

海上における高精度単独測位の 精度評価

齊藤詠子(東京海洋大学)

久保信明(東京海洋大学)

霜田一将(航海訓練所)

Contents

- 研究の背景
- 目的
- 精度評価項目
- 実験概要
- 評価結果
- 考察
- まとめ

研究の背景

- ・高精度単独測位(PPP : Precise Point Positioning)

精密衛星軌道、時計、搬送波位相を用いた精密測位
基準局が不要

- ・海上での衛星測位とその利用

現在、海上ではDGPSがより高精度な位置情報を提供

GPSの位置情報や船速を用いた航海計器により、避航操船や状
況認識に活用

(レーダ、自動衝突予防援助装置、船舶自動識別装置)

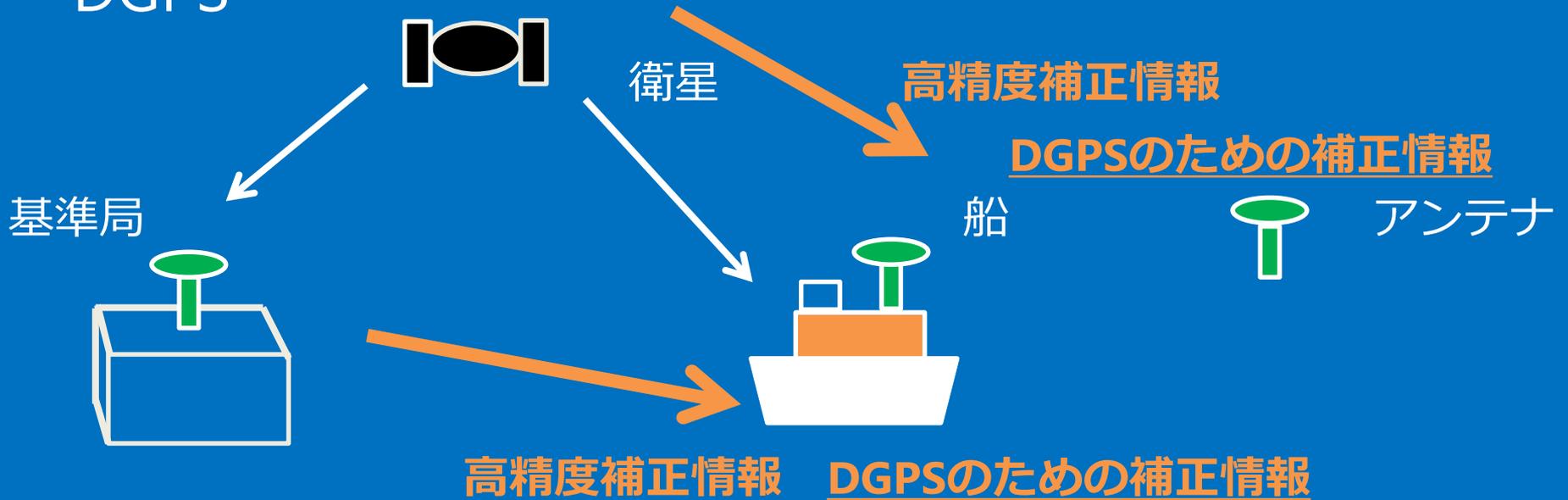


海上で高精度な位置情報を提供しているDGPSとPPPの違いは?

海上におけるPPPの期待は?

