GPSを利用した望遠鏡姿勢の自動較正

東京大学宇宙線研究所
中山幸一、大石理子、
遠山健、吉越貴紀

目的

次世代大気チェレンコフ望遠鏡計画　：望遠鏡多数～100基

- 望遠鏡の回転軸測定の手間、時間が大幅増
- 配置換えを行う場合、移動数だけ手間が増える

回転軸測定を自動化することで手間、時間を軽減できる。

使用に耐える精度に迫る自動化の方法

- CANGAROO-Ⅲ望遠鏡の指向精度(仕様)は1分角以下。
- GPSを用いた干渉測位方式が、この精度に迫ることができる。

GPSを利用して望遠鏡の回転軸測定の自動化を目指す。

GPSの概要

GPS： Global Positioning System

衛星数　　：24機(4機×6軌道面)
軌道半径　：地上約20200km
搬送波　　：L1帯　1575.42　MHz　波長19.03cm

GPS測位の種類

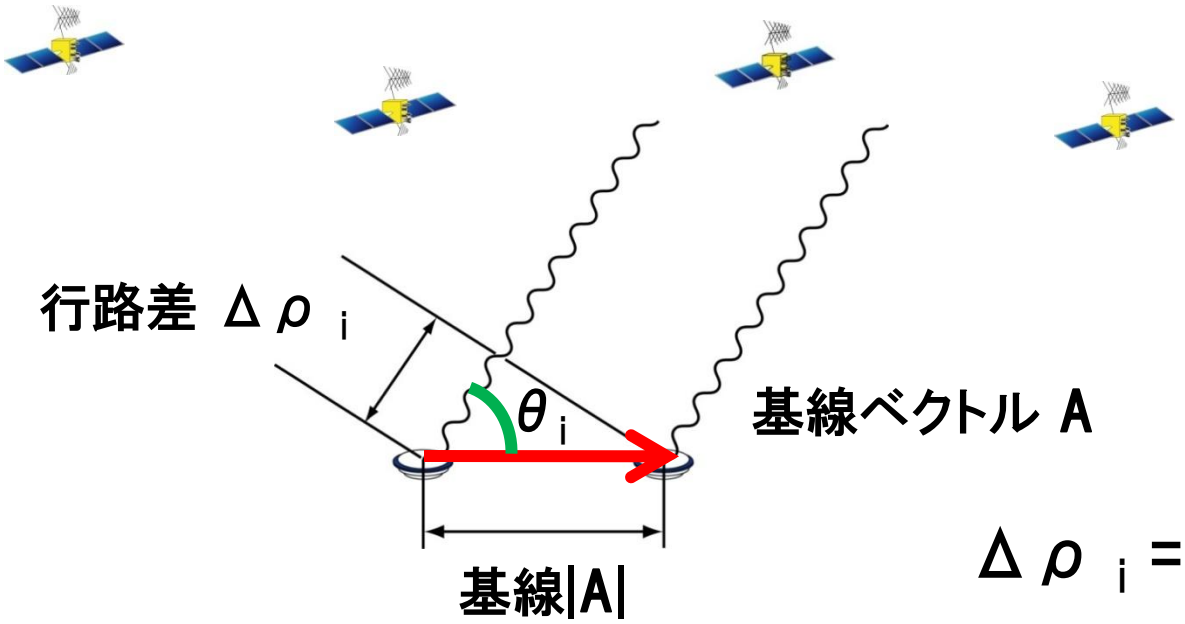
位置精度の概略値

単独測位　：10 m ～ 100 m
干渉測位　：1 mm　～　10 cm

GPSの搬送波の位相を用いることで、高精度の測位が可能。

干渉測位について

2つのアンテナで観測する電波の位相差を利用する。

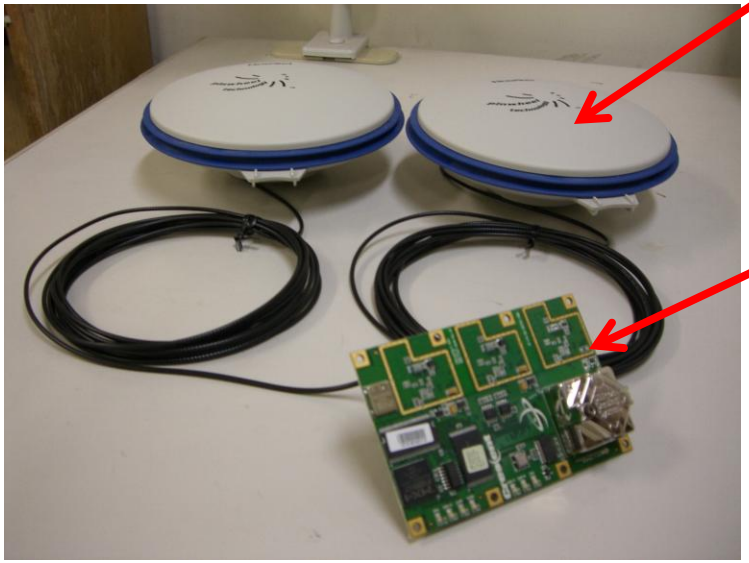


