4V-02

PDRとカメラ画像による進行方向のトラッキングを用いた屋内位置推定

根岸　拓郎†　　藤田　悟‡
法政大学 大学院 情報科学研究科†　　法政大学 情報科学部‡

1. はじめに

スマートフォンの普及により，端末内臓センサを用いて歩行者の位置を累積的に求めるPedestrian Dead Reckoning(PDR)についての研究が盛んに行われている[1]．しかし従来の手法では，歩行中に上半身を回転した時に，歩行者の進行方向も回転してしまう問題が残されていた．

本研究では，スマートフォンを正面に構えながら歩行し，カメラ画像を利用して PDR の進行方向推定精度を向上させる．具体的には，カメラ画像上の特徴点の動きから消失点を推定し，その消失点の軌跡から歩行者の正しい進行方向を決定する．正しい進行方向を利用し，センサ値から計算した進行方向を補正する手法を提案する．

2. 関連研究

坂本らは，頭部装着型端末を利用した PDR において，歩行者の進行方向の回転と，首のみの回転を判別し，位置推定精度を向上させる手法を提案している[2]．首を振ると，進行方向は回転しないが，端末の向きは回転してしまう．そこで，首振り中の加速度の傾向を分析し，首振りを検知した時に進行方向の回転を無くしている．しかし，加速度のみでの判別は困難であり，首振りの検知精度に問題がある．

3. 提案手法

本研究では，歩行者がスマートフォンを正面に構えながら歩行することで，PDR と同時に，カメラ画像の取得も行う．カメラ画像から推定した消失点の推移パターンから，歩行者の状態を判別し，進行方向の誤った回転をキャンセルすることで，位置推定精度を向上させる．提案手法における，進行方向補正のための処理は以下の 4 つに分けられる．

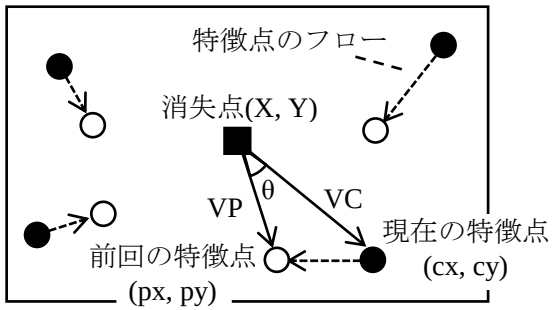

図 1 消失点の推定

- キーフレームの選定と特徴点マッチング
- 消失点の推定
- 特定の消失点推移パターンの検出
- 誤った進行方向回転のキャンセル

3.1. キーフレームの選定と特徴点マッチング

カメラ画像から，消失点の推定に用いるキーフレームを選定する．正しい消失点の推定には，ある程度の特徴点が存在し，前回のキーフレームから動きのある画像を利用する必要がある．したがって，FAST 特徴点が 20 個以上存在し，前回のキーフレーム取得から 250msec 以上経過した画像をキーフレームの条件とした．さらに，別スレッドで，選定されたキーフレームの AKAZE 特徴点を検出し，一つ前のキーフレームと特徴点マッチングを行う．その後，RANSAC アルゴリズムを用いて，信頼性の高いマッチングのみを残す．

3.2. 消失点の推定

消失点は，全ての特徴点フローの交点に位置する．例えば，正面に前進している場合は，フローが放射状に広がり，理想的な消失点は画面中央に位置する．しかし，特徴点のフロー自体が間違っている可能性があるため，最小二乗法を用いて，尤もらしい消失点の位置を求める．図 1 は，消失点の推定のアルゴリズムを示した図

Indoor position estimation with PDR and tracking direction using camera image
†Takuro Negishi Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University
‡Satoru Fujita, Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

である．前回画像の特徴点の x 座標，y 座標を(px_i, py_i)，現在画像の特徴点の x 座標，y 座標を(cx_i, cy_i)，消失点の x 座標，y 座標を(X, Y)とする．消失点から，前回画像の特徴点，現在画像の特徴点へのベクトルをそれぞれ VP，VC とすると，式(1)が成り立つ．

$$\begin{gathered} \mathrm{PX_i} = \mathrm{px_i} - \mathrm{X}, \mathrm{CX_i} = \mathrm{cx_i} - \mathrm{X}, \\ \mathrm{PY}_i = \mathrm{py}_i - \mathrm{Y}, \mathrm{CY}_i = \mathrm{cy}_i - \mathrm{Y} \\ \mathrm{VP}_i = (\mathrm{PX_i}, \mathrm{PY_i}, 0) \quad \mathrm{VC}_i = (\mathrm{CX_i}, \mathrm{CY_i}, 0) \\ 1 \le \mathrm{i} \le \mathrm{n} \text{ (n:特徴点マッチングのペア数)} \end{gathered} \tag{1}$$

