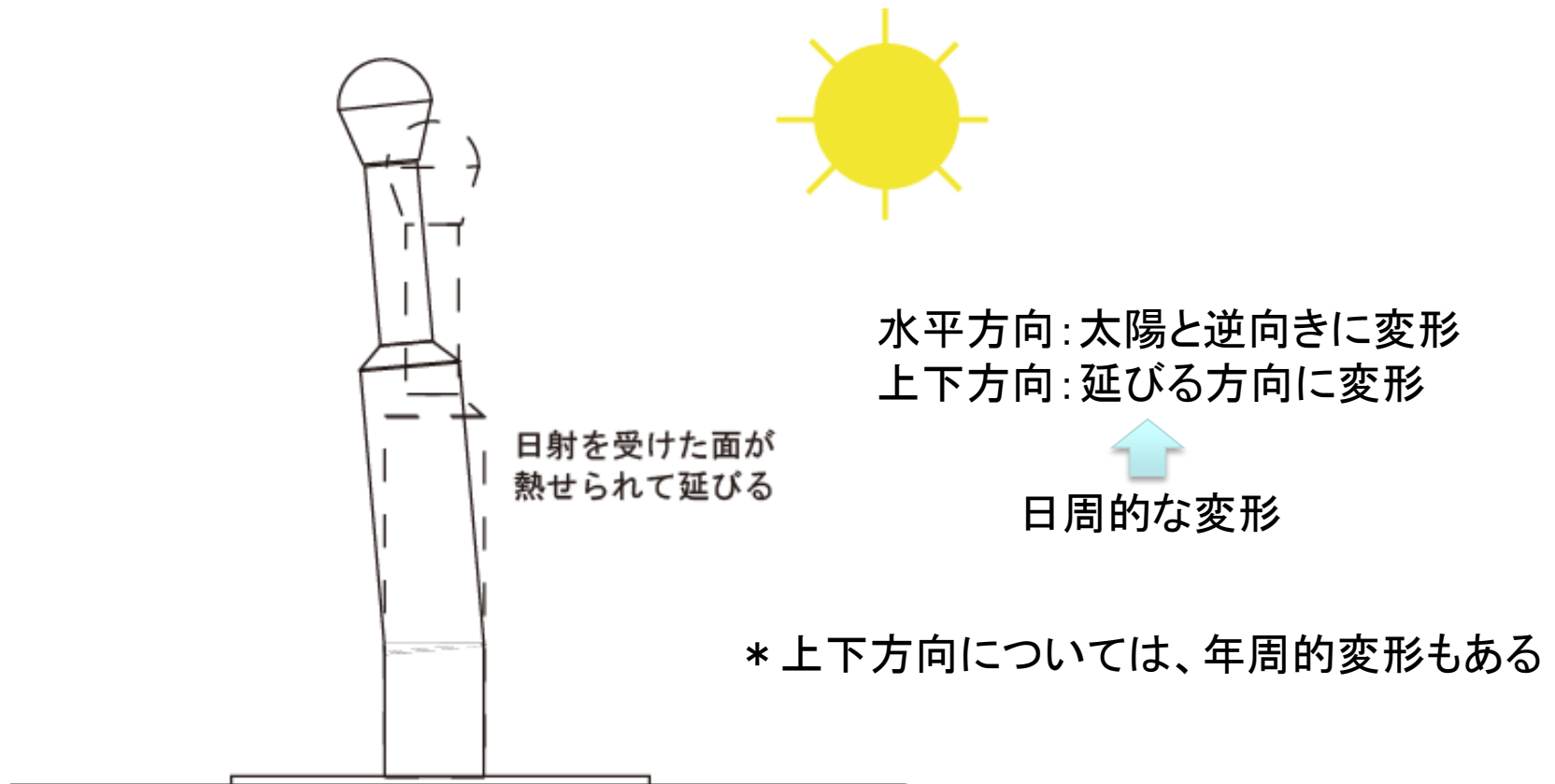


キネマティックGPS時系列に含まれる電子基準点の 熱傾斜に伴う水平測位誤差について

国土地理院 地理地殻活動研究センター
宇宙測地研究室
宗包 浩志

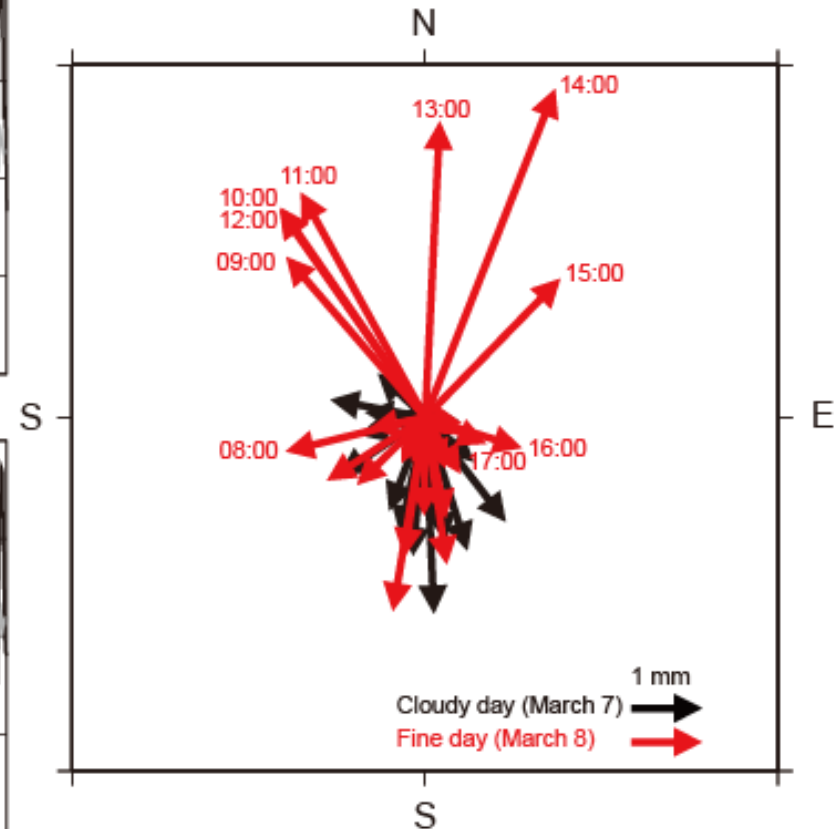
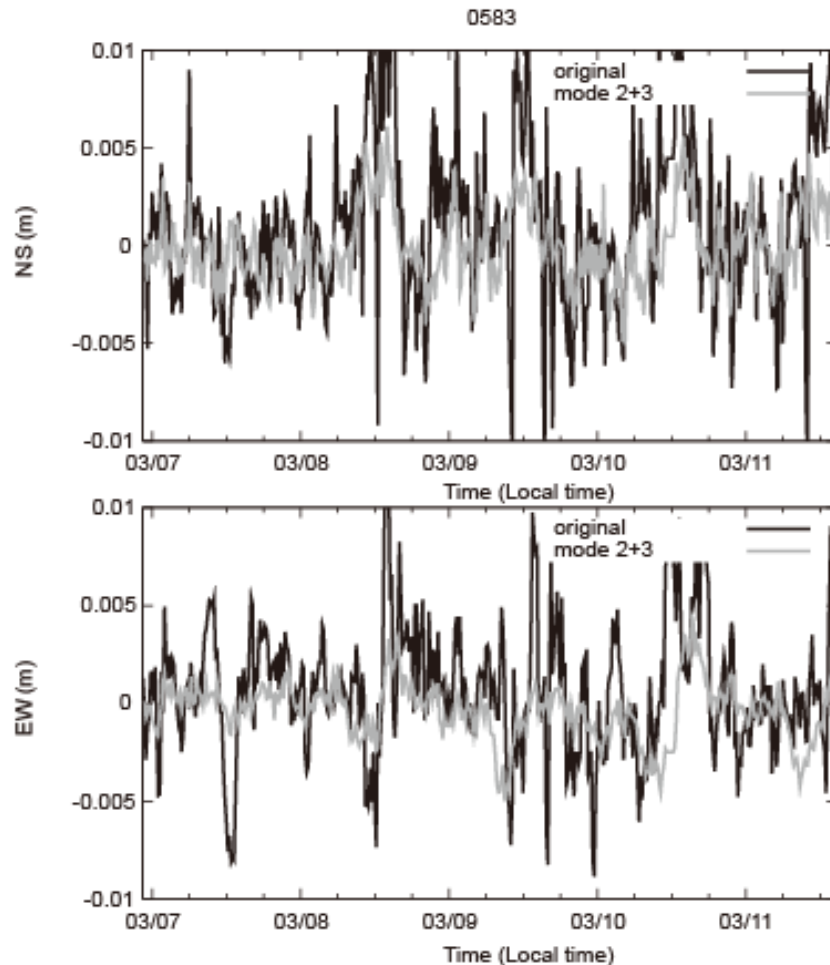


GPSモニュメントが日射により変形することは古くより知られている*



* 阿部・他(1997)国土地理院調査研究年報など

GPSキネマティック解析でも見えるようになった *



* Munekane (2012), EPS, in press