DGPSとPPPの比較

・ DGPS



・ PPP



海上におけるPPPの期待

- ・船舶運航

離着陸操船、狭水道や内海航行時の避航操船

- ・海洋開発

海洋掘削時、上空から精密位置を提供

- ・環境モニタリング

海水温度、集中豪雨予測

- ・防災対策

津波探知、地震予測

- ・その他

離島の監視、遠洋上を航行する船舶の監視

実船を用いた海上における研究は、極めて少ない

目的

海上におけるPPPの精度評価を目的とする



- ・ 陸上(静止時)において、RTKとの差
- ・ 海上(錨泊時)において、2つのPPPの差(遠洋での活用を想定)

リアルタイムのデータを使用

錨泊時:

港内や港外の安全な水域に錨をおろして停泊すること

風や潮流の影響で上下左右に振れまわり、船速は1ノット(0.5m/s)以下

航行時:

船舶が錨泊をし、陸岸に係留をし、又は乗り揚げていない状態(海上衝突予防法第3条第9項)

船速は1ノット以上

海上においては錨泊時と航行時に分けて精度評価を行うこととする

本研究では、錨泊時の精度評価

精度評価項目

- 評価対象とした高精度補正情報生成手段

①MADOCA : Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis

準天頂衛星(QZSS)のLEX(Lバンド実験)信号を用いたPPPの高精度補正情報で、インターネットにより取得可能

②現状のコマーシャル補正情報

専用の静止衛星を用いて補正情報を送る方法

精度評価項目

(1)PPPとしての測位が行われた割合(%)

(2)**収束後の標準偏差及び平均値(cm)** **陸上のみ:**

- ・真値は**RTK解**より算出
- ・**国土地理院F3解**を用いて、**2014年12月14日**に計算

(3)収束時間(分) **陸上のみ:**

- ・真値との差が**30cm以内**に収束するまでに要する時間
バイアスを含まない
- ・2度の測位実験の平均値から算出

(4)専用の衛星の搬送波対雑音比(dB)

実験概要

| | |
|---------------|------------------------------------|
| 使用受信機 | MADOCA:A社 コマーシャル:B社 |
| 使用アンテナ | 陸上:C社 海上:B社 |
| 使用解析ソフト | MADOCA:RTKLIB2.4.2 p11 |
| | コマーシャル:B社出力データ |
| 測定値モデル:MADOCA | 衛星エフェメリス及びクロック誤差 |
| | 電離層フリー結合・estimateZTD |
| | phase wind-up・衛星アンテナ偏差 |
| | 衛星アンテナ位相中心・固体地球潮汐 |
| | 受信アンテナ位相中心 |
| | 地球の影に入るGPS Block II Aの除外 |
| | Code/Carrier-Phase Errorは1000.0とした |
| 測定値モデル:コマーシャル | 不明 |

実験概要

実験1 陸上(静止状態)

場所:東京海洋大学越中島キャンパス第四実験棟屋上

①MADOCA補正情報のインターネットによる取得

2015年2月12日 13:49~17:49 (JST)

②現状のコマーシャル補正情報

2015年4月8日 11:18~15:18 (JST)

実験2 海上(錨泊状態)

船舶・海域:大成丸(航海訓練所附属練習船)・燧灘(四国沖)

①MADOCA・コマーシャル補正情報

2015年2月23日 10:00~14:00 (JST)

・大成丸要目

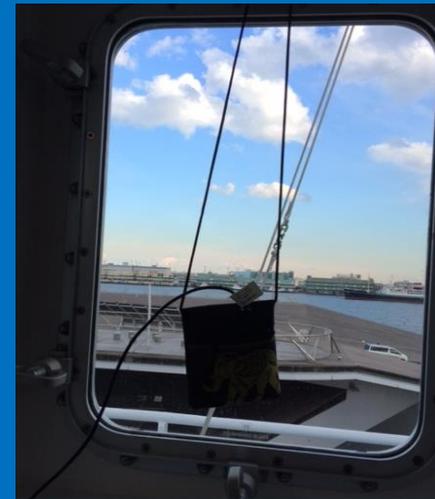
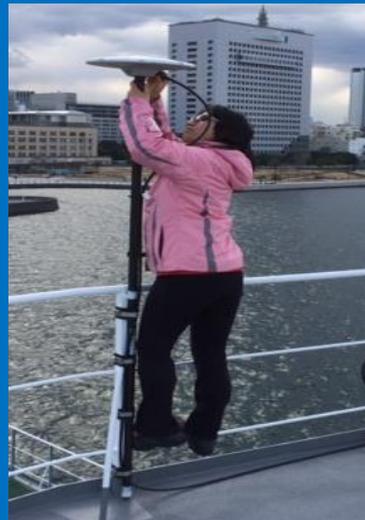
総トン数:3990トン 全長:91.28m 航海速力:14.5ノット

