

コロナ禍に対応した教室環境記録システムの開発
～A I ・ I o T ・ クラウドを活用するための技術習得～

香川県立高松商業高等学校 情報数理科

2年 岡田 楓 佐伯 晃希 湯浅 創太
1年 石丸 暖人 魚部 亮 岡西 晃生

1. はじめに

本校は、商業科、情報数理科、英語実務科の三学科と定時制課程を有する専門高校である。昨年度創立120周年を迎えた。このような伝統校の中で、私たちが所属する情報数理科は設立12年目の新しい学科である。全国でも数少ない情報の専門学科として、新しい取り組みに日々挑戦してきた。

授業では、2・3年次に、それぞれが研究活動を行い、定期的に成果を共有するため発表会を開いている。(写真1)この発表会は1年生も参加しており、課題目標の設定や、研究成果が次の学年へ引き継がれるなど、良い循環が生まれている。



写真1：発表会の様子

私たちの研究グループでは、新型コロナウイルス感染症対策として取られている3密を、可視化する取り組みに挑戦した。A I や I o T、クラウドといった最新の情報通信技術を組み合わせ、3密を評価し換気の目安や密集・密接の意識を向上させるために役立てたい。さらに2年生と1年生の合同チームとすることで、知識や技術の伝承を

スムーズに行いたい。



写真2：研究グループ作業の様子

2. 研究目標

3密とは、密閉・密集・密接の3要素が揃った状況のことである。この状態を評価するための指標として、二酸化炭素濃度と人数の2点を自動計測し、さらにその値を記録しわかりやすく表示するシステムを開発することとした。この研究の目標は次の5点である。

(1) 密閉の評価(二酸化炭素濃度)

通常行われている教室の空気検査について保健室にインタビューを行い、二酸化炭素濃度を換気評価に使っていることがわかった。そこでCO₂センサーで二酸化炭素濃度を取得する。

(2) 密集・密接の評価(室内面積と人数)

エッジコンピューティングを実現するため、小型カメラで撮影した動画をA I で物体認識させ、リアルタイムで人数を数えられるようにする。

(3) センサーの無線通信

センサーの取り回しが容易になるように無線通

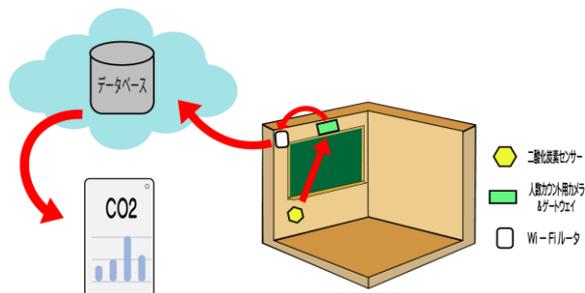
信でIoTゲートウェイに送れるようにする。

(4) ビックデータの蓄積と情報セキュリティ

取得した数値をクラウド上にアップロードできるプログラムとDBMSを構築する。将来の機能拡張を考え、汎用性を持たせたテーブル設計を行う。また、通信の暗号化とSQLインジェクション対策を実現し、安全な運用を目指す。

(5) Webアプリによる3密の可視化

Webアプリを開発し、ユーザーの意見をフィードバックしながらUIの検討を重ね、3密を可視化する。幅広く多くのユーザーが利用できるよう、マルチプラットフォームに対応できるWebアプリとする。スマートフォンやタブレットなどの機種に縛られることなく、ネットワークにつながっているどの端末からも自由に確認することができるようにする。



図表1：目標とするシステムの全体像

3. 実践①（デバイスの研究開発 IoT・AI）

デバイスの開発は、役割分担を行い4名で行った。それぞれ、筐体の設計や作成、計測制御、データ通信などのプログラミングを行った。

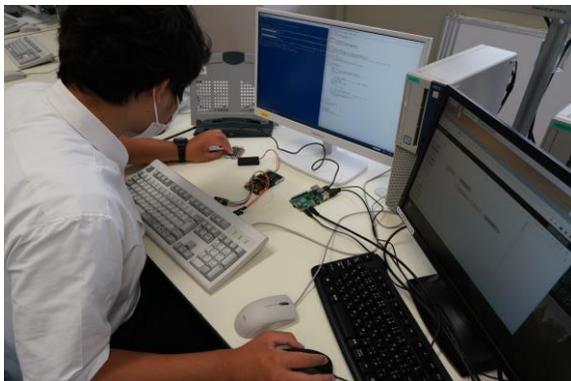


写真3：通信系プログラムのチェック

(1) micro:bitによる計測と通信

micro:bitは、イギリスBBCが主体となって

開発したマイコンボードで、イギリスでは11・12歳の子供に無償で配布されており、授業での活用が進んでいる。あらかじめ搭載されているLEDやボタン、センサー以外にも、拡張パーツをつなげば用途を広げることができる。さらに、ブロックを組み合わせて簡単にプログラムできることも魅力である。

