

GPS および気圧情報を用いた屋内位置把握システムの開発 -実用性評価と運用課題の検証-

武内 龍義^{*1}

指導教員：白石 利夫^{*2}・ドウラゴ 英理花^{*2}

Email: toshio_shiraishi@shotoku.ed.jp

*1: 聖徳学園高等学校 データサイエンスコース 第2学年

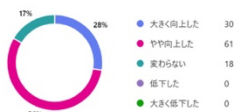
*2: 聖徳学園高等学校

◎Key Words GPS, 気圧センサー, プログラミング, IoT, 相対高度

1. はじめに

学校は複数階からなる広い建物であり、多くの教職員が授業や会議、校務などで校内を移動している。そのため、急な連絡や相談、資料の受け渡しなどが必要になった際に、目的の教員がどこにいるのか分からず校内を探し回る場面は少なくない。このような「人探し」に費やされる時間は一回あたりが短時間であっても、日常的に繰り返されることで教職員の業務効率を低下させる要因となっている。実際に、株式会社ビーキャップ⁽¹⁾ (2026) による位置情報システムに関する調査では、誰がどこにいるか分からない環境では人探しに平均 5 分以上の時間がかかるが、システムを使うことでその時間を 1 分以下に減らせることが分かっている。

Q10. Beacapp Here導入による業務効率への影響をどう感じますか？



Q11. Beacapp Here導入による業務効率への影響をどう感じますか？

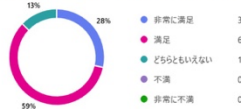


図1 Beacapp Here 利用者の業務効率への影響⁽¹⁾

筆者は第一報⁽²⁾において、小型の開発デバイスに GPS センサーと気圧センサーを組み合わせ、何階にいるかを特定する基本的な仕組みを作った。本システムは、インターネット環境と屋上への基準機の設置だけで、手軽に導入できるという強いメリットを持っている。しかし、第一報の段階では「実際に長い時間、多く的人数で動かす実験がまだできていない」という課題が残されていた。そのため、実際の学校現場で日常的に動くかどうかやデバイスの携帯性など、使用感を確かめる実験が不可欠であった。

本論文では、実際に学校内でデバイスを動かす運用実験を行った。その中で新しく見つかった課題と、それを解決するための改良、そしてシステムの安定性を確かめた結果について報告する。

2. システムの概要と構成

本システムは、校内の教員が携帯する「移動デバイス」と、屋上に設置する「基準機デバイス」、データを処理

して画面に表示する「クラウドシステム」の3つで構成されている。

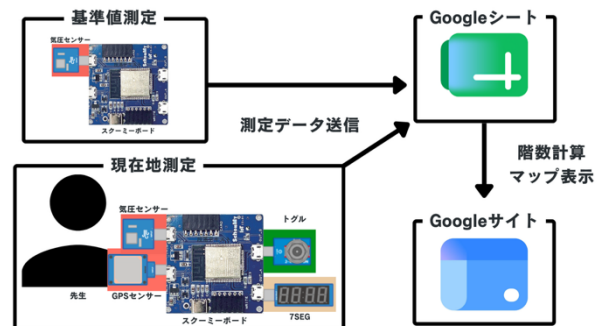


図2 システムの構成図

ハードウェアには、初心者でも扱いやすい小型 IoT デバイスである「スクーミーボード」^{※1}を採用した。移動デバイスには、GPS センサー、気圧センサーを接続している。一方、屋上の基準機デバイスには気圧センサーのみを接続し、常にその日の基準となる気圧データを計測している。

データの流れとして、各デバイスが計測したデータは Wi-Fi を通じて Google スプレッドシートに送られる。スプレッドシート側では、送られてきたデータの処理や保存を行い、最終的に校内のパソコンやスマートフォンからいつでも先生の居場所を確認できる Web サイトの画面へと出力される仕組みを構築した⁽²⁾。

移動中



階数計算：シート1

基準値	現在値	更新時間	計算結果
110	108	2026/06/29 12:03:56	2F

距離のしきい値	判定階数	備考
4.5F	2F	2m未満の差なら5階
3.5F	3F	2m~4m未満の差なら5階
2.5F	4F	2m~4m未満の差なら5階
1.5F	4F	4m以上の差なら1階

図3 実際に製作したサイト

※1 スクーミーボード⁽³⁾：株式会社スクーミーが提供するプログラミング学習・IoT 開発用の小型マイコンボード。センサー等のモジュールを簡単に接続でき、高度な電子工作の専門知識がなくても IoT 機器のプロトタイプを容易に開発できる特徴を持つ。

3. 階数特定におけるセンサーの選定と相対気圧の活用

建物の中での位置を確かめる際、平面的な位置（緯度と経度）の特定には GPS モジュールがよく使われる。一般的な GPS は人工衛星からの電波を受け取るため、高さのデータも手に入れることができる。しかし、システムの開発中に行った実験では、GPS だけで測定した高さデータは環境による誤差が大きく、1 階あたり約 3 から約 4 メートルという建物の細かい高さの違いを見分けるには、正確さが足りないことが分かった。

