



# 気圧センサを用いた生活環境活動記録に関する基礎的実験 (その 2)

新居 英明<sup>1)</sup>, 小林 康平<sup>1)2)</sup>, 吉田 貴寿<sup>1)</sup>, 南澤 孝太<sup>1)</sup>

1) 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, nii, ko5884, yoshida, kouta@kmd.keio.ac.jp

2) 武蔵野美術大学造形構想学部映像学科, ias22036kk@ct.musabi.ac.jp

**概要:** 気圧センサは近年はスマートフォンにも内蔵されて、とても一般的になってきている。このセンサは、天気予報や、自分の高さ方向の変化などを取得するアプリなどに使われている。しかしながら気圧センサはより多くの情報を取得できるのではないかと我々は考えてきた。本研究で新しい利用方法として、気圧センサをマイクのように用いることで、センサ周囲の情報を取得しようという研究を進めている。既に部屋に設置した複数の気圧センサを用いてドアの開閉、窓の開閉などを検出できること、また人の移動を手持の気圧センサとの相関を用いて検出する方法を検討してきた。今回はビルではなく一般家屋においてこのシステムを用いることで生活環境の様子を取得できないか検討した。その結果、家屋内の人の動きと共に建物の外の動きなども計測できたので、そのデータを共有したい。

**キーワード:** 気圧計測, 圧力伝搬, 屋内位置計測

## 1. はじめに

人の位置推定を始めとする生活環境における活動を記録する技術についてはすでに多くの研究がおこなわれており、数々のアプリケーションが普及してきている。例えばスマートフォンを用いたナビゲーションアプリやロケーションベースのゲームなどを挙げることができる。これらのアプリは主に GNSS(Global Navigation Satellite System) をもちいて実現されていることが多い。そのため屋内に入ったりした場合などで GNSS の電波が受信できない環境においては位置情報が曖昧になり移動を検知できないこともでてくる。このような屋内における位置情報や生活環境活動を取得する研究は多く進められているが、安定した技術は存在しない。本研究では複数の気圧センサを人の生活環境に配置し、人の活動にあわせて変化する気圧データにより、人の移動や生活環境の変化を記録できるか検討している。

既にビルなどの空調が制御されている環境において各部屋に配置した気圧センサの挙動を調べている [1]。それによると以下のことが分かっている。

- 部屋の窓やドアを開けると隣と殆ど同一気圧
- 窓やドアを閉め切ると空調などの影響で気圧が他の部屋とは変化
- 部屋ごとに気圧のフィンガープリントがとれるため、スマートフォンなどの気圧センサとの比較で部屋間移動データを取得可能

今回は一般家屋に気圧センサを付けて、その様子を測定した。その結果が興味深かったので、本発表で共有したい。

Hideaki Nii, Kohei Kobayashi, Takatoshi Yoshida,  
Kouta Minamizawa

## 2. 関連研究

屋内位置推定法などに関する研究は非常に膨大な数の研究がおこなわれている [2]。その中で気圧センサに注目した研究だけでも、多数の研究がおこなわれている [3]。このサーベイによると現在のところは加速度センサー等に加えて垂直方向の位置推定として気圧センサが使われてきており、観察者にセンサーデバイスを持たせ、何階に居るか [4]、歩行の様子や床に寝ている状態などの判別を行う事ができると報告されている [5]。

また、気圧センサ自体の改良も進んでいる。以前はアナログ出力をマイコンに取り込むため、ノイズや分解能が不十分であった。2000 年以降、スマートフォンなどに内蔵するための小形デジタルデバイスが出てきている。それに加えて、ここ 10 年ほどで以前はストレインゲージなどを用いていたのに対して、容量変化を計測するタイプが出てきて、ノイズが少なく高感度になってきている。その 1 つが今回利用したセンサである [6]。

このノイズがとても少なくなった高感度センサを用いることで、従来はローパスフィルタでとても低い周波数成分だけを取得していたのに対して、マイクのように高い周波数成分の気圧波形を取得できるようになった。このようなことを考えると、最新の気圧センサはセンサ位置の情報だけでなく、センサの周りの状況を取得できるマイクのような機能があると考えられる。

本研究では最新の気圧センサのこの特徴を生かすために気圧センサを予め配置し、その時系列データを詳細に取得し、センサの周りの生活環境の活動記録を行うことができないか検討を行っている。