キネマティックGPS座標解から地殻変動を抽出する際の障害→なんとかしたい Slide 3

日射による変形の対策

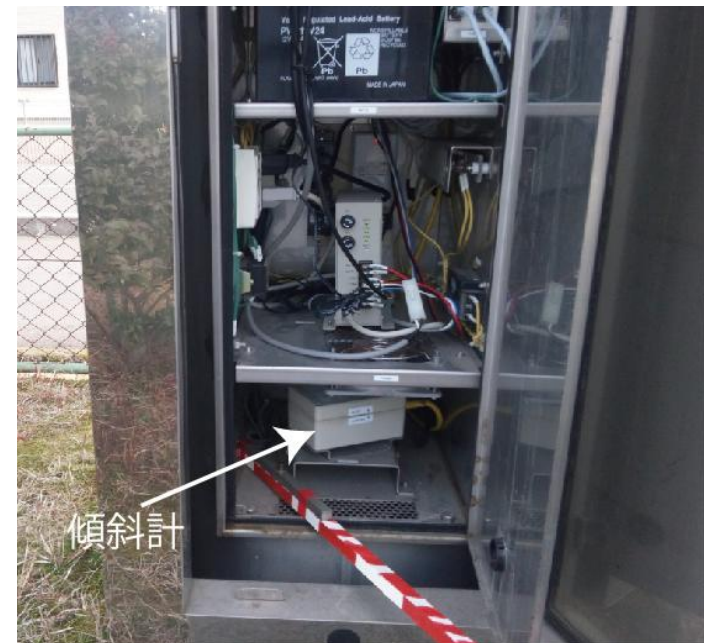
①ピラー形状の工夫



測地観測センター, 国土地理院時報 (2004)

全国1200点の電子基準点のうち、3/4は従来型のピラーである

②傾斜量の計測



傾斜計を設置し、ピラーの水平2軸方向の傾斜を連続観測

傾斜計記録をアンテナ変位に直すやりかた

$$\Delta \vec{r}_k = AR \Delta \vec{\theta}_k^{corr}$$

↑
キネマティックGPSの変位

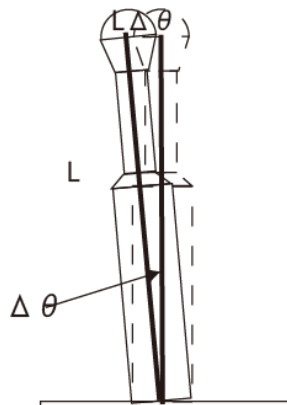
↑ ↑
アドミッタンス行列 回転行列(傾斜計の設置誤差)