実験風景

実験1 陸上(静止状態)



実験2 海上(錨泊状態)



評価結果 実験1 陸上(静止状態)

(1)PPPとして測位が行われた割合はいずれも100%

(2)①**収束後の真値とMADOCAの差**

| | 緯度差 | 経度差 | 高さの差 |
|------|------|-----|------|
| 標準偏差 | 4.3 | 7.1 | 6 |
| 平均値 | -1.3 | 3.8 | 18 |

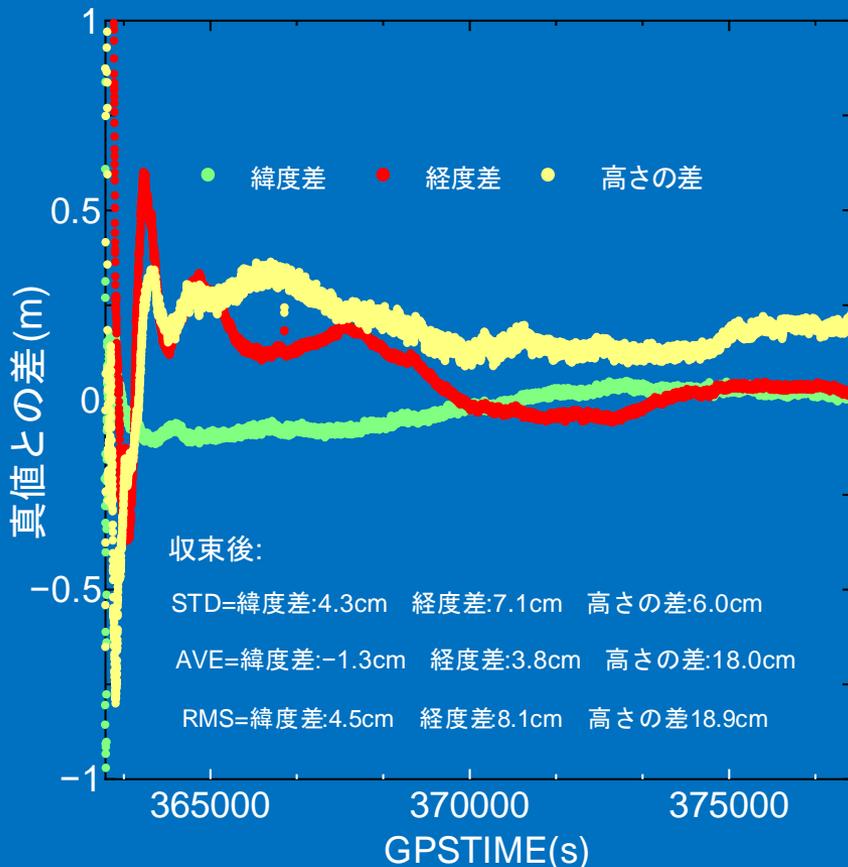
②**収束後の真値と現状の商業補正情報との差**

| | 緯度差 | 経度差 | 高さの差 |
|------|------|------|------|
| 標準偏差 | 0.3 | 0.5 | 1.1 |
| 平均値 | 20.6 | 19.5 | 7.8 |

