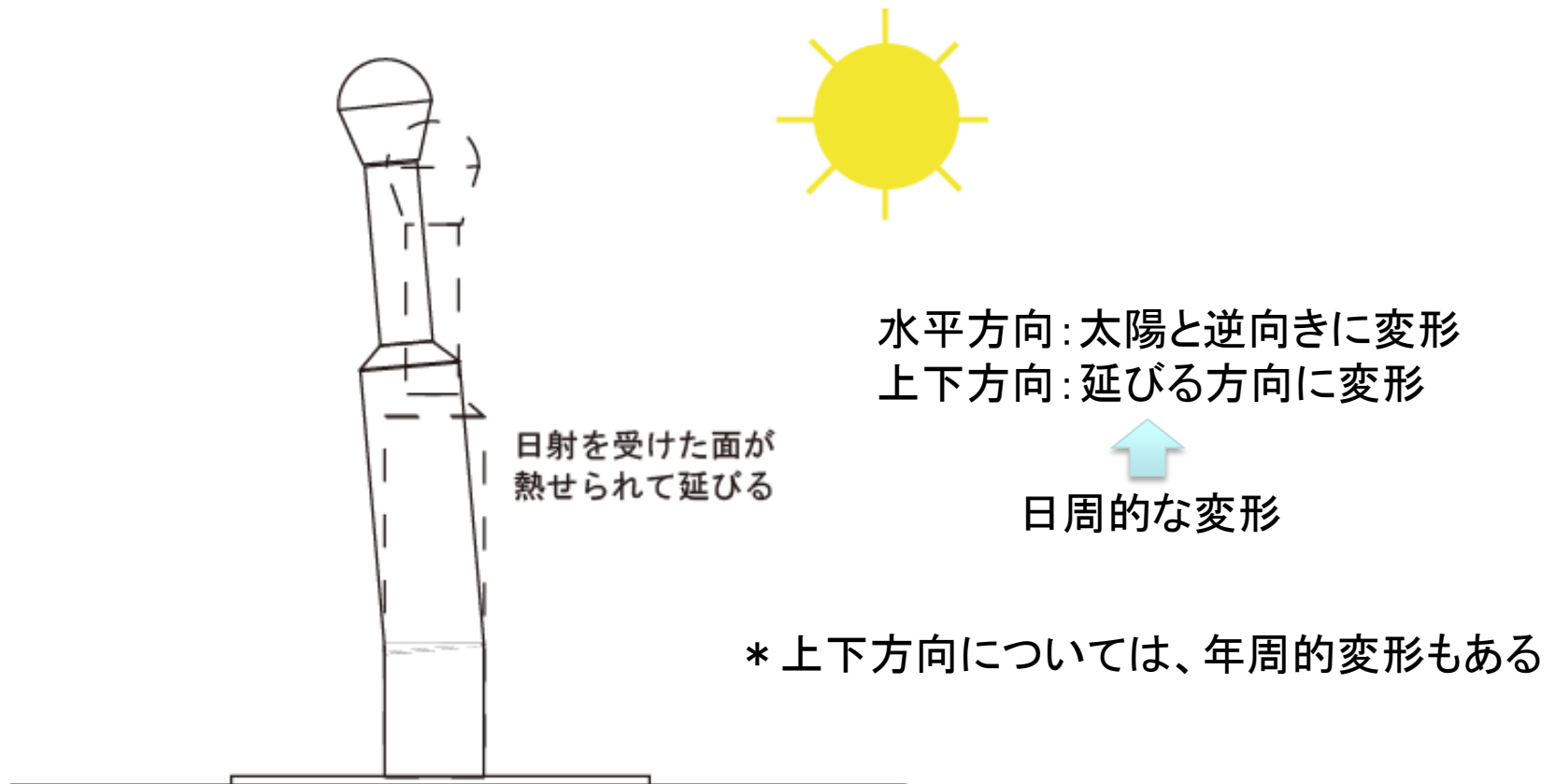


# キネマティックGPS時系列に含まれる電子基準点の 熱傾斜に伴う水平測位誤差について

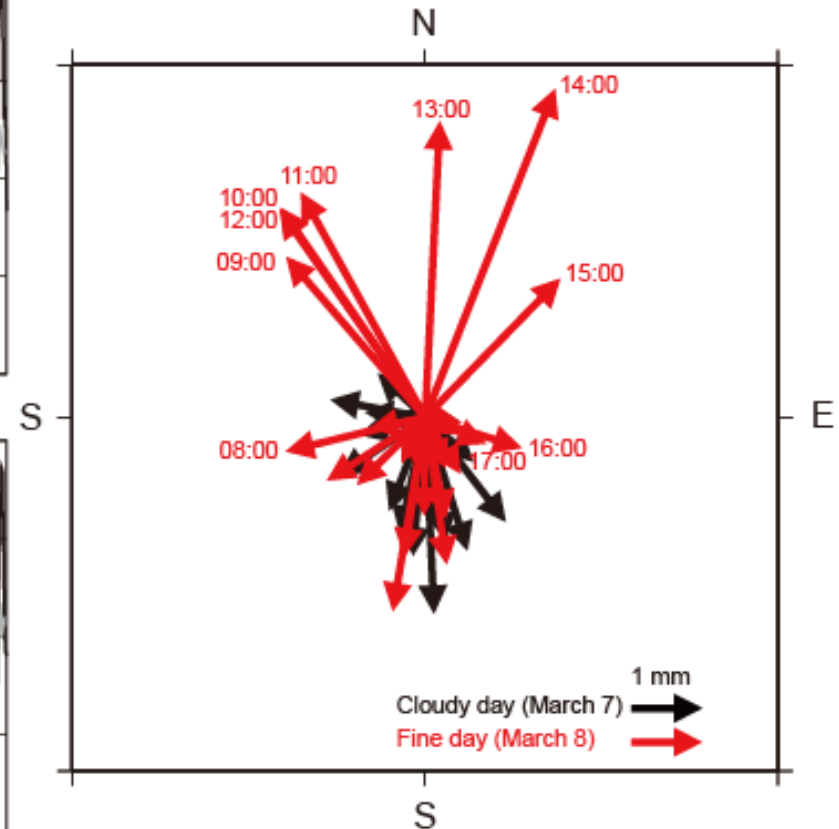
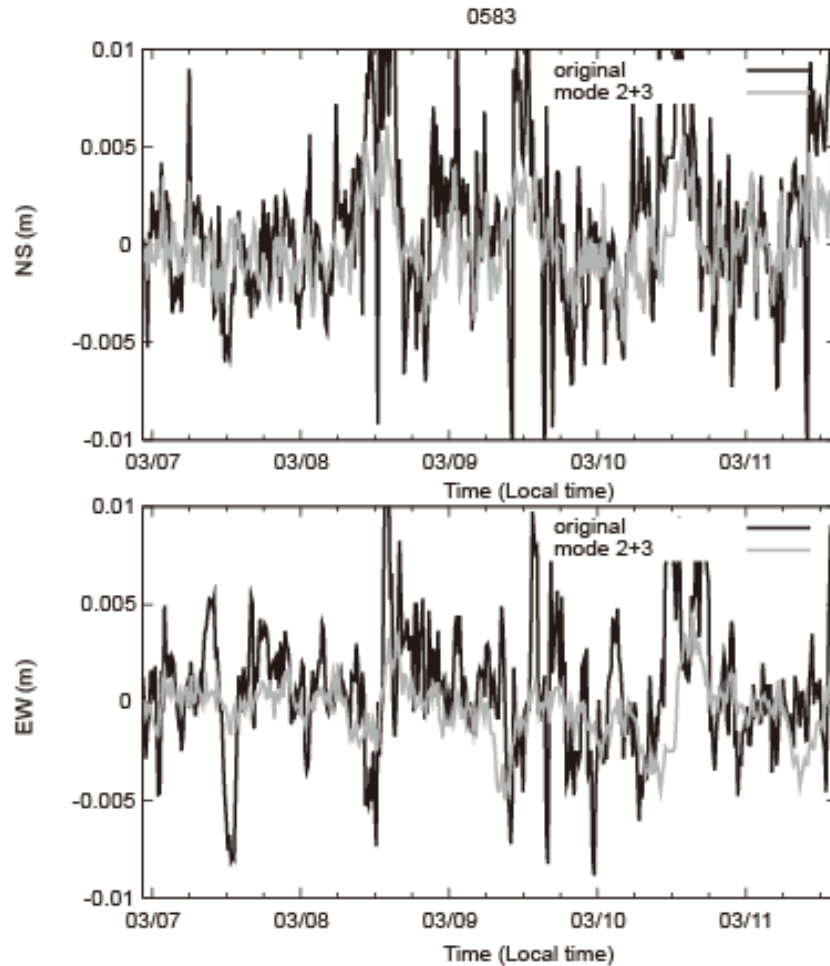
国土地理院 地理地殻活動研究センター  
宇宙測地研究室  
宗包 浩志

