

船舶での高精度位置決定に 関する研究

海事システム工学科
航海システムコース4年
矢野 翔太郎

発表内容

- ◎ 背景と目的
- ◎ RTK測位について
- ◎ 実験概要
- ◎ 実験結果
- ◎ 結論

研究背景①

- 現在、船舶ではGPSを多用している。
- 一般的な航行には高精度な位置決定はそれほど必要とされていない。
- だが、精密な航行を行う必要がある場合(浚渫や測量等)は高精度な測位が必要となる。

- RTK測位は非常に高精度な位置測位が可能。(数cmオーダー)
- だが、基線長が長くなるにつれて測位率が低下するという短所を持っている。
- 海洋ではこれといった解決策がまだない。

研究背景②



- ◎ **短基線**：電離層・対流圏による遅延は無視できる。
- ◎ **中基線**：対流圏遅延は無視できるが、電離層による遅延は補正が必要となる。
- ◎ **長基線**：電離層・対流圏ともに遅延を補正する必要がある。

研究目的

- ◎ **中基線RTK測位における補正方法の基礎研究**
 - 海洋大と横浜までのデータで、補正できるか確認することで、応用範囲を広げられるのでは。
- ◎ **中基線RTK測位において、誤差を支配している要因の確認**
 - 他にも対流圏遅延などが考えられる中で、中基線で支配的と言われている**電離層遅延の補正により**どこまで精度が改善されるか。

RTK測位について①

- ◎ 単独測位やDGPSでは電波のコードを使い、衛星との距離を測っている。
- ◎ 一方、RTKにおいては搬送波の位相によって距離を測定する。
- ◎ GPSで使用されているL1帯の周波数は1575.42MHzであるため、一波長は約19cm→その1/100程度の測距性能
- ◎ つまり、波長を単位として距離に換算可能。

RTK測位について②

- ある受信機で受信した衛星の搬送波位相観測値 $\varphi(m)$ は

$$\varphi = \rho + c(dt - dT) - I + T + \lambda N + \varepsilon \quad -①$$

ρ :衛星受信機間の真の距離(m) c :光速(m/s) dt, dT :受信機,衛星時計誤差(s)

I, T :電離層,対流圏遅延(m) λ :搬送波波長(m) N :搬送波アンビギュイティ ε :その他の誤差(m)

- また、2つの受信機 u, r でほぼ同時に測定した衛星 a, b の搬送波二重位相差は

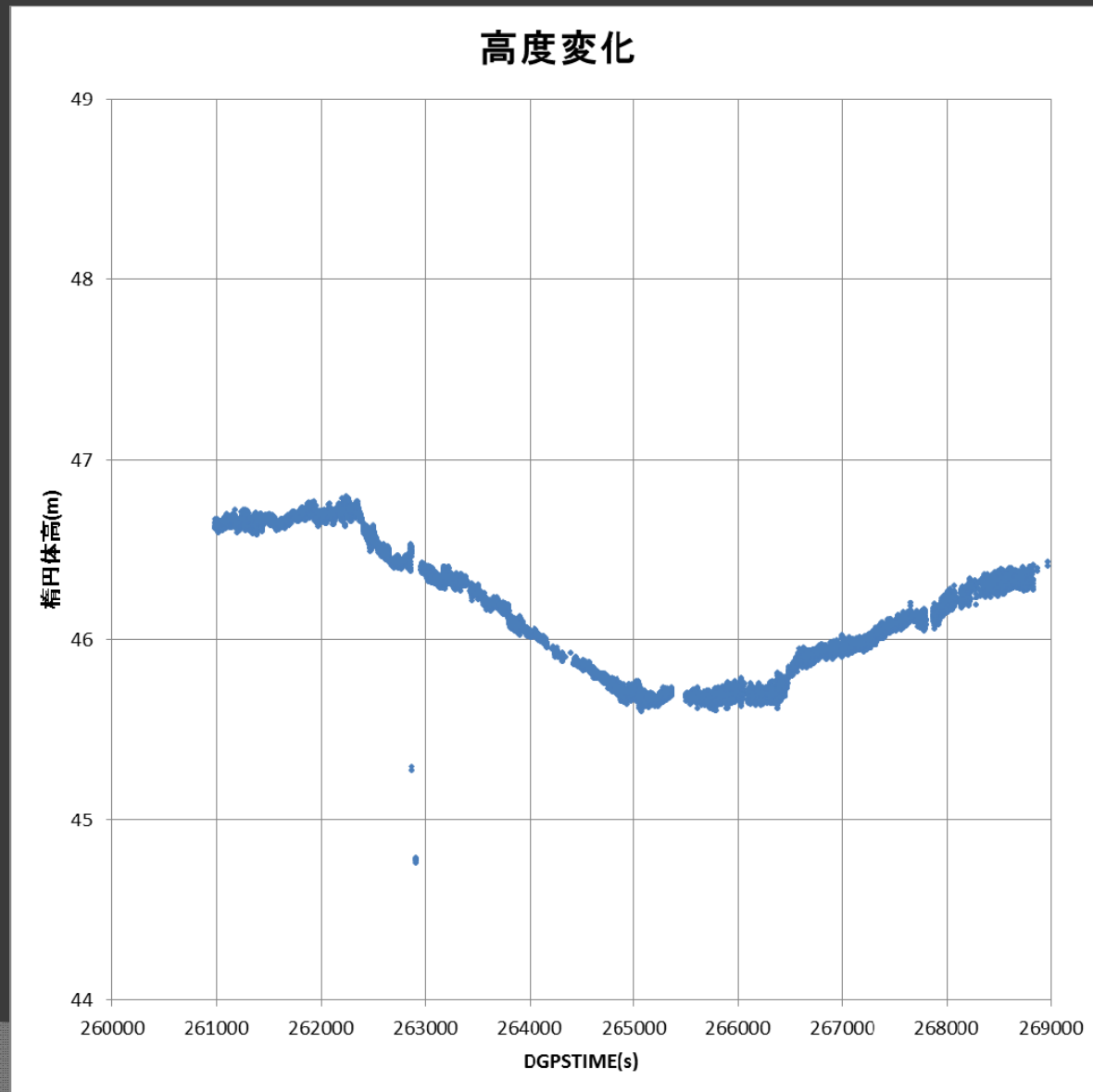
$$\varphi_{ur}^{ab} = (\varphi_u^a - \varphi_u^b) - (\varphi_r^a - \varphi_r^b) \quad -②$$

