

準天頂衛星の補強信号 に関する研究

流通情報工学科 1423030 福田雄規
指導教官 久保信明准教授

目次

- 研究の背景
- CLASについて
- 研究の目的
- 実験概要
- 実験結果
- まとめ

研究の背景：衛星測位の利用

- 位置情報を使ったサービス
- 様々な分野での利用が進んでいる
- 特に、自動運転や農業、建築土木の分野では精密な位置情報が必要



cm級の位置情報のニーズ

農業



自動運転



i-construction

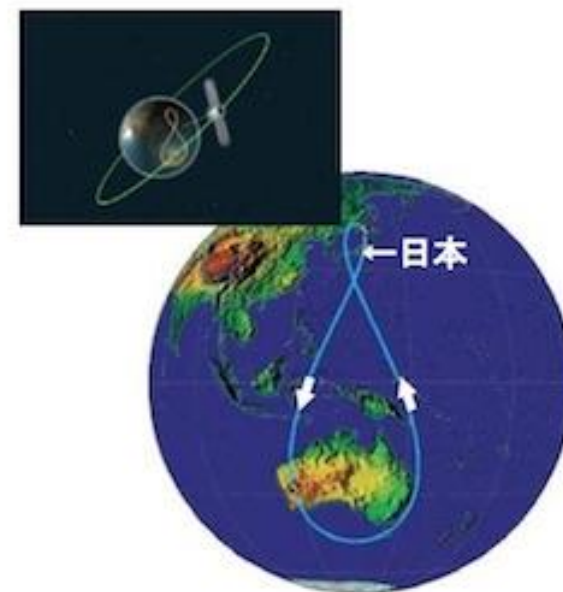
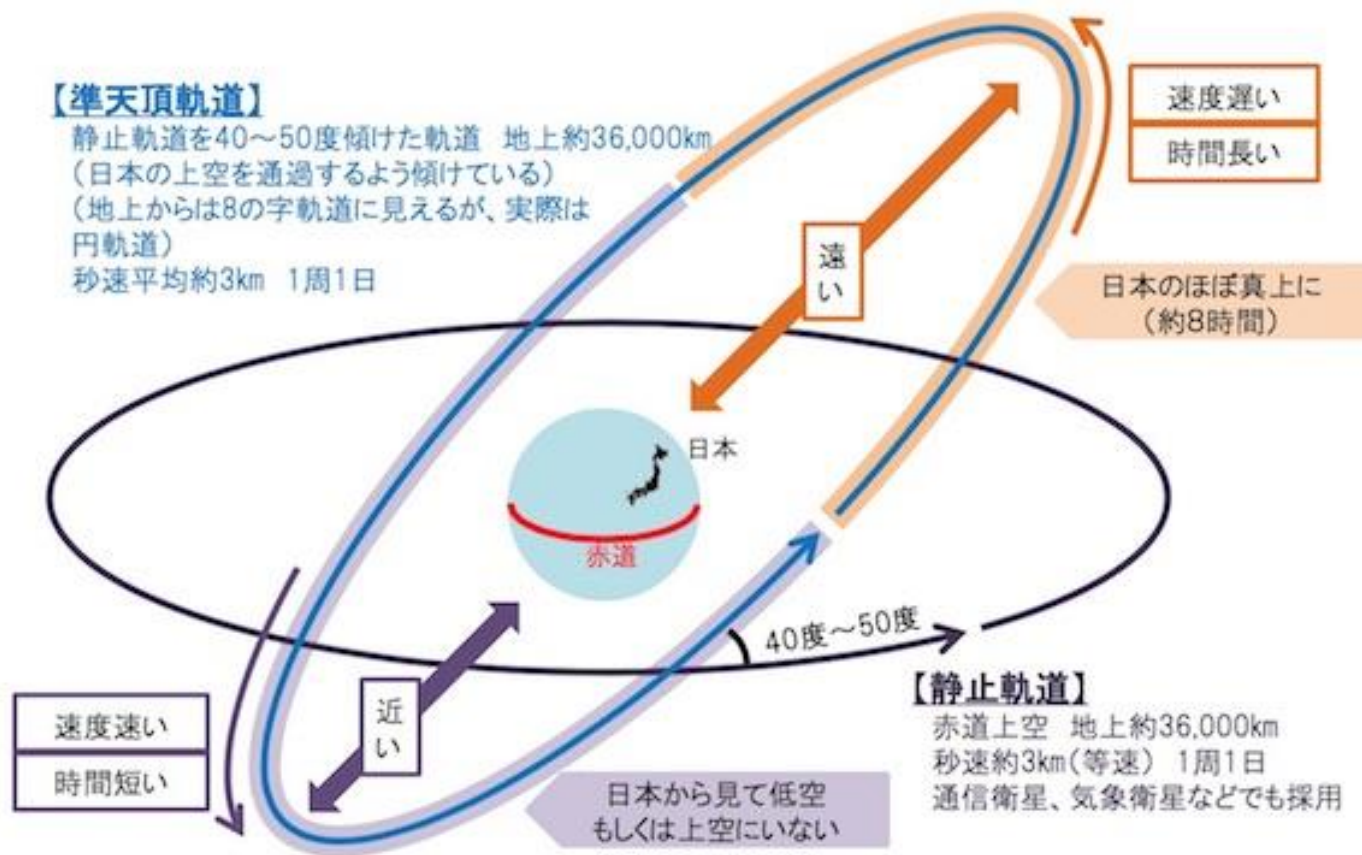


研究の背景：準天頂衛星の運用

- 位置情報の利用が活発になる中で
初号機「みちびき」を2010年9月に打ち上げ
- 4号機は2017年10月に打ち上げ
- 2018年4月からの4機体制での運用が計画
- 2023年を目途に7機体制

