

屋内外シームレス測位の実現に向けた GPS/IMES 測位統合システムの設計

森本修介[†] 日高正貴[†] 神武直彦[†]

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科[†]

1 はじめに

近年、位置情報を用いたサービスの普及に伴って、屋内での測位手法に関する様々な研究が行われている。また、既存のカーナビゲーションに加え、歩行者の位置情報に対する需要が高まっている。しかし、屋内測位技術は十分に確立されていないのが現状であり、今後歩行者ナビゲーションなどの位置情報サービスを実現するためには、従来よりもさらに高い精度や測位速度が求められる[1]。

このような背景を受け、衛星測位を補完する地上システムである IMES (Indoor Messaging System) が 2007 年に宇宙航空研究開発機構によって提案された。IMES は GPS と同じ周波数帯と変調方式を利用するため、GPS の信号が届かない屋内においても同一の受信機を用いた測位を可能にする技術である[2]。GPS と IMES を組み合わせることで、屋内外シームレス測位の実現が期待できる。しかし、利用者が屋内外を移動する状況では、受信機による屋内外判別や測位精度、初期測位時間に課題があり、それらの課題の改善が必要である[3]。

我々は上記の屋内外シームレス測位における課題を克服するために、GPS による測位と IMES による測位を統合する測位システム GIPS (GPS and IMES Integrated Positioning System) の研究開発を進めている。本稿では、GIPS の機能の中で屋内から屋外に移動する際に IMES から取得した高さ情報を屋外での GPS 測位に用いる手法の効果について報告する。

2 GIPS

2.1 システム構成

GIPS のシステム構成図を図 1 に示す。主な機能は以下の 3 つである。まず、GIPS は、屋内から屋外に移動する状況においては、IMES にて得られた位置情報に関連づいた屋外におけるマスク仰角情報を GIPS サーバから取得し、屋外での測位に利用することができる。また、IMES からの信号によって得た高さ情報を受信機が搭載さ

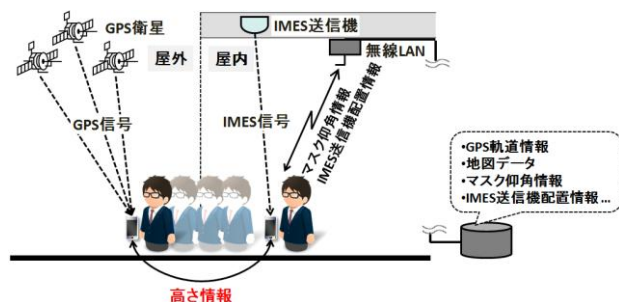


図1 GIPS システム構成図

れた端末内に保持し、屋外での測位に活用することができる。最後に、屋外から屋内へ移動する状況では、屋外でのGPSによって得た位置情報を元にIMES送信機配置情報をサーバから取得し、屋内での測位に用いることが可能である。

2.2 IMES から得た高さ情報を用いた GPS 測位

三辺測量を用いる衛星航法において、受信機までの擬似距離 ρ は式(1)によって表される[4]。

$$\rho = \sqrt{(x_{S_i} - x)^2 + (y_{S_i} - y)^2 + (z_{S_i} - z)^2} + cT_{bias} \quad (1)$$

衛星の位置 $(x_{S_i}, y_{S_i}, z_{S_i})$ と光速 c は既知であることから、受信機の位置 (x, y, z) とクロックバイアス T_{bias} が未知数となる。従って、受信機の位置算出には最低 4 機の衛星からの信号を受信する必要がある。IMES からの高さ情報を用いることで、4 つの未知数のうち受信機の高さ z が既知となり、最低 3 機の衛星からの信号を受信すれば測位可能となる。高さ方向の誤差が減少することから、測位精度が向上すると考えた。

3 評価実験

3.1 実験環境

GIPS における 2.2 項に示した機能の有効性を確認するため、天空率の異なる 3 地点において、最大 216 チャンネルを測位対象として扱うことが可能な JAVAD GNSS 社製 SIGMA 受信機[5]を用いてそれぞれ 1 時間の測位実験を行った。図 2 の通り、天空率はそれぞれ 68.8%、39.8%、14.8% である。取得した観測データについて、通常の GPS 単独測位との比較を測位演算結果の測位地点からの位置誤差の比較によって行った。

Design of GPS and IMES Integrated Positioning System for Indoor and Outdoor Seamless Positioning

[†]Shusuke MORIMOTO, Masaki HIDAKA, Kohtake NAOHIKO

[†]Graduate School of System Design and Management, Keio University



天空率: 68.8% 天空率: 39.8% 天空率: 14.8%

図2 3地点における天空写真

今回の比較では、2.2項に示した機能の効果を明確にするため、マスク仰角は設定せず、低仰角の衛星の重みを下げて測位演算を行う重み付き最小二乗法を用いて後処理を行った。天空率の低い環境では、信号を受信できる衛星数が少なくなるため、測位精度の向上がより大きく見られるのではないかと予測した。