ここで，消失点，前回画像の特徴点，現在画像の特徴点の三点から成る三角形の外積から，式(2)が成り立つ．

$$\mathrm{PX_i CY}_i - \mathrm{CX}_i \mathrm{PY}_i = |\mathrm{VP_i}||\mathrm{VC_i}| \sin\theta \tag{2}$$

フローの直線上に消失点が存在するのが理想であるため，$\theta = 0$と仮定すると，式(2)の右辺は 0 になる．式(2)の左辺が 0 になるように最少二乗法で X, Y を求めると，誤差関数は式(3)になる．

$$\sum_{i=1}^{n} \{\mathrm{X}(\mathrm{py_i} - \mathrm{cy_i}) + \mathrm{Y}(\mathrm{cx_i} - \mathrm{px_i}) + \mathrm{px_i cy_i} - \mathrm{cx_i py_i}\}^2 \tag{3}$$

式(3)について，X，Y でそれぞれ偏微分し，連立方程式を解くと，X，Y の値が求められる．

3.3. 特定の消失点推移パターンの検出

歩行者の上半身の回転が伴う動作として，左右どちらかを見ながら，正面に進行する動作が考えられる．図 2 に，途中で左横を向くが，進行方向は変化しない歩行を行っている際の，消失点の x 座標の軌跡を示す．実線は，消失点の x 座標値に，加重平均(重さ=0.3)を適応した軌跡である．また，画像サイズは縦横 480x640pixel であるため，中心は 320pixel となる．ステップ数 10 付近において，左を向く際に消失点が画面左に大きく推移し，ステップ数 20 付近の横向き歩行中には画面右側に推移する．ステップ数 25 付近の正面に向きを戻す際に，画面右側に大きく推移する．この消失点の動きである，左ピーク，画面右，右ピーク，中央の順に推移した場合に，左横向き歩きと判別する．

4. 位置推定実験

図 3 は，直線上を歩行し，途中で左横を向き，再び正面を向いた際の位置推定実験を行った結果である．図 3 の点線の区間で，左を向きながら歩行し，正面に戻る動作を行った．補正後の経路では，進行方向の回転がキャンセルされ，直進していることが分かる．

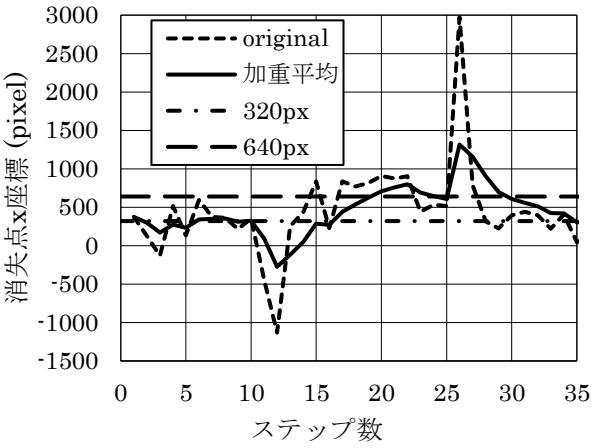

図 2 左横向き歩き中の消失点の推移

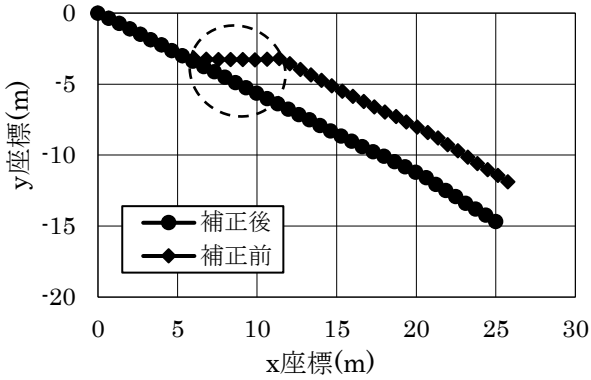

図 3 左横向き歩き中の位置推定の軌跡

5. 考察とまとめ

4 の実験結果より，横向き歩きを行った際に生じた誤った回転を，提案手法によって補正することが確認できた．しかし，特徴のない壁を写した画像や，極端にぶれた画像が続いてしまうと，特徴点やフローが正しく検出できない．その場合には，カメラ画像から新たなキーフレーム候補を選択する，もしくはキーフレームの間隔を短くするなど，対策を考える必要がある．

参考文献

[1] 遠藤 巌, 藤田 悟, “複数のセンサを組み合わせた屋内歩行者位置推定”, マルチメディア，分散，協調とモバイル(DICOMO2013)シンポジウム, 1G-3, pp.188-195, 2013.

[2] 坂本 侑佑, 村尾 和哉, 望月 祐洋, 西尾 信彦, “頭部装着型端末を用いた PDR における頭部回転を考慮した測位手法”, マルチメディア，分散，協調とモバイル(DICOMO2015)シンポジウム, 2C-2, pp.319-325, 2015.

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.