

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

清水智弘・吉川眞・田中一成

Fundamental Investigation on Positioning Technology in Indoor Environment

Tomohiro SHIMIZU , Shin YOSHIKAWA and Kazunari TANAKA

Abstract: The acquisition of the outdoor location information has become convenient and precise by appearance and development of the satellite positioning technology. Also the location information has become essential as a kind of social infrastructures. And various positional methods have been proposed in indoor environment where satellite radio wave cannot reach. But many issues are still left in both technical and operational aspect. In this study, the authors are going to discuss these issues and to investigate an application of simple and easy positioning technology in indoor environment.

Keywords: 屋内測位 (indoor positioning), 位置情報 (location information), 位置推定 (location estimation)

1. はじめに

屋外での位置情報取得は、衛星測位システムの出現により非常に簡便なものとなった。また、平成 22 年の準天頂衛星初号機（愛称：みちびき）の打ち上げによってサブメートル級やセンチメートル級の高精度な測位が可能となった。さらには、2014 年から 2 年程度の間に 6～7 機の打ち上げによる日本版 GPS の構築が予定されており、今後、利用範囲や利用時間がより一層拡大されることが期待される。位置情報における簡便化、高精度化によって、位置情報を活用したさまざまなサービスが創出されてきている。その結果として、位置情報の重要性は近年ますます高まってきており、社会インフラとして欠くことのできないものになってきている。

このような状況のもとで、次のステップとして、衛星測位の利用が困難な屋内における位置情報の取得が重要視されている。平成 24 年に策定された新たな「地理空間情報活用推進基本計画」の中でも、屋内測位技術を充実させ、屋外・屋内を区別せず測位できるシームレスな測位基盤の整備や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。

2. 研究の目的

屋外では GPS などによる衛星測位がスタンダードとなっているのに対し、屋内ではスタンダードな測位手法が未だ確立されていない。屋内における測位手法としては、無線 LAN (Local Area Network), UWB (Ultrawideband), RFID (Radio-frequency Identification) などの無線通信技術を利用した測

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

位手法やLED(Light Emitting Diode)可視光通信，赤外線通信，レーザなどの光通信技術を利用した測位手法，GPSと互換性のある信号を使って位置情報を送信するIMES(Indoor Messaging System)を利用した測位手法などさまざまな屋内測位手法が提案されており，一部は実用化されてきている．しかしながら，専用端末や大規模なインフラ整備が必要になるなどの課題が残っており，社会インフラと呼べるシステムはまだ実現していない．屋内測位に関して，測位の簡便さや測位精度の向上などの技術面はもちろんのことインフラ整備などの設置面・メンテナンス面においても，手ごろで使いやすい手法が必要であると考えられる．また，すでに多様な測位手法が出現している中で，それら手法と併用できる汎用的な手法も必要となってくると考えられる．そこで本研究では，ユーザが屋内外を気にすることなく位置情報をシームレスに取得できる環境が実現できることを目標として，簡便かつ汎用的な屋内測位の一手法について検討する．

3. 研究の方法

近年，スマートフォンなどの高機能携帯端末の普及によって，地理空間情報の利用環境は向上し，歩行者ナビ，位置ナビ，位置連動型広告，行動履歴を利用したサービスなど多様な位置情報サービスが創出されてきている．このように，スマートフォンの急速な普及など新しい技術・機器と地理空間情報の組み合わせにより，日常生活の中で高度な情報・サービスが容易に提供されるようになってきた．

簡便かつ汎用的な屋内測位を目指すためには，高機能携帯端末などのデバイスを使用した測位方法が有効であると考えられる．そこで，本研究では，スマートフォンなどの高機能携帯端末に搭載されている機能を活用した測位手法の検討を試みる．

屋外測位の代表的なサービスとしてカーナビゲーションシステムを挙げることができるが，仕組みとしてGPSなどの衛星単独測位による基点測位にくわえ加速度センサやジャイロセンサなどの自律航法手法を補間測位として併用させたハイブリッド測位が適用されている(図-1)．屋内測位に関してもハイブリッド測位を適用させることで連続測位が可能となるだけでなく，基点数も節約できるため簡便な測位手法になるのではないかと考えた．

