

# OSHW を用いた住環境モニタリングシステム

## -空調機運転モードと室温・電力消費量の検討-

○漆原 健太\*<sup>1</sup> 谷 明勲\*<sup>2</sup>  
山邊 友一郎\*<sup>3</sup>

キーワード：OSHW 室内空気環境 消費電力 空調機運転モード

### 1. 序

現在、日本における国内消費電力は生活水準の向上に伴う家電製品の普及によって増加傾向にあり、真夏の冷房により消費電力はピークを迎える。特に 2011 年の東日本大震災の後、原子力発電所の運転停止により、全国で節電が促された。しかし、国内の電力需要を満たすためには、原子力発電の運転再開が不可欠とされ、震災後、安全性の確認後に運転を再開する取り組みが行われた<sup>1)</sup>。このように電力は我々の生活に不可欠のため、電力利用者が各自で電力消費を抑える取り組みや姿勢が必要である。そこで、本研究ではオープンソースハードウェア(以下 OSHW)である Arduino<sup>2)</sup> と市販のセンサを用いて電力モニタリング及び、室内空気環境モニタリングシステムを構築し、一般家庭の一室を対象とした実験を行う。得られた実験結果から、システムの運用性と消費電力削減のための空調機器使用法を考察することを目的とする。

の周期である 1/60 秒間に 25 回計測し、その RMS を算出する。さらに、ノイズ処理のため 3 秒間の移動平均を求め、消費電力は電源電圧の実行値である 100V との積である皮相電力を算出した。

Table 1 センサの仕様<sup>3)-6)</sup>

	電源電圧	測定範囲	精度	感度	オフセット
温度センサ	2.7~+10 (V)	-25~+85 (°C)	±3.0 (°C)	+10 (mV/°C)	+600 (mV)
湿度センサ	4~+5.8 (V)	0~+100 (%)	±3.5 (%)	+30.7 (mV/%)	+958 (mV)
CO <sub>2</sub> センサ	4.5~+10 (V)	0~2000 (ppm)	±30 (ppm)	+2.0 (mV/ppm)	1000 (mV)
電流センサ	適応電流	二次巻き線抵抗	公称変流比		
	0.01~80 (Arms)	400±30 (Ω)	1:3000		

### 2. 実験概要

#### 2.1 作成機器の仕様と設置箇所

実験対象室は、大阪府寝屋川市の戸建住宅の 2 階の一室とした。システム構築に用いたセンサの仕様<sup>3)-6)</sup>を Table 1 に、センサの設置箇所を Figs.1~2 に示す。また、市販のデータロガーと作成した機器で同時に計測し計測誤差を検討した結果、システムの計測値は平均で温度は約 2.5°C 低く、湿度は約 1~3% 高く、CO<sub>2</sub> 濃度は約 50ppm 高い結果となった。計測間隔は、温湿度と CO<sub>2</sub> 濃度は 1 分、電流センサは 1 秒間隔で計測する。温湿度センサと CO<sub>2</sub> センサは、床上から 1m の高さで室内の四隅と中央の 5 か所に設置した。また外気の温湿度計測のため、温湿度センサを一箇所、室外機から噴出される温風を受けない箇所に設置した。また、高さ方向の温度差を観測するため、ロフトにつながる梯子に 5 箇所(床上 5cm、70cm、140cm、210cm、250cm の位置)に温度センサを設置した。また、温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度の値は、5 秒間に 10 回計測した平均値を求めている。電流センサは、空調機の電源コンセントから電流を計測し西日本の交流周波数が 60Hz であるため、そ

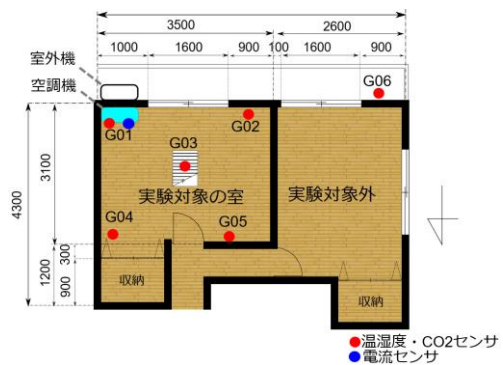


Fig.1 センサ配置(平面図)

