

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

加島 隆博† 宮本 健† 川浦 健央† 塚原 整†

† 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

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、現状は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、拡張現実 (Augmented Reality, 以下 AR) による保守点検支援システムの構築を検討している。本システムにより、タブレットのカメラ越しにトンネル内を見渡すと、カメラ映像の上に変状箇所が重畳して表示されるため、変状箇所を直感的に把握できると考える。

本稿ではまず本システムの検討結果について述べ、トンネル内の距離標による位置姿勢推定の詳細と評価結果を述べる。

2. トンネル保守点検支援システム

トンネル内の変状箇所を AR で表示する方法として、変状を発見した際に撮影した画像を元に、現在撮影している画像中から変状の画像とマッチングする領域を探索するという方法が考えられる。これにより画像中の変状の領域が分かるため、その領域に対して情報を重畳して表示するだけで良い。しかし、壁面のひび割れ程度の変状では十分な画像特徴を有しないことと、変状の見た目は時間とともに変化しうることを考慮すると、変状のマッチングは困難であると考えられる。変状までの距離が離れるほどマッチングは困難になるため、遠方の変状は AR を表示できない。

そのため今回、2 種類の位置推定方式を組み合わせることで、トンネル内で遠方からも変状箇所を重畳表示できるシステムを考案した。システム構成を図 1 に示す。

本システムではまず、距離標を画像認識することで、端末の絶対位置姿勢を推定する。トンネル内では GPS を使用できず、トンネル壁面の画像認識も位置推定に有効な特徴量が乏しい。一方で自動車道であれば 100m 間隔で距離標 (キロポスト) が設置されており、道路起点からのキロ数を

知ることができる。更に、あらかじめ距離標の四隅の世界座標をデータベース化しておき、認識した際の画像座標系による四隅の座標との対応関係を元に、端末の正確な絶対位置姿勢を推定する。

次に、センサによる相対位置姿勢推定を行う。距離標を認識できる際は絶対位置を推定できるが、距離標間は 100m 離れているため、距離標が見えない際の位置の補間が必要である。この課題を解決するため、タブレットに搭載されている 3 軸の加速度、角速度、地磁気センサを使用し、PDR (Pedestrian Dead Reckoning) 技術により相対位置姿勢を推定する [2] [3]。PDR は移動距離や時間に比例して誤差が累積するため、本システムでは距離標を定期的に認識することで、誤差をリセットする。

最後に距離標による位置姿勢推定と、センサによる位置姿勢推定を組み合わせることで最終的な位置姿勢を求め、AR の表示を行う。これらの処理を並行して繰り返し行うことで、リアルタイムに AR を表示する。

次章にて、本システムにおける距離標による位置姿勢推定の詳細を述べる。

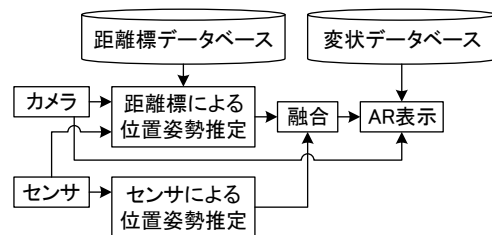


図 1 システム構成

3. 距離標認識による位置姿勢推定

距離標認識による位置姿勢推定は、図 2 に示す流れで行う。それぞれの処理の詳細を述べる。

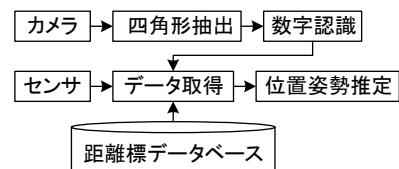


図 2 距離標認識による位置姿勢推定

Augmented Reality for Maintenance of Tunnels based on Milepost Recognition.