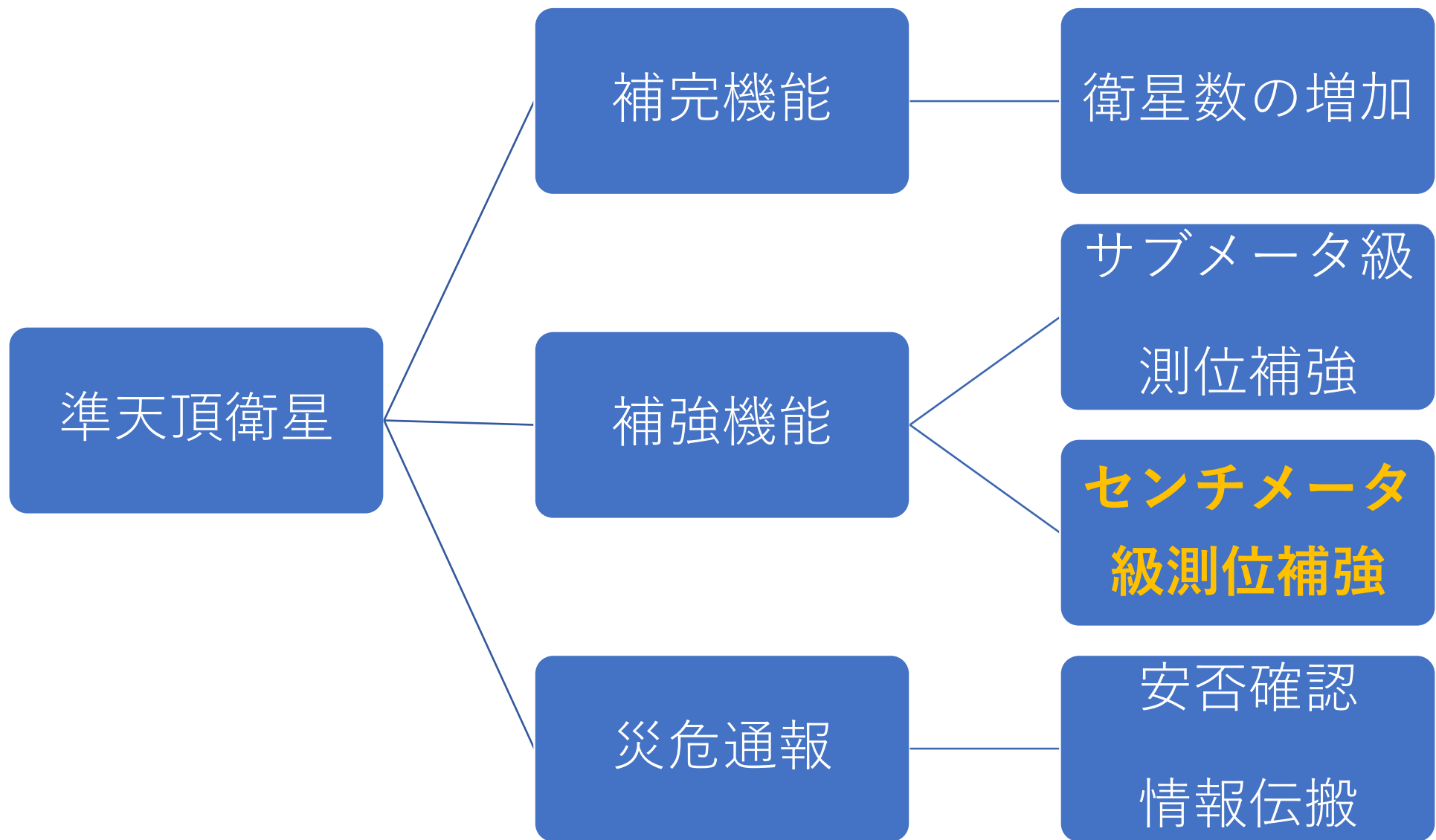


研究の背景：準天頂衛星の特徴



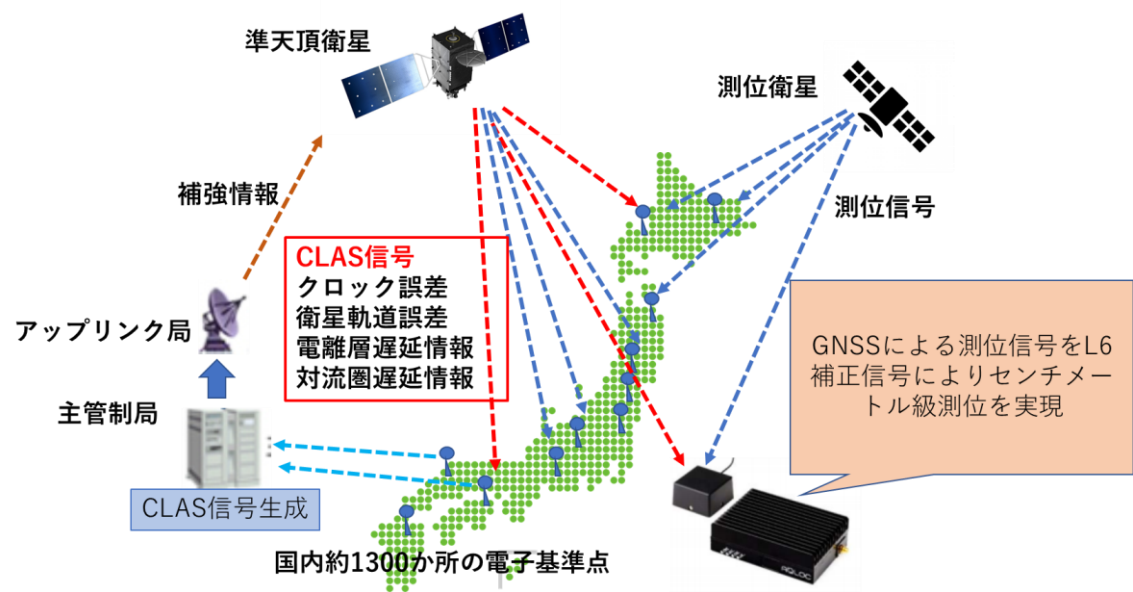
準天頂軌道衛星の直下軌跡
(4機体制)

