。



図 16 人の手の検出

それぞれの検査について、検査結果が不可もしくは手の侵入を検知した際には装置を停止させる。停止時にはタッチパネルに停止理由とエラー解除方法を表示する。動作を再開する際にはエラー解除をした後に操作盤で動作開始ボタンを押す。

3.9 安全装置

手の誤侵入に対する安全対策として、ねじ締め部前面には透過型光電センサを用いた安全装置(図 17, 18)を設置した。またパーツストック部ではドアの開閉状態を検知できるようドアに近接センサを設置した。手がセンサを横切る、あるいはドアが開状態である際には、機械の動作を停止する。さらに、圧入テーブルでは画像処理を用い、人の手が装置内に侵入した際にそれを検知し、機械の動作を停止させる機能を付けた。



図 17 センサ(片側)

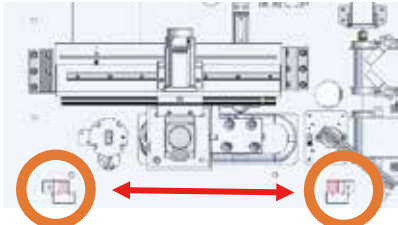


図 18 センサ位置

4. 制御構成

4.1 制御盤の仕様

制御盤には漏電遮断器をはじめとした電源供給部、装置の制御信号の送受信を行う PLC、動作制御基板、画像処理用マイコン(Raspberry Pi)を設置している。

4.2 電源部

システムブロックを図 19 に示す。電源は単相 100V を PLC やマイコン用コンセント、インバータ等に供給する。またモータや基板、センサには直流安定化電源により DC24V、5V の電源供給を行う。

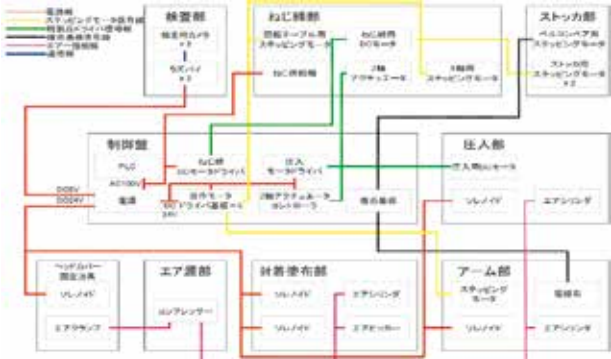


図 19 システムブロック

4.3 PLC とマイコン間の通信

マイコンは処理を分担するために2台使用する。PLC とマイコン間通信では、信頼性を重視しソケット通信を行う。PLC から各検査のタイミングでコマンドをマイコンに送信する。検査結果はマイコンから PLC に送信する。マイコン同士の通信はシンプルで実装がしやすい UART 通信を用い、コマンドと検査結果を送受信する。もう 1 台のマイコンからの検査結果は PLC にソケット通信を用いて送信する。通信のイメージを図 20 に示す。

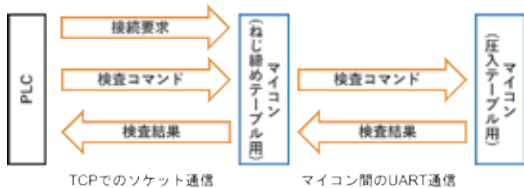


図 20 PLC-マイコン間の通信

5. 評価及び考察

装置仕様をもとに装置の評価を行う。評価結果を表 7 に示す。

表 7 装置評価

評価内容	合否
1 個当たりの組み立てが 39 秒以内に終わる.	×
バルブコンプレッサと金属カバーをシリンダヘッドカバー上の既定の位置に設置でき、その検査が行える.	○
4 本のねじ締めが既定トルク(2.8~4Nm)で行われ、また 4 本のねじが取りついているかを検査できる.	×
封着剤を鉄パイプ挿入用穴の内面に全周塗布できる.	○
鉄パイプが既定の位置まで圧入でき、その検査が行える.	○
安全装置(透過型光電センサ、圧入テーブルでの手の誤侵入検知、パーツストック部でのドア開閉センサ)が適切に動作する.	○

5.1 搬送アーム

動作は安定しており、2 種類の部品の搬送ができた。

5.2 パーツストック部

動作が確認できたが、人手によって部品を個々に整列する必要があることから、ストックへの各部品の供給に時間を用する。よって別にストックへの部品供給用フィーダを追加することや、パーツフィーダを用いた部品移動機構への変更が考えられる。

5.3 ねじ締め部

回転テーブルから 4 つのねじを取得し、ワークに対して全てのねじを同時に締めることができた。しかし、回転テーブルからねじを取得する際に全てのねじを取得できない場合があった。また、ねじを締め付ける際には Z 軸の制御でねじ締め動作を停止しているため、個々のねじのトルク管理は行っていない。トルク管理を行うために各ドライバーにクラッチ等を設けるべきである。

5.4 封着剤塗布部

動作が確認できたが、エアピッカーの耐久性が懸念される。特にゴム製の部品について専用品の開発による耐久性の改善が考えられる。

5.5 鉄パイプ圧入部

動作が確認できたが、この工程のみ別テーブルで行っているために人がワークを途中で移動させる必要がある。テーブルを 1 つに統合した後にレール等によるワークの移動機構を設けることにより、人によるワークの途中移動がなくなると考えられる。

5.6 筐体・安全装置

可動部が露出している部分が多いため、これらに覆いを設けることで安全性を高めることができる。また安全装置について、ライトカーテンを装置前面に設けることが考えられる。

6. 結言

ワークの組み立て工程を自動化できる装置の開発を行った。本装置は人による操作の必要性があるが、装置を同時に複数台使用することや、別工程をしながら装置を使用することで生産性の増加につながると考える。今後は装置の生産能力の増加や作業者の介入が一切不要な完全自動化を目標としたい。

(令和 7 年 1 月 30 日提出)

部品整列供給装置の開発

近畿職業能力開発大学校

生産機械システム技術科

生産電気システム技術科

生産電子情報システム技術科

指導教員

上村 洋志, 國金 魁人, 城代 兼嗣, 中井 陸, 藤原 芳樹

泉本 達也, 伊藤 優希, 犬伏 真悟, 米田 侑加

田嶋 晴明, 中橋 幹貴, 松田 空也, 御前 政喜,

山崎 孔生, 山本 聖留

大山 有利, 吉崎 元二, 中島 英一, 今園 浩之

混在状態のボルトを自動で分別し、整列させる装置を開発した。本装置は、乱雑に混合投入した複数の呼び長さ、呼び径のボルトを一定の向きに整列させ、画像処理技術を用いてボルトの形状、大小を1本ずつ認識して種類ごとに分別を行う。ロボットによる部品の自動締結工程へのボルト供給を想定しており、分別したボルトを1本ずつ供給できる。本装置の導入により、生産効率の向上および労働者の負担軽減が期待される。

Keywords: 六角穴付きボルト、自動整列、分別、供給。

1. 緒言

近年、製造業は労働人口の減少や高齢化に伴う深刻な人手不足[1]および熟練工の減少という課題に直面しており、自動化技術のニーズが高まっている。ロボットを用いた部品自動締結工程へのボルト供給を自動化すれば作業効率の向上が期待できる。そこで、呼び径と呼び長さの異なる六角穴付きボルト（以下、ボルトという）を混合した状態で投入しても、種類別に自動分別ならびに自動整列ができる装置を開発した。締結工程のロボットが把持しやすいように、自動整列後の姿勢はボルトの頭が上になる状態で整列する。本装置の導入により、生産効率の向上および労働者の負担軽減が期待できる。

2. 装置の概要

本装置は、表1に示す呼び径および呼び長さの異なる六角穴付きボルトから3種をタッチディスプレイで選んで整列させる。図1に本装置の外観を示す。装置の正面にボルト投入口を設置し、右側面からボルトを供給できる。また、ロボットがボルトを把持してから締め付けを完了するまでの時間が最短3秒まで対応できるように、ボルト1本あたり3秒以内で処理する。本装置は、ボルトを混合投入できる投入部(図中①)、ボルトの呼び径と呼び長さを判別して分別する分別部(図中②)、分別したボルトを整列する整列部(図中③)、分別部から必要に応じて一部のボルトを投入部に戻す返却部(図中④)から構成される。ボルトの流れを図2に示す。また、本装置の仕様を表2に示す。

3. 各部の詳細

3.1 投入部 投入部は、混合投入したボルトを、画像処理に適した姿勢に揃え、分別部へ1本ずつ間欠供給

する。ボルトの姿勢を揃える機構として掻き上げ機構を採用した。掻き上げ機構は、図3に示すように溝幅6.2mmのレールにボルトの頭部を引っ掛け、レールの上下動作によりボルトを下から掻き上げ、整列させる仕組みである。レールが上下する際に生じる傾斜を利用し、ボルトがレール上を滑り落ちるよう設計した。

表2 仕様

電源	AC100V / 340W
外形寸法	860mm(W)×1345mm(D) ×1650mm(H)
ボルト最大投入量	9kg
1本あたり平均処理時間	3s

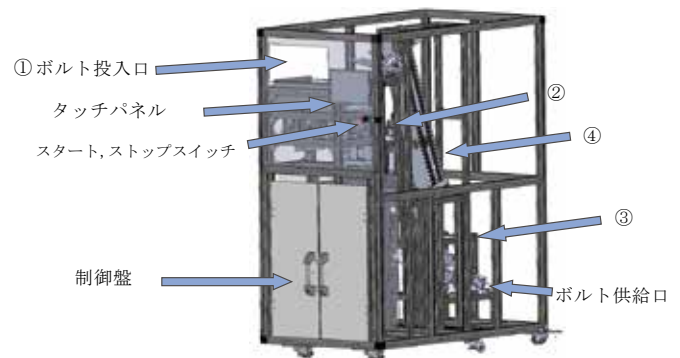


図1 装置の外観

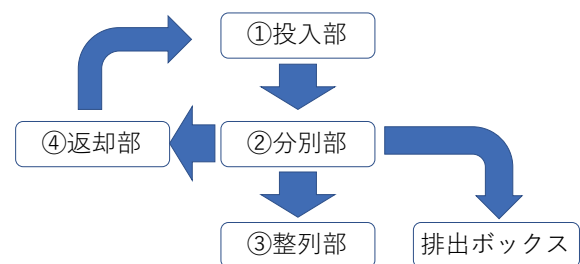


図2 ボルトの流れ

表1 整列対象ボルト

種別	六角穴付きボルト(JIS B 1176)
呼び径	M5, M6
呼び長さ	8~16mm

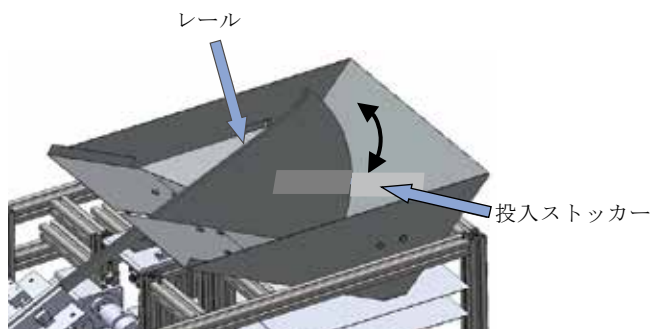


図3 揺き上げ機構

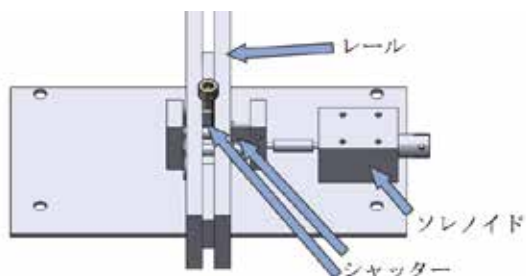


図4 スライドシャッター

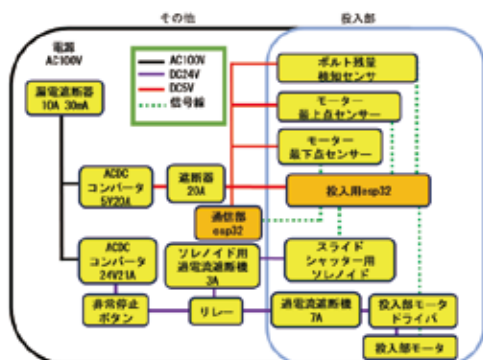


図5 投入部の制御回路構成

動力源にはブラシレスモーターを採用し、クランク機構を用いてモーターの回転運動を揺動運動に変換することで、レールを上下させる。1本ずつボルトを間欠供給できるよう、図4に示すスライドシャッターを採用した。スライドシャッターは、2つのシャッターをソレノイドによって、交互に動作させることで、レール上に隙間なく並んだボルトを確実に1本ずつに分離する。

3.2 投入部の制御 揺き上げ機構の最上点および最下点の検知には赤外線センサーを用い、ボルト揺き上げ時は低速、戻り時は高速で動作するよう制御する。また、投入ストッカー(図3)の上部には超音波センサーを設置し、ストッカー内のボルト残量を検知する。ボルト残量が減少した際には、ブザーやパトランプを作動させ、作業員へ通知することが可能である。図5に投入部の制御回路構成を示す。

3.3 分別部 分別部は、投入部から送られてくるボルトの呼び径および呼び長さを画像処理により判別し、あらかじめ登録された3種類のボルトに分別する機能を持つ。分別部は図6に示すように、円形配置の5箇

所のソレノイド①～⑤、投入部から供給されたボルトを保持する回転式ボルトホルダー、画像処理用カメラで構成されている。レール上を流れてきたボルトは、ボルトホルダーに保持され、ボルトホルダーの回転によって画像処理用カメラが設置されている位置に移動し、画像処理が行われる。ボルトホルダーの回転には、精度の高い位置決めを行う必要があることからステッピングモーターを採用した。画像処理の結果に基づき、5箇所のソレノイドのいずれかが選ばれる。それぞれのソレノイドは、①返却部に戻す、②排出を行う、③～⑤登録された3種に分別するという役割を持つ。画像処理の結果が登録されたボルト情報と一致すると、ボルトホルダーが所定の位置まで回転し、該当するソレノイドが動作する。ソレノイド先端の爪がボルト頭部を引っ掛け、各分別経路へ落とすことで、ボルトを適切に分別・排出する。

3.4 分別部の制御 投入部からボルトが供給されたかどうかを判断するため、投入部から繋がるレール上に

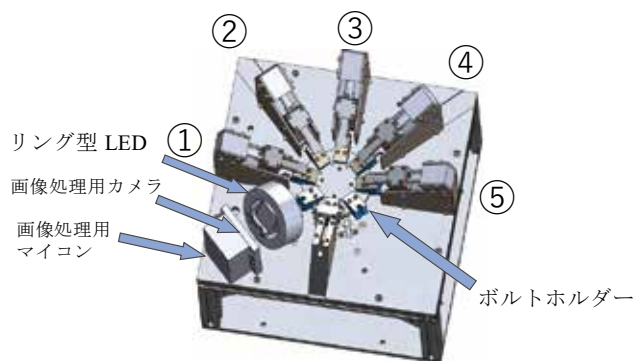


図6 分別部

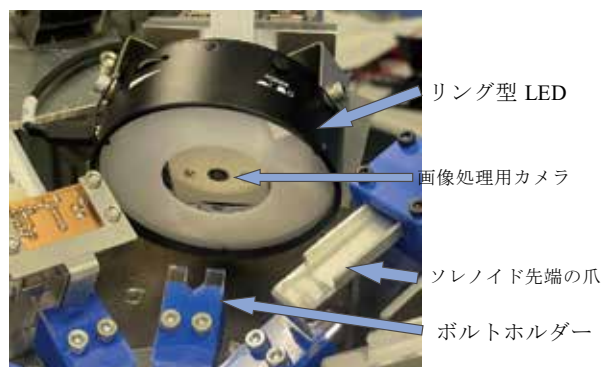


図7 分別部

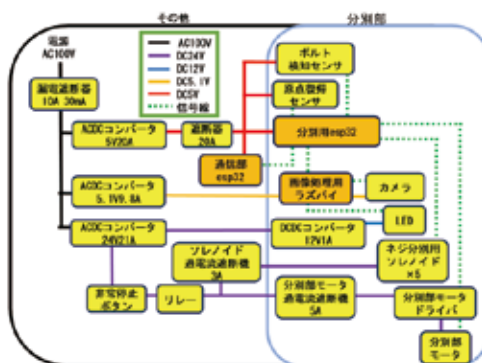


図8 分別部の制御回路構成

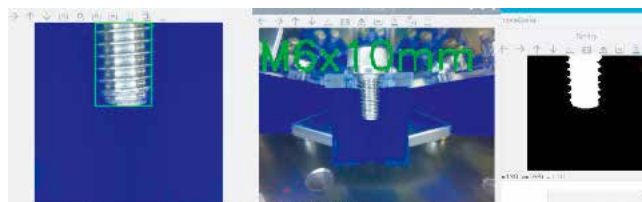


図9 画像処理の様子

赤外線センサーを設置している。ボルトホルダーは原点ドグにより回転の都度補正を行う。画像処理には演算能力に優れたマイコン Raspberry Pi を採用した。画像処理時の周辺環境による光学的影響を抑えるため、リング型 LED を設置し、判別精度を向上させている。図7に画像処理用カメラとリング型 LED を示す。また、図8に判別部の制御回路構成を示す。

