

家庭内センシングを簡易に実現する「おうちモニタキット」の構築とその活用に向けた検討

Ouchi Monitor Kit: A Sensor Platform for Residential Monitoring

服部 俊一^{1*} 三浦 輝久¹ 堤 富士雄¹
Shunichi Hattori¹, Teruhisa Miura¹, Fujio Tsutsumi¹

¹(一財) 電力中央研究所
¹Central Research Institute of Electric Power Industry

Abstract: This paper introduces a sensor platform for residential monitoring, which is named “Ouchi Monitor Kit (OMK)”. Researches and commercial services regarding residential monitoring have recently been popular thanks to smart meter installation and economical sensors. However, the study of residential monitoring is still an unfamiliar domain for researchers who specialize in computer science because it requires intimate understanding about devices and wireless communication. OMK is therefore developed to easily realize residential monitoring as an integrated platform including various sensor types such as electricity demand, temperature and so on. The examples and characteristics of collected sensor data are also introduced.

1 はじめに

本稿では、家庭内の電力消費量や温湿度、二酸化炭素濃度などのセンサデータを簡易に計測・収集可能なセンサキットである「おうちモニタキット」について紹介する。

スマートメータと呼ばれる、通信機能を持ち電力の利用状況（電力消費データ）をリアルタイムに計測できる次世代電力計の設置が全国で進められている。加えて、室内温度や玄関ドアの開閉など、家庭内の環境や行動を計測するセンサの低価格化・省電力化が進んでおり、家庭におけるセンサデータの簡易な収集・活用が可能となる環境が整備されつつある。

これらのデータには家庭内の状態や活動など様々な情報が含まれており、省エネや高齢者の見守りなど多くの用途への活用が期待できる。その一方で、これらのセンサデータの収集には計測機器や無線通信に関する知見、収集したデータの前処理・分析など、ハードからソフトに跨る幅広い知識が必要となり、計算機科学など分野外の研究者・開発者にとって不慣れな領域と言える。

そこで、スマートメータや家庭内に設置したセンサから得られるデータを簡易に収集・表示可能なキットとして「おうちモニタキット(OMK)」を開発した（図1）。OMKではスマートメータから得られる電力消費データ



図1: おうちモニタキット (OMK)

に加えて、室内気温や湿度、ドアの開閉などを計測するセンサに対応しており、搭載する機能やセンサの種類を継続的に変更・改善していくことができるよう設計している。

OMKはセンサを活用した家庭向けサービスの検討や、センサデータ分析技術の研究に必要なデータの簡易な収集を目的として開発を進めている。本稿では、OMKの構成や対応センサの紹介と共に、OMKを用いて計測したセンサデータの特徴について考察する。

*連絡先：(一財) 電力中央研究所
〒 240-0196 神奈川県横須賀市長坂 2-6-1
E-mail: shattori@criepi.denken.or.jp

2 家庭内センシングに関する動向

家庭内にセンサを設置して人の行動や状態を推定する試みは、学術研究を中心に進められてきた。これらの手法を本稿では「家庭内センシング」と表記する。例として、室内各部屋への人感センサと家電のON/OFF情報に基づいて異変状態検出を行う手法 [1] や、照度センサと電力計を用いて生活パターン推定を行う手法 [2] などが提案されている。

欧洲や米国ではスマートメータの設置が日本に先んじて進められていることから、電力消費データのみを用いて家庭内センシングを行う手法が広く研究されている。居住者が在宅しているか否かを推定する「在・不在判定 (occupancy detection) [3]」と呼ばれる手法や、主幹の電力消費データから家電個別の利用状況を推定する「用途分解 (disaggregation) [4]」などが例として挙げられる。国内においてもスマートメータの設置が開始されたことを受けて、いくつかの事例が報告されている [5, 6]。電力消費データのみを用いる手法は「非侵入型 (non-intrusive)」のモニタリングと呼ばれ [7]、家庭内への機器設置を必要とせずに家庭内センシングを実現できることから費用や心理的負担という点で優位性がある。しかし、推定には高度な分析手法が必要になることや確実な推定は困難であることなどから、目的や制約条件に応じて他のセンサデータを組み合わせた分析が効果的と考える。

