

# チベット高原での 高エネルギー宇宙線の研究

西澤 正己 国立情報学研  
For the Tibet AS $\gamma$  Collaboration  
平成25年度共同利用成果発表会  
2013.12.21

# 本日の内容

- 共同利用研究課題の内訳と経費の用途
- チベット実験について
- MD建設の現状
- 今年度のデータ解析のトピック  
「太陽の影」でさぐる太陽磁場構造

# 平成25年度チベット実験関係 共同利用研究採択課題一覧

1. チベット高原での高エネルギー宇宙線の研究  
(瀧田正人 東京大学宇宙線研究所)
2. Knee領域一次宇宙線組成の研究  
(片寄祐作 横浜国立大学大学院工学研究院)
3. チベット高原における雷雲からの高エネルギー放射線の研究  
(日比野欣也 神奈川大学工学部)
4. 宇宙線による太陽の影を用いた太陽周辺磁場の時間変動の研究  
(西澤正己 国立情報学研究所情報社会相関研究系)
5. チベット空気シャワーアレイによる10TeV宇宙線強度の恒星時日周変動の観測  
(宗像一起 信州大学理学部)

# チベットグループ共同利用研究 経費執行状況

研究費： 申請額 521万円 → 配分額 200万円

2002年に完成したTibet-IIIの維持・運転及び  
YAC(Yangbajing Airshower Core detector )と  
水チェレンコフ型地下ミュオン観測装置の建設  
に必要な経費の一部に使用。

旅費： 申請額 1242万円 → 配分額 400万円

中国出張海外旅費や宇宙線研での研究打ち合わせ  
に使用。

**ご支援、どうもありがとうございます！**

# 論文と国際会議発表

## 査読付き論文

- Phys. Rev. Lett. 111, 011101 (2013)

<http://prl.aps.org/abstract/PRL/v111/i1/e011101>

Probe of the Solar Magnetic Field Using the "Cosmic-Ray Shadow" of the Sun

Synopsis: Catching Rays in the Sun's Shadow

<http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.111.011101>

## 国際会議

- APPC12

"Progress report on the TIBET AS+MD Project"

- ICRC2013 : 14件の発表

# 研究目的

- ★ 大気チェレンコフ望遠鏡と相補的な広視野(約2sr)連続観測高エネルギー宇宙線望遠鏡
- ☑ 3~100 TeVの高エネルギーガンマ線放射天体の探索、 $10^{14} \sim 10^{17}$  eV の宇宙線の観測から、宇宙線の起源、加速機構の研究を行う
- ☑ 太陽活動期における“太陽の影”(太陽による宇宙線の遮蔽効果)を観測し、太陽近傍および惑星間磁場の大局的構造を知る。



# The Tibet AS $\gamma$ Collaboration



M.Amenomori(1), X.J.Bi(2), D.Chen(3), W.Y.Chen(2), S.W.Cui(4), Danzengluobu(5), L.K.Ding(2), X.H.Ding(5), C.F.Feng(6), Zhaoyang Feng(2), Z.Y.Feng(7), Q.B.Gou(2), H.W.Guo(5), Y.Q.Guo(2), H.H.He(2), Z.T.He(4,2), K.Hibino(8), N.Hotta(9), Haibing Hu(5), H.B.Hu(2), J.Huang(2), H.Y.Jia(7), L.Jiang(2), F.Kajino(10), K.Kasahara(11), Y.Katayose(12), C.Kato(13), K.Kawata(3), Labaciren(5), G.M.Le(2), A.F.Li(14,6,2), W.J.Li(2,7), C.Liu(2), J.S.Liu(2), H.Lu(2), X.R.Meng(5), K.Mizutani(11,15), K.Munakata(13), H.Nanjo(1), M.Nishizawa(16), M.Ohnishi(3), I.Ohta(17), S.Ozawa(11), X.L.Qian(6,2), X.B.Qu(2), T.Saito(18), T.Y.Saito(19), M.Sakata(10), T.K.Sako(12), J.Shao(2,6), M.Shibata(12), A.Shiomi(20), T.Shirai(8), H.Sugimoto(21), M.Takita(3), Y.H.Tan(2), N.Tateyama(8), S.Torii(11), H.Tsuchiya(22), S.Udo(8), H.Wang(2), H.R.Wu(2), L.Xue(6), Y.Yamamoto(10), Z.Yang(2), S.Yasue(23), A.F.Yuan(5), T.Yuda(3), L.M.Zhai(2), H.M.Zhang(2), J.L.Zhang(2), X.Y.Zhang(6), Y.Zhang(2), Yi Zhang(2), Ying Zhang(2), Zhaxisangzhu(5), X.X.Zhou(7)