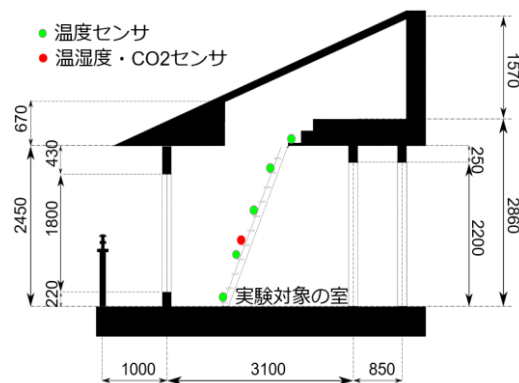


Fig.2 センサ配置(断面図)

## 2.2 実験方法

実験時間は2時間とする。実験開始前に自然換気を1時間以上行い、空調機は実験開始30秒後に運転を開始する。なお、実験中は実験対象の室のドアを閉鎖した。実験のパラメータとなる空調機の運転方法をTable 2に示す。また、Case0では空調機による運転を行わず、自然換気のための計測を行った。

Table 2 空調機の運転方法

実験 Case	設定温度 [°C]	風量	風向
Case0	OFF	OFF	OFF
Case1	28	自動	床に水平
Case2	27	自動	床に水平
Case3	28	強風	床に水平
Case4	27	強風	床に水平
Case5	28	弱風	床に水平
Case6	27	弱風	床に水平
Case7	28	自動	スイング
Case8	27	自動	スイング
Case9	28	強風	スイング
Case10	27	強風	スイング

## 3. 空調機の消費電力と室内空気の変化傾向

### 3.1 空調機の消費電力計測結果

空調機の消費電力は運転開始時、室内の温度を設定温度に近づけるため最も高くなる。その後、室内温度が設定温度に近づくにつれて、インバータ制御<sup>7)</sup>による消費電力を抑えた運転が行われる。設定温度に達した後は、ON・OFF制御<sup>7)</sup>による運転となることが観測された。Fig.3にCase1の消費電力の時間変化を示す。

### 3.2 温度計測結果

Figs.4, 5に、Case1の床上1mで設置箇所の異なる温度センサの計測結果と室の中央で高さの異なる温度センサの計測結果を示す。室内温度は、実験開始直後に空調機による冷風により温度が低下し、冷風が直接あたる場所(Fig.1中の室内左下のG04の位置、以下G04)を除く高さ1mのセンサの温度は、一定の温度となる。高さ1mでも、冷房の風が直接あたるG04では、設定温度以下の温度が計測された。梯子に設置した温度センサは、床上140cmまではほぼ同じ値を示したが、210cm付近から温度が上昇し、最も高い250cmの高さでは、5cmの位置に対して5°C以上高い値を示した。また、Fig.4からG04以外の温度が約26°Cの値で安定するが、計測システムの計測値が約2.5°C低いことを考慮すると、室温は概ね設定温度と同じ28°Cに保たれていることがわかる。

### 3.3 相対湿度計測結果

Case1の相対湿度の計測結果をFig.6に示す。室内の湿度は、空調機の運転が最も活発である実験開始時に一時的に低下し、空調機の運転がON・OFF制御に切り替わると上昇し始める結果となった。空調機の風が直接当たるG04のセンサのみ、温度が大きく下がるため、飽和水蒸気量の減少により実験開始直後も湿度が上昇していた。