$$\Delta \rho_i = |A| \cos \theta_i$$

実際には二重位相差を用いるため、4機以上の衛星を用いる。

基線を長くしていくと、　メリット　：精度が良くなる
デメリット：誤った解が出る恐れがある

GPSコンパス



GPSアンテナ

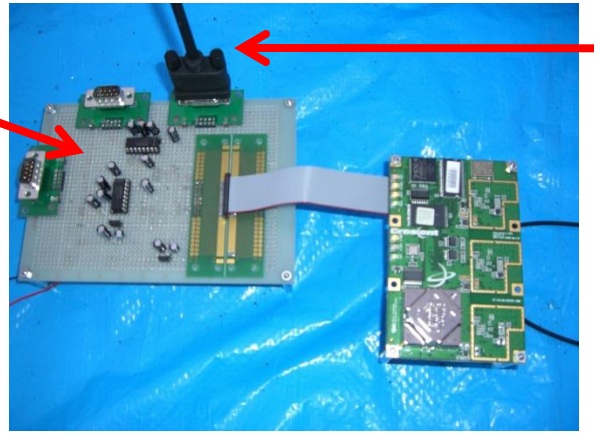
NovAtel 社製 GPS-701GG
直径185mm　重さ 500g

GPSコンパスボード

Hemisphere 社製
CRESCENT VECTOR OEM
ボーレート:19200
サンプリング周期:100msec
インターフェースレベル: CMOS

信号読み出し回路

CMOS レベルを
RS232-C レベルに変換



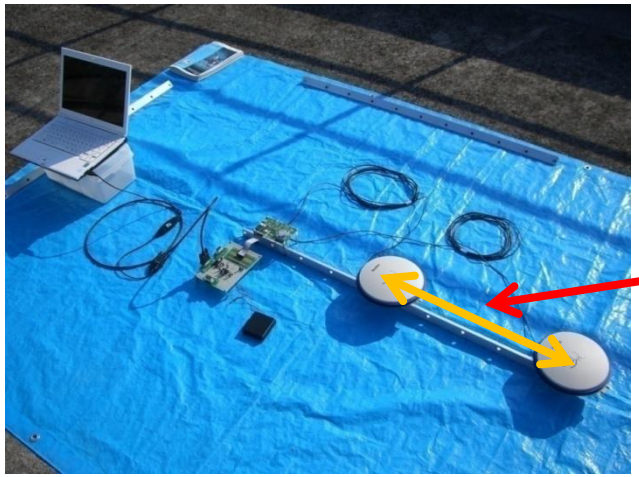
RS-232C シリアルケーブル

ノートPCと接続

測定(1)　一定方向に固定

宇宙線研究所の屋上

方位角のゆらぎから、
精度の見積もりを行う。



GPSコンパスの仕様では、
アンテナ間距離50cmで
0.° 25 RMS

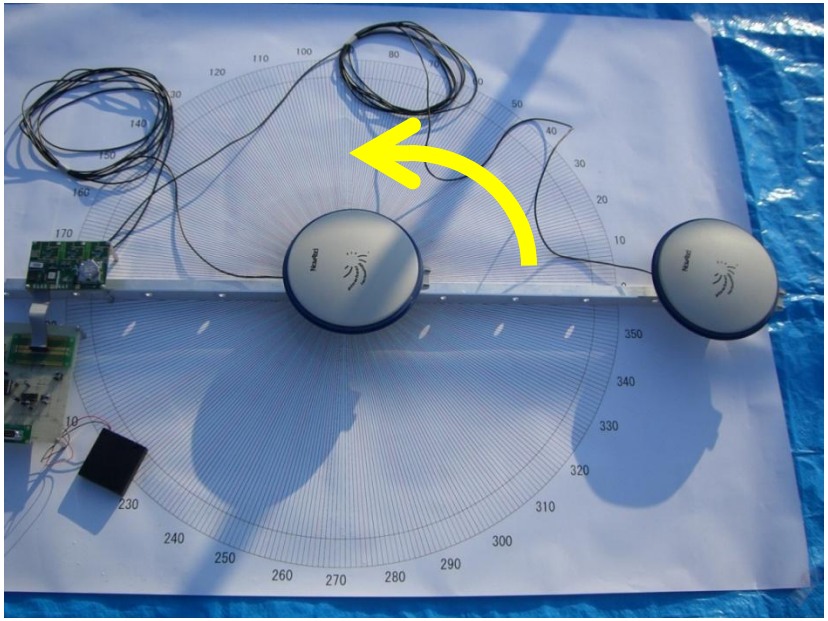
アンテナ間距離を50cmとして、一定方向に固定し、
30分間測定を行った。(サンプリング周期は100msec)

