

大型ミュオンテレスコープによる 銀河宇宙線強度の観測(2012)

GRAPES3
(Ooty)

共同研究者リスト:

大阪市立大学理学研究科

伊藤信夫 萩尾彰一 川上三郎 林嘉夫 藤井俊博 松山利夫

Tata 基礎研究所(インド)

K.C.Ravindran A.Jain S.C.Tonwar S.K.Gupta P.K.Mohanty

愛知工業大学 東大宇宙線研 神奈川大学

小島浩司 福島正己 野中敏幸 林田直明

信州大学理学部

宗像一起 加藤千尋 安江新一

中部大学工学部 朝日大学経営学部

柴田祥一 高丸尚教 森下伊三男

国立天文台

大嶋晃敏

明野

報告内容

1: 実験の概要

2: GRAPES-3 - 明野観測所ミュオン強度変動同時観測の意義

3: 本年度の活動

明野観測所及び GRAPES-3ミュオン望遠鏡(比例計数管)
による連続観測の現状

4: GRAPES-3ミュオン望遠鏡による過去11年間のSwinson flowによる宇宙線恒星時日変化の変動について

5: まとめ

GRAPE3と明野ミュオン同時観測の意義

- CMEなどによる惑星間空間衝撃波の到来予想
- 被加速粒子等による二次宇宙線増加の2次元把握
- 未知の宇宙線強度変動の探索
- 宇宙線異方性の時間変動の検出
- 太陽風速度変動等のIMFの変化に伴う宇宙線強度変化の空間分布の検出



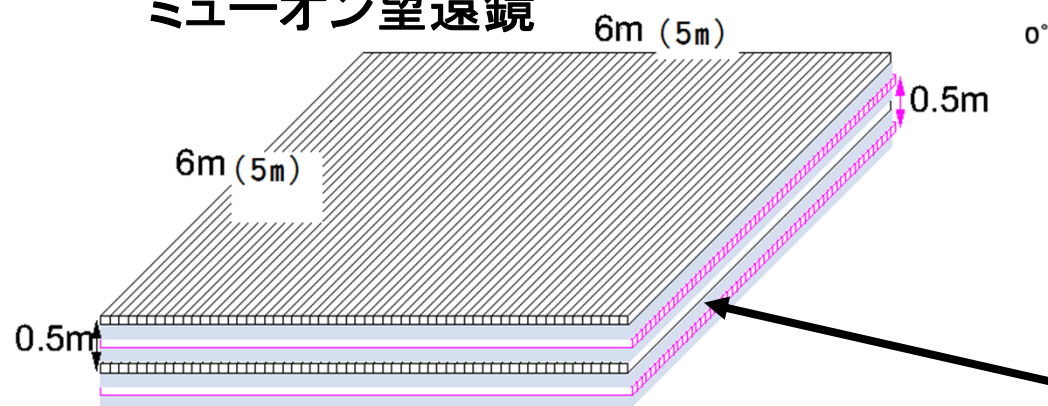
山梨県明野観測所(日本)とインドタミルナド州Ooty間で同時に種々の強度変動を同時観測する。

同時観測によって、同一視野領域を含む広い視野領域で強度変動を観測することが可能で、しかもマッピングも出来る。

GRAPES-3-明野ミュオン同時観測

GRAPES-3空気シャワー実験
(N12 E77)と
明野観測所(N35E138)で
多方向ミュオン望遠鏡を用い宇宙
線強度をモニターする。

ミュオン望遠鏡



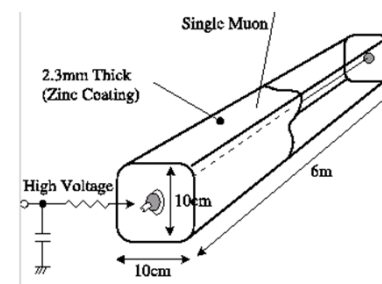
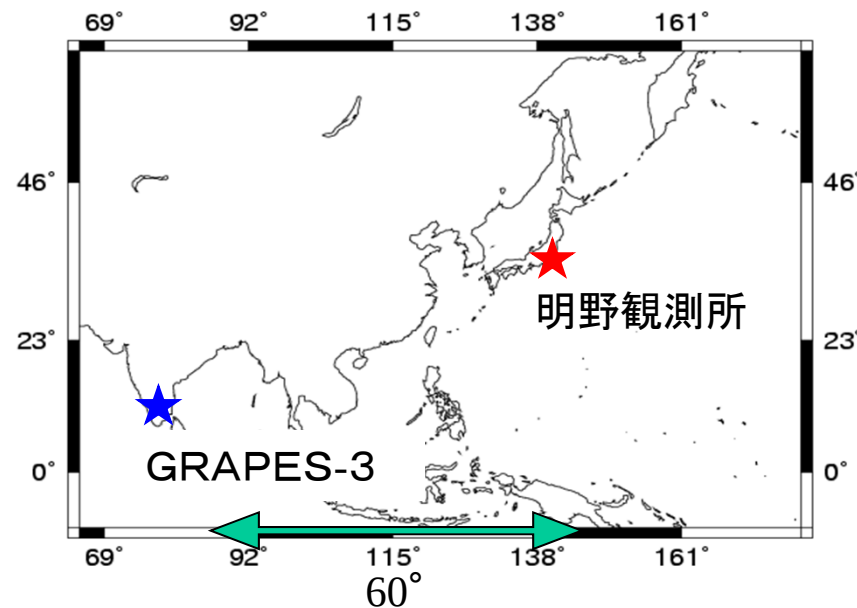
4層構造の比例計数管 ホドスコープ

(1層58本 @GRAPES)

4ステーション16モジュール 560m²

(1層49本 @明野) 3ステーション 75m²

本年度実動2ステーション 50m²

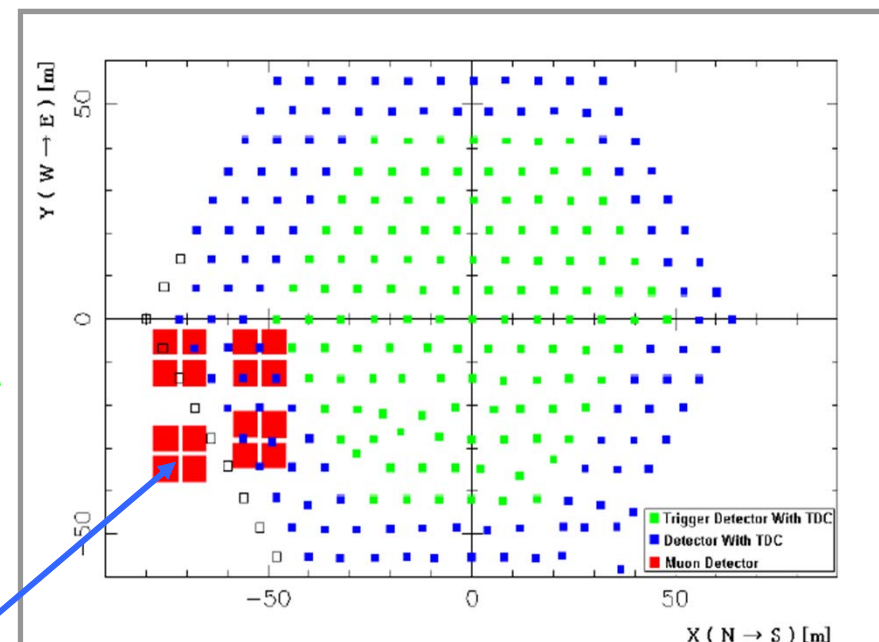
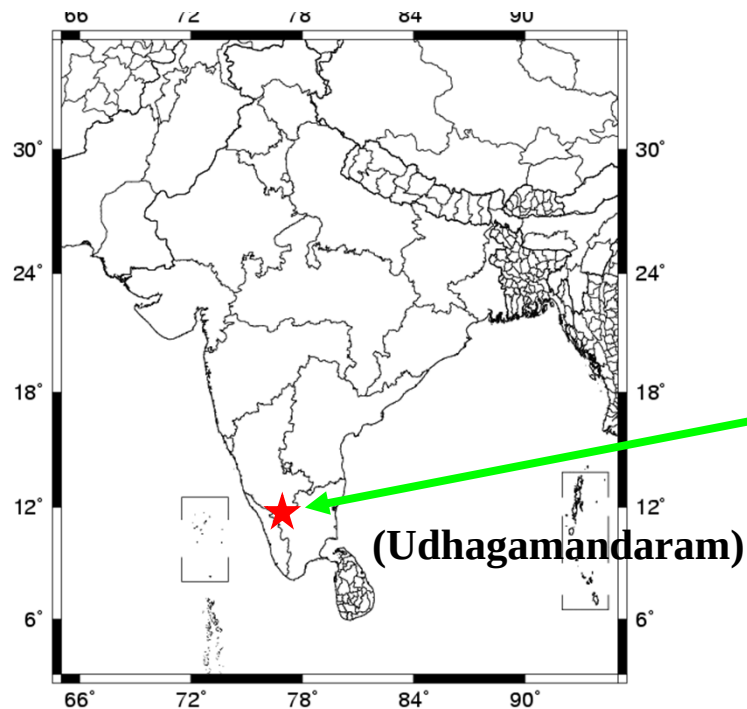


P10 Gas
(Ar90%CH410%)

Applied Voltage:2930V

Disc Level 0.2particle

GRAPES-3 での観測



GRAPES-3空気シャワーアレイ

(インド・タミルナド州E76.7° N11.4° 2200m asl)

電磁成分 : 1m² SC 350台

Muon (>1GeV) : 35m² 16台 合計560m²

○超高エネルギーガンマ線

○宇宙線化学組成(@knee)

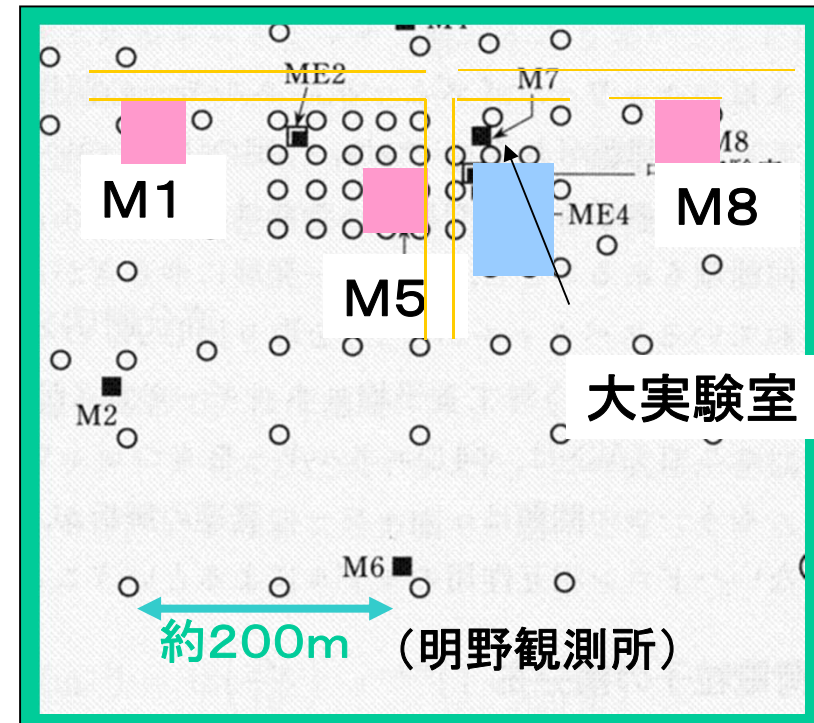
○銀河宇宙線の時間変動

明野での観測:

明野観測所にある空気シャワー実験等
に利用されている比例計数管(+アンプ
・ディスクリ)約600本をMUステーション内
に再配置して観測。

データ収集システムは大部分GRAPES-3
で開発した物を使用。

(M1、M5、M8 で観測)



