

マルチパスを用いたGPS潮汐計

北海道大学理学部地球科学科4年宇宙測地学研究室 中島悠貴

1. 背景と目的

今までにマルチパスをもちいて、積雪深 (Larson et al., 2009; Ozeki and Heki, 2012) や 土壌水分 (Larson et al., 2008) を観測した事例が報告されている。また、Larson et al. (2013) は本研究とほぼ同様の手法をもちいて海面高を計測した。日本にある既存のGPS観測網をもちいて海面高を計測できれば、より空間的に密な海面高観測が期待される。そこで本研究では日本にある既存の測地GPS観測網をそのまま利用してGPSのマルチパスで海面高が観測できるのかどうかを検討した。

2. 観測地域と使用データ



沖縄県安座真にある沖縄験潮場の観測データと沖縄験潮場に設置してあるGPS観測点 (GPS-P点; P124) のデータを使用した。

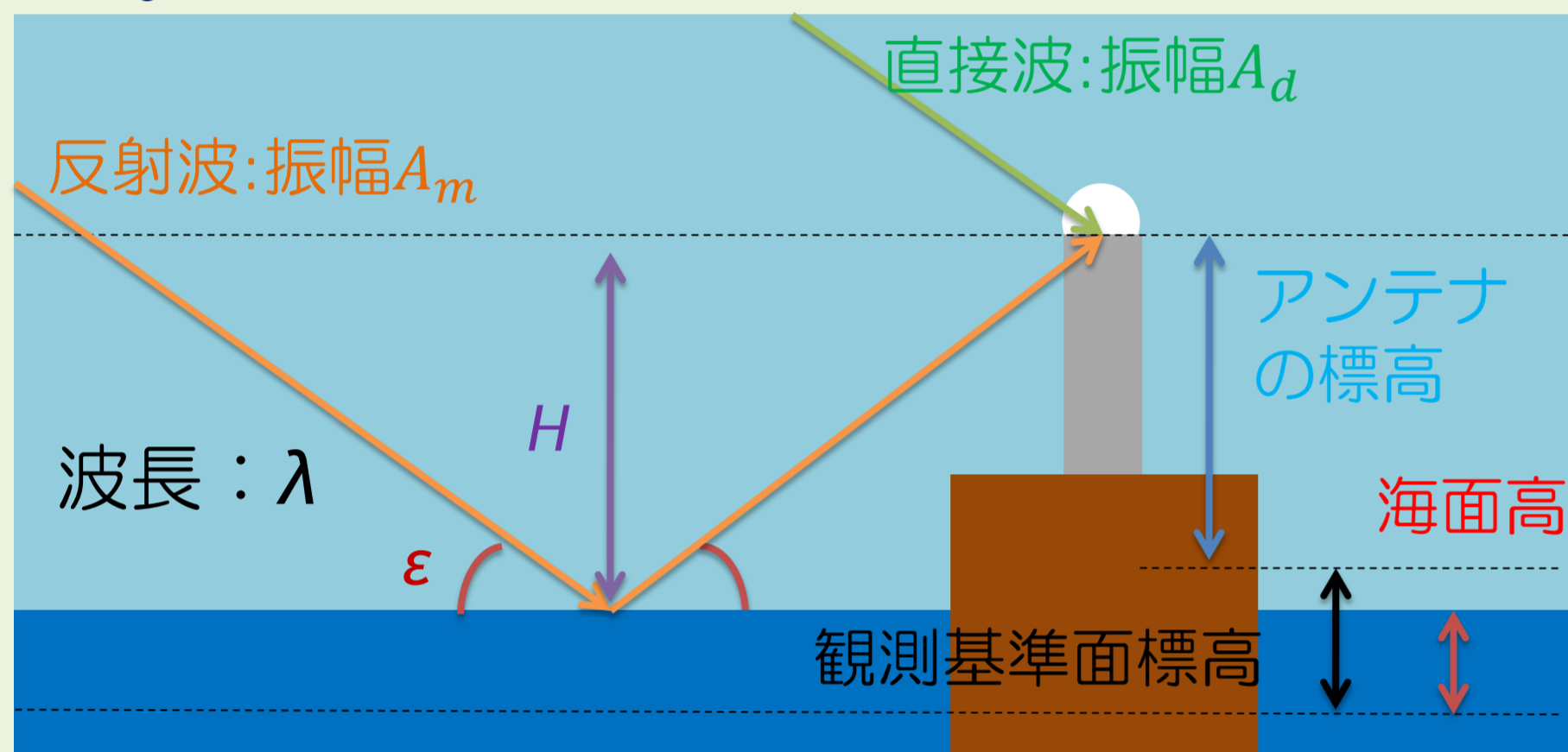
GPS基準点のデータ (ftp://terras.gsi.go.jp/) 潮汐場のデータ (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/real_time_tide/sel/6200.htm)