- ②式に①式を代入して展開し、短基線であると考えると、搬送波二重位相差の観測方程式は

$$\varphi_{ur}^{ab} = \rho_{ur}^{ab} + \lambda N_{ur}^{ab} + \varepsilon_{ur}^{ab} \quad -③$$

と表せる。

RTK測位について③



- ◎ 左図は航行時の高度変化グラフである。
- ◎ このグラフからもRTK測位が高精度であることが読み取れる。

実験概要①

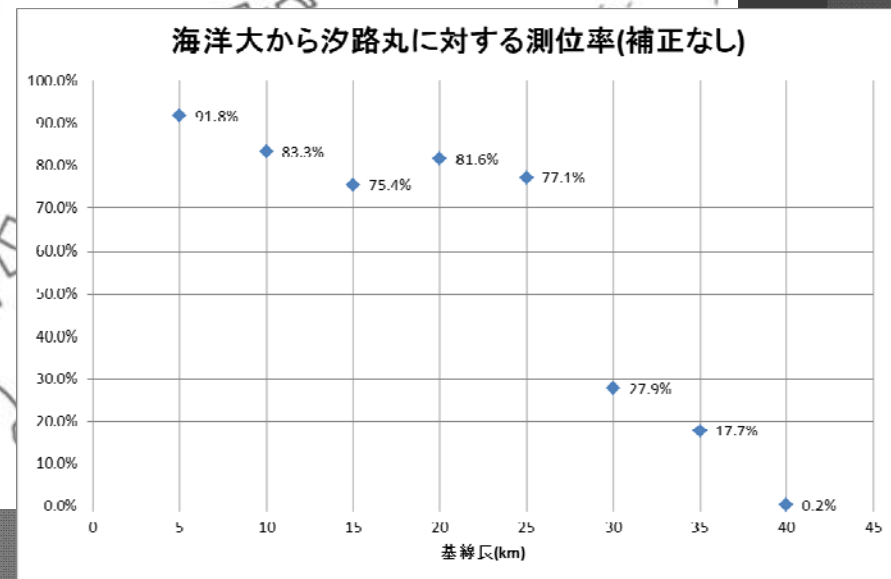
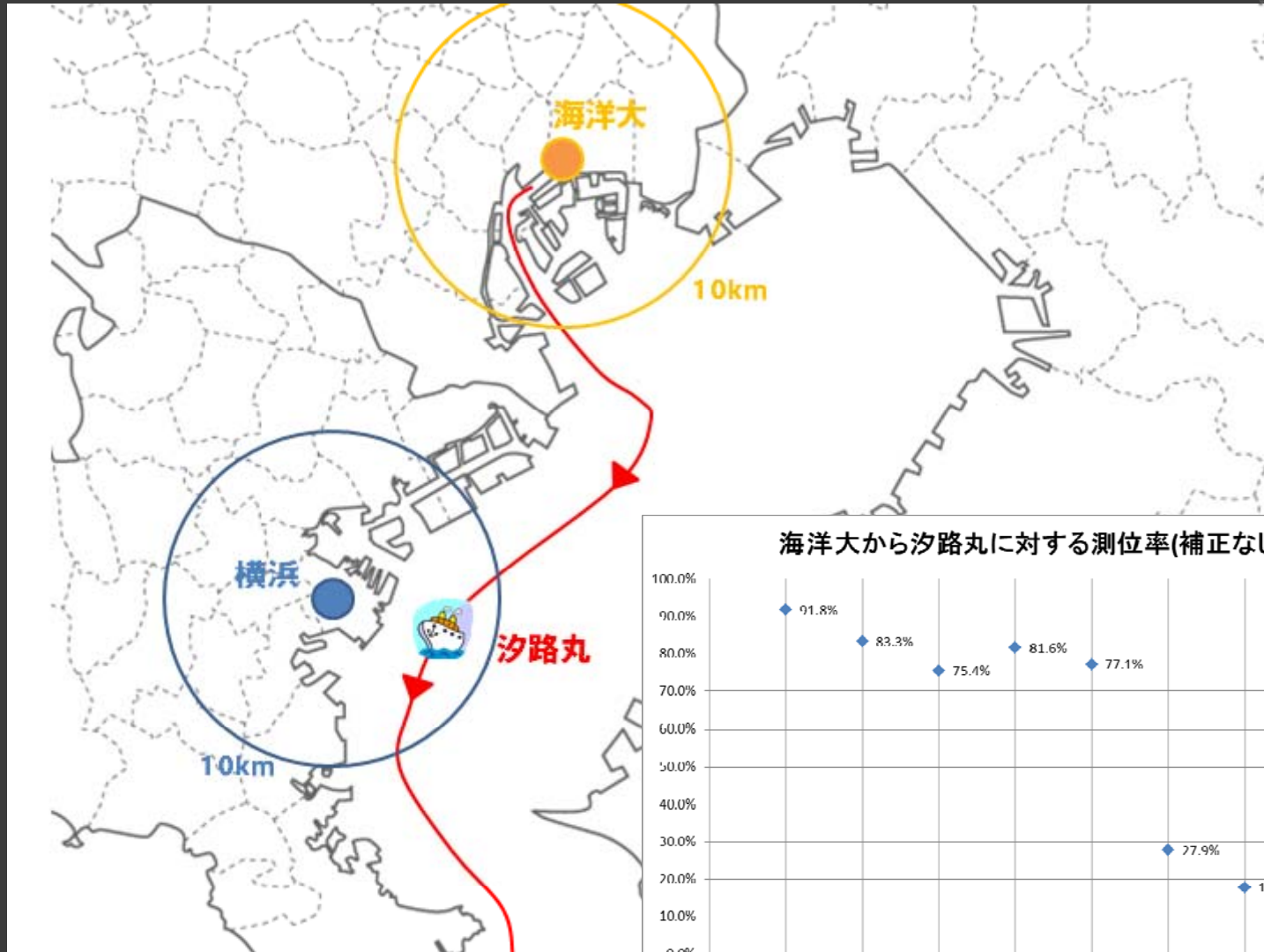
- ◎ 補正元として、航行中の汐路丸において勝どき桟橋から館山湾仮泊地まで測位したデータを使用。
- ◎ アンテナは汐路丸コンパスデッキ右舷側に設置した。
- ◎ 解析対象日時は2012年10月10日09:30～12:30 (JST)となっている。



実験概要②

- ◎ また、基準局としては本学越中島キャンパス第4実験棟屋上にアンテナを設置した。
(以下「**海洋大**」と記す)
- ◎ さらに、補正のための電離層遅延を算出するため、国土地理院が運用している電子基準点「横浜」を利用した。(以下「**横浜**」と記す)
- ◎ 海洋大、横浜の精密な位置は**既知**である。

実験概要③



実験概要④

- ④ まず、海洋大と横浜間において二重位相差の電離層遅延量 I を求めた。
- ④ この2点間の基線長は28km程度と長めであり、先ほどの③式に I が無視できずに残る。