↑
傾斜計記録(二軸; 温度補正後)

$$A = \begin{pmatrix} |a_n| & 0 \\ 0 & |a_e| \end{pmatrix}$$

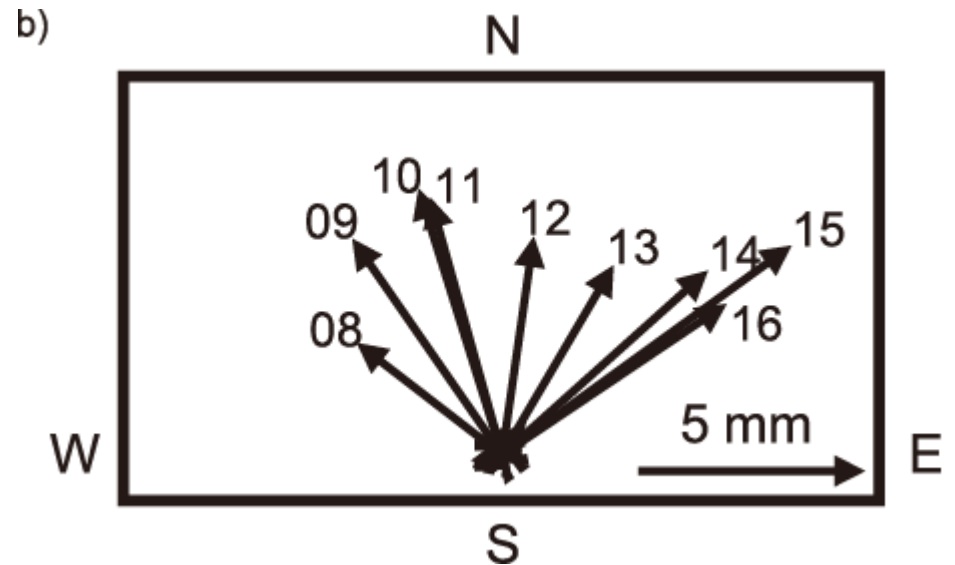
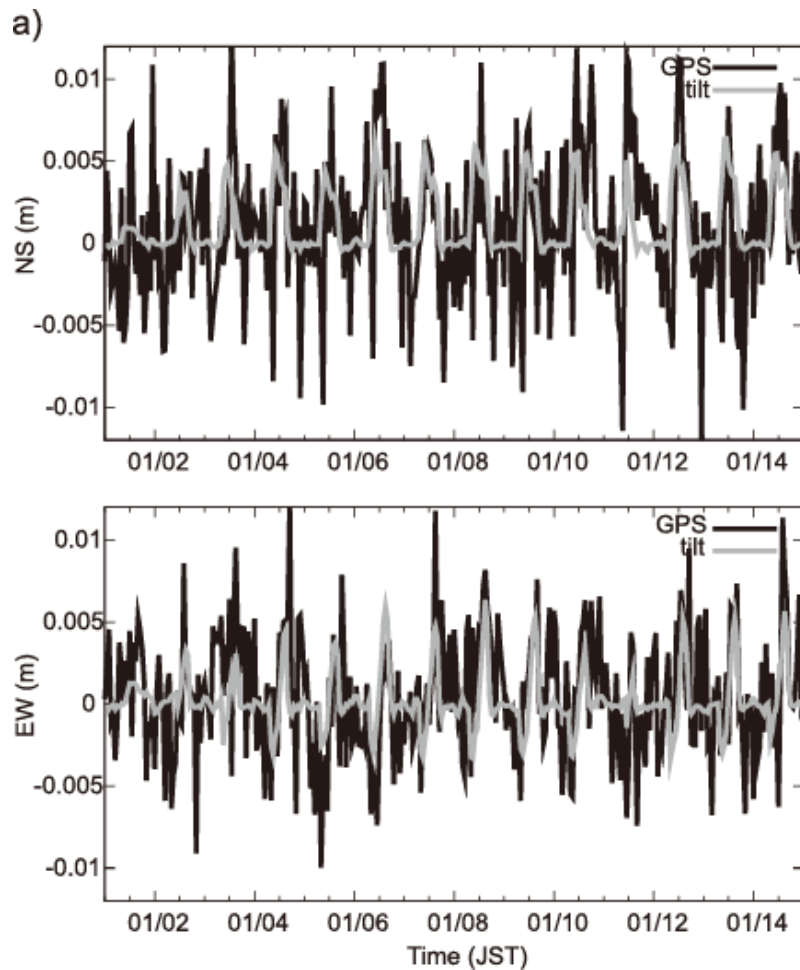
・ピラーが一様に傾斜するという仮定のもとでは、
Aは定数ベクトルとなり、

$$|a_n| = |a_e| = \text{ピラーの長さ}$$



・実際にはピラーの傾斜は一様ではなく、また
季節により傾斜の様式も変わるので、Aを時間
変化するパラメータ(ランダムウォーク)として
カルマンフィルタにて推定

ピラーの熱変形による変位(つくばの例)



