

駅空間におけるサインに着目した屋内測位技術の検討

清水智弘・吉川眞

Investigation on Indoor Positioning Technology in Railway Station Space

Tomohiro SHIMIZU and Shin YOSHIKAWA

Abstract: Recently, the acquisition of location information even in indoor environment where the satellite radio wave cannot reach has been regarded as important. Also, the spatial structure of railway station has become complicate because the railway station has been required to play daily and various roles for urban residents. The precise acquisition of location information become important and it's effect is large in the indoor environment such of the railway station because the complexity of the spatial structure has been increases. In this study, the authors are going to investigate an indoor positioning estimation technology in the railway station space. Especially, the authors pay their attention to the sign boards of important information indicating "position relations of the space" in the railway station.

Keywords: 駅空間 (railway station space), 鉄道サイン (railway sign boards), 屋内測位 (indoor positioning), 画像処理 (image processing)

1. はじめに

新たな「地理空間情報活用推進基本計画」の中で、衛星測位の受信が困難な屋内と屋外を区別せず測位できるシームレスな測位基盤の整備を重要視している。また、屋内環境での位置情報サービスの展開に向けた取組みを推進すべきとしている（国土地理院，2012）。このように、屋内環境で位置情報を正確に取得することは、今後、不可欠な技術となるはずである。現在，IMES (Indoor Messaging System) 測位や，無線通信技術をはじめ，超音波通信技術，可視光通信技術，赤外線通信技術などさまざまな屋内測位技術の開発が進められてきている。

これらの測位手法は、技術開発が進められてきているだけでなく、一部実用化も進められてきており、今後、屋内ナビゲーションシステムなどのサービスやシステムの創出が進められ、屋内環境においても位置情報の重要性がより一層高まっていくものと思われる。

また、より高度な地理空間情報社会の創出を目指して、屋内の地理空間情報を3次元的に把握するためのデータベース（3次元地理空間情報データベース）の構築等の環境整備が重要視されはじめてきている（G空間×ICT推進会議，2013）。

2. 研究の目的

鉄道駅では、アメニティ性の向上や移動の円滑化などが求められると同時に、高齢化にともなうユニバーサルデザイン化、人口減少社会にふさわ

清水智弘 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1

大阪工業大学大学院 工学研究科都市デザイン工学専攻

Phone: 06-6954-4109

E-mail: shimizu@civil.oit.ac.jp

しいコンパクトかつ機能性に優れた空間の創出などが求められていくようになった。そのような中で近年、とくに大都市圏の鉄道駅において、商業施設や業務施設などの複合的な機能を備えたターミナルビル（駅ビル）の開発が進められ、その空間構造は複雑なものへと変化してきている。

すなわち鉄道駅は、単なる交通結節「点」としてではなく、都市の顔として多様な利用者からより日常的かつ多彩なニーズに応えていくことが求められる複雑な「空間」へと変わってきたといえる。このような複雑さを増しているだけでなく、公共性の高い鉄道駅という屋内環境において位置情報を正確に推定することは、利用者にとって安全でやさしい空間を創出していくために重要であり、その効果は大きいと考える。そこで本研究では、鉄道駅に着目した屋内測位技術手法について検討する。

3. 研究の方法

鉄道の駅空間の中で「空間上の位置関係」を示す重要な情報伝達手段として「サイン」がある。サインは、動線に沿って適所に配置され、移動する利用者への誘導・案内といった情報提供を視覚的に行っている。駅空間内での位置を推定するためには、これらサインを活用することが効果的ではないかと考えた。そこで本研究では、サインを活用した屋内位置推定手法について検討する。とくに、直感的な情報伝達に優れている「ピクトグラム」に着目した。

スマートフォンをはじめとした高機能モバイル端末が急速に普及してきている。さらに、スマートフォンユーザの70%以上が位置情報サービスを利用していることから、地理空間情報を活用したサービスの普及において高機能モバイル端末が重要な役割を担っていくと期待されている。本研究でも、屋内位置を推定する手法として高機能モバイル端末の活用が有効な手法と考えた。とくに簡便かつ汎用的な測位手法を目指し、カメラ

で撮影された写真画像に着目した測位手法について検討する。また、本研究では、併せて屋内空間の3次元地理空間情報を活用した測位手法についても検討していく。具体的には、GISを活用した3次元的地理空間データベースを利用した屋内位置推定手法について検討する。

