Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-07-08

技術室報告 第30号

(Citation)
技術室報告,30

(Issue Date)
2023-10-23

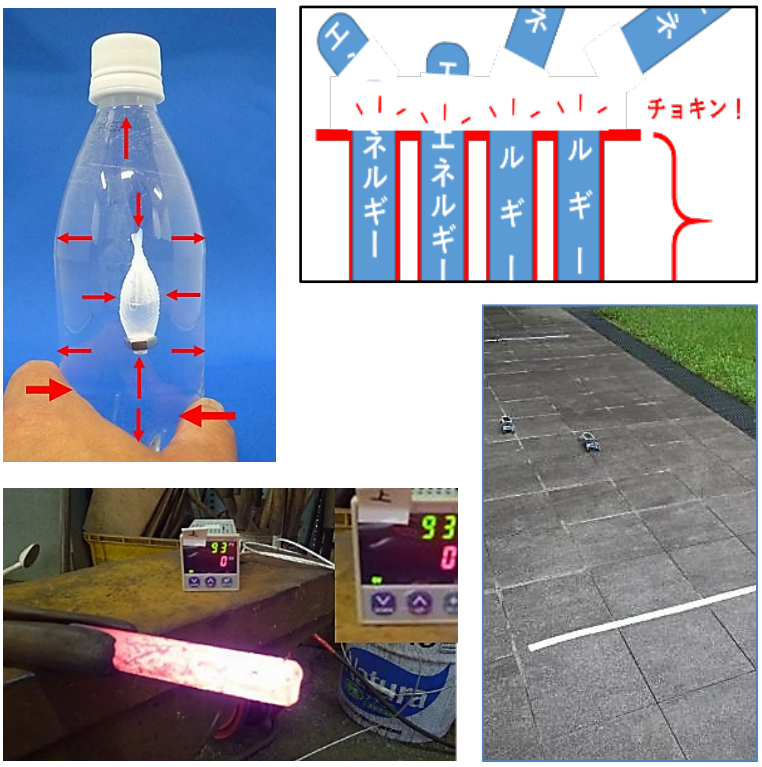
(Resource Type)
report

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/0100485214

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100485214

技術室報告　第 30 号



左上から、浮沈子によるパスカル・アルキメデスの原理の紹介
エネルギー変換のポケットモデル
光電池の温度による出力性能比較、金属の焼き色と温度測定実験
（本文 技-18 頁から掲載）

令和 5(2023)年

神戸大学 大学院工学研究科 技術室

巻頭言　技術室への期待

技術室は、教員及び事務部と並んで工学部・工学研究科及びシステム情報学研究科の教育研究活動を支える基盤であり、施設の維持管理、教育活動の改善、研究活動の発展に不可欠な組織です。日頃から、衛生管理者職場巡視、安全講習、廃液管理、液体窒素管理、省エネ活動、授業補助、研究補助などの活動に従事していただいており、それらの活動が 3000 人を超える学生を擁する巨大組織を滞りなく運営する礎になっています。

日常業務に加えて、技術職員の皆様には、各人の専門分野における最新情報の収集やより高度な技術の修得が求められています。さらに、近年の急速な技術革新に対応すべく、専門以外の分野に知識・技能を広げることが期待されています。「技術室報告 第 30 号」は、そのような要求に対する取り組みをまとめたものであると理解しています。本冊子には、昨年度に技術職員の皆様が取り組んだ研究開発の成果と研修や研究会の報告が掲載されており、これを読むと幅広い取り組みがなされてきたことがわかります。今後もこのような活動を継続していただきたいと考えてみます。

最近、技術職員の職務に関してもグローバル化の波が少しずつ押し寄せているように感じます。日本語が話せない外国人留学生（大学院生）・外国人研究者が増えると、機器・装置の操作に関する講習や助言を英語で行う必要性がでてきます。安全講習や日常的な連絡についても英語でやらざるを得ない状況が発生します。外国人学生や外国人研究者に対するサポート体制の充実は、今後の神戸大学の発展に不可欠です。英語による技術サポートについても少しずつご検討いただけたらと思います。

大学組織における技術職員の位置付けは国によって異なりますが、機器・装置の選定、導入、維持管理について技術職員がより重い責務を負っている国もあります。オーストラリアのある大学では、技術職員が大型機器に関する国際会議に出席し、研究発表や情報収集を行っているそうです。そのような方々の多くは Ph.D.の学位を持っています。日常的な業務を行いながら終業後や休日に博士号取得のための研究を行うのは非常に大変ですが、もし可能であれば博士号取得を視野に入れた研究活動にも取り組んでいただければと思います。

以上が、10 年ぐらいのスパンで見た時に私が技術室に期待する事です。これからも技術の研鑽を通して本学の発展に貢献していただけると期待しています。

技術室運営委員長
藤井　稔

神戸大学工学研究科 技術室『技術室報告 第30号』発刊に寄せて

大学院工学研究科　技術室
技術長　前田 浩之

此度、神戸大学工学研究科技術室にて編纂致しました『技術室報告 第30号』の発刊に寄せて、御挨拶申し上げます。

『技術室報告』は、大学院工学研究科の教室系技術職員が日常業務を通して得られた技術的な知見、技術室の支援による技術研究を通して得られた知見や内容等、さらに寄稿を纏めたものです。

工学研究科技術室には25名の技術職員が所属しており、6つの「技術分野グループ」で担当者を配置して専攻・学科等の教育研究組織の業務支援を行っております。また、2つの「共通技術支援グループ」で情報技術関連・安全衛生関連（安全講習会等）の業務支援を行っており、高度化する研究に対応できるようそれぞれの技術分野でのスキルアップに加え、グループの垣根を超えた取組みも行っております。今回の技術室報告の中にもそれら創意工夫やノウハウを纏めておりますので、御高覧戴きたく存じます。

技術室報告を通して技術職員が有する技術が広く周知され、大学や研究科の教育・研究を支える技術として活用されることを望んでおります。

平成6年度（1994年）以降毎年『技術報告』を発刊してきましたが、今回で30冊目となりました。2023年度より名称は『技術室報告』に変更となりました、また技術室報告を完全デジタル化し、技術室ホームページにて公開する運びとなりました。

最後に、長年にわたり発刊できたことは関係者各位の御理解と御支援の賜物と深く感謝するとともに、今後とも御指導、御鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

（令和5年8月）

目 次

巻頭言

技術室への期待

電気電子工学専攻　藤井　稔

神戸大学工学研究科 技術室『技術室報告 第 30 号』発刊に寄せて

工学研究科 技術室 技術長　前田　浩之

§技術報告

・ロボット研究技術支援業務における制御盤製作

（機械系技術分野 G）　片山 雷太　　・・・技 - 1

・合成音声を用いた自動再生スライドの作成について

（機械系技術分野 G）　古宇田 由夫　　・・・技 - 7

・射出成形金型の設計・製作とその金型を利用した射出成形に関する加工支援

（工作系技術分野 G）　中辻 秀憲　　・・・技 - 11

・web サイト「おもしろ科学実験」投稿のおすすめ

（工作系技術分野 G）　大槻 正人　　・・・技 - 18

（化学系技術分野 G）　熊谷 宜久

・建築構造実験作業における初学者の作業について

（建設系技術分野 G）　金尾 優　　・・・技 - 24

§技術研究実施報告

・CNC フライスを用いた、ものづくり業務･研究支援への取組み

（研究代表者）（建設系技術分野 G）　前田 浩之　　・・・技研 - 1

（化学系技術分野 G）　曽谷 知弘

（工作系技術分野 G）　中辻 秀憲

（建設系技術分野 G）　ロハニ タラ ニディ

（情報系技術分野 G）　小西　肇

（電気系技術分野 G）　赤松 孝則

・破損・廃棄工具を利用した狭隘切削用バイトの試作

（工作系技術分野 G）　大槻 正人　　・・・技研 - 9

§寄稿

・才能、やりがいと職場への貢献

（化学系技術分野 G）　熊谷 宜久　　・・・寄 - 1

ロボット研究技術支援業務における制御盤製作

機械系技術分野グループ　片山　雷太

1. はじめに・概要

現在，ロボットに関する研究を行う研究室で技術支援業務を行っている．ロボットと一口に言っても，工場などで働く産業用ロボット，農業ロボット，福祉・介護用ロボット，災害対応ロボット，ヒューマノイドロボット，歩行・移動ロボットなど，世の中には様々な形態・用途のロボットが存在する．この中でも所属する研究室では，主に遠隔操縦ロボットシステム，産業用ロボットによる製品の組み立て，ピッキング用汎用ロボットハンドなどの研究・開発で技術支援に携わっている．

ロボットシステムはモーターやセンサ，カメラなど様々な機能を持った要素から構成されており，これらがうまく協調することで初めて正常に動作する．研究用のロボットシステムを構築する際に，既製品のロボットアーム・ハンド・センサなどを用いるとしても，それらをハードウェアとソフトウェアの両面で統合して，目的とする実験を行える環境を構築することは決して簡単な作業ではない．独自のロボットシステムを研究室で一から作り上げる場合には，ハードウェアの設計・選定・製作から，制御プログラムなどのソフトウェアの作成までを自前で行う必要があり，さらに多くの労力を要する．他の研究分野でも同様かもしれないが，ロボット研究では実験を行うよりも，実験が行えるようになるまでシステムを完成させることにはるかに多くの労力と時間が割かれている．

このロボットシステム構築作業の中でも，ハードウェア構築における制御盤の製作が最も労力を必要とする大変な作業の１つであると個人的に考えている．制御盤とは，対象とするロボットシステムを操作するためのモータードライバなどの制御機器が搭載された盤のことである．本稿では，ロボット研究開発の支援の中で，私がこれまで行ってきた制御盤製作について述べる．

2. ロボットシステムに用いられる制御盤

「制御盤」を辞書で調べると「機械や電気設備を制御するための制御用電気機器・スイッチ・計器類をまとめて備え付けてある盤」などと定義されている．一般的には，建物の電源管理を行うためのブレーカーなどが設置された配電盤が最もイメージしやすい制御盤の例ではないだろうか．本稿で述べる制御盤は，対象とするロボットを制御するためのものであるため，その多くが図１のようにモーターを制御するためのモータードライバを含んだ構成のものになる．図１は，ロボットシステムで基本となるモーターを制御する場合の制御フローの一例を示した図である．モーターをある目標角度に回転させたい場合，まず，モーターの現在角度を知るために，モーターに搭載されているエンコーダ（角度センサ）のパルスを制御用 PC に搭載したカウンタによって計測する．カウンタにより現在角度が分かれば，制御プログラムによって目標角度に回転するために必要な指令トルクが算出される．指令トルクは DA 変換ボードにより指令電圧に変換され，モータードライバに送られる．最終的には，モータードライバが受け取った指令電圧からモーターに出力させたいトルクに必要な電流を生成してモーターに流すことで，目標の角度へ回転させることができる．

図１の制御フローにおける制御盤の役割は，制御用 PC からの指令値を受け取り，実際にモーターに流す電流に変換し，出力しているモータードライバの部分である．ただし，図１は制御フローをわかりやすいイラストにするために簡素化されており，もちろん実際の制御盤にはモータードライバ以外の機器も多数含まれる．例えば，モータードライバやモーターのエンコーダ・ブレーキにはそれぞれに適した定圧電源が必要である場合が多く，これらの電源回路を安全に開閉するためには配線用遮断機・電磁接触器などの機器が制御盤内に必要になる場合もある．また，力覚センサや近接センサなどを用いる場合は AD 変換なども含むセンサ用回路が，緊急時に備えるための非常停止用回路が必要な場合も考えられる．対象とするシステムに合わせて制御盤の構成内容も変わるが，研究室で製作する制御盤の制御対象はロボットなどの動力機器であること，学生が使用することから十分に安全に配慮した設計を行う必要がある．

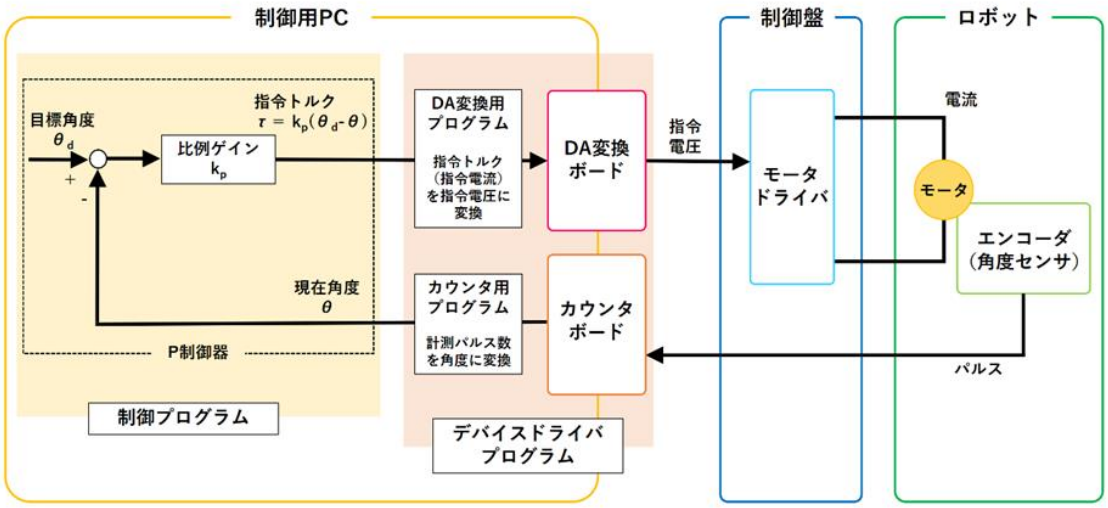


図１　ロボットシステム（モーター）の制御フロー

3. 制御盤の設計・製作の手順

制御盤を設計・製作するためには，まず先に制御対象となるロボット本体の仕様の決定が必要である．例えばピッキング用ロボットハンドを製作する場合，ロボットハンドの機構や仕様が最初に決まる．次に，ハンドの構造や対象物体を把持するために必要な把持力などから適したモーターが選定され，モーターの機種や運転範囲が決まることで，その制御に適したモータードライバも選定することができる．そして制御盤の主幹部品となるモータードライバが決まれば，その仕様から他に必要となる電源などの主要な部品と各部品の仕様を選定する．このようにロボット本体の仕様から順々に制御盤の構成についても決定することができる．構築するシステムの規模や使用する部品にもよるが，モータードライバなどの仕様書には周辺機器で使用する配線用遮断機，電磁接触器，回生オプションなどの接続例まで記載されていることも多い．また，これらの機器の運転に絶対に必要な主要部品に加えて，非常停止回路やシステムの状態を判別するための表示灯や計器類，状態を切り替えるためのスイッチ類なども必要に応じて追加する．接触センサや近接センサなどを用いる場合にはそれらのセンサ用回路も必要になる．

これまでの経験上，必要な機器の調査・機種の選定については，各機器の取扱説明書を参考にする，不明な点があればメーカーに直接問い合わせるといった基本的な方法で困ることはほとんどなかった．電磁接触器などの制御盤を構成する各機器の機能や仕組みについても Web で検索すれば情報は十分に得ることができる．また，各機器の動作や役割，回路図の読み方などについては，シーケンス制御に関する参考書籍からも得ることが出来た．シーケンス制御とは，あらかじめ定められた順序または手続きに従って制御の各段階を逐次進めていく制御のことであり，まさに動力機器などを制御盤で自動的に動作させるときに使用するものである．シーケンス制御に関する書籍は多数出版されているので，自分に適した書籍を入手することができると思う．

