



GPS測地学実習

西川
前原
尹

指導教員 青木さん・加藤先生



- GPSとは
- GPSの利用例
- 実習
- 解析
- 考察
- 結論

「Global Positioning System」

高度約2万km・周期11時間58分2秒の衛星からの電波を受信し受信地点の位置座標を計測

「単独測位」 衛星と受信点の距離を測定
精度2-3m程度

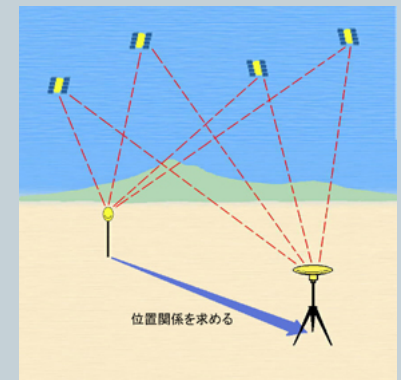
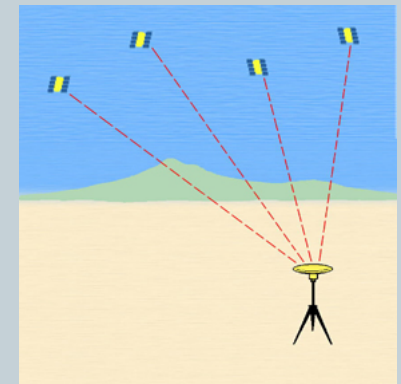
「干渉測位」 既知点からの相対位置を測定
精度水平0.5cm:上下2cm程度

Static GPS

2台の受信機の相対位置を長周期で解析したもの

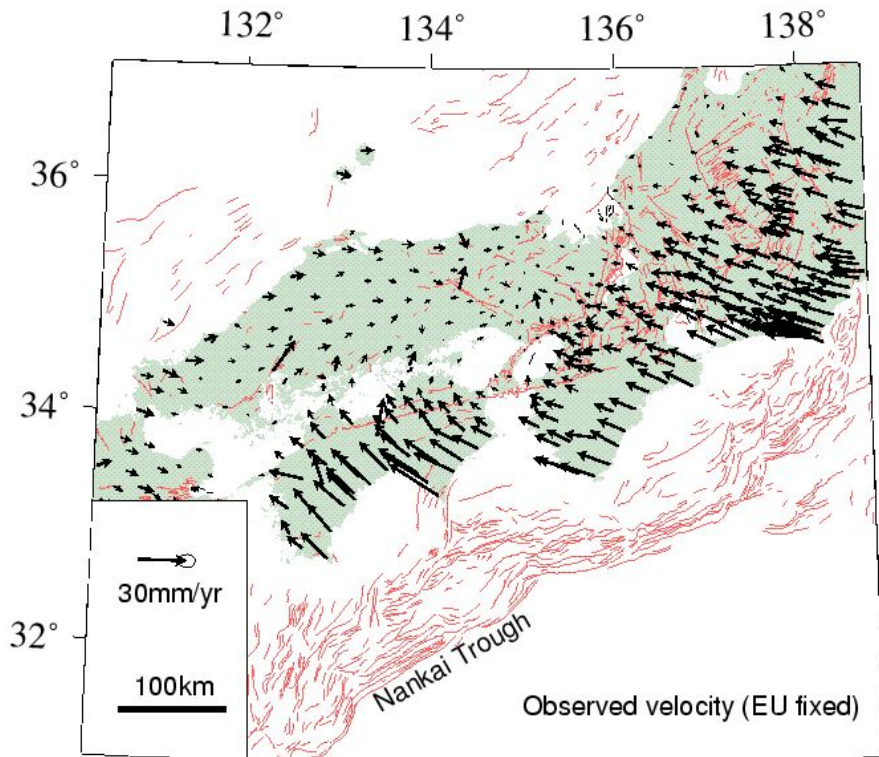
Kinematic GPS

短周期で解析したもの



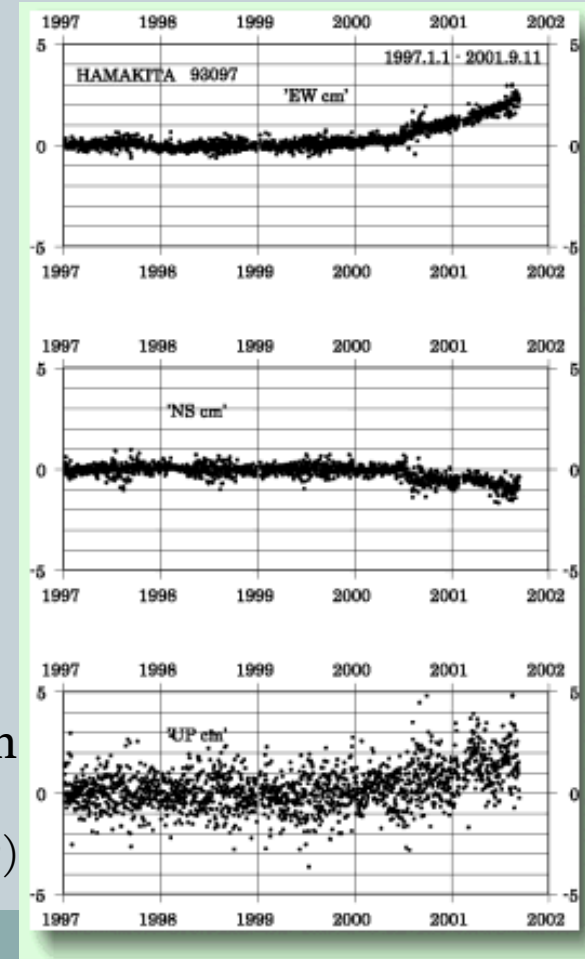
GPSの活用①

1日に1つ座標値を求め、その時間変化から長い時間スケールの変形を求める



3年間のGPS観測に基づく西日本の地殻変動速度ベクトル(宮崎・日置)

