OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	外れ値判定から切り拓くレジリエントローカライゼーションに関する研究
Author(s)	板東, 幹雄
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72387
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　板　東　幹　雄　）	
論文題名	外れ値判定から切り拓くレジリエントローカライゼーションに関する研究

論文内容の要旨

近年，公道を走る自動車，農業用のトラクタやコンバイン，建設機械など車両の自動運転技術が目覚ましい発展を遂げている．過去，自動運転は未来の技術とされてきた．それは自動運転に必要な障害物を認識するセンサや自車の位置を計測するセンサの性能が不足していたことがあげられる．しかし，現在に至っては，一つのセンサによる計測結果だけではなく多数のセンサによる計測結果から，障害物や自車の位置を推測することで，それぞれのセンサの弱点を補完しあう「センサフュージョン」の技術が研鑽され，センサの性能不足は自動運転にとって大きな障壁ではなくなりつつある．特に自車の位置を算出する際，このセンサフュージョン技術は大きな役割を果たすこととなる．各センサの計測誤差を確率的に発生するものと考え，モデル化し最尤点を算出するようなセンサフュージョンにより自車の位置を算出手法が主流となっている．本研究では，特に屋外で走行する車両を題材に，位置を観測できるセンサとして三角測量の原理を用いて位置を決定することができるGNSS（Global Navigation Satellite System）を用いた位置推定について述べ，その課題である「出力周期の安定性」，「誤差の均質性」という二つの信頼性を向上させる方策について研究し，従来では不可能であったモデル化誤差を含むシステムにおける蓄積誤差からの復帰を可能とするレジリエントローカライゼーション（復元可能な位置推定）を提案した．

これらの課題に対し，車両の速度と姿勢を用いて，その位置を計算することができるデッドレコニングに注目し，本論文では，低コストデッドレコニングのために，２章および３章において車両の速度推定および姿勢推定について検討した結果について述べる．これらの章で述べる手法を用いて，推定される進行距離，進行方向を高精度に算出することにより，衛星測位の問題の一つである「出力周期の安定性」に対する解決策を示すと共に，４章，５章で詳しく述べる外れ値判定精度を高めることに貢献する．これらの手法により，短時間でもその精度を保つことが可能となる．次に，４章において，デッドレコニングと衛星測位結果のセンサフュージョンにおける問題の一つであるモデル化誤差を含んだ外れ値の検出手法について述べる．外れ値検出によって大きな誤差をもつGNSS出力位置を省くことにより，安定した位置誤差を保つことが可能となる．そして，５章において，衛星からの電波の到来時間から計算される，衛星・アンテナ間距離である擬似距離の外れ値判定について述べる．この手法を適用することにより，衛星からの擬似距離が測位結果の誤差に影響するため，この擬似距離自体を高精度化することにより，測位結果の誤差を一定範囲内に保つことが可能となる．ここで提案する手法を用いることで，GNSS を用いた位置推定において「出力周期の安定性」，「誤差の均質性」を保ち，誤差の発生に対してレジリエントな位置推定が可能となる．

今後，GNSS を用いた位置推定技術は広く普及すると考えられる．既にハンディデバイスなどの多くに搭載されていることからも判るように，持ち運びできる数多くの機器に広く搭載されると予想される．広く普及する機器は，経済システム上コスト重視となる傾向にある．コストを削減すれば，信頼性の高いシステムに設計することは難しくなり，GNSS から得られる情報をそのまま用いたりすることになり，システムとして最適な設計はできず，そこにモデル化誤差が発生することになる．本研究において開発したレジリエントな位置推定技術は，このようなモデル化誤差を踏まえ，一般的には信頼性を保つことが難しいGNSS において，許容される誤差の範囲内で位置を推定し，例え大きな誤差が発生したとしても，すぐに復帰できるシステムを設計することができるようになる．

本論文にて述べる基礎研究は，今後のGNSS を用いた位置推定技術の礎となると確信している．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　板　東　幹　雄　）

	(職)	氏　名
論文審査担当者		
主 査	教授	大須賀　公一
副 査	教授	石川　将人
副 査	教授	山田　克彦

論文審査の結果の要旨

本論文では、屋外で走行する自動車や建設機械などを対象とした移動体の自律走行を実社会にて広く普及させることを実現するために必要な位置推定手法について論じており、従来、モデル化誤差を含むシステムにおいては復帰が不可能であった推定誤りからの復帰を可能とするレジリエントローカライゼーションを提案し，その基礎研究の結果について６章に分けて述べている。

第１章では GNSS を用いた位置推定の概要について述べ，進行距離と進行方向から算出されるデッドレコニングと GNSS による位置の算出方法について述べ，センサフュージョンによる利点について述べると共に，従来の課題であるモデル化誤差の存在について言及している。そして，本論文における研究の流れについて述べ，本研究の位置づけを示している。

第２章においては，GNSS の出力する位置を評価するためのベースとなるデッドレコニング構築のため，デッドレコニングモデルに対してセンサ構成による違いを評価した結果について述べている。デッドレコニングモデルの各パラメータが高精度であるセンサを用いたとしても誤差の蓄積は免れず，直接的に目的となる物理値を観測できることが重要であることを示した。

次に，第３章においては，姿勢推定を題材に，センサ自体の出力精度の維持のため，センサ出力モデルについて検討した結果について述べている。ジャイロなどのセンサにはバイアス誤差が生じ，姿勢推定への影響が大きく，デッドレコニングによる蓄積誤差の要因となるため，これを除去する手法について検討した結果を述べている。Unscented Kalman Filter を用いた姿勢推定において，各変数の変動時間の長さに着目し，長周期変動であるバイアス項を状態変数から省き，角加速度によるバイアス算出式を導出することで動的にバイアスを推定する手法を提案し，その効果について述べている。

これらの研究結果から，センサ出力モデルとデッドレコニングの両モデルにおいて発生するモデル化誤差によって生じるモデル化誤差によって生じる復元不可能であった誤差からの復元対応について第４章にて述べている。GNSS 位置出力の定常性に着目し，デッドレコニングに含まれるモデル化誤差を動的に推定することで，モデル化誤差を考慮した GNSS の外れ値判定を導出し，実験により従来手法では復元不可能であった場面において，GNSS の位置から正しい位置に復元できることを確認し，そのレジリエント性向上について述べている。

第５章では，４章で述べた外れ値判定手法を用いて，これまでセンサとして扱っていた GNSS について，その出力する位置の周期と誤差の安定化について述べ，レジリエントな位置推定の実現に向けての方向性を示している。衛星測位において観測値として得られる擬似距離において提案した外れ値判定を実施することで，測位計算の安定化が可能であることを示している。

第６章では，本論文の成果をまとめるとともに，今後の GNSS を用いた位置推定の展望について述べている。

以上のように、本論文は従来、モデル化誤差を含むシステムにおいては復帰が不可能であった蓄積誤差からの復帰を可能とするレジリエントローカライゼーションを提案し，その定常性に着目したモデル化誤差の学習による GNSS の外れ値判定により，その方向性を示したもので，当該分野に対する学術的貢献が大きいものと確信する。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。