

平成30年度 卒業論文発表会

GNSSコンパスに関する 基礎研究

2018年12月18日

海事システム工学科4年次

青木 京平

指導教員 : 久保 信明 准教授

発表の流れ

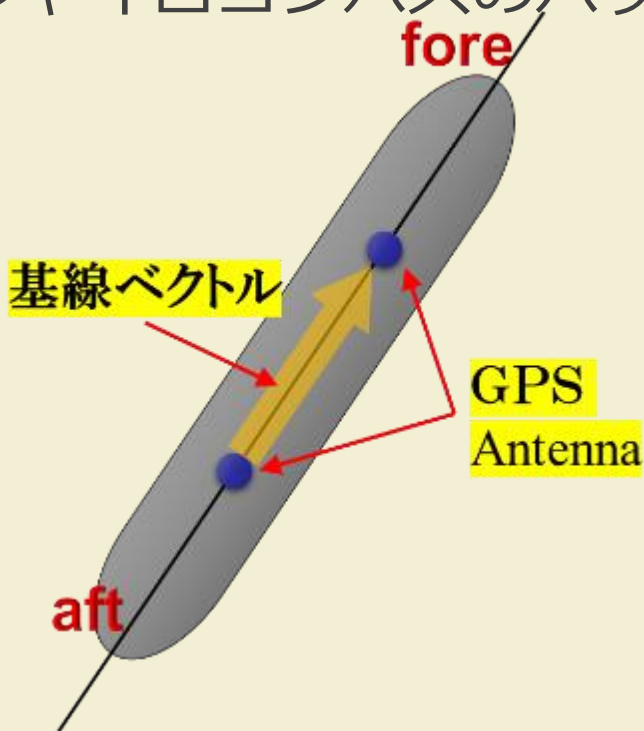
- 研究背景と目的
- GNSSコンパスとは
- GNSSコンパスの性能実験
- センサ統合概要
- 自作ソフトの性能実験
- まとめと今後の取り組み

研究背景と目的



GNSSコンパス

- GNSSで求めたそれぞれのアンテナの相対位置から方位を求める装置
- 基線ベクトルが50cmの場合で誤差は $\pm 0.5^\circ$ 程度
- ジャイロコンパスのバックアップなどに利用



	Gyro	GNSS	Magnetic
値段	1000万	30万円	100万
精度	0.1°	0.5°	1.5°
起動時間	約4時間	約5分	なし
保守点検	あり	なし	あり

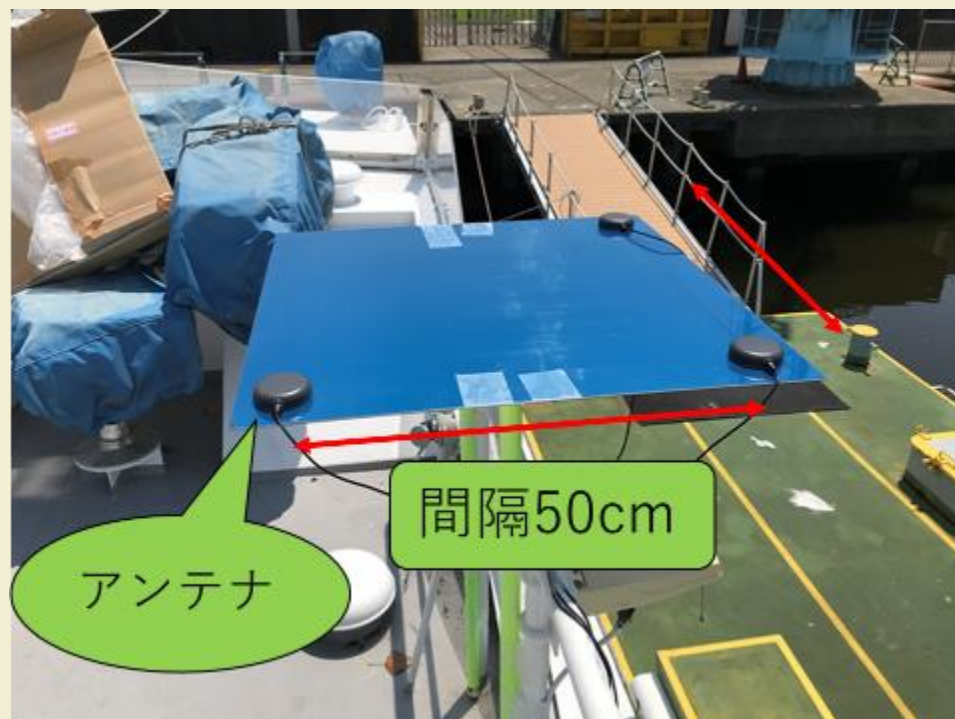
コスパ◎!