3.5 画像処理 画像処理用カメラには画素数 8M ピクセルの Raspberry Pi Camera Module 2 を使用している。画像処理には OpenCV ライブラリを使用して Python 言語で実装した。処理手法としては、ボルトホルダーの青色部分をクロマキー処理により背景から分離した後、ボルトの輪郭抽出を行う。得られた輪郭情報を基にボルトの形状を矩形モデル化し、ボルトの呼び径および呼び長さを測定する。画像処理時にボルトを矩形モデル化した様子を図9に示す。

3.6 整列部 図10に整列部の外観を示す。分別部で分別されたボルトを種類ごとに3列のストッカーレールに整列待機させる。それぞれの先端には赤外線センサーとスライドシャッターを搭載しており、次工程のロボットがボルトを取り出すと、それを検知し、スライドシャッターを動作させ、1本ずつボルトを供給することができる。また、各ストッカーレール上にストック量の検知センサーを等間隔に3個設置し、ストックされているボルトの残量を検知できる。

3.7 整列部の制御 図10に示した最上段のストック量の検知センサーが反応すると、オーバーフロー信号が分別部に送信される。その後、そのレールに対応した種類のボルトは分別部から返却部へ流れ、ストッカーレールに空きができるまで整列部にボルトが流れてこないように制御する。図11に整列部の制御回路構成を示す。

3.8 返却部 3.7節で触れたように、ボルトの種類ごとのストック量より使用量が少なければストッカーレールがオーバーフローする場合がある。返却部は、このような場合に余剰ボルトを投入部へ戻す。また、

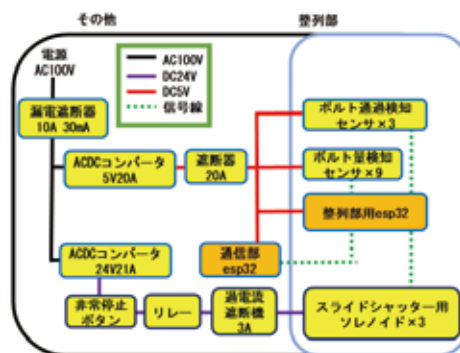


図11 整列部の制御回路構成

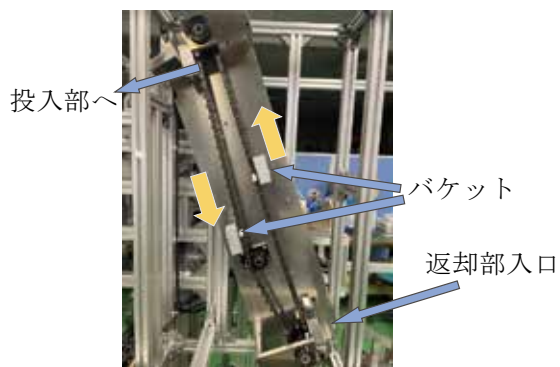


図12 返却部

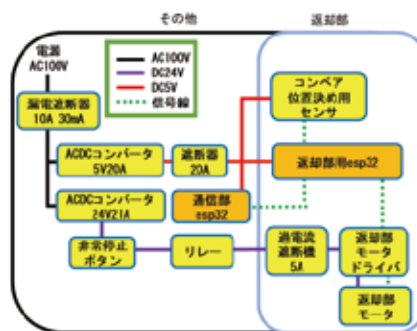


図13 返却部の制御回路構成

画像処理で判別に失敗した場合も、ボルトを投入部へ返却することで再判別することができる。返却部は、小型バケットコンベアであり、ブラシレスモーターで動作する。図12に返却部を示す。

3.9 返却部の制御 赤外線センサーを用いてバケットの突起を検知することで、図12で示したバケットを、分別部から流れてきたボルトを受け取れる位置に停止させる。非常停止時は即時停止を行い、再動作時にバケットが受け取り位置に移動する。図13に返却部の制御回路構成を示す。

4. 制御システム

4.1 装置内通信機能の概要 装置内部の通信には、I²C (Inter Integrated Circuit) と UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) の2つの通信方式を用いた。図14に通信の接続方式を示す。少ない信号線で複数のデバイスと接続が可能で伝送効率の良い I²C を制御用マイコン(ESP32)間の通信に採用した。また、表示や画像処理関連の通信を各部間の通信と分離することで、通信

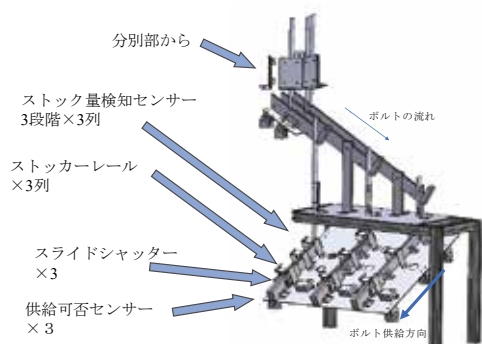


図10 整列部

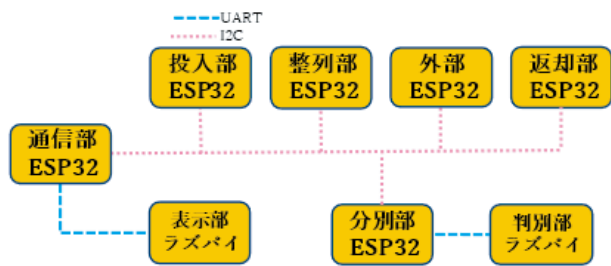


図 14 通信の接続方式

がボトルネックとならないようにしている。ESP32～Raspberry Pi 間で採用した UART は 1 対 1 通信で、安定した通信が可能である。

4.2 表示機能の概要 作業者が本装置の状態確認や操作を行えるタッチパネルインターフェースを備えている。タッチパネルのメイン画面(図 15)における表示・操作項目を表 3 に示す。エクスポート機能により、分別を行なったログ情報を CSV 形式で USB ポートから取得できる。図 16 に示す設定画面では 3 種類の分別対象ボルトの登録を行うことができ、メンテナンス画面では各部の動作の運転と停止を個別に行うことができる。

5. 結言

混合投入されたボルトの姿勢を整え、ボルトを呼び長さ、呼び径により 1 本ずつ分別する装置を開発した。ボルトの頭が上にくる状態で整列させ、次工程のロボットが把持しやすい姿勢で供給できる。現在の分別対象のボルトは M5、M6 のみであるため、ボルトの呼び径の分別対象範囲を広げるなど、汎用性を高めるのが今後の課題である。

謝辞

本開発にご協力いただいたムネカタインダストリアルマシンナリー株式会社様に謝意を表す。

文献

- [1] 経済産業省：製造基盤白書ものづくり労働者の雇用・労働の現状, https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2020/honbun_html/honbun/1020111.html 参照: 2025.1.29.



図 15 メイン画面

表 3 メイン画面項目表

	名称	機能
①	「時刻」表示	現在時刻表示
②	「投入量」表示	ボルトの投入量表示
③	「ストック残量」表示	ストックレール内のボルト残量表示
④	「設定」ボタン	設定画面への遷移
⑤	「エクスポート」ボタン	CSV 形式でログを出力
⑥	「排出」ボタン	スライドシャッターと判別部にあるボルトの強制排出
⑦	「メンテナンス」ボタン	メンテナンス画面への遷移
⑧	「シャットダウン」ボタン	システムのシャットダウン



図 16 設定画面

(令和 7 年 1 月 31 日提出)

真円度形状寸法測定機の開発

生産機械システム技術科	姥 実貴雄, 小倉 滉貴, 川畑 茜, 多賀 優希 長岡 大徳
生産電気システム技術科	沈 陽皓, 角 晃太郎, 田中 和也, 日根野谷 陸斗 福富 琢仁
生産電子情報システム技術科	伊丹 滉, 笠中 滉矢, 嶋 慶士, 多田 龍牙 田中 琳大, 西平 尚希, 松本 晃大
指導教員	佐藤 桂, 清水 隆之, 武川 肇

本テーマは株式会社エナテックから開発依頼を受け、同社が加工を行う前輪車軸カバーの製造プロセスにおける幾何形状の不良問題の解決を目指したものである。出荷した製品が取引先で不良判定となる事象が発生しており、不良事象の原因追及・対策が課題である。本テーマでは測定時の人為的誤差を排除し、正確な直径測定及び真円度の算出を行う装置を開発した。また、不良原因究明補助のためワーク形状の可視化を実装した。さらに製造ライン内にて連続検査を行うべく、対象面における鋳巣外観検査の自動化を行う。

Keywords :形状可視化, 精度, キャリブレーション, 最小二乗法, 真円度。

1. 緒言

株式会社エナテック(以下エナテックとする)では、農業機械部品の機械加工が主力事業である。本課題で依頼を受けている製品には、高い寸法精度が要求される。

現在、寸法検査は人の手により直径値二点測定にて90度角度を変え測定し、合格品を判定し出荷している。しかし、その製品が取引先で不良判定となる事象がたびたび発生しており、不良事象の原因追及・対策が重要な課題となっている。これらの解決する装置の開発に取り組み3年目である。開発1年目で外径寸法の自動測定及び温度補正を実装。2年目で真円度の算出を実装した。

今年度は新たにエナテックの製造ライン内設置に向け、装置での連続検査及び自動鋳巣検査を依頼された。さらに昨年度までの装置において連続検査実現への課題点として、軸ずれ校正がエナテック工場内で困難であること。また、測定回数を重ねると軸ずれ校正後の状態が失われることについて検討した。

2. 目的・目標

前述した今年度の依頼に基づき、製品の連続検査を可能にすると目的を定めた。

目的を満たすために、以下の3つの目標を達成する。

【目標1】製品の連続検査より、軸ずれ校正後の状態を維持が可能な装置の実現。

【目標2】自動鋳巣検査を行うにあたり、製品の全数検査への対応が要求される。よって1製品あたりの加工時間より、サイクルタイム3min以内の実現。

【目標3】製造ライン内設置に向け、工場内においても校正が可能な装置。

3. 仕様

測定対象物の製品仕様を表1に、比較測定に用いるマスターゲージの仕様を表2に、それぞれの外観を図1に示す。

表1 製品仕様

項目	内容
重量	6.9kgf
最大寸法	Φ291mm
測定対象寸法	Φ262mm
サイズ公差	-0.040mm~-0.005mm
最大高さ	80.5mm
材質	FC250(ねずみ鉄)

表2 マスターゲージ仕様

項目	内容
重量	8.5kgf
基準寸法	Φ261.9825mm
サイズ公差	+0.005mm~-0.005mm
最大高さ	80.5mm
材質	S45C



a.製品 b.マスターゲージ
図1 製品及びマスターゲージ外観

本装置は使用者の身長を1650mm~1750mmとして設計した。この身長はエナテックより指定された。

安全措置として、定荷重ばねを取り付け、作業中における扉の自重降下を防止した。加えてライトカーテンを設け、扉の降下動作中に手や腕が筐体内に侵入した際、強制的に自動扉を開く設計とした。

本装置の仕様を表3に、外観を図2示す。

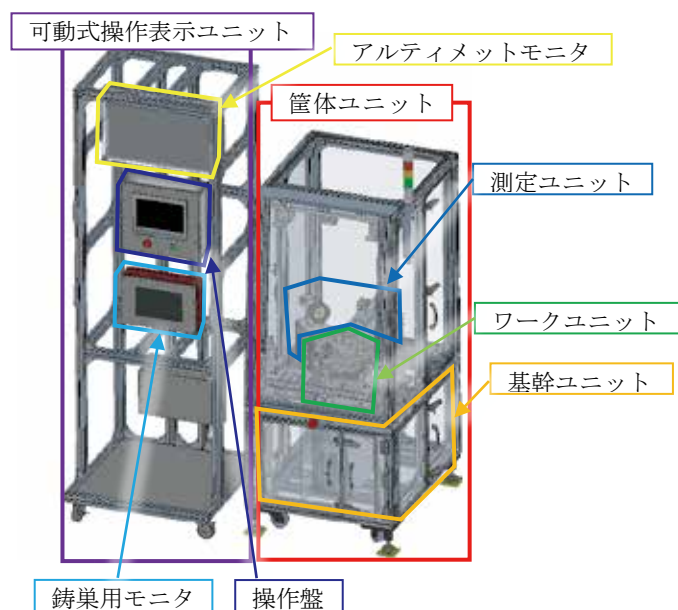


図 2 装置外観

表 3 装置仕様

項目		内容
幅		1100mm~1400mm 以内
奥行		830mm~1500mm 以内
高さ		2000mm 以内
作業部高さ		950mm
動作周囲温度		5℃~45℃
周囲相対湿度		40%~80%
最小表示単位(外形寸法)		0.001mm
正確さ(外形寸法)		±0.004mm
操作方法		押しボタン, フットスイッチ, タッチパネル
安全装置		非常停止ボタン, 防護板, インターロック, 安全扉
データ記録数		217000 件
防塵防水保護等級		IP42
対象身長者		1650mm~1750mm
電源		単相 100V, 三相 200V, 60Hz
駆動方式	測定部	電動方式
	ワーク回転部	電動方式
	扉	エア方式
空圧源		コンプレッサー
制御機器		PLC, FPGA
データベース		PC
サイクルタイム		3min 以内
ワーク脱着工程		3 工程以内

4. 装置機能

4.1 測定対象直径の自動寸法算出機能 本装置は変位センサを用い、マスターゲージとの変位量を取得し、半径値および直径値の算出を行う。 ※一昨年度実装

4.2 測定値への自動温度補正機能 製品及び変位センサ測定子温度を温度センサで取得する。取得した温度から温度補正係数を生成し、算出した半径値へ補正を行う。この補正により正確な製品の寸法検査を可能にする。 ※一昨年度実装

4.3 真円度自動算出機能 半径値から真円度を算出する。これにより形状寸法を数値化し、不良事象の原因究明を図る。 ※昨年度実装

4.4 対象面における自動外観検査機能 イメージセンサを使用し、検査対象面における鋳巣の有無を画像測定する。この機能により、鋳造欠陥の発生傾向分析を図る。

5. 装置操作

本装置は操作盤及びフットスイッチの操作で動作を行う。操作説明を表 4 に示す。

表 4 操作盤機能一覧

操作	機能
起動ボタン	サーボモータ, 電動スライダに電源を供給し運転準備状態にする。
非常停止ボタン	モータドライバ回路が完全に停止しエラー画面を表示する。操作盤と筐体正面下部に設置する。
フットスイッチ	扉の開閉, 製品把持動作を行う。

6. 装置構成

6.1 概要 本装置は、筐体ユニット、可動式操作表示ユニット、基幹ユニット、ワークユニット、測定ユニットの 5 つに分け、構成される。

6.2 筐体ユニット アルミフレームとアクリル板で構成される。製造現場で散見されるオイルミストを考慮し、本ユニットは IP42 の規格を満たす必要がある。手段として、アルミフレーム・アクリル板間に防水パッキンを用いた。配線においては、筐体外に出る電線の隙間からの侵入を防ぐためゴムブッシュを用いた。筐体ユニット組立後、200mm の高さから 15° の範囲に 3~5mm/min の水滴を 10 分間かけ、IP42 の規格を満たしていることを確認した。

6.3 可動式操作表示ユニット 表示用モニタ類及び操作盤を、作業者が任意位置で移動・固定が可能にするため設けたユニットである。アルミフレーム及びキャスターで構成されており、最大・最小直径値、真円度及び各種パラメータを表示するアルティメットモニタ、操作盤及び鋳巣位置、面積を表示する鋳巣用モニタを搭載する。

モニタ 2 つと操作盤は人間工学を基に対象者身長に適した設置高さとし、モニタアームによって、任意の画面角度へ変更が可能である。各搭載機器の用途及び機能について表 5 に示す。

また、ロック付きキャスターにより任意の位置への移動・固定を実現した。

表 5 搭載機器及び機能一覧表

搭載機器	機能
アルティメットモニタ	測定直径値の表示 測定形状可視化 XY 軸ズレ量表示 直径値・真円度合否判定 測定時の温度表示
操作盤	電源投入 非常停止 運転モード選択 エラー表示
鋳巣用モニタ	鋳巣位置・面積表示 検査幅変更 鋳巣検査合否判定 総合合否判定

6.4 基幹ユニット 制御機器、配線を筐体内に内包する役割をもつユニットである。制御盤を3つに区切り、頻繁に使用されるブレーカやサーキットプロテクタを正面に、制御回路の配線を両側面に設置した。

6.5 ワークユニット 固定ユニット、回転ユニット、モータユニットで構成される。製品の把持及び回転の役割を持つ。ワークユニット概要を図3に示す。

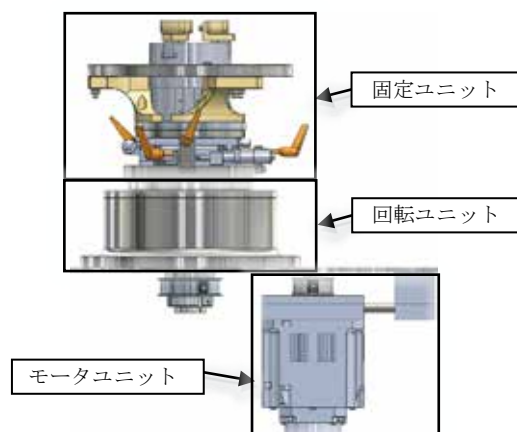


図3 ワークユニット概要図

固定ユニットは、【目標1】校正後の状態維持の実現及び、製品測定時のサーボモータ回転軸と製品回転軸の軸ずれ校正の役割がある。

ユニット概要を図4に示す。軸ずれ校正は、XYテーブル及び水平リングで行う。水平リングはフィラゲージにより調整を行い、測定室ベースとの平行状態を実現している。また、XYテーブルのクランプ機能により校正後の状態を維持する。