開発では、小型で乾電池での駆動も容易であるため、CO₂センサーで空気中の二酸化炭素濃度を取得しRaspberry Piへ送信させる役割を持たせた。

二酸化炭素の測定にはmicro:bitに拡張ボードを装着し、KeyestudioのCCS811センサーを接続した。このセンサーで取得される二酸化炭素濃度は、揮発性有機化合物から算出される二酸化炭素濃度相当値であり、直接二酸化炭素を検出する物ではない。しかし、比較的安価で手に入りやすく、実際に教室を締め切って測定すると図表2のような値を示したため、ある程度の目安となると判断した。CO₂の範囲は400~8192ppmである。



図表2：二酸化炭素の変化

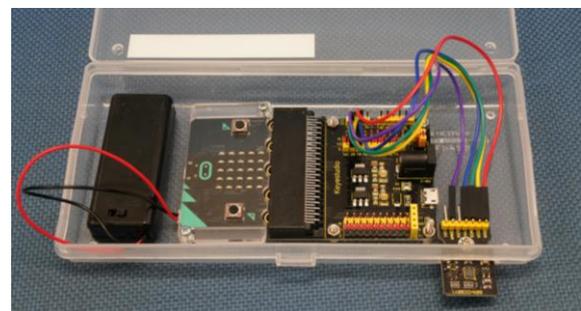


写真4：通信機能付きCO₂センサー

設置場所は、窓やドアの近傍、空調機の吸気吹き出し口を避け、床面上1.5mほどの位置に設置する。自由に取り回しできるように乾電池で稼働し、

無線で連携できるよう、小さなボックスに配置した。(写真4)

(2) タブレットを活用した物体認識 A I

エッジコンピューティングを実現するため、教室中央上部から小型カメラをRaspberry Piに直接つなぎ物体検出の処理を行うことが当初の目標であった。しかし、Raspberry Piでは、処理能力が足りず、理想となるA Iプログラムが実現できなかった。そこで、新型コロナウイルス感染症対策で各学校に配布されたWindowsタブレット端末を活用し、そこにPythonをインストールし、独自にプログラミングして開発した。



写真5：タブレット(大型モニタは確認検証用)

Python言語で動画像の人認識と人数のカウントを行うため、OpenCVを利用し、ヒトのシルエットをあらかじめ公開されている学習モデルにあてはめることとした。

プログラムでは、HOGDescriptorを宣言し物体検出の準備を行い、読み込んだ画像をモノクロに加工したうえでdetectMultiScaleによってヒトの学習モデルを使い人物の数を検出することにした。

(写真6)

最終的に、同じ画像内に映っている人の人数を30フレームごとにカウントして、それをデータベースサーバへアップロードできるプログラムを完成させることができた。(写真7)

運用実験では、教室内に様々な備品があり、様々な姿勢でカメラに映るため、誤検出や未検出が発生した。しかし、統計的な傾向をつかむには実用十分であると判断した。(写真8)