そこで本研究では、高さ方向の正しい位置を知るための別の方法として、ここ数年で大きく性能が上がっている「気圧センサー」に注目した。新居ら⁽⁴⁾ (2025) は気圧センサーを用いた生活環境活動記録に関する研究において、最新のセンサーの良さについて次のように述べている。

「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（中略）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。」

このように、現在の高感度な気圧センサーは、わずかな環境の変化や数十センチ単位の高さの変化を捉えることができ、建物の何階にいるかを特定するのに十分な力を持っている。

しかし、気圧センサーの値をそのまま「高さ」として使うことには問題がある。なぜならば、気圧は天気の変化やエアコンの動きによって常に変わってしまうため、1 つのセンサーの数値だけでは、それが「階を移動したことによる変化」なのか、「天気のせいによる変化」なのかを区別できないからである。

Yi ら⁽⁵⁾ (2019) はスマートフォンを使った階数特定システムの研究において、基準となる気圧センサーと移動するセンサーのペアを作って差を計算することで、センサーの不安定さや信頼性の低い値を排除できると報告している。

本システムでも、この一対の気圧データによる誤差をなくす方法を取り入れた。具体的には、天気の変化などの基準となる気圧センサーを屋上に設置し、持ち歩くデバイスとの「高さの差」を常に計算する仕組みを作った。これにより、GPS の高さデータの大きな誤差や、天気による気圧の変化といった弱点を克服し、建物の中での正確な階数判定を可能にした。

4. 実証実験の方法

本システムの学校現場における実用性を検証するため、聖徳学園の校舎内において運用実験を行った。実験では、実際に複数台の移動デバイスを同時に稼働させ、教員に日常の業務中に携帯してもらう形で長時間の連

続データを取得した。

実験は 2026 年の 6 月中の梅雨の時期に実施し、期間中には台風が接近するような気圧変化が起こる環境下でデータを取得した。

実験中、各デバイスはあらかじめ設定された一定の間隔で位置情報と気圧情報を送信し続け、Google のクラウドシステムを通じて Web サイト上の画面が正しく更新されるか、また、長時間の運転によってシステムが停止するなどの不具合が起きないかを詳細に観察した。

5. 実証実験の結果および考察

改良したシステムを確かめるため、先生一人を対象とした、校内での運用テストを行った。

5.1 建物の中での GPS 通信中断と再接続

実験の結果、持ち歩く人が校舎の奥深くに長い時間いると、GPS が人工衛星の電波を捕まえられなくなり、位置データの更新が一時的に止まることが何度かあった。筆者の第一報⁽²⁾においては、2026 年 1 月頃に実施し、建物の中においても位置情報が断続的に送信され続けていた。今回の実験では、通常的气候ならば問題なくデータが送信されたが、梅雨の時期であったために、厚い雨雲や、台風による激しい豪雨が重なる日には、データ収集が停止することがあった。GPS の電波は水分に吸収されて弱まる性質があるため、この天候の違いによる電波の減衰が、屋内奥深くでの通信中断を引き起こした原因であると考えられる。

しかし、持ち歩く人が窓際や外に移動したときには、システムがすぐに電波を捕まえ直し、正しい位置の計測へ素早く戻った。これにより、一時的に電波が途切れることはあっても、校内での移動を記録する仕組み全体が壊れてしまうわけではないことが確認できた。

5.2 天気の変化に対する気圧センサーの安定性

GPS が電波を失ってしまうような気候や建物の奥でも、気圧センサーによる階数の測定は、天気が急激に変化しても、通常通りに安定して動き続けた。

実際に、天候が穏やかであった 6 月 24 日（曇り）と、台風が直撃し急激な気圧低下が起きた 6 月 27 日（14 時～15 時）の標高データの比較を行った。

	高度（気圧）データ 平均値
2026/06/24 曇り・降水量0	127.2848101
2026/06/27 東京に台風7・8号が直撃	204.9745223

2026年 天候による気圧データの差

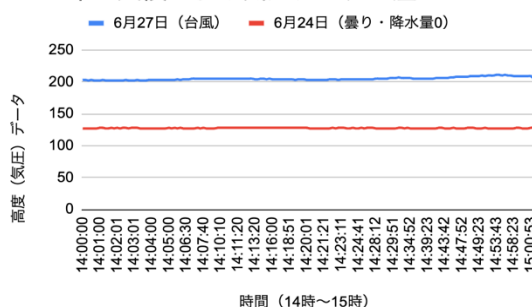


図4 天候による気圧データ実測値の差

図4が示すように、台風接近時には周囲の気圧が大きく変化していた。しかし、システムの階数表示機能は両日ともに問題なく機能していた。これは、基準値を測定する屋上の機器と現在地を測定する機器との「相対気圧」を用いた計算が正しく作動し、天候による気圧変動のノイズを完全に打ち消していたことを示している。

この結果から、GPS による平面の位置が一時的に分からなくなっても、気圧を用いた高さ（階数）の情報の収集と計算は、台風のような悪天候下でも正確に働くことが実証された。

