

周南市湯野温泉におけるIoTデバイスの実証実験

Demonstration experiment of IoT devices at Yuno Onsen, Shunan City

鏡 裕行

吉木 大司

松川 典史

(山口県産業技術センター) (山口県産業技術センター)

キーワード：温泉、旅館、脱衣所、IoTデバイス、実証実験、CO₂濃度、滞在人数、予測

要旨

周南市湯野温泉の旅館においてIoTデバイスの実証実験を行った。環境IoTデバイス、入退室IoTデバイス、防水温度IoTデバイスを測定内容に応じて脱衣所、脱衣所出入口、浴室、浴槽内の各所に配置して実験を実施した。2022年1月から3月までに得られた欠損のないデータを用いて解析を行った結果、脱衣所のCO₂濃度の時間変化の曜日毎の特性、脱衣所および浴室の滞在人数と脱衣所のCO₂濃度のやや高い相関性が明らかとなった。時系列モデルを用いた脱衣所のCO₂濃度の将来値予測については十分な予測はできなかった。

1. はじめに

山口県産業技術センターが主催するスマート★づくり研究会では、県内企業のIoT利活用による課題解決や新たなビジネス創出を目指しており、その一環として会員企業とIoTデバイスの実証実験を行うワークショップを開催している。そのワークショップにおいて、徳山大学では、周南市湯野温泉のA旅館で実証実験を行うこととした。A旅館の脱衣所、浴室の各所にIoTデバイスを設

置し、一定期間、24時間連続でデータを取得することを試みた。そして、得られたデータを総合的に解析し、脱衣所や浴室の各物理量の時間特性を明らかにすることで、旅館の入浴サービスの向上に寄与することを目指す。本稿では、この実証実験結果の第一報を報告する。

2. IoT デバイス実証実験の方法

実証実験に用いるIoTデバイス及びIoTシステムは、山口県産業技術センターが用意しており、ワークショップ参加者は自由に使用することができる。

IoTシステム(図1)は、国際標準のオープンな通信規格IEEE1888に準拠しており、データを蓄積する「クラウドストレージ」、各種センサーで取得したデータをストレージに送信する「ゲートウェイ (IoTデバイス)」、データの閲覧や分析を行う「アプリケーション」で構成されている。

IoTデバイスは、ワークショップのテーマに応じて、市販のセンサーやマイコンモジュールを用いて製作しており、本実証実験においては、次の3機種(図2)を用いた。

それぞれ、(a)環境IoTデバイスは「温度、湿度、照度、

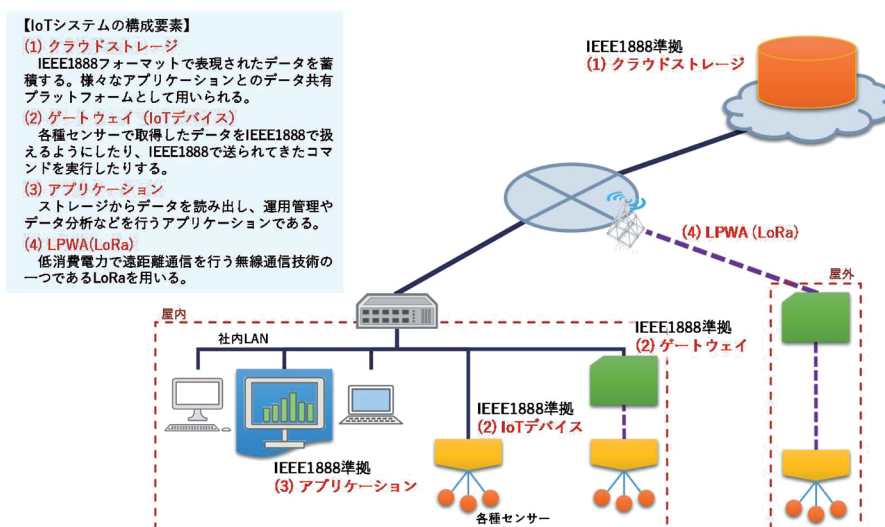


図1 IoTシステムの概要

CO₂濃度」を、(b)入退室IoTデバイスは2つの距離センサーを用いて「通過（出入り）」を、(c)防水温度IoTデバイスは防水加工されており「温度」を測定することができる。

