

近畿能開大ジャーナル

Journal of Kinki Polytechnic College
No.32 2024

実 践 報 告

2023 年度専門課程総合制作実習概要

2023 年度応用課程開発課題実習概要

2023 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

【巻頭言】

近畿能開大ジャーナル No. 32 の発刊に際して	北條 正樹	2
---------------------------	-------------	---

【実践報告】

リサイクルのための使用済み歯ブラシヘッド自動分離システムの開発	4
天野 隆 石田 真一 小南 嘉史	
開発課題実習事例報告「自走型工程間搬送システムの開発」	8
大山 有利	
社寺建築物における舞良戸を有する木造軸組架構の耐震性能に関する実験的研究	12
宇都宮 直樹 宮本 慎宏	
ヒノキ材の材質特性の違いが木質構造柱脚接合部強度性能に及ぼす影響	16
松岡 亘	
鋳物製品の自動検査システムの開発	20
紺野 伸顕 清水 隆之 藤井 昌之	
搬送システムのための電気二重層キャパシタモジュールの開発	24
佐々木 悠貴 中島 英一 池田 雅和	
2023 年度高大連携事業用ロボット関連教材の運用	26
來住 裕	
サッカーロボットの製作を通じた組込み技術の習得について	30
大久保 欣哉 末富 暢 モンゴメリ・露伊・エリクス	
建築系教育訓練におけるデジタルファブリケーション機器の活用報告	34
坂下 哲也	
タッチパネルを用いたストラックアウトの制作	38
北 尊仁	

【実習テーマ・表彰】

2023（令和 5）年度専門課程総合制作実習概要	40
2023（令和 5）年度応用課程開発課題実習概要	53
2023（令和 5）年度における表彰等	58

近畿能開大ジャーナル No.32 の発刊に際して

筆者が近畿職業能力開発大学校の校長に 2022 年 4 月に着任して、早や 3 年近くになる。大変遅くなったが、自己紹介を兼ねて、能開大の教育とも関連が深い「安全」と「横断的な考え方」について拙文を書かせていただくことになった。

筆者の研究のモチベーションは、「交通機械の安全性」である。近年は表に出る大事故は減少しているように見えるが、これは裏方である製造や交通機関の運用を含めた現場の技術者、運用者の努力のたまものである。技術の理解や伝承がうまくいかないと、忘れたところにまた事故が発生するのが現状である。筆者は幼少期には京都駅が遊園地代わりであったなど、鉄道や航空に関心が深かった。1961 年に国内線にジェット機が就航、小学校 2 年生であった 1964 年に東海道新幹線が開業するなど、非常に輝いて見えた。一方で悲惨な事故も多く発生した。小学校 3 年生から 4 年生にかけての 1966 年は、国内で旅客機の墜落事故が 5 件発生した。翌年には同級生のお父様が航空機事故で亡くなり、これらの悲劇が進路を決めるきっかけとなった。

機械系の学科に進学後は、卒論のテーマは材料の破壊か人間工学と考えていたが、3 回生の少人数教育の講義（輪講）と学生実験をきっかけに、テーマとして材料強度を選択することになった。交通機関の安全性に材料強度、特に疲労強度は極めて重要な役割を果たしている。今年（2025 年）は、スチーブンソンが蒸気機関車による鉄道を実用化して 200 年の記念となる年であるが、材料の疲労は鉄道の普及とともに車軸が折れる事故などにより認識され、英国で機械学会創設（1847 年）の原動力にもなった。1852 年には、ドイツの鉄道技師であったウェラーが疲労を学術的に研究し、現在でも疲労強度を表現する最も基礎的な情報である応力と繰り返し数の関係（S-N 線図）を提案している。このように、疲労の研究の歴史は長い。1998 年にドイツの高速鉄道で車輪の疲労破壊に起因する大事故が発生したほか、2008 年にも高速鉄道において疲労による車軸の折損が発生している。我が国でも、2017 年に新幹線台車枠に大きなき裂が発生して危険な状態になったのが記憶に新しい。この事故は幸い大事には至らなかったが、台車枠のき裂による脱線事故はそれ以後も連続して発生している他、2024 年 7 月には機関車の車軸折損による脱線事故が発生した。200 年近く前から認識されている問題がなぜ解決できないのかとも思うが、設計、材料、負荷応力、使用環境、保全方法などが関係する複雑な事象であることが、解決の困難さにつながっている。

軽量化がより重要な航空機の分野では、構造が限界近くで設計されているため、疲労の問題はより深刻である。英国が開発した世界最初のジェット旅客機コメットの疲労による連続事故（1954 年）、修理ミスから疲労き裂が進展し圧力隔壁の破損から墜落に至った B747 の事故（1985 年）など多数の事故が発生しており、また、事故が設計基準の見直しを促してきた。これらのように、工学の分野は多くの失敗を克服して発展してきた。「創造的な設計をするためには多くの失敗が必要」[1]といわれる。教育においても、思い通りにならない経験が、真の理解の必要性を痛感することにつながる。

このような状況の中、筆者は、大学 4 回生の研究室配属から修士課程まで、金属（鉄鋼材料）の疲労に関する研究に携わり、工業技術院就職後は、大学を含め一貫して複合材料、特に炭素繊維強化樹脂基複合材料（CFRP）の疲労強度に関する研究を続けてきた。CFRP は、その強度と剛性を担う炭素繊維（CF）が工業技術院大阪工業試験所の進藤博士により発明された日本発の材料であるとともに、軽量で高強度・高剛性の構造材料である。

CFRP については、1980 年代前半に旅客機の方向舵などの補助翼での利用が始まり、1985 年に初めて尾翼の主構造に用いられた。2010 年代前半には、現行の最新機種である B787 および A350 において、主翼や胴体など、主構造のほぼすべてに利用されるにまで拡大した。また、エンジンのファンブレ

ードにも使われている。ここで注意すべきは、単純に軽くて強いから利用されたのではないことである。航空機の構造に CFRP を用いる利点は、①疲労、腐食に強くメンテナンスコストが下げられる、②主翼の長さに対する幅の比を大きくすることができ抗力が低下することがあり、これが③軽量化に付加されていることが大きいとされている。

2010 年代中ごろには、航空機に加えて鉄道車両においても、強度上重要な台車フレームに CFRP が利用されるようになった。この応用についても、単純に軽いだけでなく、台車の構造を大幅に変えることができたため、保線状態の悪い線路でも脱線しにくくなるという利点を併せ持っているのが特徴である。航空機、鉄道のいずれにおいても、単純に従来の金属材料を構造の設計が同じままで複合材料に置き換えたのではないことに注意が必要である。

CFRP についてのもう一つの重要な点は、材料の形成と構造の形成が同時に進行することである。通常の金属材料では、鉄を例にとると、鉄鋼会社等が、まず鉄鉱石などから素材である「鋼」を作り、次に板や型鋼などの素形材を製造する。次に重工や自動車メーカーなどが、塑性加工、接合を経て最終製品を組み立てる。この場合、材料と構造の形成ははっきり分けられている。一方、CFRP を含む複合材料では、熱硬化性樹脂を用いる場合を例にとると、素材である繊維および重合前の樹脂から、樹脂の重合により材料ができるとともに、その形は最終製品となることにより、構造も同時にできる。大型の部品を一体成型することが一般である。この場合は、化学や材料の分野である素材、材料設計と、機械系の分野である構造設計と製作が一体化し、多くの分野が有機的に連携することが極めて重要な因子になる。

一般の大学の学科などは、機械、電気、情報、建築等に細分化され、各分野でさらに深く掘り下げるのが普通である。一方、実際の社会での「ものづくり」では、これらの分野が互いに連携してはじめて各種製品が作られる。上記の複合材料の概念は、能開大の教育訓練の方針とも極めて近いものがある。

最後に、筆者が関わった ISO の仕事にも触れたい。ISO/TC61/SC13（複合材料および強化繊維）の議長を 2017 年～2023 年に務めた。材料の強度を正しく評価することは、最初に触れた製品の「安全」の確保のためにも極めて重要な要素である。ところが、複合材料の破壊過程は非常に複雑で、「正しい物性値を評価する」ことが極めて困難である。また、ISO では各国の思惑が関係して、本来科学的な議論が必要な場面に、それ以外の要素が持ち込まれることが多々あった。これらの困難な場面において、各国の代表に納得いただくための要点は、「真の物理的な値にできるだけ近い評価をする」であった。能開大の教育訓練においても、常に「ものづくり」の現場において起こっている事象、設計や製作を単純に受け止めるだけでなく、常に基礎となる工学等の学問と関連させて学習することにより、今後展開する多様な「ものづくり」の現場に対応する人材の育成ができると考えられる。

本ジャーナルは、近畿職業能力開発大学校、滋賀職業能力開発短期大学校、京都職業能力開発短期大学校の教員の成果および R5 年度の専門課程、応用課程の学生の成果をまとめたものである。今後の教育訓練に資するとともに、ご忌憚のないご意見を頂戴できれば幸いである。

近畿職業能力開発大学校
校長 北條 正樹

文献

[1] 畑村洋太郎, “失敗学のすすめ”, 講談社, 2000.

リサイクルのための使用済み歯ブラシヘッド自動分離システムの開発

Automatic Toothbrush Separation System for Plastic Recycling

天野 隆^{*1}, 石田 真一^{*2}, 小南 嘉史^{*3}

歯ブラシは、ヘッドに含まれている金属が不純物となるため、現状では産業廃棄物として処分されることが多い。本課題では、歯ブラシのネック・ハンドルをリサイクルするために、ヘッドを自動で分離するシステムの開発を行った。投入・整列部より歯ブラシを入れ、カメラの画像処理と判別機構を用いて歯ブラシを一本ずつ整列させる。搬送・分離部では歯ブラシのヘッドの向きが揃えられ、刃を用いて歯ブラシをヘッドとネック・ハンドルに分離する。排出部では分離不良品や分離されたヘッドとネック・ハンドルを仕分ける。

Keywords : 投入, 整列, 搬送, 分離, 排出, 歯ブラシ

1. 緒言

国際的には、海洋プラスチックごみ、気候変動が大きな問題となっている。そのため、諸外国の廃棄物輸入規制強化等への対応を契機として、国内におけるプラスチックの資源循環を一層促進する重要性が高まっている。現在、プラスチック資源循環法よりホテルのアメニティによる特定プラスチック使用製品の年間廃棄量は5tまでと定められている。そのうち歯ブラシは75%を占める[1]。図1に示すように、歯ブラシのヘッド部には歯を磨くために植えられている毛束が植え付けられており、その固定に平線と呼ばれる金属が使用されている。このため、プラスチックのリサイクルの観点からはこの金属が不純物となる。したがって、例えばホテル業界において、使用済み歯ブラシは産業廃棄物として処理されている。

本課題では、ホテルなどの宿泊施設から回収された使用済み歯ブラシのネックとハンドルをリサイクルするため、金属が含まれているヘッドとネック・ハンドルとの分離を自動的に行うためのシステムを開発した。なお、図1内に示す分離位置はリサイクル可能な部分を増やすため、ヘッドにできる限り近い位置としている。



図 1. 歯ブラシ部位

2. 仕様

表1にリサイクル対象となる歯ブラシの仕様を、表2に本開発におけるシステムの仕様を示す。1人の作業者が使用済み歯ブラシの供給からヘッドとネック・ハンドルを分離、排出まで行うシステムを稼働させることができる。ここで、歯ブラシを平均的な重さである15 g、年間労働日数を245日と仮定した。前項の法律

に則って独自算出した結果、1年あたり約250,000本あることから、1日あたりの処理本数を1,020本とし、これを1台で処理する想定とした。また、歯ブラシの材質はポリスチレンを参考に設計した。システムの全体寸法は、縦×横×高さ1300×2200×1850[mm]である。

表 1. 歯ブラシの仕様

質量	15[g]
全長	160[mm]
材質	ポリスチレン

表 2. システムの仕様

1 日当たりの処理本数は1,020 本とする
歯ブラシの向きの整列ができる
ヘッドとネック・ハンドルの分離ができる
分離後の良・不良判定後、別々のストックができる

図 2 に本課題の全体配置(平面図)を示す。1 日の処理本数である 1,020 本をまとめて入れるための投入部、1 本ずつに分けるための整列部、整列された歯ブラシの向きを揃え、刃まで移動させるための搬送部、歯ブラシのヘッドとネック・ハンドルを切断するための分離部、分離されたヘッドとネック・ハンドルを仕分けて保管しておくための排出部の 5 つの部分で構成される。

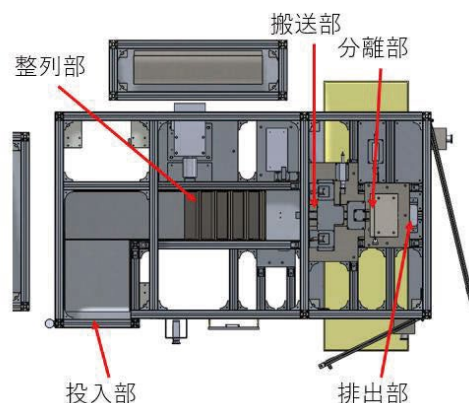


図 2. 全体配置 (平面図)

^{*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

3. 各部構成

3.1 システム概要 図3にシステムの外観を示す。動作状態を示すためのシグナルタワーを投入口の上部に設置する。シグナルタワーの状態として、緑点灯は通常動作時、赤点灯は停止時、赤点滅は非常停止時、黄点灯は異常発生時を示す。動作として、投入口へ使用済み歯ブラシを投入後、扉を閉め、タッチパネルの運転準備コマンドを押下することで、各機構が原点復帰を行う。その後、固定スイッチまたはタッチパネルより始動信号を送信した時点で、自動的に歯ブラシのヘッドとネック・ハンドルの分離動作を開始する。

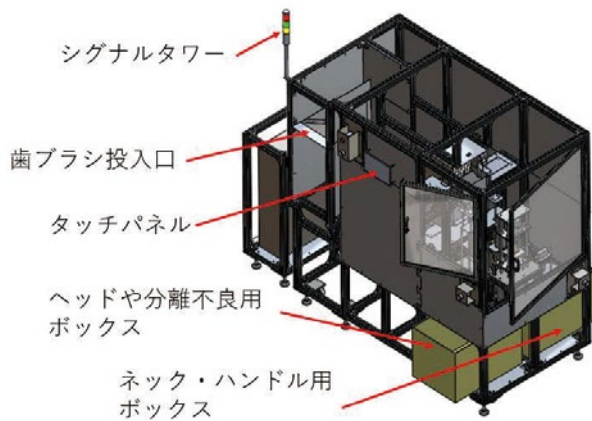


図3. システムの外観

3.2 投入部 1日の処理本数である1,020本を投入口においてストックする機構である。投入口から次工程のステップフィーダまでのスロープの傾斜角について説明する。ポリスチレンの摩擦係数から歯ブラシが滑り出す角度を計算し、実験を行った。実験結果から歯ブラシの毛束部分が設置面にあったとしても、約28°で歯ブラシが滑り出すことが分かった。以上の結果より、スロープの角度は水平を基準に30°とし、設計を行った。

3.3 整列部 歯ブラシを1本ずつ整列させるため、図4に示すステップフィーダ機構を採用した。段差が上下運動することで、歯ブラシを1本ずつ最上部に持ち上げる機構である。誘導モータでリンク機構を動作させ、ステップフィーダを上下させることで歯ブラシを1ステップずつ上げる。モータに必要な出力は昇降部の質量、回転数から9.32[W]と算出した。ただし、誘導モータは始動トルクが小さいため、表3に記すギヤードモータを選定した。

表3. ステップフィーダ モータ仕様

名称と型番	ギヤードモータ GM-S-0.2[kW]-1/100
出力	115[N・m]

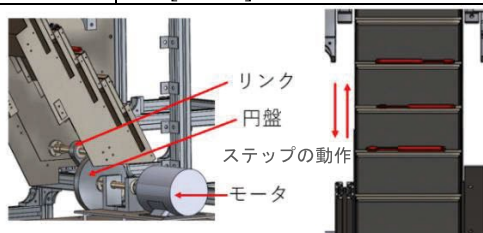


図4. ステップフィーダ機構

次に、最上段では歯ブラシの本数を画像処理より判別する。歯ブラシが1本の場合、ヘッドの向きを判別後、図5に示す判別弁を正転し、次工程である図6に示すソーティングゲートに送る。2本以上の場合、本システムの設計上、ヘッドとネック・ハンドルを複数本同時に分離できないため、判別弁を逆転し、ステップフィーダの下段に戻す機構とした。

一方、判別弁は、画像処理の際に背景としても利用するため黒色で製作した。ステッピングモータの制御は、複数本の歯ブラシを下段に戻すためのトルクを必要としたため、2相励磁で行った。さらにモータの軸にエンコーダを設け、原点復帰の位置精度を上げた。

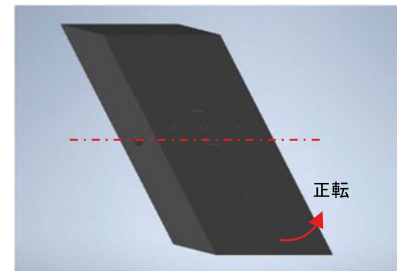


図5. 判別弁

3.4 搬送部 整列部より送られてきた歯ブラシは、図6に示す。ソーティングゲート上部の弁上に乗る。ヘッドの向きに応じて、マイコンから励磁パターン信号が送信され、ヘッド部直下の弁のモータが回転することで、ヘッドを下にして落下させる。その後、スロープ上を滑らせ、分離部へと搬送する。弁の駆動にはステッピングモータを用いた。また、1-2相励磁で制御し、角度制御の精度を上げた。さらに、モータの軸にエンコーダを設けることで原点復帰の位置精度を上げた。

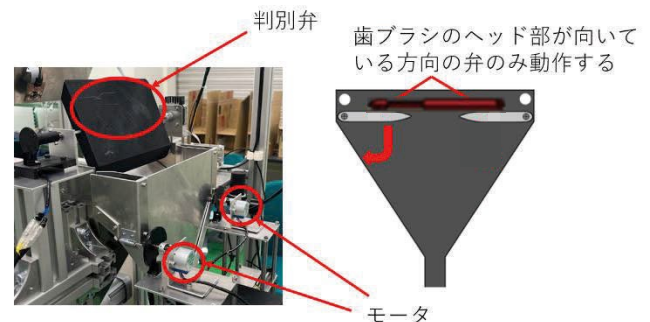


図6. ソーティングゲート

3.5 分離部 図7はスロープよりヘッドを下にして供給された歯ブラシを、ヘッドとネック・ハンドルに切断するための分離部の機構である。刃の上下運動の機構は、モータの回転により発生した水平方向の力を駆動ねじより垂直方向に変換する設計とした。モータの選定については、切断実験よりポリスチレンの切断時に780[N]の荷重が必要であった。また、安全率2とした結果、110[W]の出力、7.01[N・m]の負荷トルクが必要となった。回転数も考慮し、モータを選定した。

表4. 分離部 モータ仕様

名称と型番	ブラシレス DC モータ MS-94BZA
トルク	17.2[N・m]

1日に1,020本の処理をするため、刃の材質は硬度や耐摩耗性を考慮し、合金工具鋼(SKD11)を用いた。また、切断時に刃が前後に振れプレートやスロープに干渉しないために、スロープ下端に位置するプレート刃の内側に刃ストッパを取り付けた。また、刃が必要以上に下降、上昇を行わないために下限位置と上限位置に光電センサを設置した。モータの駆動にはマイコン(RX62N)を用い、励磁パターン生成プログラムによってモータの駆動を行っている。

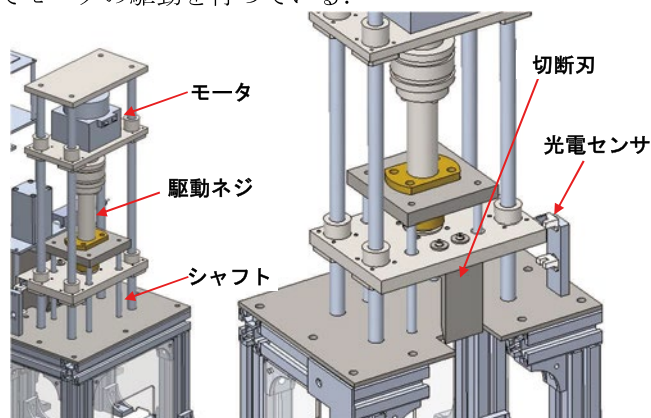


図7. 分離部の機構

切断時に歯ブラシが動くのを防ぐため、エアシリンダを用いて歯ブラシのハンドルを固定する。図8に歯ブラシ固定機構を示す。歯ブラシを抑える機構の先端にはニトリルゴムのシートを用いた。ただし、ニトリルゴムと歯ブラシが固着する問題が実験で判明した。そこで、歯ブラシが流れてくるスロープに上面の板を取り付け、ゴムシートと歯ブラシの固着を防いだ。

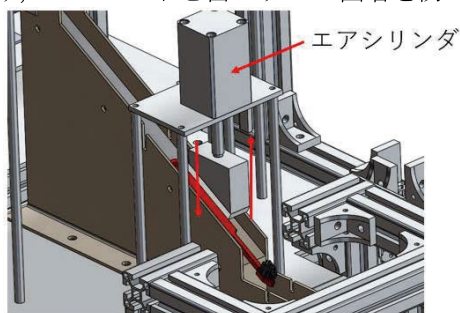


図8. 歯ブラシ固定機構

3.6 排出部 図9に排出部を示す。分離部で歯ブラシをヘッドとネック・ハンドルに分けた後、それぞれを別のボックスに収めるための機構である。まずヘッドの回収について、分離後、刃が降りきったことを下限用光電センサが確認し、回収の動作に入る。分離されたヘッドはシステムの奥側に落下させ、ヘッド、分離不良用ボックスに回収する。不良品に関しても弁を移動させず、ヘッドと同様のボックスに回収する。刃が下限に達し、停止してから2秒後のタイミングで分別弁を奥側に移動させる。刃が上昇したことを上限用光電センサが確認した際に、エアシリンダを上昇させてネック・ハンドルをリリースし落下させ、分別弁を通してネック・ハンドルボックスに回収する。刃が上限に達し、停止してから2秒後のタイミングで分別弁を手前側に戻す。分別弁にはステッピングモータを使用

し、モータの軸にエンコーダを設け、原点復帰の位置精度を上げた。

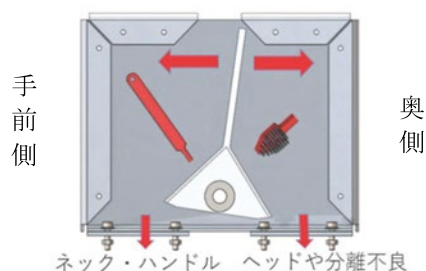


図9. 排出部

4 制御構成

4.1 制御盤の仕様 制御盤には漏電遮断器をはじめとした電源供給部、装置の制御信号の送受信を行うPLC、ステップフィーダを除いた各部門における動作制御を行うための基板、画像処理用マイコン(Raspberry Pi)を設置する。

4.2 電源部 システムブロックを図10に示す。PLCやマイコン用コンセント、ステップフィーダ用インバータ、直流安定化電源に单相100Vにより電源を供給している。さらに、直流安定化電源によりDC24V、DC5Vへ変換する。DC24Vは出力ユニットや各基板、リレー、ソレノイド、センサ、ソーティング用と排出用モータに、DC5Vは判別用モータに電源供給する。また、分離部内のマイコン(RX62N)基板には過電流センサ回路を設け、基板に供給される電源の過電流を測定している。

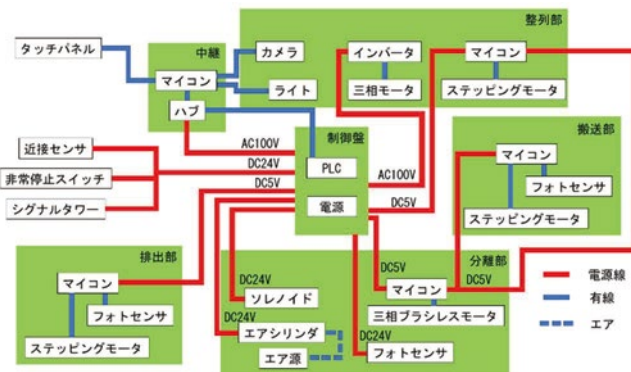


図10. システムブロック

4.3 マイコンとPLCの通信 図11にRaspberry PiとPLCのソケット通信を示す。通信方法は、TCP/IPとUDP/IPの2つである。ソケット通信での通信方法について、TCPは相手機器のポート番号の間にコネクションを確立する信頼性が高い通信のため、Raspberry PiからPLCに行う動作指示、画像処理結果を受信するために使用した。また、UDPは順序制御、再送制御を行わない通信のため、PLCの現在の状態を送信するために使用した。

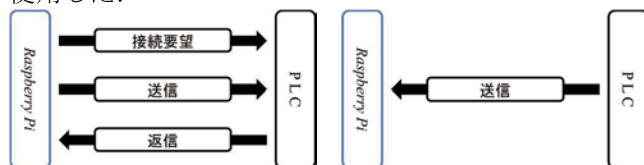


図11. TCP（左図）、UDP（右図）によるソケット通信

4.4 カメラ・画像処理

4.4.1 歯ブラシの向き判別用カメラ カメラには Raspberry Pi Camera Module 3 を選定した。小型のカメラで、マイコン (Raspberry Pi 4B) での動作保証があることが理由である。

4.4.2 カメラの設置位置 真上からの撮影ではステップフィーダ最上段から光の反射等の環境的影響が大きく、画像処理で白飛びなどが発生したため、真横からの撮影により判別弁を背景とする画像に変更した。カメラは、図 12 に示すようにステップフィーダ最上段の同一平面上においてカメラレンズと最上段の端面間が 260[mm] となるように設置した。



図 12. ステップフィーダ上部のカメラ

4.4.3 画像処理 ステップフィーダの最上段に搬送されてきた歯ブラシの有無・向きを検知する。歯ブラシが最上段に存在しない画像を基準とし、カメラで撮影した画像の構造的類似度を計算し、歯ブラシの有無を判別する。さらに最上段の歯ブラシの輪郭を抽出し、歯ブラシの重心位置により歯ブラシの向きを判別する。図 13 に向きの判別結果を示す。なお、図 13 に示す上の歯ブラシは毛束が倒れ、下の歯ブラシは毛束が上に向いているが、分離には問題ない。



図 13. 向きの判別結果

4.5 操作作用タッチパネル

図 14 に操作作用タッチパネルのレイアウトの一例を示す。装置に取り付けられた操作作用タッチパネルの各画面で、通常運転の開始・停止、メンテナンス後の動作確認を行うための手動運転、システム時間の設定などを行う。

通常運転画面では、開始・停止操作に加えて「処理本数」「切断不良本数」が確認でき、過去の不良本数を現在から近い順に閲覧できる。不良本数は刃のメンテナンス時期の判断材料の一つとなる。

手動運転画面では、搬送部のステップフィーダ、分離部の固定具、メカストッパ、刃の動作を手動で制御でき、メンテナンス後の動作確認を行う際に用いる。

5. 評価

本システムは投入・整列部、搬送・分離部、排出部に分けて製作した。なお、動作実験には未使用の歯ブラシを用いた。

自動運転		
エラーログ		処理本数
記録日	切断不良	
2024/01/26	0	0本
2024/01/25	2	
2024/01/24	0	
2023/12/18	0	
2023/12/15	0	切断不良
2023/12/14	0	
2023/12/13	0	
2023/12/12	0	
2023/12/11	0	0本
2023/12/06	0	
2023/12/05	0	
2023/12/04	0	
2023/11/28	0	0本
2023/11/27	0	
2023/11/24	0	
2023/11/21	0	
2023/11/16	0	

図 14. 操作作用タッチパネルのレイアウトの一例

投入・整列部について、ステップフィーダを用いることで歯ブラシを 1 本ずつ搬送することができた。また、ステップフィーダの最上段にある判別弁により、同様に 2 本以上歯ブラシが到達しても安定して一本ずつ送ることが確認できた。なお、実際に使用する歯ブラシは使用済みのため、毛束がそろっていない。そのため、歯ブラシの毛束同士の絡みやシステム内に詰まることにより、スムーズに整列されないことが懸念される。

搬送・分離部について、投入された歯ブラシのヘッドとネック・ハンドルの分離を行うことができた。当初は、分離する歯ブラシの形状やサイズに合わせて分離位置の指定を行う予定であったものの、現在は固定位置での分離を行っている。今後、プラスチックの回収率を上げるためには、できる限りヘッド直近での分離が望まれる。

排出部について、分離後のヘッドとネック・ハンドルについて別々に排出することができ、個々の回収ボックスから収集することができた。ただし、ネック・ハンドル用ボックス内において、ネック・ハンドル以外の不純物を回収する可能性があり、本システムでは検査することができない。

本システムの安全性に関して、作業員に対して分離後の破片が飛散しないように、各ユニット筐体に安全壁を設けた。また、開閉ドア部分には近接センサを設けることでインタロックの役割も果たしている。

6. 結言

以上により、作業員の安全面を確保しつつ、歯ブラシを自動で分離するシステムを開発できた。ただし、動作実験で利用した歯ブラシは未使用のものであった。今後は、一日当たり 1,020 本の歯ブラシを処理することが可能か、さらに使用済みの歯ブラシでも正常に動作することが可能か検証する予定である。最後に、本開発における指導の下、熱心に取り組まれた開発課題担当の学生である、西川さん、阿治さん、鷲尾さん、渡瀬さん、備さん、吉崎さん、東さん、宮嶋さん、福井さん、森さん、筒井さん、林さん、中川さん、日高さん、森本さんに感謝の意を表す。

文献

[1] 経済産業省、環境省: プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律について、2022年2月
(2024年11月6日提出)

開発課題実習事例報告「自走型工程間搬送システムの開発」

A Practical Training Report: Improvement of Automated Cart System for Inter-Process Transportation

大山 有利^{*1}

職業能力開発大学校の実習科目「開発課題実習」において、自走型工程間搬送システムの改良に取り組んだ。2022 年度に完成した初期システムの問題点に対して、有効な対策方針を示した上で、具体的な方法を担当学生が考えて実現することで効果的な改良を行うことができた。特に、EDLC 急速充電式給電システムの採用と高さ方向移動機能の付加により、最重要課題を解決できた。さらに、技術的知見獲得や人的ネットワークの拡がりなど間接的成果も得ることができた。

Keywords : ワーク搬送, 改良設計, 製品開発, EDLC.