前述したスマートメータの設置に加えて、近年では市販の家庭向けセンサにおいて低価格化と省電力化が進んでいることもあり、一般家庭において電力を含むセンサデータの簡易な収集・活用が可能となる環境が整備されつつある。そのため、2016年4月の電力小売全面自由化以降、競争環境にある電力業界でも顧客満足度向上を目的とした商用サービスの提供が始まっている¹。

その一方で、センサ活用における技術的課題も無視できない。家庭内センシングを行うためには計測機器や無線通信に関する幅広い知識が必要であり、計測データを取得するまでの障壁が高い。環境を構築できたとしても、電波や電源、機器の信頼性の問題から継続的かつ高精度な計測が行えない場合も多い。市販センサを組合せて簡易にデータ計測が行えるようになれば、より広い分野においてセンサデータの活用が期待できるが、市販センサの多くはスマートフォンからの閲覧のみで生データの収集が行えなかったり、マルチベンダ・クロスデバイスでの連携が困難であるといった課題が指摘されている [8]。そのため、家庭内センシングを簡易に実現するためには、様々なセンサデータを目的に合わせて組み合わせることができるオープンなプラットフォームが必要と考える。

¹https://www.service.tepco.co.jp/s/Anshin_Tooku/

3 おうちモニタキットの開発

3.1 開発要件と構成

OMK では電力消費データの計測を軸として、利用するセンサや機能を継続的に変更・改善するため以下に示す要件を満たすよう開発を進めている。

- スマートメータに接続して電力消費データを計測できる
- 開発者層の厚いハードウェア、ソフトウェアプラットフォームを採用する
- 家庭内で簡易に利用可能とすべく、Wi-Fi が無い環境でも利用可能とする
- 機能拡張や接続に制限のあるクローズドなプラットフォームでなく、可能な限りオープンなものを採用する
- センサの設置と継続的な利用が容易で、屋内の広い場所で安定して利用可能なセンサを採用する
- センサとゲートウェイ間の通信は一般住宅で安定して行える規格を採用する
- 可能な限り安価な部品・ソフトウェアを採用する

以上の要件に基づき選定した、OMK のハードウェア構成の一例を図 2 に示す。OMK 本体には安価かつ開発者コミュニティが充実している Raspberry Pi 3 Model B および Raspberry Pi 用 7 インチ公式タッチディスプレイを採用した。また、スマートメータとの通信にはローム社の Wi-SUN 通信用 USB ドングルである WSR35A1-00 を OMK 本体に内蔵し、これを用いて消費電力量の計測を行っている。ネットワークへの接続にはエイビット社のデータ通信端末 AK-020 を用いて Soracom Air による通信を行うこととした。



図 2: OMK のハードウェア構成の一例

表 1: OMK が現在対応しているセンサの一覧

製品名	メーカー(販売元)	計測データ	通信プロトコル	概要
Wi-SUN USB ドングル WSR35A1-00	ROHM	電力(主幹)	Wi-SUN (ECHONET Lite)	主幹電力値(W, 計測間隔10秒~)および30分間の積算電力消費量(Wh)
Bluetoothワットチェッカー REX-BTWATTCH1	ラトックシステム	電力(コンセント)	Bluetooth	コンセントの消費電力値(W, 計測間隔1秒~)
温度センサ STM431J, CS-EO431J他	ROHM, アーミン他	温度	EnOcean	0~40°Cの温度を1~30分間隔で計測
マグネットセンサ STM429J, STM250J他	ROHM, アーミン他	ドア開閉他	EnOcean	ドアなどの開閉を検出
ロッカースイッチ ESM210R他	ROHM, アーミン他	スイッチ押下	EnOcean	スイッチの押下を検出
人感センサ HM92-01WHC	サイミックス	人感	EnOcean	人体などの動きを検出
Netatmoウェザーステーション NET-OT-000001	Netatmo	温度, 湿度, CO2濃度, 気圧, 駆音	Wi-Fi	5分間隔で計測, Netatmo社のクラウドにアップロードされたデータをAPIで取得

