

近畿能開大ジャーナル

Journal of Kinki Polytechnic College
No.31 2023

(グラビア)

ロボットを用いたギアケース製造支援システムの開発

[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]

実践報告
速報

2022年度専門課程総合制作実習概要

2022年度応用課程開発課題実習概要

2022年度における表彰



近畿職業能力開発大学校

<https://www3.jeed.go.jp/osaka/college/>

目次

【グラビア】

ロボットを用いたギアケース製造支援システムの開発		1
	宮武 正勝 天野 隆 庄林 雅了	

【実践報告】

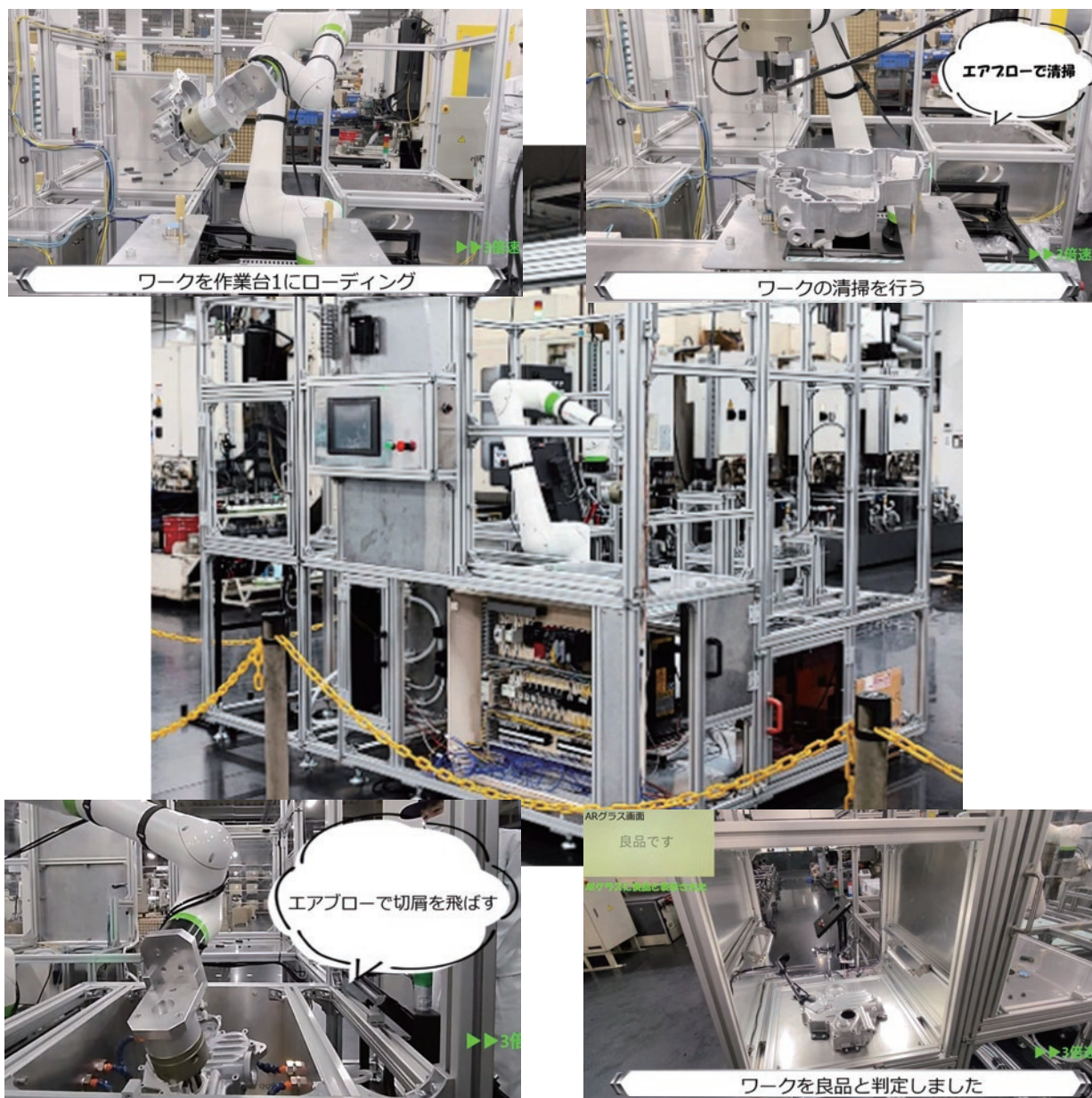
A I 時代の職業能力開発についての考察	多井作 和郎	2
ロボットを用いたギアケース製造支援システムの開発		6
	宮武 正勝 天野 隆 庄林 雅了	
鋳物部品の種別判別および仕分け装置の開発	清水 隆之 紺野 伸顕 藤井 昌之	10
宮城県産スギ材で構成した枠組壁構法耐力壁の構造性能評価		14
	松岡 亘 結城 明香里 庄司 満瑠	
文献調査に基づく土塗り壁の設計用せん断応力度—変形角関係の提案		18
	宇都宮 直樹 宮本 慎宏 山田 耕司 中尾 方人 大橋 好光	
開発課題実習「自走型工程間搬送システムの開発」における安全指導の実践報告		23
	大山 有利 中島 英一 江口 藤良	
小型ドローンプログラミングの実践 —ライントレース ドローンの制作—		28
	瀧本 雄一	
大阪府公共建築設計コンクールへの挑戦	前田 由佳 村岡 寛	32
ディスクリット部品で構成するデジタルオーディオアンプの製作		36
	池田 雅和	
動画教材作成	山本 衝	38

【速報】

光の速度測定装置の設計・製作（中間報告）	大久保 欣哉	40
----------------------	--------	----

【実習テーマ・表彰】

2022（令和4）年度専門課程総合制作実習概要	42
2022（令和4）年度応用課程開発課題実習概要	54
2022（令和4）年度における表彰等	59



ロボットを用いたギアケース製造支援システムの開発※

宮武 正勝，天野 隆，庄林 雅了

本システムは、産業用エンジンのギアケースに対して、作業台へのローディング、清掃、検査作業をロボットと人間が協働しておこなうためのシステムである。機械系、電気系、電子・情報系といった専門分野の違う学生 14 名のグループが、約 1 年かけて開発した。中央の写真は、既製の協働ロボットを中心に構築したシステムの外観である。通常のコ操作は、タッチパネルにておこなう。左上の写真は、ワークであるギアケースをロボットが作業台にローディングしている。右上の写真は、穴の内部を清掃するための可搬式エアブローユニットをロボットがつかみ、ワークを清掃している。左下の写真は、ワークに付着した切屑を筐体に設置されたエアブローで除去している。右下の写真は、画像処理によりワークの検査を行い、作業者が装着した AR グラスに結果を表示している。

※ P 6 ～ 9 参照

AI時代の職業能力開発についての考察

多井作 和郎*

生成 AI など急激な IT 技術と、先ごろ一般に公開されたチャット型 AI を例に、仕事、生活にどのような影響があるのかを考える。また、従来の職業訓練の思想と歴史を振り返り、今後求められる職業能力と、それを身につけるための職業訓練、さらに人間が持つ、AI などより優れた能力はどのようなものがあるか、AI 他 IT 技術をどのように使いこなしていくべきかを考えた。能力開発、職業訓練のあり方を人間の感覚や能力向上との関連性を考え、今後必要とされる能力開発、職業訓練について考察したものである。

Keywords : 体職業能力開発, 職業訓練, 労働者, AI, DX, GX.

1. 緒言

現在の第4次産業革命と生成 AI などといった時代を変える技術や手法に対応できる能力が必要になってきている。

本稿では職業訓練の歴史、背景を通じて、職業訓練の役割を考察し、今後の職業訓練のあり方について検討した。

ただし、この考察は一個人の意見であり、近畿職業能力開発大学校、高齢・障害・求職者雇用支援機構および厚生労働省の職業訓練に関する方針などとは無関係であることをお断りしておく。

2. 職業訓練の歴史

職業能力開発（職業訓練）は 1958 年の旧職業訓練法に始まり、1969 年の職業訓練法、1985 年の職業能力開発促進法に改められ現在に至っている。同法第 1 条には、職業訓練および職業能力検定の内容の充実強化およびその実施の円滑化のための施策ならびに労働者が自ら職業に関する教育訓練または職業能力検定を受ける機会を確保するための施策等を総合的かつ計画的に講ずることにより、職業に必要な労働者の能力を開発し、および向上させることを促進し、もって、職業の安定と労働者の地位の向上を図るとともに、経済および社会の発展に寄与することを目的とする法律であることが示されている。

職業能力開発促進大学校および短期大学校は同法 3 章第 3 節一国及び都道府県等による職業訓練の実施等（第 15 条の 6—第 23 条）により定められる学校であり、厚生労働省が所管する（独）高齢・障害・求職者雇用支援機構（当機構）または都道府県が設置運営している。

同法の理念にあるように、戦後の高度成長期を支える人材を育成することを目的としてきた。訓練の内容、訓練に使用する機器は時代の流れに合わせて変遷が続けているが、同法制定当時と現在では雇用形態、職種などにおいては激変している。昭和の時代の職業訓練は特定職種技能向上を目指したものが多く、例えば自動車整備士、旋盤工、大工といった単一職種を想定していた。表現を変えれば「腕の良い職人」を養成するような思想であり、現代の多様化した職種や職業能力に対しては時代遅れと言わざるを得ない側面がある。

現在の種々の状況を見ると、今後成長が期待される分野の訓練教育の展開が必要である。

3 チャット AI 活用の実例

すでに、某飲料メーカーは生成型 AI を使用して架空のタレントをつくり、それを TVCM に使用している AI タレントと言われても、人間との見分けがつかない完成度である。

最近話題になっているチャット AI で簡単な質問をした例を図 1 に挙げる。

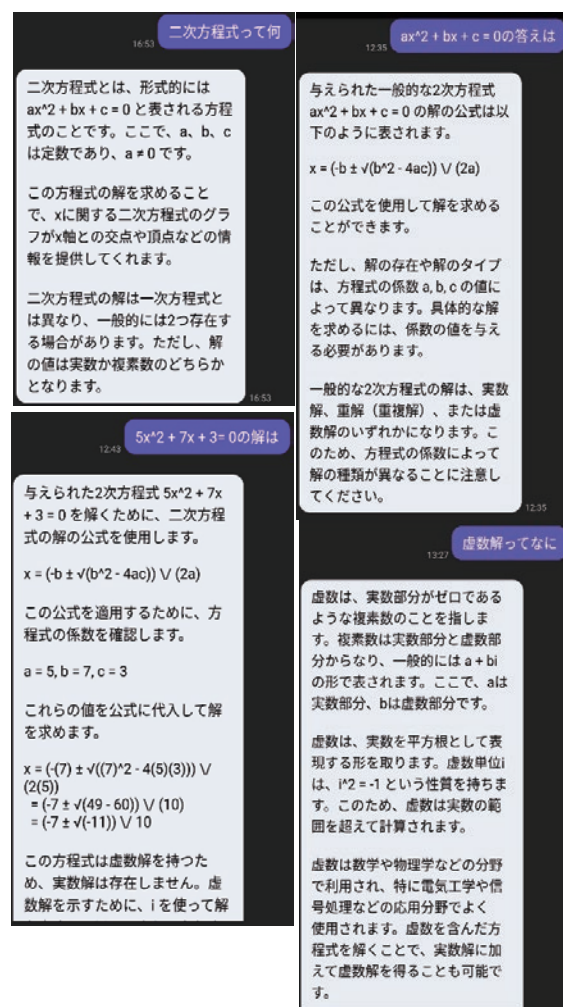


図 1 チャット AI の例

* 近畿職業能力開発大学校副校長

チャット AI のメリットは質問や要求の回答が理解できない、あるいは過不足があるときに続けて質問することで要求を満たしてくれることである。AI の回答に理解できないことがあれば、さらに質問を繰り返し、理解できるまで続けることができる。

図 1 では二次方程式について質問したが、いわゆる公式に当てはめて計算するようなものは、工業系の大学レベルのものまで AI が回答してくれる。AI に何をどのように質問、指示するかさえわかっているれば、工業分野でも大抵のことは AI がやってくれる。逆に指示がないと機能しない。

4. AI による仕事、生活の変化

かなり以前から自動化、IT、ICT、そして DX など、コンピューターによる仕事、生活の変化と人工知能を活用する動きはあった。しかし、現在の第 4 次産業革命と言われるほどの大きな動きにはならなかった。そこに AI の大幅な性能向上とチャットタイプの AI が広く一般に公開されたことが加わった。

第 4 次産業革命とまで言われる、大きな変化となった要因はコンピューターの処理能力の飛躍的向上とスマートフォンの普及、インターネットを始めとした通信環境の向上であろう。一昔前のプログラマーは、いかにハードウェアに負荷をかけないプログラムを書くかに腐心し、大容量データの通信には時間がかかった。それがハードウェアと通信環境の驚異的な進歩により、当時の最高性能パソコンの能力を超えるものが手の中にもって歩ける（スマホ）ようになった。当然 4G や 5G 環境でインターネットに接続されている。

情報を得ることに限定するならば、チャット形式の AI が出る前でも、インターネット検索はできた。いわゆる「ググる」である。チャット形式の AI との違いは、検索は欲しい情報が羅列され、真・偽と要・不要は人が判断しなければならなかった。AI になると最適解と思われる回答まで導きだしてくれることである。

もちろん、今のところは AI の回答全てが正しいわけではないが、検索→情報→選択→判断→答、というプロセスが、チャットで聞く→答、というプロセスに代わっている。

実業務の例を挙げれば、従来のカスタマーサービスの問い合わせ窓口などは電話オペレーターから AI チャットに取って代わられている。

ここで必要なくなった要素は「オペレーター」と「業務に精通した知識」の二つである。知識労働者が不要になっているのである。他にも知識をベースにした人材はどんどん不要になっている。

では何が残っているのかを考える。様々な DX 化にも共通するが、カスタマーサービスで顧客の疑問に答えるという目的がなくなったわけではない。DX 化、AI 活用もプロセスの変化と合理化であり、目的は変わっていない。ネット販売のキャッシュレス決済ならば、顧客が欲しいものを手に入れる行為に変化があるわけではなく、手に入れるプロセスで対面販売と現金が不要になったのみである。AI・DX 時代にはこういった仕事や生活の行為、目的の本質を抽出する能力を養う必要があるだろう。

さらに言えば、どれだけネットショッピングが便利になっても、やはり実物を手に取って、販売員と話をして購入したいという人と物は残るはずである。旅行などもそうであろう。いくら Web で素晴らしい景色をみて、名所、旧跡を廻ることができても、旅行はなくなる。一方、優れたコミュニケーション能力を持つ一部の人材がその対価を支払ってくれる富裕層などのためだけに残るのであろう。間もなく技術職や教育職にもこの波は押し寄せると考えている。自分で学習する意欲があれば、Web で勉強し、わからないことはチャット AI に質問すれば明確な答えがすぐに返ってくる。

前述の AI タレントのように、生成 AI に一定以上の条件やサンプルを与えれば、芸術的な作画、写真レベルの解像度の絵ができる。

では人が AI に勝るものは何だろうか。

いまのところ、AI にないものは感情と自主性であろう。しかし、すでに AI は人の表情、顔の形状的变化から喜怒哀楽を判断することなどは十分に可能である。残るは勘ではないだろうか。勘の鋭い人であれば顔は笑っていても、心は泣いていることを見破る。

深層心理を見抜くような鋭い勘を養うためには経験が必要である。これは自主性にも結び付くことであると思う。

一部の教育者や学校では AI を子供、学生に使わせることに反対する意見もあるようだが、過去をみれば電卓、パソコン、インターネット、携帯電話、スマホなど、あつという間に使うことが常識になってしまったものには事欠かない。

この大きな革新の中で、職業訓練はどのように変化すればいいのだろうか。

5. 経験と勘と度胸

AI ができない、あるいは苦手とすることは何だろうか。感情と自主性に加え、前例のないこと、あるいはエビデンスがないことだろう。

とすれば、職業能力開発で何を身につけていけばいいのだろうか。私は「経験と勘と度胸(KKD)」ではないかと思っている。

「経験と勘と度胸」は高度成長期には裏付けがない、結果が良くても根拠がなければダメだ、などを理由に忌み嫌われたが、現在の膨大なデータから即刻回答を見出す AI に対抗して、人間がデータに基づいて結論を出すことなど、勝ち目がないし、この領域では AI を活用すべきである。一方、ビッグデータ、DX、AI から最良の答えを引き出せる良質な経験と勘、それを実行に移す度胸が必要だろう。AI が従来では考えられないような答えを出したときどう判断するかである。

次に経験と勘と度胸の関連性について考えてみる。

人の成長の段階によって必要な経験があるはずである。勘を養う経験である。人間の成長の段階によって、どのような経験をするべきか考える必要がある。例えば、赤ん坊であれば湯気の立つ熱湯が熱いことを知らないが、ある程度の年齢になれば湯気が立っていれば熱い、温泉なら 40℃ぐらい、お茶なら 50℃ぐらいが適温と知っている。

この知識を得るために、触ったら熱かった、火傷をしたという経験をしているはずである。

主に高等学校卒程度の若者が対象である大学校であれば、まずは工学分野、人間心理やコミュニケーション方法など、幅広い経験・体験をさせることであろう。それも漫然とではなく意識をもって経験を積ませることである。それによって勘と発想が鍛えられる。

数値データには表れないような判断や感情的な事柄を AI より早く決断する勘を働かせ、必要とあれば AI で確証をとり、そして最後は未知のものに踏み込む度胸で実行に移すことだ。

この経験の中には AI を使用することも当然含まれる。AI を使えばどういふ結果が得られるか経験させ、AI か勘か、併用か、そして人と AI の役割分担を判断、決定できる能力を養う経験をさせておく必要と考えている。

6. 職業訓練と体感

今までの職業訓練の現場では、学生が実習で「できるようになること」を重視してきた。今後は「AI やロボットでできること」を習得しても職業訓練としての社会的価値は少ない。AI でできることは AI の方が効率もスピードも速いのである。それでは今後どこに職業訓練の価値を見出す必要があるのか。

同じ訓練をするにしてもアプローチを変える必要がある。何かの実習をさせるにしても、個人ができる、できないではなくて、その作業自体の目的を明確にして、どこにポイントがあり何が重要かをはっきりと認識させ、体感させることが重要になるだろう。

これは数学や物理法則の教育訓練でも同じことである。いわゆる公式や計算式は AI の方がはるかに正確に計算する。また記憶も人間とは比較にならない量と正確さを持っている。数式や物理法則がどのような意味を持ち、なぜ使われているのかなど、数値データだけではなく、体感をもって理解することが重要になる。例えば、重加速度を日常生活で意識することはない。AI に重力加速度を問えば、 9.80665m/s^2 と即答する。では 9.80665m/s^2 は具体的にどのくらい加速度なのかを体感することではないだろうか。AI が即答するようなことを、それを使って起こるであろう現象と結び付けて理解する能力を養うことである。

産業界であれば、現在 GX 推進のために EV 開発競争が起こっていることについて、「EV 開発＝自動車の進化」と考えるならば人間は AI に劣る。つまり、自動車とは何か、GX と自動車との関係性はどうか、内燃機自動車と EV との関係性はどうかなど、目的と命題を考えなくてはいけない。

自動車に焦点を絞れば、自動車→移動の手段→何が移動する→何故移動する→人が、モノが移動する→人は誰かに会うため→なぜ人に会う→ネット経由ではだめなのか→人は触れ合いを求める→なぜ触れ合いしたいのか。さらには EV は本当に GX に役立つのか、など人の感情も含めて全体像を捉えて考える能力を養わないといけない。人と AI やロボットの役割を仕分ける能力を養うことである。人間ができて AI ができないことは数値やデータの蓄積などがない状態で、その場の現

象から物事の本質をとらえる能力ではないだろうか。本質が捉えられればあとはデータを積み重ね AI が判断してくれるのである。

7. これからの職業能力開発「正解をつくる能力」

さて、本題である。

従来の「できること重視」を「経験の蓄積および理解の重視」に変えるべきだろう。とにかく多岐にわたる経験を積ませ、そのうえで本質を理解させる教育訓練に変える必要があると考えている。今後は C 言語プログラムを必死になって覚えても、AI があつという間に同じことしてしまうだろう。ましてや記憶に頼るようなことは AI は敵なしである。「強度がどれくらいで大きさがこれぐらいの減速機を設計して」といえば設計してしまうであろう。

しかしまだ AI は自分の意思を持つてはいないし、命令されたこと以外はしない。

AI 搭載のお掃除ロボットでも気を利かせて「今日はいいお天気だから、ついでに床の水拭きしておこう」などとはならないのである。

これからの職業能力開発は、人が望むモノにたいしてその背景にある理由や目的を読み取り、それを実現する方法を考える能力を養うことではある。そして AI やデジタル機器などを使いこなす能力が重要で、今までのような、整理された理論や数式を丸暗記しておく必要はない。その現象の真理を見る能力である。

AI が高性能化した現在、人間が AI に勝つためにどのような能力が必要なのか、あるいは AI を使いこなすには何が必要か。

従来の正解を求める思考ではなく、正解をつくる、正解にしてしまう能力ではないかと感じている。

社会や日常生活で、すでにある生産技術や工業製品においても奇想天外なアイデアでドラスティックな変革をもたらすことは、いわゆる学力に比例するものではない。物事を観察する能力や視点を研ぎ澄ますことによって、ひらめきを得ることである。その感覚を研ぎ澄ますために何が必要かといえば、何より体感、経験が必要だと思う。すでに理論整然と体系化された学問を学習することも大切だが、自身の感情と意思で五感を働かせることが大切と考える。そして創ったモノやシステムを人々に納得させ、正解であると言わせる能力も必要になるかもしれない。

当校の特徴である、総合制作実習や開発課題実習はまさしくこれを目的にしているものであり、AI 時代を乗り切るためにより一層重要性が増すであろう。

決まった答えを出すことなどは AI にやらせればいいのである。

8. 終わりに

以上、職業訓練の歴史、思想と IT 技術の急速な発展による、職業、社会へ与える影響、そして生成 AI などを活用するためには、どのような能力開発や職業訓練が必要か述べてきた。前提として、「AI には感情は無い」として考えをまとめてきたが、つい先ごろ、ディープラーニングを開発したトロント大学のジェフリー・ヒントン名誉教授は「近い将来、人の感情を理

解する AI が生まれるだろう」と言っている。

また、ソフトバンクグループ（孫正義会長）は法人向けイベントで 10 年以内に AI から AGI(汎用人工知能) に進化するだろうと発表している。

AI は予想を超える速さで進化を続けるであろう。今までのように、教育現場においてのメリット、デメリット、学生に使わせるべきか、使わせないべきかなど、頭の固い大人が議論をしている段階ですでに AI に先を越されている。

AI の進化が人間社会にとって良いものになるかどうかは、いち早く AI を使い、特性を理解し、自分自身で活用することを考えられる能力を養っていくことであると考えている。

最後に、理論物理学者のスティーブン・ホーキング博士は「このまま人工知能開発を続ければ、いずれ人間は乗っ取られる。開発をやめるべきだ。」と予言とも遺言とも思える言葉を残している。この言葉が現実のものにならないことを願っている。

文献

- [1] 職業能力開発促進法, 1985.
- [2] 旧職業訓練法, 1958.
- [3] 職業訓練法, 1969.
- [4] (株)Peace アンドロイドアプリ AI チャット Powered by GPT.

(令和 5 年 10 月 30 日提出)

ロボットを用いたギアケース製造支援システムの開発

宮武 正勝^{*1}, 天野 隆^{*2}, 庄林 雅了^{*3}

現在、企業において様々な産業用ロボット（以下ロボットという）が実用化されており、自動化ラインなどに活用されている。株式会社イケでも産業用エンジンのギアケースを製造するラインがあり、ロボットを用いた自動化への改良を進めている。しかし、複数のギアケースに対応したエンドエフェクターの製作やギアケースの加工検査を自動化することに関しては進められていない。そこでロボットを用いた製造ラインのシミュレーションを目的としたシステムを製作した。エンドエフェクターで自由に清掃ができる可搬式のエアブローや AR グラスおよび AI を用いた作業者の安全確認などを搭載し、2 種類のワークによる動作を確認することが出来た。

Keywords : エンドエフェクター, 検査ユニット, ワーク把持, ロボット

1. 緒言

株式会社イケでは、様々な種類のギアケース製造を行っている。近年の人手不足もあり、ロボットを用いた自動化製造ラインにも力を入れている。しかし、既存のラインを自動化するためには、製造ラインを止める作業が必要となる。また、清掃や加工箇所の検査などは人が行っており、自動化の妨げとなっている。そこで、複数のギアケースに対応したエンドエフェクターを設計・製作するとともに、エンドエフェクターの動作・ギアケースの製造・加工の検査をシミュレーションをする擬似製造をイメージしたシステム装置を製作した。

2. 仕様

2.1 全体仕様 システムは図1のように大きく5つのユニットに分けた。作業者の手でギアケース（以下ワークという）の供給を行う供給ユニット、エンドエフェクターでギアケースの運搬をシミュレーションする作業ユニット、ワークを把持した状態で清掃する清掃ユニット、ワークを手動で取り出す排出ユニット、ワークの良否を検査する検査ユニットとした。またワークの清掃用としてエンドエフェクターで把持できる清掃用の可搬式エアブローを製作した。5つのユニットは個別に分離ができ、各種に対応した組み換えができる。使用するロボットはFUNUC製CRX-10iA/Lであり、ロボットは筐体に載せ、各ユニットとともに図1に示す場所に配置した。

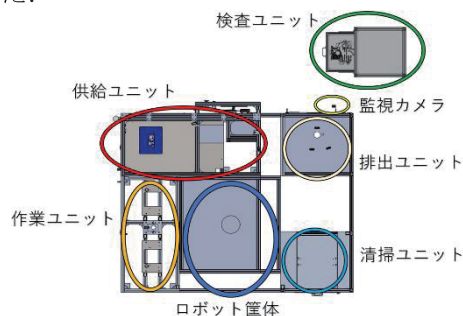


図1 各ユニット配置図

全体寸法は横2500mm×高さ2000mm×奥行2000mmとなっており、ロボットを使用するため法令（労働安全衛生規則第150条の4）で定められる安全領域を作るために高さ2000mmの壁を設置した。

システムでは作業者が供給ユニットにワークを置き扉が閉まると動作が開始する。その後作業ユニットではワークの表裏加工を想定した作業を開始する。また検査ユニット（図1に示す）でワークの検査を行うことができる。

安全のため監視カメラを用いて作業の人数を感知し、ARグラス(Augmented Reality)に警告を促す。ワークの検査情報などはタブレットを使用することで確認することができる。使用者、環境仕様を表1に示す。

表1 作業者、環境仕様表

作業者	身長160cmの20～40代の女性
使用環境	温度20℃, 湿度50%, 騒音70dB
設置領域	幅4000mm×奥行4000mm×高さ3000mm

システムの外観を図2に示す。各ユニットの内容は以下の通りである。

(1)供給ユニット

ワークを供給するための扉は、安全のためロボット動作中は鍵をかけている。ワーク設置台は、 $\pm 0.5\text{mm}$ の精度でワークを設置でき、3種類のワーク判別は光電センサ1つと近接センサ1つで判別することができる。

(2)作業ユニット

ワーク設置部は、ワークのローディング・アンローディングを想定するため表面と裏面を向けて設置することができる。作業台には、加工済みの穴を清掃する可搬式エアブローがあり、エンドエフェクターを交換することなくロボットを使って清掃をすることができる。

(3)清掃ユニット

清掃ユニットでは、ロボットでワークを把持したま

^{*1} 近畿職業能力開発大学校生産機械システム技術科（現 四国職業能力開発大学校生産機械システム技術科）

^{*2} 近畿職業能力開発大学校生産電気システム技術科

^{*3} 近畿職業能力開発大学校生産電子情報システム技術科（現 北海道職業能力開発促進センター釧路訓練センター）

まエアを吹きかけながら動かすことでワークの検査を行う箇所の清掃を行う。切屑の飛散を防ぐため清掃部は箱形状になっており、切り屑が除去しやすいように底部を引出式にした。

(4)排出ユニット

排出ユニットは、ワークを取り出すためのユニットであり、センサを用いて、開いている間はロボットが動作しないように設計した。ワークの置き場には厚さ7mmの樹脂を設置しワークに傷がつかないようにした。安全のため作業領域内の作業者を監視する監視カメラを設置し、供給および排出ユニットの監視を行った。

(5)検査ユニット

検査ユニットでは、システムを通ったワークの良否判定を行う。ワーク台は引き出し式になっており、ワークを設置後、引き出しを奥まで押し込むことで検査が開始される。検査にはカメラを使用し、ワークのタップ加工の有無とタップ折れの不良がないかを画像処理で判別する。

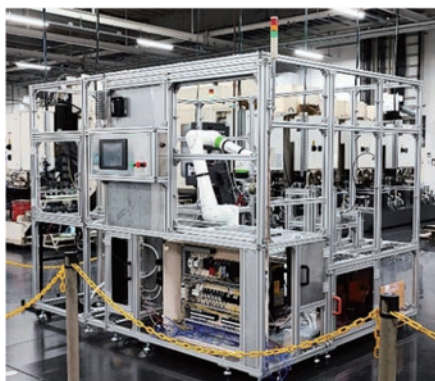


図2 システムの外観

全体の動作は、供給ユニットに作業者がワークを置き扉を閉めることで開始される。次にロボットがワークを把持し、2か所ある作業台に順番にローディングした後に、ワークの清掃を行い排出ユニットにワークを置く。その後、作業者がワークを取り出し検査ユニットで検査を行う。これにより一連の動作が終了となる。

3. システム構成

3.1 ロボット ロボットシミュレータを使用し、事前に実機でのプログラミング及び、ティーチングを行うことで組立後からロボット動作までの時間を大幅に短縮することができた。ロボットとPLCとの通信はCC-Linkユニットで行うことでユニットごとの入出力を共通化することができた。産業用ロボットの仕様を、表2に示す。また、今回対象としたワークを図3に示す。

表2 ロボット仕様

項目	内容
ロボット型番	株式会社FUNUC社製 6軸多関節ロボット CRX-10iA/L
可搬質量	10kg(エンドエフェクター含む)
動作範囲	全方位半径1418 mm (下部に潜り込むことも可能)
繰り返し精度	±0.04 mm

電源	単相200V
動作速度	協働用モード 1000 mm/s 産業用モード 2000 mm/s
その他	IP67(完全防塵・防浸型)

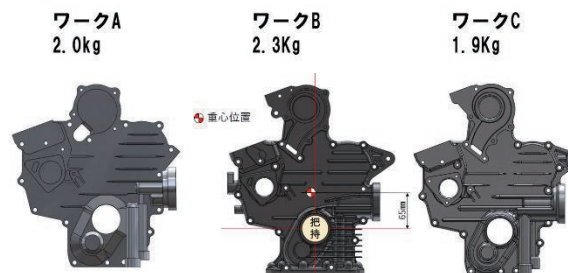


図3 ワークの種類

3.2 エンドエフェクター

3.2.1 機能・仕様の設定 現在、自動化されたラインで使用されているエンドエフェクターは、ワークを裏返す時に、持ち替える必要があった。そこで表裏両方からワークを把持することができる機能を持たせた。また、ワークを把持する際、接触する部分のキズや摩耗を確認できるように接触部を別部品として設計した。図4にエンドエフェクターの計画図を示す。

