

# PDR と三次元空間認識を用いた屋内位置推定

根岸 拓郎<sup>†</sup>

藤田 悟<sup>‡</sup>

法政大学 大学院 情報科学研究科<sup>†</sup>

法政大学 情報科学部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年、携帯端末内蔵センサを用いて歩行者の位置を累積的に求める歩行者デッドレコニング (PDR) について、盛んに研究されている。従来の研究では、蓄積された推定誤差を、既知の二次元マップや GPS などの外部情報を用いて補正する手法などが提案されてきた[1]。

本研究では、PDR で蓄積された誤差を、三次元空間認識から得た情報を用いて補正する手法を提案する。具体的には、PDR と同時にスマートフォンのカメラで屋内の風景を逐次撮影していき、その画像群から特徴点の三次元座標を計算し、現在歩行者が向いている方向の壁との距離を測る。壁にぶつからないように軌跡を補正することで、位置推定精度の向上を目指す。

## 2. 関連研究

吉見らは、通路から外れて壁の中を進行するような実際にはあり得ない軌跡が推定され、推定軌跡と壁が交差した場合に、動的に軌跡を補正する手法を提案している[2]。推定された軌跡をあまり崩さず、尤もらしく補正し測位精度を向上させている。しかし、この手法では、既知の二次元マップ情報が必要であり、なおかつ壁と軌跡が交差しなければ補正がかからない問題点がある。

カメラ映像からの三次元再構成技術として、特徴点の動きをトラッキングし、カメラの姿勢・位置、特徴点の三次元座標を求める v-SLAM (Visual Simultaneous Localization And Mapping) が広く知られている[3]。ISMAR2015 で開催された Tracking Competition では、初学者にも分かりやすいシンプルな構成の v-SLAM システムである ATAM (Abecedary Tracking and Mapping) を公開している[4]。v-SLAM でも歩行者が保持しているカメラの位置を推定出来るが、計算コス

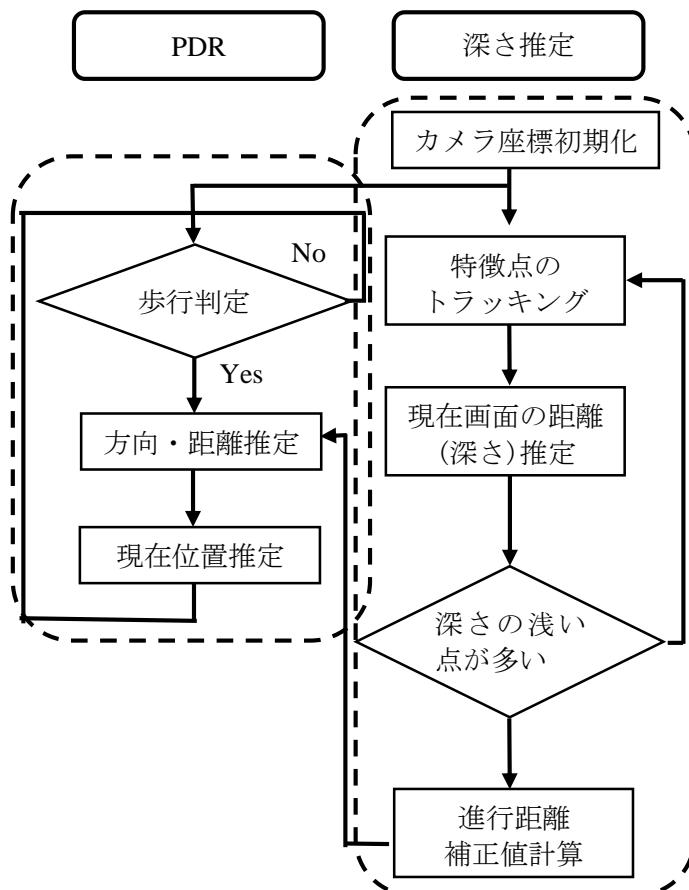


図1 処理フローチャート

トが大きいため、本研究では特徴点の三次元座標を計算する目的で v-SLAM を使用する。

## 3. 提案手法

本研究では、PDR を行うと同時に、特徴点の三次元座標を計算し、(1)三次元マップの作成と(2)壁との接近判定により、現在位置推定精度を向上させる。なお、本稿では(2)を中心に成果を報告する。システムのフローチャートを図1に示す。初めに、三次元空間認識のために二視点画像を得て、カメラ位置の初期化を行う。その後、ユーザーがスマートフォンをかざしながら歩き、通常の PDR を行う。加速度値から歩行したと判定された場合に、方向と距離を推定し現在位置を更新する処理を繰り返す。

同時に、カメラ画像の特徴点をトラッキング

Indoor position estimation with PDR and 3D space recognition  
<sup>†</sup>Takuro Negishi Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University

