ISSN 1346-3543

熊本県立技術短期大学校
紀　要

第 26 号

Kumamoto
Prefectural College
of Technology

2025 年 3 月

熊本県立技術短期大学校

熊本県立技術短期大学校紀要

第 26 号（2025 年 3 月）

目 次

巻　頭　言

校長　　尾原　祐三

令和2（2020）年1月15日，新型コロナウイルス感染症（COVITD-19）の国内最初の感染者が確認されました．その後急速な感染拡大を受けて，従来の社会活動が制限される中，急速に社会のデジタル化が進みました．そして，様々な産業分野においてインターネットを利用した対面を前提としない働き方やサービスの在り方に大きな変化をもたらしました．教育分野においてもインターネットを用いたオンライン授業などが行われるようになりました．技大におきましても，IT 機器の整備や授業コンテンツの開発などを積極的に進め，大変な時期を乗り越えることができました．

令和 3（2021）年，台湾の世界的半導体メーカ TSMC が熊本に工場を建設するというビックニュースが飛び込み，熊本県において大きな変化が起こり始めました．これに刺激を受けて技大においても，令和 6（2024）年に 22 年ぶりの新学科である「半導体技術科」を開設することとなり，昨年 4 月には半導体技術科の第一期生を迎えることができました．

新学科の目標は，『半導体製造と半導体製造装置に関する技能・技術を有する電子および機械の実践技術者の育成』です．このために，半導体工学のみならず，電子工学，機械工学分野の科目を取り込んで裾野の広い半導体工学全般を俯瞰できるような教育カリキュラムを整備しました．

令和4（2022）年，厚生労働省所管の本学から文部科学省所管の熊本大学への編入学ができるよう構造改革特別区域法に基づき申請し，令和5（2023）年はじめに編入学が認定されました．その年の編入試験に1名の学生が合格し，令和6（2024）年には熊本大学工学部へ編入学しました．本制度の創設までご尽力くださいました関係者の皆様方，特に歴代の校長にこの場をお借りして感謝申し上げます．

2024 年の 18 歳人口 109 万人でしたが，2040 年には 80 万人を切り，受験生が減少することになります．そこで，2040 年を見据えて令和4（2022）年に技大将来構想を策定しました．これを達成するため 5 年ごとの 4 期に分けて最初の第 1 期中期目標・中期計画を公表しました．スローガンは『「地学一体」で魅力ある大学へ』です．「地」は地元の地，「学」は大学である技大を示しており，地元企業と技大が一体となって学生を育てるというものです．内容につきましては技大のホームページをご覧ください．

将来の 18 歳人口の減少が見込まれることにより，現在多くの短期大学が閉学を余儀なくされています．技大にとっても大変厳しい状況ですが，この 5 年間の変化に対応できたことを糧にさらに大きく飛躍し，2040 年にも輝き続け，教育・研究を通して地域社会に貢献し，熊本の産業発展に

寄与する大学となれるよう取り組んで参ります.

本紀要では，教員の研究紹介や指導教員による主な卒業研究の紹介に加えて，本学教員および学生の 1 年間の活動状況も掲載しました. 是非ともご一読いただき，本学のさらなる発展のために，関係各位より忌憚のないご意見やご提言をいただけると幸甚です.

令和 7 年 3 月

「技大自己点検・評価結果」はホームページに公表しています.

www.kumamoto-pct.ac.jp/kiji0031214/3_1214_3616_up_blj3zqj1.pdf

１．報告

報　告

マイコンカーの製作と競技会への挑戦

藤﨑　毅※1

Production of a Micom Car and its participation in a Micom Car Rally competition

Takeshi FUJISAKI

マイコンカーとは独自に設計・製作したフレームにマイコンボードを搭載し，プログラムに基づき車をコントロールする完全自走式のライントレースロボットである．毎年行われるマイコンカーの大会（マイコンカーラリー）では中高生から一般まで数多く参加する．本研究では，マイコンカーを一から設計・製作を行ったので，その詳細を述べる．また，完成したマイコンカーを用いて大会へ出場した．結果，上位入賞を達成することができた．

1．はじめに

企業の方々と話をすると「機電一体」という言葉をよく耳にする．これは，回路基板を使った制御が重要であることを意味していると考えられるが，機械系学生の学びの中で，この制御に関する内容が苦手な者が多く見受けられる．そこで，「機電一体」で活躍できる人材育成の一環として，今年度技大としては初となるマイコンカーを題材とした卒業研究テーマを設定した．この学びを通じ，学生達の苦手分野の克服を目的とし，学生とともにマイコンカーの設計・製作を行い，完成したマシンを用いて，東海大学 CHALLENGE CUP マイコンカーラリー熊本県大会 2024 に参加し上位入賞を果たした．本研究では，マイコンカーの設計及び製作過程を説明するとともに，大会の様子について述べる．

2.マイコンカーの車体構成

図 1 にマイコンカー[1)]の車体構成を示す．マイコンカーとは，マイコンボードを搭載した車であり，コース中央の白線をセンサで認識しながら自動走行し，周回を繰り返すマシンである．車体の先端部に取り付けられているコースセンサ（①）は，白線（コース中央）の位置情報をマイコンに送る．次に，ステアリングサーボ（②）は，ハンドルの角度情報をマイコンに送る．（③）は，CPU が搭載されたマイコンであり重要な役割であり，人間でいうところの「脳」の部分にあたる．（④）は，モータドライブ基板でマイコンからの信号を増幅し，走行用ステアリングサーボへ電流を流す．以上のセンサやモータを制御しマイコンカーの走行を行う．

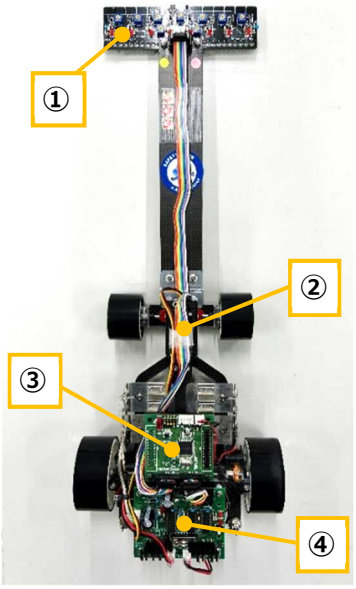


図 1　マイコンカーの車体構成

3．マイコンカーラリー

3．1部門

マイコンカーラリーとは，マイコンカーがコースを自動走行し，そのタイムを競う競技である．競技には 3 部門あり，それぞれ(i)Advanced Class，(ii)Basic Class，(iii)Camera Class に分かれている．共通規格として 3 部門共に，車幅 300mm，車高 150mm 以内であり，車重や長さに制限はない．また，駆動モータは必ず，指定モータ(RC260RA18130)を使用し，ルネサスエレクトロニクス製の R8C/38A マイコンが搭載された RY_R8C38 ボードを使用しなければならない．以下，各クラスの説明を簡単に記す．

*1　精密機械技術科

(i)Advanced Class：マシンの製作に制限がなく，カスタマイズ性が高いので，参加台数も多い．製作者の知識と技能が試され，maxon 製の高精度モータをステアリングサーボとして使用し，また，単三 2 次電池 8 本を直列に接続するなど，3 部門の中で一番スピードが速い部門である．例を図 2 に示す．

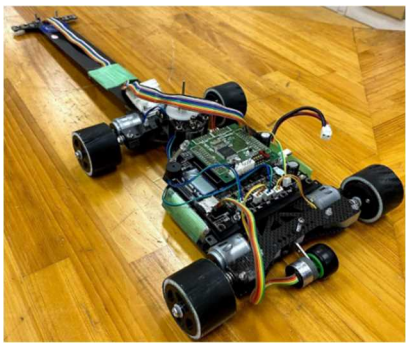


図 2　Advanced Class

(ii)Basic Class：基板，サーボ，電池の本数等の仕様などが規定で定められており，限定された条件の下でタイムを競う部門である．マイコンカーがはじめての者でも無理なく製作できため，入門的で取り組みやすい部門である．例を図 3 に示す．使用する電池は，単三 2 次電池であり，駆動用 4 本、制御用 4 本と規定されている．

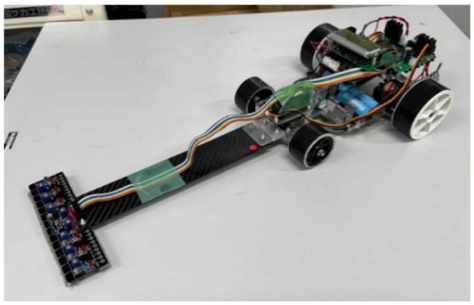


図 3　Basic Class

(iii)Camera Class：コースセンサの代わりに，カメラでコースの状態を読み取って自動走行するマシンを用いた部門である．車体は Basic Class に準ずる規定であるため，近年では Basic Class を凌ぐタイムを記録している．例を図 4 に示す．カメラは図中の→に装着されている．

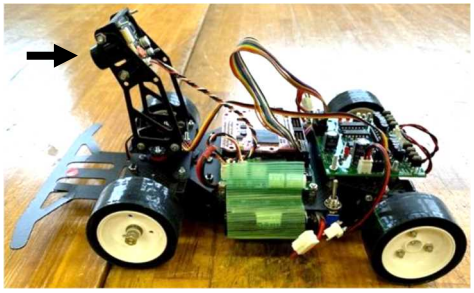


図 4　Camera Class

3．2．コース

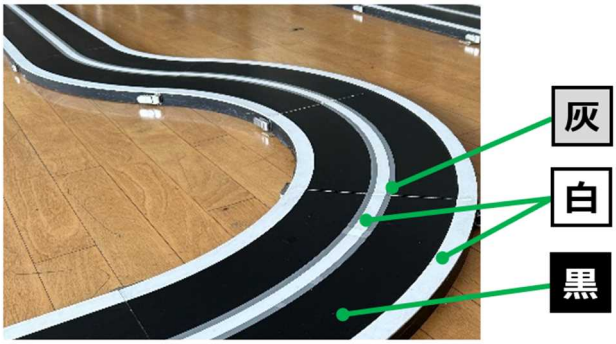
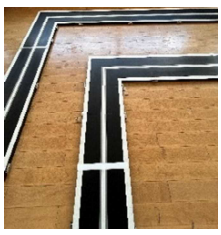


図 5　競技コース

コース[2)]は図 5 に示すように，幅 300mm，高さ 30mm で，基本色は黒色である．コース中央には幅 20mm の白色のセンターラインがあり，その両脇には幅 10mm の灰色ラインがある．コースの両端には 30mm の白線が施され，この白，灰，黒をマイコンカーのセンサが読取りながら走行する．コースは，直線コースの他に図 6 に示すようにクランク(a)，最小内径 450mm の S 字カーブ(b)，傾斜角度 10 度以内の立体交差(c)という要素で構成されている．クランクの手前 500mm～1000mm には白線がコースを横切るように引かれ，その先にクランクがあることをマイコンカーに知らせる．マイコンカーは横の白線を検知すると，減速してクランクモードに切り替わりセンターラインの曲がる方向を判断して直角にカーブする．また，2006 年度の大会よりレーンチェンジ(d)が導入され，プログラム技術が問われる内容が追加されている．コースレイアウトは毎年変わり，直前まで非公開であり，地区大会では全長約 50m，全国大会では約 70m である．



(a)　クランク

(b) S 字カーブ

(c)立体交差

(d)　レーンチェンジ

図 6　直線以外のコース要素

3．3．ルール

基本ルール[3)]としてジャパンマイコンカーラリーでは，1 回の競技で 2 台のマイコンカーが同時に走行する．競技は，コースを完走したマイコンカーのタイムを競う．図 7 に示すようなコースの内側（IN）と外側（OUT）のスタート位置から，スタートゲートが開くと同時にスタートし，ゴール時に通過した瞬間に計測が止まる．一周コース上で，半周ずれた形で走ることになるため，1 台の車がもう 1 台を追う形で走る．後ろの車が前の車に追いついてしまった場合は，追いつかれた方が車を持ち上げコースを譲り，譲ったマイコンカーはその後再走行することができる．また，コースから落ちたり，止まったりした場合は，リタイヤ（記録無し）となる．

図 7　スタートゲート

3．4．マイコンカーラリーの車検

車検は，マイコンカーが規則に則って製作されているかをチェックするために行われる．車検内容を以下に記す．

○RY_R8C38 ボードが使われていること．
○使用電源が単三 2 次電池（1.2V）であること．
○マシンが幅 300mm，高さ 150mm 以内であること．
○上り下りコースパーツ（10 度以内の傾斜がついた坂道コースの一部）を使用し，マシンを手動で通過させたとき，センサ類以外がコースに接触しないこと．
○故意にコースを傷つけたり，汚したりする要素がないこと．
○電気二重層コンデンサを使用していないこと．
○粘着性物質を使用又は塗布したタイヤを使用していないこと．
○駆動部に指定のモータを使用していること．
○吸引機構を搭載したマシンではないこと．

4.マイコンカーの製作

4．1．製作概要

マイコンカーの製作過程を図 8 に示す．大まかな流れは，CAD によるフレームの設計及び加工，コースセンサ，モータドライブ基板，電池 BOX 等のはんだ付け，ギヤボックス等の組み立て，プログラミングの作成・インストール，試走となる．

図 8　マイコンカーの製作過程

4．2.マイコンカーのフレーム設計

AUTOCAD を用いてフレームの設計を図 9 に示すように実施した．フレーム材には厚み 2．0mm カーボン板を用い，高剛性と軽量を兼ね備えたフレーム形状になるよう設計を行った．また，車体のホイールベースやトレッドを考慮し，車体の挙動などの意味を学生達に理解させながら設計を行わせた．

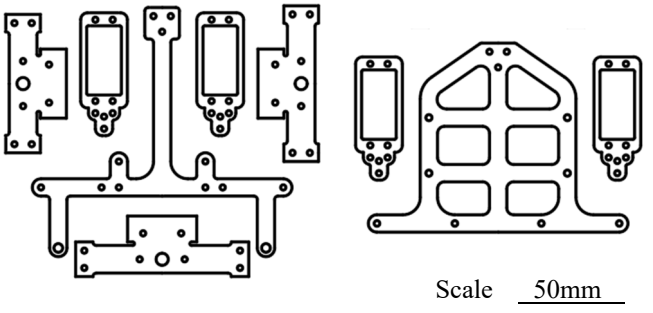


図 9　フレームの設計

4．3.フレーム加工

ORIGINALMIND 社製の，卓上 CNC フライス KitMill CL200 によりフレーム加工を行った．図 10 に示す加工機に接続したパソコンに CAD データをインストールし，パソコン上で様々な切削条件等を入力することで加工を行った．また，足りない部品や加工が困難なパーツは，3D プリンタにより製作を行った．

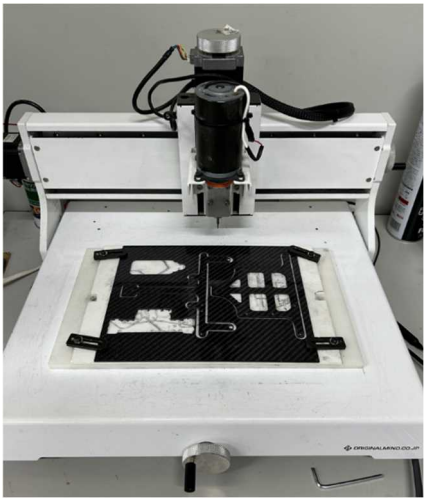


図 10　フレーム加工

4．4.基板製作

市販の基板製作では図 11 に示すコースセンサ，図 12 に示すモータドライブ基板を，それぞれの製作マニュアルにしたがってはんだ付けを行った．抵抗や IC 等の各パーツが繊細であるため，学生達は細心の注意を払いながら作業を行った．

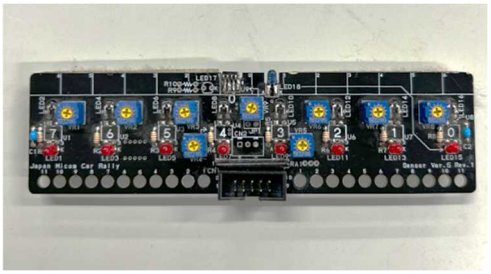


図 11　コースセンサ

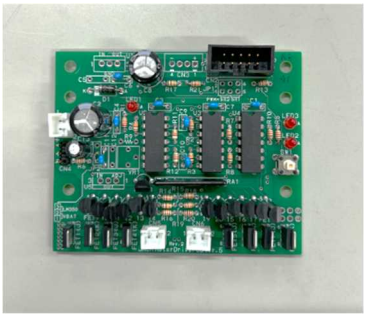


図 12　モータドライブ基板

4．5.組み立て

組み立ては，マイコンカーの走行を大きく左右するため，各パーツを正確にかつ精密に組み付けるよう学生に促しながら作業を行わせた．また，ねじの締め付けも歯車がスムーズに回転する程度にトルク管理し作業させた．使用するねじは，車体の軽量化を考え，全てアルミ製を使用した．それぞれ製作・加工した部品等を組み立て，以上の工程を経て図 13 に示すように車体を完成させた．

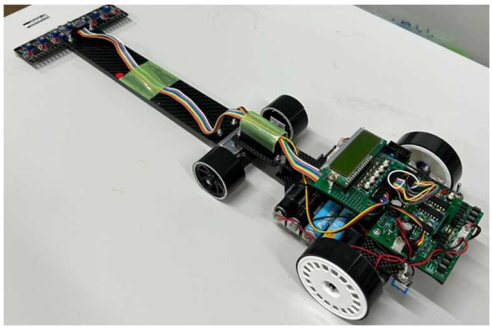


図 13　マイコンカーの完成

4．6.マイコンカーのプログラミング及び走行練習

完成したマイコンカーのマイコンボードにルネサス統合開発環境 HEW（High-performance Embedded Workshop）により C 言語プログラムをインストールし，試走と調整を繰り返した．様々なコース仕様を考慮しながら図 14 に示すようなコースを作製し，図 15 に示す液晶基板により，各種パラメータの設定を行い，コースの形状や状況に応じた設定を試み，最適なパラメータを決定した．

図 14　試走の様子

図 15　液晶基板による各種パラメータ設定

5.モータの選別

本研究は車体の製作に加え，より速いマイコンカーを完成させるべく試行錯誤を行った．その一つとしてモータの選別及び水慣らし[4, 5)]を行った．

まず，購入した計 20 個の指定モータに番号を割り当てて回転数を測定する．この際，携帯アプリ（GiRi）を用いて測定を行った．全てのモータの正転，逆転方向を測定し，回転数の高いモータを選別した．

次に，回転数が高かった上位 6 個を選び，水慣らしを行った．水は精製水を使用した．3V の電圧を正転方向に印加し，水中で 10 分間回転させる．その後 3 分休ませ更に 10 分間水中で回転させる．これを 4 回繰り返す．4 回繰り返した後水気をとる．乾燥後，接点復活剤と注油をする．

図 16 に示すとおり，水慣らしを行うことにより，全てのモータの回転数が高くなるという結果を得た．また，より早く，より滑らかにブラシが削れるとともに，モータの発熱も抑えられ，性能劣化を防ぐ効果が期待できる．

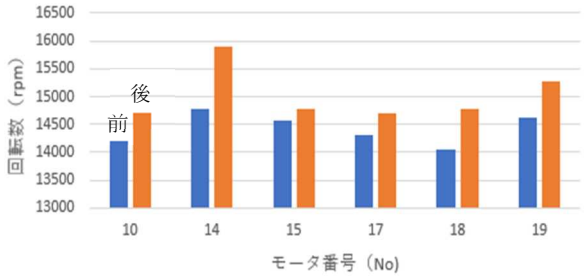


図 16　モータの選別

6.大会への出場

令和 6 年 2 月 24 日（土）に東海大学 CHALLENGE CUP マイコンカーラリー熊本県大会 2024 に出場した．本大会は公式大会とは少々ルールが異なり，走行回数に制限はなく，時間内であれば何回でも走行させることができる．本大会の Basic Class のエントリー台数は 11 台で完走台数が 6 台というコース長 50．60m の難コースであった．大会時のコースレイアウトを図 17 に示す．本学の学生が製作した 3 台のマシンを Basic Class にエントリーして，全車が完走した．結果は 2 位（22 秒 75），3 位（23 秒 31），5 位（24 秒 72）であり，初出場ながら入賞することができた．しかし，優勝タイムは 20.05 秒であり，その差が 3 秒弱であった．次年度は，軽量かつ剛性を高めたフレームの設計や，電池の内部抵抗を測定し選別を行い、より緻密な研究を行い，優勝できるマシンを製作していきたい．

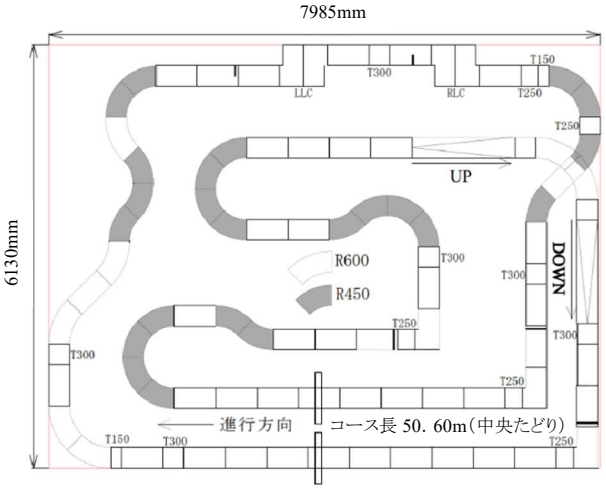


図 17　大会のコースレイアウト

7.おわりに

卒業研究において学生と共に，マイコンカーの設計・製作，モータ選別による高速化，大会への出場を目標に取り組んだ．学生達へのマイコンカーの概要説明や，基板製作，フレーム製作において上手くいかないことが多々あった．また完成後も，コースを完走せず学生たちのモチベーション維持に葛藤することもあった．マイコンカーは技大として初となる試みであり，当初の目的である大会に出場し，上位入賞を果たすことができた．今後も，よりよいマシンを製作してマイコンカーラリーに挑戦し続けたい．

参考文献

1）　ジャパンマイコンカーラリー実行委員会，マイコンカーラリーとは，マイコンカーについて，https://j-mcr.net/whatmcr/about/main01.html，（参照 2024 年 2 月 8 日）
2）　ジャパンマイコンカーラリー実行委員会，マイコンカーラリーとは,競技コースについて，https://j-mcr.net/whatmcr/games/main01.html，（参照 2024 年 2 月 8 日）
3）　ジャパンマイコンカーラリー実行委員会，マイコンカーラリーとは,ルールについて，https://j-mcr.net/whatmcr/rules/main01.html，（参照 2024 年 2 月 8 日）
4）　MS フレキマシン，モータ水中慣らし，https://miniyonkums.com/motor-breakin/，（参照 2024 年 2 月 15 日）
5）　ミニ四駆のモータ慣らしに関する考察，https://note.com/shoya_pavs/n/n2bd3e2161449，（参照 2024 年 2 月 15 日）

報　告

自動車用プラグインコネクタの外観検査装置の開発

中野貴之[*1]

Development of visual inspection system for automotive plug-in connector

Takayuki NAKANO

熊本県の射出成形を行っているある企業では，大きさ 20mm×15mm×10mm 程の自動車用プラグインコネクタ（以下コネクタ）の外観検査を目視で行っており，不良品の見逃しや疲労による作業効率の低下を解消することを目的として，本学で外観検査の自動化に取り組んでいる．市販の外観検査装置は数百万円と高価[1)]であるため，今年度，2 万円程で揃えられるマイクロコンピュータ（以下マイコン）とカメラモジュールを用いた自動車用コネクタの輪郭形状の検査に取組んだ．その結果，今年度は，手作業で製品をカメラ前に設置すると，マイコンで製品の輪郭と製品表面の傷を検査し，ロボットで良品・不良品に仕分ける外観検査システムを開発することができた．

1．はじめに

熊本県内のある企業では，自動車の電気配線のコネクタの外観検査を未だに人が目視で行っており，作業員の熟練度や体調，感情により検査品質が安定しないことがあることから，目視検査の自動化についての相談を受けた．目視検査は，担当する検査員の熟練度によっては複雑な判断も瞬時に，柔軟に対応することが可能である．その反面，体調（疲労感や疾病など）や感情，そして経験によって検査品質が安定しないといったデメリットがある．そこで，人的ミスや作業能率の低下を抑えるため，自動車用プラグインコネクタの外観検査装置の開発に取り組んだ．外観検査装置とは製品の外観を自動で検査できる装置で，カメラや赤外線などのセンサー，画像処理技術を使用して従来の目視による外観検査を自動化し，製品の成形不良や傷，異物混入などの異常を検出して品質保証する装置である．

具体的には，カメラでコネクタの画像をマイクロコンピュータに取り込み，画像のグレースケール化や二値化等の処理を行った後，製品の輪郭や表面の傷を基準画像と比較して良品・不良品の判別を行うシステムである．

本報告はその成果をまとめたものである．

2．昨年度の課題と装置の概要

図 1 は昨年度製作した装置である．装置は，供給部・搬送部・検査部の 3 つから成り立っている．主な仕組は次のとおりである．①供給部から検査対象製品が一つ取り出される．②フォトセンサにより製品が認識されてロボットで検査部に搬送される．③製品姿勢制御部では，製品の 6 面をカメラに向けるように動作する．④カメラモジュールは良品・不良品を判定する．判定後は⑤ロボットが良品，不良品の位置に仕分ける．