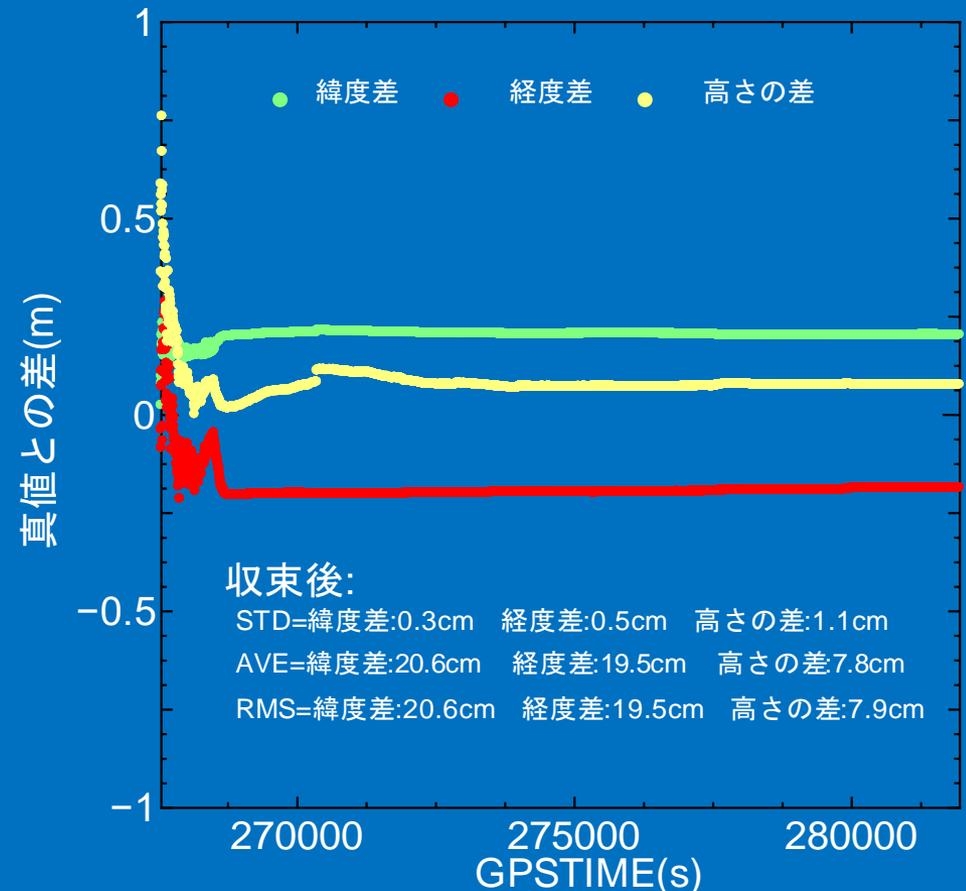
真値との差

MADOCAは差が1m以内のみ算出

① 真値とMADOCAとの差



② 真値と現状の商業補正情報との差



評価結果 実験1 陸上(静止状態)