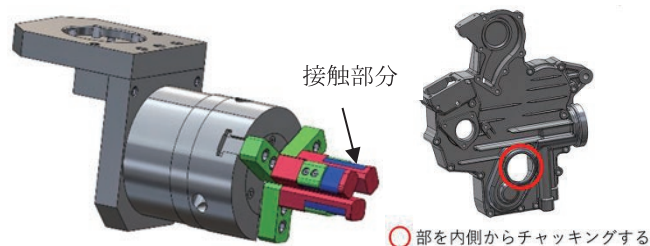


図4 内径把持エンドエフェクターの計画図

3.2.2 設計 使用するチャック選定のための計算を行った。今回、移動時にかかる慣性力からチャックの把持力を、ワークが回転しようとするモーメントから把持力とワーク接触部の摩擦力を計算し、チャックと部品の材質選定を行った。

慣性力は、加減速想定される最大値として1000mm/sとし慣性力を求め、ワークを持つために150N以上の把持力が必要であると求めた。次にモーメント計算も行い、ワークの保持位置と重さの関係から必要な把持力を200N以上であることを求めた。以上の条件から、ロボットの可搬質量10kgを加味し、把持力250～500Nのエアチャックを選定した。

3.2.3 材料選定 エンドエフェクターの形状を決定した後、その形状で強度を検証するため3DCADを用いてシミュレーションを行った。その結果から先端部分は、S45C材を使用し、他の部品は軽量化のためA5052を使用した。

次にワークに直接触れる部分の材料選定を行った。ワークの材質は、ADC10(アルミダイカスト)であるため、同等かそれ以下の硬さの材質を選定の条件とした。使用した材質はワークが滑る恐れがあるため図5に示すような5つの材質(純銅、ポリアセタール、MCナイロン、A5052、UV硬化プラスチック)の部品を用意し、比

較を行った。その結果、ポリアセタールとMCナイロンは、ワークが回転した。純銅とA5052、UV硬化プラスチックの場合は把持することができた。



図5 ワーク把持部材料別交換部品

3.2.4 可搬式エアブロー 今回ワークを清掃する方法として、図6に示すようなエンドエフェクターを交換することなく、エンドエフェクターに清掃ノズルを持たせ清掃させる方法を用いる機構を考えた。それにより交換による作業時間の減少や直径2mmの穴など狭小部分の清掃が可能になった。

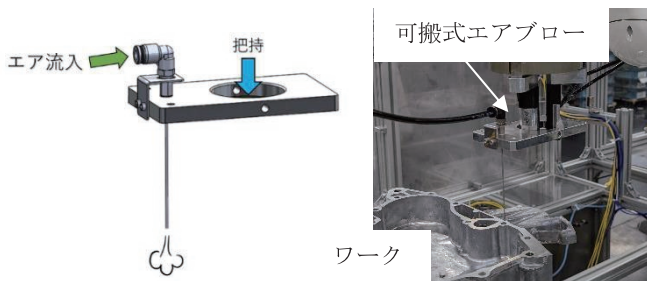


図6 可搬式エアブロー

3.3 制御部

3.3.1 電源部 システムブロック図を図7に示す。各マイコンやセンサ、PLCを動作させるために電源回路を製作した。電源は単相100Vを用い、PLC、入力ユニット、タッチパネル、各マイコンに供給する。また、スイッチング・パワーサプライでDC24Vに変換し、出力ユニットや各リレー、ソレノイド、センサの電源に使用する。

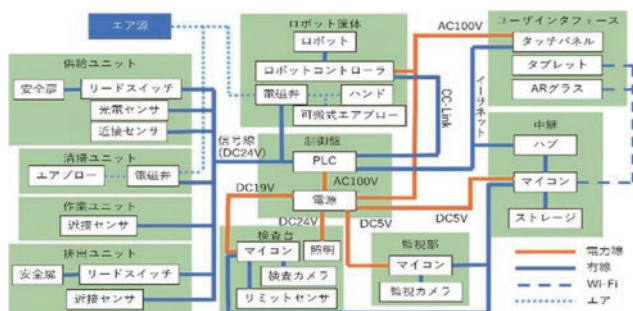


図7 システムブロック図

3.3.2 空気圧回路 清掃部のエアブロー、可搬式エアブロー、エンドエフェクターの開閉の3か所を制御するために空気圧回路を供給ユニットに設置した。図8にエア配管の外観を示す。配管を図8に示すスペースに収める必要があった。配管は直径が6,12,16mmの3種類を用い、最小曲げ半径がそれぞれ30,60,100mmであったため、最

小曲げ半径を超えないように機器の配置を考慮した。

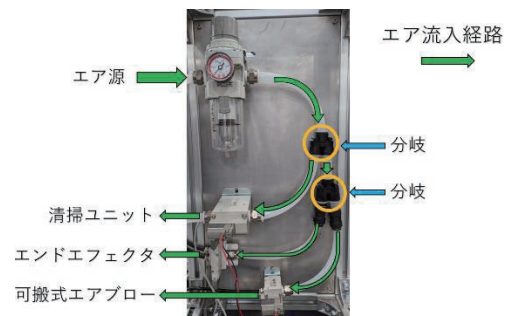


図8 エア配管の外観

3.4 検査ユニットの良否判定システム

3.4.1 検査ユニットの概要 図9に示す検査ユニット内部にワークが供給されたとき、データベースからワーク種類のデータを受信する。ユニットは各種データを中継するマイコンおよびデータベースや画像等を保存するストレージで構成されている。その後、AI(Artificial Intelligence)が、ねじ穴の良否を出力し検査結果を送信する。なお、マイコンはJetson Nanoを用いた。

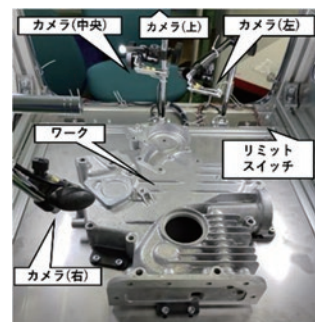


図9 検査ユニット内の配置構造

3.4.2 検査ユニット内部 ワークを撮影するカメラは検査ユニット内部(中央, 上, 左, 右)に計4台設置し、全てのねじ穴を撮影する。ねじ加工の有無についてはカメラと照明に角度を付けることで撮影画像に違いをつけた。また、タップ折れなどの不具合に関しては真上からの撮影で穴にあるタップの有無を撮影した。

3.4.3 ワークの判定方式 良品と不良品のサンプル画像を図10に示す。ワーク良否は「全てのねじ穴が加工済みか」を判定基準とし、その後、各結果を参照し、AIを用いてワーク良否を判定し、中継部に送信する。良否判定のAIモデルはCNN(Convolutional Neural Network)を用い、学習用データは良品と不良品のねじ穴を撮影、保存した画像を用いて学習を行った。ディープラーニング用のライブラリが多いことからPythonを用い、機械学習用ライブラリはtensorflowやkerasを用いた。

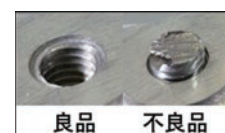


図10 検査するねじ穴の評価

3.5 監視部

3.5.1 監視部の概要 ステーション内に作業員以外の人間が入らないかを監視するために中継部に撮影画像を送信する。撮影範囲内の人数が2人以上とAIが判断した場合、中継部に警告メッセージを送る。なお、マイコンは人認識には処理に時間がかかってしまうため、高性能のJetson Xavier NXを用いた。

3.5.2 人数判定の構造 物体検出のAIモデルは精度が高く、処理速度も早い物体検出モデルのSSD (Single Shot MultiBox Detector) をPythonで実装した。撮影画像をAIモデルに入力し、検出結果が出次第、中継部に警告メッセージを送信する。撮影したサンプル画像を図11に示す。複数人での作業を想定していないため、検出結果が2名以上の場合はスマートグラスにアラートを表示させたり、三色灯によるエラー灯（赤色）が動作するようになっている。



図11 監視カメラ

3.6 中継部

3.6.1 中継部の概要 中継部は各種データを中継するマイコンおよびデータベースや画像等を保存するストレージで構成され、供給ユニット内部にある。中継部は3つの機能があり、ワーク供給部のPLCからワークの種類データを受け取る機能。検査ユニットと監視部からデータを受信してデータベースに保存する機能、保存したデータをタブレット端末やARグラスに送信する機能がある。なお、マイコンはRaspberry Pi 4Bを用いた。

3.7.2 PLCとの通信 PLCとの通信はロボットからワーク種類のデータを受け取るために行う。言語はC言語を用い、PLC側ではMELSECコミュニケーションプロトコルを利用することで通信を行う。ワークの種類を受け取るタイミングは、供給ステーションのワークをロボットが掴むときにした。受け取ったデータはデータベースへ保存され、その後のワークの検査に用いる。

3.7.3 データベース 検査ユニットのデータは、検査ユニットがAIを用いてねじ穴の良否を出力し、中継部へ検査結果を送信したタイミングで。項目を「番号、種類、良否結果、担当者、日時」として保存する。また、監視部のデータは「番号、監視結果、日時」として保存する。

3.7 ユーザーインターフェース

3.7.1 ユーザーインターフェースの概要 タブレット端末は、管理者が閲覧することを目的とし、ワークの良

否や監視カメラの画像を表示できる。ARグラスは、作業員がワークの良否結果を見ることができ、監視部から送られた警告メッセージを確認できる。これらのことにより作業員の負担を軽減する。開発環境はAndroid Studioを用いて、Java言語で開発を行った。

3.7.2 タブレット端末 タブレット端末は図12に示すようなワークの検査結果であるID、日付、ワークの種類、良否、担当者名、不良箇所をデータベースから受け取り、GUI(Graphical User Interface)を用いて、ワークごとに表示を行う。また、作業中の良品数、不良品数を表示でき、ボタンを押すことで不良箇所、監視部で撮影した画像を表示できる。



図12 GUI

4. 評価

本体の動作に関しては、エンドエフェクターの動作確認や清掃ユニットおよび検査ユニットを用いた動作を検証した。エンドエフェクターはAとCのワークを把持し動かした際、安定してワークを搬入できたがワークBに関しては、動作中に負荷オーバーで停止した。要因として、ワークAを基準とし把持する際の負荷設定を行ったため、ワークBの重心位置がワークAより低く回転のモーメントが大きくなったためと考えられる。また、エンドエフェクターの質量も4.9kgと重く動作中の慣性力が影響したこともある。ワーク清掃は、検査の妨げになるような切屑を除去することができた。特に、可搬式エアブローに関してはエンドエフェクターを交換することなくねじ穴の清掃作業をピンポイントでできた。

検査ユニットでは、検査箇所10か所を検査し、良否を判定することができた。タブレット端末やARグラスでワークの検査結果をデータベースから確認することができた。また、監視カメラによる監視をすることにより作業員の安全性を保つことができた。

5. 結言

評価から、作業員の負担が軽減でき、安全性が高いステーションの製作、複数種類のワークを把持できるエンドエフェクターを開発することができた。特に可搬式エアブローに関しては、企業から「素晴らしいアイデアで自社の中でも使わせてもらいたい」などと高い評価をいただくことができた。最後に、本製作にあたり指導の下、熱心に製作にあたった開発課題担当の学生に感謝の意を表す。

(2023年9月1日提出)

鋳物部品の種別判別および仕分け装置の開発

清水 隆之^{*1}, 紺野 伸顕^{*2}, 藤井 昌之^{*3}

鋳物部品の外観検査は、品質の高度化に伴って検査工程の工数が増加し、人的負担やコストが増加している。本開発は、人による検査の手前の検査工程において、鋳物表面の不良またはサイズもしくは形状の異なる鋳物部品の不良品として除外し、良品を検査作業者の手元に戻す装置である。この良否判定には、一台のカメラで鋳物部品正面と裏面の撮影し、画像処理により行う。本開発は、株式会社センシュ様（以下 S 社という）からご提供いただいた開発課題のテーマであり、学生 14 名および指導員 3 名で取り組んでいる。

Keywords: 鋳物部品, 外観検査, 画像処理。

1. 緒言

鋳物部品の外観検査は自動化が進んでおらず、全て人手により行われており全体の製作コストを圧迫している。鋳物部品の表面に現れる不良^[1]のワレ、砂カミ、打痕、ノロカミなどを外観目視により除外するため全数検査を行っている。本開発で取り上げる鋳造部品のメタルキャップ(以下ワークという)は、自動車の主要機構の一部に使用されており、圧力が継続的に掛かるため、不良品は致命的な欠陥になりかねない。ワークの外観検査は官能検査である為、人や作業環境等により不良品を良品と判断してしまう可能性がある。本開発では、鋳物表面の不良またはサイズもしくは形状の異なる鋳物部品の不良品として除外し、良品を検査作業者の手元に戻す装置の製作を行った。ワークの良否判定は、画像処理により行っている。

2. 製作条件

2.1 対象ワーク ワークはサイズが大・中・小とあり、各サイズの正面にリブ有りとしリブなしがあるため、計 6 種類が本製作の対象ワークである。ワークの正面の形状の違いを図 1 に、リブなしワークのサイズと重量の例を表 1 に示す。

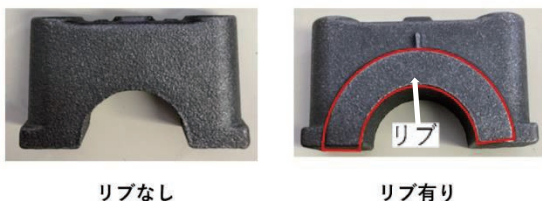


図 1 ワーク正面形状の違い

表 1 リブなしワークのサイズと重量の例

種類	幅[mm]	重量[kgf]
大	120	1.15
中	99	0.79
小	89	0.54

2.2 装置製作条件 S 社より頂いた装置の製作条件を表 2 に示す。

表 2 製作条件

使用者身長	男女 150~180[cm]
ワーク検査時間	12 [秒/個]

検査員はワーク 4 個をまとめて一つの作業サイクルとしており、1 サイクルは約 48 秒である。検査内容は、ワーク表面および種類の不良品・良品の仕分けである。また、不良個数、項目についてもカウントしている。このことから、本製作ではワーク 1 個に対する動作時間の目標を 1 サイクルの 48 秒と定め、さらに努力目標を検査員がワークを 1 個検査する時間の 12 秒とした。

3. 装置説明

3.1 装置概要 装置の主な構成は、外部からの光を遮断するための筐体に、ワークを移動させるための移動機構、ワークを回転させる回転機構、ワークの撮影に使用するカメラ・照明の撮影機構、不良品を排出する押し出し機構である。各機構を写した装置全体像を図 2 に、本体の仕様を表 3 に示す。本稿にある SW はスイッチを示す。

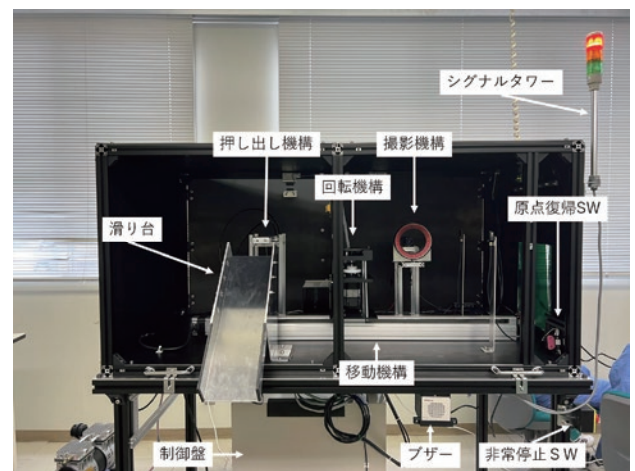


図 2 装置全体像

^{*1} 近畿職業能力開発大学校生産電気システム技術科

^{*2} 近畿職業能力開発大学校生産機械システム技術科

^{*3} 近畿職業能力開発大学校生産電子情報システム技術科

表 3 本体仕様

装置全体寸法	
全長	1400[mm]
全幅	800[mm]
全高	2100[mm]
重量	140[kgf]
移動機構	
ストローク	850[mm]
最高速度	360[mm/s]

3.2 筐体 作業者とワークを置くための回転台の距離、モニターの位置、原点復帰 SW の位置は人間工学の水平作業域に基づき、作業者がその場から動かず届くよう水平作業域内にとどまるように設計した。また、安全面も考慮し、非常停止 SW も作業者が瞬時に押すことが可能である水平作業域内に設置した。作業者の肩を中心とした水平作業域を図 3 に示す。

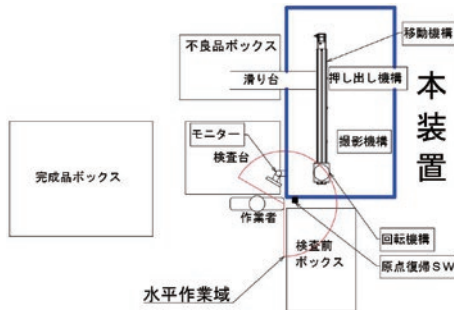


図 3 水平作業域

撮影する際に装置内部に外部からの光が入るとワークの撮影が上手くいかないため、装置全体を黒色で塗装したアクリル板で覆い、筐体全体を黒に統一した。また、ワークを置くための入り口には作業者の作業工程を増やさないために扉ではなく遮光カーテンを採用した。

製作物は実際に S 社への搬入を想定しているため、筐体を上部分と下部分で分けて運搬する事が可能である。

3.3 回転機構 回転機構は、ワークの正面と裏面を撮影する際に、ワークを回転させる機構である。

回転機構には、ギアを使用することで直接モーターに負荷が発生しないようにした。また、ゴミが付着しないよう自己潤滑性のある樹脂のギアを採用した。ボールローラーを使用することで、回転台にかかる負荷を分散させ、摩擦を低減した。

ワークの材質であるダクタイル鋳鉄の硬度は HRC18 であり、ワークの接触部分は、傷が発生しないように、硬度 HRC42 の焼入鋼を採用した。

ワークの寸法許容差は $\pm 0.8\text{mm}$ であることから、回転台にはワークの寸法より 0.8mm 大きいサイズの溝を作製し、ワークの位置決めをできるようにした。ワークの下面から高さ 1.5mm の部分は加工面であり撮影する必要がなく、溝の深さは 1.5mm とした。製作した回転機構を図 4 に示す。

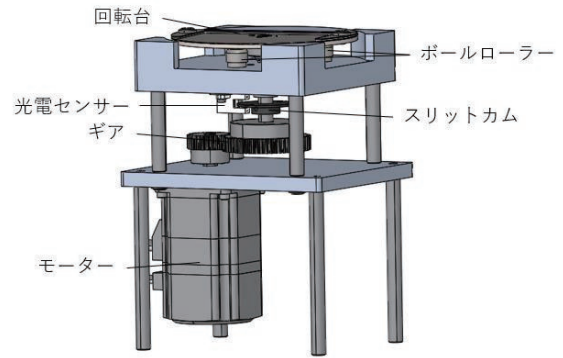


図 4 回転機構

3.4 移動機構 移動機構は、検査するワークを撮影位置、不良品押し出し位置まで移動させる機構である。

S 社に頂いたレイアウト図の配置では、検査台と不良品ボックスの間隔は約 700mm であることから、移動機構のストロークは 750mm とした。また、カメラで撮影する際の許容範囲が $\pm 1\text{mm}$ であるため、ワークの寸法許容差 0.8mm も考慮して、精度 0.02mm かつストローク 850mm の電動スライダーを選定した。

3.5 撮影機構 撮影機構は、ワークを撮影する際に使用するカメラと照明の位置を調整する機構である。

本装置の照明はリング照明で、被写体が均一に照らされ、かつカメラの画角に照明が入ってはいならない。条件を満たす位置にアルミフレームを使用した固定部を設けた。また、カメラと照明の両方の高さと前後を調整できるように設計した。製作した撮影機構を図 5 に示す。

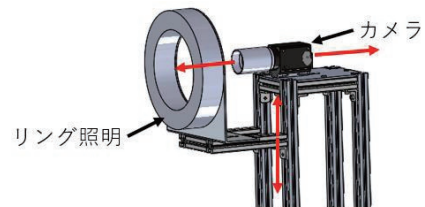


図 5 撮影機構

3.6 押し出し機構 押し出し機構は、ワーク移動、撮影後に不良品のワークを不良品ボックスに押し出すためのシリンダーと固定部で構成されている。

設計した回転テーブルの幅以上で、ワークを押し出し可能なストローク 200mm のシリンダーを選定した。また、ワークを押し出す高さでシリンダーとワークの距離を調整できるよう、アルミフレームを使用し、組立を行った。製作した押し出し機構を図 6 に示す。

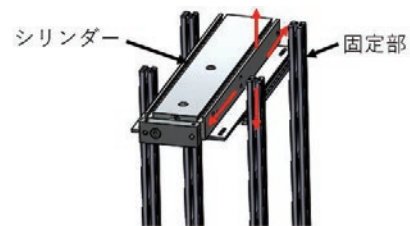


図 6 押し出し機構

4. 制御システム

4.1 システムブロック図

本装置は AC100V で動作させる装置であり、PLC で各機器の動作の制御を行い、マイクロコンピュータ (以下マイコンと呼ぶ) で種類・良否判別を行っている。本装置のシステムブロック図を図 7 に示す。

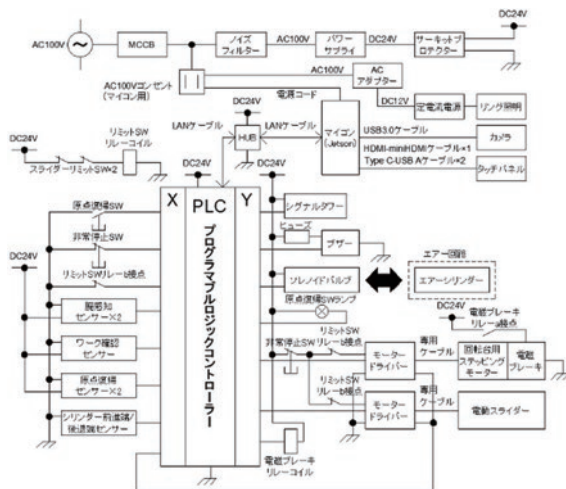


図 7 システムブロック図

SW やセンサーからの入力信号を利用して装置を制御する。ワークの回転・搬送に用いるステッピングモーターと電動スライダーは、PLC の位置決め制御機能を用いて、モータドライバを制御することにより、動作速度や回転角度・移動距離を制御する。ワークの押し出しに用いるエアシリンダーは、ソレノイドバルブを PLC で制御することにより前進後退を行う。

4.2 制御盤仕様とモーター制御 制御盤の仕様と制御盤内配置図を表4と図8にそれぞれ示す。また、空気圧の配管ブロック図を図9に示す。

表 4 制御盤の仕様

サイズ	W600×D250×H600[mm]
電源	AC100[V] (50/60[Hz])
定格電流	10[A] (最大負荷電流 9.07[A])
通信方式	TCP/IP MC プロトコル通信

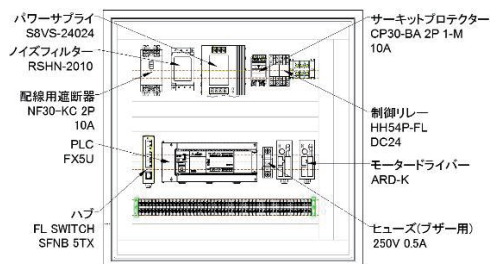


図 8 制御盤内配置図

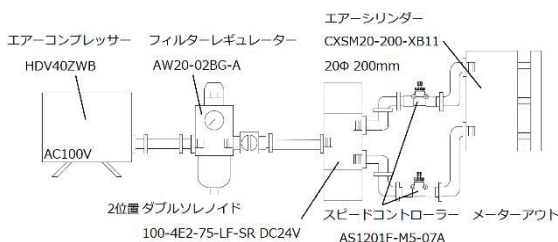


図9 配管ブロック図

動作フローチャートを図 10 に示す. PLC 制御によ

り原点復帰，自動運転の動作を実現している.

ワークを投入する際、ワーク投入口に設置した光電センサーが反応し、投入後、センサーが OFF になるとカメラ前へワークを搬送するようにしている。

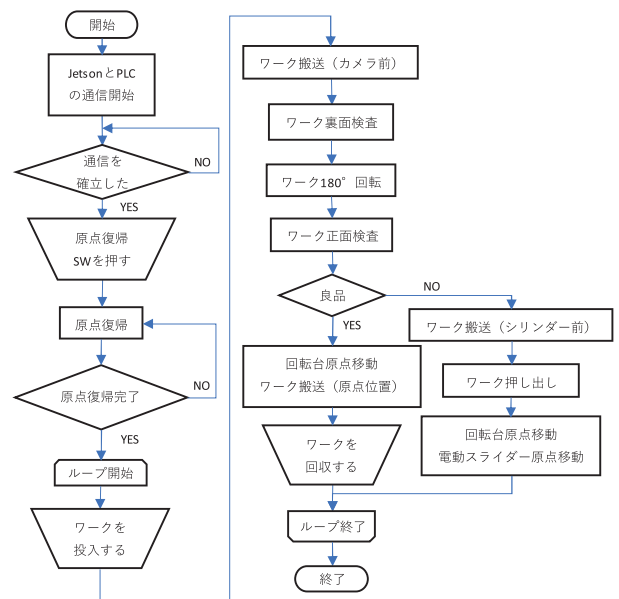


図 10 動作フローチャート

4.3 モーターの位置決め制御 ワークが不良品だった場合の電動スライダの移動時間と移動速度を図 11 に示す。また、動作内容を表 5 に示す。

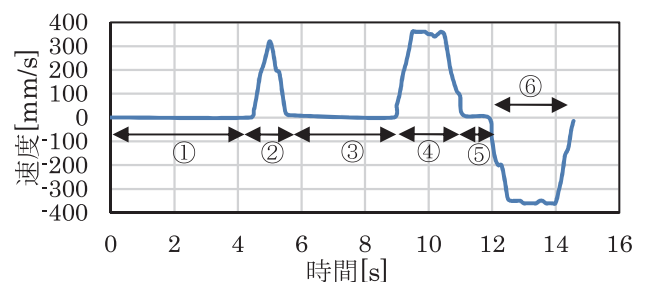


図 11 移動時間と移動速度

表 5 動作内容

番号	動作内容
①	検査前ボックスからワークを取り出し装置に投入
②	カメラ前へ搬送
③	ワーク裏面・正面の検査
④	シリンダー前へ搬送
⑤	ワーク押し出し
⑥	原点位置へ搬送

4.4 安全対策 本装置には安全対策として、非常停止 SW とリミット SW、扉センサー、腕感知センサーを備えている。非常停止 SW は、押すことで装置を非常停止させる。リミット SW を電動スライダー可動域の端に設置することにより、電動スライダーが可動域を超えて運転しようとした場合に装置を非常停止させることができる。

扉センサーは、磁気センサーであり、装置のメンテナンス扉が開放された時に装置を非常停止させること

ができる。

腕感知センサーは、ワーク投入口に設置した光電センサーであり、運転中に装置入口に手を入れた時に装置を非常停止させることができる。

5. 画像処理

5.1 開発環境 マイコンは画像処理に優れた Jetson Xavier NX を、画像処理ライブラリは OpenCV を使用した。開発言語は C++ である。

5.2 種別判別 ワークの大きさとリブの有無で種別判別を行う。ワークの大きさによる判別では、撮影した画像の二値化処理を行い、測定位置の X 軸方向の白い pixel を計測している。撮影した良品サンプルの種類ごと pixel 数を比較したものを図 12 に示す。

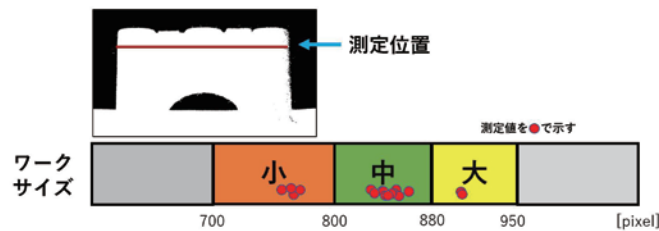


図 12 種類別の横幅比較

取得した値から 700 以上 800 未満の時は小、800 以上 880 未満の時は中、880 以上 950 未満の時は大と判定する。

リブの有無の判別は、リブとの間に境目が出るように画像を加工することで行っている。その様子を図 13、図 14 に示す。図 13 はリブがないため上下に分割されず、図 14 では、リブの境目で分割されていることがわかる。



図 13 中リブなし

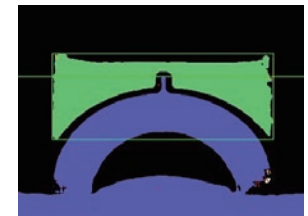


図 14 中リブ有り

5.3 良否判定の概要 ワークの不良部分を強調するように加工し、予め用意していた良否判定領域(以下 mask)について不良部分の検出を行う。

鋳造部品の表面は、鋳肌と呼ばれる梨地状の凹凸があるため、鋳肌と不良による凹凸を判定することが困難である。そこで、照明を露光過多にして梨地部分を

飽和させ、不良部分のみの明暗を強調する。次に mask 周辺部のノイズ除去を行い、不良部分をさらに強調する処理を行う。最後に強調した画像の mask 範囲内で不良個所の検出を行う。以下に不良の一つである砂カミの検出を行った画像を図 15 に示す。

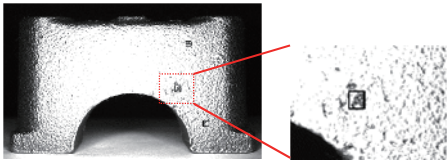


図 15 砂カミの不良部分検出

良否判定の結果、mask の範囲内で 1mm 以上の傷の検出に成功した。しかし、リブの周辺や mask の周辺、外部の傷の検出はできなかった。

6. 動作検証と評価

製作条件をもとに、動作の検証・評価を行った。各項目についての成果を表 6 に示す。検査時間については、動作速度を限界まで短くしたが、ワークを設置する時間が予想以上にかかり、図 11 のようにワーク投入から検査終了までの時間がおおよそ 15 秒必要であった。努力目標の 12 秒は達成できなかった。

表 6 評価項目表

番号	評価項目	結果
①	ワークの種類判別ができる	○
②	ワークの不良品を判別できる	○
③	ワークの不良品を仕分けできる	○
④	検査時間が目標の 48 秒以内である	○
⑤	検査時間が努力目標の 12 秒以内である	×
⑥	不良品データがデータベースに保存できる	○

○：達成 ×：未達成

7. 結言

検査時間 48 秒以内という当初の目標を達成することができた。しかし、検査時間 12 秒以内という努力目標を達成することができなかった。これについては、ワークの設置場所を装置外にすることで、検査時間の短縮が見込める。また mask 範囲を拡大するなど改善する個所はある。

8. 謝辞

課題提供とサンプルワークを貸し出していただいた株式会社センシュア様、照明機器・カメラ選定のアドバイザーをいただいた株式会社ヴィ・エス・テクノロジー様に感謝申し上げます。

文献

[1] アイアール技術教育者研究所:砂型鋳造の欠陥(不良)について種類別に原因と対策をチェック!, https://engineer-education.com/production-engineering-42_sand-mold-casting-defect/.

