GNSSとIMU及びドップラソナーの統合について

海事システム工学科 1621065 渡辺弘幸

目次

1 研究背景・目的

2 実験方法

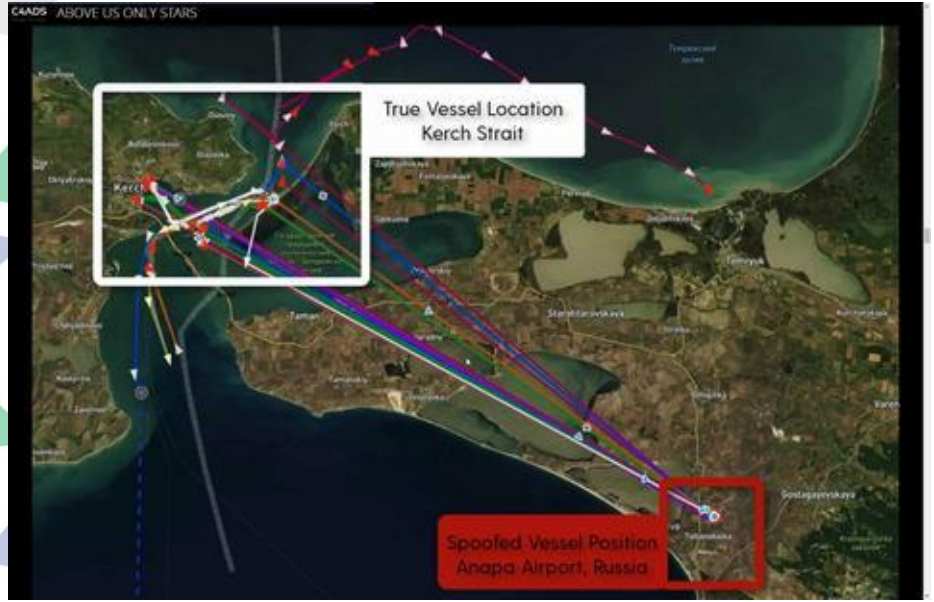
3 統合方法

4 実験結果

5 考察

1 研究背景· 目的

研究背景



黒海におけるGPSのスプーフィング

白枠の場所を航行していた船舶がスプーフィングされて７０km離れた赤枠の空港に位置情報が改ざんされている。

- 近年、北朝鮮と韓国の国境付近においてGPSナビゲーションを妨害している電波が発信されていたり、黒海という場所においても衛星電波へのジャミングやスプーフィングが発生していた。
- このように世界では、衛星を利用した測位等が使用または、信頼できない状況が発生している。

参照：http://ex-press.jp/itj/itj-news/14293/

参照：https://internet.watch.impress.co.jp/docs/column/chizu3/1202619.html

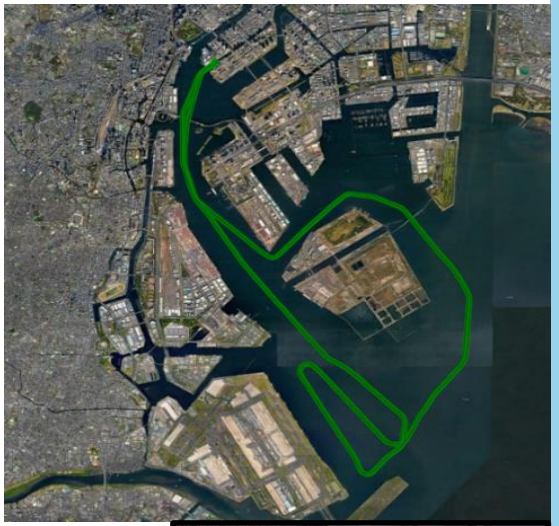
研究目的

・船舶の航海機器であるドップラソナーを利用した速度検出と、IMU(日本語名では慣性計測装置)によって得た角速度とを統合することでGNSSが利用できない環境で、位置精度の評価を行った。