研究の背景：準天頂衛星の補強機能について

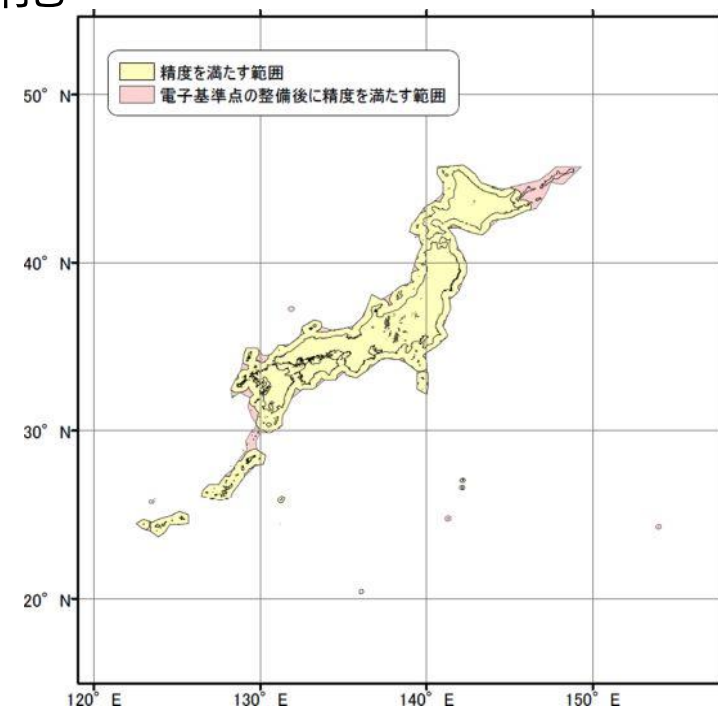


CLAS（cm級補強サービス）について

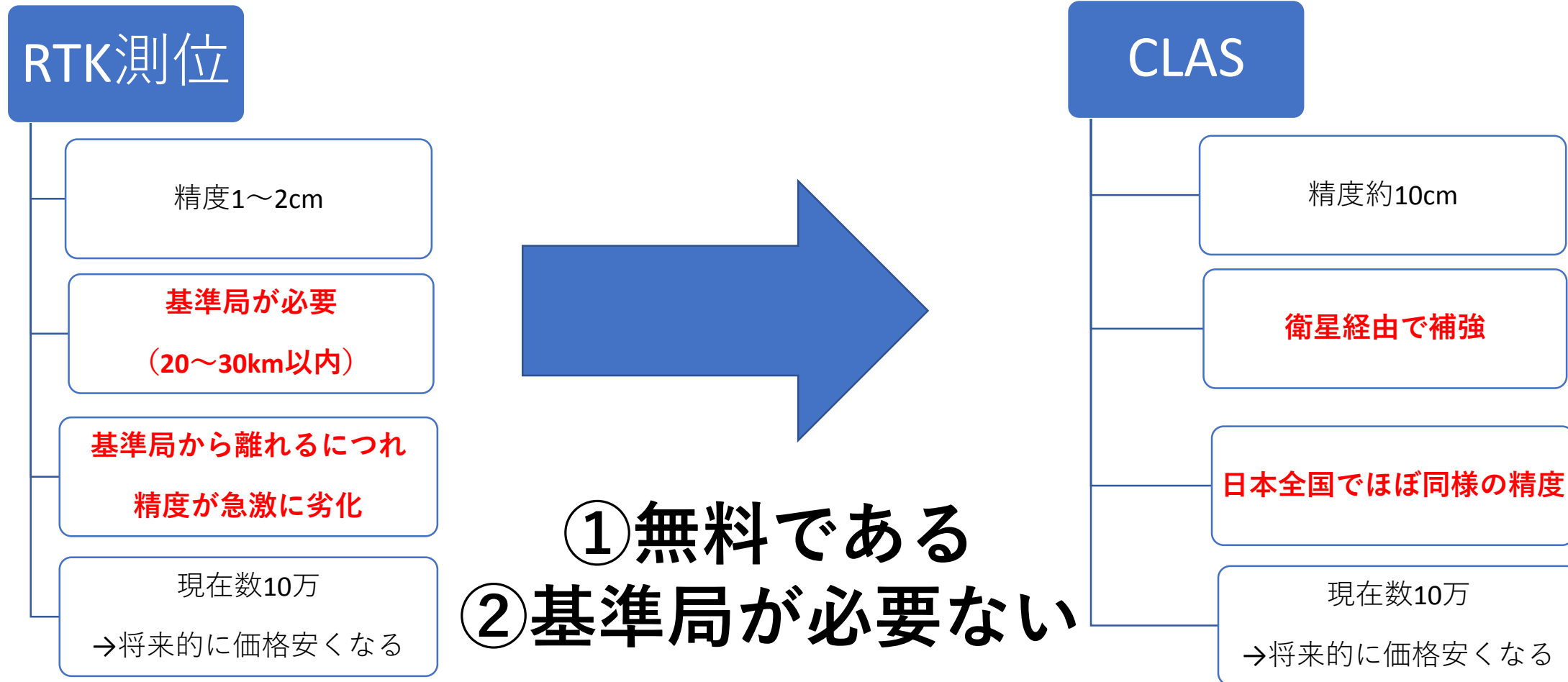
- 準天頂衛星を利用した新しい測位技術
 - GNSS(現在はGPS、QZS)からの測位誤差を補正（数m→約10cm）
 - **衛星経由で衛星暦・クロック、大気圏等の情報を共有**
- CLASが測位できる受信機だけで約10cm級の測位可能



CLASの
サービスエリア



これまでのRTK測位に対するメリット



研究の目的

- CLASの試験サービスが2017年9月下旬開始（2018年4月正式開始）
- CLASサービスの本格的な運用に向けた精度検証が必要



- **実際にCLASの精度を確認と、cm級の測位技術が期待されている分野（企業）に実験評価結果を提供し、判断して頂く材料とする**

実験の紹介

- CLASサービスを提供している三菱電機よりCLAS対応受信機を12月下旬に入手（AQLOC受信機）
- **評価にはレファレンスとなる精密位置が同時に必要**→従来のRTK（都市部でも9割以上1～2cmを出せる受信機を利用）
- 静止状態と移動体での性能をチェック
 - 海洋大第4実験棟屋上
 - 有明付近（オープンスカイ）
 - 高速道路（高架下復帰時間の確認）
 - 東京湾船舶（勝どきから館山）