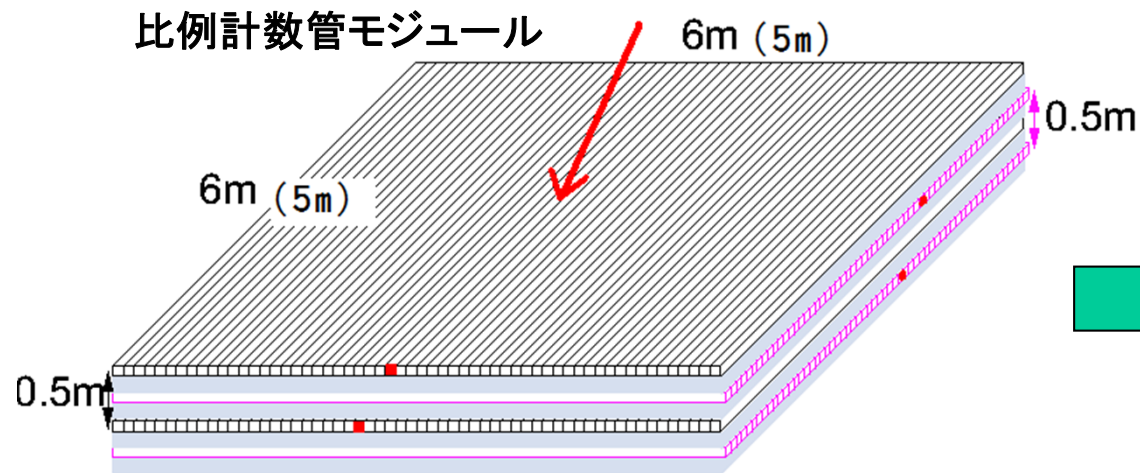
明野(E138.5° N35.8°)

□ 10cm × 10cm × 500cmの比例計数管を使用。

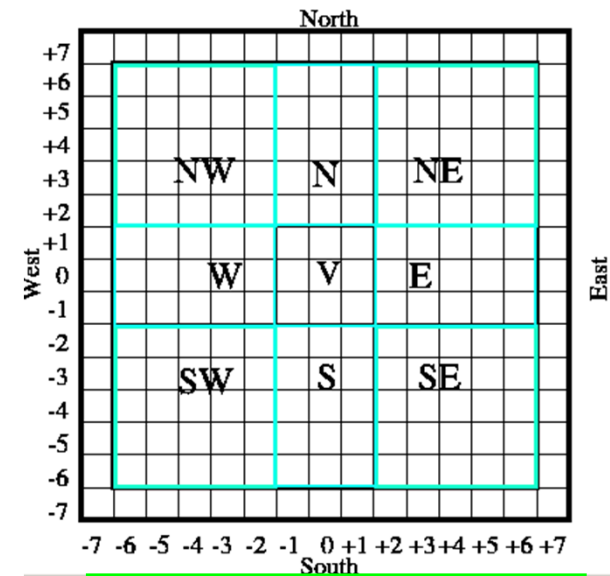
□ 検出器面積 約 25m²/station

Muonの閾値エネルギー 1GeV

15x15 のセルで構成される視野

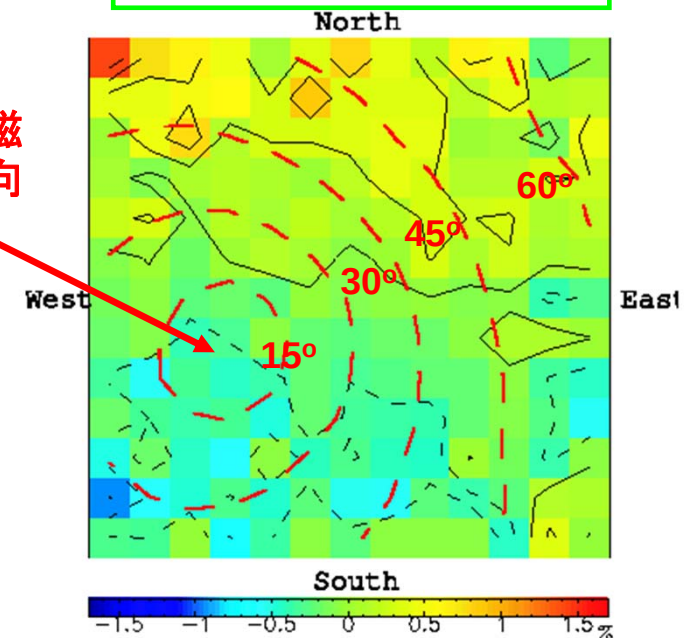


ミューオンの到来方向を 10° 以下の精度で決定
強度変動をモニター。



望遠鏡データのサンプル

惑星間磁
場の方向



統計精度 (1時間値)

GRAPES-3

視野中央: 0.05 %/Hr·16modules

視野の端: 0.3 % /Hr·16modules

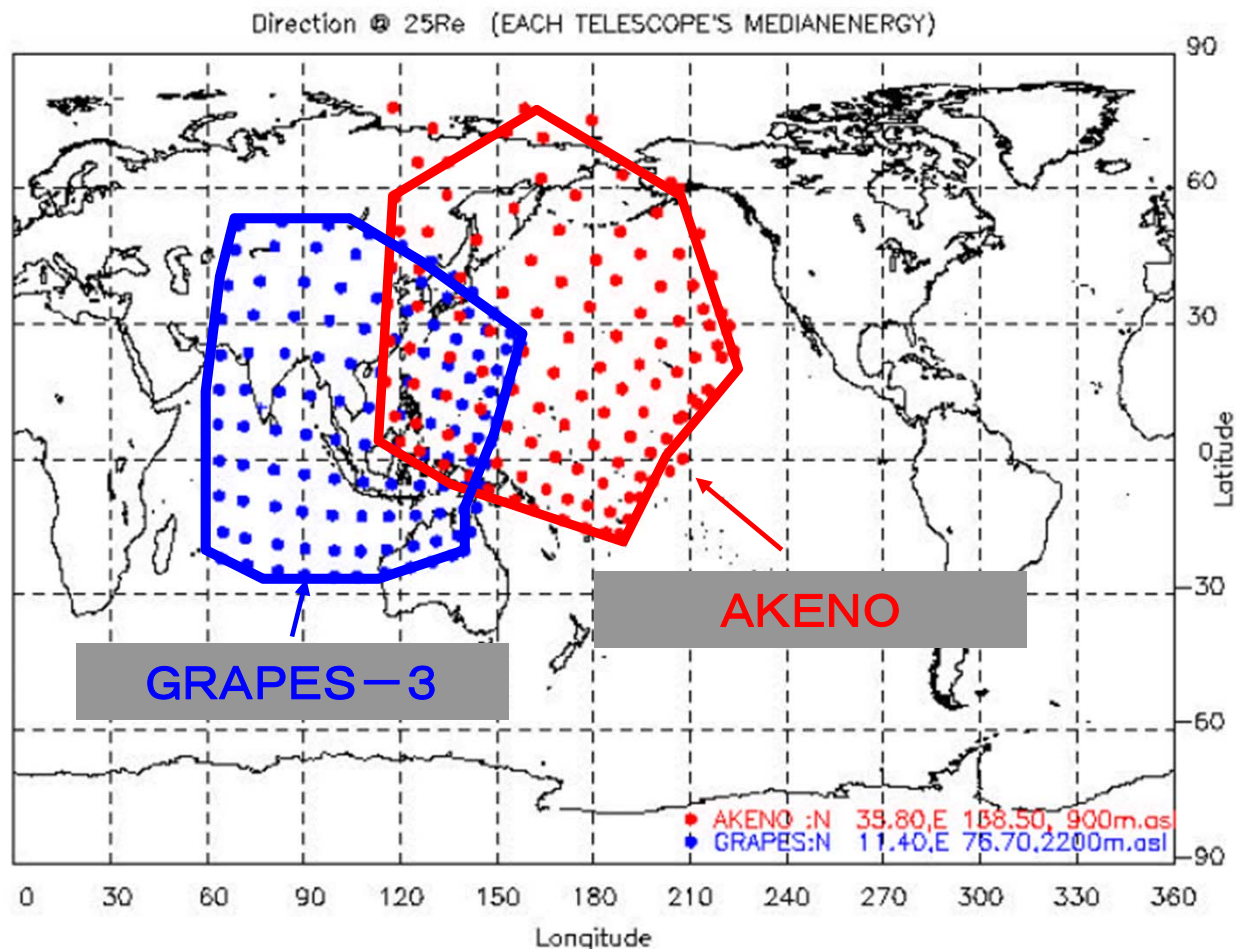
明野

視野中央: 0.14 %/Hr·3modules

視野の端: 0.9 % /Hr·3modules

同時観測によって得られる観測視野

(地磁気による偏向を補正後)



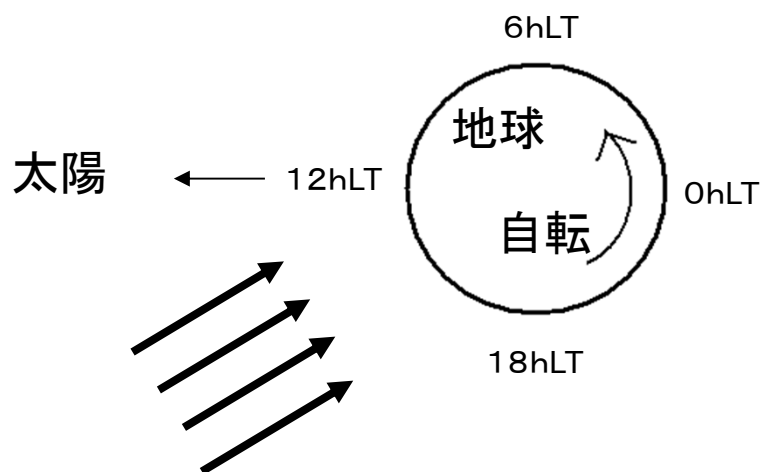
視野の約1/4程が重複

本年度の明野ミュオン望遠鏡は記録系装置の様々なトラブルにより、ほぼ完全に稼働したのは4月及び10～11月だけであった。ゆえに今回はGRAPES-3ミュオン望遠鏡の過去11年間の観測データによる解析結果について報告する。

