

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 SUH Yongcheol

衛星を利用した測位は GPS（全球測位システム）に代表されるようにカーナビを始めとして多くのシステムで利用され、社会基盤の一つともなっている。しかしながら GPS はアメリカ軍により管理されるシステムであることから、その信頼性・安定性に関して不安をもつ国が少なくなく、EU は独自の測位衛星システムを打ち上げることを決定している。わが国でも準天頂衛星が同様の測位衛星として計画が進められている。こうした新しい衛星群により、非常時の信頼性や安定性が改善されるだけでなく、GPS で従来問題とされてきたビル影で測位できないという問題などが改善される可能性がある。しかしながら、ビルの林立する都市域では衛星からの信号の伝搬形態は遮蔽、回折、反射により複雑に変化するため、測位の可能性や精度がこうした新しい測位衛星システムによりどの程度改善されるのかは、定量的には全く明らかでなかった。またそもそも現状でも 1 点 1 点で計測する以外に、任意の地点、任意の時刻における測位精度を明らかにする手段は存在しなかった。さらに、ビル影ばかりでなく屋内空間でも測位を可能にするためのシステムとして GPS と同等の信号を発信する「疑似衛星システム」なども測位システムとして検討されているが、疑似衛星システムによる測位改善効果が、個数や配置によりどのように変化するかなども明らかでない。こうした問題を解決するためには、測位信号が都市空間においてどのように伝搬するかをシミュレートし、さらにその伝搬形態が測位誤差にどのように影響するのかを定量的に推定する必要がある。従来から電波信号が建物などによりどのように反射・遅延し、遮蔽されるかを推定するシステムは、携帯電話の基地局配置などに利用されてきている。しかし、広い都市域を対象として詳細なシミュレーションを行ったものはなく、また測位精度への影響を推定したものもない。一方、GPS 衛星からの信号伝搬のシミュレーションも存在するが、これも測位精度への影響を推定したものは存在しない。そこで、本論文は都市空間を対象として測位システムからの信号の伝搬状況をシミュレートし、かつ伝搬状況に応じて測位精度がどのように変化するかを定量的に推定することのできるシステムを開発することを目的とした。

本論文は 8 章からなっている。第 1 章は序章であり、研究の背景と目的を述べている。第 2 章は測位信号の伝搬理論、シミュレーション手法に関して既存の研究を概観している。第 3 章は提案システムを詳細に述べている。すなわち、3 次元都市空間の表現モデル、測位信号の伝搬モデル、測位精度の推定モデル、シミュレーション結果の視覚化システムが主な構成要素となっている。信号の伝搬モデルはさらに直達信号モデル、反射信号モデル、回折モデル、散乱モデルからなっている。測位精度の推定モデルは、反射などによる信号遅延が信号のトラッキングに必要な相関値のピーク探索にどのように影響を与え、疑似距離の計算誤差が生じ、結果として測位精度が悪化する過程をモデル化している。更に第 3 章では、現状の GPS による測位サービスについて、受信可能域やマルチパスの影響域をシミュレーションにより算定している。

第 4 章はシステムの検証であり、上記システムにより推定された信号伝搬状況や測位精度の推定結果を、実際の測位信号の受信結果、測位結果と突き合わせることで検証している。検証の結果、信号伝搬状況、測位精度は十分な精度で再現されていることがわかった。

第 5 章はシステムを準天頂衛星による測位精度の向上効果の推定に適用した例である。その結果、準天頂衛星を利用することで、都市部における測位可能性は大幅に改善することが初めて定量的に示された。第 6 章は同様に疑似衛星による測位可能性の改善効果の推定に適用した例である。疑似衛星の配置により測位可能性は大幅に改善するものの、反射波も増加し、それにより精度が低下する地域もあることが示された。しかしながら、ナロー

コリレータなどのようなマルチパスの影響を低減できる受信機を利用する場合には、精度の低下は最小限となり、疑似衛星の整備効果は大きくなることが示された。第7章は、3次元建物データを利用して天空図を描くのと同時に、測位信号の到達状況のシミュレーションデータを併用することで、測位環境の視覚化を行っている。また、利用者が移動する場合の測位環境の変化も同時に分かり易く表示することに成功している。第8章は結論と今後の課題を整理している。

以上をまとめると、本論文はこれまで実現していなかった測位環境の定量的なシミュレーションに成功し、それを用いてさまざまな測位システムの測位改善効果を明らかにした。さらに受信機の改善（ナローコリレータの利用）などによる測位精度の改善効果や、あるいはシミュレーションにより特定の地点においてマルチパスによる遅延信号を含んだ衛星を事前に知ることができれば、それを除去することで測位精度を向上できる可能性を示すなど、新しい測位補正方法の可能性も開拓している。このように本論文は測位システムの利用者ばかりでなく測位システムの整備者、受信機の開発者などにもきわめて有益な情報を与えることに世界で初めて成功している。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。