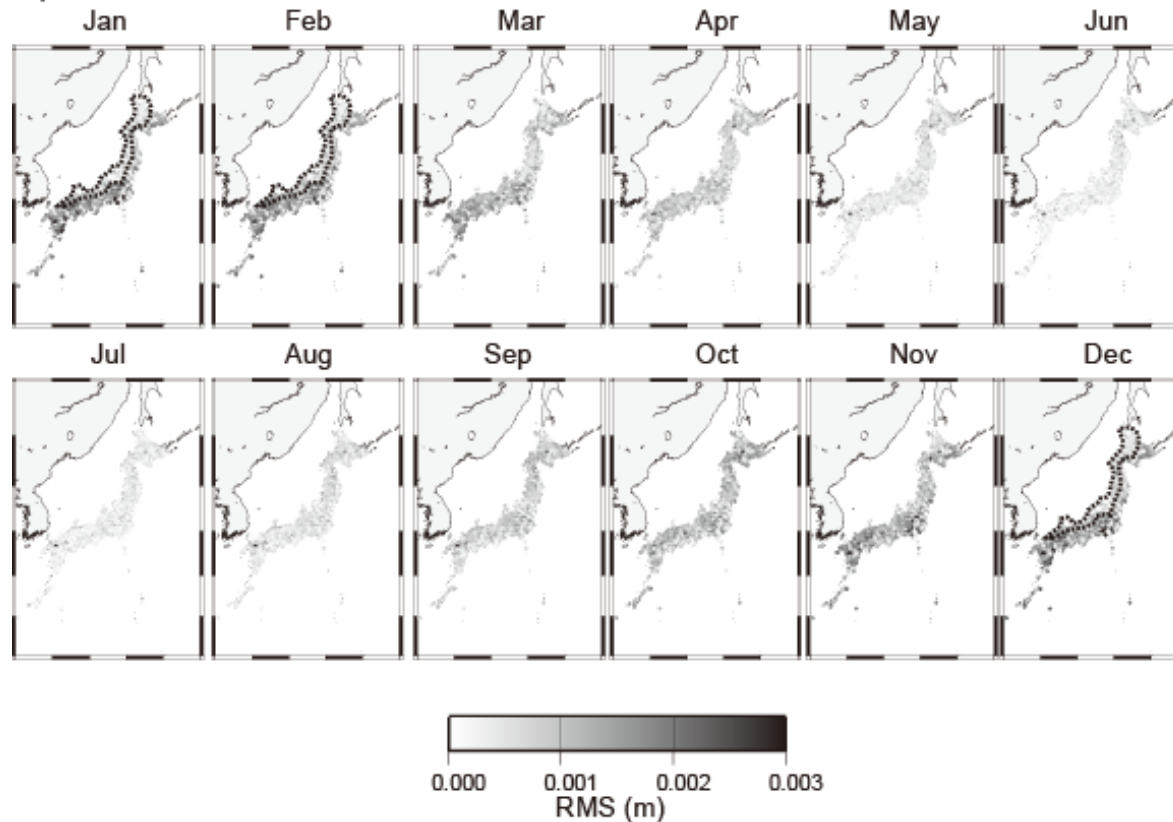
ピラーの熱変形のパターンと同じ、太陽と逆向きの変位

ピラーの熱変形による変位 (一ヶ月毎の平均振幅； 南北成分)