写真6：ヒト検出の実験

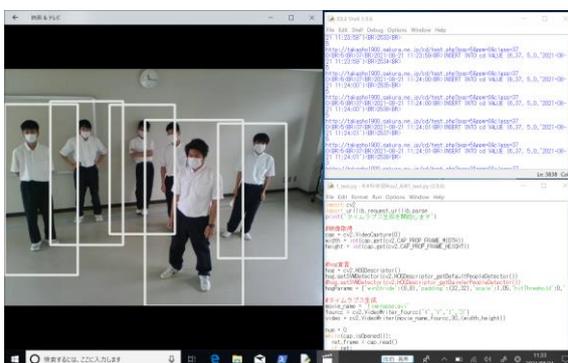


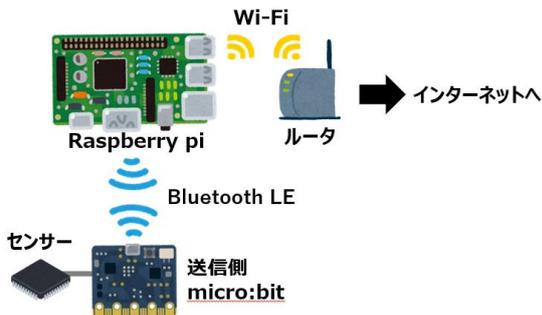
写真7：人検出とデータ送信の検証画面



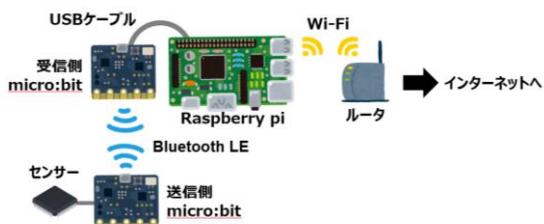
写真8：運用実験における人検出

(3) Raspberry PiによるIoTゲートウェイの作成

micro:bitから収集したデータを受信し、インターネット上に送出するIoTゲートウェイを作成するために、Raspberry Piを使用した。Raspberry Piとは、イギリスで開発された教育用のシングルボードコンピュータである。様々なサービスやツールに対応していることから、研究用に使われることも多い。

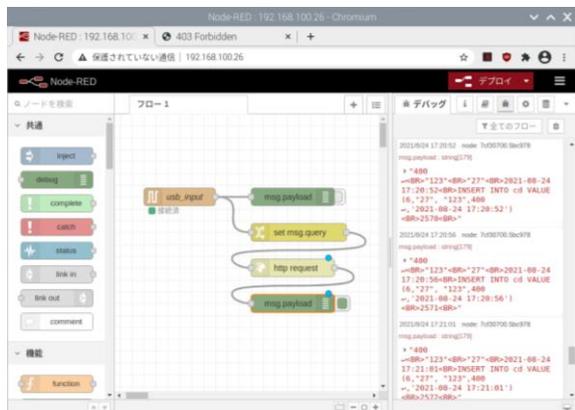


図表 3 : 計測値をネットワークへ送出する仕組み
当初はmicro:bitとRaspberry pi間でBluetooth Low Energyによる汎用的通信(図表3)を計画した。しかし、実現することができなかった。そこで、micro:bit同士の比較的簡単な通信機能を活用することにした。通信機能はmicro:bit同士にすべて任せ、受信側micro:bitとRaspberry piの接続にはUSBケーブルを使い、シリアル通信はNode-REDで実現した。(図表4) データ転送だけでなく受信側micro:bitの電源供給も利用できる。



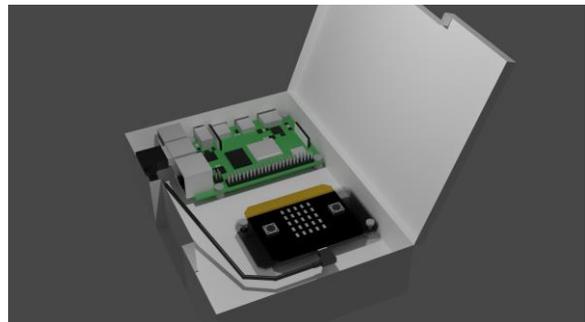
図表 4 : 計画変更後のシステム構成

Node-REDでは、USBからシリアル通信で取得したデータをサーバにSSL/TLSでリクエスト送信する処理をプログラムした。サーバのテストプログラムにアクセスし、データ送信の成功を示す値を表示させることができた。(図表5)



図表 5 : Node-REDによるプログラムと実行結果
IoTゲートウェイは、研究の要ともなる機器で

ある。そのため、筐体は防塵性があり、コンパクトで、設置しやすく、保守管理しやすいものとなるよう、事前にBlenderでモデリングしモックアップを作成し十分に検討を重ねた。電子部品から発生する熱や電氣的な絶縁、将来の拡張性にも配慮し機器の配置を決定している。(図表6)



図表 6 : BlenderによるIoTゲートウェイの設計
また、複数教室に同じ製品を設置しなければならないため、電子部品以外はホームセンターや100円ショップなどで材料を集め、身近なもので安価に作成できるよう工夫した。結果、写真9を完成させることができた。



写真 9 : Raspberry piによるゲートウェイ

4. 実践② (クラウド・データの可視化)

