

## 2 屋内測位の基幹技術としての歩行者デッドレコニング

応  
専



河口信夫 (名古屋大学 /Lisra) 梶 克彦 (愛知工業大学)

### 今、屋内測位がアツい

GPS を搭載したスマートフォンの普及により、空のよく見える屋外ならいつでもどこでも端末の位置が手軽に取得でき、さまざまな位置情報サービスが便利に受けられる時代が到来している。しかし、都市における人の日常生活を考えると、8割近くは屋内にいるといわれており、買い物や移動を行う場合でも大規模なショッピングセンタや地下鉄といった屋内移動が大きな割合を占めている。このような屋内や地下では、GPS による測位は困難であり、ほかの測位手法が求められている。

屋内での測位が可能になれば、店舗や駅・ホームなどへの案内がより精密に可能になるだけでなく、ユーザの店舗間移動動向調査や、災害時の避難指示や救助支援など、さまざまな応用が可能になる。特にオリンピックなどで多数の外国人観光客などが訪問する場合、日本の複雑な都市を案内するのに有用であろう。また、妊婦や老人、障がい者といった移動弱者に対しても階段が少ない経路を案内するといった利用も期待できる。日本は世界的にも大規模で複雑な駅や地下街、ショッピングモールが多数存在する国であり、屋内測位技術の高度化が実現できれば、多様な屋内位置情報サービス産業の発達と世界への展開が期待できる。

### PDR の重要性

屋内位置情報サービスを実現するため、さまざまな屋内測位技術が提案・登場しはじめている。しかし、現時点では、どの技術も一長一短で決定的な

屋内測位技術が存在するわけではない。たとえば、Wi-Fi の電波の近接性を利用した屋内測位はすでに多くのスマートフォンには搭載されているが、その正確性はまだまだ十分とはいえない。同様に電波を利用した技術として、Bluetooth Low Energy を利用した各種ビーコン (iBeacon など) や、GPS と同じ種類の電波をビーコン的に利用する IMES (Indoor Messaging System) が存在する。さらに、30cm 程度の測位精度が期待できる UWB (Ultra Wide Band) や、音波を利用した測位技術も登場している<sup>1)</sup>。これらの測位技術では、電波や音波のビーコンや UWB のアンテナを環境側に設置する必要があり、設置・維持コストが課題となる。また、建物内の磁気のゆがみを活用した測位技術なども登場している<sup>2)</sup>。

これらの屋内測位技術では、電波や音、磁場といったノイズが容易に混合する信号を利用しているため、位置推定の安定性に欠けるといった課題があり、複数回の測位に基づいて安定性を出すといったノウハウが必要になる。また、微小な動きがノイズと見なされて、推定するのが困難といった課題がある。そこで登場するのが歩行者デッドレコニング (PDR: Pedestrian Dead-Reckoning) 技術である。PDR は、加速度センサやジャイロセンサの値を用いて、人の向きと歩数、歩速などを推定し、相対的に人の移動経路を推定する技術であり、初期位置・絶対方向が分かっているならば、屋内測位技術として利用できる。もちろん光ファイバジャイロなどを用いた高価な IMU (Inertial Measurement Unit) を利用すれば、数 cm の精度も期待できるが、これでは一般的には普及しない。既存のスマートフォンが有するセンサ

のみを用いて、PDRに加え、先に挙げた他の絶対測位が可能な屋内測位技術との組合せで、どこまで高度な屋内測位が実現できるか、に期待が寄せられている。そのためにも、スマートフォンなどの安価なセンサを用いたPDR技術の高度化が求められている。