(2023 年 11 月 7 日提出)

宮城県産スギ材で構成した枠組壁構法耐力壁の構造性能評価

松岡 亘^{*1}, 結城 明香里^{*2}, 庄司 満瑠^{*2}

宮城県産スギ材を用いて、2×4 構法耐力壁を構成し、その構造性能を明らかにすることを目的に、その評価を行った。その結果、宮城県産スギ材で構成した 204 材耐力壁ならびに 206 材耐力壁は、従来から用いられている SPF 材で構成した 2×4 構法の耐力壁と同等の構造性能を有していることが明らかとなり、その有効性が確認された。これにより、利用期を迎えている宮城県産スギ材を含む国産スギ材の需要拡大が期待できる。

Keywords : 枠組壁構法, スギ, 耐力壁, 短期基準せん断耐力.

1. 緒言

国土交通省が 2022 年度に行った建築着工統計調査によると、全国の着工新設住宅の構造の 55.0%が木造であると報告している^[1]。主な木造住宅の構造には、在来軸組構法、枠組壁構法（以下、2×4 構法）、木質プレハブ構法などが存在する。この中で、2×4 構法に用いられる枠組構造部材（以下、枠組材）は、SPF などに代表される外国産木材が主流である。しかしながら、外国産木材は、2021 年のいわゆるウッドショックに起因する価格の高騰や供給の不安定などが問題視されている。

一方、2010 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」が制定され、2021 年に「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」に改正された。この改正により、対象建物が公共建築物から建築物一般に拡大され、より一層の木材利用の促進が促されている。このような中、2023 年 6 月に林野庁が公表した森林・林業・木材産業の現状と課題によると、低層住宅における更なる国産材活用として、2×4 構法の枠組材は、国産材の活用が低位であり、国産材に関する技術開発・普及支援に取り組んでいると報告している^[2]。このことから、全国において国産木材の枠組材への適用を検討している状況である。国産木材を枠組材への適用の検討に関する既往研究によると、今井らは、2023 年にカラマツ大径材の大断面を活用した横架材利用を検討する中で、枠組材の寸法形式 210 の性能評価が報告されている^[3]。また、椎葉らは、2012 年にスギ枠組壁工法用製材の力学的性能と強度等級区分評価について、機械等級区分による方法が目視等級区分による方法よりも有効であると報告されている^[4]。

このように、国産木材の枠組材への適用を検討しているが、我が国の人工林の 44%を占めるスギ材の枠組材への適用を検討している事例は少なく、さらにスギ材を耐力壁に適用し、その強度性能を明らかにする事例は、ほとんど報告されていない。

そこで、本稿では、我が国に多く存在する国産スギ

材に着目し、宮城県産スギ材の 2×4 構法の耐力壁を構成し、その構造性能を明らかにすることを目的に、その評価を行ったので報告する。これにより、森林面積ベースで人工林の半分が成熟し、利用期を迎えている国産スギ材の需要拡大の一助となると考える。

2. 材料と方法

2.1 材料調査

2×4 構法の耐力壁を構成する枠組材には、主に寸法形式 204（以下、204 材）と寸法形式 206（以下、206 材）が用いられる。そこで、宮城県産スギ材（*Cryptomeria japonica* D.Don）の 204 材と 206 材について、曲げ強度性能ならびに圧縮強度性能の材料調査を行い、現在主流である SPF 材（*Spruce-Pine-Fir*）の基準強度^[6]と比較し、2×4 構法の耐力壁に活用可能かを判断することとした。

204 材において、調査対象のサンプル数は、120 本とし、宮城県登米市で伐採され、人工乾燥した宮城県産スギ材とした。その結果、表 1 に示すように日本農林規格に基づく圧縮試験^[5]では、宮城県産スギ材すべてにおいて、スギ材甲種 1 級・SPF 材甲種 1 級の基準強度^[6]を上回る値となった。このことから、宮城県産スギ材は、SPF の圧縮材と同様に、2×4 構法の圧縮材に活用可能だと考える。一方、曲げ試験^[5]では、材料によるばらつきが大きく、スギ材甲種 1 級の基準強度^[6]27.0 MPa を下回る材料もあった。そのため 204 材では、枠組材の中で圧縮力が作用するたて枠のみに宮城県産スギ材を使用することとした。

206 材において、調査対象のサンプル数は、237 本とし、宮城県登米市で伐採され、人工乾燥した宮城県産スギ材とした。その結果、表 1 に示すように日本農林規格に基づく圧縮試験ならびに曲げ試験^[5]では、宮城県産スギ材すべてにおいて、スギ材甲種 1 級・SPF 材甲種 1 級の基準強度^[6]を上回る値となった。このことから、206 材において宮城県産スギ材は、SPF 材と同様に、枠組材に活用可能だと考える。

上記、材料調査を受けて、図 1 に示すように耐力壁を構成し、その強度性能を明らかにすることとした。

^{*1} 近畿職業能力開発大学校建築施工システム技術科

^{*2} 株式会社 北洲

2.2 耐力壁概要

204材を用いた耐力壁は、枠組材すべてを SPF 材で構成した仕様（以下、204-SPF-ALL）ならびに枠組材たて枠に宮城県産スギ材を使用し、頭つなぎ、上枠ならびに下枠に SPF 材で構成した仕様（以下、204-CW-SPF）の2種類とし、各4体の計8体とした。枠組材に施す構造用合板には、910mm×2,440mm×9mmの宮城県産スギ構造用合板を使用した。また、耐力壁に用いた枠組材は、強度性能に影響を及ぼす密度のばらつきが最小となるように選抜したものをを用いた。調査した枠組材ならびに構造用合板の材料特性を表2に示し、各試験体に用いた材料特性を表3に示す。

206材を用いた耐力壁は、枠組材すべてを SPF 材で構成した仕様（以下、206-SPF-ALL）、たて枠に宮城県産スギ材を使用し、頭つなぎ、上枠ならびに下枠に SPF 材で構成した仕様（以下、206-CW-SPF）、すべての枠組材を宮城県産スギ材で構成した仕様（以下、206-CW-ALL）の3種類とし、各4体の計12体とした。枠組材に施す構造用合板には、910mm×2,440mm×9mmの北海道産カラマツ構造用合板を使用した。また、耐力壁に用いた枠組材は、204材と同様に選抜した。調査した枠組材ならびに構造用合板の材料特性を表4に示し、各試験体に用いた材料特性を表5に示す。

次に、枠組材相互は、204材を用いた耐力壁ならびに206材を用いた耐力壁ともに、枠組壁工法住宅工事仕様書⁷⁾に基づき、枠組材フレームを作製した。さらに、枠組材フレームと構造用合板との接合は、両耐力壁ともに、枠組壁工法住宅工事仕様書⁷⁾に基づく壁倍率3.0を想定し、釘（CN50）を用いて、外周部を@100mm、中間部を@200mmとし、日の字打ちとした。釘は、施工現場で一般的に用いられているくぎ打ち機（Makita 製 AN636H）を用いて行った。しかしながら、2019年に神谷らが、釘のめり込みが耐力に与える影響の調査を目的として、面材耐力壁の実大実験を行った結果、1mmを超えてめり込んだ場合、耐力は7割以下に低下すると報告している⁸⁾。このことから、両耐力壁において、枠組材フレームに施す構造用合板への釘のめり込み深さの許容範囲を1mm以内に設定した。今回設定した釘のめり込み深さの許容範囲内となるように、くぎ打ち機の空気圧を0.5～0.6MPaに調整し、最終的に手打ちで打ち込んだ。打ち込んだ釘のめり込み深さは、デプスゲージ（Mitutoyo 製 ミニデプス NTD35-M）を用いて計測した。その結果、釘のめり込み深さは、すべて許容範囲内であり、両耐力壁の平均値が0.22mm（±0.17mm）であった。

2.3 試験評価方法

試験は、枠組壁工法建築物構造計算指針⁹⁾に準拠し、図2に示す面内せん断試験をタイロッド式で行った。加力には、ハイブリッドアクチュエーター（巴技研製 容量：±100kN、ストローク：600mm）を図2に示すP部分に接続し行った。また、変位の計測は、図2に示す4カ所（Disp.1, Disp.2, Disp.3, Disp.4）とした。Disp.1は、ワイヤー式リニアエンコーダ（武藤工業製 DES-01）を使用し、標点距離Hは、2,535mmとした。また、Disp.2, Disp.3, Disp.4は、高感度変位計（東

表1 宮城県産スギ材の材料調査結果

	CW-1 ^[6]	SPF-1 ^[6]	204-Mi-CW	206-Mi-CW
n	—	—	120	237
σ_c [MPa]	21.6	18.0	36.3(16.3)	37.8(13.0)
σ_b [MPa]	27.0	22.2	48.3(28.2)	49.8(25.7)

注) n：サンプル数、 σ_c ：圧縮強度、 σ_b ：曲げ強度、CW-1：スギ材甲種1級^[6]、SPF-1：SPF材甲種1級^[6]、204-Mi-CW：宮城県産スギ204材、206-Mi-CW：宮城県産スギ206材、()内：変動係数(%)を示す。

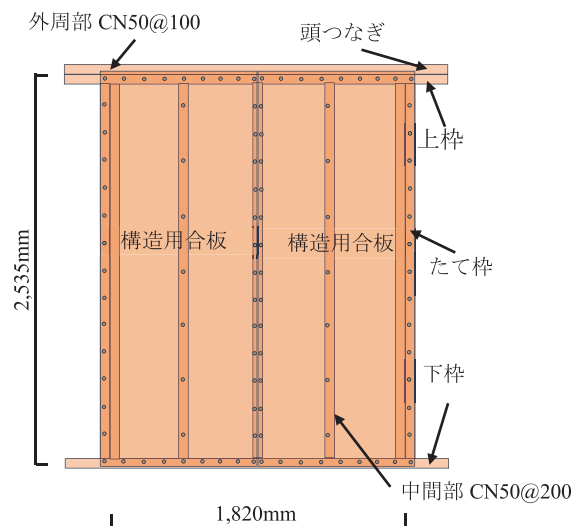


図1 耐力壁概要

表2 調査した204材の材料特性

	SPF材	204-Mi-CW	構造用合板
n	70	120	15
ρ [kg/m ³]	449(9.90)	414(11.1)	440(4.10)
E_{fr} [GPa]	11.6(14.6)	8.91(18.4)	—
MC [%]	14.3(19.7)	13.0(17.8)	—

注) n：サンプル数、 ρ ：密度、 E_{fr} ：動的ヤング係数、MC：含水率、204-Mi-CW：宮城県産スギ204材、()内：変動係数(%)を示す。

表3 204材耐力壁の材料特性

Type		No.1	No.2	No.3	No.4	Avg.	CV
204-SPF-ALL	$\frac{\rho}{[\text{kg/m}^3]}$	428	429	427	429	429	0.23
	$\frac{E_{\text{fr}}}{[\text{GPa}]}$	11.27	11.35	11.68	10.98	11.32	2.20
	$\frac{MC}{[\%]}$	13.3	13.4	13.3	13.3	13.3	0.47
204-CW-SPF	$\frac{\rho}{[\text{kg/m}^3]}$	421	423	423	424	423	0.24
	$\frac{E_{\text{fr}}}{[\text{GPa}]}$	8.95	8.51	8.78	9.02	8.82	2.23
	$\frac{MC}{[\%]}$	13.4	13.0	13.1	13.7	13.3	2.09

注) ρ ：密度、 E_{fr} ：動的ヤング係数、MC：含水率、Avg.：算術平均、CV：変動係数(%)を示す。

京測器研究所製 CDP-100) を使用し、標点距離 V は、1,820mm とした。また、試験の評価方法は、枠組壁工法建築物構造計算指針⁹⁾に準拠した。

3. 結果と考察

3.1 204材を用いた耐力壁

試験より得られた荷重変形角曲線から、枠組壁工法建築物構造計算指針⁹⁾に準拠し、包絡線を作成した。その代表的な包絡線を図3に示す。図3より、204-SPF-ALL と 204-CW-SPF とは、ほぼ同様の挙動を示していることが認められた。これより、たて枠材に宮城県産スギ材を用いた2×4構法の耐力壁は、従来から用いられている SPF 材を用いた2×4構法の耐力壁とほぼ同様の強度性能を有していると示唆される。また、両耐力壁とも、1/50rad.以降の包絡線は、最大耐力の点を超えてから1/15rad.に至るまで、耐力低下がほぼ見られないため、粘りのある性能を有しているといえる。

次に図3から評価した204材を用いた耐力壁の構造特性値を表6に示す。表6より、たて枠材に宮城県産スギ材を用いた2×4構法の耐力壁は、従来から用いられている SPF 材を用いた2×4構法の耐力壁と比較して、損傷限界時の評価値である降伏耐力で1.00倍、1/150 rad.時の耐力で、0.98倍となった。また、安全限界時の評価値である最大耐力、終局耐力ともに0.95倍となった。さらに、構造特性係数は、1.04倍となった。これらのことから、特性値においても両耐力壁は、ほぼ同様の性能を有していることが認められた。

最後に、短期基準せん断耐力を算出する際の4つの評価値において、すべての耐力壁において、特定変形角時耐力である1/150 rad.時の耐力で決定している。このことは、1/150 rad.よりも大きな変形で、降伏耐力に達することを示唆している。合わせて、損傷限界時に最大耐力の67%以上の強さを残して余力を残していることを示唆している。

以上のことから、たて枠材に宮城県産スギ材を用いた2×4構法の耐力壁は、従来から用いられている SPF 材を用いた2×4構法の耐力壁と比較して、挙動ならびに構造性能ともに、ほぼ同等の性能を有しており、宮城県産スギ材の2×4構法耐力壁は、有効であることが示唆された。

3.2 206材を用いた耐力壁

試験より得られた荷重-変形角曲線から、枠組壁工法建築物構造計算指針⁹⁾に準拠し包絡線を作成した。その代表的な包絡線を図4に示す。図4より、3種類の耐力壁は、ほぼ同様の挙動を示していることが認められた。これは、宮城県産スギ材を用いた2×4構法の耐力壁は、従来から用いられている SPF 材を用いた2×4構法の耐力壁とほぼ同様の強度性能を有していると示唆される。また、両耐力壁とも、1/50rad.以降の包絡線は、最大耐力を迎えてから1/15rad.に至るまで、耐力低下がほぼ見られないため、粘りのある性能を有しているといえる。

次に図4から評価した206材を用いた耐力壁の構造特性値を表7に示す。表7より、宮城県産スギ材を用いた2×4構法の耐力壁は、従来から用いられてい

表4 調査した206材の材料特性

	SPF 材	206-Mi-CW	構造用合板
n	60	237	30
ρ [kg/m ³]	441(8.70)	365(9.40)	570(5.20)
E_{fr} [GPa]	9.64(17.9)	8.43(17.7)	—
MC [%]	16.4(14.8)	12.9(17.6)	—

注) n: サンプル数, ρ : 密度, E_{fr} : 動的ヤング係数, MC: 含水率, 206-Mi-CW: 宮城県産スギ206材, ()内: 変動係数(%)を示す。

表5 206材耐力壁の材料特性

Type	No.1	No.2	No.3	No.4	Avg.	CV
206-SPF-ALL	ρ [kg/m ³]	421	420	420	420	5.85
	E_{fr} [GPa]	9.66	9.20	8.90	9.82	17.9
	MC [%]	14.6	15.7	15.0	15.7	3.15
206-CW-SPF	ρ [kg/m ³]	383	380	382	382	15.3
	E_{fr} [GPa]	9.91	10.22	9.02	9.41	15.1
	MC [%]	14.2	13.1	13.8	14.3	3.41
206-CW-ALL	ρ [kg/m ³]	372	375	371	374	3.01
	E_{fr} [GPa]	7.55	8.59	8.92	8.92	20.1
	MC [%]	13.3	13.4	13.5	13.3	0.59

注) ρ : 密度, E_{fr} : 動的ヤング係数, MC: 含水率, Avg.: 算術平均, CV: 変動係数(%)を示す。

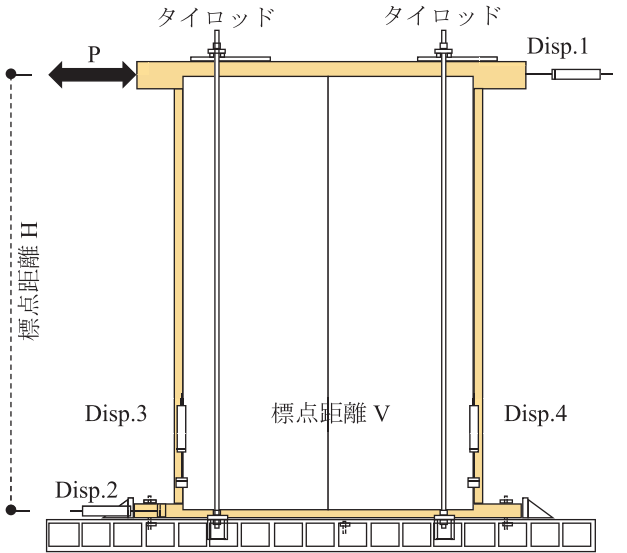


図2 耐力壁の面内せん断断試験 (タイロッド式)

る SPF 材を用いた2×4構法の耐力壁と比較して、損傷限界時の評価値である降伏耐力で1.08倍から1.13倍、1/150 rad.時の耐力で、0.95倍から1.13倍となった。また、安全限界時の評価値である最大耐力で1.03倍から1.14倍、終局耐力で1.03倍から1.11倍となった。さらに、構造特性係数は、0.91倍から1.02倍となった。

これらのことから、特性値においても両耐力壁は、ほぼ同様の性能を有していることが認められた。最後に、短期基準せん断耐力を算出する際の4つの評価値において、全耐力壁において、特定変形角時耐力である 1/150 rad.時の耐力で決定している。このことは、1/150 rad.よりも大きな変形で、降伏耐力に達することを示唆している。合わせて、損傷限界時に最大耐力の67%以上の強さを残していることを示唆している。

以上のことから、宮城県産スギ材の2×4構法耐力壁は、構造性能上有効であることが示唆された。

4. 結論

宮城県産スギ材を用いて2×4構法の耐力壁を構成し、その構造性能を明らかにし、評価した結果、以下の知見を得た。

- ・204材を用いた耐力壁ならびに206材を用いた耐力壁は、従来から用いられているSPF材を用いた2×4構法の耐力壁と同等の構造性能を有している。
- ・204材を用いた耐力壁ならびに206材を用いた耐力壁の短期基準せん断耐力は、特定変形角時耐力である1/150 rad.時の耐力で決定した。

以上より、宮城県産スギ材を用いた2×4構法の耐力壁を従来から一般的に用いられている2×4構法の耐力壁に用いることにより、利用期を迎えているスギ材の需要拡大が期待できる。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただきました、宮城県林業技術総合センター大西裕二主任研究員様、またご協力いただきましたすべての方々に深く感謝いたします。

文献

[1]国土交通省：2022年度建築着工統計調査 URL：https://www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku_list.html，参照：2023.9.4.

[2]林野庁：森林・林業・木材産業の現状と課題，pp.23，https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/genjo_kadai/attach/pdf/index-5.pdf，参照：2023.9.4.

[3] 今井信，白石昭夫：カラマツ大径材から作製した枠組壁工法構造用たて継ぎ材寸法形式210の性能評価（その1）曲げ強度性能とMSR等級，木材工業 Vol.78，No.6，pp.218-225，2023年6月。

[4] 椎葉 淳ほか・4名：スギ枠組壁工法用製材の力学的性能と強度等級区分評価：木材学会誌 58 (2)，pp.90-99，2012.

[5] 農林水産省：日本農林規格，JAS 0600，枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材。

[6] 平成12年5月31日建設省告示第1452号。

[7] 住宅金融支援機構：枠組壁工法住宅工事仕様書第II章，pp95-98，2019.

[8] 神谷文夫：合板張り構面における釘接合部のパンチングシア，Journal of Timber Engineering Vol.33 No.1，pp71-76，2020.3.

[9] 一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会：枠組壁工法建築物構造計算指針 第3章，pp225 - 261，2018.

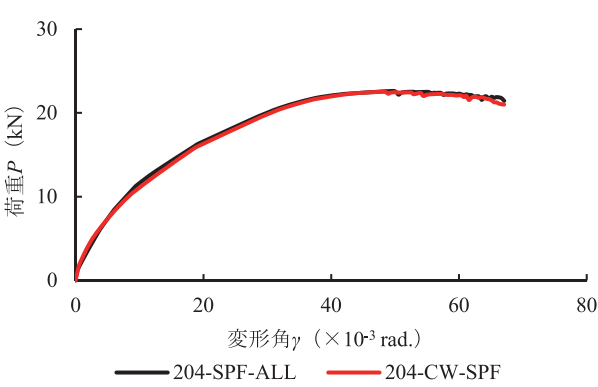


図3 204材を用いた耐力壁の代表的な包絡線

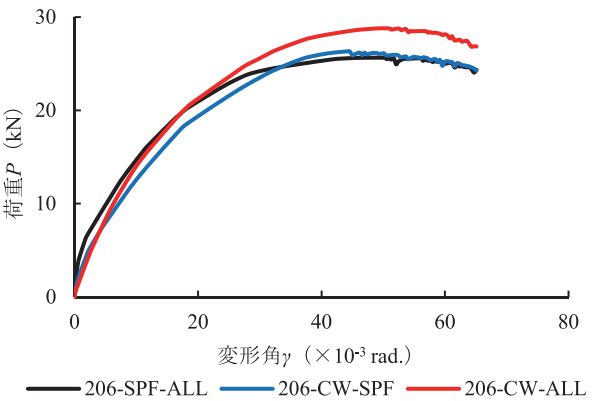


図4 206材を用いた耐力壁の代表的な包絡線

表6 204材を用いた耐力壁の構造特性値

	204-SPF-ALL	204-CW-SPF
n	4	4
P_{max} [kN]	23.38 (3.98)	22.27 (2.96)
P_y [kN]	12.14 (7.66)	12.23 (3.11)
$P_{1/150}$ [kN]	9.36 (4.81)	9.19 (2.39)
P_u [kN]	21.85 (4.35)	20.76 (3.52)
D_s	0.41 (7.32)	0.43 (2.33)
P_0 [kN]	9.13	9.02

注) n：耐力壁数， P_{max} ：最大耐力， P_y ：降伏耐力， $P_{1/150}$ ：1/150 rad.時の耐力， P_u ：終局耐力， D_s ：構造特性係数， P_0 ：短期基準せん断耐力，()内：変動係数 (%) を示す。

表7 206材を用いた耐力壁の構造特性値

	206-SPF-ALL	206-CW-SPF	206-CW-ALL
n	4	4	4
P_{max} [kN]	25.95 (4.86)	26.75 (9.05)	29.58 (3.35)
P_y [kN]	14.40 (1.04)	15.54 (11.2)	16.04 (3.37)
$P_{1/150}$ [kN]	9.36 (8.01)	8.86 (2.37)	10.59 (4.34)
P_u [kN]	24.35 (4.07)	25.14 (9.43)	26.98 (1.70)
D_s	0.44 (6.82)	0.45 (6.67)	0.39 (12.5)
P_0 [kN]	9.07	8.78	10.34

注) 略語は，表6を参照のこと。

(2023年9月28日提出)

文献調査に基づく土塗り壁の設計用せん断応力度—変形角関係の提案

宇都宮直樹^{*1}, 宮本慎宏^{*2}, 山田耕司^{*3}, 中尾方人^{*4}, 大橋好光^{*5}

伝統的木造建築物の限界耐力計算における土塗り壁の設計用復元力特性は、壁土の物理特性および壁のアスペクト比が影響することから、壁土の一軸圧縮試験を行い、壁のアスペクト比に応じた復元力特性を評価する必要がある。本報は全面塗りされた土塗り壁の静的載荷実験で壁土の一軸圧縮試験が実施された既往研究から、壁長さ 0.91m と 1.82m について、設計用の土塗り壁の壁土が負担するせん断応力度と変形角の関係を提案する。

Keywords : 文献調査, 伝統的木造建築物, 土塗り壁, せん断応力度, 変形角, 最大圧縮応力度.

1. 緒言

伝統的木造建築物の限界耐力計算において土塗り壁の設計用復元力特性は破壊モードに応じてマルチリニア形^{[1], [2], [3]}やバイリニア形^[4]の弾塑性モデルが示されている。土塗り壁の復元力特性は、壁土の物理特性および壁のアスペクト比が影響するため壁土の一軸圧縮試験を行い、壁のアスペクト比に応じた復元力特性を評価する必要がある。本報は全面塗りされた土塗り壁の静的載荷実験で壁土の一軸圧縮試験が実施された既往研究から、図1に示すような壁長さ 0.91m(以降, 1P試験体)と 1.82m(以降, 2P試験体)について、設計用の土塗り壁の壁土が負担するせん断応力度と変形角の関係を提案する。

2. 文献調査の概要

土塗り壁の構造性能把握のために様々な実験が行われている。各試験において貫の本数, 大入れまた通し貫等の納まり, 軸組仕口は短ホゾ, 長ホゾ, 引寄せ金物等の接合形式が異なっている。本研究は, 1938年～2022年の期間において, 全面塗りされた土塗り壁の静的載荷実験で壁土の一軸圧縮試験が実施された文献20編^{[1], [5]~[23]}から試験体101体を対象とした。表1に示すように貫本数, 土塗り壁の構成, 軸組の仕様で整理し, 荷重—変形角関係を破壊モードが異なる壁長さ 0.91m 程度と 1.82m 程度に分けて整理した。塗り層の構成は荒壁, 裏返し, 大直しは荒壁とし, 中付けは中塗りに分類して整理した。

1P試験体は文献[1], [6], [7], [9], [10], [13], [18], [21], [22]の27体であった。壁土産地は荒木田, 愛知, 京都, 香川であった。ここで, 4段貫仕様は最大荷重後の荷重低下が著しいことから対象外とした。土塗り壁の壁厚さは小舞下地を含み, 54～90mmであった。

2P試験体は文献[1], [5], [6], [8], [11]～[17], [19]～[23]の74体であった。壁土産地また種類は, 栃木, 荒木田, 福井, 愛知, 京都, 香川であった。土塗り壁の壁厚さは小舞下地を含み, 53～90mmであった。

荷重—変形角関係は, 文献に示された実験結果を画

像として扱い, 画像上のデータを数値化した。特定変形角を 1/1000rad, 1/600, 1/500, 1/450, 1/333.3, 1/300, 1/200, 1/150, 1/133.3, 1/120, 1/100, 1/75, 1/66.6, 1/60, 1/50, 1/40, 1/33.3, 1/30, 1/25, 1/20, 1/16.6, 1/15rad と定め, その時の荷重を求めた。実験の載荷履歴が異なる場合は, 既知の特定変形角前後の荷重値から線形補間して求めた。文献[1], [24]に基づき, 図2および表2に示す通し貫および軸組仕口の接合部(樹種: スギ)1箇所あたりの曲げモーメントの影響を除いて, 壁土が負担するせん断応力度(壁土の負担せん断力/貫幅を含む全壁厚, 以降, せん断応力度とする。)を算定した。柱と貫の接合部を大入れとした試験体は, 文献[4], [25]より通し貫の1/4の耐力と示されており, 耐力を減じて算定した。

壁土の一軸圧縮試験は, 幅高さ比または直径高さ比が 1:2 程度の藁スサ等が練り混ぜられた壁土の一軸圧縮試験とした。要素実験で得られた最大圧縮応力度を, 中塗と荒壁の壁厚さの比で重みづけをして合計し, 壁土の重みづけ壁土最大圧縮応力度 σ_u とした。

3. 調査結果

3.1 壁土の圧縮強度および重みづけ壁土最大圧縮応力度 図3に荒壁と中塗りの壁土の最大圧縮応力度 σ_{max} の分布を示す。荒壁は 0.22～0.96N/mm²の範囲に分布し, ばらつきが見られた。信頼水準75%の50%下限値は 0.52N/mm²である。中塗りもよるばらつきがあり, 0.39～1.00N/mm²であった。信頼水準75%の50%下限値は 0.71N/mm²である。ばらつきの要因として採取される地域によって粒度分布が異なり, 施工に適した軟度に水分量, 藁すき量, 砂量を調整したためと考えられる。各試験における荒壁の最大圧縮応力度に対する中塗りの最大圧縮応力度の比は, 中塗りに荒壁と同一の壁土を用いた場合を除き, 0.8～2.7倍, 平均で1.5倍であり, 中塗りが高い傾向を示していた。

重みづけ壁土最大圧縮応力度 σ_u の範囲と試験体数について, 1P試験体は 0.4N/mm²未満は無し, 0.4以上 0.6N/mm²未満は17体, 0.6N/mm²以上は10体であっ

^{*1} 近畿職業能力開発大学校 建築施工システム技術科 職業能力開発教授 博士(工学)

^{*2} 香川大学創造工学部創造工学科建築・都市環境コース 准教授 博士(工学)

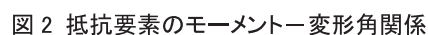
^{*3} 豊田工業高等専門学校建築学科 教授 博士(工学)

^{*4} 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院建築学教室 博士(工学)

^{*5} 東京都市大学 名誉教授 工博

1P 試験体は $1/60 \sim 1/25 \text{rad}$ ($16.7 \sim 40.0 \times 10^{-3}$) で最大せん断応力度 $\tau_{\max}$ となる試験体が 9 割程度である。最大せん断応力度に達した後の応力度低下は、緩やかである。最大せん断応力度 $\tau_{\max}$ は $0.050 \sim 0.189 \text{N/mm}^2$ であり、信頼水準 75% の 50% 下限値は 0.092N/mm^2 である。2P 試験体は $1/100 \sim 1/50 \text{rad}$ ($10.0 \sim 20.0 \times 10^{-3}$) で最大

重みづけ壁土最大圧縮応力度 σ_u の範囲と壁土のみが負担するせん断応力度変形角関係において、2P 試験体の重みづけ壁土最大圧縮応力度が 0.4N/mm^2 未満となるとせん断応力度も低下する傾向を示す。これは 2P 試験体の破壊モードが壁土のせん断破壊であることが要因と考えられる。一方、1P 試験体の破壊モードはせん断破壊が卓越しないため、重みづけ壁土最大応力度の



文献 番号	試験体名	横貫 本数	土壁の構成		柱頭・柱脚	柱・貫仕口	柱		縦貫 or 半柱	横架材		土台/足固め		横貫		小壁	間渡し	
			塗厚 (mm) ※()内は塗厚	産地 ※()内は体積比			樹種	寸法 (mm)	樹種	寸法 (mm)	樹種	寸法 (mm)	樹種	寸法 (mm)	樹種	寸法 (mm)	材料 寸法(mm)	材料 寸法(mm)
[1]	MWA-2	3	荒壁(30)、中塗(30)	京都	長ホソ/産シ90×30+カ シ角15込柱組み	大入れ貫+楔	スギ	120×120	スギ	18×105	スギ	120×210	足固:スギ 土台:ヒノキ	足固:150×120 土台:120×120	スギ	18×105	割竹 W20	間渡し W30
	MWD-2	3	荒壁(30)、中塗(30)				ヒノキ	120×120			ヒノキ	120×120						

