

# IoT とエッジコンピューティングによるヘルスケアおよび FA システムの研究

[研究代表者] 中條直也 (情報科学部情報科学科)  
 [共同研究者] 中藤達哉 (三菱電機エンジニアリング(株))  
 梶 克彦 (情報科学部情報科学科)  
 内藤克浩 (情報科学部情報科学科)  
 水野忠則 (情報科学部情報科学科)

## 研究成果の概要

IoT 技術とエッジコンピューティングの進展が、ヘルスケアやものづくりの世界にも大きく変革をもたらしている。本プロジェクトではその応用分野としてヘルスケアと FA システムを取り上げた研究を行った。

ヘルスケアの分野ではオフィスワーカーの健康支援を引き続き取り上げていた。オフィスワーカーの運動不足はメタボリックシンドロームを招く懸念があり、運動不足の解消は重要な課題とされている。本年度は、階段利用の促進をゲーミフィケーションに用いて行うことをテーマとして取り上げた。スマートフォンに装備されているセンサを用いて階段とエレベータの利用を区別する。またコロナ禍が続く中で、換気の必要性が高まっており、室内換気のセンシングとして CO<sub>2</sub> センサを用いた計測基盤の開発を行った。

FA システムの分野では、工場では人材不足、製造物の多様化が進み、検査の自動化のニーズが高まっている。しかし、検査工程の自動化は全て実現できているわけではない。特に基板間の電力配線などの立体的な配線については、目視での検査が行われている。その自動化を研究テーマとして取り上げた。

本年度の研究として、(1)階段の利用を促進するアプリケーションの提案、(2)セキュア IoT を活用した CO<sub>2</sub> センシングシステム、(3)深層学習による立体的な配線の検査の、3 テーマについて報告する。

研究成果の概要をテーマごとに述べる (1)では階段の利用を登山に置き換えたゲーミフィケーションを用いたヘルスケアアプリ「ステップ山登り」を作成した。(2)では CO<sub>2</sub> センサによる計測基盤を開発し室内換気のモニタリングを行った。(3)では 3DCG で作成した立体的な配線の画像データを用いて深層学習を行って性能の検証を行った。

**研究分野：** 組込みシステム, モバイルシステム, ネットワーク

**キーワード：** ヘルスケア, スマートフォン, 活動量推定, CO<sub>2</sub> センサ, 配線検査, 深層学習

## 1. 研究背景

ヘルスケア分野ではオフィスワーカーの健康支援が求められている。オフィスワーカーの運動不足はいわゆるメタボリックシンドロームを招く懸念がある。社会的にも生産性の低下や医療費増大の原因となりうることから、運動不足の解消は重要な課題とされている。その解決には定期的な運動による健康増進が望ましいといわれている。

これまで、運動量の計測・管理に関しては、加速度センサによってユーザの歩数を計測する万歩計や、スマートフォンアプリなどが開発されてきた。一方、これらの運動不

足を解消するためには、継続的な運動意欲が不可欠である。そのためには、ゲーミフィケーション、ナッジ、金銭的インセンティブなどが有効といわれている[1]。本研究ではゲーミフィケーションを用いて運動意欲の向上を試みる。

一方で、新型コロナウイルス感染症によるパンデミックが発生し、その蔓延を防止することはヘルスケアの重要な課題となっている。対策の一つとして適切な換気が重要であることが分かっている。本研究では IoT デバイスとして CO<sub>2</sub> センサを用いてオフィス環境の換気を計測するセンシングシステムを検討する。

FA システム分野では、製造物の多様化が進み、検査の自動化のニーズが高まっている。大量生産される製品に対しては、専用の検査機器も開発され、自動検査が一般的である。ただし、立体的な配線など自動検査が難しいケースも存在する。このような場合は目視による検査が行われている。一方、深層学習の進展により、これまで難しかった画像処理への適用が広がっている。本研究では深層学習を用いた立体的な配線の検査について取り上げる。

## 2. 研究の目的

ヘルスケアの研究では、ゲーミフィケーションを用いた運動促進アプリを開発する。また、CO<sub>2</sub> センサを用いてオフィス環境での換気状況をセキュアに計測するセンシングシステムの基盤技術を検討した。