<sup>‡</sup>Satoru Fujita, Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

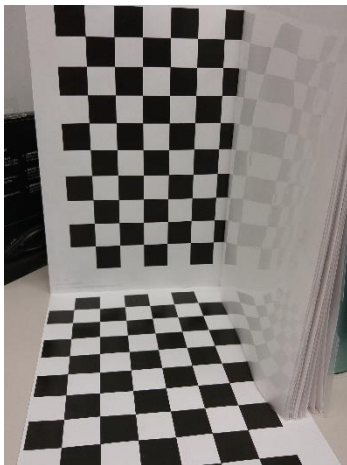
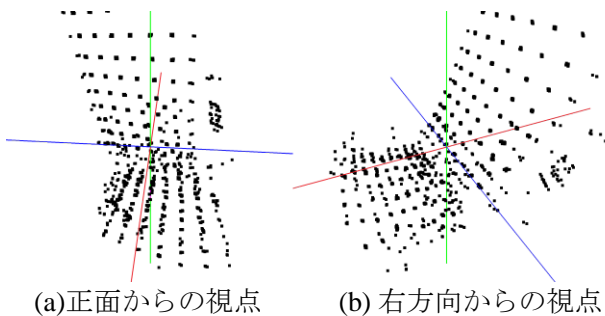


図2 特徴点のある壁と床



(a)正面からの視点 (b)右方向からの視点

図3 特徴点の三次元座標

し、その三次元座標を計算していく。現在の視点での特徴点の深さが浅い点が多く観測された場合、進行距離を短く補正する。特徴点のトラッキング、及び三次元座標の計算のために、本研究ではATAMのシステムをAndroid上で実装し利用した。

#### 4. 特徴点の三次元再構成実験

壁との距離を計算する事前実験として、壁付近の特徴点の三次元座標の計算を行った。図2の特徴点のある壁と床を想定した壁と床を写すようにスマートフォンを動かし、三次元点群を計算した。図3が得られた三次元点群である。図3の青い線がx座標軸、緑色の線がy座標軸、赤い線がz座標軸である。なお、点群は(0, 0, 0)地点を中心とするように平行移動させている。

(a)の正面からの視点の結果より、おおむねの位置を推定出来ていることが分かる。また、(b)の右方向からの視点の結果からも、壁と床の二つの平面が再構成されていることが分かる。(a)、(b)どちらの結果からも点群が歪んでいるように見えるため、実環境での応用の際には更なる精度向上が必要になる。

#### 5. 考察

4の実験結果より、壁付近の特徴点の三次元座標が推定可能であることが確認できた。しかし、その精度には問題があり、改善が必要である。また、特徴点の三次元座標を推定し、歩行者との距離を計算する処理の速さが、人の歩行速度についていけない場合も考えられる。この場合、壁付近に均一に特徴点が配置されているならば、トラッキングする特徴点の個数を限定し、処理を軽くする方法が考えられる。

カメラから遠い距離にある大きい物体と、近い距離にある小さい物体は同じ大きさに見えるため、通常、v-SLAMで推定された三次元座標は、スケールを一意に定めることが困難である。本研究では、歩行者が構えているカメラが胸の辺りの高さ約1.3mの位置にあると仮定し、カメラの初期位置を世界座標系で(0.0m, 1.3m, 0.0m)に設定することで、スケールを一意に定められると考える。

深さの浅い点群が多い場合、PDRで推定する進行距離を制限する。進行距離を強制的に0にするか、動的に補正するかの検討も必要になる。

#### 6. まとめ

今回は、PDRと三次元空間認識を組み合わせ、特に屋内の壁付近での位置推定精度の向上を試みた。実験結果より、スマートフォンのカメラを用いて壁付近の特徴点の三次元座標を計算することが出来た。

今後は、得られた三次元点群の歩行者からの距離を計算し、壁付近だと判定するアルゴリズムを考えていく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 岡崎翔, 岸田敏希, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦, “GPSとPDRを適応的に併用する屋内外シームレス測位”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2015)シンポジウム, 2C-3, pp.326-333, 2015.
- [2] 吉見駿, 金具浩平, 望月祐洋, 村尾和哉, 西尾信彦, “実環境における歩行空間制約を活用したPDR軌跡推定”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2015)シンポジウム, 2C-1, pp.310-318, 2015.
- [3] Jakob Engel, Thomas Schops, Daniel Cremers, “LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM”, European Conference on Computer Vision (ECCV), 2014.
- [4] Hideaki Uchiyama, Takafumi Taketomi, Sei Ikeda and João Paulo Silva do Monte Lima, “Abecetary Tracking and Mapping: a Toolkit for Tracking Competitions”, Proceedings of the 14th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.198-199, 2015.