このテーマに関して、既にビル空調が効いている屋内において複数の気圧センサを配置し、人が持つ気圧センサの位置を推定する方法に関して以下の発表をおこなっている[1]。この発表では人がどの部屋に移動したか気圧データの相関をもちいて推定したりドアの開閉と自分の気圧センサのデータを比較することで、ドアを抜けたか判定する手法が発表された。しかしながら、これは空調のしっかりしたビルでのデータであり、それ以外の環境ではどうなるか検討していなかった。

### 3. 一般家屋における気圧測定

本発表では一般家屋（マンション一階）において、複数のセンサを配置してそのデータを取得し、住戸の周りを含む生活環境活動を記録したデータを皆様と共有したい。

#### 3.1 測定用機材のセットアップ

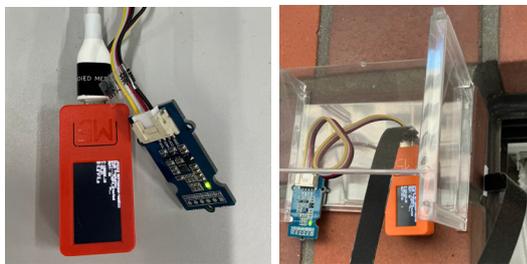


図 1: 屋内外の気圧センサの外観

センサデバイスには infineon DPS310 を利用し、M5Stick-C を用いて、WiFi 経由でサーバーに MQTT を用いてデータを集約した。センサデバイスの外観は図 1 で示すとおりである。左が屋内向け、右が屋外設置したものである。データの転送レートは当初 16Hz としたかったが、M5Stick の安定性の問題で 4Hz でデータを収集することになった。

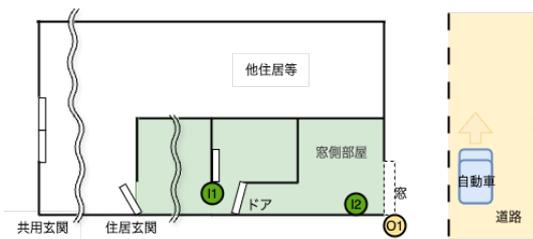


図 2: 気圧センサの配置

このセンサデバイスの配置については、図 2 の丸印で示す。窓とドアで分けられた 2 部屋と屋外の合計 3 カ所に置いている。名前については屋内センサを I1, I2、屋外センサを O1 とした。また、センサのある部屋のより奥の方に住戸玄関があり、その奥には複数の他住戸と建物の入り口の共用玄関がある構造となっている。一方、窓の外側の数 m 先には道路が通っている。

#### 3.2 住戸での気圧変化の概要

まずは図 3 のデータを見ていただきたい。これは窓を開けた状態での屋内外での気圧を示す。左が屋内で右が屋外

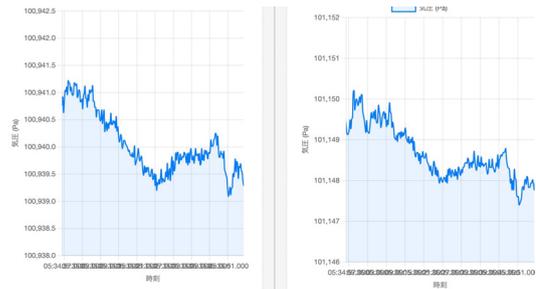


図 3: 窓を開けているときの屋内外センサデータ

を示すが、変化としてはまったく同じに見える。また、特に風があるわけではなかったが、小さな気圧変動は常に発生している。1 気圧は 101300Pa であるため、1Pa の動きは 1 気圧と比較すると約 10 万分の 1 程度の揺らぎである。この変化は気圧センサを空気中において 9cm 程高さが変えることに相当する非常に微少な値である。このセンサは絶対値としては数 hPa のズレがあるが、2 つのセンサ出力を比較すると、非常に似ている波形データがとれている。このように絶対値を当てにせず、気圧変化成分のみを変化させて、その変化が同じか調べることにする。

#### 3.3 窓、ドアの開閉

まずは以前の実験環境でもおこなった、窓の開け閉め、ドアの開け閉めに関しては今回の実験環境でも再現するか確認した。また、これ以降全てのグラフは左から I1, I2, O1 の順で気圧を測定している。グラフは一分間の気圧変化を示していて、右が最新である。