使用する機器の調査・機種の選定が終わると，次に，選定したそれぞれの機器を盤内にどのように配置し，各機器をどのように接続するかを考えなければならない．機種の選定も大変な作業であるが，現在の研究室に配属されるまで制御盤製作や電気回路などをほとんど学んだことがなかった自分にとっては，このレイアウトや回路図の設計の方が困難な作業であった．実際に制御盤を製作する上でどのように機器を配置・配線するべきか，といった内容に関してまとまった情報が Web サイトや書籍からは得られにくかったことも独学で学ぶことがより困難に感じた理由である．制御盤の製作方法について参考になった書籍として，日本理工出版会から発行されていた「図解 制御盤の設計と製作」[1]がある．こちらは，制御盤に用いられる各機器の機能や回路図の説明ではなく，制御盤を実際に製作するために必要な設計・製作方法に重きを置かれた書籍である．例えば，盤内のレイアウト方法や加工・組立方法から，はんだ付けの方法まで記述がされている．また，盤内で使用する電線の種類や配線の方法，配線・ボタン・表示灯などの配列や色別などに関しては JIS（日本工業規格）や JEM（日本電機工業会標準規格）によって規格が定められているが，それらについても詳しく説明がされている．自分が調べた中では，制御盤製作における規格や暗黙的に定められた「きまりごと」について詳しく記載がされた唯一の書籍であり，制御盤製作の基本を学ぶには非常に役立つものであった．この書籍は初版が 2000 年で 2023 年現在では新刊を入手することは難しいが，2022 年 9 月に別の出版社から同題目，同著者の書籍[2]が発行されており，こちらであれば新刊の入手が可能である．私が確認した限りでは再出版本の内容は以前のものから変更はなかった．20 年以上経ってからの再出版にも関わらず内容が更新されていないことは残念ではあるが，現在でも役立つ書籍であると思う．このほかに，研究室では制御盤の設計・製作を専門の業者に外注することもあったため，業者によって製作された制御盤，および配線図などを実例として参考にした．

以上のように，使用する機器の説明書や書籍，実例を参考にしながら制御盤について学び，製作を行ったが，実際にはやはり自分で製作してみなければわからなかったことも多かった．例えば，盤内のレイアウトは配線作業・機器の交換作業などのために作業性・メンテナンス性を考える必要があるが，盤全体・各機器の間にどの程度のスペースを確保しておくべきか，効率的に配線するにはどうすればよいか，といったことは経験しなければ判断できないものであると思う．また，特に私が困った問題の１つがノイズである．ロボット研究で使用することから，システムにはエンコーダや力覚センサなどのセンサを用いることが多々あるが，これらの信号にノイズが発生してしまい，正しい角度や微小な力を計測できないということがあった．最初の頃は原因もわからなかったため，センサ回路は電

源などのノイズ源になり得る機器からできる限り離す，シールド・シールド線を使用する，主回路と操作回路の混在をできる限り避ける，正しく接地を行う，といったノイズ対策を信号の状態を確認しながら１つ１つ試して対処を行った．回路製作では，特に経験が浅いうちは，ノイズに限らず様々な問題が発生すると思うが，信号の状態，電圧が出ているか，配線が間違っていないか，といった基本的なところからオシロスコープなどを用いて地道に確認・対処することが問題解決への近道である．また，実際に様々な問題に直面し，それらを自身で対処することで得られた経験がより成長につながり，問題の原因に見当がつく，事前に注意するポイントを把握するといったことが出来るようになったと思っている．

4. 制御盤の製作例

これまでに研究室で製作した制御盤の例を紹介する．図２は学生実習用に製作したローカル・リモート式遠隔操縦ロボットである．ローカル・リモート式とは，ロボットを操縦するデバイスに，ゲームでよく用いるジョイパッド（ボタンとスティックを持つコントローラ）ではなく，ロボットと同様の多リンク機構を持つデバイスを用いる手法である．図２のシステムは，１軸のみの回転関節型のロボットで，ローカルとリモートで全く同じ構造をしており，ローカル側の関節を回転させることで，リモート側のロボットも同じ関節角度に制御されるようになっている．この装置は，学生が本格的な研究に入る前に，遠隔操縦ロボットシステムの仕組みやハードウェアの構成，プログラムを学ぶために製作したものである．通常，制御盤はノイズ対策などのためにも金属板で構築する方が多いが，この程度の小規模なシステムであれば樹脂製の筐体でも動作に問題はなかった．樹脂の方が価格も安く，表示灯やスイッチ類を取り付ける穴の加工が行いやすいというメリットもある．

図３は産業用のロボットアームの動作範囲を広げるための XY ステージであり，私が製作した中では大きな規模のシステムである．図２の実習用とは異なり，産業用のロボットアームを搭載して動作するので，規模も大きく危険も伴うため，非常停止ボタンの設置やモータードライバのエラー発生時の自動停止など十分に安全に配慮して製作を行った．このよう規模の大きいシステムを自身で製作を行う場合，遮断機や電磁接触器などの周辺機器の選定や配線なども必要なので，取扱説明書に接続例なども含めた詳細な説明されているメーカーの機種を選定した方が，設計・製作が容易でトラブルも少なく済むと思う．

図４はエジェクタ（真空発生器）による吸引でボルトを吸着しながら，モーターでレンチを回転させることでネジ締めを行う組立用ツールである．制御盤は図２の遠隔操縦装置と似た構成になっているが，制御盤について一通りの構成や機器の動作を学べば，同じようにしてモーターだけでなく様々な装置の操作ができるという例としてここで取りあげた．

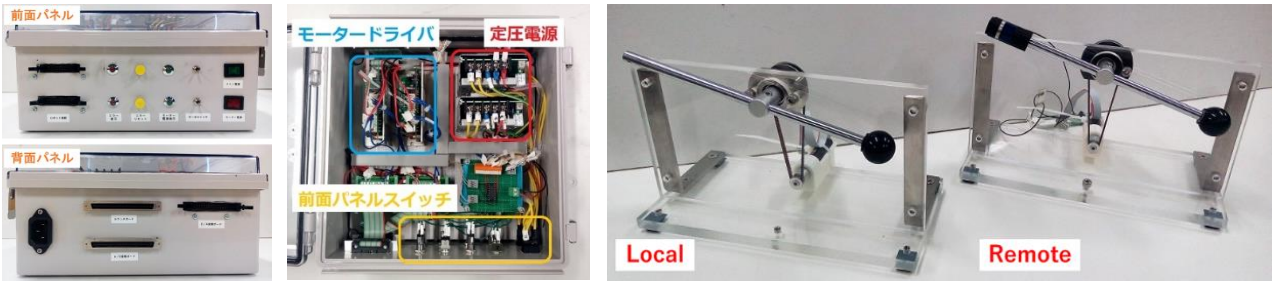


図２　実習用ローカル・リモート式遠隔操縦ロボットの制御盤
（左：制御盤前・後パネル　中央：制御盤内部　右：遠隔操縦ロボット本体）

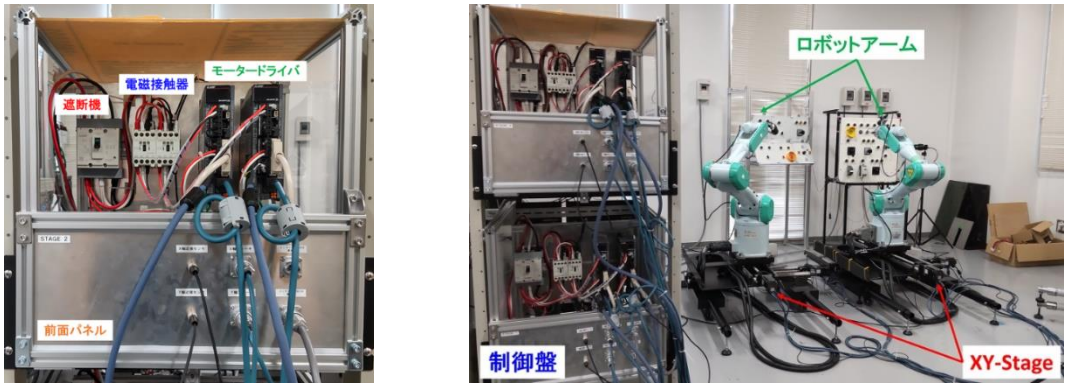


図３　ロボットアーム搭載用 XY ステージ
（左：制御盤　右：ロボットアームと XY ステージ）

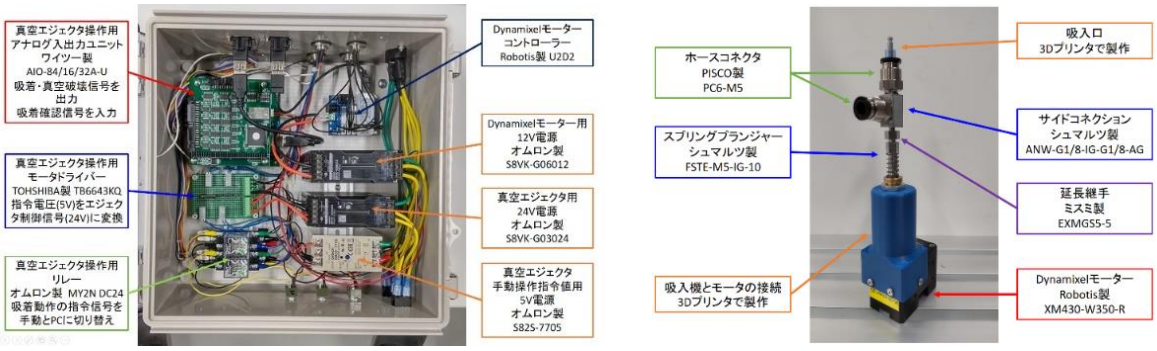


図４　吸着ネジ締めツール用（左：制御盤　右：ツール本体）

最後に，制御盤の配線図・回路図の作成例についても紹介する．システム図や回路図は製作した内容を記録し，研究で使用する学生がシステムを把握するために必要である．図５は図２の実習用ローカル・リモート式遠隔操縦ロボットの制御盤の配線図である．こちらは JGraph Ltd.が提供する draw.io[3]と呼ばれるフローチャートやレイアウト図を作成できる無料の作図ツールを用いて作成した．draw.io は使い方に慣れる時間は必要であるが，作図ツールらしく，つなげたい部分同士をドラッグで簡単に結びつけることできるので配線図の作成は行いやすい．回路図の描き方にも当然ルールがあり，規則に従い作成したいと考えているが，専用の回路図作成ソフトウェアを使用しなければ難しいと感じているが，回路図の作成が本職でもないので，有料ソフトウェアの使用はできる限り避けたい．これまで無料の作図ソフトウェアを色々と試した結果，個人的ではあるが，この draw.io が現状一番使いやすいと感じている．配線図の他に，制御プログラムのクラス図となる UML（Unified Modeling Language）も，このソフトウェアを使用して作成することもある．ただし，draw.io のみならず，無料ソフトウェアはいつ仕様が変更されるか，あるいはサービスが終了するかわからないといった問題があることには注意が必要である．

図６は，図３のロボットアーム搭載用 XY ステージ用制御盤のサーボドライバ周りの配線図と各種の信号を取りまとめている中継端子台の配線図である．図６は配線図というよりもシステム図，イラストのような描き方をしているが，学生がシステムを理解しやすく，編集を行いやすくするために，このような描き方をする場合もある．

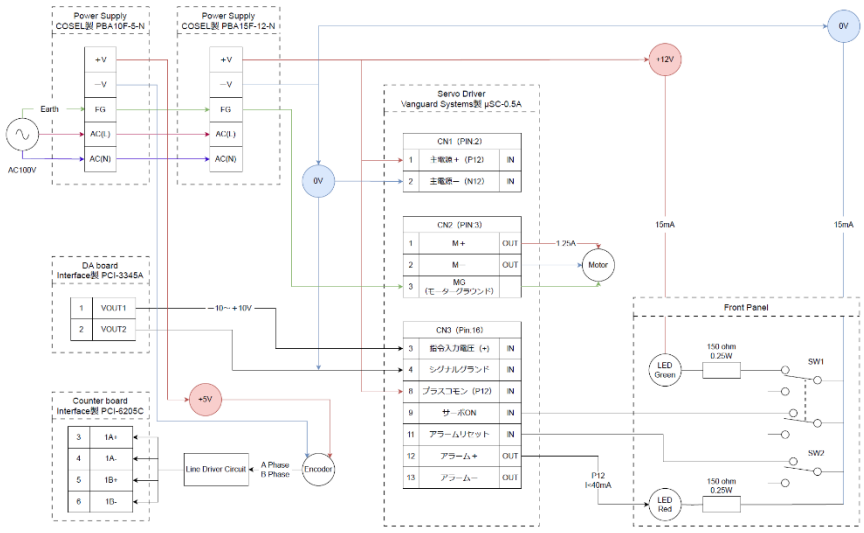


図５　実習用１軸ローカル・リモート式遠隔操縦装置の制御盤配線図

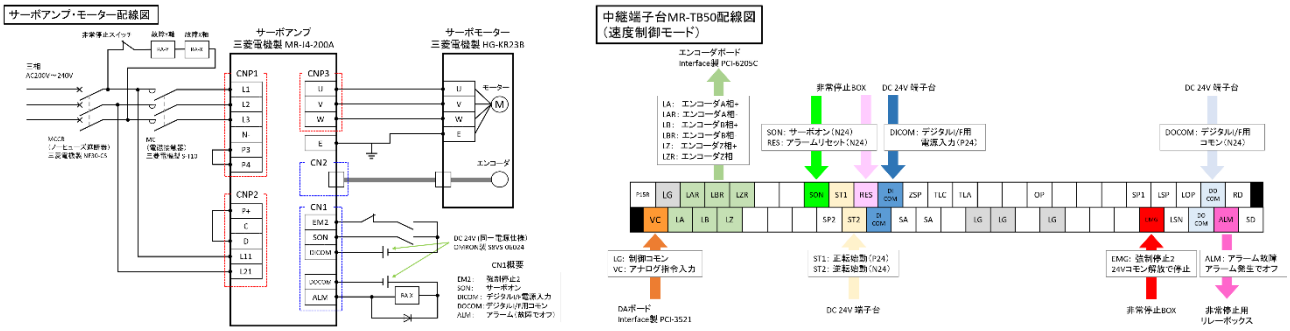


図６　ロボットアーム搭載用 XY ステージの制御盤配線図例
（左：モータードライバ　右：中継端子台）

5. まとめ

本稿では，ロボット研究開発における制御盤の製作について，自身が参考にした書籍，使用しているツールなども含めて紹介した．最初に述べたように，制御盤の製作はロボットシステムの構築の中でも大変な作業にあたるため，現在はその多くを職員が行っている．しかし，ロボットに限らず，機械の制御を行う制御盤のしくみや構成機器の役割，回路設計などを学び，実際に自身の手で設計・製作行うことは，機械システムを根底の部分から理解することにつながるため，学生にとっても非常に重要であると思っている．制御盤製作について，学生が完成されたものをただ確認するだけでなく，実践的，効果的に学ぶことができる方法を今後検討したいと考えている．

参考文献

1)　佐藤一郎：図解 制御盤の設計と製作，日本理工出版会，2000 年 10 月初版
2)　佐藤一郎：図解 制御盤の設計と製作，オーム社，2022 年 9 月初版
3)　draw.io（JGraph Ltd.）：https://app.diagrams.net/

