

技術紹介

5

環境モニタリングデバイスの開発 ～共創プロジェクト事例紹介～

The development of the environmental monitoring device

國方 亮太

Ryota Kunikata

商品開発センター 主任

須田 篤史

Atsushi Suda

商品開発センター 技術シニアマネージャー 博士(材料科学)

キーワード:IoT、環境モニタリング、共創プロジェクト**Keywords:IoT, Environmental monitoring, Co-creation project.**

要 旨

環境モニタリングデバイスは、一般家庭、工場、市街、河川や農場等の様々な場所に設置することで、設置環境の気温、湿度、化学物質濃度等をモニタリングするためのセンシングデバイスです。当社では、IoT と AI 技術の発展がもたらす新しい社会“Society 5.0”に貢献すべく、これまで医療・ライフサイエンス分野向けに開発してきたセンシングシステムの、環境モニタリング分野への展開を模索しております。今回この分野における潜在的ニーズの顕在化活動として、社外共創プロジェクトに参加し、様々な分野の企業とともに屋内環境モニタリングデバイスを用いた新しいサービスの実現性について検討しました。社外共創プロジェクトでは参加企業間にて課題を共有し迅速に開発を推進するための検証用デバイスを開発いたしました。本技報では、そのコンセプト、構造、および測定例について紹介いたします。

SUMMARY

Environmental monitoring devices provides with various data, such as temperature, humidity, and chemical concentration in all kinds of places, such as general households, factories, towns, rivers, and fields. In order to contribute to the new "Society 5.0" brought about by the development of IoT and AI technology, we have been attempting to apply the sensing system for the medical and life science fields to the environmental monitoring field. JAE participated in the cross-industrial co-creation project to discover the potential needs in this field, and produced a verification device that enable companies to share problems and accelerate development, to study the feasibility of new services using the indoor environment monitoring devices.

1. はじめに

当社はこれまでに産学連携体制の下、医療・ライフサイエンス分野向けセンシングシステムの開発を行ってまいりました。¹⁻³⁾この技術開発では細胞塊などの生体試料から生成される極微量の化学物質測定技術やウェット環境に対応できるデバイス実装技術を開発してまいりました。また、本技術の応用により実現可能となる製品として、病院や研究機関で用いる細胞活性測定装置などをターゲットに、ユーザビリティなども考慮しつつセンシングシステムのハードとソフト両面についての改良を継続してまいりました。この活動の中で医療従事者や大学あるいは国公立研究所の研究者などの想定するユーザ層へのヒアリングから、センシングシステムを研究室外へ持ち出して使用する“環境モニタリングデバイス”に対するニーズに触れることができました。簡単なところでは、環境モニタリングデバイスは簡単に持ち運び可能とするために手のひらサイズ程度へと大幅な小型化が必須であり、電源の供給方法やその場でのデータ処理方法も課題となります。さらに、このような環境モニタリングデバイスを使用することにより、どのような環境問題が解決され得るのかといった認識できていなかったニーズが浮き彫りとなりました。近年の技術開発により、センシングシステムを大幅に小型化した環境モニタリングデバイスは試作段階まで到達いたしましたが、本技術領域における潜在的ニーズの顕在化といった技術マーケティング活動には依然として限界を感じておりました。

一方、近年の人工知能（AI：Artificial Intelligence）や通信技術の急速な技術発展に伴い、あらゆるモノがインターネットにつながるという IoT（Internet of Things）社会が実現しつつあります。IoT 社会では、これまではその価値が認識されていなかったようなデータでさえも利活用することにより新たなサービスが生み出されます。当社にとっても、この IoT 社会、さらにはビッグデータと AI により実現可能となる“Society 5.0”^{*}に貢献すべく、社会的課題解決のために必要となるサービス、またそれを実現するためのセンシング対象に対するニーズ掘り起こしのための活動は必須です。しかしながら、先に述べた通り潜在的ニーズの顕在化といった技術マーケティング活動には限界を感じております。そこで、より広い視野に立ってセンシング対象とデバイス、あるいは実現可能となる新たなサービスについて検討を重ね、より大きな市場に対応するためにオープンイノベーションの手法を取り入れることといたしました。