* 冬場日本海側において振幅が小さくなる

* 4-9月に振幅が減少する

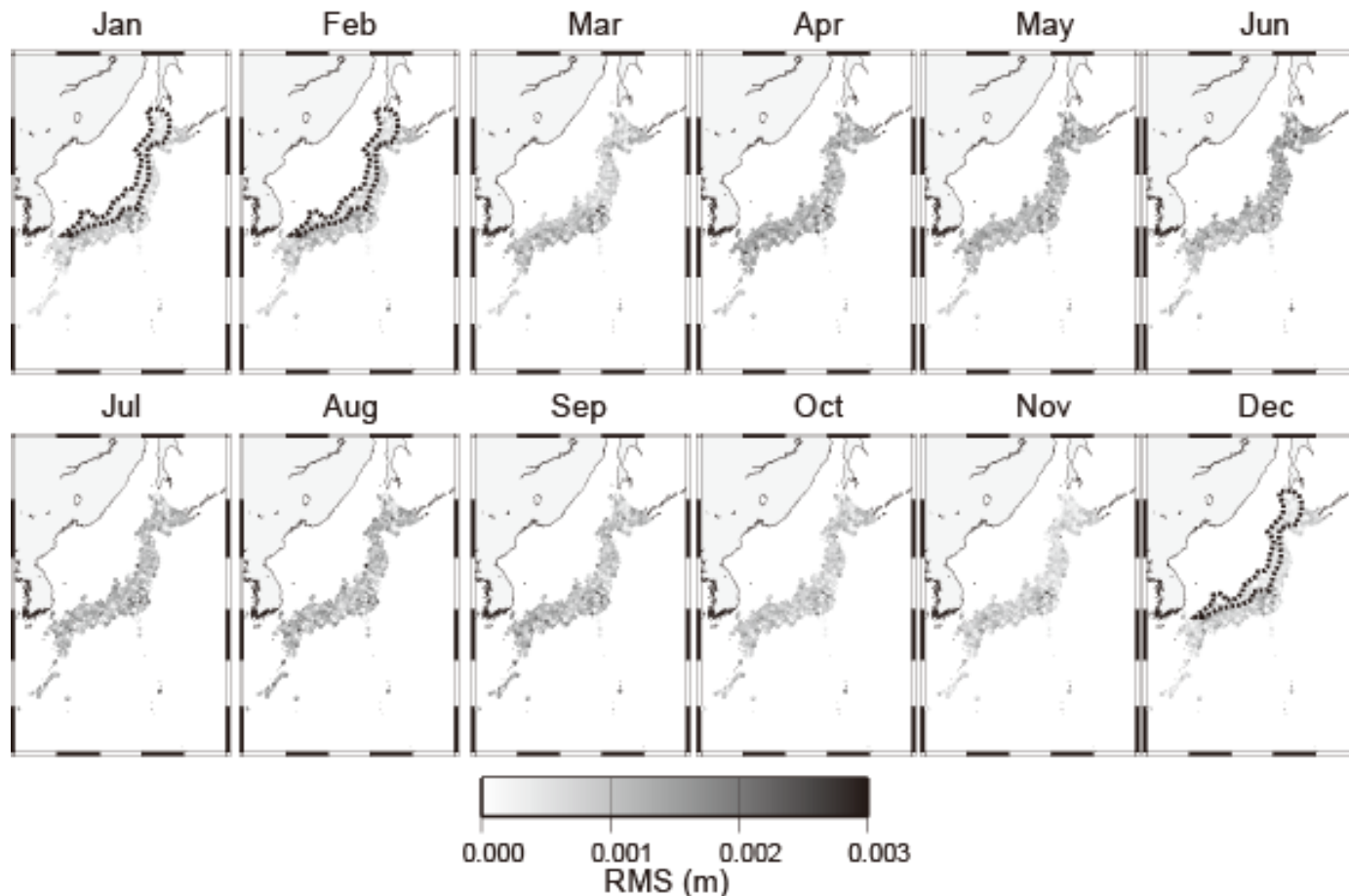
a) North-South



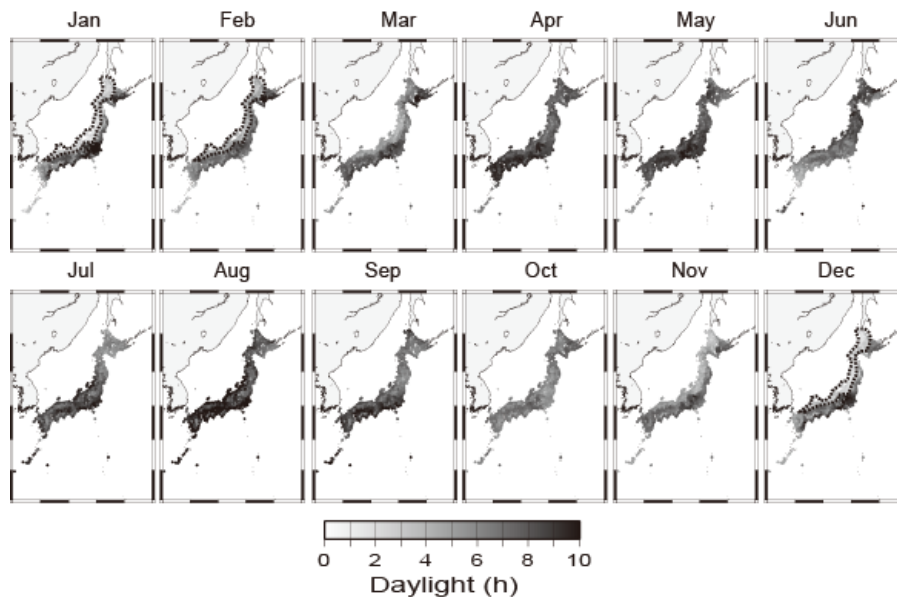
ピラーの熱変形による変位 (一ヶ月毎の平均振幅； 東西成分)