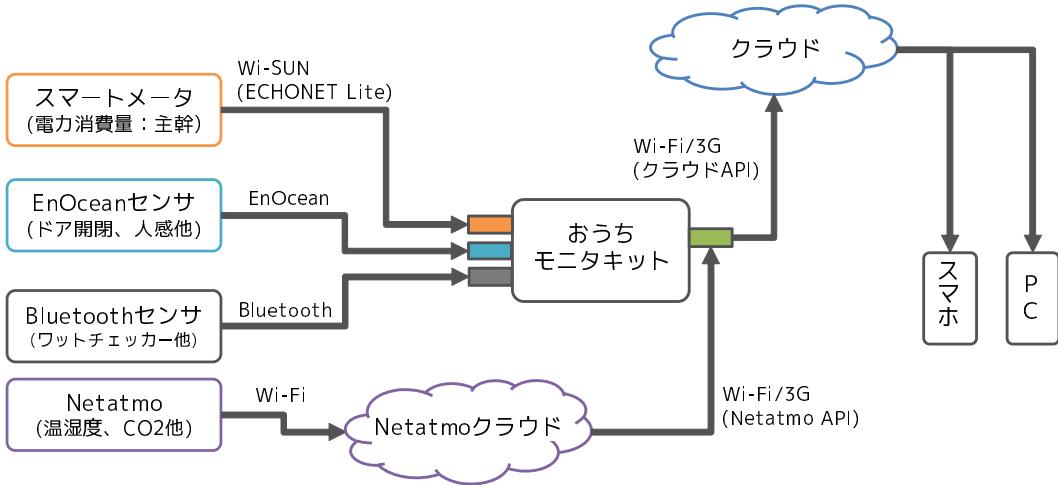


図 3: OMK における計測データの流れ

対応センサについては表 1 にまとめた。上記要件を満たす製品を調査した結果、EnOcean によるセンサを中心採用することとした。EnOcean は電源がなくても動作するエナジーハーベスティング技術を用いており、920MHz 帯の安定した無線通信が行えること、設置環境の自由度が高いことが理由である。一方で、太陽光発電を用いたものがほとんどであることから暗所での動作に難があるなどいくつかの課題も明らかとなっており、今後は Bluetooth センサなど電池で動作する各種センサへの対応も進める予定である。

これらの機器は必要に応じて組み合わせができる。例えば 3G でなく Wi-Fi を用いてネットワークに接続するのであれば、AK-020 および Soracom Air の利用は不要となる。利用するセンサも OMK の利用に必須なものはなく、必要なものだけ用意すればよい。

図 3 は、OMK における計測データの流れを図示したものである。計測されたセンサデータは OMK に集約され、その後必要に応じてクラウドにアップロードすることで PC などからセンサデータを閲覧することができる。なお、Netatmo ウェザーステーションのみ、製品仕様の都合から Netatmo 社のクラウド（製品利用

者であれば無料で利用可）にアップロードされたものを API により取得している。

3.2 ディスプレイ表示

OMK では、計測されたセンサデータがリアルタイムに本体ディスプレイ上で表示される。OMK のディスプレイ表示例を図 4 に示す。表示項目や大きさは設定画面から自由にカスタマイズできる。各センサデータの値は数値と円の大きさ双方もしくは片方の形式により表示可能で、電力消費量のみ電気料金の目安を併記することができる。電気料金の算出は、表示されている消費量（瞬時値）が 1 時間続いた場合の金額とし、東京電力エナジーパートナー社が提供する一般的な料金プラン「従量電灯 B」における第 2 段階料金（1kWh=26.0 円）換算とした。ただし、電子レンジやドライヤーなど、短期間に瞬時値が跳ね上がる家電の場合は実際の使用量以上に高額の料金が表示されてしまうことから、電気料金の算出方法については改善の余地がある。

図 4 の例では、左側に現在の電力消費量および電気料金が大きく表示されており、右側に室内気温および



図 4: OMK のディスプレイ表示例

二酸化炭素濃度が表示されている。左上に並んでいる円は左からそれぞれマグネットセンサによるドア開閉、ロッカースイッチが押下されているか、人感センサに反応があったかという状態を表している。

4 おうちモニタキットによる計測例

本節では、OMK を家庭内に設置し、種々のセンサデータを計測した結果について、それぞれのセンサデータが持つ特徴と共に紹介する。

4.1 計測例 1

図 5 は、ある家庭において OMK を用いて計測したセンサデータ（電力、室内気温、人感、ドア開閉）をヒートマップ形式で可視化したものである。左側は電力消費量を、右側はその他のセンサデータを表示している。計測期間は 2016 年 7 月 21 日から 8 月 10 日までの 3 週間で、季節が夏季であることからエアコン利用により消費電力量と気温に強い関連が見られる。例えば 8 月 4 日から 6 日、8 日から 10 日にかけて 8 時～12 時過ぎの時間帯は電力消費量が少なく、気温が徐々に上昇を続けている。ドア開閉・人感センサの反応も見られないことから、この時間帯は不在であると推定できる。また、13 時前後に帰宅し冷房を使用した結果として電力消費量が急上昇し、気温が下がったといった推測もできる。

