

重力マップマッチングと量子慣性センサに関する考察

Consideration on Gravity Map Matching and Quantum inertial sensor

丹羽雄一郎
Yuichiro Niwa

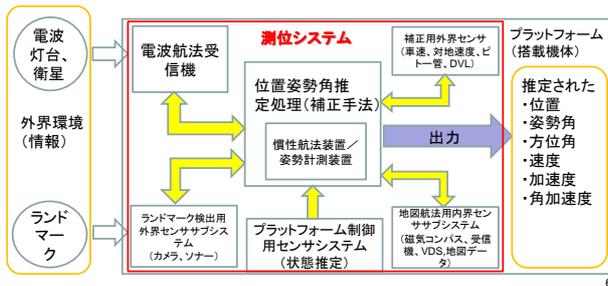
防衛装備庁 先進技術推進センター
Advanced Defense Technology Center, Acquisition, Technology & Logistics Agency

1. はじめに

従来航空機や船舶の測位技術であった衛星測位技術は、スマートフォン等に取り入れられ、一般的な技術となっており、昨今では無人トラクターやドローン等に利用され、新たな技術革新の中核を担っている。一方、ジャミングやスプーフィング等の脆弱性が指摘されており、安全性を確保するため衛星航法に依存しない測位技術が求められている。本調査研究では、重力及び重力勾配（以下、重力等、という）マップマッチングによる慣性航法補正技術について述べ、将来的に慣性量の高精度計測が期待される量子慣性センサの適応について考察する。

2. 測位技術

現在の測位システムでは、複数の航法の長所及び短所を組合せ、これらを複合的に用いることにより、全体として高精度で冗長的なシステムとしている。その組合せや補正技術は、適用するプラットフォームやユースケースに依存している。各航法の累積誤差が発散しないよう、異種航法を組み合わせ、補正手法を構築することで、測位システムの最小誤差が、用いられる航法の最小誤差で抑制されるよう設計される。多くの測位システムでは、外界情報に依存しない慣性航法を主としているが、原理的に累積誤差が時間とともに増大する。それを抑制するため異種航法により慣性航法を補正する必要がある。



3. 重力等マップマッチング

重力等マップマッチングとは、事前に計測された重力等マップを元に、慣性航法装置から算出される移動方向、移動量により、移動した範囲の重力等マップを限定し、限定されたマップのエリアから、計測された重力等に相当する位置を同定する慣性航法の補正手法である。（重力マップは、実測された重力加速度と標準重力の差（重力異常）を空間的に計測したマップ。重力勾配マップは、重力加速度の空間的変化（重力傾斜）を空間的に計測したマップ）

重力等情報を基本に利用しているため、空中、陸上、地中、海上、海中で利用可能な測位手法であり、重力等マップは、人工衛星等により全地球上で作成されている。1990年代以前より存在した手法であるが、マップの空間分解能と、移動体に搭載可能な高精度重力センサが必要なため、利用事例が明らかではなかったが、近年センサや信号処理技術の発展により、再認識されている。

3. 量子慣性センサ

量子慣性センサは、原子レベルの物理量との相互作用により、高精度リングレーザジャイロに比して100倍高精度の量子ジャイロ、MEMS加速度計に比して10000倍高精度な量子加速度計が開発されているが、移動体へ搭載する場合、センサの水平維持、防振をし、ダイナミックレンジを広くするため従来の高精度慣性センサと併用する必要がある。又、高感度故に重力異常の影響を除去する必要があり、重力等マップが必要である。

4. 結論

重力等マップマッチングを実用的に利用するためには、量子加速度センサ等高精度なセンサが必要である。一方、量子慣性センサを慣性航法補正に利用するためには、重力等マップが必要となる。即ち、重力等マップマッチングと量子慣性センサは、相補的な関係にあり、両者を組み合わせることにより、従来手法より優れた測位システムを構築することが可能となると推察される。

参考文献

- (1) 東京計器株式会社、量子コンパス等による測位技術に関する調査 報告書、防衛装備庁 2018年3月
- (2) 中川賢一、原子干渉計を用いた慣性センサの可能性と課題。慣性センサ応用技術研究協会講演資料。2017年
- (3) Hubiao Wang, et al. Technology of gravity aided inertial navigation system and its trial in South China Sea. IET Radar Sonar Navigation, Vol.10, Iss.5, 2016, p.862-869
- (4) Lin Wu, et al. Performance Evaluation and Analysis for Gravity Matching Aided Navigation. Sensors 2017, Vol.17, Iss.769, 2017,
- (5) Anthony DeGregoria. Gravity Gradiometry and Matching: An Aid to Aircraft Inertial Navigation Systems. Ph.d. dissertation, Air Force of Technology, Wright-Patterson Air AFB OH, 2010, AFIT/GAE/ENY/10-M06