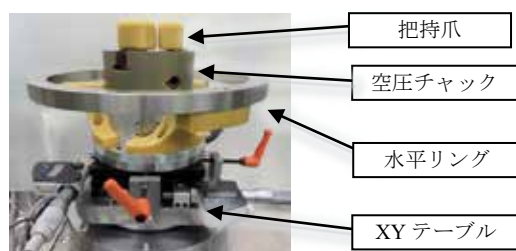


図4 固定ユニット概要

回転ユニットは製品測定時において製品を回転させる役割をもつ。製品設置時に起き得る荷重に対する耐性が求められる。そこでラジアル・アキシアル両方向に耐性を持つクロスローラベアリングで対策をした。

また、正確な変位量を取得する為、測定に影響のない安定した回転精度が求められる。そこで、サーボモータ動作に原点と測定開始点に用いる光電センサ2つを取り付け、モータ動作開始から測定開始間に加速用時間を設ける。これにより再現性と信頼性のある変位量の取得を可能とした。

モータユニットはサーボモータの動力伝達に用いるベルトのテンション調整の役割を持つユニットである。サーボモータ及びテンション調整部品で構成される。

6.6 測定ユニット 寸法測定ユニット、鋳巣検査ユニットの2つから構成される。

寸法測定ユニットは、ワーク測定対象部分における直径値の測定を可能にする役割を持ち、変位センサ及び電動スライダで構成される。直径測定時、変位センサを測定対象部分に接触させ、変位量を取得する。変位センサ移動は電動スライダを使用し、スライダに搭載されている電磁ブレーキにより、位置を保持する。

鋳巣検査ユニット 鋳巣検査ユニットは、ワーク測定対象面における鋳巣の有無を検査が可能な状態を保持することを目的としたユニットである。イメージセンサ（赤外線対応）・赤外線照明・赤外線透過フィルタから構成される。防護版が透明アクリルで構成される為、外部光（可視光）を遮断する必要がある。そこで赤外線透過フィルタにより外部光を遮断し、撮影する。

7. 検査システム

7.1 概要 本装置のシステムは、寸法測定システム、真円度算出システム、鋳巣検査システム、温度補正係数校正、データ管理システム、データ解析システムから構成されている。システム構成を図5に示す。

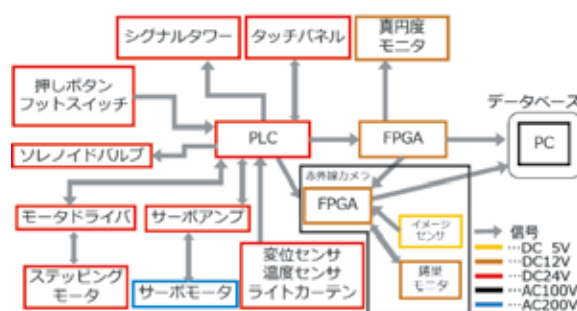


図5 システム構成

7.2 寸法算出システム このシステムは【目標2】サイクルタイム 3min 以内の実現及び製品直径の正確な自動検査を行う。測定には変位センサ、算出の処理にはPLC及びアルティメットモニタ用FPGAを用いる。算出プロセスは、寸法測定ユニットに搭載される変位センサで基準器と製品の変位量360点分を測定する。変位量を基幹ユニットに搭載されるPLCに入れ、半径値を算出する。その後、FPGAにて直径値の算出及び温度補正を行い、アルティメットモニタへ表示する。ま

た、PLC とアルティメットモニタ用 FPGA の通信に逐次通信を採用し、測定と算出を同時に行うことでサイクルタイム 3min 以内を実現する。

7.3 真円度算出システム 算出した半径値を基に製品形状の真円からの狂いの大きさを表す真円度を算出するシステムである。このシステムにより製品外径 261.96mm～261.995mm の範囲であっても不良判定になり得る製品を発見が可能である。

真円度は最小二乗法により中心補正を行った後に、半径の最大から最小を減算して算出する。また、このシステムには、製品形状の可視化機能を搭載しており、これにより製品加工工程における不良原因特定を図る。

7.4 鑄巣検査システム 製品のオイルシール取り付け面における鑄巣有無の自動検査を行う。検査対象とする鑄巣仕様を表 6 に示す。

検査は赤外線照明を用いて鑄巣の位置・面積を陰影により明確化し、イメージセンサから取得する。取得した画像の縦 1px を高速で切り取り、縦 100px 横 500px のトリミング画像を 250px ずつ生成する。このトリミング画像に対してフィルタ処理をかけ、二値化処理を施す。処理後の画像に作成した検知プログラムを実施することで、鑄巣検査を可能とした。

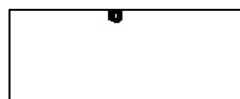
二値化処理による取得画像の違いを図 6 に示す。

表 6 検査対象鑄巣仕様

項目	内容
鑄巣種類	ピンホール
最小検出サイズ	0.8mm
最大検出サイズ	10mm
スキャン速度	11.2mm/s
鑄巣面積単位	mm ²



a. 二値化処理前



b. 二値化処理後

図 6 二値化処理実施画像

7.5 温度補正係数校正 この機能により【目標 3】工場内での校正を可能にする。

現状、エナテックでの製品測定では、温度変化による材料の熱膨張が考慮されていない。一般的に測定時、直径値へ対して 20℃の状態へ温度補正を行うが、製品は鑄物であるため理論的な線膨張係数による補正では十分に対応できない可能性がある。そこで、異なる温度帯における基準器の温度補正前最大直径値と温度データを基に、温度による測定値のズレを最小二乗法を用いて算出する。これにより、温度補正後の正確な直径値を計算するための温度補正係数を導出する。

温度補正機能の校正をシステム内で行えることにより、工場内において校正が可能な装置を実現する。

7.6 解析システム データ解析システムは、フィルタのカットオフ値、真円度算出用基準円、表示倍率、温度補正前データ可視化の有無を 4 つの条件で設定し、画像を再描画し、真円度を解析する。

カットオフ値は製品の山数(1 周円における頂点の数)を変更し、山数が少なくなると滑らかな図形になる。本システムでは、山数を 3, 15, 50, 150 に設定できる。基準円は最小二乗法もしくは最小領域法で求めたものから選択できる。表示倍率の変更はより詳細なワーク形状を表示することで、不良の特徴などの分析に役立ち、1000, 2000, 5000 倍から選択できる。

フィルタのカットオフ値、真円度算出用基準円、表示倍率変更機能は、真円度測定機にも実装されている重要な機能である。温度補正前データの可視化は、温度による影響を見比べられる。温度補正により、寸法だけでなく、真円度にも変化が起こる。

7.7 データ管理システム このシステムは検査結果の保存、管理、閲覧機能を持つシステムである。本システムは製品に不良が発生した場合、不良原因の特定に用いる。また、備考欄を設け不良品のデータに不良原因として推察される事項の記録を行うことで不良傾向の分析に用いる。管理機能には 1 日分のデータ表示機能があり、保管されるデータ件数が膨大な場合についても、指定データの容易な表示を可能としている。

8. 検証・評価

今年度では連続検査への対応可否について評価する。エナテック工場内にて、マスターゲージを 160 回測定し、軸ずれ校正を維持しているか検証した。次にサイクルタイム評価した。

また鑄巣の外観検査の評価として良品・不良品を入れ替え 100 回の検証より評価した。

昨年度評価結果を表 7 に、今年度評価結果を表 8 に示す。

表 7 評価結果

目標項目	評価
最大直径値 標準偏差(2σ) 目標 0.006 mm	0.00486mm
最小直径値 標準偏差(2σ) 目標 0.006 mm	0.00432mm
真円度算出できる	○
形状の可視化ができる	○

表 8 評価結果

目標項目	評価
軸ずれ校正後の状態を維持し、 160 回正常に判定ができる	○
最大幅 1mm 以上の鑄巣を 検知できる	○
サイクルタイム (目標 180sec)	143sec
エナテック工場内において 校正ができる	○

9. 結言

今後、株式会社エナテックに本装置を移動させ、試運転及び実証実験を行う。

文献

[1] 大森義幸 「はじめての真円度測定」, 2016, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe/82/9/82_803/_pdf (令和 7 年 1 月 31 日提出)

木造需要増加に伴う NLT 工法を用いた梁材の検討

近畿職業能力開発大学校

建築施工システム技術科 井上 竣, 川原 明稀, 仲宗根 有輝, 丹羽 優希, 南野 党我, 村上 輝
指導教員 足立 和也

現在木質構造建築の需要の高まりにより、代表的な工法である CLT 工法や大断面集成材を用いた木質構造建築物の施工が増えている。しかし、CLT や大断面材集成材は生産工場が非常に少なく材料の輸送のコストが高いほか、生産設備を整えるためには莫大な設備投資が必要であるなどの問題がある。そこで CLT や大断面集成材と違い特別な設備投資が必要のない NLT 工法に着目し、一般的な規格材を、木質構造用ねじ（ビス）で接合した梁材を検討することにより、CLT 等の生産ラインが確立するまでの移行期に主要な工法となりうるかを検討する。

Keywords :カーボンニュートラル、国土の保全、NLT

1. 緒言

社会問題として環境及び経済に着目した。カーボンニュートラルへの取り組みの中で、森林による CO₂ 吸収量が減少している(図 1)。その要因として造林等の減少がみられ[1]、国土の保全への影響も危惧されている。林業の利用とサイクルを保つため国内の木材の活用が必要である。木材の利用に関して、海外では CLT や NLT の研究・建築が行われており、林野庁なども研究の対象とし、普及を促進している。NLT は専用の設備を用いず、スペースがあれば製造できるため、NLT 工法を用いて大型建築にも活用できる梁材の研究を行いその効果について検討する。



図 1 森林による CO₂吸収量[1]

2. NLT とは

NLT は木材を釘やビスで固定して層を重ねた構造材であり、従来の鉄筋コンクリート造や鋼材に比べて製造時の CO₂ 排出量が少ないことが特徴である。また、木材は成長過程で CO₂ を吸収するため、使用することで炭素の貯蔵も期待できる。

3. 予備実験

本研究では、NLT が RC 造のように中大規模建築物にも普及できる可能性を探るため、NLT 梁の耐力を研究する。NLT で中大規模建築物を実現するためには大スパンの梁を作成する必要がある。8m のスパンの梁とすることで、様々な広さと用途に対応できると考える。8m スパンの梁を実現するために、まずは 4m の梁材を作成し、8m の梁に与える想定の実力度と同等の実力度を 4m の梁材に与える。4m の梁材を作成するにあたり、ビスの打ち方実験を行った。具体的には、3 つの試験体を作成し、3 種類の異なる角度(90 度、45 度、135 度)で

ビスを打ち込み、試験体に荷重をかけた際の変位量からビスの打ち方角度を検討した。また、ビスの選定に関して、現段階では、主に木質構造用ビスを販売している会社が株式会社シネジック、株式会社カナイの 2 社であるため、2 社のビスを比較して耐力の高い会社のビスを使用することとした。ビスの形状は、半ねじタイプと全ねじタイプの 2 種類あり、耐力を比較しビスを選定した。

4. 予備実験結果

4.1 打ち方実験結果 株式会社シネジックのパネリードを使用し、ビスの打ち方実験を行った(図 2)。45 度打ちが最も初期剛性が高くなる結果となったが、強度の向上がみられなかったため、施工性がよく最も耐力が出る 90 度打ちを採用した。(図 3)

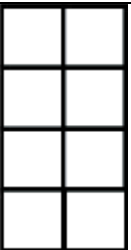
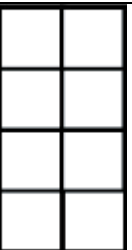
4.2 ビスの選定 半ねじタイプと全ねじタイプの 2 種類の試験体を作成し、荷重変位試験を行った。図 4 より、半ねじタイプの方が初期剛性、耐力共に全ねじタイプより高い結果となった。

次に、株式会社シネジックと株式会社カナイのビスの耐力を比較するために、半ねじタイプのビスで長さを変えた 2 つの試験体(170, 290)をそれぞれ作成し、荷重変位試験を行った。図 5.(a)、5.(b)の試験結果から 170mm、290mm ともに株式会社シネジックの方が最大荷重が高くなった。ただし、図 5.(c)に示す通りカナイのビスの場合、全ねじの方が強くなった。ビスのせん断試験の結果は木材とビス双方の性能を考慮しなければならないが、総合的に判断してシネジックの製品を採用することとした。つぎにビスの長さを決定するために 170mm のビスと 200mm のビスを比較した。その結果、変位に対する耐力が 170mm のビスの方が高くなった。200mm のビスの最大耐力は変位が増加すればまだ上昇する可能性があったが、梁材にした際に与える変位以上であるため考慮しないこととした。以上のことと 170mm のビスのほうが一本当たりの価格が安価であること、また各耐力試験の結果の多くがシネジックのパネリード S が優れていたことから使用ビスはシネジックのパネリード S-170mm とする。

5. ビスの選定基準

5.1 算定方法 建築基準法に基づく告示第 1459 号第 2 では固定荷重及び積載荷重によって、梁または床板に生ずるたわみの制限を支点間距離の 1/250 以下にすることと定められている。しかしクリープを考慮して木造は変形増大係数の 2 を乗ずることになっており、たわみは 1/500 以下にする必要がある。本研究で作成する試験体の断面 105 角の角材を表 1 のような積層した断面となる。この断面の断面二次モーメントを I_1 とし、同寸法の一木材の断面二次モーメントを I_0 とした場合、 I_1 は I_0 の 1/16 となる。しかし、これは角材同士接合がないものの断面二次モーメントであり、本実験ではビスで接合を行うため、一部一体化し断面二次モーメントはこれらの間の I_x となる。

表 1 試験体断面

断面二次モーメントの比較		
210×420(mm) の一木材	105 角の積層材 (ビス打) 210×420(mm)	105 角の積層材 (ビス無) 210×420(mm)
$I_0=BH^3/12$	$I_0>I_x>I_1$	$I_1=BH^3/12\times 1/16$
		

5.2 ビスの間隔・本数検討 5.1 のように、本実験で使用する 4m の梁材を検討しており、この試験体は実大の 8m 材に加える曲げ応力度とせん断応力度と同様の応力度が生じることを想定して作成した。角材を積層し接合するビスの縦打ちは 4m 材 1 本に対して約 80 本必要となった。既往の NLT 梁はせん断応力に応じて打ち込み間隔を変則にしている点を参考に端部 40mm 間隔中央部 50mm 間隔とし 86 本打ち込む。横打ちは縦打ちの間に打ち込み一段 42 本打ち込み、縦打ちは 172 本が 3 段、横打ちは 42 本が 4 段となるため、計 684 本となる。(図 6～9)

6. 試験体作成

試験体は BIM モデルを活用し、ビスが干渉しないようにした。105 角の角材を 2 列、4 段でビス打ちし、幅 210mm、高さ 420mm、長さ 4000mm の梁を作成した。ビスは横打ち、縦打ち共に千鳥に配置し、せん断応力の影響が大きい端部のビスの密度を高めた。(写真 1～3)

7. 荷重変位試験

7.1 試験方法 本試験は、4m の試験体の 1 層ごと、4 層重ね合わせた場合、4 層ビスで打ち込んだ場合のそれぞれの耐力と変位の大きさを比較する。試験体の中心に V ブロックを設置し均等に荷重がかかるようにし、支点間距離は 3800mm とする。また変位計を試験体の下部に設置し、たわみの変位をとる。試験装置の変位 10

mm を 2 回繰り返し荷重をかけ試験を行う。4 層重ね合わせた試験体とビスで打ち込んだ試験体は試験装置の 5mm の変位を 3 回繰り返しかけ、その後 10mm の変位を 3 回かけその際の耐力の変化をみる。(写真 4、5)

7.2 試験結果 表 2 に試験体に使用した木材のヤング係数を示す。試験結果は下記の図 11、12 のとおりである。1～4 層の荷重の合計 (表 3) と 4 段ビスなしの荷重を比較すると 4 段ビスなしの方が小さい値となった。また、4 段ビスありは 1～4 層の荷重の合計・4 層ビスなしをそれぞれ比較すると約 9 倍・14 倍となった。また理想的な断面の断面 2 次モーメントを I_0 としたとき、本実験の試験体の断面 2 次モーメント I_x は I_0 の 0.56 倍となった。これを梁成で考えたとき有効梁成は、通常の梁成の 0.81 倍となる。つまり構造計算で求められた必要な梁成を NLT で制作する際、1.23 倍の梁成で梁を作成すれば良いこととなる。

8. 考察

本試験体 4m 材に 20kN/m の荷重を与えた場合、たわみは 13.12mm と推定される。建築基準法のたわみ 1/250 を満たす結果となり、本試験体の 4m 材を想定通りの条件で使用した建築物は実現可能であることがわかった。しかし、クリープを考慮したたわみ 1/500 を満たすことはできなかったため、クリープについて別途検討する必要がある。

また 6m 材を作成する場合に関しても、継ぎ目のない一木材で作成できるため、梁成や梁幅を変更することにより実現可能であることがわかった。しかし、8m 材に関しては 2 本の材を継ぐ場合、継ぎ目に補強を加え性能の低下を極力抑える必要がある。

作成コストに関しては、木材が約 4 万円、ビスが約 16 万円の計 20 万円と高いコストが必要であった。本試験は木質構造建築物の構造用大断面集成材化への移行期に設備投資の必要のない NLT の使用の可否を目的としていたが、ビスが高額であったため、ビスのコストを抑えるか安価な釘で代替し同等の性能を出す必要がある。