單位:kN·m

単位: kN・m																						
抵抗要素	変形角 γ (rad)																					
	1/1000	1/600	1/500	1/450	1/333.3	1/300	1/200	1/150	1/133.3	1/120	1/100	1/75	1/66.6	1/60	1/50	1/40	1/33.3	1/30	1/25	1/20	1/16.6	1/15
長ホノ 込差差し	0.102	0.171	0.205	0.222	0.263	0.281	0.358	0.420	0.451	0.482	0.537	0.639	0.687	0.736	0.817	0.919	1.007	1.065	1.098	1.147	1.153	1.157
通し貫	0.015	0.026	0.031	0.034	0.046	0.051	0.058	0.065	0.068	0.072	0.078	0.092	0.103	0.113	0.133	0.156	0.179	0.195	0.225	0.271	0.317	0.348



— 19 —

範囲によって明確な違いがみられなかったと考えられる。

3.3 土塗り壁の壁土が負担する最大せん断応力度—重みづけ壁土最大圧縮応力度関係 図5に土塗り壁の最大せん断応力度 τ_{max} と重みづけ壁土最大圧縮応力度 σ_u の関係を示す。1P試験体は、重みづけ壁土最大圧縮応力度の増加に伴う、土塗り壁の最大せん断応力度の増加は見られない。これは3.2節で示したようにせん断破壊が卓越しないことが要因と考えられる。2P試験体は、壁土産地の地域差はあるが重みづけ壁土最大圧縮応力度の増加に伴う、土塗り壁の最大せん断応力度は増加する傾向を示す。

4. 統計処理に基づく設計用せん断応力度-変形角関係の提案値と適用範囲

図6に提案する1P試験体と2P試験体の設計用せん断応力度 τ と変形角 γ の関係、表3に各変形角における

設計用せん断応力度一覧を示す。文化庁の耐震診断指針におけるせん断応力度変形角関係³⁾も併せて示す。包絡線の提案値は図4に示した試験体の各変形角のせん断応力度について統計処理を行い、信頼水準75%の50%下限値に表2に示す低減係数を乗じたものである。提案値は1/120rad(8.3×10^{-3})、1/30rad(33.3×10^{-3})において、信頼水準75%の50%下限値に低減係数を乗じた値より上の範囲に、7割以上の試験体が含まれるように設定した。低減係数は変形角に関係なく一定値とし、1P試験体、2P試験体ともに0.85とした。

提案する1P試験体の設計用せん断応力度—変形角関係は、1/60rad(16.7×10^{-3})で最大せん断応力度に近い値に達し、1/33.3rad(30.0×10^{-3})で最大せん断応力度0.079N/mm²を示す。最大せん断応力度以降はせん断応力度が緩やかに低下する。1/120radと1/30radにおいて設計用せん断応力度の提案値を満たす土塗り壁の壁厚さは54mm以上であった。2P試験体は、1/100rad(10.0×10^{-3})で最大せん断応力度に近い値に達し、

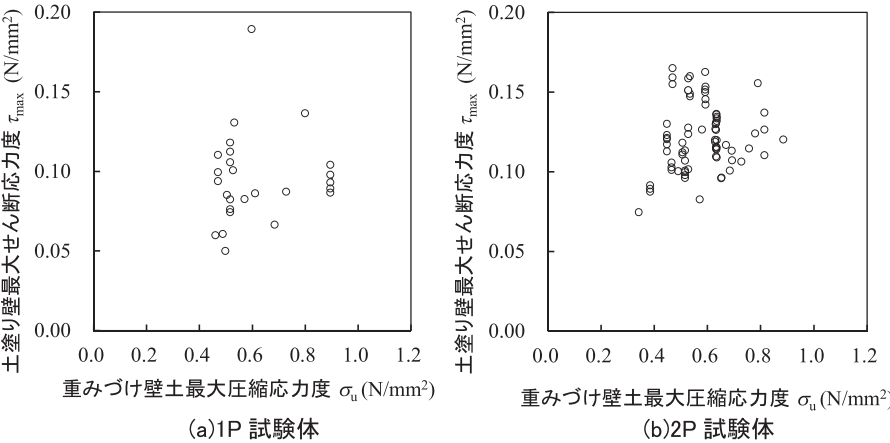


図5 壁土が負担する最大せん断応力度—重みづけ壁土最大圧縮応力度関係

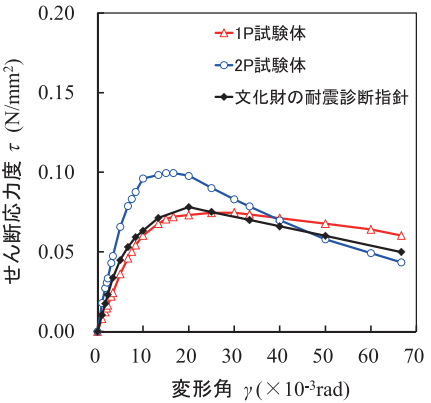


図6 土塗り壁せん断応力度—変形角関係

表3 各変形角における設計用せん断応力度一覧

耐力壁種類	変形角 γ (rad)														
	1/1000	1/600	1/450	1/300	1/200	1/150	1/120	1/100	1/75	1/50	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
1P	0.008	0.013	0.017	0.026	0.038	0.049	0.057	0.064	0.072	0.078	0.079	0.078	0.075	0.072	0.064
2P	0.018	0.027	0.033	0.047	0.066	0.079	0.088	0.096	0.098	0.098	0.090	0.079	0.070	0.058	0.044
文化財の耐震診断指針	0.011	0.018	0.023	0.034	0.045	0.053	0.059	0.063	0.071	0.078	0.075	0.070	0.066	0.060	0.050

単位: N/mm²

表4 特定変形角における提案値を満たす試験体割合

試験体	1P		2P	
	1/120	1/30	1/120	1/30
特定変形角(rad)	1/120	1/30	1/120	1/30
50%下限値	56%	52%	67%	41%
50%下限値×低減係数0.95	70%	67%	77%	50%
50%下限値×低減係数0.90	70%	67%	84%	63%
〃 × 〃 0.85	74%	70%	89%	74%
〃 × 〃 0.80	78%	78%	91%	81%
〃 × 〃 0.75	78%	85%	93%	94%

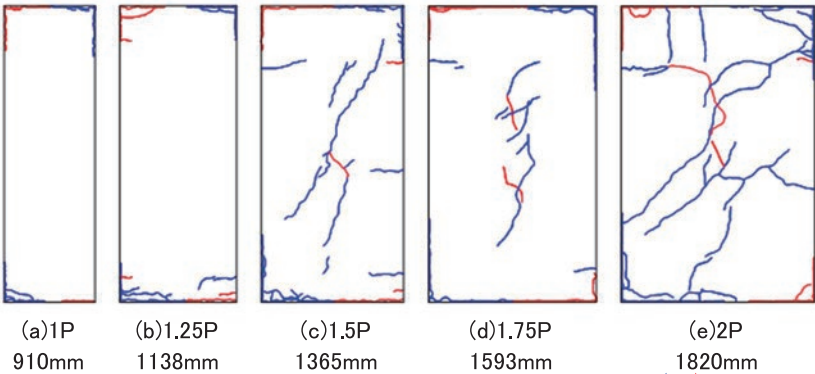


図7 1/10rad時のひび割れ図¹⁸⁾ 加力方向に生じたひび割れ

1/66.6rad(15.0×10^{-3})で最大せん断応力度 0.100N/mm²を示す. 1/50rad(20.0×10^{-3})程度まで最大とほぼ同じせん断応力度を保ち, 1/50rad以降はせん断応力度が著しく低下する. 1/120radと1/30radにおいて設計用せん断応力度の提案値を満たす土塗り壁の壁厚さは53mm以上であった.

設計用せん断応力度の適用にあたり, 土塗り壁の壁厚さは, 1/120radと1/30radにおいて設計用せん断応力度の提案値を満たす54mm以上が望ましい. 壁土の最大圧縮応力度はばらつきがあり, 重みづけ壁土最大圧縮応力度 0.4N/mm²未満の土塗り壁の知見が少ないことから, 重みづけ壁土圧縮応力度 0.4N/mm²以上²⁶⁾を確認する必要がある. また, この結果は貫および柱ほぞの耐力を考慮していないため, これらも考慮して適切に評価する必要がある.

土塗り壁の破壊モードは, 1.5P以上になるとせん断破壊する変形角が小さくなり, 図7に示すようにせん断破壊によるひび割れが見られる^{13), 18)}. よって, 壁長さ1365mm以上の土塗り壁のせん断応力度を算定する場合は2P試験体の数値を用いて評価を行うこととした. また, 文献24)で荒壁と中塗りの壁土の強度差が大きい場合(壁土の最大圧縮応力度が荒壁で0.54N/mm², 中塗りで0.94~1.45N/mm²)は, 壁土の層間剥離することが確認されており, 要素実験を行い, 壁土の最大圧縮応力度と破壊モードの両方を確認することが重要である.

5. まとめ

本研究は, 全面塗りされた土塗り壁の静的載荷実験で壁土の一軸圧縮試験が実施された文献から, 1Pと2P試験体の壁土の設計用せん断応力度-変形角の提案を行った. 土塗り壁の壁厚さの適用範囲は1/120radと1/30radにおいて設計用せん断応力度の提案値を満たす54mm以上が望ましい. 壁長さ1365mm(1.5P)以上の場合は2P試験体のせん断応力度-変形角関係の値を用いるとよい.

謝辞

本研究をまとめるにあたり, 京都工芸繊維大学 村本真 准教授, 国士舘大学 横内基 准教授に実験データの提供を頂いた. ここに記して謝意を表す.

参考文献

- [1] 特定非営利活動法人緑の列島ネットワーク: 伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会, 平成24年度事業報告書・設計法案-標準設計法案, http://green-arch.or.jp/dentoh/pdf/dentoh_h24_sekkeihou_1.pdf, pp.9-11, dentoh_h24_3.pdf, pp.879-932, 2012, (2023.05.09 参照)
- [2] 日本建築学会: 限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説, pp.60-61, 2013
- [3] 文化庁: 重要文化財(建造物)耐震診断指針, 重要文化財(建造物)耐震基礎診断実施要領(平成24年6月12日改正), http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/hogofukyu/taishin_shishin.html, (2023.05.09 参照)
- [4] 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会: 伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル, p.80, p.83, 学芸出版社, 2004
- [5] 中尾方人, 山崎裕, 田中純: 土塗り壁のせん断力の評価に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.49B, pp.573-578, 2003.03
- [6] 河合俊信, 中尾方人, 山崎裕: 塗り壁の耐力および変形性能の推定に関する実験的研究(その7 深草土の場合) 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1, 構造 III, pp.361-362, 2005.09
- [7] 中尾方人, 一文字里紗, 山崎裕, 石橋庸子: 土塗り壁のせん断抵抗機構およびせん断力の評価法に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第598号, pp.109-116, 2005.12
- [8] 宇都宮直樹: 香川県の壁土による土塗壁の実大面内せん断試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.485-486, 2007.08
- [9] 山田耕司: 壁土強度のばらつきの土壁耐力への影響, 日本建築学会構造系論文集, 第620号, pp.87-92, 2007.10
- [10] 佐藤ひろゆき, 嶋瀬裕之, 森迫清貴: 京土壁の耐力評価のための繰返し載荷実験, 構造工学論文集, Vol.54B, pp.157-164, 2008.03
- [11] 山田耕司: 数値解析による土壁・小壁の耐力発現機構の解明と実験による仮設の検証, 課題番号18560571, 平成18年~平成19年度科学研究費補助金 基盤研究 C(2) 研究成果報告書
- [12] 宇都宮直樹, 高橋繁二: 土塗壁における中塗厚さ・半柱・間柱・廻り縁・畳寄せによる構造的な影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.485-486, 2008.09
- [13] 岡本滋史, 村上雅英, 稲山正弘: 破壊モードの異なる2種類の土壁の包絡線から任意壁長の土壁の包絡線を推定する方法とその検証, 日本建築学会構造系論文集, 第639号, pp.881-888, 2009.05
- [14] 宇都宮直樹, 宮本慎宏, 山中稔, 松島学, 大橋好光: 下地構成材の仕様が土塗壁の耐震性能に及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol.58B, pp.287-292, 2010.03
- [15] 中尾裕典, 今西達也, 完山利行, 大西泰弘, 宇都宮直樹: 小舞下地の仕様の違いが土塗壁の耐力に及ぼす影響について その1 試験体の概要, その2 面内せん断試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.347-350, 2010.09
- [16] 辻岡静雄, 永野康行, 国京克巳: 福井の塗壁木造軸組の耐震性能, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.99-100, 2012.09
- [17] 宇都宮直樹, 宮本慎宏, 山中稔, 松島学: 土質力学に基づく土塗壁の耐力変形推定式の提案 -壁土のせん断破壊が卓越する場合-, 日本建築学会構造系論文集, 第684号, pp.363-368, 2013.02
- [18] 小林正幸, 越智隆行, 宇都宮直樹, 宮本慎宏, 山中稔, 松島学: 壁土の曲げ破壊が卓越する土塗壁の耐力変形推定式の提案 その1 実大実験, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.103-104, 2014.09
- [19] 宮本慎宏, 宇都宮直樹, 高橋繁二, 山中稔, 松島学: 各層壁土の材料特性を考慮した土塗壁の耐力変形関係の推定, 日本建築学会技術報告集, 第20巻, 第46号, pp.939-943, 2014.10
- [20] 野村佳亮, 横内基, 國分直輝, 大橋好光, 財津拓三, 御田村真毅: 歴史的町並みの地震防災対策に関する研究 その2 土塗壁(木造民家真壁タイプ)の実験方法

- および耐力評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.463-464, 2013.08
- [21] 平田良, 午來嵩顕, 村本真, 森迫清貴: 製作した左官が異なる京土壁の繰り返し载荷実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.318-319, 2015.09
- [22] 藤本ゆかり, 牛谷和弥, 村本真, 森迫清貴: 京土壁の性能における左官技能の経験差, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.485-486, 2016.08
- [23] 越智隆行, 宇都宮直樹, 宮本慎宏: 壁土の配合が土塗壁の耐震性能に及ぼす影響 その2 実大実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.563-564, 2020.09
- [24] 中尾方人, 山崎裕: 壁土の材料試験に基づく土塗り壁の最大せん断応力度の変動幅の推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 649 号, pp.601-607, 2010.03
- [25] 村上秀夫, 井川望, 小堀徹, 檜原健一, 坂本功: 伝統的木造建築物における継手部の構造実験その1 仕口形状および材種の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.91-92, 2001.9
- [26] 日本住宅・木材技術センター: 土塗壁・面格子壁・落とし込み板壁の壁倍率に係る技術解説書, p.25, 2004.02
(2023 年 6 月 7 日提出)

開発課題実習「自走型工程間搬送システムの開発」における安全指導の実践報告

大山 有利^{*1}, 中島 英一^{*2}, 江口藤良^{*3}

職業能力開発大学校応用課程の実習科目「開発課題実習」における課題「自走型工程間搬送システムの開発」を指導した際、実習初期に電気安全の確保が懸念された。そこで、改めて電気安全についての検討を重ねた上で指導を行った。実際に大規模な製品開発を行う際に要した電気安全に関する指導は多岐にわたり、その中心となったのは JIS B 9700:2013 の 3 ステップメソッドにおける「安全防護」のための検討と設計である。設計開発のプロセスにおいて、リスクの評価を行った上で、既存製品技術や一般知識の再確認、法令の確認、及び、各種材料の調査・選定を行い、人間工学的な要件にしたがって設計を進めた。これらの安全設計に際して必要となった学生支援の内容について報告する。安全設計という観点から「危険を積極的に予測して安全を確保する」という思考を根付かせるように導くという安全指導のアプローチは、開発課題実習のよう設計開発のプロセスを含む大規模な訓練によってのみ実現可能である。

Keywords : 開発課題実習, 電気安全, 3 ステップメソッド, 安全防護.

1. はじめに

2023 年 8 月現在、近畿職業能力開発大学校の応用課程生産システム技術系においては、総訓練時間のべ 972 時間に及ぶ長期間の実習科目である「開発課題実習」(以下「開発課題」という)が課されている。開発課題実習には設計開発のプロセスが含まれており、安全設計という観点での指導も重要である。開発課題実習のように大規模な訓練において安全に対する意識を長期間維持・徹底させることは容易ではないが、設計段階で安全に対する意識を定着させることで「危険を予測して回避する」という思考が身に付くことが期待される。

本稿では、製品構想段階で電気安全に関する指摘が多数あった一つの開発課題を事例として取上げ、実際に大規模な製品開発を進める際に行った電気安全に関する指導について報告する。取上げる事例は、近畿職業能力開発大学校の 2022 年度開発課題の一つである「自走型工程間搬送システムの開発」(以下「本課題」という)である。特に、安全設計に関連して必要となった学生に対する支援の内容について紹介し、今後の類似した製品開発課題における電気安全確保の参考となると考えられる情報を提供する。

2. 事例とする開発課題のテーマについて

2.1 開発課題の概要 はじめに本課題において開発した製品の概要について説明する。

近畿職業能力開発大学校においては開発課題のテーマを企業から提供いただいている。本課題も、工場内生産設備を主力製品とする企業から、低廉なワーク搬送システムの実現要望を受けて製品開発を行うものである。開発した製品は、ユーザが工場内で任意に配置した工程の間でワークを水平搬送するシステムで、農

業機械としてよく知られた跨座式の単軌条運搬機と類似した装置である。農業用の単軌条運搬機は農業資材や農産物を運搬する基幹的作業機として広く利用されているモノレール型の運搬機であり、地表面近くに設置した軽量形鋼をレールとし、これに跨座して走行する。農業機械においては動力としてエンジンを用いた比較的大型のものが多く、本課題では小型化ならびに電子制御化を施し、FA 生産ラインでの利用に適した設計を目指した。

本課題における開発対象は、「レールシステム」と「ワークを搬送する自走型車輈(以下「自走型車輈」という)」および「自動制御システム」となっている。以下にこれらの概要を説明する。

まず、レールシステムは、低廉な市販アルミフレームを転用した幅 30mm、高さ 90mm のレールを、適切な地上高に設置して構成する。多様なレイアウトを実現しやすいように、1000mm や 500mm などいくつかの標準的長さを定めた直線レールのほか、それらに整合するカーブレール等を、図 1 に示すように適宜組合せて使用する。レールの両側面には自走型車輈への給電に用いる低压接触電線を備える。給電部についての詳細は後述する。

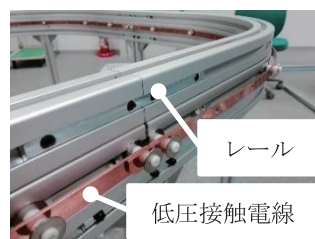


図 1 レールシステムの
外観(防護カバーなし)

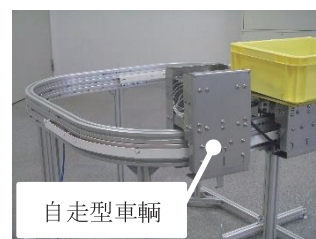


図 2 自走型車輈

^{*1} 近畿職業能力開発大学校生産電子情報システム技術科

^{*2} 近畿職業能力開発大学校生産電気システム技術科

^{*3} 近畿職業能力開発大学校生産機械システム技術科

自走型車輛は、図 2 のようにレールに跨座し、レール上面を転がるゴム製駆動輪によって走行する。その際、レールを左右から抱えるように配置したガイド輪により、レールに沿って移動する。本課題で使用した走行用モータの定格出力は 60W である。レールに備えた低圧接触電線から供給する電源電圧は直流 30V で、この時のモータ定格電流は約 2.7A となっている。最大使用電圧 30V でかつ最大使用電流 3A 以下であるから、単体ではいわゆる小勢力回路である。

最後に、自動制御システムは、いくつかの操作盤や自走型車輛にマイクロコントローラを搭載し、全体を制御するコンピュータと通信ネットワークを有する。また、漏電ブレーカ等の一般的な保護回路や主電源回路も備えているが、詳細は割愛する。

2.2 自走型車輛への電力供給 自走型車輛の動力源には速度制御性に優れてエネルギー効率も良いブラシレスモータを採用しており、モータ本体のほかに専用モータドライバーやマイクロコントローラなどの制御回路も併せて搭載している。自走型車輛ではこれらへの電力の安定供給が欠かせない。

自走型車輛への電力供給については、二次電池による供給が一つの有力な案である。充電式であれば、自走型車輛へ常時給電するための設備機器が不要になってレールシステムや自走型車輛の構造が単純化できるなどの利点がある。非接触式充電または接触式充電が考えられるが、非接触式充電は一般に電流量が限られて充電時間が相対的に長くなるため検討対象から除外した。接触式充電についても、長時間の連続稼働を求めれば相応に大きな充電容量が必要であり、充電時間もそれに応じて長くなる。本課題では、顧客要望として昼夜連続稼働の要望があり、複数台による交代運転採用などの制約なしには適用困難であると考えられた。さらに、安全面から考えても、近年の二次電池は小型化により体積当たりのエネルギー密度が高まって発火リスクが増大しており、かつ、高度な充電管理技術も必要になっている。また、二次電池の種類によっては薄膜材料などが使われ、落下や衝撃に細心の注意が必要なものもある。これらは、外部短絡せずとも、外部衝撃による内部構造破壊、セパレータ不良、不純物混入、金属析出などにより内部短絡が起こる可能性が指摘されている。以上のことから、安全性への配慮を重視し、開発初年度の二次電池採用は見送った。

二次電池を使用しないことから、運転中は常時電力を給電し続ける必要が生じ、電力供給が最重要課題となった。移動体への給電方法としては、無線送電技術なども研究されているが現時点で実用的であるとは言いがたく、コストや使用範囲を考慮してカーボンブラシを集電子とする接触給電方式を採用した。

2.3 給電部の構造 レールから自走型車輛への給電部の基本構造については、本課題の構想発表段階において電気に関する安全性を懸念する指摘が少なからず寄せられた。以下にその構造について説明する。

図 3 にレールの垂直断面および自走型車輛の給電部を示す。レールの両側に備えた低圧接触電線には、銅製のフラットバーを使用している。初期の構想においては下側カバーがない構造であったが、製品では追加

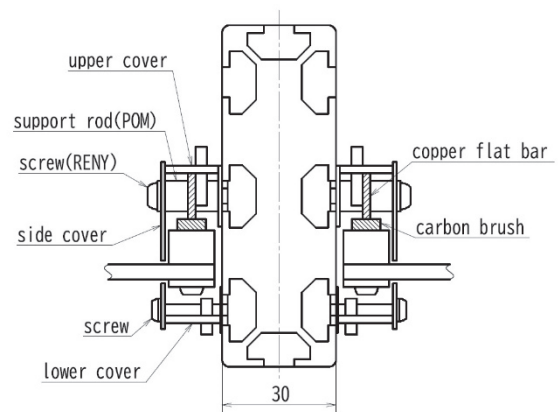


図 3 レールの垂直断面および自走型車輛の給電部

されている。低圧接触電線には前出のモータ本体の電流に加えて制御回路用の電流が流れる。本課題では、複数台の自走型車輛が同時走行する場合に備えて 6A 以上の電流が流れることを想定している。

図 3 に併せて示すように、この低圧接触電線に接触するカーボンブラシを自走型車輛側の左右両脚部内側に備えている。入手可能な市販の焼結銅合金製カーボンブラシはいずれも 10A を優に超える大電流用であり、寸法的にも大きな製品しかなかった。これらは自走型車輛の小型化に不利である上、小さな半径のレールを走行することも困難であることが明らかであった。そこで、入手が容易で低廉な市販の電動工具用カーボンブラシを自走型車輛に転用した。

一般に、カーボンブラシは、機械的摩耗などが生じ、表面状態や低圧接触電線に対する接触面積も常に変化する。単純な計算で接触抵抗を算定することは困難である[1]。さらに機械的な接触そのものが極めて不安定であり、瞬間的な停電によって制御回路がコントロールを失う可能性がある。電源の瞬断は、誘導負荷によるサージ電圧を生じ、場合によっては機器が破損する原因にもなる。特に、自走型車輛がカーブレールやレールの継ぎ目を通過する際の、上下左右への車体の揺れや振動は致命的になる。このため、カーボンブラシが低圧接触電線に追従するための構造は大変重要であるが、加工や組立の精度の問題から実現していない。そのほかの対策として、車体の前後複数位置にカーボンブラシを配置しての集電やキャパシタによる電源平滑化など、なるべく制御回路の電源を維持する工夫がなされている。

3. 製品設計における安全性確保

3.1 電気安全に関するリスク評価 製品設計上の安全性確保は必須である。本課題の製品は規模が大きく、安全性確保のために注意すべき点多岐にわたるが、本課題では製品構想段階においてとりわけ電気安全性を懸念する指摘が多数あった。そこで、電気安全に関するリスク評価により問題点抽出を行った上で、改めて設計上の検討を重ね、指導を行うこととした。

ここでは、安全上最も注目された給電システムを中心に説明する。安全上最も懸念されたのは露出充電部である。製品設計においては JIS B 9700:2013「機械類の安全性—設計のための一般原則—リスクアセスメ

ント及びリスク低減」にある 3 ステップメソッドの第 1 ステップ「本質的安全設計方策」[2]にしたがってリスクの低減を図ることが望まれるが、本課題製品の露出充電部はその性質上本質的安全設計が困難である。したがって、第 2 ステップ「安全防護及び付加保護方策(以下「安全防護等」という)」を講じる必要がある。

3.2 身近な製品の安全性 電気安全に関する知識がなくても通常安全に使えると考えられている製品がある。安全防護等について述べる前に、身近な製品を 3 例挙げて、その安全性について言及しておく。

【例 1】鉄道模型：鉄道模型の多くは最小 6.5mm の軌間で並べられた 2 本のレール間に直流または交流 0～±12V 程度の電源を供給する。最大電流について特に定められたものはないが、模型用の小型モータであっても 1A 程度の電流が流れる可能性は十分にある。玩具においては使用者が電気安全に熟知している保証はなく、その上でこの仕様が長らく採用されてきたという実績から考えて、一般的に「安全である」とみなされていると考えてよいであろう。レールは充電部である金属が露出しており、手で触れることも容易である。筆者は本課題の開発初期において著しい危険を認識していなかったが、それはこのような例に基づく先入観によるところが大きいと考えられる。しかし、安全性に関しては、実システムにおける具体的かつ合理的な検討が必要であることは言うまでもない。

【例 2】パソコンなどの AC アダプター：出力電圧 18V 程度までの製品が多い。現時点での標準的なパソコン用の製品であれば 45～65W 程度、出力の大きなものであれば 120W を超えるものもある。もちろん、これらの機器は極端に大きな電流が流れないように短絡保護回路などが内蔵されていることもある。しかし、負荷が人体等であるかどうかを検知することは困難であるし、自走型車輛の走行時電流より大きな電流を流せる能力をもつ製品は数多い。

【例 3】電池：正極に二酸化マンガン等を用いた乾電池は公称電圧が 1.5V と低いだけでなく、小さな抵抗負荷を接続すれば内部抵抗により出力電圧がさらに降下するため、大きな電流は流れにくい。このことで、しばしば電池全般が安全であるという誤解がある。しかし、内部抵抗が比較的大きいこれらの電池に比べ、ニッケル水素充電電池などの内部抵抗は小さく、小さな抵抗負荷を接続すれば相応に大きな電流が流れる。よって、たとえ公称電圧が低くても、直列接続あるいは積層により高電圧大電流の電源となりうる。リチウムイオン充電電池なども、過電流保護回路なしで利用すれば極めて大きな短絡電流が流れる可能性があり、大変危険であることが知られている[3]。

これらの製品が一般に安全とされるのは、リスクレベルが「Broadly Acceptable Region」と称される領域にあり、残留リスクはゼロではないが許容できるリスクに抑えられているということである。そして、これらの製品が安全に使えるのは、その使用条件に依存していると考えられる。例えば、鉄道模型のレールに電圧が印加されるのは多くの場合車輛を走行させている間だけであり、それと同時にレールに濡れた手指を置くことは通常考えにくい。電池の場合も使用機器に収納

した状態でなければ直列接続にならない。また、いずれも正負電極間の距離が大変短く、万一感電しても、手指に最小感知電流程度の微小表皮電流が流れた瞬間に離脱行動が起きると考えられる。

3.3 一般的な安全知識 安全についての知識は職業訓練において常々重要視されている内容であり、ここで殊更強調するまでもないが、それを敢えて採り上げるのは、普段の意識の中では希薄になりがちなものであることを強調するためである。応用課程における「安全衛生管理実習」なる科目は他の実習科目に包含されてしまっており、専ら安全を学ぶ時間を確保できていない大学校は少なくない。各実習科目には多くの訓練内容が詰め込まれており、その消化に時間を割かれて安全教育が不十分になる可能性がある。

さて、電気に関わる災害としては、感電、火傷、火災あるいは爆発などがあり、このうち感電が最も多く発生している[4]。感電の発生有無や危険度は人体の電気抵抗に左右される。人体の電気抵抗は、個人差や測定条件によって大きく変わるので、確定的な値を示すことは難しいが、人体内部の電気抵抗は 500Ω 程度とされる。また、皮膚の電気抵抗は乾燥状態で 5～10kΩ 程度だが水に濡れていれば体内と同程度まで低下するともいわれる。ワーストケースを想定して人体の電気抵抗を 500Ω [5]とすれば、計算上はわずか 5V の印加電圧で離脱の限界である 10mA に達する。すなわち、前節で挙げた身近な製品も使用条件次第では必ずしも安全でない。一方、使用電圧 30V で 6A 以上の電流を扱う本課題の製品においても、適切な安全防護等を施しリスクを「ALARP(As Low As Reasonably Practicable) Region」に抑えることができれば安全な運用が可能であると判断できる。そのためには、現在の技術レベルを考慮して可能な限りのリスクの低減が求められるが、具体的な方策については次節以降で明らかにする。

3.4 関係法令の遵守 電気関連の法令は安全確保を目的としたものが多く、関係法令を遵守していれば相応の安全性は確保されると考えられる。電気関連の設備基準としてよく知られた法令に「電気設備に関する技術基準を定める省令(平成 9 年通商産業省令第 52 号。以下「省令」という。)」がある。この省令に基づき、具体的に実用技術基準を示したものが経済産業省の「電気設備の技術基準の解釈」(以下「電技解釈」という。)であり、さらに説明を加えた「電気設備の技術基準の解釈の解説」(以下「電技解釈解説」という。)とともに、安全上遵守すべき技術基準が細かく規定されている。