2 実験方法

実験方法

航海ルートの概要



実験場所：汐路丸

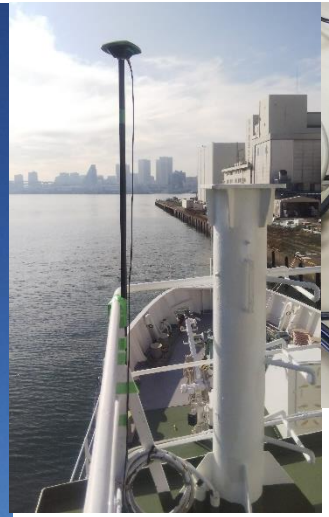
航海ルート：晴海ふ頭の岸壁～羽田沖
～東京湾中央防波堤を
１周～晴海ふ頭

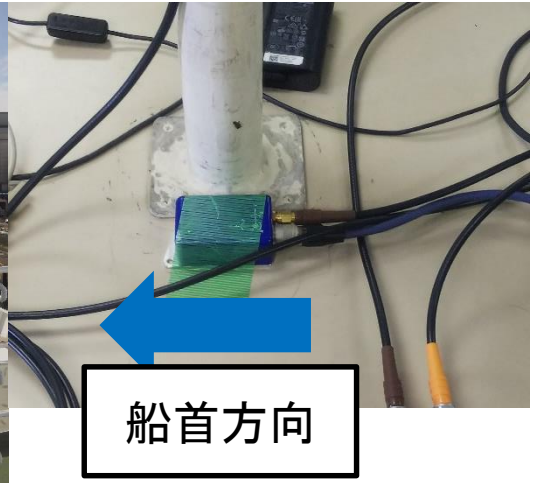
使用機材：アンテナ
（JAVAD/GrAnt-G3T）
受信機
（Trimble/SPS_855）
IMU
（ 東京航空計器/
CSM-MG100 ）
ドップラソナー
（K.A.E./DOLOG23）

Trimble製　SPS__855

汐路丸

機材設置環境





設置上の注意

IMUは机の上に固定して、機材のコードが繋がっている面の反対面が船首方向を向いているように設置している。

アンテナは船橋上のフライングブリッジに設置している。この時、船橋上のマストによって衛星からの搬送波が遮断されないように、なるべく端の方に固定した。

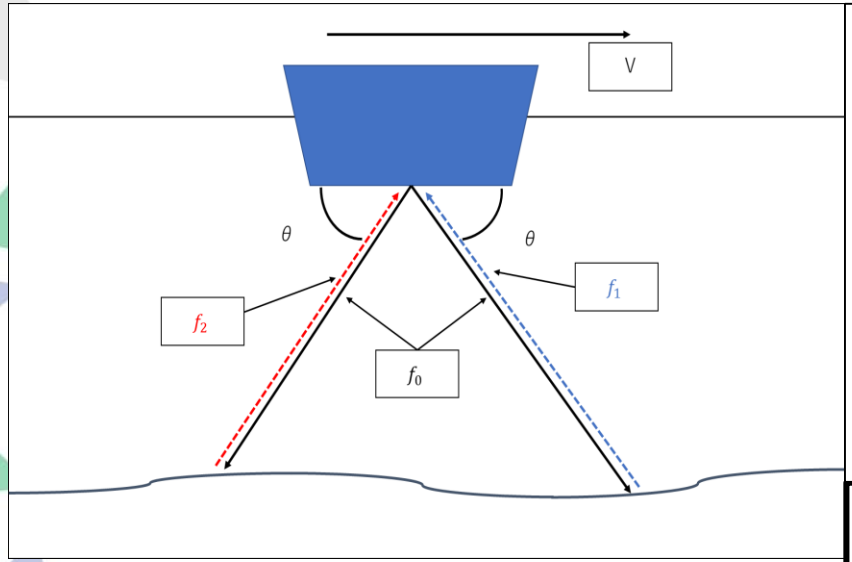
3 統合方法

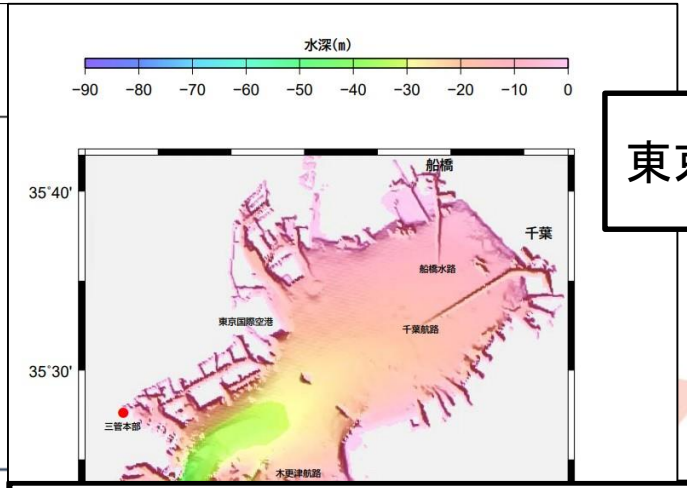
IMUについて

東京航空計器製のIMU
「CSM-MG100」

・IMU（Inertial Measurement Unit）は日本語でいうと慣性計測装置のことである。
・IMUは基本は3軸角速度・3軸加速度・３軸地磁気を計測することができる。
・最近ではIMUの角加速度から装置の姿勢を測る目的でドローンや水中ロボット等に使用されている。