測定(2)　一定角度ずつ回転

方位角によって、
精度が変わるか。

RMSの方位角依存性を見る。

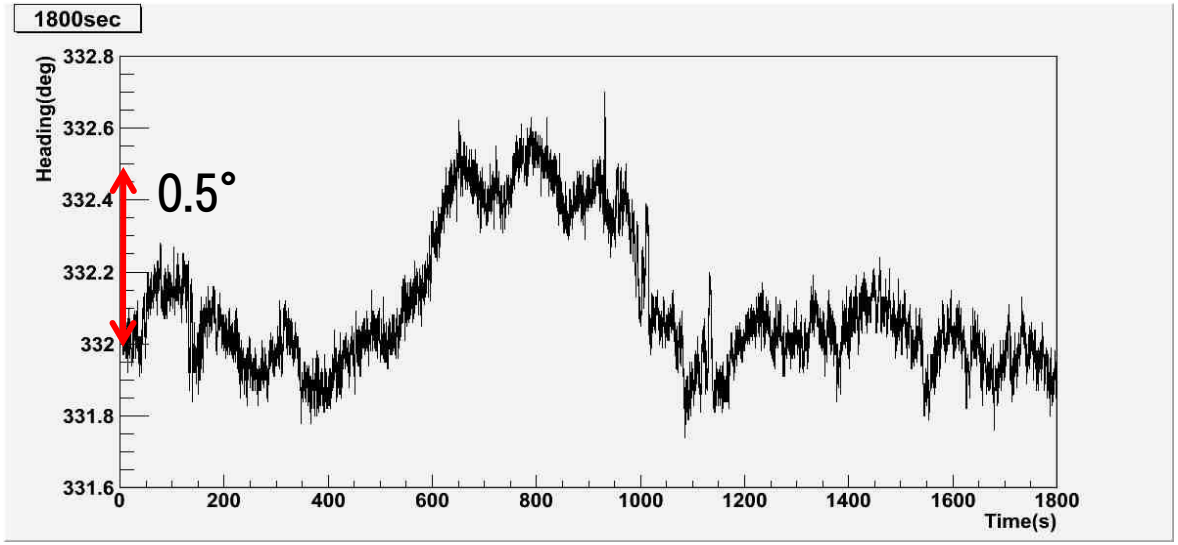
角度を印刷したシート上で
30度ずつ回転させて測定。



一方向に固定して1分間ずつ、計12方向の測定を行った。

測定結果（1）－1

一定方向に固定した際の方位角のゆらぎ



方位角（度）

時間（秒）

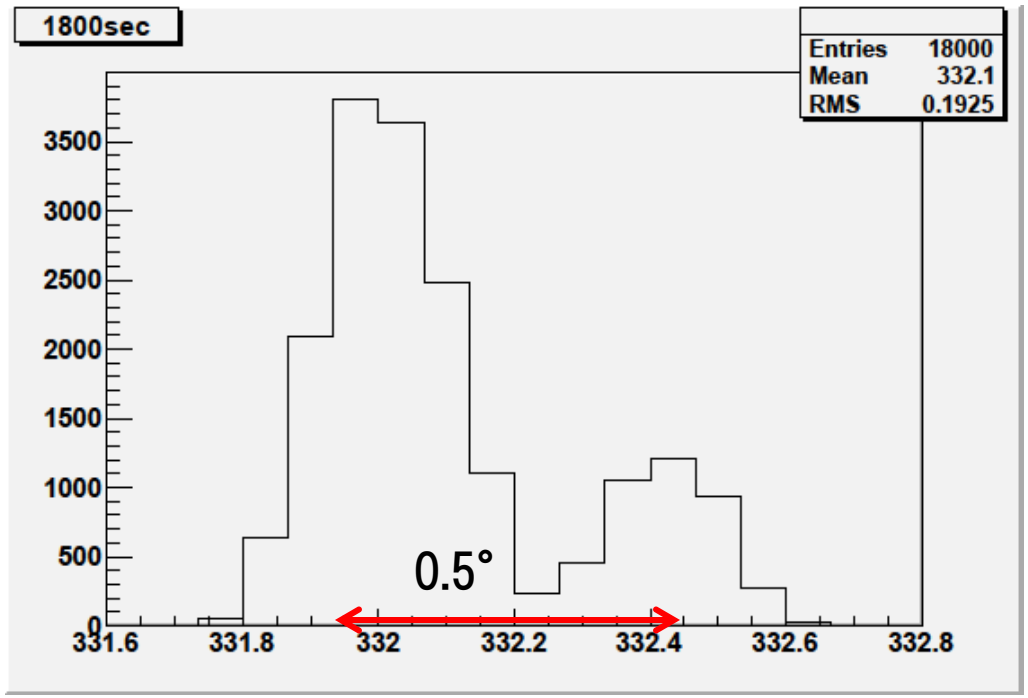
30分の間に、方位角の変動が2回。 その幅は、約 0.5°