- * 冬場日本海側において振幅が小さくなる
- * 南北成分に見られた4-9月にかけての振幅の減少は見られない

b) East-West

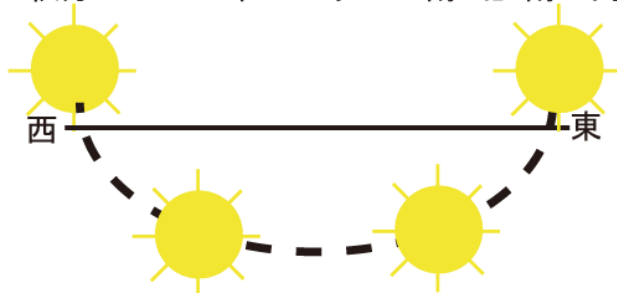


なぜ冬場、日本海側で振幅が小さいのか ➡ 日照時間

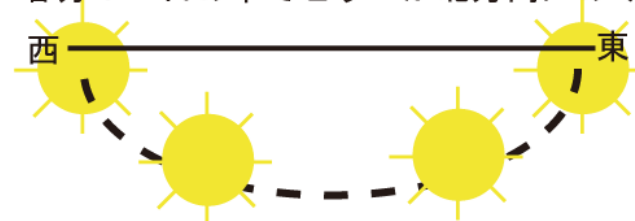


なぜ4月～9月に南北方向の傾斜が小さくなるのか ➡ 太陽の軌跡

春分～秋分：一日の中でピラーが南-北-南と向きを変える



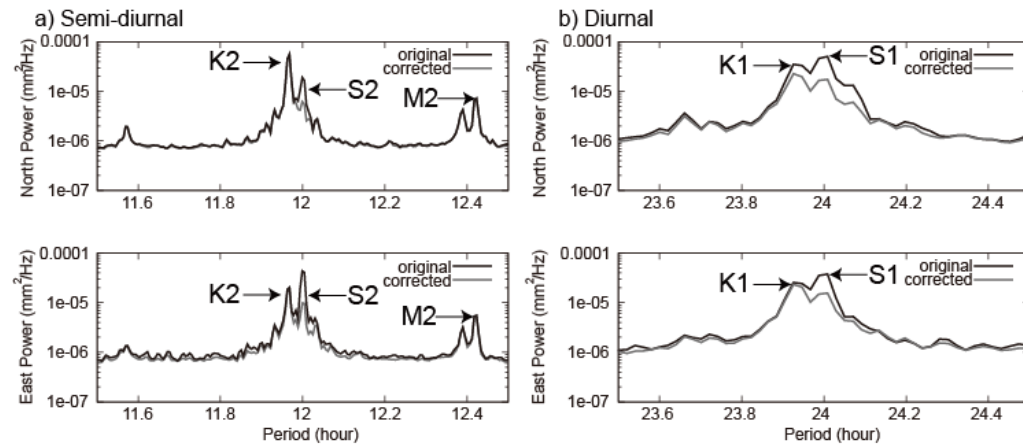
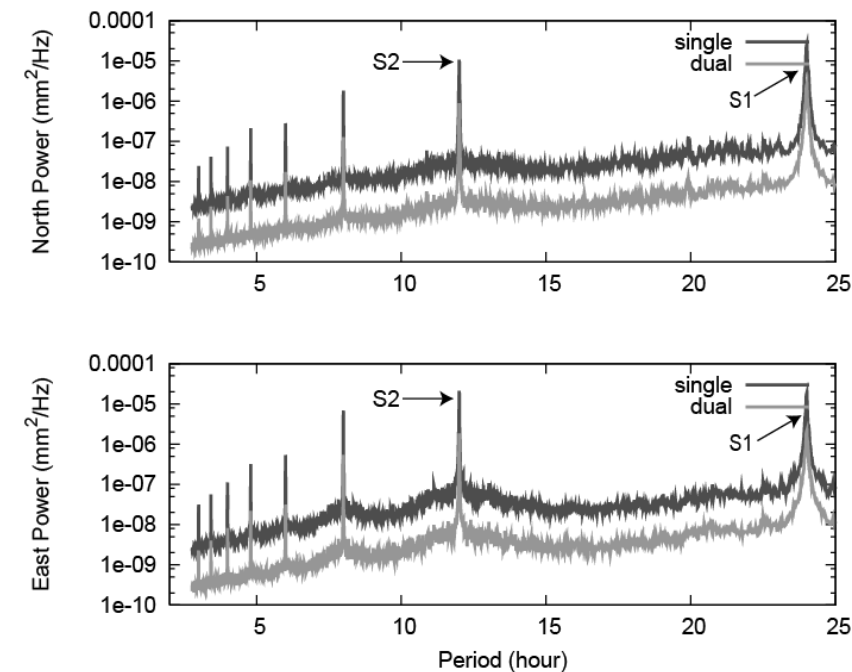
秋分～春分：一日の中でピラーが北方向にのみ変形



スペクトル

* 日周・半日周潮(S1, S2)およびその高調波が卓越する

* 補正を行うことで、キネマティックGPS時系列に見られたのS1, S2のピークは低減される



シミュレーションによる考察(King et al., 2007など)

- * 日周・半日周潮(S1, S2)は、24時間解析ではそれぞれ年周、半年周成分に漏れこむ
- * 水平成分のsub-daily誤差が、(同程度の振幅で)上下成分に漏れこむことがありうる



24時間解析に与える影響の定量的な評価が必要

$$f' = \text{abs} \left[f - \frac{1}{\Delta} \text{integer}(f\Delta + 0.5) \right]$$

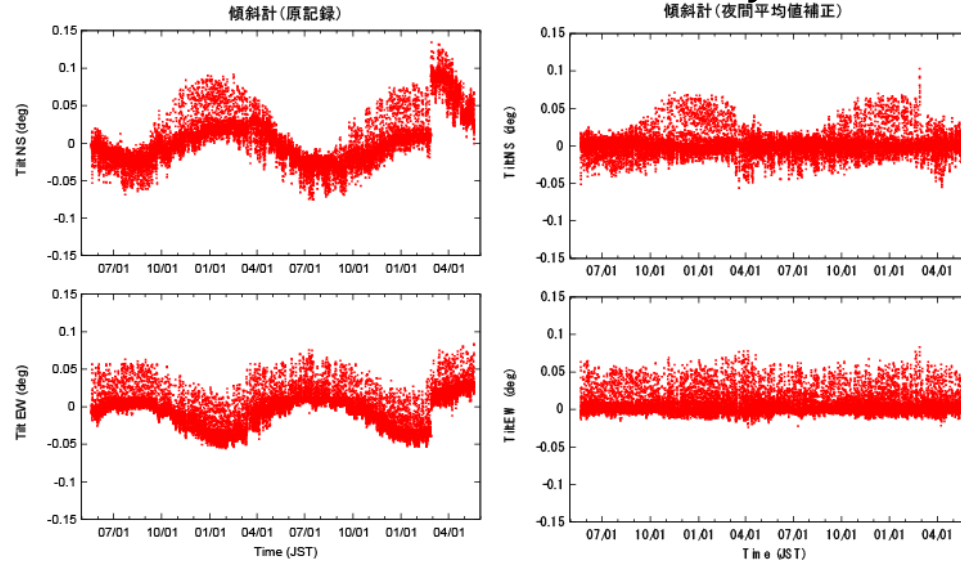
Δ : サンプルング間隔; f : オリジナル周波数; f' : エイリアスされた周波数

潮汐	周期 (24時間サンプリング)	周期 (恒星日サンプリング)
S1	∞	365.26
S2	∞	182.63

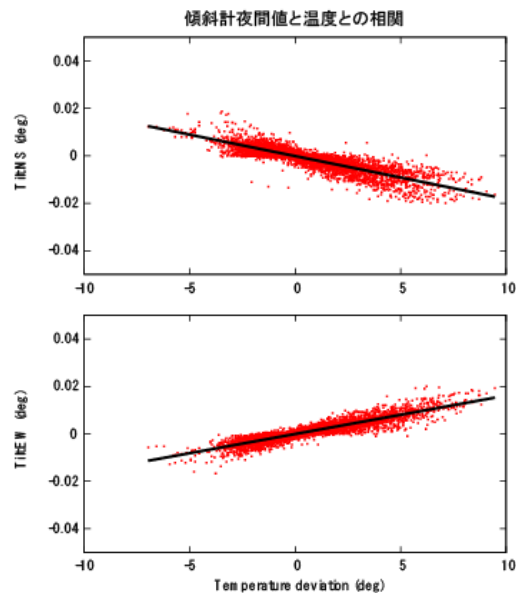
水平→高さのアドミッタンスは観測点による(100%を超える場合あり)

- 電子基準点に設置されている傾斜計記録から、ピラー熱変形による変位を推定する手法を開発した
- ピラーの熱変形の振幅の時空間的な特徴を明らかにした
- スペクトルで見ると、ピラーの熱変形の変位はS1およびS2(およびその高調波)が卓越することを示した