(3)収束時間

①MADOCA補正情報のインターネットによる取得

2015年1月28日 13:04~18:59 (JST) 40分

2015年3月30日 13:13~18:22 (JST) 52分

よって、収束時間は**46分**

②現状のコマーシャル補正情報

2015年4月7日 09:15~11:16 (JST) 27分

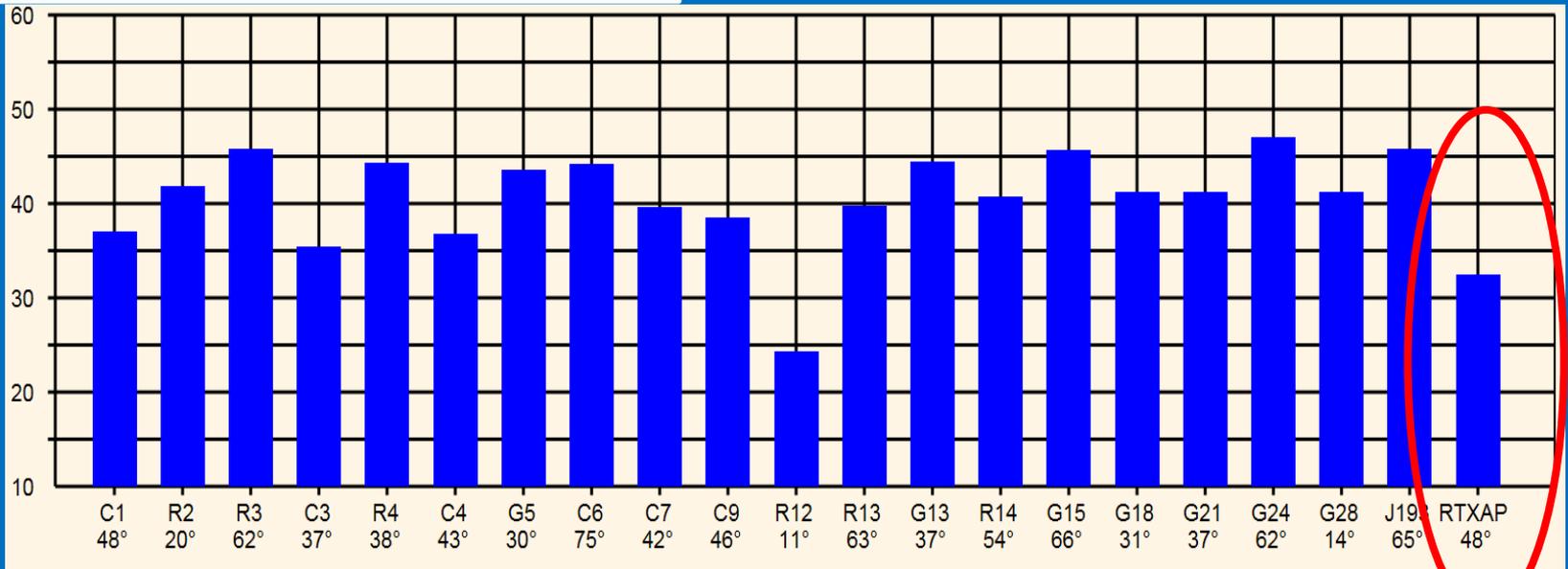
2015年4月7日 11:35~13:29 (JST) 25分

よって、収束時間は**26分**

評価結果 実験1 陸上(静止状態)

(4)搬送波対雑音比

各衛星におけるL1帯の搬送波対雑音比(dBHz)



各衛星番号(G:GPS R:GLONASS C:Beidou J:GZSS RTXAP:専用の衛星)
仰角(° :Deg)