まず、これらによれば、裸電線の使用は原則禁止されている(省令第 57 条第 2 項、電技解釈第 144 条)が、低圧接触電線や遊戯用小型電車の規定により施設する場合は、これらが本来裸電線を使用する工事方法なので特例として適用除外とされている。さらに、低圧接触電線の施設についての規定(電技解釈第 173 条第 1 項)においても、走行クレーンやモノレールホイストなどの「機械器具に施設する場合の低圧接触電線」を、一般の造営材に固定して施設する接触電線とは区別して扱っている。その上で、電技解釈第 173 条第 7 項において機械器具に施設する低圧接触電線についての規

定があるが、これらは機械器具の機能上の必要性から一律の規制を設けないことになっており、結局、直接的な規制はほぼないのが現状である。しかし、裸電線を使用した際の、感電の危険、アーク発生による断線や火災等の危険は指摘されている(電技解釈解説、第173条)ことから、何らかの方法で十分な安全を確保する必要がある。

以上のことから、本課題においては、電技解釈第173条の各項など類似の規定を必要に応じて準用し、安全を確保することとした。具体的には、

- (1) 低圧接触電線を常時点検できること
 - (2) 絶縁トロリー線(低圧接触電線的一种)は人が容易に触れるおそれがないように施設すること
 - (3) 人が充電部分に触れることが避けられない場合の使用電圧は直流 30V 以下とする(人が充電部分に触れるおそれがない場合は 60V 以下)
 - (4) 集電装置が通る開口部を下向きに施設(塵埃等による接触不良や絶縁低下防止)
 - (5) 適切な接地を施す
- などの独自の設計指針を設けた。

3.5 電気絶縁性材料 前節で述べたように、本課題の製品の安全防護は、人体が充電部に触れない設計とすることによる。よって、防護カバーに用いる材料の選定は重要である。金属製の防護カバーは接触による短絡や漏電のリスクが高く、より電気絶縁性の高い樹脂製カバー等が好ましい。しかし、樹脂材料の選定については、現行カリキュラムの中で学生が十分な知識を獲得することは困難であり、指導員が指示する必要があった。

樹脂材料に関しては、職業訓練現場での実習特有の問題もある。量産製品であれば樹脂成形品を用いて最適形状を目指した設計が可能であるが、職業訓練現場での実習課題で同様の樹脂成形を行うには 3D プリンターを用いる手法等しかない。本課題の場合は、一般的な 3D プリンターで成形できる寸法よりも細長い防護カバーが多数必要であり、3D プリンターによる製作は時間的に困難であった。このため、絶縁性の良好な薄板材料の組合せにより防護カバーを製作したが、レールの曲線部分の側面を覆うために可とう性や適度な弾性をもつ薄板材料が必要であった。

また、前述の電気に関わる災害としては、火傷、火災あるいは爆発などがあり、それらは抵抗熱、スパーク、漏電、静電気などに起因する。通電中の低圧接触電線を集電ブラシが摺動する際のスパークに対しては耐アーク性が求められ、火災の原因となる静電気放電[6]に対しては非帯電性が求められる。開発初期に防護カバーに採用していたポリ塩化ビニル樹脂は、電気絶縁性が良好な難燃材料であるが、耐アーク性は高いといえず、かつ、帯電防止剤コートなどを施さなければ静電気を帯びやすい。

以上の諸条件を踏まえ、本課題参加学生に対して新たな材料候補としてバルカナイズドファイバー[7]の使用を提案した。バルカナイズドファイバーは、紙パルプなどの原材料を薬品処理してセルロースナノファイバー化し、それを圧縮して作られるシート状あるいはロール状の材料である。バルカナイズドファイバー

表1 バルカナイズドファイバーの主要特性(参考値)

バルカナイズドファイバー (厚さ 1.0mm)		比較特性値(樹脂)	
		ABS	PVC
引張強度[MPa]	110～140	32～58	35～63
耐アーク性[sec]	120～140	71～87	60～80
圧縮強度[MPa]	180～240	15～83	56～91

(北越東洋ファイバー株式会社ホームページより抜粋)

の主要特性を表1に示す。汎用的な樹脂に匹敵する強度と耐久性を有する電気絶縁材料であり、加工性も良好である。本課題では、その可とう性に加えて、耐アーク性の高さも安全性を高める上で適していた。バルカナイズドファイバーの歴史は古く、1850年代にはイギリスで発明されており、国内でも1930年代から製造されてきたが、近年、セルロースナノファイバーの研究が進み、セルロースのナノファイバーとマイクロファイバーが融合したオールセルロース材料として再評価されている。バルカナイズドファイバーの原料はすべて植物由来で生分解性があることから、海洋汚染問題を引き起こす樹脂に代わる次世代材料としても期待されている。職業訓練においてこうしたSDGs(Sustainable Development Goals)対応の材料選定について指導することは、短期的な安全性の確保にとどまらず、いわゆるGX(Green Transformation)対応人材育成の要請にも応えるものである。

なお、レールを構成するアルミフレームに低圧接触電線を固定する締結部品には、電気絶縁性ととともに十分な材料強度が求められることから、エンジニアリング樹脂の一種であるガラス繊維強化ポリアミド樹脂(RENY)製のなべ小ねじの採用を提案した。近年、高機能樹脂材料の進歩は目覚ましく、生産現場での使用機会も著しく増加している。残念ながら樹脂材料は化学分野の技術として扱われることが多く、機械・電気・電子情報を中心とした職業訓練においては鉄鋼材料や非鉄金属材料に比べて扱う機会が大変少ない。しかし、例えば材料強度の不足は製品の破損など安全に直結する可能性があり、樹脂材料のそれらの特性について実物を通して知っておくことは、職業訓練においても重要である。

3.6 機械的進入対策 防護カバーの設置に際しては、人体が充電部等に触れない設計とするために人間工学的アプローチなども重要である。人の手指等が進入してはならない箇所において必要な離隔距離を規定する規格がJIS B 9718:2013「安全距離」である。この規格は、さまざまな人体に関する安全距離を規定しており、感電に限らず広く適用できて安全指導上有益である。

本課題に関連しては開口部からの上肢の安全距離の規定があり、「開口部を通して上肢(指・手・腕)が危険区域に到達する場合の安全距離」[8]は、開口部の間隙が6mm以下で開口部が長方形の場合、10mmとされている。本課題の製品では、防護カバーのカーボンブラシ溝の幅を6mmとし、その縁から低圧接触電線までの距離を12mm以上確保している。

なお、防護カバーが点検を妨げる設計であれば、点検不良による不安全状態を生じさせる。本課題では防護カバーを脱着可能な設計とし、点検が安全確保のた

めに重要であることも指導に加えた。

4. 作業者の安全確保

前章では、製品設計における安全性確保について説明した。安全防護等を施しても残留したリスクについては、3ステップメソッドの第3ステップ「使用上の情報」を使用者に伝達することによって、不確実ながらも可能な限り低減を図る。以下に、一般的な方策を列挙する。

- (1) 信号装置又は警報装置の設置
- (2) 警告表示、標識の貼付
- (3) 取扱説明書、作業手順書等により提供する指示
- (4) 教育、訓練
- (5) 個人用保護具

これらは、製品使用者が製品の運転や点検などを安全に実施するために重要とされる方策であるが、製造開発者が試作品等を開発する途中にも多くの方策が適用できる。

試作品等は安全対策についても未完成あるいは不完全であり、その製作やテストの際に危険箇所を収容した筐体内にアクセスするといった作業も発生する。すなわち、完成製品に比べてリスクが大きいことが想定されるため、積極的にこれらの方策を適用すべきである。開発課題の製作においても同様であって、本課題においても可能な限り適用に取組んだ。以下に、本課題の製作時においても適用できた方策の例を挙げる。

- (1) テスト運転時の状態表示灯(パトランプ等)を設置
- (2) 通電中はそれを製品近傍に明示(図4)
- (3) 作業手順等をルール化(例：活線作業の原則禁止)
- (4) 感電に関する安全講習を実施
- (5) やむを得ず活線作業する場合絶縁グローブを使用

5. おわりに

本稿では、製品構想段階で電気安全に関する指摘が多数あった開発課題を事例として、電気安全に関して実際の製品開発指導の際に要した学生支援や指導について報告した。特に、安全設計という観点での指導に重点をおき、設計開発のプロセスにおいてリスク評価、既存製品の検討、一般知識、法令、各種材料、人間工学など、極めて多面的な検討が必要であることを示した。さらに、3ステップメソッドにおける使用上の情報を、開発課題の製作時にも適用することを提案した。

かつて、職業訓練における安全指導は「過去の事故に学び、安全に作業する」ということが中心であった。



図4 通電中の表示

しかしながら、安全設計という観点での指導を取入れることで、「危険を積極的に予測して安全を確保する」という思考が身に付く、と筆者らは考えている。そして、このようなアプローチは、開発課題実習のように設計開発のプロセスを含む大規模な訓練によってのみ実現可能である。本報告はただ一つの事例に過ぎず、効果等について数値あるいは統計による科学的証拠を示したわけではないが、有効なアプローチの一つであることに間違いはないと考えている。

なお、本課題は翌年度も継続開発が進められており、充電式電源を備えた給電システムの採用や車輛用エレベータ等による昇降機能の開発などを実現する予定である。特に、充電式電源の採用はシステム構造を大きく変え、利点は多い。その一方で、本稿でも述べた通り、安全性についてはさらなる注意が必要になる。安全上の課題が大きく変化するため、本報告とは異なる課題が明らかになる可能性もある。今後はこれらについても調査研究を進めたい。

謝辞

この場を借りて開発課題のテーマをご提供いただいたムネカタインダストリアルマシナリー株式会社の皆様、製品開発に際してさまざまなご指摘を下さった先生方、そのほかご協力いただいた皆様に謝意を表す。

文献

- [1] メルセン・エフエムエー株式会社: “電動機および発電機用カーボンブラシ テクニカルガイド”, https://www.mersen.jp/sites/japan/files/publications-media/kahonfurashi_kataroku_mersen_1.pdf, pp.3-8, 2018.6.29 参照: 2023.7.17.
- [2] 中央労働災害防止協会: “機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック”, p.17, 2015.
- [3] 大和製罐株式会社: “リチウムイオン電池の外部短絡試験規格(全体観)_No.26”, https://www.daiwa-can-ens.com/info/technology/column_0026, 2019.9.26 参照: 2023.7.17.
- [4] 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校基盤整備センター開発部: “システム・ユニット訓練用テキスト [安全衛生]”, pp.50-51, 2021.
- [5] 一般社団法人日本船舶電装協会: “電装作業安全衛生ハンドブック”, p.57, 2016.
- [6] 児玉勉: “静電気による爆発とその防止対策”, 電気設備学会誌, Vol.29, No.8, pp.624-627, 2009.
- [7] 北越東洋ファイバー株式会社: “VULCANIZED FIBRE”, https://hokuetsu-toyofibre.jp/vulcanized_fiber/ 参照: 2023.7.17.
- [8] 中央労働災害防止協会: “機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック”, p.56, 2015.

(2023年9月30日提出)

小型ドローンプログラミングの実践 —ライントレース ドローンの制作—

瀧本 雄一*

ものづくりの分野において DX の加速化を見据え、制御分野の職業訓練において、無線通信技術、画像処理技術、AI 技術等を活用可能なソフトウェア開発環境と訓練教材を検討する必要がある。本稿は、プログラミング可能な小型無人飛行機（ドローン）のソフトウェア開発環境を構築し、ドローンを自律飛行させるシステム制作を総合制作実習で取り組んだ実践報告である。その結果、IoT デバイス開発に多く利用されている、プログラム言語 Python、画像処理ライブラリ OpenCV、機械学習ライブラリ scikit-learn を利用し、システムを構築することができた。

Keywords : ドローン, Raspberry Pi, Debian Linux, Python, OpenCV, 機械学習.

1. 緒言

ドローンは航空法により様々な規制が定められており、機体の安全性に関する認証、操縦者の技能に関する証明、運行管理のルールなど、細かく定められている。

本稿の目的は、総合制作実習の題材として、ドローンを自律飛行させるソフトウェア開発環境構築とシステム制作を取り上げるものであり、近年実用化を進められている配送・無人遠隔監視システムのような実用的なことではない。

よって、対象とするものは重量が 100g 未満の航空法適用外の小型ドローンを屋内で運用し、点検の自動化など画像処理アプリケーションの試作を行う実践例の紹介である。

2. ドローンプログラミング概要

2.1 ドローンの活躍分野 カメラ撮像素子の小型高性能化により、産業用にも対応可能なドローンが増え、プラント、ダム、鉄道、道路、橋梁等の点検や測量、状況把握の土地調査などに応用されている。

2.2 ドローンの操縦方法 ドローンの操縦方法は遠隔操作による人間の操縦（図 1）と、プログラミングによる自動操縦である。遠隔操作についてはドローン専用の資格もあり、ドローン操縦士と呼ばれる。ドローンへのプログラミングを行うドローンプログラマはあまり一般的ではない。

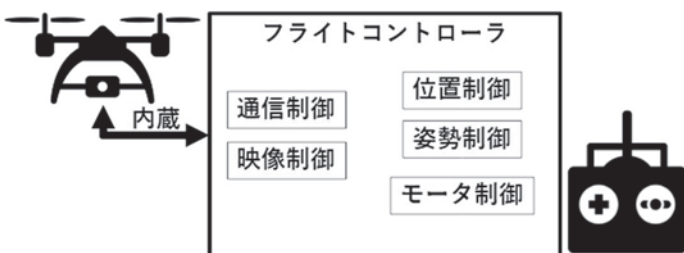


図 1 ドローンの遠隔操作

その理由としては、ドローンに搭載されているフライトコントローラ（図 1）はメーカ専用のものがほとんどで、汎用的にプログラミングが可能な仕様になっていない。一部ドローンの主要メーカである DJI から SDK（Software Development Kit）が公開されているものもあるが、基本的にプログラミングが可能な機種は少ない。

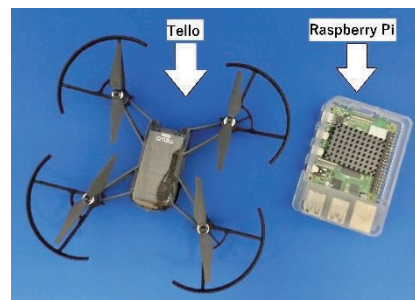


図 2 Tello と Raspberry Pi

実質的に教育訓練で利用できるものが、DJI が技術提供し Ryze Tech が製造する「Tello EDU」（以下ドローンを Tello と称する）という機種で、Python でプログラムできる SDK を公開しており、「Scratch」にも対応している。本稿で紹介するものは、この機種を使用している（図 2）。

2.3 ドローンのシステム構成 図 1 のとおり、ドローンの核となるフライトコントローラは Tello 本体に内蔵しており、自動操縦用マイコンは組み込みマイコンとして汎用的に使用されている Raspberry Pi を使用する。

Tello の無線操縦には Wi-Fi システム（2.4GHz 帯）を使用し、自動操縦コントローラ Raspberry Pi は Tello を Wi-Fi 親機として認識し通信を確立する。

組み込みマイコンである Raspberry Pi の性能は特に規定しない。Wi-Fi 無線子機として Tello につながることで、Python で Tello 移動コマンドが操作できること、Tello からのカメラ映像を処理できること等が実現できれば

* 近畿職業能力開発大学校電気エネルギー制御科

よい。ソフトウェアのシステム構成は図3の通りである。ただし、後述するプログラム開発環境が重要で、プログラム言語 Python と拡張ライブラリを最大限活用するには Linux OS が有効であり、Windows OS であるパソコンでの開発環境構築は相性が悪い。よって、自動操縦コントローラ本体の Raspberry Pi にキーボードとモニターをつけて、本体に開発環境を構築するセルフ開発という手法を用いる。

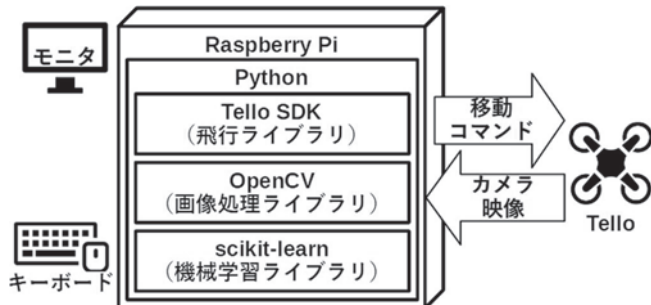


図3 ソフトウェア開発システム構成

3. プログラム開発環境

3.1 Raspberry Pi OS プログラム開発環境は、飛行ライブラリ Tello SDK、画像処理ライブラリ OpenCV、機械学習ライブラリ scikit-learn、およびそれら共通の開発言語である Python を導入する必要がある。

導入の容易さや実績、参考資料の多さから Linux 系 OS、特に Debian Linux ベースである Raspbian (新名称 Raspberry Pi OS) を Raspberry Pi 4B に導入した。

導入した OS は Raspbian buster という名称で、このバージョンは、標準で Python プログラムと開発に必要なツールである python3, python3-dev, pip3 および Python 統合環境 Thonny が導入済みである。

3.2 scikit-learn ドローンの活躍分野に、画像による点検・検査が考えられるが、そこで開発するアプリケーションの機能として必要となるのが物体検出システムである。Tello と Raspberry Pi を利用した本システムでは、深層学習 (ディープラーニング) を実践するほどの処理能力はなく、後述する画像処理ライブラリで画像を二値化し、白黒画像で物体検出するシステムを検討している。よって Python で利用できるライブラリとしては、機械学習ライブラリ scikit-learn、行列計算ライブラリ numpy、科学技術計算ライブラリ scipy を導入する。以下に導入時のコマンドを記述する。

```
$ sudo apt update
$ sudo apt upgrade
$ sudo apt install python3-sklearn
```

上記コマンドを実行すると、numpy, scipy 等関連するライブラリが同時に導入される。

3.3 OpenCV 画像処理ライブラリ OpenCV は、オープンソースで入手可能な、現在最も汎用的なソフトウェアである。プログラム言語や OS に依存せず使用可能なため、自分の環境に合わせるには、ソースコードをビルドして使用する必要がある。しかし、Linux に精通していなければソースコードのビルドはソフトウェアの依存関係等の理由で上手くいかない場合が多い。

それ以外では、Debian Linux の特徴である、パッケージ管理システム apt を利用する方法がある。この手法は、サーバにあるビルド済みソフトウェアの依存関係を考慮したパッケージを導入するシステムであり、導入後のシステムは安定しているが、古いバージョンが多いという欠点がある。

Python に特化した OpenCV ならば、apt と同様に Python 用ライブラリをサーバ上から導入する Python 用パッケージ管理システム pip を利用する方法がある。この手法は apt よりも新しく容易に安定システムを導入することができるため、本手法を採用した。

Python3 用パッケージ管理システム pip3 を利用し、OpenCV を導入する前に、依存関係にあるパッケージを、apt を利用して導入しておく。詳細は各ハードウェア単位に異なるが、Raspbian buster では、一例として、次のコマンドで前処理を行う。

```
$ sudo apt update
$ sudo apt upgrade
$ sudo apt install libhdf5-dev
$ sudo apt install libatlas-base-dev
```

執筆時点での OpenCV の最新バージョンを pip3 で導入しようと試みると、関連するライブラリの依存関係より、インストールすることはできなかった。トライアルアンドエラーで動作確認を行い、以下のコマンドで Python3 用 OpenCV バージョン 4.5.5.62 を導入した。

```
$ pip3 install opencv-python==4.5.5.62
$ pip3 install opencv-contrib-python==4.5.5.62
```

3.4 Tello SDK Tello を遠隔操作する Python ライブラリ (Tello SDK) には、Tello の技術提供元 DJI が提供する Tello-Python、製造元 Ryze Tech が提供する Tello3.py, pip3 で導入する DJITelloPy がある。Tello-python は Python2 用ライブラリであり、Tello3.py は映像処理ができないことなどから、以下のように DJITelloPy を pip3 より導入した。

```
$ pip3 install djitellopy
```

4. 試作したアプリケーション

4.1 Web による遠隔起動 自動操縦コントローラ Raspberry Pi は、Tello SDK である DJITelloPy ライブラリを使用することで、Tello の自律飛行プログラムを作成することが可能である。そのプログラムを実行させるには、デバック時は統合環境 Thonny から実行させればよいが、その方法ではキーボードとモニターが必須となり、組込みマイコンをシステムに取り入れたメリットがなくなる。したがって外部端末から自動操縦コントローラ Raspberry Pi に指示を送り、遠隔操作を行うシステムを構築した。

外部端末は Web ブラウザが搭載されたタブレット端末とし、ブラウザからタッチ操作で指示を送る Web アプリケーションを利用したシステムを構築した。概要を図4に示す。

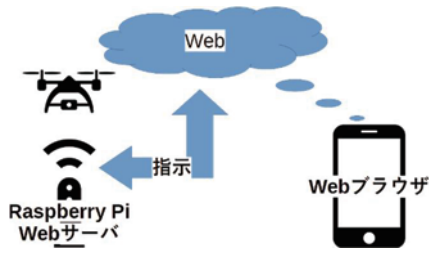


図4 Webによる遠隔起動システム構成

システムはPythonによるCGIを用いたWebアプリケーションである。Pythonは簡易Webサーバ機能を有しており、以下のコマンドでWebサーバを起動させる。プログラムのディレクトリ構成は、ホーム下CGIディレクトリにpythonで記述したcgi_drone.pyプログラムを配置し、Webサーバを立ち上げる。

```
$ cd ~/cgi-bin/cgi_drone.py
$ cd ~/python_http_server
$ python3 -m http.server -cgi
```

/cgi-bin/下ディレクトリには、各種Tello飛行プログラムを配置しておき、index.htmlよりPOSTメソッドでプログラムを起動させる。図5はWebブラウザにRaspberry Piサーバindex.htmlを表示させた図である。

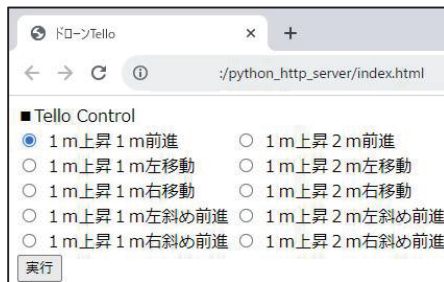


図5 Raspberry Piサーバ上のindex.html

4.2 画像読み取り OpenCVでは、内蔵カメラ画像をPythonに組み込むためにはVideoCaptureクラスを使用する。しかしTello本体のソフトウェアはPythonで動いているわけではないで、Tello内蔵カメラ画像はTelloとRaspberry Piとの間でUDPソケット通信を行いながら画像処理を行う。

DJITelloPyライブラリが提供するTelloクラスは、画像信号をUDPポート11111でTelloからRaspberry Piにバイナリ送信する。制御コマンドはUDPポート8889でRaspberry PiからTelloにテキスト送信する。利用方法は、次のようにTelloカメラのストリーミングを開始し、バックグラウンドで画像フレームを読み取る。

```
from djitellopy import Tello

tello = Tello(retry_count=1)
tello.streamon()
frame_read = tello.get_frame_read()
```

Tello内蔵カメラの性能はHD画質720pで920×720であるが、後述する画像処理による物体検出に利用するため、画素数を1/4の480×360に落としている。

4.3 画像の二値化 物体検出に利用するため、カラー

画像を画像処理で二値化する。方法としては、カラー画像を色の3原色RGBに分解する方法と、画像を色相(H)、彩度(S)、明度(V)の三つの成分からなるHSV色空間に分解する方法があるが、人の色識別感覚に近いHSV色空間に分解する方法を用いて二値化を行う。処理手順を図6に示す。



図6 物体検出用二値化処理手順

ここで、識別する物体を図7に示す緑色の「角」「丸」「矢」のマーカとする。理由は、後述するライントレースプログラムのラインに緑色の線を利用するためである。



図7 物体検出対象とその二値化結果

HSVの中で明度(V)は画像の明るさの量で、外光により影響されるので物体検出には不向きである。よって色相(H)と彩度(S)のみ利用する。OpenCVでは色相環360°を0~180°で指定し、彩度を0~255で指定する。

色相(H)の緑色の範囲は約30°~90°であるが、外光の影響で値が変動するため、最低値を50°とした。彩度は色の濃さを表し、二値化する場合のしきい値となる。試行錯誤の上調整を行い、最低値を1/4の64とした。

色相(H)の二値化画像と彩度(S)の二値化画像の論理積ANDを取り、対象物体を切り出す。この時明るさの具合でノイズのような形状が現れることがある。それを分離するために、最も大きい形状以外の像は除去する。以上の処理より得られた画像を図7に示す。この二値化画像と機械学習より物体の検出を行う。

4.4 機械学習による物体の識別 近年、深層学習(ディープラーニング)により物体検出精度が向上している。しかし本稿のテーマはドローン自律飛行プログラミングの実践であり、機械学習利用の目的は、簡易画像によるマーカの識別とそれによる自律飛行の実現である。よって従来手法であるニューラルネットワークによる機械学習を用いた。

導入した機械学習ライブラリscikit-learnは、機械学習クラスとして、サポートベクトルマシン(SVC)、単純パーセプトロン(Perceptron)、ニューラルネットワーク(MLPClassifier)を有しており、元画像を機械学習し、Telloから送られてきた画像を識別する、学習済み

ニューラルネットワークは分類器と称する．分類器の作成フローを図 8 に示す．

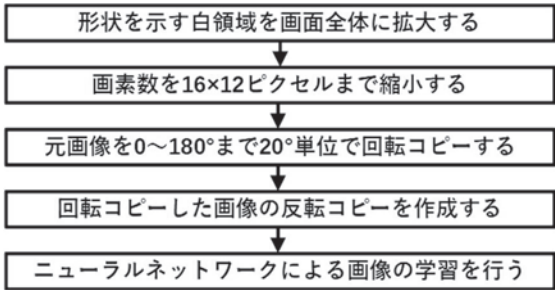


図 8 物体検出用分類器作成フロー

図 8 のフローで行っている処理の目的は，認識率向上のため，画像の大きさや向きの影響を少なくするためである．分類器で検出するマーク画は図 7 の 3 種類と無検出画像の 4 種類で，大きさや向きが異なる元データを 100 枚，そのコピーを合わせて 1,800 枚の画像をニューラルネットワークで学習させた．学習の収束は損失関数の値が 0.00001 以下としている（図 9）．

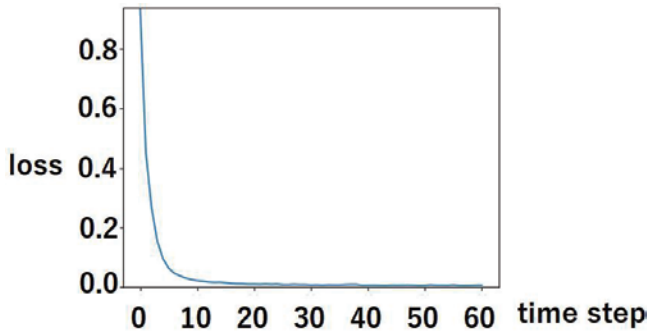


図 9 学習収束結果

4.5 ライントレース Tello が緑色の線に沿って自律飛行する（以下ライントレース）には，元画像から図 10 の様に任意のブロックを切り出す必要がある．

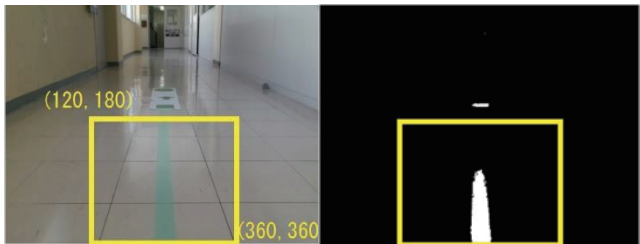


図 10 ライン画像と認識した二値化画像

図 10 より，Tello のカメラは正面やや下向きにあることが確認でき，元画像（480,360）の半分以下にトレースするラインがある．よって，分類器により検出する画像は座標（120,180）～（360,360）のブロック内のみとする．

4 章で説明した「画像読み取り（4.2）」「画像の二値化（4.3）」「物体の識別（4.4）」の処理を行い，ライン画像と認識した場合，二値化画像の重心をとり，重心が常に画像の中心となるように移動コマンドを Tello に送信する．図 11 の様にマークと識別したならば，ライントレースを中止し，マーク種類別の飛行プログラ

ムを割り込ませる．以上のことを図 12 のようなフローで繰り返し行っている．通信エラーが起きやすいので，10 秒周期で通信確認を行い，通信がエラーの場合は着陸させる．



図 11 マークと認識した二値化画像

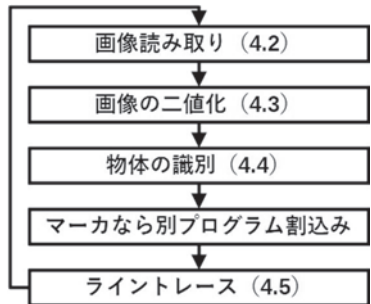


図 12 ライントレース フロー



図 13 ライントレース中の Tello

5. 結言

本報告で得た知見は以下のとおりである．

- ① Raspberry Pi に Tello 自律飛行プログラム開発環境を構築できた．
- ② Web 経由で Tello の操作ができた．
- ③ OpenCV で Tello カメラの画像処理ができた．
- ④ 機械学習ライブラリ scikit-learn により緑ラインと緑マークの分類器を構築できた．
- ⑤ Tello をライントレースさせることができた．（図 13）

今後は，Raspberry Pi よりも GPU 性能が優れている NVIDIA Jetson Nano をコントローラとすることを検討したい．

文献

- [1] 瀧本雄一：四国職業能力開発大学校・高知職業能力開発短期大学校紀要（29），46-49，2018-01．
- [2] 橋口宏衛：Interface 2022 年 4 月号 pp59-94．
- [3] 金丸隆志：“Raspberry Pi ではじめる機械学習”，講談社

（2023 年 8 月 31 日提出）

大阪府公共建築設計コンクールへの挑戦

前田由佳*, 村岡 寛*

近畿職業能力開発大学校住居環境科では総合制作実習の一環として大阪府が主催する大阪府公共建築設計コンクールへの参加を行っている。2022年度は3グループ5名の学生が応募し、2グループが佳作受賞となった。その作品づくりの過程から、審査員による総評までを実践報告としてまとめる。

Keywords : あすなろ夢建築, コンペティション, 大阪府公共建築設計コンクール

1. はじめに

専門課程のカリキュラムである総合制作実習において住居環境科2年生の学生5名が学生向けコンペティションに挑戦した。応募した学生向けコンペティションは、大阪府が主催する「あすなろ建築」大阪府公共建築設計コンクールである。

2. 大阪府公共建築設計コンクールの概要

大阪府公共建築設計コンクールは平成3年度より毎年実施しており、今回で第32回目である。

2.1 開催目的 小規模な公共建築物を題材とした実践教育の場を提供することで、将来の建築技術者に夢と感動を与え、資質や能力を高め育成に寄与すること、また、永く府民に愛され親しまれる公共建築づくりの推進を目的とする。

2.2 応募資格 大阪府内に所在する工業高等学校・短期大学・工業高等専門学校・専修学校・各種学校及び、建築関連学科に在籍する学生・生徒。

3. テーマと設計条件について

3.1 テーマ 「花と緑のあふれる都会のオアシス」

3.2 課題趣旨 現地調査を行い、周辺環境との関係性や調和を考慮しながら、四季折々の変化と共に催される多様なレクリエーションとの関係性を踏まえ、誰もが利用したくなる休憩所を提案する。