AQLOC受信機



実験に用いた機材



三菱電機AQLOC受信機(左)
Trimble社SPS受信機(右)(精度約1cm)



JAVAD-G5Tアンテナ
CLAS信号取得可能



CLAS信号
GNSS測位信号

アンテナ

分配機

AQLOC受信機

SPS受信機
(基準位置)

海洋大越中島
キャンパスの補正データ
をインターネット経由で取得

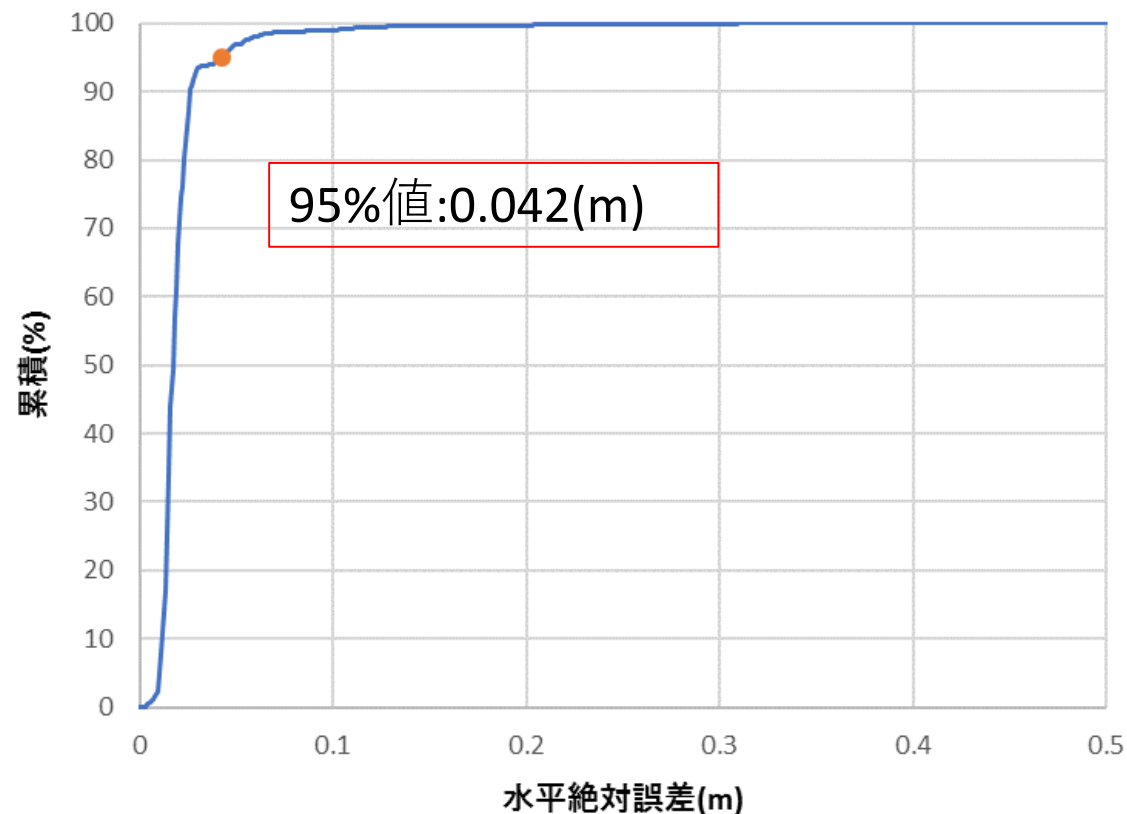
測位結果解析方法

解析条件

- ①利用衛星数が5機以上
- ②補正データ遅延が10秒以内
- ③RTKのFIX解のみ

評価対象とするもの

- ①水平と高度方向の標準偏差
- ②水平と高度方向の95%値

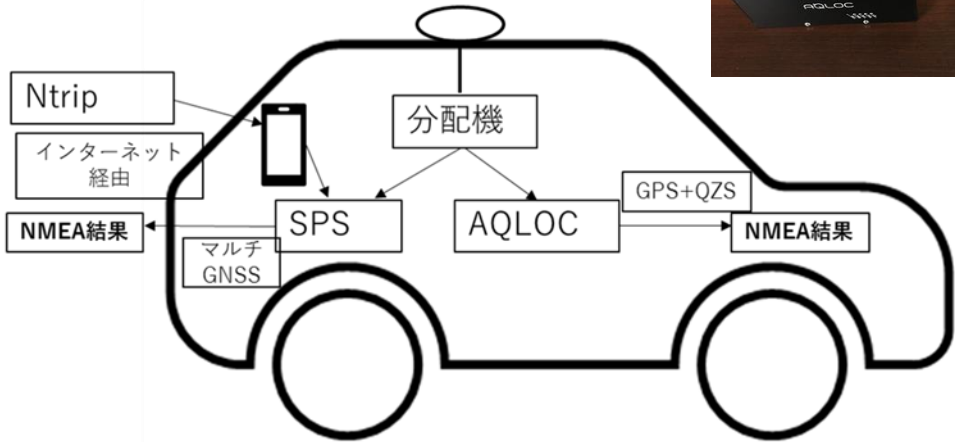


実験概要（静止と移動体）