## 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

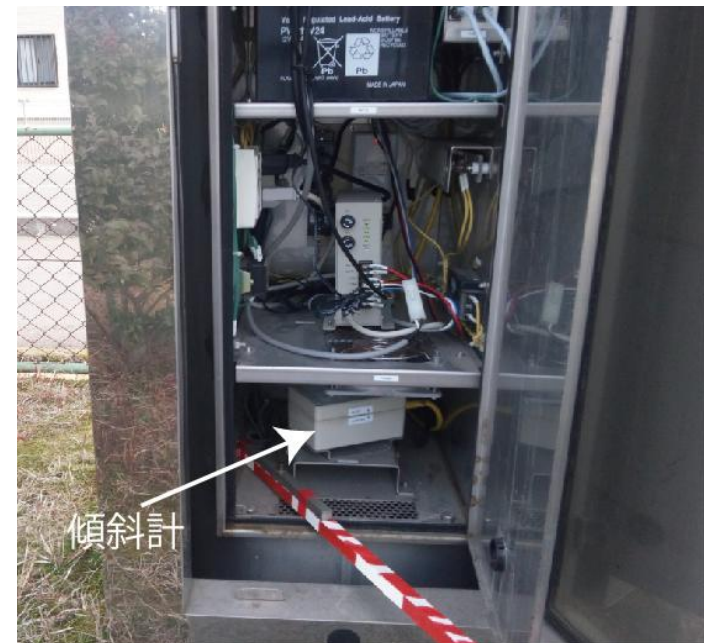
### ①ピラー形状の工夫



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

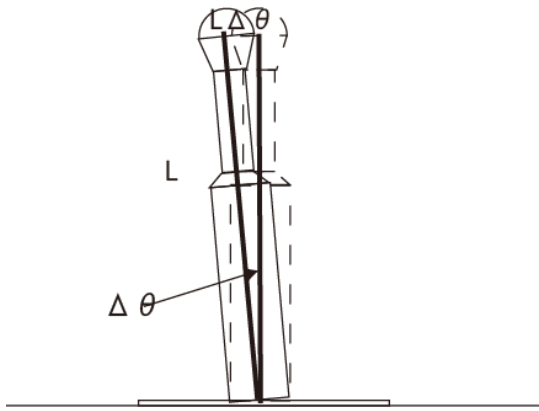
傾斜計記録(二軸; 温度補正後)