### 3.4 CO2濃度計測結果

Fig.7にCase1の室内のCO2濃度変化を示す。CO2濃度は、室内全体ではほぼ均一に上昇する結果となった。

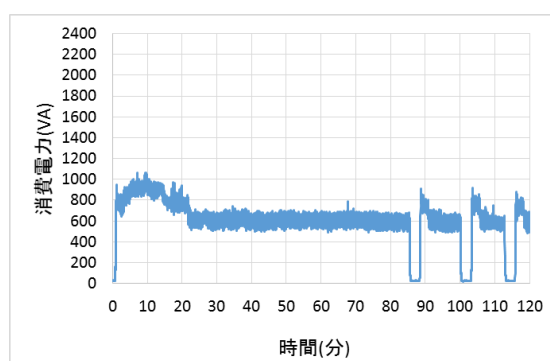


Fig.3 Case1 移動平均消費電力

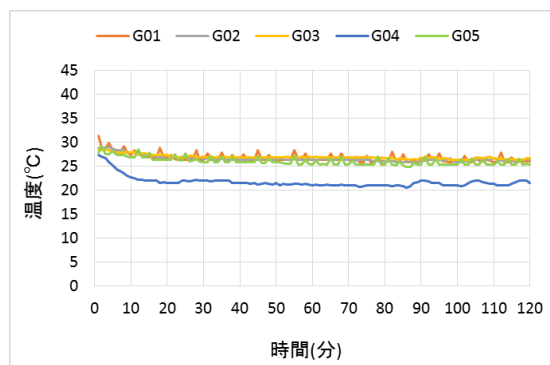


Fig.4 Case1 温度計測結果①

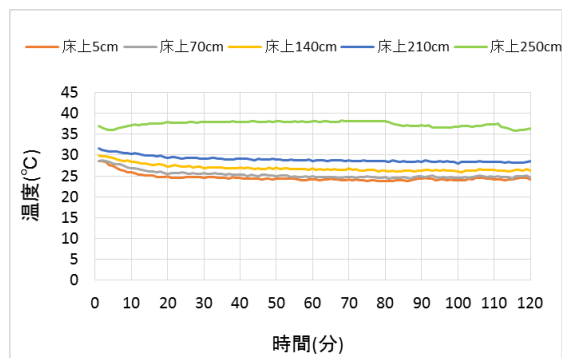


Fig.5 Case1 温度計測結果②

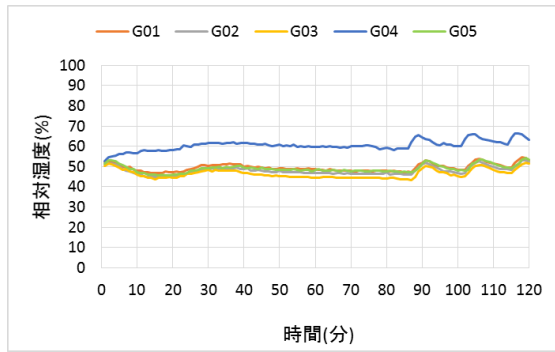


Fig.6 Case1 相対湿度計測結果

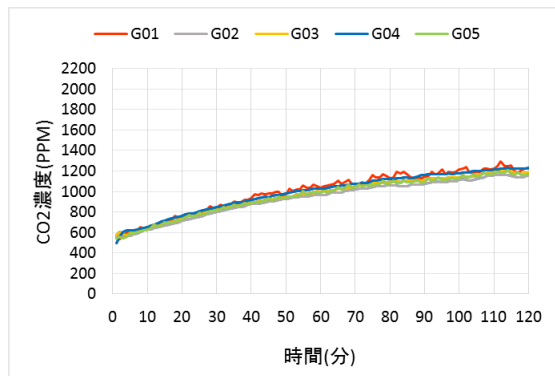


Fig.7 Case1 CO2 濃度

#### 4. 実験結果

##### 4.1 各 Case の積算電力

実験は各 Case とも、2~3 回行った。ここでは、初期温度や外気温度の差が小さい場合の各 Case の実験結果を Table 3 に示す。計測は外気温度が安定しやすい9月の13時ごろの晴れの日に行った。積算電力は、センサで計測した電力の合計値である。

Table 3 積算電力

Case	エアコン運転モード			積算電力 [Wh]
	設定温度	風量	風向	
Case1	28	自動	床に水平	1215.1
Case2	27	自動	床に水平	1135.1
Case3	28	強風	床に水平	894
Case4	27	強風	床に水平	985.5
Case5	28	弱風	床に水平	756.9
Case6	27	弱風	床に水平	1058.4
Case7	28	自動	スイング	848
Case8	27	自動	スイング	1282.2
Case9	28	強風	スイング	931.6
Case10	27	強風	スイング	1333.1

##### 4.2 初期温度と外気温度

Table 4 に運転モードが同じで室内の初期温度及び、外気平均温度が異なる場合の実験結果を示す。実験開始

時の室内温度と実験を通しての外気平均温度が高い場合に空調機の消費電力が上昇する。Case1-1 と Case1-3 及び、Case2-1 と Case2-2 は空調の運転モードが同じであるが、Case1-1 と Case1-3 では外気温度がほぼ等しく、実験開始時の温度は Case1-1 が高いため、Case1-1 の積算電力が高くなっている。Case2-1 と Case2-2 の初期温度は Case2-2 の方が高いが、外気温度が Case2-1 の方が 10℃以上高いため、積算電力が高くなっている。これより、積算電力は初期設定温度と外気温度を揃えて比較する必要がある。Table 5 に、Table 3 の各 Case の実験中の外気平均温度と実験開始時の初期温度を示す。