図 4: 窓を開めた状態でドアを開け閉め

図 4 では、I1 と I2 のセンサの間にあるドアを空いた状態から、一度閉めて (緑の矢印) また開けた時 (赤の矢印) の圧力変化を確認した。I1 と I2 の部屋では逆になっている。つまり、ドアによって押しのけられた空気の移動による圧力変動がグラフに現れている。但し屋外のセンサには全く変化が認められない。

次に図 5 の矢印の圧力変化で示すように、全ての窓を閉じた状態から外への引き窓を開けると、気圧変化が発生する。今回の建物では、24 時間換気で屋内環境が 2 ~ 3 Pa 程負圧になっている。そのため、窓を開けた瞬間に 2Pa 上がり、その後は窓の内側と外側の圧力変化が同一となる。その後は 3 つのグラフともに同一の変化を示している。図 6 の矢印の瞬間に窓を閉じると、負の方向に気圧変化が発生し、その後は屋外と屋内のセンサは異なる気圧変化を生じる。

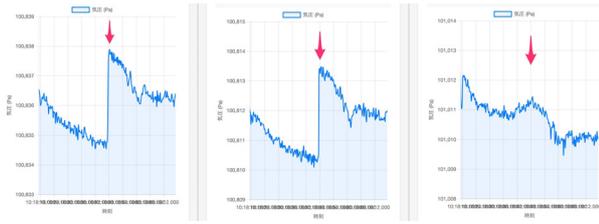


図 5: 窓開け



図 8: 建物入り口開閉



図 6: 窓閉め

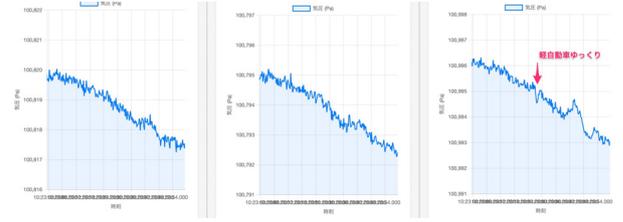


図 9: 軽自動車通過

3.4 玄関、屋外の自動車による圧力変化

次に住戸玄関の開閉に関するデータを示す。以下全て同様だが、外窓はしまっており、部屋の途中の扉は開いた状態である。図 7 のように玄関ドアが開く時には先ほどの部屋の扉と違い、同じ負の方向のスパイク状波形となっている。しかしながら閉める時には正の方向のパルス状の波形となっている。

さらに図 8 では住戸玄関よりもっと遠くの建物の入り口の開閉をおこなった場合を示す。中央の 2 つの矢印のタイミングで 2 回ドアを開閉した。

最後に家の前を自動車通過した様子が記録されたので、その記録を示す。図 9 を見ていただきたい。この矢印の部分の瞬間、建物の外の道路を軽自動車が走り抜けた。屋外の自動車走行に合わせて、負の方向のパルス状の波形が記録された。また図 10 の瞬間にバスが通り抜けたが、今度は 3 つの気圧センサに影響がでている。

4. 検討

上記の様子をセンサ毎に分解して、その特徴をまとめてみる。ドアを開け閉めすると空気が押されるため、その瞬間にスパイク状の気圧変化がある。ドアはセンサ I1 とセンサ I2 の間にあるため、それぞれの変化が逆になるが、屋外のセンサには影響がない。このイベントを「ドア開」「ドア閉」というイベント名とする。

一方、引き窓を開ける場合には空気が押されることがな

いが、屋内が 24 時間換気 (2003 年から強制換気が法律で定められているため、殆どの建物で同様の現象が起きているはずである) 窓を開けた場合と閉めた場合で、ステップ状の気圧変化が発生する。今回の建物においては、屋内が負圧である。そのため窓を開けると屋内気圧上昇、窓を閉めると屋内気圧が低下している。

さて、ここから今回新たに計測されたところである。住戸玄関の位置は図 2 中、センサ I1,I2 の間では無く、センサ I1 より建物の外側なので、センサ I1,I2 の気圧変動は似たような同じような波形が記録された。玄関の外開きドアを開けるときには空気を引っ張るので気圧が下がり、閉める時にはドアクローサーが付いているため、ゆっくり自動的に閉まるので、開けるときは異なる、特徴的な気圧変動が出ている。このイベントでは屋外のセンサには変化は現れていない。また、より遠いところにある建物入り口のドアを開け閉めすると、同じように波形が記録されるが、その大きさは小さく、住戸玄関とは波形がまったくことなることができる。