アドミッタンス行列    回転行列(傾斜計の設置誤差)

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

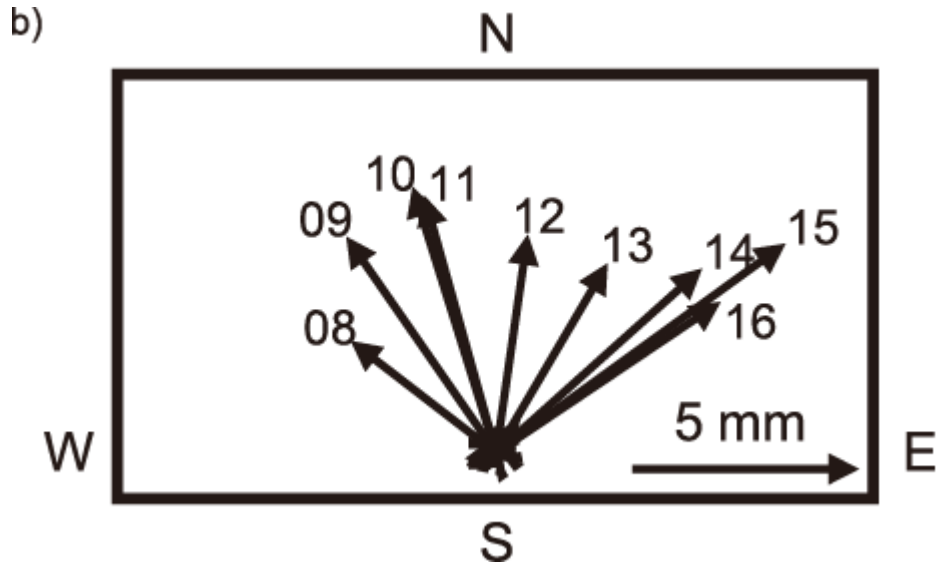
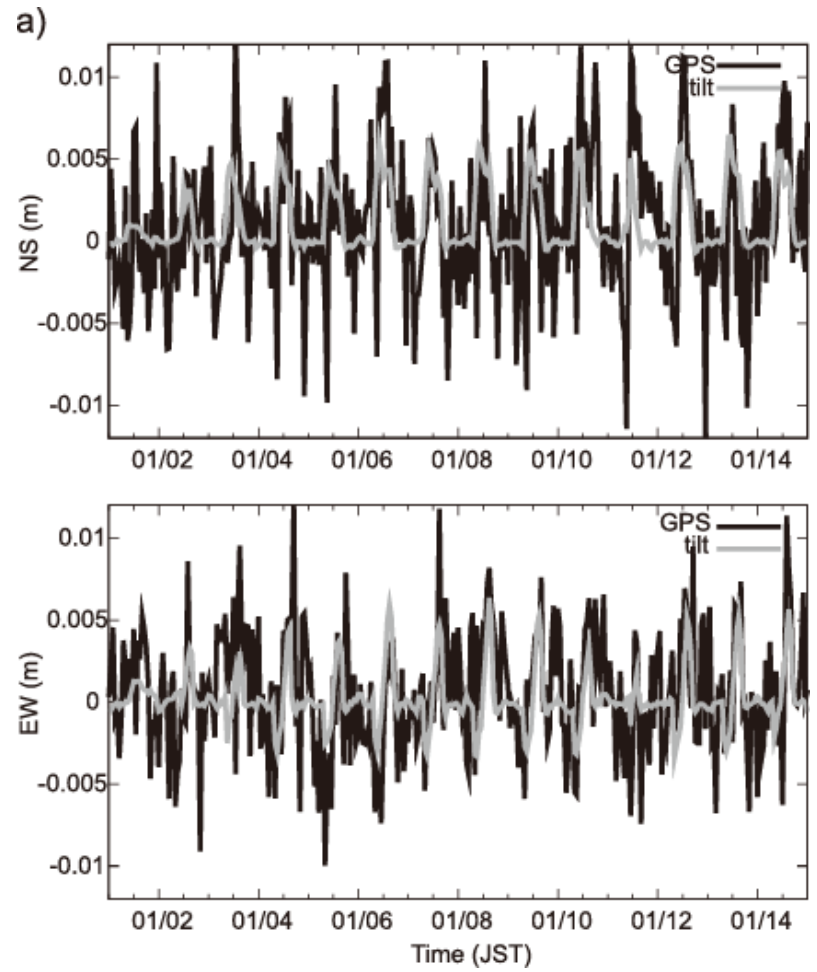
・ピラーが一樣に傾斜するという仮定のもとでは、Aは定数ベクトルとなり、

$$|a_n| = |a_e| = \text{ピラーの長さ}$$



・実際にはピラーの傾斜は一樣ではなく、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)