図1: (左・右上) 沖縄験潮場の所在地 (右下) 沖縄験潮場 (P124) の様子 (国土地理院ホームページ・Google earthより転載)

3. 解析方法

3.1. マルチパスを利用した海面高の推定

GPSのアンテナは衛星から直接とどく電波だけでなく地表で反射した電波も受信する。このような反射波が直接波に干渉しておこる現象をマルチパスと呼ぶ。マルチパスによりアンテナでの受信波は直接波から位相がずれる。この位相のずれはアンテナの高さに依存する。つまりマルチパスを観測することでアンテナ高を推定できる。海面による反射波によってマルチパスが生じれば、海面高を推定することも可能だ。



$$\psi = 2\pi \frac{2H \sin \epsilon}{\lambda}, \quad \frac{d\psi}{dt} = 4\pi \frac{H}{\lambda} \cos \epsilon \frac{d\epsilon}{dt}$$

$$SNR^2 = A_d^2 + A_m^2 + 2A_d A_m \cos \psi$$

式1: SNRとマルチパスの関係。A_dは直接波の振幅、A_mは反射波の振幅、ψは反射波と直接波の位相差

3.2. SNRからのアンテナ高推定方法

本研究では、SNR(信号対雑音比)を利用する方法をもちいた。SNRは雑音をほぼ一定と仮定すると、信号強度を表す。衛星仰角が変わると、信号強度はマルチパスによる位相のずれにより振動する。この振動をスペクトル解析することで、アンテナ高を推定した。