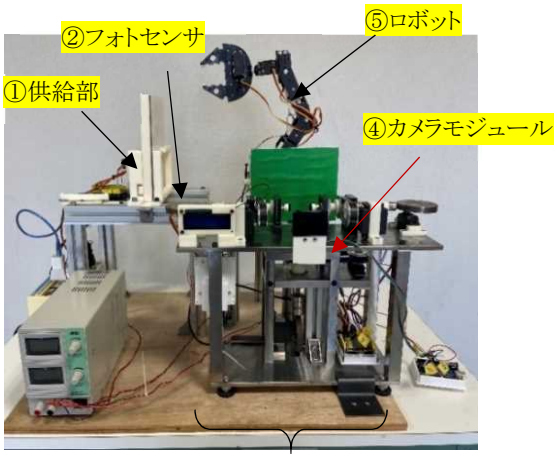


図 1　昨年度製作した装置

*1　精密機械技術科

昨年度の卒業研究では，図 2(a)～(c)の 3 つの検査対象製品をカメラモジュールに認識させ，判別する取り組みを行った．AI 機能を備えた 500 万画素のカメラ HuskyLens Pro で形状の違いの判別を試みた．このカメラモジュールは顔認識，色認識，物体の認識等の機能を備えていることから，この物体認識機能に期待して形状の違いの判別を試みたが，0.5mm 程度の寸法形状の違いは判別できず，白と黒等の色の違いの判別に止まった．そこで今年度，新たなマイコン(Raspberry pi)とカメラモジュールを用いて製品の輪郭形状の違いの判別を目標に開発を行った．今年度は，図 1 の④カメラモジュールによる製品輪郭検査と⑤ロボットの制御の改善に注力したが，部品供給部や製品姿勢制御部等との連動(図 1 ①～③との連動)までは取組めていない．

(a) 基準製品　(b) 類似品白　(c) 類似品黒

図 2　昨年度の比較対象の製品

3. 画像処理

3. 1　検査方法

新たなマイコンとカメラモジュールを用いて，部品の外形の輪郭形状の違いを判別する方法を検討した．マイコンは Raspberry Pi 4 Model B[2],カメラモジュールは解像度 808 万画素の Raspberry Pi Camera V2[3]，プログラム言語は Python を用いた．コンピュータビジョンや画像処理のためのオープンソースのライブラリとして OpenCV を用いた．OpenCV は，画像や動画から情報を抽出し，処理するための機能を提供している．これには，画像の読み込み，表示，保存から，画像処理，特

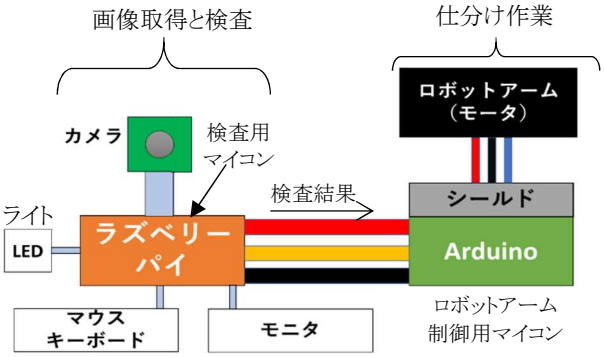


図 3　検査装置の概要

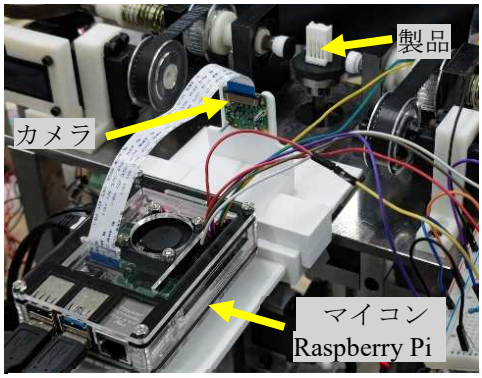


図 4　マイコンとカメラと製品の位置関係

徴検出，物体追跡，機械学習モデルの統合などが含まれる．今年度の検査装置の概要を図 3 に，マイコン，カメラ，検査する製品の位置関係を図 4 に示す．マイコンにはカメラモジュールの他，マウス，キーボードモニタが接続されている．検査工程は次のとおりである．カメラ前に製品を手作業で置き，検査用マイコンで形状を確認して，形状の違いによりロボットアームで仕分けを行う．

3. 2　検査の流れ

Raspberry Pi 4 Model B による検査の流れを図 5 に示す．先ず，カメラの使用と，Arduino との通信のための初期設定を行う．次に，あらかじめカメラで取得してお

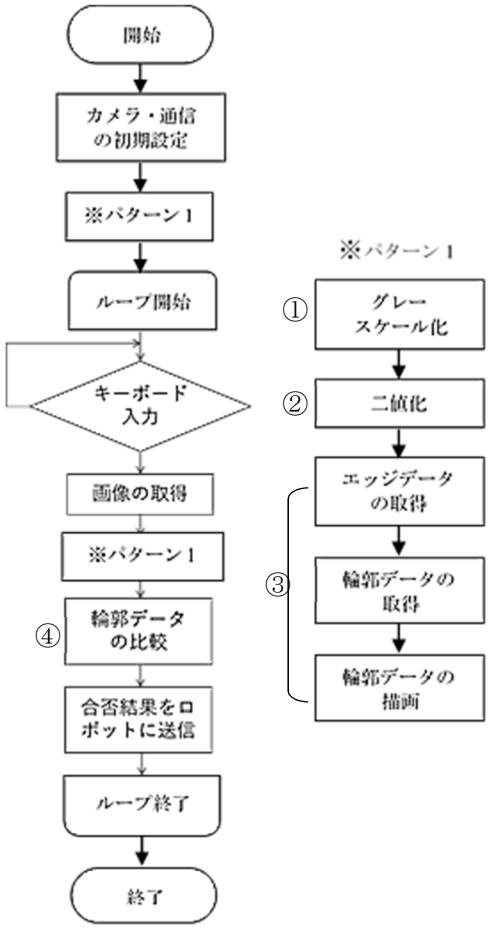


図 5　検査の流れ

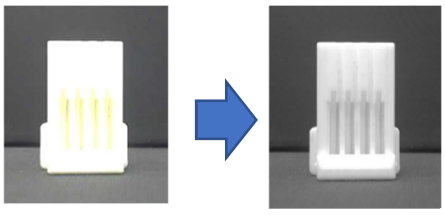
いた基準画像を呼び出す．画像内の検査部品の輪郭データを得るために，※パターン1の処理を基準画像に対して行う．キーボード入力待機状態となるので，キーボードで特定のキーを押したら待機状態が解除され，カメラ前に置かれている製品の画像を取得する．その画像に対して※パターン1の処理を行い，カメラで取得した検査部品の輪郭データを取得する．そして，基準の外形輪郭データと検査する製品の輪郭データを比較して，輪郭線が基準と同じなら良品，異なるなら不良品に判別する．その結果をロボットアーム制御用マイコンに送信すると，ロボットアームは製品を良品，不良品の仕分けを行う．

①グレースケール化

以下，※パターン1のそれぞれの画像処理について簡潔に説明する．グレースケール化は，輪郭検出，ノイズ除去，画像分割などの目的で使用される．グレースケール化は，白と黒の 256 段階のみ（「白」～「灰色」～「黒」の画素から構成される画像）で表現された画像処理の手法である．カラー画像と異なり，グレースケール画像は明るさのみで表現されることから，単純で処理がしやすい．光の三原色の赤(R)，緑(G)，青(B)の輝度を同じ値にすることでグレーカラーを表現することができる．グレースケール化のイメージ図を図 6 に示す．オレンジ色を例にグレースケール化を説明する．オレンジ色は RGB の輝度が R:233，G:122，B:31 であり，これらの値を平均化すると 128 になる．この値を R，G，B にそれぞれ代入する．OpenCV を用いると「cv2.cvtColor(画像データ，cv2.COLOR_BGR2GRAY)」でカラー画像がグレースケール化できる．実際にグレースケール化すると図 7（b）のようになり，2 色の表示でも階調を滑らかに表現できていることがわかる．

図 6　グレースケール化のイメージ

```
cv2.cvtColor(画像データ,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```



(a)カラー画像　　(b)グレースケール画像

図 7　グレースケール化のプログラムと処理画像

②二値化

二値化は,画像を単純化し解析しやすくするために用いられる．具体的には，画像内の各ピクセルを「黒」または「白」の二つの色に割り当てる処理を指す．二値化のイメージ図を図 8 に，実物の二値化画像を図 9 に示す．この操作により，画像から中間的な色調を排除し，対象物と背景をはっきり区別できるようになる．二値化は，0～255 の範囲内にしきい値を設け，グレースケール化された画素の RGB 値 とそのしきい値との大小関係によって，その画素を白（255,255,255）か黒（0,0,0）にする．「cv2.threshold(画像ファイル，しきい値，255，cv2.THRESH_BINARY)」を実行すると，画像ファイルは，しきい値より大きい値は 255（白），小さい値は 0（黒）に置き換えられる．図 8 の例では，しきい値を 150 にすると，150 を超える部分は白色となり，150 以下は黒色となる．

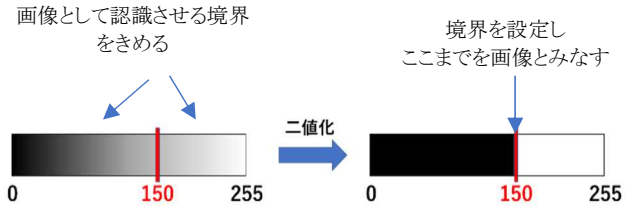
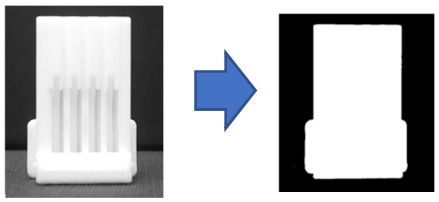


図 8　二値化

```
cv2.threshold(画像ファイル，しきい値，255，cv2.
THRESH_BINARY)
```



(a)グレースケール画像　　(b)二値化画像

図 9　二値化のプログラムと結果の画像

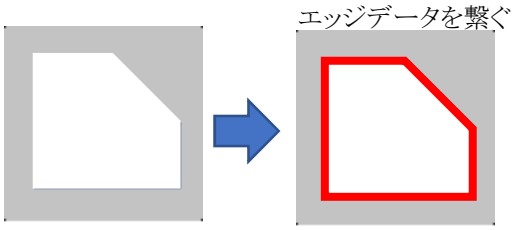
③輪郭データの作成

図 10 のように二値化された画像からエッジデータを取得し，そのエッジを繋いで輪郭線データを得る．

エッジの処理は「cv2.Canny(二値化画像， minVal，maxVal)」を用いた．二値化で検出されたエッジをさらに必要なエッジだけを残す処理を行う [4]．この処理では，minVal と maxVal という二つのしきい値を用いる．しきい値の設定とエッジ処理の関係を図 11 に，Canny 処理のイメージ図を図 12 に示す．画素値の微分値（隣り合った画素の輝度値の差）が maxVal 以上のものは必要なエッジとして残し，minVal より小さなものは，必要

のないエッジとして消去される．minVal と maxVal 間の値は，次のように処理される．A 部とC 部は maxVal 以上の値であるため必要なエッジとして表示され，B 部は maxVal より小さな値であるが，A 部につながっていることから必要なエッジとみなされて残す方向に処理される．D 部は maxVal 未満であり，また，必要なエッジとのつながりがないため不必要と判断され消去される．正しい結果を得るためには Canny 処理後に画像を確認して，minVal と maxVal の最適な値を見つける必要があった．トライアンドエラーの結果，minVal:300，maxVal:1000 と設定した．

```
cv2.Canny(二値化画像,minVal,maxVal)
```



(a) 2 値化データ　　(b) 輪郭データ

図 10　エッジデータと輪郭データの取得イメージとプログラム

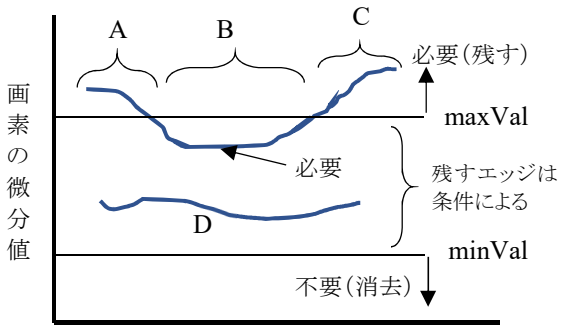
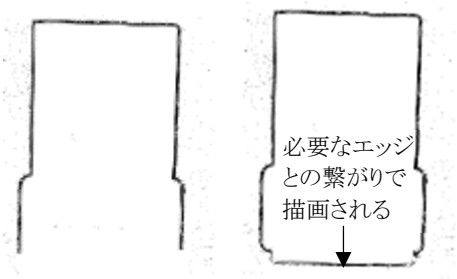


図 11　しきい値とエッジ処理



(a) 図 11 の A 部とC 部に相当　　(b) 図 11 の B 部に相当

図 12　Canny 処理のイメージ図

④比較

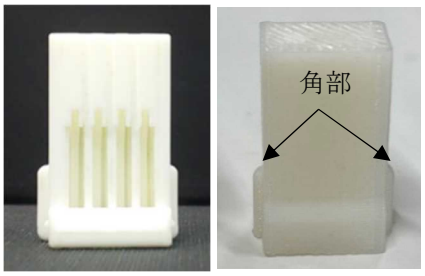
基準製品（良品とみなされる製品）の外形輪郭データと検査される製品の外形輪郭データを比較する．輪郭データの比較は図 13 のプログムを用いた．この処理を行うと，二つの輪郭の類似度が算出される．類似度は二つの輪郭がどれくらい似ているかを定量的に表したもので，0 に近いほど二つの輪郭は類似しているといえる．比較する二つの輪郭が同じ輪郭であれば，回転・拡大・縮小していても類似度は変わらない．

```
cv2.matchShapes(輪郭データ 1，輪郭データ 2,cv2.CONTOURS_MATCH_I1, 0)
```

図 13　比較のプログラム

基準製品と3D プリンタで基準に似せて成形した製品を図 14 に示す．3D プリンタの製品は角部に約 1mm のフィレットが施されていないことや外寸が 0.2～0.5mm 程基準製品より小さい．

基準製品と全く同じ形状との比較では，類似度は 0.001 を示す．一方，基準製品と図 14(b)の 3D プリンタの製品との比較では，類似度は 0.042 であった．これらの結果から，良品とみなす製品のしきい値を 0.01 とした．



(a) 基準製品　　(b) 3D プリンタでの成形製品

図 14　比較する製品

3．3　製品内側の傷の見極め

検査プログラムにおいて考慮すべき項目を追加する．それは，製品表面に傷がある場合である．検査される製品の輪郭がしきい値 0.01 を下回っても，表面に傷等があれば良品と見なすことはできない．そこで，製品内側の傷を「内側にある輪郭」と見なし，この輪郭の面積の大きさで良品・不良品を判別することにした．

製品の中に図 15 のような傷が存在すれば，この傷を製品の内側にある輪郭とみなして処理する．OpenCV で二値化された画像中の輪郭のデータを取得するには findContours()関数を用いる．findContours() は二値化画像中にあるい輪郭に番号を付けることができる．

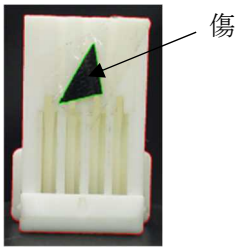


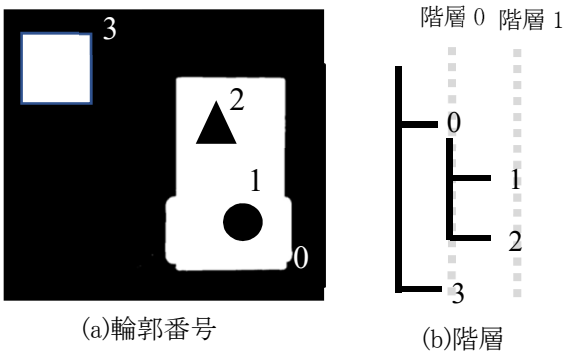
図 15　内側に傷のある製品

輪郭の階層の概念図を図 16 に示す. 図 16 に示すように輪郭データには各々に輪郭番号が与えられる. 先ず, カメラで製品を映す際, 製品は画像の右下に位置するようにカメラの調整を行う必要がある. この時, 画像の右下に製品の輪郭が白く映し出されるが, これに輪郭番号 0 番が割り当てられる. そして, 他の輪郭には, 右下から左上にかけて昇順に番号が割り当てられる. 輪郭 0 番の内側にある 1 番, 2 番は内部にある傷等の不良の因子である. 画像処理で発生した背景等が輪郭番号 3 として映し出されている.

これをツリー構造で表現すると, 図 16(b)のような階層構造となる. 製品の 0 番の輪郭の下に 1 番や 2 番の輪郭があれば, 傷等の不良因子と見なす. この不良の因子は, 製品に付着した異物や傷と考えられ, この大きさを確認する. 図 17 に輪郭の面積を求めるプログラムを示す.

図 15 の製品の傷の面積を求めると, その大きさは画素数 431000 であった. 面積の単位は画素である. 他にも小さな傷を付ける等の実験を行ったところ, 今回は製品の内側の輪郭の画素数が 1000 以下なら Canny 処理で残ってしまった点や線とみなし, 良品とすることにした.

```
cv2.findContours(エッジデータ,cv2.RETR_TREE,cv2.
CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```



(a)輪郭番号　　(b)階層

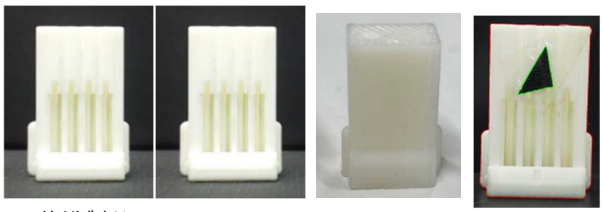
図 16　輪郭の階層の概念図

```
cv2.contourArea(輪郭線データ, False)
```

図 17　輪郭の面積を求めるプログラム

3．4　判定のまとめ

比較の検査に用いた製品を図 18 に示し, 比較の結果を表 1 に示す. (b)は外形輪郭の類似度がしきい値 0.01 を下回っているため良品, (c)は類似度がしきい値 0.01 を上回っているので不良品と判定された. (d)は外形輪郭の類似度がしきい値 0.01 を下回っているが, 検査部品の表面に傷の輪郭を検出し, これが 1000 を超えていたため不良品と判定された. この製品検査にかかる時間は約 1 秒である. これらの結果を基に図 19 に示すようにロボットアームによって仕分けられる. 投入口が良品, 不良品に分けられており, ロボットアームが製品を投入口に落とすと, 製品はスライダを滑り下りてそれぞれの回収箱に納められる.



(a)基準製品　(b)基準と同じ品　(c)3D プリンタの製品　(d)基準と同じ品に傷

図 18　比較する製品

表 1　比較の結果

検査部品	(b)	(c)	(d)
類似度	0.001	0.042	0.001
傷・汚れ	−	−	あり
内部面積	−	−	431000
判定	良品	不良品	不良品

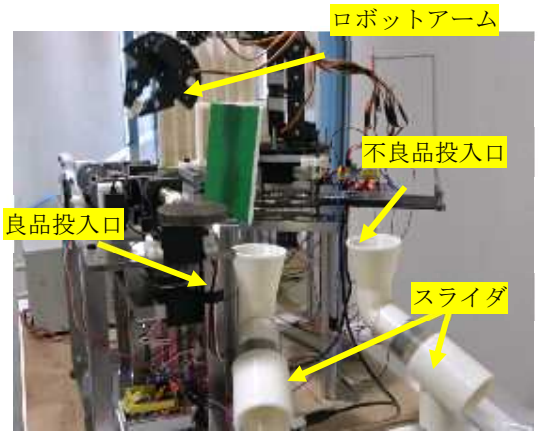


図 19　ロボットアームによる仕分けの様子

4. おわりに

検査方法の改善により，輪郭形状の比較を行い，形状の違いや傷の判別が可能となった．また，異なる種類のマイコン間の通信により，検査後のロボットによる仕分けもできることを確認した．

検査はカメラに対して製品を全て同じ向き，同じ角度とする必要があったが，今回は向き，角度決めを手作業で行ったため，自動化まではできていない．この解決として，完全自動化のため，製品配置の精密位置決めの自動化，およびソフトウェアによる位置決めの補正処理を装備する必要がある．

参考文献

1) 機械比較ドットコム
https://kikai-hikaku.com/3352/ （参照日 2023 年 4 月 10 日）

2) Raspberry Pi 4 Model B
https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/（参照日 2023 年 10 月 5 日）

3) Raspberry Pi Camera V2
https://www.raspberrypi.com/products/camera-module-v2/ （参照日 2023 年 10 月 5 日）

4) Canny 法によるエッジ検出
https://labs.eecs.tottori-u.ac.jp/sd/Member/oyamada/OpenCV/html/py_tutorials/py_imgproc/py_canny/py_canny.html（参照日 2023 年 12 月 11 日）

報　告

技術短期大学におけるサイバーセキュリティの強化
キャンパスネットワークの可用性向上

坂田祐二*1

Enhancement of cybersecurity at Kumamoto Prefectural College of Technology
Availability improvement of campus Network

Yuji SAKATA

熊本県立技術短期大学校では，NIST（米国国立標準技術研究所：National Institute of Standards and Technology）サイバーセキュリティフレームワーク（CSF）2．0[1] に準拠し，オープンソース技術を活用してサイバーセキュリティと可用性強化を図っている．資産管理体制の構築，通信状況のモニタリングと異常検知に加え，日報・月報の自動化や稼働日考慮のエスカレーション体制を整備し，IPA(独立行政法人情報処理推進機構)などの動向を踏まえた継続的改善も進めている．今回，CSF の中の「識別」機能を強化したので，以下に報告する．

1．はじめに

熊本県立技術短期大学校(以降本学と呼ぶ)は，NIST サイバーセキュリティフレームワーク（CSF）2．0 に基づき，可用性向上を重視したセキュリティ強化に取り組んでいる．本学の情報資産を守るため，オープンソースソフトウェア（OSS）の活用を積極的に推進し，可用性と安全性を両立する体制の構築に努めている．本報では，本校における情報資産管理の仕組みと，今後のサイバーセキュリティ強化のための方向性を報告する．

2．社会の動向

IPA（独立行政法人 情報処理推進機構）の事例から，サイバー攻撃により稼働が停止した典型的なインシデントとして，

① Wannacry による稼働停止
② VPN からの Ekans の侵入

などがある．Wannacry による被害は多くの工場に広がり，VPN からの侵入は COVID-19 による在宅勤務の増加により，製造業のみならず，病院を含む多くの施設にも被害をもたらした[2]．

このような状況のもと，国内の製造拠点にあわせて，海外工場も含めたサイバーセキュリティ対策を推進する国内企業も増加している[3),4)]．さらに，製造業のサプライチェーンにとどまらず，社会インフラとしてのビルや製品である自動車の制御も含めた取り組みも見られるようになった[5)]．

未知の脅威については，SIEM(Security Information and Event Management:セキュリティ情報イベント管理)などで得られる脅威を 24 時間 365 日常時監視し，脅威情報の分析を行う SOC(Security Operation Center:セキュリティ専門組織)があるが，これまで，脆弱な製造部門へのサイバー攻撃は，既知の脆弱性に対する攻撃が主であったことから，まず，最新の情報に基づく，脆弱性検査，侵入検知を行うとともに，資産台帳もいかにして精度よく最新化するかということが重要になる．

3．サイバーセキュリティと可用性の重要性

本学では，IPA の指針など最新動向を参考に[6)]，学内のセキュリティ体制を整備している．特に，製造業教育においてデータの可用性は授業や研究活動を支えるために必須であり，既存の仕組みに NIST CSF に沿った機能を優先付けて段階的に作りこむ必要がある．類似機能を持つ市販パッケージに，AssetView，SKYSEA Client View などがあるが，100 台程度の管理で，ライセンス価格が 50 万円～，年間保守が 10 万前後とコストがかかり，導入の敷居が高い．今回，OSS で構成し費用を

*1 機械システム技術科

削減する.