合成音声を用いた自動再生スライドの作成について

機械系技術分野グループ　古宇田 由夫

1. 概要

コロナ渦の影響で，講義や学会等におけるオンデマンド配信が増加し，大学において一般的なものとなった．技術室が実施している安全講習会においても，音声入りスライドを利用したオンデマンド講習を実施している．これらのスライドにおいては，作成者が録画機能を利用して，生録したプレゼンテーションを動画とするのが一般的であるが，個々の特質的な問題や録音状況でナレーションが聞き取りづらい所や，スライド中のアニメーションタイミング等が疎かになっている所が散見されている．ここでは，最近，性能の向上により広く活用されている音声合成ソフトに注目し，ソフトで作成した合成音声を用いた自動再生可能なスライドを試行的に作成したので，その手法およびノウハウについて紹介する．なお，プレゼンテーションソフトとしては，神戸大学の全学ソフトウェアライセンスである PowerPoint 2019 を使用した．

2. スライド（原本）の作成

1) 口頭発表することを前提でスライドを作成する．作成については，一般的なスライド同様に，見易いスライドを作る様に心がけること．近年はスマートフォンやタブレット等の比較的小さい画面で聴講される場合も多いので，文字のポイント数にも注意する．
2) 自動再生ではレーザーポインター機能は使えないので，強調したいところは，アニメーションを追加して注視させる必要がある．複数のオブジェクトを組み合わせている場合は，必要に応じてグループ化してアニメーションを追加すること．
3) とりあえず音声は無視して，一連の自動再生が可能となる状態まで作成，アニメーション動作等が設計通りに行われていることを確認する．

3. 音声データの作成

1) 作成したスライドを基に，各スライドのナレーションテキストを作成する．
2) 一通りナレーションテキストが作成できたら，改めてスライドとの読み合わせを行い，洗練したスライドおよびテキストになるようそれぞれ校正する．これで，スライドとテキストそれぞれの原本が完成となる．
3) ナレーションテキストの細分化を行う．具体的には，スライドごとに，一つあるいは数個の文章で区切っていく．それぞれの文章を一つの音声データとしていくことで，音声データの発音の不自然な箇所（アクセント等）の修正が容易になるとともに，後々のテキストデータ更新も容易となる．また，これらは音声の発声タイミングを調整するための区切りともなるので，その辺も考慮して細分化を行う必要がある．
4) 細分化したテキストに，通し番号を振る．発声の順番に 1，2，3，・・・としていくのが一番単純だが，取扱いしやすい．更に，Excel 等を用いてスライド番号を含めた表形式の一覧にしておくと作業効率が良い．Fig.1 に今回作成した安全講習会用のナレーションテキストの細分化の例を示す．
5) 細分化したテキストごとに，音声データを作成する．

音声データの作成には，音声合成ソフトを利用する．音声合成ソフトは AI の活用等により近年性能の向上が著しく，発音やイントネーションの不自然さがかなり改善されてきている．今回は，「AHS VOICEPEAK 商用可能 6 ナレーターセット」と言う有料ソフトを利用したが，「VOICEVOX」等のフリーのソフトもあるので，それらを利用しても問題はない．ただし，商用・業務用途での使用の場合は，その可否について確認が必要である．音声データは WAV ファイル形式で作成するのが無難であるが，他形式（wma，mp3，mp4，au，aiff 等）でも，実際に自分の環境下で再生して不具合が出ないようであれば問題は無い．

6) 音声データのファイル名は，テキストの通し番号を入れる形で揃える（例：01-anzen.wav，02-anzen.wav，・・・）．整合性を取っておくと，4）の一覧から照会する際に効率的に行える．

スライドNo.	テキストNo.	音声テキスト
1	1	それでは、ドラフトチャンバーの取扱いについて、説明を始めます。
2	2	ドラフトチャンバーは、化学実験などで有害な気体や粉塵が発生するときや、揮発性の有害物質を取り扱うときなどに、安全のために用いる、局所排気装置のひとつです。作業者への有害物質の暴露や、室内空気の汚染を防ぐ装置となります。
	3	このドラフトチャンバーですが、様々な要因で、性能が低下しやすいため、取扱いには種々の注意が必要です。
3	4	ドラフトチャンバーの実際の使用例を示します。みなさんも、これらの写真のように、内部に実験装置を組み上げて使用することが多いと思います。
4	5	ドラフトチャンバーの構造について、簡単に説明します。
	6	ドラフトチャンバーは、屋上に設置された排気ファンで空気を吸い出し、室外へ排気する構造となってます。つまり、実験室では排気ファンの状態が分からない構造となっています。この点にご注意ください。
	7	また、左下の図に示した通り、フード内の排気口が、上部だけでなく、後ろ側にもあることを覚えておいてください。
	8	内部の汚染空気をスムーズに排気させるには、これらの排気こうのすべてから排気される必要があります。
5	9	ドラフトチャンバーの使用については、有機溶剤および特定化学物質それぞれについて、安全衛生関連の法令で義務づけられています。
	10	一部の例をスライドに示しましたが、法令では特に、人体に有害なものに対して、規定されております。 実験を行う前に、自分が使う化学物質について、これらに該当するか調べておいてください。
	11	なお、実験を行う際には、法例で指定された物質に限らず、有害物質全般に対する、ばく露の防止のために、活用してください。

Fig.1 ナレーションテキスト細分化の一覧の例（表形式）

4. 音声データの挿入とタイミング調整

音声データの挿入には，最もオーソドックスな，オーディオの挿入から行った．なお，PowerPoint では，画面切り替えで効果音（サウンド）を鳴らす事が可能で，効果音の代わりに音声を設定することも可能であるが，動画書き出しにおいて，その効果音が記録されない仕様になっている点に注意が必要である．

1) 音声を挿入するスライドを選択し，「挿入」→「オーディオ」→「このコンピュータ上のオーディオ」と選択する．音声ファイルを選択する画面が出てくるので，先の音声テキスト一覧を確認して，当スライドに当てはまる音声データを選択する．
2) 挿入された音声データはスライドの中央にサウンドアイコン（スピーカーの形をしたアイコン）で示される．スライドに複数のサウンドアイコンが設置される場合もあるので，例えば左上に，再生順に並べておくと作業効率がよい．サウンドアイコンは左ドラッグで移動可能である．Fig.2 に 3 つの音声を挿入した例を示す．
3) サウンドアイコンはスライドショー実行中に隠す必要があるので，以下の手順で表示されないようにする．サウンドアイコンをクリックで選択，リボンの［オーディオツール］，［再生］タブを選択，

［スライドショーを実行中にオブジェクトを隠す］にチェックを付ける．

4) 一枚のスライドに入れる音声データの数だけ 1)～3) を繰り返す．

5) 音声データの再生順は挿入順となっているが，オーディオ（音声再生）もアニメーションの項目として同列に扱われるため，先にテキストや写真にアニメーションが設定されている場合は，それらの後ろに並べられる（アニメーション設定されているテキストボックスやサウンドアイコンには，左上に囲い数字で再生順が表示されている．Fig.2 参照）．

6) リボンの［アニメーション］，［アニメーションウインド］タブを選択，アニメーションウインドを表示させる．

7) アニメーションウインドに表示される項目順に自動再生されるので，必要に応じて順列を変更する．順列の変更は，変更したい項目を選択し，右上の「▲」「▼」をクリックすれば可能である（Fig.2 参照，項目をドラッグで移動させることも可能）．

8) 順列の変更が終われば，確認のため動作テストを行う．アニメーションウインドの 1 項目を選択し，左上の「ここから再生」をクリックして，再生順に間違いが無いか確認する（項目が選択されてない場合は，「すべて再生」と表示されるので，それをクリックする）．

9) 音声の開始タイミングを調整したい場合は，アニメーションウインドで調整したい音声の項目を選択，右クリックで「タイミング」を選択し，必要に応じて設定を行う．初期設定は全ての開始が「クリック時」「遅延：0 秒」となっているので，自動再生では順列の通り前のアニメーションに続いて再生される．少し間を置いて音声を開始したい場合は，遅延項目の時間を 0 秒から遅らせたい時間に変更すれば良い．また，直前のアニメーションと同時に音声を開始したい場合は，開始項目を「クリック時」→「直前の動作と同時」に変更すれば良い．

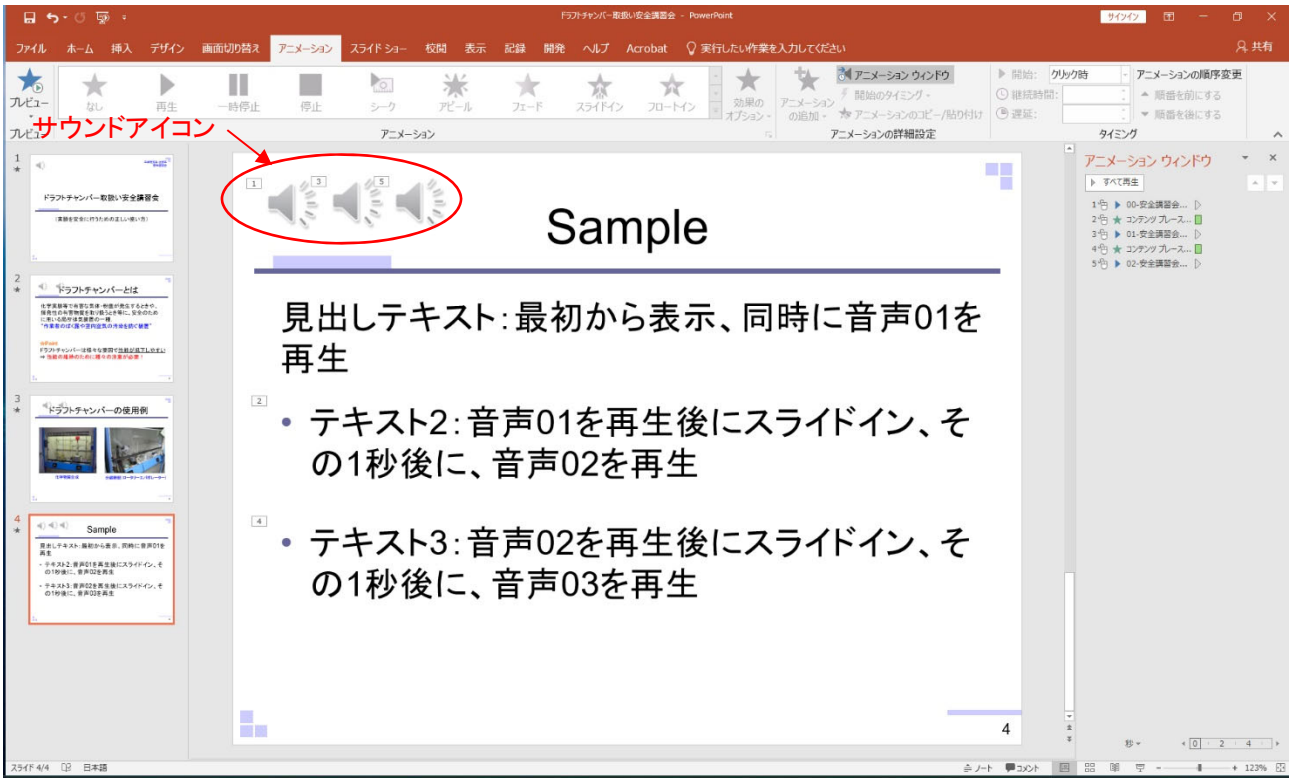


Fig.2 自動再生スライドの作成画面

10)アニメーションのタイミングも上記と同様に可能であるので,「すべて再生」で確認し，各スライドのポイントが理解し易い様に，タイミングの調整を繰り返し行う.

11)これらを全てのスライドで行い，各スライドの自動再生の調整を完了させる.

5. スライドショーの調整と動画書き出し

各スライドの自動再生の調整が完了後，最後に，スライドショー（一連の自動再生）の調整を行う．メインで行うことは，各スライドをつなげるために，スライドの切り替え時間を調整することである．受講者（聴衆）の立場で，各スライドが理解できる様に時間を設定することが大事である.

1) 最初に自動再生のための設定を行う．リボンの［スライドショー］タブを選択,［スライドショーの設定］を選択,「種類」の［自動プレゼンテーション（フルスクリーン表示)］を選択する．また，リボンの［スライドショー］タブ内の「タイミングを使用」にチェックを入れる.
2) 続いて，各スライドの切り替え時間を設定する．全スライドで設定が必要なので，一枚目から順次行うのが良い.
3) スライドを選択，リボンの［画面切り替え］タブを選択,「画面切り替えのタイミング」の[クリック時]のチェックを外し，[自動的に切り替え]にチェックを入れる.
4) 上記の[自動的に切り替え]の後ろにあるタイムカウンターが，そのスライドの自動再生が全て終了した後の切り替えの時間（待ち時間）となるので，スライドに合わせて時間を設定する．一枚のスライドに情報量が多い場合は少し長めに設定するのが基本となるが，この辺は再生を繰り返して理解し易い様に調整する必要がある.
5) なお，画面切り替えの設定は，リボン内の「すべてに適用」をクリックすれば，全てのスライドに同じ設定が適用されるので，まずは全てのスライドに適用し，切り替え時間だけを後から変更していくのが効率的である.
6) 全てのスライドで設定が終われば，先頭からスライドショーを開始し，スライドの音声再生タイミングや切り替えタイミングに不備が無いか確認する.
7) 最後に，汎用的な動画データへの書き出しを行う．リボンの［ファイル］タブを選択，続いて［エクスポート］[ビデオの作成]と選択，画面サイズを用途に合わせて選択し,「記録されたタイミングとナレーションを使用する」が選択されている事を確認して,「ビデオの作成」ボタンをクリック．後はファイルの種類（動画形式：MPEG-4 もしくは WMV）とフォルダを選択して保存すれば完了となる.

6. まとめ

音声入り自動再生スライドの作成にあたり，その手法およびノウハウについて紹介した．合成音声を使ったオンデマンド型のプレゼンテーションは，生録したプレゼンテーションと違い，事細かにスライドの動作タイミングの調整が可能であること，内容の修正や更新が簡単にできることが最大の利点であり，合成音声が苦手とする感情豊かな表現の必要性が少ない公的な講習会や説明会等に，非常に向いていると言える．そのようなプレゼンテーションの作成機会があれば，是非，合成音声を使ったプレゼンテーションにチャレンジしていただきたい.