### PDRの評価方法

従来のPDRの評価方法は、主に位置推定精度についての評価が主流であった。従来の位置推定精度評価手法では、経路末端や推定を行った各時刻において正解座標と推定誤差の距離を求め、平均・標準偏差・平均二乗誤差などを位置推定精度とみなしていた。この評価手法では評価に用いる経路の複雑さ・長さ・偏りなどに評価結果が依存してしまうため、PDRの手法を比較検討する際にはまったく同じ評価データを用いなければ相対比較が困難である。また、精度の評価にはさまざまなバリエーションのデータを用意しなければならない。しかし、現状では研究グループごとにデータを収集するため、十分なバリエーション（長さ・複雑さなど）のデータの用意が困難である。さらにPDRは、ステップ推定・進行方向推定・歩幅推定・階段昇降推定などさまざまな要素技術の複合によって実現されているが、評価結果として得られる位置推定精度は1つであり、どの要素技術がうまくいっているか、ボトルネックはどこかといった検討ができない。

この問題を解決するためには、1：PDR研究に共通利用できるコーパスの構築、2：歩行経路のバリエーションに依存しない位置推定評価指標の確立、3：要素技術ごとの精度評価や比較を可能にする、の3点が求められる。1の問題を解決するために、筆者らはPDR評価コーパスHASC-IPSC<sup>☆1</sup>を構築してきたが、端末種類が限定的であり、まだ十分とはいえない。2と3を解決するために、近年では複数の評価指標が提案されている<sup>3)~5)</sup>。たとえば筆

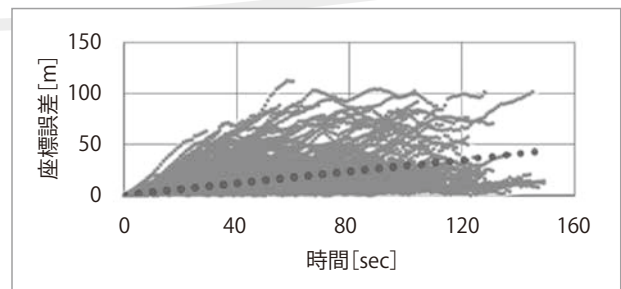


図-1 原点を通る回帰線の傾きを精度指標とみなす位置推定精度評価手法

者らの提案している手法<sup>5)</sup>では、単位時間ごとに位置推定誤差を求め、原点を通る回帰線の傾きを精度指標としている（図-1）。位置推定誤差の累積スピードを評価指標にしているため、データセットが異なってもほぼ同様の値が求められる。ただし、これらの新しい評価指標は、まだ実際のPDRに多く適用されてはならず、比較検証は十分とはいえない。

さらに、数あるPDR手法の中から1つを選定して実環境で利用しようとした場合、位置推定精度だけではなく、レイテンシ・計算量・メモリ使用量・センサのサンプリングレート・省電力性・デバイスの種類や実環境の変動的な動作に対するロバスト性など、さまざまな項目を考慮する必要がある。しかし、それらの評価指標や評価方法、あるいはこれらの項目を統合したような評価指標は存在せず、選定の決め手となる情報が不足しているというのが現状である。

### 世界的なPDR評価基準の構築に向けて

PDRの技術的向上、PDR評価用コーパスの充実、PDR評価手法の確立を目的として、Ubicomp/ISWC 2015においてPDRチャレンジが開催される（図-2）。本チャレンジでは、アルゴリズム部門、評価手法部門、エキシビションという3つのカテゴリが用意されている。