9. 結言

本実験により、NLT 梁を用いた建築物の実現は可能であることがわかったが、構造用大断面集成材等活用の移行期にこれに代わる工法とするには、規模やコストに課題があることもわかった。NLT を用いた中大規模建築物の実現には、クリープを考慮した試験や継手の存在する試験体の荷重変位試験を行うなど、多くの検討が必要だ。

文献

- [1] 環境省 2022 年度の温室効果ガス排出・吸収量 (概) [https://www.nies.go.jp/whatsnew/2024/20240412-attachment01.pdf] (最終検索日: 2024 年 11 月 5 日)
- [2] 柳小路南角Ⅱ期新築工事 平成 29 年度 [http://www.sendoshien.jp/02/case/download/jirei63.pdf] (最終検索日: 2024 年 11 月 5 日)

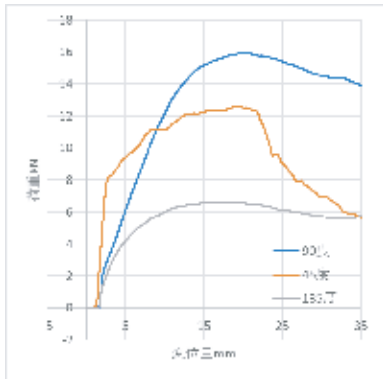


図2 打ち方実験結果

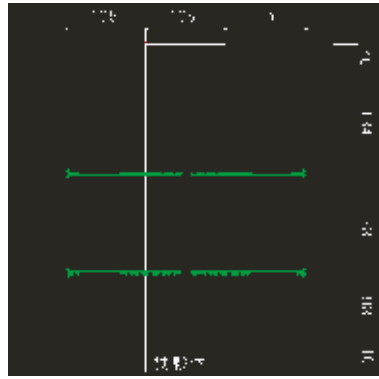


図3 90度打ち図面

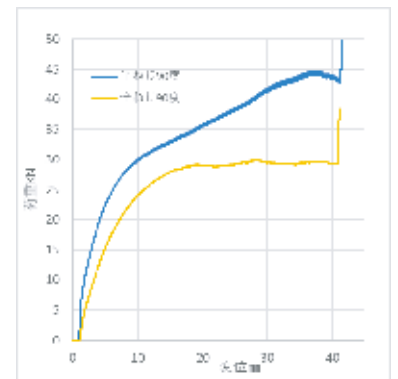
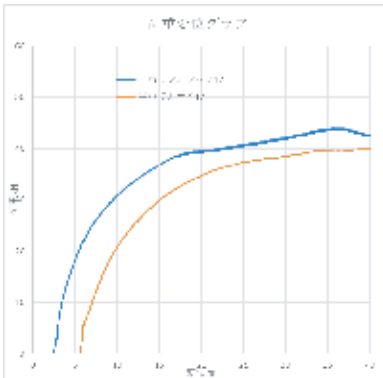
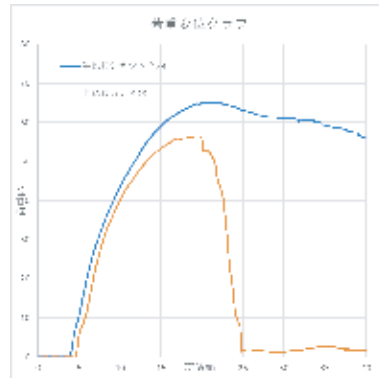


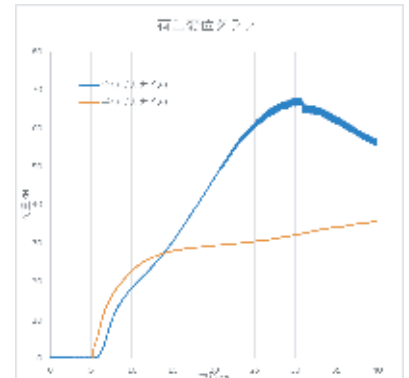
図4 ビスの選定実験結果



(a) 170mm



(b) 290mm



(c) カナイ半ネジ・全ネジ比較

図5 株式会社シネジックと株式会社カナイのビス種類とビス長さによる耐力比較結果

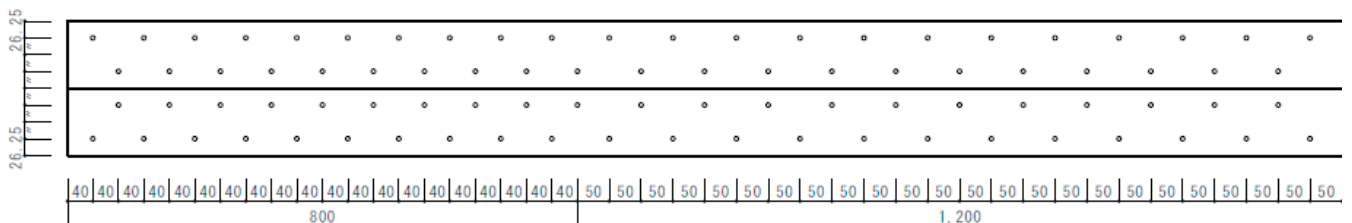


図6 試験体平面図 2層目及び4層目



図7 試験体平面図 3層目

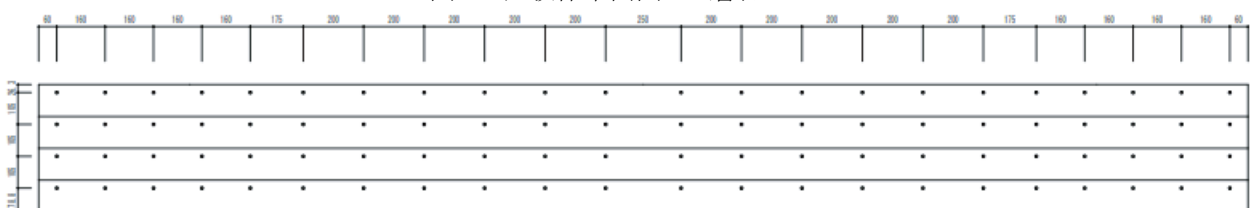


図8 試験体南側立面図

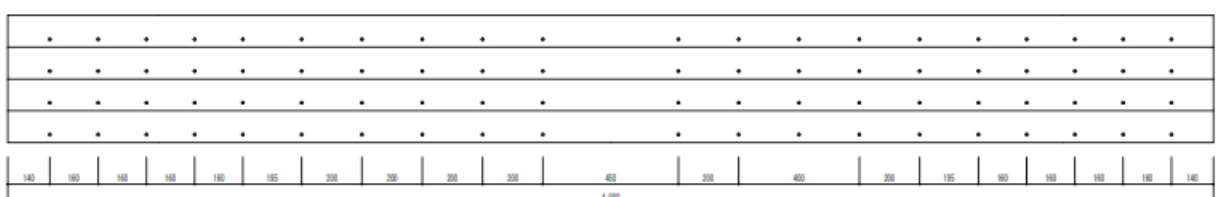


図9 試験体北側立面図



写真1



写真2



写真3



写真4



写真5

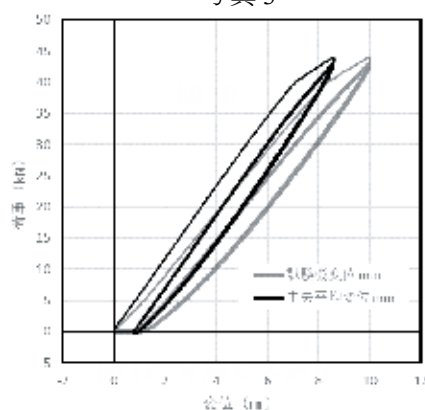


図11 4層ビスあり

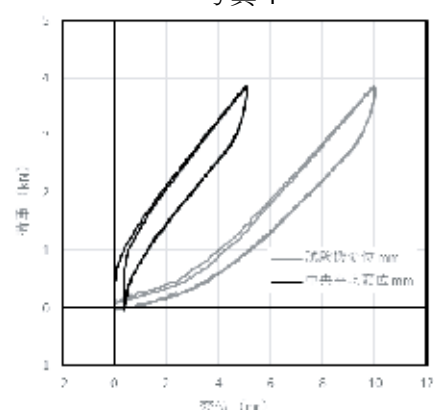


図12 4層ビスなし

表2

試験体	質量 (kg)	ヤング係数平均 (GPa)	周波数平均 (Hz)
1-1	17.25	6.22	498.98
1-2	20.20	7.32	406.04
2-1	20.03	7.68	511.54
2-2	18.70	6.58	492.12
3-1	18.69	7.04	504.86
3-2	19.92	7.42	503.88
4-1	16.27	7.45	559.54
4-2	17.80	6.58	504.86

表3

変位量8mmの時の荷重 (kN)						
1層目	2層目	3層目	4層目	1～4 合計	4層ビスなし	4層ビスあり
1.005	1.145	1.065	1.146	4.361	2.8542	38.773

(令和7年1月10日提出)

CLTを用いた建築物の施工管理手法習得のためのカリキュラム提案

建築施工システム技術科 田中 隼, 山東 勇輝, 高倉 慎
畠山 陸, 三輪 晟一郎
指導教員 宇都宮 直樹

本開発課題は、近年増加する直交集成材 CLT(Cross Laminated Timber)を用いた建築物の施工管理手法を習得するためのカリキュラムを提案するものである。そのために、提案するカリキュラムに沿った製作物の計画から施工までを行い、CLT の施工知識や施工管理手法を習得する。標準課題実習で学んできた施工管理の知識を活かし、課題製作物を作成し、CLT を用いた建築物の施工管理における要点の整理を行う。カリキュラムに施工管理における要点を反映させる。

Keywords : CLT, カリキュラム, 標準課題実習, ドリフトピン接合, タッピンネジ接合。

1. 緒言

CLT とは建築の構造材に用いられる木材を繊維方向が直交するように積層接着した木質系材料である。図 1 に示すように、近年の CLT の竣工件数は増加傾向にあり、令和 5 年には 1000 件を超える見込みである。国からの支援や補助金の体制も強化されていることや、人手不足が進む現場で短期間に施工できることなどから CLT の需要はこれから高まると考えられる。また、CLT は本校の修了生の多くが就職先として選ぶゼネコンが扱う大規模な建築物にも採用されている。図 2 に示すように、15 期生から 25 期生の就職先ゼネコン 35 社を調査したところ、21 社と全体の 60% に CLT に関する事業への関わりがあると判明した。就職先のゼネコンで CLT を扱う可能性は非常に高いといえる。だが、CLT に特化したカリキュラムは存在せず、現状のカリキュラムでは建築材料の 1 つであるという程度の知識しか得ることができない。CLT の需要が高まる中、CLT について知識のないまま就職する事に危機感を覚えた。そこで、本開発課題は CLT を本校のカリキュラムに組み込むことを提案する。具体的には、実際に CLT を用いた課題製作物を作成する「CLT 施工・施工管理課題実習」(CLT 実習)を行うことを提案する。CLT 実習における製作物を立案するための方針は以下の通りである。1 つ目は現行の木造、鉄骨造 (S 造)、鉄筋コンクリート造 (RC 造) の標準課題実習との比較を行い、CLT 造の施工及び施工管理の特徴を学べる製作物にすること。2 つ目は実際の CLT 建築物に準じた製作物を実際の施工順序で行うことである。これらの事を踏まえて CLT 実習のカリキュラム作成に取り組む。カリキュラム製作の成果物としては、学ぶ内容やそれぞれの工程にどのくらいの時間を掛けるのかを示すカリキュラム表とシラバスを作成する。また参考文献となるように工程ごとの基準を示した教材を作成する。

2. カリキュラム計画

2.1 現行の標準課題実習との比較 CLT の施工管理に求められるものを調べるにあたり、現行の標準課題実習との比較を行った。木造と RC 造では「施工計画」の後に「施工・施工管理」が行われていたが、S 造では「施工計画」の後に「工場製作」があり「施工・施工

管理」となっていた。「工場製作」の過程は CLT 造の工場製作・現場組立という特徴と似ている。そこで、S 造のカリキュラムを参考に「施工計画」「工場製作」「施工・施工管理」の順で CLT 実習のカリキュラムを考えることにし、これを授業細目とした。

2.2 実際の施工工程との比較 図 3 に示すように色別にして、授業細目を実際の CLT 造の施工工程フロー^[2]と比較した。授業細目の流れは実際の施工工程に近い事が分かる。またそれぞれの施工工程で何をすべきかの詳細が明らかとなった。具体的に、「施工計画」では施工要領書、施工図等を作成する。「工場製作」では CLT 部材の製作図や製作要領書を作成し、部材加工を行う。「施工・施工管理」では金物の受入検査や建方、完了検査を行う。

3. 製作物の概要

3.1 課題建築物の概要 CLT 造を学ぶための製作物は実際の CLT 建築物に準じたものである事が求められる。そこで図 4、図 5 に示す CLT パネル構造の二階建て戸建て住宅を、CLT 関連告示の構造設計例^[3]を参考に課題建築物を計画した。課題建築物全ての施工は時間と予算的に不可能であるため、接合部を多く施工でき、壁同士の取り付けや垂壁・腰壁を含めた施工ができる、一階角部を想定した製作物を作成することとした。

3.2 製作課題の概要 課題建築物を元に図 6 に平面図を、図 7、8 に立面図を示す製作物を計画した。CLT 造の接合金物には規格品の X マーク表示金物を使用する。X マーク表示金物には 2 種類の金物があり、金物をパネル内部に入れピンを差し込むドリフトピン接合、金物でパネルを挟みネジで固定するタッピンネジ接合がある。本来は仕上げの方法や金物の価格により使い分けられる接合方法ではあるが、両者を併用し X 方向にタッピンネジ接合を、Y 方向にドリフトピン接合を使用した製作物を作成することにした。それにより、金物二種の特徴を学べるカリキュラム作成を目指す。CLT パネルは予算の都合上本物を用いた施工はできず、無垢材を組み合わせて作るものとする。実際の CLT とは異なる構成になるが、金物と CLT パネルの接合箇所は本物と近いものになるようにし、実際の施工方法に近い方法での接合ができるようにする。

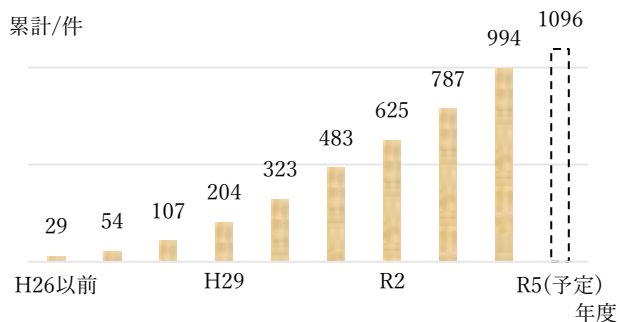


図1 CLT を活用した建築物の竣工件数の増加^[1]

調査対象	
大 手	5/5 社
準大手	7/10 社
中 堅	7/10 社
主 要	12/92 社
その他	4 社
合 計	35 社

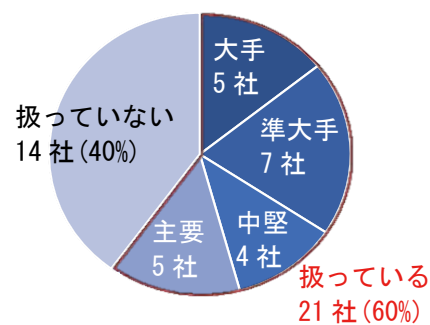


図2 15～25 期生の就職先ゼネコンと CLT 取扱状況

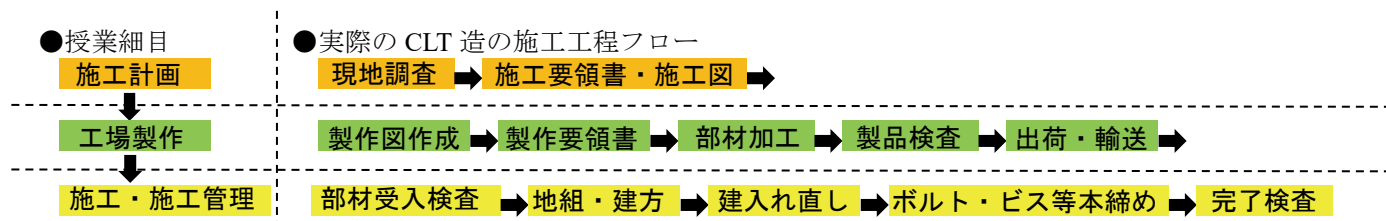


図3 授業細目と実際の施工工程フローの比較

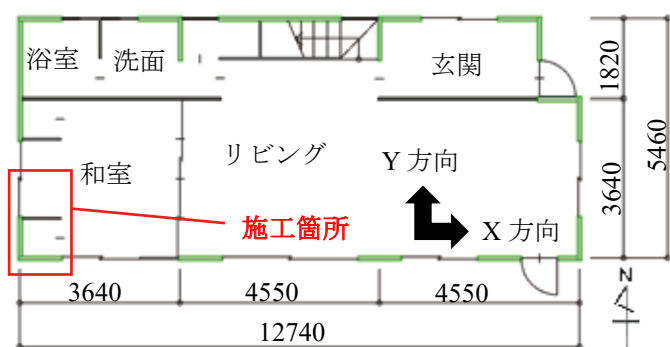


図4 課題建築物 平面図

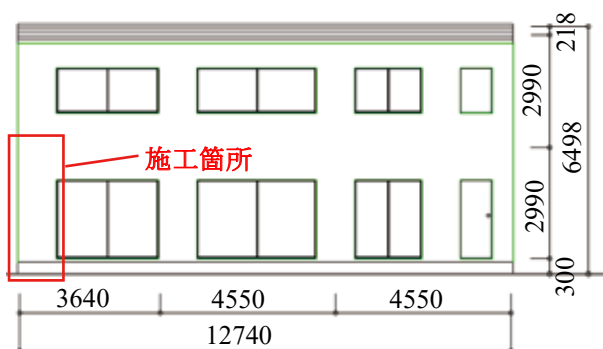


図5 課題建築物 立面図

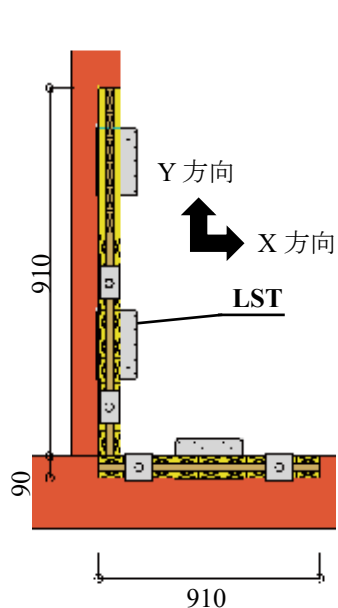


図6 課題製作物 平面図

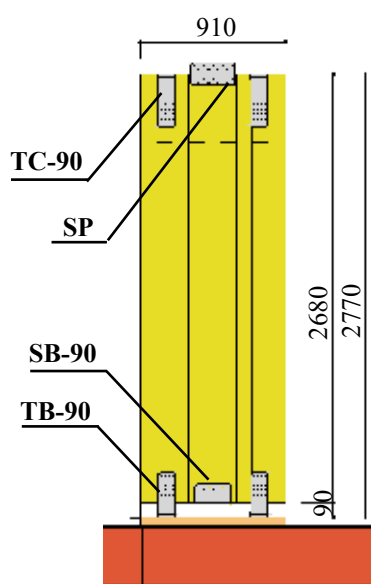


図7 課題製作物 立面図 (X 方向)
(タッピンネジ接合金物側)