FA システムの研究では、立体的な配線に対して深層学習を用いた検査の自動化を検討する。

## 3. 研究の方法

実施した3つのテーマについて研究方法を述べる。

### (1) 階段の利用を促進するアプリケーション

ゲーミフィケーションとして、階段の利用を山登りととらえるアプリを開発する。目標設定に対し、階段利用による山登り状況をアプリ画面にわかりやすく表示し、運動を促進する。また行動履歴の表示や、1日の終わりに状況を通知する機能を備えたものとする。また、ゲームが進行すると背景も変化してユーザに階段利用を促す。アプリ画面の例を図1に示す。

階段の利用は気圧センサ・加速度センサを用いて検出

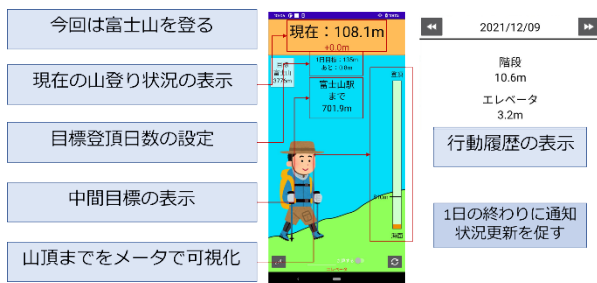


図1: 「ステップ山登り」のアプリ画面

する。階段利用を促進するためには、階段とエレベータの利用を区別する必要がある。そのためには気圧センサによる高さ変化だけでなく、加速度センサによる歩数検出を併用している。高度が変化したときに、歩数が閾値を超えた場合には、階段を利用していると判断し、それ

以下の場合にはエレベータ利用とする。

### (2) セキュア IoT を活用した CO<sub>2</sub> センシングシステム

本研究では、IoT デバイスとして CO<sub>2</sub> センサを取り上げる。この室内換気モニタリングを目的としたセンシングの基盤を開発する。提案する CO<sub>2</sub> センシングシステムを図2に示す。

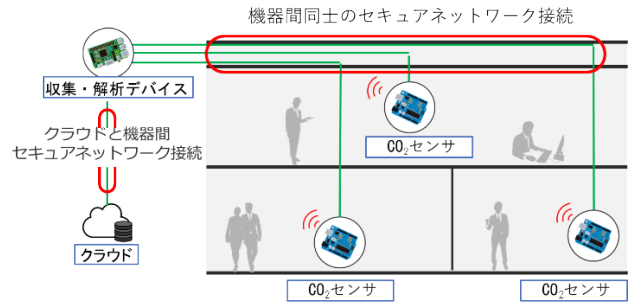


図2: CO<sub>2</sub> センシングシステム

ここで IoT デバイスを用いるセンシングシステムでは、多種多様なデバイスが存在しうる。それらの IoT デバイスのセキュリティを包括的に提供することが重要である。そこで認証された端末のみが参加可能な仮想ネットワーク技術 CYPHONIC (CYber PHysical Overlay Network over Internet Communication) を適用する。

### (3) 深層学習による立体的な配線の検査

本研究では図1に示すような立体的な配線を対象とした。このような配線は基板への電源供給のためなどに使われる。この配線を対象として正配線と誤配線の識別を行う。

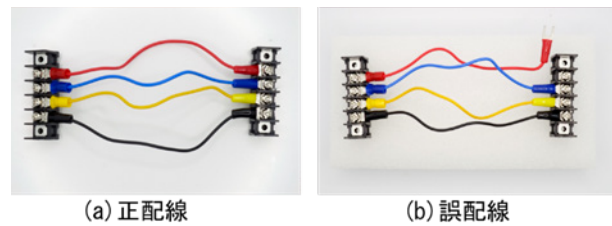


図3: 立体的な配線の例

そのための深層学習の手法として CNN (畳み込みニューラルネットワーク) を使用した。簡潔なプログラムで識別プログラムの実装が容易な Keras ライブラリを用いた。深層学習の学習用に、正配線、誤配線それぞれの画像データを作成する必要がある。本研究では、3DCG モデルを作成し、そこから学習用の 2 次元画像データを生成した。2020 年度の結果から、CG モデルから作成した画像データを用いると学習性能が向上することが分かっている [2]。

