

GNSS と MEMS IMU によるロバストな車両方位角・ピッチ角の推定

Heading and Pitch angle estimate using low-cost GNSS and MEMS IMU

水谷 俊介 小川 雄貴 荒川 拓哉 目黒 淳一
Syunsuke Mizutani Yuuki Ogawa Takuya Arakawa Junichi Meguro

名城大学理工学部メカトロニクス工学科

Meijo University, Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Science and Technology

1. 緒言

車両の運動制御では、走行軌跡が利用されることが多く、GNSS/IMU が活用されている。しかし、都市部ではマルチパスにより、誤差が生じる問題がある。加えて、IMU の誤差積算により、姿勢推定精度が劣化する問題もある。そこで、本研究では GNSS ドップラで推定した軌跡の精度が高い[1]ことを利用し、GNSS ドップラと MEMS IMU の統合により、ロバストな車両の方位角・ピッチ角を推定し、軌跡の高精度化を目指す。なお、本論文では、方位角は北基準の車両方向角度、ピッチ角は水平面からの車両の傾き角度と定義する。

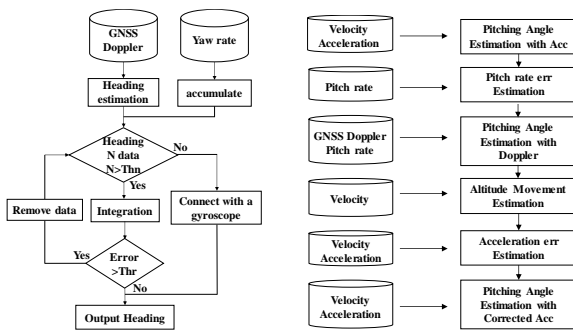
2. 車両姿勢角の推定

2.1. 方位角推定手法

ここで、図 1(a)に方位角推定フローを示す。本手法では、[2]の手法を GPS から GNSS に拡張し、直前の一定時間のヨーレート、及び、GNSS ドップラで得た速度ベクトルから算出した方位角を蓄積し、統合することでロバストな方位角の推定を行う。また、マルチパスによる、誤差が大きいデータを、残差により除去し、再推定を繰り返すことで精度を高めている。

2.2. ピッチ角推定手法

図 1(b)に提案するピッチ角推定フローを示す。提案手法では、“前後加速度と速度”と、“GNSS ドップラと IMU のピッチレート”から推定した二つのピッチ角を相互補完的に利用し、IMU ピッチレートと前後加速度の誤差を逐次推定し、ピッチ角の推定精度を高める。まず、重力方向/前後加速度と車輪速からピッチ角を推定する。この時、前後加速度の誤差により、推定ピッチ角にも誤差が生じる。しかし、その誤差は一定値となるため、IMU のピッチレートの誤差推定への影響は小さい。この特徴を活かし、提案手法では、IMU のピッチレートの誤差推定と、GNSS と IMU による暫定的なピッチ角推定を行う。次に、推定した暫定的なピッチ角と車輪速より、直前の高さ方向の変動量を算出する。この変動を拘束条件にし、探索的な反復演算により、高さの変動が一致する前後加速度の誤差推定を行う。以上の処理により、推定した加速度誤差で求めたピッチ角が、最終的なピッチ角となる。

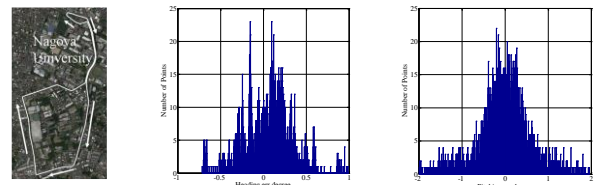


a)方位角 b)ピッチ角
図1 方位角・ピッチ角の推定手法

3. 評価試験

3.1. 高低差のある地点での評価試験

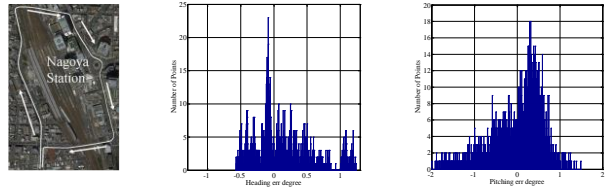
図 2 に、名古屋大学周辺の 3.7km のコース(最大高低差 25m, 最大傾斜 6 度)で、提案手法を評価した結果を示す。ここで、リファレンスには三菱電機の MMS(Mobile Mapping System)を利用した。図 2(b), (c)より、推定した方位角の誤差は標準偏差 0.3 度、ピッチ角の誤差は標準偏差 0.6 度の精度で推定できていることが確認できる。また、二次元の車両走行軌跡の誤差は、100m あたり平均 40cm となった。



a)評価経路 b)方位角誤差 c)ピッチ角誤差
図2 高低差のあるコースの評価結果(名古屋大学周辺)

3.2. 都市部での評価試験

図 3 に、高層建造物が多い、名古屋駅付近の 2.5km のコースの評価結果を示す。図 3(b), (c)より、方位角の誤差は標準偏差 0.4 度、ピッチ角の誤差は標準偏差 0.6 の精度で推定されたことが確認できる。また、二次元の車両走行軌跡の誤差は、100m あたり平均 50cm となった。



a)評価経路 b)方位角誤差 c)ピッチ角誤差
図3 都市部の評価結果(名古屋駅周辺)

4. 結言

本研究では、GNSS ドップラと MEMS IMU を統合することで、方位角・ピッチ角をロバストに推定し、車両の軌跡を高精度化する手法の提案を行った。評価試験より、高低差のある地点において 40cm/100m(平均)、都市部において 50cm/100m(平均)の軌跡精度を得ることが確認できた。

なお、本論文では測位計算に RTKLIB を利用させて頂き、開発者の高須先生に感謝を申し上げる。また、評価試験はアイサンテクノロジー株式会社に協力頂き、実施した。

参考文献

[1] Y Kojima, et., al, “Precise Localization using Tightly Coupled Integration based on Trajectory Estimated from GPS Doppler”, Proc. of AVEC 2010, No.168, p1-6
[2] 目黒淳一他, GPS ドップラと慣性センサの統合による車両軌跡推定手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.53(1), pp212-222, 2012