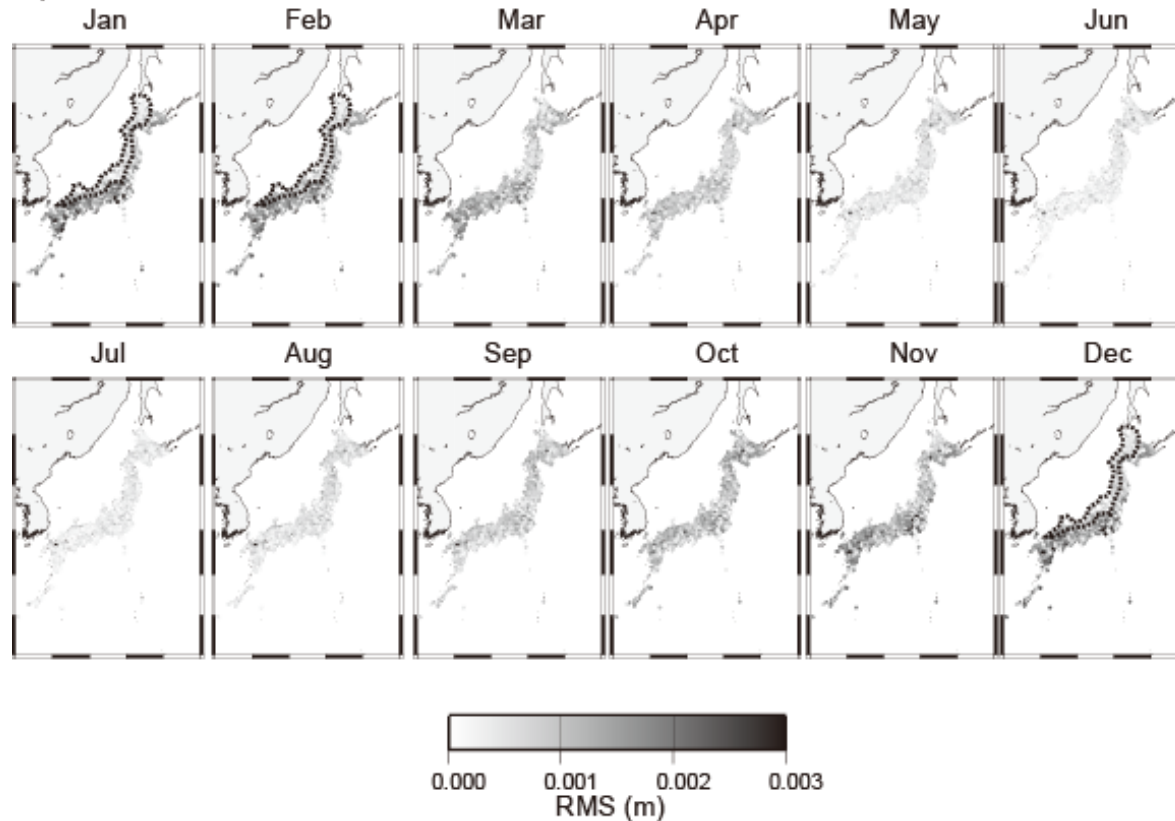


ピラーの熱変形のパターンと同じ、太陽と逆向きの変位

## 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

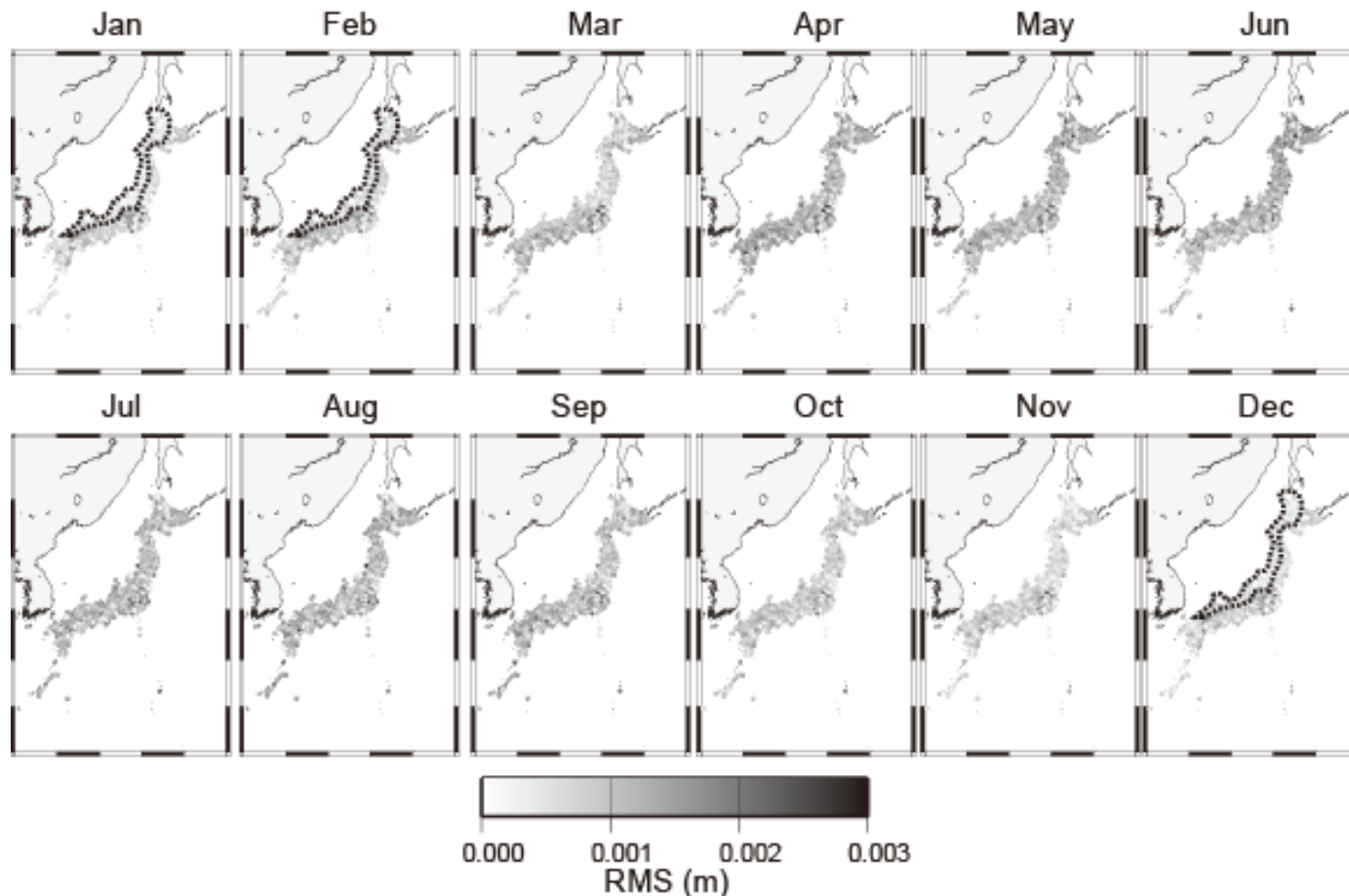
