

携帯端末による環境センシングによる自己位置推定手法の検討 Localization Method for Mobile Devices using Environmental Sensing

梅澤 猛[†]
Takeshi Umezawa

大澤 範高[†]
Noritaka Osawa

1. はじめに

現在、屋外で目的地に移動する際には、スマートフォンやタブレットなどの携帯端末を用いて、地図上に表示された現在位置を頼りにすることが一般的である。GPS や Wi-Fi、携帯基地局から得られる情報を組み合わせて端末の位置推定を行うことで、移動しながら地図上の現在地表示を確認して容易に目的地まで到達できる。

一方、屋内環境においては、前述の中で最も高精度な位置情報が得られる GPS を使用することができない。Wi-Fi や携帯基地局、そのほかの無線電波を用いる位置推定は、GPS を使用する場合と比較して精度が低く、広範囲を対象とする屋外環境においては有用な場面もあるが、限られた範囲を移動する屋内環境においては十分ではない。屋内において GPS を補完する IMES[1] (Indoor Messaging System) などの取り組みもあるが、インフラ整備にコストが掛かるため、商業施設などの収益性が見込まれる対象でないと利用するのは難しい。

そこで、本研究では屋内環境において、外部インフラに頼らずに、携帯端末のみで自己位置推定を行う手法について検討する。端末に搭載された各種のセンサを用いて周囲の環境情報を測定し、屋内での移動支援に活用可能な水準での位置推定を目指す。

2. 屋内移動の支援に必要な要件

本研究で対象とする屋内移動は、図 1 に示すような建物内の移動を想定する。図 1 では、階下の部屋 A にいたユーザが、階上の部屋 B へ移動する様子を示している。ユーザは部屋 A から出て、廊下を進み、階段を上って、再び廊下を進み、部屋 B へと至る。このとき、部屋 A から部屋 B までユーザをナビゲーションする場合、1) 現在位置が部屋 A であること、2) 部屋 A を出たこと、3) 廊下でのおおよその位置 (直線部分/角の部分/階段前)、4) 階段にいること、5) 部屋 B に入ったこと、それぞれを識別する情報が必要となる。移動に目的を限定する場合、部屋の中でどの位置にいるのか、廊下幅の中央付近か端かなどのような細粒度での位置は必要なく、室内/廊下/階段などの大まかな位置情報が得られれば十分である。

3. 携帯端末による環境センシング

スマートフォンやタブレットには多くのセンサが標準装備されており、それらを活用して端末周辺の環境情報をセンシングすることができる。周囲の環境情報を元に、自己位置を推定することで、屋内移動の支援に必要な大まかな位置情報を得ることができると考えられる。自律移動ロボットをはじめ、環境センシングにより自己位置推定を行うとする例は多数あるが、mm~cm 単位での細粒度推定を

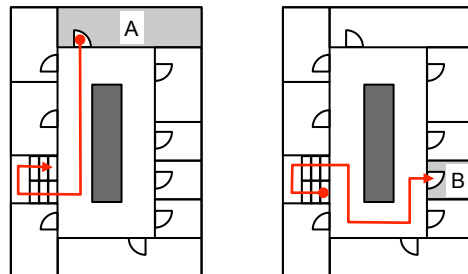


図 1 屋内での移動例

目指すものが多く、粒度を粗くすることによって、高精度な推定手法を比較的手軽に実現できないかを検討したい。現状の携帯端末に標準的に搭載されているセンサについて、それぞれから得られるデータ種別とその特徴について述べる。

3.1 Wi-Fi 電波

Wi-Fi 基地局から発せられる電波強度を利用すれば、位置推定が可能である。屋外環境においても GPS と併用されている測位法ではあるが、数 10m 単位での推定誤差が出る場合もあり、単独では屋内利用には適さないと考えられる。また、建物内に近接して多数の基地局が設置されている場合、測定場所による差異が出にくく推定精度の低下要因となる。

反面、大学キャンパスやオフィスビルのようにコンクリート構造の建物においては、壁面や床/天井の遮蔽効果により、階の違いが測定結果に大きく影響するため、現在地が何階フロアかを推定する手がかりとなることが期待できる。

3.2 Bluetooth 信号

Bluetooth4.0 で追加された低消費電力通信である BLE (Bluetooth Low Energy) により、長期間運用可能な電子タグが登場しており、位置推定のランドマークとして利用することができる。このようなタグ本体は比較的安価であるものの、多数設置するには価格、ID と位置の情報管理の点で導入コストは高くなる。したがって、単独で位置推定のインフラとして使用するのではなく、部屋の特特定など補助的な利用が効果的であると考えられる。

3.3 加速度

携帯端末に内蔵された 3 軸加速度センサをから得られる測定値を元に、ユーザの状態推定を行う試みは多く、さらに時系列処理によって歩行者ユーザのデッドレコニングを実現した例[2]もある。デッドレコニングは本質的に累積誤差の問題があるが、ランドマーク情報との併用による補正や、廊下内での局所的な使用により、屋内での位置推定に効果的に使用できると考えられる。

[†] 千葉大学大学院融合研究科 Chiba University Graduate School of Advanced Integration Science