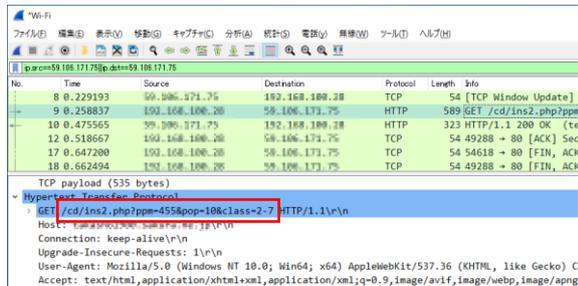
サーバーサイドの開発は、2名で行った。それぞれ、データベースへの接続、Webアプリのプログラミングを行った。

(1) ドメインの取得と暗号化通信

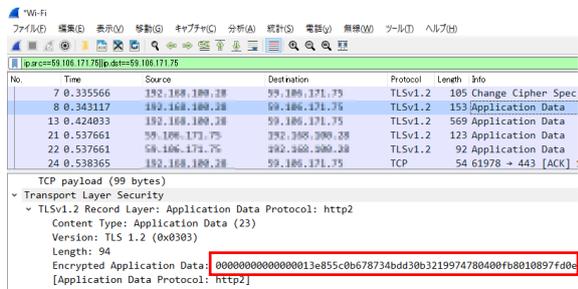
取得したデータをWeb上で共有するため、学科レンタルしているサーバー(さくらのレンタルサーバー)を利用することにした。このサービスではPHPとMySQLを利用することができる。また、暗号化通信を行うため、新たにドメインを取得し、Let's Encryptサービスを活用することにした。

電子証明書を無料で発行できるサービスであり、TLS/SSLで通信を暗号化できる。

設定後、ネットワーク上を通過するパケットをサンプリングし、分析すると暗号化後は通信内容が隠ぺいされていることを確認できた。(図表7・8)



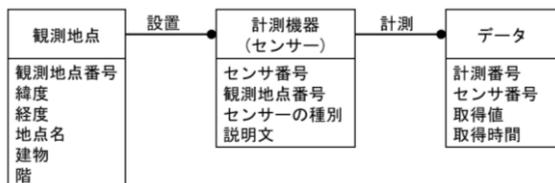
図表7：暗号化されていないパケット



図表8：暗号化されたパケット

(2) データベースの設計

データベース設計では、データの不整合を防ぎ、将来、センサーが多様化することを想定し、拡張性を高めるように意識した。(図表9)



図表9：E-R図

開発では、3つのテーブルでデータを管理することとした。それぞれ、観測地点のデータを登録するテーブル (loc_t)、同一の計測地点で設置されているセンサーについてまとめているテーブル (sen_t)、各センサーの計測値データを記録するテーブル (sd_t) である。(図表10)

データベースの設計が終わると、レンタルサーバのデータベースサービスを利用し、実際に構築を行った。

- loc_t (観測地点の情報を管理するテーブル)

カラム名	データ型	説明
loc_id	Int	観測地点ID
lat	Decimal	緯度
lon	Decimal	経度
place	Varchar	地点名
building	Varchar	建物
flo	Int	階

- sen_t (観測地点ごとのセンサー管理テーブル)

カラム名	データ型	説明
se_cod	int	センサID
loc_id	int	観測地点ID
kind	varchar	センサーの種類別
datal	varchar	説明文

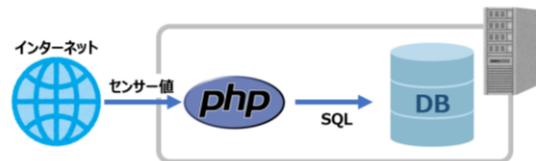
- sd_t (センサー値を蓄積するテーブル)

カラム名	データ型	説明
sd_no	int	計測ID
se_cod	int	センサID
data	Decimal	取得値
time	datetime	取得時間

図表10：データベース設計

(3) 計測結果のデータベースへの蓄積

サーバで受け入れたセンサー値からSQLを発行してデータベースへ引き渡す仕組みは、PHPを用いて実現した。データベース接続には、汎用的に利用できるPDO接続を行った。これに、SQLインジェクション対策のエンコーディングを行い、PHPでSQLを発行しデータの書き込みを行う。(図表11)



図表11：データを記録する仕組み



図表12：sd_tテーブルへの書き込み結果

開発中のテスト及び運用中の保守点検用に、サーバからIoTゲートウェイには若干のメッセージをレスポンスする仕組みも作った。

実際に複数のセンサーを同時に稼働させると、データベースへの書き込みがスムーズに行われていることが確認できた。(図表12)