ドップラソナーについて





東京湾の水深

$$f_1 - f_2 = 4f_0 \times V \times cos\theta / c$$

C：音速

右上の水深図　参照：https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN3/sodan/news/2006/1810tokyo-kaitei.htm

ドップラソナーの特徴

- 水深が150~200mより浅い場合：対地速力
- 水深が150～200mより深い場合：対水速力
- 低速時での精度が良い
- 前進のみならず、後進や横方向の動きもとらえられる

ドップラソナーについて

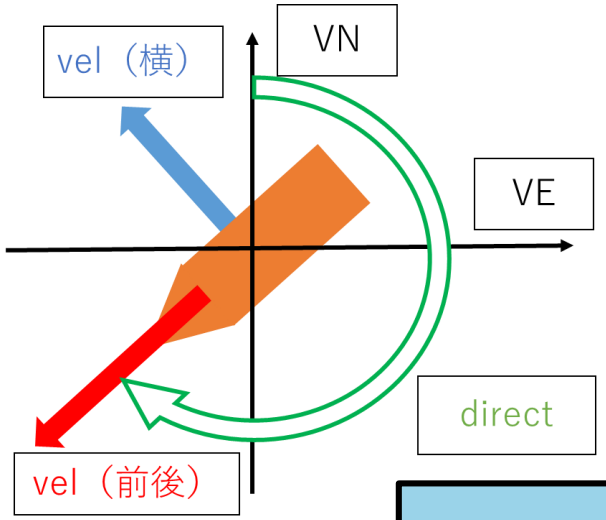
船体の横方向の速度（kt）
（今回は右方向を正とする）

vel（横）

船体の前後方向の速度（kt）
（今回は前進を正とする）

vel（前後）

積分計算について



vel_E1=vel（前後）*sin(direct*pi/180)+
vel（横）*sin((direct+90)*pi/180);
vel_N1=vel（前後）*cos(direct*pi/180) +
vel（横）*cos((direct+90)*pi/180);