4. ケーススタディ

ケーススタディとして JR 大阪駅を選定した。JR 大阪駅は、1 日平均乗降者人数が約 80 万人を超える西日本最大級の駅であり、新宿、池袋に次ぐ有数の巨大ターミナルである（西日本旅客鉄道株式会社、2013）。2011 年に大阪ステーションシティとして再開発が行われ、北側に新たな超高層複合ビル（ノースゲートビルディング）を建設、南側の既存複合ビルを増床（サウスゲートビルディング）し、さらには駅舎上に両ビルをつなぐ橋上通路が設置されるなど駅空間の巨大化・立体化が進んだ。また、他私鉄や地下鉄、バスなどの公共交通機関との乗り換えも多数存在しており、「複雑さを増してきている」典型的な鉄道駅といえる。本研究では、屋内位置推定のために必要となる JR 大阪駅のフロアマップと対象サインの 3 次元データベースの構築を行った。サインの平面位置(x,y)や掲出高さ(z)といった 3 次元位置やサイズ(幅×高さ)、向き、ピクトグラムの種類と数量といったサインの内容を現地調査で撮影した写真を元に抽出し、データベースとして構築している(図-1)。

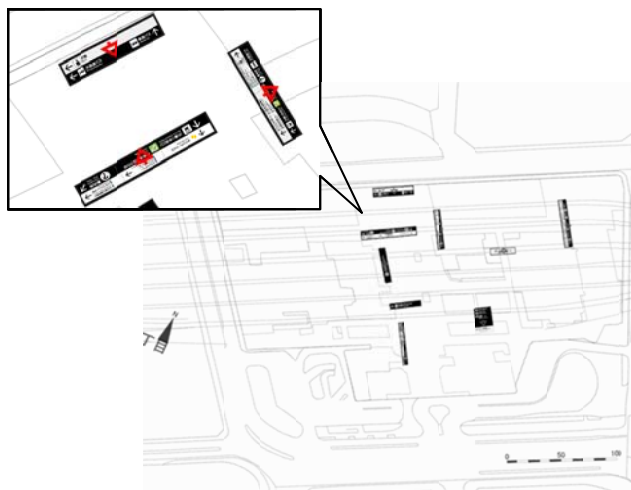


図-1 データベース構築

5. 屋内測位手法の検討

5.1 教師付きオブジェクト検出

撮影された写真から屋内位置を推定するためには、まず、写真画像内からサインを抽出する必要がある。本研究では、OpenCV (Open Source Computer Vision Library) と呼ばれる画像処理・認識ライブラリーを用いたパターンマッチング法を採用した。具体的には、各分類器の学習に Haar-like 特徴 (Haar-like Feature) と呼ばれる黒と白の2種類の矩形領域を組み合わせた局所領域の明度値を表したパターン特徴を用いている。また、サイン (ピクトグラム) が写った画像 (正解画像) と全く関係のない画像 (非正解画像) をそれぞれ用意し、その画像の特徴量から教師信号 (画像が正解画像か非正解画像かを教える信号) を与えて学習させることで検出器をつくる Adaboost と呼ばれる機械学習・判別アルゴリズムを採用している。

抽出結果を図-2に示す。検出したいオブジェクト (ピクトグラム) が正しく検出されていることがわかる。この処理をピクトグラム単位で繰り返すことによって撮影されたサインの内容 (ピクトグラムの種類と数量) が把握可能となり、構築したサインデータベースとマッチングさせることにより、フロアマップ上のどのサインを撮影したのかを特定することができる。



図-2 オブジェクト検出結果

5.2 エリア選定

まず、屋内測位として特定されたサインの「どの辺りにいるのか」といった「空間上の位置」を把握するためには、そのサインに対してエリア範囲を設定する必要がある。本研究では、高機能携帯端末によって撮影された写真を利用することを想定している。そこで、エリア範囲を設定するうえで「歩行中にサインの形状が視認できる、あるいはサイン内に記載されている内容が視認できる時に写真を撮影する」と仮定し、サインの形状ならびに内容 (ピクトグラム) の有効視認範囲をエリア範囲として設定した。

サイン形状の視認範囲については、撮影画像から抽出したサインの掲出高さとしピクトグラムの寸法値を元に算出している。具体的には、サインの掲出高さを計画・設計する際に採用されている指標を用いて対象サインごとの視距離を算出した。つぎに、サインの内容 (ピクトグラム) の視認範囲については、ピクトグラムの大きさと視距離の関係性から式1を導きだし、対象サインごとの視距離を算出した。

$$\text{視距離}(D)=250/3\times\text{基準枠寸法}(ps) \text{ ----- (式 1)}$$

ただし、 $ps\geq 60(\text{mm})$

算出したサイン形状ならびに内容 (ピクトグラム) のそれぞれの視距離を組み合わせ、歩行中にサインが視認できる範囲 (黄色) →サインが視認でき、かつ内容 (ピクトグラム) も視認できる範囲 (緑色) →サインは視認しにくいもののすでにサインの存在は認知している範囲 (水色) に分類した視距離をエリア範囲として設定した (図-3)。