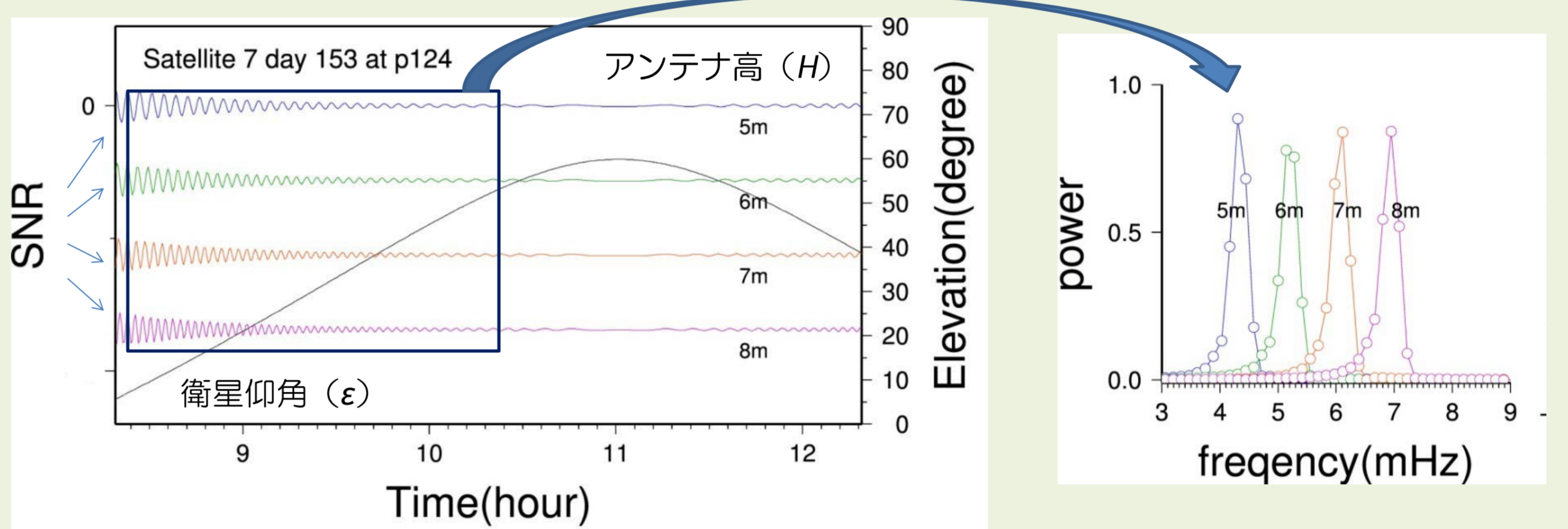


図2: (左) 衛星仰角の時間変化と仰角の時間変化より推定したSNRの時間変化 (右) 左図のSNRの時間変化のスペクトル解析結果、アンテナ高が高いほど周波数は大きい