GPS観測点位置の時間変化 (Slow slip)
(上) 東西成分
(中) 南北成分
(下) 上下成分
縦軸の単位はcm
横軸は年。
(国土地理院HP)



GPSの活用②

・津波検知システム<加藤先生のグループ>

海面に浮かべたブイにGPSを搭載し、無線によってデータをリアルタイムで伝送。cm程度の精度で海面高をモニタし、津波を早期に検出できる。

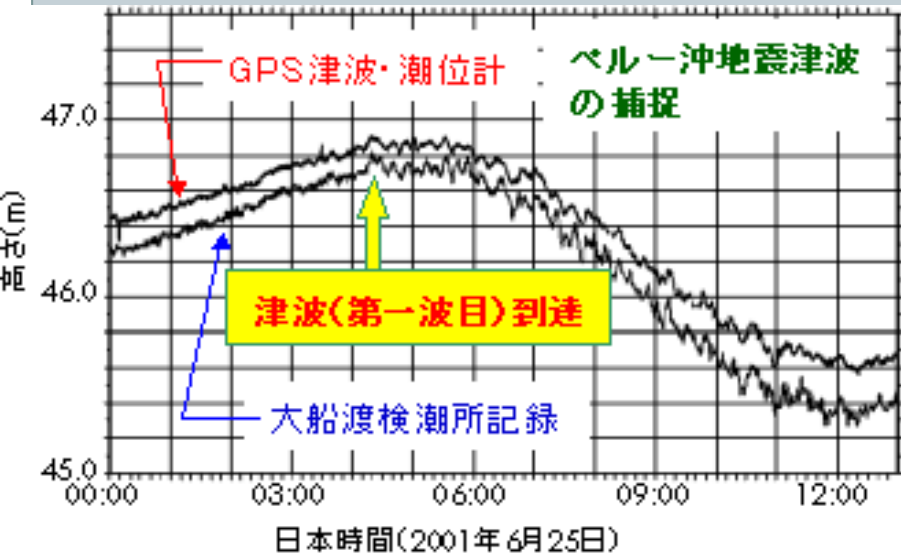


図2 ペルー地震津波観測結果



図3 十勝沖地震津波観測結果

GPS観測点と検潮所でとらえた津波の比較

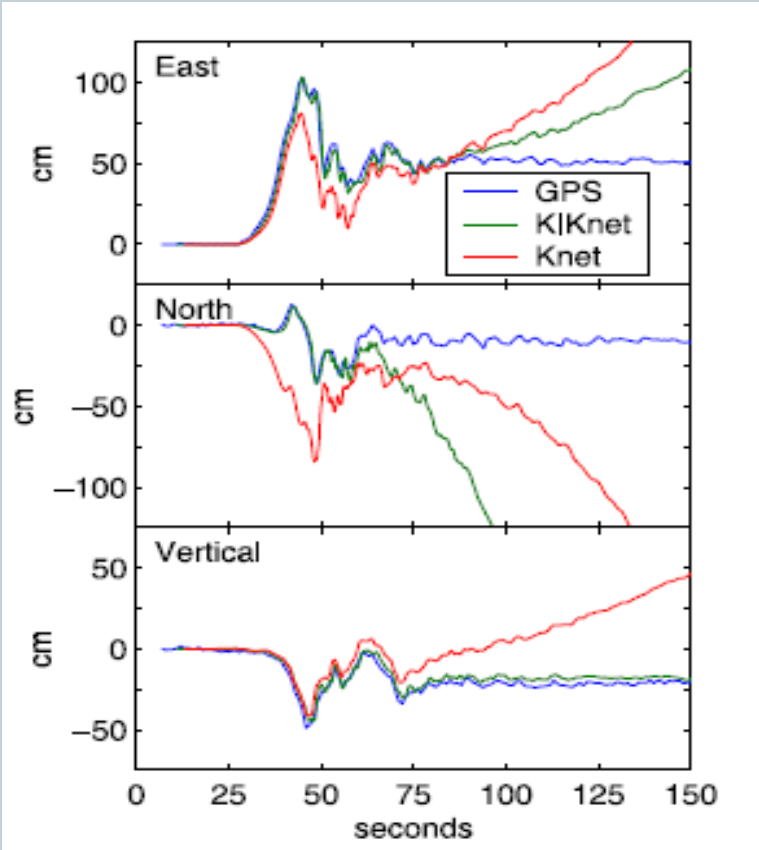
GPSの活用③



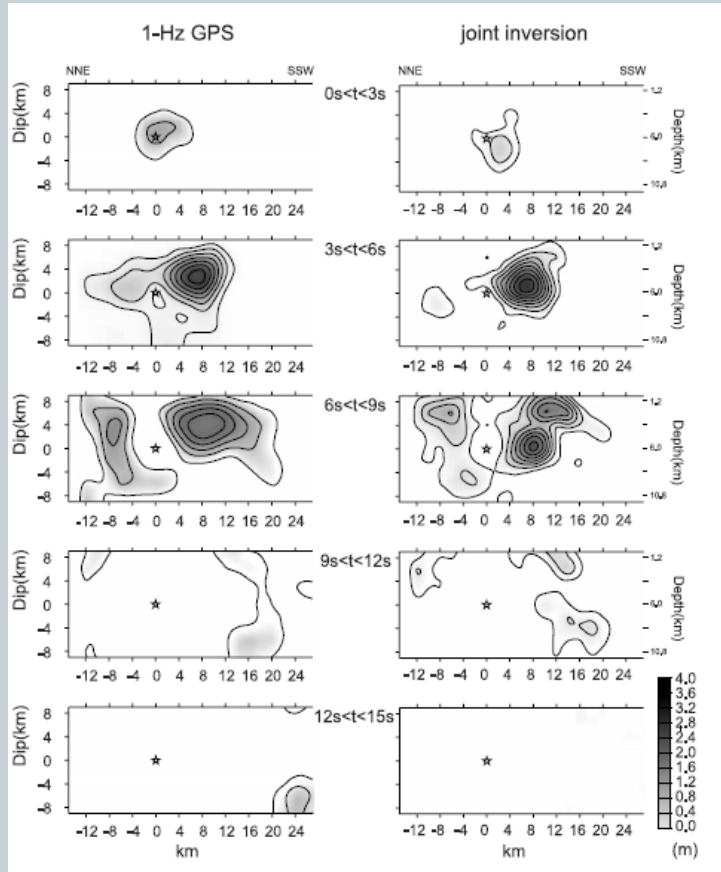
・地震計としてのGPS

高いサンプリングレートで観測を行うことにより、ある種の地震計として使うことができる。

地震計よりもノイズレベルが高いが、周波数特性がフラットで広い周波数成分の地震波を観測できる、という利点があり、地震計による観測と相補的な役割をもたらす可能性がある。