Table 4 初期温度と外気温度による消費電力への影響

Case	外気温度 [°C]	初期温度 [°C]					積算電力 [Wh]
		G01	G02	G03	G04	G05	
Case1-1	29	32	31	31	29	31	1454.7
Case1-3	29	31	29	29	27	28	1215.1
Case2-1	40	32	30	30	29	29	2226
Case2-2	29	33	31	31	30	31	1713

Table 5 平均外気温度と初期温度

Case	平均外気温度	鉛直方向初期温度 [°C]					水平方向初期温度 [°C]				
		床上 250 m	床上 210 m	床上 140 m	床上 70 m	床上 5 m	G01	G02	G03	G04	G05
		0	29.3	34.1	29	27.3	26.2	25.8	26.9	26.8	26
1	28.8	36.9	31.6	29.9	28.6	28.5	31.3	28.8	28.5	27.4	27.9
2	31.3	32.9	29.5	28	26.6	25.9	29.2	26.9	26.9	25.4	25.9
3	30.8	33.4	30	28.8	27.8	27.2	29.9	27.4	27	25.9	26.5
4	30.5	35.5	31.1	29.3	27.8	26.9	28.5	28.4	27.8	26.4	27
5	28.1	30.3	28.1	27.4	26.9	26.9	28.5	26.9	26.4	25.4	25.9
6	29.4	35.6	30.2	28.5	27	26.5	27.7	27.4	27.3	25.9	26.2
7	28.6	34.3	30.9	28.7	27.3	27	28.6	27.9	27.6	25.9	26.9
8	31.4	34.4	30.1	28.4	26.8	26.3	28.3	27.4	26.9	26	27.6
9	29.7	33.7	29.6	28.2	27.9	27.2	29.7	27.9	27.9	26.3	26.8
10	33.1	35.4	30.9	29.3	27.5	26.9	27.9	27.9	27.4	25.9	28.5

##### 4.3 Case0 と他の Case の比較

Case0 は空調運転を行わずに、自然換気のみを行った実験である。Case0, Cases3, 4 の床上 1m、室中央の温湿度の計測結果(Fig.1~2 の G03)を Figs.6~7 に示す。Case3 は設定温度が 28℃、Case4 では 27℃である。Case0 の室温度は空調機を運転させた Cases3, 4 の場合に比べて若干上昇した。また、相対湿度は空調を運転させた場合に比べ、40%付近でほぼ一定となった。また、Case0 では室内 CO2 濃度は上昇せず、450ppm でほぼ一定となった。

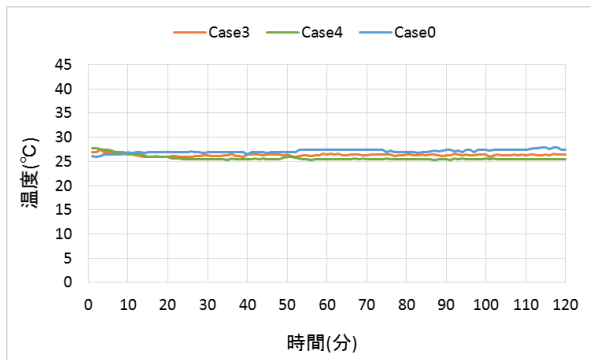


Fig.8 温度計測結果

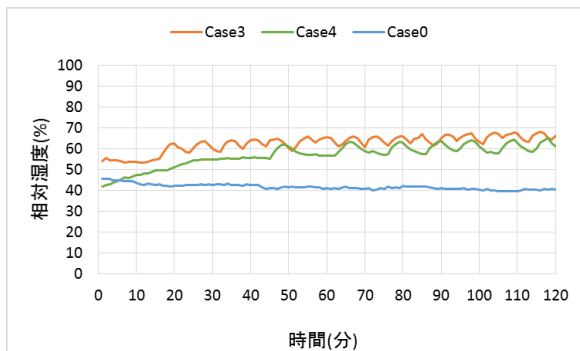


Fig.9 相対湿度計測結果

## 5. 考察

初期温度と外気温度が積算電力に与える影響については、初期温度が高い時、空調機の運転による消費電力が最も大きい運転開始時に多くの電力が必要なため、消費電力が大きくなると考えられる。また、外気の平均温度が高い場合には、外壁からの熱の侵入と室外機付近の温度が上昇するため、空調の運転により多くの電力が必要になると考えられる。