4. 解析結果

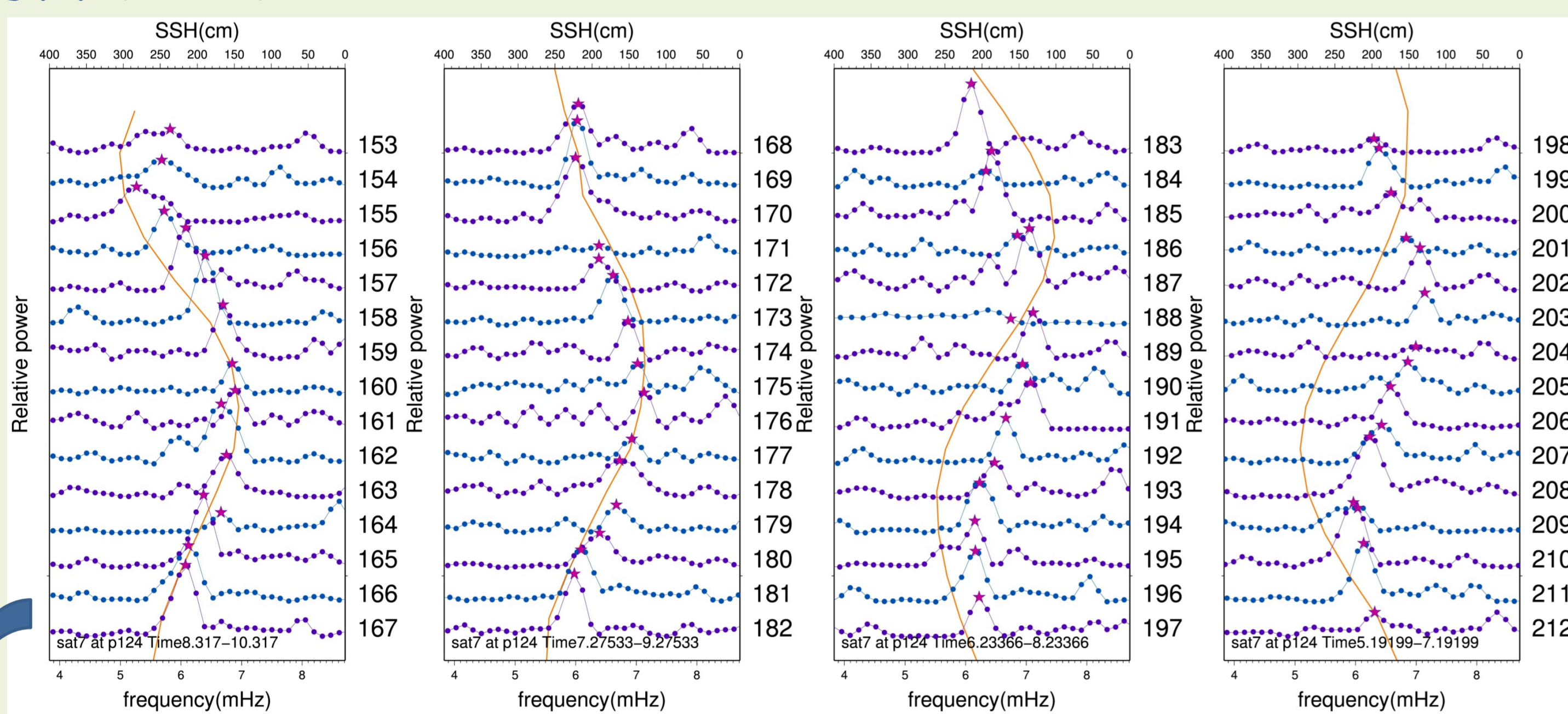


図3: 2012年Day153~212のP124で観測した7番衛星L2のSNRのスペクトル解析結果。橙色の線は沖縄験潮場で測った海面高 (左が正)、スペクトルのピークは青い星印でしめした

ピークを海面高に変換する

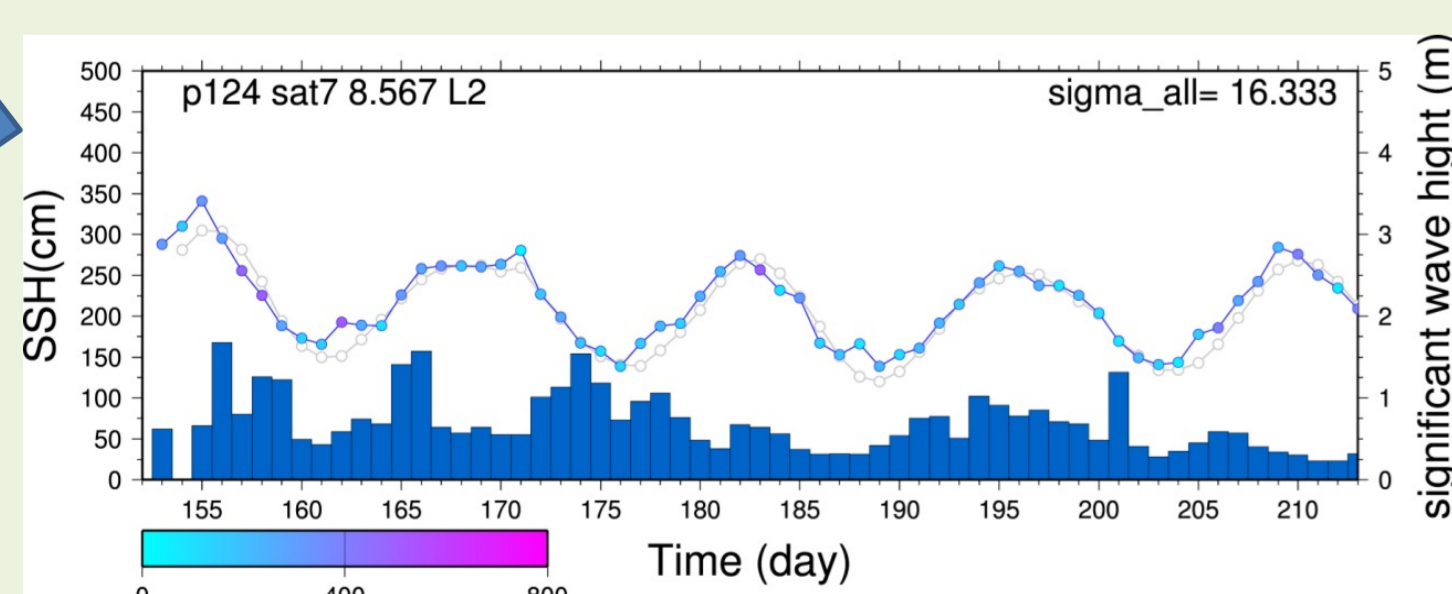


図4: 図2右のアンテナ高とピークの関係よりスペクトルのピークから海面高に推定 (青線) し、験潮場で測った海面高 (灰色の線) と比較した結果、○の色はピークの強さ、棒グラフは那覇港での有義波高をあらわす