具体的には，基点測位としてデジタル写真測量技術を活用し，高機能携帯端末で撮影された複数枚の写真より位置を特定する手法について検討する．さらには，補間測位として，高機能携帯端末に搭載されている加速度センサ，ジャイロセンサなどを活用した自律航法との併用によるハイブリッドな測位手法についても検討する(図-2)．

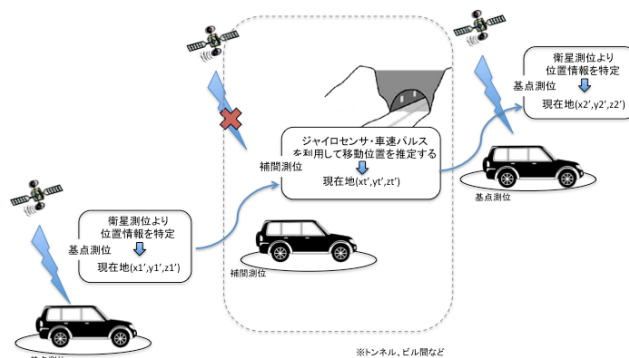


図-1 ハイブリッド測位（屋外）

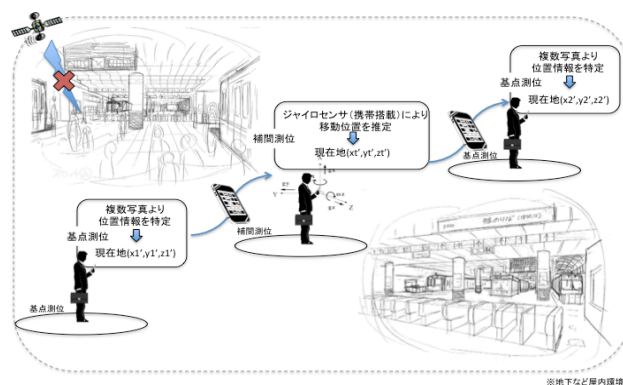


図-2 ハイブリッド測位（屋内）

4. 写真測量技術を活用した位置特定

4.1 立体写真測量

立体写真測量は、人間の両眼視と同じ原理で、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見つけることにより、対象を立体として捉え3次元計測を行う技術のことをいう(図-3)。この技術を用いることによって撮影された写真の座標より、カメラの位置や姿勢を求めることもできる。本研究においても、この技術を活用することにより位置情報を特定できるのではないかと考えた。

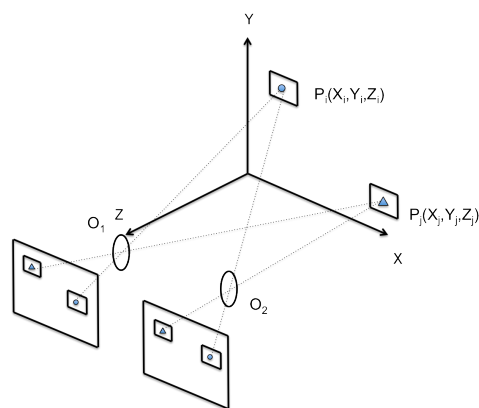


図-3 立体写真測量

4.2 測位結果

まず、異なる視点(カメラ①とカメラ②, カメラ①とカメラ③, カメラ①とカメラ④)から撮影した2枚の写真から同一位置となる点を設定した(図-4)。カメラの位置や姿勢は、エピポラ幾何と呼ばれる画像特有の幾何によって算出することができる。理論上は8点の対応点があれば計算が可能となるが、実際には10点から12点程度の対応点があれば計算が安定する。本研究においても10点の対応点を用いて撮影位置座標の抽出を行い、特定された位置精度について検証を試みた。

検証の結果、撮影視点が大きく異なる場合でも位置精度に対する影響はなく、数メートル(1~3m)の位置精度を得ることができた(図-5)。しかしながら、精度確保のためには以下の点を留意する必要がある。

- ① 複数枚(最低2枚)の写真が必要で全てが同じズーム倍率・画素数で撮影されていること。
- ② 最低10点の対応点の設定が必要(現状は手動)
- ③ 対応点の設定の際には、奥行き、高さをなるべく大きく確保する必要がある。
- ④ 位置特定のために3点の既知座標が必要
→屋内地図の位置精度に依存してしまう。