a) North-South



## 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)

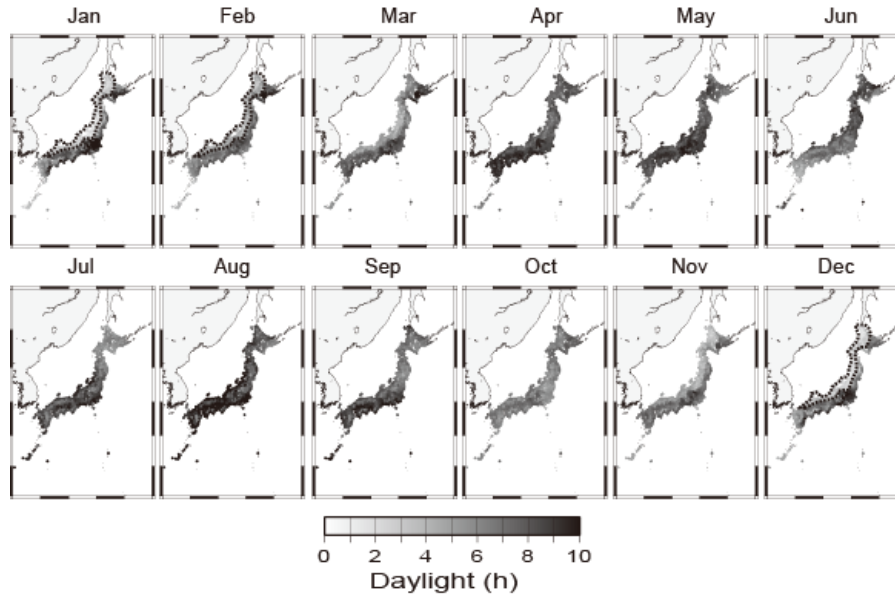
- \* 冬場日本海側において振幅が小さくなる
- \* 南北成分に見られた4-9月にかけての振幅の減少は見られない