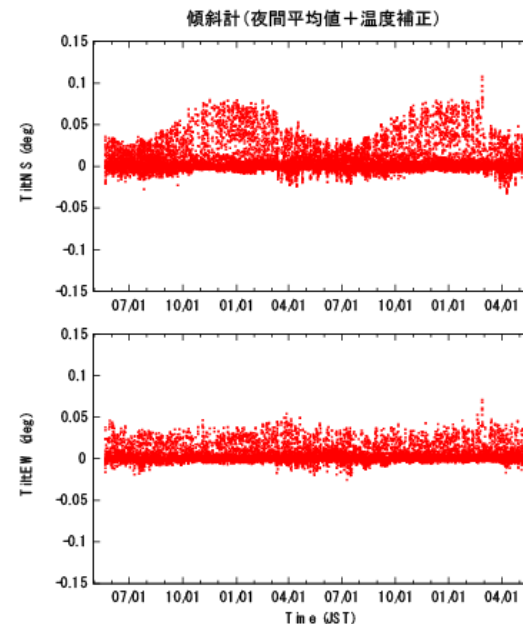
①夜間平均値を差し引いてsubdaily時系列生成



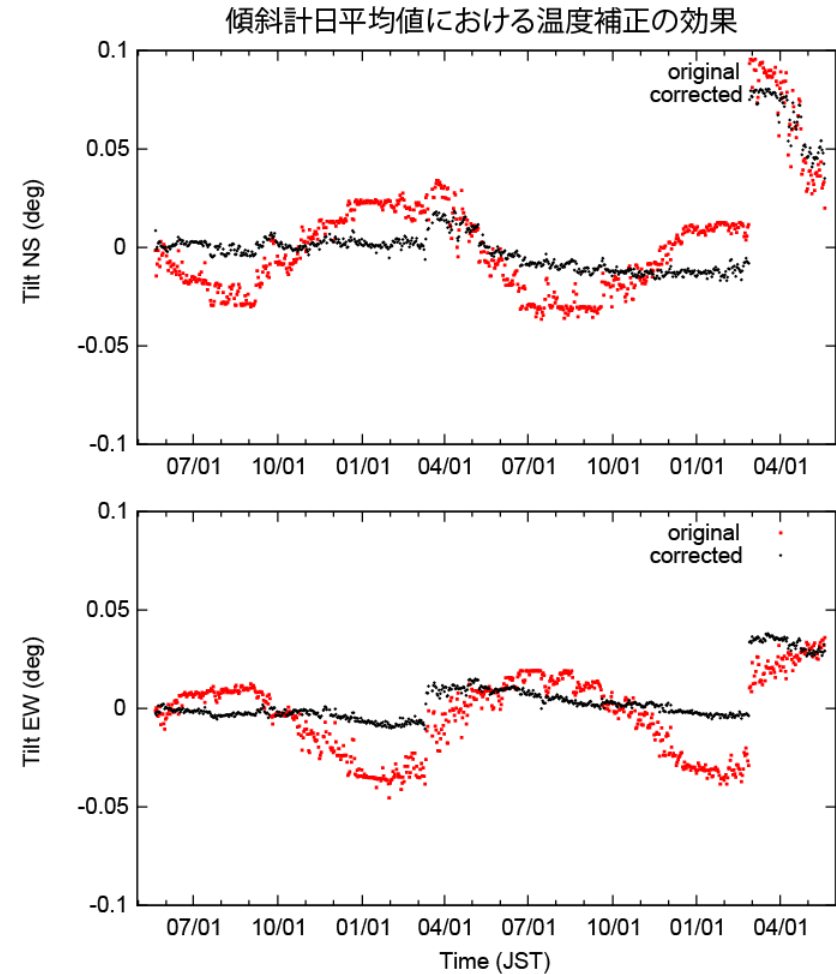
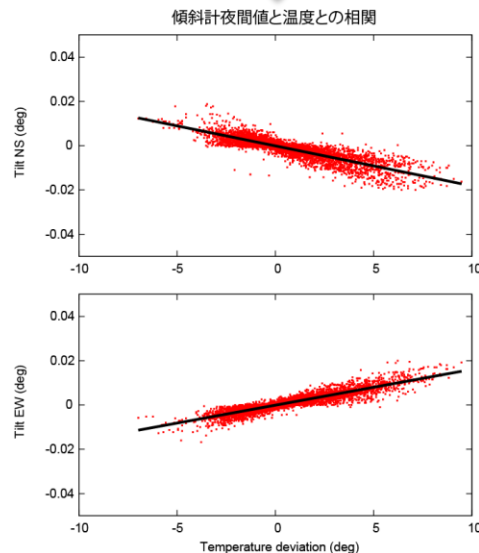
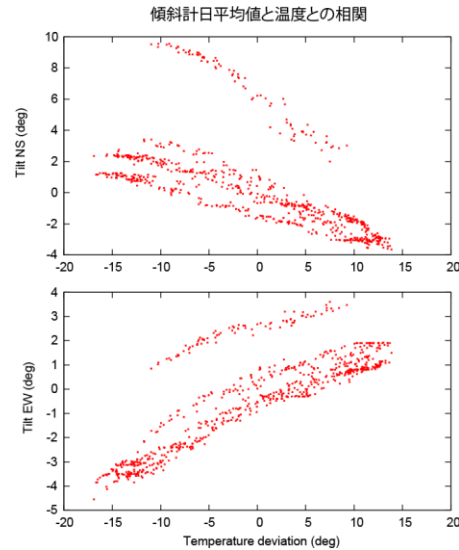
②夜間値を用いて温度係数を決定