報告の概要

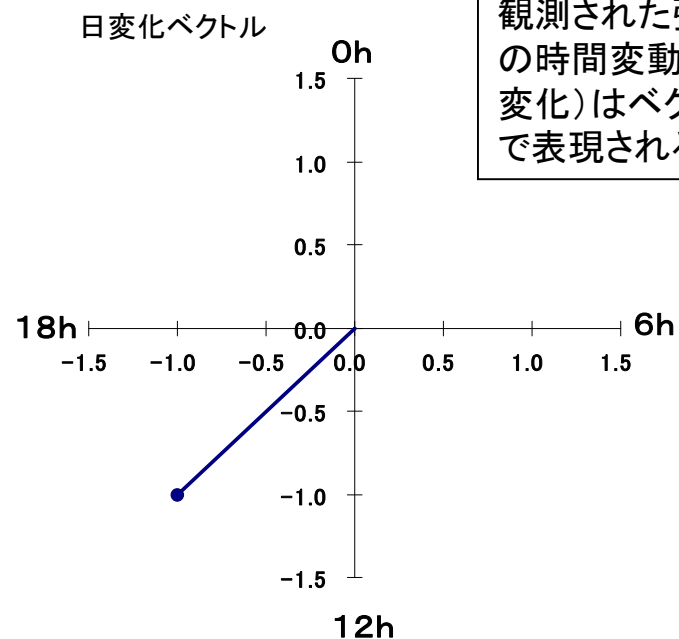
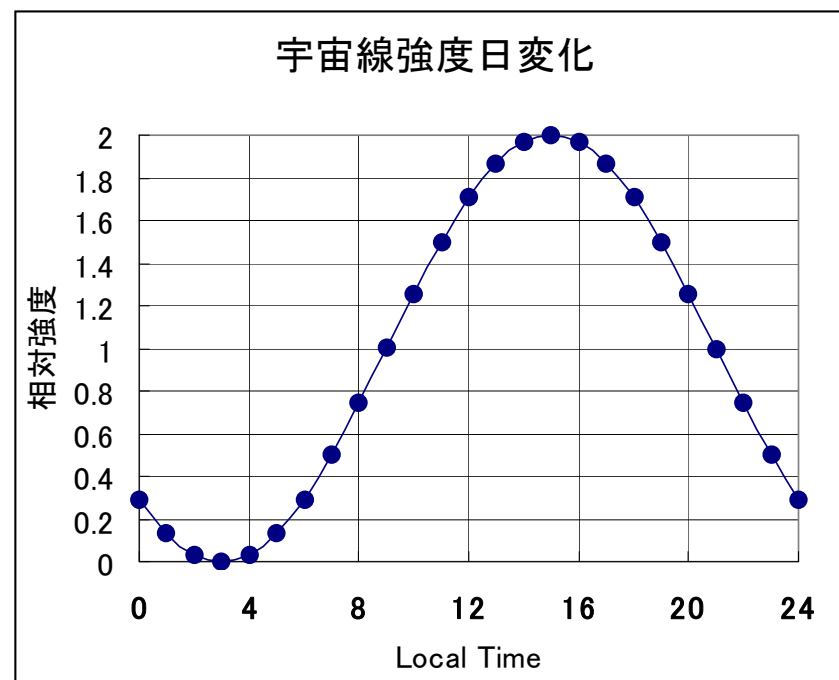
- Swinson flowによる宇宙線恒星時日変化とIMF極性(Toward/Away)の境界面(カレントシート)との関係について解析を行った。
- このカレントシートと地球との間の距離はSwinson flowに大きな影響を与える事が示唆される。
- カレントシートは太陽面磁場のN極S極の境界構造が太陽風により惑星間空間へ引き出されて形成される。
- 太陽面のNS境界と太陽赤道は、通常はかなり傾いているので、カレントシートはスパイラルウェーブシートの形で存在する。
- このウェーブの振幅の大きさは、太陽面のNS境界と太陽赤道の傾き角(Tilt-angle)により決まり、平均的な地球ーカレントシート間の距離を決定する。
- 今回はTilt-angleとSwinson flowとの関連についての解析をGRAPES3muon望遠鏡データを用いて行った結果について報告する。

宇宙線の強度変動と異方性

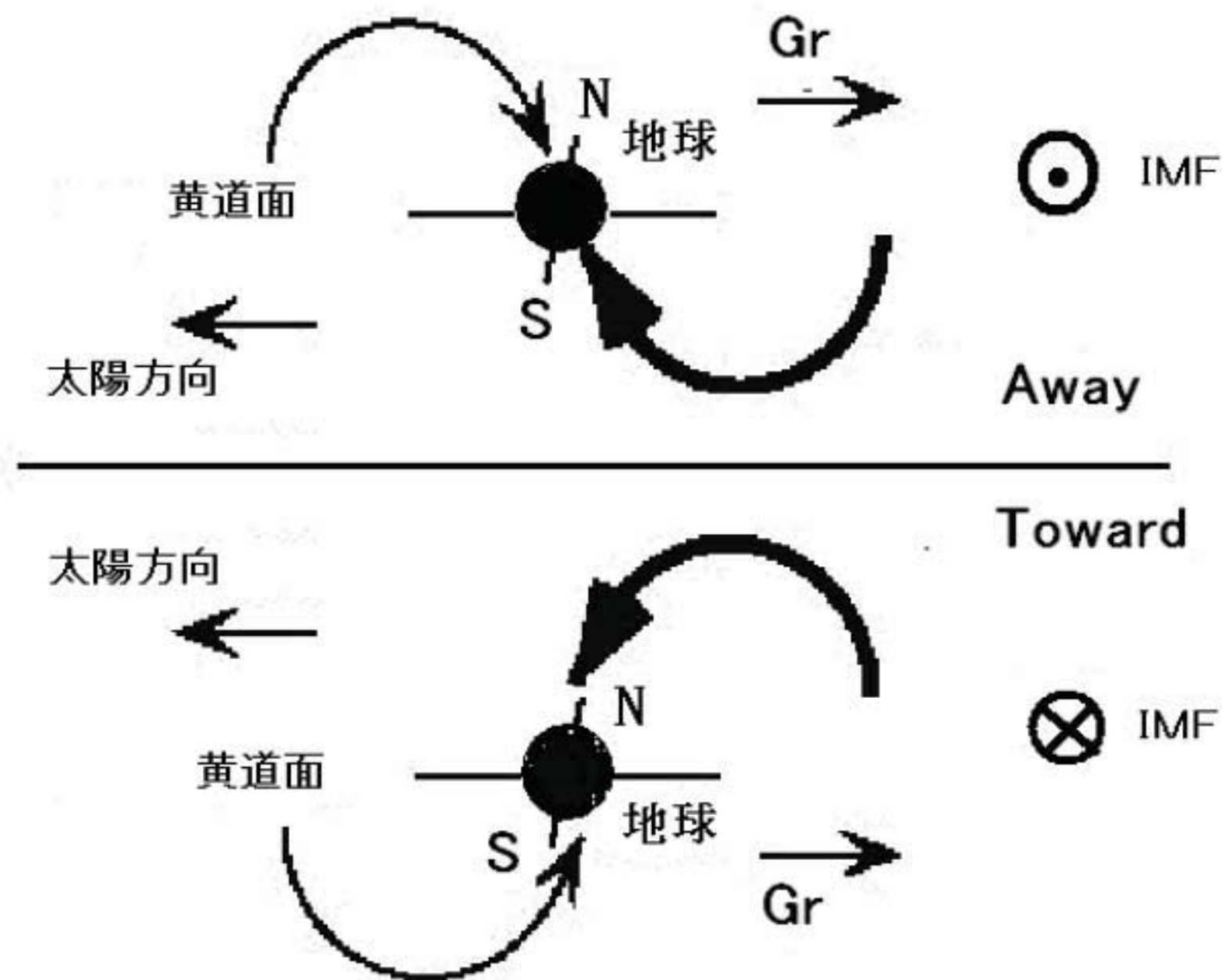


宇宙線のフロー
(異方性)

地上において、ある方向に固定された宇宙線望遠鏡は地球の自転により天球面を走査し、宇宙空間の宇宙線異方性を強度の時間変動(日変化)として観測する

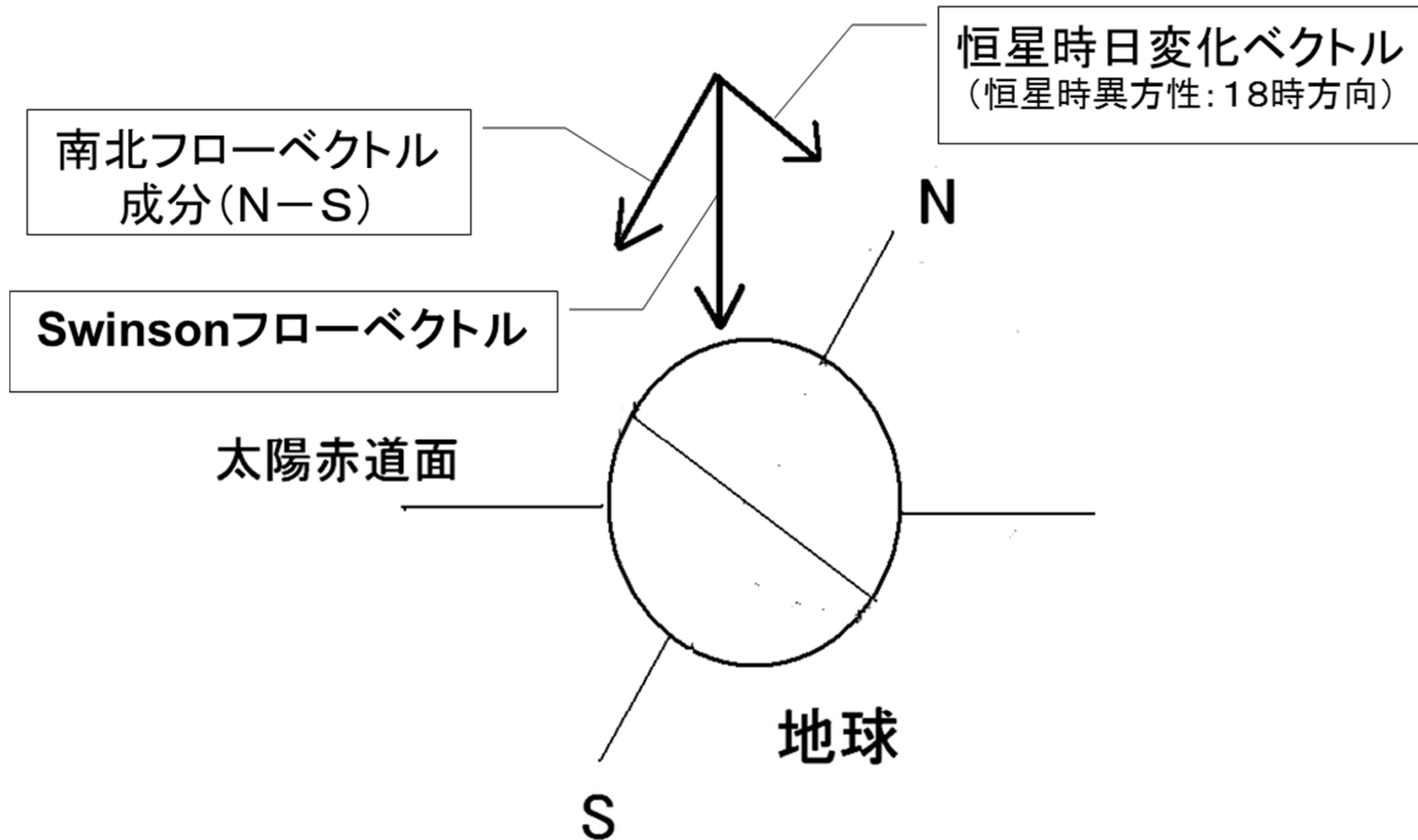


Swinsonフローの仕組み(1)