(1)Department of Physics, Hirosaki University, Japan

(2)Key Laboratory of Particle Astrophysics, Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, China

(3)Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Japan

(4)Department of Physics, Hebei Normal University, China

(5)Department of Mathematics and Physics, Tibet University, China

(6)Department of Physics, Shandong University, China

(7)Institute of Modern Physics, SouthWest Jiaotong University, China

(8)Faculty of Engineering, Kanagawa University, Japan

(9)Faculty of Education, Utsunomiya University, Japan

(10)Department of Physics, Konan University, Japan

(11)Research Institute for Science and Engineering, Waseda University, Japan

(12)Faculty of Engineering, Yokohama National University, Japan

(13)Department of Physics, Shinshu University, Japan

(14)School of Information Science and Engineering, Shandong Agriculture University, China

(15)Saitama University, Japan

(16)National Institute of Informatics, Japan

(17)Sakushin Gakuin University, Japan

(18)Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, Japan

(19)Max-Planck-Institut für Physik, Deutschland

(20)College of Industrial Technology, Nihon University, Japan

(21)Shonan Institute of Technology, Japan

(22)RIKEN, Japan

(23)School of General Education, Shinshu University, Japan

# Yangbajing Cosmic Ray Observatory



中国西藏自治区羊八井

90° 522E, 30° 102N, 4,300 m a.s.l. (606g/cm<sup>2</sup>)

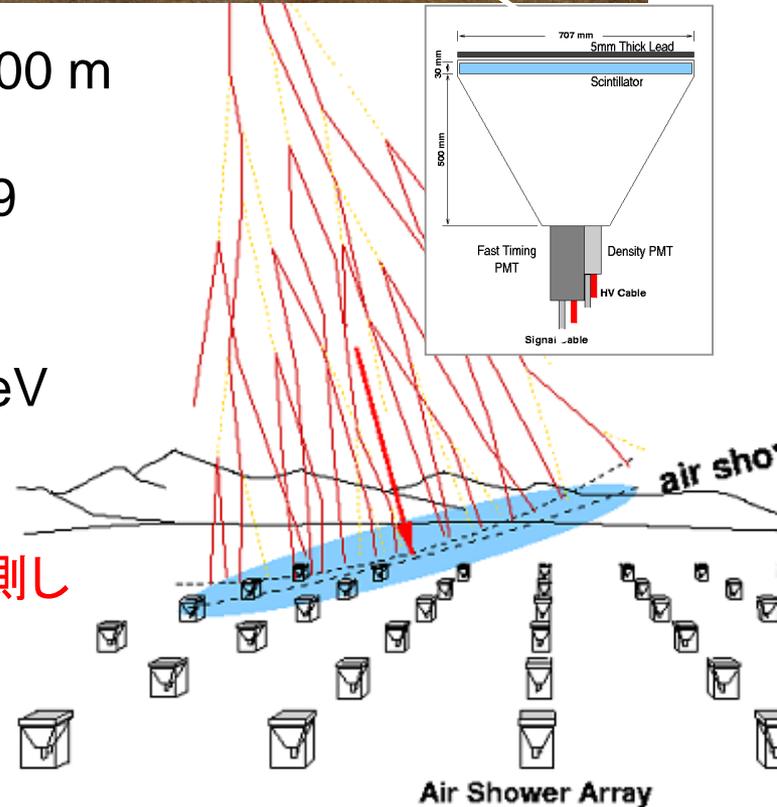
# チベット空気シャワー観測装置 (Tibet AS)



□ 中国チベット (90.522°E, 30.102°N) 標高4300 m

- シンチレーション検出器数 0.5 m<sup>2</sup> x 789
- 空気シャワー有効面積 ~37,000 m<sup>2</sup>
- 最頻エネルギー ~3 TeV
- 角度分解能 ~0.9° @3 TeV
- 視野 ~2 sr