サイバーセキュリティのワークフローとしては，図 1 に示すように，2024 年 2 月に NIST CSF が 1.1 から 2.0 にバージョンアップされた．このとき，「統制」機能が追加され，意思決定などの責任範囲を明確にされた．本学では，NIST CSF 2．0 のフレームワークに沿って，サイバーセキュリティ強化に着手する．

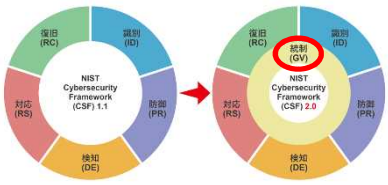


図 1 NIST CSF 1.1 と 2.0 の違い [7)]

4．資産管理手法の構築

NIST CSF 2．0 の「識別」機能に準拠し，学内の各部屋の接続状況や資産情報を以下の手順で収集する仕組みを予備の PC で試行し，そのフローを図 2 に示す．

① 常時収集情報:基幹スイッチの情報（3 分おき）

1. ポート毎の BPDU(Bridge Protocol Data Unit)
2. ポート毎の MAC アドレステーブル

基幹 LAN スイッチ配下の機材の MAC アドレスを表示するコマンドはあるが，コンソール操作になる．今回，SNMP(Simple Network Management Protocol)により，スイッチの MAC アドレステーブルを収集するスクリプトを作成した [8)]．

また，IEEE(米国電気電子学会 Institute of Electrical and Electronics Engineers)で管理している MAC アドレスの OUI(Organizationally Unique Identifier: 製造者コード)も最新化して台帳に追記し，資産の設置場所とその情報資産の製造者から，対象の資産を見つけやすいように工夫している．ただし，ローカル MAC アドレスはその限りではない．

MAC アドレス収集と同時に，デフォルトゲートウェイから，MAC アドレス-IP アドレスのテーブルを採取し，MAC アドレスをキーにして資産管理台帳に IP アドレスを追記している．

② 部屋ごとの接続先調査(BPDU 収集と突合せ)

常時収集している BPDU 情報内に，スイッチとポート番号が含まれている．この情報をノート PC にダウンロードし，各部屋の LAN ポートに接続し得られる BDPU パケット情報と，常時収集したスイッチ側の BDPU 情報を突合せ，その部屋が接続されているスイッチ名とポート番号を表示するスクリプトを作成した．収集する PC の IP アドレスは変更不要で，扱いやすくなっている．

③ 部屋ごとの情報資産

①-2．のポート毎の MAC アドレスと②の部屋ごとの接続先スイッチ名，ポート番号から，その部屋にある情報資産がわかる．

これらの情報は手作業でも収集可能であるが，Linux スクリプトによって自動収集，成形して，資産台帳を作成した．

資産管理台帳は複数の情報から成り立っており，それぞれを以下の頻度で更新している．

① 基幹スイッチの構成:構成変更時
② MAC アドレスの OUI:IEEE から日々更新
③ 基幹スイッチの MAC アドレステーブル:3 分毎
④ MAC アドレス-IP アドレステーブル:3 分おき

ここで，手動で行う①を除き，DELL 社製 T-1700 SSF ディスクトップ PC(Intel Core-i7 4790 3.6GHz，HDD 12TB，メモリー12GB)に Rocky Linux 9．5 を導入し，Linux スクリプトで動かしている．DBMS は使用していない．

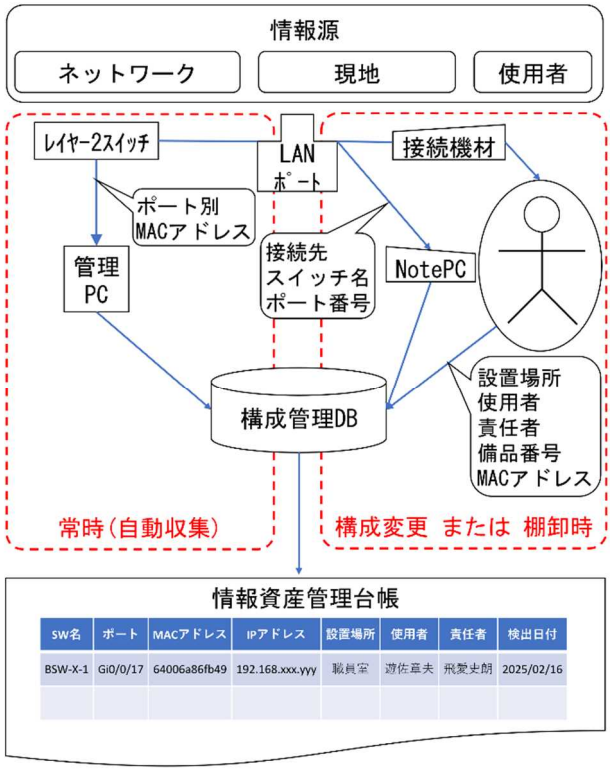


図 2 資産管理台帳作成のフロー

5．各部屋の接続状況台帳と情報資産台帳の作成

基幹スイッチの物理アドレステーブルを用いた台帳を作成し，使用者や管理者情報など自動化できない情報もあわせて管理する．

スパニングツリープロトコルのBPDUパケットを収集分析することにより，各部屋の接続スイッチ，ポートを表示するスクリプトを作成した．基幹スイッチの接続図は管理されているので，全体のネットワーク図の作成が容易になった．これまでは，スイッチ側のタグと各部屋のポートの関連を調べており，部屋名の変更やポート変更を考慮する必要があった，しかしこのスクリプトにより，迅速正確に接続台帳が作成できるようになった．

この管理台帳により，異常時には機材を即時に特定でき，可用性を向上させる管理が可能となる．今後，NIST CSFの各機能を順次強化する予定である．

6．今後の取組

図3．に示すNIST CSF 2．0の「機能」に沿って今後のセキュリティ強化の方向性を示す．

6．1 「統制」について

トップダウンの意思決定によるリーダーシップのもと，本学全体でサイバーリスクへの対応に取り組む文化を形成する．

6．2 「識別」について

新規 MAC アドレスの検出や定期的な脆弱性スキャンを通じて，潜在的なリスクを早期に識別する．具体的には，GVM（旧 OpenVAS）および Wireshark（tshark）を用いてネットワーク内の脆弱性に関するスキャンを行い，未知の MAC アドレスや脆弱な機器を自動的に特定する．近年，脆弱性公表から侵入までわずか一週間という短期間での被害が生じており，迅速かつ確実な対応が必要である．また，Wannacry のように潜伏するマルウェアの事例も踏まえ，潜伏の初期段階から検知できるようにし，最新の脆弱性情報を日々収集し，資産管理台帳とあわせた予防，予知保全を定期的な訓練を通じて対応手順を確立することで，脅威に曝される場合に迅速に対応できる体制を構築する．

6．3 「防御」について

外部からの攻撃を未然に防ぐため，通信状況の監視と異常通信の検知，深刻度の設定を行う．具体的には，外部接続ポートからのミラー信号を取得し，パケットキャプチャーツールである tshark や tcpdump を使用して通信の送信元と送信先を分析．通常の通信パターンから逸脱した異常通信を特定し，必要に応じて Firewall でブロックし，侵入経路を遮断する．

「識別」による脆弱性に対し深刻度別に異常時対応を設定し，資産台帳を活用した迅速なエスカレーションを可能にした．Linuxでの自動日報・月報生成に加え，稼働日・稼働時間に基づいた警報送信を行い，廃棄パケットの監視も通じて通信障害を予防保守する．

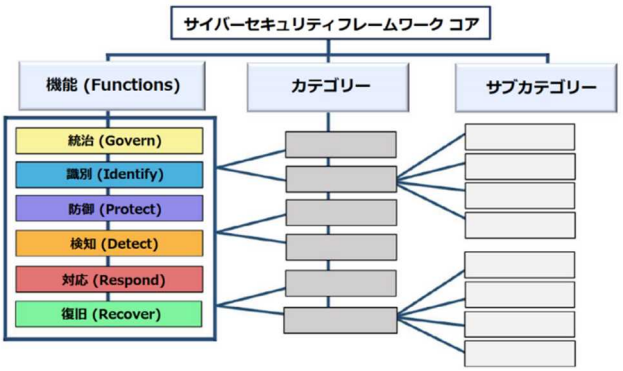


図 3　NIST CSF 2.0 の機能とカテゴリ [Y)]

こうした防御の体制を通じて，学内ネットワークの安全性を高めるとともに，リスクを低減する．

6．4 「検知」について

OSS の Suricata を用いて侵入検知を強化する．Suricata のルールは日々更新されるため，最新の脅威に対応可能である．これにより Linux 上での成形処理と自動化された日報・月報の送信体制を整え，情報資産の管理体制をさらに強化する．また，リアルタイムでの異常検知と報告のプロセスを自動化することで，脅威の早期発見と迅速な対応を実現する．なお，Suricata は，OSS の SIEM である Security Onion を導入の予定である[9)]．

6．5 「対応」について

サイバー攻撃が検知された際の対応手順や連絡体制を整備し，担当者間の連携を強化する訓練を行う．サイバー攻撃時の迅速なエスカレーションと意思決定の流れを確立するために，関係部門の担当者が統一された基準で行動できるよう，実践的なシナリオを用いた訓練を定期的に実施する．これにより，学内のサイバーセキュリティ対応力の向上を図り，被害の最小化と影響の軽減を目指す．

6．6 「復旧」について

サイバー攻撃による影響からの早期復旧を目指し，BPR（ビジネスプロセス再構築）の視点で復旧計画を策定する．具体的には，復旧手順の整備や，復旧後の予防改善に向けた取り組みを計画・実行する体制を整える．これにより，障害発生時にも迅速かつ効果的に復旧を行うことができるとともに，再発防止に向けたプロセス改善を継続的に進めることが可能となる．

7. おわりに

これまで，手作業による管理であった情報資産管理を，NIST CSF 2．0 の「識別」機能に準拠し，自動化，省力化でき，同時性，精度が向上した．今後，NIST CSF 2.0 に準拠したサイバーセキュリティ強化により，本学の教育環境は安定し，学内の情報資産の可用性も向上すると考える．今後は IPA など業界の動向を踏まえ，OSS を積極活用しつつ NIST CSF 2．0 に準拠し，継続的に改善を進める．

参考文献

1) IPA(独立行政法人情報処理推進機構):「セキュリティ関連 NIST 文書」, 2024 年 12 月 24 日
2) 日経クロステック:イズミのランサムウエア被害は VPN 経由，最大 770 万件超のデータが閲覧された可能性，2024 年 5 月 9 日
3) シスコシステムズ合同会社:シスコ ソリューション導入事例 パナソニック株式会社様，2016 年 12 月(aperza. com)
4) 小野 正浩ほか:パナソニック技報［解説］スマートマニュファクチャリングを支える製造システムセキュリティ，2020 年 11 月 16 日
5) 経済産業省 第 2 回 産業サイバーセキュリティ研究会 ワーキンググループ 1(精度・技術・標準化)工場サブワーキンググループ 資料 4-4 (パナソニック資料)，2022 年 2 月 28 日
6) IPA(独立行政法人情報処理推進機構):「制御システムのセキュリティ」，2023 年 8 月 7 日
7) 株式会社ブロードバンドセキュリティ:「NIST Cybersecurity Framework 2.0 対応アセスメントサービス」の提供を開始，2024 年 7 月 12 日
8) CISCO:トラブルシューティングテクニカルノーツ，“SNMP を使った，Catalyst スイッチの MAC アドレスからのポート番号の検索”，2005 年 10 月 26 日
9) 小島 俊輔ほか:熊本高等専門学校八代キャンパスにおける侵入検知システムの構築と運用 熊本高等専門学校研究紀要 第 11 号， 2020 年 1 月

報告

CKKS 方式準同型暗号を用いた秘匿計算技術
－準同型暗号化の統計処理演算－

里中孝美*1

Secure Computation Technology utilizing CKKS Homomorphic Encryption
Statistical Processing Computing via Homomorphic Encryption

Takami SATONAKA

本研究では，データを安全に活用するため，量子計算機に対する安全性を持つ CKKS 方式準同型暗号を用いた統計解析と畳込みニューラルネットワーク CNN の機械学習を検討した．しかし，準同型暗号は，暗号化した状態での演算が可能な反面，処理速度が遅いという問題を抱えている．そこで，暗号演算と非暗号演算の認識率，認識時間を比較するとともに，医療データベースの統計解析，ロジスティックス回帰，MNIST の手書き数字，くずし字，ファッション画像分類の学習を CKKS 方式の準同型暗号演算を用いて実装し，その性能を評価した．

１．はじめに

近年，高速な演算処理性能を有する量子コンピュータの研究開発が行われている．1994 年に shor が量子計算機によるアルゴリズムを提案し，それにより現在の主な公開鍵暗号方式である RSA 暗号と楕円曲線等の暗号解読が可能になることが予想されている[1), 2)]．そこで量子コンピュータが実用化されても， 安全性を保つことができる耐量子計算機暗号として準同型暗号方式が研究されている．準同型暗号方式では，データの秘匿性を満たしたままデータ操作を実行できるので，その応用がクラウド計算，ビッグデータ分析，IoT（Internet-of-Things）の用途において期待されている．

準同型暗号方式には CKKS(Cheon, Kim, Kim, and Son)[3)]方式と BFV（Brakerski-Fan-Vercauteren）[4)] 方式がある．CKKS 方式は，入力値が整数のみに対応した BFV 方式に対して，実数・複素数に対応した暗号演算が可能であり，統計解析，機械学習に適しているので，本研究では CKKS 方式準同型暗号を用いて秘匿性が必要な医療現場のデータの統計解析，ロジスティックス回帰分析，MNIST の画像データの機械学習を扱う．

統計解析では， UC Irvine の心臓病データセット[5)]の統計解析，Iris データセット[6)]のロジスティック回帰分析を行った．また，機械学習では TenSEAL[7)]ライブラリを用いて準同型暗号演算の畳込みニューラルネットワーク CNN（Convolutional neural network）を実装し，MNIST の手書き数字[8)]，くずし字[9)]，ファッション画像[10)]を識別した．

準同型暗号方式では，暗号文や公開鍵，秘密鍵を多項式として扱い，準同型暗号演算を実行する．準同型暗号は，暗号化演算が可能な反面，処理速度が遅い課題があるため，CKKS 方式のパラメータ，活性化関数を変えた場合の暗号演算と非暗号演算の認識率，認識時間を比較し，学習性能を評価した．

２．準同型暗号による秘匿計算技術

2.1 暗号の準同型性

準同型暗号は，暗号化したデータの演算を行い，復号時に正しい演算結果が得られるように構成される．加法と乗法の準同型暗号方式は平文 m と n があったとき，ある演算について，式(1)， (2)の関係が成り立つような暗号方式である．

$$decrypt(encrypt(m)+encrypt(n))=m+n \quad (1)$$

$$decrypt(encrypt(m)\times encrypt(n))=m\times n \quad (2)$$

*encrypt(m)*は，平文 m を暗号化することにより得られる暗号文であり，*decrypt(encrypt(m))* は，暗号文 *encrypt(m)*を復号して得られる平文を指す．式(1)の加法準同型性のみを有する暗号には Paillier 暗号がある．

*1 電子情報技術科 准教授

一方，式(2)の乗法準同型性のみを有する暗号にはRSA 暗号がある．CKKS 暗号は，加算準同型性と乗算準同型性を有するが，演算可能な回数に制限があり，レベル準同型暗号と呼ばれる．

2.2 CKKS 準同型暗号方式

本研究では Microsoft SEAL 準同型暗号ライブラリの Python 版 TenSEAL を用いる．入力値が整数でなければならない BFV 方式に対して，CKKS 方式は入力値が実数または複素数である場合でも演算を行うことができる．CKKS 方式ではメッセージ空間 $\boldsymbol{M}$ と平文空間 $\boldsymbol{P}$ とが異なる．平文空間 $\boldsymbol{P}$ で用いる円分体の剰余環を $Z[X]/(X^N+1)$とする．平文は $Z[X]$を X^N+1 で割った剰余環の円分多項式で表現される．

$$X^N + 1 = \prod_{j=0}^{N-1}(X - \zeta^{2j+1}) = 0 \tag{3}$$

ただし，$\zeta = exp(\frac{2\pi\sqrt{-1}}{N})$ である．複素線型空間 $C^{N/2}$ のメッセージ$m = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{N-1})^T$を平文多項式の係数にパッキングすると，式(4)の円分多項式 $p(X)$が得られる．$X=\zeta, \zeta^3, \dots, \zeta^{2N-1}$を式(4)に代入すると式(5)が得られる．

$$p(X) = \alpha_0 + \alpha_1 X + \cdots + \alpha_{N-1}X^{N-1} \tag{4}$$

$$\boldsymbol{z} = (z_0, z_1, \dots, z_{N-1})^T = (p(\zeta), p(\zeta^3), \dots, p(\zeta^{2N-1}))^T \tag{5}$$

$$z_j = \sum_{k=0}^{N-1} \alpha_k (\zeta^{2j+1})^k = \sum_{k=0}^{N-1} \alpha_k s_{jk} \tag{6}$$

多項式(4)の係数α_kが決まれば，z_jは式(6)より求めることができる．式(5)はz_jを要素とする連立線形多項式であり，行列演算で記述することができる．ここで，式(6)の $s_{jk} = (\zeta^{2j+1})^k$を$j$行，$k$列の成分とする行列を Sとおくと，式(7)が得られる．S はヴァンデルモンド [3]の正則行列であり，逆行列が存在する．式(8)と式(9)は CKKS 方式の符号化と複号に対応しており，式(8)では，S を用いて $m = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{N-1})^T$を$z = (z_0, z_1, \dots, z_{N-1})^T$に変換し，式(9)では，$S^{-1}$を用いて$z$を$m$に逆変換する．

$$S = \begin{pmatrix} 1 & \zeta^1 & (\zeta^1)^3 & (\zeta^1)^5 & \cdots & (\zeta^1)^{N-1} \\ 1 & \zeta^3 & (\zeta^3)^3 & (\zeta^3)^5 & \cdots & (\zeta^3)^{N-1} \\ & & & & \cdots & \\ 1 & \zeta^{2N-1} & (\zeta^{2N-1})^3 & (\zeta^{2N-1})^5 & \cdots & (\zeta^{2N-1})^{N-1} \end{pmatrix} \tag{7}$$

$$z = Sm \tag{8}$$

$$m = S^{-1}z \tag{9}$$

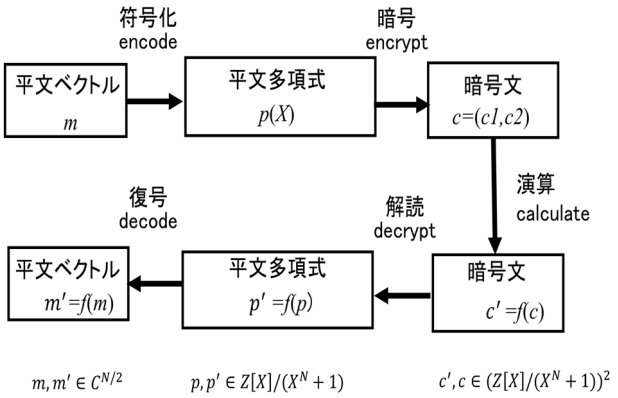


図1 CKKS 暗号のフレームワーク

図1の CKKS 暗号のフレームワークは encode，encrypt，calculate，decrypt，decode から構成される．

(1) encode では平文の内容を表す複素数ベクトルmを整数係数多項式 $p(X)$ に変換する．

(2) encrypt では整数係数多項式を暗号化して二つの整数係数多項式$c1$，$c2$からなる暗号文cを生成する．

(3) calculate では暗号準同型演算$c' = f(c)$を行う．プライム(')の添え字は演算後の変数を表す．

(4) decrypt では計算結果を復号して整数係数多項式 $p'(x)$を計算する．

(5) decode では 整数係数多項式$p'(x)$を複素数ベクトルにm'に変換して最終的な演算結果を得る．

2.3 CKKS 方式の鍵生成，暗号，復号

2.3.1 レベル準同型暗号の計算困難性

CKK 準同型暗号方式は Ring-LWE（Learning with Errors） 問題 [11]の計算困難性に依存した暗号方式である．Ring-LWE 問題は代数体の整数環上で誤差を付加した多元連立一次方程式を解く問題である．

解読不可能性を高めるために小さなノイズを加えるが，暗号文の演算ごとに暗号文に付加したノイズによる演算誤差が蓄積する．特に乗算を含む演算では蓄積した演算誤差が多項式環の法で決まる規定値 [3]を超えると復号が不可能となる．そのため，乗算の演算可能な回数を決定するパラメータであるレベルを設定する．CKKS 暗号は，上限付きで複数回の加減算，乗算の計算が可能であるようなレベル準同型暗号方式であり，暗号文はメッセージに乱数およびノイズを付加して生成される．例として暗号文cが平文 m，乱数 v，ノイズ e によって構成される場合を考える．

暗号文 c ＝平文 m＋乱数 v＋ノイズ e

とする．暗号文の復号処理では，秘密鍵によって乱数 v を除去して，ノイズ e をある一定範囲に設定する．

2.3.2 鍵生成

鍵生成では秘密鍵 *sk* と公開鍵 *pk2* をランダムに作成し，ノイズ *e0* を付加して公開鍵 *pk1* を生成する．

$$pk1 = - a*sk + e0 \tag{10}$$

$$pk2 = a \tag{11}$$

多項式 *sk*, *a* の係数は，{−1, 0, 1}の離散一様分布から N 個ランダムに選んで生成される．式(10)では多項式 *a* と *sk* の乗算結果 *a*sk* にノイズ *e0* を加算する．ノイズ *e0* は平均 0，分散 σ^2 のガウス分布から実数をサンプルした係数をもつ多項式である．式(10)と式(11)において公開鍵 *pk1*, *pk2* から秘密鍵 *sk*, ノイズ *e0* を求めることは Ring-LWE の困難性により保証されている．

2.3.3 暗号・解読

先ず，暗号では乱数を係数とする多項式 *v*, *e1*, *e2* を作成し，平文 *m* から暗号文の多項式 *c1*, *c2* を生成する．多項式 *v* の係数は{−1, 0, 1}の中から確率 0.25 で −1 を，確率 0.5 で 0 を，確率 0.25 で 1 をランダムに選んで生成する．多項式 *e1*, *e2* の係数は標準偏差 σ の離散正規分布から選んで生成する．平文 *m* の暗号 *encrypt*(*m*, *pk1*, *pk2*) =(*c1*, *c2*)は以下のようになる．

$$c1=pk1*v+e1+m \tag{12}$$

$$c2=pk2*v+e2 \tag{13}$$

次に，解読では秘密鍵 *sk* と公開鍵 *pk1*, *pk2* を使って暗号文 *c1*, *c2* からメッセージ *m'* を計算する．式(15)に式(10)の *pk1*，式(11)の *pk2* を代入して式(16)を整理する．式(18)において *v*，*e0*，*e1*，*e2*，*sk* と計算式 (*e0*v+e1+e2*sk*) は小さい係数の多項式である．

$$decrypt(c1, c2)=c1+c2*sk \tag{14}$$

$$=pk1*v+e1+m+(pk2*v+e2) *sk \tag{15}$$

$$=(-a*sk+e0)*v+e1+m+(a*v+e2) *sk \tag{16}$$

$$= -a*sk*v+e0*v+e1+m+a*v*sk+e2*sk \tag{17}$$

$$=m+(e0*v+e1+e2*sk) \approx m' \tag{18}$$

3. 準同型暗号による統計処理と機械学習

3.1 準同型暗号に関するパラメータ

本研究では準同型暗号ライブラリ TenSEAL[13]を用いて統計処理，機械学習の計算プログラムを実装する．TenSEAL ライブラリで使用した CKKS 暗号方式の多項式環の次数と法のパラメータを表 1 に示す．暗号文の長さ slot count は多項式の次元 poly modulus degree=8192 に 0.5 を かけた値 4096 である．

復号時の演算精度は，多項式環の設定パラメータ modulus chain ={60, 40, 40, 60}によって決まる．それはプライマリビット 60, 2 つのスケーリングビット 40, ラストビット 60 からなる．スケーリングビットの個数が 2 であり暗号文の乗算可能回数（Leveled）は 2 となる．

CKKS 方式では多項式の係数で小数を表現するため，固定小数点のスケーリングを行っている．例えば，1.2 を 16 ビットでスケール変換すると $1.2\times2^{16} \approx 78643$ となる．逆に，元の値を得る場合は，$157286/2^{16} \approx 1.2$ となる．復号の実数値において，整数部分の精度はプライマリビットとスケーリングビットの差 60-40=20 ビットとなり，小数部分の精度はスケーリングビットと整数部分の精度ビットの差 40-10=30 ビットに対応している．

表1 CKKS 方式のパラメータ

CKKS 方式パラメータ	値
暗号文の長さ slot count	4096
セキュリティ	128bit
乗算可能回数 Leveled	2
復号時の精度	60bit
復号時の整数部と小数部の精度	整数部 20bit
	小数部 20bit

3.2 準同型暗号による統計計算（平均・分散）

医療分野の統計解析の研究で使用されている UC Irvine の心臓病のデータベースを用いて統計の基本量（平均，分散）を計算した．CKKS 暗号方式では演算ごとに暗号文に付加したノイズ，スケーリングによる演算誤差が蓄積する課題があり，それを評価するために非暗号，暗号方式の演算結果の誤差を比較した．データベースは 303 人の患者の心臓病の 76 因子のデータからなっている．

表2 心臓病4因子の平均，分散の計算結果

	age	trtbps	chol	thalachh
平均 A	54.3034	131.5935	246.8604	149.7102
平均 B	54.3033	131.5933	246.8600	149.7100
平均誤差	7.76×10^{-5}	1.88×10^{-4}	3.54×10^{-4}	2.14×10^{-4}
分散 A	82.3608	309.0846	2649.8122	521.8829
分散 B	82.6401	310.1418	2658.7496	523.6581
分散誤差	0.2793	1.0571	8.9374	1.7752

心臓病の 76 因子のデータセットから年齢(*age*)，安静時血圧(*trtbps*)，コレステロール(*chol*)，最大心拍数(*thalachh*)の4因子のデータを抽出して，それらの平均，分散と誤差を計算して表 2 の結果を得た．準同型暗号では平方根の計算ができないので，標準偏差，変動指数は扱わなかった．

非暗号方式 A と暗号方式 B の平均値はほぼ同じ値となり，平均誤差は $7.76\text{x}10^{-5}$～$3.53\text{x}10^{-4}$ であった．固定小数点の相対誤差は桁数がn桁の時 $1/2^n$であり，平均誤差は 11 ビットの相対誤差($2^{-11}=4.88\text{x}10^{-5}$)の範囲内であった． A と B の分散誤差は 0.2793～8.9374 であり，平均値の誤差に比べて大きくなった．これは，乗算を含む分散の計算では実数を整数に近似する丸め誤差が発生するからである．この分散誤差を削減するには演算により蓄積するノイズをリセットする bootstrap[14] の計算が有効である．