* 「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）」^{4,5)}

2. 社外の共創プロジェクトへの参加

環境モニタリングデバイスに対する潜在的ニーズ顕在化のため、当社は様々な分野の企業が集まりIoT データのビジネス展開について検討する社外の共創プロジェクトである”PARMMIT 協議会”^{†*6)}に参加いたしました。PARMMIT 協議会では、例えば脈拍や心電位、移動履歴といった個人の生体情報を含むIoT データをプライバシーに配慮しつつ利用者間で円滑に流通させるための技術開発、およびその実証実験を行います。参加企業の業種は電子部品分野のみならず通信、データ解析、アプリ開発、広告、メディア、金融、製薬分野など多岐にわたっております。参加企業間にてデータ活用により創出し得る様々なビジネスについて検討することにより、新たなビジネスマッチングの機会やこれまでにない新ビジネスの創出が期待できます。

当社はこの社外共創プロジェクトにおいて他の参加企業とともに、主に一般家庭で利用するための屋内環境モニタリングデバイス、並びにこのデバイスを用いた「家族の遠隔見守り」サービスおよび「ターゲティング広告」サービスの技術的課題、収益性およびエコシステム等について検討いたしました。このデバイスは、設置場所の温度や湿度、照度等の情報や、居住者が発する会話や移動に伴う生活音、振動等の信号を収集し、その結果を無線にてサーバに転送する据え置き型のIoT デバイスです。これらのデータをもとにして居住者の行動履歴、例えば空調や照明の使用状況や洗濯機等の振動を伴う家電の使用状況、あるいは会話の有無等を分析することで、遠くで暮らす「家族の遠隔見守り」や、居住者の行動履歴に合わせた「ターゲティング広告」の配信を行うことが可能です。「家族の遠隔見守り」は、一人で暮らす高齢者が増加傾向にあることから、⁷⁾将来の需要増大が見込まれる有望なサービスであり、既にいくつかのセンシングデバイスが市場に投入されています。^{8,9)}「ターゲティング広告」についても、ウェブアクセスの履歴が様々なマーケティング活動と直結している現状と同様に、その実用性は非常に高いものと期待できます。

一方で、このようなサービスは情報漏洩に対する不安や、監視される事に対する不快感といった、プライバシーに関連する否定的な感情を利用者に強く抱かせるため、これをデバイス構成やデータ処理によっていかに低減させるかが大きな課題となっております。またサーバにて保存可能なデータ容量にも限度があるため、使用目的に応じた適切なサンプリング周波数の設定や、平均化等のデータ処理による容量削減が必要となります。さらに、センサがカバーするエリアも限られるため、広い住宅では設置デバイス数の増加や、ウェアラブルデバイスによる一部データ補完を検討する必要があります。そこで、これらハードおよびソフト両面における課題を検討初期段階から参加企業間で共有し、円滑な意思疎通のもと様々なサービスモデルの検証を迅速に行うため、共有プラットフォームとしての検証用屋内環境モニタリングデバイスを作製いたしました。

[†] PARMMIT: Personal data Access Recording Management & Multi-platform Interconnection Technologies

総務省「IoT/BD/AI 情報通信プラットフォーム」社会実装推進事業の課題Ⅲ「IoT デバイス／プラットフォーム等の連携技術の確立と相互接続検証に向けた研究開発」に対し、(株)KDDI 総合研究所が提案し採択された 2017 年度から 3 か年の研究開発プロジェクトの総称

3. 屋内環境モニタリングデバイスのコンセプトおよび構成

3.1 デバイスのコンセプト

デバイスは一般住居やオフィス等において据え置きで使用する事を想定し、可能な限り小型化したしました。また容易に設置場所を変更できるよう、無線によるデータアップロード機能を付与いたしました。さらに、参加企業が共通したシステムにて様々なアイデアの検証に使用できるよう、入手性に優れた部品の使用と、組み立てが容易かつ拡張性の高い構成を目標といたしました。