これらを、A旅館の浴室周辺に設置する。浴室周辺は、まず脱衣所への出入口（以下、脱衣所出入口とよぶ）があり、利用者は、そこを通過してスリッパ等の履物を脱いで脱衣所に入る。その脱衣所への入口の対面に浴室への入口がある。浴室に入ると、その奥側に露天風呂への出入口がある。

各IoTデバイスを、次のように配置した。

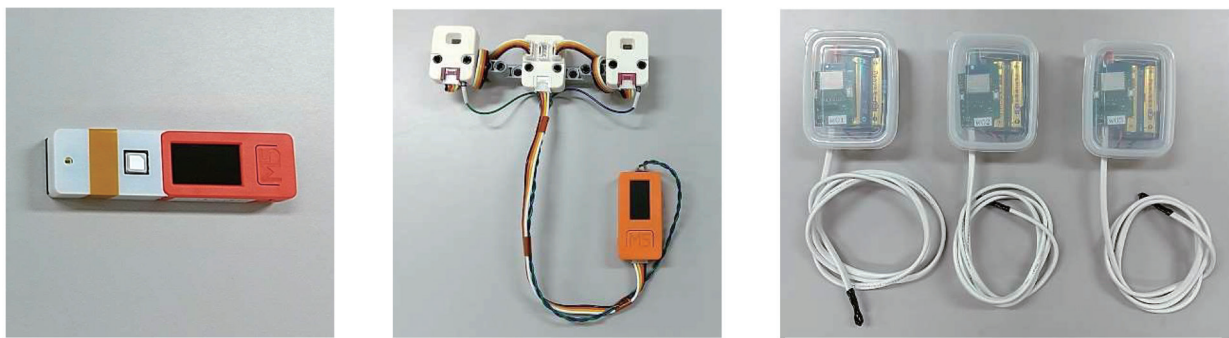
- ・環境IoTデバイス：脱衣所
- ・入退室IoTデバイス：脱衣所出入口
- ・防水温度IoTデバイス1：浴室の脱衣所側出入口付近
- ・防水温度IoTデバイス2：浴室の露天風呂側出入口付近

・防水温度IoTデバイス3：浴槽内

これらのIoTデバイスを、2021年12月下旬から稼働させた。データは1分ごとに取得され、山口県産業技術センターのサーバー上にリアルタイムで保存され、その時系列データをグラフ化したものをリアルタイムで閲覧でき（図3）、CSVデータとしてのダウンロードも可能となっている。

これらのIoTデバイスのうち、防水温度IoTデバイスは、浴室や浴槽内という過酷な環境に設置したため、デバイス内部の除湿効果が不十分になることや、もともとA旅館の浴室内への無線LANの電波が弱かったこと等により、継続的な長期のデータ取得が十分に行えなかった。