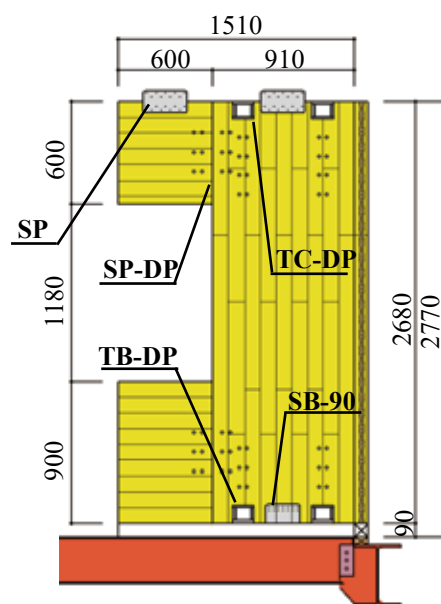


図8 課題製作物 立面図 (Y 方向)
(ドリフトピン接合金物側)

4. 製作物作成

4.1 施工計画 施工計画では施工要領書と施工図の作成を行った。施工要領書は CLT パネル作成方法、金物の取付方法、レベルの取り方、運搬方法、建て方、受入検査というように工程ごとに作成して施工手順を共有しやすいようにした。施工要領書の作成では施工要領書内に収まりきらない情報があつたため、図 11 に示すように QR コードを活用する事でスマートフォン等を利用し情報が得られるように工夫した。

4.2 工場製作 工場製作の段階で作成する必要があるものは接合金物、CLT パネル、土台である。金物は X マーク金物製造の承認を受けている、株式会社タツミに製作を依頼し現場で使用されるものと同様のものを使用する。届いたものは規格図と比較して受入検査を行い、規格通りの金物である事を確認した。CLT パネルは現場で使用される本物の CLT を使用したかったが、予算の都合上我々で製作する事になった。課題建築物に合わせて厚みを 90mm となるように、図 12 に示すように厚み 30mm の無垢材（ラミナ）を三層に重ね合わせる構成とした。この製作した CLT は問題があり、無垢材の歪みや反りがパネルの精度に大きな影響を与えてしまった。具体的にはラミナ同士のずれや隙間、浮きである。カンナ掛けを行わずれや浮きを無くし、隙間をパテで埋めることでパネルの精度を高めたが、その修正に実習時間の半分以上を使用してしまった。CLT パネルは接合金物設置箇所を加工する必要がある。図 13 に示すようにタッピンネジでの接合は金物でパネルを挟み込む形で接合するのに対して、ドリフトピンは金物をパネルの内部に入れる必要がある。図 14 に示すようにドリフトピン接合金物を CLT 内部に入れる加工を行う必要があり、無垢材の歪みや反りが影響して複雑な加工が必要になった。またドリフトピンを打ち込む孔が、図 15 に示すようにパネルに開けた孔と金物の孔にずれができてしまい、孔を広げることで対応しなければならなかった。このように、本来工場ですべて作られるはずのパネルを自作すると、実際の現場で考慮する必要のない加工の事まで考えなければならぬ事が分かった。土台は無垢材を使用し、アンカーボルトを通す穴を開ける加工を行った。

4.3 建て方 建て方では基礎の設置から行った。本課題では鉄骨を組んで基礎とした。基礎位置の決定とレベルの測定は、来年度以降の鋼構造施工・施工管理課題実習で使用が予定されている楽位置・楽墨という専用の機材とアプリを使用する方法で行った。基礎設置後は、作成した CLT パネルを基礎と土台に固定する作業を行う。ここからは施工管理職として実際に我々が行う作業であるため、施工の精度に関して管理を行う現場監督を決定してから作業を行った。現場監督はパネルの配置位置や傾きの精度の許容誤差や測定方法をまとめた検査表を作成して完了検査を行った。図 16 に完成した製作物を示す。完了検査の結果として、配

置位置や傾きは許容誤差内に収めたが、図 17 に示すようにパネル隅部を合わせることができなかった。理由としては自作したパネルの精度の問題が大きいといえる。

5. カリキュラム計画

5.1 カリキュラム表とシラバスの作成 カリキュラム提案を行うにあたり、必要となるのはカリキュラム表とシラバスの作成である。カリキュラム表とは、授業科目の目標や授業科目の内容、それに掛ける時間を示したものであり、カリキュラムの基準となるものである。シラバスはカリキュラム表をさらに詳細化したものであり、評価の方法や授業ごとに何を目的とするかが示されているものである。表 1 に示すように、我々が行った製作物作成に掛かった時間から、CLT 実習の使用時間と工程ごとの時間配分を決定した。提案するカリキュラムにはグループ分けやレポート製作の時間を含め考慮した。また、工場製作はパネル製作が大半の時間を占めており、実習時間を大幅に減らせること、本来現場で考慮する必要のない製作を無くせることから、CLT パネルを発注することとし、工場製作を 0 時間とした。

5.2 教材の作成 カリキュラム表とシラバスを作成したのみでは工程の詳細が分からない。そこで提案するカリキュラムで製作するものの根拠や施工手順、管理項目を記載した CLT 施工実習の教材を作成した。提案するカリキュラムの内容を、初めて学習する人にも分かりやすく伝えられるよう、参考にした文献を記載するとともに、参考文献の内容を要約して記載した。

5.3 今後の計画 本テーマでは予算の都合上、CLT パネルを自作で製作したことにより、現場に準じた製作とは言えなかった。カリキュラム計画の続きを行うのであれば、本物の CLT を実際に発注して製作物の作成を行う事を強く提案したい。CLT パネルを発注すれば、受入検査から施工を行う流れを実現でき、実際の施工現場に近い形での実習が行えると言える。本物の CLT パネルを使用し、再び試験的に製作物を作成することでより洗練されたカリキュラムを目指せるであろう。また、実際にカリキュラムとして行う際は 1 クラス 25 人での実習となる。25 人を 4 班に分け、各班が同じ内容が学べるよう、図 18 に示す実習製作物モデルを作成した。CLT パネルを 4 つの角それぞれに建て、CLT パネルを腰壁、垂れ壁でつないだ構成とし、CLT 造建築物の基礎が学べるものにした。

7. 結言

本開発課題実習を通して得られた成果を以下に示す。

- カリキュラム表を作成した。
- シラバスを作成した。
- 施工基準や方法を示した教材を作成した。
- 今後必要な事を定めた。

作業情報	作業内容・作り方
「CLTの構造性能等に関する設計・施工要領書」に基づき、本要領書に準拠して施工を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。	1. 材料の準備 2. 材料の加工 3. 材料の組立 4. 材料の固定 5. 材料の完成
図面を参照し、材料の加工・組立・固定を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。	1. 材料の準備 2. 材料の加工 3. 材料の組立 4. 材料の固定 5. 材料の完成
図面を参照し、材料の加工・組立・固定を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。	1. 材料の準備 2. 材料の加工 3. 材料の組立 4. 材料の固定 5. 材料の完成
図面を参照し、材料の加工・組立・固定を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。また、本要領書に準拠して施工を行う。	1. 材料の準備 2. 材料の加工 3. 材料の組立 4. 材料の固定 5. 材料の完成

作業
情報

作業
詳細

QRコード
による情報
の補足



図 12 自作 CLT の構成

ドリフトピン接合

タッピン接合



図 13 接合方法の違い



図 14 接合部の加工



図 15 孔のずれ



図 16 完成した製作物



図 17 パネル角部のずれ

表 1 課題製作物の内容とそれにより提案するカリキュラムの内容

課題製作物で実施した内容	使用時間(h)
施工計画 (施工要領書・図面作成)	80
工場製作 (パネル製作・土台作成など)	144
施工・施工管理 (受入検査・測量・墨付・ 建て方・完了検査など)	28
計	252

カリキュラム化

提案するカリキュラムの内容	使用時間(h)
設計図書・グループ編成 役割の決定	8
施工計画 (施工要領書・図面作成)	60
工場製作 (パネル製作・土台作成など)	0
施工・施工管理 (受入検査・測量・墨付・ 建て方・完了検査など)	52
レポート	24
計	144

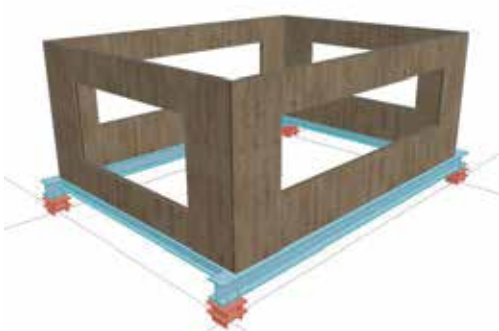


図 18 実習製作モデル

文献

- [1] 内閣官房: CLT を活用した建築物の竣工件数の推移 ,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/pdf/clt_expl1.pdf (令和 7 年 1 月 9 日確認)。
- [2] 公益財団法人日本住宅・木材技術センター: 2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル 2021 年構造・材料増補版, pp.327, 公益財団法人日本住宅・木材技術センター, 2016
- [3] 公益財団法人日本住宅・木材技術センター: 2016 年公布・施工 CLT 関連告示等解説書増補版付録 , pp.6-77, 公益財団法人日本住宅・木材技術センター, 2016

(令和 7 年 1 月 10 日提出)

竹ユニットの製作

建築施工システム技術科 山田 竜大, 岩本 和磨, 田中 創雲, 橋部 寿大, 松下 大貴
指導教員 竹口 浩司

日本各地で放置竹林や竹害が問題となっており、竹の需要減少や管理不足が原因とされている。岸和田市を含む地域でもこの課題が深刻化している。この問題解決のため、竹材の需要拡大を目指し、竹を利用したユニット工作物の製作方法を考案する。これにより、イベントでの利用を想定した工作物が容易に製作出来ることを目指す。最終的には、竹害の解決策としてユニット工作物を製作し、ユニット工法について自治体などに提案する。

Keywords: 放置竹林, 竹害, 竹の工作物, ユニット工作物。

1. 緒言

近年、竹製品の需要減少や竹林の管理不足によって放置竹林が拡大している。それに伴い竹害が他の植物の成長を妨げることや土砂崩れを引き起こす原因になることから問題視されるようになった。[1] 林野庁でも問題視され、近畿職業能力開発大学校が所在する岸和田市もこの問題が深刻である。[2] 放置竹林・竹害の解決に向け、竹材の需要向上を図るため、竹材を使用したユニット工作物の製作方法を提案する。ユニット化された工作物が容易に製作出来ることを第一目標とし、イベントなどでの使用を想定する。今後竹害などを解決する手段として、ユニット工作物を製作し、ユニット工法について自治体などに提案することを最終目標とする。

2. ユニット工法について

本研究テーマである竹ユニット工作物（以下を「工作物」という）とは、システム的なユニットや竹材が一体となって形成される工作物のことをいう。イベント・展示などの利用目的し、支柱部・接合部・工作物に条件を設定し、開発を行う。支柱部に関して、切断から運搬することを考慮し規格寸法を決め、これを一つの支柱部として竹を切断加工する。接合部に関して、支柱部のしなり、径の違いに対応できる物であり、接合が容易であることとする。容易であるかの判断は個人的判断・アンケート結果によるものとする。工作物に関して、前提の制作手順を、「支柱部→ユニット（支柱部を接合部に用い、トラスとしたユニット）→工作物（複数のユニットを使用し一つの工作物）」とする。工作物の名称は、製作順に付番する。ユニット工法の開発を行うにあたり、「発案・製作・課題発見・改善」をPDCAに当てはめる。

3. 工作物 1

3.1 概要 工作物 1 では、一般的に竹の接合に用いられる縄とインシュロックを使用した。試行錯誤の結果、図 1・図 2 の 2 回組み立てを行った。

3.2 問題点 工作物 1 の問題点を表 1 にまとめた。

表 1 工作物 1 の問題点

1	組立手順が不明確
2	接合部が複雑
3	完成品が不安定

問題点 1 の原因は、接合部の開発が過程段階であり、工作物 1 に用いた接合方法が難しく、人の技術面が大きくかかわる。そのため、工作物の制作手順の簡易化から逸脱し、手順が不明確になった。問題点 2、3 の原因は、接合部に縄やインシュロックを使用したため、施工効率や品質が作業者の技量に左右された。図 1 では工作物の支柱部分の竹材は一本 (3m) そのまま使っていた。しかし、重量が重くなりすぎたため施工性が悪く、簡単に組み立てることができなかった。図 2 のように支柱部分の竹材を縦半分にする事で軽量化を図るとともに施工性の向上を目指した。



図 1 工作物 1



図 2 支柱部を変更した工作物 1

4. 工作物 2

4.1 概要 工作物 2 を製作するにあたって、正二十面体を基に考案した。表 1 の工作物 1、問題点 1 の改善として、正多面体とすることで、支柱部の組立手順を統一させた。これにより、手順が明確となり支柱部長さが統一された。正多面体の中でもトラス構造を有している正四面体、正八面体、正二十面体の三つあり、すべて製作が可能である。工作物 2 の使用用途をイベントなどでの休憩所、展示場所などにするため、内部空間を広くすることやデザインの観点から正二十面体とした。(図 3)

4.2 接合部の改善 工作物 2 の接合部は金具を用い、竹の径やしなりに対応できるものを考案した。(図 4) 金具を用いた理由として、工作物 1 の問題点 2、3 の改善するためである。複雑であった作業内容が、「金具を通す→ナットを締める」になり、簡易的で作業者の技量に左右されにくい。また、すべての接合部に同じ金具を用いるため、品質にばらつきがない。

4.3 支柱部の組立手順 工作物 1 の問題点 1 の改善として、支柱部の組立手順を統一した。その内容とし

て、「手順①竹に羽子板ボルトを挿入→手順②ボルトで止める→手順③合板で蓋をする→手順④羽子板を挿入」の全4手順で行えるものを考案した。(図5) この支柱部では、手順②で110mmのボルトを用いることで60mmから100mmの範囲の外径の竹に対応できる。また、手順③で竹の端部を合板で蓋をする目的として、羽子板ボルトを固定し、組立作業をしやすくするためである。羽子板部分の角度調整することで、正二十面体を製作できる。



図3 工作物2完成品



図4 接合部

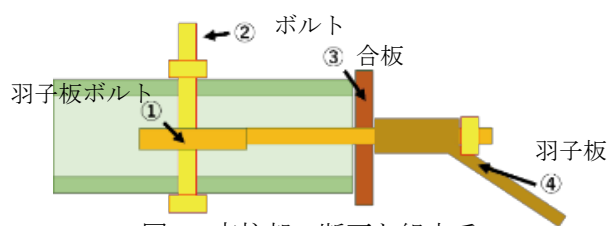


図5 支柱部の断面と組立手

5. ポリテクフェスタ

5.1 目的 10月26日のポリテクフェスタの参加者を対象にユニットの組立体験とそれを踏まえたアンケートを実施した。アンケートの結果や体験中の様子を踏まえて、今後の竹ユニットの開発を進めた。

5.2 当日の様子 接合部の組み立てや工作物2に関するアンケートを実施した。工作物2を中庭に設置したことで子供の遊び場になっていた。(図6, 7)



図6 体験者の様子



図7 工作物2

5.3 アンケート結果 アンケートの項目は、工作物の安全性や接合部の組み立てのしやすさの可否を設けた。アンケートに答えた人を年代別に、20歳未満を「子ども層」、20歳以上を「大人層」とすると、子ども層からは「組み立てにくい」と13人中7人が答えた。大人層からはユニットの接合部に使用しているボルトが飛び出していることによる安全面に対して否定的な意見が