仮にアンテナが動いたと考えた場合の変位　　50 cm × tan 0.5° ～ 4.4 mm

アンテナが動いたことによる変動とは考えにくい。

測定結果(1)-2

方位角のヒストグラム



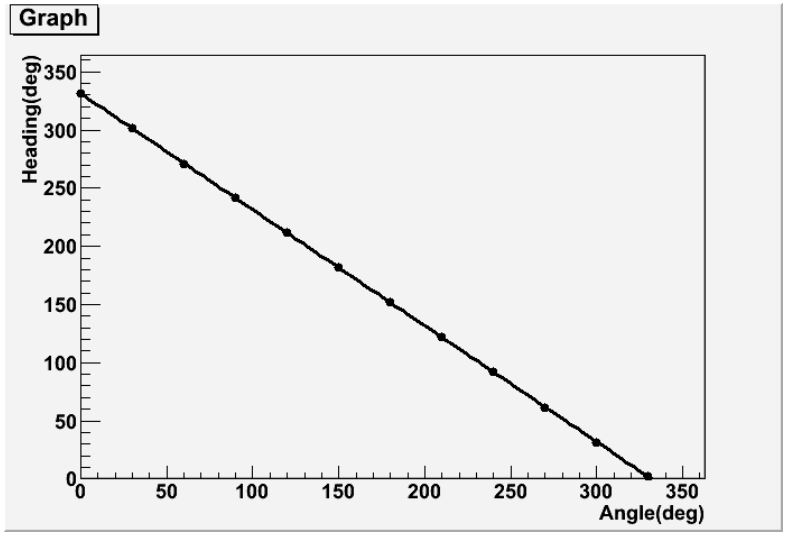
測定より得られたRMS

0.° 19 RMS

仕様の方位精度 0.° 25 RMS より小さい値が得られた。

測定結果(2)

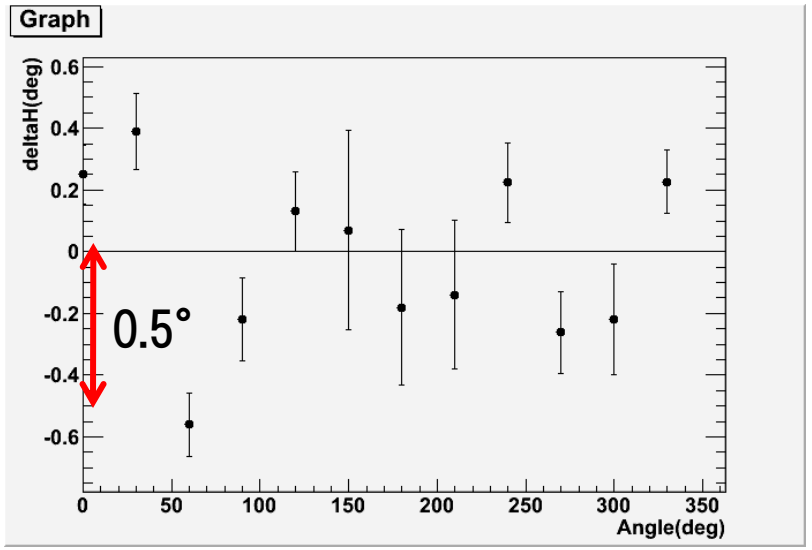
1次関数によるFitting



方位角(度)