搭載するセンサについては、環境モニタリングデバイスとして一般的に用いられるセンサについて検討した結果、温度、湿度、気圧、照度、人感センサ、加速度センサおよびマイクを選択いたしました。このうち特に生活に伴う振動測定用の加速度センサおよびマイクに関してはプライバシーへの配慮、データ容量の低減のための検討が必要となります。

3.2 システムの構成

作製した室内環境モニタリングシステムの構成を次の図 1 に示します。システムは各種センサにより室内環境データを収集するためのセンシングデバイス部、収集したデータを処理するためのデータ処理部、処理後のデータの記録用サーバ、およびユーザインタフェース部より構成されます。以下、各部の詳細について説明いたします。

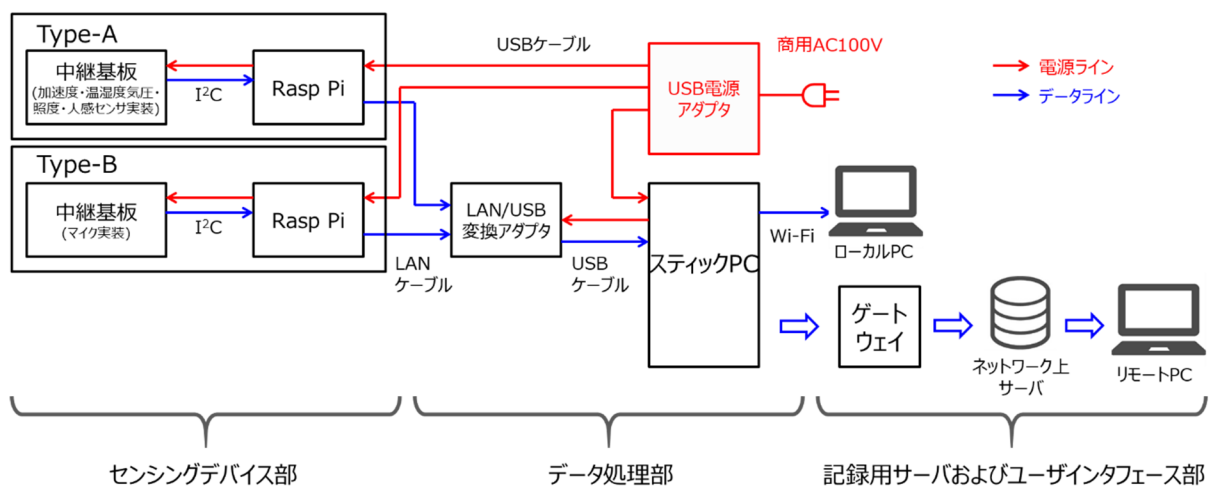


図 1. 屋内環境モニタリングシステムの構成

3.2.1 センシングデバイス部

センシングデバイス部は、センサモジュールとセンサモジュール制御用のシングルボードコンピュータである Raspberry Pi (以下 Rasp Pi)[‡]、センサモジュールと Rasp Pi を接続するための中継基板、およ

[‡]本検証では使用したモデルは Raspberry Pi 3 mobile B+ です。

びこれらを収納するためのアルミおよびアクリル製筐体(92×61×28 mm)より構成されます。1 台の Rasp Pi により全てのセンサモジュールを制御することは Rasp Pi の処理能力上不可能であるため、加速度、温湿度気圧、照度および人感センサモジュールを制御する Rasp Pi (Type-A)と、マイクモジュールのみを制御する Rasp Pi (Type-B)の 2 台を準備し、これらを同時に使用しました。センシングデバイス部の外観を図 2 に示します。Rasp Pi によるデータのサンプリング、Text 形式へのエンコード、メモリへの一時ストレージの各プロセスの実行用プログラムは、汎用プログラミング言語 Python にて記述いたしました。