b) East-West



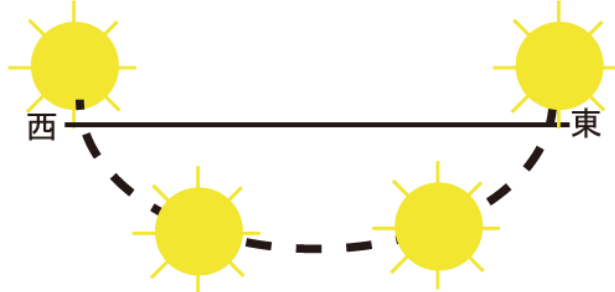


## なぜ冬場、日本海側で振幅が小さいのか → 日照時間

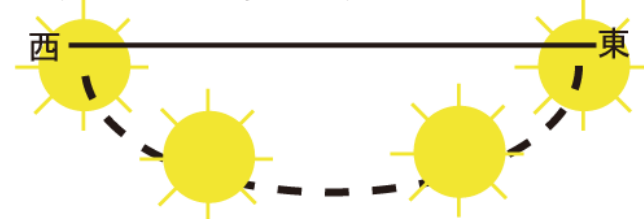


## なぜ4月～9月に南北方向の傾斜が小さくなるのか → 太陽の軌跡

春分～秋分：一日の中でピラーが南-北-南と向きを変える



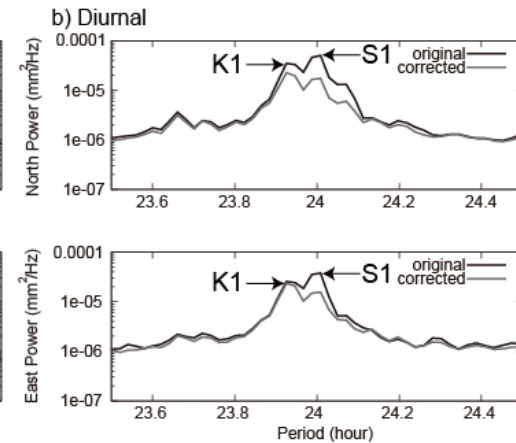
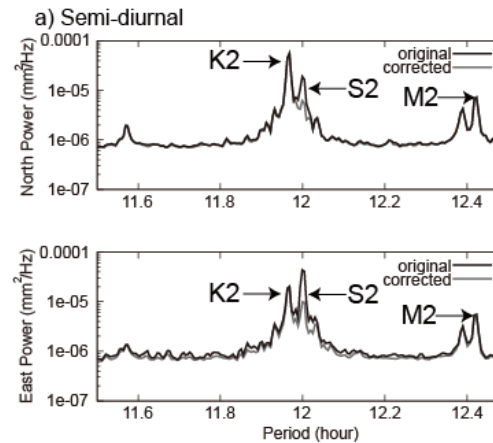
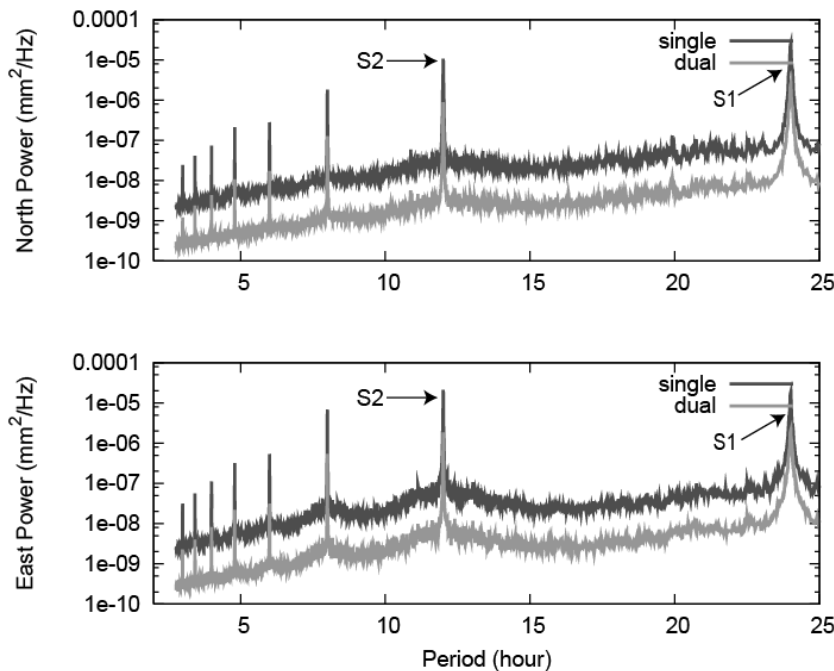
秋分～春分：一日の中でピラーが北方向にのみ変形



## 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

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

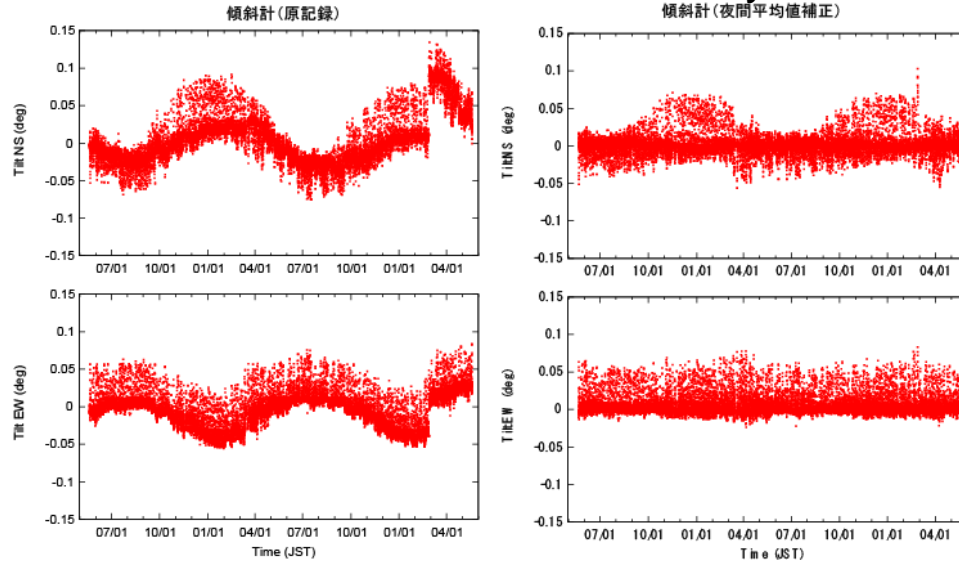
$\Delta$ : サンプルング間隔;  $f$ : オリジナル周波数;  $f'$ : エイリアスされた周波数

潮汐	周期 (24時間サンプルング)	周期 (恒星日サンプルング)
S1	$\infty$	365.26
S2	$\infty$	182.63

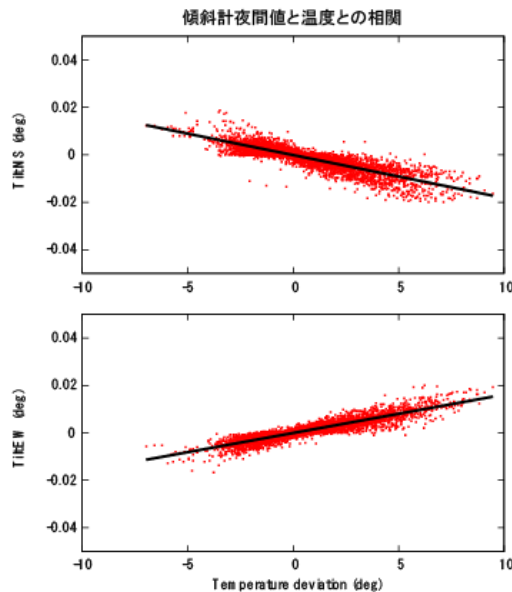
水平→高さのアドミッタンスは観測点による(100%を超える場合あり)