また、水平方向に2つの距離センサーを有した入退室IoTデバイスは、センサー前を横切った際の反応の違いにより、入室か退室を判断しているが、誤検知や共連れ

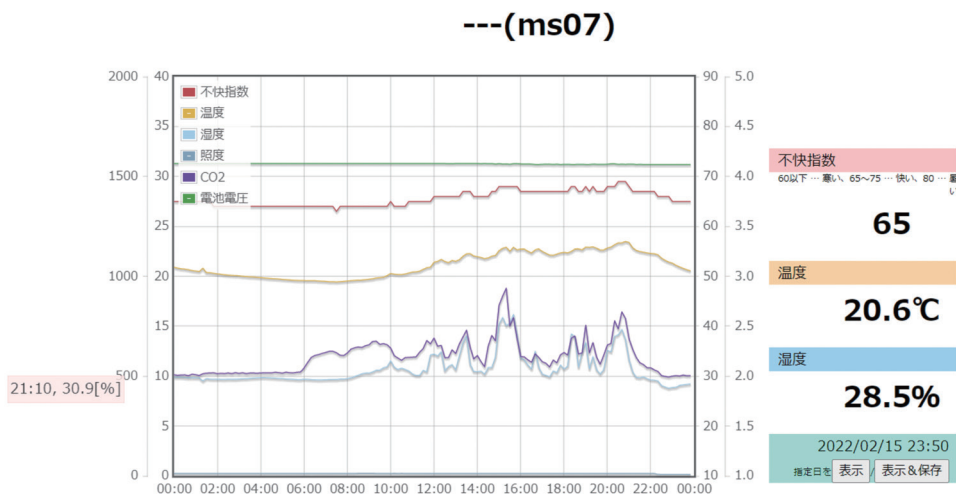


(a) 環境IoTデバイス

(b) 入退室IoTデバイス

(c) 防水温度IoTデバイス

図2 IoTデバイス



(地独) 山口県産業技術センター
 〒755-0195 山口県宇部市あすとびあ四丁目1番1号
 TEL: 0836-53-5050, FAX: 0836-53-5070

© 2019-2021 Yamaguchi pref. Industrial Technology Institute

図3 環境IoTデバイスの測定例（2022年2月15日）

などの影響で、実際の入退室人数との誤差が問題となることが多かった。この点に関しては、判断アルゴリズムの改善が必要であるが、本実証実験では0時に入退室人数をリセットすることで対応した。

環境IoTデバイスについては、問題がなければ図3のようなデータをリアルタイムで記録し続けたが、24時間欠損がなくデータを取得できた日は、約1/3程度であった。以下の実証実験結果の報告では、24時間欠損がなくデータを取得できた日のデータについての分析結果について報告する。

3. 実証実験結果と考察

(1) 脱衣所のCO₂濃度の時間変化の曜日依存性

環境IoTデバイスによるCO₂濃度の時間変化の1月から3月までのデータのうち、欠損のないデータのみを使用し、それらの曜日ごとの平均値を求めたものを図4に示す。これは、欠損のないデータは10分ごとにデータを記録しているが、曜日ごとに、0時から23時50分までの10分ごとのデータの平均値を求めたものである。なお、欠損のないデータの曜日ごとの日数は、次のとおりであり、計30日である。

日曜：4 月曜：5 火曜：5 水曜：2 木曜：5 金曜：3 土曜：6

全体的に、6:00から9:00の朝の入浴時間にCO₂濃度が上昇し、その後11:00までの清掃時間に下降し、11:00から21:30までの入浴時間に高いCO₂濃度が維持されることが分かる。木曜はA旅館の休業日であるため、9:00までの入浴時間とその後の清掃の時間を過ぎるとCO₂濃度が単調に減少していく様子が捉えられている。平日の各曜日の特性については、有する可能性はあるものの、まだこれらの少ないデータから結論づけるのは難しいといえる。

曜日ごとの特性を見てみると、平日は12:00から21:00の間でとりわけピークとなる時間帯は特定できないものの、土曜は17:00から19:00にかけて、日曜は16:00から21:00にかけてピークとなる時間帯があることが分かる。休業日（木曜）を除く平日を平均してグラフ化したものを図5に示す。休業日以外の平日の曜日ごとの特性はないものと仮定すると、平日は12:00から21:00まではほぼ一定数の入浴者数で推移し、18:00から19:00の時間帯にやや入浴者数が増えるピークがあることが分かる。