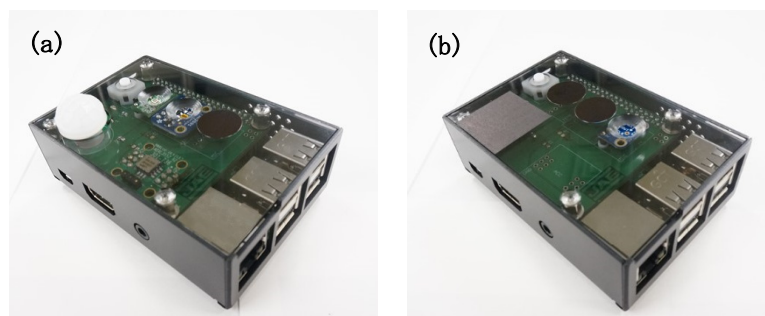


図 2. センシングデバイス部(a)TypeA、および(b)TypeB の外観

各センサモジュールの仕様を表 1 に示します。振動測定用の加速度センサには、周囲の歩行や冷蔵庫などのコンプレッサーの振動を検知するために分解能が $3.9 \mu\text{g}$ と高精度な 3 軸 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)型センサを採用しました。温度、湿度および気圧に関しては、それぞれ $-10 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 、 $30 \sim 90\% \text{RH}$ および $900 \sim 1100 \text{ hPa}$ という一般的な室内環境をカバーするセンサを採用しました。動作原理はそれぞれダイオード型、ピエゾ抵抗型、静電容量変化型となります。照度センサには一般的な室

表 1. 各センサモジュールの仕様

	メーカー	型番	サイズ / mm	消費電流 / μA (typical)	最大レート	レンジ	感度
加速度センサ	Analog Devices, Inc.	EVAL-ADXL355Z	20.3×20.3×12.7	200	4 kHz	$\pm 2 \text{ g}$	分解能 $3.9 \mu\text{g}$
温湿度気圧 センサ*	Bosch Sensortec GmbH	BME280	10.0×16.0×4.7	3.6	1 Hz	$-40 \sim 80^{\circ}\text{C}$ $0 \sim 100 \% \text{RH}$ $300 \sim 1100 \text{ hPa}$	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ $\pm 3 \% \text{RH}$ $\pm 1.0 \text{ hPa}$
照度センサ*	ams AG	TSL2591	19×16×1	400	1.6~10 Hz	$188 \mu\text{lux}$ $\sim 88 \text{ klux}$	分解能 1.8 lux
人感センサ	パナソニック(株)	AMN34112	$\phi 17.4 \times 18.5$	170	-	-	-
マイク*	Knowles Electronics LLC	SPH0645 LM4H-B	16.7×12.7×4.3	600	48 kHz	29~120 dB SPL	-26 dBFS

内照度である数百～数千 lux をカバーするフォトダイオード型のセンサを採用しました。人感センサには、周囲の熱源移動(人の動き等)の有無を 2 値シグナルとして出力する焦電型受動赤外方式のセンサを採用しました。マイクには、ヒト可聴域である 20 Hz～20 kHz をカバーし、10 m 以内の会話に相当する約 40 dB の音圧レベルを検出可能な MEMS 型センサを採用しました。すべてのセンサはチップ抵抗、コンデンサ、接続ピン等がセンサ素子とともに数 cm 角程度の基板上に実装済みのモジュールとして販売されているため扱いが容易であり、またインターネット上での通信販売により容易に入手可能なものを選択しました。

センサモジュールと Rasp Pi 間のデータ通信は、加速度、温湿度気圧、照度および人感センサに関しては I²C、マイクに関しては I²S シリアル通信方式を採用しました。また電源には商用の交流 100 V 電源より生成した Rasp Pi 駆動用の直流 5 V 電源、およびセンサモジュール駆動用の 3.3 V 電源を使用しました。

3.2.2 データ処理部

各種センサより収集された測定データのうち、加速度センサによる振動データと音声および生活音からなる音データはプライバシー情報を多く含むと考えられます。したがって、これらデータはデータ処理部にてフーリエ変換処理を施すことにより詳細な内容が判別できないように配慮しました。このようなデータ処理には相応のマシンパワーを要するため、前述の Rasp Pi とは別の専用小型スティック PC(intel 社製、SKT1AW32SC)を使用しました。スティック PC によるセンシングデバイス部からのデータ転送、フーリエ変換および平均化処理、処理後データの一時ストレージの各プロセスの実行用プログラムはグラフィカルプログラミング言語 LabVIEW にて記述いたしました。