3.3 ロジスティック回帰モデルによる分類

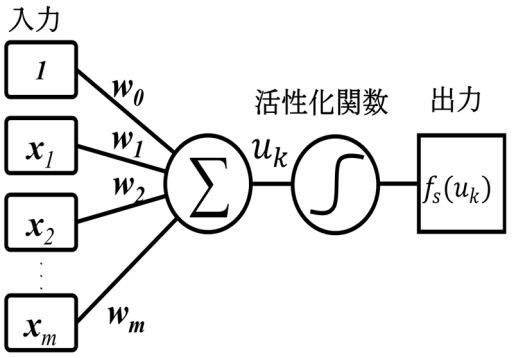


図 2 ロジスティック回帰モデルのネットワーク構成

ロジスティック回帰モデル[15]は説明変数から目的変数が起こる確率p_kを予測する統計手法である．説明変数を$x_1, x_2, \cdots, x_n$とし，回帰係数を$w_1, w_2, \cdots, w_n$とすると，回帰モデルは式(19)で記述できる．ここで，確率p_kは入力z_kのシグモイド関数である．

$$u_k = \ln\left(\frac{p_k}{1-p_k}\right) = w_0 + \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot x_i \tag{19}$$

$$p_k = \frac{1}{1+exp(-u_k)} \tag{20}$$

図 2 はロジスティック回帰モデルのネットワーク構成を示している．これは，パーセプトロン[16]と等価で，式(19)のu_kに示すように，特徴量の入力ベクトル(説明変数)xと重みベクトル(回帰係数)wの内積を計算する．シグモイド活性化関数$f_s(u_k)$は 0～1 の数値を出力する．学習では入力 x と教師信号Tの学習データを与えて，重みベクトル成分w_iを式(21)のように更新する．

$$w_i = w_i - \mu(f_s(u_k) - T)x_i \tag{21}$$

ここで， μは $\boldsymbol{w}$ の更新係数で $\boldsymbol{w}$ は$f_s(u_k) - T$を最小化するように更新される．

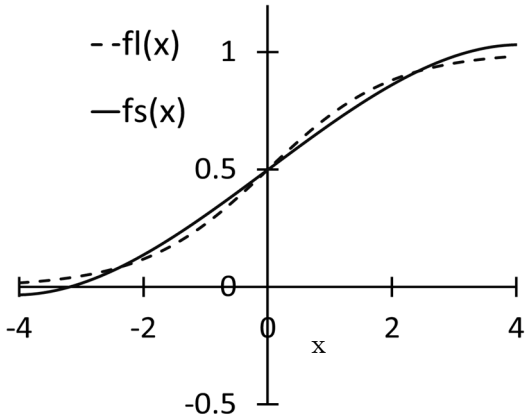


図3 シグモイド関数と 3 次近似関数

準同型暗号方式では指数関数を扱えないので 3 次多項式の近似関数f_l(x)を用いて識別を行う．

$$f_s(\text{x}) = \frac{1}{1+exp(-x)} \tag{22}$$

$$f_l(\text{x}) = 0.5 + 0.197x - 0.004x^3 \tag{23}$$

図 3 はシグモイド関数f_s(x)と 3 次近似関数f_l(x)を示している．Iris データセットを用いたロジスティック回帰モデルでは，アヤメ花の特徴データを入力してセトサ種，バージニカ種，バージカラー種の3品種を識別する．アヤメ花の特徴データは花弁の長さ，花弁の幅，がくの長さ，がくの幅の長さである．データセットの全サンプル数は150 で，学習では 90 セットを使用し，識別では 60セットを使用した．回帰モデルの学習では重み係数の初期値を変えて学習を10回試行し，認識率を計算した．

アヤメ花のセトサ種，バージニカ種，バージカラー種の識別において本暗号演算方式による推論の認識率は 96.7%，96.7%，83.3%で，非暗号演算方式による推論ではすべての認識率は 97.9%であった．暗号演算方式の認識率が非暗号演算方式の認識率に比べて低くなった．図3ではシグモイド関数と 3 次の近似関数との間に近似誤差があり，それが原因で認識率が低下したと考えられる．

3.4 準同型暗号による画像認識の機械学習

TenSEAL ライブラリを用いて 3 種類の MNIST データセットを識別する CNN ネットワークを実装してその認識性能を評価した．

図4(a), (b), (c)は, 手書き数字, くずし字, ファッション商品の画像データの例である. 各データセットは, グレースケールの 28 × 28 ピクセルの画像データとそのラベルデータから構成される. 手書き数字のデータセットは, 0~9 の数字の画像データ, くずし字のデータセットは「お」「き」「す」「つ」「な」「は」「ま」「や」「れ」「を」の手書き文字の画像データ, ファッション商品のデータセットは 10 種類の商品の画像データから構成される.

(a) (b) (c)

図4 MNIST 画像データの例

図5は, CNN ネットワークの構成を示している. 入力層に 28×28 画像を入力し, 畳込み層と 2 層の全結合層で演算処理を行い, 出力層で10種類のクラスの識別結果を出力する. 特徴抽出の畳込み層では 4 個の7×7フィルタをスライドサイズ(3, 3)で水平・垂直に移動させて畳込み演算を行う. 4 個のフィルタの出力は4×8×8=256である. 1番目の全結合層 FC1(入力:256, 出力:64), 2番目の全結合層 FC2 (入力:64, 出力:10 では, 入力と出力の層間で全てのノードが互いに結合されている. 全結合層では, 入力の特徴量ベクトルと重みベクトルの積和演算を行い, 活性化関数により, 出力を計算する. 活性化関数として, 線形関数 $f_1(x) = x$, 2乗関数 $f_2(x) = x^2$, シグモイド近似関数$f_3(x)$を用いた.

$$f_3(x) = 0.375373 + 0.5x - 0.117071x^2 \quad (24)$$

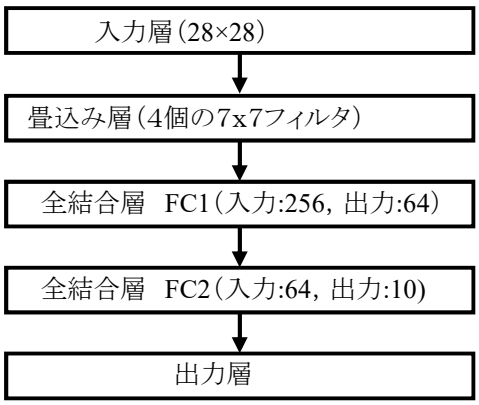


図5 CNN ネットワークの構成

表4 MNIST データベースの認識率と推論時間

MNIST	(a)	(b)	(c)
非暗号認識率 A[%]	92%	66%	83%
暗号認識率 B[%]	92%	66%	83%
推論時間 T_A[sec]	0.413	0.356	0.413
推論時間 T_B[sec]	6542	6106	6188
時間比 T_B/T_A	15856	17224	14990

暗号データの識別処理では訓練済みモデルを用いて認識率を計算した. 本計算では Intel Core i9-12900(2400MHz), 16 コア, 16GB メモリを用いた.

表 4 は(a)手書き数字, (b)くずし字, (c)ファッション商品のMNISTデータベースの認識率と推論時間である. 各データベースの画像は 70,000 枚で, 学習データは 60,000 枚, テストデータは 10,000 枚である. 活性化関数は線形関数$f_1(x)$である. CKKS 暗号データを用いない非暗号方式 A の推論と CKKS 暗号を用いる非暗号方式 B の推論において認識率と推論時間を比較した. CKKS 暗号の多項式の次元は 8192 とした.

表 4 に示すように (a)手書き数字, (b)くずし字, (c)ファッション商品の MNIST データセットの識別実験において, 認識率 A, B は共に92%, 66%, 83%となった. 各データの認識率は, 手書き数字, くずし字, ファッション商品の特徴に依存していると考えられる. 推論時間の問題で標準的な CNN ネットワークよりも畳込み層の数が少ない構成にしたので, 認識率が低くなった. 本結果では, 非暗号方式の推論と暗号方式を用いる推論において認識率の差はなかった.

MNIST データセット(a), (b), (c)の識別実験において非暗号演算方式の推論時間 T_A は 0.413sec, 0.356sec, 0.413sec で, 暗号演算方式の推論時間 T_B は 6542sec, 6106sec, 6188sec となった. それらの時間比 T_B/T_A は 15856, 17224, 14990 となった. 非暗号演算方式の推論時間は 0.356～0.413sec で, 暗号演算方式の推論時間は 6106～6542sec であり, 非暗号方式に比べ推論時間が長くなった. CKKS 方式には暗号文のまま計算できる利点があるが, 平文を多項式の暗号文に変換して演算を行うので, 計算時間が著しく増大した. 10000 枚のテスト画像の推論時間 T_B であり, 1枚の画像の推論時間は 0.61～0.65 sec である.

表 5 は手書き数字認識(a)において多項式次元と認識率，推論時間との関係を示している．項式の次元が 8192，16384 のとき認識率は 92%となり同一であった．多項式の次元が 8192 から 16384 になったとき，推論時間は 2.12 倍になった．

表5 多項式の次元と認識率，推論時間との関係

次元	認識率 A	認識率 B	推論時間[sec]
8192	92%	92%	6541
16384	92%	92%	13610

次に，CKKS 暗号方式ではシグモイドの活性化関数を扱えないので，線形関数 $f_1(x) = x$，2乗関数 $f_2(x) = x*x$，シグモイド近似関数 $f_3(x)$を使用して手書き数字の認識実験を行った．表6は，認識率と推論時間の活性化関数依存性を示す．$f_1(x)$，$f_2(x)$，$f_3(x)$を用いた非暗号・暗号演算方式の認識率は 92%，97%，97%となった．2 乗関数 $f_2(x)$と 2 次の近似関数 $f_3(x)$の認識率は線形関数 $f_1(x)$の認識率よりも良かった．10000 枚のテスト画像の識別において $f_1(x)$，$f_2(x)$，$f_3(x)$の非暗号方式の推論時間 T_A は 0.413 sec， 0.556sec，0.408 sec で，暗号方式の推論時間 T_B は 6542sec，5065sec，15203sec であり，1 枚の画像の暗号方式の時間は 0.5 sec から 1.5 sec となっている．

以上より，秘密計算の課題は，認識率の改善，推論時間の短縮であり，モデルの計算量と推論時間を減らしながら，暗号計算に適した特徴量の形式，特徴量間の類似度計算法を検討することが必要になる．

表６　認識率と推論時間の活性化関数依存性

活性化関数	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$
非暗号認識率 A[%]	92%	97%	97%
暗号認識率　B[%]	92%	97%	97%
推論時間 T_A[sec]	0.413	0.556	0.408
推論時間 T_B[sec]	6542	5065	15203
時間比　T_B/T_A	15856	9126	37244

4. まとめ

本研究では TenSEAL を用いて CKKS 暗号方式の統計処理と機械学習を実装した．医療分野における統計解析の研究で使用されている UC Irvine の心臓病データベースを用いて統計の基本量を計算した．暗号方式の平均値の誤差は 7.76×10^{-5}～3.53×10^{-4} となり非常に小さくなったが，乗算の演算を含む分散値の誤差は 0.2793～8.9374 となり，誤差は大きくなった．暗号文を用いた統計処理の手法では，平文を用いた従来の手法に比べて多項式の暗号演算に起因する誤差が生じることが明らかになった．計算結果の誤差については，暗号計算に適した特徴量の形式として，実数の特徴量に対応した CKKS 方式だけなく，整数の特徴量に対応した BFV 方式を用いることが望まれる．

ロジスティックス回帰のモデルは機械学習の基本モデルのパーセプトロンと等価であり，ロジスティック回帰モデルのネットワークを用いて，Iris データセットを用いて4次元の特徴量を用いてアヤメ花の3種類を分類した．準同型暗号では，指数を伴う関数を扱うことができないためシグモイド関数の近似関数を用いた．暗号演算方式による分類では，セトサ種，バージニカ種，バージカラー種の各認識率は 96.7%，96.7%，83.3%で非暗号演算方式による分類ではすべての認識率が 97.9%となった．近似関数を用いた暗号方式では，シグモイド関数の近似誤差のために非暗号方式の認識率に比べて，認識率が低下した．

機械学習では MNIST データセットを用いて画像認識 CNN ネットワークを構成した．手書き数字，くずし字，ファッション商品の認識率は非暗号演算，暗号演算方式ともに 92%，66%，83%となった．各データの認識率の差は，手書き数字，くずし字，ファッション商品の特徴に依存していると考えられる．推論時間の問題で標準的な CNN ネットワークよりも畳込み層の数が非常に少ない構成にしたので，認識率が低くなった．非暗号演算方式の推論時間 T_A は 0.3545～0.4126sec で，暗号演算方式の推論時間 T_B は 6106～6542sec あった．時間比 T_B/T_A は 14990～17224 で非暗号方式に比べ暗号演算方式の推論時間が長くなった．

MNIST 手書き数字認識において線形関数 $f_1(x) = x$，2乗関数 $f_2(x) = x*x$，シグモイド近似関数 $f_3(x)$を使用した識別実験を行った．$f_2(x)$と $f_3(x)$を用いた暗号方式の認識率は 97%で，線形関数 $f_1(x)$の認識率 92%よりも良かった．暗号方式の推論時間は２乗関数 $f_2(x)$が最も短かった．

秘密暗号計算を用いた機械学習では，多項式環の剰余演算を用いるので，非暗号方式に比べて推論時間が増大した．そこで，推論時間を減らすには多項式の演算処理用ハードウエア（Intel AVX-512）[17]と GPU の並列処理 [18]を組み合わせて多項式の演算処理の高速化を図ることが必要であると考えられる．

参考文献

1) A. Acar, H. Aksu, A. Uluagac, and M. Conti: A Survey on Homomorphic Encryption Schemes, Theory and Implementation, ACM Comput. Surv. 51,4, Article 79 (2018).

2) Y. Wang, J. Ding, X. Gao, and T. Takagi:One Sample Ring-LWE with Rounding and Its Application to Key Exchange, 日本セキュリティ・マネジメント学会誌, 35 巻, 2 号, (2021), pp. 44-46.

3) J. Cheon, A. Kim, M. Kim, and Y. Song: Homomorphic Encryption for Arithmetic of Approximate Number, Advances in Cryptology– ASIACRYPT 2017, Lecture Notes in Computer Science, vol=10624, (2017), pp.409-437.

4) Z. Brakerski, C. Gentry, and V. Vaikuntanathan: Leveled Fully Homomorphic Encryption without Bootstrapping, in Proceedings of the 3rd Innovations in Theoretical Computer Science Conference, pp. 309–325, 2012.

5) R. Detrano, A. Jánosi, W. Steinbrunn, M. Pfisterer, J. Schmid, S.Sandhu, K. Guppy, S. Lee, V. Froelicher: International application of a new probability algorithm for the diagnosis of coronary artery disease, American Journal of Cardiology, vol. 64, no.5, (1989) ,pp.304-10.

6) R. Fisher: The use of multiple measurements in taxonomic problems, Annals of Eugenics, vol.7,no.2,(1936),pp.179-188.

7) H. Chen, K. Laine, and R. Player: Simple encrypted arithmetic library-SEALv2.1, In Brenner M et al (eds) Financial Cryptography and Data Security, Lecture Notes in Computer Science, vol.10323 ,(2017), pp.3-18.

8) L. Deng: The mnist database of handwritten digit images for machine learning research,IEEE Signal Processing Magazine, vol.29,no.6, (2012) ,pp.141–142.

9) Clanuwat et al: Deep Learning for Classical Japanese Literature, NeurIPS 2018 Workshop on Machine Learning for Creativity and Design, 2018.

11) I. Syafalni, D. Reynaldi, R. Munir, T. Adiono, N. Sutisna and R. Mulyawan: Complexity Analysis of Encoding in CKKS-Fully Homomorphic Encryption Algorithm, Proceedings of International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD), (2022), pp.1-5.

12) C. Gentry: Fully homomorphic encryption using ideal lattices, Proceedings of the forty-first annual ACM symposium on Theory of computing,(2009), pp.169-178.

13) A. Benaissa, B. Retiat, B. Cebere, and A.E. Belfedhal: Tenseal(library for encrypted tensor operations using homomorphic encryption), in Proceedings of The International Conference on Learning Representations Workshop on Distributed and Private Machine Learning,(2021),pp.1-12.

14)W. Jung, S. Kim, J. Ahn, J. Cheon, and Y. Lee: Accelerating Number Theoretic Transformations for Bootstrappable Homomorphic Encryption on GPUs, 2020 IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC), (2020), pp. 264-275.

15) Bishop, C. M.: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer (2006).

16) F. Rosenblatt: The Perceptron, A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain, Psychological Review 65 (6), pp.386-408.

17) F. Boemer, S. Kim, G. Seifu, F. Souza, and Vi. Gopal: Intel hexl: Accelerating homomorphic encryption with intel avx512-ifma52,(2021),arXiv preprint arXiv-2103.16400.

18) 井上 紘太朗,鈴木 拓也,山名 早人:完全準同型暗号の高速化に向けたハードウェア利活用に関する研究調査,第 19 回情報科学技術フォーラム 講演論文集 第 1 分冊 (2020), pp.97-102.

報　告

TBL によるアクティブ・ラーニング教育の実施とその効果

山本　浩貴*1

An attempt of active learning education using TBL and its effects

Hirotaka YAMAMOTO

文部科学省は，近年相次いで「アクティブ・ラーニング」や「主体的・対話的で深い学び」というキーワードを使って，大学を中心とした教育機関の教育改革を求める指針を発表している．その目的は「問題解決能力」を持ち，実社会で即戦力となる人材の育成である．さらにグローバルスタンダードな教育制度から大きく遅れた日本の教育制度を改革することも目的である．

本稿では，このような社会の要請を受け10年ほど前から筆者らが取り組んできたアクティブ・ラーニングである TBL(Team-Based Learning)の教育研究の取り組みを報告し，その教育効果と教育法の汎用性についても報告する．

1．はじめに

国際化，ダイバーシティ化，情報化という複雑な社会の変化から，教育界は上位の応用力レベル，創造力レベルを獲得するための新しい教育法を必要としている．高度な知識を習得する教育法として，著者ら研究グループが注目したのが TBL(Team-Based Learning)である．

日本ビジネス実務学会に所属する 6 大学，7名の研究者によって，(財)大学実務教育協会の研究委託を受け，それぞれの大学，教科で TBL による授業を行い，その教育成果を検証した．さらに著者が在籍した短期大学でも，学長裁量費研究委託を受け，個別の教科を担当する研究者のべ 5 名によって教育効果を分析した．研究の目的とするところは，教育効果の検証と，授業のフレームワーク化によって，誰が授業を担当しても一定の効果が得られるかという汎用性の研究である．これまでの研究成果を報告する．

2．アクティブ・ラーニングとその背景

2．1　文部科学省が提唱するアクティブ・ラーニング

文部科学省(以下「文科省」と称す)は，大学を中心とする高等教育機関に対して，近年相次いでアクティブ・ラーニングに関する提言を行っている．最近の主な提言を取り上げる．

・「大学教育の質の向上に向けたアクティブ・ラーニングの推進」(2014 年)．

アクティブ・ラーニングの重要性を認識し，教育方法の改革を促進するための提言が行われた．協働学習や学生が主体的に学ぶ環境を整えることが求められた．

・「高等教育の質保証に関する提言」(2016 年)．

アクティブ・ラーニングを含む多様な教育手法の導入を推奨し，教育の質を向上させるための具体的方策が示された．

・「新しい時代の大学教育の在り方に関する提言」(2020 年)．

デジタル技術を活用したアクティブ・ラーニングの推進が強調された．

アクティブ・ラーニングは単なる教育手段であり，それを文科省が推奨する理由は，2008 年(平成 20 年)の中央教育審議会答申にある「学士力」の育成が目的であると考えられる．学士力では，①多文化理解，人類の文化，社会と自然に対する理解，②コミュニケーション・スキル，数量的スキル，情報リテラシー，論理的思考力，問題解決能力，③自己管理能力，チームワーク・リーダーシップ，倫理観，社会的な責任，生涯学習力，④批判的思考力が挙げられている．学士力を達成するための教育手法がアクティブ・ラーニングである．

*1　情報システム技術科　講師

文科省の提言に影響を与えたのは，経済産業省が提唱する「社会人基礎力」である．社会人基礎力とは，「前に踏み出す力」，「考え抜く力」，「チームで働く力」の3つの力である．「職場や地域社会で多様な人々と仕事をしていくために必要な基礎力として，経済産業省が2006 年から提唱しています．」と明記され*1，従来の受け身だけでなく，産学官による主体的学びの必要性を訴えている[1]．

2．2 グローバル・スタンダードな教育制度

文科省がアクティブ・ラーニングを大学に推奨するもう一つの理由が，グローバルスタンダードな教育制度からの遅れの解消である．日本の高校を卒業しても，世界大学ランキングで毎年 1，2 位のケンブリッジ大学，オックスフォード大学には，受験資格さえ与えられない．日本の教育制度は，ダイバーシティ化した世界を想定した欧米を中心とするグローバルスタンダードな教育制度から大きく遅れているからである．その解消のための対策が，2020 年から始まった大学入試改革である．それによって，大学入試だけでなく，幼稚園，小学校，中学校，高等学校の教育制度までのすべての教育制度を，グローバルスタンダードな教育制度に合わせようというのが狙いである．

グローバルスタンダードな教育として文科省に採用されたのが CEFR（Common European Framework of Reference for Languages:ヨーロッパ言語共通参照枠）である．

「高等学校のための学びの基礎診断」として，2021 年から始まった「大学入学者選抜に係る大学入学共通テスト」は，CEFR や IB（国際バカロア），OECD（経済協力開発機構）の PISA などを参考に創られたといわれている．従来のように知識・技術の習得を1点刻みで診断するのではなく，A,B,C の3段階，それをさらに2段階の計6段階に分けて評価するシステムである．文科省は2008 年以降，表 1 のように「学力の 3 要素」として，CFER の A1 から C2 の 6 段階に合わせるように，3 段階の学力レベルを示した．従来の大学入試は知識・技能を1点刻みで診断していたが，応用力を問う「思考力」「判断力」「表現力」レベル，さらに創造力，コミュニケーション力を問う「主体性」「多様性」「協働性」を問うレベルまで高めたのである．また現在，大学教育でも「主体性」「多様性」「協働性」のレベルが問われている[2]．

	高校 3 年生			高校 2 年生		
2020 年の大学入試問題	各大学個別独自入試		大学入学希望者学力評価テスト	高等学校基礎学力テスト		
学力の 3 要素	主体性 多様性 協働性	思考力 判断力 表現力		知識 技能		
CFER	C2	C1	B2	B1	A2	A1
	学問レベルの議論・探求ができる		新聞を活用して市民社会について議論できる		日常会話レベルがスムーズにできる	

表 1　CEFR と学力の 3 要素と大学入試

3．TBLによる授業の取り組み

3．1　TBL とは

TBLは1970年代後半，Larry Michaelsenによって始められた[3]．その後，主に医学教育の場で活用された．医学教育の現場では3つの難題と向き合っていた．第1に，膨大な量の知識を教えなければならず，その量は増え続けていた．単に覚えなければならない知識量は学生の限界に達しようとしていた．第2に，学生は知識だけでなく治療のための応用技術を習得し，治療のための力を身につけなければならなかった．応用技術を習得するための時間も不足していた．第3に，社会の要望に応える形で，人間としての基本的な技能，チーム医療を推進する上で，チーム，患者とのコミュニケーション能力も求められた．

これらの問題を一挙に解決するための教育手法として，知識を習得するインプット学習をしながら，応用力を養成するアウトプット学習も行い，かつコミュニケーション能力の育成も図るTBLが採用された．そして現在でもTBLは医学教育の現場で多く活用され，日本でもTBL関係の文献を探すとそのほとんどが医学教育の手法としての研究論文である．

著者らは医学教育に活用されていたTBLを社会科学系の経営・ビジネス教育にも応用できないかと考えた．

Larry Michaelsenが実施したTBLは90分授業用ではなく，講義を実施した後に，応用力を養成するために数回TBLによる授業を実施した．これを日本の社会科学系の教育に応用するため，15回の講義すべてをTBLによって実施しようと試みた．

*1 経済産業省ホームページ：
https://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/index.htmll

3．2　TBL による授業のフレームワーク

TBL による授業の進め方のフレームワークは図 1 のとおりである.

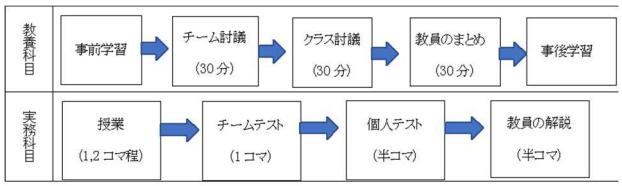


図1　TBLのフレームワーク

図 1 の教養科目向きのフレームワークは，日本ビジネス実務学会の著者ら研究グループで実施したフレームワークで，当グループの大橋が最初に考案した．知識の習得だけでなく，コミュニケーション能力，プレゼンテーション能力の向上を目的とした.

