

IMU と GNSS コンパスを用いた船体運動測定

IMU & GNSS Compass Utilization for Monitoring Motion of the Ship

小森健史¹ 小松大生¹ 久保信明¹ 清水悦郎¹ 中川雅史²

Takeshi Komori Hiroo Komatsu Kubo Nobuaki Etsuro Shimizu Masafumi Nakagawa
東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科¹ 芝浦工業大学²

Graduate School of Marine Science and Technology TUMSAT Shibaura Institute of Technology

1. まえがき

復原力とは船体を傾斜させた時に船体を水平に戻そうとする力であり、この力が不足すると船は転覆しやすくなる。復原力の低下に起因する事故として「セウォル号」転覆事故が挙げられる。他方で、船の動揺には固有周期が存在し、波浪との出会い周期などが固有周期と等しくなると共振が生じ、これによるコンテナ流出事故も報告されている。こうした事故を防ぐためには、操船者が自船の復原力の大小及び変化を把握しておくとともに、過大な船体傾斜を起こさないように注意すべきである。そこで、小型で低コストなため電子機器のモーションセンサとして使われる MEMS 式 IMU と、安価で保守不要な船用コンパスである GNSS コンパスを用いてこれらの情報を自動的に測定することにより、操船者の支援ができないか検証することにした。

2. 方法

(1) 実験方法

この研究では、練習船汐路丸の船室内に IMU を、船外に GNSS コンパスを設置し、航行中にデータを取得した。

●MEMS 式 IMU について

IMU 本体は IMU の座標系と船体座標系が一致するように設置した。IMU では 6 軸の角速度・加速度を計測した。



図 1: 東京航空計器製 IMU “CSM-MG100”

●GNSS (衛星) コンパスについて

GNSS コンパスはパッチアンテナ 3 台を船首尾方向と正横方向に並べて構成した。受信機には ZED-F9P を用いた。基線長解析・コンパス計算には測位計算エンジン「RTK コア」を用いた。



横から撮った写真 正面から

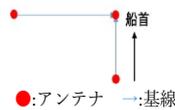


図 2: GNSS コンパス (自作機)

(2) 方位・傾きを求める方法

●IMU 加速度センサー

加速度センサーで 3 軸方向の重力加速度成分を計測して、姿勢を算出することができる。

●IMU 角速度センサーと GNSS コンパスの統合

角速度センサーと GNSS コンパスを移動平均フィルター又は相補フィルターによる 2 通りの手法で統合する。図 3 に統合結果の例を示す。IMU 角速度の積分値を青線、IMU 角速度+GNSS Compass の移動平均/相補フィルターの統合結果はそれぞれ橙/黄緑線で示す。統合により、IMU 角速度を積分した際に蓄積するバイアスを除去できている。

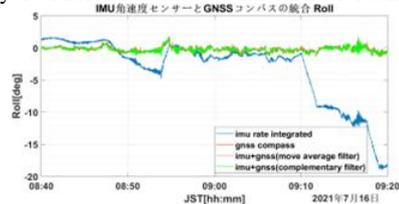


図 3: 角速度センサーと GNSS コンパスの統合結果

(3) 船の横揺れ周期測定

IMU で計測した船首尾線周りの角速度もしくは左右の GNSS アンテナの相対速度をそれぞれスペクトル解析して、横揺れ周波数/周期を求める。

3. 結果

(1) 船の変針時の外方傾斜について

ここで Heel 角は右に傾くのを正とする。図 3 に左変針 (<090>→<000>) 時の船首方位 (上) と Heel (Roll) 角 (下) のグラフを示す。横軸に時間、縦軸に船首方位と Heel 角を示す。IMU 加速度で求めた傾斜角を青線、IMU 角速度+GNSS Compass の移動平均/相補フィルター統合で求めた方位・傾斜角はそれぞれ橙/黄緑線で示す。グラフより船が左変針している際に船体が右 (外方) に傾いていることがわかる。(赤枠部)

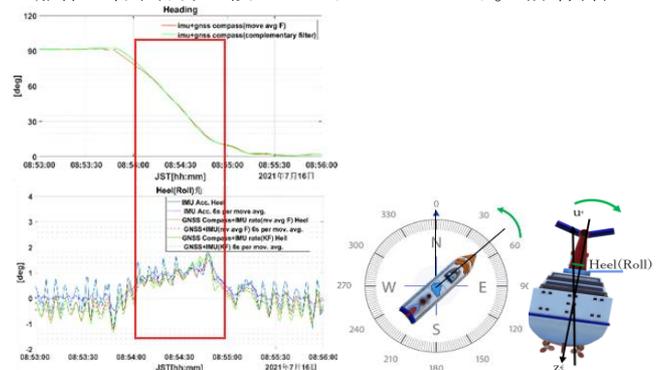


図 4: 変針時の外方傾斜

(2) 航行中における船の横揺れ周期について

スペクトル解析の結果、横揺れ周波数の最頻値は 0.15 [Hz] となり、周期は 6.67 [s] と求めた。

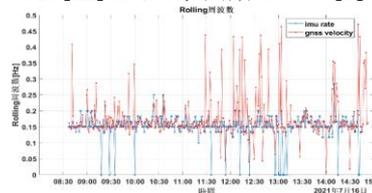


図 4: スペクトル解析結果

4. まとめ

実験結果より MEMS 式 IMU と GNSS コンパスを用いて約 1° ~ 2° と人には感じにくい大きさの船の傾きの変化を捉えることや、小さな動揺に対しても周期を測定することが可能なことを示せた。