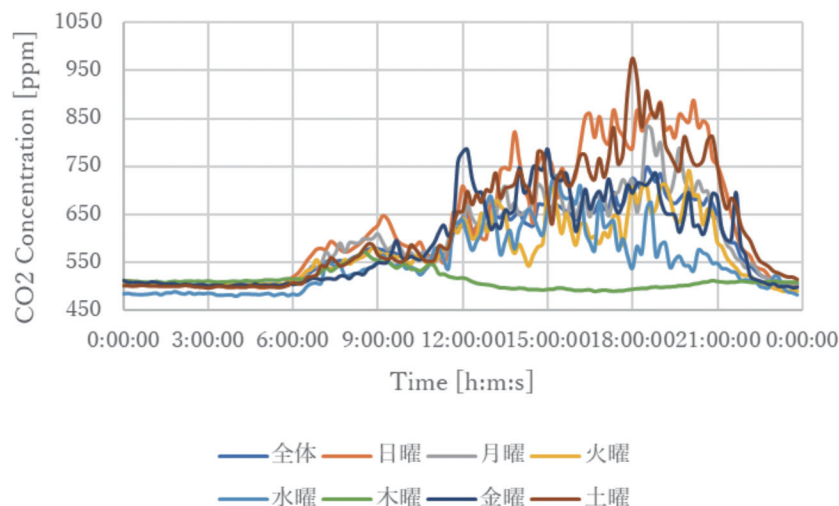


図4 脱衣所のCO₂濃度の時間変化の曜日依存性

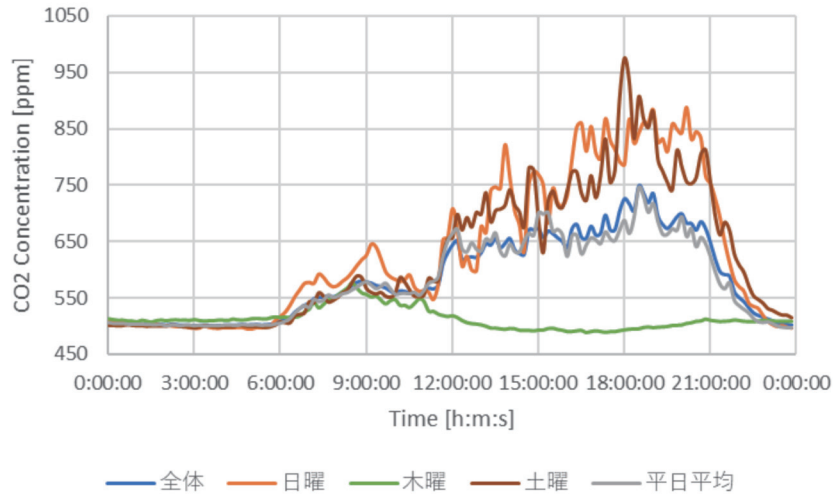


図5 脱衣所のCO₂濃度の時間変化の曜日依存性（休業日を除く平日を平均化）

(2) 入退室IoTデバイスのデータと環境IoTデバイスのデータの相関

上述のように、入退室IoTデバイスのデータには正確さに欠く側面はあるものの、大まかな傾向は反映していると推測されるため、このデータと環境IoTデバイスのデータの相関を調べた。CO₂濃度は入室者の増加によって上昇すると考えられるため、これらの値には正の相関があるものと予想される。

環境IoTデバイスによるCO₂濃度の時間変化の1月から3月までのデータで欠損のない日について、入退室IoTデバイスの滞在人数のデータでマイナスの値を示さないデータが連続12時間以上あるものについて、連続するデータの時刻の部分について相関係数を求めたものを表1に示す。表1に示すように、該当する日は8日で、平均の相関係数は0.628となり、やや高い相関を示す。

このことから、脱衣所および浴室の滞在人数は、脱衣所のCO₂濃度のデータからある程度推測できると考えてよいと考えられる。

(3) ARIMAモデル¹⁾を用いた脱衣所のCO₂濃度の将来値予測

また、CO₂濃度による滞在人数の推測に加えて、CO₂

濃度の将来値予測について検討を行った。予測に関しては、データ分析ワークショップにおいて松川により作成された時系列モデルの1つであるARIMAモデルに基づく将来値予測プログラムを応用し、脱衣所のCO₂濃度の将来値予測を試みた。

予測に用いたデータは、2022年1月11日（火）から17日（月）までの休業日（木曜）を除く1週間の脱衣所のCO₂濃度の計6日間のデータである。10分ごとのデータの平均値を用いて、1日当たり計144個のデータ、6日間で計864個のデータが存在することになる。これら864個のデータを時系列順に繋げたデータを用いて将来値予測を行った。

結果を図6、図7に示す。図6は外部変数なしの場合の予測、図7は脱衣所の湿度を外部変数とした場合の予測である。両者ともテストデータの割合は0.25としていたため、649個目から先に予測値のグラフが示される。赤色および茶色（649個目から先）のグラフが実測値のグラフ、青色のグラフが予測値のグラフである。予測値のグラフの部分にある薄い青色で示された領域は、予測値の95%信頼区間である。

図6より、外部変数なしの場合、予測ができていたとは言い難い結果となった。図7より、脱衣所の湿度を

表 1 滞在人数とCO₂濃度の相関係数

日	1/10	2/15	3/12	3/15	3/19	3/21	3/22	3/27	平均
相関係数	0.627	0.642	0.511	0.704	0.706	0.489	0.619	0.725	0.628