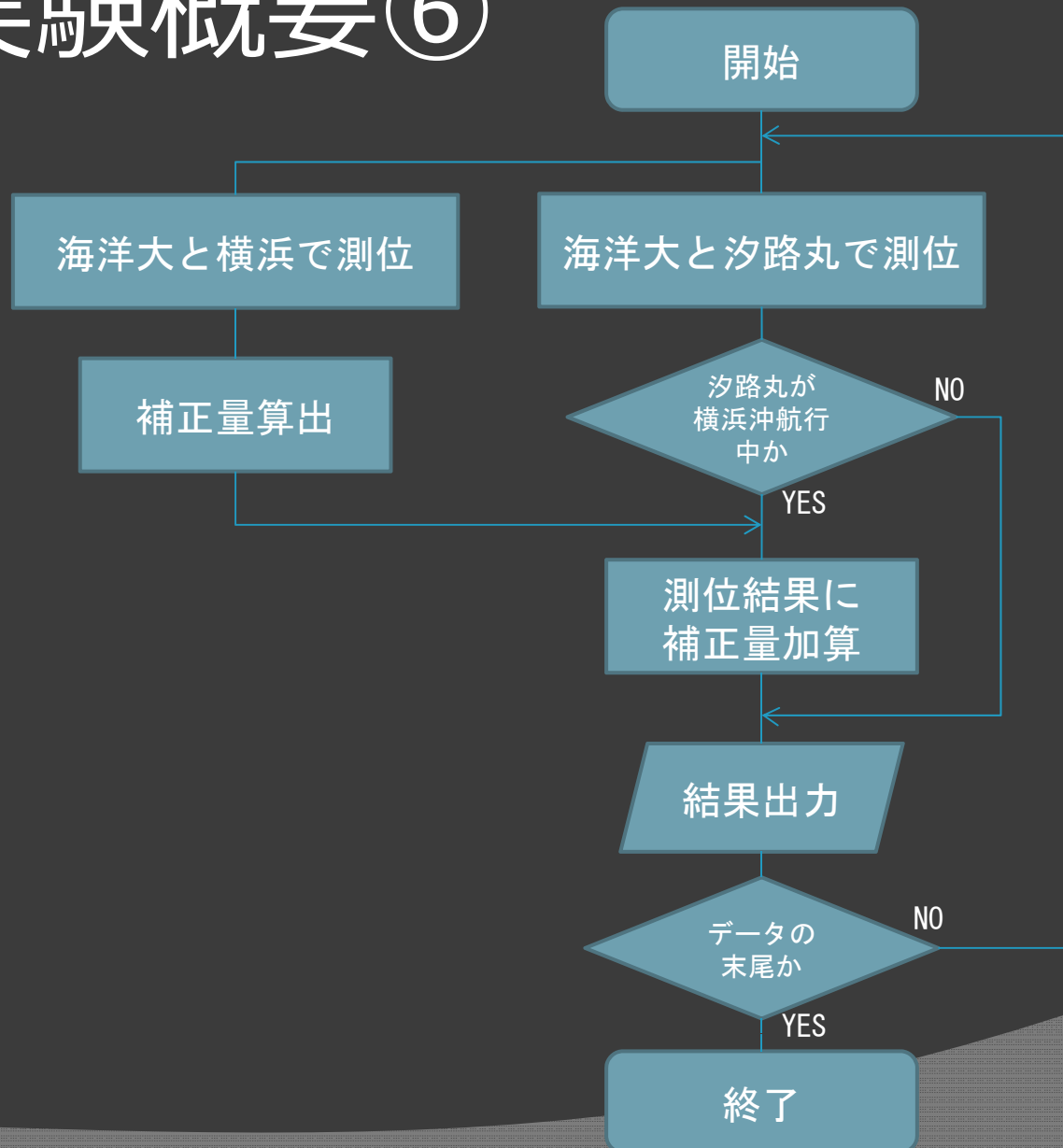
$$\varphi_{ur}^{ab} = \rho_{ur}^{ab} + \lambda N_{ur}^{ab} + \varepsilon_{ur}^{ab} - I_{ur}^{ab}$$

