

# 学習能率の向上を目的とした室内環境モニタリングシステム

## Indoor environment monitoring system for improving learning efficiency

吉川 朝貴, 小渡 悟

Tomotaka YOSHIKAWA, Satoru ODO

沖縄国際大学産業情報学部

Department of Industry and Information Science, Okinawa International University

Email: 16DB136@oku.ac.jp

**あらまし**：室内環境は健康や学習・作業効率に影響を及ぼすことが報告されており、学習能率の向上を図るためには、健康的で快適な学習環境を準備する必要がある。本研究では、学習環境が学習・作業効率に影響を及ぼすことから、室内環境の温湿度、気圧、CO<sub>2</sub>濃度、また、学習者の心拍をモニタリングし、定期通知と異常値の通知を自動で行うシステムの検討を行ったので報告する。

**キーワード**：小型マイコンボード、CO<sub>2</sub>濃度、室内環境計測

### 1. はじめに

学習能率の向上を図るためには、健康的で快適な学習環境を準備する必要がある。室内環境は健康や学習・作業効率に影響を及ぼすことが報告されている<sup>(1-4)</sup>。プログラミングの講義において教室空間と受講者のモチベーションの関係を調査した報告がある。教室内の気温、湿度、CO<sub>2</sub>濃度を計測し、適切に空調を調整することによりモチベーションの低下を抑えられる可能性が示唆している<sup>(1)</sup>。タイピング作業を通してCO<sub>2</sub>濃度変化と室温が作業性と生理心理量に与える影響について調査した報告がある。CO<sub>2</sub>濃度が高くなるにつれ作業量と正解入力文字数が減少し、誤入力率が高くなることからCO<sub>2</sub>濃度が作業性に影響を及ぼしていることが示唆している<sup>(2)</sup>。オフィスにおける作業効率は室温が22~23度を超えると室温上昇とともに減少するといわれていることから、小学校普通教室における冷房導入前後での実態調査がなされている。冷房導入後の全教室平均CO<sub>2</sub>濃度は1231ppmを示し、自然換気状態と比べると約1.8倍でとなったとしている。教室によっては学校環境衛生の基準である1500ppmを超えていたことが報告されている<sup>(3)</sup>。さらに、CO<sub>2</sub>が脳機能（意思決定）に与える影響について詳細に調査した報告がある。被験者22人は、意思決定の過程における実行機能を評価するSMS（Strategic Management Simulation）テストを3つの条件下（CO<sub>2</sub>濃度：600ppm、1000ppm、2500ppm）でうけた。テストは次の基本的な活動、応用的な活動、集中を要する活動、同時作業、自発性、情報検索、情報活用、柔軟性、基本的な戦略の9種類の基準で採点された。その結果、600ppmの環境に比べて1000ppmでは6項目が低下し、2500ppmの環境では7項目が大幅に低下することが示された。これより、CO<sub>2</sub>が意思決定の過程における実行機能を低下させることが示された。ただし、集中を要する活動だけは2500ppmで最高得点を記録しており、

研究では過集中による可能性を指摘している。室内のCO<sub>2</sub>濃度が2,500ppmや3,000ppmに達した場合、集中力や意思決定に支障をきたす可能性があることはあきらかであり、意思決定機能の低下を防ぐためには室内CO<sub>2</sub>濃度は1500ppm以下の環境を推奨している<sup>(4)</sup>。

本研究では、学習環境が学習・作業効率に影響を及ぼすことから、室内環境の温湿度、気圧、CO<sub>2</sub>濃度、また、学習者の心拍をモニタリングし、定期通知と異常値の通知を自動で行うシステムの検討を行ったので報告する。

### 2. 提案システム

室内環境をモニタリングする場合、各種センサ機器を設置する必要がある。CO<sub>2</sub>濃度を計測する場合、一般的にはCO<sub>2</sub>濃度センサを搭載した機器を設置するが、これには設置工事やコストがかかる。ここでマイコンボードに各種センサを接続することにより低コストで簡便に計測を行うことを目指す。

本研究では、マイコンボードとしてRaspberry Pi 3Bを選択する。安価で幅広いセンサを使用できるだけでなく、導入コストを抑え利便性の高い室内と体の管理システムが構築できる。図1に提案システムの概略図を示す。

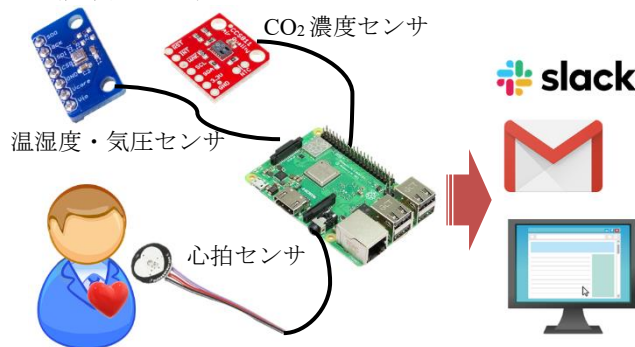
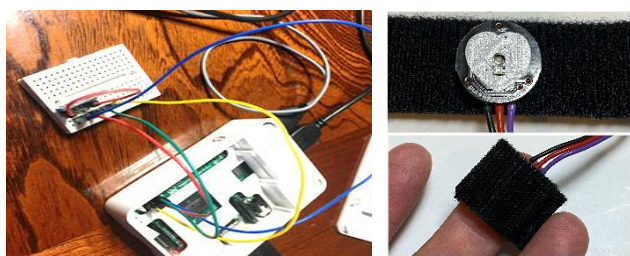