図-4 適用写真

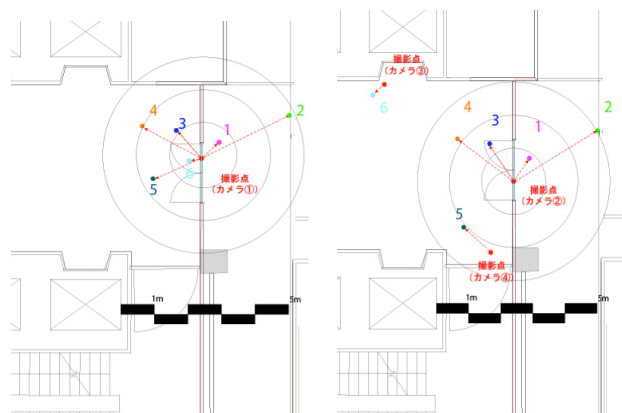


図-5 測位結果

5. 加速度センサ・ジャイロセンサによる移動推定

本研究では、加速度センサによる歩数計測を元に移動距離を求める手法を適用した。具体的には、1歩の歩幅を固定として、歩行者の歩数を推定することで、写真測量技術を用いて特定した位置から移動した位置を累積的に推定する方法を検討する。本研究では、歩幅の設定を一般的な人の平均歩幅といわれている、

$$\text{歩幅 (cm)} \approx \text{身長} - 100 \text{ (cm)} \quad \dots \text{式(1)}$$

を採用した。歩数の推定には、3軸加速度センサから得られる加速度ベクトルの合成加速度を用いることで、歩数を推定することができる。

また、姿勢角については、3軸加速度センサのうち最も重力に近い軸からのジャイロセンサから得られる回転角を用いて推定している。

推定結果、加速度センサおよびジャイロセンサのみで移動位置を推定した場合、累積的に移動した位置を推定するため、取得時間が長くなるほど誤差が大きくなることがわかった（図-6）。

写真測量技術を活用した基点測位は、撮影回数に依存してしまうが、本手法によって撮影回数の節約につながると考えている。また、補間測位として採用した本手法によって発生する累積誤差については、写真測量技術を活用した基点測位によって解消される（図-6）。このように両測位手法を併用したハイブリッド測位によって両者の欠点を補完しあうことができると考えられる。

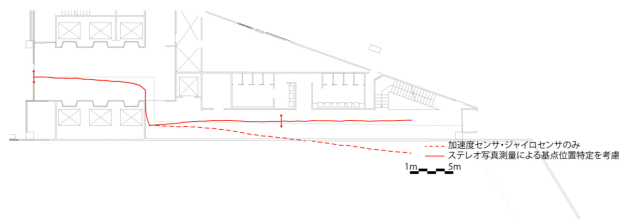


図-6 測位結果

6. おわりに

まず、写真測量技術を活用した位置特定においては、数メートルの精度を得ることができた。これは、現在、検討されている他の屋内測位手法と比べ同等もしくはそれ以上の結果であり、精度面については有用性が認められたと考えられる。今後も引き続き精度向上に向けた補正測位手法について検討を行っていきたい。具体的には、画像処理のパターンマッチング技術を用いた補正手法を検討している。また、現状は対応点の抽出を手動で行っているため、自動抽出の手法についての検討も必要である。次に加速度センサ、ジャイロセンサによる移動推定においても、現在、歩幅を固定値として扱っているが、精度向上のために歩行速度や歩行停止・開始を考慮するなどして動的に歩幅を推定する手法を検討していく必要がある。また、精度向上のためにはマップマッチング等の適用など屋内地図データ/CADデータを活用した補正方法が必要である。このように、補正のために活用できる正確な位置情報を持った屋内地図基盤が必要であり、測位手法の検証と併せて基盤整備のあり方についても検討が必要である。

参考文献

- 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(2012): 準天頂衛星システムユーザインタフェース仕様書, IS-QZSS(1.4版)
<<http://www.gsi.go.jp/common/000065943.pdf>>
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>>
村木広和・田中成典・古田均(2000): デジカメ活用によるデジタル測量入門, 森北出版株式会社
小西勇介・柴崎亮介(2001): 自律方式による歩行者ポジショニングシステムの開発, 地理情報システム学会講演論文集, 10, 389-392.