船体の前後方向の速度と横方向の速度を緯度経度方向（ENU座標系）に変形する必要がある。

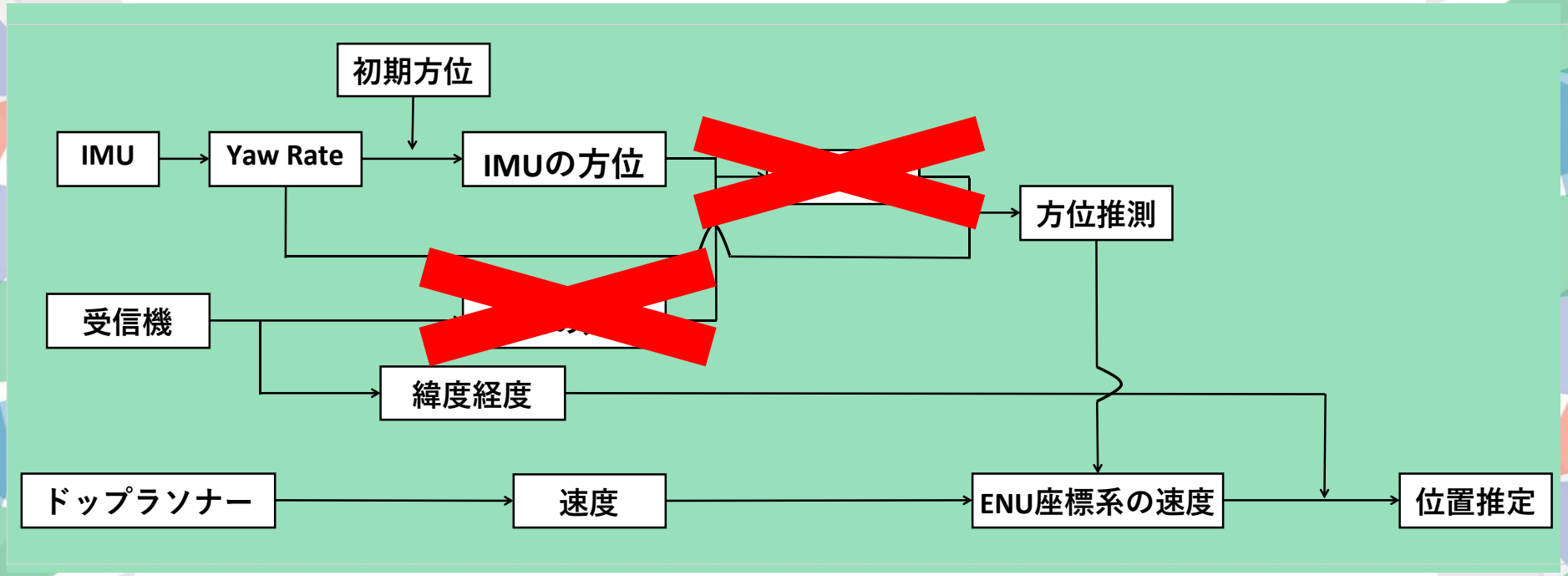
積分計算

$$\text{経度方向の積分値} = (VE1 + VE0) \times \frac{TIME1 - TIME0}{2}$$

$$\text{緯度方向の積分値} = (VN1 + VN0) \times \frac{TIME1 - TIME0}{2}$$

$VE1$ ： $TIME1$における経度方向の速度
$VE0$ ： $TIME0$における経度方向の速度
$VN1$ ： $TIME1$における緯度方向の速度
$VN0$ ： $TIME0$における緯度方向の速度

統合方法


初期方位
IMU
Yaw Rate
IMUの方位
方位推測
受信機
緯度経度
ドップラソナー
速度
ENU座標系の速度
位置推定

4 実験結果

評価方法

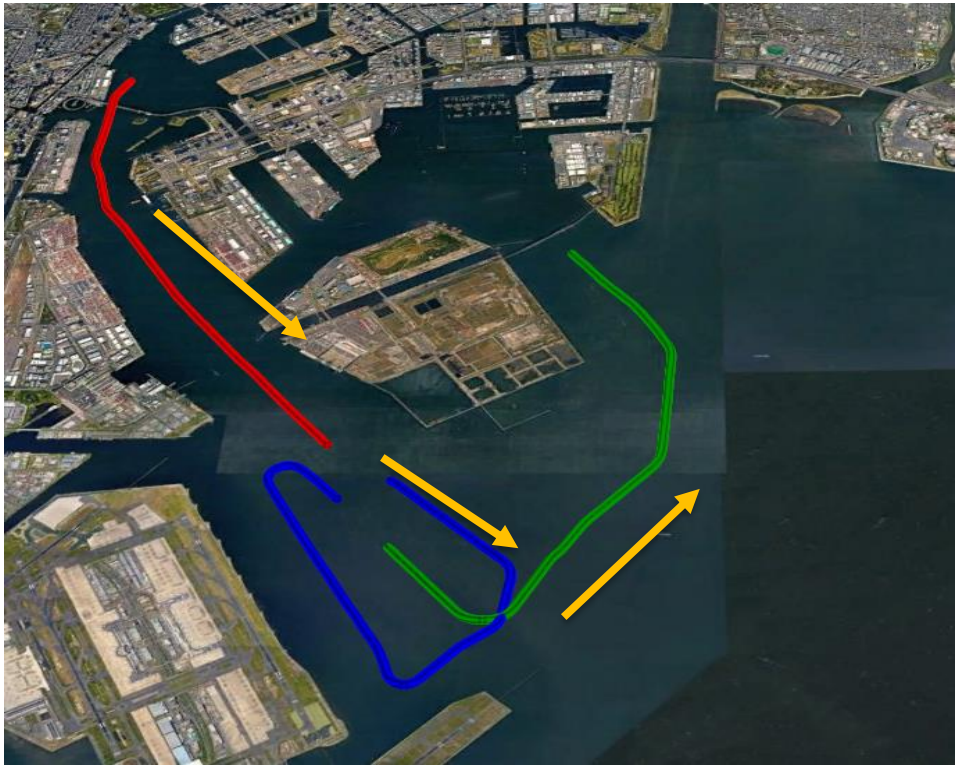
評価対象

記録した２時間のデータを１つ30分のケースに分けて評価をした。ケースを取り始める条件は直進中で針路が安定していることである。この条件を満たした箇所は３箇所であったため、その３つの区別をケース１～３とした。

