

距離標画像認識と歩行者自律航法による トンネル内保守点検向け拡張現実

加島 隆博¹ 田中 信秋¹ 宮本 健¹ 川浦 健央¹ 塚原 整¹ 野崎 惇登² 廣井 慧³ 河口 信夫³

¹三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

²名古屋大学大学院工学研究科 ³名古屋大学未来社会創造機構

1 はじめに

自動車道のトンネル壁面の崩落事故を防止するため、現場保守員による保守点検作業が日々行われている。保守員は壁面にひび割れ等の変状を発見した場合、定期的に変状の悪化状況を診断する必要があるが、現状、変状箇所の位置を紙ベースで記録しており、変状箇所が直感的に分かりづらいという問題がある。

そのため、筆者らは拡張現実 (Augmented Reality, 以下 AR) による保守点検支援システムを検討している [1]。本システムにより、タブレットやスマートフォン等のモバイル端末のカメラでトンネル壁面を撮影すると、カメラ映像上に変状箇所が重畳表示されるため、変状箇所を直感的に把握できると考える。

[1]では端末の絶対的な位置姿勢を推定する手段として、距離標の画像認識による位置姿勢推定方式について述べた。今回、距離標を撮影できない場面でも位置を推定するため、歩行者自律航法 (Pedestrian Dead Reckoning, 以下 PDR) による位置の補間方式の検討と、試作及び評価を行った。本稿では本システムの概要を述べた後、PDRの検討結果について述べ、最後に評価結果を述べる。

2 トンネル保守点検支援システム

本システムは、トンネル内における端末の位置姿勢をリアルタイムに推定し、端末と変状との位置関係を元に、変状箇所を示す3次元グラフィックスをカメラ映像上に描画することでARを実現する。そのため、端末の位置を正確に推定することが重要である。

本システムの利用者である保守員ははじめに、端末の絶対的な位置姿勢を推定するため、トンネル内に設置されている距離標 (キロポスト) の前に立ち、端末のカメラで距離標を撮影する。シス

テムは距離標を画像認識し、距離標の四隅の3次元座標とカメラ画像上の2次元座標との対応関係を元に、PnP問題を解くことでカメラの位置姿勢を推定する [1] [2]。

そして、保守員が歩行を開始して距離標がカメラの画角から外れても、端末位置を推定しARを表示するため、PDRによる相対的な位置推定で補間する。距離標を再び認識した場合、距離標による推定結果を採用することで、PDRによる累積誤差をリセットする。

なお、距離標や変状の3次元座標は、モバイルマッピングシステム等で取得し、データベースとして作成しておく。図1に本システムの構成案を示す。

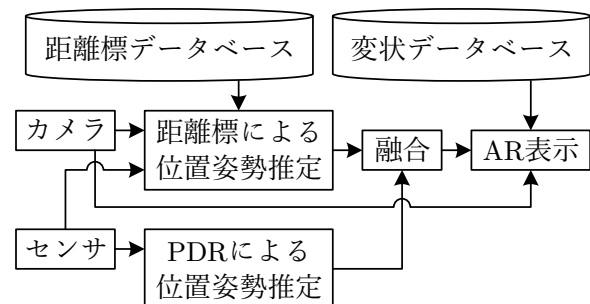


図1 システム構成案

3 PDRによる補間方式の検討

PDRは加速度センサや角速度センサを使用し、歩行者の位置の変位を測位する技術である。Wi-Fi, BLE, UWB等の他の測位技術と異なり、現場に機器を設置する必要が無い。前述のセンサは市販のモバイル端末に内蔵されていることが多く、低コストで利用できるため、距離標間における位置の補間にはPDRが適していると考えられる。

一方、PDRは歩行量に比例して誤差が累積するという短所がある。特に角速度センサのドリフト誤差は、本来の進行方向とは別の方向に進行して

Augmented Reality for Maintenance of Tunnels based on Milepost Recognition and Pedestrian Dead Reckoning

¹ Takahiro Kashima ¹ Nobuaki Tanaka ¹ Ken Miyamoto ¹ Takeo Kawaura ¹ Osamu Tsukahara