図1 提案システムの概略図

図2に使用するセンサを示す。CO<sub>2</sub>濃度はCCS811搭載空気品質センサモジュール、温湿度・気圧はBME280搭載環境センサモジュール、心拍センサを用いる。心拍センサはフィンガーストラップで左手中指に装着する。

室内環境は10分ごとに、心拍センサは5分おきに計測を行う。取得データはRaspberry Piで一括管理し、あらかじめ指定した数値を超える異常値を検知すると、SlackやGmailなどで通知し警告を行う。また、IoTデータ可視化サービスのAmbientを使うことによりWeb上でグラフとして可視化、公開共有する。



(左) 温湿度、気圧、CO<sub>2</sub>濃度センサ・  
(右) 心拍センサ

図2 計測用センサ

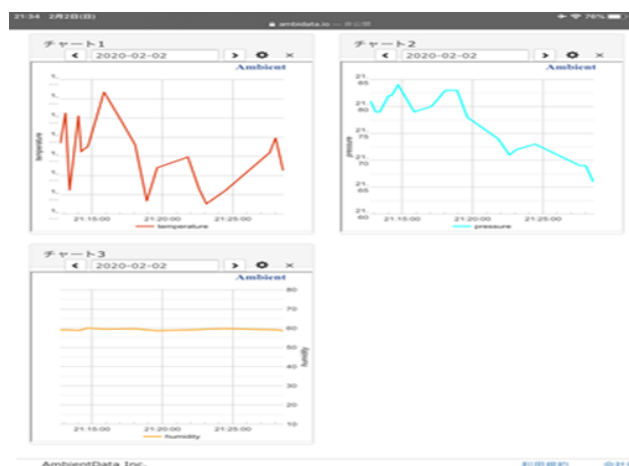


図3 計測データのグラフ化の例

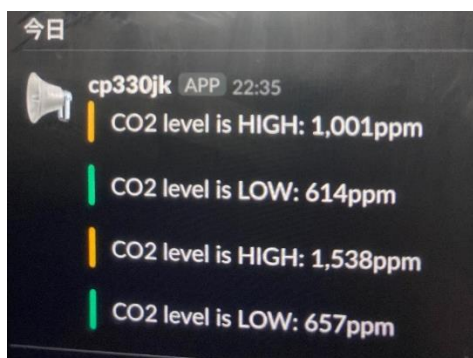


図4 Slackへの異常値の通知例

図3に1週間のモニタリング例を示す。また、図4に異常値の通知をSlackに行った例を示す。提案システムを実際に実習室に配置し計測を行ったところ基準値をはるかに超える値を示すことがり、その都度、適切に換気を行うことで改善され、最適な環境を維持することができた。

### 3. まとめ

本報告では、学習時における室内環境をテーマとした、Raspberry Piを用いることで導入コストを抑えた室内と体の管理システムの提案をした。

本システムでは、Raspberry Piと空気品質センサモジュールや温湿度・気圧センサモジュール、心拍センサを取り付けることでモニタリングし異常値を観測するとSlackに通知、データを管理しWeb上で可視化し現状を把握することが可能となった。既存の製品と比較した場合、Raspberry Piを用いることで導入コストを抑え幅広いセンサに対応した拡張性の高いシステムとなった。

今後の機能拡張として、室内の環境情報である一酸化炭素濃度や体では現状、心拍センサに限っているので血中酸素濃度より詳しい機能を追加したいと考えている。また専用のアプリ開発や統計などでの予測などこられるシステムを取り組むことで自宅や教室、学習時に限らず様々な分野での室内の最適な環境作りをサポート管理が少しでもできるようにしたい。

### 参考文献

- (1) 土肥紳一：“教室内の空気の改善に着目したモチベーション向上のための教室空間の研究”，情報処理学会第81回全国大会，2019，no.1，pp.325-326（2019）
- (2) 三村凌央，近本智行：“教室の学習環境と学習効果に関する研究（第9報）CO<sub>2</sub>濃度変化及び温熱環境が作業性と生理心理量に及ぼす影響”，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集2018，pp.169-172（2018）
- (3) 岩下剛，古賀 隆文：“冷房導入前後の小学校普通教室における夏季の温熱・空気環境の実態に関する研究”，日本建築学会環境系論文集，vol.74，no.641，pp.877-882（2009）
- (4) Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar, Toshifumi Hotchi, Douglas Sullivan, Siegfried Streufert, and William J. Fisk：“Is CO<sub>2</sub> an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO<sub>2</sub> Concentrations on Human Decision-Making Performance”，Environmental Health Perspectives，vol.120，no.12，pp.1671-1677（2012）