

## 複数の同一経路歩行軌跡を用いた 推定歩行軌跡の高精度化に関する検討

四ツ谷 昂亮\* 伊藤 信行† 内藤 克浩‡ 中條 直也‡ 水野 忠則‡ 梶 克彦‡

\*愛知工業大学経営情報科学研究科 †三菱電機エンジニアリング ‡愛知工業大学情報科学部

### 1 はじめに

建物構造情報は屋内位置情報サービス (Location Based Services : LBS) に必要な情報であり, フロアマップや歩行空間ネットワークなどが存在する. 歩行空間ネットワークとは, 人がどのように移動可能であるかを示すノードリンク構造を指す. 歩行空間ネットワークではフロアマップでは行えない計算機を用いた歩行経路の計算が可能である. そのため運動量の測定ができ, 屋内生活者のヘルスケアへの応用が期待できる.

LBS は様々な建物が対象となっている. しかし, オフィスビルや学校などの建物が対象の場合, オフィスワーカーへのヘルスケアなどの応用がある中, LBS への投資額が少ないという現状がある. 歩行空間ネットワークの生成方法には, 既に存在しているフロアマップや CAD データから生成する場合, データ収集から行う場合などがある. いずれの方法もセンシング機器の用意やセンシング・生成の依頼を行うなどの様々なコストがかかる. そのため, 生成コストの少ない歩行空間ネットワークの生成方法が必要とされている.

本研究の最終目標は, オフィス圏内の行動センシングデータを用いた歩行空間ネットワーク構造の自動生成である. 日常的な行動センシングデータを屋内生活者からセンシングし, 様々なコストを削減した歩行空間ネットワーク構造の生成を目標としている. 歩行空間ネットワーク構造を生成するためには, 個々の歩行軌跡の正確な推定が必要となる. 歩行センシングデータを用いた3次元歩行軌跡推定手法 [1] では, 10秒間の計測で約 1m の誤差が蓄積し, 約 40 秒以内のセンシングであれば部屋単位の推定が可能なレベルの推定精度を達成している. しかし, 昼食時に食堂や付近のコンビニなどに移動する時間を考慮した場合, 建物構造を生成するための歩行軌跡としては精度が不十分である. そのため推定歩行軌跡のさらなる高精度化が必要となる.

本稿では推定歩行軌跡の高精度化に関する検討を行う. 中村, 新納らの研究では, 複数の人が描いた文字や図の平均化を行った結果, 個人が描いたものよりも評価が向上している [2][3]. そのため複数人のデータを用いた平均化は有効な手段だと考える. オフィス生活圏内の行動センシングデータを収集すると, 同じ部署に所属する人達から複数の同一経路歩行軌跡が得られると考えられる. それら複数の同一経路歩行軌跡を用いて推定歩行軌跡の平均化を行い, 推定歩行軌跡の高精度化を目指す.

### 2 複数の同一経路歩行軌跡を用いた推定歩行軌跡修正

我々はこれまでに安定歩行区間という概念を導入し, 推定歩行軌跡中の安定歩行区間を検出した [4]. さらに, 複数の同一経路歩行軌跡中で同一直線経路上に存在する安定歩行区間の対応関係についてまとめた. 同一直線経路上の安定歩行区間の対応関係により, 歩行軌跡全体の中から 1 つの直線経路にフォーカスした比較が行える. 今回我々は, 安定歩行区間の対応関係を利用した推定歩行軌跡修正を行う. 歩行軌跡修正の手順は以下のとおりである.

1. センシング開始地点から順に安定歩行区間の対応関係をみていく. 対応関係がある最初の安定歩行区間の開始座標から平均位置を求める (図 1).
2. センシング開始地点から平均位置, 現在の安定歩行区間までの距離をそれぞれ求める. 求めた距離から伸縮の比を求める. センシング開始地点から安定歩行区間の開始座標までの座標に求めた比を用いて伸縮を行う. 安定歩行区間の開始座標以降の歩行軌跡は平均位置までの距離を求めシフトさせる (図 2).
3. 以降は, 安定歩行区間の開始座標から対応関係のある次の安定歩行区間の開始座標までの座標に対して伸縮を行う.

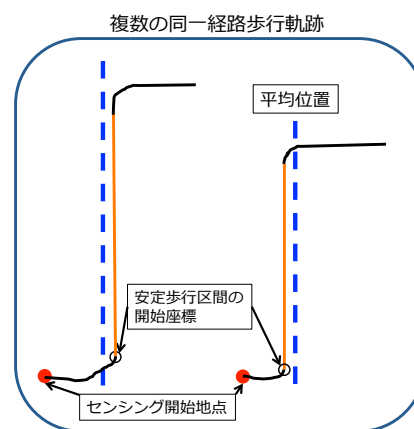


図1 安定歩行区間を用いて平均位置を決める

歩行軌跡修正のアプローチとして, 拡大縮小・特定方向への伸縮を検討した. 拡大縮小の場合, 3次元座標の内水平方向の座標 (x 座標, y 座標) に対して乗算を行う. 伸縮の場合, 安定歩行区間の進行方向を求め, 水平方向の内 1 方向にのみ乗算を