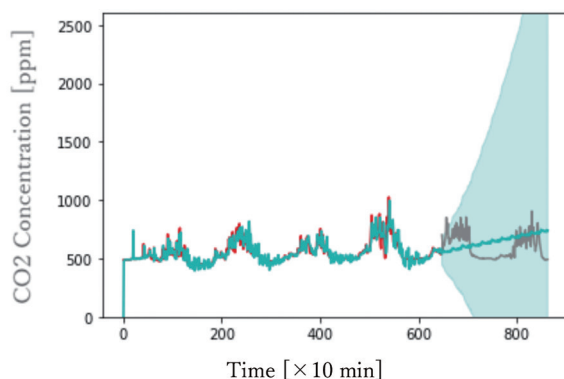


図6 ARIMAモデルを用いた脱衣所のCO₂濃度の将来値予測（外部変数なし）

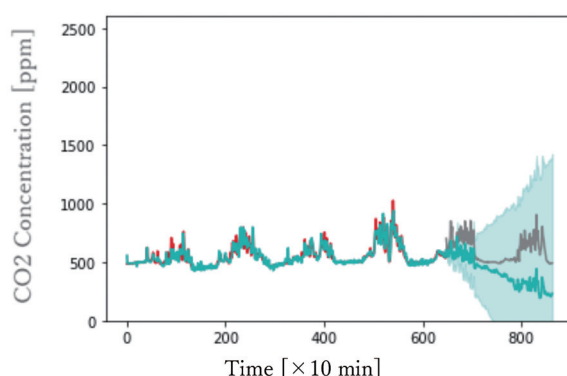


図7 ARIMAモデルを用いた脱衣所のCO₂濃度の将来値予測（外部変数：湿度）

外部変数とした場合も、予測ができていたとは言い難い結果ではあるものの、CO₂濃度のやや大きい時間変化の始まりと終わりのタイミングの予測や、予測値の95%信頼区間に改善が見られた。なお、外部変数に脱衣所の温度を選んだ場合は、全く改善が見られなかった。

4. まとめと今後の展望

山口県産業技術センターが主催するスマート★づくり研究会のIoTデバイスの実証実験を行うワークショップにおいて、徳山大学は周南市湯野温泉のA旅館で実証実験を行った。

環境IoTデバイス、入退室IoTデバイス、3つの防水温度IoTデバイスを、それぞれ脱衣所、脱衣所出入口、浴室の脱衣所側出入口付近、浴室の露天風呂側出入口付近、浴槽内に配置し、2021年12月下旬から稼働させた。このうち防水温度IoTデバイスについては、デバイス内部の除湿効果の不十分さ、A旅館の浴室への無線LANの電波の弱さ等により、継続的なデータ取得が十分に行えなかった。

2022年1月から3月までに得られた欠損のないデー

タに関して解析を行った結果、脱衣所のCO₂濃度の時間変化の曜日毎の特性が明らかとなった。

2022年1月中旬の休業日を除く1週間の脱衣所のCO₂濃度の計6日間のデータから、脱衣所および浴室の滞在人数と脱衣所のCO₂濃度のやや高い相関性が明らかとなった。

時系列モデルを用いた脱衣所のCO₂濃度の将来値予測については、十分な予測はできなかった。

今回の実証実験では、欠損のないデータが計30日間という少ないデータの中での物理量の時間変化の曜日毎の特性の抽出、将来値予測を実施したため、まだ十分な特性の抽出や予測ができていないものと考えられる。特に後者については予測が実態と大きく外れている。今後は、IoTデバイスの改良、ネットワーク環境の改善等に努めた上で、欠損のないデータをより多く収集し、精度のよい特性の抽出と予測を行っていくことが課題である。このことの成功により、A温泉等の混雑緩和等の課題解決および新たなビジネスの創出につなげることが目標である。

謝 辞

今回の実証実験を実施するにあたり、実験の場を提供していただき、多大なご協力をいただいた湯野温泉のA旅館の皆様に、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel, Greta M. Ljung, "Time Series Analysis: Forecasting and Control", Wiley, 2015.