→ 空気シャワー中の二次粒子(主にe<sup>±</sup>, γ)を観測し  
一次宇宙線エネルギー、方向を測定



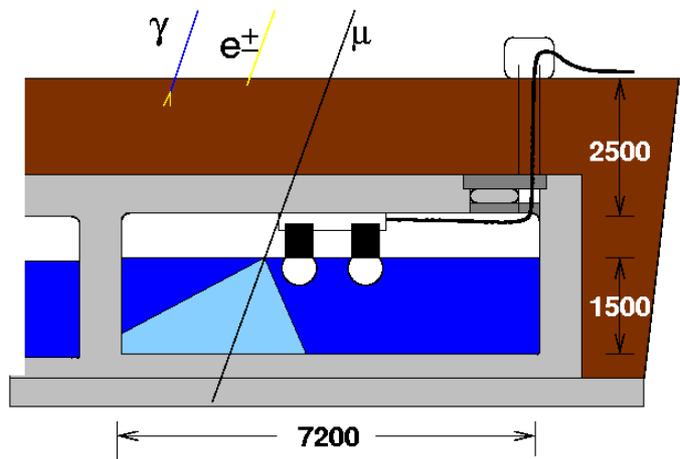
# チベット水チェレンコフミュオン観測装置 (Tibet MD)

地下 2.5m (物質厚  $\sim 515\text{g}/\text{cm}^2 \sim 19X_0$ )

7.2m  $\times$  7.2m  $\times$  水深1.5m 水槽 192台

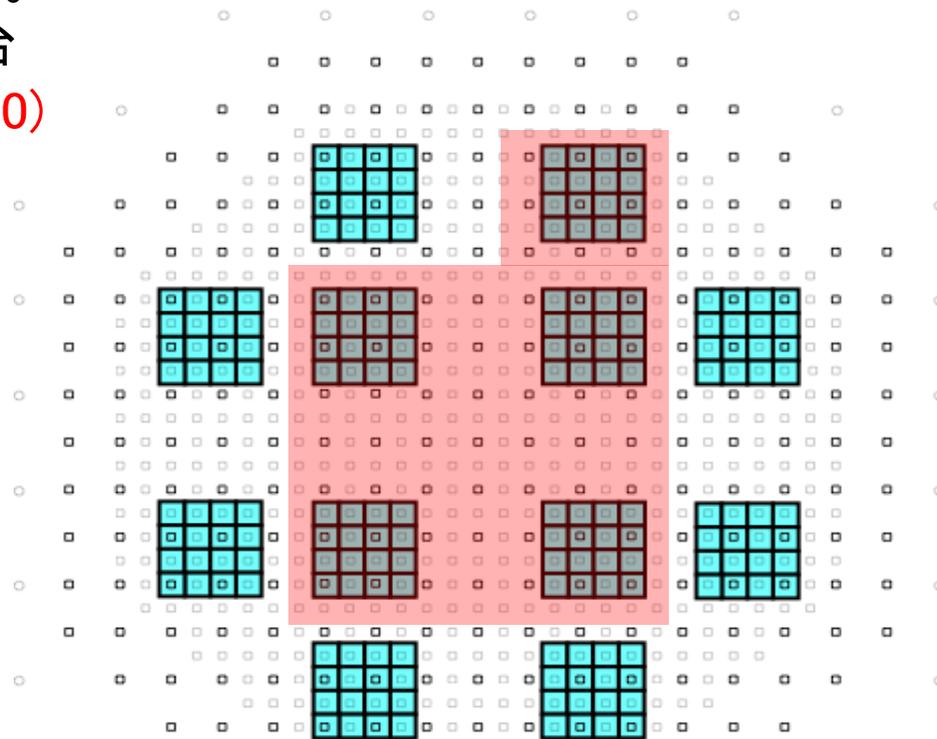
20"  $\Phi$  PMT 2本 (HAMAMATSU R3600)

水槽材質: コンクリート  
白色反射材



Tibet III Air Shower Array (2007)