† Takahiro Kashima † Ken Miyamoto † Takeo Kawaura † Osamu Tsukahara

† Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

3.1. 四角形抽出

カメラ画像中から距離標の候補となる全ての四角形を抽出する。[4]により画像から線分を抽出し、線分の交点からなる四角形を抽出することで行う。

3.2. 数字認識

四角形抽出によって抽出された全領域に対し、数字(キロ数)の認識を行う。この処理では、距離標内の数字の位置と書体を既知の情報として利用する。射影変換により四角形を実際の距離標と同じ縦横比の長方形に変換し、各桁をテンプレートマッチングにより比較することで数字を認識する。マッチングの結果、数字との類似度が既定値に達しなかった場合、その領域は距離標ではないとして除外する。

3.3. データ取得

数字認識によって得られたキロ数を元に、距離標データベースを検索する。距離標データベースには、各距離標のキロ数と、位置姿勢推定に必要な世界座標系における距離標四隅の3次元座標が格納されている。なお、同じ数字の距離標が上下線にそれぞれ設置されているため、どちらの距離標を撮影しているか判断する必要がある。通常、2つの距離標はお互い異なる方向に向けて設置されているため、地磁気センサにより撮影方位を推定することで、撮影している距離標を判断する。

3.4. 位置姿勢推定

最後に、カメラ画像上の距離標の四隅の座標と、世界座標系における距離標の四隅の座標との位置関係を元に、カメラの位置姿勢を推定する。[4]の方法を用いて、PnP問題を解くことで行った。

4. 評価

今回、距離標による位置姿勢推定を実装し、距離標の認識率を評価した。

4.1. 評価方法

実際の距離標と同じ80×30cmの大きさで作成した評価用の距離標を設置し、距離標までの距離1~10mにかけて1mごとに数十枚画像を撮影し、各地点の認識率を評価した。カメラの解像度は640×480pxであり、評価環境の照度は実際のトンネルと同じ20lxで行った。また、枠線で縁取りされたAと、塗りつぶされたBの2種類の距離標で評価した(図3)。



図3 距離標の種類

4.2. 評価結果

評価結果のグラフを図4に示す。

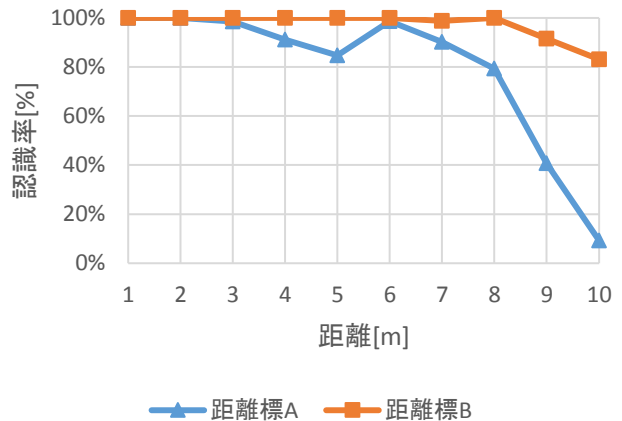


図4 距離標認識率

評価の結果、距離標Bでは10m離れても80%を超える認識率を達成した。一方で距離標Aでは8m以上離れると認識率が大幅に低下することが分かった。距離標Aの場合、距離が離れると枠線が視認しづらくなるため、四角形抽出処理にて線分が十分に検出できなかったことが原因だと考える。距離8m以内であれば距離標A/Bどちらもほぼ100%の認識率であるため、距離標に近づけば確実に認識できることが示せた。

5. まとめ

トンネル内の保守点検を支援するARとして、距離標による絶対位置姿勢推定と、センサによる相対位置姿勢推定を組み合わせたARを検討した。距離標の認識処理を実装及び評価した結果、距離標に約8mまで近づけば、ほぼ確実に認識できることが分かった。今後、センサによる位置姿勢推定も実装し、ARの表示結果を評価する。

参考文献

- [1] W. Kang, Y. Han, SmartPDR: Smartphone-Based Pedestrian Dead Reckoning for Indoor Localization, IEEE Sensors Journal, 2015.
- [2] 坂 涼司, 梶 克彦, 河口 信夫, 歩行者自律測位における行動センシング知識の利用, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2014)シンポジウム, 2014.
- [3] Rafael Grompone von Gioi, Jérémie Jakubowicz, Jean-Michel Morel, Gregory Randall, LSD: a Line Segment Detector, Image Processing On Line, 2012.
- [4] Xiao-shan Gao, et al., Complete solution classification for the perspective-three-point problem, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003.