² Junto Nozaki ³ Kei Hiroi ³ Nobuo Kawaguchi

¹ Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

² Graduate School of Engineering, Nagoya University

³ Institutes of Innovation for Future Society, Nagoya University

いと測位してしまい、大きな誤差を引き起こす。本システムの場合、誤差はARの重畳位置のずれとなるため、できるだけ正確に測位しなければならない。そのため、本システムでは、道路の地図データを利用して測位する「マップマッチング」による方式を採用した。日常点検では、道路を通行止めにできないため、保守員は路端を歩行する。従って、トンネル壁面から一定の距離を保ち、上りもしくは下り方向に歩行するという事を利用して、マップマッチングを行う。

図2を用いて、マップマッチングの処理を述べる。始めに絶対位置を測位するため、保守員が壁に貼られた距離標 k の正面に移動すると、システムが距離標認識によって p_0 地点の位置を測位する。その際に、 k と p_0 の距離を d として記憶する。そして、PDRによって単位時間あたりの移動量 s_0 の歩行を測位した場合、前回位置 p_0 から s_0 移動し、壁から d 離れた位置 p_1 を算出し、現在位置とする。この処理を繰り返すことで、現在位置を更新していく。

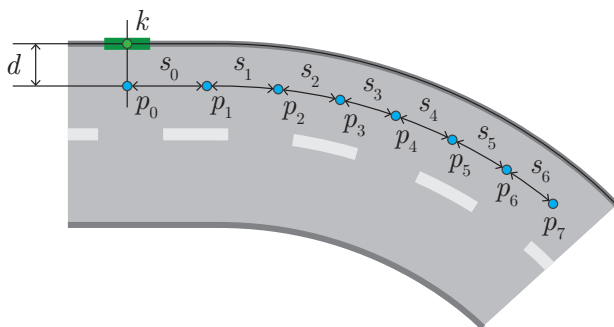


図2 PDRによる測位

なお、歩行の方向は「上り」もしくは「下り」のどちらかであるため、端末の向きを元にどちらかの方向を判定する。端末の向きは角速度センサの値で推定するが、上り下りの判定であるため、多少の誤差は許容できると考える。

4 評価

評価用のシステムを開発し、距離標で絶対位置を推定してから20m歩行した際の測位誤差を評価した。

4.1 評価システム

評価システムは、距離標の画像認識による測位と、PDRによる測位を行い、3章の提案手法によって融合した測位結果を出力する。

距離標の画像認識による位置推定は[1]の方式を使用した。PDRは[3]の有限オートマトンで歩行ステップを検知し、予め被験者ごとに測定した歩幅を元に歩行量を算出するようにした。

4.2 評価方法

測位誤差を算出するには、測位結果と真値を比較する必要がある。今回はチェスボードの画像認識による位置推定の結果を真値として利用した。

評価手順は次の通りである。

- ① 距離標を撮影し絶対位置を推定する。
- ② 90° 転回して進行方向を向く。
- ③ 直線20mを歩行する。
- ④ 90° 転回して壁側を向く。
- ⑤ チェスボードを撮影し真値を推定する。

以上の手順を被験者2名が3回ずつ行い、⑤の時点での評価システムの測位結果と、チェスボードによる測位結果を比較した。

4.3 評価結果

評価の結果、測位誤差の平均は0.390mとなった。各結果を表1に示す。

表1 評価結果 (測位誤差)

被験者	1回目	2回目	3回目	平均
A	0.100	0.138	0.794	0.344
B	0.784	0.192	0.331	0.436

単位 [m]

実際の距離標間が100mであるため、最寄りの距離標から変状を探せば最大50mの歩行となる。今回の評価結果から50m歩行した場合の誤差は約1mであるから、約1mの重畳誤差でARを表示できると考える。

5 まとめ

トンネル内保守点検を支援するARシステムを考案し、評価システムを構築した。評価の結果、測位誤差は20mで0.390mとなった。今後は測位結果を元にARを重畳表示して評価を行う。

参考文献

- [1] 加島, 宮本, 川浦, 塚原, 距離標画像認識によるトンネル内保守点検向け拡張現実, 情報処理学会 全国大会, 2016.
- [2] Xiao-shan Gao, et al., Complete solution classification for the perspective-three-point problem, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003.
- [3] M. Alzantot and M. Youseff, Uptime: Ubiquitous pedestrian tracking using mobile phones, Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2012 IEEE, pp.3204-3209, 2012.