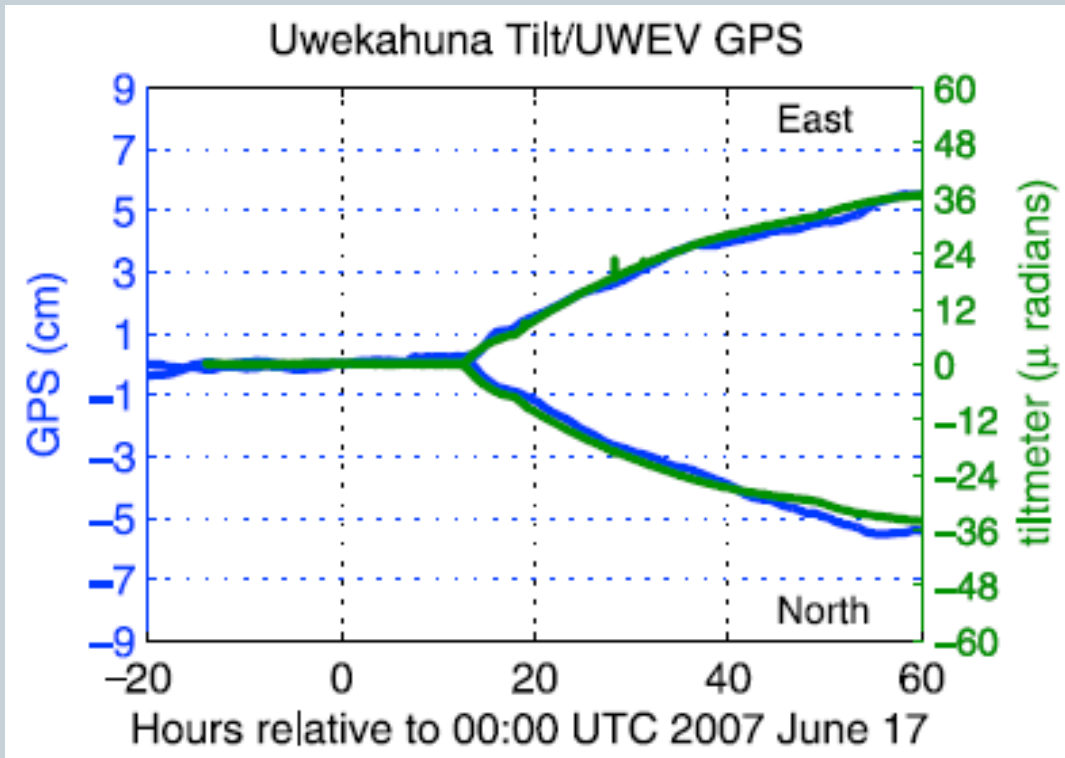


GPS・KIK-net・K-netで観測された地震波形の比較(Miyazaki *et al.*, 2004)
強震記録を積分して変位波形に変換



GPSデータとGPS + 強震データから求めたすべり分布の比較(Yokota *et al.*, 2009)