- ④ 真の距離 ρ とアンビギュイティ N は既知のため、真の距離 ρ から N を引くことで I が求まる。

実験概要⑤

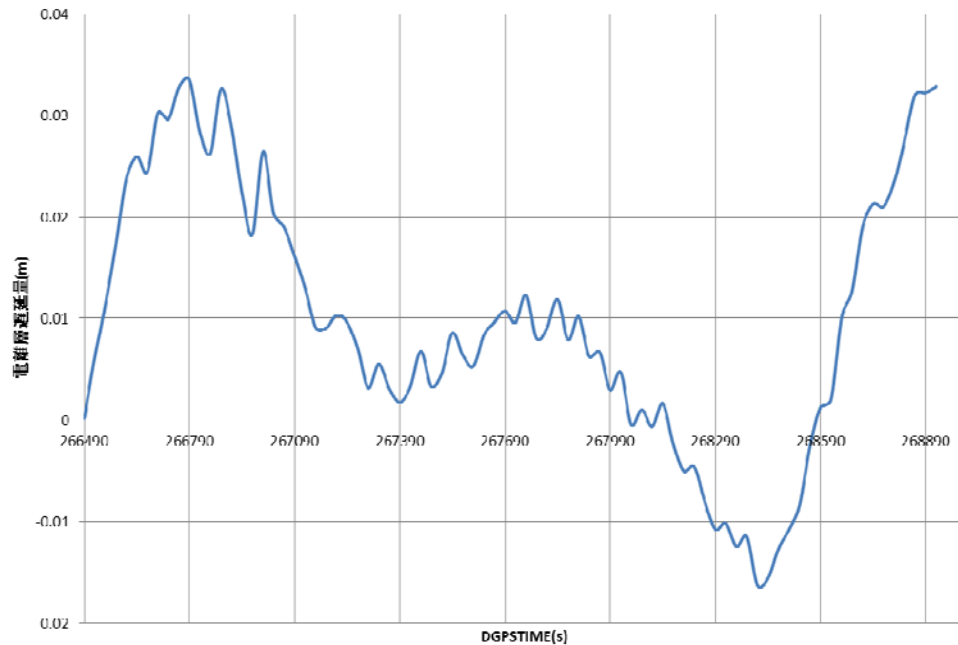
- 海洋大・横浜間で求めた I は、沖を航行している汐路丸でも横浜局との基線長が10km以内程度のため、**同様だと仮定**した。
- 海洋大・汐路丸間でRTK測位を行い、補正の I を加えない場合と加えた場合で比較した。
- I を加えた時間は、汐路丸が横浜沖を航行した11:00～11:40のみである。
- 電子基準点は30秒毎のデータしか提供されていないため、海洋大・横浜間の測位は30秒毎となっている。
- 海洋大・汐路丸間は2 Hzで測位を行ったため、**補正量は30秒更新**である。

実験概要⑥



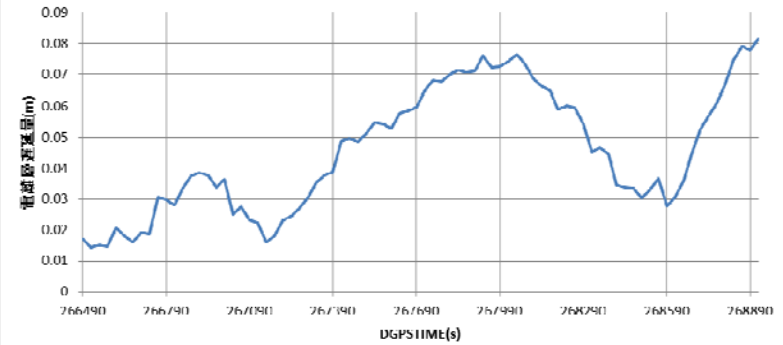
実験概要⑦

二重位相差電離層遅延量(1番衛星)