図 1 の実務科目向きは，Larry Michaelsen が考案し，医学教育用のフレームワークとして活用されている．これを我々研究グループは，国家試験や高度な検定試験対策の授業用として応用・改善した．これは教員による授業の後，チームテスト問題をチームで協力して解答する．これにより個人の知識習得につながる．その後個人テストを行い，最後に教師の解説を行う.

実務科目向きも，1チーム 5～8 名程度のチームで互いに教え合い，問題を解答することで互いに刺激し合い，知識が何度も交換されることで，知識の定着率は大きなものとなる．またコミュニケーション能力，プレゼンテーション能力の向上も大きいとアンケートからも確認できた.

3．3　TBL とラーニングピラミッド

図 2 はラーニングピラミッドと呼ばれ，アメリカ国立訓練研究所が平均学習定着率を調査した結果である．半年後に学習した内容をどの程度憶えているかを，学習形式ごとに分析したものである.

驚くことに知識の定着率は，講義では 5%しかなく，

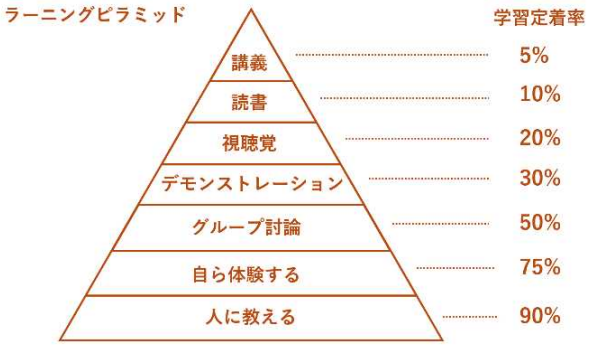


図 2　ラーニングピラミッドと TBL

下に行くに従って定着率は上昇している．また下に行くに従って，学生が自ら主体的に学ぶ学習手法，すなわちアクティブ・ラーニングの比率要素が大きくなり，教育効果も大きいことがわかる．TBL は「グループ学習」を主として「他の人に教える」という要素が加わっており，高い学習効果が期待できることが理解できる.

4．これまでのTBLによる教育研究の取り組み

4．1　6大学によるTBLの共同研究(2014年)

著者ら研究グループで，TBL による教育研究を始めたのは 2014 年日本ビジネス実務学会九州支部で(財)全国大学実務教育協会の研究委託を受け，取り組んだのが最初で，それから 10 年以上にわたって研究を続けた.

【研究の実施内容】

(1)　研究目的

①　TBL による教育効果の検証

②　TBL の継承を目的とした研修

③　汎用性の研究．TBL をフレームワーク化することで，誰が実施しても一定の効果を挙げられるか

(2)　研究チーム

日本ビジネス実務学会九州支部　6 大学，7 名

(3)　調査回数　全 15 回の授業参観，記録，研究会

(4)　調査方法　毎回授業後のアンケート(14 回分)

最終アンケート

(5)　授業内容

教科「ビジネス実務総論」(経営学の一分野)を，先行して TBL を実施している大橋の講義を毎週参観し，ビデオ撮影して記録し，同時並行して各自の大学で実施している TBL 授業の問題点を出し合い，技法の習得に取り組んだ．なるべく同じ環境で検証する目的で，同じテキスト，前述の同じ「教養科目のフレームワーク」を使って実施した.

(6)　研究結果

TBL の授業初心者の教員による半年間の授業において，3 校 38 名の学生のアンケートの結果は次のようになった．この授業で重点目標としたのは次の 4 項目であった.

①　主体性(考えを持つこと)　81.6%

②　発信力(考えを伝えること)　79.0%

③　傾聴力(考えを聞くこと)　100%

④　振り返る力(事後学習による)　87.6%

「十分理解できた」「ほぼ理解できた」を合わせると，上記のような数値になり、このレベルは学生はほぼ身に

付けたと自己の成長を実感していると考えられる.

また毎回授業後に, 上記の 4 つの力について自己評価アンケートを実施しており, 最初の状態を 2 としたとき, 最終的な 5 点満点の自己評価は次のようになった.

① 主体性(考えを持つこと) 2⇒3.8
② 発信力(考えを伝えること) 2⇒3.4
③ 傾聴力(考えを聞くこと) 2⇒3.6
④ 振り返る力(事後学習による) 2⇒2.8

半年間, 目標としてきた 4 つの力について, ほぼ向上したことを学生は実感していた. ちなみに 5 点満点で 1 という回答は全くなく, 2 はほとんどなかった.

また TBL のフレームワークに従って授業を行えば, TBL 初心者の教師による授業でも一定の成果を挙げられることを確認できた. 同一の教科, テキスト, フレームワークという条件で研究したため, 3 校のみになったが, TBL の汎用性の研究と重点目標の達成という意味では他の 3 校も意義がある研究であった.

学生も 4 つの力の向上を自覚したことが, 以上のレポートやアンケートからも十分確認できたと考えられる [4].

4. 2 南九州短期大学における学長裁量費研究

(1) 4 つの力の成長分析

2021～2023 年まで, TBL の普及と研究を目的として, 学長裁量費研究を受託し, 異なる教科, 教員による TBL の教育効果研究と汎用性(異なる教科, 教員でも共通のフレームワークを活用すれば一定の効果を挙げられるか)について研究を行った. さらに, AI を活用したテキストマイニングによって, 学生の自己評価文を分析した.

TBL のフレームワーク, 毎回の授業後アンケート, 最終アンケートは4. 1節の 6 大学の共同研究と同じものを使った. ただし, 今回は異なる教科でその効果を検証した.

(1) 研究目的
① 異なる教科による TBL の教育効果の検証
② TBL の継承を目的とした研修
③ 汎用性の研究. TBL のフレームワーク化.
④ テキストマイニングによる効果の分析

(2) 研究チーム 社会科学系の科目を担当する 5 名.

(3) 調査教科 研究参加教科は 8 教科. 教養科目と実務科目とではアンケートが異なっているため, 表 2 の教養科目 3 教科のみを調査対象とした.

(4) 調査方法 毎回授業後のアンケート(14 回分)
最終アンケート

(5) 授業内容 フレームワークを統一し, 異なる教科においても, TBL の教育効果があるかを検証. そのためテキストも授業内容もそれぞれ異なることになる.

(6) 研究結果

最終アンケートを分析すると, 各教科の結果は次のようになった. 前回と比較するために, 4. 1節と同じように, ①主体性(考えを持つこと)②発信力(考えを伝えること), ③傾聴力(考えを聞くこと), ④振り返る力について「十分理解できた」「ほぼ理解できた」を合わせると, 表 2 のようになった.

表 2 2021 年度アンケート集計

対象科目	社会学	プレゼン演習	秘書検対策
人数	28 名	24 名	15 名
① 主体性	96.5%	83.3%	100%
② 発信力	85.7%	75.0%	100%
③ 傾聴力	96.3%	100%	93.3%
④ 振り返る力	96.4%	58.3%	86.7%

以上のように, 半年間の授業経験で, 学生たちが大きく自信をつけていることが伺える [5].

2022 年度の研究参加教科は 6 教科であったが, 教養科目 3 教科をアンケート集計の対象とした. その結果を表 3 に示す.

表 3 2022 年度アンケート集計

対象科目	秘書検対策	マーケティング	プレゼン演習
人数	11 名	28 名	13 名
①主体性	90.9%	96.5%	100%
②発信力	90.9%	89.3%	100%
③傾聴力	100%	100%	100%
④振り返る力	90.9%	85.7%	92.3%

前年に引き続き高い評価で, 学生たちは自己評価していることがわかる. 半年間の講義とプレゼンテーションにより学生たちの成長が伺える. これは4. 1節の取り組みとほぼ同じ結果であり, TBL によるコミュニケーション力の向上には, 効果があったと考えられる.

さらに, 教員による違い, 教科による違いもほとんどなく, すべての教科で高い成果を挙げているため, 同じフレームワークを活用すれば, 誰が授業を行っても一定の効果が挙げられると考えられる.

(7) 対象 3 教科のアンケートによる成長分析

図 3 は 2022 年の最終アンケートを基に 3 科目の全評

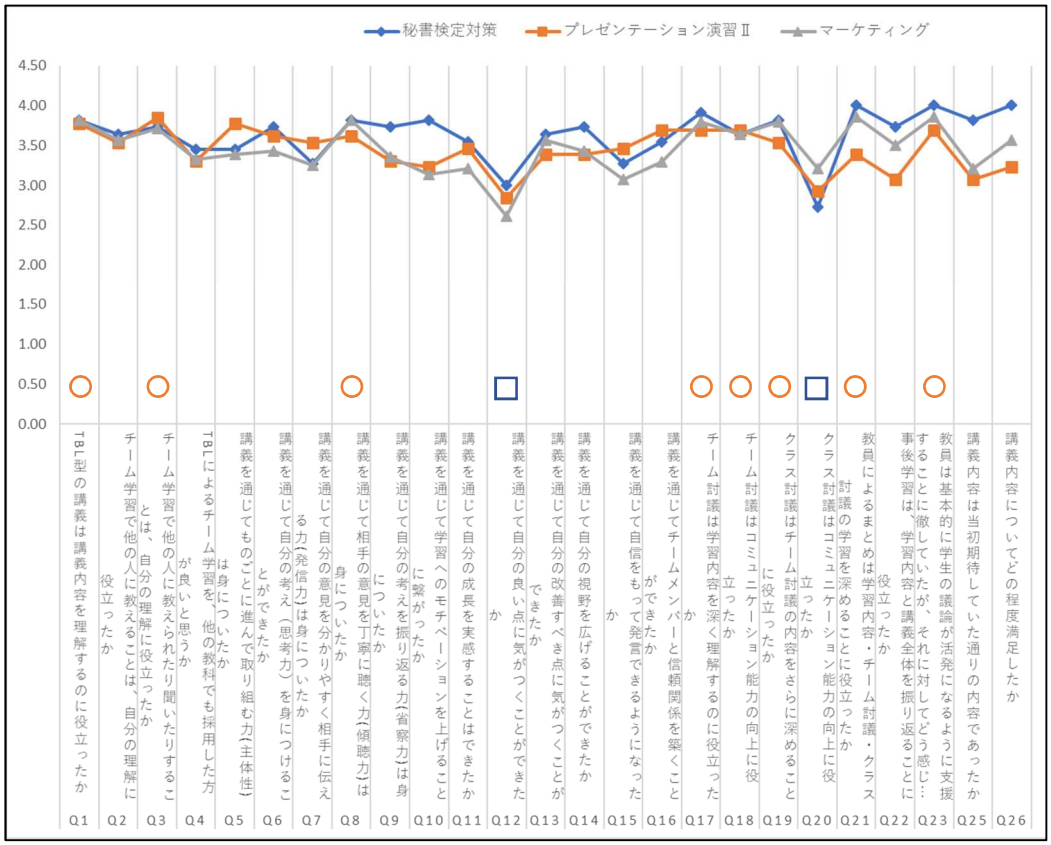


図 3　2022 年度最終アンケートの科目別比較グラフ

価を比較したものである.

〇で示した設問は, 比較的全教科揃って評価が高かった設問であり, □で囲んだ設問は揃って評価が低かった設問である.

図 3 より, どの教科も自分の成長を自覚した高い評価の設問と, まだ学生が自信を持っていない低い評価の項目は, ほぼ全教科同じ傾向を示しているのがわかる. これはフレームワークの活用で, 誰が行っても一定の成果を挙げられることを示していると考えられる.

●評価が高い設問(グラフの 〇 の項目)

・Q1 TBL 型の講義は理解するのに役立ったか？
・Q3 チームで人に教えることは理解に役立ったか？
・Q8 相手の意見を丁寧に聞く力は付いたか？
・Q17 チーム討議は深く理解するのに役立ったか？
・Q18 チーム討議はコミュニケーション能力の向上に役に立ったか？
・Q19 クラス討議はチーム討議向上に役立ったか？
・Q21 教員によるまとめは学習の理解に役立ったか？
・Q23 教員は議論が活発になるよう支援したか？

●評価が低い設問(グラフの □ で囲んだ項目)

・Q12 講義で自分の長所に気が付く事ができたか？
・Q20 クラス討議はコミュニケーション能力の向上に役立ったか？

評価が低い項目は, まだ授業経験が半年と少ないため, クラス討議に慣れていないことが理由で, 全体でのクラス討議や発言にはもう少し経験が必要と思われる.

4. 3 テキストマイニングによるアンケート分析

2022 年度のアンケート総数は 162 名であった. その各設問の自由記述・感想などを AI(ChatGPT3.5)のテキストマイニングを使って教育効果を分析した. 記述の制限上, アンケートの「Q1 TBL は講義内容の理解について役立ったか」という設問についてのみ分析する.

テキストマイニング(Text mining)とは, 自然言語処理ソフトを用いて自然言語で書かれた文章の解析を行い, 知識を抽出する技法である. R や Python が代表的だが今回は ChatGPT を活用した解析システムを利用した[6].

テキストマイニングでは, まず形態素解析により文章を意味を持つ最小単位, 名詞, 助詞, 動詞, 形容詞などに分解し, その最小の形態素の役割を見分ける.

次に構文解析(係り受け解析)によって, 文節と文節の関係を調べて文章の構造・組み立てを明らかにする. 係り受け解析とは, どの語がどの語を修飾, 補足, 接続しているかを解析する. そして各文節の文中での役割をあきらかにし, 文全体の構造を把握するものである.

(1) ワードクラウドによる分析

文章中に出現する出現頻度やその重要度に応じてス

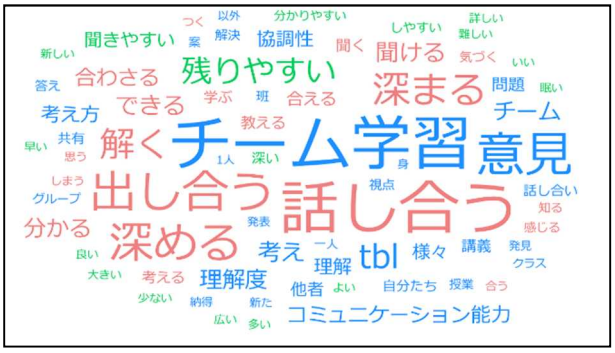


図 4　ワードクラウドによる解析

コアをつけて算出し，出現頻度や重要度に応じてフォントの大きさでその重要度を示すものである．この結果を図 4 に示す．名詞は青色，動詞は赤色，形容詞は緑色，感動詞は灰色で表示されており，大きく表示した単語ほどスコアが高い重要な単語と判断される．

「チーム学習」，「意見」，「出し合う」，「話し合う」，「深める」，「解く」，「深まる」，「残り易い」，「TBL」，「分かる」などのキーワードが高いスコアを得ており，TBL による学習効果を学生たちが自覚していると考えられる．

このように，チーム学習の特徴やその学習効果を学生たちが実感していることが，分析から推察できる．

(2) 共起ネットワークによる分析

共起とは，一文の中に単語のセットが同時に出現することである．この結果を図 5 に示す．出現数が多いほど大きく表示され，同じ文中で近くに関係しあうほど太い線で大きく関係し合っていることを示している．

最も大きなクラスタ(グループ)に注目すると，「できる」に対して「意見」，「考え」，「聞く」，「チーム」，「分かる」，「理解」，「深まる」などのキーワードが太くつながっており，相互に良い影響をし合っていることがわかる．

(3) 2次元マップによる分析

2次元マップは，文章中に単語の出現傾向を全体的に俯瞰するためのツールで，近くにある単語は同じ場所で頻繁に出現し，遠くの場所の単語は同じ場所では出現していないことを示す．解析結果を図 6 に示す．同じ色は同じグループで出現しており，近いほど同じ場所で出現していることを示している．

各グループの色分けしたキーワードを見ると，

① 良い，解く，気づく

② 感じる，分かる，答え，聞ける，チーム，聞く

③ 深める，チーム学習，考える，理解

④ できる，問題，解決，意見，深い，他

などが，同じグループの中で同時に出現しており，TBL によるチーム学習の良い成果が伺える [7]．

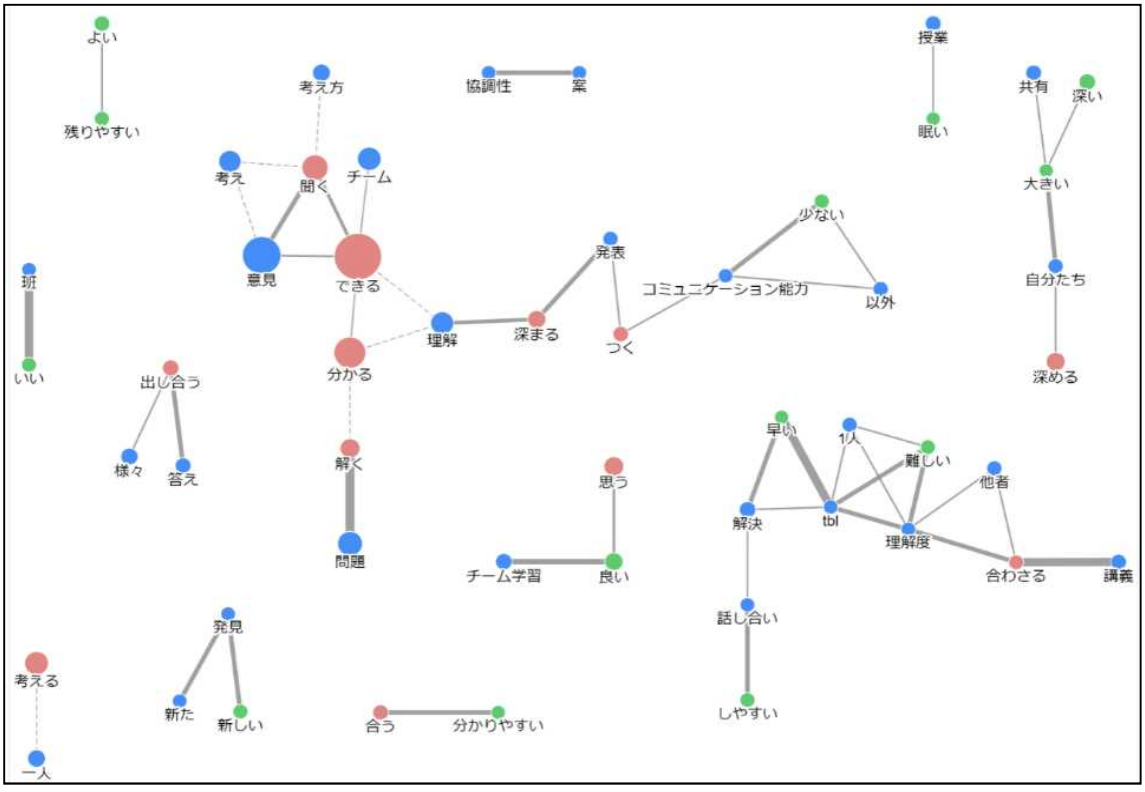


図 5　共起ネットワークによる解析

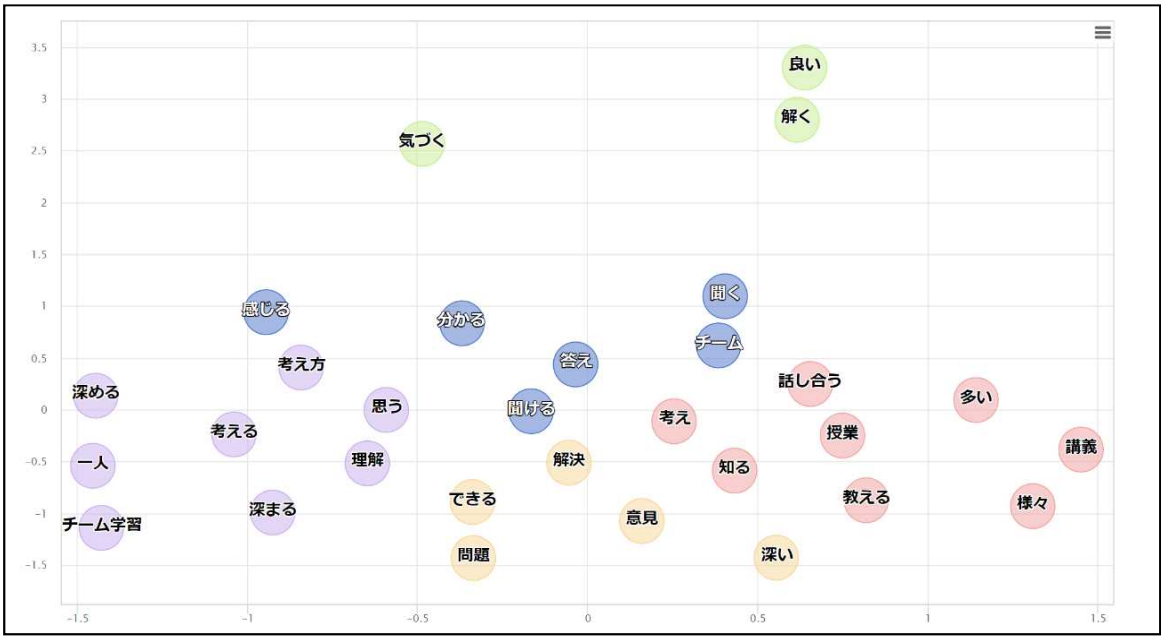


図 6　2 次元マップによる解析

5. おわりに

本報文は，10 年間の著者らの研究成果を報告するものである．結果をまとめると次のようになる．

フレームワークを活用することで，誰が授業を実施しても，程度の差は多少はあれ一定の教育効果が得られることが確かめられた．

社会科学，教養科目分野の様々な教科に応用しても，高い効果があげられた．特に教養科目においては，コミュニケーション力とプレゼンテーション力の向上には高い成長を認めることができたため，就職対策（特に面接対策）に有効であると認識された．そのため短大では 1 年生後期に教科を配置し，就職対策も兼ねて成果を挙げた．

実務科目対策では，高い専門知識の習得に効果を発揮した．特に高難易度の秘書検定試験準 1 級，基本情報技術者試験，IT パスポート試験などで効果を確認できた．

今後も，高い効果を発揮できる TBL の普及と様々な教科への応用研究を進めていきたい．

参考文献

1) 山本浩貴著:「アクティブ・ラーニングの試みとコミュニケーション能力の育成」，東筑紫短期大学研究紀要第 45 号，2014 年 12 月．
2) 山本浩貴著,「2020 年度の大学入試改革とアクティブ・ラーニング」，東筑紫短期大学研究紀要第 48 号,2017 年 12 月．
3) Larry K.Michaelson,Dean X.Parmelee,Kathryn K.Mcmahon,Ruth，E.Levine 著:「TBL－医療人を育てるチーム基盤型学習」，株式会社シナジー,2009 年．
4) 九州 TBL 研究会著,「TBL（チーム基盤型学習法）を活用したビジネス実務教育における学習法」，2015 年 6 月．
5) 山本 浩貴,柚木崎千春,秋谷公博,田中 利砂子著:「TBL(Team-Based Learning)の教育効果と汎用性の高いフレームワーク化に関する研究」，南九州短期大学研究紀要第 28 号，2022 年 5 月．
6) (株)ユーザーローカル，https://chat-ai.userlocal.jp
7) 山本浩貴,土田博,柚木崎千春著:「TBL(Team-Based Learning)の教育効果と汎用性の高いフレームワーク化に関する研究Ⅱ」，『南九州短期大学研究紀要』第 29 号，2023 年 5 月．

２．特　集

特　集

半導体技術科の教育カリキュラムの紹介

藤本憲雄[*1]

Introduction of educational curriculum in Department of Semiconductor Engineering

Norio FUJIMOTO

半導体技術科では，半導体の基礎理論から応用技術まで幅広く学ぶ．まず，物理学や電子回路，材料科学の基礎を学び，半導体の動作原理や電子・ホールの移動，バンド理論などの理解を深める．また，集積回路やトランジスタ，ダイオードといった半導体デバイスの設計・製造プロセスも学ぶとともに，半導体製造工程や装置のメンテナンス等の実験・実習を行う．このようなカリキュラムを通して，即戦力となれる実践技術者を育成する．

1．はじめに

令和3（2021）年10月のTSMCが熊本進出を発表した．TSMCは，世界一位の半導体ファウンドリーメーカーである．これを受けて，熊本県では受け入れ態勢を整えるために推進本部や推進プロジェクトチームが立ち上がった．この中で，熊本県立技術短期大学校（以下，技大という）に半導体に関わる学科の設置が決定し，令和6（2024）年4月，本学に「半導体技術科」を新設した．

本学は職業能力開発短期大学校（職業能力開発促進法15条の7第2号）であるため，従前の技術科に対する厚生労働省基準の教育カリキュラム（以下，カリキュラムという）は，職業能力開発大学校にある基盤整備センターにより提示されている．しかし，全国の職業能力短期大学校で初めて設置される技術科であるため，厚生労働省基準は提示されていない．そこで，新学科設立に当たってカリキュラムの作成が必要となった．

カリキュラム作成に当たっては，電子技術科に対する厚生労働省のカリキュラムモデルを基本とした．これに半導体工学，機械工学関連科目を追加し，有識者や技術者からの助言を受けながら技大独自のカリキュラムを完成した．

本稿は，学科新設にあたり，半導体技術科のカリキュラムをまとめたものである．

2．半導体技術科の位置づけ

本学には，既存学科として，精密機械技術科，機械システム技術科，電子情報技術科，情報システム技術科の4学科があり，令和6年4月から新学科である半導体技術科を加えて5学科となった．