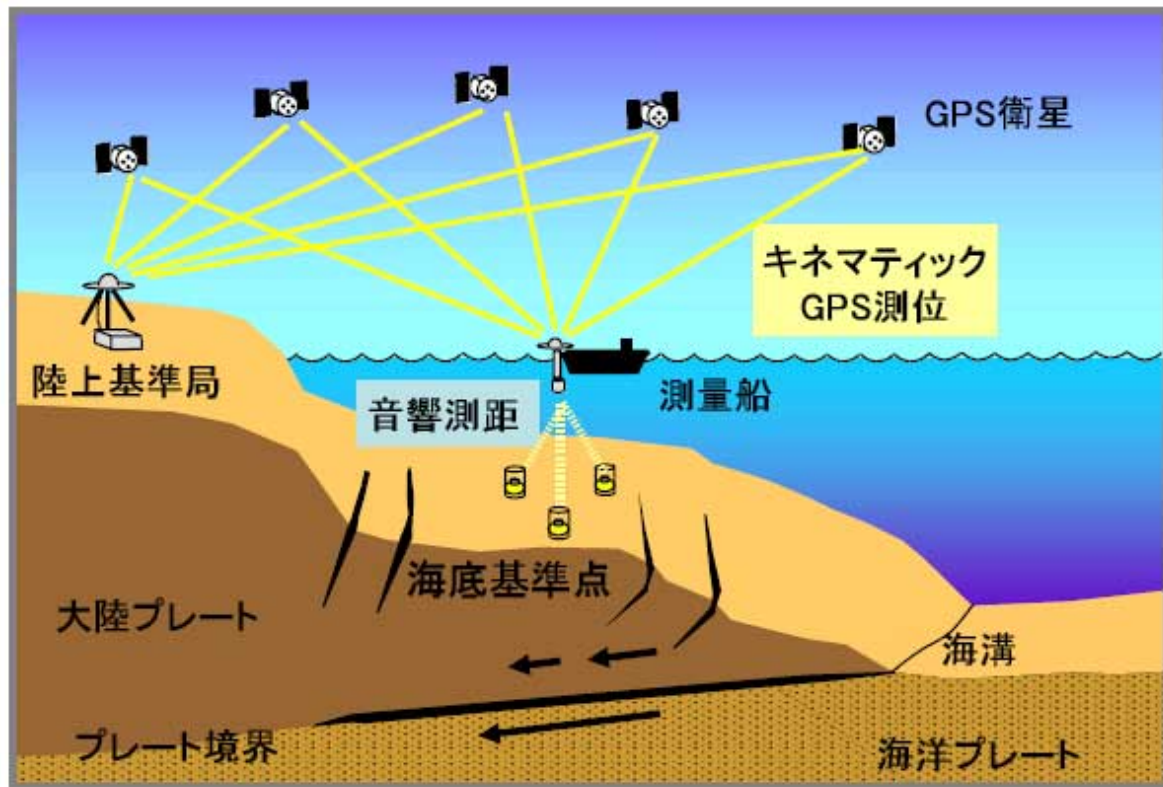
GPSで観測された地殻変動



GPSと傾斜計でとらえた火山噴火時の地殻変動(Larson et al., 2010)

GPSの活用④

海底地殻変動を捉える



実習について

- 原理・測定・解析法を学び測定誤差の原因究明

①GPS観測点 を三か所設置



受信機

水平に立てることが最重要
1秒ごと約24時間計測し、
誤差構造をみる

考えられる誤差とその除去



除去が容易なもの

- 衛星時計の誤差&受信機時計の誤差

→受信点間の位相差から除去できる

- 電離層の影響

→電波の周波数に依存するので、2周波で観測することにより除去できる。

考えられる誤差とその除去



除去が難しいもの

- マルチパスによる誤差

- 大気の影響

→天頂遅延量(水分量と大気圧による)の標準大気モデルからのずれを推定する

マルチパスとは



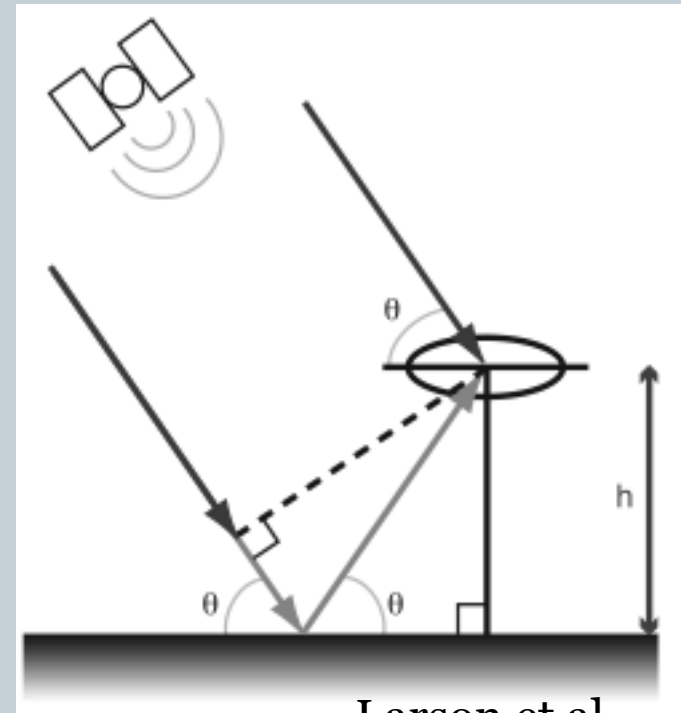
反射波を受信することによって、受信機が衛星迄の距離(到達時刻差)を勘違いしてしまう現象