36,900 m<sup>2</sup>  
2006.05.18 Ver.0.9



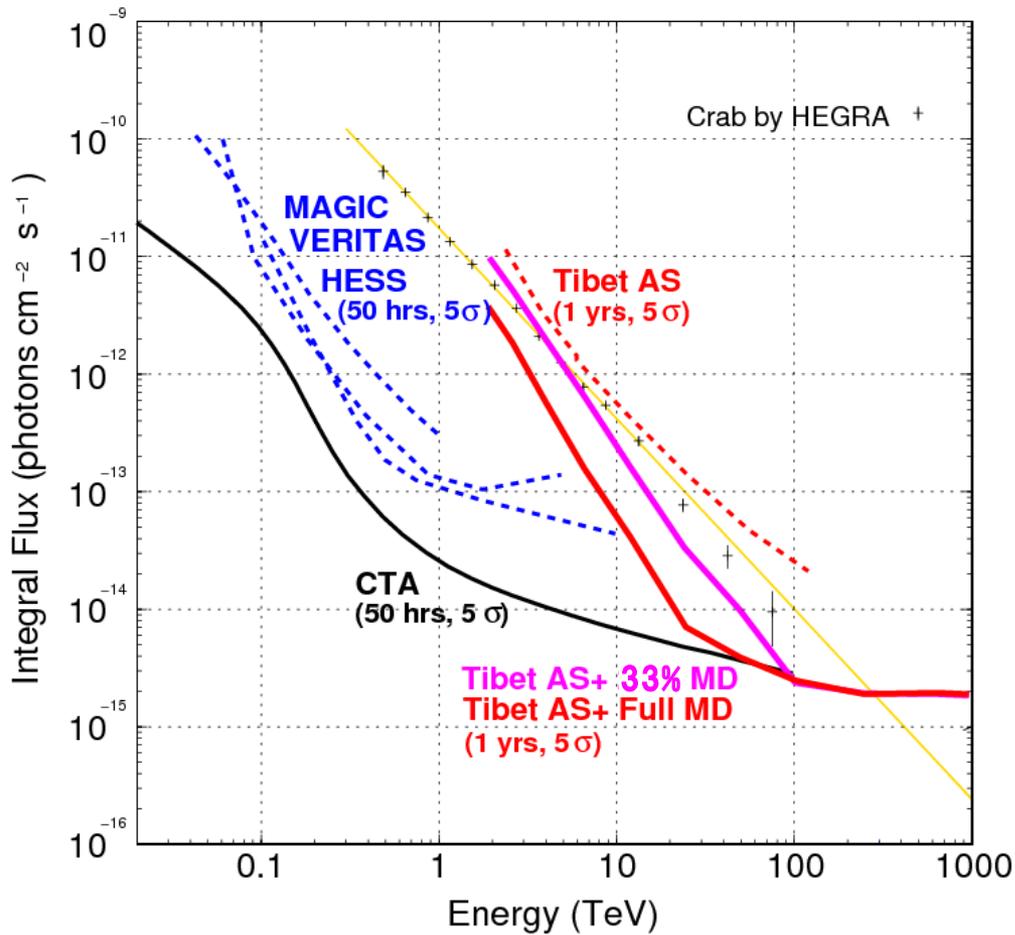
ミュオン検出器

$\sim 10,000\text{m}^2$

→ 空気シャワー中のミュオン数を測定し、ガンマ線 / 核子選別

原子核起源空気シャワーを99.9%以上除去 ( $> \sim 20\text{TeV}$ )

# $\gamma$ 線点源検出予想感度 (1yr or 50hrs, $5\sigma$ )



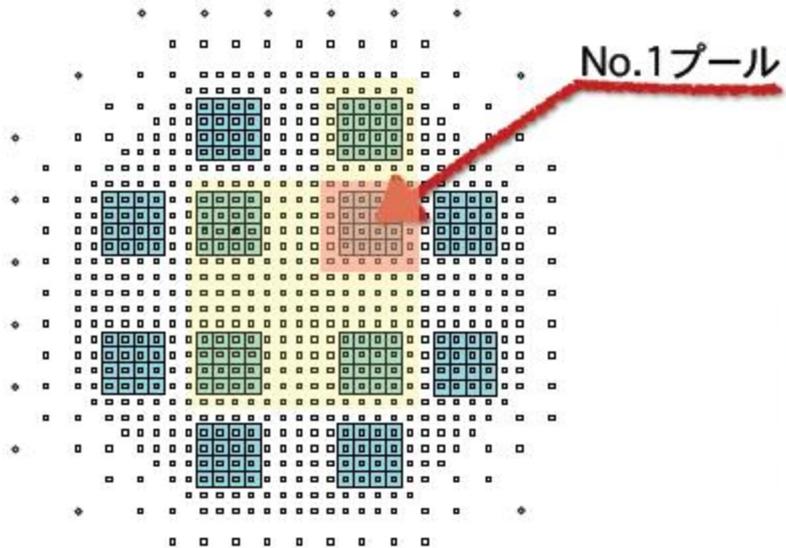
+Full MD

~10倍 @10TeV  
~15倍 @100TeV

+1/3 MD

3~4倍 @10TeV  
~15倍 @100TeV

# MD No.1プールのPMTインストール





支持金具の取り付け



天井への取り付け



PMT取り付け完了(1)



PMT取り付け完了(2)