1. はじめに

一般に、企業における開発設計の業務は、各々の企業の得意分野を中心に製品展開することから、新規開発よりも既存製品の改良となることが多い。また、2024 年現在、職業能力開発大学校の応用課程生産システム技術系に課されている実習科目「開発課題実習」(以下「開発課題」という)は、複数年にわたって製品完成へと導くことも少なくない。開発課題実習には開発設計のプロセスが含まれているが、2 年目以降の課題は改良開発が中心であり、製品改良の考え方について指導することも重要である。

本稿では、近畿職業能力開発大学校の 2023 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)を取上げ、効果的な改良の考え方と製品実装について報告する。

2. 事例とする開発課題のテーマについて

はじめに本課題において、初年度である 2022 年度に開発した製品(以下、旧システムという)について説明する。

2.1 開発課題の概要 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ったものである。開発した製品は、ユーザー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、農業資材や農産物の運搬用に広く利用されている単軌条運搬機と類似した装置である。単軌条運搬機は地表面近くに設置した軽量形鋼を走行用レール(以下、レールという)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う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、工場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輛(以下「自走型車輛」という)」および「自動制御システム」である。

2.2 システムの構成 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適宜組合せて使用する。レールの両側面には自走型車輛への給電に用いる低圧接触電線を備える。次に、自走型車輛は、図 1 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ーの定格出力は 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、この時のモーター定格電流は約 2.7A となっている。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ーを搭載し、全体を制御するコンピューターと通信ネットワークを有する。また、漏電ブレーカー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。

2.3 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ーを採用しており、モーター本体のほかに専用モータードライバーやマイクロコントローラー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。旧システムでは、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常時接触給電方式を採用していた。自走型車輛の全ての電源はレール両側に備えた低圧接触電線を介してのみ供給される。このため、運転中はレールから自走型車輛に常時電力を給電し続ける必要があり、電力供給が最重要課題であった。



図 1 レールに跨座する自走型車輛

^{*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

3. 旧システムの問題点

2023 年 2 月に完成した旧システムが抱えていた問題点について述べる。

3.1 自走型車輛の走行姿勢の安定性 車体の向きを変える曲線レールや走行経路を変更する分岐用レールの継ぎ目部分では、大きな車体の揺れや振動を生じていた。自走型車輛をレール幅方向に拘束する走行ガイド輪の最適間隔はそれらの場所で広がる。このため、走行ガイド輪はバネを介してレールに密着する設計となっていた。しかし、最適なバネ力の決定は開発課題担当学生には難しく、その結果、しばしば走行ガイド輪とレールの間に過大な間隙ができ、走行姿勢が不安定となっていた。これに伴って集電部の接触も不安定となり、電源の瞬断による制御回路の動作不良や誘導負荷から生じる高電圧による機器損傷の危険を生じていた。

3.2 集電子の脆弱性と寿命 集電子には入手が容易で低廉な電動工具用カーボンブラシを転用し、また、低圧接触電線には銅製ブスバーを用いていた。しかし、これらの形状が最適ではないことや、構造上、摩耗位置が集中することなどから、破損や摩耗が著しく、寿命も短かった。

3.3 製作・組立作業工数 レールシステムの組立工数が膨大であり、特に、低圧接触電線の取付け及び絶縁構造の製作・組立には多くの工数を費やす必要があった。安全上設けた絶縁カバーの組立が平易でないことも問題であった。

3.4 自走型車輛の複数同時運用の実用性 制御システム上は自走型車両を複数同時運用することが可能であったが、その際の接触給電電流の条件が大変厳しかった。走行用動力モーターの出力を 50%程度に抑える必要があり、許容電流量を超えないようにすれば、速度や積載負荷の面で実用的な走行ができないと推測された。

3.5 最大搬送速度 高さ方向の移動ができないため、走行レールの設置高さはいずれかの工程の作業高さに合わせる必要があった。よって、人が関与する作業工程があれば、必然的に人体に接触しうる高さを自走型車輛が走行する。このため、自走型車輛は高速走行に十分な性能を有するにもかかわらず安全な低速で走行するか、大がかりな安全柵を設置する必要があった。

3.6 走行レール設置自由度の低さと設置面積 水平面内の移動のみ可能なレールレイアウトしか構成できず、作業者の移動空間内での占有面積が大きい。交差通行の仕組みもなく、レイアウト設計の自由度が低かった。

3.7 位置決め精度の低さ 速度制御の機能不足で停止精度が低く、自走型車輛が停止した後、積載したワークを精度良く固定する機能もない。

3.8 その他 完成品の現地組立や組替えの煩雑さも問題であった。実用システムにおいても稼働後の組替え頻度は少ないとみられることから重大なものではないが、レイアウト変更の容易さをアピールするためには解決したい問題である。

4. 問題点への対策方針

前章で示した問題点について、2023 年度に開発した

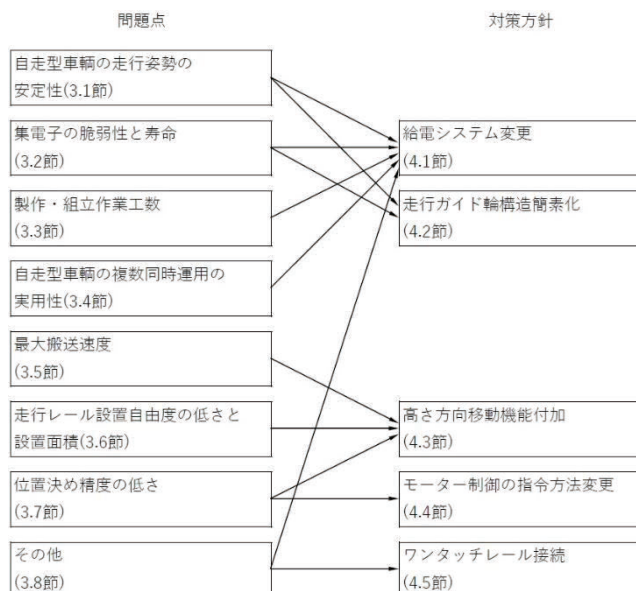


図2 問題点とその対策方針

システム(以下、2023 年度システムという)の設計に際して検討した対策方針について述べる。問題点とその対策の関係を図2に示す。本課題では、明らかに給電システム変更の効果が大きい。このように影響が大きい選択は、初期の段階で適切に誘導することが適切である。以下、これらの方針の詳細について述べる。

4.1 給電システムの変更 2023 年度システムにおいても電力供給が重要課題であることに変わりはない。自走型車輛への給電システムを充電式とすれば、低圧接触電線の設置区間を大きく短縮でき、給電位置を走行姿勢が安定な位置に限定できる。低圧接触電線を低速区間に設置すれば、集電子と接触を開始する際の衝撃も抑えられる。特に、旧システムは、小さな半径の曲線区間で給電するために、銅製ブスバーを加工して低圧接触電線を製作する必要があった。その必要がなくなれば、堅牢で安全基準を満たした市販の防護カバー付き絶縁トロリー線を低圧接触電線に用いることができるようになる。この絶縁トロリー線と焼結銅合金製の専用集電子は10Aを優に超える大電流を流すことができ、充電を短時間で行うために必要な大きさの電流を流すのにも適している。トロリー線を完全に覆う絶縁体の防護カバーが火花放電等を防ぐ。また、自走型車輛へ常時給電するための装備や設備が不要になることで、以下の利点がある。

- (1)レールシステムや自走型車輛の構造が単純化でき、部品や製作工数のコストが削減できる。
- (2)複数の自走型車輛が同時走行する場合の給電能力の懸念が解消する。
- (3)レールシステムの構造が単純化でき、部品や製作工数、さらに組替え作業のコストが大幅に削減できる。

4.2 走行ガイド輪構造の簡素化 自走型車輛の車体が左右に転倒せず、通常の停止位置精度仕様を満たせるならば、走行ガイド輪は必ずしもレールに密着する必要性はない。車体の揺れを許容範囲内に制限することだけに注力し、簡素化することが可能である。さらに、簡素化することで小型化や部品点数削減に繋がり、組立作業の工数も減るという利点がある。

4.3 高さ方向移動機能の付加 旧システムでは、異なる搬送ルートへの移動を実現するために、一般の鉄道における分岐器のように搬送路を左右に振り分ける機構を採用していた。この機構を踏襲して複数の搬送ルートを往来させることも可能である。しかし、この方式は同一平面内での移動に限られることから、経路配置上の制約が大きい。そこで、高さ方向の移動を可能にする仕組みが望まれる。また、高さ方向の移動が可能になれば、自走型車輛が人体に接触しない高い位置に搬送ルートを設置できるので、安全に高速走行させることができる。

4.4 モーター制御の指令方法変更 自走型車輛に搭載したモーターの緻密な速度制御や停止位置制御には、通信による指令が欠かせない。旧システムは信号線を用いた2段階の速度指令のみ可能であった。通信によれば多段階の加減速速度指令が可能となるなど多くの制御指令が可能となる。

4.5 ワンタッチレール接続 完成品納入時の現地組立作業において、最も困難な作業の一つは、レール同士を高精度で接続する作業である。低圧接触電線の接続が不要になれば、位置合わせ要素とスナップ錠を併用することでワンタッチでのレール接続が実現しうると考えられた。

5. 対策の具体的方法

2023年度システムでは、第4章で述べた方針に沿って対策を施すよう担当学生を誘導した。その具体的な実装方法について説明する。

5.1 EDLCの採用 旧システムの開発当初から、自走型車輛への電力供給に二次電池を用いる案は有力であり、採用を模索していた。しかし、一般的な二次電池では充電に長時間を要する。本課題では、顧客要望として昼夜連続稼働があり、旧システム開発当初は実現困難であると考えられた。そこで、2023年度システムの開発では発想を転換し、充電は主に各工程作業を行う間のごく短い停車時間を利用し、次の工程作業位置、つまり、次の充電可能位置まで走行できればよいこととした。これにより、電力蓄電用デバイスへの要求が大きく変化した。すなわち、

- ・秒単位の短時間で急速充電が可能であること。
- ・充放電サイクル数が多く特性が劣化しにくいこと。

という要求が加わる一方、蓄電容量の要求は大きく緩和された。この他、安全性の確保が必須である。既に実用化されている二次電池や電気化学キャパシターから、これらの条件に合う蓄電用デバイスを選定した。

まず、二次電池は化学反応によって充放電を行う。近年最も普及している二次電池の一つであるリチウムイオン電池も、この化学反応にかかる時間によって充電速度が制限される。本課題においては、必ずしも満充電する必要はなく、電力の消費分だけを補えばよい。しかし、一般のリチウムイオン電池の標準充放電レートは1C程度で、本課題で要求する秒単位の急速充電には対応困難である。さらに、内部抵抗が小さくない[1]ので、大電流で充電しようとするると発熱して電池が損傷する可能性がある。また、充放電レート20C以上の急速充放電性能を有する製品[2]も開発されて

いるが、充放電サイクル数は25000回以上程度(充放電レート10C時)と寿命が短い。以上のように、リチウムイオン電池は多くの電力を蓄えることができるものの充電時間、充放電サイクル数、安全性の要求を満たしていない。同様にニッケル水素電池も化学反応による二次電池であり、充電時間が長く、実用上の充放電サイクル数は数千回とされていて、要求を満たせない。

一方で、EDLC(electric double layer capacitor)に代表される電気化学キャパシター[3]は、化学反応を伴わず、電極表面にイオンを吸着・放出することで充放電を行うため急速充電が可能である。端子電圧等が大きく変動するため単純な比較はできない[4]が、例えば充放電レート20C相当の急速充放電も可能である。充放電サイクル数の原理的に無制限で、実使用で10万回以上の充放電が可能である[5]といわれる。内部抵抗も数10mΩ程度とリチウムイオン電池に比べて非常に小さく、大電流で充電しても発熱が少ない。蓄電能力は低いものの、本課題での要求は充分満たせる可能性があると考えられた。なお、後発デバイスであるLIC(Li-ion capacitor)はEDLCよりもエネルギー密度が高く急速充電も可能である。一部では充放電サイクル回数でも優れた製品が開発されている[6]とのことであるが、広く一般には流通しておらず、開発に必要な情報も乏しい。

以上のことから、本課題での要求を満たす最適なデバイスとしてEDLCを使用して開発[7]を進めることとした。EDLCの採用により、自走型車輛は停車位置用の直線レール部分でのみ充電できればよかった。低圧接触電線の設置区間が限定され、曲線レールで集電するための集電子可動機構や、レール接続部等における低圧接触電線の継ぎ目処理が不要となった。

5.2 固定式走行ガイド輪の採用 本課題で用いたレールの幅は30mmであり、曲線レールや分岐用レールにおける走行ガイド輪の最適レール接触面間隔はそれよりも若干大きい。設計上、最適レール接触面間隔が最大となるのは旧システムの自走型車両がレール中心半径300mmの曲線路を通過する際であったが、その値は31mmに満たなかった。レール接触面間隔を31mmとしたとき、車体位置が間隙分(最大1mm)偏っても通常の停止位置精度仕様を満たす。すなわち、レール接触面間隔は最大31mmでよい。バネで走行ガイド輪を走行レールに密着させてもよいが、構造の複雑化に見合う有効性が認められないことから、走行ガイド輪のレール密着を求めないこととした。車体が左右に転倒しないように走行ガイド輪を配置し、バネ機構を省略することで構造を大幅に簡素化できた。集電子可動機構が不要となったことと相まって、大型の集電子を収容できた。なお、低圧接触電線区間に進入するときの車体の偏りを吸収するため、低圧接触電線の端部には集電子導入ガイドを設けた。

5.3 レール昇降装置の新規開発 高さ方向の移動を可能にする方法としては、レールに勾配を設けて、進行時に高さ方向にも移動させる方法が考えられる。しかし、この方法は、自走型車輛の登坂能力や駆動輪とレールの接触状態により勾配に限界が生じる。レール延長が長くなり、必要な占有面積も大きくなって不利である。これに対して、昇降の機構は比較的小さな占有面

積で実現可能である。よって、高さ方向の移動を可能にする仕組みとして、レール昇降装置を新たに開発するよう指導した。

なお、昇降動作時間は工程間移動には直接寄与しないので、搬送のためには無駄な時間となってしまう。EDLC の採用により、昇降レール～通常レール間の渡り部分に低圧接触電線を設ける必要はなくなったが、昇降レールに低圧接触電線を設けることで、昇降動作時間を充電時間として有効活用している。また、高さ方向の移動を利用して、位置決めピンにワークを載荷して、高精度で位置決めする機能も付加した。

5.4 RS-485 通信の採用 自走型車輛の全体を制御するマイクロコントローラーとモータードライバーの間の通信には RS-485 を採用した。モータードライバーは多種の通信方式に対応した仕様のものであったが、自走型車輛のマイクロコントローラー機能の制約から RS-485 に絞られた。これにより多段階速度制御による滑らかな加減速が可能となり、停止精度が向上した。

5.5 その他 本課題全体の完成規模は実習室の半分近い空間を占めるもので、完成後にレイアウトを組替える機会はないとみられた。したがって、組替えを平易にする仕組みを実装しても効果の十分な確認ができない。加えて、実用システムにおいても、稼働後の組替え頻度は少ないとみられることからスナップ錠を用いたワンタッチレール接続の採用は見送られた。

6. 製品改良に伴う成果

図 3 は完成した 2023 年度システムである。改良によって直接及び間接に得られた成果について示す。

6.1 課題の解決・実現 2023 年度の本課題で、開発開始時に挙げた問題点について、現地組替え作業工数に関するものの除き、その多くを解決できた。完成した給電システムは当初計画を上回る連続走行を実現した。

6.2 EDLC 充電システムに関する知見 2023 年度システムでは、EDLC の採用に伴って自走型車輛に EDLC 充電システムを搭載する必要が生じた。これに伴って、担当学生はもちろん指導教員も EDLC の使用についての技術的な知見を得ることができた。また、技術について助言を得られる人的ネットワークの拡がりも成果の一つといえる。

6.3 レール昇降装置開発における設計訓練 レール昇降装置は 2023 年度システムにおいて新規設計している。自動倉庫などでも活用できる基本技術を担当学生に学んでもらうことができた。

6.4 製品のコスト削減 給電用レールの削減により大幅なコスト削減が実現できている。材料費の削減はもとより、組立て作業における工数が激減しており、設置作業の人件費を抑えられる設計ができた。



図 3 完成した 2023 年度システム

7. おわりに

2022 年度の開発課題実習で多くの問題を残した製品について、翌年度の開発課題実習において改良し、製品の構成技術を大きく進展させることに成功した。なかでも、電力供給に関する製品改良において、EDLC の採用により多くの課題を効果的に解決できた。これらの効果的な改良設計が実現したのは、問題点に対する適切な対策方針への誘導に成功したからであると考えられ、製品開発における基本方針決定の重要性を示す事例となった。

なお、本課題は 2022 年度から開発に着手し、2023 年度末に 2 年間にわたる開発を終了した。もちろん、改良の余地がないわけではなく、レール継ぎ目通過時の衝撃、自走型車輛制御基板の耐久性など、残された問題は少なくない。しかし、これらは性能検証が困難であり、短い期間での開発には無理がある。また、開発課題の性質上、技術分野のバランス、開発規模などの制約にも留意する必要がある。徒に改良を重ねることが好ましいとはいえず、充電式電源を備えた給電システムの採用やレール昇降装置の開発により一定の成果と完成度を得たこの段階での開発終了を決定した。

謝辞

この場を借りて、本課題のテーマをご提供いただき、数々のご助言も下さっ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、製品開発に際してご指導下さった先生方や真摯に取り組んでくれた担当学生の皆さん、そのほかご協力いただいた方々に謝意を表す。

文献

- [1] 田村洋一：小形高性能自律移動体用電池の特性評価，長崎総合科学大学紀要，Vol.41，No.1，p.13，2000.
- [2] ニチコン株式会社：IoT やウェアラブルに最適な小形リチウムイオン二次電池，https://www.nichicon.co.jp/products/slb/_assets/pdf/slb_product_introduction202204.pdf 2024.8.16 参照，p.6，2022.
- [3] S. Nohara: Fundamental Principles and Characteristics of Electrochemical Capacitors, Vacuum and Surface Science, Vol.62, No.12, pp.698-702, 2019.
- [4] N. Misaki, M. Inaguma, K. Akashi and T. Yamamoto: Mathematical Models of Flash Charging Method for Supercapacitors, フジクラ技報，No.131，pp.1-10，2018.
- [5] 加藤博二：電気二重層キャパシター(5) - EDLC の新しい技術，EDN Japan，中堅技術者に贈る電子部品徹底活用講座，<https://edn.itmedia.co.jp/edn/articles/2107/28/news034.html> 2024.8.13 参照，No.56，p.1.
- [6] 株式会社ジェイテクト：リチウムイオンキャパシタとは（中級編），https://www.jtekt.co.jp/products/capacitor/capacitor_about_senior.html 2024.8.16 参照.
- [7] 小田，佐々木，有村，ほか 13 名：自走型工程間搬送システムの開発，近畿職業能力開発大学校令和 5 年度総合制作実習・開発課題実習報告書，pp.76-79，2024.

(2024 年 8 月 31 日提出)

社寺建築物における舞良戸を有する木造軸組架構の耐震性能に関する実験的研究 Experimental Study on Seismic Performance Evaluation in Shrines and Temples of Non-Structural Elements

宇都宮 直樹^{*1}, 宮本 慎宏^{*2}

社寺建築物の耐震性能を評価するためには、建具等の非構造部材が耐震性能に及ぼす影響を把握する必要がある。また耐震補強を行う際には、意匠を損なうことなく計画することが必要である。本研究は木造軸組架構、建具付き木造軸組架構および耐震補強を施した建具付き木造軸組架構の静的水平載荷実験を行い、耐震補強効果の分析を行った。その結果、軸組にアングル枠補強を取付け、建具を補強すると初期より負担せん断力が発現し、最大荷重が補強前の 3.5 倍から 4.7 倍となることがわかった。

Keywords : 社寺建築物, 非構造部材, 耐震補強, 静的載荷実験, 舞良戸, 木造軸組架構。

1. 緒言

社寺建築物の耐震性能を評価するためには、建具等の非構造部材が耐震性能に及ぼす影響^[1]を把握する必要がある。また耐震性能が不足する場合は、意匠を損なうことなく補強を行う必要がある。本研究では社寺建築物の舞良戸を有する木造軸組架構を想定し、木造軸組架構、建具付き木造軸組架構および耐震補強を施した建具付き木造軸組架構の静的載荷実験を行い、建具自体の耐震性能および建具の耐震補強効果について報告する。

2. 静的載荷実験の概要

静的載荷実験装置および試験体を図 1 に示す。舞良戸を有する木造軸組架構の鴨居より下側部分を取り出し、国宝大徳寺方丈を模して作製した。樹種はすべてスギを用い、高さ 2797mm×幅 3000mm を基本寸法とし、柱は 180mm 角、鴨居は幅 165mm×成 100mm、床束 106mm 角とした。敷居寸法は実物の敷居(幅 175mm×成 73mm)下に足固貫(幅 40mm×

成 125mm)があることから、足固貫の曲げ剛性を考慮し、幅 180mm×成 100mm とした。敷居の溝深さは 4mm、建具と敷居溝幅の隙間は 1mm とした。鴨居には付樋端を取り付けた。柱と鴨居・敷居の接合部は図 2 に示すようにモーメントが極力生じない形状とした。 $\phi 18\text{mm}$ の鋼製ダボを取り付けた鉄板を載荷フレームに固定し、柱脚断面中央に設けたダボ穴と接合した。

試験パラメータは表 1 に示す建具の有無および建具補強の有無とし、F 試験体は建具のない木造軸組架構とし、M 試験体は F 試験体に舞良戸を 1 枚入れた仕様とした。舞良戸は図 3 に示すように高さ 1848mm×幅 1461mm を基本寸法とした。5mm 厚の綿板(内側)から舞良子(外側)に向かって N13 釘、舞良子(内側)から舞良子(外側)に向かって N25 釘で釘止めした。樹種はヒノキである。RM 試験体は図 4 に示す、アングル枠補強材(L-40×40×3, SS400)で建具を補強した。アングル枠補強材は、鴨居と敷居にコーチスクリュー M6×75 を用いて、それぞれ 4

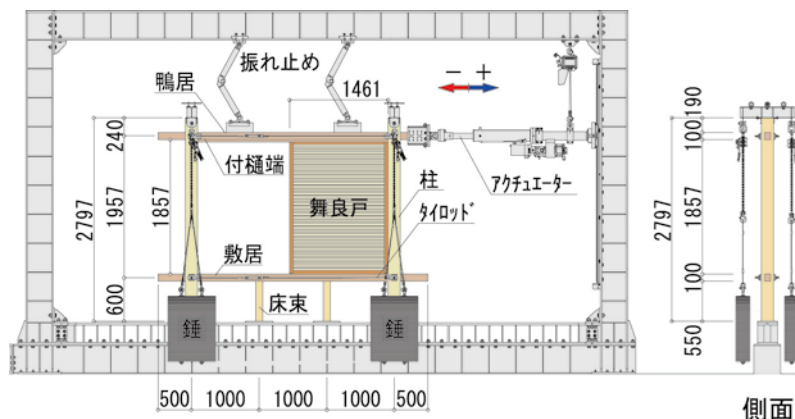


図 1 静的載荷実験装置および M 試験体

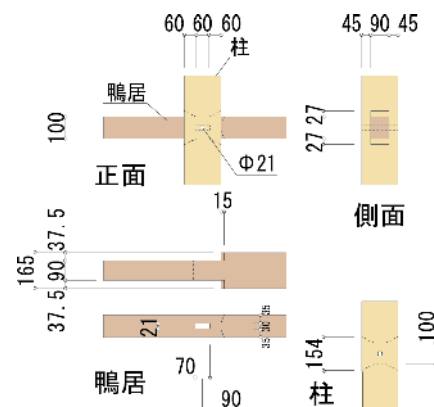


図 2 接合部詳細(鴨居)

^{*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 教授 博士(工学)

本で取り付けた。なお、RM 試験体はアングル枠を入れるために敷居の溝深さは 7mm、建具と敷居溝幅の隙間は 4mm とした。建具は載荷方向の正(+)側に配置した。

鉛直軸力は柱頭部から鋼製錘を用いて、柱 1 本あたり 20kN を与えた。水平荷重は、アクチュエーターにより鴨居に与え、タイロッドを介して左右の柱の変形が同一となるように加力した。柱の見かけのせん断変形角が $1/200 \sim 1/10\text{rad}$ で正負(±)3 回ずつの交番加力とした。計測装置設置状況を図 5 に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 復元力特性と損傷状況 復元力特性と損傷状況を図 6 に示す。文献[1]より算定した柱傾斜復元力も併せて示す。F 試験体は柱傾斜復元力による荷重と概ね一致した。M 試験体は F 試験体と同様に $1/15\text{rad}$ 程度まで柱傾斜復元力による荷重と概ね一致し、 $1/15\text{rad}$ 以降に鴨居と建具の隙間が無くなり、

建具への軸力の作用に伴う荷重の増加がみられた。実験後の観察で敷居溝に建具角部がめり込んだ跡が確認された。RM 試験体は $+1/75\text{rad}$ でアングル枠補強材の浮上り、敷居へのめり込み、縦棧の割裂、 $+1/50\text{rad}$ で床束の浮上り、 $-1/30\text{rad}$ で綿板の割裂、横棧の抜けが生じた。 $-1/20\text{rad}$ で写真 1 に示すコーチスクリーンの引抜け、写真 2 に示すように舞良戸が座屈した。アングル枠補強材による補強で最大荷重は M 試験体と比べて 3.5~4.7 倍に増加したが、 $+1/10.6\text{rad}$ で舞良子および綿板の座屈により荷重が低下した。

3.2 敷居に対する建具の滑動量 M 試験体における敷居に対する建具の滑動量 x を図 7、 $1/10\text{rad}$ 時の滑動状況を写真 3 に示す。活動量 x は図 5 に示す敷居の水平変位 H_s に対する建具上部 H_{tu} と下部 H_{td} の水平変位の差とした。負(-)方向加力時に建具が活動した。建具の左側は柱がないために、右柱(柱 2)に押され、軸組の変形の進行に伴い滑動量が大きくな