射出成形金型の設計・製作とその金型を利用した射出成形に関する加工支援

工作系技術分野グループ　中辻 秀憲

1. はじめに

CAD/CAM ソフトウェアの研究支援として CAD/CAM を利用した加工支援を行っている．[1] そこでは現場での視点から加工中の工具動作や加工物の評価をしている．今回は開発中の鋳造金型用 CAD/CAM の評価を行うことになった．評価モデルは前年度に本学の広報誌に取り上げられた 3D モデルを利用して金型と射出成形品で行うことになった．本報告では 3D モデルのデザインから射出成形金型の設計，製作とその金型を利用した射出成形について行う．

2. 複合加工用 CAD/CAM

複合加工機は駆動軸構成やワークの取付方法が異なるため多岐に渡る．そのため，市販の CAD/CAM は多くの工作機械メーカの工作機械に対応するため，必ず各工作機械専用の工作機械モデルとポストプロセッサを設定する必要がある．開発 CAM はこの工作機械専用の設定を一般化することで特別な設定をせずに多くの工作機械で汎用的に利用可能なソフトウェアを目指している．そのソフトは CAD と CAM の 2 つの機能がある．(Fig.1) CAD 機能は 3D モデルを加工用モデルに修正できるようになっている．その修正機能は 3D モデルの方向，縮尺，簡易モデリング(ワーク固定部やランナ)，金型モデルができる．CAM 機能は 3D モデルの縮尺，加工範囲と加工条件を入力するだけで加工経路(NC プログラム)を自動生成でき，工具経路をシミュレーションで確認できる．今回の加工検証には縦型 5 軸マシニングセンタを利用する．本報告では 3 つに分けて報告する．(1)CAD 機能で 3D モデルを金型モデルへの修正方法を示す．(2)CAM 機能の 3D モデル解析と加工条件の設定(荒削りや仕上げ削り等)を示す．(3)加工検証では加工時の失敗事例を含めて示す．

Fig.1 CADCAM

2.1 金型用 CAD

検証モデルは Rhinoceros を利用して製作した．3D モデルサイズ(幅 45[mm]，横 45[mm]，高さ 25[mm])にした．その 3D モデルは加工検証で 2 つ確認できるようにした．1 つは 3D モデルの再現性や表面品位を確認するため，3D モデル表面に複数の特徴（曲面，凹凸と溝）を持たせた．2 つは 3D モデルの精度をトレランス(2[um])に設定して製作した．開発 CAM の CAD で金型機能を利用して 3D モデルから金型モデルを製作した．金型機能は 3D モデルを包含するブロックから切断面を任意に選択して上型と下型を製作できる．そのため，加工不可能なオーバーラップした金型モデルが生成される恐れがある．こ

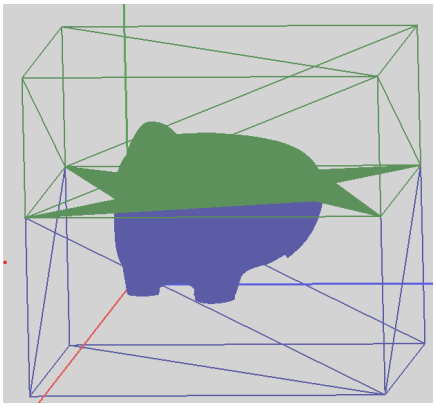


Fig.2 Upper and Lower of Dai

のオーバーラップ箇所を自動修正して金型の上型と下型を生成できる．今回の 3D モデルは切断時にオーバラップが少ない位置を確認しながら試行錯誤的に選択して金型の上型と下型を製作した．(Fig.2)

2.2 金型用 CAM

機械加工は加工効率と工具摩耗の低減のために荒削りと仕上げ削りを利用する．荒削りは部品形状をある一定の削り残し量を加工時間の短縮と最適な工具経路で加工効率を求める．仕上げ削りは加工時に少ない工具負荷で部品形状まで削って形状精度と表面品位の向上を求める．通常 CAM ソフトウェアはこの荒削りや仕上げ削りの加工条件や加工方法などの詳細な操作修得までに長時間を必要とする．開発 CAM は数回の操作で簡単にプログラムを作成できる．操作手順は 3D モデルを取り込んでモデルの縮尺を調整して，金型加工モードで荒削りと仕上げ削りの加工内容と加工条件を設定して NC プログラムを生成する．今回の工具はボールエンドミルを選択して加工条件で荒削りと仕上げ削りを想定した条件を設定してプログラムを自動生成する．NC プログラムの自動生成では 3D モデルの解析で GPU を利用して解析時間の短縮を実現できる．

2.3 加工条件

加工後の金型は樹脂金型で利用するため，高い表面品位を得やすい被削材(A5052)を利用することにした．今回の検証金型モデルの形状は最小 R0.5[mm]のボールエンドミルが必要なため，加工工程は荒削りや仕上げ削りを含めて直径が異なる 3 本のボールエンドミルで行った．工具経路は荒削りと仕上げ削り共に走査線で行った．走査線の工具経路は工具を設定された軸方向切り込みで，半径方向の切り込み毎に加工幅(XY 方向)を移動させて加工する．工具は必ず加工開始位置で材料の軸方向切り込み量まで加工速度で直線に動作する．この際，軸方向切り込み量が大きいと工具に切削の想定以上の加工負荷が発生して振動的になる．そのため，工具直径に最適な切り込み量を設定する必要がある．今回は工具直径の大きい工具から小さい工具の複数工具を利用して切り込み量を小さくすることで加工面の表面品位と形状精度の向上を測ることにした．(Table.1，Fig.3)

Table.1 Cutting condition

Tool diameter[mm]	4	2	1	1
Allowance[mm]	0.2	0.1	0.02	0
Spindle speed [rpm]	6000	9000	9000	9000
Feed rate [mm/min]	500	300	200	200
Axial cut of depth [mm]	0.5	0.2	0.02	0.02
Radial cut of depth [mm]	0.2	0.2	0.1	0.02

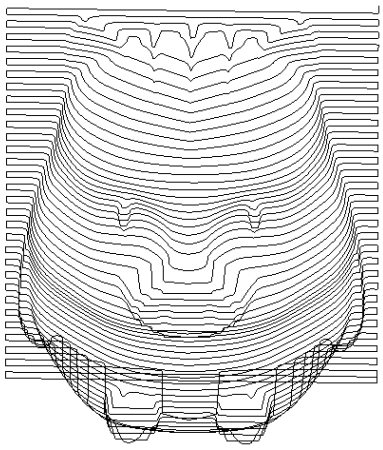


Fig.3 Finishing toolpath

2.4 実加工

3 軸マシニングセンタを利用してマシンバイスにワークを取り付けて荒削り加工と仕上げ加工を行った．工作機械は電源投入時と加工終了では工作機械の本体，主軸やテーブルに温度変化がある．この各要素の温度変化は工作機械テーブルや主軸で熱変形が生じる．そのため，工作機械の暖気運転を行って工作機械の熱変形による工具長や工作機械テーブル等の位置誤差を防ぐと共に，専用の工具長測定装置を使い工具の位置決め誤差の低減をした．荒削り加工では加工部分をのみ効率的に加工する工具経路で安定した加工を実現し，加工時間は 3[h]だった．仕上げ加工時に工具直径の大きな工具から小さな工具に交換して走査線で X 方向の加工経路で加工をしたが，工具破損した．この工具破損の原因は工具経路が加工形状の 90[°]に近い壁面の加工において工具における材料の除去量が切り込み量以上に大きな量となる箇所が発生したため工具に大きな負荷がかかり破損した．そのため凹凸の大きな加工形状おける加工の難しさは工具直径を大きな工具から小さい工具に変更して加工するときにある．小さな工具直径は大きな工具直径で削り取れなかった箇所まで削れる．通常の対応は大きな工具直径と小さな工具直径に変更した際の差が切り込み量を超えないように加工条件を設定する．しかし，今回のような工具経路が加工形状の 90[°]に近い壁面を加工箇所では工具に切り込み量以上の大きな工具負荷が発生する場合がある．そのため，走査線の工具経路に角度を設定して改善した．走査線の工具経路を X 軸方向から 45 度の傾斜させた結果，加工負荷の低減と加工の安定を実現できた．加工時間は 3[h]だった．(Fig.5,6,7)

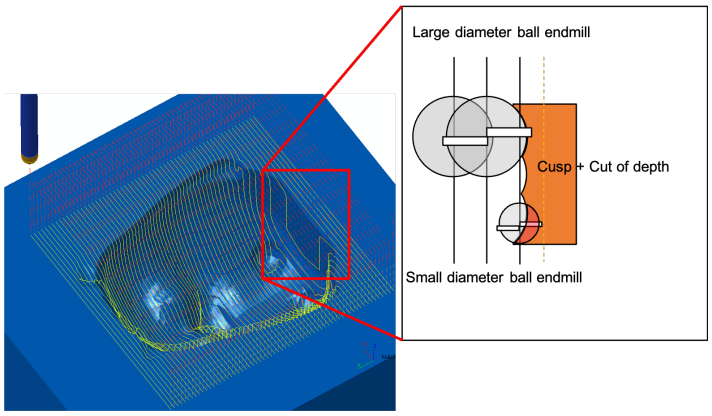


Fig.4 Toolpath error

45-degree angle toolpath

Fig.5 Improved toolpath

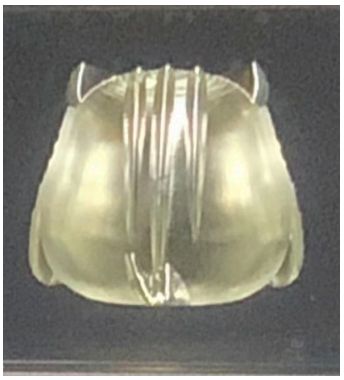


Fig.6 Roughing

Fig.7 Finishing

2.4 金型の評価

樹脂金型の表面荒さ Ry は約 5[um]で加工されることが多い．今回の射出成形金型では Ry0.413［um］を実現している．加工後の表面にエンドミル加工後の毛羽立ち，ビビりや局所的な凹凸はなく光沢のある表面品位を得られた．射出成形のゲートは射出成形機のノズル直径 5[mm]に合わせてテーパー形状に設計した．テーパー形状にはブルーノーズエンドミルを使用して表面荒さ Ry2.884[um]になるような切削条件で加工した．

3. 射出成形

2 種類の射出成形機を利用して評価することにした．1 つは INARI(手動成形機)と 2 つは MoldLock(自動成形機）である．INARI(ORIGINAL MIND)はシリンダー内にペレットを入れ，シリンダ内を加熱し、自然に溶融した樹脂を手動でピストンを押圧して金型に流し込んで成形する．(Fig.8)そのため，樹脂の成形速度を一定に保てないため，再現性を高めるには熟練を要する．この機械構成は金型とヒータは常に接触状態で射出成形が行われる．そのため溶融樹脂を流し込んだ後の保圧状態で冷却できないため，保圧を効果が小さい．[2]Mold Lock(century innovation corp.)はヒーターを使用してペレットを 1 粒ずつ正確に熱し完全溶融樹脂とすることで、流動性の高い状態で成形ができる。(Fig.9)従来 100[t]規模の型締め圧を要するところ最大 6[MPa]の低圧で成形でき，成形能力は 70[cc]まで可能である．この装置はプランジャをモータで動作して樹脂を押圧して樹脂成形をする．モータ制御には 3 つのモード(位置，速度，トルク)を選択できる．装置の動作は専用設定画面で設定して実行する．成形条件は一般の射出成形機が適応できないため試行錯誤的に加工条件を設定することにした. 今回は従来機ではあるが, 成形条件の情報が多い汎用樹脂のポリエチレン(PE)とポリスチレン(PS)で射出成形を検証する．

Fig.8 INARI

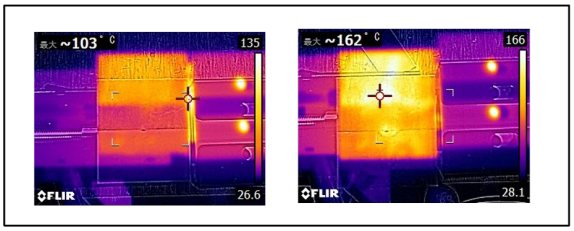
Fig.9 Moldlock

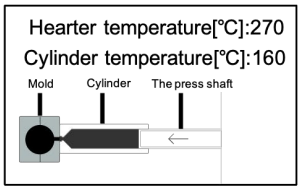
3.1 INARI の成形条件

射出成形の成形部品は 2[mm]から 4[mm]の薄い形状の製作に向いている加工法である．検証モデルのように厚い形状は成形時の冷却時に成形不良を起こしやすい．今回の検証モデルは厚み 20[mm]のため試行錯誤的に加工条件を求める．ヒータ温度を一定状態にして手動で加工する．材料は完全溶融した際の流動性が良い材料と悪い材料を利用して成形速度を変化させる．この成形速度を変化させて加工条件を変化させることにした．金型とヒーターは接触した状態で成形する．加工検証では加工条件を一定にするため金型とヒータを接触させた予熱あり状態で一定温度にして射出成形を行う．

3.1.2 INARI を利用した射出成形の検証

余熱なしの金型に対する手動成形では充填速度が遅く充填途中で樹脂が冷えて固まり成形不良になる傾向がある．成形物は成形物の末端の成形不良や成形物の表面品位が悪かった．この充填速度を高めために 3 つのことを行った．1 つは充填導入部の直径を 4[mm]から 5[mm]に大きくする．2 つはヒータ温度を上げて溶融樹脂の流動性を高める．3 つは金型に余熱を与える．金型の余熱時間が充填速度に最も影響があった．余熱温度を条件設定してレバーの動作の重さで流動性を評価した．(Fig.10)これらにより充填速度が高まったことで成形条件に幅を持たせることができた．成形条件で樹脂の射出速度が早すぎると成形物の表面にジェッティングが現れて射出成形の加工特有の加工現象を確認した．[3](Fig.11)しかし，末端の成形不良は改善できなかった．この手動射出成形機では保圧を保った状態で冷却することができないため，樹脂充填のみで金型内部全てを満たす必要がある．そのため，2 つの方法で改善をした．1 つは成形不良が起こりやすい端部に逃げ穴を加工して樹脂充填できるようにした．2 つは逃げ穴を塞いで手動による保圧をした．(Fig.12)これらの取り組みにより手動射出成形機ではポリエチレン(PE)を成形することができたが，ポリスチレン(PS)を成形することが出来なかった．





Mold temperature[℃]	100	140	160
Processing time[min]	15	20	30

Fig.10 The effect of preheat

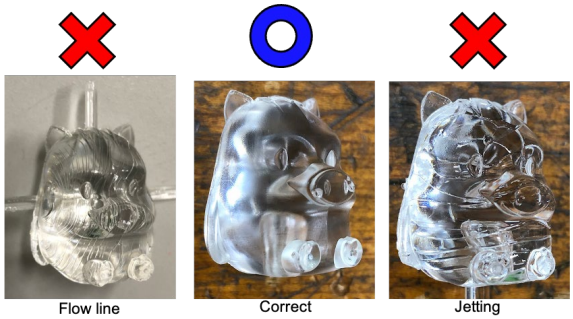


Fig.11 Trouble in injection mold

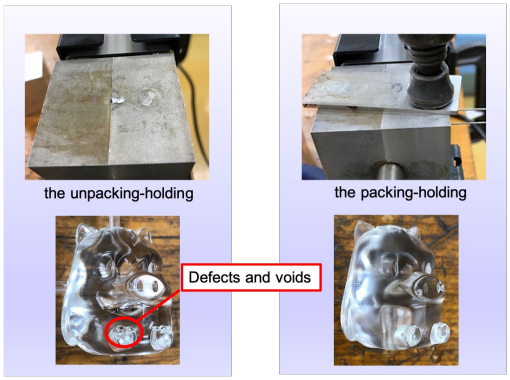


Fig.12 the effect of the packing-holding

3.2 Moldlock の加工条件

Moldlock は射出成形の射出圧力，充填速度と保圧時間の成形条件を自動運転の設定ができる．ヒータ温度は通常の射出成形機より高い 240[℃]にした．全ての充填量を充填速度の序盤(No.1)，中盤(No.2)，終盤(No.3)とその射出圧力を設定する．(Fig.13)序盤から終盤にかけて充填速度を段階的に下げて圧力を加えながら充填する成形条件にした．保圧時間は 5[s]とした．今回は試行錯誤的に加工条件の数値を設

