

| | | | |
|------|----|---|---|
| 報告番号 | ※甲 | 第 | 号 |
|------|----|---|---|

主論文の要旨

論文題目 自動車運転支援のための高精度自車位置推定に関する研究

氏名 小島 祥子

論文内容の要旨

本論文は自動車運転支援のための高精度自車位置推定に関する研究成果をまとめたものである。本研究は、自動車の安全・安心のために、より高度な運転支援を実現することを目的としている。

交通事故後の衝撃を軽減する衝突安全システムが自動車に標準装備されるようになり、交通事故死者数は1970年代の約1万7千人をピークに現在は5千人未満まで減少し、安全運転教育や衝突安全システムの効果が現れている。近年は事故を防ぐための予防安全システムの開発が盛んになっているが、依然として交通事故件数は70万件を超えている。交通事故そのものの件数低減には、自車の将来の進路上にある危険を予測し危険を避けるような「先読み運転支援システム」が必要である。このようなシステムは交差点や一時停止など特定の地点で警報や制御を行うことが想定されるため、1 m～5 mの自車位置推定精度が必要である。また、交通事故件数の低減には「先読み運転支援システム」を広く低価格車まで普及させることが望まれるため、安価な構成で実現する必要がある。そこで、本論文では安価な構成で1 m～5 mの位置推定精度を郊外および都心部で実現することを目的とし、汎用GPSを用いた高精度位置推定の研究成果について述べる。

本論文は7章から構成される。

第1章で本論文の背景と目的について述べ、本論文の狙いを示す。GPSを用いた位置推定における誤差の種類を「(I)ばらつき誤差」、「(II)外れ値誤差」、「(III)オフセット誤差」に分け、本論文ではこれらの誤差の低減を目指すことを述べる。

第2章で自動車向けの位置推定技術の関連研究について述べるとともに、GPSを用いた測位原理についても説明する。既存技術では、安価な構成で1 m～5 mの位置推定精度を郊外および都心部で実現できないことを示し、本研究の意義について述べる。また、本論文において位置推定精度を向上させるために採用する2つのアプローチを紹介し、それぞれの狙いについて述べる。

第3章から第6章において、本論文で提案する2つのアプローチのそれぞれの手法について述べ、有効性について示す。第3章で1つ目の「周辺監視用センサを活用した高精度化」のアプローチの内、1つ目の提案手法について述べ、第4章でその2つ目の提案手法に

について述べる。第3章と第4章で述べる「周辺監視用センサを活用した高精度化」のアプローチは「(I)ばらつき誤差」の低減を狙うものである。次に、第5章で2つ目の「GPS Raw データを活用した高精度化」のアプローチの内、1つ目の提案手法について述べる。第5章で述べる提案手法は「(II)外れ値誤差」の低減を狙うものである。また、第6章では2つ目のアプローチの内、2つ目の提案手法について述べ、その提案手法は「(III)オフセット誤差」の低減を狙うものである。以下、各手法について簡単に紹介する。

<周辺監視用センサを活用した自転車位置推定の高精度化:第3章,第4章>

レーザレーダなどの周辺監視用センサは、運転支援システムの普及に伴い搭載車両の増加が見込まれる。第3章と第4章では、カーナビ用の汎用GPS受信機の測位結果と周辺監視用センサとしてレーザレーダを用いた、高精度位置推定手法について述べる。特に、第3章ではレーザレーダが計測した周辺静止物の計測結果を利用して、自転車の絶対位置とともに周辺静止物の絶対位置を推定する「SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)型高精度自転車位置推定」を提案する。第4章ではレーザレーダが計測した周辺静止物の相対位置変化を利用して自転車の運動を推定し、運動推定結果と汎用GPS受信機の測位結果を統合する「運動推定型高精度自転車位置推定」を提案する。上記2つの手法はいずれも自転車の移動量をレーザレーダの計測結果を用いて拘束し、「(I)ばらつき誤差」の低減を狙うものであり、効果検証は「(II)外れ値誤差」の少ない郊外路で「(III)オフセット誤差」が存在しないデータで実施する。