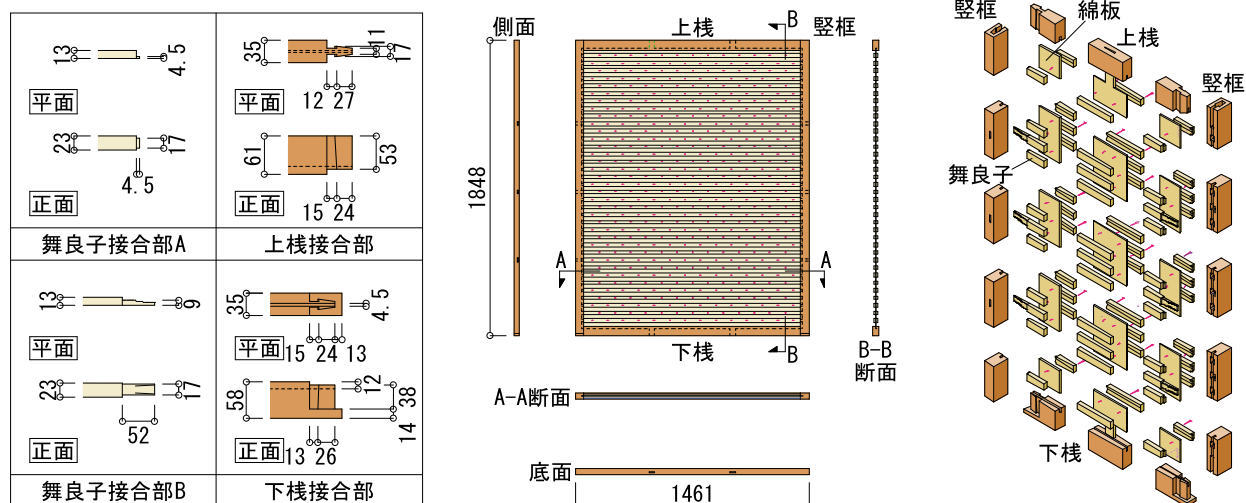


図 3 建具(舞良戸)概要

表 1 試験体一覧		
試験体名	建具	建具補強
F試験体	なし	なし
M試験体	舞良戸1枚	なし
RM試験体	舞良戸1枚	アングル鋼 L-40×40×3
鴨居・敷居 曲げヤング係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		鴨居・敷居 密度 (g/cm^3)
4966.46		0.36

材料実験9体の平均値

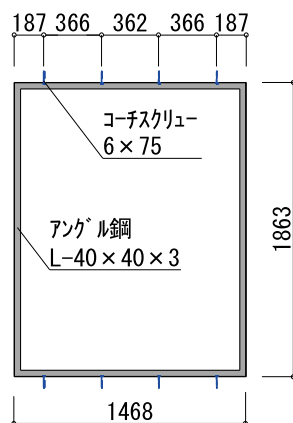


図 4 アングル鋼補強材

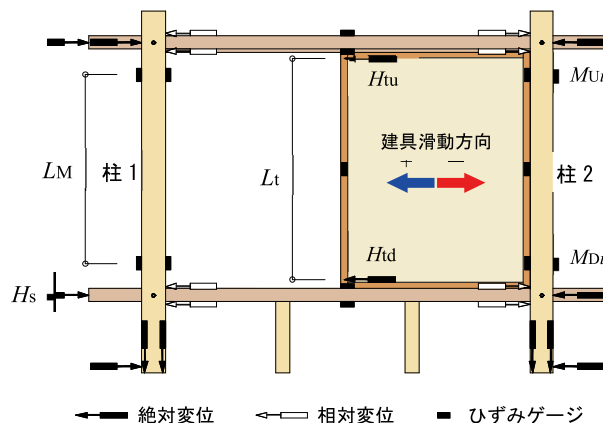


図 5 計測装置設置状況

った。

3.3 建具のせん断変形角 建具のせん断変形角 γ' と見かけのせん断変形角 γ の関係を図8に示す。建具のせん断変形角 γ' は建具水平変位 H_{tu} , H_{td} を変位計間距離 L_i で除して算定した。M試験体は建具にせん断変形がほとんど生じなかった。RM試験体は見かけのせん断変形角と建具のせん断変形角は概ね一致した。なお、 $-1/20\text{rad}$ で建具の綿板が座屈したため、以降のデータは除外した。

3.4 柱の水平せん断力 柱1の水平せん断力 Q_1 の包絡線を図9、柱2の水平せん断力 Q_2 の包絡線を図10に示す。柱の水平せん断力 Q_i は、柱の両面に貼付したひずみゲージ ε_{ai} , ε_{bi} と材料実験で得られたヤング係数 $E(4966\text{N/mm}^2)$ 、断面係数 Z から柱頭柱脚部の曲げモーメント M_{Ui} , M_{Di} を求めた後、ひずみゲージ間距離 L_M を用いて、次式から算出した。

$$Q_i = (M_{Ui} + M_{Di}) / L_M \quad (1)$$

$$M_{Ui}, M_{Di} = E \cdot Z (\varepsilon_{ai} - \varepsilon_{bi}) / 2 \quad (2)$$

柱と鴨居と敷居の接合部が極力モーメントを伝達させないように加工を施しているため、柱1の水

平せん断力は柱傾斜復元力によって、いずれの試験体も $\pm 1/100\text{rad}$ 程度まで増加し、以降はほぼ一定値の傾向を示した。M試験体は、正方向载荷でF試験体と比べ 0.4kN の水平せん断力の増加がみられるが、建具が滑動するために、柱の水平せん断力への影響は小さかった。RM試験体は、図6に示す損傷が生じることによって水平せん断力の変動がみられるが、F試験体の水平せん断力を越えなかった。

柱2について、F試験体は $\pm 1/100\text{rad}$ 程度まで柱の水平せん断力は増加し、以降はほぼ一定値を示した。M試験体は、建具が滑動するために、F試験体と同様の傾向を示した。RM試験体は、 $1/15\text{rad}$ 以降にアングル枠補強材と建具の組み合わせによるブレース効果により水平せん断力が増加した。

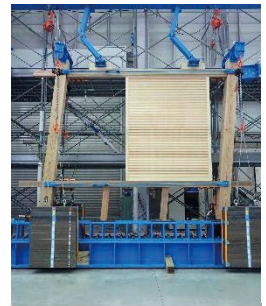
3.5 建具の堅框に作用する軸力 M試験体の堅框に作用する軸力 N_s を図11、RM試験体の堅框に作用する軸力 N_s を図12に示す。M試験体は建具が図7に示すように、軸組の変形に伴って滑動するため、堅框に作用する軸力は小さい。 $\pm 1/15\text{rad}$ 以降に右堅框に最大で 3kN の圧縮力が作用した。RM試験体は左右の堅框には変形の進行に伴って圧縮力が作



写真1 コーチスクリューの引抜け



写真2 舞良戸の座屈



(a) -方向加力 (b) +方向加力
写真3 建具の滑動(M試験体)

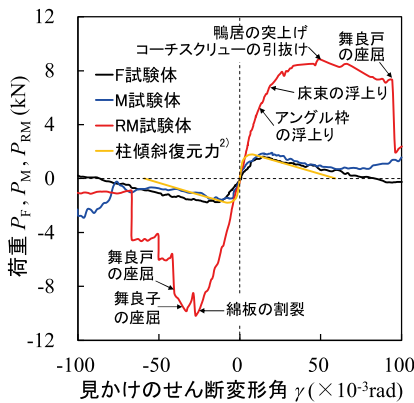


図6 復元力特性と損傷状況

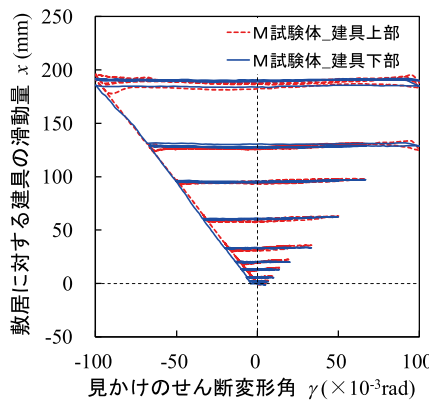


図7 敷居に対する建具の滑動量

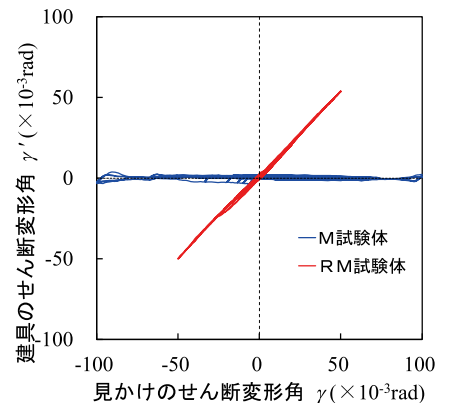


図8 建具のせん断変形角

用し、 $\pm 1/20\text{rad}$ 近傍で左右それぞれの堅框が座屈すると、圧縮力が低下した。

3.6 建具（堅框）の負担せん断力 M 試験体および RM 試験体の建具の負担せん断力 Q'_M , Q'_{RM} を図 13 に示す。建具の負担せん断力は各試験体の荷重 P_M , P_{RM} から F 試験体の荷重 P_F を減じて求めた。M 試験体は $\pm 1/15\text{rad}$ までは建具の負担せん断力は小さいが、 $\pm 1/15\text{rad}$ 以降に負担せん断力の増加が見られた。RM 試験体は、 $\pm 1/50\text{rad}$ までは負担せん断力が増加し続けた。正方向加力で最大負担せん断力 $8.19\text{kN}(1/20\text{rad})$ 以降は、負担せん断力一定のまま変形が進行し、 $1/10\text{rad}$ 近傍で建具上部の綿板の座屈により負担せん断力が著しく低下した。負方向加力で最大負担せん断力 $-8.52\text{kN}(-1/37\text{rad})$ 以降は、建具下部の綿板の座屈により負担せん断力が著しく低下した。

4. まとめ

軸組にアングル鋼補強材を取付け、建具を補強することで初期より負担せん断力が発現し、最大荷重

が補強前の $3.5\sim 4.7$ 倍となった。建具のみ場合は建具が滑動し、鴨居と建具の隙間が無くなると荷重が増加した。建具の負担せん断力は、建具のみ場合は鴨居と建具の隙間が無くなるまでは小さく、アングル鋼補強材を施した場合は綿板、舞良子等の座屈により著しく低下した。

謝辞

本実験は、国宝大徳寺方丈建具耐震性能調査事業の一部として行われた。実験には京都府教育庁の竹下弘展氏、立石構造設計の藤澤喜久子氏、元香川大学大学院の綱島芽吹氏、駒松亮氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 宮本慎宏, 高橋遥希, 森井雄史, 林康裕: 木造軸組架構の耐震性能評価に関する実験的研究 その 3 非構造部材の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.529-530, 2009.8
- [2] 文化庁: 重要文化財(建造物)耐震基礎診断実施要領, pp.19-21, 2012.6

(2024 年 7 月 31 日提出)

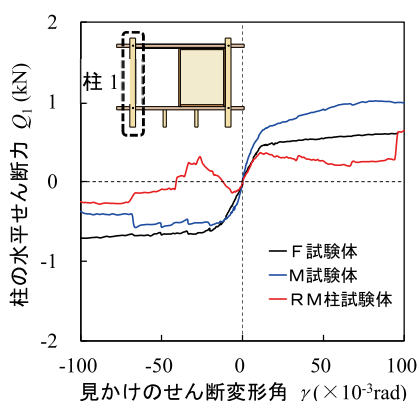


図 9 柱 1 の水平せん断力

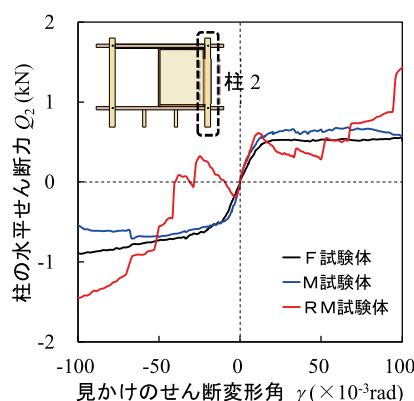


図 10 柱 2 の水平せん断力

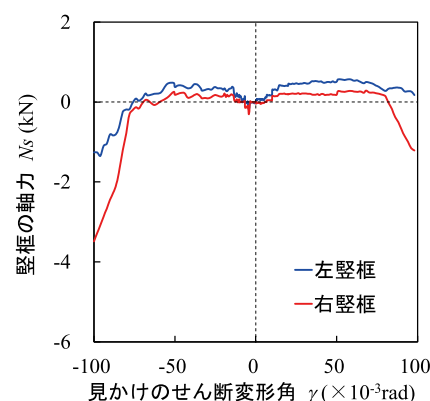


図 11 M 試験体 堅框の軸力

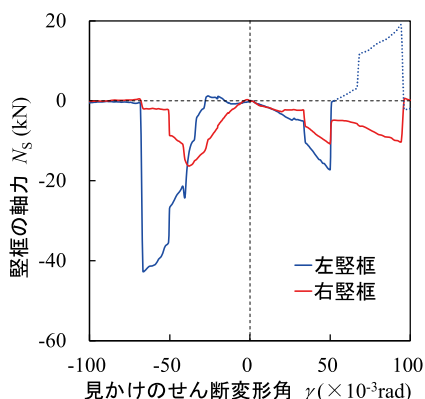


図 12 RM 試験体 堅框の軸力

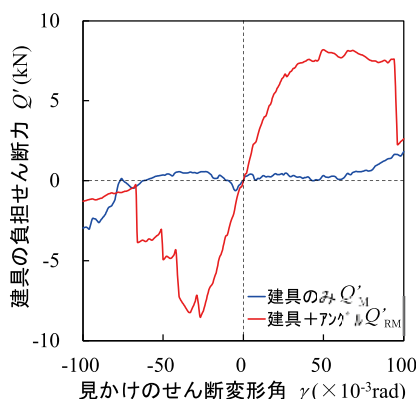


図 13 建具の負担せん断

ヒノキ材の材質特性の違いが木質構造柱脚接合部強度性能に及ぼす影響

Effects of Wood Quality of Hinoki Timbers on Strength Performance of Column-Base Joints in Timber Structure

松岡 亘^{*1}

スギ材と並んで在来軸組構法住宅に多く用いられているヒノキ材（*Chamaecyparis obtusa*）を対象として、山形プレート（以下、V P とする）を接合金物に用いて、静的加力引張試験を行い、材質特性（密度および動的ヤング率）の違いが柱脚接合部強度性能に及ぼす影響を明らかにした。その結果、ヒノキ材を用いて柱脚接合部強度性能を評価する場合、V P を用いた柱脚接合部では、ヒノキ材の密度の違いが柱脚接合部強度性能に影響を及ぼすことから、V P を用いた柱脚接合部の設計において、密度を考慮する事で、効率よく柱脚接合部設計が可能であると考えられる。

Keywords : ヒノキ材, 密度, 動的ヤング率, 柱脚接合部.

1. 緒言

在来軸組構法住宅において、地震力などの水平荷重に対する主な耐力要素は、筋かいや面材等を施した耐力壁である。そのため、木造住宅の耐震性能を向上させるためには、耐力壁性能の確保が重要である。耐力壁性能を確保するためには、柱脚接合部が重要と考えられている。

一方、構造用使用する製材においては、動的ヤング率などを指標としてグレーディングが行われるようになりつつある[1][2]。我が国の在来軸組構法住宅で多く使用されている針葉樹の構造用製材においては、日本農林規格の機械等級区分では、樹種を3つに大別し、さらに樹種内を動的ヤング率で区分している。また、一般に、構造用製材の強度性能は、材密度の依存性が高く、すなわち材密度の増加に伴い強度性能が高くなることが知られている[3]。

しかしながら、在来軸組構法住宅において構造設計を行う際、構造用製材の密度や動的ヤング率などの材質特性を考慮することはそれほど多くない。そのため、在来軸組構法住宅の耐震性能を向上させるためには、使用する構造用製材の材質特性を考慮した設計が必要であると考えられる。

本稿では、スギ材と並んで在来軸組構法住宅に多く用いられているヒノキ材（*Chamaecyparis obtusa*）を対象として、V P を接合金物に用いて、静的加力引張試験を行い、材質特性（密度および動的ヤング率）の違いが柱脚接合部強度性能に及ぼす影響を明らかにした。

2. 材料と方法

2.1 供試材 供試材を得るために、栃木県内で一般に流通している、高温乾燥後にモルダー加工して寸法 105 mm×105 mm×3,000 mm に仕上げられたヒノキ柱材 100 本を対象に、密度および動的ヤング率[4]を打撃式木材用強度測定器（株式会社エーティーエー HG-2001）

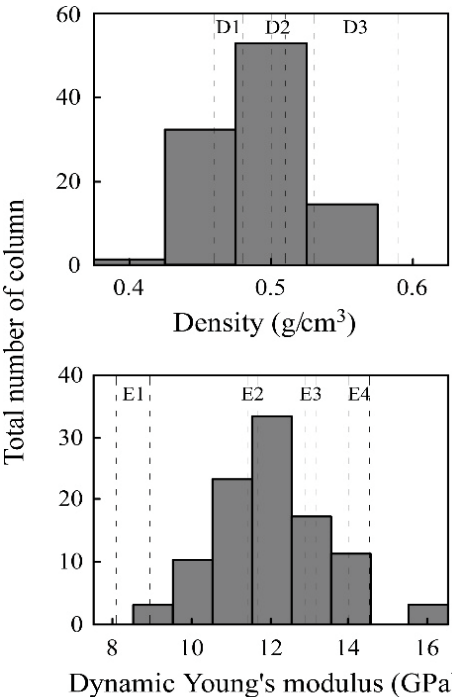


図 1 測定した密度および動的ヤング率の頻度

表 1 供試材の密度および動的ヤング率

Grading		Air-dry density		DMOE	
		(g/cm ³)		(GPa)	
		Mean	SD	Mean	SD
Air-dry density	D1 (0.47~0.48 g/cm ³)	0.48	0.00	11.87	0.84
	D2 (0.50~0.51 g/cm ³)	0.51	0.00	12.60	0.60
	D3 (0.53~0.58 g/cm ³)	0.55	0.02	12.71	0.67
DMOE	E1 (10.07~10.84 GPa)	0.49	0.03	10.48	0.28
	E2 (11.48~11.66 GPa)	0.50	0.02	11.57	0.06
	E3 (12.88~13.17 GPa)	0.54	0.04	13.02	0.10
	E4 (14.02~14.49 GPa)	0.52	0.02	14.23	0.19

Note: DMOE, dynamic Young's modulus; SD, standard deviation.

^{*1} 近畿職業能力開発大学校建築施工システム技術科

を用い測定した。その結果、密度および動的ヤング率の頻度は、図1に示す通りとなり、密度および動的ヤング率の100本の平均値は、それぞれ、 0.51 g/cm^3 および 12.40 GPa であった。得られた材質特性のデータより、密度では3区分(D1: $0.47\sim 0.48 \text{ g/cm}^3$, D2: $0.50\sim 0.51 \text{ g/cm}^3$, D3: $0.53\sim 0.58 \text{ g/cm}^3$)、動的ヤング率では4区分(E1: $10.07\sim 10.84 \text{ GPa}$, E2: $11.48\sim 11.66 \text{ GPa}$, E3: $12.88\sim 13.17 \text{ GPa}$, E4: $14.02\sim 14.49 \text{ GPa}$)に区分した。このうち各区分に相当する値を持つ柱材を8本ずつ選抜し供試材とした。供試した柱材の密度および動的ヤング率を表1に示す。

2.2 柱脚接合部試験体の作製 柱脚接合部試験体は、1本の柱材から節などの欠点を極力避けて、土台部材(1,000 mm)および柱部材(650 mm)を採取し、図2(a)に示す土台部材と図2(b)に示す柱部材とをほぼ接合で組み立てた。柱脚接合部に用いた接合金物は、既往研究[5]において、柱脚接合部強度性能と密度の間に有意な相関関係が認められたVP(平成12年建設省告示1460号の表3、短期接合部耐力: 5.88 kN)とした。なお、接合金物は、いずれも木造軸組構法住宅用として(財)日本住宅・木材技術センターが認定したZマーク金物とし、VPは、柱部材、土台部材ともに各6本の太め釘ZN-65を用いて留めつけた。なお、区分ごとに7体、合計49体の柱脚接合部試験体を作製した。

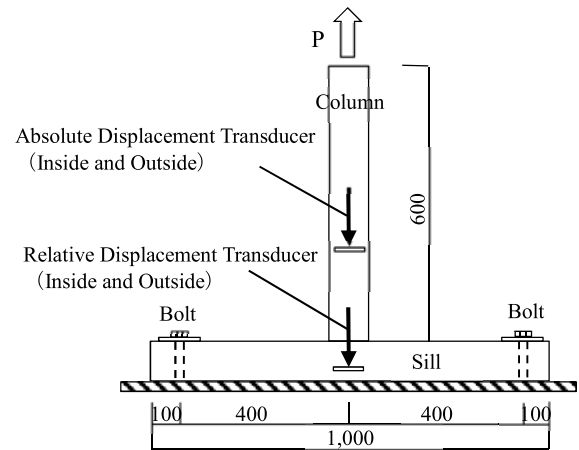
2.3 静的加力試験 木造建築物において、水平力が作用した際、鉛直構面耐力要素において、柱脚接合部に引張応力が作用することが知られている[6]。そこで、本研究では、あらかじめ単調引張加力で予備試験を行い、得られた結果から、一方向の繰り返し引張加力方式で静的加力試験を行った。

静的加力試験は、ねじ式万能試験機(島津製作所 AG-100kN IS: 容量 100 kN)を用いて行い、TRAPEZIUMを用いて制御した。図2(c)に示すように変位の測定は、高感度変位計(東京測器研究所製 CDP-50)を用いて、柱部材と土台部材の相対変位2ヶ所および柱部材の絶対変位2箇所の計4箇所測定した。試験評価方法は、木造軸組工法住宅の許容応力度設計第6章試験方法と評価方法[7]に準拠した。

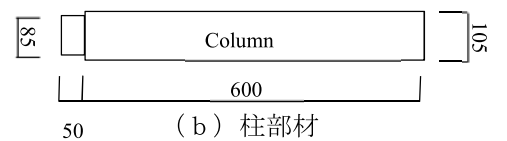
3. 結果と考察

密度で区分した材を用いて作製した試験体により得られた、各試験条件の代表的な荷重変位曲線から作成した包絡線を図3に示す。接合部全体の挙動は、密度の違いに関わらず、最大耐力を迎えた後、耐力を保持したまま変形が進む傾向が認められた。最大耐力及びその時の変位は、密度の低い区分から平均で、それぞれ 6.01 mm 、 7.01 mm および 8.66 mm であり、材密度の増加に伴って増加する傾向が認められた。

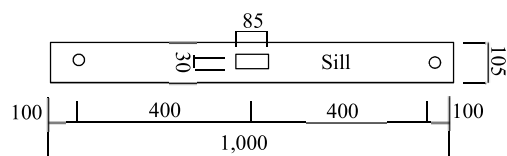
動的ヤング率で区分した材を用いて作製した試験体により得られた、各試験条件の代表的な荷重変位曲線から作成した包絡線を図4に示す。接合部全体の挙動は、動的ヤング率が低い材を用いた接合部では、最大耐力を迎えた後、耐力を保持したまま変形が進む傾向が認められた。一方、動的ヤング率が高い材を用いた



(c) 接合部試験体



(b) 柱部材



(a) 土台部材

図2 柱脚接合部概要

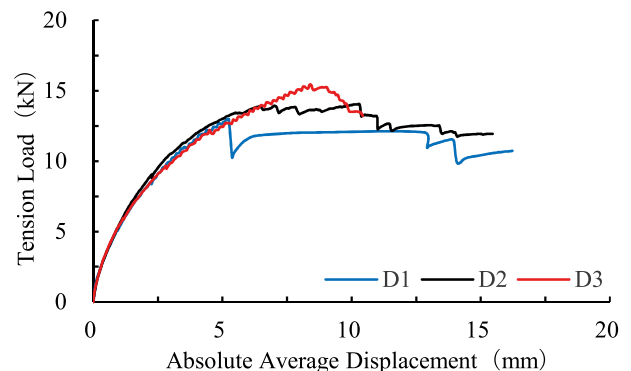


図3 密度区分による代表的な包絡線

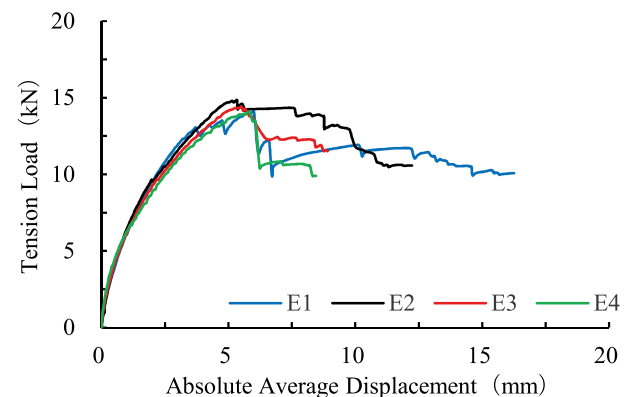


図4 動的ヤング率区分による代表的な包絡線

接合部では、最大耐力を迎えた後、脆性的な挙動を示した。見かけの剛性は、動的ヤング率の違いによらずほぼ同様であることから、材の動的ヤング率が接合部強度性能に与える影響は少ない可能性があると考えられる。最大耐力時の変位は、動的ヤング率の最も低い区分において、平均 6.82 mm であり、その他の区分では、平均で 8.73 mm ~ 9.17 mm となり、ほぼ同変位で最大耐力が得られる傾向が認められた。

表 2 に、密度で区分した材を用いて作製した試験体により得られた面内せん断試験用の評価方法により評価された各試験条件の代表的な柱脚接合部強度性能を示す。材の密度区分が増加するにつれて、Energy を除く柱脚接合部強度性能の値が増加する傾向が認められた。また、各区分を要因とした一元配置の分散分析を行ったところ、最大耐力および終局耐力において有意な差が認められた。

表 3 に、動的ヤング率で区分した材を用いて作製した試験体により得られた面内せん断試験用の評価方法により評価された各試験条件の代表的な柱脚接合部強度性能を示す。面内せん断試験用の評価方法により評価された動的ヤング率区分の代表的な柱脚接合部強度性能について、各区分を要因とした一元配置の分散分析を行ったところ、すべての柱脚接合部強度性能において有意な差は認められなかった。

全試験体における面内せん断試験用の評価方法により評価された密度区分および動的ヤング率区分の代表的な柱脚接合部強度性能と材密度の実測値の相関関係を調査した。その結果を表 4 に示す。密度区分した材を用いた場合、最大耐力および終局耐力では 1%水準で、降伏耐力では 5%水準で、 $r=0.543\sim0.605$ で有意な正の相関関係が認められた。一方、動的ヤング率区分した材を用いた場合、両者の間に相関関係は認められなかった。既往研究[5]において、スギ材を用いた柱脚接合部強度性能では、接合金物に V P を用いた場合、材密度の増加に伴い、最大耐力、降伏耐力、終局耐力、Energy の柱脚接合部強度性能が統計的に有意に増加する傾向が認められる。

一方、材の動的ヤング率は、接合部全体の挙動に大きな影響を与える可能性が低いことを明らかにした。本稿でヒノキ材を用いて得られた結果は、既往研究[5]においてスギ材で得られた結果とほぼ同様であった。このことから、接合金物に V P を用いた場合、材の樹種にかかわらず、材密度の違いが柱脚接合部強度性能に影響を及ぼしていることが考えられる。これは、柱脚接合部に引張荷重を作用させた際、接合金物を介して、ヒノキ材にせん断応力や割裂応力などが生じて破壊に至っており、そのため、接合部強度性能は、最終的にヒノキ材の強度性能に強く依存していることが考えられる。また、一般に、構造用製材の強度性能は、材密度の依存性が高く、すなわち材密度の増加に伴い強度性能が高くなる傾向を示す[3]。また、柱脚接合部を含む耐力壁の既往の研究において、岡部らは、耐力壁を構成する軸組材料を用いて釘接合部の一面せん断試験を行い、軸組材の密度の影響を釘接合部のせん断性能を検討した結果、釘接合部の一面せん断試験における評価結果と木材の密度との間に高い相関が認めら

表 2 密度区分による代表的な柱脚接合部強度性能

Grading		D1	D2	D3	Sig.
n		7	6	6	
P_{max} (kN)	Mean	12.77	13.80	15.46	*
	SD	1.02	1.80	2.41	
P_y (kN)	Mean	6.49	7.23	7.95	ns
	SD	0.61	0.95	1.51	
K (kN/mm)	Mean	4.31	4.46	5.10	ns
	SD	0.54	0.65	1.41	
E (J)	Mean	79	74	130	ns
	SD	36	36	68	
P_u (kN)	Mean	11.11	12.15	13.56	*
	SD	0.87	1.56	1.96	

Note: P_{max} , maximum load; P_y , yield resistance; K , initial stiffness; E , energy; P_u , ultimate resistance; μ , ductility factor; D_s , structural characteristics factor; D1 to D3 indicate grading class based on air-dry density, respectively; SD, standard deviation; Sig., significance by ANOVA test; *, significance at 5% level; ns, no significance.