第4実験棟屋上

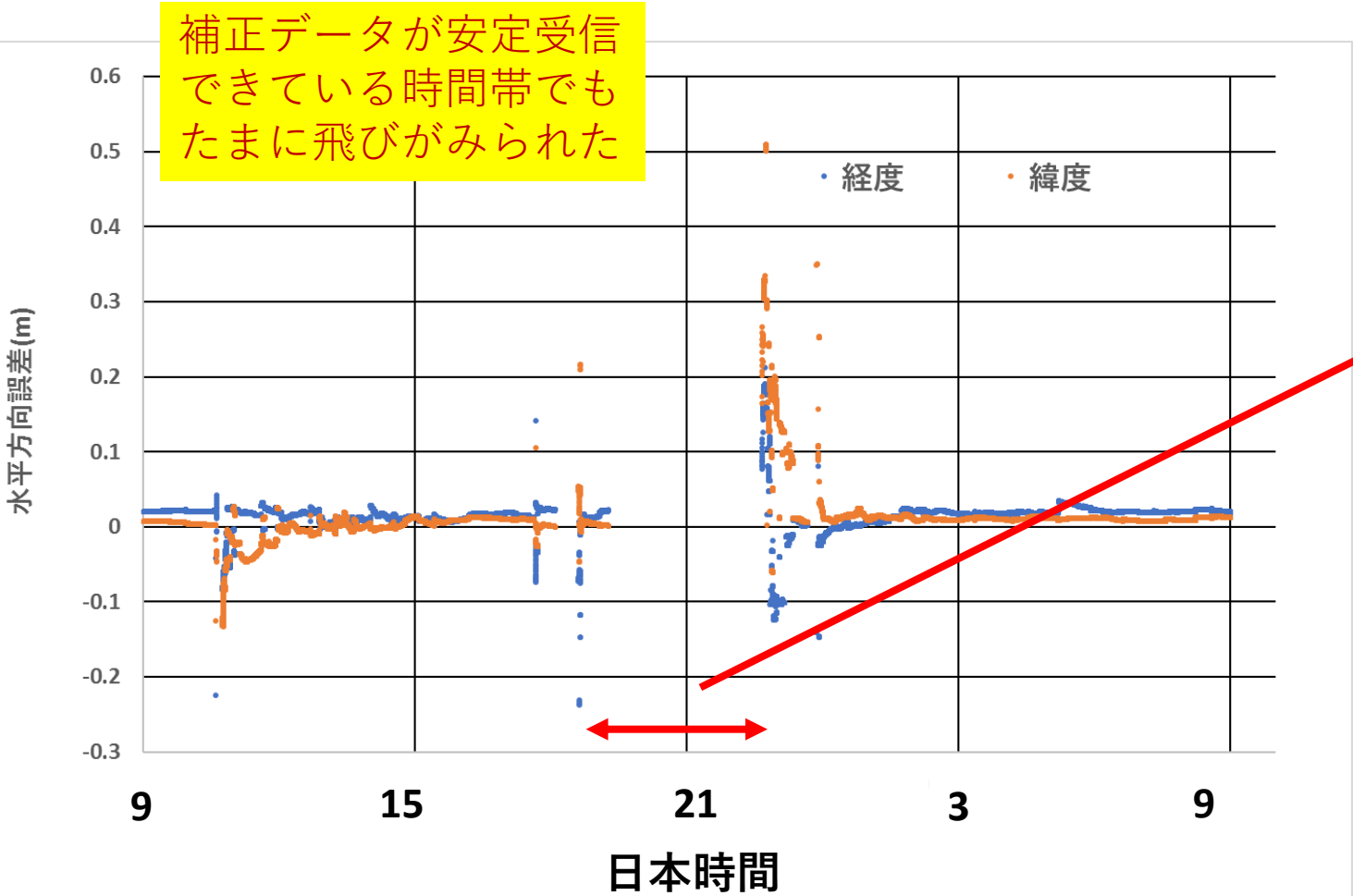
- ・ 12月下旬から1月上旬にかけて連続的に取得
- ・ 海洋大の屋上アンテナの精密位置は国土地理院の電子基準点データで計算（F3解と呼ばれ、CLASと同様の座標系となります）
- ・ 準天頂衛星1号機（PRN193番）の補正データを利用
- ・ 1Hzで86400エポック



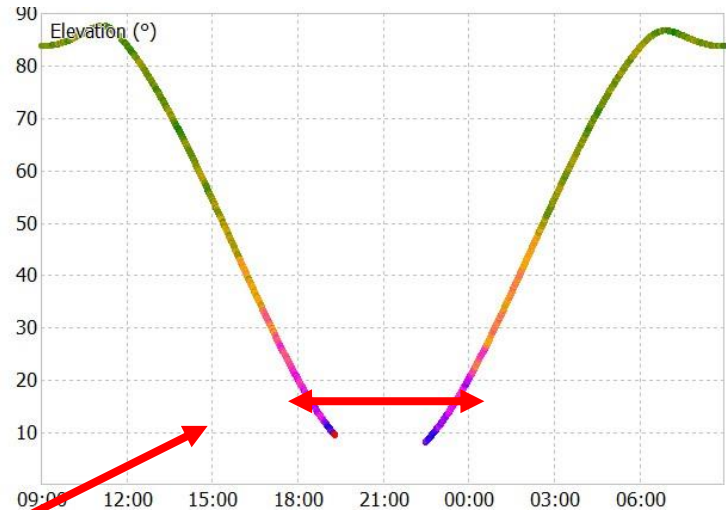
実験項目	実験場所	日時
静止実験	第4実験棟屋上	2017年12月23日～ 2018年1月10日

実験項目	実験場所	日時
車両移動体実験	有明	2017年12月21日
車両移動体実験	首都高速	2018年1月4日
船舶実験	勝どき-館山湾	2018年1月16日

静止実験結果(水平方向)