- 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

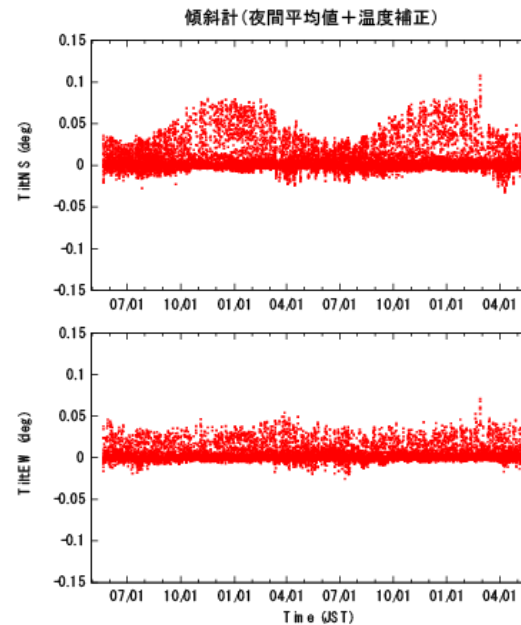
## ① 夜間平均値を差し引いてsubdaily時系列生成



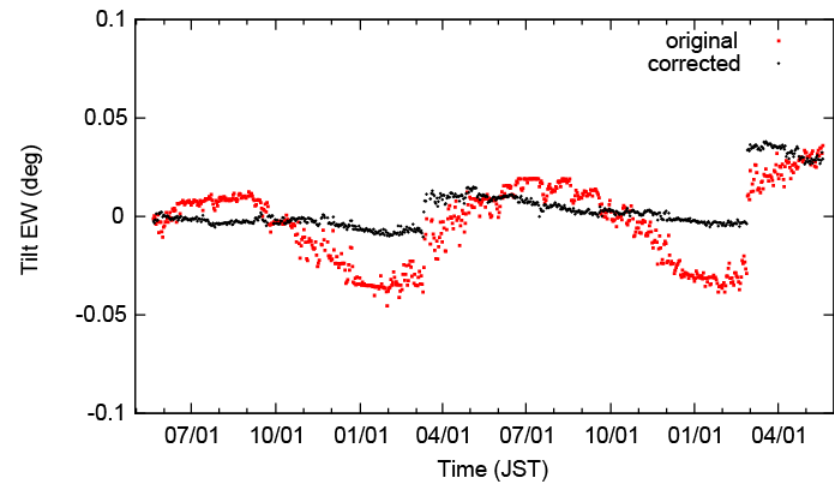
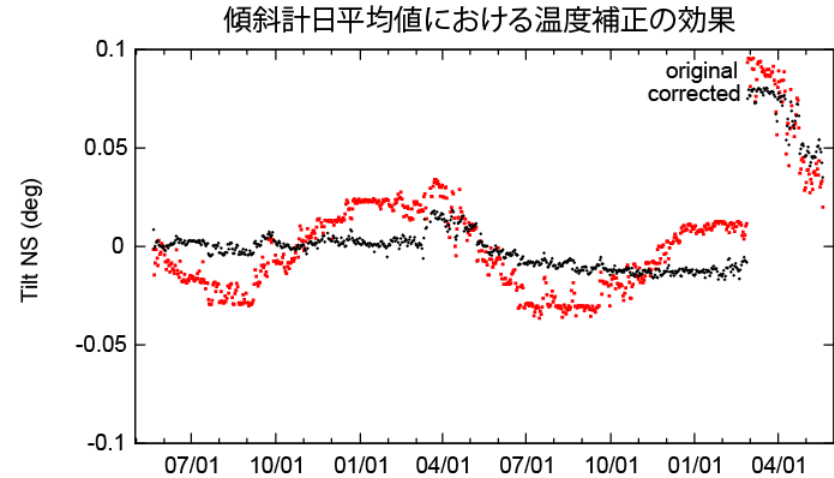
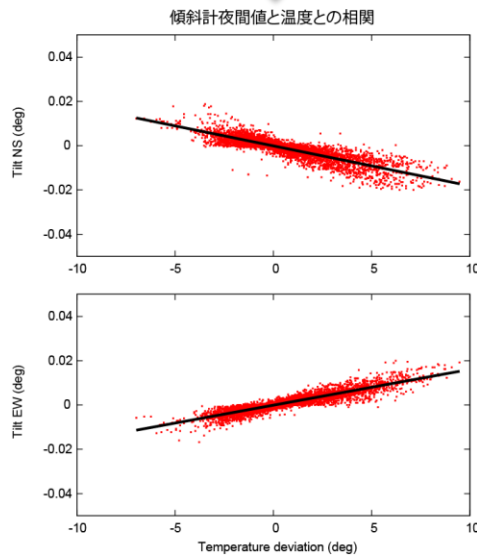
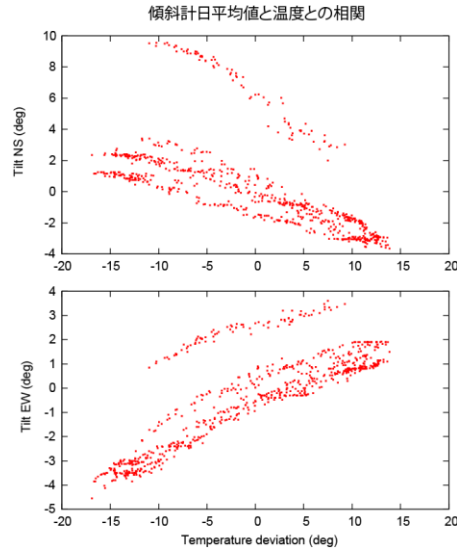
## ② 夜間値を用いて温度係数を決定