定したが，最終的にポリエチレン(PE)とポリスエチレン(PS)の加工条件を同じになった．(Fig.14)

Fig.13 PE and PS Injection condition

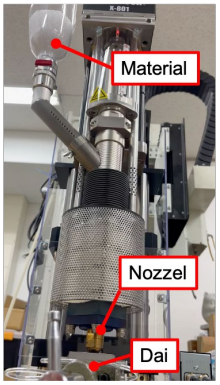


Fig.14 construction of machine

3.1.2 Moldlock を利用した射出成形の検証

手動の射出成形では充填後の金型を室温で徐冷したため，保圧の効果をいかせず成形物が変形した不良が多かった．Moldlock の充填ノズルは可動して溶融樹脂を充填して充填後にノズルを退避できる．そのため金型を冷却でき保圧の効果を得られる．また，金型に水冷冷却の流路を設けて樹脂充填後の保圧中に冷却を行いより加工効率と保圧効果を高めた．Moldlock ではポリエチレン(PE)，ポリスチレン(PS)の両方とも成形することができた．

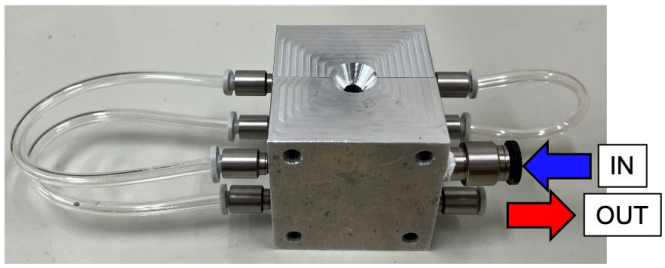


Fig.14 Cooling circuits

Fig.15 The injection molds

4. まとめ

(1) CAD/CAM の CAD 機能で 3D モデルから金型の上型と下型モデルを作成できることを確認した．

(2) CAD/CAM の金型専用 CAM で荒削りと仕上げ削りの工具経路を生成できることを確認した．

(3) 実加工では仕上げ削りで工具の破損があったが走査線の工具経路を 0 度から 45 度に変更できるように CAD/CAM ソフトウェアを改善することで安定した加工ができることを確認した．

(4) 手動射出成形機(INARI)は厚みのある成形品は保圧と冷却の問題で困難である．ポリエチレンは射出成形できることを確認した．

(5) Moldlock でポリエチレンやポリスチレンで厚みのある成形品に対する成形条件を確立して射出成形できることを確認した．

5. 今後の課題

近年，金型の材質も金属から樹脂に置き換わっているため，カメラのレンズの樹脂金型などの精密部品で検証をして CAD/CAM と実加工との組み合わせで実用性を示したい.

参考文献

1. Nishida I, Nakatsuji H, Shirase K. Automated Tool Path Generation for Roughing Using Flat Drill. Int J Autom Technol 2020;14(6):1036-1044, doi:10.20965/ijat.2020.p1036

2. 佐藤 勲. 射出成形金型内の保圧下における樹脂挙動と成形不良. 高圧力の科学と技術 1996;5(4):232-237, doi:10.4131/jshpreview.5.232

3. Hua SZ, Zhang SX, Cao W, et al. Simulation of Jetting in Injection Molding Using a Finite Volume Method. Polymers 2016;8(5), doi:10.3390/polym8050172

webサイト「おもしろ科学実験」投稿のおすすめ

工作系技術分野グループ　大槻　正人
化学系技術分野グループ　熊谷　宜久

1. はじめに・概要

webサイト「国立大学55工学系ホームページ」[1)]内の「おもしろ科学実験室」[2)]に我々が投稿した内容を紹介することで、今後の構成員各位による投稿の一助となることを目的として本報告を行う。

「国立大学 55 工学系ホームページ」は、全国の各地域を代表する国立大学工学系学部（東京大学などの旧帝国大学と東京工業大学及び筑波大学以外の55学部）の学部長で構成されている会議が運営しているサイトである。本会議は、地域の文化、産業、人材育成などに重点を置き、相互の連携協力を推進し、大学における工学系の研究教育に係る共通の課題について協議し、工学系の教育・研究活動の改善、向上及び発展に寄与することを目的としている。その中で「おもしろ科学実験室」は、実験を通して工学のふしぎや科学のおもしろさに「触れられる・感じられる」体験学習を紹介している。中学生、高校生、保護者や理科教員等にも楽しめるよう、工夫されている。

本学からは工学部及び海洋政策科学部の2部局が参画している。前者において、平成29年7月に工学研究科広報委員会の西山覚教授（委員長）から当技術室に「おもしろ科学実験室」への投稿依頼があった。わかりやすい内容で投稿できるテーマが非常に少なく，広報委員会でも苦慮しているそうであった。依頼を受け、現在までに3件の投稿を行っている。本学工学研究科並びに当団体に貢献するのみならず、我が国の工学系の教育研究活動に寄与することができるもので、意義は大きい。以下にそれぞれの内容を紹介する。

2. 投稿した内容

大槻が2件、熊谷が1件投稿した。計3件の要点を投稿順に紹介する。

2-1 時代を超えたパスカルとアルキメデスのタッグを体験 ～浮沈子～[2-1)]（投稿者：大槻）

科学の原理の中に、『アルキメデスの原理』と『パスカルの原理』がありますが、これらを一度に体験できる簡単な実験装置『浮沈子』の製作を通して科学原理を体験してみましょう。

【材　料】図1
ペットボトル（５００ｍｌ：炭酸飲料用）
弁当用しょう油容器
６ｍｍナット（ステンレス製：錘に使用）

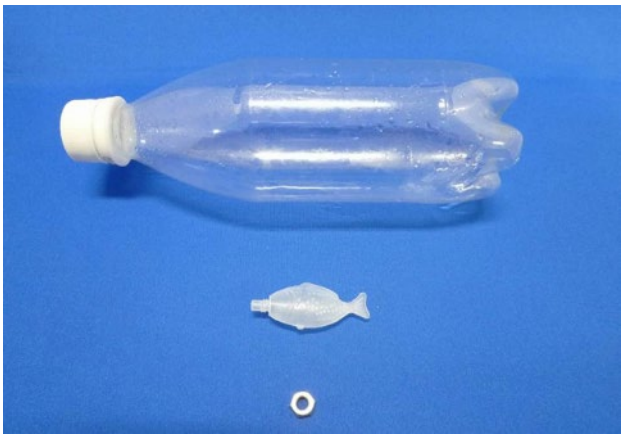


図１　製作用材料

【製　作】

① しょう油容器のキャップを外し、6mm ナットをねじ込む（図 2、浮沈子の製作）。

② 浮沈子に水を吸い込ませる（頭を下にして、背びれの始まり位まで）（図 3）。

図２　浮沈子製作

図３　浮沈子内の水量

③　ペットボトルに水を満たし、浮沈子を入れる。

④　ペットボトルのキャップを閉めて完成。

※この時点で、浮沈子が沈む場合は、浮沈子の水量を調整しましょう。

図４　浮沈子挿入

図５　完成状態

【実　験】

①　ペットボトルを握る（図 6）。

②　浮沈子が沈み始める。

②　浮沈子が底まで達する（図 7）。

図６　実験①

図７　実験③

【原理の解説】

（パスカルの原理）

Blaise Pascal
ブレーズ・パスカル
（1623-1662）

流体が密閉容器の中に入れられていて、容器のある面に圧力をかけたとき、静止状態であらゆる地点の圧力は等しくなるという原理。

（アルキメデスの原理）

Archimedes
アルキメデス
（前 287-前 212）

流体の中で静止している物体は、それが押しのけた流体の重さだけ軽くなる、すなわち浮力を受けるという原理。

つまり、握ることによってペットボトル内の水には一様に圧力が大きくなります。空気は水よりも収縮しやすいため、水はほとんど縮まらずに浮沈子内の空気が縮み、浮沈子は浮力が小さくなり沈みます（図 8）。

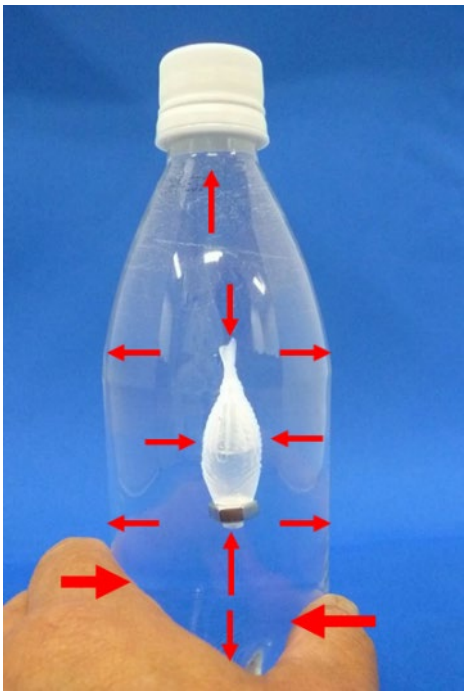


図 8 原理の図解

2-2 太陽電池（光電池）は温度で性能が変わる！？ [2-2)] **（投稿者：熊谷）**

小学校で教わる内容とは異なり、太陽電池は温度によって出力性能が変化するというものである。冒頭で、学校で教わる内容が必ずしも正しいとは限らないことを挙げ、実験を行う。2 台のソーラーカーを用意して温度差のある状態で競走し、低温の方が速く走る、つまり高い出力性能が出る結果を得る（図 9）。

続いてその理由を原理から説明する。監修頂いた喜多隆副学長は、投網とボールのモデルを用いて説明されていた。光子をボールとし、エネルギーの大きさをその径とする。投

図９　左のソーラーカーが低温。同時にスタート（左写真）、結果（右写真）。

網の目をエネルギーに変換できる光子のふるいとすると、すり抜ける光子のボールはエネルギーに変換できない。投網にかかる光子のボールのみ変換できるというものである。

私は、温度変化による状態変化と、エネルギー変換後の光子の状態をわかりやすく説明するために、独自のモデルを考案した。本質的には喜多先生と同様のものである。すなわち、ポケットに入り込む光子をエネルギー変換する、ポケットモデルである（図 10、なお、どちらのモデルがわかりやすいかで、喜多先生と私の意見が割れてしまった）。光子エネルギーの大きさをその長さとすると、ポケット以上の深さの光子のみエネルギーに変換できる。変換後ははみ出た部分がポケットにすり切られて捨てられる。温度を上げると原子間距離が大きくなり、原子間の相互作用が減少してポケットが浅くなる（バンドギャップが小さくなる）。ポケットにすり切られて捨てられるエネルギーがより多くなり、出力性能が下がる。

実例を挙げ、エネルギーの変換効率を上げるために研究がなされている現状を紹介して結んでいる。

図 10　考案したポケットモデル

2-3　『鉄は熱いうちに打て』って何度？　～鉄が赤くなる温度を観察～[2-3)]**（投稿者：大槻）**

ことわざで『鉄は熱いうちに打て』とありますが、漠然としていますよね・・・。

『熱いうち』っていったい何℃くらいなのか、鉄の温度と色の関係を見ながら観察してみよう。

【鉄の温度と色】
赤く焼けた鉄を見たことがありますか？
焼けた鉄は何℃くらいだと思いますか？

鉄は、温度が上がっていくと
色が変わっていきます、
始めは黒っぽい色から
だんだん赤色になり、
オレンジ色になり、
黄色になり、
白っぽくなります。
参考の為に、
鉄の色の変化と温度との関係を
図 11 に示します。

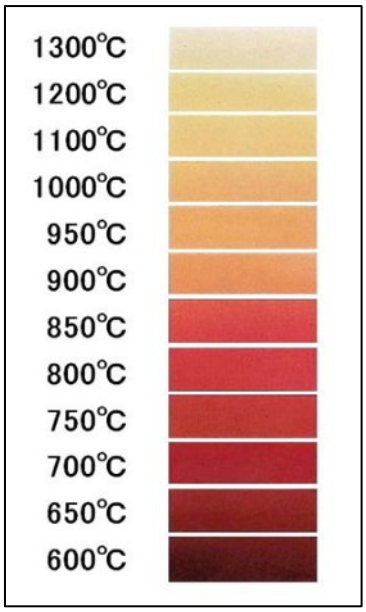


図 11　色と温度の関係

【実際の作業色】
実際に鉄を赤くして作業をしている職業として代表的なものといえば、刀匠（刀鍛冶）がありますが、どのくらいの色まで赤く焼いて作業しているでしょうか？その工程により様々な色に焼いていますが、大体下図の範囲内の色で行われています（図 12)。

（高温時）

（低温時）

図 12　温度による外観（焼き色）の違い

それではこの焼き色が、どの程度の温度なのか熱電対という測定装置で実測してみましょう。
（高温時）
表示は１の位を表示していないので９３０℃を示しています（図 13)。

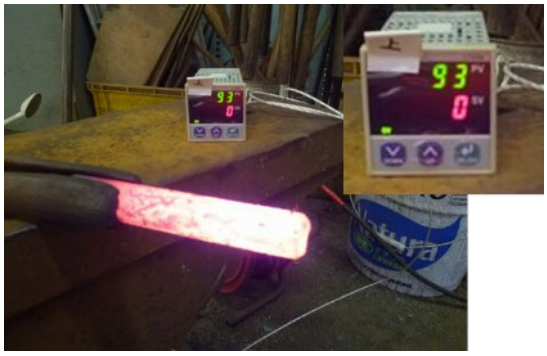


図 13　焼き色と温度測定（高温）

（低温時）
６２０℃を示しています（図 14）。

図 14　焼き色と温度測定（低温）

【まとめ】
このことから、およそ１，０００℃～６００℃が『熱いうち』になるでしょう。
刀匠などは、実際鉄の焼け色で温度を判断しているそうです、すごいですね！！
また、色と温度の関係は鉄だけではなく、夜空に輝く星（恒星）も赤っぽい色から青白く色まで様々です、興味があればこの色と温度の関係も勉強してみるのも面白いと思いますよ。

3. 終わりに

中高生が理解できる内容かつ科学的な意義があれば、専門外の内容でも投稿可能である。例えば、本稿の 2-1 及び 2-2 は各自の専門分野ではなかった。

内情に触れた話をすると、国立大学 55 工学系学部の各部局にはそれぞれ合計年 3 回の投稿ノルマが課されているようである。内訳はおもしろ科学実験室でも良いし、他のコーナーでも良い。実際、令和 5 年度は「イベント・実験体験会」のコーナーで（本人も知らない間に）熊谷主催のイベントが紹介されていた [3)]。他にも、「工学ホットニュース」、「Pict-Labo」、「環境への取り組み」、「何でも探検隊」など、10 を超えるコーナーで構成されている。各位の得意な分野で投稿に挑戦することができる。

なお、技術室構成員であれば誰でも投稿可能である。詳細は技術支援統括の熊谷までご確認頂きたい。今後、技術室構成員による活発な投稿があれば幸いである。

4. 謝辞

本報告は、国立大学 55 工学系ホームページ運営事務局の許諾を頂いて行うものである。原稿作成に要する実験費用等は工学研究科からの支援で賄った。「太陽電池（光電池）は温度で性能が変わる！？」は喜多隆副学長監修の下、執筆した。ここに感謝の意を表す。