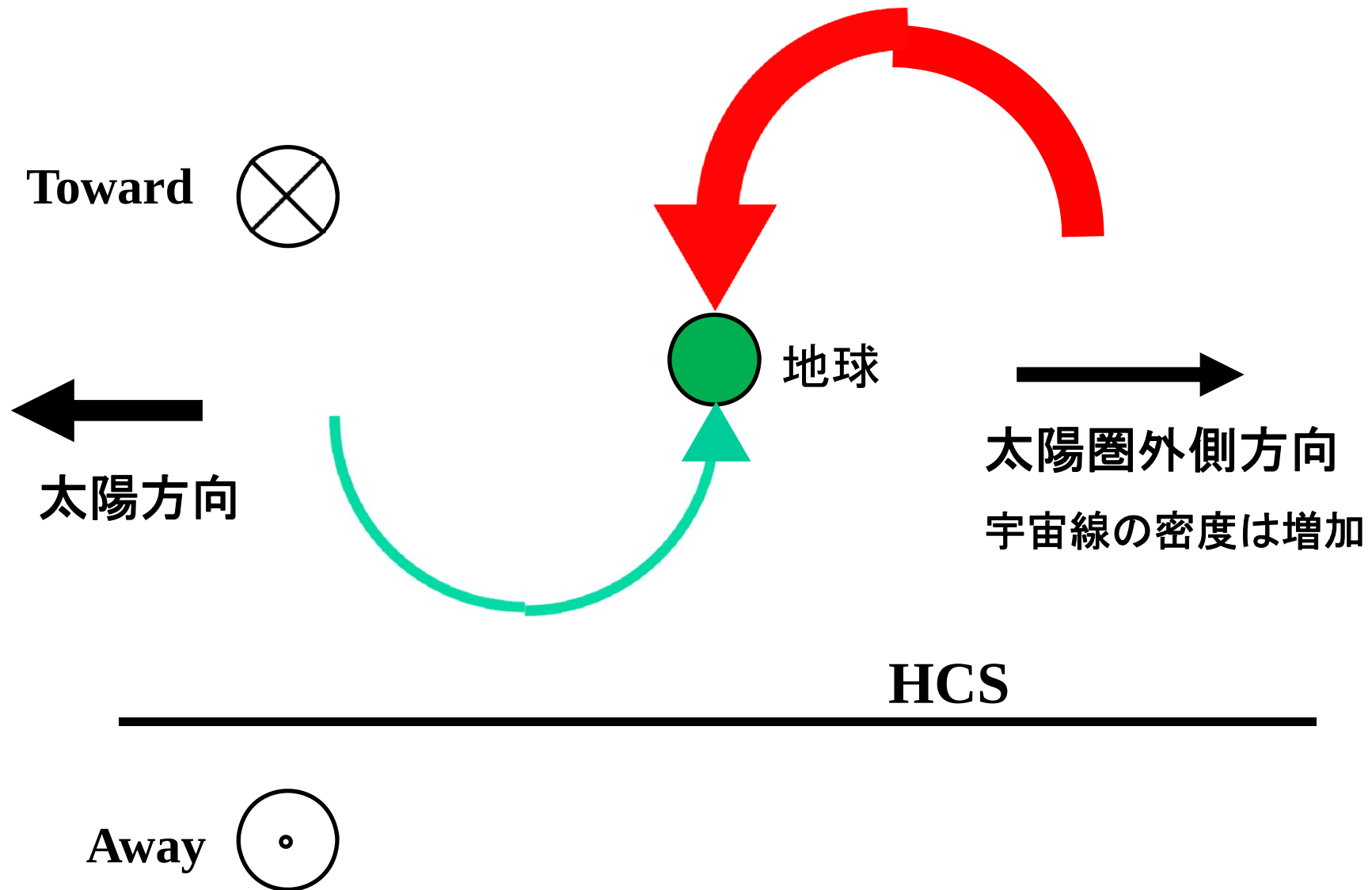
Gr:宇宙線密度のグーディエント、太陽から外側方向に密度が高くなっている。

Swinsonフロー の仕組み(2)



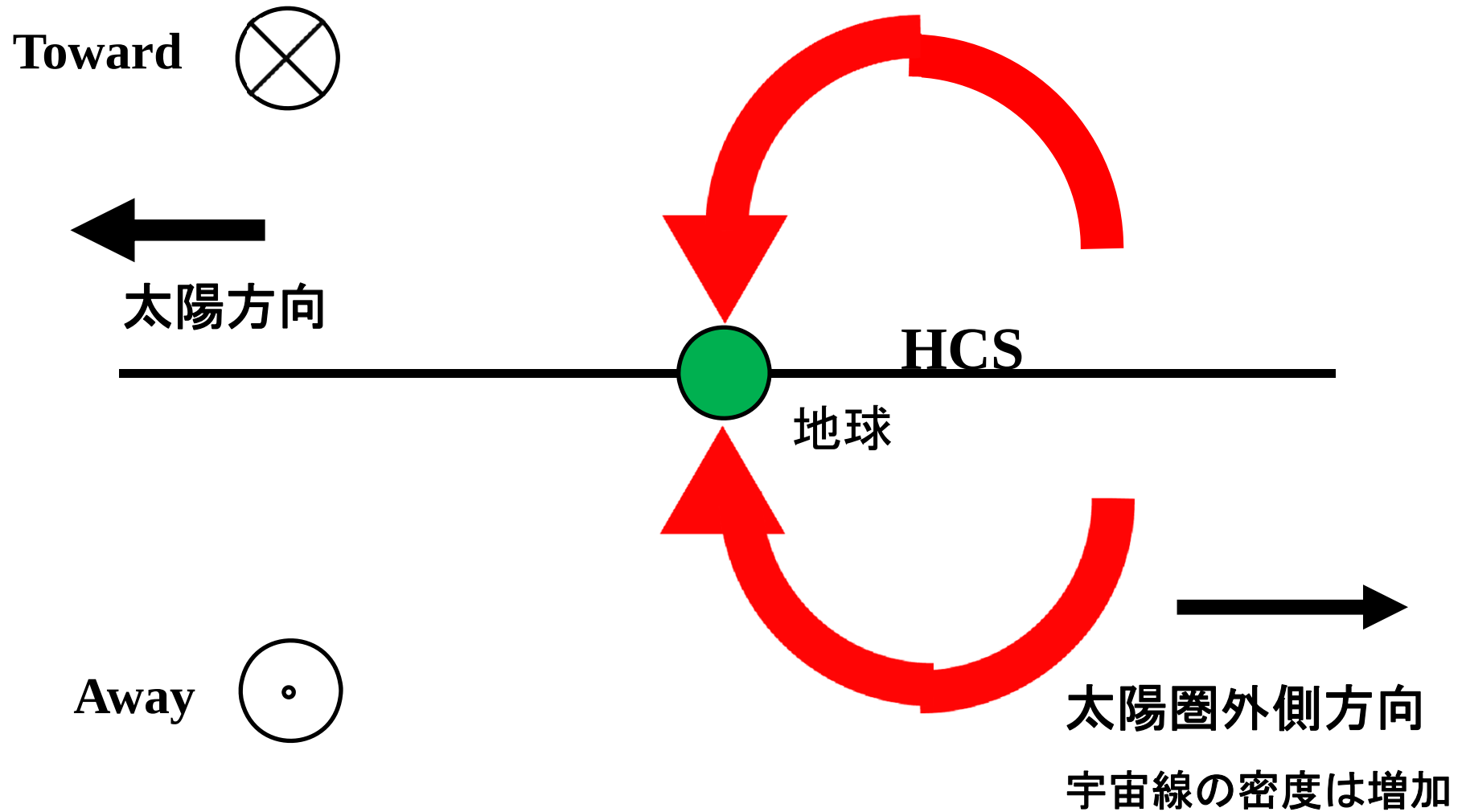
IMFがTowardの時のSwinsonフローベクトル

地球とカレントシート(HCS)との相互の位置関係とSwinson flow (1)



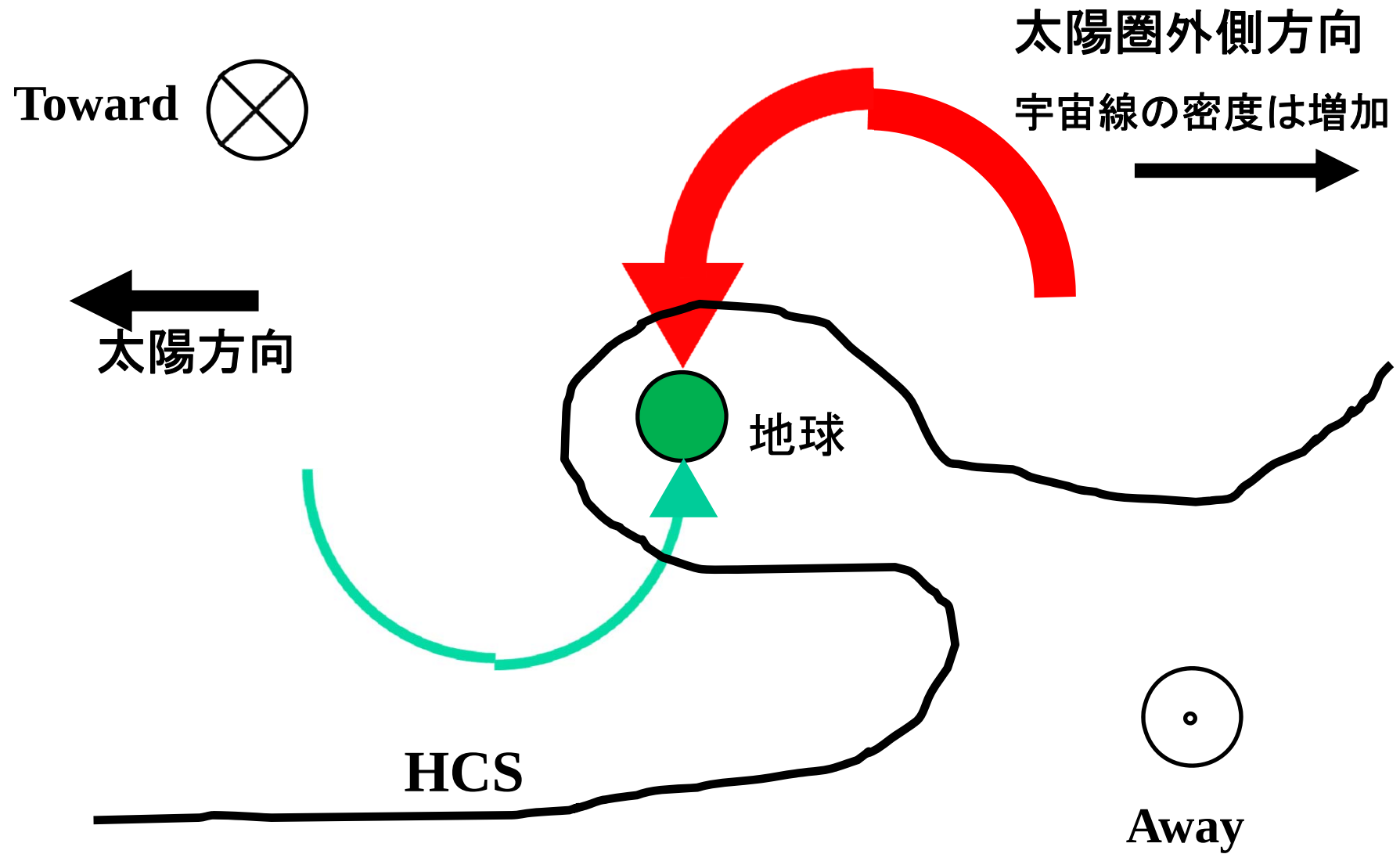
Swinson flowの異方性が明確に観測される

地球とカレントシート(HCS)との相互の位置関係とSwinson flow (2)



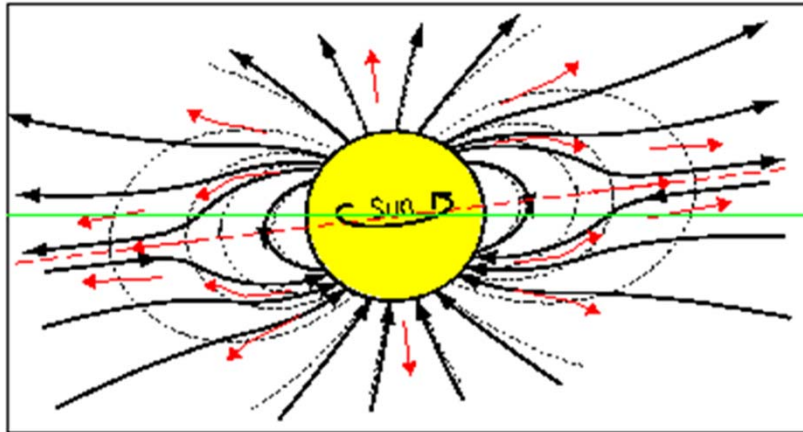
Swinson flowの異方性が観測されない

地球とカレントシート(HCS)との相互の位置関係とSwinson flow (3)

