

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	http://id.nii.ac.jp/1342/00002397/

博士学位論文要約 Summary

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		

本研究は準天頂衛星システム利用拡大のため、準天頂衛星システムの測位補強サービスの1つである CLAS を用いた2周波低コスト受信機への適用と高精度測位評価、準天頂衛星システムの地上補完装置 IMES を用いて準天頂衛星からの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成果をまとめたものである。

第1章では、準天頂衛星システムを利用した高精度 GNSS 測位に関する現状と、様々な屋内測位方式について延べた上で、本研究に至る経緯について説明した。

第2章では、準天頂衛星システムのセンチメートル級測位補強サービス利用拡大のための課題の1つが CLAS 対応 GNSS 受信機の低コスト化に取り組んだ。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。本研究では「測位に利用可能な従衛星の信号数」と測位精度及び TFFTF(Time From Float To Fix)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、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。

第3章では、準天頂衛星システムの安全分野への利用拡大のために、GNSS 測位が安全分野で利用されている航空業界の事例、CLAS のインテグリティ機能、技術仕様書 ISO/TS22591、機能安全規格 IEC61508 や ISO26262などを調査した。準天頂衛星の CLAS は高精度補強サービスとして世界初の位置情報の信頼性に関するインテグリティ情報を含む。CLAS ではアラートフラグを使用したフラグ方式と、RTCM SSR 規格で定める品質指標(Quality Indicator)のメッセージ方式のインテグリティ機能を有する。CLAS 測位端末における機能安全は、例えば、CLAS インテグリティの自律的監視 A-RAIM(Advanced Receiver Autonomous Integrity Monitoring)において「予測誤差がしきい値を超えたら通知すること」を安全機能とすることが考えられる。

第4章では、準天頂衛星システムの屋内測位への利用拡大として、JAXA が考案した準天頂衛星システムの地上補完装置として位置づけられる屋内測位システム IMES に対応したスマートフォンの受信機能の調査や、測位性能の見積を行い、IMES の屋内測位システム構築を容易化するために、IMES 送信ダイバーシティ方式を採用したシステムを構築し実証実験で評価した。IMES はレンジフリー測位方式に分類され、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。本研究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して早足歩行でも位置取得が可能であることがわかった。また、IMES 送信機の位置情報のなりすましを防ぐため、NFC 一体型 IMES 送信機により場所情報コードを用いた Activation 方式に対応した。

第5章では、準天頂衛星システムを活用した屋内と屋外のシームレス測位方式や検出手法について

提案した。IMES 測位から 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。本研究では GNSS 信号と IMES 信号を同時に受信した場合の測位アルゴリズムと、受信チャンネル数制御のための屋外と屋内の検知という観点で検討した。屋外において GNSS 信号と IMES 信号を同時に受信した場合、GNSS 測位結果と IMES 測位結果のどちらか一方のみを使用するのではなく、両方の測位結果を利用するハイブリッド測位アルゴリズムを提案した。IMES 信号に受信チャンネルを常時 10 チャンネル割り当ててしまうと屋外での GNSS 信号の受信チャンネル数が減少してしまうため、屋外と屋内を検知して受信チャンネルを動的に割り当てることとした。シームレス測位には屋内と屋外の検知精度が重要であることがわかったため、準天頂衛星の測位信号の C/N_0 と準天頂衛星軌道の仰角との関係に着目した屋内と屋外の検知手法を提案した。IMES と準天頂衛星の L1-C/A 信号が受信可能なスマートフォンを用いた場合、準天頂衛星の複数の衛星の測位信号のうち最も高い C/N_0 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 をしきい値とすれば屋内と屋外の検知が可能と考えられる。

第 6 章では、結論と将来の展望について述べた。

以上