参考文献

1)　国立大学 55 工学系学部ホームページ
2)　おもしろ科学実験室（工学のふしぎな世界）
　2-1) 時代を超えたパスカルとアルキメデスのタッグを体験　～浮沈子～ (H30.1.12)
　2-2) 太陽電池（光電池）は温度で性能が変わる！？(H30.11.16)
　2-3) 『鉄は熱いうちに打て』って何度？～鉄が赤くなる温度を観察～ (R2.2.28)
3)　ガラスはなぜ壊れやすい？透明なガラスの見えない秘密を解き明かそう！(R5.8.5-6)

建築構造実験作業における初学者の作業について

建設系技術分野グループ　金尾　優

1. はじめに・概要

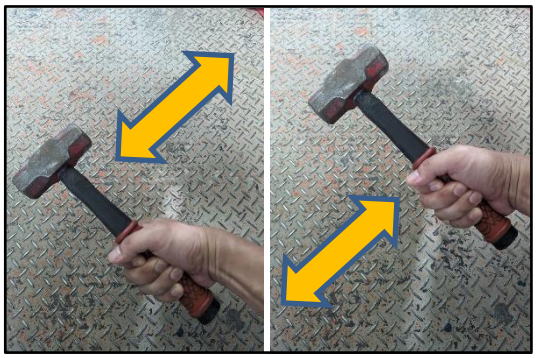
筆者が関わっている鉄筋コンクリート造（ＲＣ造）の実験では、試験体の製作から学生たちが関わる。初学者において（ここでは主に初めて実験作業を行う学生）試験体制作や設営作業は文字通り初めての経験であり、手間取ることが多い。構造的な理論は習得しているはずの学生が、実際の作業では力学的に不利なふるまいや物品を製作してしまうことがしばしばある。その事例を紹介することで、初学者にとってつまずきやすいポイントや留意が必要な状況を把握する一助となれば幸いである。

2. モーメントについて

M（モーメント）=P（力）×L（長さ）であるが、実際の作業の場面に落とし込むことができない初学者が多数いる。

一例としてトルクレンチを挙げる。トルクレンチとは所定のトルクに達すると、「ガチャ」などと音がして所定のトルクに達したことが分かる（と同時にそれ以上のトルクは掛からない機構を持つ）レンチである。ここで使用するトルクレンチは柄が 1m 程度あり、実験の設営等で高トルクが必要な場面が多々あるため、使用頻度が高い。重量があるため扱いが難しい面があるのか、初学者は柄の部分を短く持ちがちである。しかし、柄を短く持つと先ほどの式でいう L（長さ）が小さくなるため、所定の M（モーメント）つまりトルクに達するのが大変になる（P（力）が余計に必要となる）。

もう一つの例としてハンマーを挙げる。ハンマーは釘などの対象物を叩く道具である。
こちらも上記の例と同じく大きな力（打撃力）を得るにはモーメントを利用すればよい。適切な重さのハンマーで、柄を長く使い弧を描くように叩けば強い力が得られるが、初学者の中にはハンマーを平行移動させて叩こうとする【図 1】ものが少なくない。



【図 1】

トルクレンチの例もハンマーの例も、ひとこと言えばすぐに理解するが、知識と実際の作業の接続の難しさが伺えるもちろん、体の使い方や力の入れ方などの「分かっていてもできない」不慣れな状況があることは考慮しなければならない。

また、筆者の関わる環境では、4 回生で初めての実験作業に出会うことがほとんどである。3 回生で構造実験のような授業もあるが、必修ではなく、工具や体を動かすことは少ないため、これらの道具を扱う経験もほとんどないまま 4 回生を迎える学生が多いのではないかと推測する。

類似の例として、バールの扱いや、高トルクを掛けたナットを普通の短いスパナなどで外そうとする（大きな力が必要なため外せない）、というものがみられる。

3. 型枠について

ＲＣ造試験体を製作するためには、まず型枠を製作しなければいけない。既成の鋼製型枠はあるが、寸法などをカスタマイズするには木材を加工して木製型枠【図 2】とするのが都合がよい。木製型枠は、厚 12mm のコンクリートパネル（コンパネ）という木板と 27mm×60mm の断面の桟木で製作する。小規模な試験体であれば問題ないが、大規模なものや背の高い試験体を製作する場合は、打設の際のコンクリート圧を考慮しないと型枠が破損し、試験体の製作に支障をきたす。そのために型枠を強固に作らなければならないが、ここで初学者が陥る落とし穴がある。

【図 2】

１つ目は型枠部材の製作不良である。単純な立方体型の試験体を製作する場合、必要な型枠は底面と側面４つの５面分の部材である。１つの部材は４辺の桟木でフレームを組み、そこにコンパネを留め付けたものが基本となる（大きくなる場合は適宜、桟木を追加して補剛する）。桟木の小口側にビスを打たないとフレームにならないが、それを忘れて変形に対して不十分な型枠を製作してしまう事例が少なからずある。【図 3】

【図 3】

２つ目は型枠同士の接合不良である。部材単体ではしっかりとしたものでも、それらを組み合わせた時に接合が悪いとコンクリート圧に耐えられず決壊してしまう。典型的な事例はビスの数量不足、長さ不足、下地のない位置へのビス施工（ビスが効いていない）などである。そのことを指摘するとすぐ理解してくれるが、見落としてしまうと打設時に大変なことになるので注意を要する。

最後は構造的な事柄とは少し異なるが、型枠製作においてありがちな問題と解消法を紹介する。

型枠製作においては、桟木を狙ったところにビスで留めつけなければならない。コンパネと桟木を固定できれば良いのだが、初学者にありがちなのは養生テープなどで仮止めしようとする方法である。テープなどでは固定力が弱いし、遊びが生じてうまく止めつけられない。そのような場面では筆者は、コンパネからビスを少し出して、それを桟木に少し食い込ませることで仮止めし、その後ビス留めする方法を勧めている。

【図 4】

4. まとめ

ＲＣ造の試験体制作などにおいて、初学者がミスをしがちな状況を紹介した。いわゆる座学では基本的な知識だが、実際に体を動かしての作業ではそれを忘れがちなことが多い。知識と実際を行き来しながら、それが相互に関わりがあることに気づいてもらえれば幸いである。

ＣＮＣフライスを用いた、ものづくり業務･研究支援への取組み（継続）

建設系技術分野グループ　前田　浩之（研究代表者）
化学系技術分野グループ　曽谷　知弘
工作系技術分野グループ　中辻　秀憲
建設系技術分野グループ　ロハニ タラ ニディ
情報系技術分野グループ　小西　肇
電気系技術分野グループ　赤松　孝則

1. はじめに

2020 年度に技術室では、材料加工や治具製作や基板加工を行うことができる(株)オリジナルマインド社製の CNC フライス（KitMill CL420）を購入した。

加工できる材料は、アクリル、ケミカルウッド、樹脂、アルミ、真鍮、木材等に限られるが、大学や高専などの研究室で部品作製に活用されている。

CNC（Computer Numerical Control）とは、コンピュータを使い工作機械の動作をデジタル制御する方法で、XYZ 軸に沿って材料を削り出していくフライス盤をコンピュータ制御できるものが CNC フライスである。

2. 目的

長期技術研究の目的は、CAD/CAM についての知識や CNC フライスによる加工経験の有無に関係なく、本取組みを通じてそれらの知識やスキルを身に着け、材料加工・治具製作や基板加工等のものづくり支援ができる技術職員を増やすことである。本機に基板加工機用のアタッチメントを取付け専用の CAM ソフトウェア「ORIMIN PCB」を用いて、ガーバーデータを NC プログラムに変換して、基板を製作することが可能である。

新たな業務の可能性や、技術室としての活用方法を探るためには、この CNC フライスがどの程度の性能を持っているのか検証することも必要である。これらを踏まえて、CNC フライスを用いた、ものづくりを検討する長期技術研究を立ち上げる。これを機に、さらに新たな共通支援グループ（ものづくり）の足掛かりとしたい。

2022 年度の目的は、アルミ等が加工できる必要な工具を選定し、実際に様々な材料で材料加工（サイコロ等）や治具製作、基板加工を行い、知識やスキルを身につける。2021 年度に購入した 3DCAM ソフトウェア「Cut3D」での加工手順をまとめたマニュアルを作成する。また、今後の技術室としての活用方法の検討を進めたいと考えている。

3. ＣＮＣフライスを使った部品加工の手順

CNC フライスを使った部品加工の手順は、以下の通りである。

１．CAD データの作成
２．CAM ソフトウェアを使用して、CAD データを元に NC プログラムを作成
３．加工テーブルへの材料の固定
４．CNC フライスによる切削加工

4. 2022 年度作業手順

１）必要工具や部品の選定・購入

アルミ材料の加工ができるエンドミル、ボールエンドミル等を選定（購入）した。
基板加工カッターや材料等消耗品も選定（購入）した。

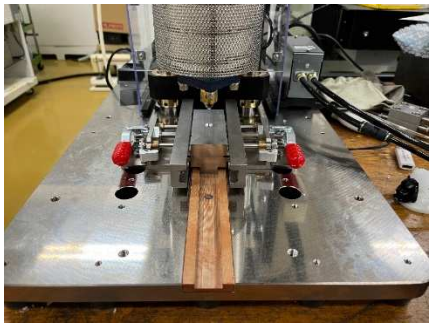
・OSG 超硬エンドミル WX（WX-G-EDSS2、WX-G-EDSS3）
・NS 高硬度用ボールエンドミル（MSBH230 R1(D4)）
・ロックライン ノズル フレアストレート（NZ19-FS1-1）
・ロックライン ノズル 丸ストレート（NZ19-RS2-1）
・ロックライン プライヤー（PL19-1）
・基板加工カッター（土佐昌典 0.8VC）
・PPS プレート（NPPS6FNN-100-100-5）
・材料等消耗品（アルミ、真鍮、刷毛、両面テープ、六角レンチ等）

OSG 超硬エンドミル WX（WX-G-EDSS2、WX-G-EDSS3）

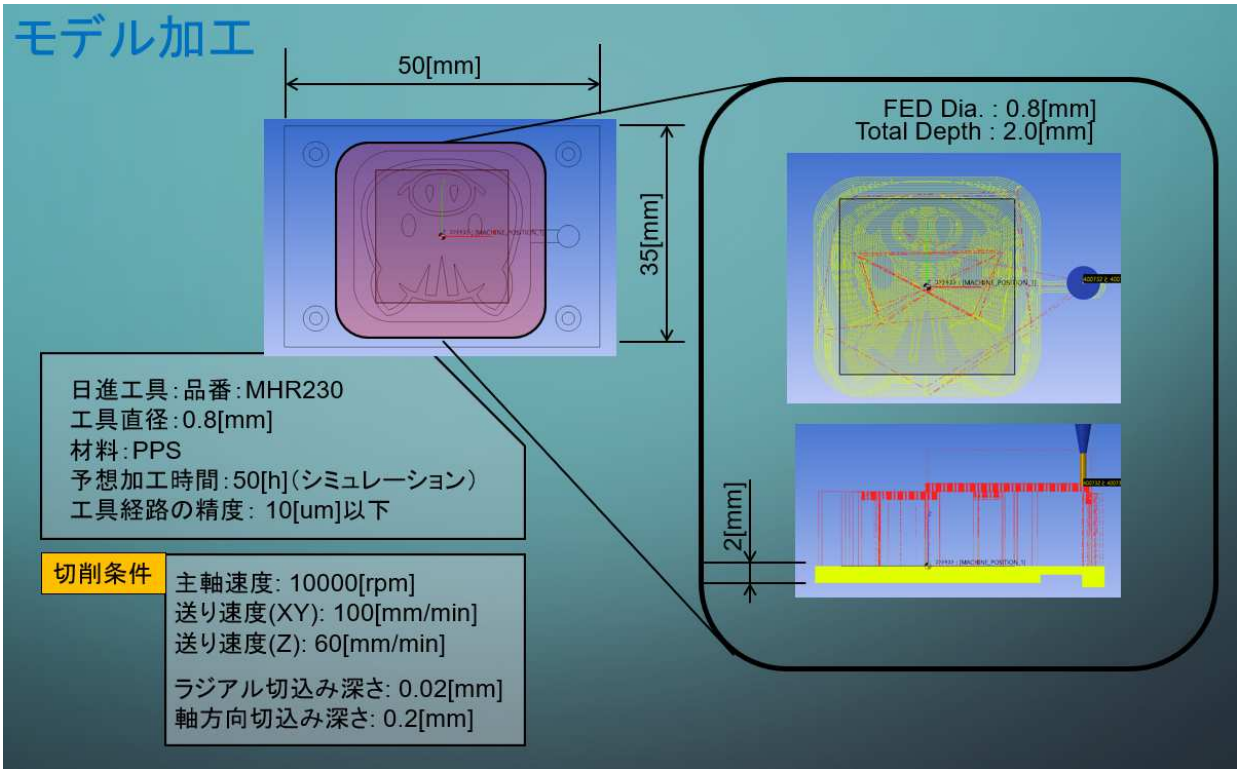
NS 高硬度用ボールエンドミル（MSBH230 R1(D4)）

２）実加工の検証（樹脂成型形金型の製作）

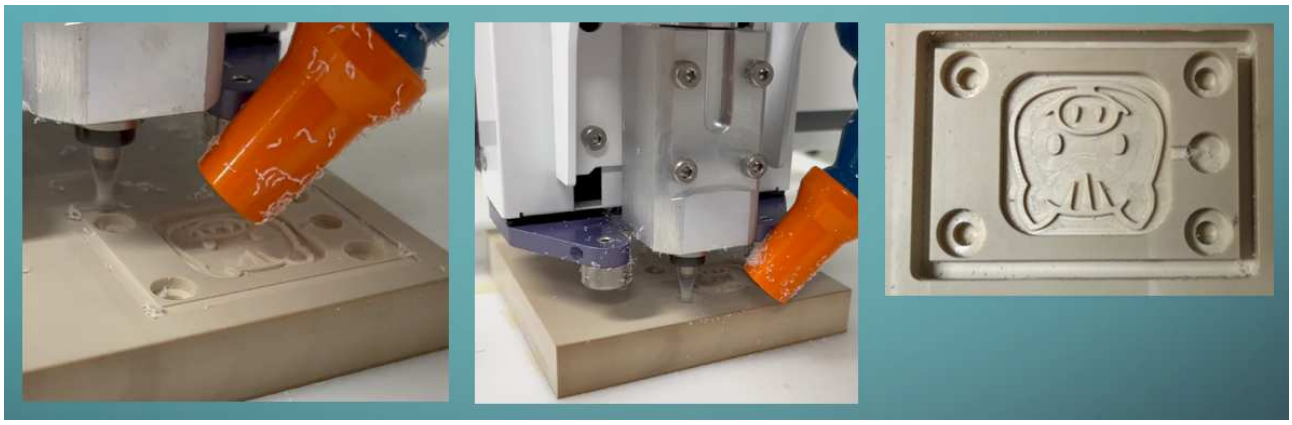
モデルの加工を作成し実加工を行い射出成形した例を紹介する。ここで射出成形とはプラスチック樹脂を加熱溶融し、金型に射出することで成型品を形作る成形法である。