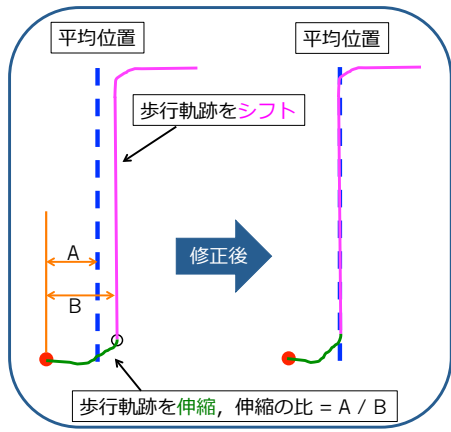


図2 平均位置へ歩行軌跡を伸縮する

行い、対応関係にある安定歩行区間同士が平均位置に揃うようにする。拡大縮小を行った時、折り返し階段の踊り場を挟んだ前半後半部分のように、安定歩行区間同士が平行関係にあり、かつお互いの幅が極端に狭かった場合手順2で求められる比がとても大きなものとなった。その場合、以降の歩行軌跡修正に大きな影響が出てしまうため、今回は歩行軌跡に対して特定方向への伸縮を適用する。

### 3 評価実験

本稿で提案した歩行軌跡修正について評価実験を行った。評価には屋内歩行センシングコーパスである HASC-IPSC に梶ら [1] の手法を用いて推定された3次元歩行軌跡を利用した。各同一経路ごとに、3次元歩行軌跡の推定座標データに本手法を適用した。

評価実験に使用する各経路ごとの推定座標データは、安定歩行区間の割合によって決定できると考えた。合理的な移動できており、かつセンサの動作も安定している場合、移動中の多くが安定歩行区間として検出される。そこで、歩行センシング時間の内、安定歩行区間と検出された時間の割合が最も大きいデータを信頼性の高いデータとみなし、それらのデータを評価実験に使用した。

歩行軌跡推定精度を評価するため、経過時間と位置推定誤差の関係性を調査した。結果を図3, 4に示す。これらの散布図は、各推定歩行軌跡の1秒毎の座標を正解座標と比較して位置のユークリッド距離を誤差としてプロットしたものである。また、誤差の蓄積速度を求めるため、原点を通る回帰直線を引き、その傾きを求めた。推定座標データを用いた場合の誤差の蓄積速度は、0.0826[m/s]であった。また、修正座標データを用いた場合、誤差の蓄積速度は0.0823[m/s]であり、推定座標データを用いた場合よりも約0.04%の精度向上となった。

### 4 おわりに

本稿では、複数の同一経路歩行軌跡を用いた推定歩行軌跡の高精度化に関する検討を行った。安定歩行区間の対応関係を用いて、歩行軌跡全体の中から特定の直線経路に対してアプローチを行い、推定歩行軌跡の高精度化を目指した。

屋内歩行センシングコーパス HASC-IPSC を用いた評価実

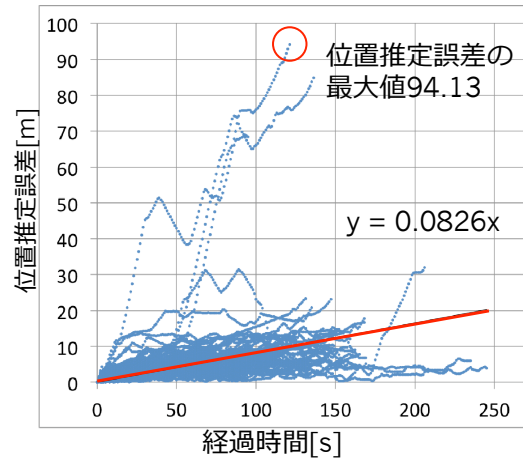


図3 計測時間と位置推定誤差の関係(推定座標データを使用した場合)

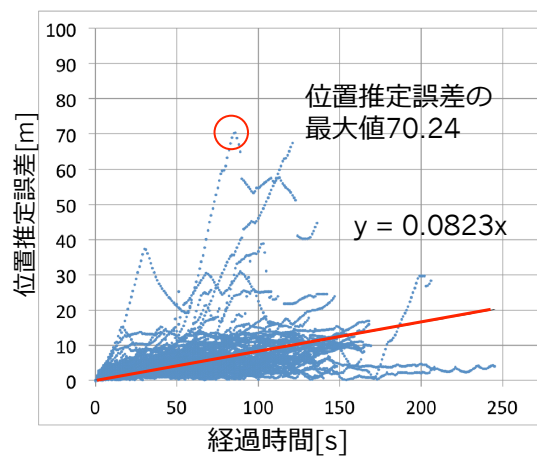


図4 計測時間と位置推定誤差の関係(修正座標データを使用した場合)

験の結果、複数の同一経路歩行軌跡を用いた推定歩行軌跡修正によって、推定歩行軌跡の精度の向上が見られた。

今後は、より推定歩行軌跡の精度が向上するアルゴリズムの検討を行う。

### 参考文献

- [1] 梶 克彦, 河口 信夫: 安定センシング区間検出に基づく3次元歩行軌跡推定手法, 情報処理学会論文誌, Vol.57 No.1, pp.12-24(2016).
- [2] 中村 聡史, 鈴木 正明, 小松 孝徳: 平均文字は美しい, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2014 論文集 2014 pp.32-39(2014).
- [3] 新納 真次郎, 中村 聡史, 鈴木 正明, 小松 孝徳: 平均図形も美しい, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集 2015 pp.469-478(2015).
- [4] 岩瀬 陽香, 四ツ谷 昂亮, 伊藤 信行, 内藤 克浩, 中條 直也, 水野 忠則, 梶 克彦: 同一経路歩行軌跡の統合と建物構造知識に基づく高精度歩行軌跡推定, 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム (MBL), Vol.2016-MBL-81, No.1, pp.1-7(2016).