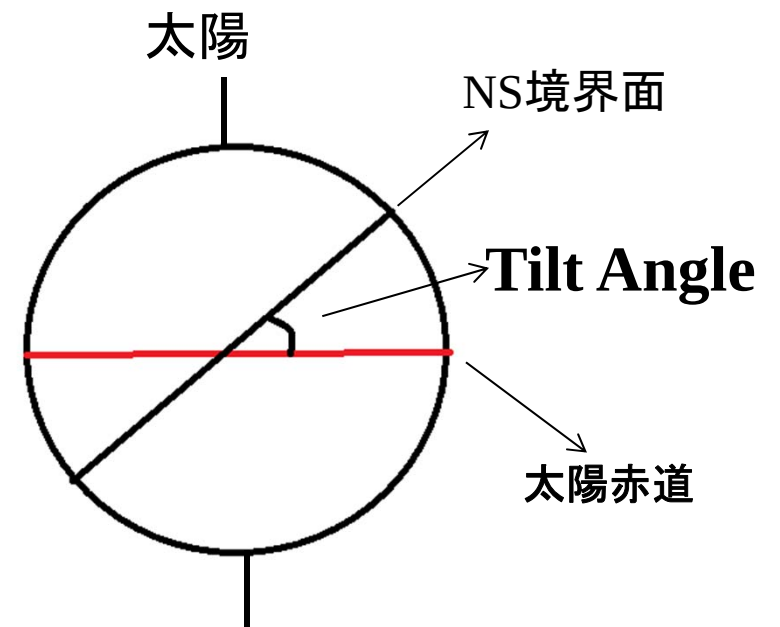


Swinson flowの異方性が逆位相で観測される

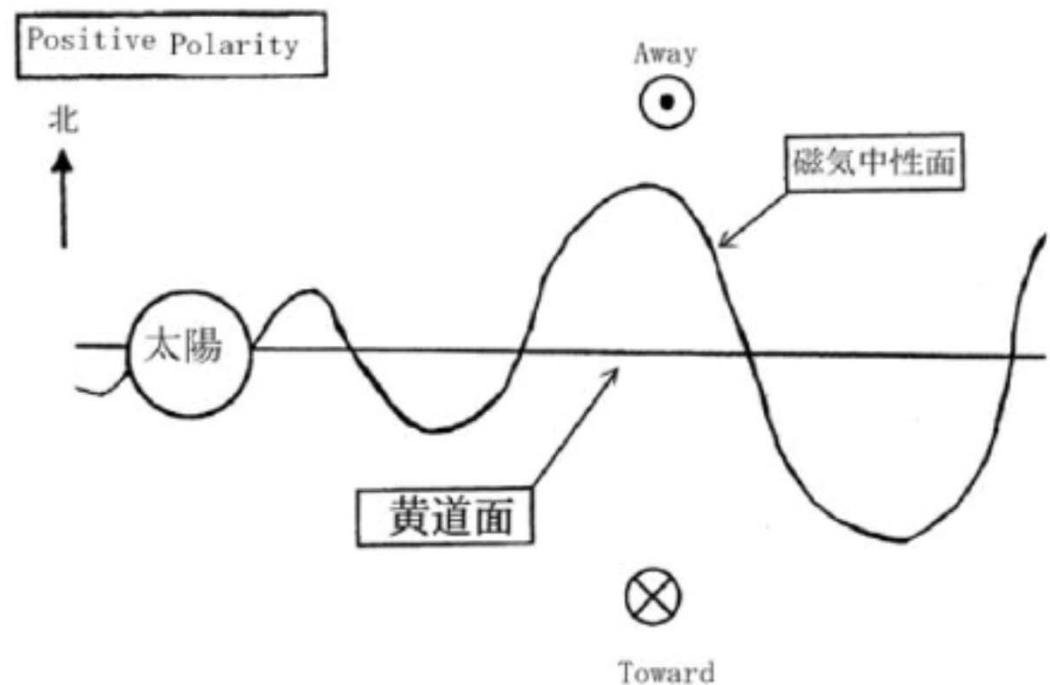
太陽面磁場とNS境界カレントシート

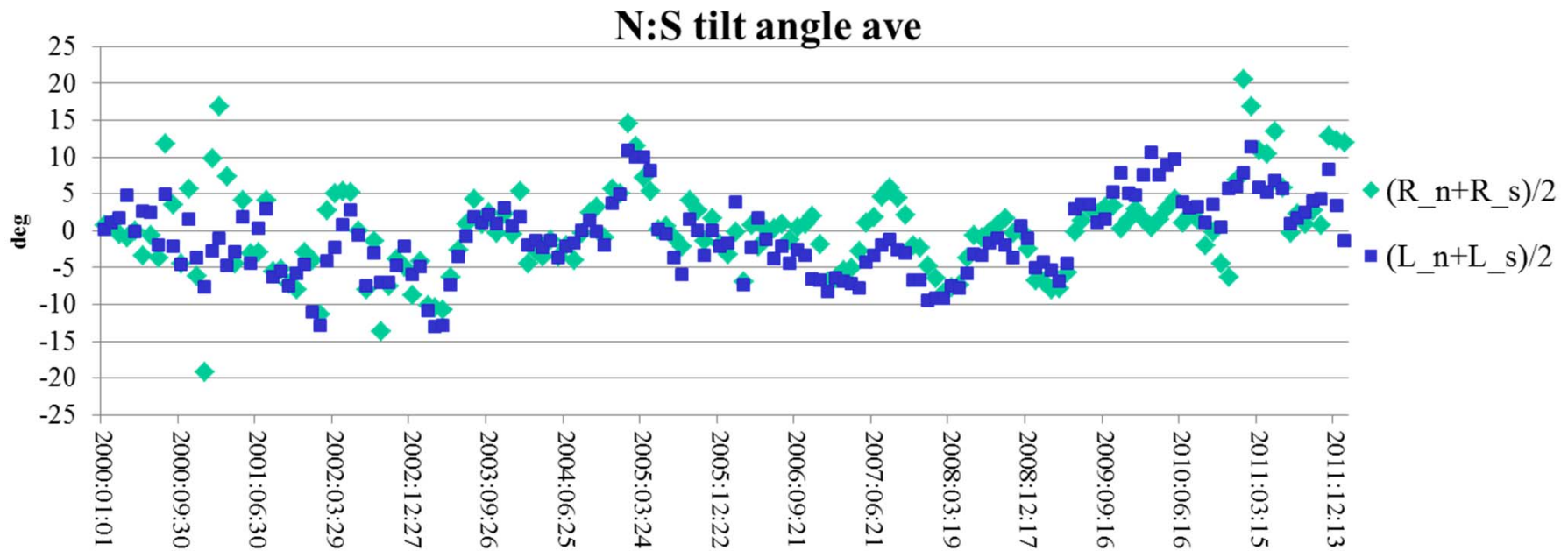
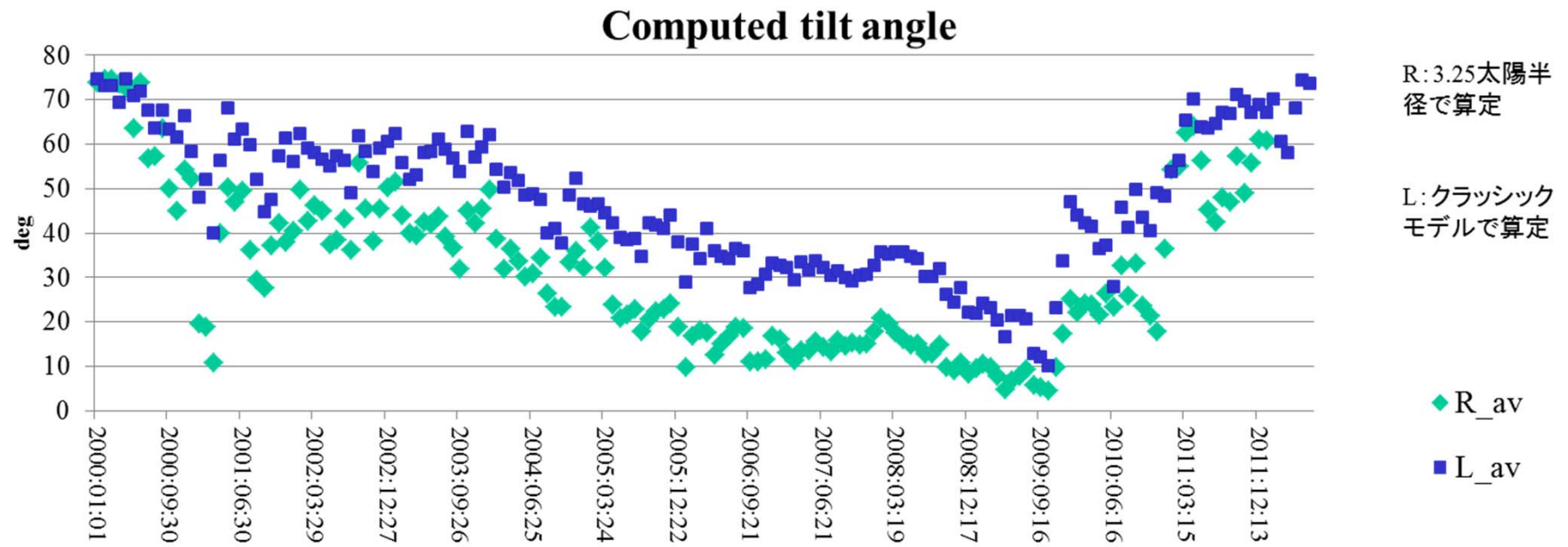


<http://th.nao.ac.jp/~saigo/Lectures/meiji2009/Meiji2009/node47.html>

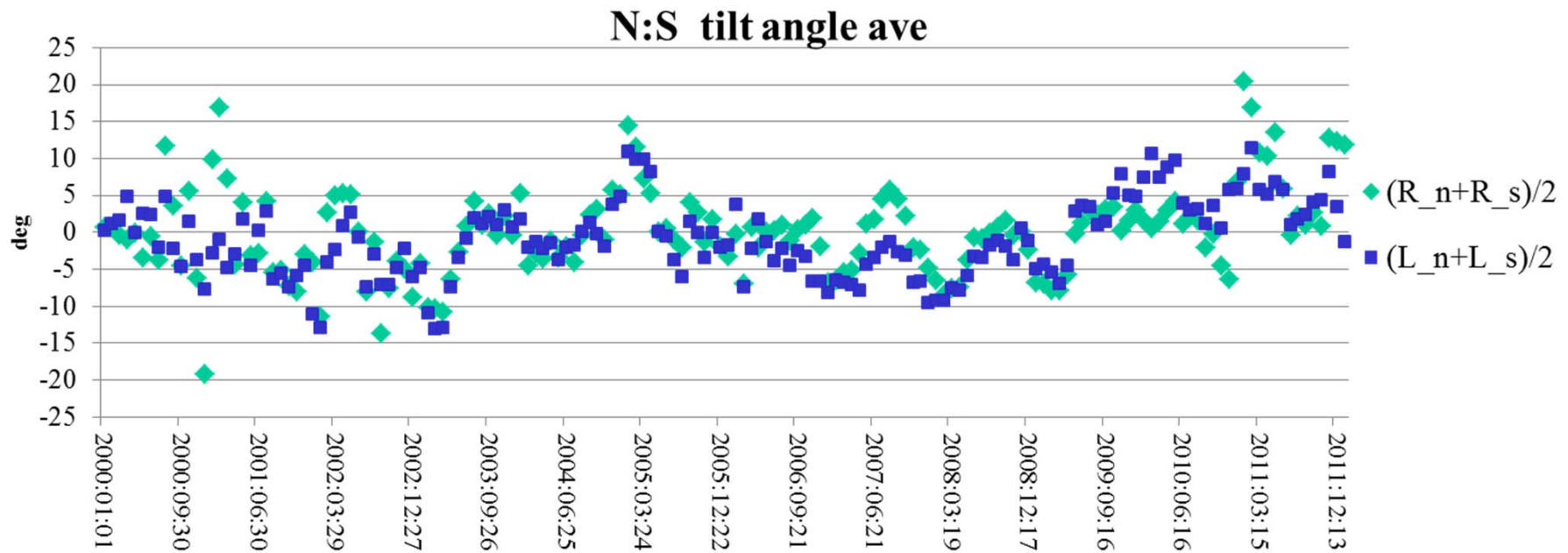
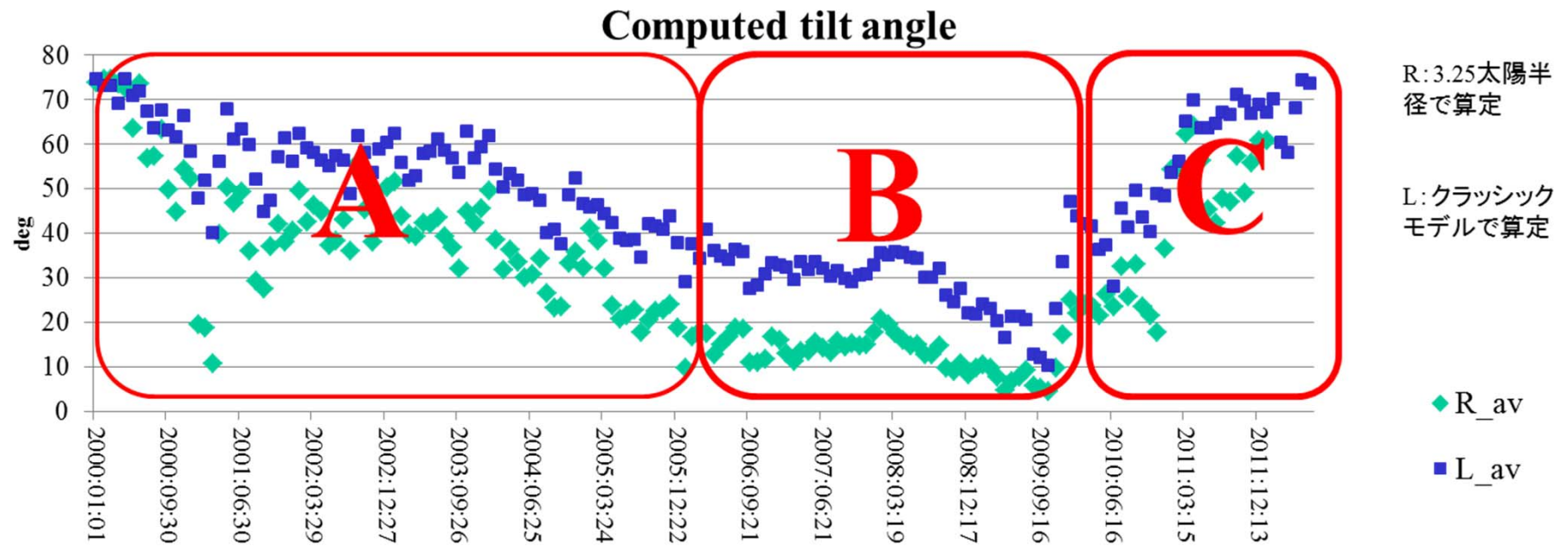