評価方法

ケース内の始めにGNSSからの初期値と初期方位を与える。そして、30分間GNSSからの修正無しの状態で、IMUやドップラソナーのみを利用して推測位置とGNSSの測位位置との誤差を評価する。

プロット図



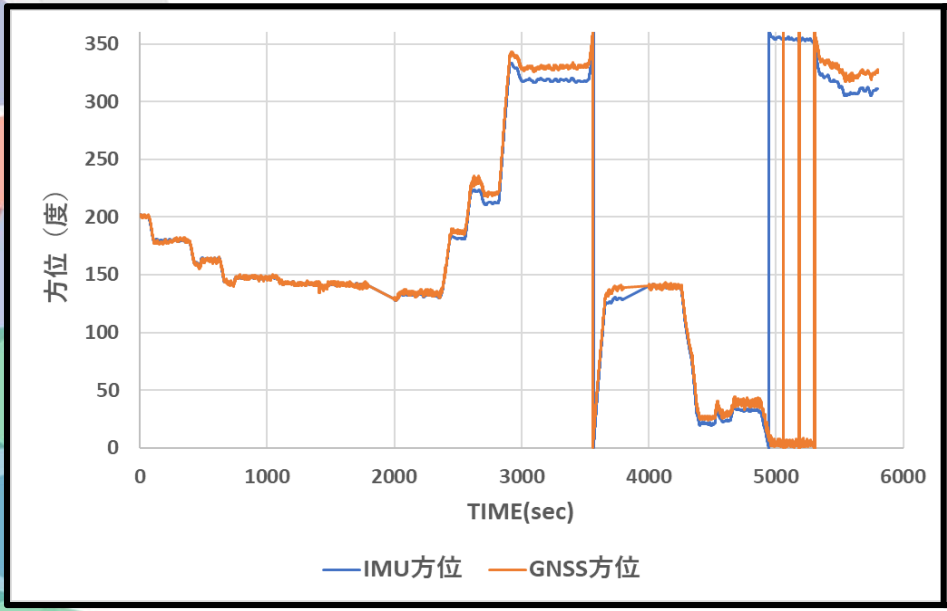
赤色：ケース１

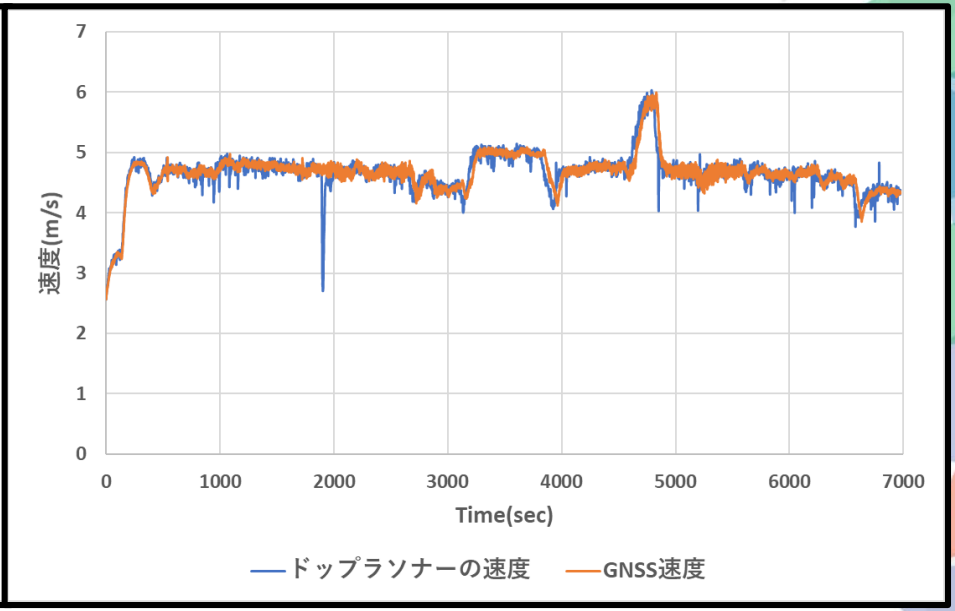
青色：ケース2

緑色：ケース３

ケース１～３区間の航跡図を色分けした図

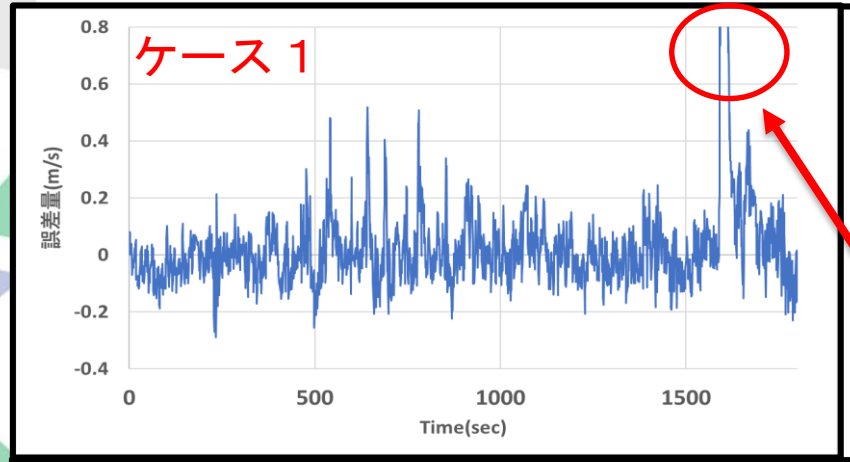
方位と速度変化