専用の静止衛星:仰角=48度 方位角=173度

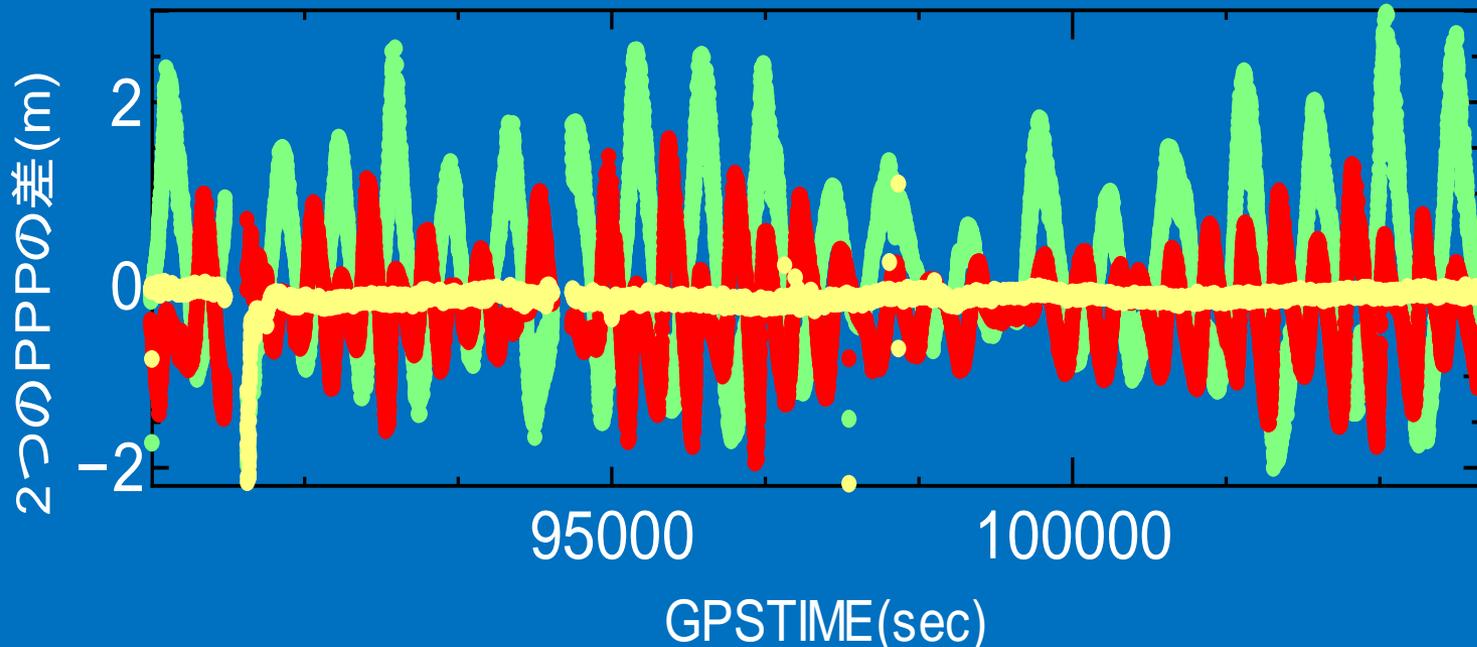
搬送波対雑音比は32~33dBHzとなり低い

評価結果 実験2 海上(錨泊状態)