センシングデバイス部との未処理データの通信には、データ暗号化・認証プロセスを含む SSH(Secure Shell)通信プロトコル、およびこれを Windows 上にて実装するための端末エミュレータソフト Tera Term を使用し、また両者間の接続にはデータ機密性、転送速度に優れる有線接続である USB2.0 を使用しました。一方、検証実験時にサーバおよびユーザインタフェースとして用いるローカル PC との接続には、スティック型 PC 内蔵の無線 LAN モジュールを用いた Wi-Fi 接続を使用しました。

3.2.3 記録用サーバおよびユーザインタフェース部

各室内の測定したままの環境データと振動、音声および生活音の処理データの最終的なストレージや解析を行い、結果をユーザに表示するためのサーバおよび端末機器です。実験時にはデータ処理部と無線 LAN 接続されたローカル PC を使用しましたが、実用化時にはインターネット回線により接続されたサーバとリモート PC の使用を想定しております。

4. 屋内環境モニタリングデバイスによる測定例

屋内環境モニタリングデバイスを用いた測定例として、当社オフィス内における測定結果を示します。屋内環境モニタリングデバイスは4月としては気温高めの日 4 時～22 時までの 18 時間にわたってデスク上に設置し、30 秒ごとにデータを測定いたしました。測定結果を図 3 に示します。温度、湿度、気圧、照度および人感センサのいずれにおいてもデータの欠落等なく連続測定ができております。