表 3 動的ヤング率区分による代表的な柱脚接合部強度性能

Grading		E1	E2	E3	E4	Sig.
n		7	7	7	7	
P_{max} (kN)	Mean	14.17	14.78	15.11	14.25	ns
	SD	0.69	1.98	2.33	2.19	
P_y (kN)	Mean	7.42	8.18	7.92	7.84	ns
	SD	0.68	1.33	1.28	1.18	
K (kN/mm)	Mean	4.71	4.76	4.32	5.54	ns
	SD	1.14	0.81	0.94	1.09	
E (J)	Mean	73	149	127	150	ns
	SD	17	94	73	62	
P_u (kN)	Mean	12.50	13.26	13.15	12.66	ns
	SD	0.69	1.88	2.09	1.98	

Note: P_{max} , maximum load; P_y , yield resistance; K , initial stiffness; E , energy; P_u , ultimate resistance; μ , ductility factor; D_s , structural characteristics factor; E1 to E4 indicate grading class based on air-dry density, respectively; SD, standard deviation; Sig., significance by ANOVA test; **, significance at 1% level; ns, no significance.

表 4 材密度ならびに動的ヤング率と代表的な柱脚接合部強度性能との相関関係

Factor 1	Factor 2	Correlation coefficient	
Air-dry density	P_{max}	0.587	**
	P_y	0.543	*
	K	0.360	ns
	E	0.361	ns
	P_u	0.605	**
DMOE	P_{max}	0.059	ns
	P_y	0.165	ns
	K	0.221	ns
	E	0.364	ns
	P_u	0.043	ns

Note: DMOE, dynamic Young's modulus; P_{max} , maximum load; P_y , yield resistance; K , initial stiffness; E , energy; P_u , ultimate resistance; *, significance at 5 % level; **, significance at 1% level; ns, no significance.

れたことを報告している[8]。以上のことから、接合金物にV Pを用いた場合、柱脚接合部強度性能は、樹種によらず、動的ヤング率よりも材密度の影響を受けることが考えられる。

4. 結言

ヒノキ材の材質特性の違いが柱脚接合部の挙動と柱脚接合部強度性能に与える影響を把握する目的で、密度および動的ヤング率で区分されたヒノキ柱材を用いて柱脚接合部試験体を作製し、静的加力引張試験を行い、その柱脚接合部強度性能を明らかにした。得られた結果は、以下の通りである。

- (1) ヒノキ材の密度の違いは、今回使用した接合金物V Pを用いた場合、材密度の増加に伴い、Energyを除く柱脚接合部強度性能の値が統計的に有意に増加する傾向を示した。
- (2) ヒノキ材の動的ヤング率の違いは、今回使用した接合金物V Pを用いた場合、動的ヤング率の影響を受ける可能性は低く、柱脚接合部強度性能はほとんど同じ値を示した。
- (3) 今回得られた柱脚接合部強度性能は、いずれも許容応力度設計に規定される基準値を上回ることが明らかとなった。

以上のことから、ヒノキ材を用いて柱脚接合部強度性能を評価する場合、V Pを用いた柱脚接合部では、ヒノキ材の密度の違いが柱脚接合部強度性能に影響を及ぼすことから、V Pを用いた柱脚接合部の設計において、スギ材と同様に密度を考慮する事で、効率よく柱脚接合部設計が可能であると考えられる。

また、本研究ならびに既往研究[5]における引張試験の結果から、木材の材質特性の違いが柱頭柱脚接合部強度性能に及ぼす影響に関して以下の結論が得られた。鉛直構面耐力要素に多大なる影響を及ぼす柱脚接合部において、スギ材やヒノキ材を用いた場合、その樹種に関わらず、動的ヤング率の違いによる影響は、少ない可能性があることが明らかとなった。一方、密度の違いによる影響は、山形プレートでは、いずれの樹種においても、密度が増加するに伴い、柱脚接合部強度性能が増加することが明らかとなった。また、今回区分した密度区分および動的ヤング率区分においても、許容応力度設計で用いられている基準値を超えており、使用上問題ないことが明らかとなったことから、使用する接合金物の種類によっては、密度でグレーディングされた構造用製材を用いることにより、効率よく柱脚接合部設計を実施できる事が明らかとなった。

本研究の遂行によって、木質材料の材質特性を考慮した柱頭柱脚接合部設計が可能となり、得られた成果は、今後の木造建築物の需要の拡大、近年の大規模地震における木造建築物の耐震性の向上に寄与できることが期待される。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただきました、栃木県林業センターの皆様、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] 岡田 猛：II. 乾燥 7. 木材用グレーディングシステム（水分計、動的ヤング率測定装置）の開発。木材工業 56：pp.530-532, 2001
- [2] 中田欣作・ほか1名：スギ丸太および製材品のヤング係数によるグレーディング。奈良県森林技術センター研究報告 38：pp.27-34, 2009
- [3] 佐々木 光・ほか2名：スギ36品種の力学的性質。木材研究・資料 17：pp.192-205, 1983
- [4] 日本木材学会（編）：木質科学実験マニュアル。文永堂出版、東京。P.280, 2000
- [5] 松岡亘・ほか6名：スギ材の密度及びヤング率の違いが木質構造柱脚接合部性能に及ぼす影響。木材工業 Vol.66, No.7. pp.302-306, 2011
- [6] 木村正彦・ほか4名：神戸海洋気象台波3次元加振による現代軸組構法木造住宅の実大振動実験（その2）実験結果と考察。日本建築学会関東支部研究報告集（構造系）66：pp.113-116, 1996
- [7] 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計, pp. 563-587, 2008
- [8] 岡部 実・ほか2名：軸組を構成する木材の密度が合板釘打耐力壁のせん断性能に与える影響。日本建築学会大会学術講演梗概集（C-1）、北陸, pp. 327-328, 2002

(2024年8月30日提出)

鋳物製品の自動検査システムの開発

Development of Automatic Inspection System for Casting Products

紺野 伸顕^{*1}, 清水 隆之^{*2}, 藤井 昌之^{*3}

本開発課題は、鋳物製品の表面の検査をする装置の開発であり、昨年度からの継続テーマである。昨年度の装置の問題点は、検査が行えるのは正面と裏面の 2 面のみであり、検出できる不良は 1 種類であった。今年度の開発では、鋳物製品を不良が検出しやすい角度に回転する機構と、同軸落射照明、バー照明で照射し、カメラで撮影した画像から良否判定する機構と、良品と不良品の仕分けが行える機能を備えた装置により、5 面の検査と 4 種類の不良の検出を達成した。

Keywords: 鋳物製品の表面検査, 同軸落射照明, バー照明

1. 緒言

本開発で製作する装置は、2.1 で示す鋳物製品(以下ワークと呼ぶ)の検査装置である。ワークの良否判定は、類似するワークの混在(以下種類不良と呼ぶ)の判別とワーク表面に現れる不良(以下表面不良と呼ぶ)の判定により行っており、昨年度からの継続テーマである。昨年度[1]の未解決事項として「検査対象となるワークの正面と裏面の 2 面しか表面検査できない」「検出できる表面不良がノロカミしかない」という問題があった。そこで今年度は、表面不良判定率を向上させるため、側面と上面を加えて検査面を増加させた。ワークの側面は曲面である。そのため、表面不良が検出しやすい角度にワークを回転させ、撮影を行った。また、検出できる表面不良の種類を増加させるため、照明の見直しを行った。上面はバー照明を用い、上面以外は、リング照明から同軸落射照明に変更している。

2. 開発要件

2.1 検査対象ワークの種類 ワークは、サイズが大・中・小の 3 種類があり、それぞれリブありとリブなしがあるため、計 6 種類が本製作の対象である。ワークの各面を図 1 に示す。



図 1 ワークの表面

2.2 表面不良の種類 本装置で判定を検討する表面不良の種類を図 2 に示す。昨年度はノロカミと砂カミのみを対象としたが、今年度はそれに加えてキズ、ピンホール(0.5~1 mm)、打コンの判定に取り組んだ。



図 2 表面不良判定の種類

2.3 開発要件 本装置は、5 月時点で課題提供企業の株式会社センシュ様(以下 S 社と略す)にいただいた開発要件を基に製作している。表 1 に主な開発要件を示す。要件①の設理由は、ワーク投入位置が装置の内部にあり、ワークが視認できない状態かつ手探りで置くようになっていたためである。要件②の※は、昨年度と変更がない要件を示し、昨年度の種類不良判別率は 100%であった。要件③では、図 2 の 4 種類の表面不良の判定を行う。しかし、S 社よりお借りした 111 個の表面不良サンプルで実験を行った結果、画像による判定の対象範囲外に不良が多くあり、表面不良の検出率は 14.4%であった。そこで、今年度は、表面不良の検出率を向上させるため、要件④では、ワークの下面を除く 5 面を検査することとしている。

表 1 開発要件

番号	要件	目的
①	ワークの投入位置の改善	操作性の向上
②	※類似する 6 種類のワーク判別	種類不良判別
③	検出可能な不良種類の追加	表面不良の
④	ワークの 5 面を検査	検出率の増加

^{*1} 近畿職業能力開発大学校生産機械システム技術科
(現 三菱電機株式会社)

^{*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

3. 装置説明

3.1 装置概要 装置の概観を図3に示す。タッチパネルに良否判定の結果、検査した数、不良と判定した数、不良率などを表示する。各機構を含む装置の外観は図4に、内部構造である撮影するための機構は図5に、本体の仕様は表2にそれぞれ示す。装置の主な構成要素は、外部からの光を遮断するため黒色のアクリル板で覆った筐体、ワークを移動させる搬送機構、ワークを回転させる回転機構、ワークの正面、裏面、側面を撮影する側面撮影機構、ワークの上面を撮影する上面撮影機構、不良品を排出する排出機構の滑り台である。筐体の外にあるワーク投入口の位置に回転機構があり、はじめにワークをその回転台の上に置く。その後、スタートボタンを押すと、回転機構が搬送機構によって撮影機構の位置まで搬送され、撮影を行う。

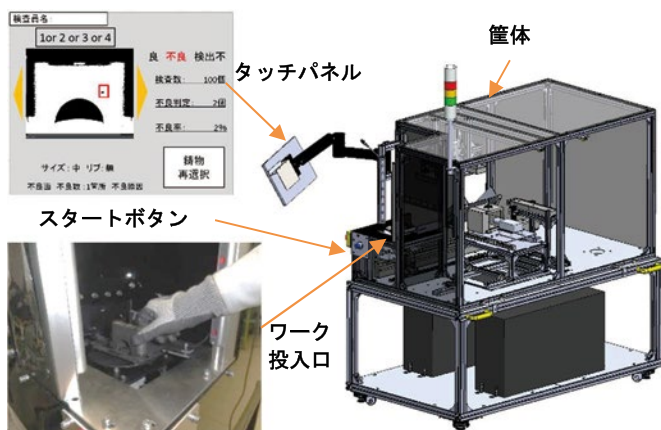


図3 装置の概観

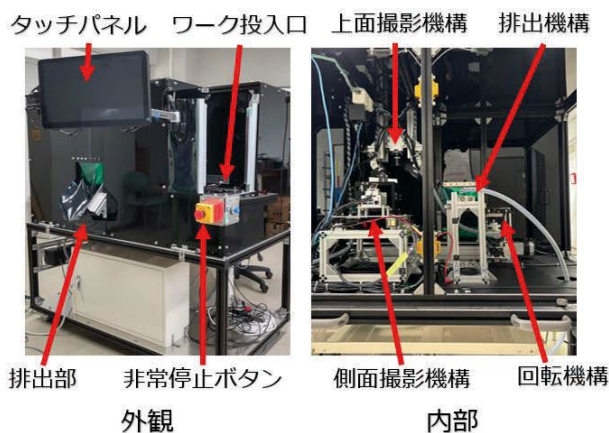


図4 装置外観・内部

表2 本体仕様

装置全体寸法[mm]	
H1780×W880×D1400	
重量	140[kgf]
ワーク設置台高さ	900[mm]
分解能	
・回転機構モーター	0.36[deg/pulse]
・搬送機構スライダ	12[μm/pulse]
・撮影機構スライダ	10[μm/pulse]
搬送機構ストローク	850[mm]
撮影機構ストローク	150[mm]

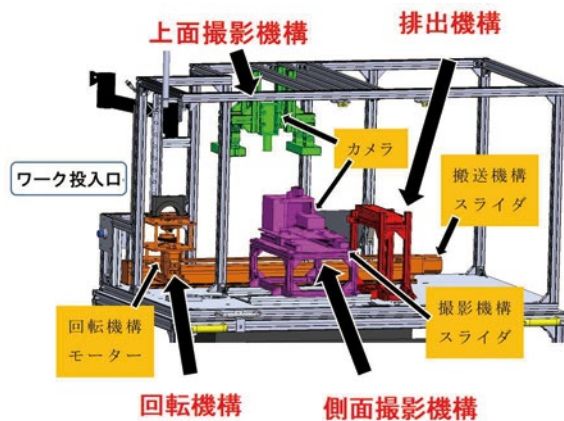


図5 撮影するための機構

3.2 回転機構 回転機構には、無給油、無潤滑でメンテナンスフリーである樹脂製のギアを採用した。3個のボールローラーを使用することで、回転台にかかるワークの荷重を分散させ、摩擦を低減した。また、大、中、小全てのサイズのワークを土台の交換無しで検査可能にするためにワーク設置台にE型の段差を設けた。この段差により、サイズが大きいワークは外側の段差にはまり、中と小のワークは内側の段差にはまることで、ワークを固定できるような設計を行った。製作したワーク設置台とE型の段差を図6に示す。

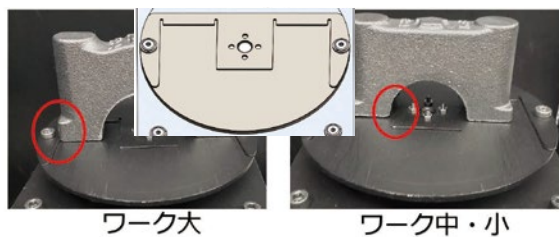


図6 ワーク設置台とE型の段差

ワークの寸法許容差0.8mmを考慮し、回転台にはワークの寸法より1mm大きいサイズの溝を設け、ワークの位置決めが可能となるよう設計した。また、搬送時の加速度を0.9m/s²以下、回転加速度を240.7deg/s²以下とすることで、ワークが、搬送、撮影時に、回転台から滑り落ちない設計とした。製作した回転機構を図7に示す。

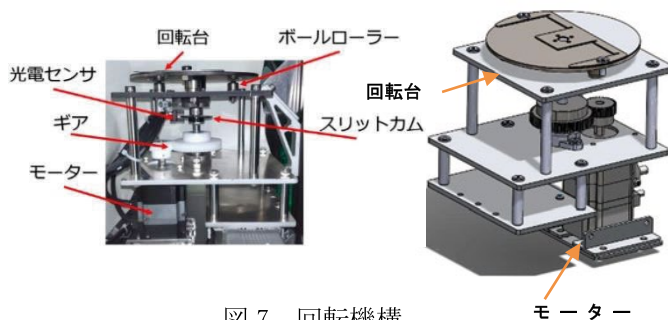


図7 回転機構

3.3 側面撮影機構 図8の側面撮影機構は、ワークの正面、側面、裏面を撮影するための機構である。カメラと照明を搭載した台をスライダで動かすことができる機構となっている。この機構により、カメラとワ

ークの距離を電動スライダーで調整し、カメラのピン
トを適切に合わせることが可能である。本機構では被
写体を均一に照らす同軸落射照明を用いており、かつ
カメラの画角に照明が入らないように設計を行った。

図 10 は昨年使用したリング照明と今年度製作した
同軸落射照明を使用したときの撮影画像の比較である。
リング照明ではワーク中央部が強く照らされているの
に対し、同軸落射照明ではワーク表面がより均一に照
らされていることが確認できる。ワークの側面に発生
する表面不良は主にピンホール、ノロカミ、砂カミで
あり、これらの不良をより効果的に検出するために、
同軸落射照明を採用している。図 9 は、同軸落射照明
の光路を示しており、この光路に基づいて製作したも
のが図 10 の同軸落射照明である。ここでの LED 照明
には赤色 LED を使用し、光拡散キャップ付けている。

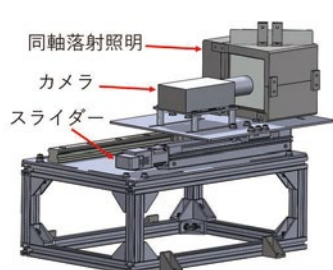


図 8 側面撮影機構

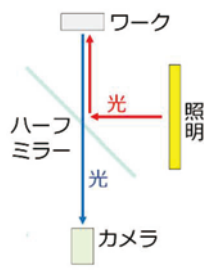


図 9 同軸落射照明の光路

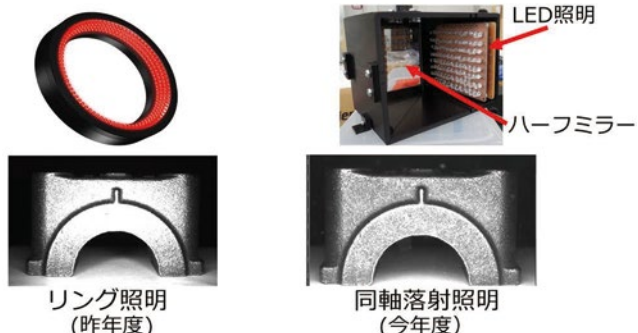


図 10 リング照明と同軸落射照明による撮影画像

3.4 上面撮影機構 上面撮影機構は、ワークの上面を
撮影する際に使用するカメラと LED を使用した 2 つ
のバー照明から構成される。本機構は、カメラは上下
の調節、バー照明は左右および角度の調整ができるよ
うに設計した。製作した上面撮影機構を図 11 に示す。
バー照明は、一方向に均一な光を照射できるため、表
面検査において文字の読み取り検査に適した照明であ
る[2]。ワークの上面に発生する主な表面不良はキズと
打コンである。そのため、表面不良個所に生じる影が
判定しやすいバー照明を採用している。



図 11 上面撮影機構

3.5 排出機構 排出機構は、不良品と判定されたワー
クを不良品 BOX に押し出す機構である。ワークの押
出はエアシリンダー(以下シリンダーと略す)を用い
て行う。シリンダーはワークとの距離を考慮しストロ
ーク 125mm のものを選定した。また、ワークを押し出
す高さとしリンダーとワークの距離を調整できるよう、
設計した。

4. 制御システムとワーク撮影

4.1 制御システム 本装置の電源は AC100V である。
PLC で各機器の動作の制御を行い、マイコンで種類判
別、良否判定を行う。マイコンはラズベリーパイ(以下
ラズパイと呼ぶ)を使用している。本装置のシステムブ
ロックを図 12 に示す。なお、図中の SW はスイッチを
示している。

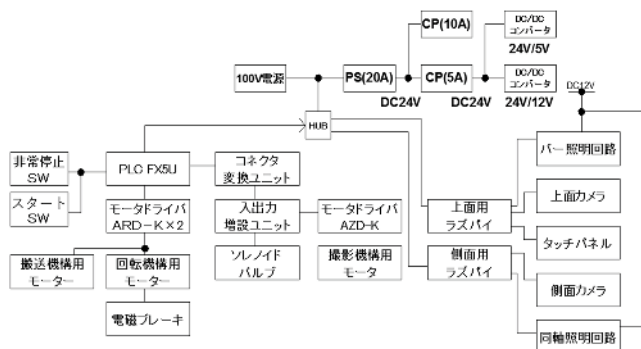


図 12 システムブロック

搬送機構、回転機構、側面撮影機構で使用する電動
スライダー用ステッピングモーターは、PLC の位置決
め制御機能を用いて、モーター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。ワークの排出に用いるシリンダーは、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。
また、ラズパイと PLC 間で相互に情報を伝達するた
めに SLMP 通信を用いている。

4.2 ワークの撮影 本装置で撮影を行っている様子
を図 13 に示す。ワークの撮影は側面撮影機構、上面
撮影機構を用い、個別に行う。側面撮影機構では側面、
正面および裏面を撮影する。

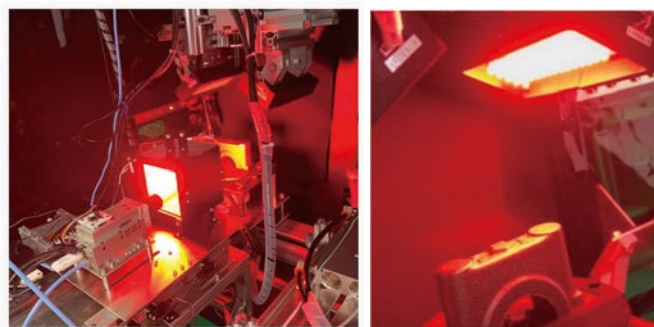


図 13 ワークの撮影

側面を撮影した画像を図 14 に示す。7 回撮影した画
像を 1 つの画像としてタッチパネルに表示したもので

ある。ワークの側面は曲面であり、その曲面を撮影するために7回撮影を行っている。

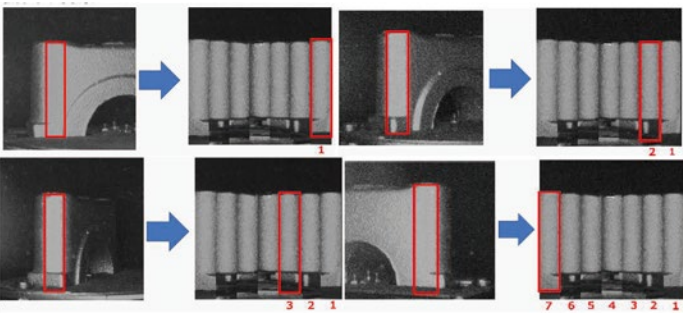


図 14 側面を撮影した画像

5. 画像処理

5.1 画像処理概要 種類不良および表面不良の判定を行うため、撮影された画像を基に画像処理を行う。全ての検査に共通する処理として、ワーク画像の表面不良部分が黒く変換されるように二値化処理を行う。

5.2 種類判別の方法 ワークの大きさとリブの有無から種類判別を行う。

(1)ワークの大きさ判別は、ワークの上面画像により行う。二値化処理した上面画像(以下二値化画像)を図 15 の左上に示す。二値化画像の x 軸方向最大 pixel 数により大中小の判別を行う。判別する pixel 数を図 15 に示す。



図 15 サイズ測定

(2)リブの有無の判別は、ワークの正面画像により行う。正面画像ではリブの凹凸部分を境目として、リブありの場合にワーク画像が上下に分割されるよう、二値化画像の閾値を設定する。リブの有無による二値化画像の様子を図 16 に示す。二値化画像から、白部分の面積が大きい 2 つのブロックを上から選び、面積比が大きければリブなし、小さければリブ有りと判別する。

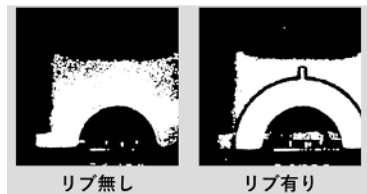


図 16 リブの有無

5.3 不良判定の方法 不良箇所の特徴量として、pixel 数、縦横比率、二値化の閾値により、以下の 1)~4)のいずれであるかを判定する。この様な手法を用いることで検出した表面不良の画像を図 17 に示す。

- 1)ノロカミは面積の pixel 数が 800pixel 以上で、縦横比率が 1 : 3 より小さいものとする。
- 2)ピンホールは面積の pixel 数が 800 以下で縦横比率

が 1 : 3 より小さいものを判定する。

3)キズはノロカミ、ピンホールと違い、浅いものも存在する。従って、二値化の閾値の変化に関係なく縦幅の pixel 数が 35pixel 以上で縦横比率が 1 : 3 以上のものをキズと判定する。縦幅 34pixel 以下のキズはサンプルにはなかったため、ノイズと判定する。

4)打コンは他の不良と異なり、上面の角に発生しやすい。上から撮影された画像からワークの輪郭を抽出し、良品のワークの輪郭と比較して凹んでいる部分を不良と判定する。

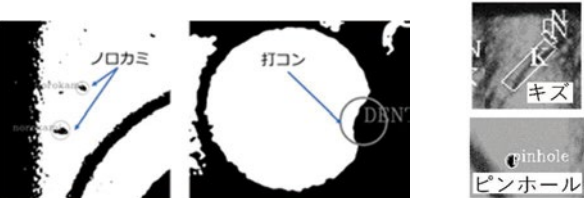


図 17 表面不良の検出画像

6. 評価

表 1 の開発要件に対する評価を示す。要件①は管体の外にワーク投入口を置くことで改善している。要件②は、昨年同様に 100%判別できている。要件③は、照明を変更することにより、全てではないが、図 2 の 4 種類の表面不良は判定できている。要件④は、ワーク上面、側面もカメラで撮影する機構に変更し、ワーク 5 面の表面検査を行うことができています。表面不良のサンプル品で検査をしたところ、幅が 0.8mm 以上の表面不良が検出可能であり、表面不良の検出率は 70.2%であった。

7. 結言

要件③と④の効果として、不良検出率を昨年度より向上させることができた。しかし、依然として判定できない表面不良も多く残った。鋭角な切れ込みがあるキズは検出可能であるが、今回、検出対象外とした、なだらかな凹みがある不良（外ビケなど）は、照明を当てても影が形成されず、検出することができない。ワークの輪郭に近い部分は、表面不良がない箇所でも黒の斑点が多い画像として撮影され、その部分は検査対象として扱うことができない。

8. 謝辞

最後に、製作にあたり多くのご助言を頂き、検査の対象物としてお貸しいただいたサンプル品の鋳落としのご対応など、ご厚意を賜りました株式会社センシュア様に深く感謝を申し上げます。

文献

[1] 紺野伸顕, 清水隆之, 藤井昌之: 鋳物部品の種類判別および仕分け装置の開発, 近畿職業能開大ジャーナル No.31 2023,pp.10-13, 2024.1.

[2] オプテックス・エフエー株式会社,画像処理用 LED 照明の基礎知識, https://www.optex-fa.jp/online_learning_2021/textbox/d1_text.pdf 参照:2021.