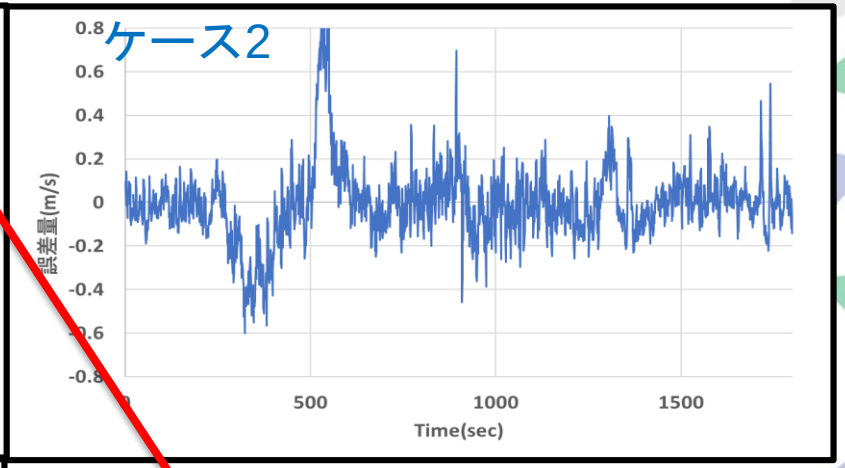


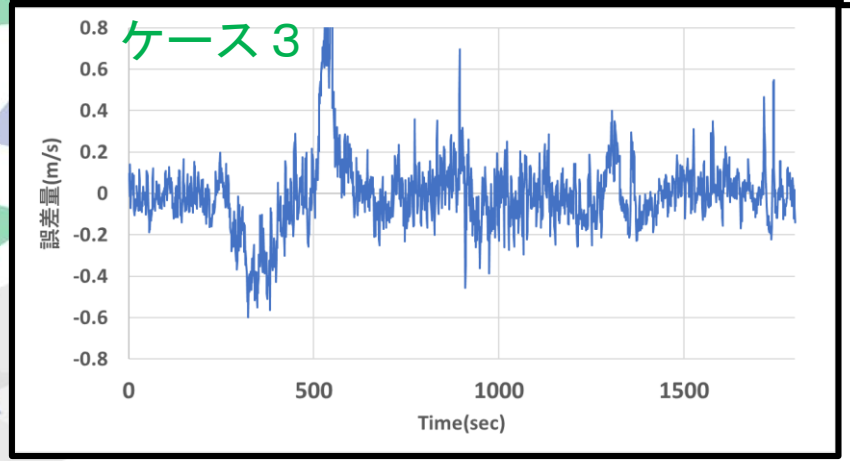


実験航海中（約2時間）の
方位と速度変化の様子

速度誤差



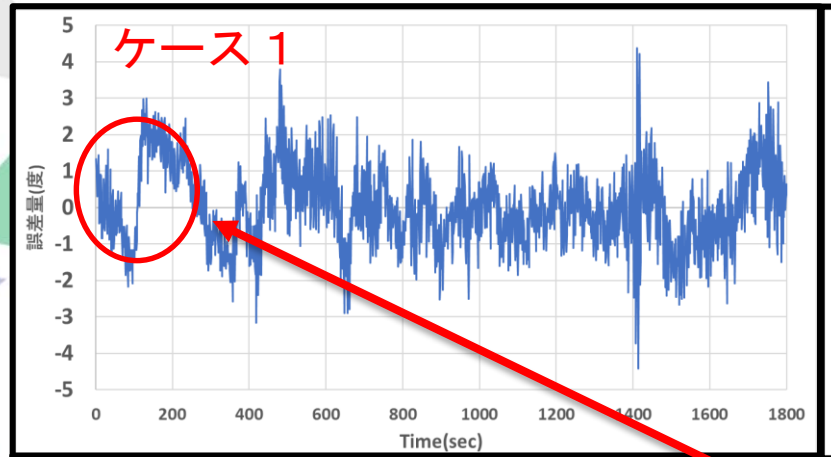


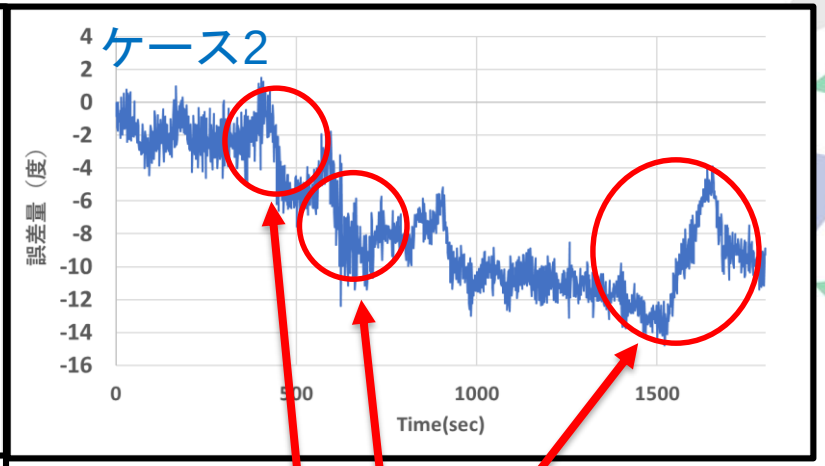


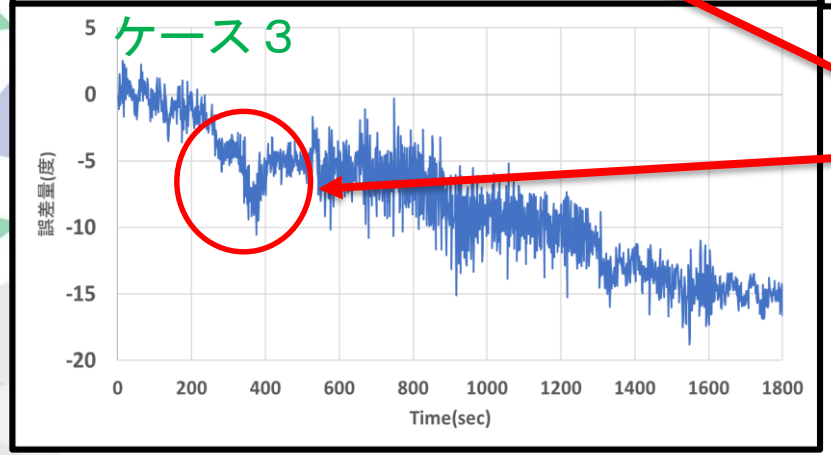
約2m/sの誤差が生じている

- GNSSによる速度結果とドップラソナーによる速度結果の差分である。
- 全体的に40cm/s以内のノイズランクに収まっている。