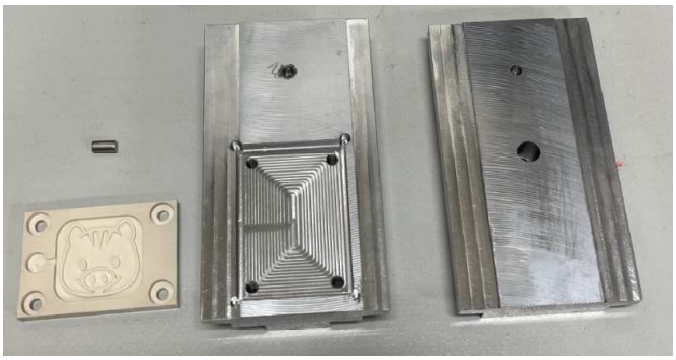
射出成型機（工作技術センター）



モデル加工（工具直径 0.8mm、材料 PPS）

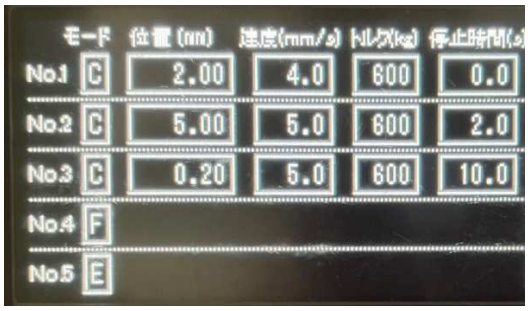


実加工（工具直径 3mm、切込み 0.5mm、送り速度 200mm/min）



金型

成形状態



	モード	位置(mm)	速度(mm/s)	トルク(kg)	停止時間(s)
No.1	C	2.00	4.0	600	0.0
No.2	C	5.00	5.0	600	2.0
No.3	C	0.20	5.0	600	10.0
No.4	F				
No.5	E				

加工条件　　成形不良　　成形正常

加工条件を変化させることで成型は正常となった。

３）実加工の検証（ダイスの製作）

ダイスの製作については以下の通り進める。

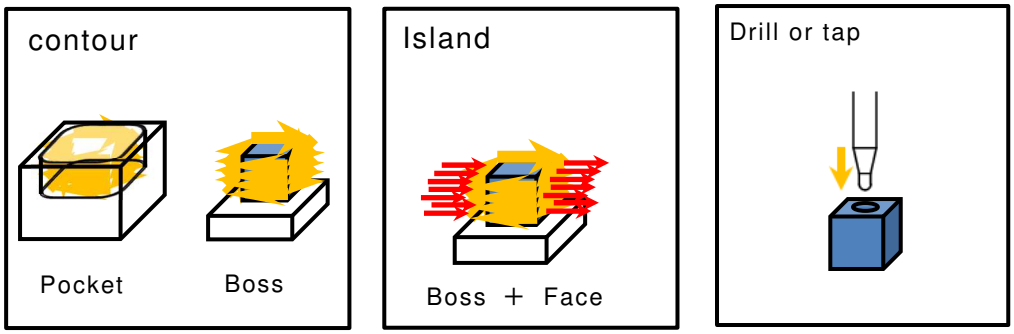
１．ソフトウェア選定

アンドロイドアプリ：2DCAM and DXF Maker を使用する。

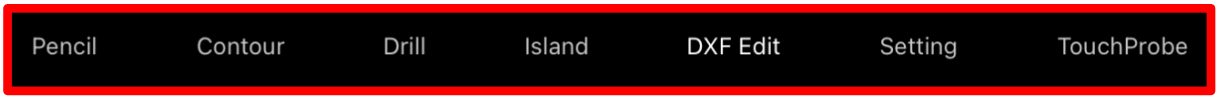
Bestows 社：http://www.bestows.biz/AndroidSeriese.html

特長

- 2D の図形を作成（簡易 CAD）
- CAM 機能を搭載（ドリル加工，ポケット加工，ペンシル加工等）



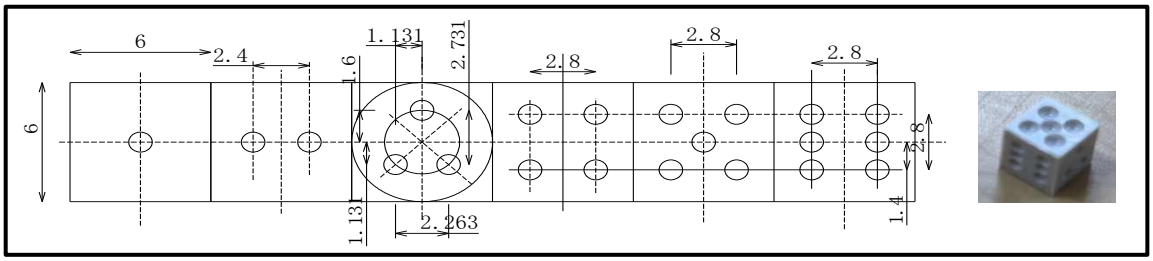
ペンシル加工、ポケット加工、ドリル加工…etc



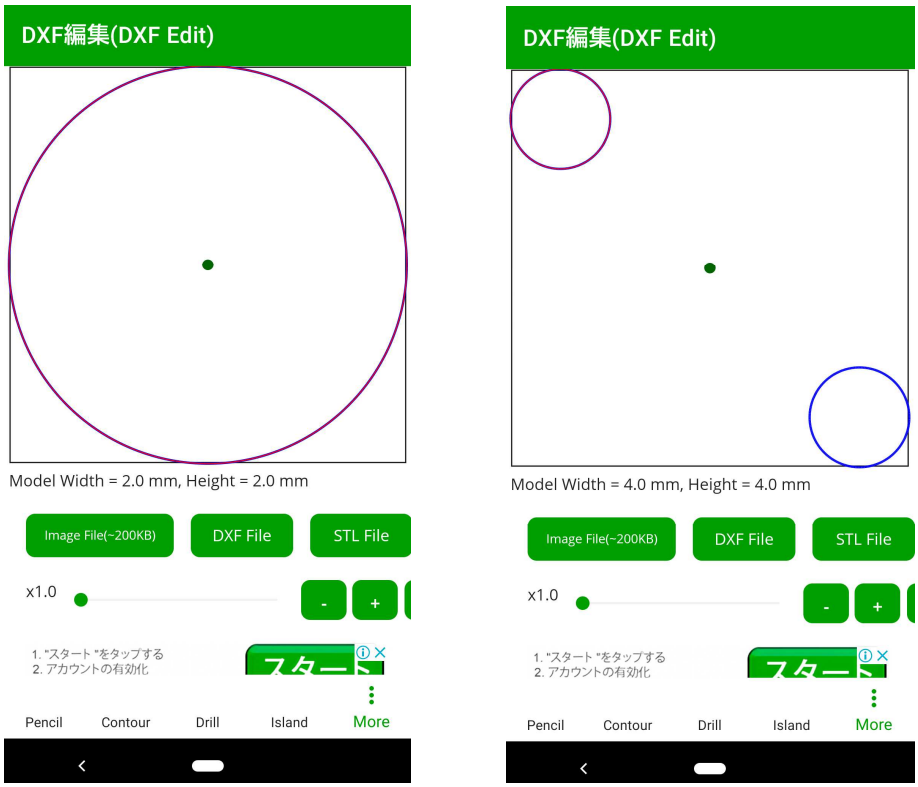
２．手順

デザインしたダイスの６面を「DXF Edit」で 6 面ごとに原点からの XY パラメータを設定する。

ダイス（6x6x6mm）

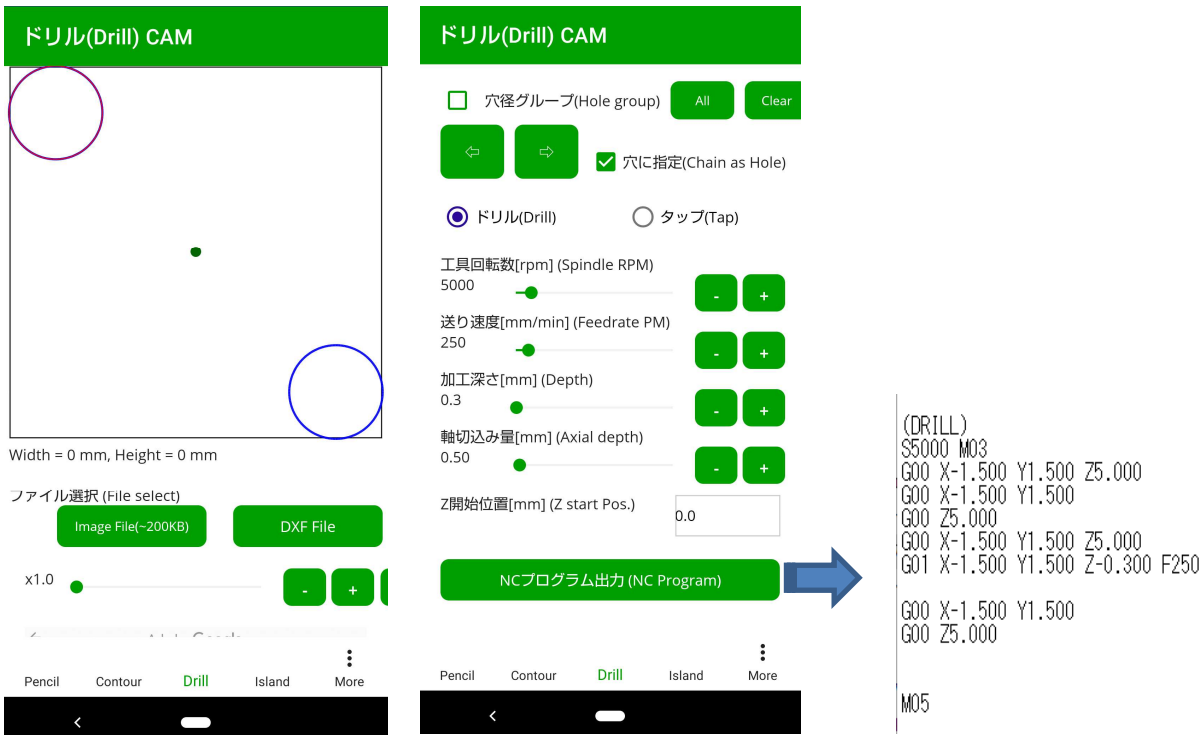


DXF 編集を行い、パラメータの選定をして DXF 出力（ファイル保存）。



「**DXF Edit**」で **6** 面分作成を作成（スマートホン画面）

CAM データを作成（ドリル、島残し）して、NC プログラムを出力する。




```
(DRILL)
S5000 M03
G00 X-1.500 Y1.500 Z5.000
G00 X-1.500 Y1.500
G00 Z5.000
G00 X-1.500 Y1.500 Z5.000
G01 X-1.500 Y1.500 Z-0.300 F250

G00 X-1.500 Y1.500
G00 Z5.000


M05
```

NC プログラムを出力

３．実加工

「切削工具」

OSG 超硬エンドミル（WX-G-EDSS3）

工具直径：3mm

NS 高硬度用ﾎﾞｰﾙｴﾝﾄﾞﾐﾙ（MSBH230 R1(D4)）

工具直径：2mm

Island の設定

・切込み：0.5 [mm]

・送り速度: 100[mm/min]

・加工深さ：6[mm]

・半径切込み：2[mm]

Drill の設定

・加工深さ：0.5 [mm]

・送り速度: 100[mm/min]

Island 動作中

Drill 動作中

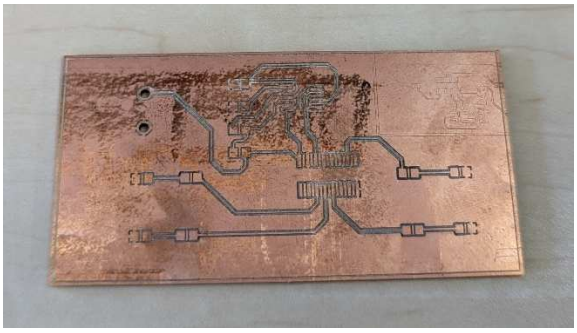
ダイス完成（**6x6x6mm**）

４）実加工の検証（LED 回路の試作）

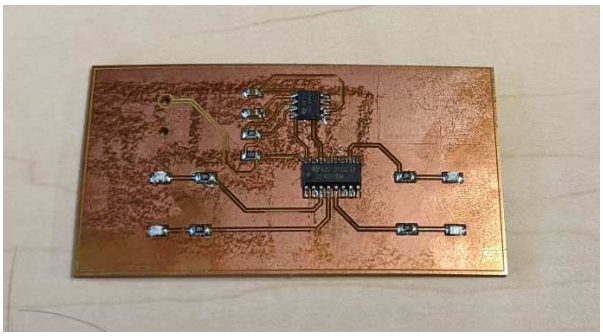
１．タイマ IC(NE555)と 10 進数カウンタ IC(CD4017)を使って、
約 1 秒おきに LED が点灯する回路を作成

２．EAGLE を使用して回路図と基板を設計

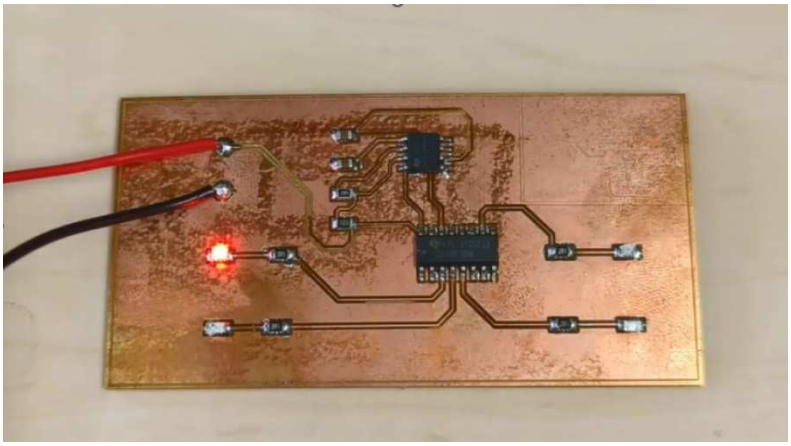
３．EAGLE で設計した基板を KitMill CL420 で作成
リフロー装置を使って IC 等をはんだ付け



Kitmill で作成した基板



リフロー実装後の基板

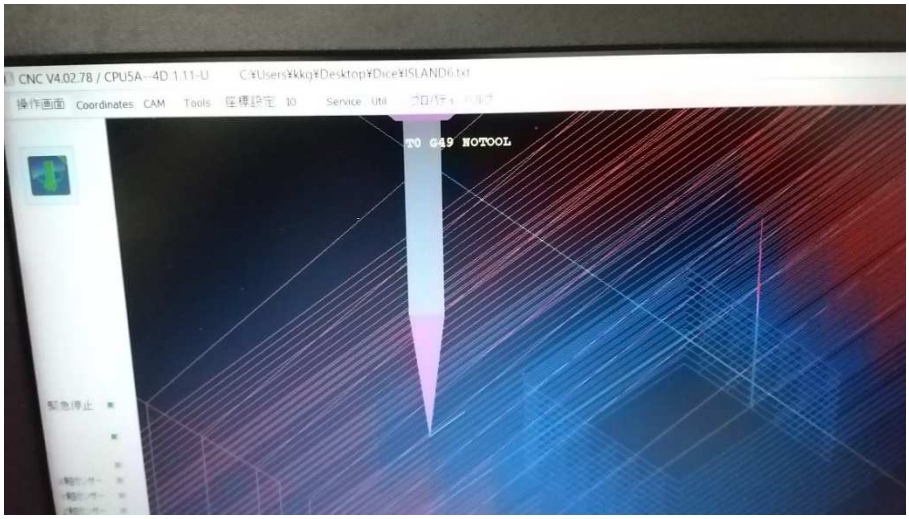


LED 回路の試作（約 1 秒おきに LED が点灯）

5. CNC フライスのワークショップ

長期技術研究グループのメンバー内でのワークショップ「実加工の検証（ダイスの製作）」を 3 日間行った。ソフトウェアの紹介・ダウンロードから始まり、ソフトウェアの説明・使用方法、実際に CNC フライスの操作手順・動作確認、工具の取り付け方等、CNC フライスを使い、実加工を行いダイスの製作をした。