3.3 設計条件

〔課題〕 大阪府営住之江公園内(図1)に立地にする休憩所

〔所在地〕 大阪府大阪市住之江区南加賀屋1丁目

〔計画地面積〕 約200㎡

〔建築面積〕 25~85㎡程度(建築の水平投影面積)

〔構造・規模〕 原則木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造も可、平屋建て



図1 計画敷地

3.4 テーマの背景と課題について 住之江公園は都市部に位置する貴重なオアシスとして、昭和初期に作られた公園であり、多くの府民の憩いの場となっている。課題となる計画地は、住之江公園マネジメントプランにおいて「レクリエーションゾーン」に設定されている。

公園内その他のスポーツゾーン・賑わい創出ゾーン・歴史景観保全ゾーンとの「周辺環境との関係性や調和」を考慮しながら、四季折々の変化と共に催される、多様なイベントとの関係性を踏まえ、府民に親しまれ誰もが利用したくなる休憩所の提案が求められている。

4. 応募者の構成

応募者5名の構成は2名共同の2チームと個人で参加の計3チーム(A・B・Cチーム)とした。

5. 現地調査

計画にあたって敷地の現地調査を行った。計画地図面と現況との違いや、植栽、近隣建物の状況を確認した。計画地が傾斜地のため、敷地の高低差を把握するのに測量を行った。休憩所を計画した後、周辺にどのような影響を与えることになるのかを検討した。結果、計画地図面より現況では、緑が多く公園全体にはまとまりがあるが、大きな道路に囲まれており、近隣建物との繋がりが少ないことがわかった。測量の結果をもとにコンター模型を作成し、計画した休憩所のボリュームや形態に対して、周辺環境と調和がとれているか模型を通して検討した。(図2)

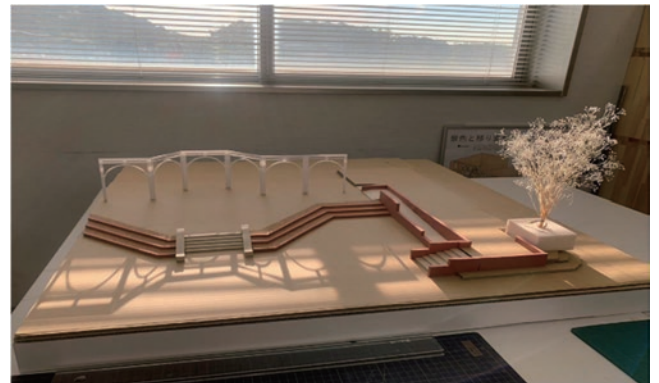


図2 コンター模型

* 近畿職業能力開発大学校住居環境科

6. コンセプトの立案と計画

6.1 コンセプトの立案 現地調査から、「コミュニケーションが育まれる休憩所」を共通のコンセプトとし休憩所で開催されるプログラムと形を各チームとも考えた。

スケッチからスチレンボードを使用して簡易なスタディ模型を製作し、建物デザインの検討を行った。スタディ模型の製作段階で下記①～⑥の審査基準となる評価視点について自己評価を行うよう指導した。

① 維持管理のしやすさ

長く利用されることを前提とし、管理者が管理しやすい配慮

② コスト

建設コスト、維持管理コストの削減

③ 使いやすさ

利用者にとって使用しやすい計画

④ 親しみやすいデザイン

周辺との調和を図るデザイン、親しみやすい、魅力あるデザイン

⑤ 環境への配慮

木材利用などの脱炭素社会実現に向けた取り組み

⑥ 周囲の外構計画を活かした設計

土地の高低差を考慮した計画、周辺環境との関係性

その後、3Dモデルを作成し、VRで公園での実際の見え方や休憩所のサイズ感などを検討した。(図3)

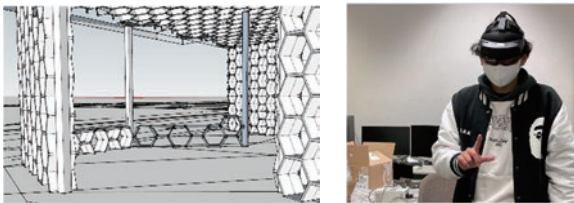


図3 VRにて検討中

6.2 計画内容

A チーム

整備された花畑を活かしつつ、休憩所を計画するにあたって、花や植物を育てるとき、イベントのときに生まれるコミュニケーションについて考えたとき、プログラムは、大きく二つあると考えた。

一つ目は協力して作業をするときに生まれるもの。

二つ目は風景を見るときに同じ景色やものを共有することで生まれるもの。

また、住之江公園付近の学校と協力して、子供に植物を育ててもらったり、イベントの小物を作ってもらったりして休憩所に手を加えていく企画をして地域交流の場としても活用してほしいと考えた。

これらを踏まえて、8人程度で作業できるスペースと花畑を見渡しやすい設計、植物やイベントの小物を置ける棚の配置が必要であると考え、計画をした。

(図4)

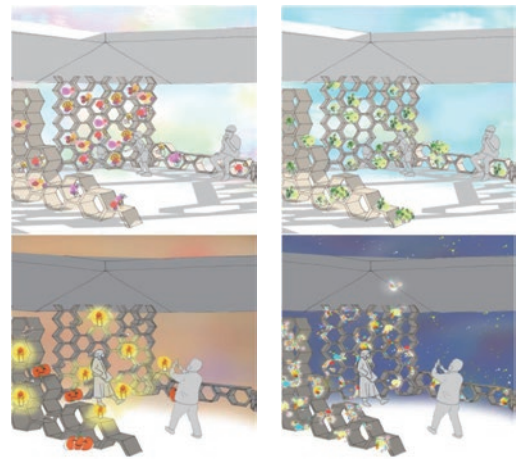


図4 棚周辺の春夏秋冬のシーン

B チーム

住之江公園全体は、年齢層を大きく分けた花と緑エリア、大池エリア、運動エリア、遊具エリアの4つの構成になっている。(図5)

現地調査で訪れた時の感想は、公園が一つのまとまりとして機能しておらず、利用者が分散していると感じた。そこで今回は、私たちが提案する休憩所を通じて、公園がひとまとまりになるよう計画を行った。

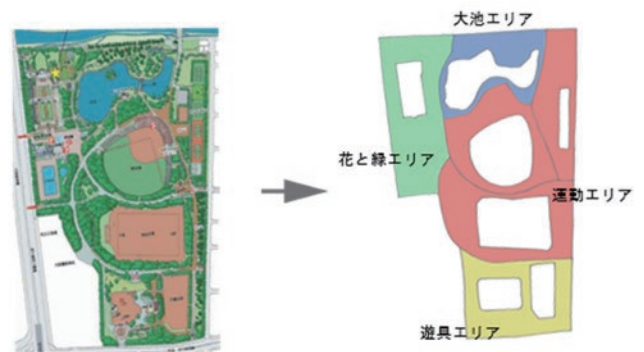


図5 エリア分け

各エリアの様子やエリアの利用方法から連想される形容詞を自分が考えるイメージの形、色、大きさ、配列に変換した。(図6)



図6 形容詞を図形化

エリアごとにイメージを図形化したベンチを今回の追加提案として配置する。休憩所を起点にこのベンチが各エリアをつなぐ接着剤となり、普段接点のない人たちと繋がれる場所になる。そうして繋がっていくことで住之江公園全体が一つの休憩所になる。

C チーム

行くたびに新たな発見や学びがある。人と出会い語ることができる。非日常を感じることができる。以上の3つを兼ねそなえた休憩所になりたいという思いから「知る」を追及した休憩所を計画した。

「知る」という言葉はたくさんの意味を持つ。その中から、「気づく」「学ぶ」「出会う」を休憩所の設計をするうえでのキーワードとして取り入れた。「知る」を生むキッカケを散りばめることで、もっとも「知る」が生まれる。オープンな空間で人と出会い、クローズな空間で語り合う。(図7) 景色を切り取ることで新たな発見や学びを生む。誰かの日常が誰かの非日常になる。

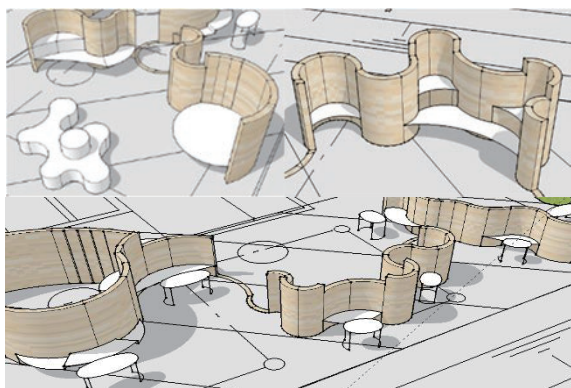


図7 オープンな空間・クローズな空間

7. プレゼンテーションボードと模型製作

7.1 プレゼンテーションボード 提出された多くの作品から審査員の目を引く作品に仕上げるためにはメインになるパースとレイアウトが重要になる。(図8)



図8 審査風景

プレゼンテーションボードには、コンセプトや設計の意図が明快に伝わるよう補完的に図や表を用いる工夫が必要である。学生には多くの表現方法が可能となるように技術を事前に習得させ、自身の考えをプレゼンテーションボードに表現できるように指導した。提出したプレゼンテーションボードは図9, 10, 11 となった。



図9 Growing up (A チーム)

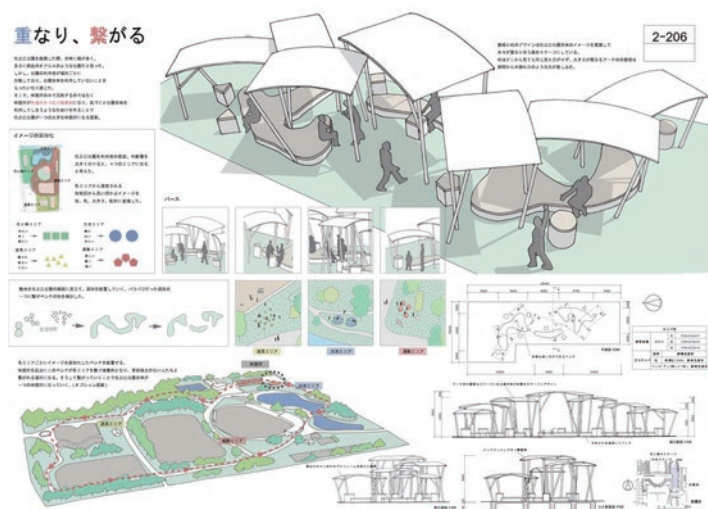


図10 重なり、繋がる (B チーム)

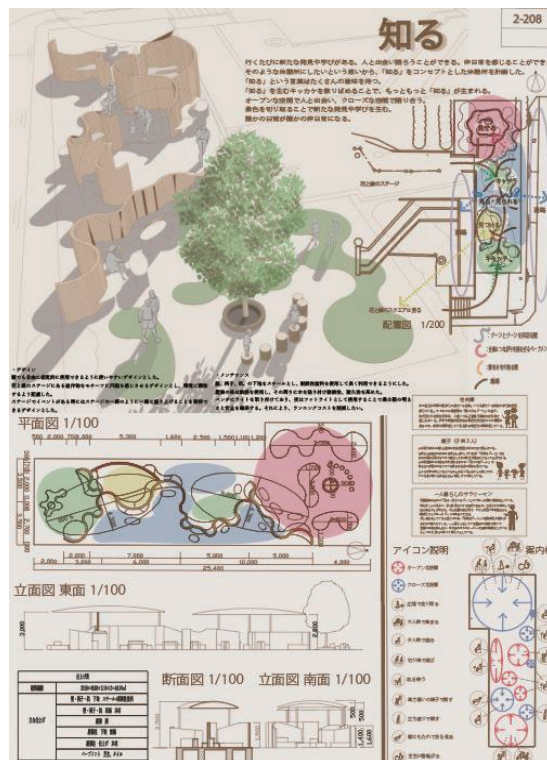


図11 知る (C チーム)

7.2 模型製作 ポリテックビジョンや表彰式会場で展示するために 1/20 模型（図 12）を製作した。



図 12 1/20 模型

8. コンクールの応募状況と審査結果

8.1 応募状況

〔 応募校数 〕 13 校

〔 応募作品数 〕 178 点（第 1 部 44 点，第 2 部 134 点）

〔 応募人数 〕 203 人（第 1 部 48 点，第 2 部 155 点）

第 1 部は工業高等学校(工科高等学校)に在籍する生徒，第 2 部は短期大学・工業高等専門学校・専修学校・各種学校 及び，高等職業技術専門校に在籍する学生

8.2 審査結果 審査は，審査委員 7 名が全応募作品を審査し，評価する作品への投票で実施された．結果は，1 次審査は 3 チームとも通過し 2 次審査・最終審査で A チーム，B チームが佳作に選定された．（図 13）



図 13 表彰式会場（大阪府咲州庁舎迎賓会議室）

8.3 審査員による総評と各コメント一部抜粋

「本年は，公園内の花と緑のスクエアの一角に休憩所の提案を求めるもので，休憩所としての機能とともに，スクエアとの関係をどうとらえるかも重要な点でした．公園に新たに建てられる施設として，公園を訪れる人に喜ばれる，利用されるための魅力の有無が評価のポイントとなりました．スクエアの一角という条件が，少し課題を難しくしていたように思いますが，数多くの応募案にユニークな形態や仕組みの提案があり，とても喜ばしく思います．入選した作品は，いずれも，形態やその仕組みにおいて従来とは異なる新しい公園の休憩所の可能性を垣間見せてくれるものでした．当設計競技は，実施を前提としています．そのため，コストや安全性，維持管理の容易さなどが審査の要因となります．しかし，同時にそのことが，応募者の自由でのびやかな発想を妨げることがあってはならないとも考えています．新しい価値を生み出す自由で豊かな発想を，いかに実現可能なものとするか，その点にしっかりと取り組んでほしいと思います．難しいコンペですが，皆さんの一層の頑張りに期待します．

A チーム 「Growing up」（佳作）

ハニカム構造が斬新で面白く，筒状の形態を利用したイベントでの使い方も提案しており，多様なシチュエーションにより異なる風景が見られる点が魅力的であるが，日常的な使われ方にももう少し提案があればよかった．また，提案の壁で屋根を支えることができるのか不安な面がある．

B チーム 「重なり，繋がる」（佳作）

場所のイメージを反映した曲線のベンチとランダムに配された屋根による構成が楽しい案である．計画地だけでなく公園全体を設計の対象としている視点が素晴らしかった．しかし，雨天の際に屋根の雨水が他の屋根の下に流れ込むといった機能的な懸念点があった．

C チーム 「知る」（1 次審査通過）

対象を絞った計画で使いやすくてのしげな雰囲気．曲面の壁で多様な居場所を作り出している点が良い．

9. おわりに

大阪府公共建築設計コンクールは，住居環境科の学生が毎年取り組むコンペティションとして定着しつつある．また，建築施工システム技術科に進学した学生には経験者として後輩へのアドバイスをしてもらう機会ができ，お互いの良い刺激となっている．

コンペティションは，外部の審査員や他の学校の参加者からのフィードバックを受け入れ成長する機会ともなる．今後も学生には自分の考えを他者に伝える能力を高めるために，コンペティションへの挑戦を重ねてほしい．

（2023 年 10 月 2 日提出）

ディスクリート部品で構成するデジタルオーディオアンプの製作

池田雅和*

AI や IoT が技術を先導する現在であってもそれらを支える技術として回路設計技術が必要であるが、回路に関心を抱く学生が少ないのが現状である。そこで、作ることで達成感が得られ、それをきっかけに回路に関心が向く教材として、オーディオアンプの製作を取り上げた。加えて、原理を理解しやすいデジタルオーディオアンプに注目し、これをディスクリート部品で実現しようという現在ほとんど例がないことを目標とし、学生の意志をかりたてることを狙った。

Keywords : デジタルオーディオアンプ, ディスクリート部品, 自作

1. 製作の背景

オーディオアンプは音楽を聴く人にとって関心を持つ機器である。その中でもデジタルオーディオアンプは音が良いといわれるが、蓋を開けると 1 個の IC とわずかな受動部品しかない。実はデジタルオーディオアンプは回路構成が簡単で集積化が容易なためこのようにブラックボックス化が進んでいる。逆に、簡単な回路だからこそディスクリート部品の寄せ集めでデジタルオーディオアンプが製作できるはずで、回路知識と製作の楽しさを得ることもできると考え、この製作を総合制作の題材として取り上げることにした。

2. デジタルオーディオアンプの動作について

2.1 オーディオアンプの機能 オーディオアンプは、音楽プレーヤ等のアナログ出力電圧を増幅する機能と、出力にスピーカ等小さな抵抗値の負荷をつないでも前記増幅された電圧が出るよう電流を増幅する機能が求められる。このようにオーディオアンプは電圧も電流も増幅するので電力増幅器ともいわれる。

2.2 デジタルオーディオアンプの仕組み デジタルオーディオアンプは、音楽プレーヤ等のアナログ出力電圧をいったんデジタル信号に変換し、そのデジタル信号を増幅してからアナログ信号に戻す構成となっている。図 1 にブロック図を示す。



図 1 デジタルオーディオアンプのブロック図

デジタル信号は 'High' か 'Low' かの 2 値なので、単なるスイッチで信号を増幅することが可能である。このスイッチに大電力トランジスタを選べば大きな電力増幅率を得ることができ、コレクタ - エミッタ間に電圧降下がほとんど発生せず発熱が無い。AD 変換は、アナログ入力電圧によってデューティ比が変化する 1bit デジタルストリーミング信号を出力する。これにより簡単にアナログ信号が復元できる。AD 変換器の入出力波形を図 1 に示す。上がアナログ電圧波形、下がデジタルストリーミング信号波形である。

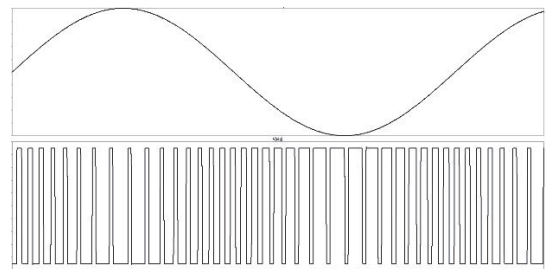


図 1 アナログ信号波形とデジタル信号波形

2.3 AD 変換回路について いわゆる高級デジタルオーディオアンプの AD 変換器にはデルタ・シグマ変調器が用いられる。図 2 にブロック図を示す。

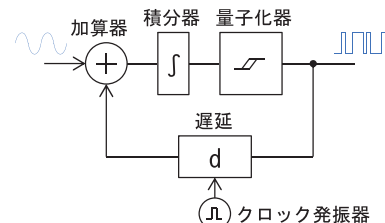


図 2 デルタ・シグマ変調器のブロック図

この回路はパルス密度変調がかかり、量子化ノイズを高域におよぼすノイズシェーピング効果で高い S/N が得られる反面、信号に少しでも直流成分が重畳すると可聴領域にノイズを生じる。そこでノイズシェーピング効果を諦める代わりに、直流入力時のノイズ回避を狙って、遅延回路と発振回路を省いた自励発振式のデルタ・シグマ変調器で AD 変換することにした。図 3 に自励発振式のデルタ・シグマ変調器を示す。

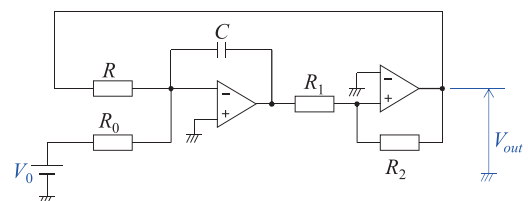


図 3 自励発振式のデルタ・シグマ変調器
自励発振式デルタ・シグマ変調器の出力は PWM(パルス

* 京都職業能力開発短期大学校電子情報技術科
(現 京都職業能力開発促進センター)

幅変調)信号となり、入力するアナログ電圧を V_0 とすると、出力電圧 V_{out} のデューティ比 D は次の式で表される。

$$D = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{R}{R_0} \cdot \frac{V_0}{V_{cc}} \right)$$

D は V_0 の一次関数であるから、出力電圧 V_{out} を時間平均するだけでもとのアナログ信号を復元することができる。なお、この変調器の発振周波数は可聴領域より十分高い周波数とし、アナログ信号と干渉しないようにした。また逆に、前記発振周波数は使用するオペアンプ(NJM2716)の利得帯域幅積(30[MHz])よりも十分低い周波数とする必要があることから、最終的に発振周波数を 320[kHz]に設定した。

2.4 デジタル信号を電力増幅する回路について デジタルという 2 値の信号電圧の増幅は、モータドライバやスイッチング電源でも採用されているハーフブリッジ回路で構成した。ハーフブリッジ回路はハイサイドスイッチとローサイドスイッチで構成される。デジタル信号が ‘High’ の時はハイサイドスイッチが ON し、デジタル信号が ‘Low’ の時はローサイドスイッチが ON することによりデジタル信号が増幅される。ハーフブリッジ回路の基本構成を図 4 に示す。

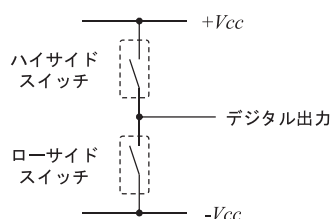


図 4 ハーフブリッジ回路の基本構成

2.5 DA 変換回路について デューティ比が変化する 1bit デジタル信号電圧を時間平均することにより、もとのアナログ信号が復元できる。電圧を平均する回路は LC フィルタによる平滑回路で実現できる。このフィルタのカットオフ周波数は可聴周波数よりも十分高く、かつ、デルタ・シグマ変調器の発振周波数よりも十分低くして、高音が減衰せず、かつ、発振周波数が出力に漏れないように約 107[kHz]に設定した。

2.6 デジタルオーディオアンプの回路 デジタルオーディオアンプの片チャンネル分の回路を図 5.1 に、外観の写真を図 5.2 に示す。

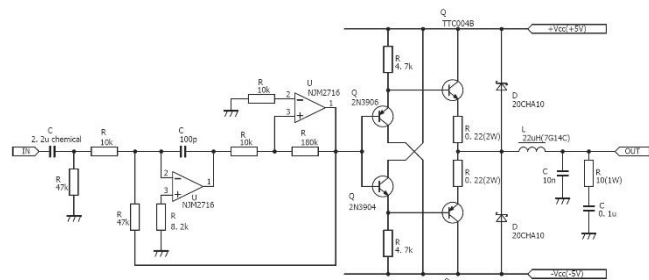


図 5.1 デジタルオーディオアンプの回路

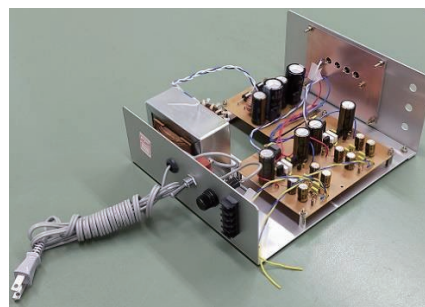


図 5.2 デジタルオーディオアンプ基板

3. 製作したデジタルオーディオアンプの特性

3.1 周波数特性について 可聴領域下限である 10[Hz]の正弦波信号をデジタルアンプに入力した場合、可聴領域の中心である 1[kHz]の正弦波信号をデジタルアンプに入力した場合、及び可聴領域上限である 23[kHz]の正弦波をデジタルアンプに入力した場合のそれぞれの電圧波形を図 6.1, 6.2 に示す。図より、入力周波数に変化しても出力電圧の振幅レベルが変化しないことから、可聴領域の 10[Hz]から 23[kHz]まではフラットな周波数特性であることが確認できた。



図 6.1 10[Hz], 1[kHz]入力時の入出力波形

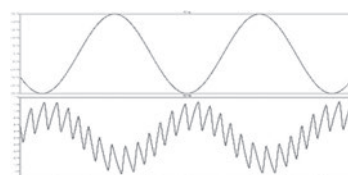


図 6.2 23[kHz]入力時の入出力波形

3.2 その他の特性・聴いてみた感想 測定環境に S/N 測定や歪率が測定できるオーディオアナライザが無かったため絶対的な評価ができなかったが、学生に市販のデジタルオーディオアンプと音楽を聴き比べたところ、全く遜色のない素晴らしい音との評価を得た。

4. まとめ

アナログ回路技術の授業の応用としてデジタルアンプの動作原理を学ぶことができた。さらに回路シミュレータを設計ツールとして活用することやプリント基板の設計ノウハウも学ぶことができた。また、製作物の性能が非常に素晴らしく「自分でも作ってみたい」、「もっと出力を上げたい」等、回路に関心をよせた意見が学生から聞かれ、回路設計のエンジニアを育てるきっかけとなる良い教材であったと言える。

文献

- [1] 荒木邦彌: “オーディオ回路実例集” CQ 出版
トランジスタ技術 2009 年 5 月号別冊付録

(2023 年 9 月 11 日提出)

動画教材作成

山本 衡*

令和 3 年度より動画教材作成を総合制作実習に取り組んでいる。令和 3 年度では旋盤加工の動画作成を実施し、機械の作業前点検の準備動画から、外径加工、ねじ切り加工などの加工の動画を撮影、編集をした。しかしながら、旋盤加工には、他の要素も含まれており、引き続き令和 4 年度も旋盤動画作成を実施することとした。また、旋盤の動画のみならず、その他実習機器の動画も作成した。動画教材が完成するまでの、撮影機器の紹介・編集方法・動画完成までを述べる。

Keywords : 動画教材, 動画編集, 旋盤, ワイヤ放電加工機, 二次元 CAD

1. 緒言

近年、新型コロナウイルスによって、自宅で訓練を受講する機会が増えている。毎日実習機に触れることができた環境から限られた時間にしか触れることのできない環境に代わってきている。そのため、実習で使っている機械またはソフトを動画で予習・復習できるような教材を使うことにより訓練効率は上がるのではないかと考え、動画教材作成に取り組んだ。また、学生においても、社会に出たときに実習機を知っている者が動画マニュアル作成する機会もあると思われるため、総合制作実習で取り組むこととした。

令和 3 年度より旋盤動画教材作成のテーマで取り組んでいるが、表 1 に示す 5 つの動画を作成した。しかし、旋盤加工における加工要素は他にもあり、引き続き動画を作成する必要がある。さらに、実習は旋盤だけではなく、多くの機器、ソフトを学ぶ。そのため、令和 4 年度では、旋盤に加えワイヤ放電加工機（以下ワイヤ）、AutoDesk 社の二次元 CAD の動画編集をすることとした。

表 1 令和 3 年度の動画

	動画内容
①	作業前点検
②	バイトの高さ合わせ
③	チャッキング
④	外径、端面の切削
⑤	ねじ切り

表 2 旋盤動画内容

	動画の内容
①	外径（中仕上げ仕上げ）
②	内径（荒加工中仕上げ）
③	面取り
④	溝
⑤	ローレット
⑥	技能検定三級（分割 5 本）

表 3 ワイヤ動画内容

	動画の内容
①	電源投入
②	手元操作箱の操作
③	材料の取付け（薄板）
④	位置出し（薄板）
⑤	材料の取付け（円筒）
⑥	位置出し（円筒）

表 4 二次元 CAD 動画内容

	動画の内容
①	線分 円
②	移動 複写
③	回転 鏡像
④	トリム フィレット
⑤	面取り オフセット

2. 動画の仕様

訓練動画作成をする前に編集ソフトに慣れるための練習をした。練習内容は、学生が取り組みやすいものを動画にした。さらに、動画の構成についても動画撮影、編集前に話し合いをした。その結果、令和 3 年度では、2 人の学生併せて 5 つであった動画に対して、旋盤担当者は 13 個の動画を作成し、ワイヤ担当者は 6 個の動画を作成した。また、二次元 CAD の担当者は 10 個の動画を作成した。作成した動画内容を旋盤は表 2 に示し、以下ワイヤ表 3、二次元 CAD 表 4 に示す。

また、動画 1 本の長さを 1～5 分とし、視聴者側が集中して見ることができるように心がけて作成した。

3. 動画撮影

撮影に使用した機器を表 5 に示す。

旋盤は加工を伴うため、衝撃性に優れている Gopro を使用し撮影した。また、ワイヤは準備までの動画を作成するため、ビデオカメラを使用し、高いところから撮影できるように、三脚に固定して撮影した。二次元 CAD はパソコンの画面操作がわかるように画面の録画ソフトを使用した。

3.1 旋盤 令和 3 年度の反省で、縦送りで移動するところに固定すると、材料が移動すると勘違いするおそれがあったため、図 1 のようにカメラを固定して、撮影をした。

* 京都職業能力開発短期大学校生産技術科
(現 川内職業能力開発短期大学校)

また、ハンドルの目盛や測定器の目盛を撮影するときにはそれぞれ3枚以上撮影し、その中からピントが合っているものを動画に入れ込んだ。

表5 動画内容に対する使用機器

動画内容	使用機器
旋盤	GoPro / Canon ミラーレス一眼
ワイヤ	Sony ビデオカメラ
二次元 CAD	AG デスクトップレコーダ (録画用)

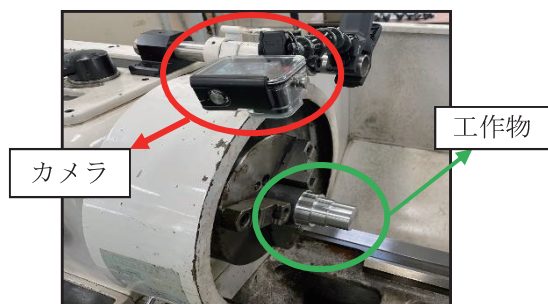


図1 旋盤の撮影の様子

3.2 ワイヤ 機械本体の撮影と、手元操作箱または画面の撮影を別々のカメラで撮影した。理由は、機械が大きいため、手元操作箱の操作と画面操作が小さくなるためである。また、場所によっては動画に関係のないものまで映る場合は、図2のように別撮りをした。



図2 別撮りの様子

3.3 二次元 CAD 基本操作の動画を作成した。しかし、一緒に操作するだけになるため、動画の後半には練習課題を入れて習得度チェックを図ることにした。

4. 動画編集

動画編集に使用したソフトを表6に示す。

旋盤とワイヤは、ワイプを入れることにより、作業者のハンドルの現在位置や手元操作箱をどのように触っているかをわかりやすく表現するため、ワイプ機能がある有料の動画編集ソフトを使用した。一方で、二次元 CAD については、画面が重要であると考えたためワイプ機能のない無料ソフトを使用して編集をした。