GNSSコンパス

- 3つ目のアンテナを加えることで船舶の姿勢(roll,pitch,yaw)が検出可能
- 3つアンテナを搭載したGNSSコンパスを自作し精度を検証した

器材	値段
GNSS Logger NEO-M8T × 3	4000円
Tallysman TW2400 × 3	9000円
鉄板	6000円
合計	19000円

市販のGNSSコンパスの約1/15倍の値段

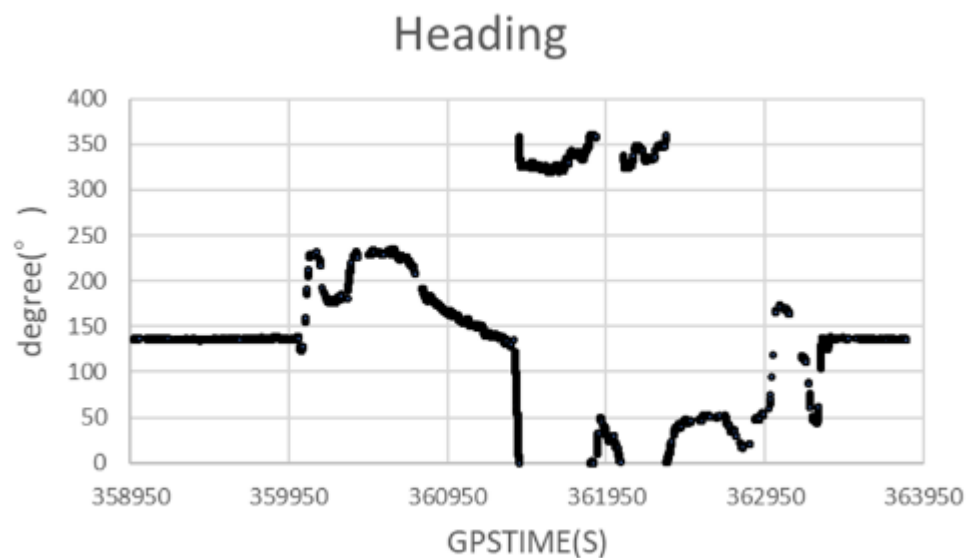
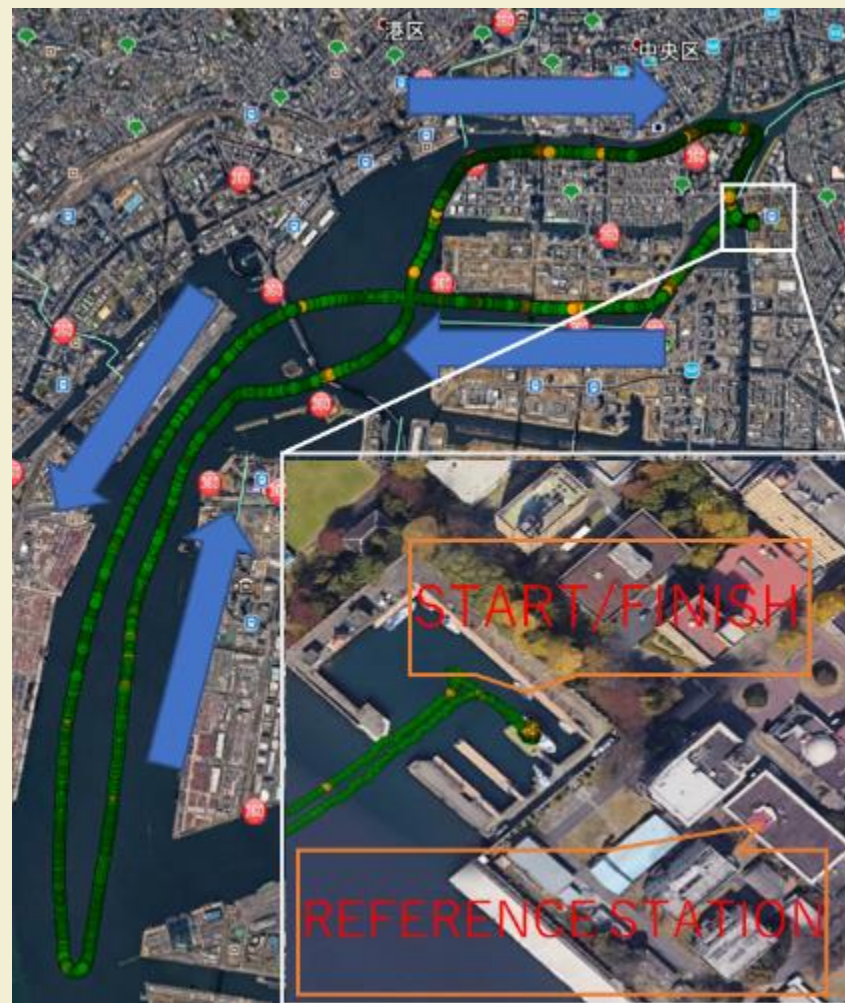