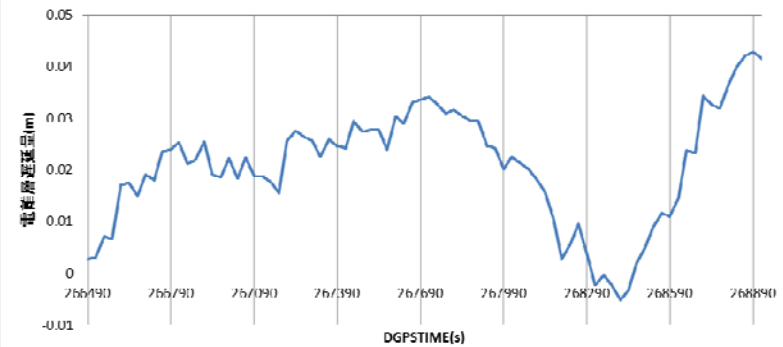


- ◎ 中基線のため、電離層遅延量は概ね数cm程度である。

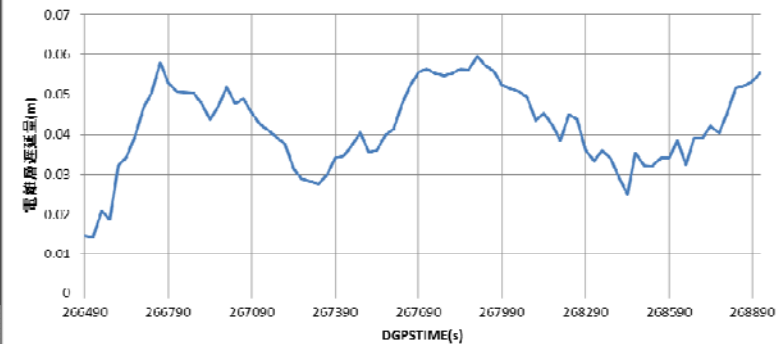
3番衛星



7番衛星

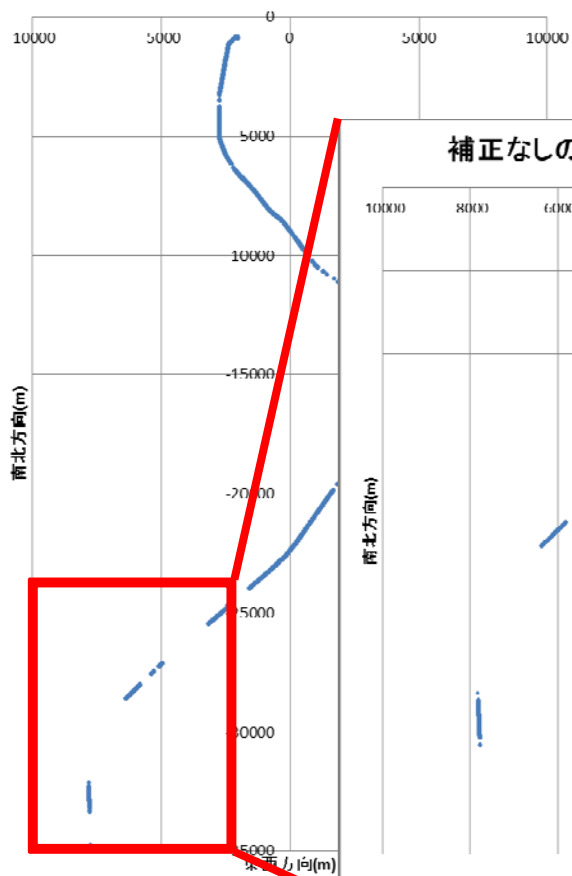


8番衛星