在・不在判定への応用を考えた場合、電力消費データとドア開閉記録を組み合わせることでより高精度の推定が行えるだけでなく、より細かな時間解像度での外出/帰宅時刻の推定も可能と考えられる。この家庭ではマグネットセンサと人感センサを玄関付近に設置していることから、人感センサ反応後にドア開閉が確認されれば外出、その逆であれば帰宅と推定できる。しかし、今回の計測例では玄関付近の薄暗い場所に太陽光発電で動作する EnOcean センサを設置したことから、夜間・早朝を中心に欠測が発生することがあった。設置

環境により適したセンサの選定や、他のセンサデータを組み合わせて欠測を補う手法の検討が必要と考える。

4.2 計測例 2

図 6 の例は別の家庭で計測したセンサデータ（電力、気温、二酸化炭素濃度、騒音）を折れ線グラフで表したものである。ここではワットチェッカーを用いてエアコンや冷蔵庫など家電単位での電力消費量も計測しているほか、気温・二酸化炭素濃度については室内の 2箇所（リビング・寝室）で計測した。計測期間は 2017 年 7 月 22 日の 10 時から 24 時で、11 時半頃から 20 時過ぎまでは不在、それ以外は在宅となっている。

この家庭も計測時期が夏季であることから、外出時のエアコン停止により気温が上昇し、帰宅後エアコンの利用に伴って気温が下降していることがわかる。また、22 時過ぎにリビングから寝室へ移動し、それに伴って使用するエアコンも変更したことから、寝室へ移動後にリビングの気温が上昇し、寝室の気温が下降していることも観察できる。

二酸化炭素濃度は人の呼吸によって上昇することから、一般的には在宅時に上昇し不在時に下降する。図 6 では外出/帰宅、部屋の移動といった行動が濃度に反映されており、在・不在判定や居場所推定に有用と考えられる。一方で、追従が遅いこと、燃焼を伴う機器（ガスコンロ、石油ストーブ他）の利用や換気によって大きく値が変化するなど、いくつかの課題も存在する。

騒音は、一般的に人の活動や家電の利用により上昇する。図 6 の例においても、スピーカーや TV を利用する在宅時に上昇し、外出や寝室への移動後に下降していることがわかる。この結果から二酸化炭素濃度と同様、在・不在判定や居場所推定に有用と考えられる一方で、自動もしくはタイマー動作の家電や屋外の影響を受けるケースも想定する必要がある。今回の計測結果では外出時に床拭きロボットが壁に衝突することで騒音が発生したり、この家庭が線路に近いことから電車通過時に若干の騒音が発生した。

以上の結果から、それぞれのセンサデータには長所と短所、向き不向きが存在する。目的や制約条件に応じてセンサの最適な組合せを考案する必要があり、そのためのプラットフォームとして OMK を活用できるのではないかと考える。

5 おわりに

本稿では家庭内センシングを簡易に実現可能なキットである OMK について紹介した。また、OMK を用いて計測されたセンサデータから、それぞれのデータが持つ特徴や用途について考察した。