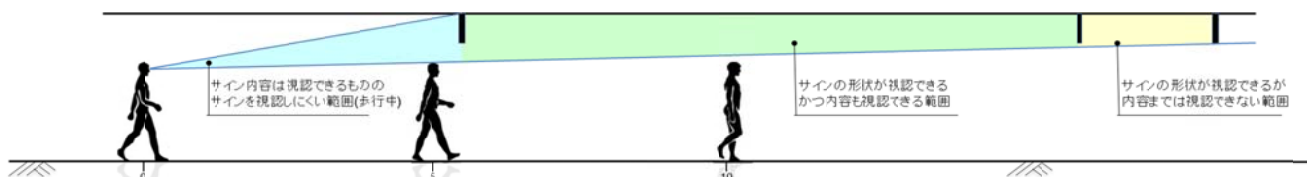


図-3 視距離の算出

つぎに、対象サインごとのエリア範囲を GIS 上に表現した。また、視認角度については、図-4 に示す通りサインの向きを考慮し、サインの中心から 60° 以下の範囲とした(清水ら, 2007)。



図-4 エリア範囲の設定

5.3 ポイント

さいごに、屋内での位置推定としてエリア付近の「どの位置にいるのか」といった詳細な位置の推定が必要となる。そこで、撮影した写真から位置を推定するために写真測量技術を活用した位置推定を行った。視点の異なる2枚の写真を用いて被写体内の同じ位置を対応点として捉えることで、カメラの位置や姿勢といった3次元計測を行うことができる(清水ほか, 2012)。この立体写真測量技術を活用することで位置の推定を行った。本手法を適用させるためには、3点の既知座標が必要であるが、サインデータベースに格納されたサイン躯体4隅の3次元座標を活用することで位置推定を行った(図-5 ; 図-6)。

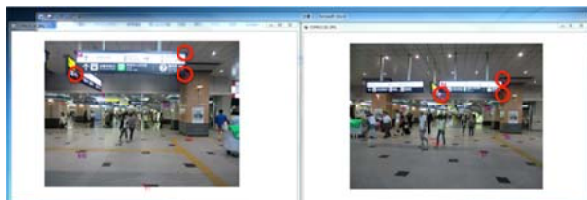


図-5 立体写真測量

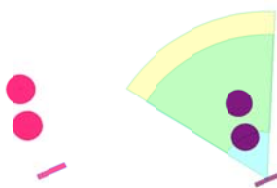


図-6 位置推定結果

6. おわりに

本研究では、屋内位置の推定手法として撮影写真画像に着目して「撮影画像からのサイン抽出」、「エリア範囲の推定」、「ポイント位置の推定」を検討してきた。オブジェクト検出については正しく検出されることが確認できたものの、余分なノイズも検出してしまっている。したがって、精度向上のためには、ノイズを除去する必要がある。これについては、正解あるいは非正解画像を増やすことによって精度が向上することを確認している。また、抽出対象をサイン内のみに適用させることによってかなり高い精度で抽出できるものと考えている。また、写真測量技術を活用した位置推定では、精度を確保するために既知座標3点も含めた10点から12点程度の対応点を必要としている。その対応点の指示が現在は手動で行っているため自動化が必要であると考えている。今後は、各手法の精度向上と自動化を進めていくのと同時に各手法を統合させ、将来的にはICT技術を活用した汎用性の高いシステム化を目指していきたい。

参考文献

- 国土地理院(2012):地理空間情報活用推進基本計画<<http://www.gsi.go.jp/common/000065943.pdf>>
- G空間×ICT推進会議(2013):G空間×ICT推進会議報告書<http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/gkukan-ict_suishin>
- 西日本旅客鉄道株式会社(2013):データで見るJR西日本 2012, 西日本旅客鉄道株式会社
- 清水智弘・吉川眞・田中一成(2007):屋外広告物による視覚的影響の分析, 地理情報システム学会講演論文集, **16**, 371-374.
- 清水智弘・吉川眞・田中一成(2012):屋内環境における位置情報測位技術に関する基礎的検討, 地理情報システム学会講演論文集, **21**, D-4-1 (CD-ROM) .