本学科が育成する人材は，「半導体製造と半導体製造装置に関する技能・技術を持つ実践技術者」である．この人材育成のためは，半導体プロセスだけでなく，機械工学，電子工学までの幅広いカリキュラムをカバーする必要があり，図1に示すような既存学科と重複する領域が生じることとなる．したがって，半導体技術科は，情報システム技術科，電子情報技術科，機械システム技術科にまたがった位置づけとなる．

既存学科と重複しない半導体工学独自の領域としては，半導体プロセス工学や半導体製造などに関わる工学分野が中心となる．一方，重複している領域としては，半導体製造装置の製造や装置の動作制御などの機械工学がある．また，電子回路，デジタル回路，プログラミングなどの情報，電子工学がある．

3．教育目標と3つのポリシー

半導体技術科の教育目標および3つのポリシー，すなわち，アドミッションポリシー，カリキュラムポリシーおよびディプロマポリシーを図2に示す．教育目標は育成すべき人材を詳しく記述したものである．

本学科では，半導体工学を学びたい人材を受け入れたいと考えている．そこで，アドミッションポリシーとしては，半導体業界に興味を持ち，学んだ知識を用いて日本の科学技術の発展に貢献することを目指すような人としている．

*1　半導体技術科，准教授

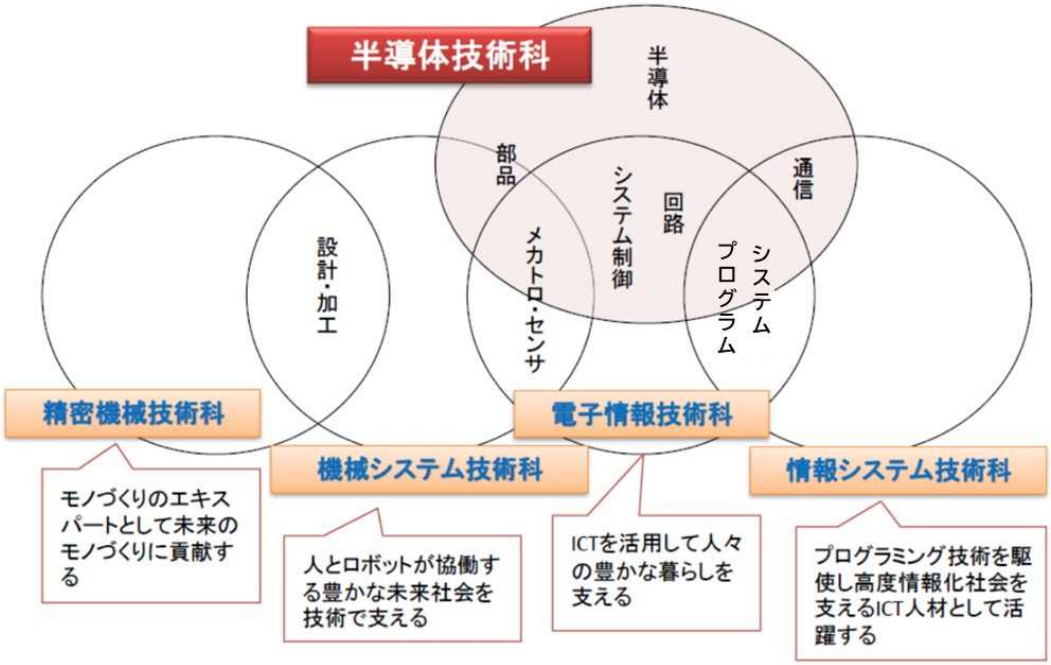


図1　半導体技術科の位置づけ

＜教育目的＞

電子および機械技術を基礎とし，半導体製造フロー，半導体プロセス，電気特性，半導体物性の知識を備えた半導体製造に関する分野で活躍できる実践技術者を育成します．

＜アドミッションポリシー＞

半導体業界に興味を持ち，物理，化学，数学の知識を用いて科学技術の発展に貢献することを目指す，次のような人を求めます．

・半導体業界に興味がある人
・次世代デバイスの開発に関心のある人
・日本の科学技術の発展に貢献したい人

＜カリキュラムポリシー＞

電子，機械，半導体の基礎を学び，それらを活用した半導体製造全般を理解した実践技術者の育成を行います．

・半導体製造の流れを理解し，各工程で行われている処理やメカニズムについて実習を含めた教育を行います．
・製造装置の動作原理や使用方法，メンテナンス方法等について実習を通した教育を行います
・設計から製造，評価までを一貫して学ぶことができる実践的な教育を行います．

＜ディプロマポリシー＞

半導体製造フロー，半導体プロセス，電気特性，半導体物性の知識・技能・技術を習得した実践技術者の育成を目的とした教育プログラムを学修し，所定の単位を所得し，かつ所定の学修成果を達成した者に本学の卒業を認定します．

図2　教育目標およびアドミッションポリシー/カリキュラムポリシー/ディプロマポリシー

入学後のカリキュラムでは，次章以降に詳細に述べるが，専門性を高めて，実験・実習・演習を組み合わせた実践的な教育を行えるように構成している．これにより半導体の裾野の広い領域の知識や技術を習得した実践技術者を育成する．

ディプロマポリシーとしては，教育プログラムを学修し，所定の単位を所得し，かつ所定の学修成果を達成した者に本学の卒業を認定するとしている．

4．カリキュラム概要

カリキュラム作成に当たっては，電子技術科に対する厚生労働省のカリキュラムモデルを基本とした．これに半導体工学，機械工学関連科目を追加し，有識者や技術者からの助言を受けながら技大独自のカリキュラムを

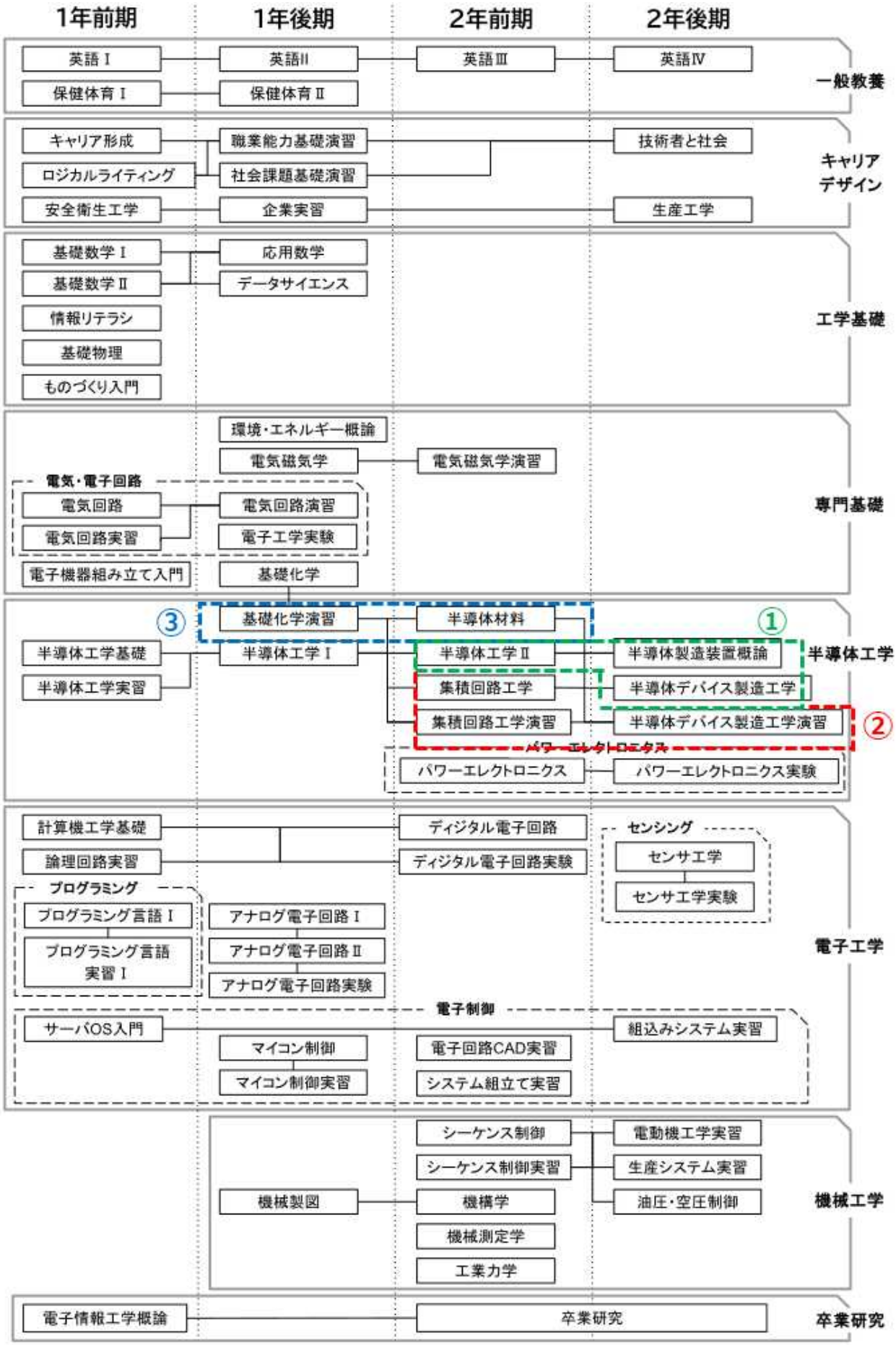


図３　半導体技術科　学科フロー

完成させた．学科目フローを図3に示す．

まず，1年前期には，電子情報系3学科の共通科目を学び，前期終了時に学生の希望に応じた学科分属を行なう．後期からは，半導体関連の専門科目を学ぶための専門基礎科目を学習する．2年前期には，半導体工学・電子工学・機械工学の基礎科目を学習する．そして，2年後期には前期で学んだ内容を踏まえて実験や実習などを行うとともに，卒業研究を行う．

本学の半導体工学に関わるカリキュラムの中に3つの特色がある．まず，図中の点線で囲まれた①の2年後期の「半導体製造装置概論」，「半導体デバイス製造工学」は，実機による半導体デバイスの製造工程を体験し，検査までの一連の流れを実習する科目であり，詳細は5．1節で述べる．

つぎに，点線で囲まれた②にある「半導体デバイス製造工学演習」は，半導体の設計・製造・検査を体験できる科目であり，詳細は5．2節で述べる．

最後に，点線で囲まれた③にある「基礎化学演習」，「半導体材料」はプロセスの化学反応や半導体材料の物性の理解のための科目で，詳細は5．3節で述べる．

5．特色あるカリキュラム

5．1　実機による半導体製造作業の体験

半導体製品は，多くのプロセスを繰り返すことにより製造されており，それら対象に図4に示すような半導体プロセス教育が行われる．すなわち，「半導体デバイス製造工学」で各工程の内容を学び，「半導体製造装置概論」において各工程で使用される装置について学ぶとともに，実機による半導体製造作業を体験することができる．

「半導体デバイス製造工学」では，各工程に関する内容だけでなく，実際のトラブル事例等を紹介した実践的な教育を実施する．

「半導体製造装置概論」では．各プロセスの知識をベースとして，半導体デバイスを作成するプロセスフローおよび装置について学習する．プロセスフローについては，180nmCMOS プロセスフローを題材として学ぶ．加工形状だけではなく，製造におけるばらつき（面内ばらつき，ロット間ばらつき等）を加味してプロセス条件を決めていることを理解することができる．

一方，半導体製造現場で使用される実機を用いた製造作業の体験を，本学と連携協定を締結した大津町にある日総工産（株）に訓練施設において行う．施設には，疑似クリーンルームがあり，エッチング装置と CVD 装置が置かれ，300mm ウェーハを対象とした実務と同等の作業を体験することができる．実習の様子を図5に示す．

図5　日総工産（株）における実習の様子

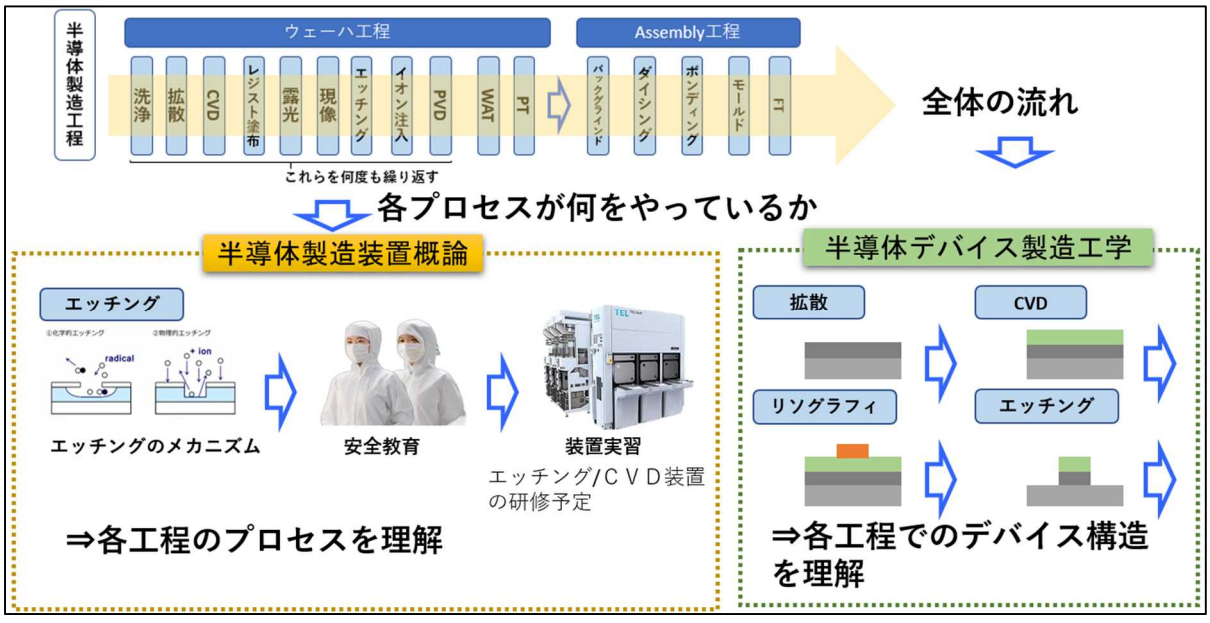


図4　半導体プロセス教育の概要

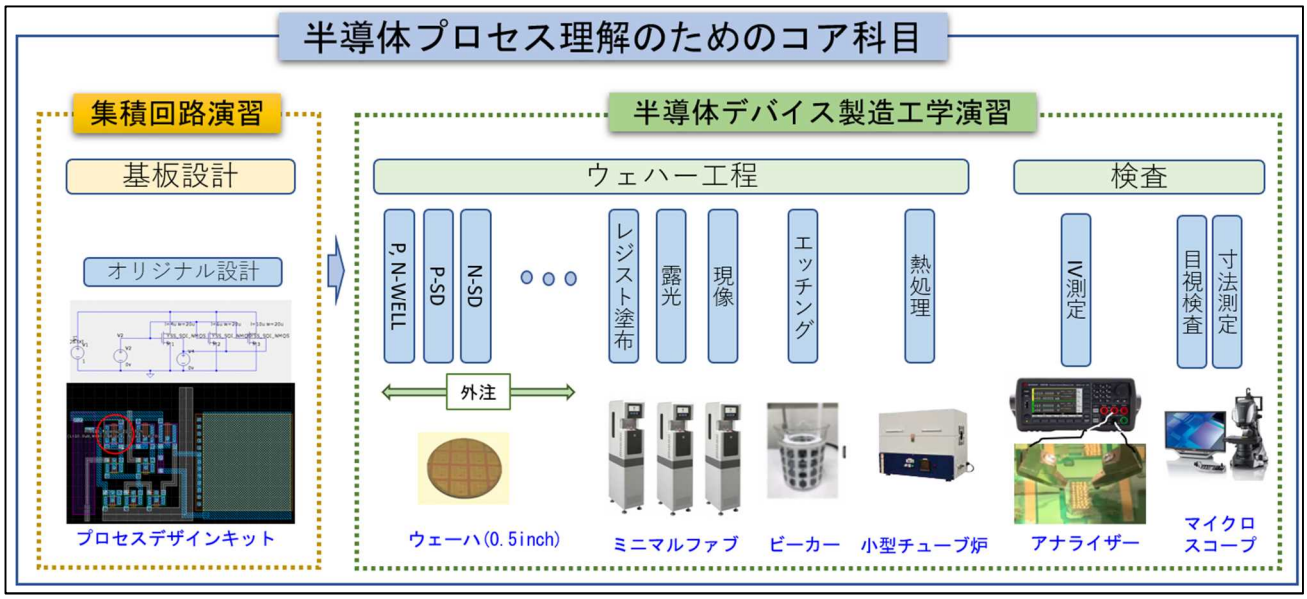


図６　半導体デバイスの設計・製造・検査教育の概要

図7　実習用リソグラフィ装置（ミニマルファブ）

図9　半導体材料の実習室

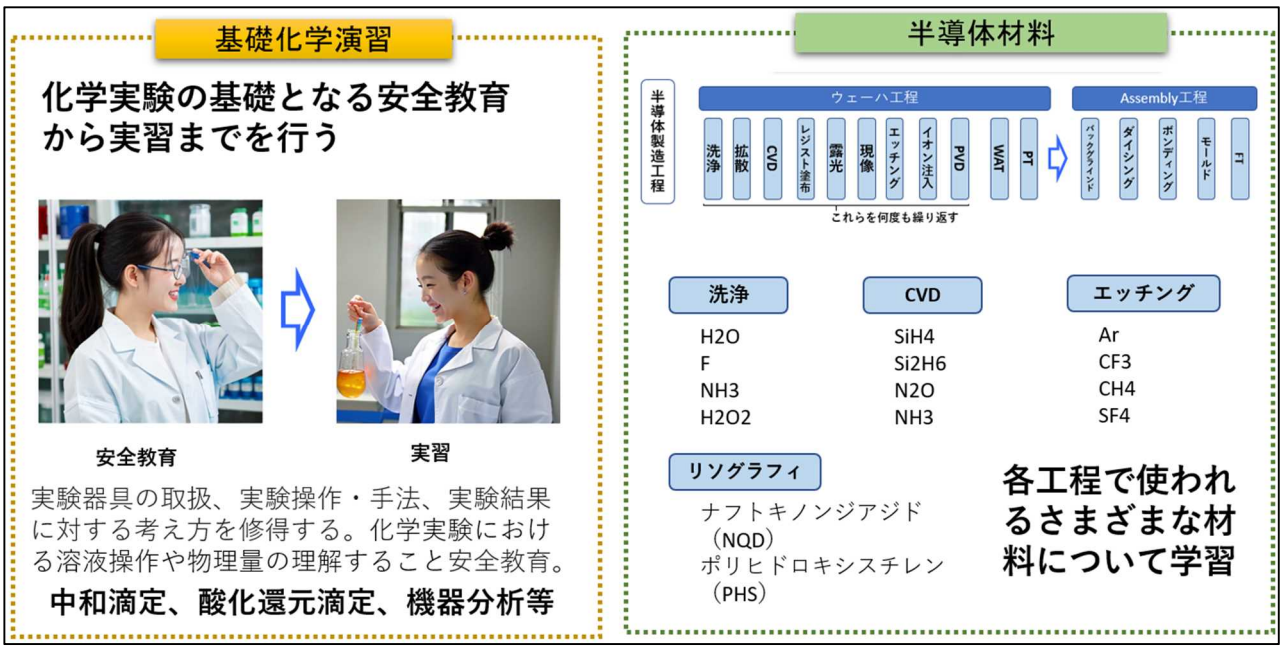


図8　半導体材料教育の概要

本実習を通して安全教育を学ぶとともに，実務に近い形で技術・技能を取得し，即戦力となることを目指す．

5．2　設計・製造・検査の体験

オリジナルの半導体デバイスを設計・製造・検査までを行う．その概要を図6に示す．すなわち，「集積回路工学演習」で CAD を使って学生オリジナルな回路を設計し，「半導体デバイス工学演習」において，半導体デバイスを製造・検査を行う．

多くの半導体製造プロセスを本学だけですべて行うことは不可能である．そこで，設計した回路をもつ半導体製造の一部を外部委託し，最後の工程であるリソグラフィ工程（レジスト塗布，露光，現像）およびエッチング，熱処理を行って半導体デバイスを完成させる．また，完成したデバイスを評価する検査を体験する．

具体的には，図7に示す装置を使ってリソグラフィ工程におけるスピンコーターの回転速度や露光機の露光時間等の条件を変化させた実験を行い，熱処理後の半導体の線幅やパターンの形状の変化をマイクロスコープにより確認する．また，完成品の回路特性をアナライザにより検査する．

本実習を通して，学生は実験室にいながら半導体デバイスが作られていく過程を深く理解し，実践的なスキルを習得することが可能となる．

5．3　半導体物性・材料実習

半導体製造のそれぞれの工程では様々な化学物質や材料が用いられており，それらの材料や化学反応の環境がデバイスの特性や信頼性等に影響を与える．

そこで，「基礎化学」，「基礎化学演習」において，材料の性質や特性やそれらの化学反応などを深く理解し，「半導体材料」において，工程で使用される物資や材料について学習する．その概要を図8に示す．また，ドラフトチャンバーが置かれた実習室の様子を図9に示す．

本学習を通して，学生は，半導体材料の合成，分析を行うとともに，材料の特性評価といった一連のプロセスを体験し，半導体デバイスの製造に不可欠な半導体物性の基礎知識と薬品の安全な取り扱い方や分析装置の使用方法などを含めた化学実験スキルを習得することができる．

6．おわりに

半導体技術科では，最先端の半導体技術を学び，未来社会を支える実践技術者を育成する．特色のある半導体工学カリキュラムと電子工学から機械工学のカリキュラムの整備により，裾野の広い半導体工学を俯瞰して学ぶことができる．また，企業との連携によるインターンシップや連携企業との実機を用いた実務教育も充実しており，卒業生は半導体メーカーをはじめ，幅広い分野で活躍することができると考えられる．また，教員は地元企業と密接に交流しながら，教育研究や地域貢献にも積極的に参加し，本学の中期目標のスローガンである「地学一体で魅力ある大学へ」を目指して活動している．

なお，本稿は新学科開設時での半導体技術科のカリキュラムの概要をまとめたものであるので，今後は授業や実習を積み重ねながら，カリキュラムを見直し，さらに教育内容を充実させていきたい．

３. 教職員および学生の活動状況一覧

2024 年 1 月～12 月

1. 国内会議・研究会等

タイトル	著者名	掲載誌名・巻・号・頁・年	発表月
卓上射出成形機の改良	中野　貴之	実践教育研究発表会（東京大会）・2024	8 月
職業訓練における文章作成能力の育成について	福田　真 秀山　文彦	実践教育研究発表会（東京大会）・2024	8 月
ハイインピーダンス状態を用いた超多入力ニューロン電子回路に関する一提案	藤本　憲雄 他 3 名	第 26 回日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会・2024 年	12月
「大腸菌細胞内で形成されたセレンナノ粒子は細胞膜に包まれて排出される」	藤岡　大毅 他 7 名	日本毒性学会 生体金属部会 第 7 回日本セレン研究会	3 月
「大腸菌のセレンナノ粒子は細胞内で形成され膜に包まれて排出される	藤岡　大毅 他 9 名	日本農芸化学会 日本農芸化学会 2024 年度大会	3 月
「セレン蓄積土壌由来 Cellulomonas sp. D3a における元素状セレンナノ粒子形成」	藤岡　大毅 他 8 名	日本微量栄養素学会 第 41 回日本微量栄養素学会　学術集会	6 月
「大腸菌における細胞外元素状セレンナノ粒子形成機構」	藤岡　大毅 他 8 名	日本微量元素学会 第 35 回日本微量元素学会学術集会	9 月
「セレン蓄積土壌から単離された新奇亜セレン酸還元細菌による球形元素状セレンの細胞内形成」	藤岡　大毅 他 10 名	日本毒性学会 生体金属部会 メタルバイオサイエンス研究会	10 月
「セレン蓄積土壌由来 Cellulomonas sp. D3a による元素状セレン粒子形成機構」	藤岡　大毅 他 8 名	日本生化学会 第 97 回日本生化学会大会	11 月
「Intracellular formation of submicrometer-sized spherical elemental selenium by a novel selenite-reducing bacterium isolated from seleniferous soil」	Daiki Fujioka et al.	TRACE ELEMENTS IN MAN AND ANIMALS (TEMA)-18 CONFERENCE M. S. RAMAIAH INSTITUTIONS, BENGALURU, INDIA ※国際学会	11 月

2. 資　料

タイトル	著者名	掲載誌名・巻・号・頁・年
半導体技術科が始動 「地学一体」で魅力ある大学へ	尾原　祐三	くまもと経済・520 巻・pp.112-113・2024 年 10 月
エンジョイ！人間学 知識は武器	尾原　祐三	T1 パークマガジン#036・pp.148-149・2024 年 8 月
卓上射出成形機の設計・製作	中野　貴之	実践教育ジャーナル・vol.38 No.4・2024 年
紀要報告：減圧プール沸騰における限界熱流束点の観察	秀山　文彦	熊本県立技術短期大学校　紀要・第 25 号・pp. 11-14・2024 年 3 月