実験①

- 先程の自作コンパスをやよいに搭載し、隅田川を航行した

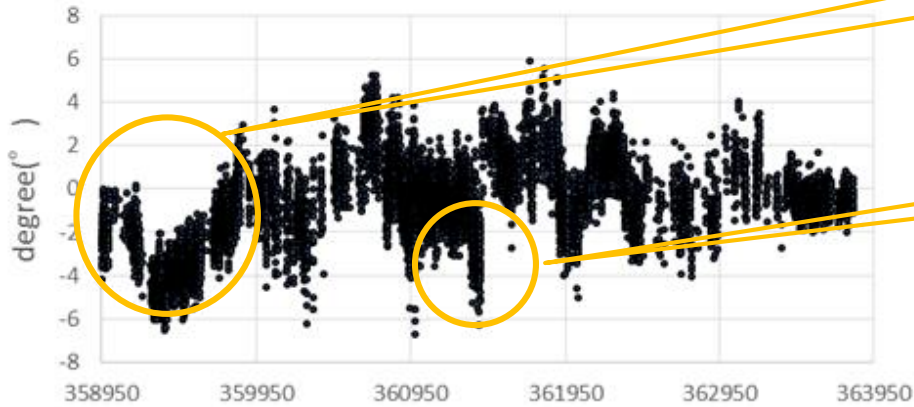
←89%の区間でRTK測位できた

↓86%の区間でGNSSコンパスによる測量ができた



実験①

Roll(+:Starboard side)

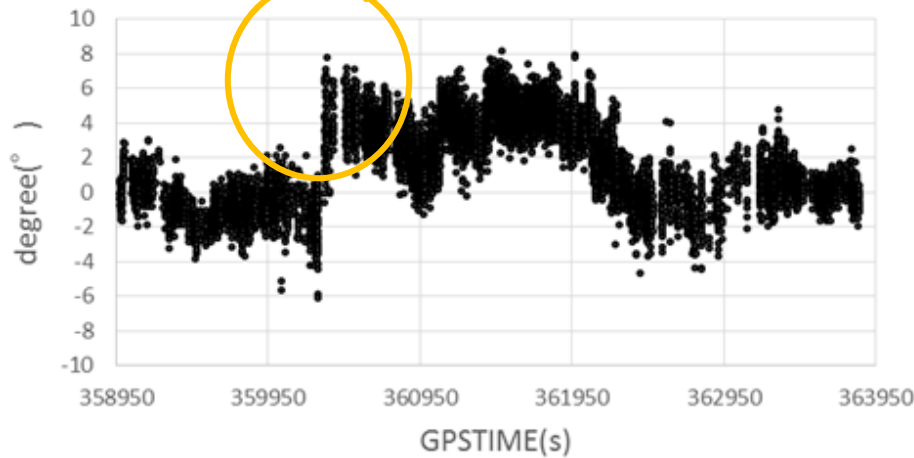


人が乗船し傾いている

右旋回に応じて外方傾斜

走り始めに船尾トリム

Pitch(+:Stern trim)



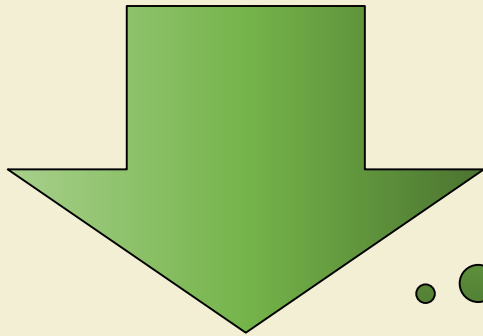
実験結果

GNSSコンパスによる
方位検出や姿勢を
モニタリングできた

GNSSコンパスの欠点

【問題点】

- ・ 橋梁下等、環境によって測位できない
- ・ 船舶で運用する際、他の器材が影になり精度が落ちる



GNSSコンパスが機能しない場合
のバックアップが必要...