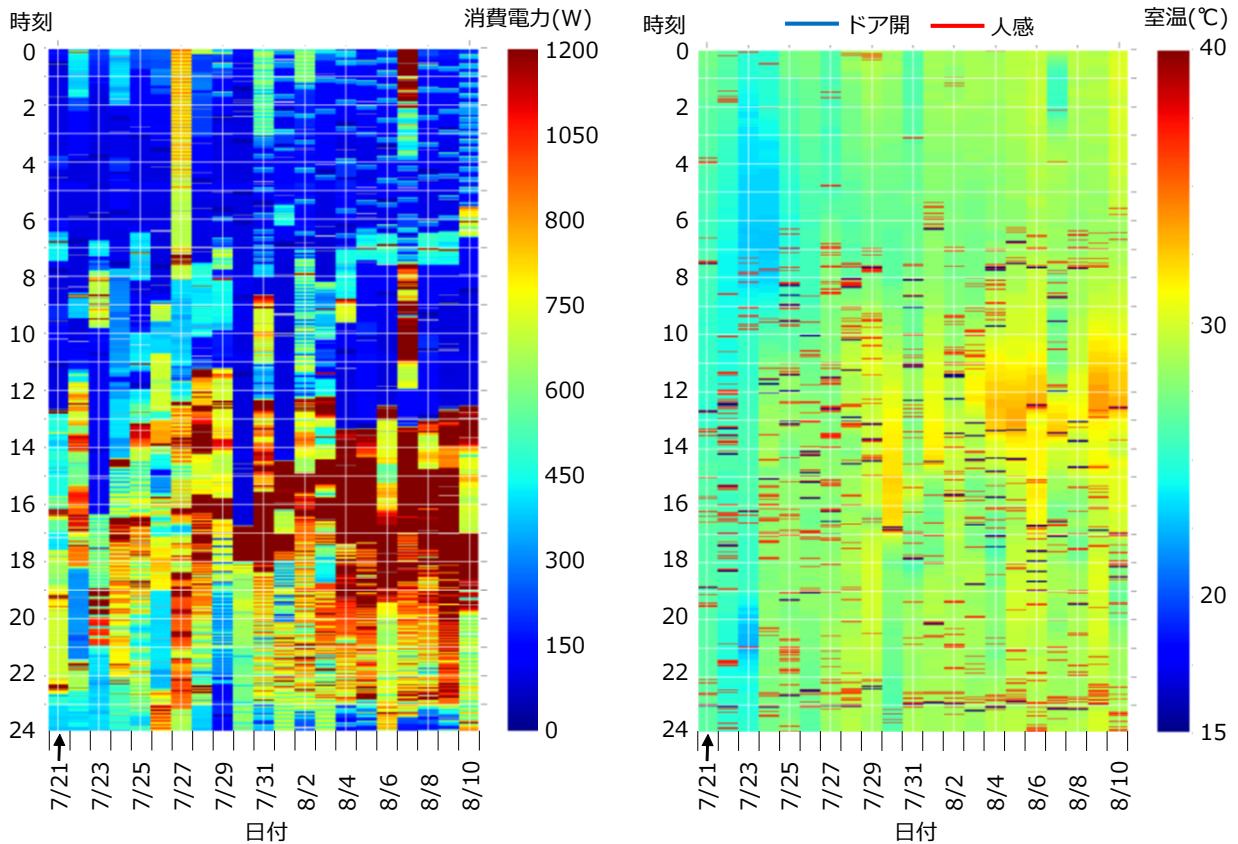


図 5: OMK による計測例 1 (電力, 気温, 人感, ドア開閉)

OMK はオープンなプラットフォームとして広く利用してもらうことを想定している。今後も対応センサやデータ処理に関する機能の追加を行うことで、より幅広い用途に活用できるよう改良を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 青木 茂樹, 大西 正輝, 小島 篤博, 福永 邦雄, 独居高齢者の行動パターンに注目した非日常状態の検出, 電気学会論文誌 E, Vol. 25, No. 6, pp. 259–265 (2005)
- [2] S. Makonin and F. Popowich: “Home Occupancy Agent: Occupancy and Sleep Detection,” Journal on Computing, Vol. 2, No. 1, pp. 182–186 (2012)
- [3] T. A. Nguyen and M. Aiello: “Energy intelligent buildings based on user activity: A survey,” Energy and Buildings, Vol. 56, pp. 244–257 (2013)
- [4] K. C. Armel, A. Gupta, G. Shrimali and A. Albert: “Is disaggregation the holy grail of energy efficiency? The case of electricity,” Energy Policy, No. 52, pp. 213–234 (2013)
- [5] 向井 登志広, 西尾 健一郎, 小松 秀徳, 内田 鉄平, 石田 恭子: スマートメータデータを活用した情報提供と行動変容－集合住宅におけるピーク抑制・省エネ実証事例－, 電力中央研究所研究報告, Y15002 (2016)
- [6] 服部 俊一, 篠原 靖志: スマートメータデータからの実需要推定による在・不在判定の精度改善手法, 電気学会論文誌 C, Vol. 137, No. 9, pp. 1296–1303 (2017)
- [7] G. W. Hart: “Nonintrusive appliance load monitoring,” Proceedings of the IEEE, Vol. 80, No. 12, pp. 1870–1891 (1992)
- [8] 堤 富士雄, 三浦 輝久, 鶴見 剛也, 服部 俊一: 電気利用の拡大に向けた家庭内 IoT の動向と課題の整理, 電力中央研究所研究報告, R15012 (2016)