なお、計算機環境として、新型コロナウイルスの影響を受けにくい点からクラウド環境を利用した。

#### 4. 研究成果

実施した3つのテーマについて研究成果を述べる。

##### (1) 階段の利用を促進するアプリケーション

このアプリでの平地と階段移動の分類の結果について図4に示す。平地の移動の場合は、大きな気圧の変化は生じない。階段とエレベータの区別は気圧の振動の有無によって行うことができる。また、一定の時間ごとにウィンドウを設定して、そのウィンドウ内の気圧変化から階移動を識別する。

普段の生活を改善する目標設定として、登山の登頂日数を目標にして、利用者がどれだけ階段利用を増やすか決めることができる。

アプリケーションを開発し、評価として実際に階段の利用が増えたかの検証を行った。3名の被験者にアプリを使用してもらい、階段利用量、状況更新回数を収集した。その結果、普段と比べて階段利用は増加した。一方で日がたつごとに階段利用量が低下した。

今後の課題として、ゲーム性の追加によるアプリの継続的な利用の促進がある。

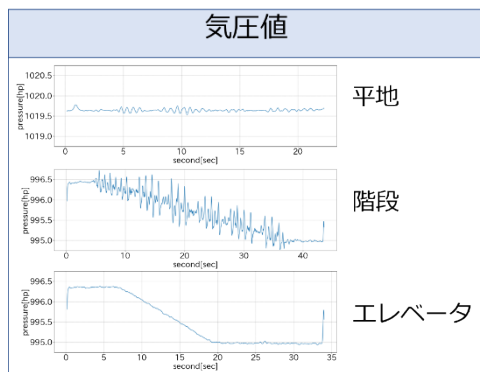


図4: 階段とエレベータの区別

##### (2) セキュア IoT を活用した CO<sub>2</sub> センシングシステム

学内の研究室に CO<sub>2</sub> センサを室内、窓、換気扇の3か所に設置して、室内人数の変化による CO<sub>2</sub> の時間変化を計測した。

図5に計測結果を示す。人数増加に対して、5から10分後に CO<sub>2</sub> 計測値が上昇することが分かった。また窓や換気扇など空気が流れやすい場所と、そうでない室内によって CO<sub>2</sub> の変化が異なることが分かった。本研究の成果は、環境センシングの基盤ハードウェアの作成と、センシングのシステム動作が確認できたことである。

今後の課題としては、セキュアなセンシングのための仮

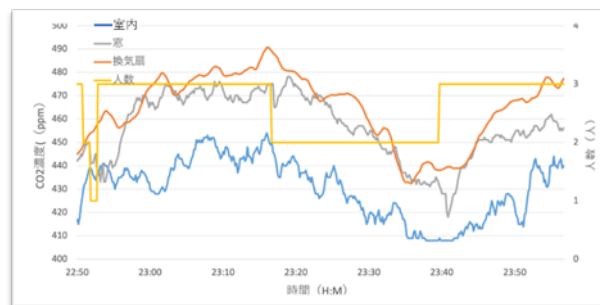


図5: 人数とCO<sub>2</sub>濃度の時間推移

想ネットワーク技術 CYPHONIC の導入がある。

##### (3) 深層学習による立体的な配線の検査

深層学習で使用する学習用の画像は 3DCG ソフトの Maya を用いて作成した。画像内の配線は全て上から赤、青、黄、黒の4色で固定している。画像内の配線が全て正しく繋がっている場合を正配線とし、いずれかの配線がコネクタから外れている、または間違った場所に接続されている場合を誤配線とする。正配線の画像 200 枚、誤配線の画像 200 枚の合計 400 枚の画像を用意した。このデータを4分割して交差検証を用いて評価を行った。

表1に CG データを用いた深層学習の結果を示す。適合率は 0.97 と比較的高い精度で検査ができています。

今後の課題としては、実際の配線を撮影した画像を用いた精度検証と検査時間の検証がある。

表1: CGデータでの検証結果

	正解率	適合率	再現率	F値
全体平均	0.98	0.97	1.00	0.98

#### 5. 本研究に関する発表

- (1) 須藤奨太, 他, “深層学習を用いた立体的な配線の検査”, 第84回情報処理学会全国大会, 2J-07, 2022年.

#### 参考文献

- [1] 諸戸貴志, 濱川礼, “AR による階段利用意欲向上支援システムの提案”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム論文集, pp. 322-327, 2016年.
- [2] 池田溪一郎 他, “ディープラーニングを用いた手挿入部品検査の検討”, 第82回情報処理学会全国大会, 4J-02, 2020年.