<http://wso.stanford.edu/gifs/HCS.html>





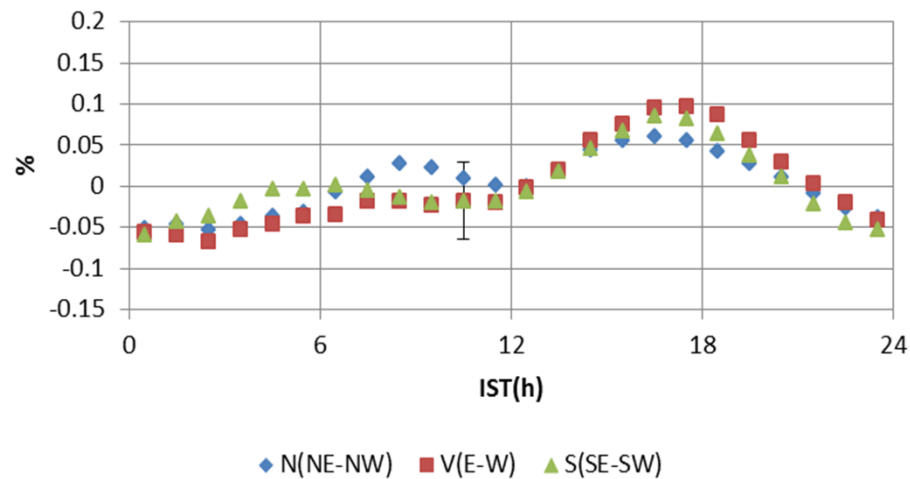
<http://wso.stanford.edu/Tilts.html>



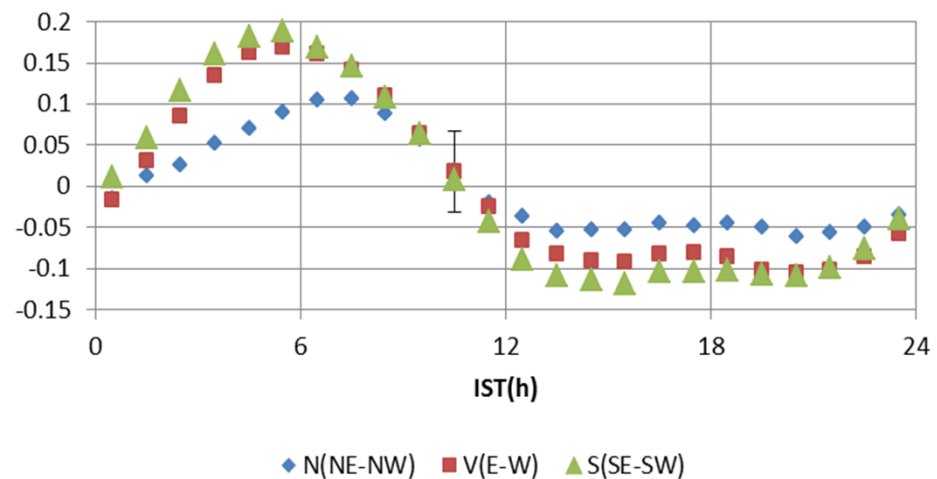
<http://wso.stanford.edu/Tilts.html>

GRAPE3ミュオンテレスコープ全期間

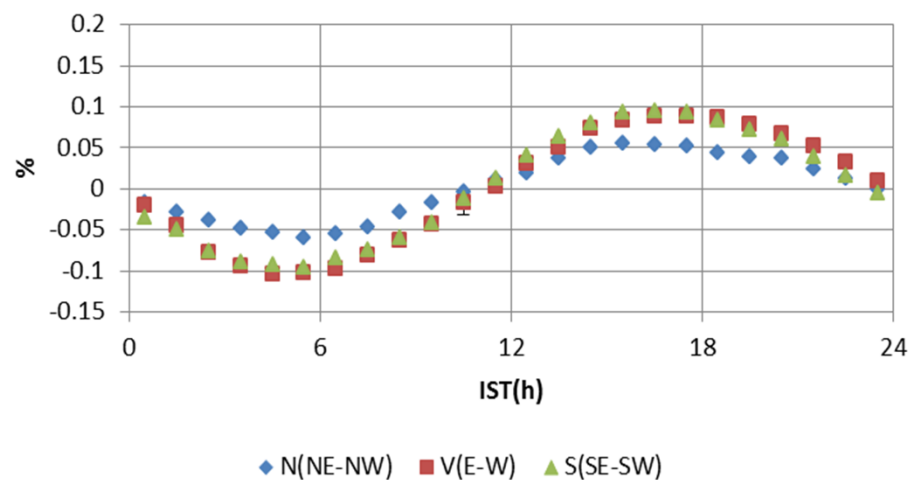
Tow(2000～2011)



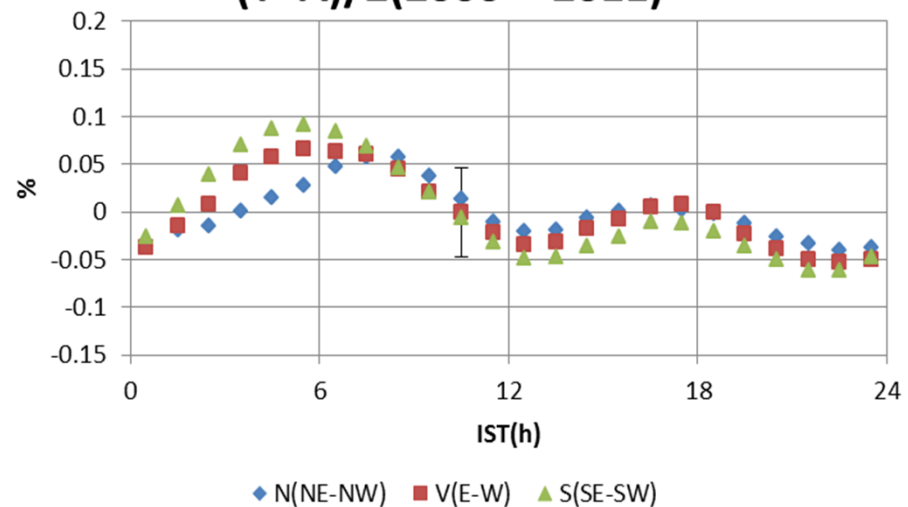
Away(2000～2011)



(T-A)/2(2000～2011)

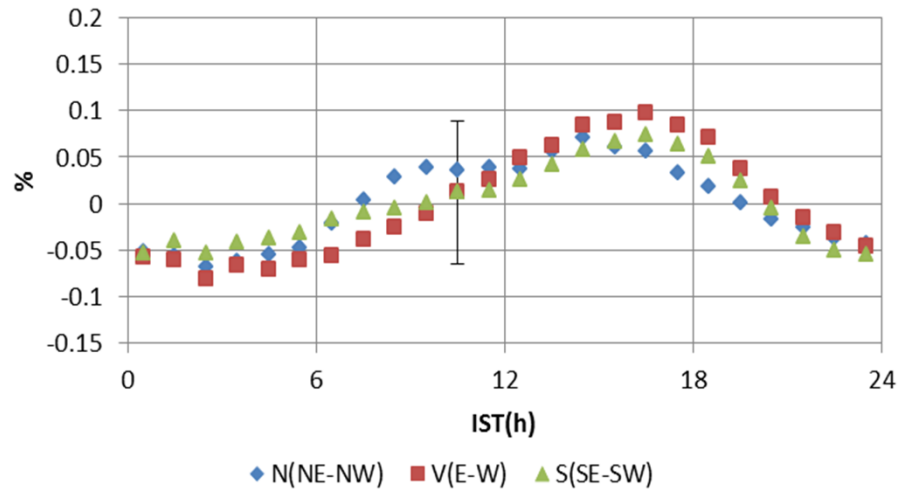


(T+A)/2(2000～2011)

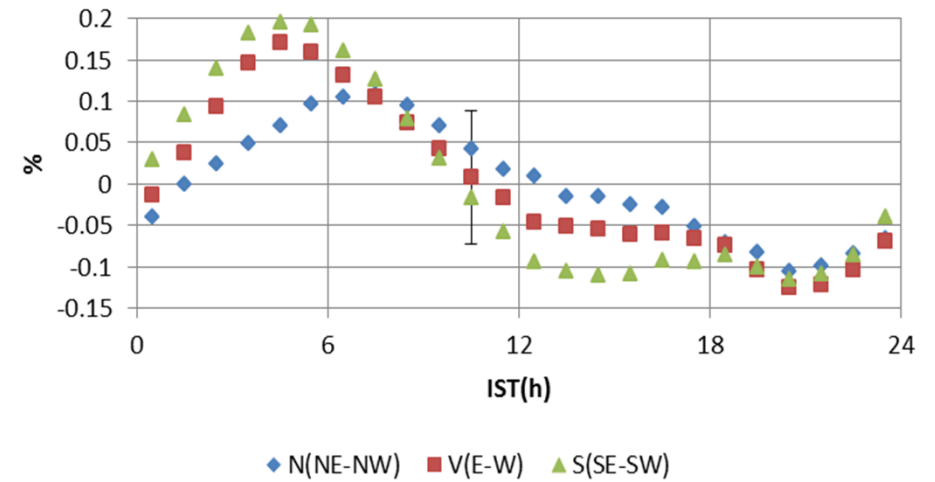


GRAPES3ミュオンテレスコープAの期間

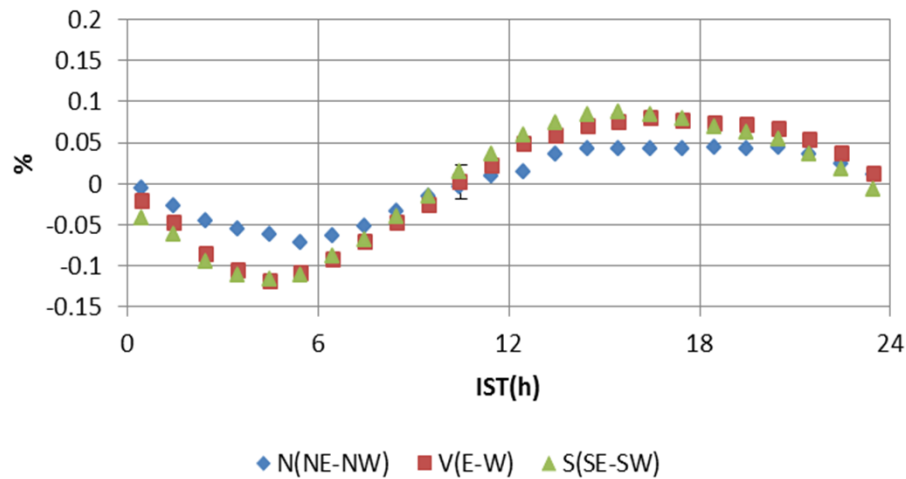
Tow(2000～2005)