(2024 年 8 月 30 日提出)

搬送システムのための電気二重層キャパシタモジュールの開発 Development of the Electric Double Layer Capacitor Module for Transport System

佐々木 悠貴*1, 中島 英一*2, 池田 雅和 *3

ワークキャリアの蓄電装置として電気二重層キャパシタ採用した．一般的に広く利用されているリチウムイオン電池は，環境温度に影響を受けやすく充電時間がある程度掛かってしまう点が欠点である．これに対して，環境温度に影響を受けにくく充電時間が早い蓄電装置として電気二重層キャパシタモジュールが有効的に利用可能である．

Keywords： 電気二重層キャパシタ，電流制御回路，昇圧チョップ回路．

1. 緒言

一般に，工場ではその敷地やワーク，工程などにより，生産ラインのレイアウトが変更される．このため，工場としては必要に応じて生産ラインのレイアウト変更に対応できる搬送システムに対するニーズがある．これに応えるシステムとして，自走型車両(以下，ワークキャリア)により生産ラインの工程間へのワーク搬送を実現する搬送システムを開発した．ワークキャリアはアルミフレームからなるレールを走行する．

開発したワークキャリアの外観を図 1 に示す．ワークキャリアには，一般的なリチウムイオン電池ではなく，電気二重層キャパシタ(Electric double layer capacitor: 以下 EDLC)を蓄電装置として使用している．図 2 にワークキャリアの荷台部に搭載した EDLC モジュールの外観を示す．



図 1 ワークキャリアの外観



図 2 EDLC モジュールの外観

ワークキャリアの蓄電装置に EDLC を採用した経緯として，搭載されたマイコン等に安定した電流が供給でき，大電流で充電する事が出来るため充電時間が短い，EDLC は物理的な蓄電のため長寿命，今回は充電スポットが一定間隔に設置されている，二次電池と違い電圧の変化が直接的なため残量計測が容易であるなどの特徴を有している[1]．

2. 構成

2.1 全体システム構成 本システムでは，図 3 のように 4 つのブロックに分かれている．走行時にワークキャリアに電力を供給させるための EDLC モジュール，EDLC を充電するための充電回路，出力電圧を一定に保つ為の昇圧チョップ回路，モータ制御及び Wi-Fi®通信を行う制御回路を制作した．充電回路及び昇圧チョップ回路，制御回路に関しては，ユニットごとに制作

し別途制作したマザーボード基板に実装している．昇圧チョップ回路には，制御回路で使用する 5[V], 3.3[V] に降圧する絶縁型 DCDC コンバータ及びレギュレータも含まれている．

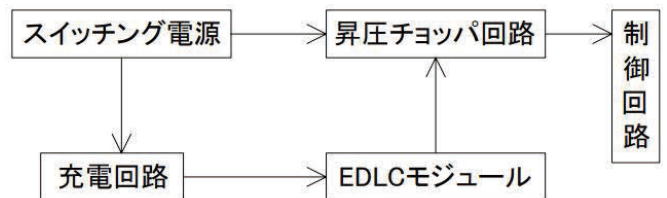


図 3 システムブロック図

3. 電気二重層キャパシタ

3.1 EDLC の基本原理 電解液に浸した活性炭の表面にイオンを吸着させ，電気二重層を形成している．電気二重層は低い電圧でしか発生しないため約 3[V]程度しか耐圧がない．また，耐圧が低いため直列に接続し分圧させ使用する必要がある．二次電池は，完全放電すると寿命が著しく低下するが EDLC は完全放電が可能である．さらに，大電流で充電する事ができ充電時間を早くする事が可能である．電流値次第では，数秒から数分で充電を完了させる事が可能である．また，周囲の環境温度に左右されにくいいため，低温から高温環境化でも使用する事が出来る．

3.2 EDLC モジュール 製作した EDLC モジュールは，10 直列 2 並列接続で構成されている．使用したセルは定格電圧 $V_1=2.7[V]$ ，静電容量 $C_1=300[F]$ ，蓄積電力量 $E_1=0.3[Wh]$ である．モジュールとしての定格電圧 V_m ，静電容量 C_m ，蓄積電力量 E_m は，充電終了電圧 V_e を 22[V]として以下の通り計算される[2]．

$$V_m = V_1 \times (\text{直列セル個数}) = 2.7 \times 10 = 27 [V] \quad (1)$$

$$C_m = C_1 \times (\text{並列セル個数}) / (\text{直列セル個数}) \\ = (300 \times 2) / 10 = 60 [F] \quad (2)$$

$$E_m = C_m V_e^2 / (2 \times 3600) = (60 \times 22^2) / 7200 = 4.03 [Wh] \quad (3)$$

EDLC モジュールの電圧を 22[V]から 11[V]まで利用するとエネルギー利用率は以下の通り計算される．

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} C_m (22^2 - 11^2)}{\frac{1}{2} C_m (22^2)} = \frac{\frac{1}{2} \times 60 \times 363}{\frac{1}{2} \times 60 \times 484} = 0.75 \quad (4)$$

*1 近畿職業能力開発大学校生産電気システム技術科 (令和 5 年度修了生)

*2 近畿職業能力開発大学校生産電気システム技術科

*3 京都職業能力開発促進センター

(式 4) の結果から、75%のエネルギーを使用する事が出来る。使用電圧値を大きくとることが出来ればエネルギー利用率は向上させることが可能である。

3.3 保護回路 EDLC を直列接続で使用する場合、セルの特性によりセル間の電圧にばらつきが生じることに起因して過充電により EDLC が破損する恐れがある。そのため、制作した EDLC モジュールには1セルごとにセル間電圧のバラツキを無くするためのセルバランス機能(以降：SB)及び過充電検出機能(以降：OD)を持つ IC を使用している。保護回路を図 4 に示す。

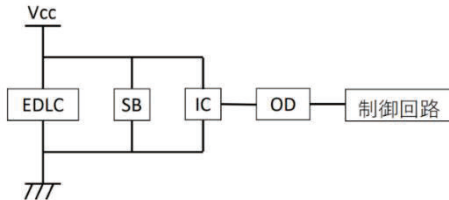


図 4 保護回路

今回使用した IC は、ABLIC 社製 S-8249AAW-M6T1U で、SB 検出電圧は 2.65[V]、解除電圧は 2.55[V]になっている。OD 検出電圧は 2.75[V]、解除電圧 2.65[V]である。SB においては、EDLC の端子電圧が 2.65[V]まで充電されたら動作し電流の経路をバイパスさせる機能になっている。充電電流を減少させる事により他の EDLC より充電速度が低下する事により、EDLC の端子電圧を均一化させる事が出来る。OD は、EDLC の端子電圧が 2.75[V]まで充電されたら動作し、信号を制御回路に発信することにより充電を停止させる。

4. 充電回路

4.1 充電回路構成 電圧検知回路、切換え回路、電流制限抵抗、電流制限回路から構成されている。EDLC モジュールの電圧を電圧検知回路にて判断し 6[V]以上を検知している場合は切換え回路が電流制限回路に接続され充電する。6[V]未満を検知している場合は切換え回路が電流制限抵抗に接続され充電する。充電経路 2 つ用意している理由は、EDLC が放電されている状態ではインピーダンス値が低いいため突入電流が発生し電流制限回路が破損することを防ぐためである。

電流制限回路における EDLC モジュールの充電波形を図 5 に示す。充電電流の波形が塗りつぶされた様になっているのは、定電流で流すことができていないためである。電流制限値の 6[A]を大きく超えて流れていないため電流制限回路が動作していることが読み取れる。

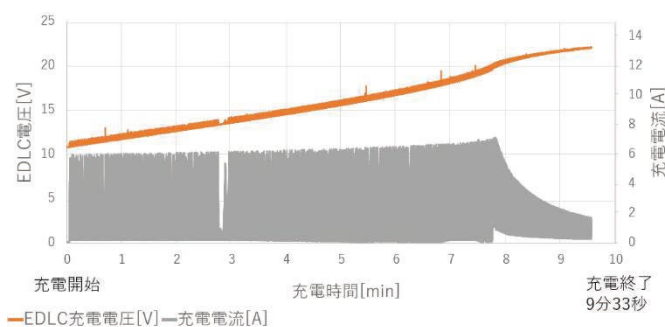


図 5 EDLC 充電回路特性

5. 昇圧チョップパ回路 制作した昇圧チョップパ回路を用いることにより、EDLC モジュールの電圧が 11[V]まで消費されても 24[V]を出力することが可能である。昇圧チョップパ回路が必要な理由として、EDLC は放電させていくと電圧が直線的に減少しワークキャリアに搭載しているモータの動作電圧を下回るため、これを補償する昇圧チョップパ回路が必要である。図 6 に昇圧チョップパ回路の出力電流を 0.5[A]一定負荷で消費している場合の、EDLC の電圧、電流の波形を示す。

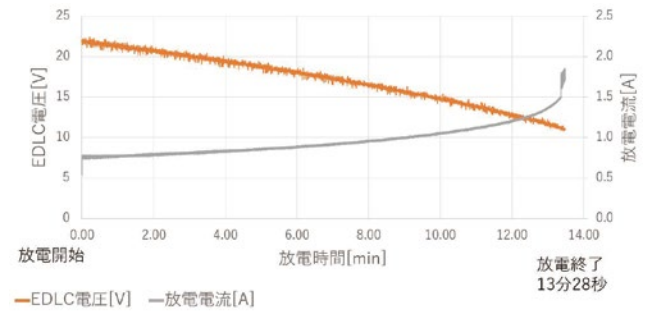


図 6 EDLC 放電特性(負荷電流：0.5[A]一定)

制作した昇圧チョップパ回路の効率は以下の通り計算される。

$$t = \frac{C \times (V_o - V_i)}{I} = \frac{60 \times (22 - 11)}{0.5} = 1320[s] \quad (5)$$

$$\eta = \frac{\text{計測値}}{\text{理論値}} = \frac{808}{1320} \div 0.61 \quad (6)$$

(式 6) の結果から、61%のエネルギーを使用することが出来る。EDLC モジュールの電圧が 13[V]以上の場合、昇圧チョップパ回路の効率は 70%近く出ているものの、13[V]を下回ったあたりから効率が低下し始め最終的な効率が 61%に低下する。

6. 結言

EDLC モジュールを使用する為のシステムを制作する事が出来た。しかし、電流制限回路から定電流で充電させる事が出来なかった為に充電時間は 24 時間稼働するために必要な 4 分より長くなった。今回の EDLC モジュールでは充電電流は 6[A]に設定しているが、EDLC 自体にはさらに大きな電流を流す事が出来るため、充電時間の短縮の見込みがある。また、EDLC モジュールの直並列回路を電圧に応じて切換えられるようになれば駆動時間の延長の見込みもある。

参考文献

- [1] 電気二重層キャパシタを搭載した小型電動車両の制作と運動制御に関する研究
https://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankenkyu/58/4/58_4_397/_pdf
- [2] 日本ケミコン株式会社：TECHNICAL NOTE-電気二重層コンデンサの上手な使い方-
<https://www.chemi-con.co.jp/download/pdf/dl-technote-j.pdf>

(2024 年 11 月 29 日提出)

2023年度高大連携事業用ロボット関連教材の運用

Operation of Robot Teaching Materials for High School and University Collaborative Projects in 2023

來住 裕^{*1}

2021年度に産業用ロボット・サービスロボットを題材とした高大連携事業用教材を開発し、高等学校で運用を行った。しかし、長期にわたって高等学校の支援を行う場合、時間割・機材等の調整ができないなどの原因で、高等学校と当校の間で弾力的な運用ができないことがあった。そこで、当校からの支援を直接的に生徒に対して行う形から、教材の運用を高等学校の教諭と両方で協調しながら行う形に変更した。これにより高等学校での授業運営が柔軟にできるようになった。さらに、生徒の理解度は、当校のみで行った場合と同程度か改善が見られたので報告する。

Keywords : 産業用ロボット, 高大連携授業, ものづくり, キャリア教育

1. はじめに

以前から当校は、高大連携事業の一部として高等学校のキャリア教育・ライフサイエンス・総合的探究の授業、課外活動の支援を行っている。産業用ロボット・サービスロボットをテーマとした当校で開発した教材は、高等学校教諭と高等学校の状況に合わせて教材の改善を共同で行ってきた。各校の状況に合わせ改善した教材を利用し行った授業と開発された教材の教育訓練を利用した評価と結果を報告する。同時に、課外授業で取り組んだFA・ロボットシステムインテグレータ協会が行っているアイデアロボット甲子園に参加した高等学校への支援に関して報告する。



図2 ロボットハンドの指導を行っている高校教諭の様子

2. 基本的な教材

産業用ロボット・サービスロボットをテーマで使用している教材に関しては、2022年度の近畿能開大ジャーナルで報告をしている^[1]。しかし、実際の高大連携事業で継続的な支援を求められる場合、高等学校の時間割に沿った支援の要望が当校との時間割の調整が困難な場合がある。同様に、高等学校の学生の学年や各校の学習習得度の違いなどがあり、内容の最適化は困難な面があった。そこで、2023年度は、高等学校の教諭に一部事業内容を任せることにより支援の柔軟性を高める取り組みを行った。



図1 教材と使用しているロボットハンド



図3 発表の指導を行っている支援した高等学校の教諭の授業の様子

^{*1} 近畿職業能力開発大学校生産技術科

支援を行っている高校の先生が図1に示している教材を利用して製作の指導をおこなっている様子である。図2は、ハンドの部分の製作と実験の指導を行っている様子である。図3は、発表は、どのような方針で行うかを説明している様子である。

表1 2021年度と2023年度の実施計画

項番	授業のテーマ	計画時間数(コマ数)	2021年実施時間(コマ数)			2023年実施時間(コマ数)		
			当校実施時間数(コマ数)	支援高校教諭実施時間数(コマ数)	実施合計時間数(コマ数)	当校実施時間数(コマ数)	支援高校教諭実施時間数(コマ数)	実施時間数(コマ数)
1	ロボットの定義と小型ロボットに触れてみる	1	1	0	1	1	0	1
2	社会で利用されているロボットとロボット関連の仕事	1	1	0	1	1	0	1
3	教材ハンドの組み立てたハンドの実験	3	3	1	4	1	4	5
4	実験結果をもとに改善点の整理と改善アイデアの抽出と整理・発表準備	3	3	1	4	1	5	6
5	発表	1	1	0	1	1	0	1
合計(コマ数)		9	9	2	11	5	9	14

表1に支援した高等学校の2021年度と2023年度の予定した授業時間数の変化を記載した。初めの導入部分である、1. ロボットの定義と小型ロボットに触れてみる、2. 社会で利用されているロボットとロボット関連の仕事は、当校の指導員が担当した。それ以外の3. 教材ハンドの組み立てとハンドの実験、4. 実験結果をもとに改善点の整理と改善アイデアの抽出と整理・発表準備は、当校の指導員が途中で様子を見に行く程度とし、高等学校の教諭を中心として指導をするようにした。最後の発表は、まとめの意味があり当校から講評を含め参加することとした。2021年度は授業時間が短く発表の準備が十分な時間をかけることができなかったとの意見があったが、2023年度は高等学校の先生に高校の教諭に教材運用を任せたことにより高校での教材の運用に余裕をできるようになった。それにより生徒にも余裕を持たせることができています。

3. 2021年度と2023年度の教材運用に関する生徒の評価

2021年と2023年に教材を運用し、実際に生徒にアンケートをおこなった。アンケートは、1. 授業の中でどの項目が一番大変でしたか。2. ロボットハンド（以下ハンドとする）の製作を通して、物理や数学が必要であることを感じることはできましたか。3. ハンドを使った実験検証で得たデータの整理や実験方法は役に立つと思いますか。4. 問題の整理法や改善法の手法は、今後、役に立つと思いますか。5. チームで討論して問題点を整理し発表するストーリーを作ることでは難しかったですか。6. 発表は大変だと思いますが、やってよかったと思いますか。7. 授業は面白かったですかの内容である。各問いに対し、選択肢の選

択形のアンケートとした。

このアンケートをもとに運用大きくかかわっていると思われる項目を抜き出し評価を行うことにした。

3.1 アンケート結果に関する考察 授業の中で生徒が興味を持ってできた内容は、図4に示されるように2021年度、2023年度とも80%近くの生徒がロボットハンドの製作は興味を持ってできたと答え、15%程度の生徒が問題点の整理過程や発表過程に興味を持ったと答えている。2021年、2023年とも同じ傾向を示していることがわかり、生徒の本質的な興味対象に変化がないことがわかる。

図5が授業内容で難しいと感じたことをアンケートした結果である。2021年2023年とも、発表までのプロセスと問題点の整理に75%程度の生徒がデータの整理や発表が難しいと感じていることを示している。両年度ともハンドを作り、実験、結果整理、問題点の発見、改善提案の流れの発表を行う授業には、難しさを感じながらも興味を持って取り組んでいると考えられる。

図6では発表は難しいがやってよかったと感じている生徒が2021年は8割を超えている。さらに2023年には90パーセントに達している。これは、高等学校の教諭に教材の運用を依頼したことにより、授業時間が充分とれ満足度が向上している。

図7に2021年度と2023年度とも、一連の教材に高校生が面白い、ある程度よかった面白かったと答えている生徒が9割を超え、面白くなかったと答えた生徒は0となっている。このことより、高等学校の教諭に教材の運用を協力して行うことにより、授業の生徒の満足度をあげられる可能性があることがわかる。

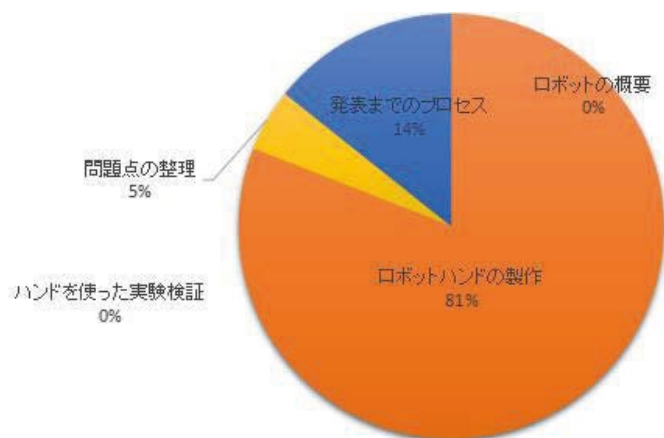
4. 課外授業における高大連携事業および他校で展開実績

詳しくはここでは、述べることはできないが、FA.ロボットシステムインテグレート協会が実施する高等学校向けのロボットアイデア甲子園に参加を予定していた高等学校に対し、アイデアを整理していく方法を用いて産業ロボットの用途開発に関する高大連携事業の協力を行った。その結果、高大連携事業を行った高校においてロボットアイデア甲子園の大阪大会決勝で最優秀賞をとり、全国大会へ参加した。参加した結果全国大会の決勝に進み企業賞を獲得した。

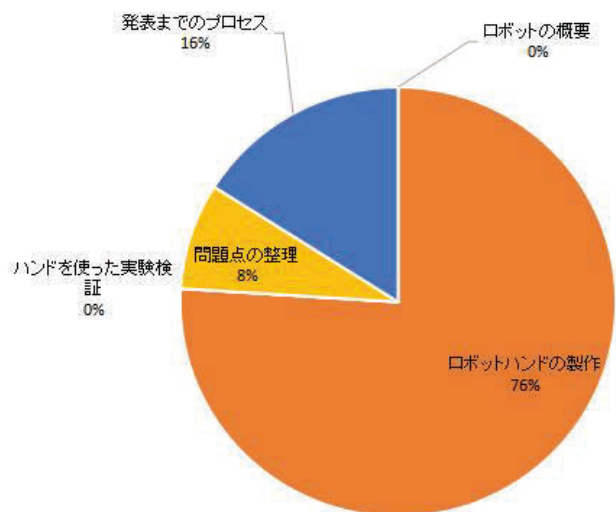
5. おわりに

今回、高大連携事業で使用するロボットに関連する教材を高等学校協力して運用を行うことができた。協同運用することにより高等学校により余裕をもって運用ができ、当校のみで行うより満足度の向上が確認できた。このことより教材運用を高等学校と協議して運用することで十分期待できる効果を得ることができたとともに、高等学校で教諭と協調して運用できる教材ができた。また講義と実習を分解し組み合わせ授業を行うことで高等学校からのキャリア教育、コミュニケーション能力の開発、問題点発見と検証による問題解決能力の養成の要望に対応することができた教材の開発ができた。これらに関する教材の生徒の評価も高い

評価を受けることができた。

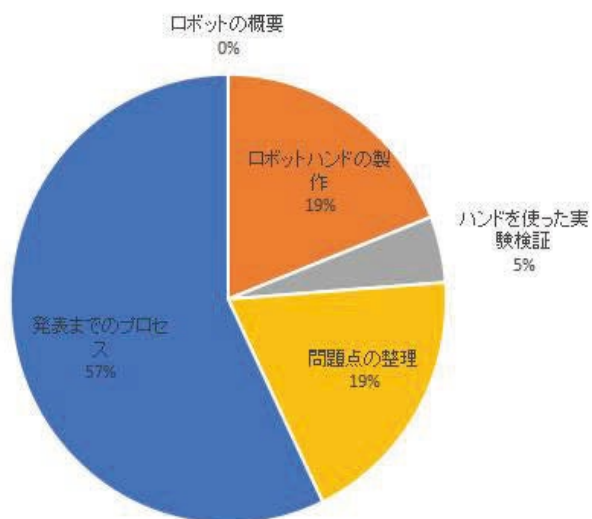


2021年度

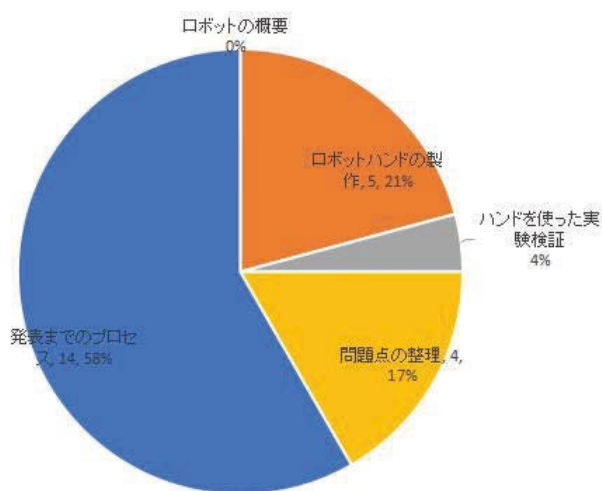


2023年度

図4 授業の中で興味を持った項目

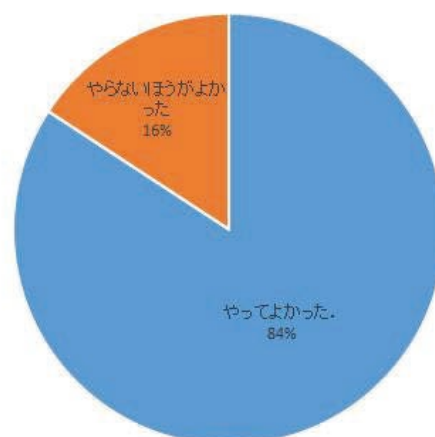


2021年度

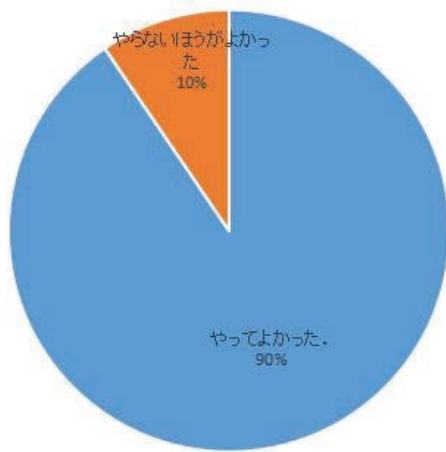


2023年度

図5 授業で大変だった項目

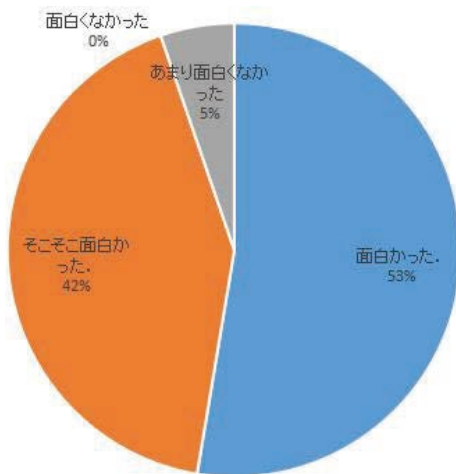


2021年

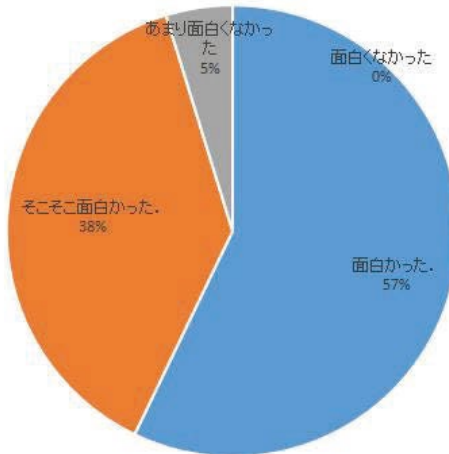


2023年

図 6 発表は大変だと思いますが、
やってよかったと思いますか



2021年



2023年

図 7 最後にこの授業は面白かったですか

文献

- [1] 來住裕 ほか 3 名：2021 年度高大連携事業でのロボット関連教材の開発，近畿能開大ジャーナル，NO.30，pp. 7－11，2024

(2024 年 9 月 25 日提出)

サッカーロボットの製作を通じた組込み技術の習得について

Learning Embedded Technology Through Making a Soccer Robot

大久保 欣哉^{*1}, 末富 暢^{*1}, モンゴメリ・露伊・エリクス^{*1}

電子情報技術科では、15年前の科の立ち上げ時から2年時のV, VI, VII期で行う5つの実習を通して訓練生1人が1台のサッカーロボットを製作している。当科は組込み機器の設計製作に必要な能力の習得を持った人材を社会に輩出することを目的としている。当課題を行う理由は、訓練生に対して、組込み機器を設計製作する上で必要な技術は、各実習で学ぶ技術が単独に用いられているわけではなく、複雑に組み合っていることを学習させるためである。ここでは、その取り組み状況を報告する。

Keywords : サッカーロボット, マイコン

1. 緒言

現在、電子情報技術科では、電子回路設計製作実習、機械工作実習、インタフェース製作実習、ものづくり実習、組込み機器設計製作実習を使って、学生の到達目標の1つとして、ワイヤレスリモコン型のサッカーロボットを製作している。これは、1年生に技能検定3級を含めた、電子回路の製作手法と組込みプログラミングの基礎を学び、2年生では、それを基とした実習を行っている。ただ、それぞれ学ばなければならない技術レベルが高くそれぞれの課題のゴールが別々となると、どうしても実習の授業ごとの技術範囲のみで理解する感が強くなってしまい、組込み機器の開発時に必要な横断的な技術を学ぶことが難しくなってしまう。そのため当科では、それぞれの実習の最終課題をサッカーロボットの一部を製作することによって、組込み技術が横断的な技術で構成されていることを理解させることを目的としている。

2. ロボット及び競技会の仕様

サッカーロボットの競技会は、ロボカップ日本委員会が競技種目の一つとして行っており、二足歩行ロボットからシミュレーションまで、多種の種目があるが、当科には、普通科の高校から進学する学生がおり、また、ものづくりの体験がほばない学生が多いことから、ロボカップジュニアのサッカーリーグを参考にして、仕様決めを行っている。ロボットの大きさの制限は、250mm³内に収めることとしており、対戦は、1対1で、ボールは、直径約70mmのクッション性のあるボールを使用している。コート的大小さは、1820mm×2430mmのロボカップジュニア用のサッカーコートを使用している。相手陣内のゴールエリアにボールが入ると得点となり、競技の組み合わせは、試合前に出席順に1人ずつコートの中心より、ボールをゴールする時間を計測することで決定している。競技時間は3分間、延長はサドンデス方式を使用している。また、ロボットの制御方法として、インタフェース実習で行っている無線通信の技術習得を反映させるため ZigBEE[®]規格を用

いたリモートコントロール式を用いている。リモコン側に取り付けるコントローラとして一般的には、ジョイスティックを使用することがほとんどであるが、センサ信号処理の技術習得を反映させるため3次元加速度センサを用い傾けることによって発生する数値を処理し、その結果をロボットへ送信するようにしている。図1に競技会の様子を示す。