最後に自動車の通過する影響であるが、軽自動車のグラフでは屋外のセンサのみに影響が出ているが、バスなどの大きな車両では、大きな気圧変化として記録されることがわかった。この場合は窓が閉まっても屋内センサに影響が現れているのが興味深い。

これらの特徴をまとめて、表 1 で示す。このように、イベントによって異なる影響がでていることが分かる。



図 7: 玄関開閉

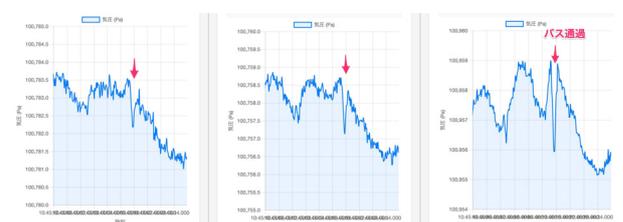


図 10: バス通過

例えば、図 8 をよく見ると、2 つの矢印は建物入り口の開閉を示すが、その前と後に住戸玄関を開閉した独特の波形が見えている。これは、私が住戸玄関を開けてからドアを 2 回同じように開閉し、最後に住戸玄関を開けて帰ってきたからであるが、その様子がこのグラフから推察できる。

今回はイベントを起こし、その波形を記録した。このデータから、波形変化からイベントの種別判定が可能であると考えられる。

## 5. まとめ

以上の結果より、複数の気圧センサを一般家屋に配置し、ドアの開閉の検出や窓の開閉、外部を通る自動車の動きまで、イベント独自の気圧変化を記録することができた。

このことから、気圧センサがその場所の気圧変動だけでなく、周囲のイベントも取得可能なデバイスであることを示唆している。今回は自動的にイベントを分類するところまでいかなかったが、このセンサシステムを応用すると、イベント種別を記録することも可能であると考えられる。

このデータを用いて、住んでいる人の大まかな動きを記録する見守りセンサや、防犯カメラに気圧センサを付けることで撮影開始のトリガーとして使うといった応用が考えられる。

**謝辞** 本研究の一部は JST ACT-X(JPMJAX23KK) の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 新居英明, Fontugne Romain, 宇夫陽次朗, 島慶一. 気圧センサを用いた屋内位置計測への基礎的実験. 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 32D-4. 日本バーチャルリアリティ学会, 9 月 2018.
- [2] Germán Martín Mendoza-Silva, Joaquín Torres-Sospedra, and Joaquín Huerta. A meta-review of indoor positioning systems. *Sensors*, Vol. 19, No. 20, 2019.

表 1: イベント毎の気圧に与える影響

イベント名	屋内 [I1]	屋内 [I2]	屋外 [O1]
ドア開	正スパイク	負スパイク	ナシ
ドア閉	負スパイク	正スパイク	ナシ
外窓開	+ステップ	+ステップ	ナシ
外窓閉	-ステップ	-ステップ	ナシ
玄関開	負スパイク	負スパイク	ナシ
玄関閉	正パルス	正パルス	ナシ
建物入り口	負スパイク	負スパイク	ナシ
自動車通過	負パルス	負パルス	負パルス (大)

- [3] Ajaykumar Manivannan, Wei Chien Benny Chin, Alain Barrat, and Roland Bouffanais. On the challenges and potential of using barometric sensors to track human activity. *Sensors*, Vol. 20, No. 23, 2020.
- [4] Chungheon Yi, Wonik Choi, Youngjun Jeon, and Ling Liu. Pressure-pair-based floor localization system using barometric sensors on smartphones. *Sensors*, Vol. 19, No. 16, 2019.
- [5] Yunyoung Nam and Jung Wook Park. Child activity recognition based on cooperative fusion model of a triaxial accelerometer and a barometric pressure sensor. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 17, No. 2, pp. 420-426, 2013.
- [6] Infineon Technologies AG. *DPS310 Digital XENSIV™ Barometric Pressure Sensor for Portable Devices*. Infineon Technologies AG, Munich, Germany, v1.2 edition, October 2020. Document reference: IFX-sch1406115644540.