ローカルなノイズと成るため、除去しにくい

GPSの相対位置に依るらしく、周期23時間56分毎でスタッキングすることにより、除去できる

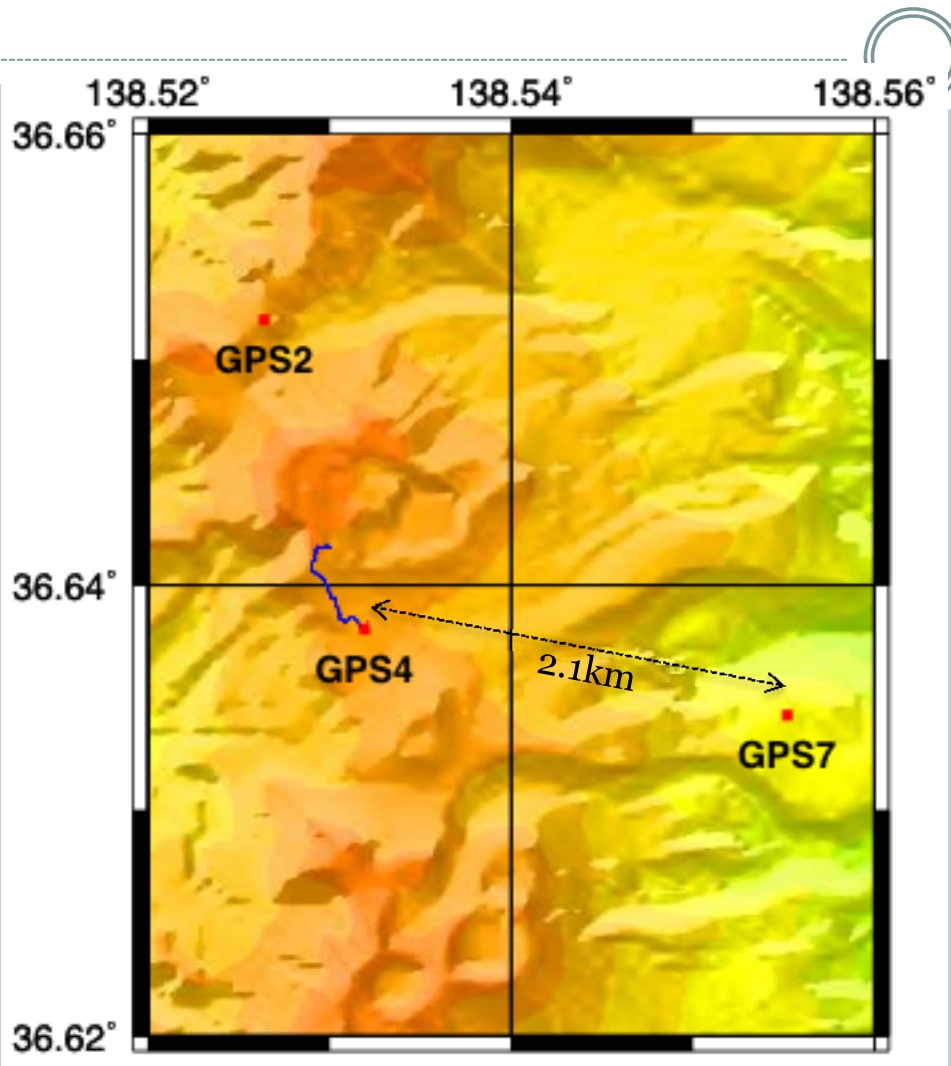
経路差 d は右の図から

$$d=2*h*\sin\theta$$



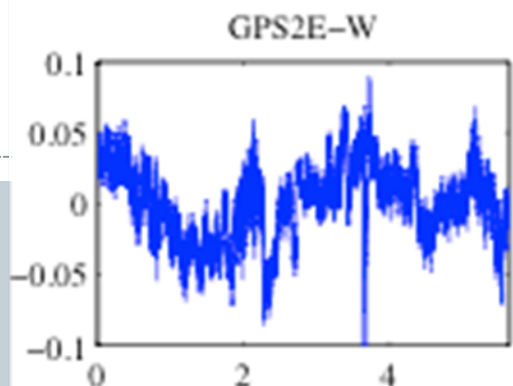
Larson et al.,
2007

観測



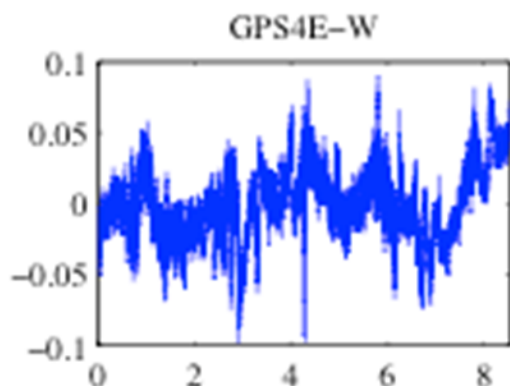
時系列データと標準偏差

m



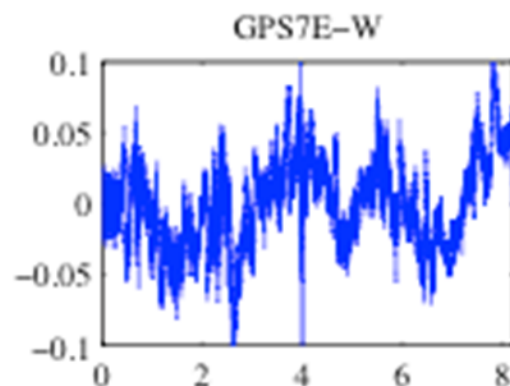
0.0257

N-S



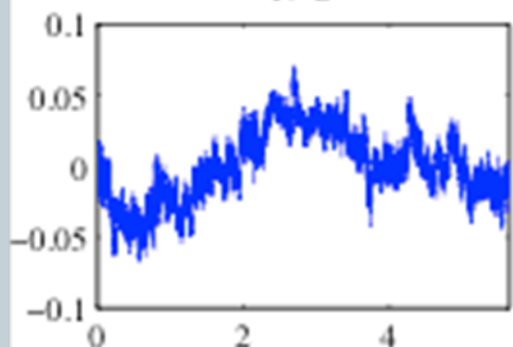
0.0257

N-S

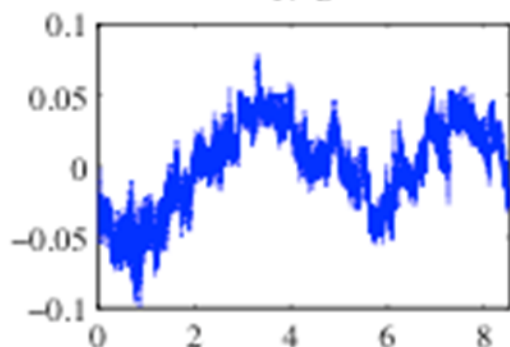


0.0310

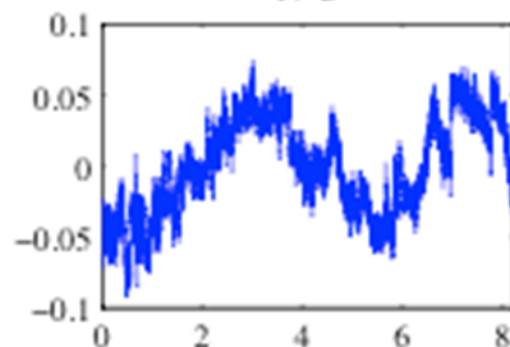
N-S



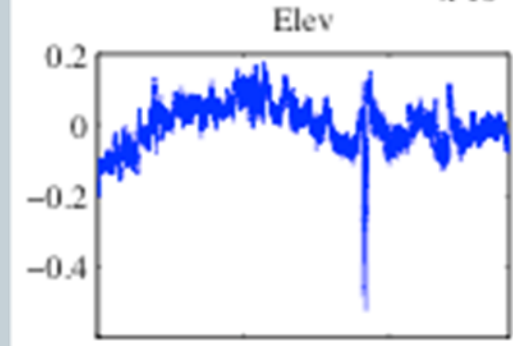