また動画内容をわかりやすくするため、音声を入れる。音声入力ソフトは共通して「Softalk」を使用した。音声入力のときは、誤読されないよう平仮名を使用した。

編集して完成した動画の写真を旋盤は図3に示し、以下ワイヤ図4、二次元 CAD 図5に示す。

表6 動画内容に対する動画編集ソフト

動画内容	動画編集ソフト
旋盤	Video Studio
ワイヤ	Video Studio
二次元 CAD	ムービーメーカー

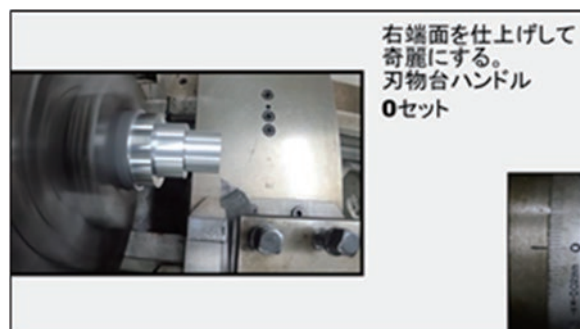


図3 旋盤動画の完成写真



図4 ワイヤ動画の完成写真

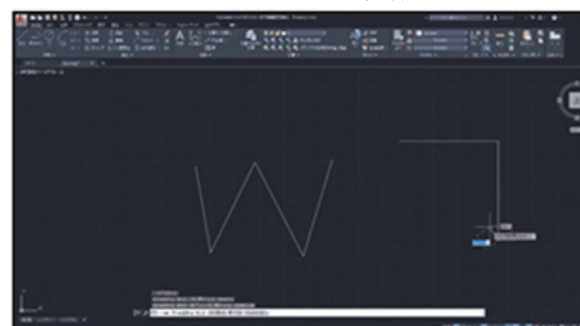


図5 二次元 CAD 動画の完成写真

5. 結言

動画編集を総合制作実習のテーマにするにあたり、構想を指導員が考え学生と話し合い、進めることが重要だと考える。現時点では指導員が使用するため、訓練で使いやすいものを撮影し編集をおこなう必要があるからである。将来的に学生もマニュアルを作成する機会があればこの経験が活かえてくることを期待する。

また、令和3年度と令和4年度の動画を訓練で提示すると、受講者側の反応も良いため、自主学習用の動画でもあり、指導側の教材に使用することが可能であることがわかった。

今回の作成した動画とは別に、また新たな動画を作成したいと考えている。

参考文献

- [1] 2021 年度旋盤作業の動画制作予稿集
- [2] 2022 年度動画教材作成の予稿集。

(2023 年 9 月 30 日提出)

光の速度測定装置の設計・製作（中間報告）

大久保 欣哉*

本製作は、当校での授業内容の集大成である総合制作実習において、光の速度を測定できる装置を製作した。光の速度の測定は、一般に精度のよい光学系と回転鏡や歯車を使って行うが、専門課程で使用されるマイコンをはじめとするデジタル回路素子が高速でなおかつ安価になってきたことから、光学系を最小限に絞り2年間で学んでいる組込み系の技術を用いて、どこまで物理量として知られている値に近づけることができるか挑戦していることを報告する。

Keywords : 光の速度, FPGA, 光ファイバ, レーザーダイオード, フォトダイオード

1. 緒言

今回、総合制作実習のテーマとして、簡易的に光の速度が測定できる装置を学生に提案した。物理定数として、真空中の光の速度は、 $2.99792458 \times 10^8 \text{m/s}$ とされており、我々は普段 $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ として取り扱っている。実際の測定例としてフィゾーの光学系に歯車を用いた方法や、フーコ・マイケルソンのスリットと回転鏡を用いる方法があるが、それぞれ高価な機材と精度が良い光学系が必要となる。しかしながらスマートフォンをはじめとするデジタル技術の進化で、CPU（中央演算装置）の処理速度が向上したことや大規模でかつ高速に独自回路が作成できるFPGA（Field Programable Gate Array）が安価で手に入るようになり専門課程における実習の教材として使用できるようになった。そこで、専門課程2年間に学ぶ組込み技術と最低限の光学系を用いてどこまで光の速度を正確に計測できるかを試みた。

2. システムの概要

図1にシステム全体のブロック図を示す。このシステムは、計測制御部と発光受光部と表示部に分けられる。スイッチにより、マイコン（arduino）から発光

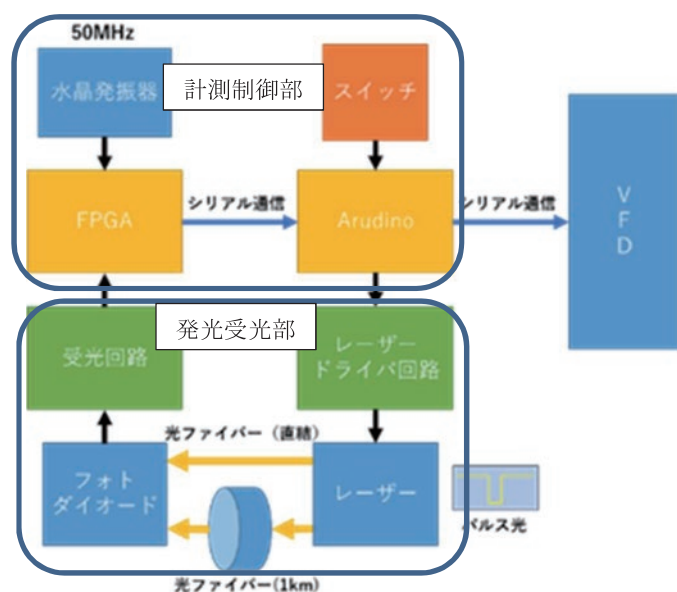


図1 システムブロック図

許可信号が、レーザーダイオードドライバ回路へ送られレーザー光が射出される。光学系で2つに分岐され1つは直接フォトダイオードへ送られ電子信号に変換されてFPGAへ入力され、時間カウントが始まる。他者は1kmの光ファイバを通過して受光素子を通してFPGAへ入力され時間カウントが止まる。このカウント量をマイコンへシリアル通信で送り、速度計算してVFD（蛍光表示管）へ表示する。

2.1 計測制御部 図2に今回用いた光の速度の導出方法を示す。時間を計測するために水晶発振器を用いた。使用する発振器の周波数は、光の速度から今回使用する1kmの光ファイバの場合3.3us以下の時間分解能が必要になることから、303KHz以上が必要である。また、この周波数により測定の精度が決まるので、できるだけ高速な物を取り扱う必要がある。そのため一般に手に入れることができる最も高速な水晶発振子である50MHzを用いている。より精度を上げるために逡倍回路を使って周波数を上げることも考えたが、高度な技術である事から今回は、発振器の周波数をそのまま時間パルスとして使用している。よって、最小分解時間が0.02usとなることから光の速度としては2桁程度が限界だと考えられる

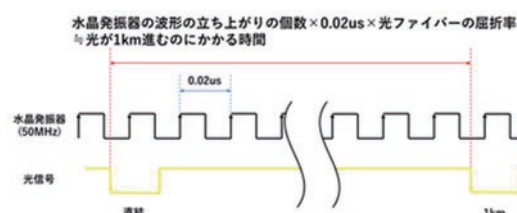


図2 光の速度の計測法

また、本来マイコンを使って制御を行うのが容易であるが、マイコンのタイマーは一般に動作周期の4倍が最小のカウントとなり、測定の精度が落ちることから動作周期がそのまま利用可能なFPGAをしている。今回FPGAには、Xilinx社製のXC9572XLを使用している。この素子の限界周波数は178MHzなので、動作範囲である。この素子にはカウンタ回路とマイコンへのシリアル通信回路のみを搭載し、計算及び表示は、マ

* 近畿職業能力開発大学校 電子情報技術科

アイコンの仕事とした。FPGA 内の 2 つの回路は、ハードウェア記述言語である Verilog-HDL で作成し、開発環境として ISE-webpack を使用している。また、マイコンには、Arduino Bootloader が書き込まれた ATmega328P を使用している。製作した電子回路を図 3 に示す。

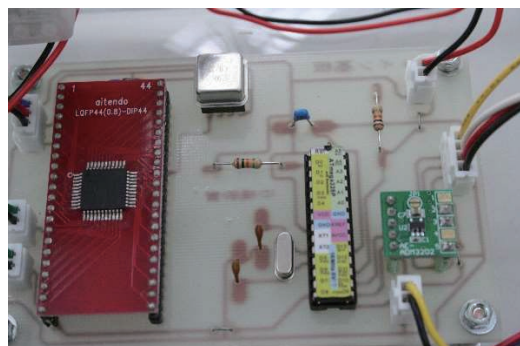


図 3 計測制御部

2.2 発光受光部

2.2.1 発光部 発光部のレーザーダイオードには、1310nm の波長で 10mW 出力が可能なソーラボジャパン製 L1330P5DFB を使用している。このレーザーダイオードには、先端に集光レンズが付いており、既存の光ファイバと集光スポットを合わせることができることから、光学系が簡略化できる利点がある。レーザードライバには、マイコンより発出信号が送信されるが、レーザー信号の有無が計測信号のカウントのきっかけとなるので、立ち下りを高速に動かす必要がある。また、レーザーダイオードに大幅なオーバーシュートやアンダーシュートを入力すると破損する可能性がある。パルス生成にはワンショットマルチバイブレータの 74HC123 を使用した。図 4 にレーザーへのドライブ信号を示す。オーバー及びアンダーシュートがほぼ無い回路が作成できた。また、立ち上がり時間、立ち下り時間ともに 1 μ s 以下で動作する。このレーザーダイオードの立ち上がり時間は、0.1ns であることから十分に反応可能である。パルス幅は光の速さに比べて 50 μ s と大きいを受信回路側で立ち上がり時間のみを判断してタイマーカウントの ON/OFF を行うので、レーザーの有無を検出することは可能だと考えられる。

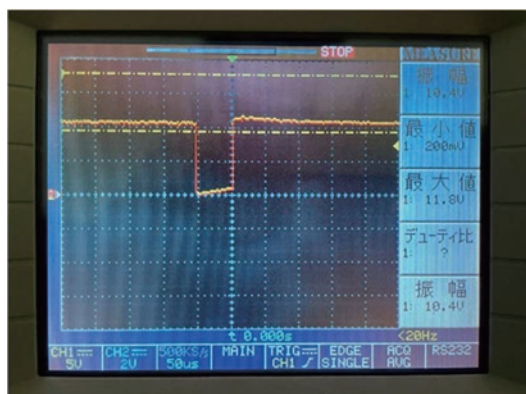


図 4 レーザーへのドライブ信号

2.2.2 受光部 受光部には、フォトダイオード TRPD-3-A-85-FC を使用している。このダイオードの立ち上がり、立ち下り速度は、0.1ns と高速である。また、受光感度が 0.85A/W であることから、出力の 1/10 である 1mW が受光しても 850 μ A が流れることから電子回路的には、光の有無の判別が可能であると考えられる。受光部には、オペアンプを用いた光電流変換回路を使用している。製作した回路を図 5 に示す。直接受光と光ファイバを通じて受光する 2 つの受光回路を製作した。

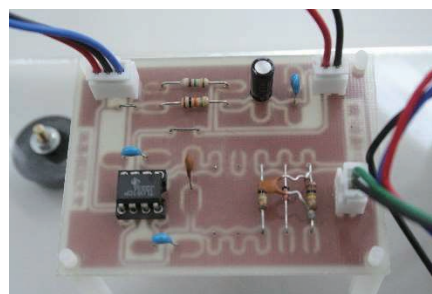


図 5 受光回路

また、光学系の機器には、ソーラボジャパンの光学システムを利用している。機能は、射出されたレーザーを直接受光と長さ 1km の光ファイバに入光するものにビームスプリッターを使って 2 分割する機能のみとし、後のメンテナンスが簡易になるようにしている。

4. まとめ

計測システムとして構成はできたが、完成に至っていない。改善すべき点は以下の点である。

1. 水晶発振子の高速化 100MHz まで発振子が手に入る事が分かったので、より精度を上げる。
2. レーザー用のドライブ信号の高速化 直接オシロスコープで 2 つの光の時間差を見るためには、パルス幅を 0.1 μ s 程度にする必要がある。
3. 受光部のオペアンプ回路の再設計し、高速コンパレータの導入をおこなう。
4. 光学系の部品の位置がずれないように容易に持ち運べるように、システム全体を透明のケースに入れる。

5. 謝辞

この課題を製作するに当たり、このテーマを選択して総合制作課題実習として半年間取り組んでくれた当科の卒業生である中橋幹貴くん、辻坂翔輝くんに感謝申し上げます。

文献

- [1] 霜田光一: "歴史を変えた物理実験", 丸善出版, 2017
- [2] 中橋幹貴, 辻坂翔輝: 近畿職業能力開発大学校電子情報技術科個人報告書, 2022

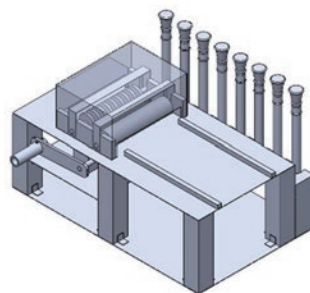
(2023 年 10 月 23 日提出)

2022（令和4）年度専門課程総合制作実習概要

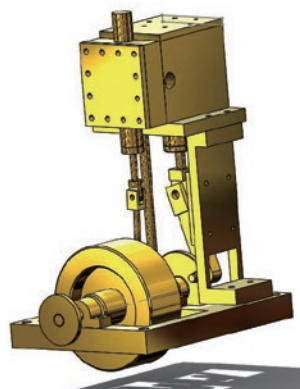
※「学生」欄で附属校の記載があるところは附属校所属の学生である。
それ以外は近畿職業能力開発大学校本校所属の学生である。

<生産技術科>

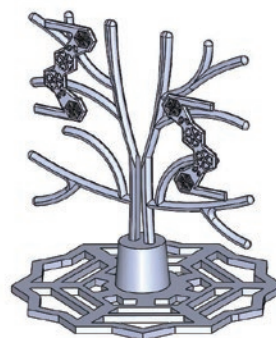
テーマ名	空気圧を利用した楽器の製作		
学生	國金 魁人, 佐藤 海夢, 藤島 優	指導教員	野田 充大
概要	空気圧を利用した手回しオルガンと手作り笛を制作した。手回しオルガンはコアとなる鍵盤、フイゴ、笛、ローラー部、空気タンクで構成されている。フイゴで生み出された空気が空気タンクに貯蔵され、順次笛に流入される。手回しオルガン用の穴が開いた楽譜をローラーにて鍵盤に送り込む。楽譜に押された鍵盤は空気の流れを遮断する。逆に楽譜に押されていない部分は鍵盤が抑え込まれない為、空気が笛へと流れ、音が鳴る。その為、楽譜通りの音楽を奏でることができる。もう一つの笛に関しては子供でも作成できるように手順書を制作し、子供向けのものづくり教室にて使用できるような笛を考えた。		



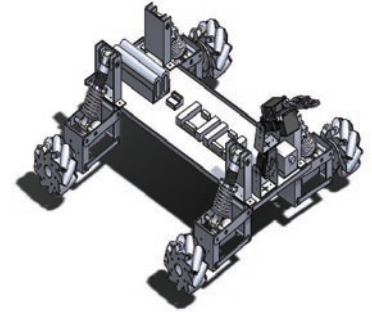
テーマ名	空気エンジンの制作		
学生	城代 兼嗣, 長岡 大徳, 姥 実貴雄	指導教員	姉崎 晶久
概要	実際に動いている製品から機構や構造を観察することでメカニズムの理解が進むと考え、実際に蒸気エンジンを分解し、空気で動くエンジンに設計をした。部品をそのまま再現することが難しいものは、材質の変更や学校の工作機械に合わせて設計と加工工程を考えてモデルとした蒸気エンジンと同じ動きをする機構を完成させる。蒸気エンジンを空気で動かしたときの圧力と制作したエンジンを動かしたときの圧力の差を見て評価する。		



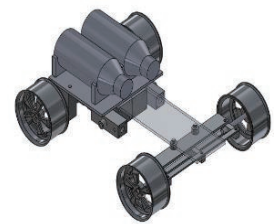
テーマ名	低融点金属による鋳造品の製作		
学生	川畑 茜, 藤原 芳樹, 松本 健吾	指導教員	梅田 良範
概要	当校のカリキュラムでは学ぶことのない鋳造についての技術を、総合制作実習を通じ学ぶこととした。今回、各個人ごとに別々の作品を製作することとし、「アクセサリースタンド」、「小物入れ」、「イヤークフ」をそれぞれ製作することとした。使用する材料は鋳造後に自在に変形させることのできる性質を有する純錫を用いた。製品設計には、三次元 CAD を用いて、鋳造型は 3D プリンターで造形した樹脂型とした。鋳造法案の検討には、湯流れ・凝固解析システム(JSCAST)を活用して、鋳造欠陥の発生予測を行い、鋳造欠陥のない鋳物製品の作成に取り組んだ。		



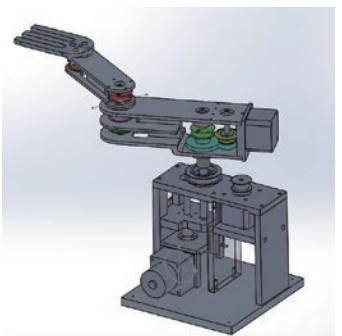
テーマ名	ロボットハンド機構を取り付けた全方向に移動する装置の開発		
学生	原口 直輝, 中井 陸, 森 優心	指導教員	來住 裕
概要	サスペンション付きのメカナムホイールを利用しロボットハンドを搭載した全方向移動型ロボットを製作した。本体を視認せず操作できるように、Wi-Fi を利用して画面を携帯などで確認して操作できる全方向移動型ロボットとなっている。また、ロボットハンド機構を取り付けることにより物を掴んで運んだりする作業を行うことができる。本体の移動、ロボアームの動きはすべて遠隔操作で操作することができるようになっている。 したがって、携帯に送られた画像を見ながら 8ch の送信機により操作ができるようになっている。		



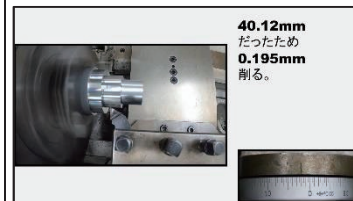
テーマ名	エアエンジンカーの製作		
学生	多賀 優希, 小名川 車希, 谷上 優誠	指導教員	松下 圭
概要	今回、私達は当校のカリキュラムで学んだ「空圧」を用いたエアエンジンカーの制作を課題テーマとした。軽量化のため使用材料は主にアルミ合金(5000 系)を用いたが、一部の軸関連の部品等には SUS 等を使用して制作を行うこととした。 3 次元 CAD(SOLIDWORKS)でモデリングを行い、2 次元 CAD (AutoCAD)にて製図を行う。使用工作機械として、汎用旋盤、フライス盤、マシニングセンタ、タレットパンチ、シャーリング、レーザー加工機、ワイヤー放電加工機を使用して制作を行う。今回の課題テーマを通して「空圧」や「推進機構」への理解を深めると共に、素材や刃具の選定、加工工程及び切削条件の検討など機械加工への理解も深めることができた。		



テーマ名	平行運動機構を用いたアームの製作とシーケンス制御		
学生	山内 穰, 奥原 涼介, 西原 柊	指導教員	高橋 麗
概要	平行運動機構を用いたアームの製作に取り組んだ。部品のモデルを 3DCAD を用いて作成した後、購入部品の選定と加工する部品の決定し、加工する部品の図面を作成した。図面をもとに汎用機・NC 工作機械による加工と組立の実施するまでの一連の工程に取り組んだ。 さらに、押し釦スイッチやリミットスイッチを入力とし、DC モータを制御する PLC プログラムをシーケンス実習の復習として取り組む。		



テーマ名	動画教材作成		
学生	京都職業能力開発短期大学校 山田 将稀, 杉本 颯馬, 田村 優樹	指導教員	山本 衡 飯沼 俊貴
概要	本課題は、実習の動画教材である。動画にする実習は普通旋盤、ワイヤ放電加工機、二次元 CAD である。普通旋盤は、昨年度に安全点検などの旋盤に係る準備の動画から外径荒加工までの動画を作成してある。今年度は、普通旋盤の加工要素の動画から技能検定三級の動画を作成した。ワイヤ放電加工機では、実習で使用している機械の取扱いについての動画を作成した。二次元 CAD では、作図で使用する基本コマンドから編集の基本コマンドについての動画を作成した。 以上三つの実習動画教材を作成した。		



※普通旋盤の動画です。

テーマ名	デジアナ振り子時計の設計・製作		
学生	滋賀職業能力開発短期大学校 岡田 洋幸, 北村 翔太, 森田 真広	指導教員	小杉 実
概要	昨年度の「マイコンで振り子時計」の構造を参考にして、更に進化させるため、時報装置を取り付けたオリジナルな時計を新規に設計・製作することとした。力学の原点である「からくり」のメカニズムを学び、制御工学をも習得する。製作における最重要項目は、「時計として精度良く機能する」「Arduino 制御で動き、半永久的に動く」「時報装置(ベルを鳴らす)を取り付ける」「時間表示部をオリジナルなものとする」とした。「からくり」に透過型センサーを盛り込んだ「デジアナ振り子時計」を構築する。		



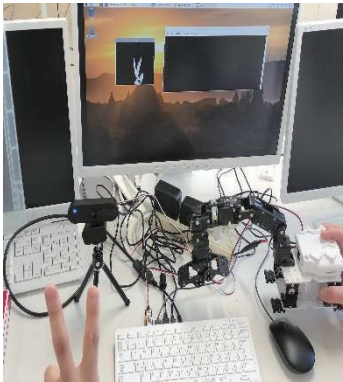
<電気エネルギー制御科>

テーマ名	二足歩行ロボット		
学生	田川 幹太, 太田 招希, 福富 琢仁, 池田 佑馬, 犬伏 真悟	指導教員	中川 章人
概要	本制作物は、Arduino を用いてサーボモータを制御し、二足歩行をするロボットを製作した。足に平行リンク機構を利用して、長さを揃えることにより、膝の部分では平行を維持しながら曲げることに成功した。本課題では、Arduino を使用することにより、プログラムの本質や知識、C 言語などへ理解を深め、二足歩行のロボットを製作した。		

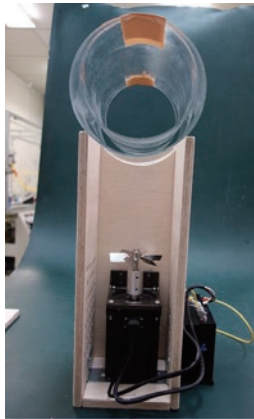


テーマ名	電動キックボード製作		
学生	浅井 宏介, 新井 幹也, 仲 聖	指導教員	岡田 卓也
概要	今回のテーマは前年度製作した電動キックボードの改良である。前年度は車両の重量が大きすぎる, 走行スピードの不足, トルク不足による停止, 防雨対策など課題が挙げられた。今年度はその課題を改善し目標速度 30km/h で安全に走行するキックボードの製作を目指す。 		

テーマ名	ライントレースドローンの制作		
学生	村井 一駿, 島内 悠人, 石川 大翔	指導教員	瀧本 雄一
概要	日本では, 少子高齢化が進んでおり, 電気保安人材の高齢化や電気保安分野への入職者も減少していることや, 台風や豪雨などの自然災害で太陽電池発電や風力発電の事故が増加している。このことから, ドローン等の自動化が求められている。そこで, 人が入れないような場所を走行ロボットのようにライントレースしながら自立航空できるドローンの製作をしたいと考えた。 私たちが制作したのは, ロープの画像をもとに色を抽出したラインにそって, 動くドローンである。 		

テーマ名	AI で指示するアームロボットの制作		
学生	小山 裕己, 沈 陽皓, 松木 大樹	指導教員	瀧本 雄一
概要	現在世界で多く活躍している, 産業用ロボット等は, あらかじめ決められたプログラム通りに動く, しかしこれらのロボットでは多彩多様な用途に対応できないため, AI を活用し人の動きに合わせて同じ動きができるアームロボットを制作の目標とした。 		

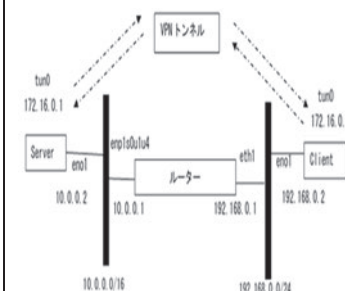
テーマ名	クレーンゲームの製作		
学生	日根野谷 陸斗, 田中 和也, 岡村 直哉	指導教員	岡田 卓也
概要	一般のゲームセンターに設置されているクレーンゲームは景品をアームでつかみ指定の位置までもっていく仕様が主流である。アームの強さや、景品の置き方、操作技術が景品獲得に大きく影響する。本作品はそういった技術的な因子を排除し、シンプルに磁力で遊べる仕様になっている。具体的にはアームの代わりに円筒形の電磁石を取り付け、対象物（パチンコ玉）を吸い上げ、狙いの穴に落下させる。その後、通過した箇所により当たりかはずれの判定を行う仕様となっている。		

テーマ名	羽なし扇風機の製作		
学生	蔵谷 紘大, 角晃 太郎, 辻野 登悟	指導教員	石川 大樹
概要	シーケンス制御やモータの配線など、これまでに学習した知識や技術を用いて羽なし扇風機の製作を行った。制御部と動作部の二部に分けて製作しており、制御部では、シーケンス制御でタイマ機能、二段階ロック機能、速度制御を行っている。また、動作部では、モータやプロペラを使用して風を発生させ、本体上部、アクリルチューブの間から風を放出することを可能にした。		

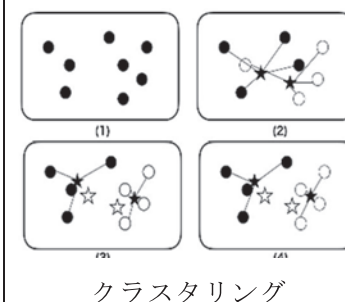
テーマ名	メダルゲームの製作		
学生	泉本 達也, 森田 昌也, 米田 侑加	指導教員	石川 大樹
概要	本製作では、アミューズメントマシンの製作という大きなテーマの中から、ゲームセンターにあるものを想定し、メダルゲームをテーマとして選択して、一から製作した。専門課程で学んだCAD、PLCを駆使し、外枠の設計・モータやスライダーの制御を行った。外枠はアルミフレームをベースとし、アルミ板やアクリル板を加工したものと一緒に合わせて製作した。また、Arduinoを用いてボーナスゲーム機能を製作した。ボーナスゲーム機能で当たりが出ると、払い出し部が動作することでメダルを払い出し、獲得しやすくなる。スライダーが前後に動作することによって、メダルを押し出し、手前にある穴に落ちるとメダル獲得となる。		

<電子情報技術科>

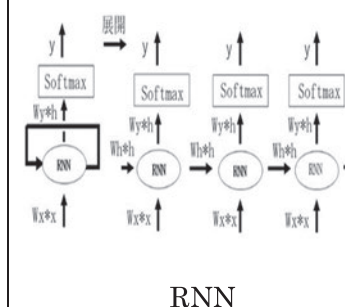
テーマ名	VPN 実験環境の構築		
学生	上田 隼士, 福西 将仁	指導教員	奥田 佳史
概要	インターネットを利用した仮想的な私的ネットワークであるVPN(Virtual Private Network)をオープンソースで構築することによって、製品レベルにはない汎用的な実験環境を実現する。これによって暗号方式、認証方式の違いによるパケットレベルでの動作を解析し、複雑な暗号化、認証、一貫性等の仕組みを完全に理解することが可能となった。OS には CentOS7, SSL-VPN には OpenSSL, IPsec-VPN には Strongswan を使用している。		



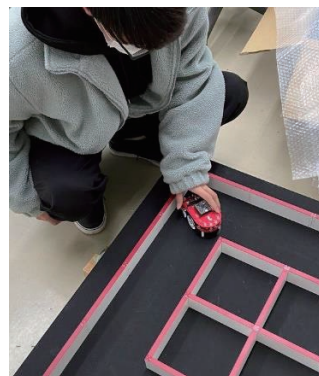
テーマ名	音楽ストリーミングサービスにおけるレコメンドプレイリストの作成		
学生	御前 政喜	指導教員	奥田 佳史
概要	Spotify は、世界中のクリエイターによる数千万もの音楽やポッドキャストが楽しめるデジタル配信サービスある。Spotify web API によって提供されている各曲のパラメータをもとにクラスタリングを行い、所属するクラスを検索し、それをもとにしたレコメンドプレイリストの制作を試みる。使用したパラメータは、踊り易さ、アコースティック感、曲の激しさ、人気度等を用いた。対象となる曲数は1万曲程度を想定している。		



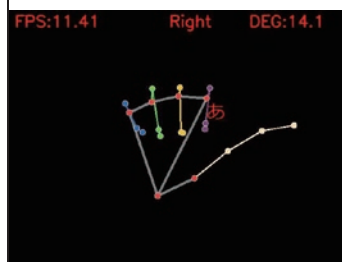
テーマ名	アテンションを利用した楽曲の自動生成		
学生	本田 龍哉, 山本 聖留	指導教員	奥田 佳史
概要	既存の時系列データから、新しい時系列データを生成することができる RNN モデルを利用して、過去の偉大な作曲家の音楽データから、新しい音楽データの生成を目標としている。学習データにはバッハの単旋律メロディ曲を使用し、ディープラーニングの学習手法を用いてアテンション付き再帰型ニューラルネットワークのパラメータを決定した。これによりバッハの楽譜構造を統計的に解読したことになり、最初の短いフレーズを与えると続くメロディが推論機構によりバッハ風の曲が統計情報を利用して作曲される。実際のデモ曲でバッハのニュアンスが新曲においても再現されているかを是非皆様の耳で確認して頂ければと思います。		



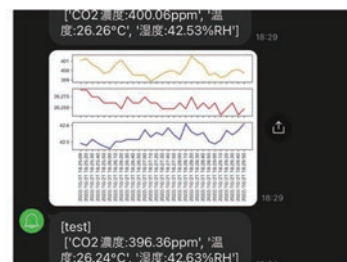
テーマ名	マイクロマウスの製作		
学生	笠中 滉矢, 多田 龍冴, 西川 優翔, 松本 晃大	指導教員	末富 暢
概要	マイクロマウスクラシック競技規定に則った走行ロボット及び走行プログラムの製作を行った。マイクロマウス競技は小型の走行ロボットが迷路を走り抜ける速さを競うものである。世界最古のロボット競技で 40 年の歴史を持っている。大きな特徴として、走行ロボットは迷路の経路情報を保持しておらず、走行しながら経路情報を取得している。 この課題ではモータ、センサやマイコンを搭載する走行ロボットを製作し、迷路を探索し走行するプログラムを実装する。実装した結果である安定度を向上させた走行と、迷路探索の結果を展示する。		



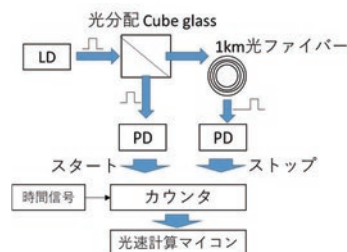
テーマ名	MediaPipe を用いた指文字認識		
学生	田中 琳大	指導教員	新山 亘
概要	近年聴覚障害者へ向けたコミュニケーション技術の研究は以前より行われており、機械学習による手話認識や指文字認識の研究も行われている。本テーマでは、指文字認識を目的として MediaPipe を採用した。MediaPipe とは Google 社が提供するオープンソースの機械学習ソリューションである。手の骨格推定をするソリューションである MediaPipe Hands 及び OpenCV を使用し、認識した指文字をカメラに文字表示している。手の角度と指の曲がり角度を取得することで、類似した指文字に対応できる。		



テーマ名	室内環境モニタリング通知システムの製作		
学生	辻野 友彦	指導教員	新山 亘
概要	昨今の衛生観念の高まりや室内で過ごす時間の増加より室内環境を意識することが多くなった。そこで RaspberryPi と各種センサーモジュールを使って室内の環境データを取得・集積し、一定時間ごとにグラフ化し、定期的に通信機器等に通知するシステムを製作した。測定した CO2 濃度や温度・湿度のデータは、空気の換気状況の確認や熱中症の警戒などに利用できる。更にこのシステムをローカルなネットワーク環境でも使用できるようにサーバーを構築し、簡易的なセンサーネットワークを構築した。		



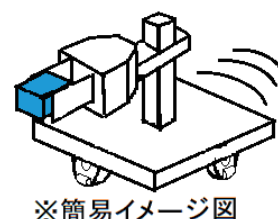
テーマ名	光の速度測定装置の製作		
学生	辻坂 翔輝, 中橋 幹貴	指導教員	大久保 欣哉
概要	$3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ として知られている光の速度を実際に 1Km のシングルモード光ファイバーを用いて, 光源 (レーザダイオード: LD) からの直接入光と光ファイバーを通した後センサ (フォトダイオード: PD) に入光する光の時間差を利用して, 光速の測定を行う. 光源には, 一般に光通信で使用されることが多い波長 1310nm 赤外線レーザを用いている. 時間差の測定には, 計算・表示を行うマイコン用の発振子とは別に 50MHz 発振回路とカウンタを使用している. これによりマイコンへは経過時間のみが入力されることになり, 時間差の測定が CPU の負荷に影響されないようにしている. レーザなどの光学系は, わかりやすいようにテストベンチ上に構成している.		