ドリル付替え作業状態



操作中の PC 画面

6. おわりに

必要工具や部品の選定し購入した。長期技術研究メンバーで CNC フライスのワークショップを行い、ダイスを製作して知識やスキルを身につけることができた。なお、加工品の精度が良いことがわかった。使用した 2DCAM and DXF Maker の加工手順をまとめた。樹脂成型形金型や基板加工を製作して加工の精度が良いことがわかった。

今後の課題は、購入した 3D ソフトウェアでの使用マニュアルの作成し、実加工を行うことである。

令和４年度　技術研究計画報告

破損・廃棄工具を利用した狭隘切削用バイトの試作

工作系技術分野グループ　大槻　正人

1. はじめに・概要

モノづくりの現場では、破損した弓鋸の刃やカッター刃の更新の為に折り取った刃先が意外と産出される。（図 1-1、1-2 参照）

図 1-1 破損した弓鋸の刃

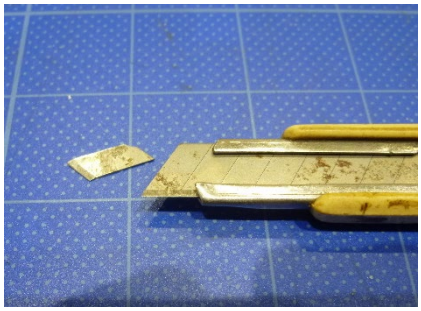


図 1-2 折り取ったカッター刃

そこで、これら破損・廃棄した工具を利用した微細切削用のバイトが製作できないか試作を行う。

通常、鋸刃の材質はＳＫ６５（炭素工具鋼）相当であり、カッター刃の材質はＳＫＳ２（合金工具鋼）相当であり何れも工具鋼鋼材で、快削材料および樹脂材料を切削するには問題ないと思われるので、試作品としては、鋸刃とカッター刃の形状が異なる為、２種類の旋盤用バイトを製作し、試作品の検証として、対象材料として真鍮、アルミ、テフロン（ふっ素樹脂）、アクリルを用いた結果を報告する。

2. 製作内容

破損弓鋸の刃を用いたバイト製作については、通常ノコギリには「歯振（アサリ）」という、刃が左右交互に外側に出ている形状を有しており、この形状では、バイトのシャンクに装着できないため、鋸刃のアサリ部をグラインダーにて除去。（図 2-1、2-2 参照）

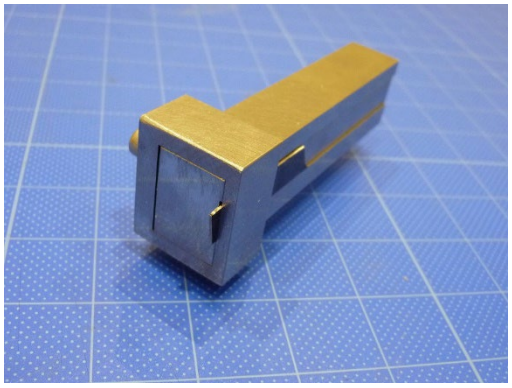


図 2-1 破損弓鋸の刃を用いたバイト

図 2-2 拡大倍率約 40 倍の刃先

折り取ったカッター刃を用いたバイト（図 2-3、2-4 参照）

図 2-1 折り取ったカッター刃を用いたバイト

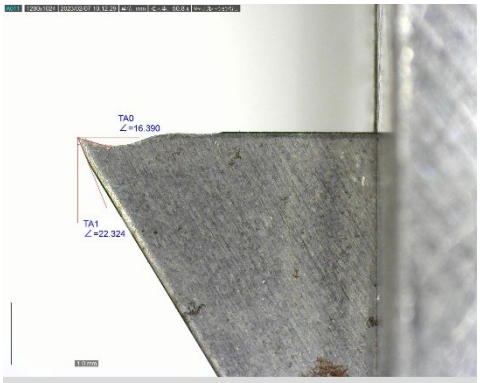


図 2-2 拡大倍率約 50 倍の刃先

3. 試作品検証

破損弓鋸の刃を用いたバイトの検証（図 3-1、3-2、3-3、3-4 参照）

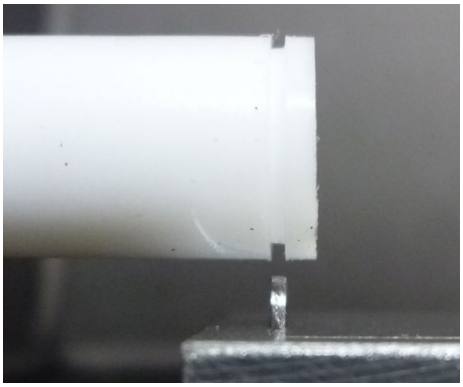


図 3-1 テフロン

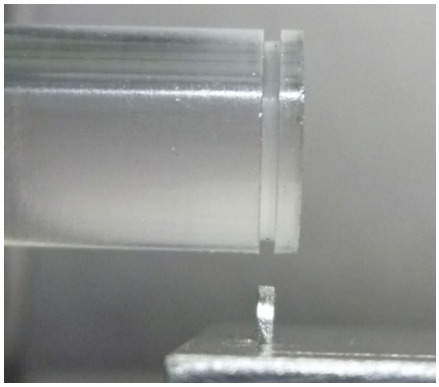


図 3-2 アクリル

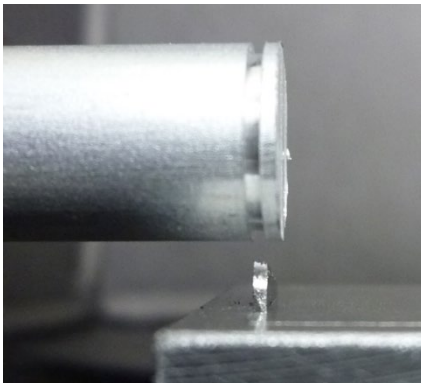


図 3-3 アルミ

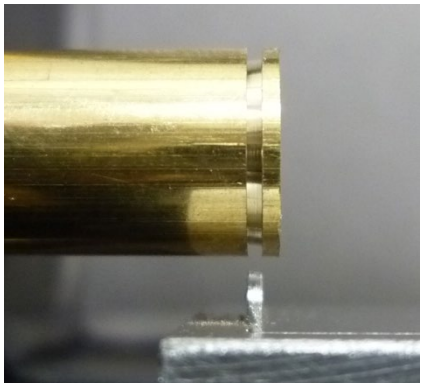


図 3-4 真鍮

破損弓鋸の刃を用いた試作バイトの検証では、被削材の材質による違いに対して、切削状況は概ね市販のバイトの切削と大差なく削れているようであり、上図に示す切削幅は、0.7mm 程度であった。

折り取ったカッター刃を用いたバイトの検証（図 3-5、3-6、3-7、3-8 参照）

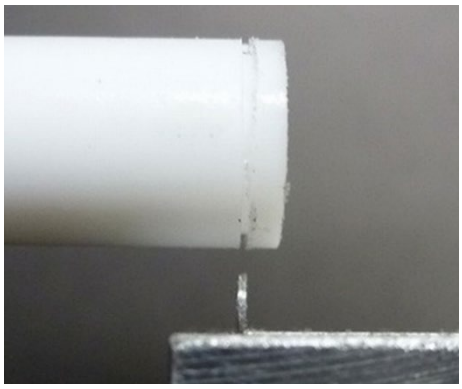


図 3-5 テフロン

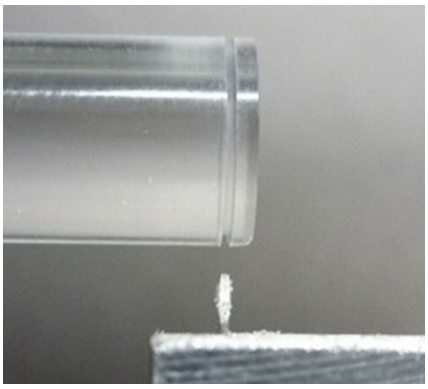


図 3-6 アクリル

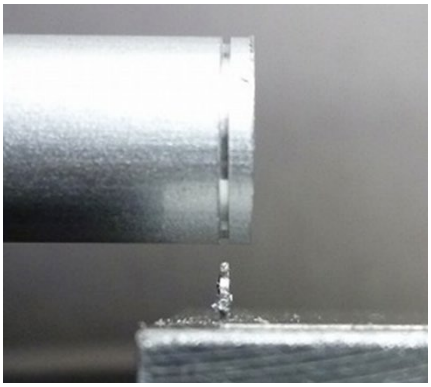


図 3-7 アルミ

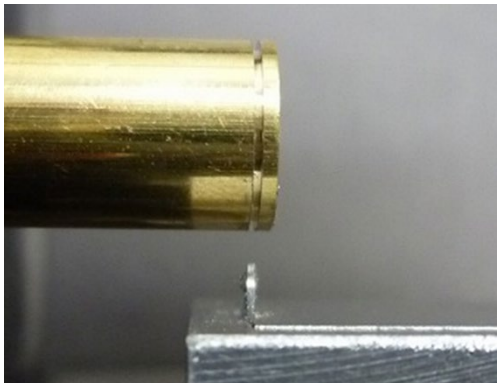
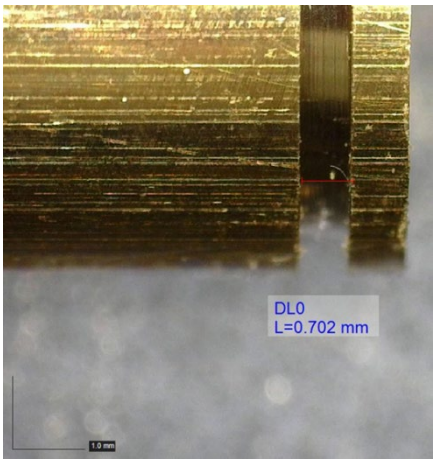


図 3-8 真鍮

折り取ったカッター刃を用いた試作バイトの検証では、前と同様に被削材の材質による違いに対して、切削状況は概ね市販のバイトの切削と大差なく削れているようであり、上図に示す切削幅は、0.4mm 程度であった。

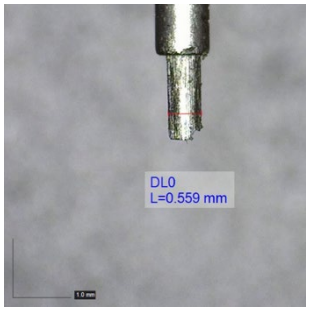
4. まとめ

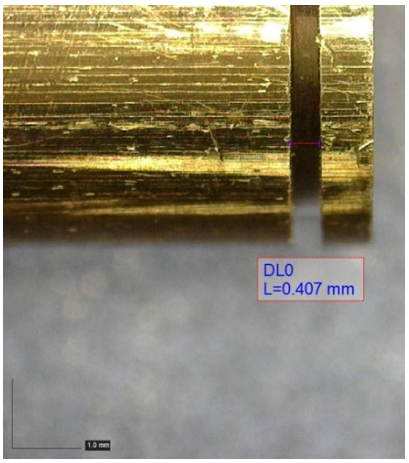


鋸刃の試作バイトで切削溝幅約 0.7mm

（参考）

シャーペン 0.5mm





カッター刃の試作バイトで切削溝幅約 0.4mm

これまでの検証結果を見ると、快削材の切削に関しては問題なく加工することができるようである、今後の課題としては、鉄やステンレスに用いることができるか、また刃の突き出し量の限界はどの位か、違う角度からは刃先形状の違いにより、小ピッチネジの製作や小さな溝形状のプーリー等が製作できるかなど、課題は残しているものの、破損・廃棄した工具を利用した微細切削用のバイトが製作できないかという当初の課題に関しては良い結果を得ることができたと推察し、製作報告を終わる。

才能、やりがいと職場への貢献

化学系技術分野グループ　熊谷　宜久

Chat某をはじめとするAI技術が知的産業の領域にまで足を踏み入れてきた1年であった。我々大学に所属する立場の者にも影響を及ぼしはじめている。この状況を一例として踏まえ、ここでは時代の変化に対応し、如何にやりがいを持って自身の能力の向上を図るかという切り口で、職場に対する貢献へとつなげて述べる。

才能を開花させる糸口は「やってみたい」「好き」「得意」「できそう」であるという[1)]。いわゆる「ゾーンに入った」といわれる状態になれる何かを見つけられれば近道になるだろう。一方でその環境が与えられなければ当然才能を試す事も磨く機会もない。速く遠くまで走ることができる人の才能は、歴史と共に馬、次いで自動車に取って代わられてきた。かつて駅の改札には切符切り係がいて、鮮やかな手さばきに私も感心していたが、今や不要なものとなり、姿を消している。このように社会構造の発展と変化に伴い、多くの人の活躍の場が消えて行っている。自分の持つ才能、得意分野が必要とされなくなれば、やりがい、楽しさを感じなくなる。多くの現代人が抱えている閉塞感の正体であろう。技術職員を取り巻く現状も例外ではない。積み上げてきた技術、知識が状況の変化によって役に立たなくなる事が多い。皮肉なことに、大学をはじめとする研究機関が成果を出すほど世の中が発展し、この傾向を後押ししている。だが、悲観することもない。

例えばスポーツは才能開花の代替手段としての役割も担っていると私は見ている。野球の大谷選手よりも機械の方が強靭だが、彼の走攻守の能力に魅了される。単なる文明の利器との比較とは一線を画した世界であり、それが見てもやっても練習しても楽しい理由の1つである。さらにはそこから新たな医学的心理学的知見など、異なった観点から新たな発展の糸口を見出すことも多い。

才能、能力を活かしてやりがいのある貢献を行うためのヒントがそこにはある。これから先も状況の変化、新技術の発展と共に我々の存在意義が問われ続けるだろう。需要の変化を把握する一方で、既存の枯れた技術でも才能開花の代替手段でも、興味が持てるものを用意して個々人の得意分野を育てる。興味が才能を伸ばし、得た知見を起点に新たな貢献ができるようになれれば、やりがいのある職場への貢献ができると考えている。

本題とは外れ、最後に未来の事について。AI技術が単なる知識の寄せ集めではなく、ここで書いたような趣旨の文章を考え出すことができるようになれば（さらに相当な技術の飛躍が必要になるだろうが)、本当の意味での変化が現れる。一個人として楽しみである。

参考文献

1)　安堂寿康：SBクリエイティブ出版「生まれが9割の世界をどう生きるか」(2022)

神戸大学 大学院工学研究科 技術室　　技術室報告 第３０号

発 行 日　令和　5（2023）年10月23日

編集発行　神戸大学 大学院工学研究科 技術室
〒657-8501　神戸市灘区六甲台町１－１
TEL　078-803-6374（技術室運用室）
Eメール　eng-kkg-office@edu.kobe-u.ac.jp