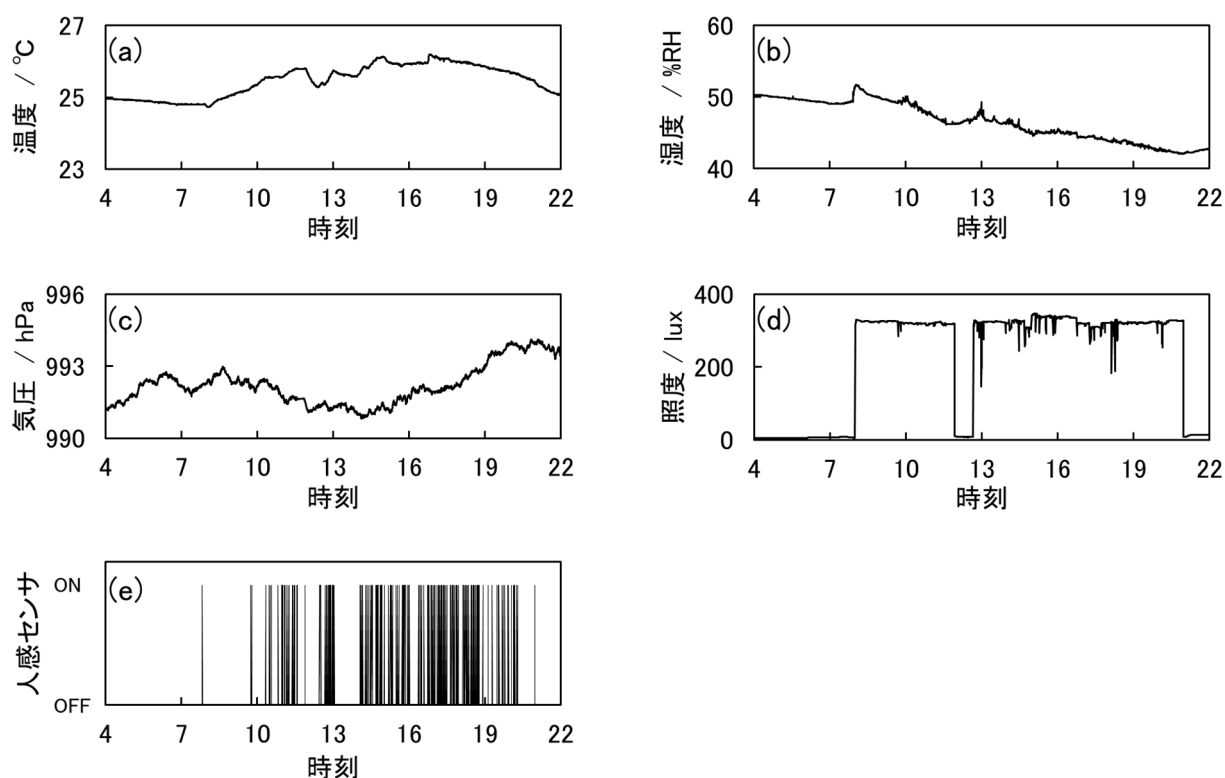


図 3. (a)温度、(b)湿度、(c)気圧、(d)照度および(e)人感センサによる測定結果例

温度の変化に注目しますと朝の始業時から徐々に上昇し、昼休憩時はオフィスにはほとんど人がいなくなることから一時的に低下していることがわかります。また、湿度の変化に注目しますと朝の始業時や昼休憩直後に一時的な上昇が見られ、それが空調により定常値にコントロールされていくことがわかります。照度の測定結果からは室内照明の ON/OFF に伴う大きな照度変化以外に照明 ON 時の小さな変化が見られます。この変化は屋内環境モニタリングデバイスを窓から離れたデスク上に設置していたため、窓からの入射光の影響は少ないとはいえ曇りや晴れといった天候の変化を反映しているものと思われます。スパイク状の落ち込みはデバイス付近を通過する人により照明が遮られたものと考えております。人感センサは設置場所周辺の人動きに反応しておりますので、今回の設置場所周辺では始業時から 10 時ごろまでは近くに人がいないことを示しており、オフィス全体の環境を反映している温度や湿度のデータから予想される人の動きとは乖離があります。すなわち 1 つだけの屋内環境センシングデバイスから得られるデータのみからでもオフィス内の大まかな人の分布についての情報が得られるとい

えます。これらの情報を活用したサービスとしては、複数の屋内環境センシングデバイスの測定データを用いることにより、例えば測定指標と密接に関係しているオフィスの快適性の向上などのサービスが考えられます。PARMMIT 協議会では屋内環境センシングデバイスを個人宅に設置して実用性検証を行いました。本稿ではデータの秘匿性に配慮し、測定データとその解析についての詳細な記述は省きますが、ここで示した結果と同様に居住者の活動について「家族の遠隔見守り」や「ターゲティング広告」に有用な生活情報が得られることが確認できました。

また加速度センサによる振動データおよびマイクによる音情報についても、センシング、データ処理、処理後データのローカル PC へのストレージといった一連の動作を、データの欠落等なく連続的に行うことができました。図 4 に加速度センサによる振動データの周波数依存パワースペクトルであるフーリエ変換結果の例を示します。屋内環境センシングデバイスは歩行者あるいはオフィス内給湯室の排水管といった測定対象より約 2 m の位置に設置し、センサのサンプリングレートを 4 kHz とし 0.5 秒間のデータを用いております。この結果では歩行者の往来に由来する振動のピークが、オフィスの固有振動数と思われる数 Hz の周波数帯に観測され、また給湯室での水道水使用によるシンクへの排水に由来する振動のピークが、配管固有振動数と思われる数十～数百 Hz の周波数帯に観測されています。したがって屋内環境センシングデバイスを個人宅に設置すれば居住者の水道使用や、屋内での歩行に関する情報が得られるといえます。これらの情報は「家族の遠隔見守り」に有用なだけでなく、活動が活発な時間帯なども特定できるため「ターゲティング広告」にも有用な情報となります。図 5 にマイクによる音データの周波数依存パワースペクトルであるフーリエ変換結果の例を示します。屋内環境センシングデバイスは空調機、話者、掃除機といった測定対象より約 2 m の位置に設置し、サンプリングレートを 48 kHz として 1 秒間のデータを用いております。この結果では空調装置の風切り音、成人男性の声音、掃除機の吸入音およびモーター音に由来すると思われるピークが観測されています。先にも述べましたが、音声については時間無依存である周波数情報へと不可逆的に変換することで、元の音声内容を復元することは不可能となり、プライバシーの保護が達成されております。この屋内環境センシングデバイスを個人宅に設置することにより、空調や掃除機といった電化製品の使用回数や時間帯についての情報が得られるため、「家族の遠隔見守り」や「ターゲティング広告」にも有用といえます。

