

ポータブルサーバを用いた教室内空気環境の マルチポイント同期計測システムの開発

Development of a Multipoint Synchronous Measuring System of Indoor Air Quality, Using Portable Server in a Classroom

森 菜穂子^{*1}, 佐藤 ゆかり^{*2}, 小山 智史^{*3}
Naoko MORI^{*1}, Yukari SATO^{*2}, Satoshi KOYAMA^{*3}

^{*1} 弘前大学大学院地域社会研究科

^{*2} 東北コンピューター専門学校

^{*3} 弘前大学教育学部

E-mail: ^{*1}na-mori@hirosaki-u.ac.jp, ^{*2}sato@tcomp.ac.jp, ^{*3}koyama@hirosaki-u.ac.jp

あらまし: 教室内の空気環境は, 冷暖房の使用や換気の有無などによって変化し, 子どもの健康や学習意欲に及ぼす影響も少なくない. 筆者らは, 空気環境の指標である温度・湿度・CO₂濃度の分布や経時的変化を明らかにするために, ポータブルサーバを用いたマルチポイント同期計測システムを開発した. サーバを含むシステム全体を持ち運ぶことが容易となり様々な教室の調査が可能となった. 本報告では, システムの概要と計測結果について述べる.

キーワード: 教室, 空気環境, CO₂濃度, 換気, 同期計測

1. はじめに

学習活動の過半の時間を過ごす教室内の温熱環境・空気環境は, 児童生徒等の健康・快適さ・学習意欲に影響を及ぼすことが懸念され, 適切な室温, 清浄な空気を保つために注意を払う必要がある⁽¹⁾. 学校保健安全法(2009年4月施行)により定められた「学校環境衛生基準」では, 学校教室等の環境に係る基準のうち, 換気基準は, 二酸化炭素濃度(以下, CO₂濃度)が1500ppm以下であること, 温度は10度以上30度以下であること, 相対湿度(以下, 湿度)は30%以上80%以下であることが望ましいとされている⁽²⁾. 中でもCO₂濃度は室内空気汚染に対する総合的な指標とされているが, 学校のCO₂濃度等の不適率が年々増加傾向であることが指摘されている⁽³⁾⁽⁴⁾. 様々な環境条件の教室で, どのようにすれば基準値を守ることができるのか, 適切な換気方法を検討する必要がある.

筆者らは, 生徒が日常の学習活動を行っている普通教室において, 複数の計測位置における温度・湿度・CO₂濃度を同期計測するシステムを開発したが⁽⁵⁾, LANやサーバなどが整備された大学構内に利用範囲が限られたため, ポータブルなマルチポイント同期計測システムを開発した. 以下にシステムの概要と計測結果の例を示す.

2. システムの概要

システムの構成を図1に, ポータブルサーバの主な仕様を表1に示す(センサの仕様は文献(5)参照).

センサは, Wi-Fiアクセスポイントに接続した後, 内部時刻をNTPサーバに同期させる. 初回電源投入時はただちに, その後は所定の時刻まで待ち, 温度・湿度・CO₂濃度の計測を行いサーバにデータを送信

する. サーバのPHPプログラムがこれを受け取り, ログファイル(CSV形式)に記録する. その後サーバから次回計測時刻を受け取り保存した後Sleepする. 計測の時間間隔はブラウザから操作することにより正1分から設定可能である. データはWebブラウザにより, 正しく計測されていることを確認することができる. データのフォーマットは, 年月日, 計測時刻, 場所コード, 温度, 湿度, CO₂濃度で, 以下はその例である.

2017/5/18,8:00:00,1,21,8,51.3,19,822
2017/5/18,8:01:00,1,21,9,51.3,19,883

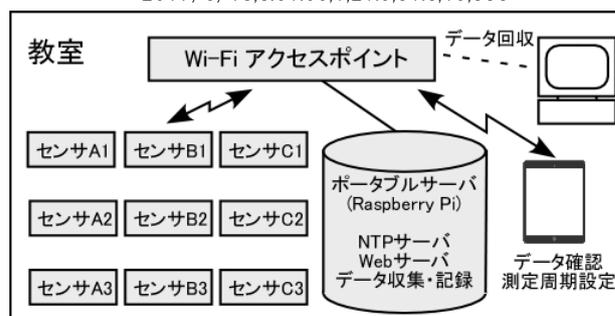


図1 システムの構成

表1 ポータブルサーバの主な仕様

大きさ・重さ	10cm×6.5cm×3.5cm 135g
電源	DC 5V(ACアダプタ使用)
マイコン	Raspberry Pi 3 model B(メモリ 16GB)
OS	Raspbian Jessie Lite
リアルタイムクロック	DS3231(Wi-FiルータをWAN接続することにより外部NTPサーバに同期)
サーバ機能	NTPサーバ・Webサーバ センサからのデータを収集・記録
測定間隔	パソコンやタブレットのブラウザで1分単位
データ閲覧 グラフ表示	パソコンやタブレットのブラウザでリアルタイム表示
データ回収	csvファイルをパソコンのブラウザ操作で回収

3. 教室内空気環境の計測例

3.1 計測日時・場所

2017年5月18日8:00~17:00, 弘前大学教育学部附属中学校において, 日常の学習活動を行う普通教室内9箇所の生徒用机の前面(床上65cm)にセンサを設置した。センサは電池で動作し, 小型であるため, 教室内の生徒の机に違和感なく設置できる。

対象とした教室はRC構造3階建て校舎の3階中央部にあたる。教室の南側は床上90cm以上が全面ガラス窓であり, 暑さや眩しさを軽減するためブラインド調節している。教室には暖房設備や機械換気設備が設置されているが, 4月から稼働していない。在室人数は, 生徒32名及び教師1~2名で最大34名であった。