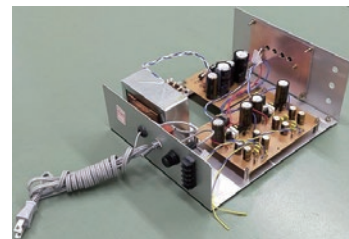
テーマ名	Z i g B E Eを用いたリモコンサッカーロボットの製作		
学生	井阪 洸大, 大川 誠陽, 金田 宙大, 川村 真生, 佐井 祥一, 森下 陽平, 安枝 誠悟	指導教員	大久保欣哉 末富 暢 モンゴメリー 露伊エリクス
概要	Z i g B E E無線通信規格に準じたモジュールを使用してリモコンサッカーロボットの製作を行った. この課題は, ロボカップジュニアのサッカー競技として実施されているレギュレーションを参考にし, 自立型から遠隔制御型に変更したものである. このロボットは, 一度授業にて指示通りに電子回路基板, ボティ製作をして, 組み上げて競技を行ったものをもう一度見直して, アクチュエータ, センサなど選択し, 新規設計をして製作されたものである. 7名の学生が, それぞれ自分で考え, 独自性のあるロボットを製作している. 参考のために授業で製作したものと並べて展示を行っている.		



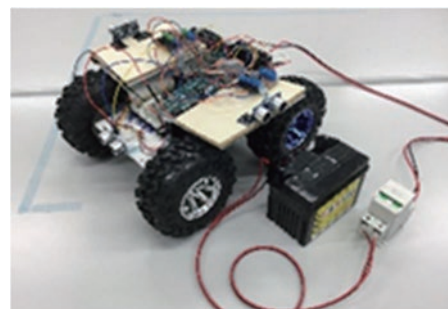
テーマ名	Arudino UNO を用いた移動式ロボット製作		
学生	大北 遥斗, 嶋 慶士, 田嶋 晴明	指導教員	モンゴメリー 露伊エリクス
概要	本製作物は, 若年者モノづくり競技大会の種目である「ロボットソフト組込み」で使用するロボット, または競技課題をこなすことが出来るロボットの製作を目指したものである. 「ロボットソフト組込み」では, 指定のロボット用コントローラである NI (ナショナルインスツルメント) 製の myRIO を用いて, 簡易イメージ図にあるような「移動」や「ワークの運搬」等の動作を駆使して課題をこなす必要がある. 今回は課題初年度ということもあり, myRIO を取り扱うことが難しいため, Arudino UNO を用いて, まずは「移動」と「ワークの運搬」を行うことができるロボットの製作に取り組んだ. 今後の取り組みでは, 本製作物をベースとして myRIO を用いたロボット製作を行うことも検討している.		



テーマ名	ディスクリート部品で構成するデジタルオーディオアンプの製作		
学生	京都職業能力開発短期大学校 伊藤 優希, 表 尚樹, 下地 貴己, 長田 蒼生	指導教員	池田 雅和
概要	ディスクリート部品によるアナログオーディオアンプの自作事例は多いが, デジタルオーディオアンプの自作事例は少ない. そこで, 原理を理解するためにディスクリート部品の寄せ集めでデジタルオーディオアンプを作り, どんな音が出るのか, また, 自作する上でどこに課題があるのかを調べてみることにした. 製作物はオペアンプを用いたデルタシグマ変調器による AD 変換回路, ハーフブリッジによる電力増幅回路, および LR フィルタによる DA 変換回路で構成し, 音楽プレーヤのアナログ出力を増幅し 8Ω のスピーカを駆動する.		

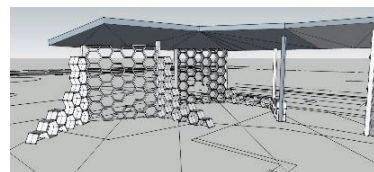


テーマ名	AGV の開発		
学生	滋賀職業能力開発短期大学校 伊丹 滉, 下村 優大, 竹脇 淳平, 山口 陽豊	指導教員	成田 義也
概要	ライン等ではなく, 自律走行で目的地に移動することが可能な, 自律走行車体の開発. 車体の開発については, 若年者ものづくり競技会の車体仕様に基づき, ベースとなる車体部分の設計製作を試みた.		



<住居環境科>

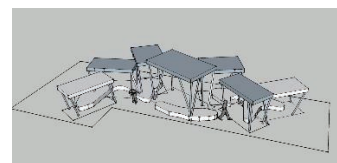
テーマ名	学生向けコンペティション参加による卒業設計～Growing UP～		
学生	一色 果乃 坂口 大斗	指導教員	前田 由佳 村岡 寛
概要	総合制作実習では, 「あすなる夢建築 大阪府公共建設設計コンクール」のコンペティションに取り組んだ. テーマは住之江公園の休憩所の設計である. コンセプトは, 植物を通してコミュニケーションをはぐくみ, 時間を忘れさせることのできる空間である. 休憩所は, ただ休憩や植物をながめるだけではなく, 植物を育てるところから収穫までを楽しめる休憩所となっている. 現地調査を通してベンチの配置をこだわり, どのベンチに座っても植物を楽しめるよう棚を設けるような計画にした. 屋根の部分をつたで覆うことで空間を崩さずに日陰を作っている.		



テーマ名	学生向けコンペティション参加による卒業設計～知る休憩所～		
学生	齊藤 あいる 橋本 奈美	指導教員	前田 由佳 村岡 寛
概要	「あすなろ夢建築 大阪府共同建築設計コンクール」のコンペティションを通して、設計のコンセプトの立案方法や計画の考え方を知り、提出課題を作成・応募までの一連の流れを学ぶ。様々な世代が行きかうこの住之江公園で自然に人を引き寄せ、クローズ空間とオープン空間の融合で「知る」をコンセプトとした休憩所を作成する。また日常の空間を切り取り、非日常を味わうことで新たな発見を生み出す。花と緑があふれる都会のオアシスというテーマに沿って、コスト、環境への配慮、周りのモニュメントのデザインや数十種類にも及ぶ植物の景観なども考慮しながら計画する。現地調査を行ったうえで、住之江公園の活性化につながるような休憩所の提案を考え設計した。		



テーマ名	学生向けコンペティション参加による卒業設計～つなぐ休憩所～		
学生	田中 創雲	指導教員	前田 由佳 村岡 寛
概要	「あすなろ夢建築 大阪府公共建築設計コンクール」のコンペティションを通して、設計のコンセプト立案方法や計画の考え方を知り、提出課題を作成・応募までの一連の流れを学ぶ。実施設計として休憩所の求められる形を考案し、且つ、計画地である「花と緑のスクエア」の景観を崩さないような形を考案する。現地調査を行ったうえで、住之江公園全体の活性化につながるような休憩所の提案を考え設計する。調査の結果をもとに休憩所のターゲット層、デザイン、コンセプト等を考えた。		

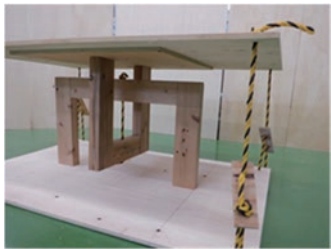


テーマ名	ガゼボの制作		
学生	川原 明稀, 田中 隼, 畠山 陸, 平野 美玖 松下 大貴, 南野 覚我, 山本 翔太, 行 柊眞	指導教員	中川 詠子 廣澤 幸清
概要	ガゼボとは、西洋風の東屋のことで、休憩・装飾のために庭園や広場に置かれる建築物の一つである。本制作では「風景のアクセントになる休憩所」をコンセプトとし、周囲の雰囲気に合った温かみのある木造の休憩所を建設する。外観はシンプルに見せることができ、構造が複雑になる六角屋根とした。本実習を通して建物の設計・模型製作・コンクリート調合・木材の加工・組立技術を総合的に学び、知識・技術の向上を目指した。		



テーマ名	竹の強度特性と竹灯籠の制作・施工		
学生	滋賀職業能力開発短期大学校 菊本 連, 橋部 寿大, 山川 広翔, 馬越 琴音, 加藤 棕一, 吉村 武流	指導教員	定成 政憲 平 祐太
概要	全国では放置竹林が問題になっている。そこで、近江八幡の地元の竹を用いて制作物を「八幡堀まつり」に展示し、竹材の新たな活用と地域企業ならびに訪れた市民の皆さんへ竹材について理解を深めてもらう。制作物を通して多くの人たちに竹害や竹材への関心を深めてもらうなかで制作物を通して当校の地域アピールの場となる。		

テーマ名	ドーム型スクリーンの制作		
学生	近藤 悠馬, 山東 勇輝, 下村 勇太, 高倉 慎	指導教員	坂下 哲也
概要	プロジェクション VR を行う目的で、ドーム型スクリーンおよび投影する映像を制作した。 VR というと HMD を装着して体験するものを想像するのに対し、プロジェクション VR は、映像を周りの壁や床に投影することで VR 体験しようとするものである。HMD 装着の煩わしさがなく、同じ映像による多人数での体験が可能であるため、建築を含め様々な業界での活用が期待されている。ドーム型スクリーンであれば、壁や床への投影に比較し、像の歪みの少ない臨場感のある VR 体験ができると考え、制作に至った。 ドーム構造には、ジオデシック・ドームを採用した。紙管を 3D プリンタで出力したジョイントで繋ぎ合わせたフレームに、縫製したスクリーンを括りつけた。		

テーマ名	浮いているテーブルの制作		
学生	長尾 海生	指導教員	山内 元成
概要	今回の総合制作実習でテンセグリティのテーブルを製作した。テンセグリティは、圧縮材を組み合わせた構造物とは異なり、引張力によって構造を保持している。そのため、一部に力が加わったときに、構造物がたわむことで衝撃を緩和させることもできる。このテーブルの制作にあたり、試作の段階から引っ張り力を担う四隅のロープの長さを調整することなどいろいろと苦戦したが、完成時には大きな達成感を得ることができた。テンセグリティ構造は、一般的には広く普及していないものと認識しており、自分自身もこの構造について学びながら楽しく、制作に取り組むことができた。今後、この構造に対しての知識を深めていきたいと考えている。		

テーマ名	個室的な椅子の制作		
学生	寺岡 龍之介	指導教員	山内 元成
概要	今回制作した作品は、タイトルの通り「個室感」にこだわりを持って制作を進めた。使用用途はパソコン作業などの事務作業と、読書やゲームなどの趣味の時間などを想定している。閉鎖的な空間は、元来一定数の嗜好があったが、コロナ禍以降、在宅勤務の増加やオンラン会議の普及などにより、そのニーズは拡大しているものと考えられる。座面等の寸法設定は人間工学に基づき、多くの人にとって使い心地のより良いものとなるよう目指した。また、立ち座りやすさとの兼ね合いから、机の大きさについては、特に慎重に検討を重ねた。その結果、作業性を高めるために、机の奥行きを深めに設定し、机部分を折りたたみ式とした。さらに、座面と机の角を取ることで、立ち座りやすさへの配慮を行っている。		

テーマ名	ブランコの揺らぎ効果でデスクワークに安らぎを		
学生	小林 勇輝	指導教員	山内 元成
概要	日本では他の国に比べて、椅子に座っている時間が長いと言われている。また座り続けることは、人の身体に大きな影響を与えることが分かってきている。今回の提案は、デスクワークによる心身への負担を軽減させるためのブランコ付きの机である。椅子には紐を通してハンモックのように腰から背中が、包み込まれ、沈むこむようになっている。机と椅子の高さは日本の男女の平均身長に合わせて設計した。デザインは、金属の露出を最小限に留め、出来るだけ自然の温もりを感じられるように WOOD 感が出るようにした。机には折りたたみ機能を搭載しており、折りたたむことによってブランコの可動域を拡大させることができ、遊びを楽しむことができる。私はこのブランコを利用することで仕事でのかすかな癒しや身体への負担の軽減に繋がればいいと考えている。		

テーマ名	折りたたみ式肘置き付き椅子の制作		
学生	山田 竜大	指導教員	山内 元成
概要	総合制作実習において、家での休息の時間をよりリラックスすることの出来る椅子の制作に取り組んだ。この椅子を作る理由としては、日本の高齢化、コロナによるキャンプやグランピングの需要の増加に重点をおいた。まず初めにデザインの検討に取り組んだ。インターネットで様々な椅子を見てそれを参考に、段ボールを用いて椅子の座面の形状や高さ、座面と背もたれの角度の関係について検討を行った。次に、合板の廃材を用いて実寸大の模型を作った。この試作の段階で、背もたれの角度・座面の角度や肘置き取り付け位置や角度の検討を行った。中間発表が終わってから、試作品により椅子の構造や、軽量化、細かい形状の検討などを行ってきた。本制作では、オイルフィニッシュを用いて木材の保護を期待している。		

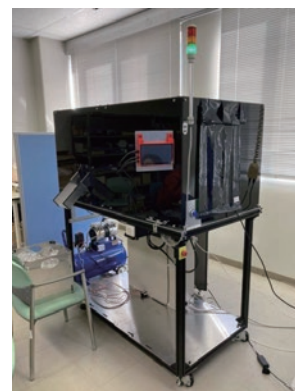
2022（令和4）年度応用課程開発課題実習概要

<生産システム技術系>

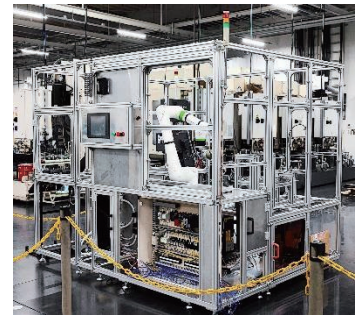
テーマ名	自走型工程間搬送システムの開発		
学生	生産機械システム技術科 亀迫 信吾, 民秋 優馬, 戸田 龍樹, 山根 佑介, 山元 慶一郎, 生産電気システム技術科 奥村 彩花, 黒田 純太, 畠山 公成, 宮内 友也, 連 大翔, 生産電子情報システム技術科 鏡宮 夕維, 倉橋 柊美聖, 佐々木 優海, 濱口 啓, 山崎 佑太, 山下 桐也	指導教員	江口 藤良 中島 英一 大山 有利
概要	工場の生産ラインはその敷地や製品, 工程などによりレイアウトが異なるため, 生産ラインに合わせて柔軟にレイアウトを変更できる搬送システムを提供したいという企業ニーズがあった. これを受けて開発した本機は, 5kg までのコンテナを積載して各工程の作業位置まで適切に搬送し, 作業終了後に任意のタイミングで搬出できる生産ライン用搬送システムである. 搬送用車両の自動運転を行う制御装置を備えており, 搬送用車両への電源供給にはレールからの接触式給電を採用して昼夜連続運転可能な設計としている. 今年度は, (1)直線レール, (2)停止位置用レール, (3)曲線レール, (4)分岐レールからなる搬送ライン(総延長約 10.6m)と搬送用車両 1 台を開発した.		



テーマ名	鋳物部品の種別判別および仕分け装置の開発		
学生	生産機械システム技術科 井上 航, 木寺 琉人, 迫 宇宙, 山田 竜也, 原田 悠一郎, 池田 玲亜, 生産電気システム技術科 田中 高彬, 野田 弦輝, 山田 晃佑, 生産電子情報システム技術科 青木 隆真, 川崎 凌, 澤 巧, 寺井 栞, 横田 健誠	指導教員	紺野 伸顕 清水 隆之 藤井 昌之
概要	本課題は株式会社センシュア様より提供された, 鋳物部品の検査を補助する装置である. 本開発で対象とする鋳造部品(以下ワークと呼ぶ)の検査は, 全て人の手によって行われており, 作業者の負担が大きい. このことから, 本開発では人による検査の手前で一定のスクリーニングを行い, 不良品の一部や間違ったワークを除外することにより検査コストの低減を図ることとした. 本装置は, 形の似たワークの判別, 大きなキズの判別をカメラで撮影した画像から判断し, 不良品の回収が行える機能を有する.		

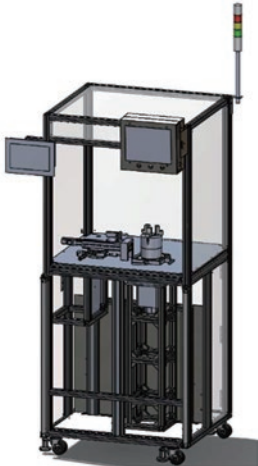


テーマ名	ロボットを用いたギアケース製造支援システムの開発		
学生	生産機械システム技術科 片桐 太一, 小畠 貴之, 柴田 倫太朗, 森永 海意 生産電気システム技術科 石川 太一, 石黒 孝喜, 右近 望武野, 増田 大貴 生産電子情報システム技術科 長田 聖樹, 中山 淳太, 林 厚樹, 松井 孝祐, 松尾 龍昇, 山本 魁	指導教員	宮武 正勝 天野 隆 庄林 雅了
概要	本課題では、産業用ロボットを使用した、生産ラインをシミュレーションする支援システムの製作を行った。株式会社イケ様の要望により工作機械の使用を想定したロボット動作シミュレーションとギアケースに対応した新規ロボットハンドの製作を目標とした。製作物としては、3種類のギアケースを把持できるロボットハンド、エアノズルを使用した清掃システムの製作、加工漏れ・加工ミスを画像判別での良否判定システムの製作を行った。展示では、良否判定システムのみでの展示を行う。成果物全体の動作は、ディスプレイで動画を流す予定である。		



テーマ名	農業機械の電動化		
学生	生産機械システム技術科 池田 浩樹, 坂井 裕哉, 宮之原 帆伽, 吉田 壮汰 生産電気システム技術科 一色 皓心, 総田 海斗, 北垣 貴健, 源埜 央人 生産電子情報システム技術科 奥田 雄大, 小山 慎之介, 女良畑 慎吾, 十川 流也, 寺田 捷斗, 山本 悠喜	指導教員	久保 幸夫 田中 倫之 上間 豊久
概要	本テーマは株式会社 EIWAT 様と共同で耕運機の電動化を行う。今年で2年目の課題である。昨年は仕様を満たす耕運機の電動化ができなかったため、再度設計し電動化を行った。今年の耕運機は手動操作と遠隔操作を切り替えることができ、その両方で感覚的に操作を行うことができる。また作業者の畝たて時の負担を減らすために直進アシスト機能を有している。搭載されるバッテリーは再生可能エネルギーである太陽光で充電できる仕様である。太陽光で充電するため農場管理ステーションを新たに設計・製作した。また、農場管理ステーション内には、畑の状態を確認するために現地の天候データやカメラ映像を、タブレット等の端末やネットワーク上で確認することを可能としている。		



テーマ名	CastAlloy の形状寸法精密測定機の開発		
学生	生産機械システム技術科 一ノ瀬 寛規, 佐々木 賢流, 谷口 風悟, 吉澤 慶司, 吉松 迅 生産電気システム技術科 泉本 博孝, 川村 将生, 林岳 冬, 松川 公政 生産電子情報システム技術科 倉橋 侑也, 糺 利空, 俵 健, 戸根 隆則, 堀内 勇輝範	指導教員	佐藤 桂 矢口 博道 武川 肇
概要	本テーマは株式会社エナテックから依頼を受けたものである。前輪車軸カバー(以下ワーク)の外径寸法測定値がばらつく原因究明とその解決を目的とする。今年度の目的は、原因究明の手掛かり発見のために、ワークの外径寸法の自動測定と、その形状を可視化する装置を開発することである。本装置の外径寸法の測定方法は、変位センサを使用して、ワークの半径値を 120 点取得した後、温度による測定値の影響を補正し、直径値を算出する方法で測定を行う。装置の動作制御は PLC で行い、直径値の算出や形状の可視化、良否判定などを FPGA で行う。		

<建築施工システム技術科>

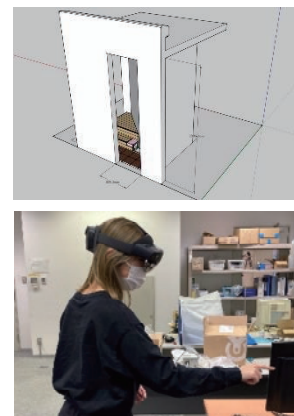
テーマ名	木材需要の拡大に向けた省労務型合理化木質構造建築物の開発		
学生	今嶋 健太, 岸川 拓未, 濱野 恵太, 又吉 瀬南, 村岡 昂陽	指導教員	松岡 亘
概要	本開発は、アローテックジャパン株式会社ならびに日本大学生産工学部建築工学科と共同で木材の需要拡大に向けた省労務型合理化木質構造建築物の新構法「タフネスウッドシステム」の開発を5ヵ年計画で行うものである。「タフネスウッドシステム」は、前身となる「アロー5構法」をベースに、スパン等の変更に対しての適応力向上や構造材の経年劣化に伴うメンテナンス性向上を図り、省労務で合理化された木質構造建築物の開発を目的としている。今年度は、5ヵ年計画の初年度のため、新構法の基本構想として、鉄骨構造のように、空間をユニット化し、各ユニットを柱ピース・梁ピースなどピース化することとした。この基本構想を3Dモデルによる検討を経て図面を作成し、作成した図面をもとに1/4模型を作製した。		



テーマ名	伝統的木造建築物の構造性能の向上に関する実験的研究		
学生	斉藤 大貴, 住之江 拓哉, 中澤 陽亮, 原田 海斗, 藤川 丈	指導教員	宇都宮 直樹
概要	本研究は、社寺建築物における貫の構造要素が木造軸組架構の荷重変形角関係に及ぼす影響を実大実験にて確認し、解析ソフトにてモデル化の妥当性を検証する。さらに、実験後の試験体を、震災後の社寺建築物の軸組架構と想定して適切な補強を行うことによって、構造性能を回復又は向上させることを目的とする。木造軸組架構は頭貫、内法貫、足固め貫、柱で構成されている。鉛直軸力をパラメータとした架構体の静的載荷実験を実施し、荷重変形角関係を把握する。平面解析モデルを構築し、静的増分解析を行い、実験結果との比較から妥当性を検証する。		



テーマ名	BIM 活用による標準カリキュラムの理解度向上のための教材開発		
学生	吾郷 翔大, 伊東 准平, 加藤 来夢, 吉田 千倅, 和田 歩	指導教員	村岡 寛
概要	我が国では、人口減少時代を迎える中、労働者の減少を上回る生産性を向上させることで経済成長を実現する「生産性革命」を建設現場でも目指すため、「i-Construction」の下、BIM の活用が推進されている。 本研究では、本校の標準カリキュラムにおいて、BIM を活用した授業の展開を想定しつつ、BIM 活用によって学生の既有知識のレベル向上が図られるかどうかを検証する。また本研究は、教育的場面での BIM 活用方法について試行する実験でもある。まずは、現在の建設業における施工 BIM 段階での活用実績が多いデジタルモックアップ (DMU) の作成に挑戦し、それを教材として行う。		



テーマ名	ディスプレイスタンドの耐震性能と強度に関する実験的研究		
学生	国仲 宏夏, 立石 偉巨, 田仲 舞鈴, 仲底 駿吾, 野坂 柊揮, 浜比嘉 万鈴	指導教員	新垣 忠志
概要	本テーマは,ハヤミ工産(株)との共同研究として実施するものである. ハヤミ工産は,機能性組紐を扱う「ハミロン事業部」と,オリジナルブランドの AV ファニチャーを扱う「ハミレックス事業部」を主な事業とするメーカーである.今回の開発課題では,後者のハミレックス事業部で生産している「ディスプレイスタンド」の振動試験と強度試験を行い,その性能を確認することを目的としている.		



テーマ名	振動台による木造模型の実験的研究		
学生	片長 一矢, 久保 壮思, 長尾 勇太, 溝渕 麟, 山本 龍志	指導教員	西山 正憲
概要	本研究は, 応答解析ソフトを用いて, 実大の木造建築物(実大モデル)と力学的相似則に基づいた 1/5 縮小模型(模型モデル)の地震応答解析の評価を行うことによって力学的縮小模型の応答解析への適用を確認する. 更に, 模型モデルを製作し振動台実験を行うことによって, 模型モデルの振動台実験への有効性の確認する. 模型モデルは振動台実験試験体を用いることを前提に仕様を決定した. そのため模型モデルサイズを検討した後に実大モデルを検討した. モデル試験体は, 平屋建ての簡素な空間とした. 実験にて加振した際に挙動が把握しやすくするためである. また, 模型製作時の加工精度による不具合も出現しにくいと考えたためである. 模型モデルのサイズは, 振動台に設置できる範囲と保管できる範囲の兼ね合いで決定した.		



2022（令和4）年度における表彰等

第32回「あすなろ夢建築」大阪府公共建築設計コンクールにおける表彰

佳作 住居環境科 一色 果乃, 阪口 大斗, 田中 創雲

第60回「技能五輪全国大会」参加

参加職種 電子回路組立て 電子情報技術科 中橋 幹貴

第17回「若年者ものづくり競技大会」参加

参加職種 電子回路組立て 電子情報技術科 辻坂 翔輝

近畿ポリテクビジョン2023年度における表彰

① 応用課程 最優秀発表賞：生産電子情報システム技術科 寺井 栞

② 専門課程 最優秀発表賞：電気エネルギー制御科 米田 侑加

③ 専門課程 最優秀発表賞：住居環境科 山本 翔太

④ 応用課程 最優秀発表賞：建築施工システム技術科 岸川 拓未

⑤ 応用課程 最優秀作品賞：農業機械の電動化

制作者：池田 浩樹, 坂井 裕哉, 宮之原 帆伽, 吉田 壮汰, 一色 皓心,
総田 海斗, 北垣 貴健, 源埜 央人, 奥田 雄大, 小山 慎之介,
女良畑 慎吾, 十川 流也, 寺田 捷斗, 山本 悠喜

指導教員：久保 幸夫, 田中 倫之, 上間 豊久

⑥ 専門課程 最優秀作品賞：電気エネルギー制御科 メダルゲームの製作

制作者：泉本 達也, 森田 昌也, 米田 侑加

指導教員：石川 大樹

⑦ 専門課程 最優秀作品賞：滋賀職業能力開発短期大学校 住居環境科

竹の強度特性と竹灯籠の製作・施工

制作者：菊本 連, 橋部 寿大, 山川 広翔, 馬越 琴音, 加藤 椋一, 吉村 武流
指導教員：定成 政憲, 平 祐太

⑧ 専門課程 優秀発表賞：生産技術科 山内 穰, 西原 柊

⑨ 専門課程 優秀発表賞：京都職業能力開発短期大学校 電子情報技術科 表 尚樹, 長田 蒼生

⑩ 応用課程 優秀発表賞：生産機械システム技術科 吉澤 慶司

⑪ 専門課程 優秀発表賞：滋賀職業能力開発短期大学校 生産技術科 岡田 洋幸, 北村 翔太,
森田 真広

⑫ 専門課程 優秀発表賞：滋賀職業能力開発短期大学校 住居環境科 馬越 琴音, 加藤 椋一,
吉村 武流

⑬ 応用課程 優秀作品賞：自走型工程間搬送システムの開発

制作者：亀迫 信吾, 民秋 優馬, 戸田 龍樹, 山根 佑介, 山元 慶一郎,
奥村 彩花, 黒田 純太, 畠山 公成, 宮内 友也, 連 大翔, 鏡宮 夕維,
倉橋 柊美聖, 佐々木 優海, 濱口 啓, 山崎 佑太, 山下 桐也
指導教官：江口 藤良, 中島 英一, 大山 有利

- ⑭ 専門課程 優秀作品賞：生産技術科 空気エンジンの制作
 制作者：城代 兼嗣, 長岡 大徳, 姥 実貴雄
 指導教官：姉崎 晶久
- ⑮ 専門課程 優秀作品賞：住居環境科 ドーム型スクリーンの制作
 制作者：近藤 悠馬, 山東 勇輝, 下村 勇太, 高倉 慎
 指導教官：坂下 哲也
- ⑯ 専門課程 優秀作品賞：住居環境科 浮いているテーブルの制作
 制作者：長尾 海生
 指導教官：山内 元成

修了式における表彰

- | | | | |
|--------|------|---------------|--------|
| ① 大学校賞 | 専門課程 | 電気エネルギー制御科 | 森田 昌也 |
| | | 電子情報技術科 | 中橋 幹貴 |
| | | 住居環境科 | 一色 果乃 |
| | 応用課程 | 生産機械システム技術科 | 民秋 優馬 |
| | | 生産電気システム技術科 | 一色 皓心 |
| | | | |
| ② 優秀賞 | 専門課程 | 生産技術科 | 小名川 車希 |
| | | 電気エネルギー制御科 | 米田 侑加 |
| | | 電子情報技術科 | 中橋 幹貴 |
| | | 住居環境科 | 畠山 陸 |
| | 応用課程 | 生産機械システム技術科 | 吉田 壮汰 |
| | | 生産電気システム技術科 | 田中 高彬 |
| | | 生産電子情報システム技術科 | 澤 巧 |
| | | 建築施工システム技術科 | 原田 海斗 |

近畿職業能力開発大学校ジャーナル編集委員会

委員長 北條 正樹 (校長)
多井作 和郎 (副校長)
塚本 文彦 (能力開発統括部長)
椎葉 彰 (学務課長)
紺野 伸顕 (機械系)
天野 隆 (電気系)
武川 肇 (電子情報系)
新垣 忠志 (建築系)
山口 雅史 (援助計画課)
後藤 義洋 (学務課)

近畿能開大ジャーナル 第31号

発行 2024年1月
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
電話 072-489-2112
FAX 072-479-1751