角度(度)

残差と方位角の関係



残差(度)

角度(度)

GPSコンパスを向けた方向によって、RMSの違いが見られる。

GPSコンパスが方位角の測定に用いる衛星の数や
位置によって、精度が変化している可能性がある。

まとめ

GPSコンパスのテスト観測を行い、アンテナ間距離50cmに対し、
仕様精度0.°25RMSより良い精度、0.°19RMSという値が得られた。

今後の課題

GPSコンパスが用いている衛星の数や位置について
ログを取り、RMSとの関係を調べる。

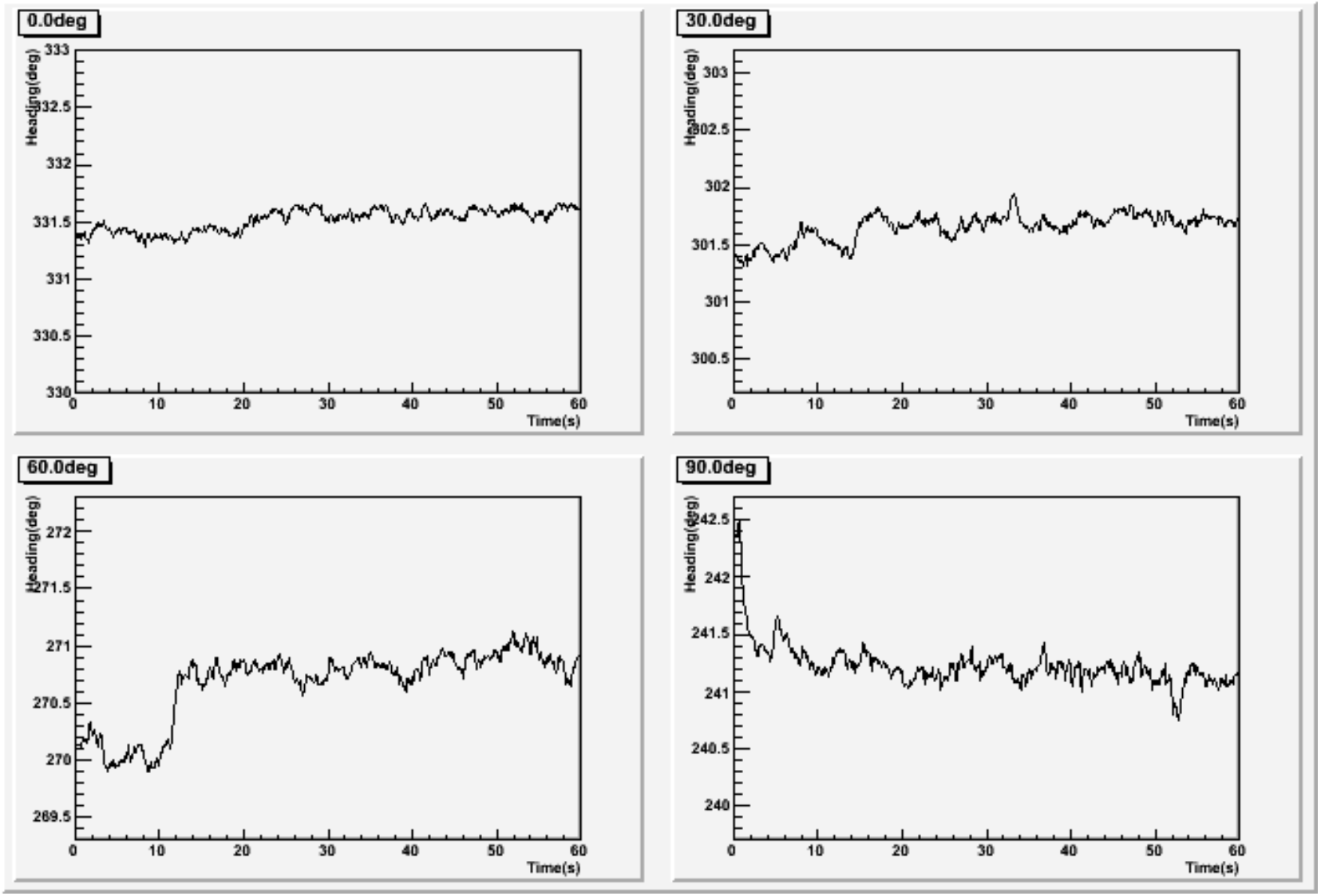
アンテナ間の距離を大きくし、精度の変化を調べる。

低価格のアンテナを用いた場合と比較する。