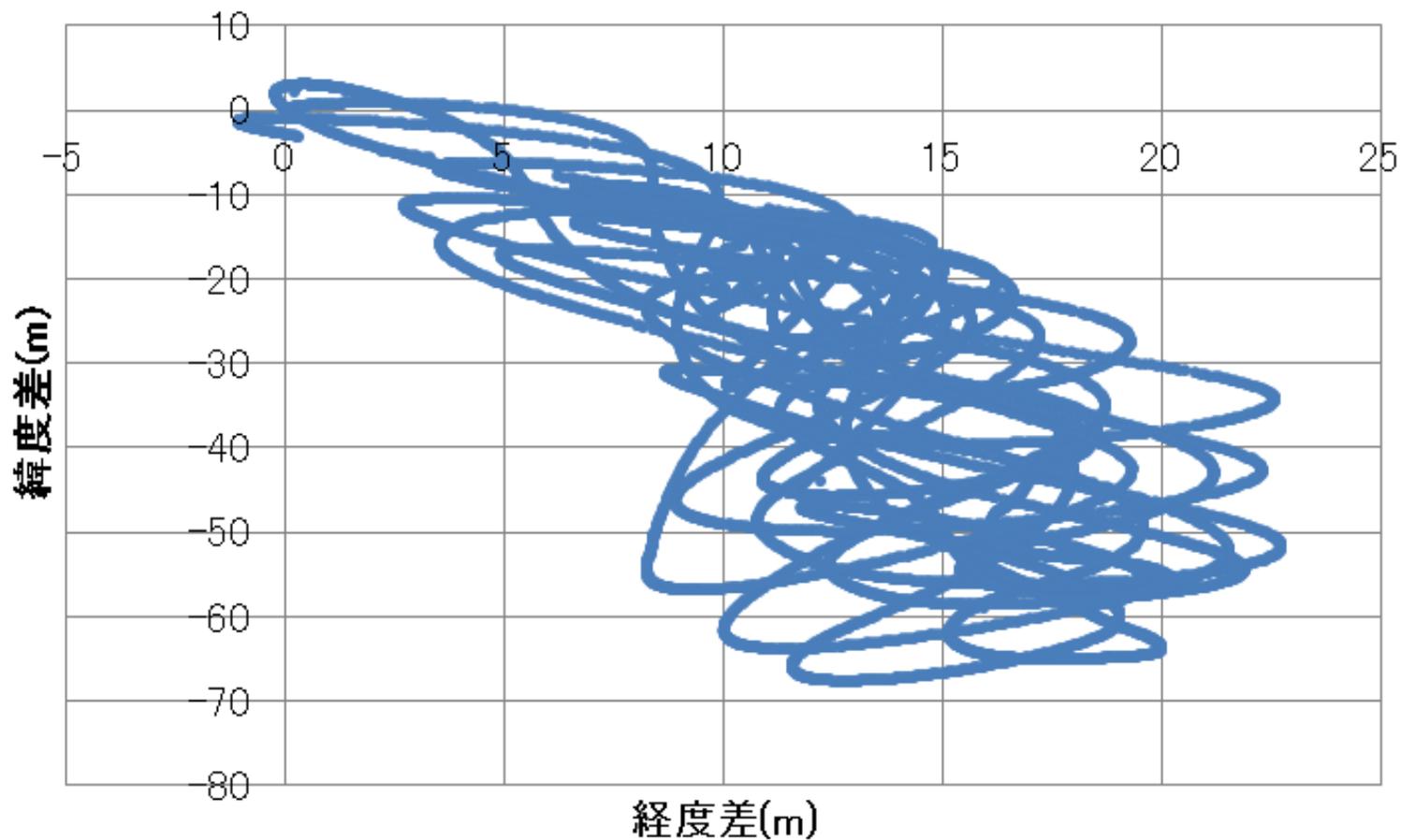
(1) PPPとして測位が行われた割合はいずれも100%

(2) ①2つのPPPの差

● 緯度差 ● 経度差 ● 高さの差



錨泊中の軌跡：最初の測定結果を真値とした差(m)



評価結果 実験2 海上(錨泊状態)