13人中4人から出た。図8は接合部の組み立て体験を行ってもらった際に組み立てのしやすさについてのアンケートを円グラフにしたものである。図9はポリテクフェスタで使用した工作物を実際に見て、触ってもらい使うにあたって安全性があるか、アンケートを取り円グラフにしたものである。

組み立てやすさ

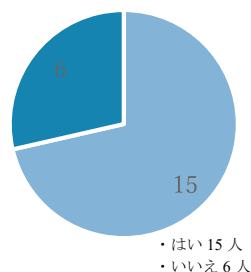


図8 アンケート結果
(組み立てやすさ)

安全性に関して

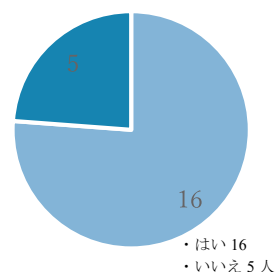


図9 アンケート結果
(安全性に関して)

5.4 工作物2の問題点 組立体験やアンケート結果から、工作物2の問題点を表2に示す。

表2 工作物2の問題点

1	鋭利な突起部分
2	ボルトが通しづらい
3	工作物2の強度を不明
4	頂点部分の施工性が悪い

問題点1は、アンケートで「ボルトなどに鋭利な部分が飛び出していて危ない」という意見があった。支柱部の組立手順②で使用するボルトや接合部分の金具がむき出しになっていることが安全性を欠いた。この改善案として、カバーやキャップなどで金物を隠す。または、別の接合部分を考える必要がある。問題点2は、支柱部の組立手順②でボルトを通す際に羽子板ボルトの穴に通しにくいという意見があった。この改善案として、ボルトを挿入しやすくなるような治具の開発などを行う。問題点3は、アンケートで「竹ユニットの強度がボルトに依存しているのでは?」という意見に対して、工作物の強度について数値などを用いて説明することができなかった。この検証として強度実験を行う。問題点4の改善案として、使用用途・規模別に支柱部の推奨寸法を設け、推奨寸法別に頂点部分を支える治具を制作するなどの対策を行い、数値で示す。

6. 強度試験

工作物2をイベント用テントとしての一般利用を目標としていることから強度試験を行った。強度試験を行う上で、イベント用テントの基準としてSG基準の強度試験を参考とした。イベント用テントとは、イベント・展示・運動会・野外行事などにおいて、日除け・雨除けなどの用途とする。

6.1 試験1(全体の強度) ロープを介して工作物の各梁の中央部に、それぞれ同時に300N(600N,900N)の力を三分間加えた時、頂点及び接合部に破損、外れ及び使

用上支障のある変形がないことを目視、触感などにより確認する。SG 基準では、300N が基準となっている。想定として、雨水がちょっとずつ溜まっていくことによる力の付加に対する全体の剛性をみることを想定した数値とする。支柱部より強度が低いとされる各辺中央部に 30L の雨水が溜まったと想定した際の強度を確認する。SG 基準より多くの荷重に耐えるかを測るために 600N、900N も測定した。

6.2 試験 2(接合部強度) ロープを介して工作物の最高にある頂点に、1200N (2400N,3600N)の力を三分間加えた時、頂点及び接合部に破損、外れ及び使用上支障のある変形がないことを目視、触感などにより確認する。最高にある頂点部分の接合部に、ものや人などがぶら下がっても強度を維持できるかを確認する。

6.3 試験 3(支柱の強度) 支柱を床面から 300 mm 上方の高さまで持ち上げ自由落下させる。落下回数は 5 回とし、接合部に破損、外れ及び使用上支障のある変形がないことを目視、触感などにより確認する。設営・収納時に多少乱暴に扱われるなど衝撃が加わった場合の耐久性を確認する。

6.4 試験 4 ロープを介して竹の外形が小さい梁部に、1200N(2400N,3600N)の力を三分間加えた時、頂点及び接合部に破損、外れ及び使用上支障のある変形がないことを目視、触感などにより確認する。SG 基準では、300N が基準となっている。竹材は直径が大小異なるため、工作物で使用可能な最小の竹材に荷重がかかった際に SG 基準をクリアできるかを確認する。SG 基準である 300N は簡単に超えることができたため、1200N と設定した。

6.5 試験結果 試験 1 は各梁に 300N(600N,900N)の载荷を行ったが、問題なく耐久した。(図 10)試験 3 においても問題なく耐久した。試験 2 は、頂点に 2400N の载荷を行ったが、耐えられず、工作物 2 の頂点部分の金物に変形した。(図 11)試験 4 は、2400N の载荷後に梁が金具の接合部で亀裂が生じ、破損した。表 3 は試験 1, 2, 4 を表にまとめたものである。表 4 は試験 3 の結果を表にまとめたものである。表 3, 4 の○×は目視と触感で使用上問題がないかも判別する。

表 3 試験結果 1.2.4

	300 [N]	600 [N]	900 [N]	1200 [N]	2400 [N]
試験 1	○	○	○	—	—
試験 2	—	—	—	○	×
試験 4	—	—	—	○	×

表 4 試験結果 3

	1	2	3	4	5
試験 3	○	○	○	○	○



図 10 試験 1 の 300N 载荷後



図 11 試験 2 の 2400N 载荷後



図 12 試験 4 の 2400N 载荷後



図 13 試験 4 の 2400N 载荷後

7. 工作物 3

5.1 工作物 2 の改善点 工作物 2 の問題点は 2 つある。1 つ目は、ボルトの先が飛び出していて、人や物が工作物を出入りする際に刺さってしまう危険がある。2 つ目は、工作物が大きく、重量もあるため、施工がしにくいという問題があった。これらの問題点を解決するため、ボルトの先にキャップをつけることで安全性の向上を図った。また、竹の支柱の長さを 2.2m から 2m に変更を行った。工作物全体の大きさを小さくし、重量を軽減することで頂点部分を含む施工の難易度を下げることができると考えた。

5.2 工作物 3 の製作 2 個の工作物を図 14 になるように連結を行った。下部が竹同士で繋がっていないのは導線の確保とバリアフリーの観点から省いた。図 15 のように円状にもつなげることが可能である。より大きなイベントでの使用の際に一つの工作物ごとに屋台を置ける。工作物を中心に人を集めることができると考えた。つなげ方を工夫すれば様々な形状にすることが可能で汎用性は高い。

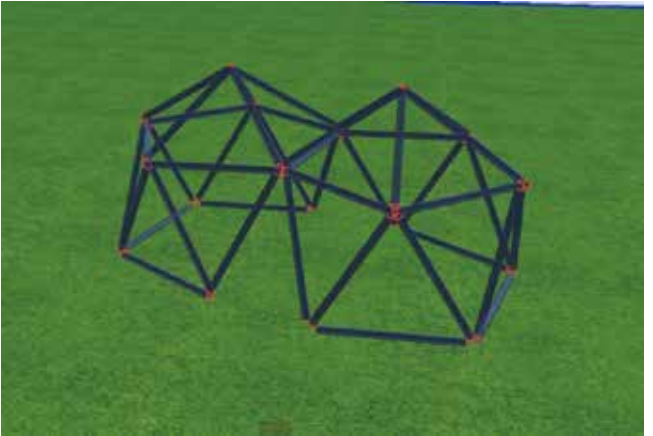


図 14 工作物 3 の 3D 画像

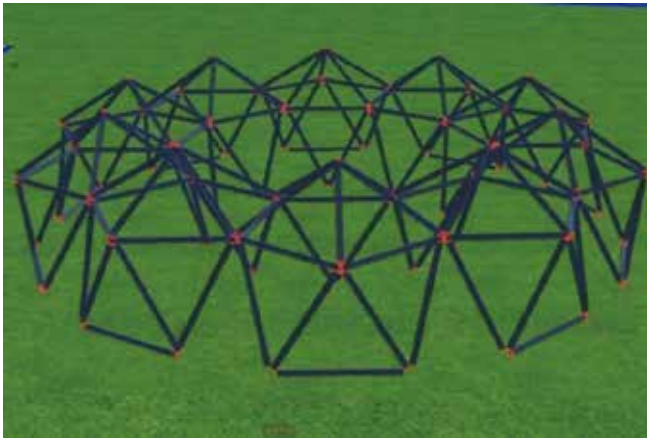


図 15 円状工作物の 3D 画像

6. マニュアル作成

マニュアル作成の目的は製作した工作物を今回限りの使用ではなく、今後も本校のイベント、岸和田市のイベントなどで使用していくために製作手順や竹害などのことを記載したマニュアルを作成した。竹材の使用を促せ、循環が生まれるため竹害の解決の一つになると考える。作成したマニュアルは岸和田市、本校に提供する。図 16 はマニュアルの一部を抜粋したものである。



図 16 マニュアルの一部

7. 竹まつり

令和 5 年 3 月 26 日に『第 1 回竹まつり』が蜻蛉池公園で開催された。[4] このイベントは産官学民連携し地域主体で、竹資源の活用や循環を発信することを目指し、岸和田市の魅力をゆめみヶ丘岸和田から発信するため、PR ブースの出展や自然を利用した体験コーナ

ー、縁日など地域の特性を生かしたイベント内容となっている。そこで、2025 年 2 月 23 日に開催される竹まつりに竹ユニット工作物を設営する。工作物の宣伝、マニュアルの説明や配布を行い、発信することで、竹害のことをもっと身近に感じてもらうことができると考える。図 17 は岸和田市の竹まつりのホームページの一部です。



図 17 竹まつり HP

8. まとめ

工作物 1 から工作物 2 を製作するにあたって、デザインや接合部など多くを改良した。工作物 1 ではイベント用で使用するには組み立て方が複雑であり、組み立てに多くの人手を必要とする欠点があった。工作物 2 は、正二十面体を利用することで組み立て手順の単純化、完成時の品質の向上につながった。PDCA の観点からも今後、施工現場で働くにあたって計画から改善の一連の流れを学ぶことができた。工作物 2 の強度試験では、SG 基準が掲げる試験の載荷強度を十分に達していたため、安全性はあると証明することができた。他のイベントなどで使用するにあたって問題がないと考える。将来の安全管理の仕事に役立つと思う。マニュアル作成は施工手順書を仕事で作る際に必要なスキルを学ぶことができた。竹ユニットの製作を通じて、ポリテクフェスタの際には多くの来場者にアンケートを実施し、さらなる品質の向上を図った。子供の遊び場の一つになっており、イベント利用の観点から役割を果たせていたのではないかと思います。今後、この工作物を通じて竹害問題に関心を持ってもらい、利用してもらうことが問題解決の一助になればと思う。

文献

- [1] 林野庁：竹の利活用促進に向けて
<https://www.rinya.maff.go.jp/>
(令和 7 年 1 月 10 日確認)
- [2] 岸和田市：神於山の歴史
<https://www.city.kishiwada.osaka.jp/uploaded/attachment/628.pdf>
(令和 7 年 1 月 10 日確認)
- [3] SG 基準：イベント用テント
<https://www.sg-mark.org/wp-content/uploads/>
(令和 7 年 1 月 10 日確認)
- [4] ゆめみヶ丘岸和田：イベントホームページ
<https://kishiwada-yumemigaoka.jp/?p=492>
(令和 7 年 1 月 10 日確認)
(令和 7 年 1 月 10 日提出)

鉄筋コンクリート構造躯体工事における生産性向上について ースラブ部材にハーフ PCa を用いた現場管理業務ー

建築施工システム技術科 馬越 琴音, 島袋 裕真, 下村 勇太, 田村 隆汰, 橋本 奈美
指導教員 松岡 亘

本総合施工・施工管理課題実習では、応用課程 1 年次の RC 標準課題実習で感じたことや経験を活かして、2024 年度の RC 標準課題実習で実施する RC 躯体のスラブ部材に、ハーフ PCa ならびに支保梁を用い、その施工における生産性の向上を目標に、現場管理業務のうち工程管理、品質管理、安全管理の 3 点に着目し、その実践報告することを目的とする。その結果、昨年度の総合施工・施工管理課題実習と比較し、支保梁の採用したことで約 40%の時間的削減、ハーフ PCa を用いた施工したことで約 43%の人的削減が図れた。

Keywords : 生産性向上, 工期短縮, ハーフ PCa, 支保梁

1. 緒言

国土交通省は、2023 年 9 月 1 日に建設業の人材確保・育成に向けた取組として「人材確保」「人材育成」「魅力ある職場づくり」の 3 点をポイントに挙げている^[1]。この中の人材確保のポイントでは、7つの項目を挙げており、その中の 1つに建設業の生産性向上の促進がある。さらに、一般社団法人日本建設業連合会では、生産性向上推進要綱を作成し、建築分野の主要課題として、生産工程における生産性向上の取組を行うこととしている^[2]。その推進方策の一つにプレキャスト化等の工場生産による現場作業の削減を掲げている。このような中、鉄筋コンクリート構造において、各部材を工場にて事前に作製するプレキャストコンクリート (PCa) を用いて施工し、建築現場での作業の省力化が進められている^{[3][4]}。このことから、生産性を向上させるためには、鉄筋コンクリート構造部材の PCa 化は、必要不可欠であると考えられる。そこで、本総合施工・施工管理課題実習(以下、開発課題実習とする。)では、2024 年度の RC 標準課題実習で実施する RC 躯体のスラブ部材に、ハーフ PCa ならびに支保梁を用い、その施工における生産性の向上を目標に、現場管理業務のうち工程管理、品質管理、安全管理の 3 点に着目し、その実践報告することを目的とする。このことは、本大学校応用課程 1 年次の RC 標準課題実習と本大学校応用課程 2 年次の開発課題実習とをコラボレーションして実施することにより、躯体工事に特化した現場管理業務等の職務を、より深く実践・経験できるとともに、他部門との調整能力やコミュニケーション能力、指導能力の向上が期待できると考える。

2. 実施概要

2.1 RC 躯体概要 本実習で製作する構造物は、図 1 に示す通り、南側に開口部を有する階高 2,500mm, X 方向 2,500mm, Y 方向 4,100mm, 2 階建てを想定した 1 階部分の鉄筋コンクリート構造とした。昨年度の RC 標準課題実習では、開口部回りならびにスラブ部材の施工に苦慮した。特にスラブ部材においては、スラブ型枠を支える支保工にパイプサポートを用いたこと

より、スラブ下の空間が手狭になり、型枠の締固めや打設時のたたきの際に、人の移動が困難となり、かなりの人員を配置せざる負えない状況となった。さらにスラブ型枠脱型時には、上向きでの脱型作業となることから、作業性が低下することとなった。このことから、本実習では、図 2 に示すようなスラブ下型枠の脱型作業が不要となるハーフ PCa スラブを採用することに合わせて、図 3 に示すようなスラブ下の空間を大きくとることが可能となる支保梁を導入することとした。これらを導入することで、工期短縮、作業の効率化・省力化により、生産性の向上が期待できると考える。

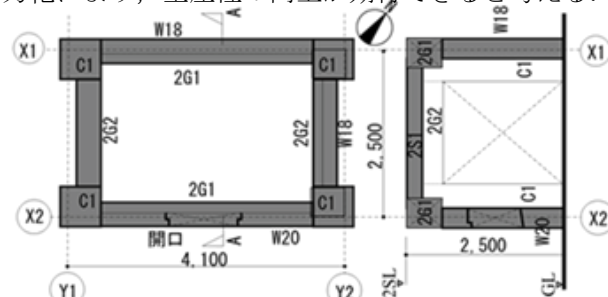


図 1 躯体図



図 2 ハーフ PCa の設置



図 3 支保梁の設置

表 1 工程表ならびに出来高管理表

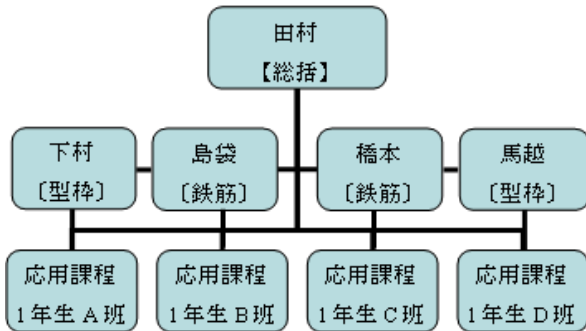
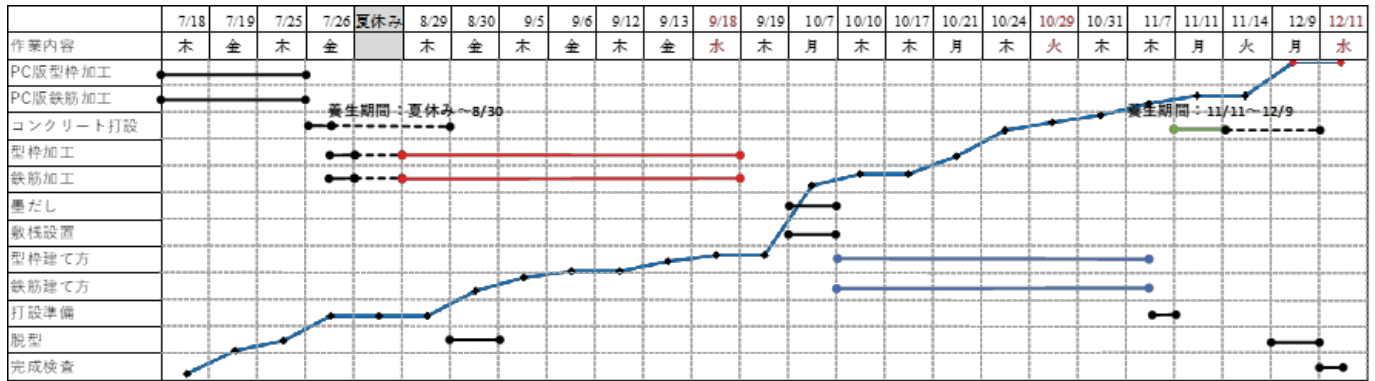