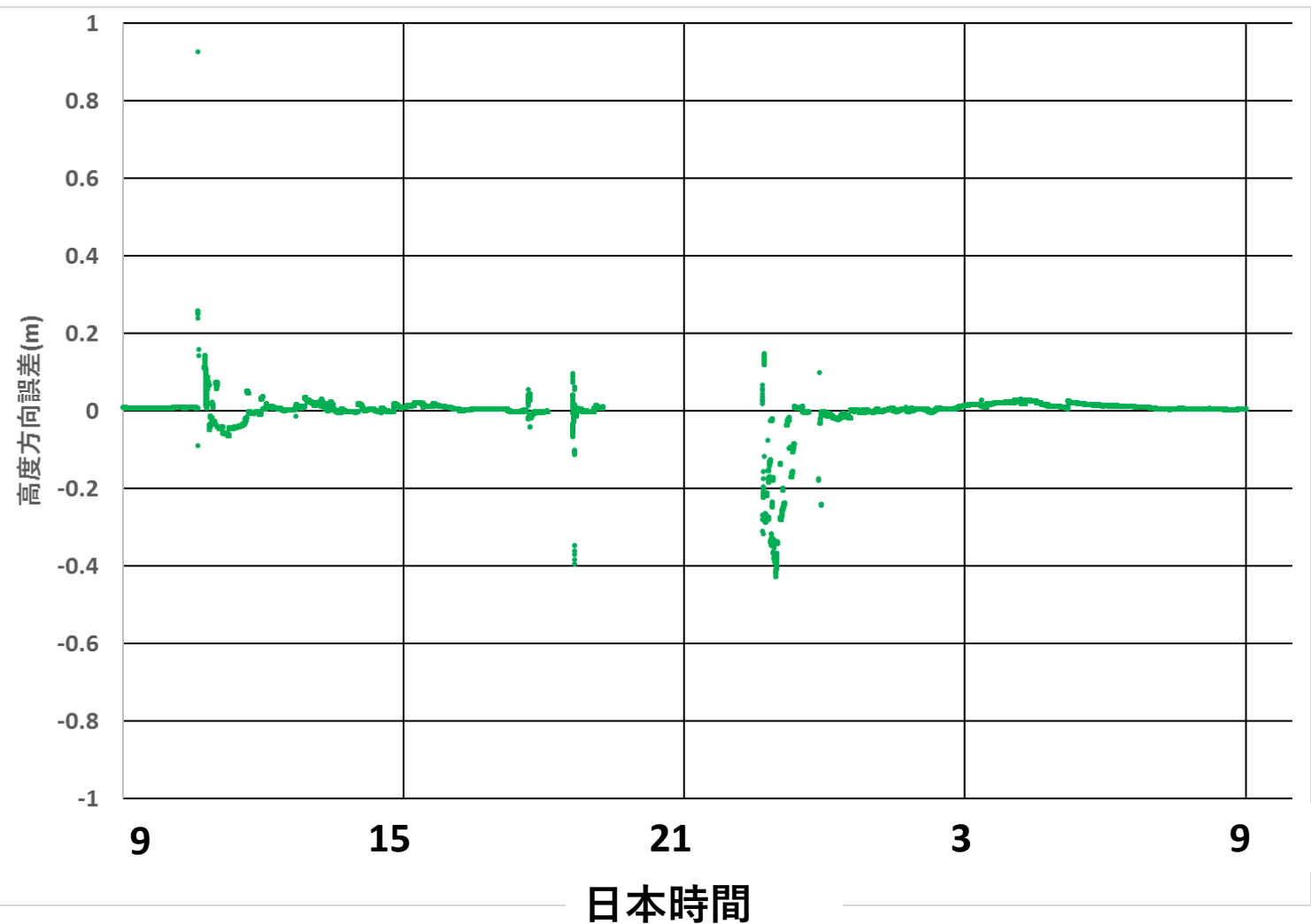
補正に利用した準天頂衛星の仰角（1日）
補強信号が低仰角では取得できない



途中結果がでないのは、衛星側の軌道
によるもの

FIX回数 70024/86400 約19時間半		水平方向誤差(m)
標準偏差		0.025
90%値		0.031
95%値		0.040

静止実験結果（高度方向）



FIX回数 70024/86400 約19時間半	高度方向誤差(m)
標準偏差	0.037
90%値	0.019
95%値	0.022

静止結果まとめ

日時	水平方向誤差(m)	高度方向誤差(m)
2017/12/23 13:04-12/24 13:03	0.059	0.083
2017/12/24 13:06-12/25 11:42	0.056	0.088
2017/12/25 11:51-12/26 11:50	0.080	0.105
2017/12/26 12:36-12/27 11:30	0.087	0.095
2017/12/29 17:38-12/30 17:37	0.055	0.071
2018/1/5 20:38-1/6 20:37	0.042	0.053
2018/1/7 9:00-1/8 8:59	0.040	0.022
2018/1/8 9:00-1/9 8:59	0.023	0.022
2018/1/9 9:00-1/10 8:59	0.032	0.032

