

都市部におけるGNSS単独測位性能改善に関する研究

著者	富永 貴樹
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	2018
学位授与番号	12614博甲第522号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001761/

博士学位論文内容要旨
Abstract

専攻 Major	応用環境システム学	氏名 Name	富永 貴樹
論文題目 Title	都市部における GNSS 単独測位性能改善に関する研究		

本研究では、GNSS 単独測位による位置、速度、及び時刻の信頼性を高めることを目的として、GNSS 信号の反射や回折の影響が大きい都市部においても高精度で高確度な測位、及び信頼性の高いインテグリティ情報を実現する手法を提案した。

近年、自動車分野では自動走行や先進運転支援システムにおける車両位置推定の精度、コスト、及びロバスト性への要求が高まっている。特に自動運転システムの実現には数十 cm の精度が求められるため、GNSS と各種センサーの統合や、GNSS の搬送波位相を用いた精密測位による研究がなされている。一方、GNSS を用いた測位では多くの場合に単独測位を起点にする。例えばセンサーを利用する際には、単独測位による速度情報からキャリブレーションを行う必要がある。また、搬送波位相を用いる場合は単独測位結果を初期値として精密測位を行ったり、あるいは搬送波位相測位が途切れる場合に単独測位が補間したりすることもある。このように、単独測位の性能改善は位置推定のロバスト性を高めるために無視できない項目である。しかしながら高層ビルが立ち並ぶ都市部においては、信号の反射や回折によって生じる NLOS(Non-line-of-sight)信号を追ってしまうことにより、大きな測位誤差が生じると同時にインテグリティ情報によるミスリードも頻発する。

そこで本研究では、アダプティブ拡張カルマンフィルタを適用することでこれら問題解決を図った。より具体的には、拡張カルマンフィルタにおける観測ノイズ共分散行列のアダプティブ推定を行った。ただし、一般的なアダプティブ拡張カルマンフィルタとは異なり、フィルタが収束後にアダプティブ推定を適用すること、従来の拡張カルマンフィルタによる観測ノイズの分散推定値をアダプティブ推定した分散の下限値とすること、を特徴とするフィルタを設計した。このフィルタは低コスト GNSS 受信機の実時間の動作にも支障の無い処理負荷である。

評価のため、西新宿の都庁付近にて走行実験を実施した。ここは世界中で最も NLOS の影響が大きいと言われる都市の一つである。同一の走行コースを設定し、全 6 周回分から低コスト GNSS 受信機の出カデータを収録し、PC 上のオフライン解析にてアダプティブ拡張カルマンフィルタを適用した。比較のため、信号レベルから観測ノイズを推定する従来の拡張カルマンフィルタによる結果も確認した。比較から、アダプティブ拡張カルマンフィルタによる位置及び速度の劇的な性能改善を確認した。従来の拡張カルマンフィルタでは位置誤差が大きく、航跡の飛びが見られるのに対して、アダプティブ拡張カルマンフィルタにてその誤差が抑制され、航跡の飛びも見られなくなった。また、高さ方向の位置誤差と 3 次元の速度誤差についても同様の改善が見られた。さらに定量解析から誤差の統計値を算出し、その効果を確認した。例えば全 6 周回分の水平位置誤差を比べると、従来の拡張カルマンフィルタでは誤差の平均が 13.35m、標準偏差が 46.7m であったのに対して、アダプティブ拡張カルマンフィルタではそれぞれ、2.50m、15.9m となった。

さらなる解析により、これら改善の理由は、実際の観測誤差と推定した誤差分散に高い相関があることと結論付けた。観測値の衛星間一重差と、衛星軌道及びアンテナ座標の真値から得られる同様の一重差との差分を算出し、主に NLOS による観測誤差を取り出す手法を考案したところ、100m を優に超える擬似距離の観測誤差を確認した。また、5m/s を超えるドップラーシフトの観測誤差も見られた。信号レベルから観測ノイズを推定する従来技術ではこういった誤差を推定することは難しいが、アダプティブ推定では可能となり、結果として GNSS 単独測位における位置及び速度性能が改善する

との知見を得た。

また、このアダプティブ推定はインテグリティ情報にも大きく貢献した。上述の走行実験において、プロテクションレベルと呼ばれるインテグリティ情報の評価を行った。プロテクションレベルの算出方法は各種提案されているが、本研究では中でも最も一般的と考えられるカルマンフィルタの状態ベクトルの共分散行列の要素を用いる方法を採用した。結果、観測ノイズのアダプティブ推定が状態ベクトル共分散にも寄与することが確認され、プロテクションレベルの信頼性が向上した。例えば水平位置の比較では、従来の拡張カルマンフィルタでは 82.7% のミスリードがあったのに対して、アダプティブ拡張カルマンフィルタにてそれを 26.4% まで軽減した。

上述の結果から、アダプティブ拡張カルマンフィルタにより都市部においても高精度・高確度の GNSS 単独測位を実現し、さらにインテグリティ情報の信頼性が高まることを示した。さらに、アダプティブ推定自体は低コスト GNSS 受信機でも実時間で動作できる処理負荷で、どのような受信機でも実行可能な手法である。今後の課題としては、さらにミスリードを減らす手法の確立が挙げられる。