5.3 改善した自動状態判定手順の効果

季節や天候によって GPS の安定性が大きく変わることがわかったため、電波が途切れた際に画面を「停止中」に切り替えるステータス判定機能を追加した。（図3上部より）

以前のシステムでは、GPS が電波を失うと、画面上は最後に確認された場所に止まったままになり、見ている人は「そこにずっといる」のか「システムが壊れて止まっている」のか区別できなかった。これに対し、電波が届かなくなってデータの送信が一定の時間（15分）を超えたとき、画面の状態表示が自動的に「停止中」へと切り替わるようにした。これにより、システムの実用性が大きく上がり、探している人が勘違いしてしまうことを防げるようになった。

5.4 携帯性における課題と機器接続の安定性

実験を通じて、デバイスの持ち歩きやすさ（携帯性）に関して、実運用上の新たな課題が見つかった。今回の実験機は、仕組み上、本体であるスクーミーボードに各種センサーを Micro-B ケーブルで接続しただけの状態であった。そのため、教員がデバイスをポーチ等に入れて校内を持ち歩く際、歩行時の揺れやカバンの中での接触によって、ケーブルが根元から抜けてしまう事象が何回か発生した。

ケーブルを差し直せば、データはすぐに計測し直すことが、抜けているとデータの送信が完全に止まってしまうため、今後は基盤とセンサーを一体化させて固定する専用のケースを用意するなど、利用者の負担にならず、かつ激しい動きでも通信が途切れない形状の工夫が必要であることが分かった。

6. まとめと今後の課題

本研究では、前回の研究で開発した屋内位置把握システムを実際の学校現場に導入し、実験時期によって梅雨や台風といった悪天候環境下での運用実験となった。

実験の結果、悪天候による GPS 電波の減衰という課題に直面したものの、屋内の基準機を用いた気圧補正システムは極めて安定して動作し、正確な階数判定を維持できることが実証された。また、電波途絶時に対応するために新しく追加した自動状態判定手順により、「停止中」のステータスを正しく画面に表示させることができ、実運用におけるシステムの信頼性を向上させることができた。一方で、歩行によって Micro-B ケー

ブルが脱落するという、ハードウェアの固定方法（携帯性）に関する新たな課題も明らかになった。

今後の課題として、まずは今回見つかった物理的な接続不良を解決するため、センサー類を衝撃から守り固定できる専用ケースの設計・製作を行う必要がある。

さらに、悪天候による GPS の通信中断への対策として、今後は「直前に取得した位置情報のデータ」を用いた「大まかな平面位置の推定」のような一時的にデータ送信が中断されても問題がないシステムを検討している。これにより、万が一 GPS が完全にロストした場合でも、実用性を維持できると考えている。

また、既存の商業的な屋内位置情報サービス：Beacapp Here⁽¹⁾と比較した場合、1台あたりの製造・運用のコストパフォーマンスという面では本システムよりも優れている部分がある。しかし、商業サービスは組織全体での一括管理を基本とするため、利用する個人が自分の意思でシステムを制御することは難しい。

これに対して、本システムは「個人」に焦点を当てた運用ができる点に大きな強みがある。小型の独立した物理デバイスを採用しているため、例えば「プライバシーを守りたい時には手元のトグルスイッチで自分の意思で一時的に通信を切る」といった、利用者の権利や心理的抵抗に寄り添った柔軟な設計が可能である。

今後は、学校現場での複数台同時稼働による検証をさらに進めることや、この「導入障壁の低さ」と「個人仕様に特化できる」という強みを活かし、スマートフォンの所持が制限される福祉施設における高齢者の見守りや、ショッピングモールでの子供の迷子防止など、多層階構造を持つ様々な施設や、個人・特定のコミュニティを守るためのローカル・トラッキングシステムへの応用を視野に入れ、本システムの汎用性と実用性をさらに高めていきたい。

参考文献

- (1) 株式会社ビーキャップ：“ビーキャップ、シオノギヘルスケアにおいて屋内位置情報サービス「Beacapp Here」を導入。86%が人探し時間削減効果を実感。”、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000085.000068929.html>, PR TIMES (2026), (2026年6月15日閲覧)
- (2) 武内龍義：“GPS および気圧情報を用いた屋内位置把握システムの開発 - 校内における実証結果から -”, CIEC 春季カンファレンス論文集, Vol.17, pp.134-135 (2026)
- (3) スクーミー：“スクーミースポットを活用した授業活用事例集”, <https://schoomy.com/2025/06/07/情報でスクーミー/>, (2025), (2026年6月29日閲覧).
- (4) 新居英明, 小林康平, 吉田貴寿, 南澤孝太：“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)”, 第30回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 3B1-08 (2025)
- (5) Chungheon Yi, Wonik Choi, Youngjun Jeon, Ling Liu: “Pressure-Pair-Based Floor Localization System Using Barometric Sensors on Smartphones”, Sensors, 19 巻, 16 号, 3622 (2019)