

## 準天頂衛星システム利用拡大のための高精度GNSS測位評価と屋内測位システム構築

著者	川口 貴正
学位名	博士(工学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2021
学位授与番号	12614博甲第621号
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00002397/">http://id.nii.ac.jp/1342/00002397/</a>

博士学位論文内容要旨  
Abstract

専攻 Major	応用環境システム専攻	氏名 Name	川口 貴正
論文題目 Title	準天頂衛星システム利用拡大のための高精度 GNSS 測位評価と屋内測位システム構築		

GPS(Global Positioning System)は4機以上の衛星からの無線信号を受信することによって測位を可能とするが、その精度はGPS衛星とGPS受信機との測距誤差と、GPS衛星のコンスタレーション(衛星配置)によって決まる。都市部や山間部では、ビルや山の影響でGPS信号を受信可能な衛星数が減少し測位精度が低下してしまう。日本版GPSとして日本の天頂方向に常に1機の衛星を配置し、ビルや山の影響を受けない高度な衛星測位サービスを提供するため、準天頂衛星システムの整備がなされている。準天頂衛星システムはGPSの補完と補強の2つの機能があり、衛星測位の安定化と高精度に寄与している。その中で、センチメートル級測位補強サービスCLASは、準天頂衛星が日本の領土・領海に向けて無料で配信しているサービスである。

一方、GPSや準天頂衛星の無線信号は地下空間や屋内には届かないため、屋内では別の測位技術が必要である。そこで、JAXAはNTTドコモ、日立製作所、測位衛星技術社、及び新衛星ビジネス社らと共同研究を行い、準天頂衛星システムの地上補完システムとしてIndoor Messaging System(以下、IMES)を開発した。NTTドコモのGPS対応携帯電話のファームウェアを書き換えることにより、屋内においてGPS信号と互換性があるIMES信号を受信することにより位置情報を取得することに成功した。近年では、IMES対応スマートフォンも市販されるようになってきている。

本論文では準天頂衛星システムの測位補強サービスCLASを利用した高精度測位、準天頂衛星システム地上補完装置IMES、屋内屋外の検知への準天頂衛星活用による、準天頂衛星システムの利用拡大を目的とする。また、準天頂衛星システムの地上補完装置に位置づけられるIMESを用いて測位信号が届かない屋内や地下街における屋内測位システム構築の容易化に関する研究をまとめたものである。大きく3つの研究に分けて述べる。

(1) CLAS利用時の課題の1つがCLAS対応GNSS受信機の低コスト化である。CLASは準天頂衛星から無料で補強情報が配信されているためユーザが利用しやすいが、市販のCLAS対応受信機は高価な価格帯となっている。2周波低コスト受信機はCLASにおいて測位性能を出すことが難しいことが知られていたが、信号数と測位性能の関係を定量的に評価した研究はなかった。本論文では、「測位に利用可能な従衛星の信号数」と測位精度及びFloat解が得られてからFix解までの経過時間(TFFTF)の評価を行った。測位精度は従衛星の平均信号数が14程度を下回ると大きな性能劣化が見られた。TFFTFは多くのケースで数秒程度であるが、従衛星の平均信号数の減少に伴って時間が指数関数的に増加し、従衛星の平均信号数12程度までが実用的な範囲であった。さらに、公開済みGNSSデータを用いて比較し、本提案手法により2周波低コスト受信機のFix率が測量用受信機によるCLASLIB ver.0.7.2の後処理解析結果とほぼ同等の性能になることを示した。

(2) JAXAが考案した屋内測位システムIMESの測位方式はレンジフリー方式に分類され、IMESを用いた屋内測位システム構築は容易と思われていた。しかし、IMESメッセージの受信時間の遅さやIMES信号の到達範囲に問題があり、IMES送信機の設置場所の選定や設置間隔の決定が難しかった。本論文ではメッセージタイプにある測位時間及び、ホイップアンテナを用いたダイバーシティ方式のIMES送信機の安定した受信範囲を評価し、天井の高さ2.5m程度に設置した場合、水平距離±8mの範囲ではC/N0が36dB-Hz以上となり、安定して信号を受信できることがわかり、早足歩行でも位置取得が可能であった。

(3) 屋内(IMES 測位)から屋外(GNSS 測位)へのシームレス測位について出入口付近でスムーズに切替わらないという課題があった。本論文では準天頂衛星の測位信号の C/N0 と準天頂衛星軌道の仰角との関係に着目し、屋内と屋外の検出方法について提案した。準天頂衛星の複数の衛星の測位信号のうち最も高い C/N0 は屋内では 30 dB-Hz 以下が 99.9%、屋外では 1.8%となっていた。30 dB-Hz を閾値とすれば屋内と屋外の検知が可能と考えられる。

以上のように、本論文は準天頂衛星システムの補強情報サービスの 1 つであるセンチメートル級測位サービス(CLAS)を用いた 2 周波低コスト受信機への適用と高精度 GNSS 測位の性能評価を行った。

以上