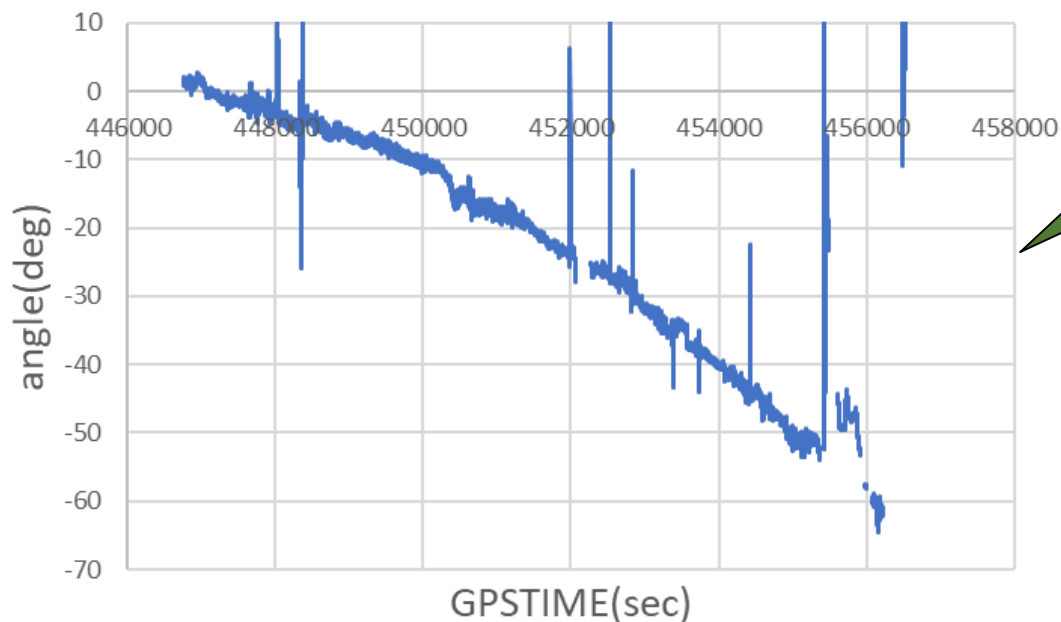
他のセンサと組み合わせる
ことで補完する

コンパスが機能してる間
も測量精度を上げる役割
を与える



IMU（慣性計測装置）

- 3軸の加速度・角速度を計測するセンサ
- yaw方向の角速度を時間積分することで船首方位を得る
- 初期方位を与える必要がある



時間が経つにつれ誤差が蓄積してしまう

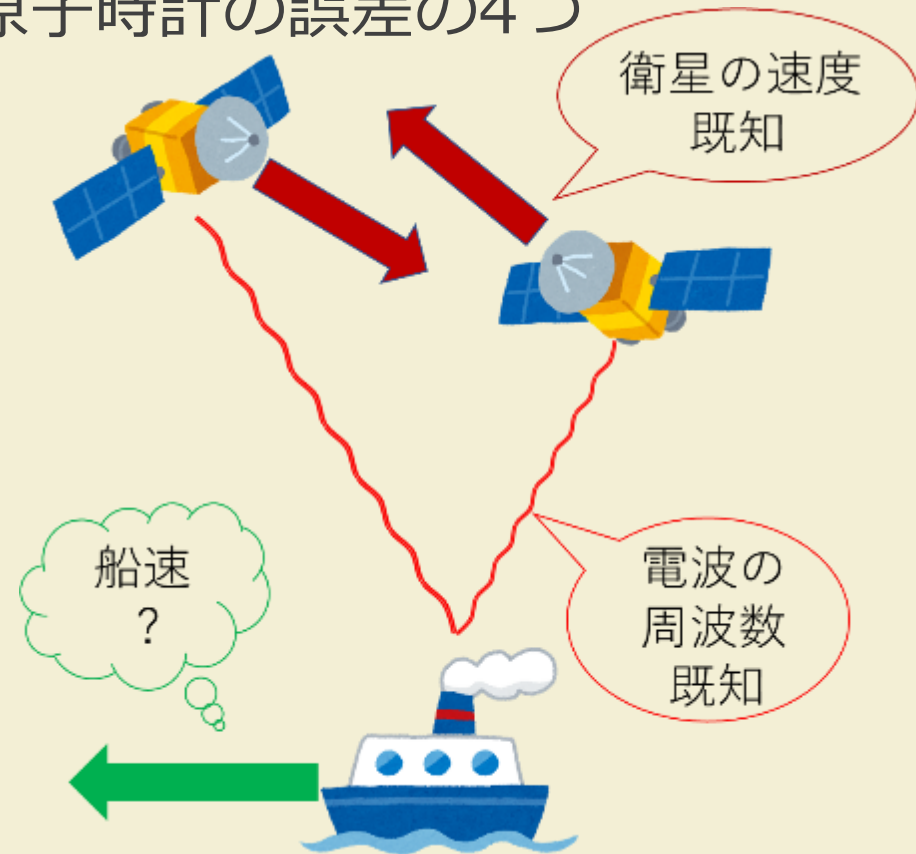


ドップラー方位

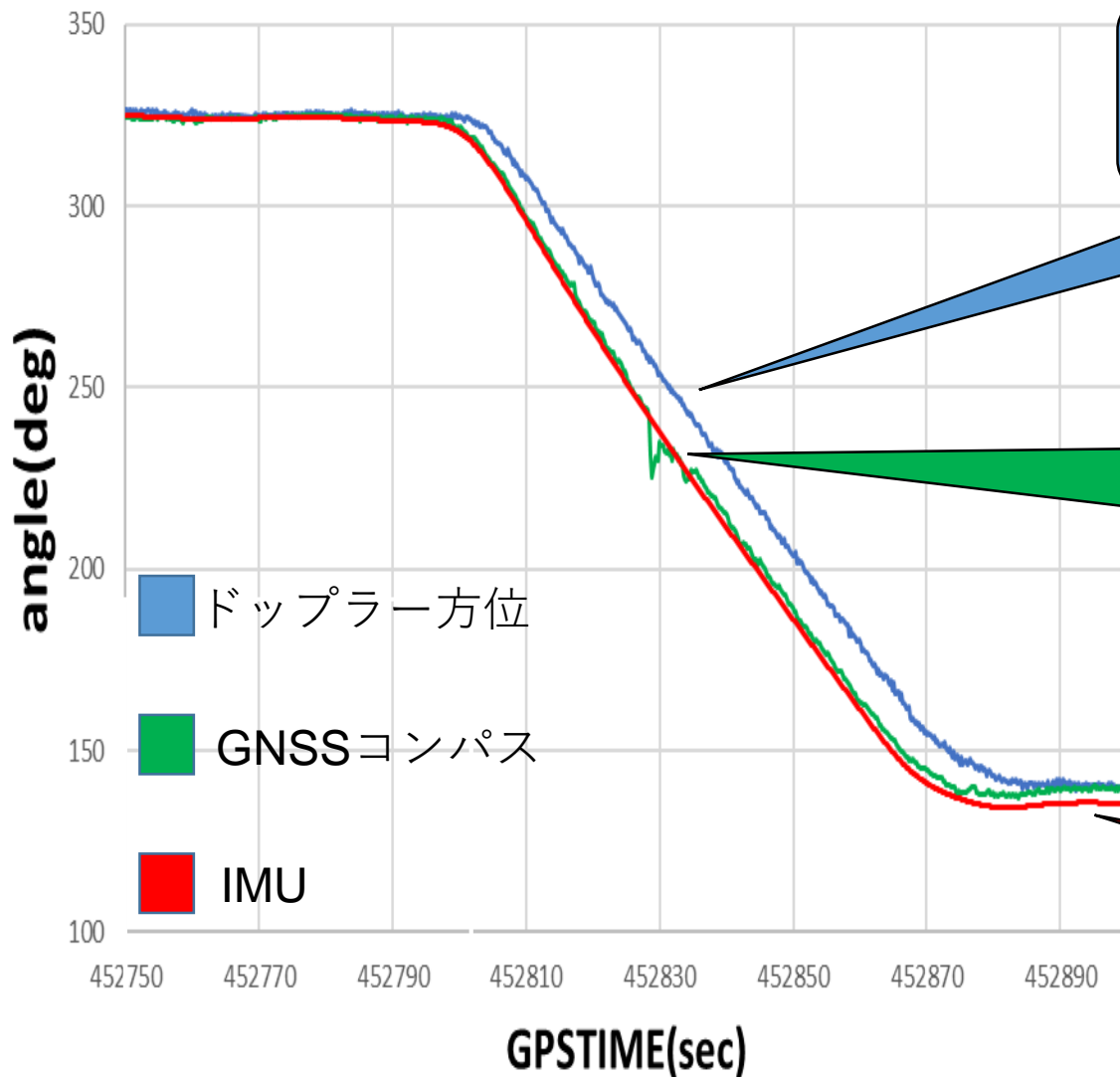
- 衛星より送られる電波と移動体とのドップラー効果で移動体の速度を計測する手法
- 未知数は3軸の速度、受信機と原子時計の誤差の4つ

衛星4つ以上で速度検出

x方向とy方向の速度が
成す角が現在の進行方位



各センサ比較



進行方位のため、船首方位と差が出る (15°)

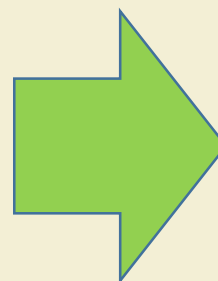
旋回により環境が変わったため、十分な精度を出せていない

時間経過につれ誤差が累積する

センサ統合

各センサーまとめ	GNSSコンパス	IMU	ドップラー方位
船首方位検出精度	○	○	×（進行方位）
利便性（検出率）	△	○	○
長時間利用	○	×	○
測位に必要な条件	オープンスカイ	初期方位	オープンスカイ 移動体の運動

- **GNSSコンパス**をベースに方位を検出
- **GNSS**の信号が途切れた際は途切れた時点での**GNSS**コンパスの値を初期値に**IMU**を利用
- **ドップラー方位**で航行時の大きな誤差を修正



100%測位！

更に**GNSS**コンパスと**IMU**のどちらも使える際に精度を向上させるためカルマンフィルターを用いる

カルマンフィルタ

- ・ 不確実な2つのセンサの値を合成することでより正確な情報を得ることができるシステム
- ・ 動的物体の状態を推定、制御することが目的

Step1 予測

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k (y_k - H_k \hat{x}_{k|k-1}) \quad \dots \text{事前状態推定}$$
$$P_{k|k} = P_{k|k-1} - K_k H_k P_{k|k-1} \quad \dots \text{事前推定誤差共分散行列}$$



現在の観測量と1ステップ前の状態予測値から、現在の状態と1ステップ先の状態予測値を与える

Step2 更新

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (I + H_k P_{k|k-1} H_k^T)^{-1} \quad \dots \text{カルマンゲイン更新}$$
$$\hat{x}_{k+1|k} = F_k \hat{x}_{k|k} \quad \dots \text{状態推定更新}$$
$$P_{k+1|k} = F_k P_{k|k} F_k^T + \sigma_w^2 / \sigma_v^2 \Lambda \quad \dots \text{誤差共分散行列更新}$$