SLAM型は周辺静止物の絶対位置を推定することで自転車の移動の拘束条件を強くし、GPS単独では位置推定誤差が5.6mであった環境において1.7mまで低減できることを確認した。一方、特定の静止物を時系列で照合する必要があり、データ欠損などに弱く、計算コストがかかる欠点がある。第4章で提案する運動推定型は、特定の静止物の照合や静止物の位置推定を行うことなく、自転車の運動を推定した結果を用いるため、データ欠損などにロバストあり計算コストの低減も可能である。SLAM型と同一のデータで検証した結果、位置推定誤差は2.0mとなることを確認した。周辺静止物の絶対位置推定を行わないため、SLAM型に比較して拘束条件が弱く位置推定精度は劣化するものの、GPS単独に比較して大幅な向上が見込めることを確認した。

<GPS Raw データを活用した自転車位置推定の高精度化:第5章,第6章>

周辺監視用センサとGPS受信機を用いた1つ目のアプローチは「(I)ばらつき誤差」の低減には効果があったが、「(II)外れ値誤差」と「(III)オフセット誤差」の低減には効果が少なかった。そこで、第5章と第6章では、2つ目のアプローチとしてGPS受信機内で演算された測位結果ではなく、GPS受信機が衛星からの信号を計測した値(疑似距離, Dopplerシフト周波数, S/N, 軌道情報:以下,全体をGPS Raw データと呼ぶ)を活用することで、上記(II), (III)の誤差を低減する位置推定の高精度化手法について述べる。

第5章では、GPSのDopplerシフト周波数を利用して自転車の走行軌跡推定精度を向上させ、その走行軌跡上で受信した疑似距離全体を用いて位置を推定する「走行軌跡上のGPS Raw データ活用型高精度自転車位置推定」を提案する。GPSを用いた位置推定の特性において、位置推定に利用できる衛星数が増加するほど位置推定精度が

向上する性質がある。走行軌跡上で受信した GPS Raw データ全体を用いることで、疑似的に衛星数を増加させるとともに、走行軌跡に合致しない疑似距離を「(II)外れ値誤差」の主要因であるマルチパス信号として排除することで、誤差の低減を狙うものである。マルチパスが生じやすい都心部環境のデータを用いた実験の結果、5 m の位置推定精度を達成できた場所率を、従来手法では 63 %であった環境において、提案手法では 99 %まで向上できる可能性があることを確認した。一方、「(III)オフセット誤差」の低減には課題があることも確認した。

第 6 章では、複数回走行分の GPS Raw データを蓄積することで、「(III)オフセット誤差」の原因となる疑似距離遅延の影響を低減する「複数走行分の GPS Raw データ活用型高精度自車位置推定」を提案する。GPS 衛星からの信号が地表面に到達する際に生じる伝搬遅延の影響で、実際の衛星との距離に比較して計測される疑似距離は遅延誤差を有する。遅延誤差は電離層や対流圏の状態に依存し、1 時間単位程度で変動する。遅延誤差の補正が不十分で衛星の配置に偏りがあると大きな「(III)オフセット誤差」につながる可能性があり、これは都心部でも郊外でも生じ得る。提案手法では、複数回走行分の GPS Raw データを用いて疑似的に衛星数を増加させることで、衛星配置の偏りを緩和するとともに伝搬遅延の変動分を考慮することで、誤差の低減を狙うものである。オフセット誤差が生じている郊外環境と都心部環境のデータを用いた実験の結果、10 走行分の GPS Raw データを用いることで郊外環境では 5.9 m のオフセット誤差を 1.8 m に低減し、誤差標準偏差 2σ を 32.5 m から 1.1 m まで低減できることを確認した。本研究が目標とする精度を郊外環境では達成できる可能性があることを確認した。一方、都心部環境では 10.9 m のオフセット誤差を 4.9 m まで低減し、誤差標準偏差 2σ を 55.1 m から 12.4 m まで改善したが、第 6 章で提案した手法のみで 5 m の位置推定精度を実現することは困難であることを確認した。

第 7 章において、本論文を総括し各手法で達成可能な位置推定精度とその条件を示し、今後の課題と展望について述べ、本論文をまとめる。

なお、位置推定とあわせて重要である「高精度地図」を整備する際の課題と、その解決策として安価な高精度地図生成について検討した結果を付録で述べる。