アルゴリズム部門では、Ubicomp/ISWC会場であるグランフロント大阪の建物内において、会議参加者らがさまざまな種類のスマートフォンを携帯し

☆1 <http://hasc.jp/ipsc/>

## 2 屋内測位の基幹技術としての歩行者デッドレコニング

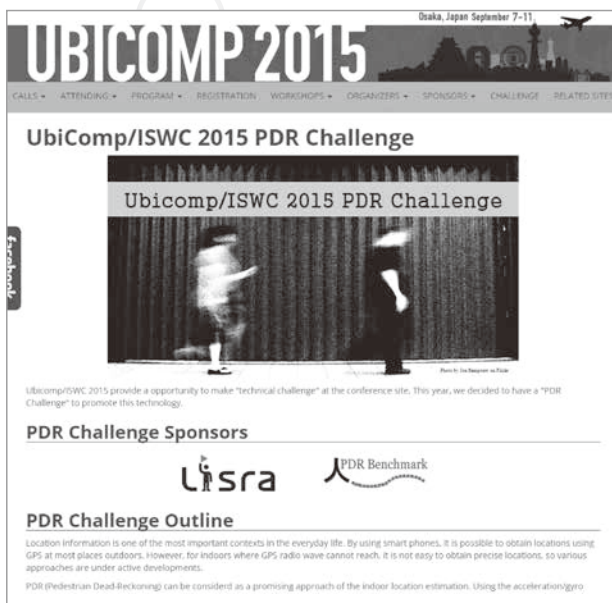


図-2 UbiComp/ISWC 2015 PDR チャレンジの Web ページ<sup>☆2</sup>

て歩行したセンシングデータを用いる。Android 用の PDR スケルトンを用意する予定であり、チャレンジ参加者はスケルトンに合わせたアルゴリズムのソースコードを提出する。運営がスケルトンに適用してアルゴリズムを実行し、精度に基づいて優勝者を決定する。評価手法部門では、評価方法自体を持ち寄り、ワークショップ会場で発表する。評価項目は位置推定精度に限らず、レイテンシや省電力性など複数項目を統合した評価手法や、まったく新しい軸による評価手法を募集しており、チャレンジ実行委員とワークショップ会場の参加者の投票に基づいて優秀な評価方法が決定される。エキシビションでは、PDR に加えて Wi-Fi/iBeacon 等を用いた絶対位置推定やマップマッチングを統合した手法をデモンストレーションできる。

<sup>☆2</sup> <http://ubicomp.org/ubicomp2015/challenge.html>

収集・構築した歩行センシングデータ等は、PDR チャレンジコーパスとして 1 年後を目処に公開する予定である。ただし、参加者やスポンサーはこの期限を待たずにコーパスを利用可能である。

本チャレンジはオープンチャレンジに位置づけられており、運営と参加者が互いに協力して開催される。PDR の発展のため、ぜひ本チャレンジへの参加を検討いただきたい。

### 参考文献

- 1) 河口信夫：測位技術の変遷～天文航法から屋内測位まで測位メディアの観点から～，電気学会誌，Vol.134, No.12, pp.832-835 (2014).
- 2) Ban, R., Kaji, K., Hiroi, K. and Kawaguchi, N. : Indoor Positioning Method Integrating Pedestrian Dead Reckoning with Magnetic Field and WiFi Fingerprints, The Eighth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2015), pp.169-174 (2015).
- 3) 興梠正克，蔵田武志：歩行者自律航法 (PDR) ベンチマークの一手法とその評価，HHCG シンポジウム，2014-A-1-4 (2014).
- 4) 小西啓佑，五十嵐規和，松下祐介，吉澤史男：1 歩毎の測位誤差を考慮した PDR の定量的精度評価手法の検討情報，第 77 回情報処理学会全国大会，4D-03 (2015).
- 5) 安部真晃，梶 克彦，廣井 慧，河口信夫：経路の複雑さによらない PDR 評価指標と経路可視化ツールの提案，マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム，pp.334-339 (2015).

(2015 年 6 月 10 日受付)

河口信夫 (正会員) kawaguti@nagoya-u.jp

名古屋大学未来社会創造機構教授。NPO 位置情報サービス研究機構 Lisra 代表理事。モバイルコミュニケーション、ユビキタスコンピューティング、行動センシングの研究に従事。博士 (工学)。

梶 克彦 (正会員) kaji@aitech.ac.jp

NTT コミュニケーション科学基礎研究所，名古屋大学大学院工学研究科を経て，2015 年愛知工業大学情報科学部准教授。屋内位置推定，コミュニケーションメディアの研究に従事。博士 (情報科学)。