3.2 実験結果と考察

GPS 単独測位と屋内で得た高さ情報を用いた測位の水平方向の位置誤差について、天空率 68.8%地点を図 3、39.8%地点を図 4、14.8%地点を図 5 に示す。図は水平方向の位置誤差を m 単位で示したものであり、中心が正位置である。

天空が比較的開けた図 3 においては、通常の GPS 単独測位でも位置誤差が 10m 以内に収まっている。これに高さ情報を加えて測位演算を行うと位置のばらつきが解消されていることが分かる。天空率が半分以下となる図 4 では、単独測位の場合に最大で約 25m の位置誤差が発生しているのに対し、高さ情報を用いると最大位置誤差を 20m 以下に抑えることができた。最も低い天空率である図 5 では、衛星配置によっては信号を受信できる衛星数が 3 つ以下となるため、位置誤差が大きくなり 1000m 以上に達している。一方、高さ情報を用いた測位演算では計算に必要な衛星数が 1 つ減少するため値の飛びが解消され、最大でも 40m 以内の位置誤差となった。

図 4、図 5 では位置誤差の方向が縦横に伸びているが、これは天空率の低さが原因であり、天空が遮られているため衛星信号を受信できる方向と時間が制限されているからである。

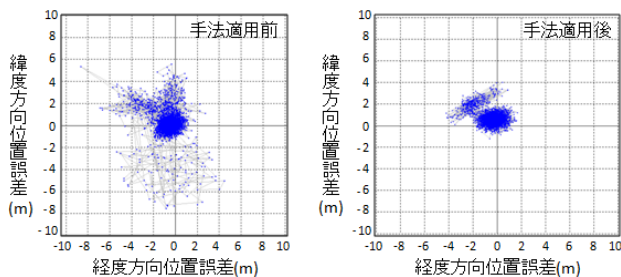


図3 天空率 68.8%地点での位置誤差比較

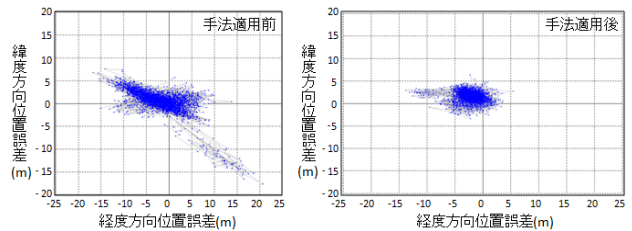


図4 天空率 39.8%地点での位置誤差比較

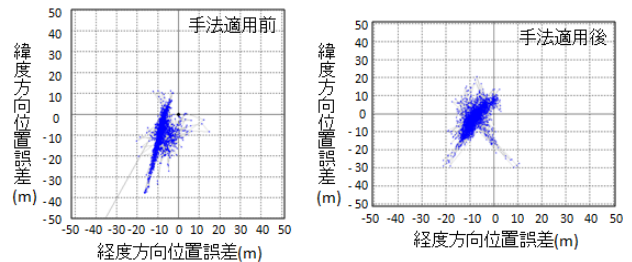


図5 天空率 14.8%地点での位置誤差比較

4 まとめと今後の課題

本稿では、我々が研究開発を進めている GIPS について、その 3 つの機能のうち、IMES から得た高さ情報を GPS 測位に利用する機能について紹介し、その機能の有効性を確認する評価実験の結果を述べた。評価実験によって、この機能は、天空率に関わらず位置誤差のばらつきを解消でき、測位精度が向上することを確認した。

今後の課題として、この機能が衛星の配置によって受ける影響を明らかにするために、24 時間連続して測位実験を行う必要があると考えている。また、GIPS におけるマスク仰角情報を利用する機能や IMES 送信機配置情報を利用する機能など他の手法についても分析を行い、GIPS 全体の有効性についても評価を行いたい。

謝辞

本研究実施にあたり、ご支援を頂きました宇宙航空研究開発機構 小暮聡氏、若林野花氏に深く感謝致します。

参考文献

- [1] Rainer Mautz, "Overview of Indoor Positioning Technologies", IPIN Keynote, Guimarães, 2011.
- [2] S.Kogure, et al, "The Concept of the Indoor Messaging System", The European Navigation Conference, Toulouse, 2008.
- [3] 谷川原誠他, "IMES と Android 端末との接続事例", GPS/GNSS シンポジウム, 2011
- [4] Pratap Misra and Per Enge, 測位航法学会誌, 精説 GPS (改訂第 2 版), 測位航法学会, 2010.
- [5] JAVAD GNSS 社製 SIGMA 受信機, http://www.gnss.co.jp/news/item/n_id=90