## 5/12 MD , ASの復旧完了

- MD内部作業(PMTインストール等)
- 注水
- 地表アレイ検出器の再配置

まもなくデータ取得開始

# 最近のデータ解析のトピック

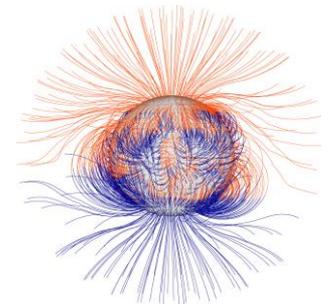
- 「太陽の影」による太陽磁場構造の研究  
Probe of the Solar Magnetic Field Using  
the Cosmic-Ray Shadow" of the Sun  
( $>10\text{TeV}$  : 論文掲載 (PRL))

Phys. Rev. Lett. 111, 011101 (2013) (**HIGHLIGHTED ARTICLES**)

<http://prl.aps.org/abstract/PRL/v111/i1/e011101>

Synopsis: Catching Rays in the Sun's Shadow

<http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.111.011101>



Physics  
spotlighting exceptional research

APS  
physics **APSのSynopsisに掲載**

[American Physical Society](#)

[Log in](#) | [Create Account \(what's this?\)](#)

[Home](#) [About](#) [Browse APS Journals](#)

SEARCH

## Synopsis: Catching Rays in the Sun's Shadow



Kazumasa Kawata/Tibet ASy Collaboration

### [Probe of the Solar Magnetic Field Using the "Cosmic-Ray Shadow" of the Sun](#)

M. Amenomori et al.

[Phys. Rev. Lett. 111, 011101 \(2013\)](#)

Published July 1, 2013

For a cosmic-ray detector, the Sun is a dark spot in the sky. That's because the Sun blocks the path of high-energy particles coming from outside the solar system. However, the lines of the Sun's shadow can be blurred by deflections in the Sun's magnetic field, as confirmed for the first time by a high-altitude cosmic-ray detector in Tibet. As described in *Physical Review Letters*, cosmic rays offer a unique probe of the hot, million-kilometer-thick corona that surrounds the Sun.

The Sun's magnetic field is well characterized at large distances from the Sun, where the field lines are carried outward by the solar wind. But little is known about the magnetic field inside the corona—the outer halo of plasma where the solar wind originates. One commonly used model assumes that the coronal field is a simple extrapolation of the magnetic potential on the Sun's surface. A more sophisticated model incorporates the effect of sheets of electric current believed to flow through the corona.

To help distinguish these two models, the Tibet Air Shower Gamma (AS $\gamma$ ) Collaboration has studied cosmic rays coming from the direction of the Sun. The detector array observes the particle showers that

NATURE PHYSICS | RESEARCH HIGHLIGHTS

## In the shadow of the Sun

David Gevaux

*Nature Physics* 9, 454 (2013) doi:10.1038/nphys2722

Published online 01 August 2013

*Phys. Rev. Lett.* 111, 011101 (2013)

Magnetic-field lines around a bar magnet are easily imaged using iron filings and a piece of paper. However, applying such a technique to the Sun is not so simple, unfortunately, as knowledge of its field could help predict changes in solar wind that affect our planet. The Tibet ASy Collaboration now shows that a 'shadow' cast on the Earth by the Sun is a sensitive probe of this complex magnetic structure.



© ISTOCKPHOTO/THINKSTOCK

Cosmic rays travel to Earth from outside the Solar System. The Sun blocks some of them, creating a cosmic-ray shadow. The researchers analysed data taken from the Tibet Air Shower Array — a  $\gamma$ -ray detector high in the foothills of the Himalayas — to monitor how the intensity of this shadow varied between 1996 and 2009: the shadow is darker when solar activity is at a minimum, they found.

Comparing these data with the predictions of two different theoretical models of the magnetic field in the solar corona, it seems the results support a model that incorporates the influence of electric currents flowing through the corona.

### More Research Highlights

Graphene smoothed  
out

No flash in the pan

Atomic quiver

Live long

現在、被引用論文1件  
Nature Physics  
Research Highlight

*Nature Physics* ISSN 1745-2473 EISSN 1745-2481 Banner image © J. K. N. Murphy

© 2013 Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers Limited. All Rights Reserved.  
partner of AGORA, HINARI, OARE, INASP, ORCID, CrossRef and COUNTER



# 【プレスリリース】銀河宇宙線中の「太陽の影」でさぐる太陽磁場構造

## MENU

広報室  
お知らせ  
トピックス  
セミナー研究会  
書籍/論文  
ICRRニュース  
広報室便り

広報室  
Public Relations

[お知らせ](#)・[トピックス](#)