0.0247



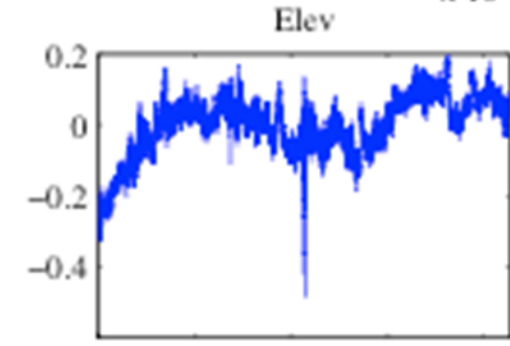
0.0304



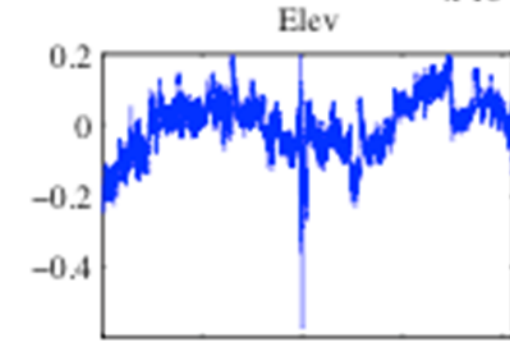
0.0332



0.0615



0.0829



0.0777

sec

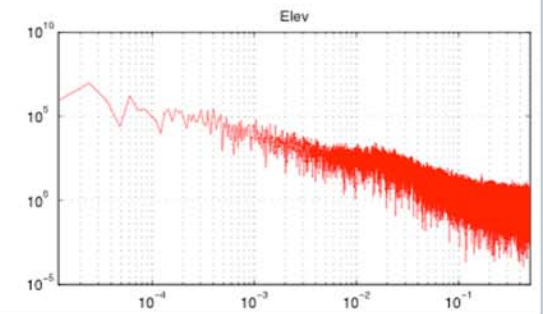
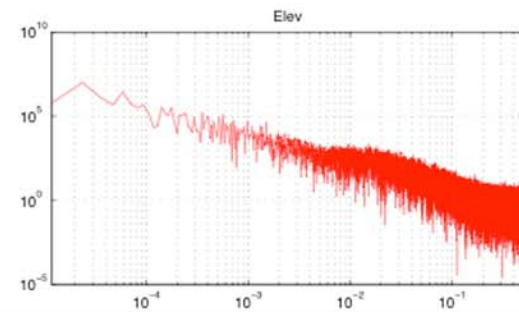
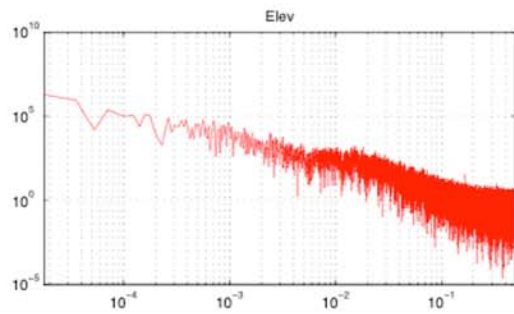
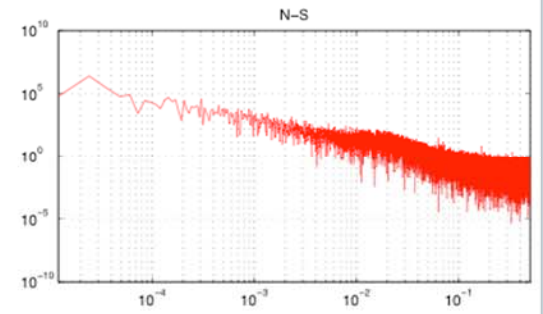
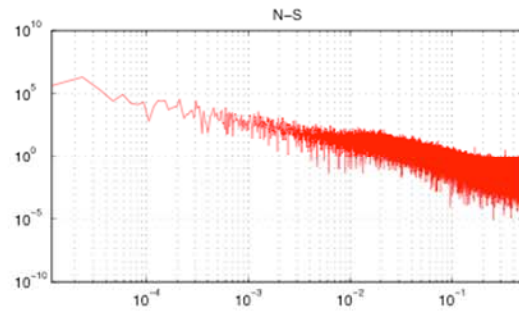
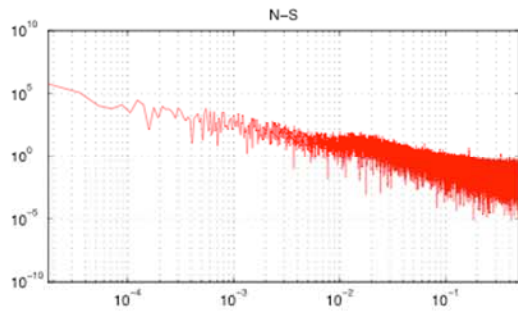
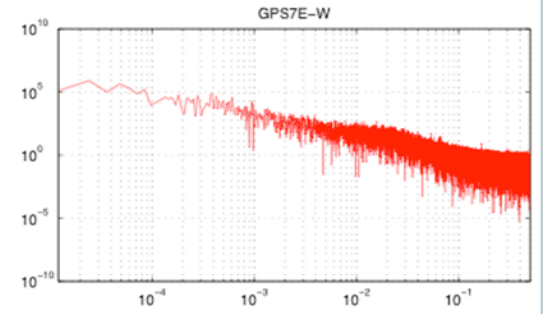
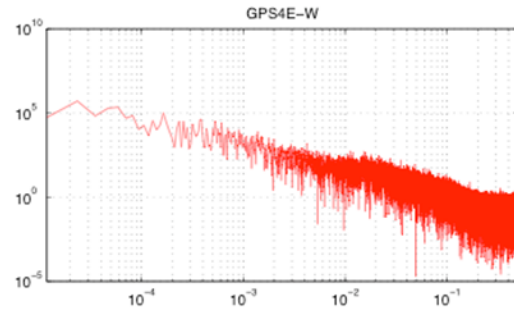
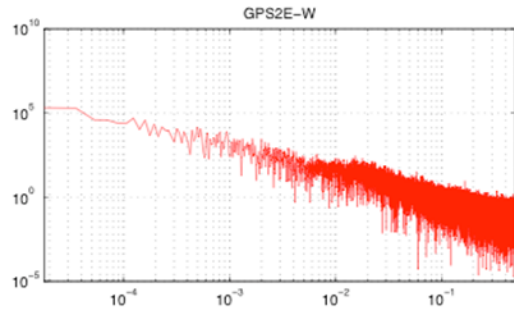
標準偏差