カルマンフィルタ

・二つの特性が異なるセンサーの計測値を y_1, y_2 とした時、計測値には真の値 z に誤差 e が乗っており、以下のように表すことができる

$$y_1 = z + e_1 \quad (\text{IMU})$$

$$e_1 = \mu + \beta \quad (\text{IMUのバイアス+ノイズ})$$

$$y_2 = z + e_2 \quad (\text{GNSSコンパス})$$

y_1 と y_2 の差分をとることで、誤差成分のみを取り出すことができる

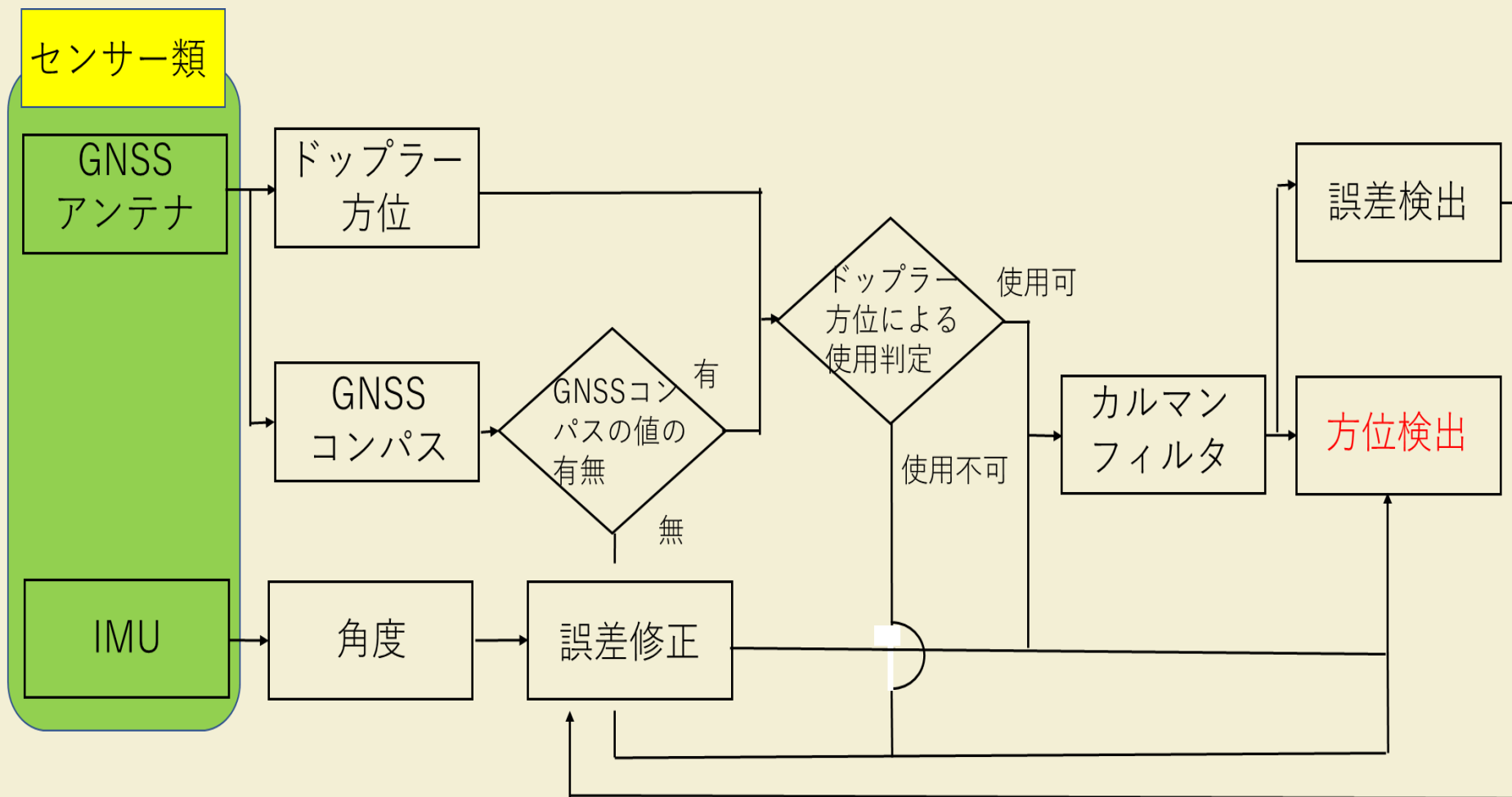
$$y = y_1 - y_2 = \mu + \beta - e_2$$

誤差成分 y ：入力、 \hat{e}_1 ：出力とする
カルマンフィルタを設計することで