図1 競技会の様子

3. システムの概要

図2に昨年度のサッカーロボットの製作例を示す。

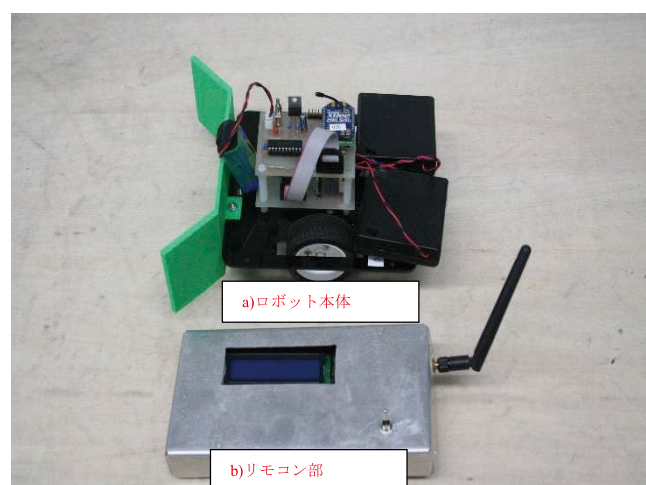


図2 サッカーロボット製作例

^{*1} 近畿職業能力開発大学校 電子情報技術科

サッカーロボットは、大きくリモコン部とロボット本体に分けられ、それぞれ、マイコンを用いた電子回路と組込みプログラムが搭載されている。

3.1 リモコン部 図3にリモコン部のシステムブロック図を示す。16PINのマイコンを中心に、ロボットへの無線送信部とヒューマンインタフェース、並びに、文字表示から構成されている。ヒューマンインタフェースには、通常ジョイスティックが用いられることが多いが、当課題では、3軸の加速度センサを使用し、リモコン筐体そのものを動かすことによって、ロボットを操縦する方法を取っている。図4に内部基板を示す。

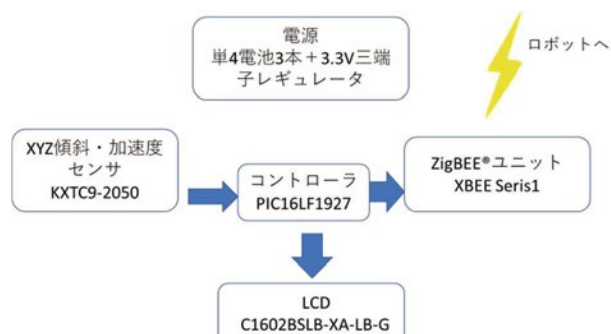


図3 リモコン部ブロック図



図4 リモコン部の内部基板

3.2 ロボット本体 ロボット本体は、筐体、駆動部、制御部から構成されている。図5にロボット本体のブロック図を示す。20PINのマイコンを中心にリモコンからの制御信号受信部、ギヤ部に取り付けられたDCモータを制御するためのDCモータドライバ部、ギヤ部、筐体で構成されている。図6に作例を示す。

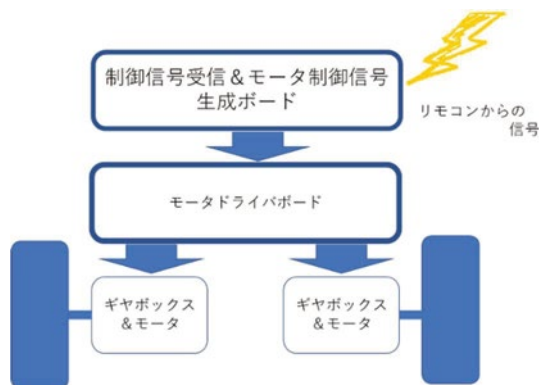


図5 ロボット本体ブロック図

4. 各実習での取り組み

この課題を作り上げるために、インタフェース製作実習、機械工作実習、電子回路設計製作実習の最終課題、およびものづくり実習、組込み機器制作実習の時間を製作に当てた。表1に各実習での習得要素および実習内容について表にまとめる。

表1 実習で習得する要素および実習内容

実習名	技術要素,実習内容
電子回路設計製作実習	基板設計製作技術
インタフェース製作実習	センサ技術, モータ制御技術, 通信技術
機械工作実習	金属加工技術, レーザ加工技術, 3D造形技術
ものづくり実習	ロボット本体の製作
組込み機器設計製作実習	リモコン部の製作, ロボット本体, リモコン部のソフトウェアの実装

4.1 電子回路設計製作実習 電子回路設計製作実習では、電子回路CAD (図研製 CR8000), ドライエッチング装置 (MITS 製 AUTOLAB), ウエットエッチング装置 (サンハヤト製 ES-800M) を使用して、プリント基板の設計製作法並びに1年時に技術を習得した電子回路組立技法も用いて、電子回路基板まで製作を行っている。この実習では、最終テーマとして、リモコン部の電子回路基板を製作する。一般の電子回路に使用されている化学反応によって銅を溶かすウエットエッチングで行うか、実験や開発途中に使用される銅板に溝を掘るドライエッチングで行うかは、訓練生の選択としている。図6にドライエッチングとウエットエッチングで基板製作した例を示す。ちなみに下部の基板は、ユニバーサル配線と言われており、基板作成の環境がない場合に、2.54mm (0.1inch) の間隔でランド (はんだ付け用のドーナツ状穴あき銅箔) 並べられた基板上にすずメッキ線を使用して配線を行った場合である。配線の幅や間隔はウエットエッチングの方が小さくできるが、ドライエッチングは、製作時間が短い利点がある、ただしドライエッチングは、はんだ付けの技能不足による動作不良が発生する 경우가多々あるので、気を付ける必要がある。

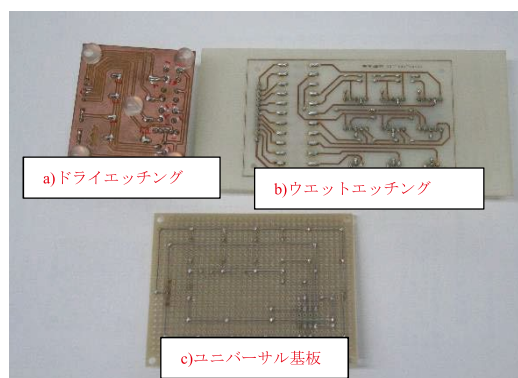


図6 プリント配線板の製作例

4.2 インタフェース製作実習 インタフェース製作実習では、マイコンとヒューマンインタフェースの接続法、モータ、ソレノイドなどの高負荷機器とマイコンとの接続方法及び制御方法、温度センサ、角度センサなどのアナログ電気信号を出力するセンサからマイコンへ信号を取り込むための A/D コンバータの使用法、LCD や各種モジュールで用いられているパラレル及びシリアル通信の使用法を学習する。この実習では最終的にサッカーロボットで使用する 2 つのモータを制御するためのモータドライバの製作を行っている。製作例を図 7 に示す。

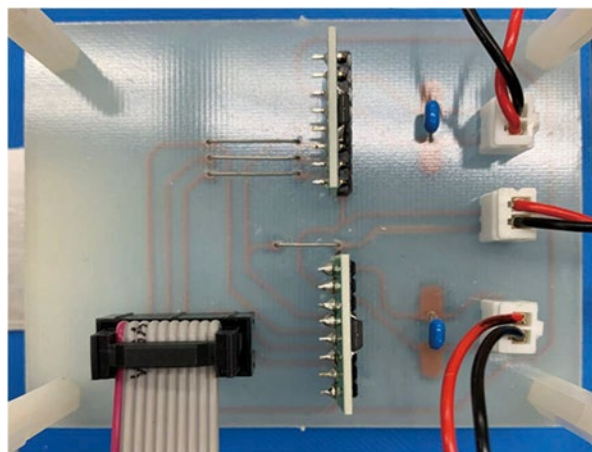


図 7 DC モータドライバ回路の製作例

4.3 機械工作実習 機械工作実習では、加工機器を取り扱ううえで必要な安全教育と板金加工のうち、切断、穴あけ、折り曲げなど軽作業を中心に実習を行っており、実習室の大きさから一斉に実習ができないことから、並行して、製図、2D、3DCAD の演習を行い、アクリル板へのレーザ加工並びに 3D プリンタを利用した造形の実習も行っている。ここでは、板金作業の最終的な課題としてリモコン部の筐体を作成し、2D（鍋 CAD）、3DCAD（TinkerCAD）の最終課題として 3mm のアクリル板を使用したサッカーロボット本体のベース部の製作を行っている。図 8 にアルミ板から金属加工によって作製したリモコン部の筐体と図 9 にアクリルをレーザ加工して製作したサッカーロボットのベース及びリモコンケースの蓋を示す。



図 8 リモコン筐体

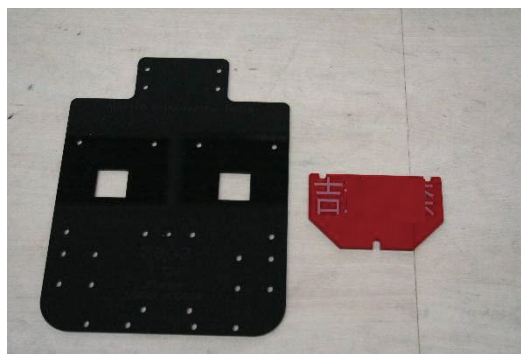


図 9 ロボットベースと蓋

4.4 ものづくり実習 ものづくり実習では、これまでの実習を踏まえて主にサッカーロボット本体に関する製作を行っている。実際には、ロボットの制御部と筐体である。制御部は、インタフェース実習で製作したモータドライバ基板とフラットケーブルで連結するので、2 つの基板のコネクタの位置を考慮に入れつつ、制御部とモータドライバでは、それぞれ別の電圧の異なる形の電池を搭載するため、その部分の搭載場所を考えながら制御基板及び筐体の設計及び製作を行わなければならない。図 10 にロボットの製作例と図 11 に製作した制御基板を示す。

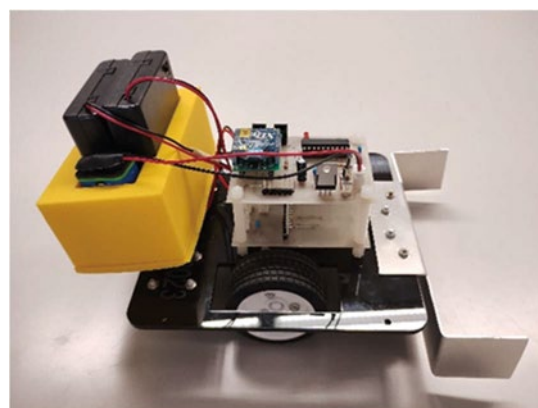


図 10 ロボットの製作例

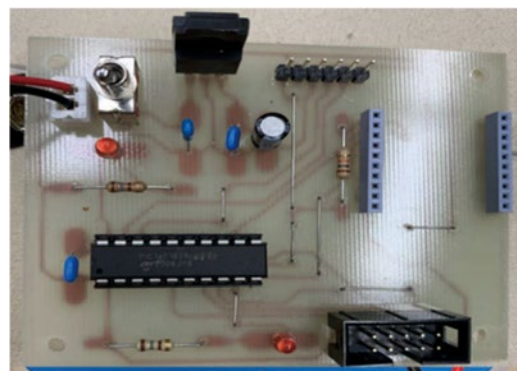


図 11 ロボット用制御基板

4.5 組込み機器設計製作実習 組込み機器設計製作実習では、サッカーロボットのコントローラの設計と製作、そしてものづくり実習ならびに各実習で製作したものにソフトウェアを搭載する時間としている。またソフトウェアを搭載する上で、もし筐体並びに電子回路の改善が必要である場合に、その改善に必要な製作時間に充てている。必要なソフトウェアとして、リモコン部では3軸の加速度センサからの読み込み及び送信できるデータへの処理、LCDへの表示処理などがある。また、ロボット本体ではリモコンからのデータ受信処理及び、モータ出力への処理がある。特に後者については、ON/OFFの基本的な制御に加えて、可能であれば、各種タイマーを用いたPWMを用いた制御も行うことも求められている。マイコンの開発環境については、リモコン及びロボットで、別々のメーカーのCPUを使うことも考えたが、CPUのメーカーが変わると開発環境も変わることになり、時間の配分として厳しいことが考えられることから、リモコン部、ロボット部ともにマイクロチップ製を使用している。よってPC用のOSにはwindows11を使用し、開発環境にはMPLAB、言語は、C言語で、XCコンパイラを使用している。図12に開発環境を示す。

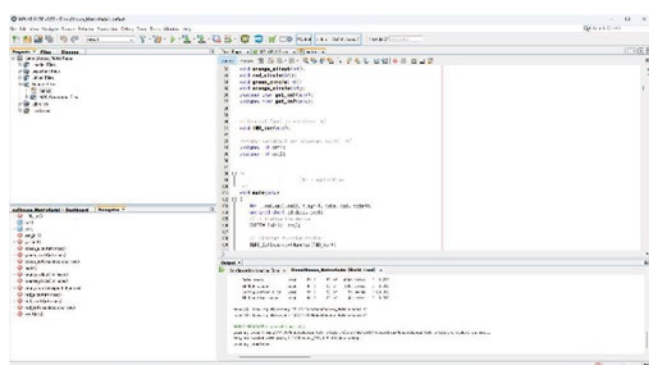


図12 マイコン開発環境

5. 製作課題の変遷

リモコン部は、サッカーロボットの製作がスタートした時から、機械工作実習で筐体を作製することになっている。ただ、訓練生の習得度による加工精度の差より電子回路基板の取付け穴、基板に取り付けられたLCDの表示部分が出る穴が違うことがある。そのため、電子回路基板の製作には、筐体の穴との位置合わせが容易なドライエッチングを使用した電子回路基板としている。ロボット本体は、電子回路基板と筐体について、それぞれ改良がなされている。電子回路基板については、電子回路基板の製造環境が充実していなかったため、ユニバーサル基板で行っていたが、現在は、ウェットエッチングまたはドライエッチングに限定をしている。このことにより、配線や部品の位置の自由度が高くなり、各自が特徴を持った基板が製作できるようになっている。また、ロボットの筐体の変遷を、図13に示す。左は、6年前に製作したものであり、右は昨年製作したものである。図に示す通り、以前は、基板等の固定するベース部分にTAMIYA製ユニバーサルプレートセットを使用しており、プレート上の穴に

合った部品を搭載できるように基板設計する必要があった。また、市販されている万能基板の固定穴が合わないことから、ナイロン製の長めのスペーサを使い強引に固定することを余儀なくしていたが、2年前からアクリル板に対してレーザ加工ができるようになり、3Dプリンタも実習で導入することになったことから、電池の固定部分や羽とベースの接続部分など、アルミ加工が難しかった部分に対しても電子回路基板同様、思い通りに製作することが可能になった。このように電子回路基板だけではなく、筐体部分についても簡易であるが2DCADを使った設計を行い自由度の高い訓練生ごとの特徴を持ったロボット作りができるようになった。

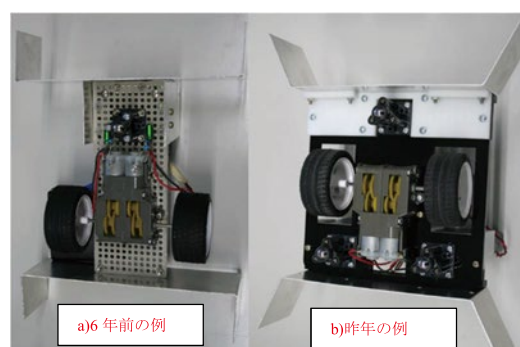


図13 ロボット製作の変遷

6. まとめ

当電子情報技術科は、2009年に組込み系の技術者を育成するための科として発足したが、当時からその名称から、プログラミングが中心である科の印象が強く、高校生や一般の方に組込み系の訓練科であることを認知して頂くことは難しいことであったと思われる。そのため入学してからのミスマッチを防ぐこととして、特色を持った実習課題設定や組込み系のロボットコンテストへ参加をPRすることで科の広報を行ってきた。サッカーロボットもその一環で、学生1名当たり1台製作することをオープンキャンパスでの課題紹介で説明している。また外部への技術習得度のアピールとして企業様の見学などにも使用している。今後としては、IoTやAIなどの新技術についても、この課題に取り込むことができるように努力したいと考えている。

7. 謝辞

この論文を記述するに当たり、アドバイスを頂いた関西ポリテクセンター 小出久美子先生、四国職業能力開発大学校 東正登先生、北海道職業能力開発促進センター釧路センター 庄林雅了訓練課長に感謝いたします。また、近畿職業能力開発大学校 電子情報技術科に配属され、サッカーロボットに携わった全ての先生方に感謝いたします。

参考文献

- [1] 西山勉, 小出久美子: 近畿能開大ジャーナル No17, pp.31-33, 2009

(2024年11月19日提出)

建築系教育訓練におけるデジタルファブリケーション機器の活用報告

Report on the Utilization of Digital Fabrication Equipment in Architectural Education and Training

坂下 哲也^{*1}

これまでに行った建築系教育訓練における 3D プリンタやレーザー加工機などのデジタルファブリケーション機器の使用事例およびその教育的効果について報告する。具体的使用例として、足場の模型教材の制作、紙管によるドーム型スクリーンの制作、レーザー加工機を使用した椅子の制作等を挙げる。デジタルファブリケーション機器は、複雑な形状のモデル制作や精密なパーツの作製を可能にし、訓練に用いることで学生の創造力と技術力の向上が期待できる。また、デジタルデータから物を創造するデジタルファブリケーションは DX の一翼を担うものであり、学生にとって今後重要性を増す技術である。

Keywords : デジタルファブリケーション, 3D プリンタ, レーザー加工機

1. 緒言

デジタルファブリケーションとはデジタルデータをもとに創造物を制作する技術のことであり、代表的な機器にレーザー加工機、3D プリンタ、CNC ルーターなどがある。近年、様々なモノづくり分野において、デジタルファブリケーション機器が活用されている。3D プリンタで造る住宅が話題になるなど、建築分野においてもその活用を目にする機会が増えた。

住居環境科に整備されたレーザー加工機と 3D プリンタを、これまで主に総合制作実習において使用してきた。本報告ではこれまで筆者が携わってきたデジタルファブリケーション機器の使用事例を報告すると共にその教育的効果について考察する。また、建築系教育訓練におけるデジタルファブリケーションの可能性について考察する。

2. レーザー加工機の活用事例

2.1 合板による組立式椅子の制作[1] 当校にレーザー加工機が整備されたことを機に、その活用を目的として取り組んだものである。

材料を 1 枚の合板から切り出し、釘や金物を使わないで組み立てが出来ることをコンセプトとし椅子を制作した。合板を切り抜くためにレーザー加工機を使用した(図 1, 2)。木工 CNC ルーターでも合板を同じ様な形状に切り抜く加工は可能であるが、入隅部が丸くなってしまう。角状に加工できるのはレーザー加工機ならではと言える。直線的で人間工学に基づいた掛け心地の良い椅子が完成した(図 3)。

レーザー加工機に入力するデータは 2 次元 CAD である。学生は CAD 実習で CAD の操作方法は習得している。レーザー加工機による加工は非常に短時間である。操作も生産技術科の指導員が行ったため、学生が新しい技能を修得した訳ではない。本制作においてレーザー加工機を使用した効用は設計プロセスに多くの時間を費やすことができたことである。沢山の縮小模型を制作してデザインを比較・検討することができ、合理的でモダンなデザインの椅子を制作することができた。

2.2 レーザー加工機を活用した椅子の制作[2] 2.1 合板による組立式椅子の制作を行った翌年、再びレーザー加工機の活用に取り組んだものである。またこの年、住居環境科に新たに小型のレーザー加工機が整備されたので活用した。

合板にレーザー加工機で切り込みを入れると曲げることができると分かり、これをバネとして椅子の座のクッションに利用できるのではないかと発想したことから(図 4, 5)、バネに加工した合板(図 6)を座に利用した椅子の制作を行った。

デザインは曲線を多用したものとした。はじめに小型レーザー加工機で試作を行った。バルサ材や薄厚の合板を切り抜いた部品で 1/5 や 1/10 スケールの試作品を作りデザインの検討を行った(図 7)。デザイン決定後、レーザー加工機で 15 mm 厚のシナ合板から部品を切り抜き、組立て、オリジナリティのある椅子が完成した(図 8)。

前年度の合板による組立式椅子の制作における加工線は直線のみであったが、本制作は曲線を多用し形状も複雑で、レーザー加工機でなければ加工不可能なものであり、機器の可能性を引き出すものであった。本制作におけるレーザー加工機使用の効用は、従前のものづくりでは実現できなかった学生の柔軟で独創的な発想を具現化できたことである。また、小型のレーザー加工機は試作の制作に非常に有効であった。

3. 3D プリンタの活用事例

3.1 3D プリンタを活用したツールの制作[3] 3D プリンタの価格が安価となり入手しやすくなったことから、インテリア分野での活用を目的に取り組んだものである。3D プリンタの活用方法として部材のジョイントがある。インテリアエレメントに取り入れられないかと検討する中でツールの制作に至った。

角材を必要な長さに切断して差し込むことでツールの脚となるジョイントを 3D プリンタで制作した(図 9)。ジョイントを用いないで同様に接合するには木材を複雑な形状に加工しなければならないが、ジョイントを用いれば、木材を切断し差し込むだけで接合でき

^{*1} 近畿職業能力開発大学校住居環境科

る。なお、抜け防止と座板の固定はビスで行った（図 10）。組み合わせると立体トラスを形成する（図 11）。

コンパクトで、椅子や踏み台としての使用に耐え、スツールとしての機能を果たすものとなった。また、インテリアエレメントとして室内に置いて違和感のないデザインとなった。デザインしたものを短時間で実物として形にできる 3D プリンタはデザイン検討段階におけるプロトタイプ制作において実力を発揮することを確認した。

3D プリンタの使用には 3D モデルの制作が必要である。学生は最初に 3D モデリングソフトの操作方法を習得し、デザイン検討は主に 3D モデリングソフト上で行った。3D プリンタを使用する制作では、2DCAD で設計したものを 3D モデル化する手順を踏むよりも、最初から 3D モデリングソフトで設計を行う方法が適

していると感じた。

3.2 ドーム型スクリーンの制作[4] 360 度カメラで撮影した映像を VR ヘッドセットで見ると、自分がその場所にいるかのような体験ができる。しかし、ヘッドセットは装着が煩わしく、重量があるため長時間の使用は苦痛を伴う。また、複数人で同時に見ることはできない。そこで、球体型のスクリーン内に人が入り、映像を投影すれば、VR ヘッドセットを装着しなくとも同様の体験ができるのではないかと考え、ドーム型スクリーンを制作したものである。

組立・解体が可能であることを条件とした。ドームのフレームに軽量性と強度を兼ね備えた紙管を用い、紙管の接合に 3D プリンタで制作したジョイントを使用した。

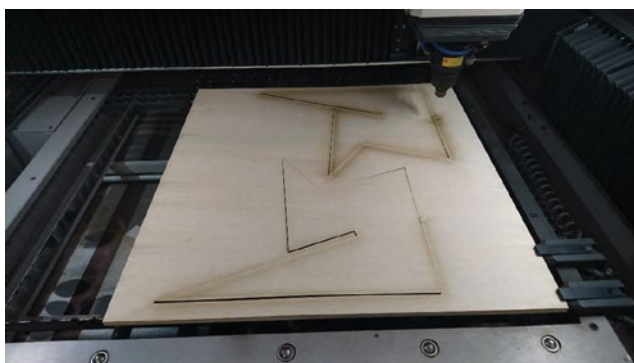


図 1 レーザー加工機で加工した部品①



図 2 加工した部品②



図 3 組立てた椅子

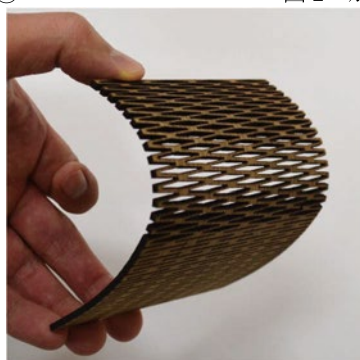


図 4 曲がる合板



図 5 バネ形状の検討



図 6 座の構成部品



図 7 小型レーザー加工機で部品を加工した 1 : 10 スケールの模型



図 8 完成した椅子

ジョイントは接続する紙管の数と角度により形状が異なるため、複数の種類を制作した。また、紙管との接続方法は組み立てる手順を考慮して、紙管の内側に差し込むタイプ（図 12）と外から 2 つの部品で挟むタイプ（図 13）の 2 種類を制作した。部品を識別する記号を印刷したり、接続する紙管を色で識別できるようにしたりするなどの工夫をした。

ドーム型のフレームは想定した通りの出来映えとなった（図 14）。ジョイントも機能し 3D プリンタを有効に活用できた。しかし、スクリーンとしての性能は、スクリーンが薄く光を透過してしまうこと、プロジェクタの輝度が低く映像が暗いこと、スクリーンがたるみ映像が歪んでしまうこと等、求めていた臨場感は得られず課題が多く残るものとなった。

本制作では 3.1 3D プリンタを活用したツールの

制作と同様に 3D プリンタをジョイント作製に使用した。建築分野での 3D プリンタの活用は、規模が大きくなるため課題が多い。現状ではインテリア分野に可能性があると考え、デザイン的な工夫をすれば家具などインテリアエレメントの一部に取り込むことは十分可能である。本制作ではその可能性を示すことができたと考えている。

本制作は 4 名で行った。ジョイントの種類が沢山あり、3D モデル作成は分担して行ったが、事前にモデリングのルールを決める事で、問題なく制作を進めることができた。モデルの作成者が違っても、モデリングデータが正しければ、出力されるジョイントの精度に違いは無い。これはデジタルファブリケーションの利点といえる。また、デジタルファブリケーションはグループワークでも活用可能であることが確認できた。

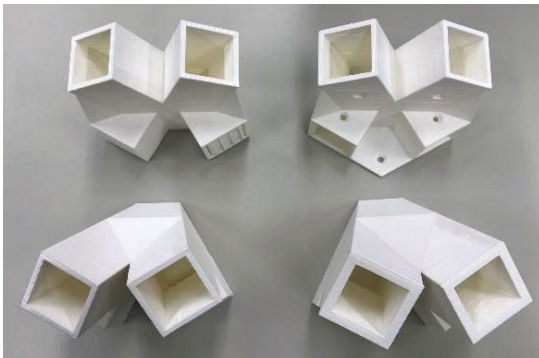


図 9 3D プリンタによるジョイントの試作



図 10 接合部



図 11 3D プリンタを活用したツール



図 12 3D プリンタで制作したジョイント①



図 13 3D プリンタで制作したジョイント②



図 14 組み上がったドーム型スクリーン

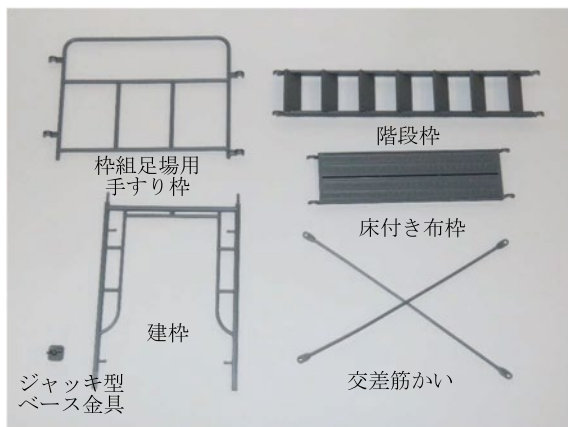


図 15 足場模型部品

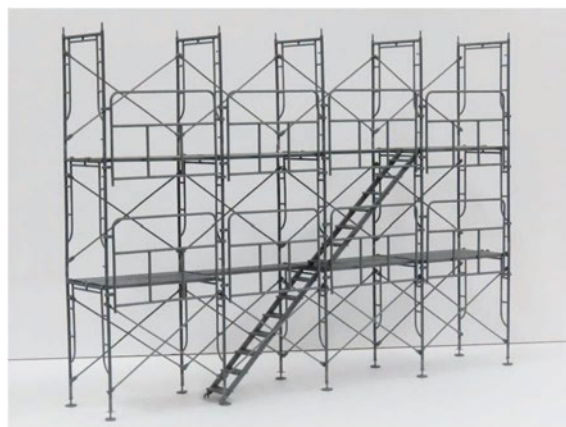


図 16 組み立てた足場模型

3.3 足場教材の制作[5] 住居環境科では安全衛生工学や建築法規等の授業科目で足場について学ぶ。最初に足場部材の名称を覚え構造的仕組みを理解することから始めるが、図版や写真では十分に伝えられていないと感じている。実際に足場を組み立てるのが一番良いが、当校の場合、一部の学生が総合制作実習で初めて足場を組み立てるのが現状である。足場のない建築工事は僅かであり、教育の方法に課題を感じていた。

そこで、自分で組み立てできる足場の模型があれば、部材名称の記憶や構造的仕組み理解のための一助となると考え、3D プリンタを活用した足場の模型制作に現在取り組んでいる。執筆時までの取り組みを紹介する。

足場には複数の種類があるが、3D プリンタで出力できる大きさを考慮し、長尺の部材が少ない枠組み足場を選択した。部材毎に部品を制作し、組み立てができる(図 15, 16)。3D プリンタの性能上、再現できる精度には限度があるため、3DCAD でモデリングする際に精密さが不要な部分については単純化し、組み立てしやすくなるように工夫した。例えば接合ピンは建枠の上側に取り付けた状態としたり、交差筋かいを取り付けるピンのロック機構を省き単純な形状としたりした。科で所有する 3D プリンタで造形できる大きさの制約からスケールは 1:15 としたが、造形の精度や組み立てのしやすさを考慮すると 1:10 程度が適切であると思われる。

今後は部品数と種類を増やし、4 階建て程度の建築工場の足場を再現できるようにする。また、くさび緊結式足場についても制作を行う。模型完成後は住居環境科の学生を対象として、模型使用前と使用後の足場に関する理解度の違いを調査し、教材としての効果を確認する予定である。

本制作では教材の作製を目的に 3D プリンタを使用した。市販されていない独自の教材を比較的簡単に制作することが可能である。また、モデルデータと 3D プリンタがあれば誰でも教材を作製することができる。つまり、データを共有できれば他の施設での利用が可能となる。こういった点もデジタルファブリケーションならではの利点と言える。

4. 建築系教育訓練におけるデジタルファブリケーションの可能性

DX の推進を図る建設業界では、BIM をはじめとし

てデジタルデータを自在に扱える人材の育成が求められている。デジタルファブリケーションにはデジタルデータが必要である。3DCAD や BIM を学んだ学生は、発想したものを 3D で表現できるようになる。デジタルファブリケーション機器は、手加工や従来の機器では実現困難な複雑な形状のモデル製作や精密なパーツの作製を可能にし、学生が 3D で表現したものを実際につくりだすことができる。

建築系教育訓練にデジタルファブリケーションを取り入れることで学生のデジタル技術を高め、創造力を引き出す効果が期待できる。

本報告で紹介したデジタルファブリケーション機器の活用事例はいずれも総合制作実習におけるものであったが、他の授業にも取り入れることで、より多くの DX 人材の育成に貢献できると考える。

5. 結言

デジタルファブリケーション機器の活用事例の紹介とその教育的効果およびその可能性について考察を行った。デジタルデータから物を創造するデジタルファブリケーションは DX の一翼を担うものであり、今後も重要性を増す技術であることから教育訓練の中に積極的に取り入れて行きたい。

文献

- [1] 加治みずき：平成 28 年度新潟職業能力開発短期大学校総合制作実習「合板による組立式椅子の制作」,2016.
- [2] 鷲尾玲稀：平成 29 年度新潟職業能力開発短期大学校総合制作実習「レーザー加工機を活用した椅子の制作」,2017.
- [3] 澤田大河：平成 30 年度新潟職業能力開発短期大学校総合制作実習「3D プリンタを活用したスツールの制作」,2018.
- [4] 近藤悠馬, 山東勇輝, 下村勇太, 高倉慎：令和 4 年度近畿能開大総合制作実習「ドーム型スクリーンの制作」,2022.
- [5] 松本友也：令和 5 年度近畿能開大総合制作実習「足場教材の制作」,2024.