また、階段の昇降や廊下の歩行、エレベーターの利用など状態推定を行うことで、大まかな位置情報を推定することにも役立つ。

3.4 地磁気

地磁気センサはいわゆる電子コンパスとして動作し、移動時の方角を計測することが可能で、加速度センサと合わせて使用することで進行報告の推定ができる。また、ユーザの向きに合わせて、地図を回転表示することにも役立つ。

また、建物の構造によって歪んだ磁気を計測して位置指紋として位置推定を行う技術[3]も開発されており、利用を検討する価値があると言える。

3.5 画像情報

携帯端末の多くは高解像度のカメラを搭載しており、周辺の画像を取得することが可能である。予め用意した2次元マーカを読み取ることによるランドマーク的な用法も可能であるが、ユーザが意図的にマーカに対して端末をかざす必要があり、簡便さに欠ける。ディスプレイを見ている状態の画角で取得できる画像を用いて、部屋/廊下/階段などの大まかな場所の情報を判別できれば、位置推定の助けになると考えられる。また、端末を把持したままで移動する際の取得画像を連続的に処理することで、場所の判別精度を向上させたり、部屋から廊下/廊下から階段といった場所を移ったことを察知したりすることも期待できる。

3.6 音響情報

マイクロフォンにより周辺の音響情報を収集することで、位置を推定できる。端末外部から発生する音を対象とする場合、エレベーターや自動ドアの動作音のほか、階段や廊下を歩く際の足音からも位置推定に有用な情報が得られると考えられる。これに加え、端末から音を発して、反響・残響を調べることで大まかな場所を推定できると期待される。

4. 自己位置推定

実際の位置推定は、1) 環境センシングによって得られたデータをもとに現在地点を推定し、2) それまでに推定した結果の時間推移を検証して建物・施設の実際の構造情報と合致するかを検証することによって行われる。

4.1 環境情報の組み合わせ

センサから得られた測定値を組み合わせることで、その時点の自己位置を推定することができる。例えば、加速度から推定されるユーザの状態が階段の昇降中である、カメラから得られる画像に階段が写っている、マイクロフォンから得られる靴音の音響情報が階段昇降時のモデルと一致する、などの状況からはそれぞれ現在位置が階段であることが推定できる。単独でも階段を昇降している状況は推定できるが、複数のデータを合わせて判定することでより高精度な推定が可能となる。

同時に取得した複数のデータ間で推定結果が一致しない場合もあり得るが、機械学習手法を適用して十分な学習フェーズを経ておくことで、単独のセンサデータでの推定よりも精度を高めることが期待できる。

4.2 時系列モデル

移動中に自己位置の推定を連続に行い、その結果を時系列で捉えることにより、過去の推定結果の再検証ができる。例えば、3階から階段を降りて2階に到達したと推定した後で、4階でしか観測されないBLE信号を補足した場合やカメラ画像が4階廊下の特徴を捉えた場合は、「階段を降りた」という推定が誤りで「階段を上がった」という推定が正しかったという可能性がある。屋内を物理的に移動する以上、ユーザの位置推移は建物の構造によって制限を受けるので、論理的に起こり得ない遷移はどこかに推定ミスを含むものと考えられる。この時、環境情報から得られる「現在4階にいる」という状態と、時系列から推定される「2階に到達した」という状態のどちらが高い確度かを比較して最新の推定結果とする。さらに移動と推定を重ねることで、「4階」であるか、やはり2階であったかどちらかの確度が高まることになる。

また、過去の推定結果が誤りであった場合には、該当する推定結果を修正することで、そのときの測定結果に対する出力を誤学習することを避ける。時系列モデルによって結果を検証し、矛盾を解消するように修正を行うことで、推定結果の安定化を図る。

5. まとめと今後の課題

本研究では、屋内環境での移動支援のために、現在普及しているスマートフォンやタブレットなどの携帯端末に搭載されたセンサ活用して自己位置を推定する手法について検討を行った。GPSの利用が困難な屋内において、専用の設備を使うことなく移動支援を可能とするために、候補となるセンサおよび環境情報を挙げた。また、複数種類の環境情報を組み合わせ、時系列で推定結果を検証することで安定した位置推定を行うことを目指す。

今後は、各センサによるサンプルデータ収集を行い、得られたデータセットを用いて、単独での位置推定方法の検討や組み合わせによる推定結果への影響の検証を進める。また、移動しながら推定を繰り返した際の時系列推移についても検討を進め、外部インフラに頼らない携帯端末による自己位置推定手法を目指す。

参考文献

- [1] 村田 正秋, 瀬川 爾朗, 鳥本 秀幸, “IMESの技術動向 —シームレス三次元測位・航法の新技术—”, 電子情報通信学会誌, Vol.95, No.2, pp.119-124 (2012).
- [2] 上坂 大輔, 村松 茂樹, “実世界に広がる装着型センサを用いた行動センシングとその応用 : 2. スマートフォンを用いた歩行者デッドレコニング —センサで人の位置が分かる仕組み—”, 情報処理, Vol.54, No.6, pp.570-573 (2013).
- [3] Jessica Leber, “Startup Uses a Smartphone Compass to Track People Indoors”, MIT Technology Review, July 16, <http://www.technologyreview.com/news/428494/startup-uses-a-smartphone-compass-to-track-people-indoors/>, (2012).