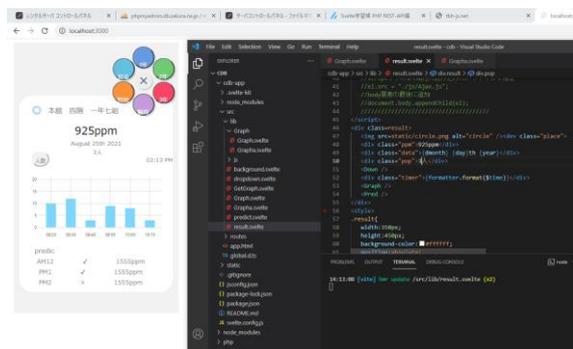
(4) ビックデータの活用とデータの可視化

データベースに書き込まれた膨大なデータは、ユーザーに分かりやすいようWebアプリとして可視化して表示することにした。



写真10 : Webアプリのプログラミング

Webアプリの開発環境には、SVELTEを採用した。SVELTEはJavaScriptのフレームワークのひとつで、動的なWebアプリの構築が効率化できる。(図表13)ビルドが速くコード量も少なく済む。ただし、比較的新しいツールのため、開発事例が他のサービスに比べて少ない。参考となるサイトやライブラリが少なく活用できる資料が限られていた。

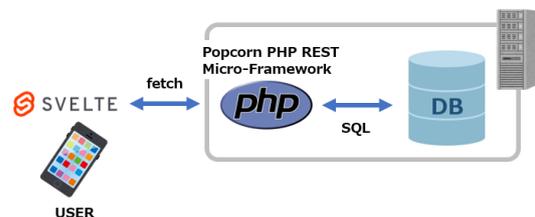


図表13 : SVELTEによるアプリの開発画面

そこで、システム開発に経験のある外部の方に、様々な情報をいただくことになった。例えば、グラフを描画する際にはライブラリChart.jsを使おうとしたが、SVELTE用に最適化された、svelte-

frappe-chartsの情報を教えていただき、完成させることができた。また、PHPの通信ではPopcorn PHP REST Micro-Frameworkを利用することで解決することが分かった。

アプリがデータベースの接続する際は、センサー値の書き込みを行う時と同様、PDOを使った。SQLインジェクション対策のエンコーディングを行い、PHPでSQLを発行し、データベースから返されるデータをSVELT側へ送信することとした。(図表14)



図表14 : データベースとアプリの構成

アプリのUIは、スマートフォンでのアクセスを基本に検討を重ねた。センサーの種類によってグラフがワンタッチで切り替わるようにした。(図表15)

疫学の調査における濃厚接触者の定義では、1m以内15分以上(2020年4月27日)ということであるから、これを評価基準として用いることとする。本校普通教室の面積と人数の関係から算出すると1教室あたり41人以上が濃厚接触となる。濃厚接触の可能性が高まると、アラートを表示するようにした。



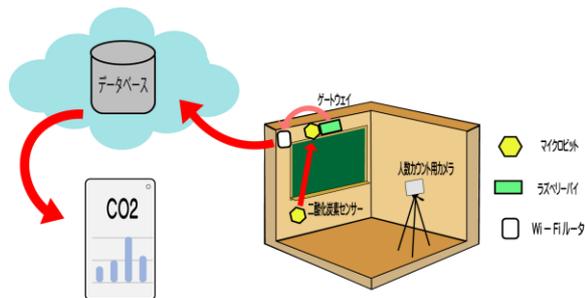
図表15 : スマートフォンでの表示

5. 実践の成果と課題

コロナ感染拡大のため、夏休みの後期課外が急

きよ中止となり、計画していた教室での実証実験(図表16)が実施できなくなった。よって、今回の研究では、基本設計から最終確認テスト(システムテスト)までの工程しか実施することができなかった。

ユーザーからのフィードバックをかけることができなくなったが、基本設計からシステムテストまでの成果と課題は次のとおりとなった。



図表16：実証実験での運用モデル

(1) 成果

本研究による成果をまとめると次のようになる。

- ・micro:bitによるCO₂センサーを使った計測とデータ送信
- ・タブレット端末によるリアルタイム人数カウントアプリの開発
- ・Raspberry piとmicro:bitを組み合わせたIoTゲートウェイの開発
- ・SSL/TLSを使った通信内容の安全な受け渡しとSQLインジェクション攻撃への対応
- ・プログラムによるデータの受け取りと、データベースへの引き渡し及び受け取り
- ・SVELTEを使った動的Webアプリ開発の効率化
- ・開発アプリによるデータの可視化