図 4 現場管理体制

2.2 管理体制 管理体制は、図 4 に示す通り、応用課程 1 年生を協力業者と見立て、筆者らが現場管理を行った。また、コンクリート工事、鉄筋工事、型枠工事の 3 つに分担し、各工事に専任の管理者を設けた。応用課程 1 年生は、各班 6 人から 7 人の A から D の 4 班に分かれて作業をした。応用課程 1 年生の班は、各班リーダー、副リーダー、安全、写真、作業員の役割を設け作業を行った。

2.3 管理項目 今回、管理する項目は、工程管理、品質管理、安全管理の 3 項目である。工程管理では表 1 に示す工程表を作成し、Excel にて進捗管理を行った。品質管理では、標準仕様書^[5]、JASS5^[6]と建築基準法に準拠し、検査表を作成し完了検査を行った。安全管理では、KY 表を用いて実習前に KY 活動を行い、実習後にヒヤリハット報告を行った。

3. 現場管理業務

3.1 工程管理 RC 標準課題全体の工程管理は、表 1 に示す工程表ならびに出来高管理表を作成し行った。工程は、年間授業計画ならびに時間割をベースに検討し、手戻りや天候不順等による工期の遅れに対応する対策案として 2 日間の予備日を設定した。各工事の作業時間は、昨年度の RC 標準課題の経験をもとに算出した。出来高管理図は、全体の工程に対して、日々の作業終了時に、当日の作業進捗状況を班ごとに確認し、出来高管理した。

鉄筋の工程管理においては、昨年度の RC 標準課題の経験から、作業時間や工期を 7 月 19 日から 9 月 18 日までの 7 日間で加工を行い、10 月 10 日から 11 月 7 日までの 7 日間で現場の配筋を行うように設定した。また、応用課程 1 年生との作業前の打ち合わせで、加

工の優先順位や注意点を話し合い、優先順位は、躯体の建て方で必要になるものから作製してもらうことで、作業が遅れても建て方と同時進行で行い、建て方作業を止めることなく遅れを取り返すことができるようにした。さらに、作業終了時には、当日の作業進捗状況を班ごとに確認し、作業量と進捗状況に差がですぎないように、進捗が速い班や作業量が少ない班に、遅れている班と作業量が多い班の作業を手伝ってもらい、班ごとの作業量と進捗状況の調節をした。併せて加工ミスなどの再作製による手戻りも同様に躯体の建て方の優先順に基づき加工してもらうことで、建て方作業の工程に影響が出ないようにした。

型枠工事の工程管理においては、昨年度の標準課題で作成したスケジュールを参考にした。昨年度の PCa の型枠作製は 2 日、躯体の型枠作製には 4 日を要したため、加工・組立作業期間を 7 日間とし、11/11 を打設日とし、打設前の実習日 11/7 の午前中までに建方までを完了できるように管理を行った。実際の型枠作製時間は、PCa で 2 日、躯体で 4 日であった。型枠の建て方の事前準備や急遽な予定変更に対応できるように、打設日一週間前に建方完了とした。PCa 作製では、手戻りや加工ミスなどの大きな問題はなかったため、予定通りに PCa のコンクリート打設を行うことができた。躯体型枠作製では、担当する工区ごとで加工する型枠や部材の量が違うため、班ごとで進捗状況が異なったが、加工作業が早く終わった班は、作業がまだ終了していない班の応援に回し、作製期間内に型枠が完成できるように調整した。その結果、手戻りや加工ミスはあったが、工程に影響はなく工程表通りに進めることができた。また、予備日の 2 日間を要することなく加工から建方まで工程通りに完了することができた。コンクリート工事の工程管理においては、11 月 11 日に打設予定であったが、天候にも恵まれ予定通りに行うことができた。

最後に今回の工程管理は、工期内に収めたという観点から良い工程管理であったといえる。しかし、鉄筋加工において手戻りがあったという点は、改善すべき点であると考ええる。また、支保梁の導入による 40.0% の時間的削減、ハーフ PCa の導入による 42.9% の人的削減を実行できたので生産性向上を図ることができたといえる。

3.2 品質管理 鉄筋工事の品質管理においては、鉄筋加工時と鉄筋組立時に大別し、鉄筋加工時では、鉄筋

コンクリート造配筋指針・同解説^[4]に記載されている加工許容誤差の規定と昨年度の RC 標準課題の資料や図面を参考に実施し、各班のリーダーと各鉄筋の定着長さ・余長長さを巻尺等を用いて工事写真を撮りながら最終検査を行うことで部材ごとの品質確認を行った。鉄筋加工後は、加工した部材をコンベックスや治具を用いて確認し、不可があれば再度作製してもらうように依頼した。加工時のミスや再作製は、加工ミスの内容と原因を明確にし、鉄筋のロス量や部材ごとの検査の合格率の算出を行った。その結果、あばら筋の合格率だけが約 50%となった。原因としては、規定数を加工し終えてから治具を用いて検査を行ったので間違った寸法で加工していることに気づかず、1 本のあばら筋以外作り直しになったことだと考える。

鉄筋組立時では、標準仕様書^[5]に記載されている鉄筋配筋の規定を参考に鉄筋のピッチと定着長さを確認した。また、出来形寸法を確保するために、帯筋に閉鎖型フープ、開口補強筋に開口補強用溶接金網（株式会社トーアミ社製 TL-2 型・TL-6 型）を用いる仕様とした。鉄筋組立後は、標準仕様書^[5]の規定通りに配筋されているか配筋ロッドを用いて、配筋検査ならびに検査写真を撮影した。その結果、柱主筋の継ぎ手位置は、すべて合格であった。昨年度の RC 標準課題では壁筋の継ぎ手位置に不備が多くあり、標準仕様書^[5]で規定された 35d を満たしていなかった。しかしながら、今回は全数合格し、改善することができた。

型枠工事の品質管理においては、JASS5^[6]の基準を参考に、管理業務を行った。型枠加工時ならびに設置時に JASS5^[6]の基準を満足しているか否かを確認する方法として、作業終了後にスパイラルメジャーやコンベックスで各項目の計測を行い、管理写真を撮影することとした。型枠工事において、型枠加工時に JASS5^[6]の基準に基づき、型枠作製を行った。型枠作製に際しては、せき板切断後直ちに所定寸法が得られているか、その都度寸法計測を行い、品質管理をした。型枠加工に先立ち、作成した図面から材料の積算を行ったところ 39 枚のせき板が必要であると算出したが、実際に使用したせき板が 56 枚と 1.44 倍上回ってしまった。このような差が生じた要因としては、転用する予定であったものを応用課程 1 年生とのコミュニケーション不足で転用できずに新しい材料を使用してしまったことが挙げられる。また、せき板の残材を有効活用できず、処分してしまう残材が生じた。これは、現場管理者が付きっきりで管理できず、せき板 1 枚を無駄なく使用してもらう旨を伝えられていなかったことが原因であると感じた。そのため、応用課程 1 年生と朝礼後に行う当日の作業内容確認のミーティングを入念に行う必要があったと考える。さらに、セパレータの穴あけ時では、昨年度の課題であった図面の見方をしっかりと応用課程 1 年生に伝えることができていたため手戻りを減らすことができた。しかし、昨年度実施していたせき板に上下を記しておくことが周知できていなかったため型枠を組んだ際にセパレータの穴の位置が異なり、再度取り外すという手戻りが発生していたので反省すべきであると考えた。

今回の型枠工事における品質管理について評価を行

った結果、応用課程 1 年生に図面を配る前の 2 年生の確認が行き届いていなかったことが手戻りに影響したと考える。昨年度の RC 標準課題で使用了図面を基盤に作図を行ったが、変更点がない図面は軽く目を通す程度で変更した図面を注視して確認していたため、誤りに気付かず、型枠制作時に図面の書き直しをすることとなった。一例をあげると、柱のセパレータの穴の位置が交わる 2 面で同じになっていたことである。穴の位置が同じであるということは、通すセパレータが当たってしまうため施工しづらくなってしまことになる。そのために、交わる部分の図面は 2 つの図面を照らし合わせて、より注意して確認することが大切だと考える。

コンクリート工事の品質管理においては、打設前に昨年度の打設様子の動画及び役割ごとの注意点などを説明し、打設時における流れを把握することで豆板などの打設不良をなくすことを目的に実施した。

また、建築物としての品質については、脱型後に完了検査を実施した。検査項目は、昨年度の RC 標準課題で使用了検査表をもとに作成し、品質管理を行った。完成した躯体の完了検査結果を表 2 に示す。表 2 より躯体高さは、設計に対して、99.3%から 100%の範囲の誤差であった。ところが躯体の傾きは、図 1 に示す X2 通り、Y1 通りにおいて許容差の標準値を 19.8%から 33.2%上回ってしまった。その原因としては、打設前に型枠の立ちを管理できていなかったことにあると考える。具体的には、下げ振子を使用せずに、コンベックスを用いて幅を計測したので垂直に立っているかどうかが見られなかったのだと思われる。また、今回のコンクリート工事では、打設時に南側の開口部が崩壊してしまった。昨年は開口部の支保工を水平方向と垂直方向の 2 方向で設置していたが、今回は水平方向の支保工を設置しなかった。その原因としては、施工の効率性を重視したためである。型枠にかかるコンクリートの側圧計算した際に、型枠が耐えられると判断したため、設置しないという決断をした。それでも型枠が崩壊した理由を話し合った結果、打設時に問題があったのではないかと考える。今回は昨年度とは異なり、コンクリート打設で柱 4 本を先に打設し、その後壁の打設を行うという順序で進めた。その際に、柱に打たれたコンクリートを均すために使用したバイブレーターで、コンクリートが勢いよく壁に流れたため計算した側圧以上の力が加わってしまったことに主な原因があると考えた。加えて、型枠の全面、小面の関係もあると考える。コンクリートの流動を考えただけで、図面の変更を行うべきだったと反省した。

最後に今回の品質管理は、鉄筋及び型枠の加工に関しては、加工によって生じたミスした材料を管理するチェックリストを用いることで、材料のロスが最小限とすることができたと考える。また、鉄筋及び型枠工事において、部材の加工後直ちに所定寸法が得られているか確認し、各部材の品質が管理できたと考える。コンクリート工事に関して、躯体の品質が確保できるよう、打設前に昨年度の打設様子動画の視聴、打設時の各役割の注意点を朝礼及びミーティングで確認することで品質を管理した。

表 2 完了検査結果

	X1	X2	Y1	Y2	既定値 許容値 ^[7]
躯体高さ H(mm)	2499	2483	2488	2494	2500
既定値からの割 合 R(%)	99.96	99.32	99.54	99.76	100
傾き θ (rad)	1/333	1/278	1/250	1/571	1/333 未満
評価	合	不	不	合	—

表 3 ヒヤリハット割合

	(A)昨年度	(B)今年度	(B)/(A)
実働日数	21	19	90%
ヒヤリハット数	65 件	76 件	117%
落下系	28%	37%	132%
打撲	12%	17%	142%
挟み	15%	5%	33%
接触割合	23%	7%	30%
切り・刺さり	3%	18%	600%
転倒	18%	13%	72%
機工具	0%	0%	0%
熱中症	0%	3%	0%

3.3 安全管理 本実習全体の安全管理の評価を行う為、昨年度と今年度におけるヒヤリハットの件数を比較した。その結果を表 3 に示す。1 日当たりのヒヤリハット件数を比較すると、昨年度は 3.1 件、今年度は 4 件であった。安全管理全体として、ヒヤリハット件数は、17%の増加がみられ、一日あたりでは、29%の増加がみられたことから、昨年度に比べ実習の安全性が損なわれていたといえる。また、表 3 より、ヒヤリハット件数別割合において「切り・刺さり」に関するヒヤリハット件数割合が昨年度の 6 倍という結果となった。6 倍増加した要因として、PCa の打設枚数が増えたり、スラブ下型枠をハーフ PCa にしたりと、コンクリートに関わるが増えたためであると考ええる。また、昨年度と比較し、「落下系」「打撲」に関するヒヤリハットも 32%から 42%増加した。その要因として、落下系を減らそうと足場上に道具を置かないことを徹底していたが、下から道具をあげる際や応用課程 2 年生の管理が行き届いていないところで誤って物を落としてしまうが多かったからだ考える。今後の対策として、作業者が安全に留意し作業することに加え、安全手袋を使用し作業に取り組むことで打撲件数を減少することができると考える。しかし、昨年度と比較し、ヒヤリハット件数において減少した項目として、挟み・接触・転倒の 3 項目が挙げられる。とくに「接触」に関するヒヤリハットは、70%の減少という結果となった。昨年度と比較し、今年度の応用課程 1 年生は、しっかりとコミュニケーションをとり、声掛け確認ができていたためだと考えられる。挟み・転倒に関するヒヤリハット件数割合が減少した原因として、個人の注意とともに、現場の整理整頓を行っていたからだと考える。最後に今回の安全管理は、昨年度に比べ、ヒヤリハット件数の割合が増加したため、安全に対する意識が足りなかったと言える。新しく試みた安全対策はいくつかあったが、増加してしまった原因としてさらにコミュニケーションをとることや、個人で注意することは大切であることを感じた。また、昨年度の実習

を経た我々応用課程 2 年生が現場管理業務を行っていたため、危険作業を察知し注意できる環境であった点も影響があると考ええる。

4. 結論

今年度の RC 標準課題実習で実施する RC 躯体のスラブ部材に、ハーフ PCa ならびに支保梁を用い、昨年度 RC 標準課題で習得した、施工技術ならびに基本的な施工管理技術を活用し、応用課程 1 年次の RC 標準課題と応用課程 2 年次の開発課題実習とをコラボレーションして、現場管理業務における工程管理、品質管理、安全管理の 3 点に着目し実践した結果、以下の 3 点が明らかとなった。

- ・工程管理においては、実働日数が 3 日少なかった今年度でも人的削減が 42.9%、時間的削減が 40%の削減ができ、工期に間に合わせる事ができたため、生産性向上を図れたといえる。
- ・品質管理においては、図面や施工時の確認不足による加工ミスが多く見られたため、作業前後における現場管理者と協力業者のコミュニケーションが必要であることが分かった。
- ・安全管理においては、各工事内容及び作業内容を把握するとともに、個人の安全に対する意識が必要であることが分かった。

今後、同様の現場管理業務の実践を行う場合には、生産性向上のための PCa 化や支保梁導入に向け、工事関係者とのコミュニケーション及び工事内容及び現場状況の把握が必要であると考ええる。

謝辞

本課題を実施するにあたり、ご協力いただきました、生産機械システム技術科 佐藤桂准教授、建築施工システム技術科 1 年生、またご協力いただきましたすべての方々へ深く感謝いたします。

文献

- [1]国土交通省:「建設業の人材確保・育成に向けて(令和 6 年度予算概算要求の概要)」のポイント, p.3
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001626726.pdf> 参照:2024.7.5
- [2]日本建設業連合会:生産性向上推進要綱, p.2
https://www.nikkenren.com/sougou/seisansei/pdf/seisansei_outline.pdf 参照:2024.7.5
- [3]鈴木 潤一・ほか 3 名: 在来工法における躯体部分 PCa 化について, 株式会社ピーエス三菱, 技報 第 6 号(2008 年)
<https://www.psc.co.jp/technology/report/> 参照:2024.7.5
- [4]遠藤 寛・ほか 5 名: 高層 RC 造建物へのサイト PCa 部材の適用, 鴻池組技術研究報告書 2009
<https://www.konoike.co.jp/solution/theses/> 参照: 2024.7.5
- [5]国土交通省:公共建築工事標準仕様書令和 4 年版, pp.24~61, pp.568~584 参照:2023.05.15
- [6]日本建築学会: 2022 年度 JASS5, pp.337~352
参照: 2023.05.15
- [7]日本建築学会: 2022 年度 JASS5, p.10 参照: 2023.05.15
(令和 7 年 1 月 10 日提出)

鋼構造施工管理課題実習における部材スキャンニングとデータ活用の実践

建築施工システム技術科 一色 果乃, 上原 侑子, 神崎 颯太, 齊藤 あいる
指導教員 村岡 寛

現在, 建設業では労働力不足への対応が喫緊の課題である。国土交通省は ICT の活用によって建設生産システム全体の生産性向上を目指す取組み i-Construction を推進してきた。今後, 更なる人口減少が予測されるなか, 経済活動の基盤となるインフラの整備・維持管理を, 将来にわたって持続的に実施していくために, さらに i-Construction 2.0 を策定し, 2040 年度までに建設現場の省人化を図り, 生産性を 1.5 倍向上することを目指している。本研究は, 今後施工管理職に就く私たちが, 省人化に寄与するデジタル人材となることを目指し, 直近に行った鋼構造施工管理課題実習を題材に 3D スキャナによる部材スキャンニングとデータ活用の実践を行い, 検証を行った。