設定温度による積算電力を比較すると、設定温度が28°Cの時に比べ、27°Cの時は積算電力が、大きくなる傾向が見られる(Cases3~10)。また、Cases1, 2のみ、設定温度が28°Cの時に積算電力が大きくなっているが、Case1は室内の初期温度がCase2に比べ約2°C高く、外気の平均温度は約3°C低かった。このため、運転を開始する際の室内温度差によってCase1の積算電力が大きくなったと考えられる。なお、室内の初期温度と外気の平均温度差が最も小さい、強風運転で風向が床に平行な、Cases3, 4と、弱風運転で風向が床に平行であるCases5, 6の結果から、この地域では、9月の13時ごろに空調をこれらの運転モードで使用する場合に設定温度を28°Cから27°Cに下げることによって、2時間の積算電力が100~300Wh程度上昇すると考えられる。

風量についてはCases2, 4, 6の結果から、設定温度が27°Cで風向が床に対して水平な場合は強風運転の積算電力が弱風に比べ約70Wh低く、自動運転に比べ約150Wh

低くなった。しかし、Cases7, 9の設定温度が、28°Cで風向がスイングの場合は、風量が自動運転の方が積算電力は100Whほど低かった。

風向については、Cases2, 8の設定温度が27°Cで風量が自動運転では、風向を床に水平にした場合の方が、約150Wh積算電力が低くなった。設定温度が28°Cで風量が強風の運転であるCases3, 9の結果を比較すると、風向を床に平行で運転した方が約50Wh低くなった。

Case0の結果については、Table 5のCase0の平均外気温度はCases3, 4と比べ、大きな差がなく、今回実験を行った9月の自然換気による冷却効果は、多少空調機には劣るが、設定温度を28°Cで空調機を運転した時とほぼ同等であると考えられる。また湿度の上昇がなく、自然換気が十分にできる環境であれば、空調機の冷房を使用するよりも十分な除湿効果も期待できると考える。

## 6. 結

本研究では市販のセンサ及び、OSHWのArduinoを用いて、室内空気環境及び消費電力計測システムを構築し、大阪府寝屋川市の9月における戸建住宅の一室について空調電力消費と室内空気の変化を計測した。その結果、運転モードによる空調機の消費電力に差が見られ、本システムを利用することで、運転モードによる節電意識の向上につなげることができると考えられる。設定温度、風量、風向の運転方法による、最適な冷却効果を得る運転方法については、外気温度や初期温度による差を考慮した追加実験を行う必要があると考えられる。

## 【参考文献】

- 1)日経テレコン:2011/03/11 日本経済新聞 地方経済面『北陸電、再起動へ安全対策急ぐ、社長「原子力は必要」』(URL: <https://t21.nikkei.co.jp/g3/CMNDF11.do>)(平成27年10月08日アクセス)
- 2)Arduino HP: (URL: <http://www.arduino.cc/>)(平成27年1月26日アクセス)
- 3)秋月電子通商 HP:高精度IC温度センサ LM61BIZ データシート(URL:<http://akizukidenshi.com/download/LM61biz.pdf>)(平成27年1月26日アクセス)
- 4)SWITCH SCIENCE HP: HIH-4030 湿度センサ データシート (URL:<https://www.switch-science.com/catalog/350/>)(平成27年1月31日アクセス)
- 5) SensAir社 HP: CO2センサ CO2 Engine® K30 製品情報 (URL: <http://www.senseair.se/wp-content/uploads/2014/01/PSP110.pdf>)(平成27年2月1日アクセス)
- 6)株式会社U\_RD社 HP: 超小型クランプ式交流電流センサ CTL-10-CLS データシート(URL:<http://www.u-rd.com/products/CTL-10-CLS.html>)(平成27年6月1日アクセス)
- 7)石渡憲治(原著)山田信亮・今野裕二・西原正博(共著) わかりやすい冷凍空調の実務、オーム社、2013.5.

- \*1 神戸大学大学院工学研究科 大学院生
- \*2 神戸大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)
- \*3 神戸大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)