3. 産学官支援活動

支援内容	担当者	支援先	期 間
スーパープロフェッショナルハイスクール運営指導委員会委員	尾原 祐三	熊本県立熊本工業高校	R2 年 6 月～R7 年 3 月
スーパーサイエンスハイスクール運営指導委員会委員	尾原 祐三	熊本県立熊本北高校	R2 年 4 月～R7 年 3 月
学校運営協議会	尾原 祐三	熊本県立熊本工業高校	R2 年 6 月～R7 年 3 月
学校運営協議会	尾原 祐三	熊本県立翔陽高校	R2 年 6 月～R7 年 3 月
参与	尾原 祐三	熊本県工業連合会	R2 年 6 月～R7 年 3 月
幹事	尾原 祐三	くまもとクロスイノベーション協議会	R3 年 6 月～R7 年 3 月
顧問	尾原 祐三	RIST-くまもと技術革新・融合研究会	R3 年 6 月～R7年3月
顧問	尾原 祐三	熊本県ものづくり工業会	R3 年 6 月～R7 年 3 月
セミコンビジネス研究会	糸川 剛	熊本県情報サービス産業協会の会員企業社員など	R6 年 1 月～9 月
「技能と技術」誌編集委員	秀山 文彦	職業能力開発総合大学校基盤センター	R6 年 4 月～R7 年 3 月
企画委員会委員	坂田 聡	くまもと技術革新・融合研究会	R6 年 4 月～R7 年 3 月
会計幹事	坂田 聡	日本音響学会九州支部	R5 年 4 月～R7 年 3 月
学生就職面談会	弓削 慶祐 日野 満司	県内企業	R6 年 3 月 14 日, 15 日

4. 学生の表彰・大会参加・資格取得（＊は，指導教員）

タイトル	氏 名	記 事	期 日
3 級技能士(機械検査)	【I群 1 年】 青山 優太, 秋吉 駿, 伊勢 涼雲, 糸永 旺生, 井上 慶介, 岩本 真輝, 上村 英輔, 川原 海夢威, 岸部 空, 清田 旺資, 郡司 樹, 甲崎 真吾, 酒井 太志, 榊 光輝, 坂口 巧汰, 笹川 真尋, 園田 侑平, 中川 結仁, 仲光 菜々子, 野田 大晴, 林田 慶志, 本多 柚貴, 正木 志穏, 六倉 那央, 村本 恭悟, 森川 愛斗, 吉田 圭佑 【精密機械技術科1年】 岩本 勝也, 上野 歩夢, 佐田 修我, 牧野 漣世, 村上 楓 ＊中野 貴之, ＊秀山 文彦 ＊田中 誠一郎	中央職業能力開発協会 機械検査	3 月, 9 月

3 級技能士(普通旋盤)	【I群機械系 1 年】 高坂　奏歌, 小西　柾寿 坂口　尚駿 【精密機械技術科2年】 川口　研人, 德本　達哉 牧野　漣世, 浅野　心平 石塚　善司, 井原　璃空 上野　歩夢, 前田　晟也	中央職業能力開発協会 機械加工　普通旋盤作業	3 月 9 月
3 級技能士(金属熱処理)	【I群機械系 1 年】 青山　優太, 糸永　旺生 岩本　真輝, 上村　英輔 木村　隼, 郡司　樹 甲﨑　真吾, 坂口　巧汰 野田　大晴, 林田　慶志 六倉　那央, 村本　恭悟 秋吉　駿, 伊勢　涼雲 井上　慶介, 川原　海夢威 岸部　空, 清田　旺資 小西　柾寿, 酒井　太志 榊　光輝, 坂口　尚駿 園田　侑平, 仲光　菜々子 本多　柚貴, 正木　志穏 吉田　圭佑	中央職業能力開発協会 金属熱処理　一般熱処理作業	10 月
3級技能士(電子機器組立)	【半導体技術科1年】 小瀧　凌央,吉川　輝	中央職業能力開発協会 電子機器組立	8 月
九州ブロックポリテックビジョン 2024 イン北九州　ロボット競技会	電子情報 2 年 榊原　美月, 島川　桜菜, 舩本　拓実 ＊江口　智弘	九州職業能力開発大学校(九州ポリテクカレッジ), ポリテクカレッジ川内, 大分県立工科短大などの学生によるロボットの競技会	2 月 16 日 , 17 日
九州ブロックポリテックビジョン 2024 イン北九州 機械加工技術コンテスト (旋盤)出場	【精密機械技術科 1 年】 木村　彌禄, 比江島　弘輝 ＊藤﨑　毅	九州職業能力開発大学校(ポリテクカレッジ北九州), ポリテクカレッジ川内, 大分県立工科短大などの学生による機械加工の競技会	2 月 16 日 , 17 日
九州ブロックポリテックビジョン 2024 イン川内 機械加工技術コンテスト (フライス盤)出場	【精密機械技術科 1 年】 藤原　駆, 藤本　由心 ＊弓削　慶祐	川内職業能力開発大学校(ポリテクカレッジ川内), ポリテクカレッジ九州, 大分県立工科短大などの学生による機械加工の競技会	2 月 20 日 ～21 日
九州ブロックポリテックビジョン 2024 イン北九州 機械加工技術コンテスト (旋盤)　優勝	【精密機械技術科 1 年】 比江島　弘輝	九州職業能力開発大学校	2 月 17 日
九州ブロックポリテックビジョン 2024 イン川内 機械加工技術コンテスト (フライス盤)優勝	【精密機械技術科 1 年】 藤本　由心	川内職業能力開発大学校	2 月 21 日
東海大学　CHALLENGE CUP マイコンカーラリー熊本大会 2024 出場	【精密機械技術科 2 年 白井　翼, 鶴田　陽聖 【機械システム技術科 2 年】 梅木　涼太, 永田　国三 ＊藤﨑　毅	東海大学(熊本キャンパス)主催のマイコンカーラリー競技大会	2 月 24 日

東海大学　CHALLENGE CUP マイコンカーラリー熊本大会 2024 準優勝及び 3 位	【精密機械技術科 2 年】 白井　翼, 鶴田　陽聖 【機械システム技術科 2 年】 梅木　涼太, 永田　国三 ＊藤﨑　毅	マイコンカーラリー競技（Basic Class） 結果 準優勝　永田国三 3 位　　鶴田陽聖	2 月 24 日
第 19 回若年者ものづくり競技大会出場 （旋盤, フライス盤）出場	【精密機械技術科 1 年】 赤池　優太 【精密機械技術科 2 年】 木村　彌禄 ＊藤﨑　毅 ＊弓削　慶祐	中央職業能力開発協会主催 技能を習得中の企業等に就業していない 20 歳以下の若年者を対象とした物づくり競技会 【競技職種（旋盤）】 群馬県立高崎産業技術専門校 【競技職種（フライス盤）】 栃木県立県央産業技術専門校	7 月 31 日 ～8 月 1 日
第 19 回若年者ものづくり競技大会 （フライス盤職種）敢闘賞	【精密機械技術科 2 年】 木村　彌禄	中央職業能力開発協会 機械加工　フライス盤	8 月

5. 共同研究

テーマ名	氏　名	共同研究先
汎用旋盤を使用した高度な技能習得に関する研究	藤﨑　毅	熊本県立御船高等学校　電子機械科
汎用旋盤加工における表面粗さと金属光沢に与える影響の定量的分析	藤﨑　毅	福岡市立博多工業高等学校　機械科
どぼくまモンの設計・造形	藤﨑　毅	一般社団法人　熊本県建設業協会
原位置変形測定システムの開発	福田　真	アールエステクノロジイ株式会社
摩擦補償による産業用ロボットの振動抑制技術の研究	塚本　晃史	水本　郁朗（熊本大学大学院先端科学研究部）
MATLAB/Simulink×ラズパイを用いたライントレースの PID 制御安定化検討	塚本　晃史	西山　敏治（SCSK ニアショアシステムズ株式会社 熊本開発センター）
インピーダンス法電気探査装置の関発	池上　知顯	株式会社大平総合プラン
音声・動画・筋電のハイブリッド解析による嚥下機能の加齢変化の捕捉	坂田　聡	熊本大学大学院生命科学研究部(保健学系)
with マスク時代のウエアラブルなコミュニケーション支援ツールの開発	坂田　聡	熊本大学大学院生命科学研究部(保健学系)
プラズマ中におけるカオスに関する研究	藤本　憲雄	福山隆雄（長崎大学　教育学部）
ハイインピーダンスを利用したニューロン電子回路に関する研究	藤本　憲雄	藤本邦昭（東海大学　総合理工学研究科）
「HAXPES およびコンプトン散乱イメージングを用いた燃料電池の研究」	藤岡　大毅	公益財団法人 高輝度光科学研究センター

6. 受賞・表彰

受賞名	業 績	氏 名	備 考
熊本県知事表彰	若年者ものづくり競技大会入賞に対する表彰	精密機械 2 年 木村 彌禄	11月
ベストポスター賞	「セレン蓄積土壌由来 Cellulomonas sp. D3a における元素状セレンナノ粒子形成」	藤岡 大毅, 他 8 名	「第 41 回日本微量栄養素学会 学術集会」 主催:日本微量栄養素学会 (2024 年 6 月)
実行委員長賞	「セレン蓄積土壌から単離された新奇亜セレン酸還元細菌による球形元素状セレンの細胞内形成」	藤岡 大毅, 他 10 名	「メタルバイオサイエンス研究会 2024」 主催:日本毒性学会 生体金属部会 (2024 年 10 月)
International Travel Award	「Intracellular formation of submicrometer-sized spherical elemental selenium by a novel selenite-reducing bacterium isolated from seleniferous soil」	Daiki Fujioka et al.	「TRACE ELEMENTS IN MAN AND ANIMALS (TEMA)-18 CONFERENCE」 M. S. RAMAIAH INSTITUTIONS, BENGALURU, INDIA (2024 年 11 月)

7. 在職者セミナー

タイトル	担当者	内 容	期 日	受講者数
汎用旋盤加工技術	藤﨑 毅	○普通旋盤の概要 ○切削理論 ○工具の種類・測定具の使い方 ○ねじ切り加工(おねじ・めねじ) ○ローレット加工	8 月 19 日 ～20 日	5
オーダーメイド研修セットセミナー(図面の読み方と機械加工の基礎)	弓削 慶祐 藤﨑 毅	○第三角投影法と寸法 ○寸法公差とはめあい ○表面性状と幾何公差 ○切削理論と切削方法 ○工作機械の種類と使用方法 ○工作機械の種類と使用方法 ○材料の種類・組織・熱処理・試験法	8 月 28 日 8 月 31 日 9 月 25 日 9 月 28 日	8
空気圧回路の基礎とリレーシーケンス制御	田﨑 和博	空気圧実習装置を用いて, リレーシーケンス回路および PLC によるシーケンス制御を学ぶ.	8 月	7 人
PLC の基礎と機械のシーケンス制御	日野 満司 田﨑 和博	各種の負荷装置等を用いて, PLC によるシーケンス制御プログラミングの基礎知識を学ぶ	8 月 21 日 , 22 日	4 人
プログラム(Python)	福田 真	プログラミング言語 Python の入門	8 月 22 日 , 23 日	3

8. 外部委託の講習会・研究会等

名　称	担当者	内　容	期　日
令和 5 年度鹿本商工高校課題研究全体発表会	藤﨑　毅	審査及び講評	1 月 29 日
第 21 回熊本県高校生ものづくりコンテスト(旋盤作用部門)	藤﨑　毅	審査員及び運営業務	6 月 15 日 ～16 日
令和 6 度(2024 年度)熊本県立学校中堅教諭等資質向上研修第 3 回「教科等指導研修 II・III」(工業)	日野　満司 田﨑　和博	「技術技能の向上 I・II」 産業用ロボットのプログラミング入門	7月 31 日
「技大」～新学科における半導体人材の育成～	中野　貴之 江口　智弘	くまもと産業復興エキスポ 2024 において，令和 6 年度に開設した「半導体技術科」における半導体人材育成に関して講演を実施	2 月 28 日
出前授業	小田　信彦	菊陽西小学校 ドローンを使ったプログラミング教室	2 月 27 日
出前授業	坂田　聡 小田　信彦	武蔵ケ丘北小学校 トイオを使ったプログラミング教室	11 月 12 日
キャンパスパレア	藤本　憲雄	半導体で作られた目　～色が見えるメカニズムとイメージセンサ～	7 月 29 日
水俣高校特進クラスアカデミックインターン	藤本　憲雄	半導体製造と学校の授業との関わり	10 月 10 日
熊本県立高校化学科 One-Team プロジェクト	藤本　憲雄 藤崎　毅	技大紹介，半導体の産業について	10 月 30 日

9. 技能検定員委嘱

件　名	担当者	内　容	実施月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	弓削　慶祐	機械検査3級	1 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	弓削　慶祐	NC 旋盤	8 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	田中　誠一郎	射出成形	8 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	田中　誠一郎	ワイヤー放電加工	8 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	藤﨑　毅	普通旋盤	7 月, 8 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	藤﨑　毅	金属熱処理	8 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	田﨑　和博	シーケンス制御 電子機器組立て	1 月, 2 月, 8 月

熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	秀山　文彦	空気圧装置組立て	1 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	江口　智弘	電子機器組立て	2 月, 8 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	福田　真 塚本　晃史	電子機器組み立て	2 月, 8 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	糸川　剛	集積回路チップ製造 集積回路組立て	1 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	小林　一博	集積回路チップ製造／集積回路組立て	1 月
熊本県職業能力開発協会 技能検定委員	藤本　憲雄	電子機器組み立て	8 月

10. FD研修

タイトル	内　容	受講者	期　日
教育アセスメント	学生を様々な角度から把握した情報を基に，教育的課題を明らかにし，有効な指導・支援の手立てを勘案	技大教職員	3 月 28 日
一般校の指導員のための精神・発達障害に配慮した支援と対応（理解と接し方編）	障害等の診断の有無に関係なく，精神・発達障害と似た行動をする学生の対応方法を習得	技大教職員	8 月 26 日 8 月 27 日

11. 学外（指導員）研修

名　称	参加者	内　容	期　日
職能大【技能・技術実践研修】	藤﨑　毅	鉄鋼材料の熱処理基礎技術	6 月 5 日 ～7 日
職能大【技能・技術実践研修】	藤﨑　毅	3 次元 CAD の基本的な設計技術	9 月 2 日 ～3 日
職能大【技能・技術実践研修】	藤﨑　毅	3 次元 CAD の役立つ機能を活用した応用的な設計技術	9 月 4 日 ～5 日
精神・発達障害と似た行動をする訓練生への支援I	福田　真	障害等の診断の有無に関係なく，精神・発達障害と似た行動をする訓練生の対応方法を習得する研修	6 月7日
精神・発達障害と似た行動をする訓練生への支援II	福田　真	訓練生活や実習の場面での支援について検討できる組織的な支援体制の構築	6 月7日

12. 一般活動等

名　称	参加者	内　容	期　日
技能・技術実践研修 CAE による熱流体現象のシミュレーション(実践編)	秀山　文彦	CAE による熱流体現象のシミュレーション方法を学ぶ研修	12 月 18 日 12 月 19 日
施設使用（射出成形機）	田中　誠一郎 （取りまとめ）	技能検定射出成形の受験者向け講習会・熊本県ものづくり工業会主催	5 月
施設使用（射出成形機）	田中　誠一郎 （取りまとめ）	技能検定射出成形の受験者向け講習会・熊本県プラスチック工業会主催	5 月
施設使用（射出成形機）	田中　誠一郎 （取りまとめ）	技能検定射出成形の受験者向け講習会・ミライアル株式会社主催	5 月
施設使用（射出成形機）	田中　誠一郎 （取りまとめ）	技能検定射出成形の受験者向け講習会・熊本県プラスチック工業会主催	7 月
大学コンソーシアム熊本進学ガイダンス 2024	田中　誠一郎	熊本学園大学にて，本学の PR および進学相談対応	6 月 9 日
ドリコム「進路ガイダンス」	田崎　和博 藤本　憲雄	技大の学校紹介	6 月 6 日
熊本中央高校「進路ガイダンス」	藤本　憲雄 秀山　文彦	技大の学校紹介	6 月 12 日
さんぽう外国人留学生対象進学相談会	藤本　憲雄 秀山　文彦	技大の学校紹介	9 月 11 日
数学セミナー	福田 真 藤本 憲雄	入試委員会企画，高校3年生，2年生向け数学I興亜	7 月 20 日， 21 日， 10 月 27 日
くまもと産業復興エキスポ 2024	広報委員会 計 8 名	技大の学校紹介	2 月 28 日
熊本県庁 地下通路展示	広報委員会 計 3 名	技大の学校紹介	5 月 1 日 ～31 日
くまもと県民交流館パレアロビー展示	広報委員会 計 4 名	技大の学校紹介	7 月 2 日 ～12 日
すぎなみフェスタ 2024	広報委員会 精密・機械 2 年 電子・情報・半導体 1 年	健康，福祉，農業，環境等の分野を含めた総合祭として町民相互の交流を深めることを目的としたイベントで，本学ブースを出展	11 月 9 日
2024 年度東熊本青年会議所スポーツ EXPO ～すべての人にスポーツの力を～	広報委員会 精密・機械 2 年 情報・半導体 1 年（学生 10 名）	東熊本エリアで活躍するスポーツ団体や選手の活動を知ってもらうとともに，実際に体験してもらうことで「運動することの素晴らしいさ」や「地域の魅力を見つけるきっかけ」とするイベントで，本学ブースを出展	11 月 23 日

令和6年度熊本県高等学校教育研究会理化部会研究協議大会	田﨑　和博 田中　誠一郎 藤﨑　毅 各学科職員	技大施設見学，理化部会の全体会及び分科会	11 月 29 日
県内高校生及び保護者，高校教員の技大見学会	田﨑　和博 田中　誠一郎 藤﨑　毅 各学科職員	熊本工業高校（機械科 2 年） 八代工業高校（保護者） 熊本工業高校（情報システム科 2 年） 玉名工業高校（進学希望者） 翔陽高校（技大受験希望者 1 名，教員 1 名） 鹿本商工高校（進学希望者） 水俣工業高校（教員 5 名） 熊本県高等学校及び高校教育課（教員） 御船高校（電子機械科1年） 水俣高校（電気建築システム科 1，2 年） 熊本工業高校（技大受験希望者 2 名） 国府高校（普通科 1 年） 熊本工業高校（電子科 1 年） 鹿本商工高校（機械科など 2 年） 小川工業高校（機械科 2 年） 小川工業高校（機械科1年）	1 月 25 日 2 月 13 日 2 月 21 日 3 月 13 日 3 月 27 日 5 月 14 日 5 月 17 日 7 月 1 日 7 月 11 日 7 月 16 日 8 月 2 日 9 月 18 日 10 月 25 日 11 月 8 日 11 月 20 日 11 月 21 日

13. 新聞記事他

タイトル	発行社	記事の内容	期　日
半導体技術科に1期生　熊本県立技術短期大学校で入学式　TSMC 進出で新設	熊本日日新聞社	熊本県立技術短期大学校の入学式が 5 日，菊陽町原水の同校であり，新入生 100 人が企業の即戦力となる実践技術者への第一歩を踏み出した．本年度から台湾積体電路製造（TSMC）の進出を受け，電子・情報系群に「半導体技術科」を新設した．	4 月 5 日
県立技術短期大学校で学園祭「技大祭」	熊本日日新聞社	県立技術短期大学校で学園祭「技大祭」が 27 日，菊陽町原水の同校であり，模擬店やクイズラリー大会などで盛り上がった．5 学科を見学できるオープンキャンパスもあり，進学を考える高校生約 50 人が参加．	10 月 28 日
半導体人材育成で連携　県立技術短期大と日総工産が協定	熊本日日新聞社	県立技術短期大学校と製造系人材サービス大手の日総工産は 19 日，同校で半導体関連の人材育成などに関する連携協定を結んだ．	12 月 19 日
半導体の専門学科や講義を新設	熊本日日新聞社	県立技術短期大学校では，本年度から電子・情報系群に「半導体技術科」を新設した．半導体の基礎，製造工程，安全教育，実習まで，製造のプロセスを俯瞰できる教育カリキュラムが特長．	9 月 29 日

くまもと経済 10 月号 半導体技術科が始動 「地学一体」で魅力ある技大へ	株式会社 地域経済 センター	くまもと経済のスクール特集で，“半導体技術科の始動”，“四年制大学への進学の道”，“「地学一体」で未来の人材育成”について校長先生のコメントを掲載した.	10 月

14. 企業からの派遣講師

学 科	当該科目	名 前	所 属	講演題名	期 日
電情系 1 年	電子情報 工学概論	谷名 修	三菱電機㈱	電子・情報・半導体分野の学習内容と実務の関係について	6 月 27 日
		秀 和恵	ソフトウェアビジョン㈱		6 月 27 日
		大隈 恵治	オオクマ電子㈱		7 月 4 日
		吉田 誠	SCSK ニアショアシステムズ㈱		7 月 4 日
		新垣 圭祐	ソーイ㈱		7 月 11 日
		鈴木 良	ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング㈱		7 月 11 日
電子情報 技術科 1 年	アナログ 電子回路 実験	齊藤 木実 田中 智也	㈱Sohwa & Sophia Technologies	電子回路製造業の将来展望	11 月 8 日
情報 1 年	情報産業 業界勉強 会(課外)	平岡 太陽	SCSK ニアショアシステムズ㈱	Web アプリケーション系 販売支援システム	1 月 31 日
		島倉 農	㈱プロフェッショナル・ネットワークス	スマートフォンアプリ開発	
		松永 しのぶ	㈱電盛社	組み込み系ソフトウェア開発	
		福山 太志 原 智美	ソフトウエアビジョン㈱	システム構築 業務系ソフトウエア開発	2 月 7 日
		平岡 亜紀	㈱九州ソフタス	システム運用，保守	
		下田 政洋	㈱テクノアート	クラウドサービス	
半導体技術科	HR	堀場エステック	営業本部	半導体業界全体について解説，流体制御技術・ますフローメーターの原理説明	10 月 23 日

15. 非常勤時間講師 担当科目表

区 分	講師名	所 属	科目名	開講学科	開講時期
一般教養	井寺 美穂	熊本県立大学	法学概論	全学科2年	後
一般教養	清田 早紀	雇用環境整備協会	職業能力基礎演習	情報1年	後
一般教養	古賀 結	雇用環境整備協会	職業能力基礎演習	情報1年	後
一般教養	永村 泰美	雇用環境整備協会	職業能力基礎演習	情報1年	後
一般教養	赤星 奈美香	菊池女子高等学校	英語I･II	全学科1年	前･後
一般教養			英語III･IV	全学科2年	前･後
一般教養	井上 真理	YMCA	英語I･II	全学科1年	前･後
一般教養			英語III･IV	全学科2年	前･後
一般教養	林 久美		英語I･II	全学科1年	前･後
一般教養			英語III･IV	全学科2年	前･後
一般教養	丸野 雅子		英語I･II	全学科1年	前･後
一般教養			英語III･IV	全学科2年	前･後
一般教養			キャリア形成	全学科1年	前
一般教養	平野 龍		保健体育I･II	全学科1年	前･後
一般教養	金子 智哉		保健体育I･II	全学科1年	前･後
一般教養	山岸 直之	労働安全コンサルタント山岸事務所	安全衛生工学	全学科1年	前
専門	山口 勲	元高校教諭	基礎数学I	全学科1年	前
専門			基礎数学II	全学科1年	前
専門	杉山 美幸	ポップスタイル	情報リテラシ	機械系1年	前
専門	三津家 敏幸		機械加工基礎実験	機械系1年(B)	前
専門			機械加工実習I	機械系1年(B)	
専門	松本 孝幸	元技大	機械加工基礎実験	機械系1年	前
専門			機械加工実習I	機械系1年	
専門			機械加工実習II(後期手仕上げ)	精密1年	後
専門	坂井 一紀		機械加工基礎実験	精密1年	前
専門			機械加工実習I	精密1年	
専門	穴田 克己	元井関	基礎工学実験	機械系1年	後
専門	阮 立群	元熊本大学	基礎工学実験	機械系1年	後
専門	河邉 真二郎	元技大	基礎製図	機械系1年	前
専門			CAD 実習I	精密1年	後
専門			機械製図	半導体1年	後
専門	磯口 博	元技大	シーケンス制御	精密2年	前
専門			シーケンス制御実習	精密2年	前

専門			電子機器組立て	電子1年	後
専門			シーケンス制御・同実習	電子2年	後
専門			電子機器組立て入門	電情系1年	前
専門	甲斐　隆志	元技大	基礎数学II	全学科1年	前
専門			情報通信工学II	電子2年	前
専門			情報通信工学実習	電子2年	前
専門			応用数学	電子・半導体1年	後
専門			電気回路演習	電子1年	後
専門			電子工学実験	電子1年	後
専門	佐藤　正幸	元技大	計算機工学基礎	電情系1年	前
専門			論理回路実習	電情系1年	前
専門			マイコンプログラミング実習	情報2年	前
専門			応用数学	精密1年	後
専門			計算機工学応用	情報1年	後
専門	上田　直行	元技大	情報通信工学I	電子1年	後
専門	矢原　充敏	東海大学	アナログ電子回路I	電子1年	後
専門	園部　幸夫		電子デバイス製造工学	電子2年	後
専門	町田　励	テクノサポート	電子回路 CAD 実習	電子2年	前
専門	小松　一男	熊本高専	制御工学	電子2年	前
専門			制御工学演習	電子2年	後
専門	SONY	ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング	半導体デバイス工学	情報1年	後
専門			半導体デバイス工学実習	情報1年	後
専門	古橋　徹	e-spike	データベースI	情報1年	後
専門			データベース実習I	情報1年	後
専門			Java 実習	情報1年	後
専門	木庭　寛和	e-koba	プログラミング言語 II	情報1年	後
専門			プログラミング言語実習 II	情報1年	後
専門			プログラミング言語実習III	情報2年	後
専門	宮川　真理子	構造計画研究所	ソフトウエア工学	情報1年	後
専門			ソフトウエア工学実習	情報2年	後
専門	吉田　良尚	構造計画研究所	ソフトウエア工学	情報1年	後
専門			ソフトウエア工学実習	情報2年	後
専門	牧岡　毅	尚絅大学	情報セキュリティI・II	情報2年	前
専門			オペレーティングシステム	情報2年	前
専門			AI 応用実習	情報2年	後
専門	久我　守弘	熊本大学	ネットワークプログラミング	情報2年	前