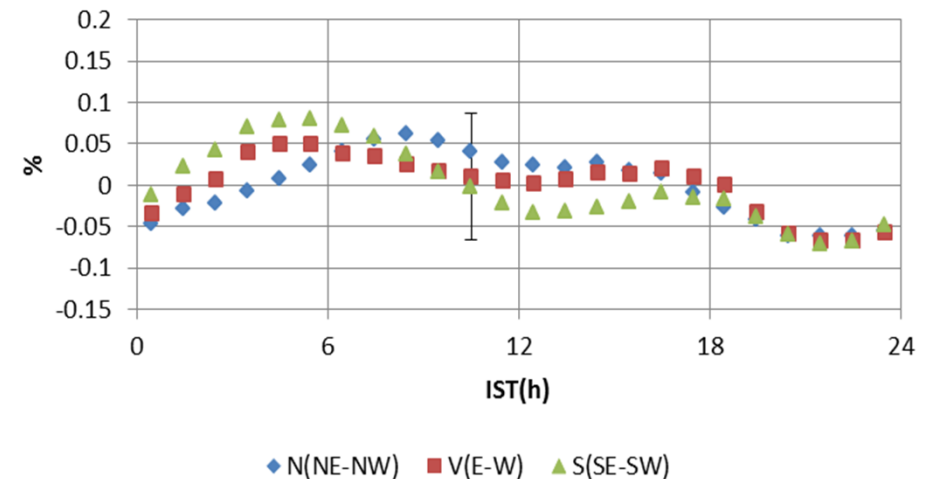
Away(2000～2005)



(T-A)/2(2000～2005)

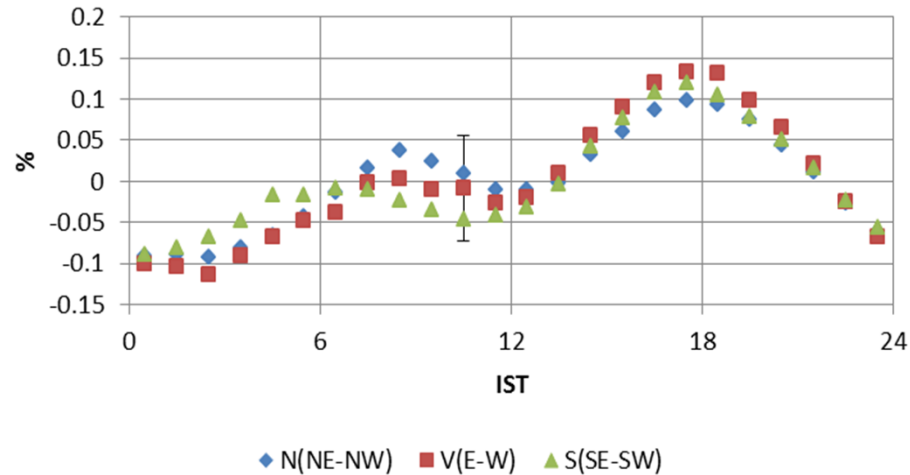


(T+A)/2(2000～2005)

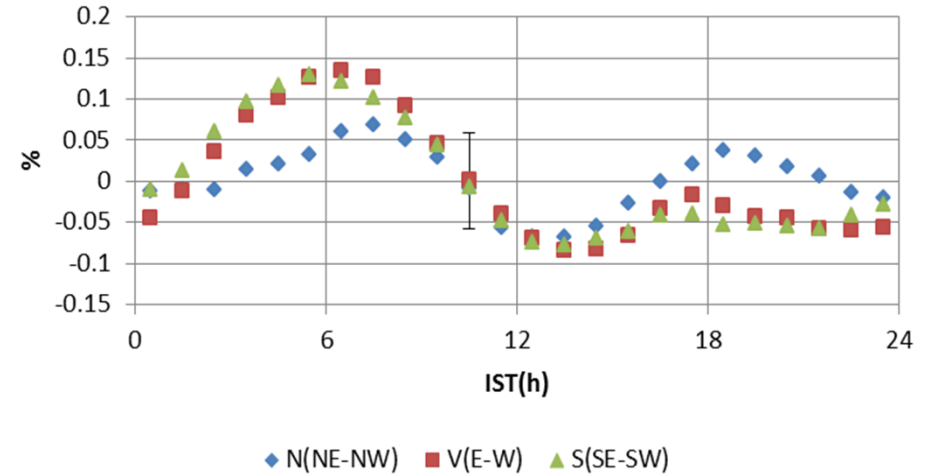


GRAPES3ミュオンテレスコープ[°]**B**の期間

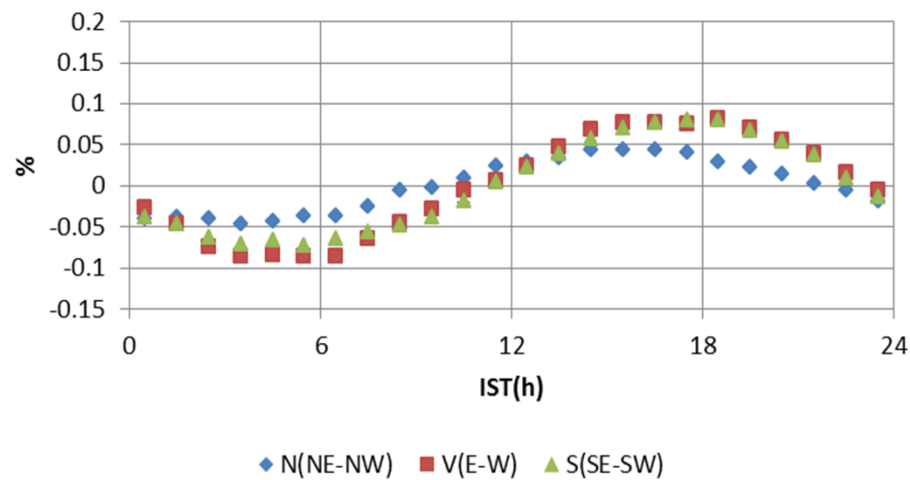
Tow(2006～2009)



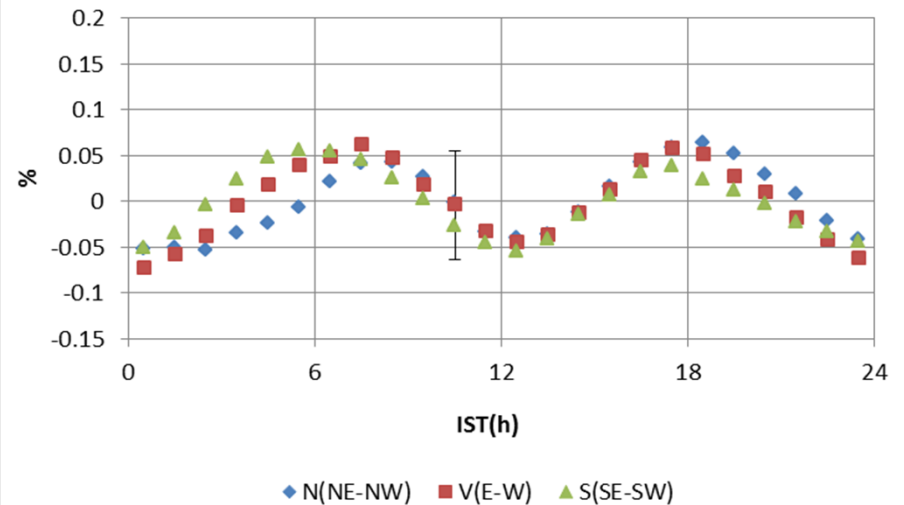
Away(2006～2009)



(T-A)/2(2006～2009)

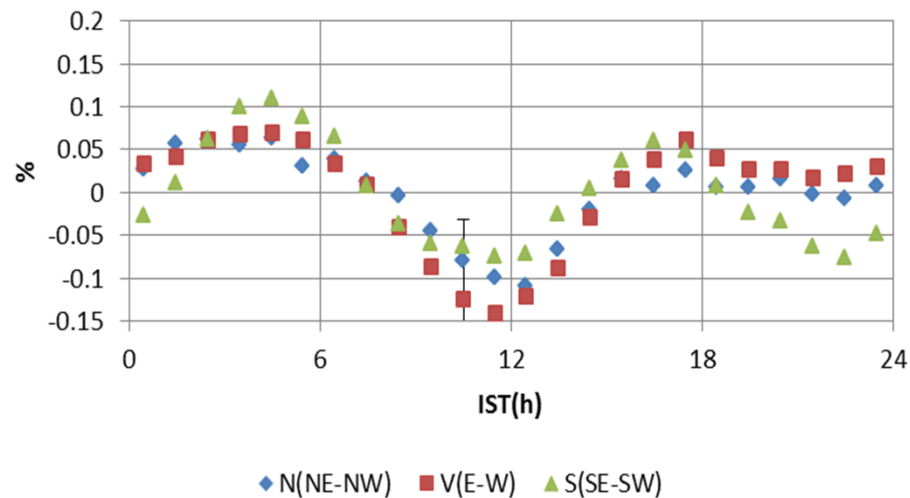


(T+A)/2(2006～2009)