(2024 年 8 月 30 日提出)

タッチパネルを用いたストラックアウトの制作

Development of Struckout and Touch Screen

北 尊仁^{*1}

総合制作実習において誰もが楽しむことができる、視覚的にもわかりやすいストラックアウト（ボールを的に当てるゲーム）の作製を目的に、PLC(Programmable Logic Controller)とタッチパネルを連携させたストラックアウトを制作した。当テーマは GUI (Graphical User Interface) 開発技術者育成の需要を満たした学習効果だけでなく、ポリテクビジョンや見学会での広報ツールとしても有効であったため、本稿では制作物の仕様と評価を報告する。

Keywords : シーケンス, PLC, タッチパネル, ストラックアウト。

1. 緒言

近年、スマートフォンをはじめとするタッチパネル搭載製品の増加に伴い、タッチパネル市場は急速に拡大している[1]。当校で行われた PLC とタッチパネルの利用技術の在職者訓練は定員が埋まる参加者であった。本制作は、タッチパネルを用いて球の残数やスコアを表示する事で視認性を高めて誰でもわかりやすく、楽しく遊べるストラックアウトを目標にした。本制作の仕様と共に広報ツールとしての活用について報告する。

2. 仕様

2.1 全体の概要 図 1 に装置全体を示す。この装置は、主に筐体、PLC、タッチパネル、ボール払い出し機の 4 つの部分で構成される。光電センサとタッチパネルの入力信号をもとに PLC で演算し、筐体に取り付けた LED やボール払い出し機を動作させる。ゲームフローは次の通りである。

- ① タッチパネルに表示されたスタートボタンを押す
- ② ボール払い出し機のホースから球を取り、投げる
- ③ パネルにボールが当たり倒れると LED が点滅しスコアが加算
- ④ 15 球投げ終わると停止
- ⑤ ボール払い出し機のバケツに球を戻す



図 1 装置全体図

2.2 筐体部の仕様 筐体はパネルソーで切断した木材を使用している。寸法は縦 1400mm、横 830mm であり、各パネルの寸法は、縦 220mm、横 210mm である。安全対策として筐体の角にはクッションを取り付け、不意の転倒時にもケガしないように工夫した。また、ヒューズを取り付けて過電流による事故を防止している。アクリルパネルの蝶番部分にクッションを入れ、パネルが割れないように工夫した。

2.3 ボール払い出し機の仕様 PLC を用いてバケツ内とボール払い出し口に設置されたモータの制御を行い、ボールが一球ずつ払いだされる機構となっている。ボールを取り出すと光電センサが反応し、残り球数が減少する。

2.4 タッチパネルの GUI 仕様 図 2 にタッチパネルの画面を示す。ゲームスタートボタンを押すと、図 2 のような画面に切り替わる。パネルが倒れると、倒れたパネルと同じ番号がタッチパネル上で倒れるモーションが表示される。ボール払い出し機のボール詰まりに対応できるように、ボール払い出し機のモータを手動で操作できる機能を設けている。不意のパネル転倒等に備え、管理者モードを用意し、点数や残り球数を変更できるようにした。なお、管理者モードに入る際にはパスワード認証を行い、遊戯者がスコアを改ざんできないよう配慮されている。



図 2 タッチパネルの画面

^{*1} 近畿職業能力開発大学校電気エネルギー制御科

2.5 PLC プログラミングの仕様 図3にPLCプログラミングの一部を示す。PLCでは光電センサから受け取った信号を用いて、点数計算を行う。プログラミングの大部分はLD（ラダー図）で行われているが、点数計算部分はC言語に類似したテキスト型プログラミング言語であるST（ストラクチャーテキスト）を使用した。ST言語を用いる事で演算処理の可視性が向上し、プログラム行数を短縮できる。点数計算は式1に示すように、倒した枚数 a [枚]と縦・横・斜めのビンゴ本数 b [本]によって点数 P [点]が算出される。点数は指数的に増加し、パーフェクト達成時は655,360[点]となる。タッチパネルのパネル転倒モーションやLEDテープの点滅信号の処理もPLCにて演算している。倒したパネルは点滅が停止するようプログラムされている。

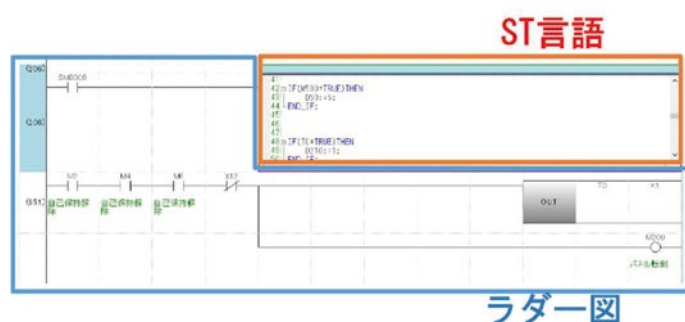


図3 PLCプログラミング抜粋

$$P = 5 \times 2^a \times 2^b \quad (1)$$

P : 算出点数[点]

a : パネル枚数[枚] b : ビンゴ本数[本]

※倒した枚数が0枚の時は0点となるように例外処理

3. 動作評価

近畿ポリテクビジョン 2024 において本制作物は展示された。その際、電気エネルギー制御科1年生から得られた評価[2]は以下の通りである（一部抜粋）。

- ・ わかりやすく、どの年齢層も遊戯できるものと思われた。
- ・ ボール払い出し機があることでストレスなくスムーズに遊戯できた。
- ・ LEDテープなどにより視覚的にも楽しめた。
- ・ 簡単に楽しめるのもあって行列が出来ていた。

本制作を担当した学生の評価[3]は次の通りある。

- ・ ハード面とソフト面両方で多くの技術と知識が必要となり学んできた事の集大成であった。
- ・ 作業量が多く、メンバーとの連携に苦労した。
- ・ 最終的には目標である誰でも楽しめるストラックアウトの制作が出来た。

4. 今後の課題と展望

ポリテクビジョンや見学会にて沢山の方々に遊戯して頂いている間にいくつかの問題点が発見された。

1. パネルの復帰は係員が手動で1つずつ行っており時間と労力がかかる
2. 筐体と PLC 等有線接続のため、持ち運びに不便
3. 効果音がなく、演出面での迫力に欠ける
4. 筐体が木材で作られており、一部に破損が見られ、耐久性に課題がある
5. 複数回遊戯すると単調になり、飽きやすい

上記の問題点を解決するべく、2024年度の総合制作はストラックアウトの改善をテーマに設定した。以下に、導入予定の機器および改良点を示す（図4参照）。

1. パネル裏にモータを取り付け、タッチパネルの操作でパネルが復帰する仕組みを導入
2. 近距離無線通信モジュールを活用し、筐体部と PLC 等の配線を無くし持ち運びしやすいものにする
3. マイコンを用いて効果音を再生し、臨場感を高める
4. 筐体をアルミフレームに変更し、堅牢性と耐久性を向上させる
5. タイムアタックやパネル指定などのゲームモードを追加し、遊戯性を高める。

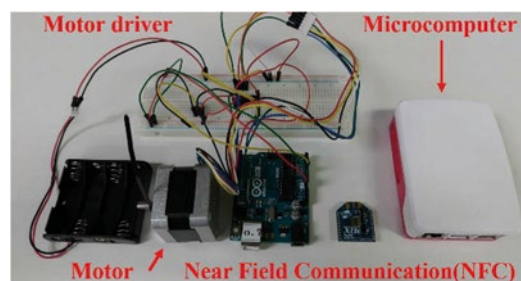


図4 導入予定の機器類

5. 謝辞

当テーマを選択し、苦労しながらもやり遂げた当科の修了生である高野泉斗氏、佐々木幹太氏、牧野隼人氏に感謝申し上げます。筐体部の制作にあたり住居環境科および建築施工技術科の先生方には木材の提供および加工機器の貸出および技術指導を受け大変お世話になりました。心より感謝いたします。

文献

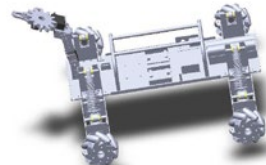
- [1] 富士経済グループ: タッチパネルの世界市場を調査 2024 年予測(2019 年見込比), <https://www.fujikeizai.co.jp/press/detail.html?cid=20050> 参照: 第 20050 号。
- [2] 第 11 回総合制作実習発表会 Report,2024
- [3] 高野泉斗, 佐々木幹太, 牧野隼人:近畿職業能力開発大学校電気エネルギー制御科個人報告書,2024

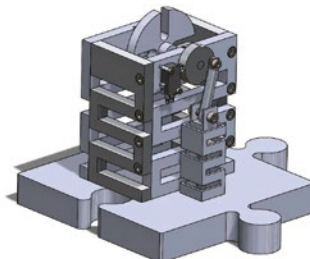
(2024 年 9 月 6 日提出)

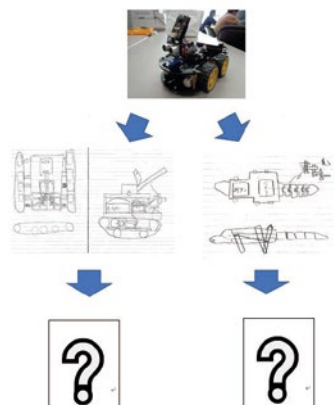
2023(令和5)年度専門課程総合制作実習概要

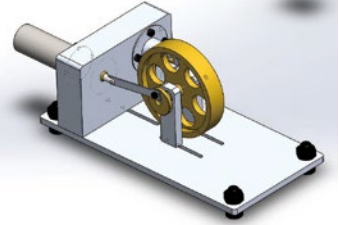
※「学生」欄で附属校の記載があるところは附属校所属の学生である。
それ以外は近畿職業能力開発大学校所属の学生である。

<生産技術科>

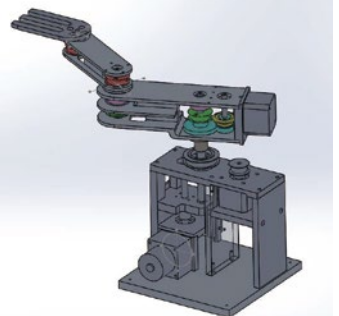
テーマ名	ロボットアームの改造とコントローラ改善		
学生	小谷 佑京, 辻 くるみ, 柳原 光	指導教員	來住 裕
概要	メカナムホイールを取り付けた装置は、4輪駆動で制御することにより、前進、後進、回転以外に横方向、斜め方向への移動が可能である。狭小スペースで移動をすることができる。かつ、サスペンションにより不整地を移動する装置を開発することができた。しかし、搭載したアームの強度不足によりアームが分解した。さらにコントローラで制御するモータが多いためコントローラ操作が煩雑になる。これらに適応したアームとコントローラを開発する。		

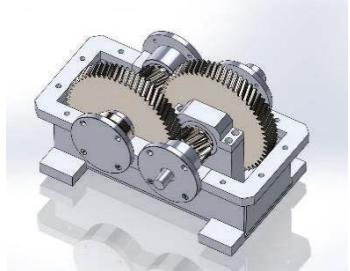
テーマ名	ソレノイドエンジンの制作		
学生	佐竹 祐人, 前田 憲佐, 吉村 陽人, 草西 遼平	指導教員	松下 圭
概要	今回、私達はソレノイドを利用した簡易エンジンモデルの制作をテーマとした。ソレノイドとして使用する部品は、市販品ではなく、全て自作することとし、ソレノイド部にクランク機構を用いる事でエンジンとしての動作を目標としている。 3次元CAD(SOLIDWORKS)でモデリングを行い、2次元CAD(AutoCAD)にて製図を行う。使用工作機械として、汎用旋盤、フライス盤、マシニングセンタ、ワイヤー放電加工機を使用して制作を行う。今回の課題テーマを通して「クランク機構」や「推進機構」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。		

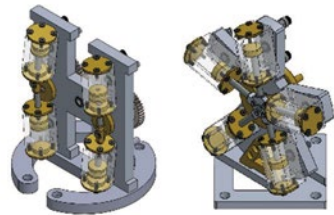
テーマ名	マイコンを用いたロボットの制作・改造		
学生	高木 青空, 北田 善規, 藤浪 健策	指導教員	野田 充大
概要	私たちの総合制作のテーマは「マイコンを用いたロボットの制作・改造」である。高木は制作を行い、藤浪と北田は改造を行った。改造について簡潔に説明する。ベースロボットをもとに各々の作りたいロボットの制作をした。藤浪は戦車のロボットに、北田はオウサンショウウオに改造した。次に制作については二足歩行を行うロボットを制作する。左右の股関節、膝関節に4つのモーターを使用、制御することで歩行を目指した。		

テーマ名	スターリングエンジンの制作		
学生	高尾 星一, 海老原 暢孝, 辻 良汰, 牧野 隼宙	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、市販のスターリングエンジン組み立てキットと書籍から構造を理解し、スターリングエンジンを設計した。 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仕事機械に合わせて設計と加工工程を考えてモデルのスターリングエンジンと同じ動きをするスターリングエンジンを完成させる。両方のスターリングエンジンを動かしたときの回転数等を比較して評価する。		

テーマ名	低融点金属による鋳造品の製作		
学生	絹谷 悠, 松尾 武, 石飛 和樹, 泉元 信一	指導教員	梅田 良範
概要	伝統技術である鋳造技術に現代の最新技術を活用することで、より正確で良好な鋳物を製作することを目的とした。今回、各個人ごとに別々の作品を製作することとし、「徳利・お猪口」、「青銅鏡」、「箸置き」、「タンブラージョッキ」をそれぞれ製作することとした。鋳型はアルカリフェノール自硬性鋳型を用いる。自硬性鋳型を模る型枠は3Dプリンタで造形し、鋳造法案の検討には、湯流れ・凝固解析ソフト(JSCAST)を活用して、鋳造欠陥の発生予測を行った。これらを踏まえて、鋳造欠陥のない良好な鋳物の製作に取り組んだ。		

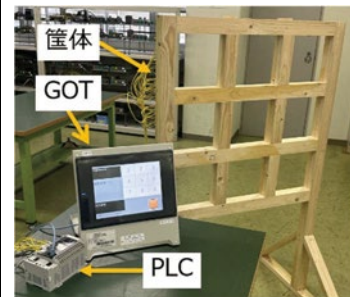
展示 No.	アームの改善とシーケンス制御		
学生	宮里 翔太, 前泊 佑樹, 和田 朝陽	指導教員	高橋 麗
概要	平行運動機構を用いたアームの改善に取り組んだ。昨年度の問題を洗い出し、タイミングベルトの検討及びハンド部分の検討を行った。次に部品のモデルを3DCADを用いて作成した後、購入部品の選定と加工する部品の決定し、加工する部品の図面を作成した。図面をもとに汎用機・NC工作機械による加工と組立の実施するまでの一連の工程に取り組んだ。 さらに、押し釦スイッチやリミットスイッチを入力とし、DCモータを制御するPLCプログラムをシーケンス実習の復習として取り組む。		

テーマ名	歯車減速機の製作		
学生	京都職業能力開発短期大学校 生産技術科 佐金 遥, 大道 一生, 坂根 魁世, 高森 俊平, 田畑 帆純	指導教員	神川 謙一
概要	本製作は、同心 3 軸 2 段のヘリカル減速機である。ケーシングは溶接構造とし、各部品は機械加工で製作した。当校の専門課程生産技術科では機械設計製図の授業でヘリカル減速機の設計について学ぶ。製作した製品を授業での副教材として活用し、実物を見て体感できる物とした。また、設計から加工、組立てまでを実際に行い学校で学んできた加工技術のスキルアップを目指した。		

展示 No.	オシレーティングエンジンの設計・製作		
学生	滋賀職業能力開発短期大学校 生産技術科 木野 剛, 齋藤 佑哉, 辻 舜凱, 平尾 博貴	指導教員	尾花賢一郎
概要	テーマは、揺動スライダクランク機構を利用した、圧縮空気で動くオシレーティングエンジンの設計・製作とした。1 年を通し、4 人で多気筒エンジンを 2 台（H 型 4 気筒、R 型 5 気筒）製作することに決定した。吸排気のタイミングや部品のモデリングを 3 次元 CAD を用いて作成後、購入品の選定や加工部品の図面化を行った。加工、組立では一連の工程を考えながら汎用工作機械、NC 工作機械を用いて加工を行った。その後、3 次元 CAD で設計したモデルを参考に組立を行った。評価に関しては、回転速度とピストンを押す力を測定し、トルクと動力に換算して行う。		

<電気エネルギー制御科>

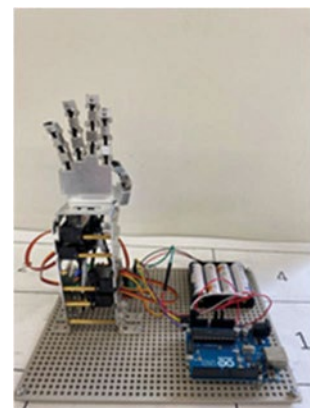
テーマ名	ストラックアウトの制作		
学生	高野 泉斗, 牧野 隼人, 佐々木 幹太	指導教員	北 尊仁
概要	本制作物では、当校で学んだ「シーケンス制御」「電子回路」「図面作成」等を活用し、ストラックアウトの制作に取り組んだ。筐体の図面は 3DCAD (AutoCAD) を用いて作成し、図面をもとに木材の切断、組み立てを行った。筐体に光電センサを取り付け、PLC (三菱 FXU-32M) にて制御を行った。今回 PLC のプログラムはラダーと ST 言語を組み合わせて制作している。PLC と GOT (三菱 GT2710-STBA) を連携し、パネルの状態・点数・球の残球を GOT 上に表示し、入力はタッチパネル操作となっている。視覚的に誰でもわかりやすく、楽しく遊ぶことができるストラックアウトの制作を目指した。		



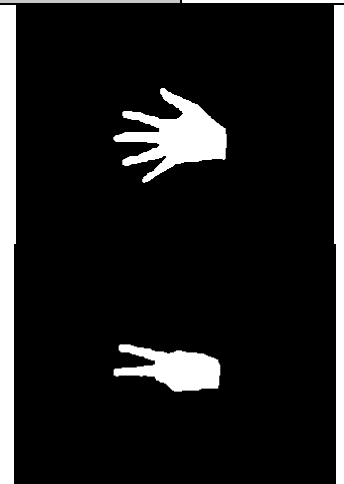
テーマ名	多足歩行ロボットの制作		
学生	徳増 文哉	指導教員	瀧本 雄一
概要	近年、配膳ロボットなど、工業用ではなくサービス分野でのロボット導入が進んでいる。学校で学んだ知識を応用し、工業用でないロボットの制作を考えた。 私が制作したのは、モータの単純な ON/OFF 制御ではなく、複数のサーボモータを使った多軸制御方法で、6 足合計 18 個のモータを使い、動く多足歩行ロボットである。		



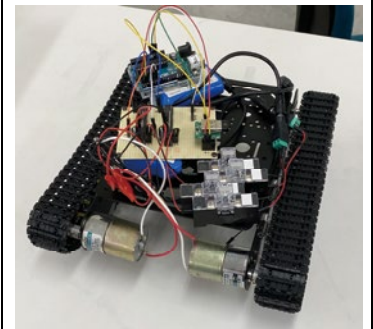
テーマ名	ロボットハンドの制作		
学生	西川 真平	指導教員	瀧本 雄一
概要	現在世界で多く活躍しているロボット等は、あらかじめ決められたプログラム通りに動くものが多い。しかし従来のロボットでは、多種多様な用途に対応できないため、AI を活用し人の動きの学習結果に応じて臨機応変に対応できるロボットを制作したいと考えた。そこで考えたのがじゃんけんロボットである。 私が制作したのは、じゃんけんの「グー」「チョキ」「パー」ができ、AI と連携できるロボットハンドである。		



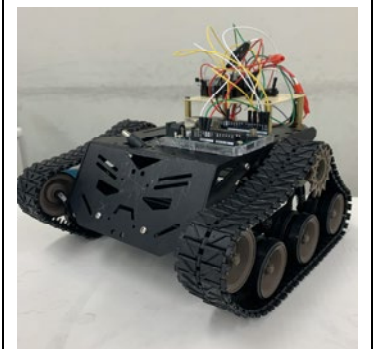
テーマ名	じゃんけんシステムの制作		
学生	中川 皓太	指導教員	瀧本 雄一
概要	現在世界で多く活躍しているロボット等は、あらかじめ決められたプログラム通りに動くものが多い。しかし従来のロボットでは、多種多様な用途に対応できないため、AI を活用し人の動きの学習結果に応じて臨機応変に対応できるロボットを制作したいと考えた。そこで考えたのがじゃんけんロボットである。 私が制作したのは、じゃんけんの「グー」「チョキ」「パー」の画像を取り込み、AI で学習させ、自動認識した人間のじゃんけんに対し、必ず勝つ手を考える、AI システムである。		



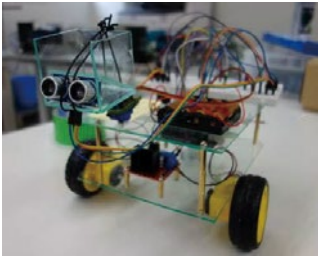
テーマ名	遠隔操縦式芝刈り機の制作		
学生	緒方 怜央, 大工 怜, 山口 来音	指導教員	中川 章人
概要	近年、足場が悪いところで遠隔ロボットが使用されている。 そこで私たちは人が立ち入れない場所の草を刈れる便利な芝刈り機を製作したいと思い、遠隔操縦式芝刈り機の製作を行った。 専門課程で学んだ知識や技術を駆使し Arduino によるプログラムでモータ制御をし、車体を動作させた。 Bluetooth による通信で、タブレットで遠隔操作できるようにした。また、PWM 制御によりモータの速度を調整することができた。さらにカメラを設置し、タブレットで見えるようにした。		



テーマ名	災害用探索ロボットの制作		
学生	紅山 敬興, 福嶋 南, 土田 恒輝	指導教員	中川 章人
概要	近年自然災害が増えており、人が入るには危険な場所を探索できるようなロボットがあれば役に立つと考え、災害用探索ロボットを制作した。 実際に、人が入れない場所を想定しタブレットで遠隔操作しロボットを動作させることが可能である。ロボットにカメラを取り付けることで、今どこで、遠隔操作しているか、障害物を把握できる機能も搭載している。障害物をカメラで検知し、目的地までに辿り着けない際にアームを使って障害物を移動させる事ができる。また、ライトを取り付けることによって、暗い場所でも安全に走行することが可能になった。		



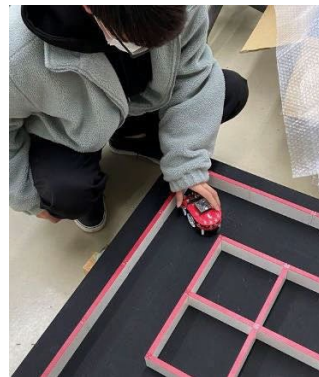
テーマ名	鉄球落としゲームの制作		
学生	阿式 大樹	指導教員	岡田 卓也
概要	一般のゲームセンターに設置されているクレーンゲームは景品をアームでつかみ指定の位置までもっていく仕様が主流である。アームの強さや、景品の置き方、操作技術が景品獲得に大きく影響する。本作品はそういった技術介入はなく、シンプルに電気の力で遊べる仕様になっている。具体的にはアームの代わりに円筒形の電磁石を取り付け、対象物（パチンコ玉）を吸い上げ、狙いの穴に落下させる。その後、通過した箇所により当たりかはずれの判定を行う仕様となっている。		

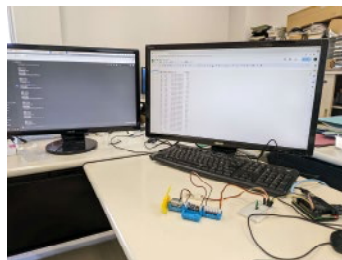
テーマ名	小型ロボットの制作		
学生	中西 司, 中越 俊樹, 永井 裕太	指導教員	岡田 卓也
概要	近年、飲食店に見受けられるように接客ロボットが普及している。そのため、ロボットに関わる技術者も必要であるが不足している。学生たちに対してロボット業界に興味を持たせることができ、出前授業等で利用できるロボットの製作に取り組んだ。具体的には持ち運び可能であり、授業で学んだ事のみで自由に製作でき、当科で学ぶことができる知識や技術を視覚や聴覚で感じることでできるロボットの製作を目的とした。		

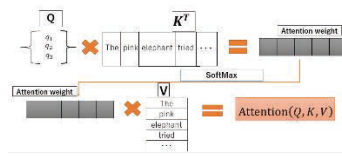
テーマ名	過負荷印加装置の制作		
学生	道端 翔大, 山本健太郎	指導教員	岡田 卓也
概要	電気は取り扱いを誤ると感電やアークによる火傷、火災につながる。危険性や理論は習うものの危険な状態に関してはケガの恐れもあるために体験する機会はない。また、抵抗やコンデンサに過電流および過電圧を印加するとどうなるかは教科書には載っておらず、危険性がわからない。そこで、電気の危険性を理解するために安全でかつ電子部品に過負荷を加える装置を製作する。		