16. 技能照査（令和 5 年度） 学科別合否一覧（R6 年 1 月.時点）

科　名	2年生 在籍者数	受検者数	未受検者 数	受検率	合格者数	不合格者 数	合格率
精密機械技術科	18	18	0	100%	11	7	61.1%
機械システム技術科	19	19	0	100%	13	6	68.4%
電子情報技術科	25	25	0	100%	24	1	96.0%
情報システム技術科	26	25	1	96.2%	21	4	84.0%
合　計	88	87	1	98.9%	69	18	79.3%
			* 未受検者 ：欠席または休学中の者				

参考：直近3年度分との比較

上段：在籍者数，中段：受験者数（受験率），下段：合格者数（合格率）

年　度 科　名	R05（2023）	R04（2022）	R03（2021）	R02（2020）
精密機械技術科	18	22	16	20
	18（100%）	21（95%）	15（94%）	20（100%）
	11（61%）	21（100%）	15（100%）	20（100%）
機械システム技術科	19	18	20	16
	19（100%）	17（94%）	18（90%）	15（94%）
	13（68%）	12（71%）	8（44%）	15（100%）
電子情報技術科 電子システム技術科	25	21	25	19
	25（100%）	19（90%）	23（92%）	18（95%）
	24（96%）	19（100%）	22（96%）	18（100%）
情報システム技術科	26	25	27	24
	25（96%）	24（96%）	26（96%）	24（100%）
	21（84%）	24（100%）	25（96%）	18（75%）
合計	88	86	88	79
	87（99%）	81（94%）	82（93%）	77（97%）
	69（79%）	76（94%）	70（85%）	71（92%）

17. 休学･退学･留年等

年度	学年	総数 (うち留年者数)		休･退学者数 (うち退学者数)		留年者数	進級者･ 卒業者数
令和 2 年度	1 年生	95	(7)	6	〔5〕	4	86
	2 年生	79	(6)	5	〔1〕	3	75
	全体	174	(13)	11	〔6〕	7	161
令和 3 年度	1 年生	93	(4)	8	〔5〕	6	82
	2 年生	89	(6)	3	〔1〕	6	82
	全体	182	(10)	11	〔6〕	12	164
令和 4 年度	1 年生	99	(6)	16	〔9〕	3	87
	2 年生	88	(6)	10	〔3〕	2	83
	全体	187	(12)	26	〔12〕	5	170
令和 5 年度	1 年生	104	(3)	8	〔2〕	7	95
	2 年生	89	(5)	1	〔1〕	1	87
	全体	193	(8)	9	〔3〕	8	182
令和 6 年度 (令和 7 年 1 月末 現在)	1 年生	107	(7)	8	〔5〕		
	2 年生	96	(4)	3	〔1〕	※R7 年 3 月末に確定	
	全体	203	(11)	11	〔6〕		

※総数内の( )書きの数値は年度当初の留年者数。

※休退学者数:年度内の休学者延べ数＋退学者数

休学･退学者数は 1 年次に多く、主な原因は健康問題や進路変更などである。

留年の理由は、主に出席日数不足、試験やレポートの点数不足である。

18. 育成資金融資･授業料免除の状況

年度	育成資金融資（件）※1	減免割合	授業料減免（件） 通常 前期	通常 後期	通常 計	熊本地震関係 ※2 前期	熊本地震関係 ※2 後期	熊本地震関係 ※2 計	合計
令和２年度 ※3	4	全額	21	25	46	7	3	10	81
		2 / 3	6	3	9				
		1 / 2				4	6	10	
		1 / 3	2	4	6				
		計	29	32	61	11	9	20	
令和３年度	2	全額	28	25	53	0	0	0	94
		2 / 3	12	11	23				
		1 / 2				6	5	11	
		1 / 3	2	5	7				
		計	42	41	83	6	5	11	
令和４年度	0	全額	24	17	41				94
		2 / 3	21	18	39				
		1 / 3	5	9	14				
		計	50	44	94				
令和５年度	4	全額	19	18	37				105
		2 / 3	21	21	42				
		1 / 3	15	11	26				
		計	55	50	105				
令和６年度 ※4	3	全額	16	26	42				95
		2 / 3	20	12	32				
		1 / 3	10	4	14				
		1 / 4	3	4	7				
		計	49	46	95				

※1　ろうきんの「技能者育成資金融資制度」（有利子(年 2%)貸付、最大 69 万円）

※2　地震による減免は、令和 2 年度入学者が修業年限(2 年)で卒業するまでの制度。

※3　通常の授業料減免は、令和 2 年度に制度改正。

※4　令和 6 年度から、多子世帯を対象とした減免枠(1/4)を新設。

19. 資格取得状況

過去３年間の資格取得状況（受検者数、合格者数）を以下にしめす。

職　　種	R4				R5				R6			
	受検者		合格者		受検者		合格者		受検者		合格者	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
2 級技能士(普通旋盤)					3		3		2		1	
3 級技能士(普通旋盤)					1	8	0	8	3		3	
3 級技能士(数値制御旋盤)												
2 級技能士(フライス盤)									3			
3 級技能士(フライス盤)					3		3		3		2	
3 級技能士(マシニングセンタ)	5		4									
2 級技能士(機械検査)		3		0								
3 級技能士(機械検査)					18	4	16	3	24		18	
2 級技能士(機械プラント製図)												
3 級技能士((機械プラント製図)		18		1		35		1				
3 級シーケンス制御作業												
3 級電気系保全作業					4		3					
3 級機械系保全作業												
2 級技能士(電子機器組立て)												
3 級技能士(電子機械組立て)						4		0				
3 級技能士(金属熱処理)									4		3	
基本情報技術者試験		8										
実用英語技能検定	2											
TOEIC	1	2				1						
合　計	8	31	4	1	29	52	25	12	39	0	27	0

４．卒業研究テーマ

2023 年 4 月～2024 年 3 月

卒業研究テーマ一覧

【精密機械技術科】

電磁石（ソレノイド）エンジンの改良	（指導教員　谷名　修）
リニアモーターカーの模型製作	（指導教員　谷名　修）
形彫り放電加工機による製品製作実験	（指導教員　田中　誠一郎）
プレス絞り金型の設計製作	（指導教員　田中　誠一郎）
卓上射出成形機の改良と成形実験	（指導教員　中野　貴之）
カメラモジュールを使用した自動機の製作	（指導教員　中野　貴之）
マイコンカーの設計・製作及びモータ出力の向上 －大学 CHALLENGE CUP マイコンカーラリー熊本県大会 2024 への挑戦－	（指導教員　藤﨑　毅）
就職に向けた技術習得　－機械加工編－	（指導教員　弓削　慶祐）
就職に向けた技術習得　－機械設計編－	（指導教員　弓削　慶祐）

【機械システム技術科】

プラスチック表面からの沸騰に関する研究　－実験装置の見直し－	（指導教員　秀山　文彦
プログラミング的思考育成教材の開発（コース製作）	（指導教員　秀山　文彦）
制御工学実習機材の開発　－自転車型直立振子の開発－	（指導教員　日野　満司）
振動工学実習装置の開発 －不釣合いを利用した強制振動実習装置の製作と回転数制御－	（指導教員　日野　満司）
移動型屋外お掃除ロボットの改良	（指導教員　坂田　祐二）
競技用ロボットの製作	（指導教員　田﨑　和博）

【電子情報技術科】

ピンポン玉投入競技用ロボットの製作と大会報告	（指導教員　江口　智弘）
離床検知装置への機械学習の適用	（指導教員　江口　智弘）
CKKS 方式準同型暗号を用いた秘匿計算技術 －準同型暗号化の統計処理演算－	（指導教員　里中　孝美）
人工衛星自動追尾システムの改良	（指導教員　甲斐　隆志）
テイラー・クエット装置の改良	（指導教員　甲斐　隆志）
マイコンを用いた外部デバイスとのシリアル通信ソフトの開発	（指導教員　塚本　晃史）
高速移動体検出システムの開発	（指導教員　福田　真）
加速度データ無線送信システムの開発	（指導教員　福田　真）
太陽電池モジュール用 I-V 特性測定装置の作製	（指導教員　池上　知顯）
GNSS による高精度測位用基準局の設置とその利用	（指導教員　池上　知顯）

【情報システム技術科】

Visual Positioning System を用いたセミコンテクノパーク案内 AR アプリの設計と実装	（指導教員　糸川　剛）
ハンドトラッキングを用いた VR 救急救命教育アプリの設計と実装	（指導教員　糸川　剛）
プログラミング教育用ドローンを活用したアクティブラーニングの実践	（指導教員　小田　信彦）
超高速開発ツールを用いた業務効率化	（指導教員　牧岡　毅）
RPA ツールを用いた業務効率化 －業務効率化システムの開発と比較－	（指導教員　牧岡　毅）
Raspberry-Pi を用いた節電対応デジタルサイネージの制作	（指導教員　坂田　聡）
キューブ型ロボットトイ toio を用いたプログラミング教材の作成	（指導教員　坂田　聡）
ホルマント分布による異言語の母音比較分析	（指導教員　坂田　聡）
Python で Excel 操作自動化に関する研究	（指導教員　趙　華安）
カオス疑似乱数を用いたストリーム暗号方式の設計と実装	（指導教員　趙　華安）
SMPL モデルを用いたダンスモーションの生成 －AIST Dance DB のダンス情報処理－	（指導教員　里中　孝美）

受賞卒業研究テーマ

【技術賞】

マイコンカーの設計・製作及びモータ出力の向上
（精密機械技術科　白井　翼, 鶴田　陽聖, 機械システム技術科　梅木　涼太, 永田　国三）
（指導教員　藤﨑　毅）

カメラモジュールを使用した自動機の製作
（機械システム技術科　甲斐　聡利, 古賀　誠人）　（指導教員　中野　貴之）

GNSS による高精度測位用基準局の設置とその利用
（電子情報技術科　大塚　琉太, 笹本　陽輝生）　（指導教員　池上　知顯）

カオス疑似乱数を用いたストリーム暗号方式の設計と実装
（情報システム技術科　田鹿　蓮, 西　瞭太朗）　（指導教員　趙　華安）

【ベストプレゼンテーション賞】

カメラモジュールを使用した自動機の製作
（機械システム技術科　甲斐　聡利, 古賀　誠人）　（指導教員　中野　貴之）

技術賞受賞の卒業研究（要旨）

マイコンカーの設計・製作及びモータ出力の向上

白井　翼※, 鶴田　陽聖※, 梅木　涼太※※, 永田　国三※※, 藤﨑　毅※（指導教員）
※精密機械技術科, ※※機械システム技術科

マイコンカーとは独自に設計・製作したフレームにマイコンボードを搭載し，プログラムに基づき車をコントロールする完全自走式のライントレースロボットである．毎年行われるマイコンカーの大会（マイコンカーラリー）では中高生から一般まで数多くの方々が参加する．本研究では，マイコンカーを一から設計・製作し，大会に出場し，上位入賞を目標として活動してきた．本資料では製作過程から大会出場までの活動の記録を記す．

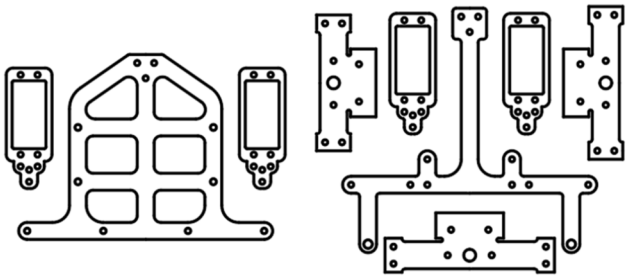


図 1 フレームの設計（制作した図面）

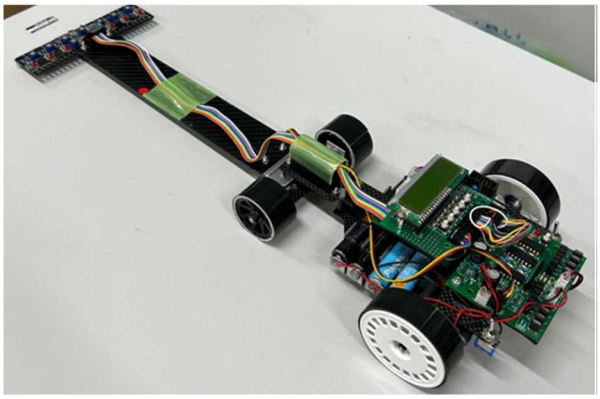


図 2 マイコンカーの完成（準優勝マシン）

カメラモジュールを使用した自動機の製作

甲斐　聡利※, 古賀　誠人※, 中野　貴之※※（指導教員）
※機械システム技術科, ※※精密機械技術科

AI カメラは，近年ますます普及している画期的なテクノロジーである．生産機械や自動車の分野では製品にカメラを取り入れることが多くなっている．昨年度から続けている外観検査装置の製作に関する研究では，検査部を Raspberry Pi というマイクロコンピュータ（以下マイコン）とカメラモジュールに変更することで検査精度を向上させる取り組みを行った．また，今年度，新たに AI カメラモジュールを用いた自動走行を目的とした研究を行った．自動走行の研究では，AI カメラモジュールで床に描かれた線を読み取り，自作のコースを完走することができた．そして，外観検査装置の研究では，検査部品の輪郭のデータを取得・比較することで，昨年度よりも高い精度で良品・不良品を判別して仕分ける装置を製作することができた．

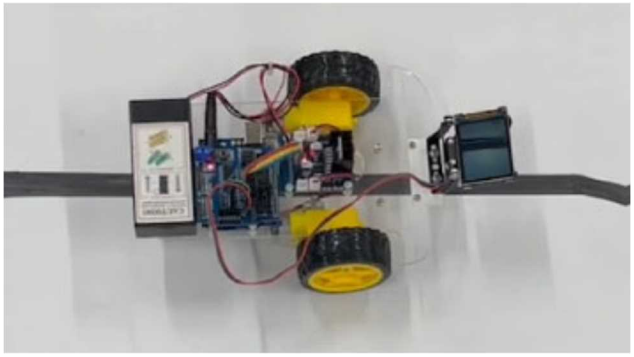


図 1　AI カメラを使ったライントレースカー

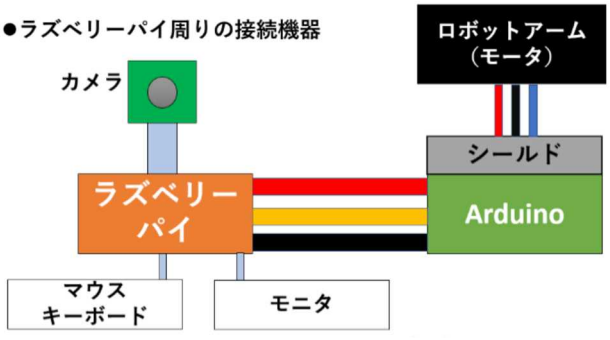


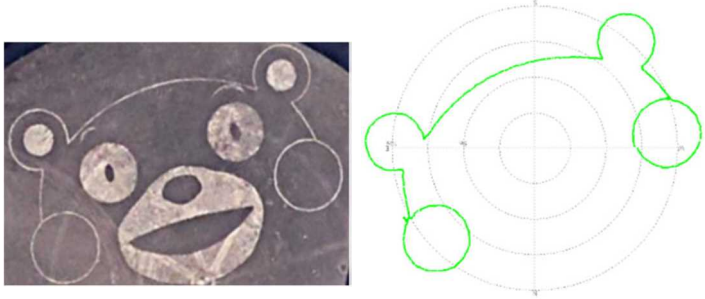
図 2　カメラを使った外観検査装置の概略

GNSS による高精度測位用基準局の設置とその利用

大塚　琉太※, 笹本　陽輝生※, 池上　知顯※（指導教員）
※電子情報技術科

衛星測位システム GNSS(Global Navigation Satellite System)において，RTK(Real Time Kinematic)-GNSS 測位法は数 cm の精度で測位可能であることから，ドローンやロボットカーの自律運転への応用や建設・土木分野などで広く利用されている．本研究では高精度位置測定のために，技大実習棟 A の屋上に GNSS 用アンテナを立て，2 周波対応の GNSS 受信モジュールと Raspberry Pi で構成した RTK-GNSS 基準局を設置した．学内外において RTK-GNSS 測位を可能にするために，基準局の座標を国土地理院の電子基準点観測データを用いて取得し，観測情報や位置補正情報の配信サーバである Ntrip Server/Caster の運用を開始した．本校構内や学外で移動局アンテナを車に搭載したり手に持って移動させ，RTK-GNSS 法による測位精度を検証した．

図 1　GNSS-RTK 用基準局



(a)地面上のくまモンイラスト　　(b)測位による軌跡

図 2　徒歩による RTK-GNSS 測位

カオス疑似乱数を用いたストリーム暗号方式の設計と実装

田鹿　蓮※, 西　瞭太朗※,　趙　華安※（指導教員）
※情報システム技術科

情報社会において，重要な情報を守るために情報セキュリティ技術が必要不可欠となってきた．情報セキュリティにおいて，暗号技術を用いることで情報を秘匿化して盗聴や漏えいなどを防いだり，顔が見えない相手の身元を認証したりすることができる．本研究では，暗号技術として，共通鍵暗号方式と公開鍵暗号方式をそれぞれ学習し，この2つの暗号方式のメリットとデメリットを研究した上，この2つの暗号方式を組み合わせた効率のよいハイブリッド暗号方式を提案した．提案した AES＋RSA のハイブリッド暗号方式を用いて，図 1 に示す暗号通信（守秘）と図 2 に示すデジタル署名（認証）への応用の可能性を Python 言語で実装し，可用性を検証した．特に，情報セキュリティ技術の向上のために，新しいデジタル署名方法を提案した．実装時にわかりやすいメニューを付け加え，実行を簡単に行えるように工夫も施した．

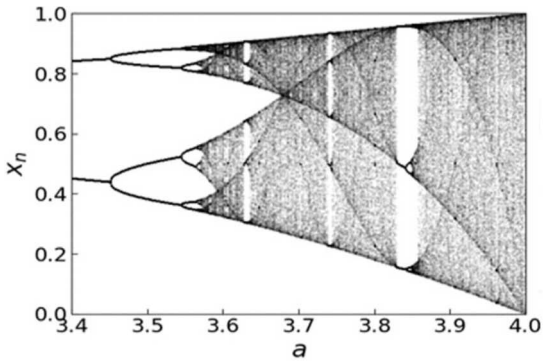


図 1　ロジスティックス写像の軌道

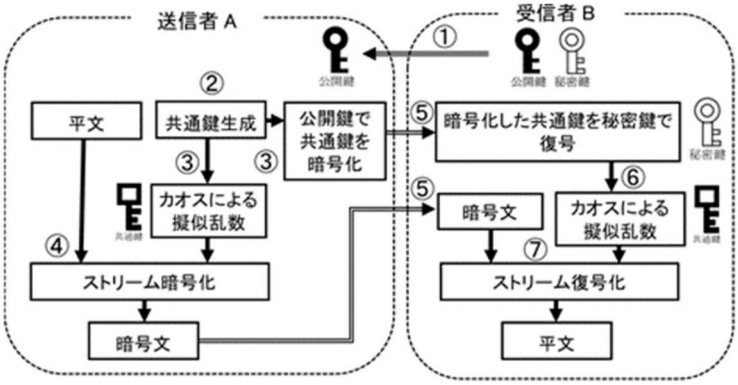


図 2　セキュアなストリーム暗号方式の設計

５．教員一覧

熊本県立技術短期大学校教職員一覧

校長

尾原　祐三（Obara Yuzo）
1980 年　熊本大学大学院修士課程修了
学　位　工学博士
専　門　岩盤工学，地下空間工学

指導部長
兼　Ⅰ群科長

中野　貴之（Nakano Takayuki）
2009 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　機械加工

精密機械技術科

教授（学科主任）　**中野　貴之**（Nakano Takayuki）

特別教授

谷名　修（Tanina Osamu）
1988 年　京都大学大学院修士課程修了
学　位　工学修士
専　門　液晶製造プロセス設計

主任講師

弓削　慶祐（Yuge Keisuke）
2002 年　職業能力開発総合大学校卒業
学　位　学士（工学）
専　門　機械加工，機械設計

講師

田中　誠一郎（Tanaka Seiichiro）
1998 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　衝撃工学，機械加工

講師

藤﨑　毅（Fujisaki Takeshi）
1997 年　九州東海大学（現東海大学熊本キャンパス）卒業
学　位　学士（工学）
専　門　機械加工，自動車工学，自動車整備

講師

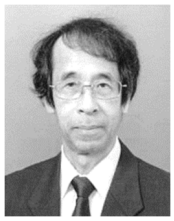
上田　稔（Ueda Minoru）
1978 年　熊本工業大学（現崇城大学）卒業
学　位　学士（工学）
専　門　機械加工

機械システム技術科

教授（学科主任）

田﨑　和博（Tazaki Kazuhiro）
1998 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（理学）
専　門　固体物性

准教授



日野　満司（Hino Mitsushi）
1984 年　熊本大学大学院修士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　機械力学，制御工学

主任講師

小笠原　健一（Ogasawara Kenichi）
2000 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（学術）
専　門　ロボティクス，バイオメカニクス，
　　制御工学

主任講師

秀山　文彦（Hideyama Fumihiko）
2019 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　伝熱工学，熱工学

講師

坂田　祐二（Sakata Yuji）
1981 年　熊本大学大学院修士課程修了
学　位　工学修士
専　門　機械力学・制御工学，
　　サイバーセキュリティ

講師

源川　昇平（Genkawa Shohei）
2010 年　熊本県立技術短期大学校卒業
専　門　機械加工

電子情報技術科

教授（学科主任）
兼 Ⅱ群科長

江口　智弘（Eguchi Tomohiro）
2014 年　日本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　福祉工学，電子回路，マイコン制御

准教授

里中　孝美（Satonaka Takami）
2008 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　システムLSI，画像認識，
　　ニューラルネットワーク

主任講師

福田　真（Fukuda Makoto）
2008 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（理学）
専　門　素粒子物理

講師

塚本　晃史（Tsukamoto Akifumi）
2007 年　崇城大学大学院修士課程修了
学　位　修士（工学）
専　門　ロボット工学，組み込み制御学

講師

池上　知顯（Ikegami Tomoaki）
1980 年　九州大学大学院修士課程修了
学　位　工学博士
専　門　電気工学，電気計測

講師

岡　智典（Oka Tomonori）
2008 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　修士（理学）
専　門　素粒子物理，データサイエンス

情報システム技術科

教授（学科主任）

糸川　剛（Itokawa Tsuyoshi）
2001 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　アルゴリズム，データ工学

特別教授

小田　信彦（Oda Nobuhiko）
1989 年　山口大学工学部卒業
学　位　学士（工学）
専　門　ディスプレイデバイスのデバイス，
プロセス設計

准教授

坂田　聡（Sakata Tadashi）
2012 年　熊本大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　音声信号処理，ニューラルネット
ワーク，言語教育

主任講師

菅原　智裕（Sugahara Tomohiro）
1995 年　熊本大学大学院修士課程修了
学　位　修士（工学）
専　門　情報通信ソフトウェア

講師

山本　浩貴（Yamamoto Hiroki）
2003 年　九州産業大学大学院博士課程修了
学　位　修士（経営）
専　門　経営情報

半導体技術科

教授

小林　一博（Kobayashi Kazuhiro）
1987 年　熊本電波高専電子工学科卒業
学　位　準学士
専　門　半導体デバイス

准教授

藤本　憲雄（Fujimoto Norio）
2004 年　九州大学大学院博士課程修了
学　位　修士（理学）
専　門　物理，半導体デバイス

講師

藤岡　大毅（Fujioka Daiki）
2020 年　立命館大学大学院博士課程修了
学　位　博士（工学）
専　門　材料化学，放射光分析，
　　機器分析化学

講師

中村　博文（Nakamura Hirofumi）
1976 年　九州産業大学大学院修了
学　位　工学修士
専　門　半導体アッセンブリ

（令和 7 年（2025 年）1 月 1 日現在）

紀要編集委員会(第 26 号)

委員長　尾原　祐三　（校長）
委　員　江口　智弘　（広報委員会委員長）
委　員　日野　満司　（広報委員）
委　員　井山　智恵　（広報委員）

熊本県立技術短期大学校紀要　第 26 号

令和 7 年 3 月 31 日発行

発行　熊本県立技術短期大学校　紀要編集委員会　委員長　尾原　祐三
〒869-1102　熊本県菊池郡菊陽町大字原水 4455-1
TEL　096-232-9700　　FAX　096-232-9292
印刷　有限会社町田印刷
〒868-0006
熊本県人吉市駒井田町 236-1
TEL　0966-22-2848　　FAX　0966-22-2799

発 行 者：熊本県
所　　属：技術短期大学校
発行年度：令和 6 年度