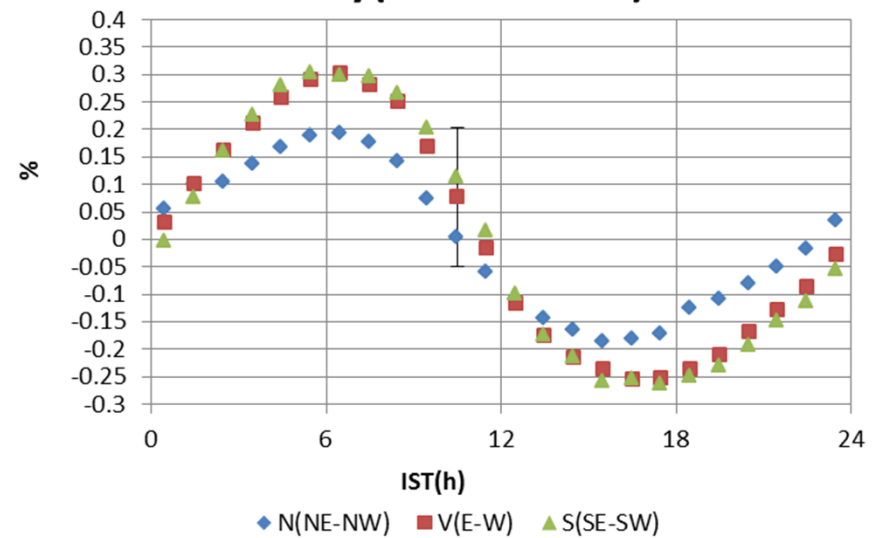


GRAPES3ミュオンテレスコープCの期間

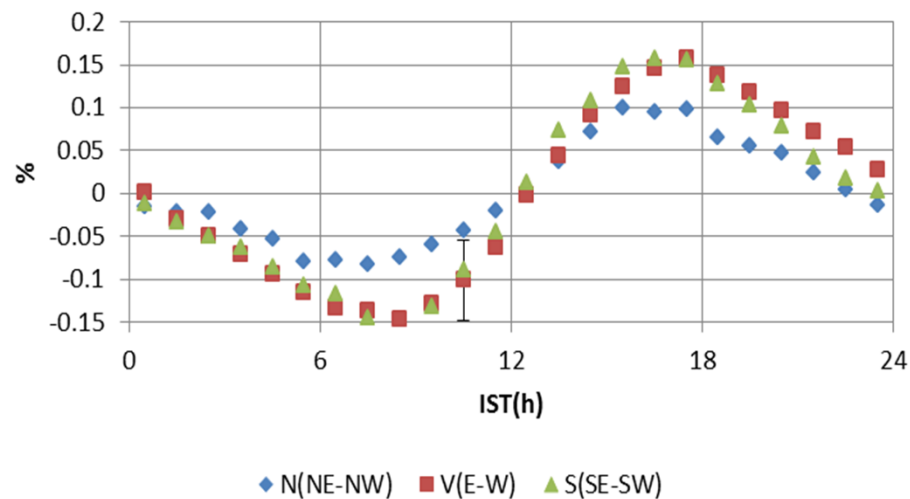
Tow(2010～2011)



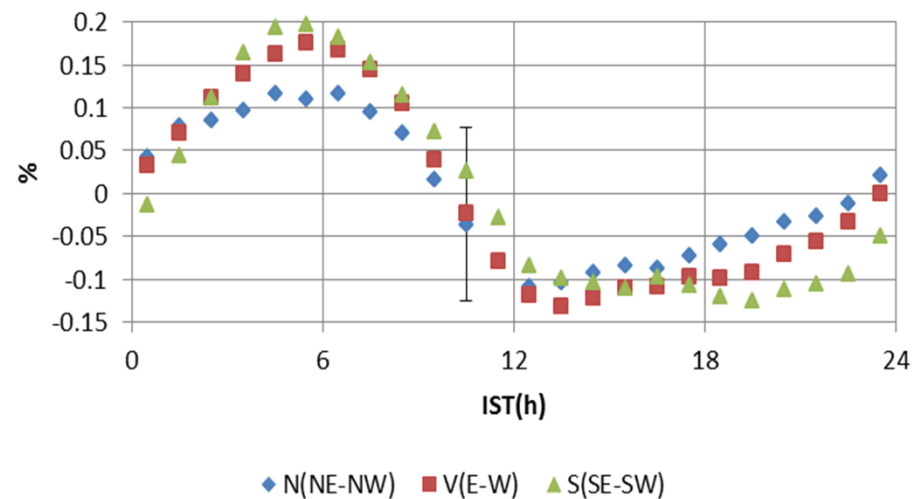
Away(2010～2011)



(T-A)/2(2010～2011)



(T+A)/2(2010～2011)



まとめ

- 惑星間空間磁場のニュートラルカレントシートのウェーブの振幅に関係する太陽面のNS境界と赤道の傾き角 (Tilt-angle) は期間により、かなり変動している。
- 傾き角 (Tilt-angle) とSwinson flow の関係は、Toward、Away個々の極性での解析結果では、それぞれの逆極性flow が混在している事が示唆される(特にB)。
- Toward、Away の極性間の差「 $(T-A)/2$ 」では、それぞれの混在分がうまく相殺され、少なくとも位相に関しては期待される形に近い形になっているが、しかし、振幅に関しては減衰している可能性がある。
- 極性間の相殺が期待されない「 $(T+A)/2$ 」の算定により真正恒星時日変化を求めるためには何らかの対策を必要とする。

明野観測所における本年度の活動

現状

観測に使用している比例計数管や電子回路は30年以上にわたり明野空気シャワー実験等に利用されたものである。

また、この数年間は観測所に常勤の職員・研究者が存在しない等のため、漏電、停電等が発生して、「コンピュータの再起動がスムーズに進まない」、「回路部品の広範囲な破損」等がかなり多く生じた。

上記の要因により、検出系（比例計数管、検出系電子回路等）のダメージがかなり大きかった。また記録系においても記録用ソフト・ハードシステムの破壊、ルーター等の不具合が著しかった。

対策

検出系機器、電子部品等についてはかなり大がかりなオーバーホールが必要。また記録系については、記録用PC（サーバ、データ記録用とも）の交換及びソフトのメンテナンスが必要であるので予算の可能な範囲で実施したが十分とはいえない、引き続き実施に努力する。

明野観測所ミュオン検出器の現状

- ・ 現在の状況

昨年度の予算によりWebスイッチをとりつけ、外部からPCをリセット可能にして稼働させている。

- －M5

- ・ 無線LANのリピート機能により無線接続中
 - ・ 本年度しばしば観測が中断し、ほぼ完全に稼働したのは4月と10～11月だけ。現在は 正常に稼働中、外部からのアクセス可。

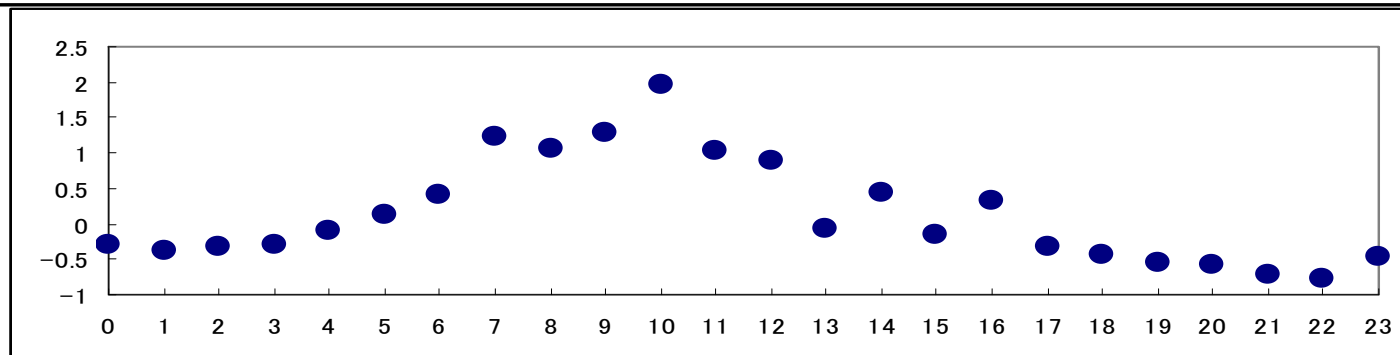
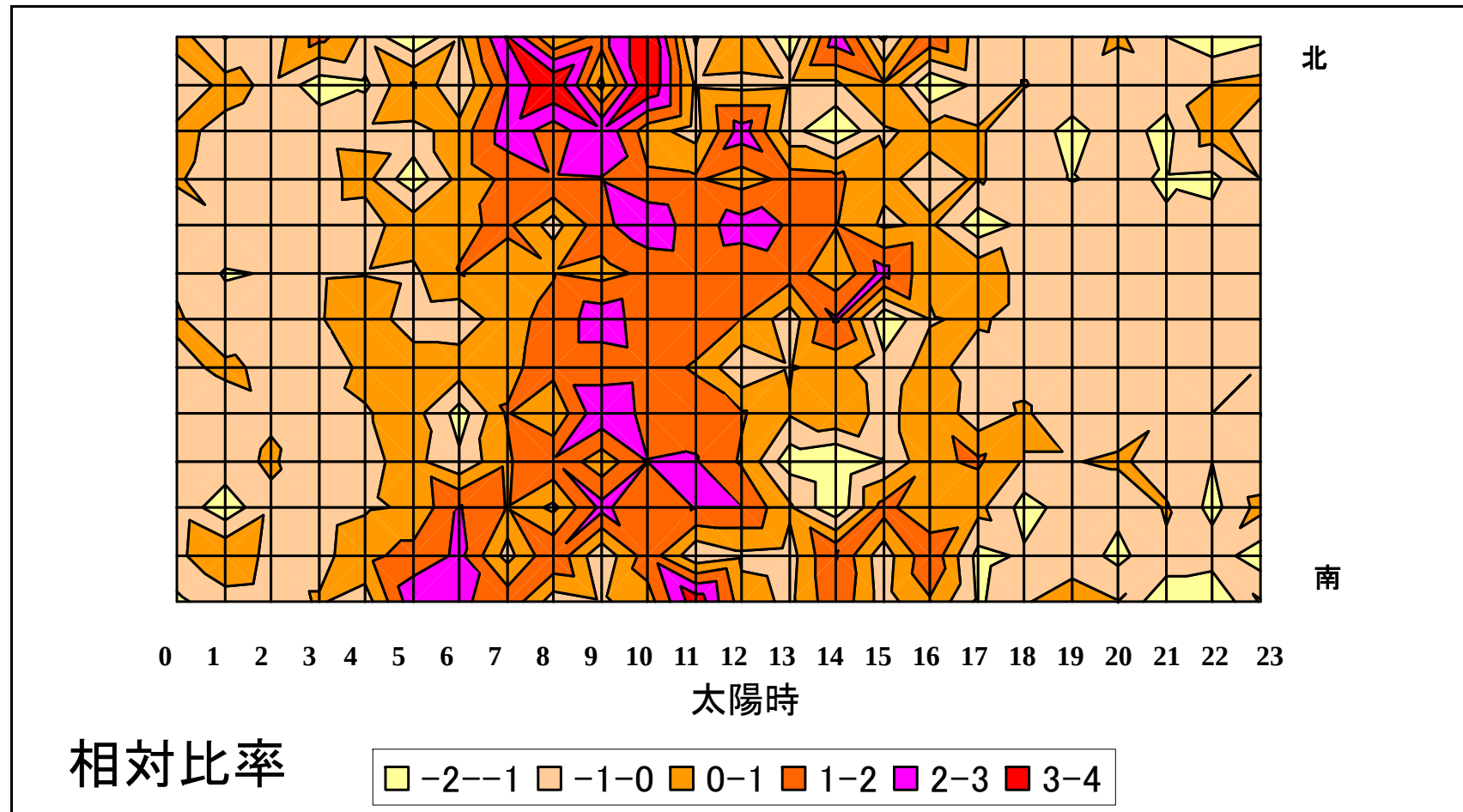
- － M1

- ・ 現在機能停止中

- － M8

- ・ 再開後DAQ、サーバ共に正常稼働していたが本年5月上旬に突然、機能停止。Webスイッチによりリセットしたが、立ち上がらず。ハードディスクを交換したが、完全に動作せず。

明野M5太陽時日変化マップ(2012年10月同時刻集計値)



共同研究者リスト:

大阪市立大学理学研究科

伊藤信夫 荻尾彰一 川上三郎 林嘉夫 藤井俊博 松山利夫

Tata 基礎研究所(インド)

K.C.Ravindran A.Jain S.C.Tonwar S.K.Gupta P.K.Mohanty

愛知工業大学 東大宇宙線研

小島浩司 福島正己 野中敏幸

信州大学理学部

宗像一起 加藤千尋 安江新一

中部大学工学部 朝日大学経営学部

柴田祥一 高丸尚教 森下伊三男

国立天文台 神奈川大学

大嶋晃敏 林田直明

平成24年度の予算:

物品 19万円(4月~12月のADSL2回線分16万円程度支出の見込み、さらに1月~3月分5万4千円程度必要、旅費の予算から一部繰り入れる予定)

旅費 25万円(7万円程度執行済) 来年2~3月ころ明野においてある程度の人数で集中的に作業を予定している。

合計 44万円 + 宇宙線研究所と明野観測所の御協力
有難うございました。来年もどうかよろしくお願いします。