## ③ 温度補正

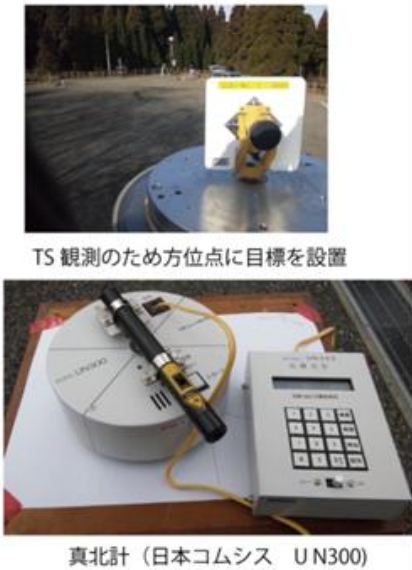
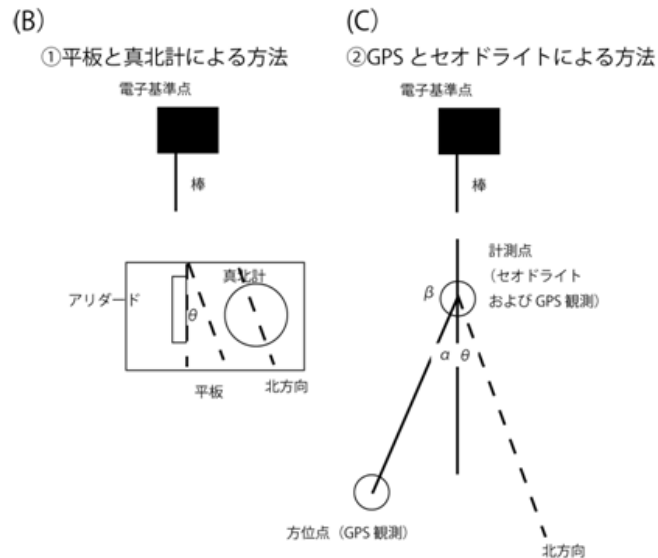
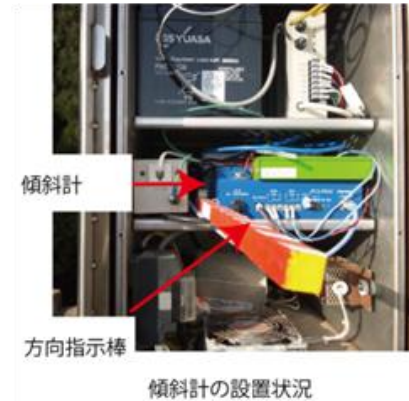
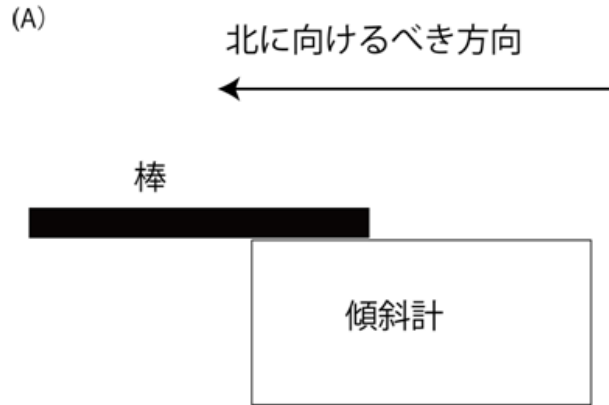


Subdaily時系列で温度係数を決めるメリット→傾斜計ドリフト・ジャンプの影響を受けない



# 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



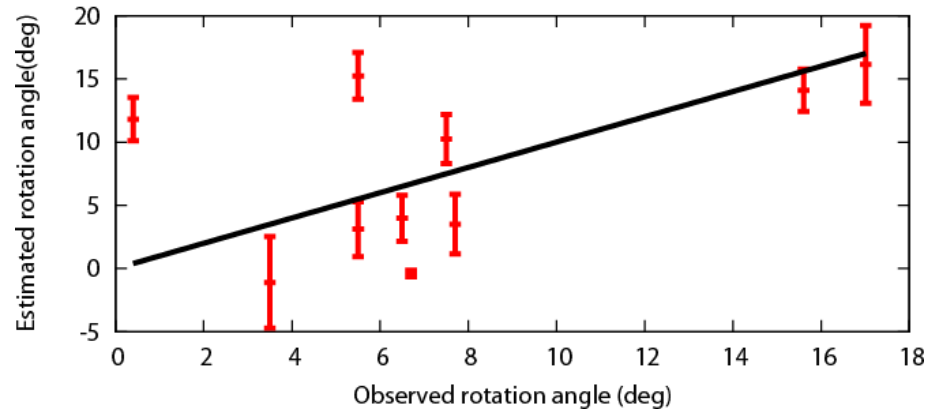
## 傾斜計設置方位角計測結果(北から西向きが正)

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	——

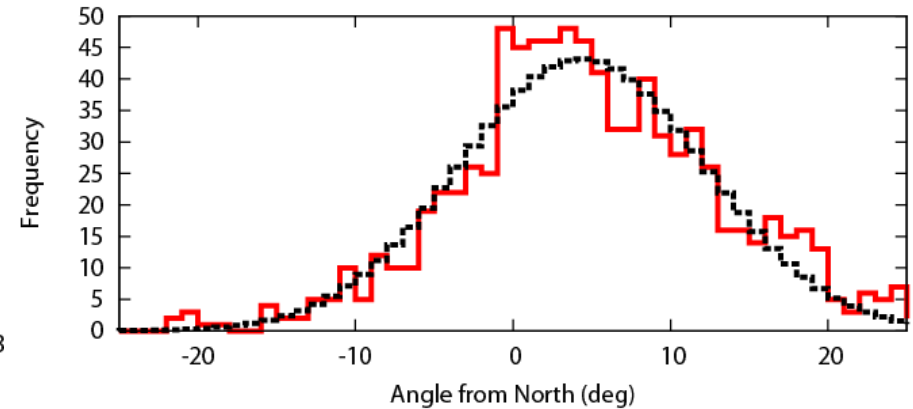
- 地理院構内および始良での結果から、1~2°の精度では計測できていると思われる
- 磁北にあわせていると思われる点が多い



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