テーマ名	クレーンゲームの制作		
学生	山口 夏海, 木岡 美月, 津田 琉成, 前田 琉成	指導教員	石川 大樹
概要	本制作では、これまでに電気エネルギー制御科で学んだ各種電気配線技術や、シーケンス制御等によるモータ制御技術などの知識・技術を用いて、クレーンゲームの製作を行った。クレーンアームの移動については、ゲームコーナーなどに設置されているクレーンゲームの動きを参考にしながら、横移動をボールねじで、縦移動をラダーチェーンで行った。また、駆動部に使用しているモータやアームの開閉などの制御には、PLCを使用した。		

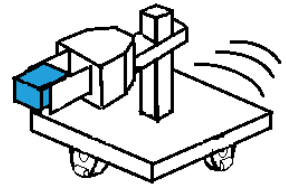
<電子情報技術科>

テーマ名	マイクロマウスの製作		
学生	上畠 颯斗, 大石 颯, 森 隆裕, 山本 真	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とが挙げられる。 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	環境センサを用いた管理モニタリングシステム		
学生	池ノ上 仁, 谷口 椋耶, 前田 結喜	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 Raspberry Pi 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し、機器制御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、サーキュレータ制御による換気システムの稼働、熱中症の警戒などに利用している。		

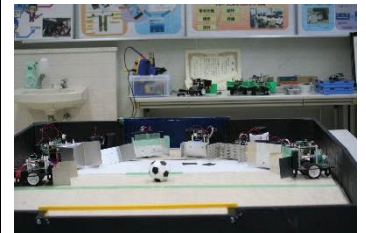
テーマ名	Transformer を用いた音楽生成		
学生	堀越 亮太	指導教員	奥田 佳史
概要	自然言語生成 AI の手法を利用してバッハの作風の曲を生成する楽曲自動生成のシステムを製作しました。chat-GPT に採用されている Transformer モデルのミニチュア版を作成し、安価な GPU ボードで学習できるデコーダーを採用しました。バッハの曲目の midi データから時系列を取り出し、学習後、デコーダーを通して楽曲の生成を試みました。		

テーマ名	Arduino を用いたロボットソフト組込み職種のロボット製作		
学生	河野 慎之介, 立石 凌巳, 佃 裕喜, 橋口 樹	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」で使用されるロボット、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、右図（※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。myRIOの代用としてArduinoを用いて製作できるか確認するために、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。		

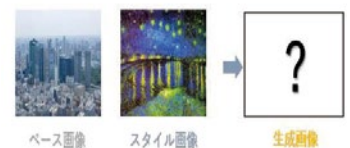


※簡易イメージ図

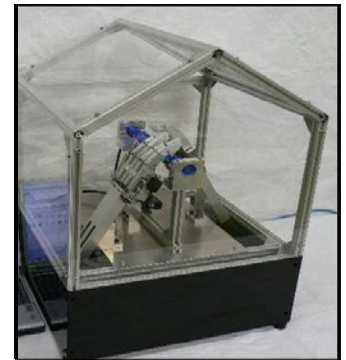
テーマ名	ZigBEE®を用いたリモコンサッカーロボットの製作		
学生	辻 侑希, 松尾 笑, 松崎 友祐, 松本心太郎, 松吉 邦光, 山田 椋一, 奥野 椋太, 久保田文也, 豊田 翼早, 中尾 魁里	指導教員	大久保欣哉
概要	ZigBEE®無線通信規格に準じたモジュールを使用してリモコンサッカーロボットの製作を行った。この課題は、ロボカップジュニアのサッカー競技として実施されているレギュレーションを参考にし、自立型から遠隔制御型に変更したものである。このロボットは、一度授業にて指示通りに電子回路基板、ボティ製作をして、組み上げて競技を行ったものをもう一度見直して、アクチュエータ、センサなど選択し、新規設計をして製作されたものである11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。		



テーマ名	画像スタイル変換システムの作成		
学生	佐藤 輝音, 清水 達貴	指導教員	奥田 佳史
概要	画像生成AIの手法を利用して入力した画像を画家の描く画風に変換するシステムを製作しました。選択した画像がリアルタイムにスタイル変換されていきます。		



テーマ名	楽器自動演奏器の製作		
学生	京都職業能力開発短期大学校 電子情報技術科 玖津見 龍聖, 佐藤 玄也, 内藤 清春, 森本 凜平	指導教員	片岡 将樹
概要	現代の生産現場において、機械の自動化が広く普及し、その中でもロボットアームが汎用性を活かし、様々な現場で幅広く活用されている。本実習ではロボットアームの制御をメインテーマに、楽器を自動演奏するロボットの製作を行った。 具体的な目標はロボットアームを使ってリコーダーを演奏すること、ロボットアームを操作しやすいウェブプログラムを作成することとした。また、リコーダーを演奏する機構部は生産技術科、制御プログラムとマイコン周辺のインターフェースは電子情報技術科が担当し、他グループと連携を取りながら開発を進めることも実習の目的とした。		



テーマ名	電気自動車の製作		
学生	滋賀職業能力開発短期大学校 電子情報技術科 川畑 柚羽, 橋田 桜汰, 宇野 浩一, 伊藤 悠馬	指導教員	外村 文男
概要	本テーマでは、ブラシレス DC モータと充電式単三電池 40 本を動力源とした省電力で走行できる電気自動車を製作し、エネルギーマネジメントを競うエコカーレース「Ene-1 SUZUKA Challenge」に出場している。今年度は新コントローラーの搭載やドライバー支援システムの構築などを行い大会に臨んだ結果、ラップタイムは更新したものの 2 周目 800m 地点でバーストによりリタイヤし、上位入賞を逃した。大会後は、課題抽出を行い、来年度に向けてタイヤのバースト対策およびモータの改善、ドライバー支援システムの改善に関する検討に取り組んだ。		



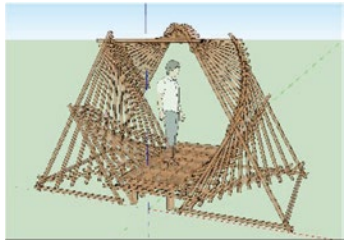
<住居環境科>

テーマ名	持続可能な住宅地の開発		
学生	北野 雄一, 川口 海生, 山内 颯太, 山田 健悟	指導教員	田島 幹夫
概要	SDGsの17項目の目標の一つとして「住み続けられるまちづくりを」が掲げられている。近畿能開大の位置するエリアは、岸和田市初の景観協定のあるまちとして開発中の住宅地「ゆめみヶ丘岸和田」に隣接している。また、まちづくり協議会等の取り組みなど、先端的なまちづくりを展開している。今後の住宅計画の在り方として、地球環境にやさしいことは必須条件である。以上をもとに、住宅先進国である欧米のまちづくりを学び、今後の日本の持続可能な住宅・住宅地とは何かを探り「ゆめみヶ丘岸和田」の地において未着工エリアに具体的な提案をするものである。以上を行うことで、文献調査、現地調査、ヒアリングする能力を身に付け、関連するコンペティションにもチャレンジするとともにプレゼンテーションに必要なCAD、CG、模型、プレゼンテーションボード作成の技術・技能を習得するものである。		

テーマ名	専用住宅の設計 1		
学生	阿南 颯真, 松山 愛華	指導教員	前田 由佳
概要	総合制作実習では、専用住宅（木造）の設計を2つのテーマで取り組んだ。1つはグループで学生向けコンペティション参加による住宅設計であり、もう1つは2級建築士の設計製図の試験を想定した課題設計である。設計製図試験では、設計条件を読みとり建築基準法令をクリアした木造住宅の設計が必要である。そこで考えた間取りから、構造計画的に適切な軸組架構となるよう検討した。さらに視覚的に理解しやすいように伏図をもとに1/20スケールで軸組模型を作成した。		

テーマ名	専用住宅の設計 2		
学生	藤崎 郁斗, 松本 柊太	指導教員	前田 由佳
概要	総合制作実習では、これまで授業で学んだ設計実習・施工図実習の知識を活かし、2級建築士製図課題の課題テーマを元に木造住宅の設計に取り組んだ。また、軸組構法の柱・梁を設計する架構設計について理解を深めるため、1/20サイズの軸組模型を作成することにした。与えられた条件から、平面図・立面図を作成し、建築基準法仕様規定に合致しているか壁量計算や金物チェックを行った。その後架構設計をもとに伏図を作成し、軸組模型を完成させた。		

テーマ名	創作茶席の制作		
学生	上田 伊織, 小松 碧遥, 勢力 光, 針本 雄斗, 村田 健輔	指導教員	石井真紀子
概要	銀茶会コンペティションのテーマから計画・設計・施工とものづくりの一連のプロセスを習得することを目的とした。コンセプトに沿った計画案から特徴とした屋根と壁面を一体化にしたシザーストラスアーチを採用した。これは木構造の構造上の一つとして意匠性にも取り入れられ店舗、住宅、駅舎などに施工されている。今回容易に組立、解体ができお茶席の用途としても可能でコンパクトサイズな茶席を制作した。		

テーマ名	パラメトリックデザインを用いたパビリオンの制作		
学生	石神 孝太郎, 上田 清馬, 奥田 誠治, 水野 翔太	指導教員	坂下 哲也
概要	近年、パラメトリックデザイン（パラメータ（変数）を基準として寸法を決める形状作成手法）によるこれまでの建築物にはなかったユニークでダイナミックなデザインの建築物を目にする機会が増えた。本制作はデザイン検討にパラメトリックデザインを用いてパビリオン（仮設建築物）の制作を行った。パラメータを変えてできた沢山のバリエーションから最適な形状を選定し、それを基に3DCADで設計を行った。細長い同一断面の部材を組み合わせ、ユニークな形状のパビリオンを制作することができた。		

テーマ名	パーゴラ（休憩所）の制作		
学生	及川 晃弥, 西山 朋奈, 南 颯翔, 山田 智貴	指導教員	山内 元成
概要	パーゴラとは、庭や軒先に設ける格子状の棚、またはその空間（日陰棚、つる棚、緑廊、休憩場所）のことである。 これまで設置されていた東屋の使用状況から、当校の中庭における休憩所は、雨天時にほぼ使用されることがなく、冬季にも使用される頻度が低くなる傾向が見られた。 そこで、日差しを避けることと風通しに着目し、屋根と壁面をルーバー状とし、木造での休憩所の制作を進めてきた。本実習を通して設計・模型製作・木材加工・地業組み立て技術等を総合的に学び、知識・技術の向上を目指した。		

テーマ名	古民家 醤油屋喜代治商店 現況調査及び劣化調査		
学生	滋賀職業能力開発短期大学校 住居環境科 林 恭一, 伏木 玲土, 若井 龍仁	指導教員	塚口 憲
概要	江戸末期(築100年以上)の古民家 醤油屋喜代治商店の調査及び劣化調査を行い、家屋の状態の把握、現代家屋との比較を試みながら、当時の建築構法の知識や工夫、特徴を見出し、その違いをとりまとめることに取り組んだ。 具体的には、①実際に現況調査を行い、関係者へのヒアリング等を通して現況調査図面の作成を行った。②築100年維持されてきた構造体や架構、地盤へも目を向け構造部材調査を行い、成果を取りまとめ構造模型の作成を行った。③柱傾斜や床傾斜及び腐朽度調査などの劣化調査を行った。④調査結果に基づく耐震診断・耐震シミュレーションを行った。各調査・診断結果等を報告書として取りまとめた。		



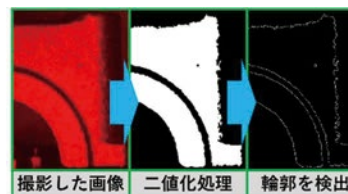
2023(令和5)年度応用課程開発課題実習概要

<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 小田 康輔, 井畑 快翔, 本田 晃涼, 山川 尚紀, 渡邊龍太郎 生産電気システム技術科 佐々木悠貴, 伊丹 駿, 下舞 吏輝, 辰己 尚吾, 寺田 吉宏 生産電子情報システム技術科 有村 雅陽, 木村 魁人, 佐藤 俊耀, 橘 享汰, 谷 涼太郎, 藤崎栄二郎	指導教員	大山 有利 江口 藤良 中島 英一
概要	本システムは、工場の製造ライン等における各工程間のワーク搬送を行うシステムである。ワークを各工程の作業位置まで適切に搬送し、作業完了後に任意のタイミングで搬出できる。本システムはワークを搬送する自走型車両と製造ラインに合わせて組替え可能なレール群、及び電源の供給や自動走行の管理を行う走行管理システムから構成される。車両には電気二重層コンデンサを搭載しており、短時間で必要な電力の充電が可能である。遠隔制御 PC からの無線指令によって、車両の定速走行や加減速、停止等の自動運転が行えるほか、電動昇降機を用いて、工程作業に適した高さの下段搬送レーンと、安全な高速走行が可能な上段搬送レーンの間を移動できる。		



テーマ名	鋳物製品の自動検査システムの開発		
学生	生産機械システム技術科 瀬川祥一朗, 谷 光桂, 筒井 嶺, 成重 直哉 生産電気システム技術科 佐藤 玉伎, 沢村 陸, 中西 光樹, 山崎 達也 生産電子情報システム技術科 岡本 慎平, 河上 冬星, 田中俊一郎, 土淵 陽平, 濱野 葉太	指導教員	紺野 伸顕 清水 隆之 藤井 昌之
概要	本課題は、株式会社センシュ様からの依頼に基づき鋳物製品（以下、ワークと呼ぶ）の検査を補助する装置の開発である。 現在、ワークの検査は、全て人の手によって行われており、作業者の負担が大きくなっている。そこで、画像処理技術を用いて、検査を自動化した装置を開発した。 今年度の開発では、昨年度に対して、検査範囲の拡大、不良検出率の増加を目指した。具体的には、類似した6種類のワーク判別及び、底面を除く5面にある4種類の不良判定を行う。判別判定結果により、良品、不良品の仕分けができることを目標とした。 本装置の機能としては、ワークを不良が検出しやすい角度に回転させ、同軸照明、バー照明で照射し、カメラで撮影した画像から良否判定ができることである。さらに、良品と不良品の仕分けが行える機能も備えている。		



テーマ名 リサイクルのための使用済み歯ブラシヘッド自動分離システムの開発			
学生	生産機械システム技術科 阿治 翼, 鷲尾 鋼生, 西川 生真, 備 大, 渡瀬 智元 生産電気システム技術科 東 邦優, 福井 秀侑, 宮嶋 琉名, 森 光汰, 吉崎 智哉 生産電子情報システム技術科 森本 陽貴, 筒井 遼二, 日高 竜也, 中川 拓海, 林 拓実	指導教員	石田 真一 天野 隆 小南 嘉史
	概要 本課題では、歯ブラシのヘッドとネック及びハンドルを分離・分別するシステムの製作を行った。依頼先の要望により、歯ブラシの分離機構は全自動で行うことを目的とし、開発装置の処理能力を 1020 本/日とすることを目標とした。開発装置は投入・整列部、搬送・分離部、排出部の 3 部から構成されており、刃物による歯ブラシヘッドの分離機構の製作、画像判別による歯ブラシの向き判別システムの製作、モータによる自動搬送システムの製作等、各機構に必要な要素の製作を行った。		



テーマ名 真円度形状寸法測定機の開発			
学生	生産機械システム技術科 栗原 脩, 道幸 柊斗, 戸江 朝美, 山條 悟史 生産電気システム技術科 今石 翔希, 上江洲征流, 國本 紘希, 谷口 元太, 森川 聖樹 生産電子情報システム技術科 土岐 実雲, 中島 健伸, 平賀 雅也, 三上 恵実	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製作依頼を受けたものである。同社的前輪車軸カバー(以下ワーク)は、出荷したワークの直径値が取引先で不良判定となる事象が増加している。そのため測定技術の向上及び不良事象の原因追及・対策が急務であり、大きな課題となっている。 今年度の開発目標は、 ・測定時の人間による不確かさを取り除くため、直径値の測定を自動化 ・良否判定の精度向上のため真円度の算出 ・不良原因究明補助のためワーク形状の可視化を行うとした。		



テーマ名	ロボット農機の開発		
学生	生産機械システム技術科 浅野 瑠花, 大藺 恒輝, 倉本 一輝, 篠田 怜音, 中谷 海斗 生産電気システム技術科 新田 敦久, 前屋敷優希, 寺尾 昂哉, 田中 丈也 生産電子情報システム技術科 小川 哲飛, 笠永 結哉, 梶本 岳滉, 草野 琉風, 清水 伊吹, 四元 若菜	指導教員	久保 幸夫 田中 倫之 上間 豊久
概要	現在, 日本において少子高齢化による農業従事者の高齢化が進んでおり, 労働力不足が深刻な問題である。また, CO₂削減のため農業機械の電動化も重要な問題である。このような状況に対処するため, 「スマート農業」という考え方を基盤とした, 耕運を行うロボット農機や, 監視システムの開発を行う。本テーマでは, 株式会社 EIWAT 様と共同で開発を行うものであり, 2 年計画で取り組んでいる。今年度は初年度であり, 最適な耕運システム, 自動走行システム, 監視システムの開発を行う。		

<建築施工システム技術科>

テーマ名	災害時に活用可能なトレーラーハウスの運用方法の検討		
学生	大路 訓弘, 金城 響貴, 畑谷 春来, 松下 隆汰, 松田 絢弓	指導教員	足立 和也
概要	近年、南海トラフ巨大地震がマグニチュード 8～9 と危険視されており、今後 30 年以内に 70～80%の確率で起こるとされている。そのため被災後の素早い対応が求められる。しかし現在、被災後の対応として避難所の在り方に問題があると考えられる。現在の日本の避難所の在り方は体育館や公共施設等の雑魚寝形式が主となっており、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災から現在に至るまでに避難所の環境に変化はない。以上のことから私たちは避難所や応急仮設住宅での生活を改善したいと考え、トレーラーハウスの災害支援目的での一般的な使用に向け、住環境の評価・構造解析・運用方法等の検討を目的としている。		



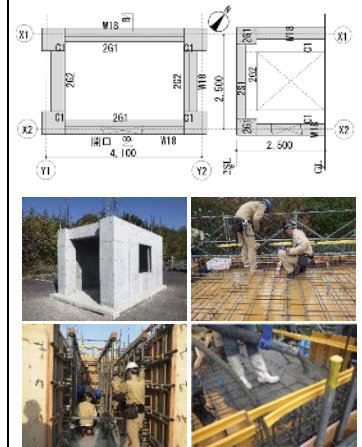
テーマ名	標準課題実習における ICT ツールの活用方法の試みとその評価 ーデジタルモックアップの有効性ー		
学生	菊岡 樹, 遠藤久流美, 高杉 友紀乃	指導教員	村岡 寛
概要	我が国では、人口減少時代を迎える中、労働者の減少を上回る生産性を向上させることで経済成長を実現する「生産性革命」を建設現場でも目指すため、「i-Construction」の下、ICT 化が推進されている。 本研究は、本校の標準カリキュラムにおいて、ICT ツールを活用した授業を想定し、有効性について検証を行う。1 テーマ目として国土交通省が推進している取組みの事例として有効性がうたわれている「デジタルモックアップ」を試行する。 ICT ツールである BIM を活用して、「デジタルモックアップ」を製作し、VR デバイスによって仮設計画や施工計画の検討を行う。項目は主に作業者の安全性や施工性についての有効性の検証である。		



テーマ名	標準課題実習における ICT ツールの活用方法の試みとその評価 ー遠隔臨場の有効性ー		
学生	伊藤 朱里, 金城 実佑, 玉城姫菜乃	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、ICT 化が推進されている。 本研究は、本校の標準カリキュラムにおいて、ICT ツールを活用した授業を想定し、有効性について検証を行う。2 テーマ目として国土交通省が推進している取組みの「遠隔臨場」を試行する。 ICT ツールである MR グラス（ウェアラブル機器）等を使用して、当校で新たなシステムを構築し、効率よく正確な品質検査が実施可能かどうかの検証である。		



テーマ名	鉄筋コンクリート構造建築物における現場管理業務の実践		
学生	上田りおん, 尾崎 凌空, 近藤 龍彦, 砂川 大輔, 濱口 翔太	指導教員	松岡 亘
概要	本大学の運営母体である独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構 公共職業訓練部大学校課が示す「応用課程の考え方」によると、「居住・建築システム技術系では、中堅建設業の現場管理業務等の職務を念頭において養成する。」と記載されている。 そこで、昨年度RC標準課題で習得した施工技術ならびに基本的な施工管理技術を活用し、応用課程1年次のRC標準課題と応用課程2年次の開発課題実習とをコラボレーションして、工程管理、品質管理、安全管理の3点に着目し、現場管理業務の実践を行った。その結果、躯体工事に特化した現場管理業務等の職務を、より深く実践・経験できるとともに、他部門との調整能力やコミュニケーション能力の向上が図れた。		



テーマ名	伝統的木造建築物の板壁・土塗り壁の構造性能に関する実験的研究		
学生	原田 剛行, 東谷 浩輔, 藤岡 宙, 丸山 優人, 湯浅健之介	指導教員	宇都宮直樹
概要	伝統的木造建築物における板壁・土塗り壁の構造要素が木造軸組架構の荷重変形角関係に与える影響を実大実験にて確認し、解析ソフトウェアにてモデル化の妥当性を検証した。さらに実験後の試験体を震災後の社寺建築物の板壁と想定して適切な補強を行うことによって構造性能の回復を検証することを目的としたものである。本課題の成果により限界耐力設計における板壁・土塗り壁の荷重変形角関係の基礎データ取得、解析ソフトウェアのモデル化の提案および板壁の改修補強方法の提案を行うことができた。		



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	仲村 悠杜, 大岩 瑞輝, 境 守璃, 玉江 莉久, 塔筋 悠, 渡嘉敷 滯	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。		



2023(令和5)年度における表彰等

第61回「技能五輪全国大会」参加

参加職種 電子機器組立て 電子情報技術科 中橋 幹貴

第18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 清水 達貴

近畿ポリテクビジョン2024における表彰

①発表の部

最優秀賞

応用課程 建築施工システム技術科「鉄筋コンクリート構造建築物における現場管理業務の実践」

上田りおん, 尾崎 凌空, 近藤 龍彦, 砂川 大輔, 濱口 翔太

生産システム技術系「真円度形状寸法測定機の開発」

栗原 脩, 道幸 柊斗, 戸江 朝美, 山篠 悟史, 今石 翔希, 上江洲征琉,

國本 紘希, 谷口 元太, 森川 聖樹, 土岐 実雲, 中島 健伸, 平賀 雅也,

三上 恵美

専門課程 滋賀職業能力開発短期大学校 電子情報技術科「電気自動車の製作」

川畑 柚羽

優秀賞

応用課程 建築施工システム技術科「標準課題実習におけるICTツールの活用方法の試みとその評価-デジタルモックアップの有効性-」

遠藤久流実, 菊岡 樹殿, 高杉友紀乃

生産システム技術系「ロボット農機の開発」

浅野 瑠花, 大藺 恒輝, 倉本 一輝, 篠田 怜音, 中谷 海斗, 新田 敦久,

前屋敷優希, 寺尾 昂哉, 田中 丈也, 小川 哲飛, 笠永 結哉, 梶本 岳滉,

草野 琉風, 清水 伊吹, 四元 若菜

生産システム技術系「自走型工程間搬送システムの開発」

小田 康輔, 井畑 快翔, 本田 晃涼, 山川 尚紀, 渡邊龍太郎, 佐々木悠貴,

伊丹 駿, 下舞 吏輝, 辰己 尚吾, 寺田 吉宏, 有村 雅陽, 木村 魁人,

佐藤 俊耀, 橋 亨汰, 谷 涼太郎, 藤崎栄二郎

専門課程 滋賀職業能力開発短期大学校 住居環境科「古民家 醤油屋喜代治商店 現況調査及び劣化調査」

林 恭一

生産技術科「スターリングエンジンの制作」

高尾 星一, 海老原暢孝, 辻 良汰, 牧野 隼宙

電気エネルギー制御科「過負荷印加装置の制作」

道端 翔大, 山本健太郎

京都職業能力開発短期大学校 電子情報技術科「ZigBeeを用いたサッカーロボットの製作」

橋口 樹

②展示の部

最優秀賞

応用課程 生産システム技術系「ロボット農機の開発」

制作者 : 浅野 瑠花, 大藺 恒輝, 倉本 一輝, 篠田 怜音, 中谷 海斗,
新田 敦久, 前屋敷優希, 寺尾 昂哉, 田中 丈也, 小川 哲飛,
笠永 結哉, 梶本 岳滉, 草野 琉風, 清水 伊吹, 四元 若菜

指導教員: 久保 幸夫, 田中 倫之, 上間 豊久

建築施工システム技術科「鉄筋コンクリート構造建築物における現場管理業務の実践」

制作者 : 上田りおん, 尾崎 凌空, 近藤 龍彦, 砂川 大輔, 濱口 翔太

指導教員: 松岡 亘

専門課程 滋賀職業能力開発短期大学校 生産技術科「オシレーティングエンジンの設計・製作」

制作者 : 木野 剛, 齋藤 佑哉, 辻 舜凱, 平尾 博貴

指導教員: 尾花賢一郎

優秀賞

応用課程 生産システム技術系「リサイクルのための使用済み歯ブラシヘッド自動分離システムの開発」

制作者 : 阿治 翼, 鷺尾 鋼生, 西川 生真, 備 大, 渡瀬 智元,
東 邦優, 福井 秀侑,
宮嶋 琉名, 森 光汰, 吉崎 智哉, 森本 陽貴, 筒井 遼二,
日高 竜也, 中川 拓海, 林 拓実

指導教員: 石田 真一, 天野 隆, 小南 嘉史

生産システム技術系「鋳物製品の自動検査システムの開発」

制作者 : 瀬川祥一郎, 谷 光桂, 筒井 嶺, 成重 直哉, 佐藤 玉伎,
沢村 陸, 中西 光樹, 山崎 達也, 岡本 慎平, 河上 冬星,
田中俊一郎, 土淵 陽平, 濱野 栞太

指導教員: 紺野 伸顕, 清水 隆之, 藤井 昌之

建築施工システム技術科「伝統的木造建築物の板壁・土塗り壁の構造性能に関する実験的研究」

制作者 : 原田 剛行, 東谷 浩輔, 藤岡 宙, 丸山 優人, 湯浅健之介

指導教員: 宇都宮直樹

専門課程 生産技術科「低融点金属による鋳造品の製作」

制作者 : 絹谷 悠, 松尾 武, 石飛 和樹, 泉元 信一

指導教員: 梅田 良範

電気エネルギー制御科「過負荷印加装置の制作」

制作者 : 道端 翔大, 山本健太郎

指導教員: 岡田 卓也

電子情報技術科「画像スタイル変換システムの開発」

制作者 : 佐藤 輝音, 清水 達貴

指導教員: 奥田 佳史

住居環境科「パラメトリックデザインを用いたパビリオンの制作」

制作者：石神孝太郎, 上田 清馬, 奥田 誠治, 水野 翔太

指導教員：坂下 哲也

特別賞

専門課程 京都職業能力開発短期大学校 電子情報技術科「楽器自動演奏器の製作」

制作者：玖津見龍聖, 佐藤 玄也, 内藤 清春, 森本 凜平

指導教員：片岡 将樹

住居環境科「持続可能な住宅地の開発」

制作者：北野 雄一, 川口 海生, 山内 颯太, 山田 健悟

指導教員：田島 幹夫

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	道端 翔大
		電子情報技術科	大石 颯
	応用課程	生産電気システム技術科	佐々木悠貴
		建築施工システム技術科	金城 実佑
②優秀賞	専門課程	生産技術科	海老原暢孝
		電気エネルギー制御科	山口 来音
		住居環境科	奥田 誠治
		生産電気システム技術科	宮嶌 琉名
	応用課程	生産電子情報システム技術科	三上 恵実
		建築施工システム技術科	砂川 大輔

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）
高橋 昭吾（副校長）
後藤 拓真（能力開発統括部長）
椎葉 彰（学務課長）
佐藤 桂（機械系）
今園 浩之（電気系）
奥田 佳史（電子情報系）
坂下 哲也（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32号

発行 2025年2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

