

論文の内容の要旨

論文題目： **Development of a Simulation System to Evaluate the Availability of Satellite-based Navigation Services Using Three-Dimensional GIS**
(和訳、三次元 GIS を用いた衛星測位サービスの利用可能性評価のためのシミュレーションシステムの開発)

氏名 徐 庸 鉄
スー ヨンチョル

情報化社会の進展に伴い、位置情報の重要性が高まってきている。近年、GPS を代表とする人工衛星を利用した測位技術の普及によって、ITS（高度道路交通システム）、LBS（位置情報サービス）、AHS（自動運転道路システム）をはじめ多くの位置情報利用分野が生まれ、拡大し続けている。また測位環境に対するニーズの増大に伴って、ヨーロッパの Galileo や日本の準天頂衛星などの新しい測位衛星の実用化や、擬似衛星などの新技術に関する研究開発が進められている。一方で、都市域においては、ビルの遮蔽による可視衛星数の減少や可視衛星の配置劣化、マルチパス、回折、拡散、遅延の影響などによって、精度の劣化や利用可能範囲の縮小が避けられない状況にある。しかしながら、どの地域で測位精度がどの程度精度が劣化するのか、そもそもどこのどの時間帯では、衛星測位が利用できないのか、といった測位環境に関する情報は皆無である。つまり、測位環境を評価するシステムが存在しないと言ってよい。また、各国が現在計画中の全ての測位衛星が打ち上げられ、測位衛星の数が今よりも増えれば、具体的にどのエリアでどの程度精度が向上するのかが未だ十分に議論できない状況である。これらの状況を踏まえると、現況の測位環境とその将来の展望を、把握・評価するための測位環境評価システムの開発が必要であると考えられる。

こうした背景から本研究では、特に都市部において、受信電波の伝搬シミュレーションと測位精度の推定を行うことで、現状の衛星測位環境や、将来の衛星測位サービスの利用可能性を評価できるシミュレーションシステムを開発した。本シミュレーションシステムは、1) 衛星軌道モデル、2) 三次元 GIS モデル、3) 信号伝搬モデル、4) 位置精度推定モデル、5) 視覚化・集計・評価システムから構成されている。すなわち、測位衛星からの信号が受信機によってどのように受信されるかは、信号伝搬モデルと三次元 GIS モデルによる測位衛星から受信機までの回折、反射、拡散を含む信号伝搬経路の推定と隠蔽判定によって推定される。本システムは Java 言語によるプログラムによって構成されている。

本研究では開発したシミュレーションシステムについて、異なる二種類の実証実験を行っ

ている。これらはシミュレーション結果を実際に受信機を用いて観測した結果と比較するものであり、一つは固定点におけるGPS測位、もう一つは移動体に搭載したGPS受信機による測位との比較である。いずれの実験も高層ビルの多い場所で行った。複雑な環境であったにも関わらず、どちらの場合もシステムによる予測値は実測結果と高い整合性を示すことが確認された。

開発したシミュレーションシステムを用いて、準天頂衛星が既存の衛星システムを補完した場合の有効性を評価した。準天頂衛星は日本が打ち上げる見込みの人工衛星であり、通信衛星として、また測位衛星としての機能を有することが予定されている。そこで、通信衛星として通常用いられている静止衛星と準天頂衛星の利用可能範囲の比較、及び、測位衛星としてGPSのみを用いた場合とGPSと準天頂衛星を同時に用いた場合とで可視衛星数、衛星の幾何学的配置の有効性、測位精度の比較を行った。シミュレーションの結果から、既存の通信衛星（静止衛星）ではサービス利用が制限されるエリアの多い都市環境において、準天頂衛星は静止衛星に比して大幅に利用可能なエリアが拡大していることが確認された。また衛星測位においては、既存の測位衛星（GPS）に加えて準天頂衛星を適用することで、通常は測位が困難であり精度も著しく低下する都市環境において、衛星可視性、利用可能エリア面積、測位精度などが改善されることを示した。いずれの結果も、非常に視認しやすく、理解しやすい形式で表示することに成功している。

また、開発したシステムを用いて、擬似衛星（Pseudolite:スードライト）を都市環境に適用して既存の衛星測位システムを補完した際の有効性を評価した。擬似衛星とは地上に設置される測位信号送信機であり、衛星からの電波を受信することが困難な場所に設置することで衛星測位システムの利用可能エリアを拡大し、さらに精度を高めることができるとの期待から、様々な研究が試みられている。本研究ではまず擬似衛星に関する基礎検証実験を行い、次いで複雑な都市環境における擬似衛星システム導入効果のシミュレーションを行った。その結果、擬似衛星の設置数を増やすと、それにつれて衛星可視性、衛星測位利用可能エリア面積、測位精度が改善されてゆくのがよくわかった。この結果は基礎検証実験で得た結果と一致した傾向を示している。

さらに、本研究で開発したシステムは受信機位置における天空図を自動描画する機能を有している。天空図は構造物および衛星の配置を天球上に投影した様子を示しており、地図中の任意の場所について、任意の時刻における衛星電波受信環境を簡易に表示させることができる。本機能は構造物と衛星との位置関係が極めて容易に理解できる表示形式であるため、実環境における衛星電波受信環境の理解に資するものであるとともに、衛星測位における構造物の信号遮蔽問題を解決するために必須な情報を提供するものである。

本論文の主な成果は次の通りである。 (1) 衛星測位サービスユーザーへの情報提供；

衛星測位に有利なエリア・時間帯、衛星測位の困難なエリア・時間帯、予想測位精度及び衛星電波遮蔽環境改善の戦略構築のための天空図などの情報を提供することで、測位サービスの有効な利用を図る。(2) 衛星測位インフラ整備事業者への情報提供； 新測位衛星導入の効果や、地上設置型測位システムによる補完の効果などを評価するシステムを構築することで、情報インフラ整備の主体となる事業者からユーザの視点から見たサービス水準に関する情報を提供する。(3) 衛星測位技術受信機メーカーへの情報提供； 実環境で受信される電波の状況などをシミュレートするシステムをつくることで、受信機の測位性能をシミュレーションによりテストする環境を提供する。(4) 測位へのフィードバック； 受信電波の状況から測位誤差を推定することで、実際の測位の際にその誤差分を差し引き、測位精度を向上させるという地図支援型測位方法を提案する。