IMUの誤差を推測できる



真の値 z を高精度
で推定が出来る

センサ統合アルゴリズム



※ドップラー方位とGNSSコンパスの差が15度以上の際使用しない

実験②

- 汐路丸にGNSSコンパスとIMUを搭載して航行した

↓IMU



↑GNSS
コンパス

器材

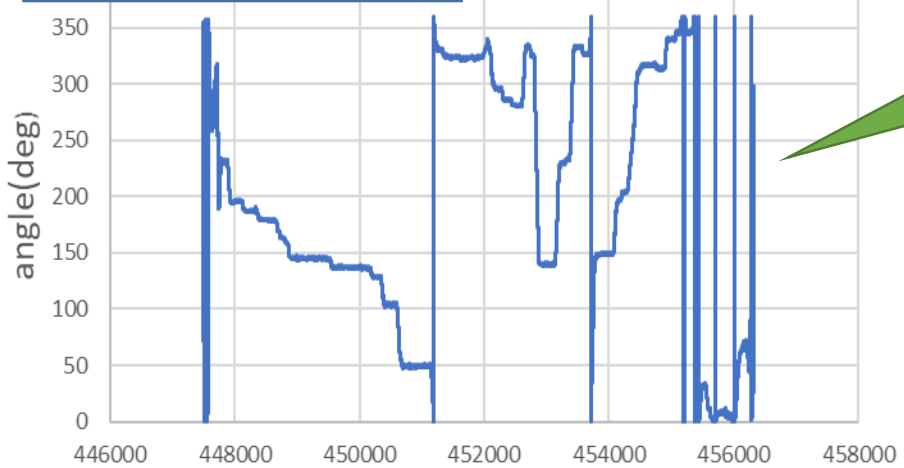
IMU

GNSS Logger NEO-
M8T × 3

Tallysman TW2400
× 3

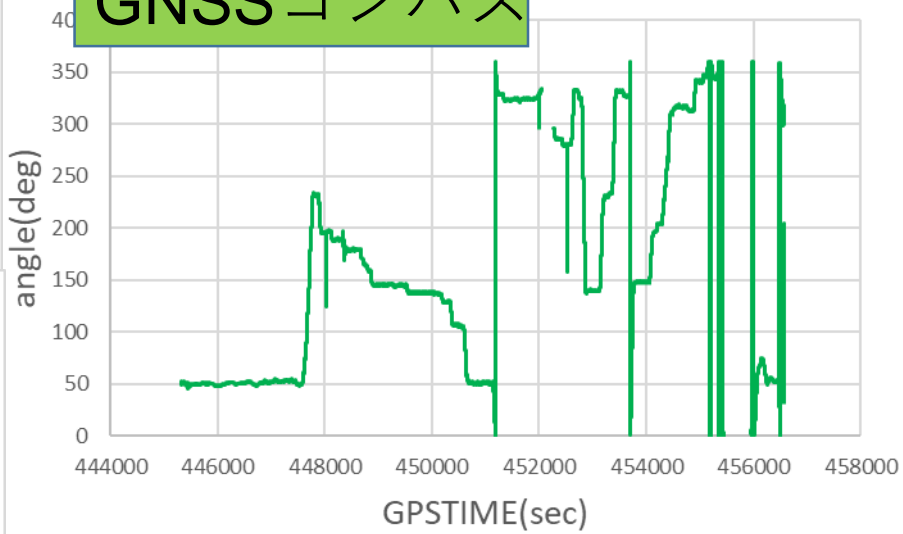
実験結果

ドップラー方位

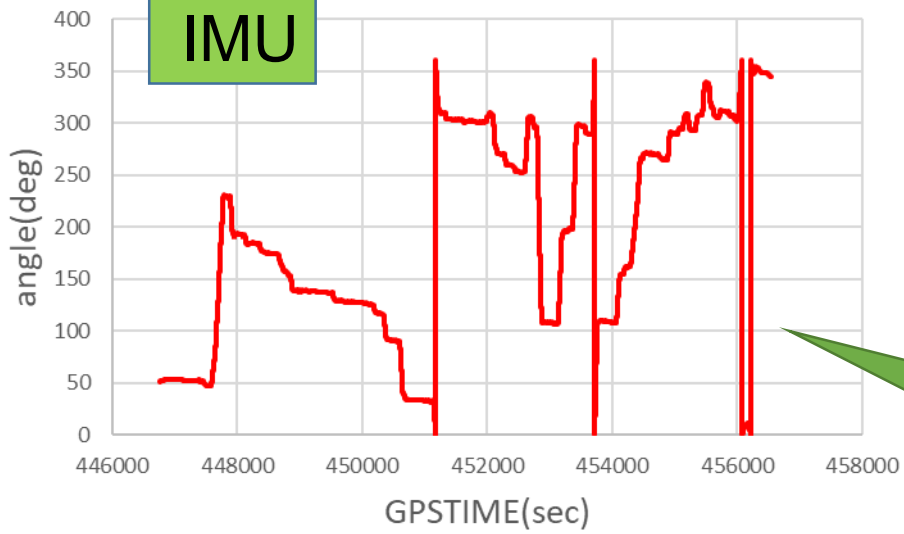


停泊時は速度がないため方位が検出できない

GNSSコンパス