Keywords : 3D スキャナ, 鉄骨製品検査, 鉄骨建方, i-Construction 2.0

1. 背景・目的

現在, 建設業では建設技能労働者数 (約 330 万人) の約 24% を占める 60 歳以上の労働者層の大量離職や, 若手入職者減少などによる労働力不足への対応が喫緊の課題であり, 国土交通省は 2016 年に ICT の全面的な活用によって建設生産システム全体の生産性向上を目指す取組み i-Construction を推進してきた。今後, 更なる人口減少が予測されるなか, 国民生活や経済活動の基盤となるインフラの整備・維持管理を, 将来にわたって持続的に実施していくことが必要であることから, 2024 年には, さらに一歩進める i-Construction 2.0 を策定した。i-Construction 2.0 では, 2040 年度までに建設現場の省人化を少なくとも 3 割, 生産性を 1.5 倍向上することを目指し, 「施工のオートメーション化」, 「データ連携のオートメーション化」, 「施工管理のオートメーション化」を 3 本の柱として, 建設現場で働く一人ひとりが生み出す価値を向上し, 少ない人数で, 安全に, 快適な環境で働く生産性の高い建設現場の実現を目指して, 建設現場のオートメーション化を図ることとしている。^[1]

そのような背景のもと, 本研究は, 今後施工管理職に就く私たちが, 省人化に寄与するデジタル人材となることを目指し, 直近に行った鋼構造施工管理課題実習 (以下, S 造実習) を題材に 3D スキャナによる部材スキャンニングとデータ活用の実践を行い, 検証することを目的とする。

2. 3D スキャンについて

2.1 3D スキャンとは 物体の表面にある無数の点を測定し, 3D データを生成する。これらの点は, 点群データと呼ばれる形式で保存され, さまざまなソフトウェア (以下, アプリ) を用いて編集や解析が行われる。点群データは, 最終的に 3D モデルとして再構築されることで, 物体の形状や特徴を再現することができる。

2.2 3D スキャナの種類と特徴 3D スキャナには大きく分けて次のような種類のものがある。①接触式スキャナ: センサーやプローブなどで立体物に触れて座標

データを得るもので, 測定精度は高いが, スキャンニングに時間がかかることや大きな立体物のスキャンニングが難しい。②非接触式スキャナ: 立体物に触れずに形状を取り込むスキャナで, 光投影法やレーザー光切断方式などがある。据え置きタイプは高精度で大きな対象物, ハンディタイプは小さな対象物のスキャンニングに向いている。③X 線 CT スキャナ: 立体物の内部構造を測定できる特殊なスキャナで, 特に医療や研究分野など限定的な導入がされており, 非常に高額である。

3. 研究概要

3.1 本研究のフロー 部材を 3D スキャンし, その点群データを処理した後, 検査等でデータを活用する。そのフロー (図 1) を以下に示す。

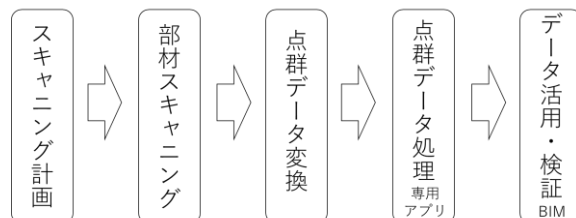


図 1. 3D スキャンニング計画から検証までの流れ

3.2 本研究に使用する機器について

3.2.1 3D スキャナ機器について 点群データの取得は, 3D スキャナで行なっていくが, 本来, スキャナ機器によって, 機能や読み込む精度は異なるので, その特徴を理解し, 測定する対象物の大きさや距離に応じて, 適切なスキャナの選択が重要である。しかし, 本研究では, 機器購入予算の都合もあり, 本科で使用可能な非接触式 3D スキャナであるハンディタイプの Apple 社製 iPad Pro (LiDAR 搭載) と SHINING 3D 社製 Einstar, 据え置きタイプのトプコン社製 GLS-2200 とした。また iPad Pro や GLS-2200 は, 国土交通省が建設に関わる新技術の提供のために公開しているデータベースシステム (NETIS)^[2]に登録されている機器であるので, 今回の検証結果については, ある程度の

妥当性評価はできるものと考えられる．それぞれの機器のスペックを以下に示す．（表 1）

表 1. 機器ごとのスペック表

スキャナ名	種類	精度	測定範囲	価格帯（円）
iPad Pro（LiDAR 搭載）	ハンディタイプ	—	最大5m	16万～（タブレット本体含む）
Einstar	ハンディタイプ	0.1mm	最大1.4m	15万～
GLS-2200	据え置きタイプ	3.1mm(10m時)	最大350m	1,400万～

精度及び測定範囲はカタログ値

3.2.2 本研究に使用するパソコンについて 点群データはスキャンする範囲や設定にもよるが，数 GB～数十 GB の非常に大きいデータになる．その点群データを処理するためには，一般的にハイスpekクなパソコンが必要である．本研究では，使用するアプリが起動する最小必要スペックをクリアしたパソコンを用いる．そのパソコンのスペックを以下に示す．

- ・ OS : Windows 11 Pro
- ・ プロセッサ : インテル Core i7-1355U 1.70 GHz
- ・ RAM : 16GB
- ・ HDD : 1TB
- ・ グラフィックス : NVIDIA RTX A500

3.3 スキャン対象とそのデータ活用について 本研究にてスキャンする対象物は，鉄骨部材の継手に取り付けられるスプライスプレートとそのボルト孔部分（図 2・図 3）及び鉄骨柱（図 4・図 5）とする．両者とも S 造実習で使用した部材である．スキャニングデータの活用は，工事の品質管理上で重要な鉄骨の製品検査と，建方精度の検査において行うこととする．また，その検証については，手計測におけるアナログ検査と 3D スキャナによるデジタル検査の計測時間と精度比較を行うこととする．なお両検査は，JASS6 付則の「鉄骨精度測定指針」による測定方法（製品検査は，部材の大きさ，ボルト径の大きさ，ボルト孔の間隔，ボルト孔のはしあき・へりあきの寸法の測定，柱の倒れの測定）に従って検査を実施する．3D スキャナによるデジタル検査方法は，点群データに変換後，処理し，設計図書の BIM モデルと比較し検査を行う．製品検査は，小さな部材であるため，3D スキャナの特性を生かし，iPad Pro と Einstar で行う．柱の倒れについては，GLS-2200 で行う．



図 2. 各ボルト孔部分

図面	フランジ	フランジ
部材	SPC 12 × 100 × 400	SPC 12 × 110 × 400
ボルト	M12 M20	M12 M20

図 3. プレート図面



図 4. 鉄骨柱



図 5. 鉄骨図面

3.4 それぞれのスキャンと使用するアプリについて 一般的に 3D スキャナ機器単体で点群データの取得はできない．データ取得には，それぞれの機器専用のアプリが必要となる．使用するアプリを以下に示す．

- ・ iPad Pro → Scaniverse
- ・ Einstar → EXstar
- ・ GLS-2200 → MAGNET Collage

3.4.1 iPad Pro（LiDAR 搭載）によるスキャニングとデータ出力について LiDAR とはレーザー光を対象物に照射し，その反射の時間差で距離を測り，対象物の形を読み取る機能のことである．iPad Pro には，その LiDAR が搭載され 3D スキャンが可能となっている．スキャン方法は，事前に iPad Pro にアプリ Scaniverse を導入し起動してから始める．（図 7）データ出力までのフローを以下に示す．

- ①アプリ起動
- ②スキャン計測方法の設定
- ③iPad Pro を計測対象物に対し動かして開始
- ④対象物がすべてスキャンできたら終了，保存
- ⑤スキャンデータを中間フォーマットに出力



図 7. iPad Pro によるスキャン作業

今回のスキャン計測方法の設定を以下に示す．

- ・ Scan Size : Small Object
- ・ Range（計測距離）：0.5m
- ・ SelectProcessingMode（処理方法の選択）：Detail

操作は，データが取得されていると，計測対象物が，図 8 のように表示される．一方で，赤斜線部分は，データが取得されていない箇所となるので，斜線部分をなくすように iPad Pro を動かす必要がある．スキャン完了後は，結果（図 9）を確認し，iPad Pro に保存後，あと処理を行うため，中間フォーマットである LAS 形式で出力する．



図 8.スキャン中の画面



図 9.スキャン結果

3.4.2 Einstar によるスキニングとデータ出力について Einstar は, LiDAR と同様にレーザー光を対象物に照射する. スマートトラッキング機能や自動位置調整機能を備えており, 最大 14FPS で高精度のスキニングが可能である. Einstar は, スキニング精度を高めるため, あらかじめキャリブレーションやホワイトバランスを行うのが特徴である. スキニング方法は, Einstar とパソコンを接続し, アプリ EXstar を起動してから始める. (図 10) データ出力までのフローを以下に示す.

- ①アプリ起動
- ②スキニング計測方法の設定
- ③Einstar を対象物に対し動かして開始
- ④対象物がすべてスキニングできたら終了, 保存
- ⑤スキニングデータを中間フォーマットに出力



図 10. Einstar によるスキニング作業

今回のスキニング計測方法の設定を以下に示す.

- ・スキニングモード: モノ
- ・対象物のサイズ: 小型オブジェクト
- ・位置合わせ方法: Detail
- ・解像度: 0.2mm
- ・テクスチャー: オン

操作は, 計測対象物にマーカーポイントを張り, スキニングをする. コツとして, 一定距離 (緑ランプの状態) を保ちながらスキニングする. Einstar は, ゆっくり動かしパソコン画面を見ながらスキニングを行う. 画面で緑色に光っていたらデータは取得できている. (図 11) 紫色の場合はデータの取得ができていないので注意が必要である. 上手くデータが取得できない場合, 適度のタイミングで一時停止をする. スキニングが完了後は, 結果 (図 12) を確認し, パソコンに保存後, あと処理を行うため, 中間フォーマットである ASC 形式で出力する.

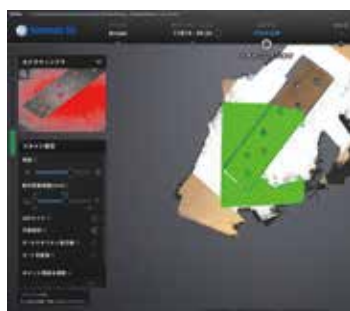


図 11. EXstar のスキニング画面



図 12. スキニング結果

3.4.3 GLS-2200 によるスキニングとデータ出力について GLS-2200 は, 前述の 2 機種と同様にレーザー光を対象物に照射する. 土木分野での採用実績があり, 最大 360 度のスキニング範囲をカバーし, 長距離測定が可能である. 据え置きタイプの GLS-2200 は, 機器単体でスキニング (図 13) が可能であるが, データ取得の確認は, アプリ MAGNET Collage でしかできない. データ出力までのフローを以下に示す.

- ①本体を据え付け後, 起動
- ②スキニング計測方法の設定
- ③GLS-2200 を対象物に向けてスキニング開始
- ④対象物がすべてスキニングできたら終了, 保存
- ⑤スキニングデータをアプリ MAGNET Collage にて中間フォーマットに出力



図 13. GLS-2200 によるスキニング作業

今回のスキニング計測方法の設定を以下に示す.

- ・解像度: 3.1mm@10m
- ・モード: 詳細 ※測距範囲 40m
- ・パルス選択: ファースト

操作は難しくないが, 機器の据え付けは, 他の測量機器と同じく慣れが必要となる. 設定値の妥当性については, 対象物との距離や角度によって精度が変わるので, 何度か試行錯誤による検討が必要となる. スキニング完了後は, 結果 (図 14) を確認し, 本体の SD カードに保存し, アプリ MAGNET Collage (図 15) で中間フォーマットである e57 形式 (図 16) で出力する.

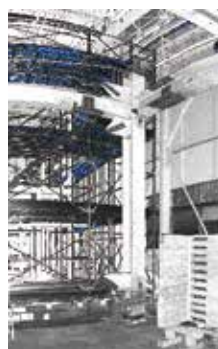


図 14. GLS-2200 のスキニング結果

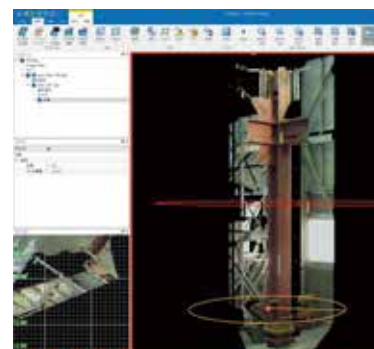


図 15. MAGNET Collage 画面



図 16. e57 形式の点群データ

4. 結果

4.1 製品検査 点群データは、あと処理アプリ Cloud Compare にて、ノイズや外れ値の除去後、メッシュデータにし（図 17）、BIM で寸法測定する。

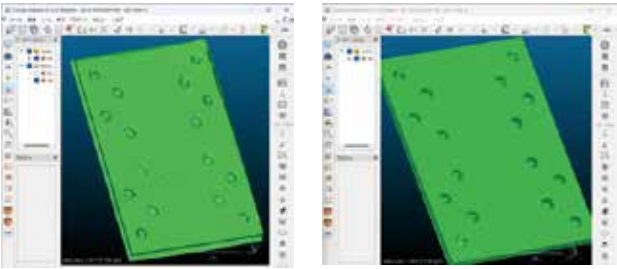


図 17. メッシュデータ（左：iPad Pro 右：Einstar）

<iPad Pro>

- ・プレート 1 枚当たりのスキャン時間：約 1～2 分
- ・プレート 1 枚当たりのアプリ処理時間：約 0.5 分（アナログ測定時間：5～6 分）※参考
- ※ほぼ寸法測定不能だったので、計測できた任意の孔 4 か所の観測データ（表 2）

表 2. 観測データ（一例）

方向	孔a		孔b		孔c		孔d	
	へり	はし	へり	はし	へり	はし	へり	はし
寸法(Δ a)	1.2	1.0	-0.1	3.1	1.8	4.5	0.7	0.7
判定(-2≤ Δ a)*	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
正確値	1.0	1.0	2.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.0

*管理許容値

<Einstar>

- ・プレート 1 枚当たりのスキャン時間：約 3～4 分
- ・プレート 1 枚当たりのアプリ処理時間：約 1 分（アナログ測定時間：5～6 分）※参考
- ※ほぼ寸法測定不能だったので、計測できた任意の孔 4 か所の観測データ（表 3）

表 3. 観測データ（一例）

方向	孔a		孔b		孔c		孔d	
	へり	はし	へり	はし	へり	はし	へり	はし
寸法(Δ a)	1.4	-0.8	2.8	0.6	1.0	1.0	0.2	-0.5
判定(-2≤ Δ a)*	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
正確値	1.0	1.0	2.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.0

*管理許容値

4.2 鉄骨柱の倒れ検査 データは、あと処理アプリ Cloud Compare にて、外れ値の除去後、データを中間フォーマットに変換後、BIM で寸法測定。（表 4）

<GLS-2200>

- ・柱 1 本当当たりのスキャン時間：約 4～5 分
- ・柱 1 本当当たりのアプリ処理時間：約 3～4 分（アナログ測定時間：5～6 分）※参考

表 4. 観測データ

方向	SC1(北東)		SC1(南東)		SC1(北西)		SC1(南西)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
倒れ(e)	3.4	4.0	3.0	3.2	3.4	4.0	2.0	3.5
判定(4.75≤ e)*	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

*管理許容値は、測定場所までの距離5mとして±1.6mmを加算した数値

5. 考察

ハンディタイプの機器は操作が難しく、コツをつかむまでデータ取得に何度も試行を重ねる必要があった。特に、ボルト孔などの細かい部分は正確にデータを取得することは困難だった。あと処理したメッシュデータを BIM にインポートしたが、寸法を測る精度にまで、至らなかった。ただ iPad Pro よりは Einstar の方が、データの精度は高かった。このような問題を改善するためには、以下の点が考えられる。

1. ハンディタイプ機器の見直し：高性能な機器の選択が必要である。
2. ハンディタイプ機器の使用方法の見直し：機器は、慣れが必要で、操作方法や使用する際のアングル、距離、測定手順を再確認することが重要である。
3. 補正ツールや補助機器の使用：ハンディタイプ機器の精度を補完するために、補助的なツール（例えば、三脚や安定装置）を使用し、測定精度を向上させる。複数の光源の使用で、照明を対象物に多角的に当て、影をできるだけ作らないようにする。
4. メッシュデータのあと処理：アプリ側の開発で、データのメッシュをスムーズにし、エラー部分を修正することで、BIM での精度を高められる。

据え置きタイプの機器は、機器が安定する分、精度の高いデータを取得できた。今回のような測定は、本来、柱の出隅（角の部分）の位置情報を取得する必要があるが、機器の特性上できない。出隅の位置をあと処理で補完することが可能だったかもしれないが、対応するアプリがなかったため、点群データのピッチ（間隔）を考慮して余裕のある測定値を取った。BIM 上で測定を行い、結果を判定することができたため、有用性が確認されたが、測定時間が長くなりすぎた。

6. まとめ

今回、3D スキャナによる部材スキャニングとデータ活用の実践を行い検証した結果、当校所有のハンディタイプの機器は、鉄骨の製品検査において有用性を明らかにすることはできなかった。現在進化を続ける 3D 技術によって、将来的にはよりスピーディで高度なデジタル検査が可能になることは間違いないと考えられる。本研究では、施工実習の工程の一部をアナログ検査からデジタル検査に代替する可能性が示唆されたと考えられる。

参考文献

[1] 国土交通省 大臣官房技術調査課
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001738521.pdf>
参照 2024.7.2

[2] 国土交通省
<https://www.netis.mlit.go.jp/NETIS/PubEntrance/PubEntrance?ReturnUrl=%2fnetis%2f>
参照 2025.1.10

（令和 7 年 1 月 10 日提出）

令和 6 年度 総合制作実習・開発課題実習報告書

発行日 令和 7 年 3 月 8 日発行

発行者 近畿職業能力開発大学校



〒596-0817 大阪府岸和田市岸の丘町 3-1-1

phone: 072-489-2112, fax: 072-479-1751

URL: <https://www3.jeed.go.jp/osaka/college/>