・一般的な標準偏差は水平方向に3~5mm,上下では10~20mmである。しかし、今回の観測はKinematicなので水平方向に20~30mm,上下で65~85mmとなった。

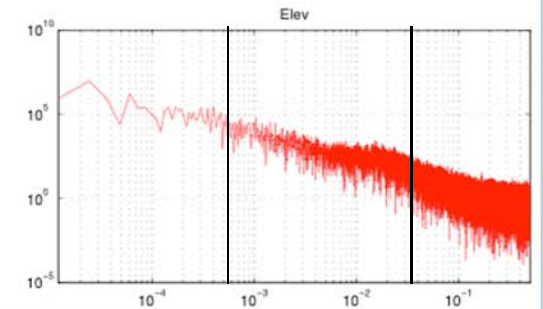
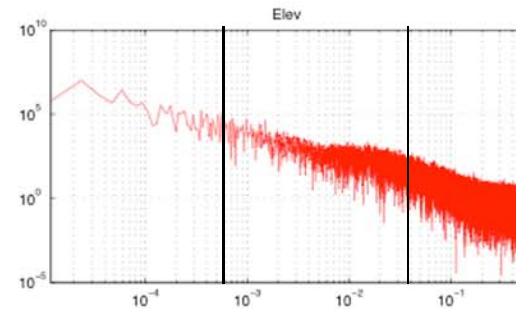
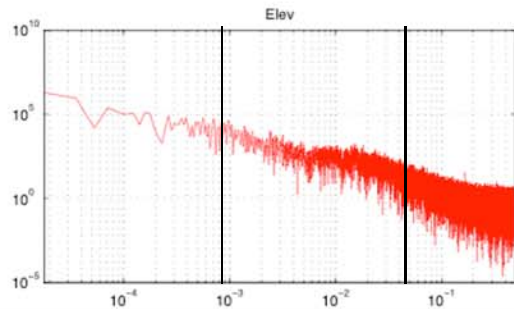
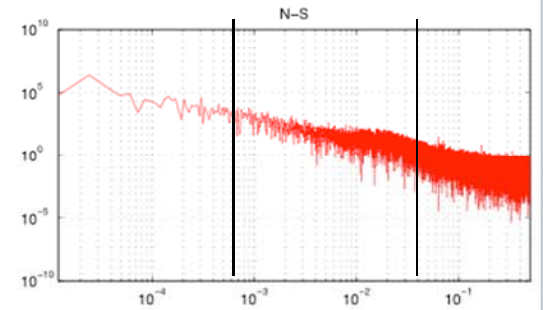
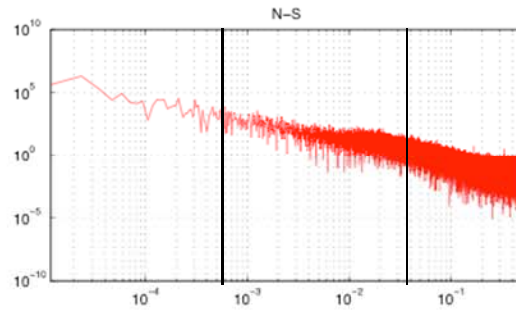
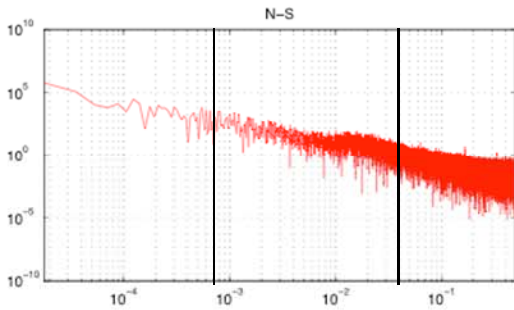
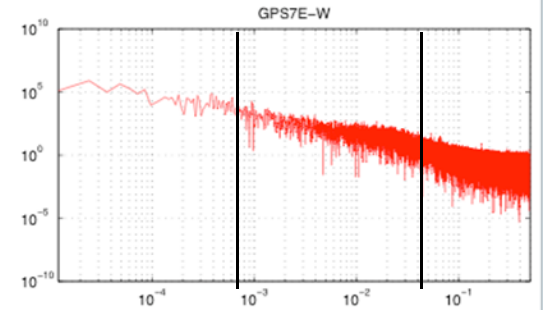
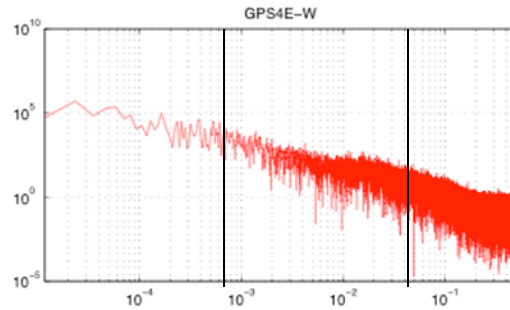
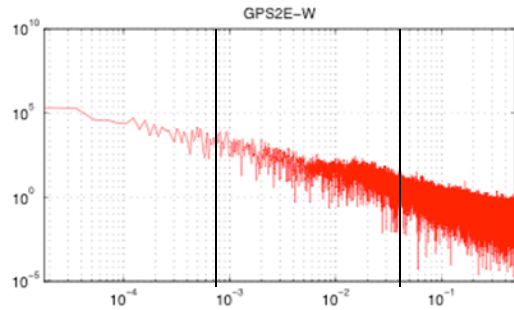
原因としては今回の観測がKinematic観測であり、一般的なStatic観測とサンプル数が違うためである。