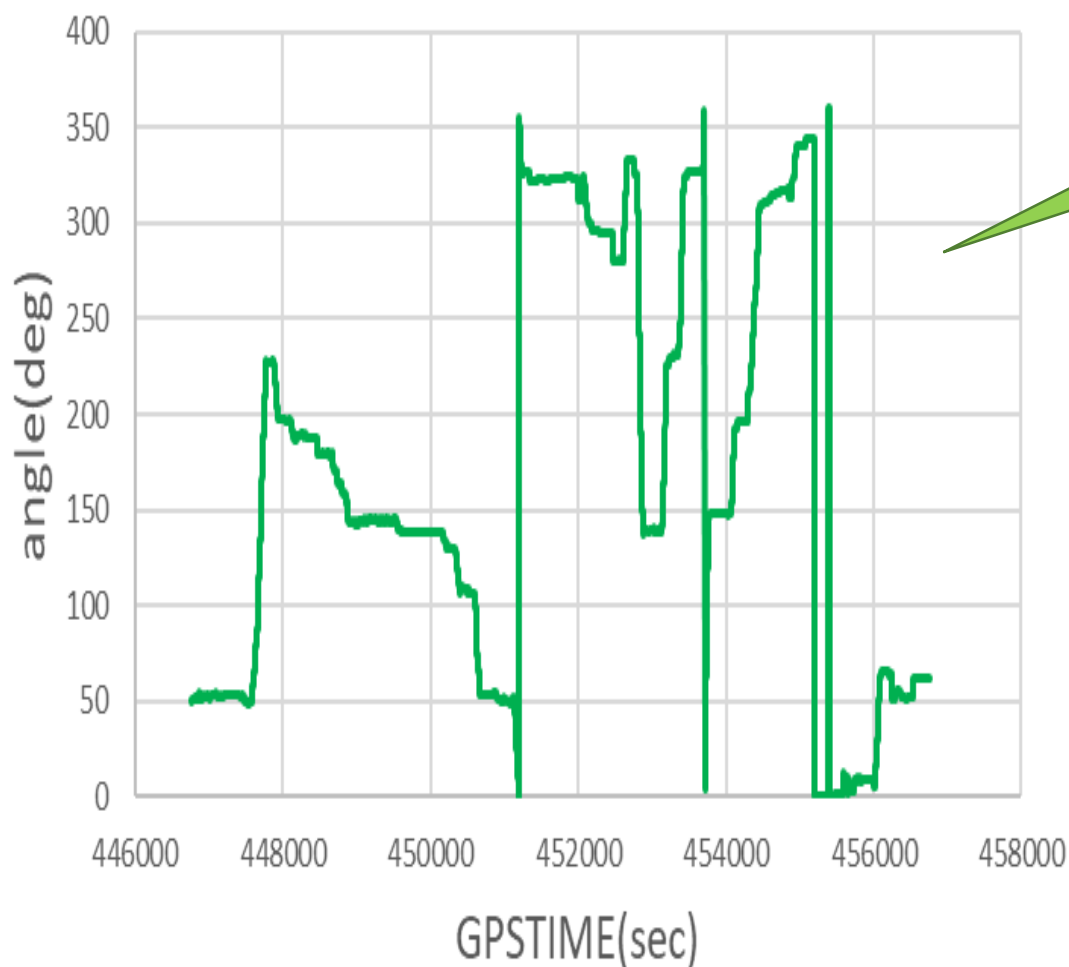


IMU



時間が経つにつれ徐々に角度の値が減少している

実験結果



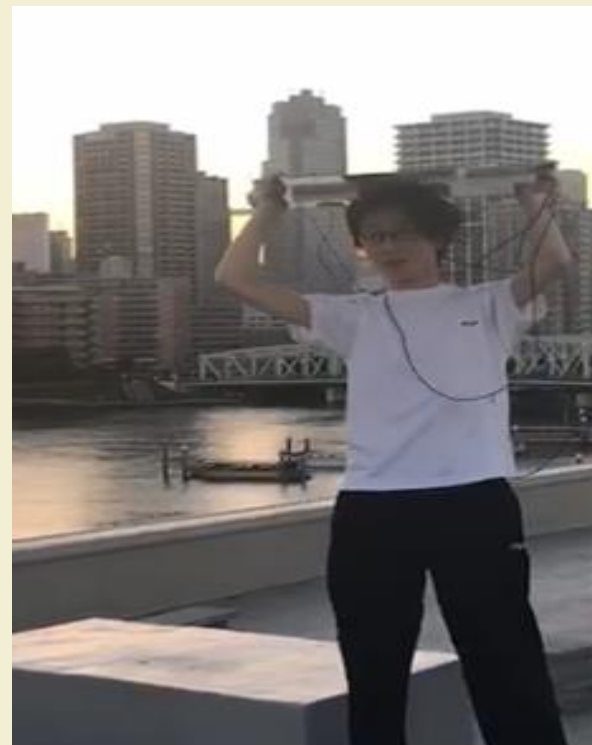
100%測量!

実験結果

- ・ 悪環境でのGNSSコンパス単体の精度が分かった。
- ・ GNSSコンパスと他のセンサの統合により、それぞれのセンサの長所を活かした方位検出で精度の向上が確認できた。

まとめと今後の取り組み

- GNSSコンパスは環境が良ければ単独でもとてもよい精度が出る
- 悪環境下でも、他のセンサと組み合わせることで十分に運用可能
- 今後は準天頂衛星の補正データの活用するなど、ソフトを改良して安全航行に生かしたい



Thank you For Listening!!