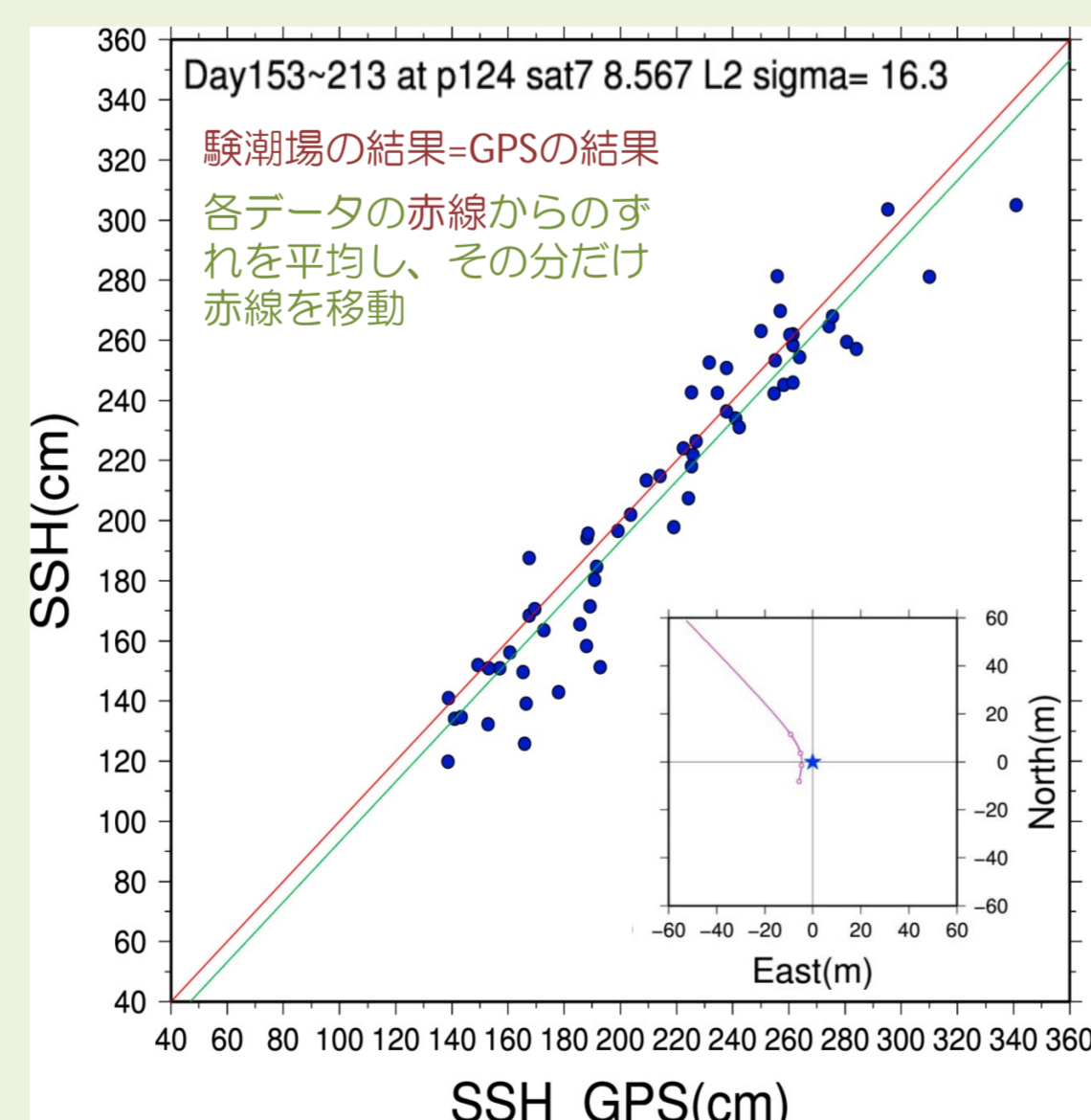


図5: 横軸に図4でしめしたGPSによる海面高、縦軸に験潮場による海面高をしめした (下) 7番衛星の反射点の軌跡

衛星3・7・10・20・23・29の結果

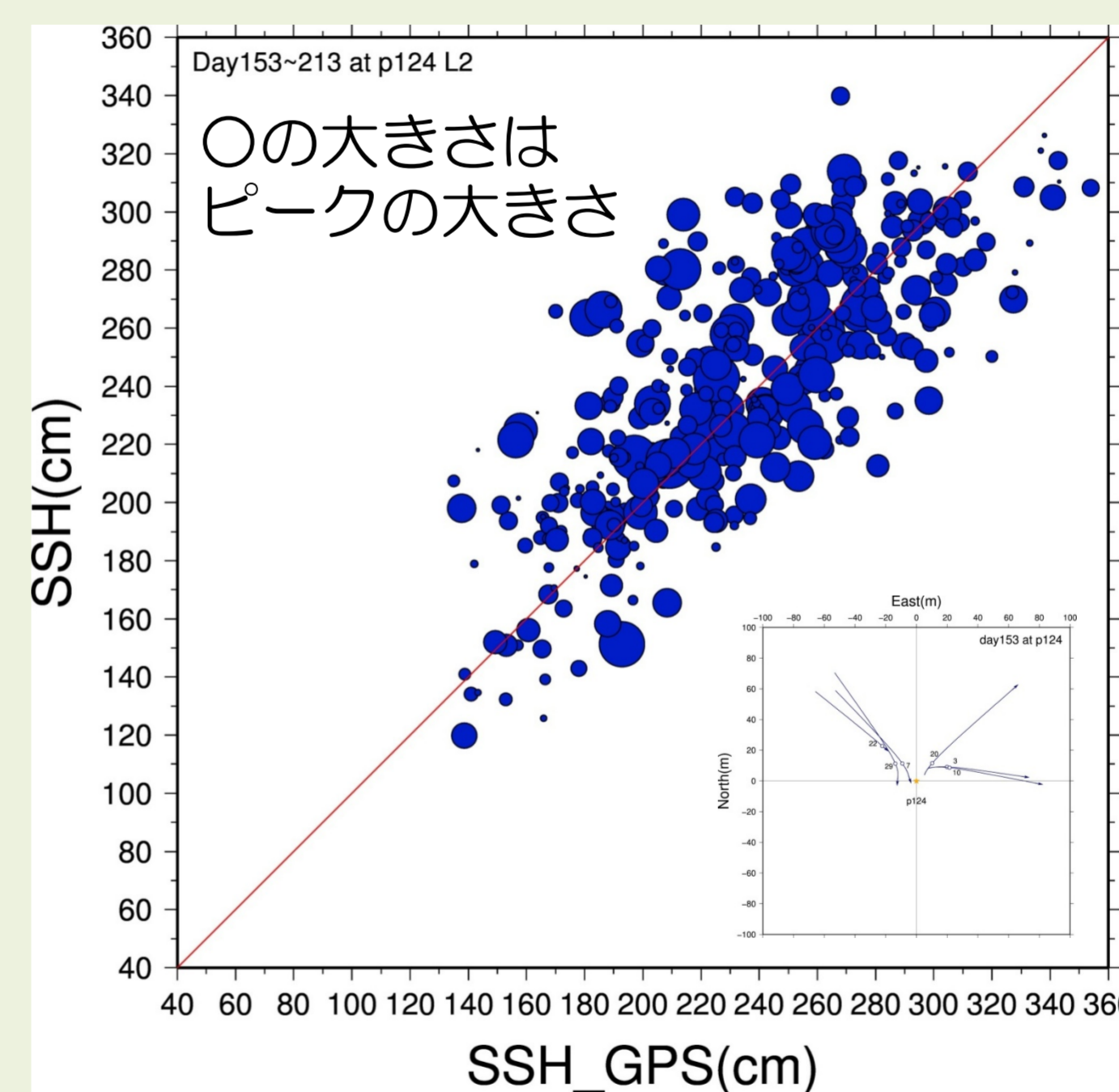