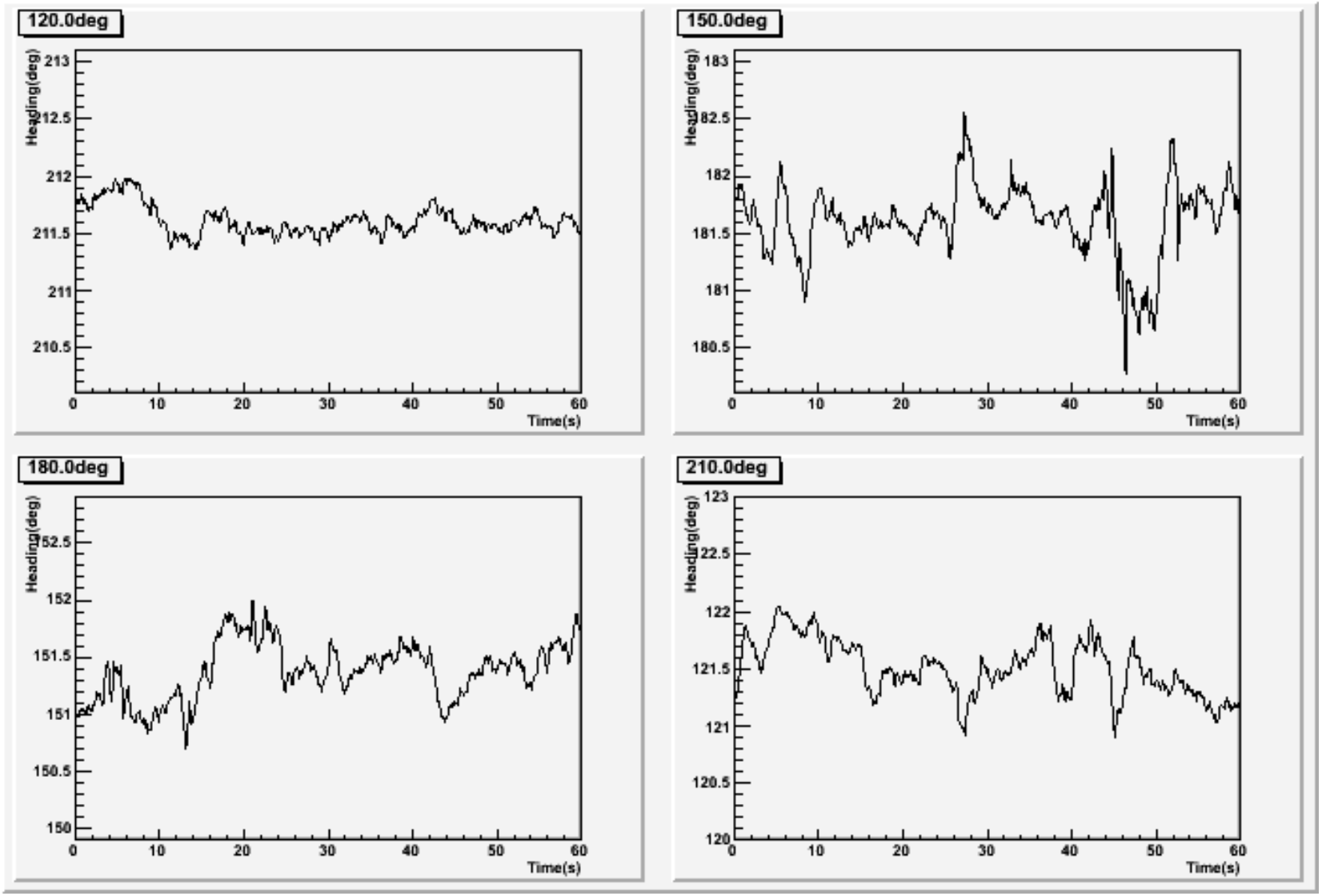
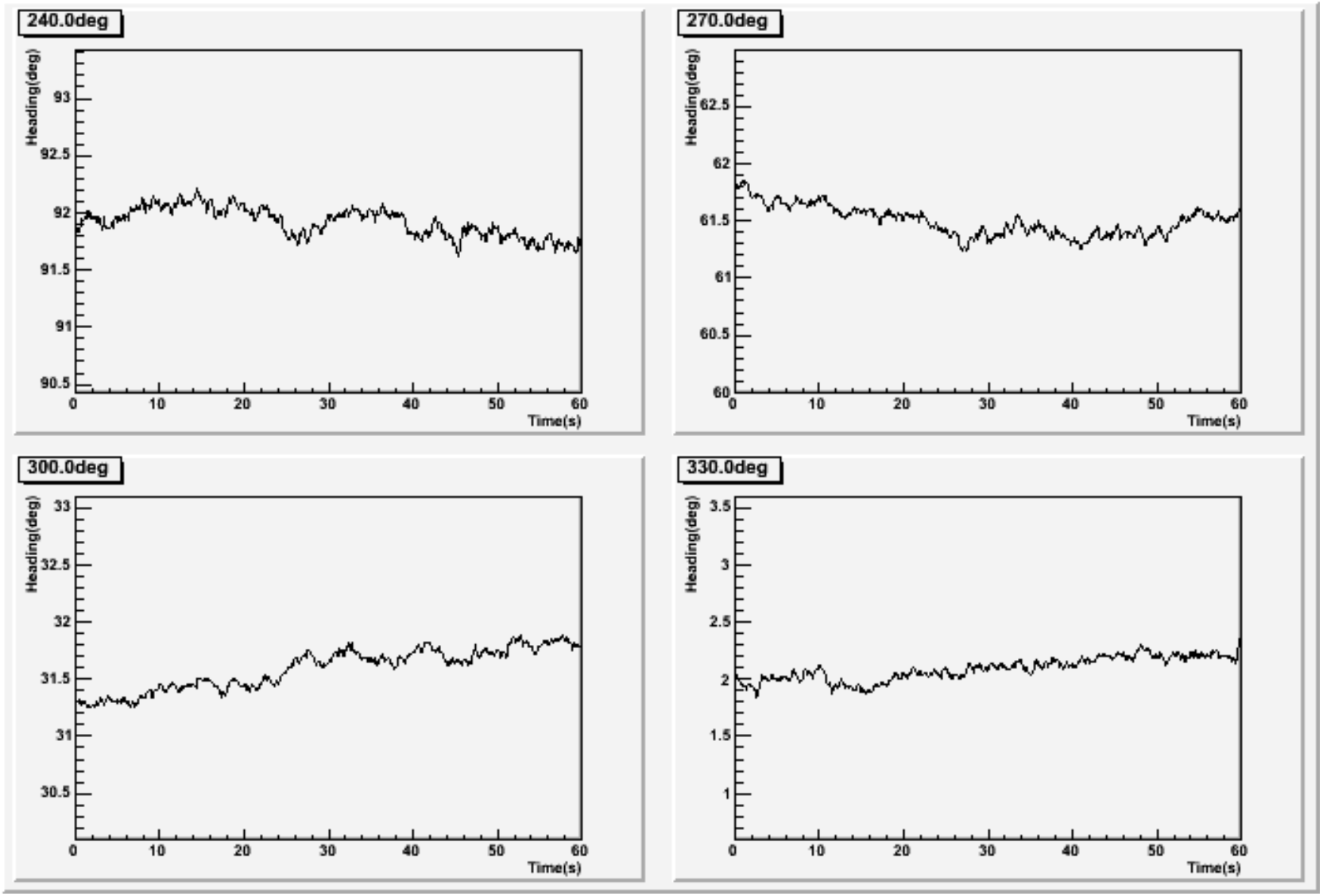
CANGAROO-Ⅲ望遠鏡に取り付けて、精度を比較する。

補足資料

測定(2)の方位角の推移(1)



測定(2)の方位角の推移(2)



測定(2)の方位角の推移(3)