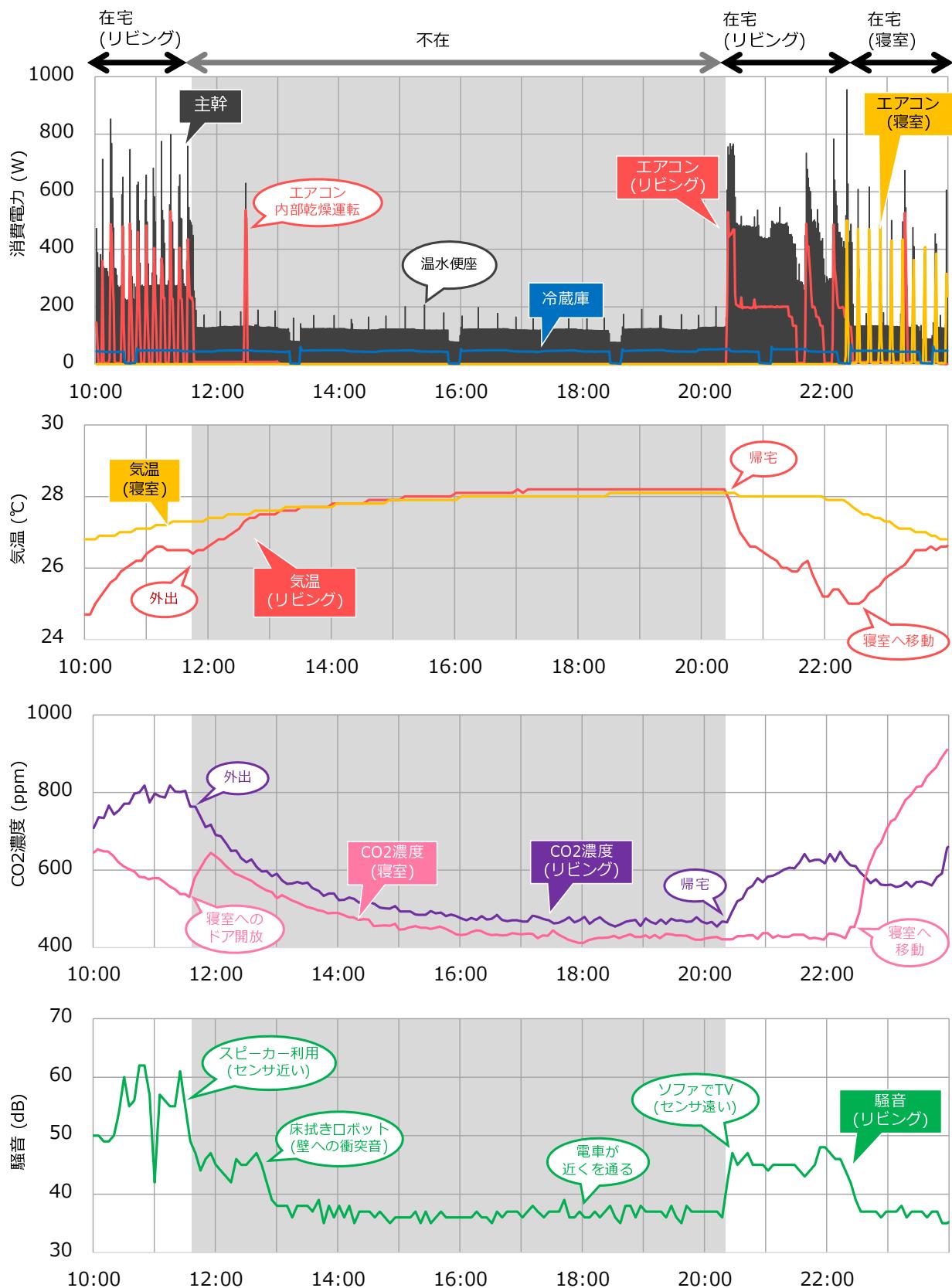


図 6: OMK による計測例 2 (電力, 気温, 二酸化炭素濃度, 騒音)