図6: 反射点が海上にあると推定される6つの衛星のL2のSNRについて図5と同様にしめした。(下) 使用した衛星の反射点の軌跡

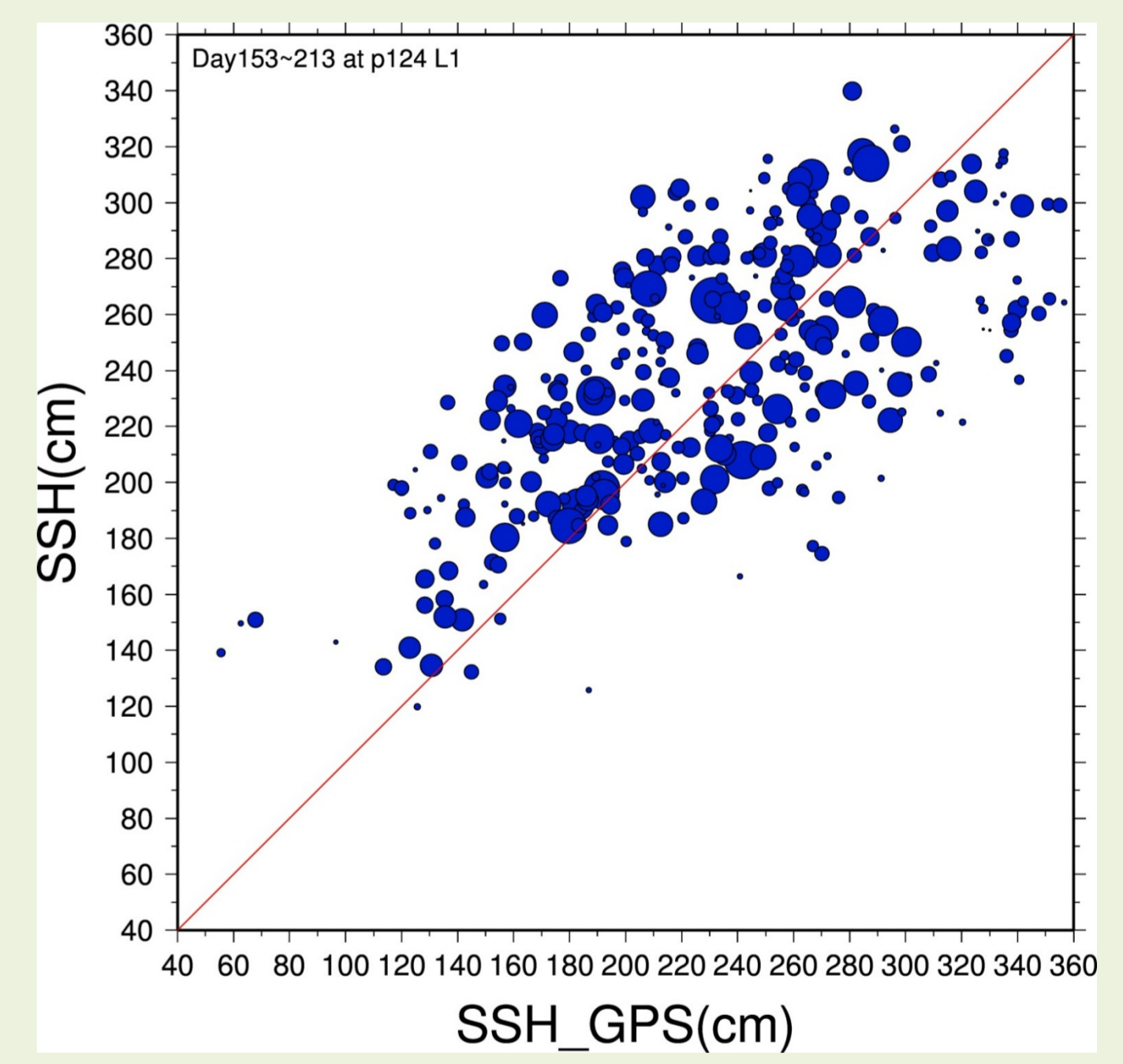


図7: 図8とおなじ衛星に関してL1をもちいた解析結果

考察とまとめ

- ・7番衛星のL2をもちいた結果、標準偏差は16cmであった
- ・同じ衛星をもちいてL1とL2について標準偏差を比較すると、L1が50cm、L2は31cmであった
- 波長の長いL2の方がSNRの時間変動がゆっくりしているため、よりよい験潮儀との海面高の一致につながった可能性がある
- 精度に関する問題は残っているものの、全体としてみると既存のGPS観測網で海洋潮汐による海面高変動をとらえることができたといえる