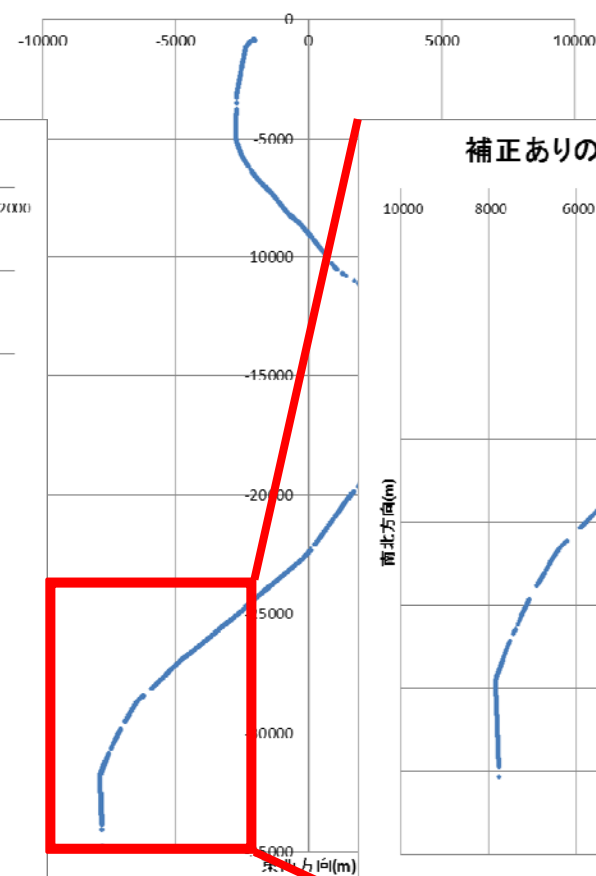


実験結果①

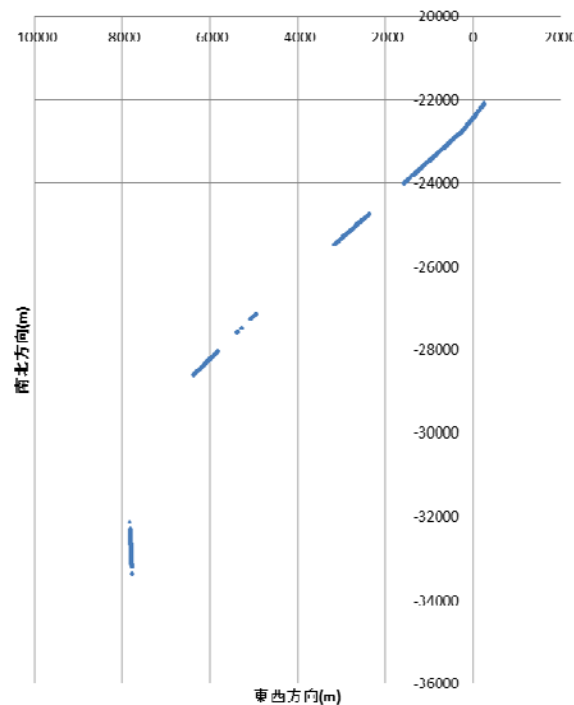
補正なしの場合(水平方向全体)



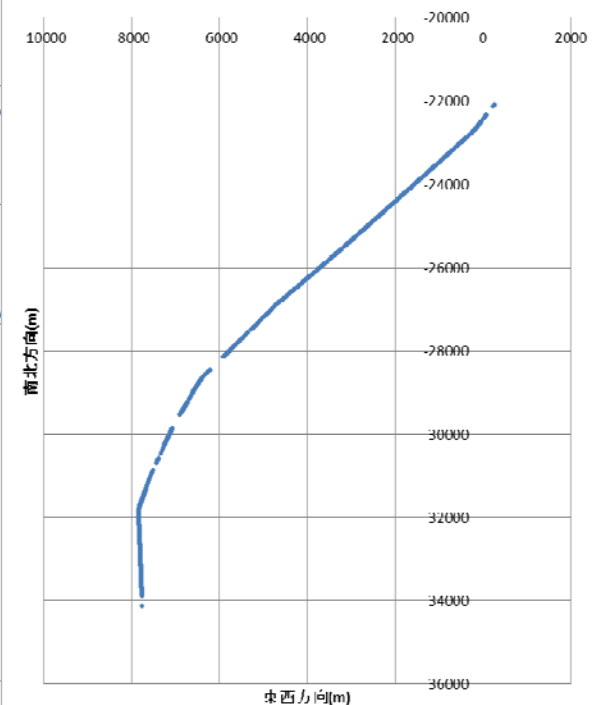
補正ありの場合(水平方向全体)



補正なしの場合(水平方向部分)