方位誤差





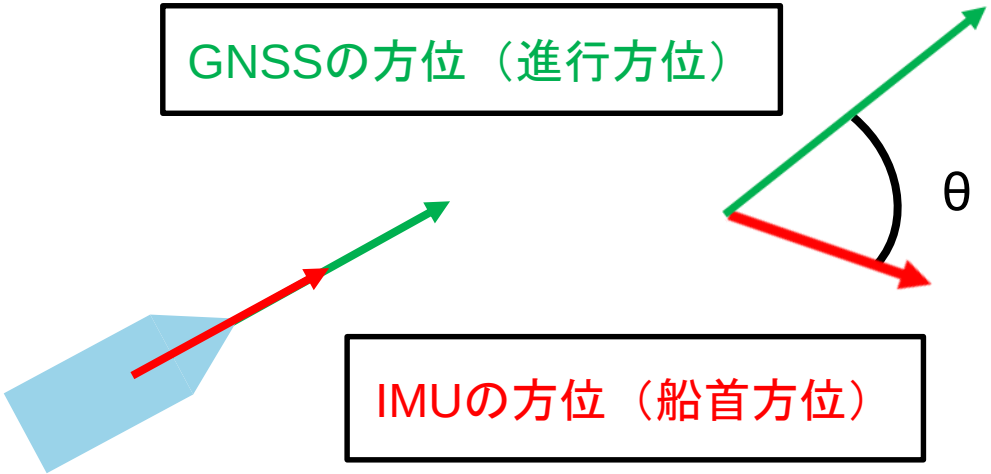


変針の区間では
大きく方位がずれている

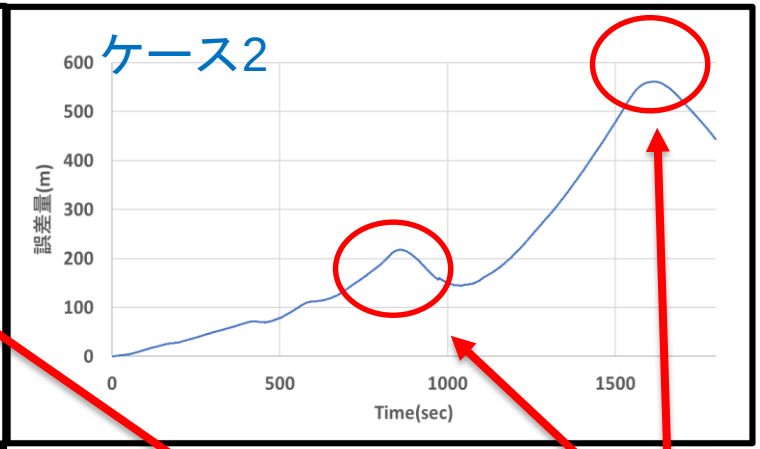
- GNSSの方位とIMUを利用して算出した方位との誤差量である。

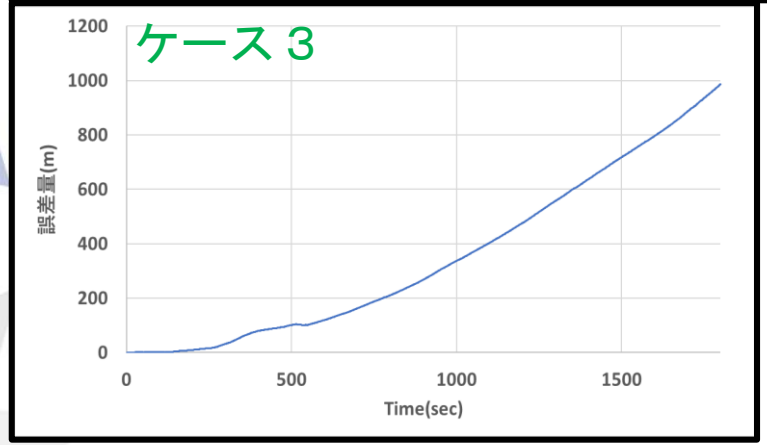
スリップ角について

- スリップ角とは新方位と船首方位の差のことを示している。



水平絶対誤差





速度変化によって誤差量が増加している

大角度の変針で誤差が大きく増加している

- 絶対誤差はGNSSの位置とIMUとドップラソナーを利用した位置がどのくらい離れているかを示したものである。

5 考察

考察

- 回頭中におけるスリップ角の増大により、水平誤差が大きく出てしまっている。
- IMU特有のドリフトが発生発生したことでケース２、３で右肩上がりに水平絶対誤差が増加していた。
- 30分間の記録で最大でも水平絶対誤差で約1000mの誤差に収まった。

今後の課題

- 回頭中の方位誤差修正にフォーカスをおいて、IMU特有のスリップ角を考慮した修正を行うこと
- IIMUによるドリフトをジャイロコンパス等の高精度センサによる補正によって軽減させること

Thank You
For Listening