③温度補正

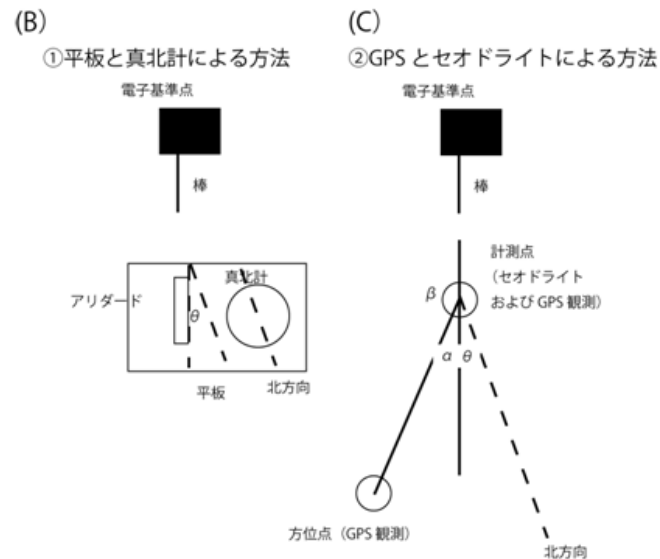
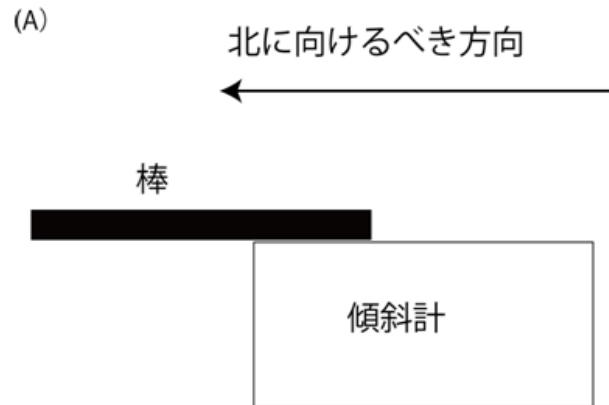


Subdaily時系列で温度係数を決めるメリット→傾斜計ドリフト・ジャンプの影響を受けない



参考：傾斜計設置方位角の検証(1)

傾斜計設置方向調査 in つくば・鹿児島・宮崎



傾斜計の設置状況



アリダードを用いた観測



計測点における GPS 観測



TS 観測のため方位点に目標を設置



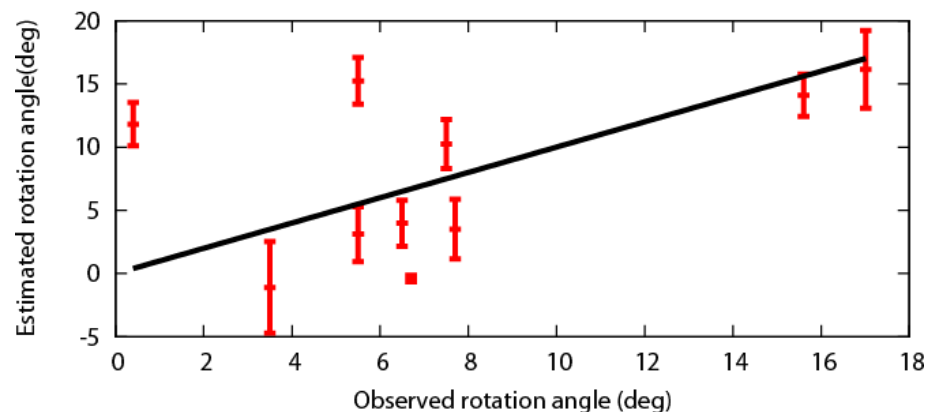
真北計 (日本コムシス UN300)

傾斜計設置方位角計測結果(北から西向きが正)

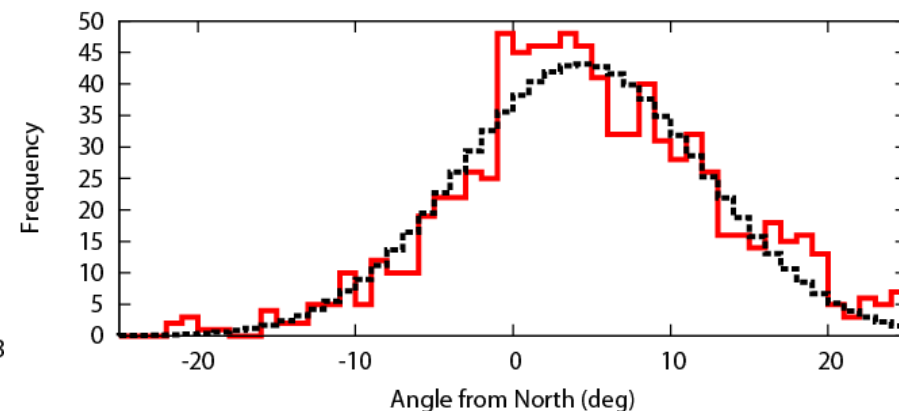
電子基準点	GPS+ セオド ライト(°)	平板+真北計 (°)	平板+磁北(°) (偏角補正後)
始良	17.0	16	——
牧園	——	6	——
都城 2	——	1	——
都城	——	6	——
隼人	——	-15	——
鹿児島福山	——	6	——
鹿児島郡山	——	——	16
樋脇	——	——	7
宮之城	——	——	0
つくば 1	——	7.5	——
つくば 3	6.7	6	——
つくば 2A	——	3.5	——

- 地理院構内および始良での結果から、1～2° の精度では計測できていると思われる
- 磁北にあわせていると思われる点が多い

GPSとのアドミッタンス計算時に推定された
傾斜計設置方位角との比較



傾斜計設置方位角のヒストグラム



平均4.4°

- 設置角度の推定誤差→過小評価？
- 磁北にあわせていると思われる点が多い
- 偏角を考慮して設置した人もいるらしい