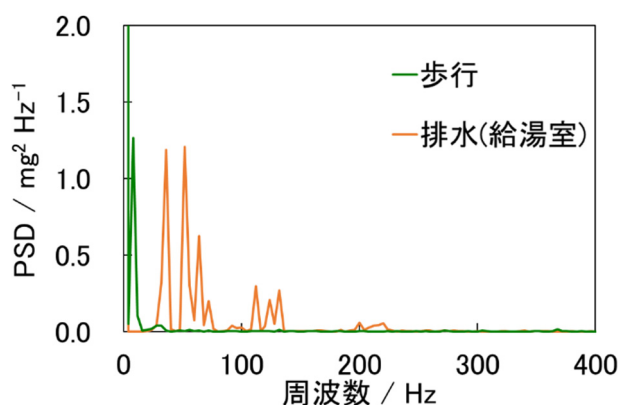


図 4. 加速度センサによる振動データのフーリエ変換結果例

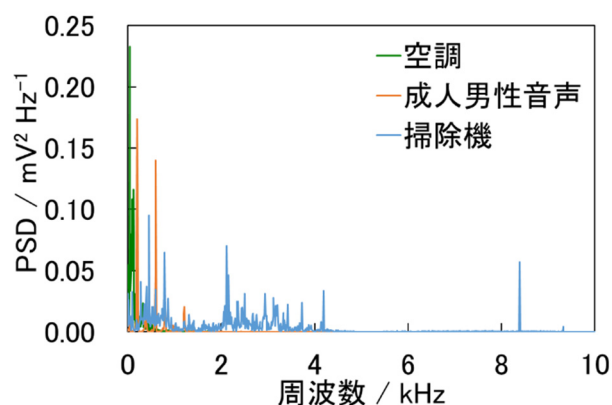


図 5. マイクによる音データのフーリエ変換結果例

5. まとめ

当社では、IoT と AI 技術の発展がもたらす新しい社会 “Society 5.0” に貢献すべく、これまで医療・ライフサイエンス分野向けに開発してきたセンシングシステムにて培った技術を環境モニタリング分野へ応用する開発を行っております。今回、この分野における潜在的ニーズ顕在化への取組みの一環として、様々な業種の企業が協力して IoT データのビジネス展開について検討する社外共創プロジェクトである “PARMMIT 協議会” に参加しました。そこで「家族の遠隔見守り」、「ターゲティング広告」等、屋内環境モニタリングデバイスを用いた様々なサービスの実現性について検討してまいりました。さらにプライバシー問題、データ容量増大への対応等、これらサービスが有するハードおよびソフト両面における課題を参加企業間で共有し、迅速な開発につなげるための共有プラットフォーム “屋内環境モニタリングデバイス” を開発いたしました。今後はモニタリング対象を一般家庭から工場、市街、河川、農場等に広げるとともに、複数台のデバイス間でのデータ通信、デバイス設置位置や設置密度がデータ品質に及ぼす影響の解析、さらには AI を活用したより高度なシステム検証を推進していきたいと考えております。

【参考文献】

- 1) 國方亮太, 須田篤史, 航空電子技報 **35**, 10 (2013).
- 2) 國方亮太, 須田篤史, 航空電子技報 **38**, 1 (2016).
- 3) 林泰之, 國方亮太, 須田篤史, 航空電子技報 **39**, 56 (2017).
- 4) 内閣府, “第 5 期科学技術基本計画” (2016).
- 5) 総務省, “令和元年版情報通信白書” (2019).
- 6) PARMMIT 協議会ウェブサイト (<https://rp.kddi-research.jp/parmmmit/>)
- 7) 国立社会保障・人口問題研究所, “日本世帯数の将来推計(全国推計) 2018(平成 30)年推計” (2018).
- 8) 富士通株式会社, プレスリリース, “IoT を活用した「居住者の見守りソリューション」を提供開始” (2016).
- 9) 日立グローバルライフソリューションズ株式会社, プレスリリース, “単身高齢者向け見守りサービス「ドシテル」を 6 月 17 日より開始” (2019).