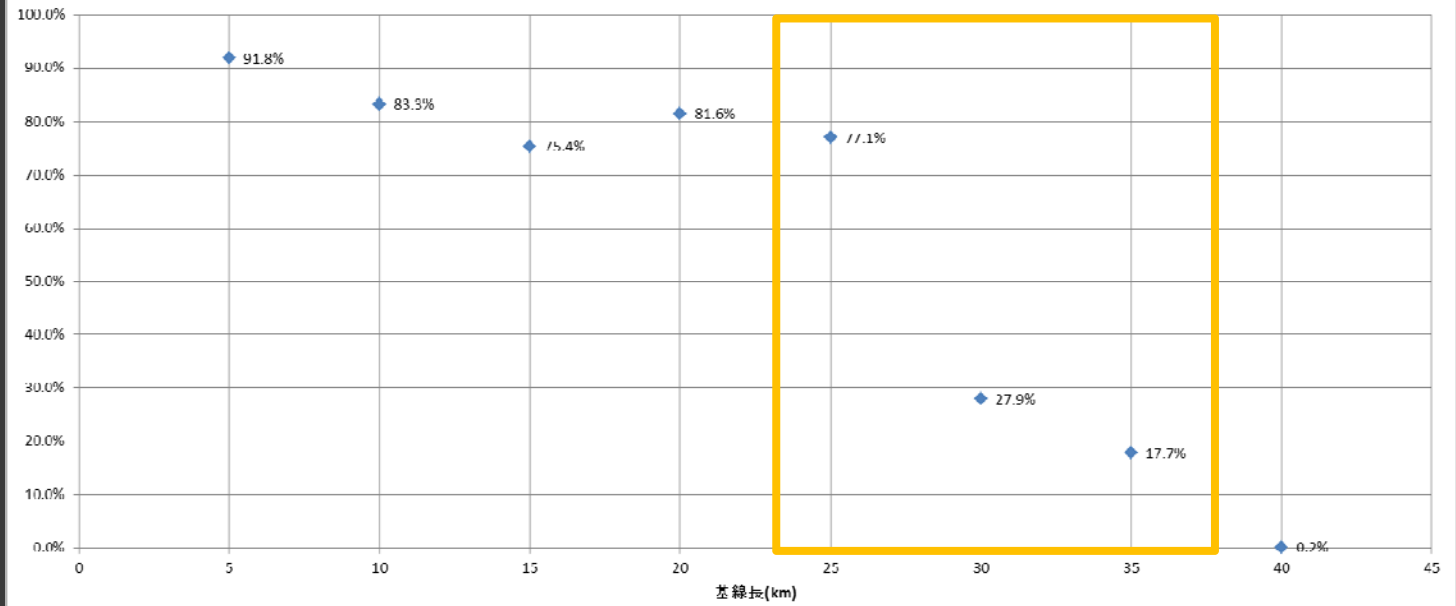


補正ありの場合(水平方向部分)

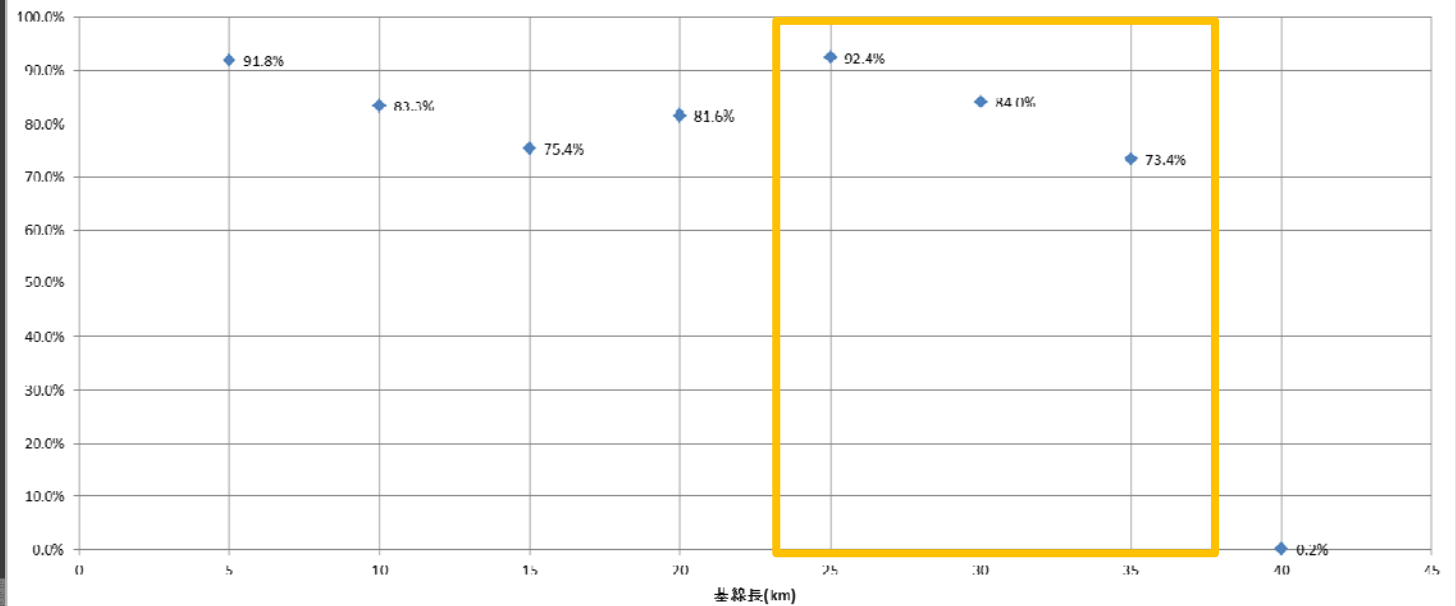


実験結果②

海洋大から汐路丸に対する測位率(補正なし)



海洋大から汐路丸に対する測位率(補正あり)



結論①

- 測位率は右下の表の通り、違いが顕著に現れた。
- 30秒毎の補正量であっても、十分な補正は可能。
- また、補正後の測位状況から見ても、誤差は電離層が支配的だということが分かる。

測位率	補正なし	補正あり
全体 (3時間)	71.57%	82.98%
補正部分 (40分)	33.84%	81.26%

結論②

- 基準局から他の船舶をこの実験での横浜に見立てて電離層遅延量を求め、さらに遠い複数の船舶に対する補正量としても使えるのではないか。
- また、電離層遅延量を求めた状態でさらに沖のブイの高度変化を計測することで津波等の早期探知も可能ではないかと考える。

ご清聴ありがとうございました。