FFT



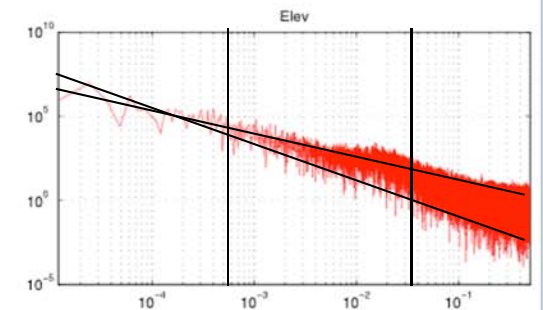
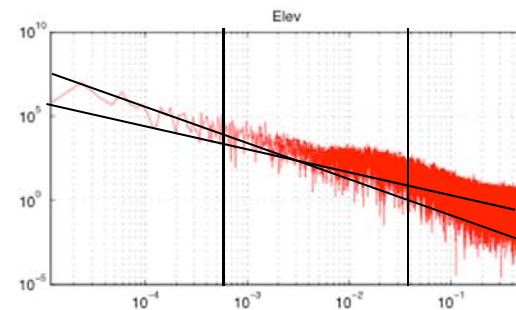
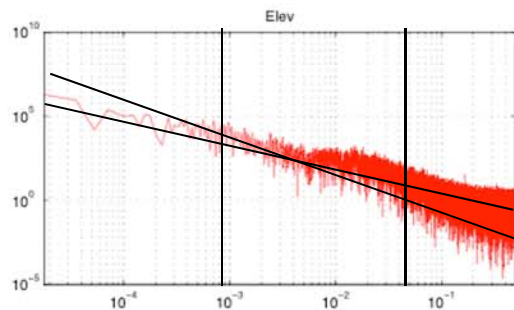
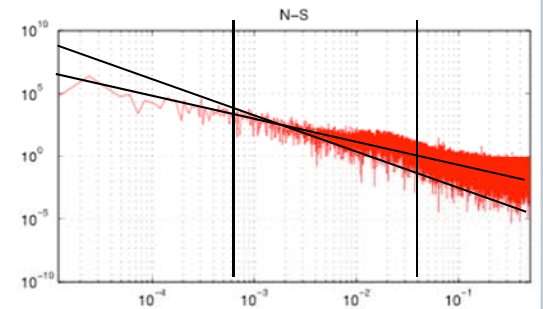
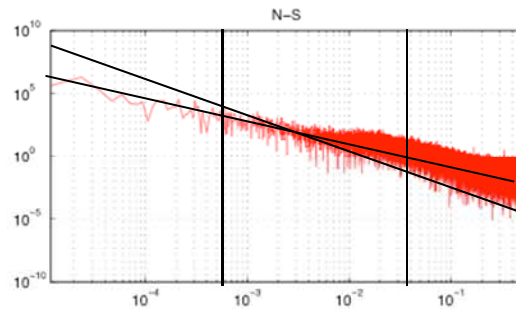
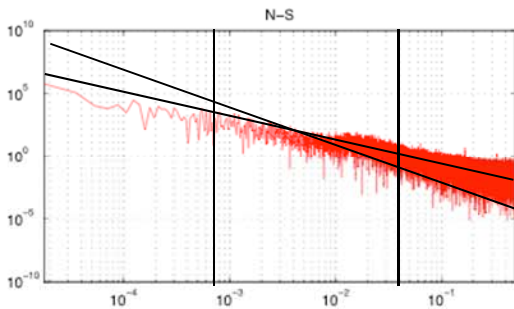
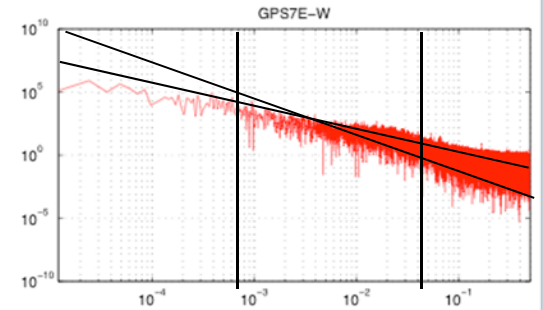
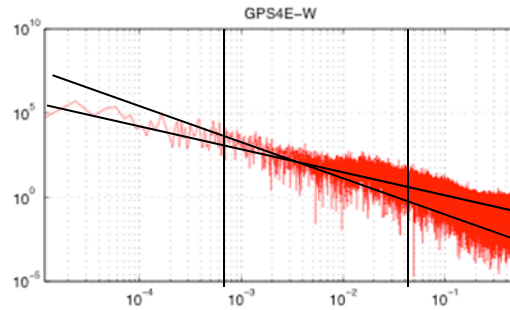
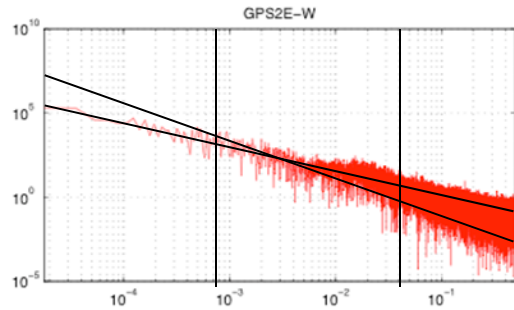
Hz

FFT



Hz

FFT



Hz

FFTから言えること



- $F^{-1.5}$ に比例したノイズが存在する。
- GPS観測は短周期ではノイズが少なく、長周期ではノイズが多くなる傾向にある。
- 長周期ノイズの原因として
 - 1: 大気構造の変化
 - 2: 衛星配置によるマルチパスの変化が考えられる。

結論



- 今回の観測では水平誤差が20~30mm,上下誤差が65~85mmと一般的な観測より大きくなってしまった。これはより長期的な観測を行うことでノイズレベルを下げることができる。
- 長周波のほうがノイズレベルが高かった。原因としては大気構造の変化と衛星配置によるマルチパスの変化が考えられる。