水平方向の絶対誤差は数cm
高度方向も10cm以内となった

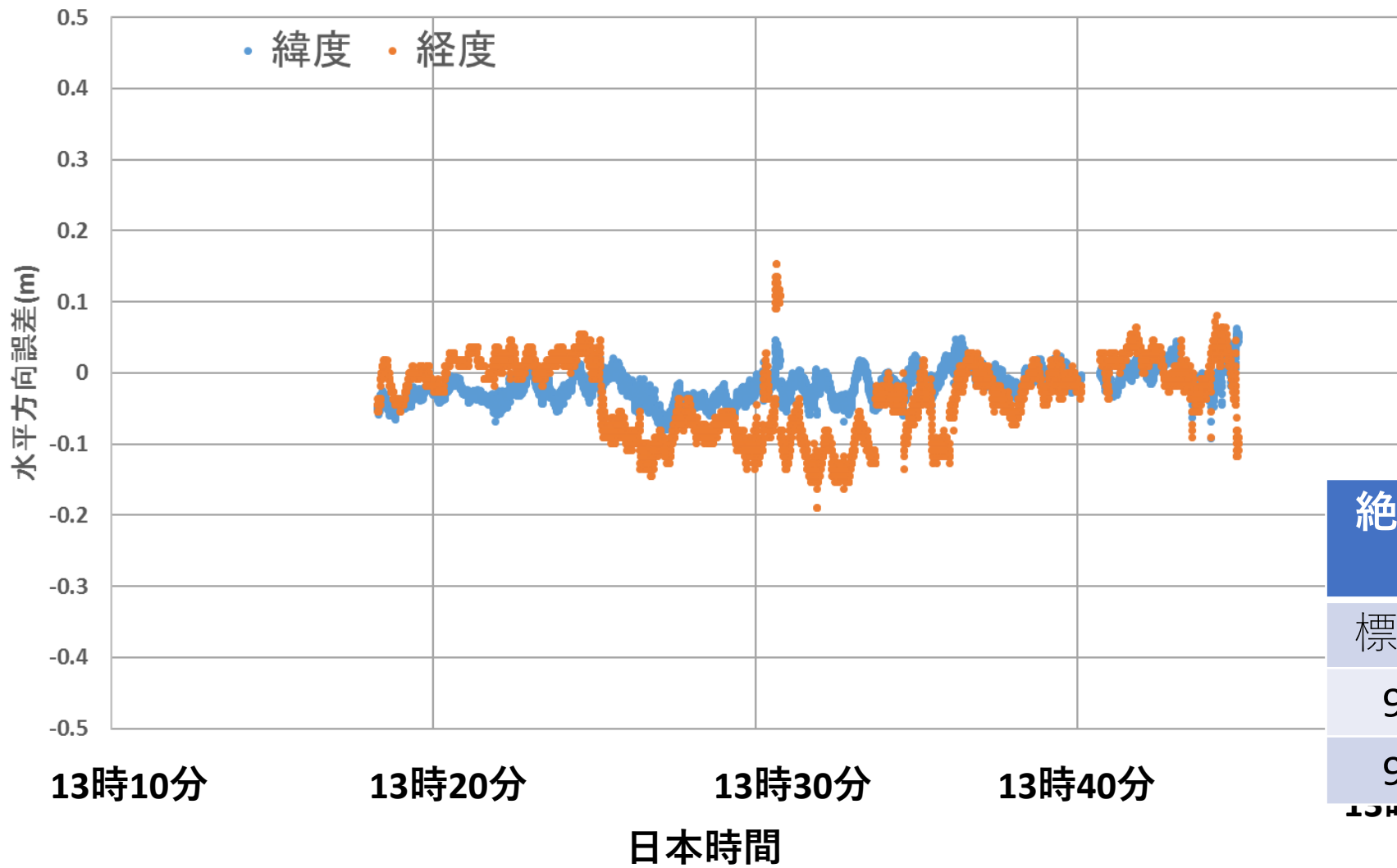
移動体：有明車両実験概要

走行コース

- 実験日時：
2017年12月21日13時18分～13時45分
- 実験内容
有明はオープンスカイな環境
自動車で行走時の測位精度を確認
- 実験方法と項目
真値をTrimble SPSのRTK-FIX解
(精度約1cm)としてCLAS測位解との差分を確認する



移動体：有明実験結果 (水平方向)



絶対誤差	水平誤差 (m)	高度誤差 (m)
標準偏差	0.060	0.308
90%値	0.130	0.134
95%値	0.149	0.147

13時30分

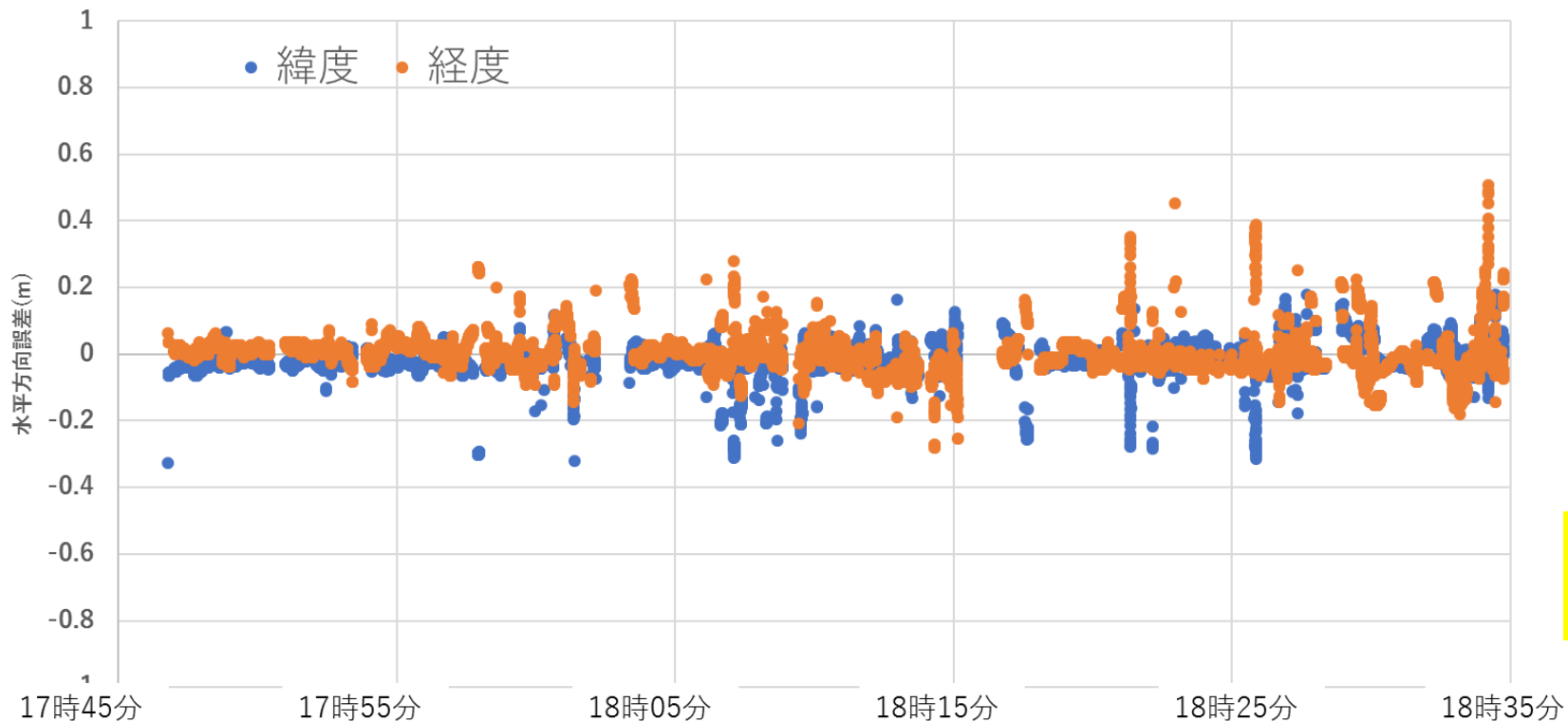
移動体：高速道路実験概要

走行コース

- 実験日時：
2018年1月4日 17時45分～18時33分
- 実験内容
自動車で行走時の測位精度を確認
信号遮断からの測位復帰時間を
計測
- 実験方法
真値をTrimble SPSのRTK-FIX解(精度約1cm) としてCLAS測位解との
差分を確認する