(4)搬送波対雑音比

- ・ 錨泊中の観測データには、専用の静止衛星の搬送波対雑音比が示されておらず、取得不可



大成丸の横浜着岸時、専用の衛星の搬送波対雑音比の調査

- ・ 調査概要

船舶・場所:大成丸・横浜大棧橋

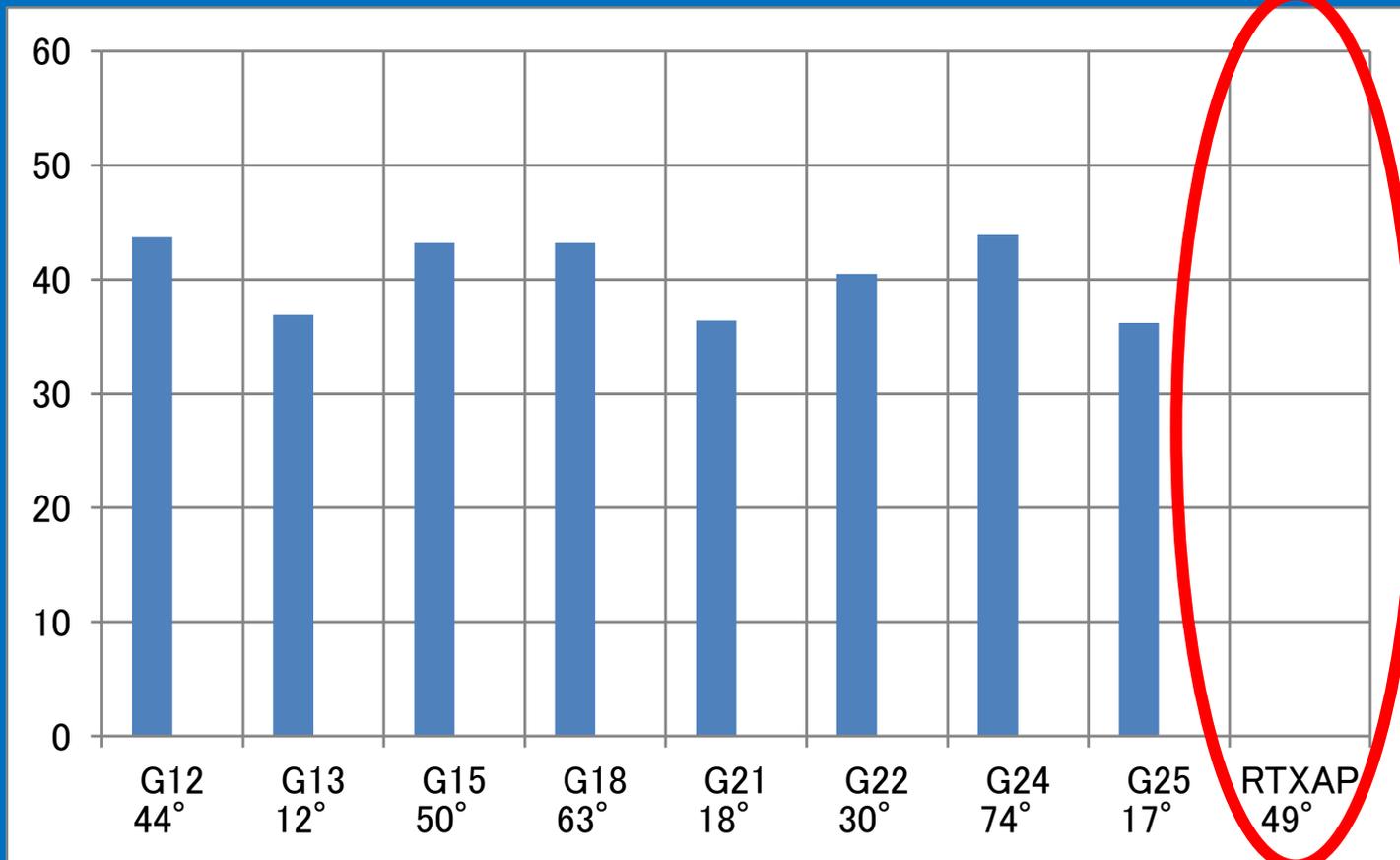
調査日時:2015年2月19日 13:00~18:00 (JST)

- ・ 調査結果

専用の衛星が捕捉できず

専用の衛星に対する搬送波対雑音比の調査結果

各衛星におけるL1帯の搬送波対雑音比(dBHz)



各衛星番号(G:GPS R:GLONASS C:Beidou J:GZSS RTXAP:専用の衛星)
仰角(° :Deg)

専用の静止衛星:仰角=49度 方位角=173度

考察

①陸上

- ・ MADOCAを使用したPPPはコマーシャル補正情報に比較し、ばらつきが多いが系統誤差が小さく、収束時間が長い
- ・ コマーシャル補正情報を使用したPPPは精密かつ系統誤差があり、収束時間は短い、専用の衛星の搬送波対雑音比が低い

②海上

高さ方向が、水平方向に比較し高精度

水平方向の誤差要因は、現在も調査中

測定時は振れ回りがあったが、高さ方向の移動はほとんどなかったことにより、高さ方向が高精度なのではないか

専用の衛星は、雑音の影響が少ないアンテナに変更し捕捉

まとめ

- 陸上の静止状態においてPPPの精度評価を行い、MADOCA・現状のコマーシャル補正情報それぞれの精度を評価することができた
- 海上では、練習船の運航計画と実験計画の関係から、燧灘の錨泊時に限った実験となったが、今後も引き続き実験と評価を継続
- 海上でも陸上と同様の精度に近づけるよう、検証を行う
- PPPの海洋への応用性を見出す