(2) 課題

a. Bluetoothによる無線通信

デバイスの開発に関しては、micro:bitとRaspberry pi間のBluetoothによる非同期式シリアル通信(UART)を検討していた。可能な限り、ぎりぎりまで研究を重ねたが、有用な文献にあたることができず、実現できなかった。IoTゲートウェイは数多く必要である。よって構造を簡単にし、

できるだけ安価に製作するためにも、引き続き研究を重ね実用化を目指したい。

b. 人数カウントAIの認識精度

本番環境で予定している教室での実験では様々な姿勢や人物・備品が重なりあうためヒトを検出できなかったり、教室の机や椅子、扉などをヒトとして誤認識したりしてしまう例が多発した。全身が映らないと検出されないことが多く、教室環境に特化した学習モデルの作成や、頭の数を認識するモデルに変更するなど研究を重ねたい。

c. 類似サービスとの差別化

コロナ対策として、屋内施設の混雑状況を可視化するサービスが数多く生まれている。今回は技術取得のための研究であったが、新たなビジネスモデルなどに展開する場合は、他のサービスとの差別化が必要であると思う。私たちが開発したシステムは、容易に多様なセンサーを追加することができる点が強みである。

幸い、IoTゲートウェイとの通信をmicro:bit同士の通信に切り替えたことで、プログラミングが簡単になり、IoTデバイスの開発が短期間で可能になった。例えば、騒音センサー、窓開閉センサー、人感センサーによる在席確認、消毒用ポンプ作動カウンター、出入口での人感センサーなどを使って屋内混雑状況を評価する指標とできないかと考えている。

今後は、学校の再開を待って実証実験を繰り返し、正確で安定したシステム運用を目指すとともに、広く意見を聞き、改善を繰り返したい。

6. まとめ

研究終盤になると、全国的に感染状況が拡大し、活動にも工夫が必要となった。長時間グループで活動することが難しくなり、情報処理実習室での活動も制限されるなかでの開発となった。

とくに、システムテストを実施し、十分に検討を重ねることが難しく、一部目標を達成できないものも出てしまった。またハードウェア間のデータ通信の開発に手間取り、全体の開発も遅れてし

まった。

開発期間中にコロナ感染症拡大の第5波が到来し、改めて感染症対策の重要性が注目されている。私たちの研究が社会に直接役に立つかもしれないという使命感を持ちながらの開発になり、何としても完成させなければならないと考えるようになった。

また、1年生は検定学習の時間を割いて、2年生の成果を学び、共に作業を行った。技術の伝承もできたが、それよりも研究への姿勢や使命感を感じ取ってくれた部分大きいと思う。

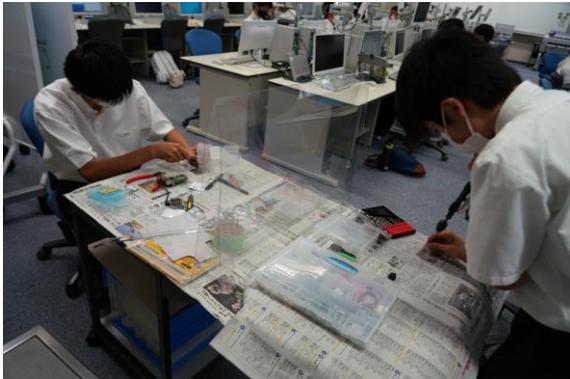


写真11：飛沫対策を行いながらの研究

すべての産業分野において情報通信技術は新しい価値を創造するツールとなっている。技術的な視点から、社会の様々な課題にアプローチし、産業と社会の発展に向けて、新しいアイデアを提案できるのは情報科の最も大きな魅力だと思う。

私たちは、最新の技術や知識を習得しながら、それが何に活用できるかを常に考えたい。完璧な製品・サービスを目指すのではなく、顧客が抱える課題を解決できアイデアを素早く形にする技術を身に付け、何度でも試してみることで、新しいサービスや製品を創造できる人物になりたいと考えている。

7. 参考文献等

(1) 先行研究

「AIによる本人認証技術」近藤輝

(2021高松商業高校情報数理科3年)

(2) 書籍

「Python実践データ分析」秀和システム

(3) Web

<https://makecode.microbit.org/>

<https://github.com/xinabox/pxt-SG33>

<https://cookbook.nodered.jp/>

<https://svelte.dev/>

<https://zenn.dev/fkumnk/>

<https://www.npmjs.com/package/>

svelte-frappe-charts

<https://www.niid.go.jp/niid/ja/>