移動体：高速道路実験結果(水平方向)



絶対誤差	水平誤差 (m)
標準偏差	0.047
90%	0.088
95%	0.139

レーン判別に必要な30cmレベルの性能が一応出ている

移動体：高速道路橋梁からの復帰時間

- 橋の下では衛星測位では測位不可
- 測位信号の再受信までの時間を計測

	SPS(真値)	AQLOC(CLAS)
大きい橋の下	約7.6秒	約13.2秒
小さい橋の下	約3.2秒	約6.2秒

高架下後の復帰時間は
従来のRTK測位と比較しても
大きな遅延はなかった



高架下など



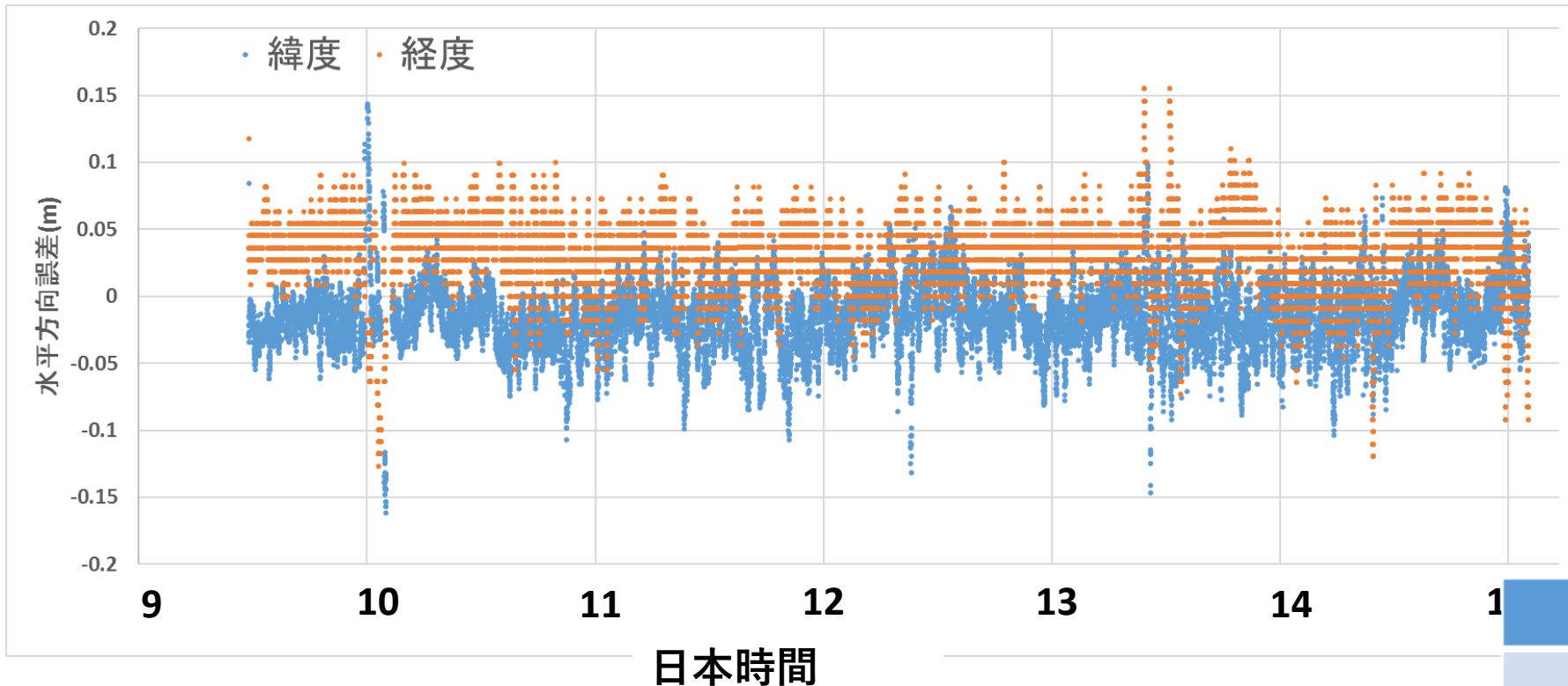
移動体：船舶実験概要（汐路丸）

- 日時：
2018年1月16日 9時28分～15時5分
- 実験内容
東京湾でのCLAS測位結果を確認
- 実験方法
真値をTrimble SPSのRTK-FIX解
(精度約1cm) としてCLAS測位解
との差分を確認する

航行コース



移動体：船舶実験結果 (航行コース：勝どき-館山湾)



東京湾内（海洋大屋上基準点から80km程度）においても良好な結果を得られた

項目	水平誤差 (m)
標準偏差	0.021
90%	0.070
95%	0.079

まとめと課題

- 静止データ（約2週間）では、95%値で**数cm**におさまった
- 有明付近移動体では水平、高度ともに**約15cm**(95%値)
- 高速道路移動体では水平は**約14cm**(95%値)
(高架下直後復帰時間：大きい橋で**約13秒**、小さい橋で**約6秒**)
- 船舶移動体で水平は**約8cm**(95%値)



- 95%値や標準偏差を見る限り、良好な結果が得られた
- 東京及び千葉のみでの結果であり、日本全国でどうなるか
- たまに見られる飛びの原因追及と低減について