3.2 計測方法

教室内9箇所に設置された各センサは, 温度・湿度・CO₂濃度の値を1分おきに自動計測するよう設定した。生徒と教師の在室状況や, 廊下側出入口・窓の開閉状況は, 教室前方にカメラを設置して記録した。

3.3 計測結果

計測終了後にサーバのログファイルをダウンロードし, 表計算ソフトを用いて解析した。温度・湿度・CO₂濃度の計測位置別日平均値を表2に示す。

表2 温度・湿度・CO₂濃度の計測位置別日平均値

計測項目	温度(°C)		相対湿度(%)		CO ₂ 濃度(ppm)	
計測位置	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
廊下側	A1	23.8 ±0.7	46.3 ±2.5	792 ±216		
	A2	24.5 ±0.7	45.4 ±2.7	698 ±212		
	A3	24.6 ±0.8	45.6 ±2.8	778 ±228		
廊下側平均	24.3 ±0.8	45.8 ±2.7	756 ±222			
中央	B1	24.4 ±0.8	45.9 ±2.7	758 ±193		
	B2	24.7 ±0.9	45.1 ±2.7	805 ±200		
	B3	24.9 ±0.9	44.8 ±3.0	713 ±214		
中央平均	24.7 ±0.9	45.3 ±2.8	759 ±205			
外窓側	C1	24.6 ±0.9	45.0 ±2.7	742 ±191		
	C2	24.5 ±1.2	45.0 ±3.3	745 ±211		
	C3	25.0 ±1.1	44.2 ±3.2	673 ±244		
外窓側平均	24.7 ±1.1	44.8 ±3.1	724 ±216			
教室全体	24.5 ±1.0	45.3 ±2.9	747 ±215			

気象庁によると計測実施日の弘前市の天候は晴, 日中の最高気温は21.4°C, 最多風向は北北東, 平均風速2.2m/sであった(6)。

計測位置による1日のCO₂濃度の経時的変化と教室の在室人数の関係を図2のグラフに示す。

計測日は, 生徒が登校し, 在室人数の増加に伴ってCO₂濃度は上昇を始めたが, 朝学活時, 授業1の開始時に教師が段階的に窓を開けたため下降し, 授業2では生徒が不在になったため大きく下降した。窓や廊下側出入口は授業2から生徒下校まで開放した。CO₂濃度が最も上昇したのは, 朝学活の生徒在室時で, 廊下側前列(A1)の1467ppmであった。冬

季暖房時は, 生徒が30人以上在室している時刻には, すべての計測位置で常に1500ppmを上回っていたが(5), 今回の計測では, 窓と廊下側出入口を開放したことにより換気回数が満たされ, 1500ppmを超えることはなかった。計測位置によるCO₂濃度の経時の変化を比較すると, 開放した窓に最も近い外窓側後列(C3)が低い値を推移し, 教室中央(B2)は比較的高い値で推移していた。

以上のように, 今回の計測では, 温度・湿度・CO₂濃度がいずれも基準を満たしていた。

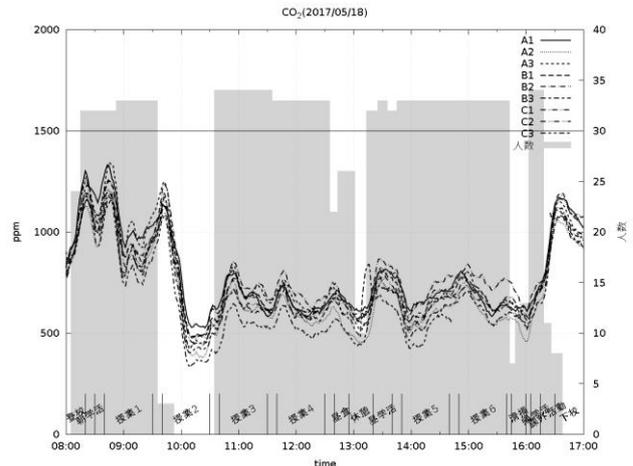


図2 計測位置別CO₂濃度の経時的変化

4. おわりに

ポータブルサーバを用いたマルチポイント同期計測システムを開発し, これを用いて温度・湿度・CO₂濃度の室内分布や経時の変化を詳細に検討できることを示した。センサ9台とサーバを含むシステム全体の重量は約2.5kgであり, 様々な場所に持ち運んで計測することが可能となった。

今後は, 条件の異なる教室において空気環境の実態を明らかにし, 効果的な換気方法の検討を行うと共に, 保健教育教材として授業に活用することも検討していきたい。

参考文献

- (1) 石井仁: “総説: 学校建築の教室内温熱環境・空気環境”, 日本生気象学会雑誌, Vol.48, NO.2, pp.47 - 56 (2011)
- (2) 文部科学省: “[改訂版] 学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践”(2010)
- (3) 東賢一, 池田耕一, 大澤元毅, 他: “建築物における衛生環境とその維持管理の実態に関する調査解析”, 空気調和・衛生工学会論文集, No.179, PP.19-26 (2012)
- (4) 中川晋也, 木原真隆, 高橋佳代子, 他: “特定建築物における二酸化炭素濃度不適率上昇原因と対策”, 東京都健康安全研究センター研究年報, 第62号, pp.247-251 (2011)
- (5) 森菜穂子, 佐藤ゆかり, 小山智史: “教室内温熱・空気環境のマルチポイント同期計測システムの開発”, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2016-91, pp.69-73 (2017)
- (6) 気象庁: “過去の気象データ検索”, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/> (2017)