2013.07.11:

[【プレスリリース】銀河宇宙線中の「太陽の影」でさぐる太陽磁場構造](#)

### 【発表者】

満田 利典 (東京大学 名誉教授)  
瀧田 正人 (東京大学 宇宙線研究所 准教授)  
大西 宗博 (東京大学 宇宙線研究所 助教)  
川田 和正 (東京大学 宇宙線研究所 特任助教)

### 【発表のポイント】

- ◆銀河宇宙線が太陽によって遮られる現象「太陽の影」が、太陽活動の11年周期と相関して変化していることを発見した。
- ◆「太陽の影」を利用して太陽近傍の磁場構造の検証を行った世界で初めての成果である。
- ◆私たちの住む太陽圏の磁場構造の理解は、人類の宇宙進出を支える基礎知識を構築する上で重要であり、本研究成果は、太陽圏の磁場構造を探るための新手法を提供するものである。

### 【発表概要】

人類の宇宙進出には、地球と太陽間の磁場構造を理解することが重要である。しかし、太陽表面から地球の間の磁場は直接観測することは難しく、これまでユリシーズやボイジャーなどの宇宙探査機による観測があるものの、太陽近傍は高温・高放射線の過酷な環境であるために最新の宇宙探査機であっても近づけず、その理解が十分ではない。

東京大学宇宙線研究所を中心とする国際研究グループ(チベットASy実験)(注1)は、地球に届く銀河宇宙線(注2)が太陽によって遮られる現象、「太陽の影」を1996年から2009年まで観測して解析し、その大きさが11年の太陽活動周期(注3)と相関して変化していることを発見した。また、「太陽の影」の変化を利用して、太陽近傍の磁場構造を予測する2つの理論モデルを検証した結果、太陽近傍の電流(注4)が磁場構造に与える影響を考慮したCSSSモデルが「太陽の影」の実験結果をよく再現することが分かった。これは、銀河宇宙線中にできる「太陽の影」を用いて太陽近傍の磁場構造の検証を行った世界で初めての成果である。

この成果は、太陽磁場構造をさぐるための新しい手法を提供するものであり、今後、観測精度をあげることで、より詳細に太陽の磁場構造を診断できるようになると期待される。

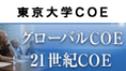
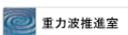
なお、本研究は、14年間にわたる宇宙線データの蓄積と、電荷(注5)を持つ宇宙線が磁場中で曲げられることを利用したもので、長期間の宇宙線の連続観測により可能となった。



## 研究施設/センター



## 所内組織



検索

Search

# ICRR ニュース No.86(9/20)

## 研究紹介

### 「太陽の影」でさぐる太陽コロナ磁場

川田 和正・瀧田 正人

【宇宙線研究所】

地球に届く銀河宇宙線が太陽によって遮られる現象を「太陽の影」と呼ぶ。日中共同研究チームであるチベット ASy 実験グループは、1996年から2009年までの「太陽の影」を連続観測した結果、その深さが11年の太陽活動周期と相関して変化していることを発見した。また、この「太陽の影」の変化を利用して、太陽コロナ磁場を予測する2つの理論モデルを検証した。その結果、太陽近傍の電流は磁場構造に影響しないと仮定したPFSSモデルよりも、太陽近傍の電流が磁場構造に与える影響を考慮したCSSSモデルが「太陽の影」の実験結果をよく再現することが分かった。これは、銀河宇宙線を用いて太陽コロナ磁場の検証を行った世界で初めての成果である [1]。

## 1. 太陽コロナ磁場と惑星間空間磁場

太陽には太陽内部で生成され、太陽近傍のコロナ領域に伸びる強大な磁場(太陽コロナ磁場)が存在する。また、太陽は約11年の太陽活動周期を持ち、近年では2001年頃と2013年頃が周期の極大となり、この極大期には太陽黒点や太陽フレアの増加などが観測される。太陽活動の極小期では、太陽コロナ磁場は南北に極を持つダイポール型に近い形の磁場が形成され、極大期に近づくにつれてマルチポールの複雑な磁場へと変容していく。1958年にパーカーの提唱によって [2]、太陽表面から出た磁場は太陽風とよばれる高速のプラズマ流(地球近傍で300-1,000km/s)に乗って惑星間空間を伝わり太陽圏全体を満たしているものと考えられている。そして、ほぼ11年の太陽活動周期で南北の極を入れ替えながら変動を繰り返し、複雑に入り組んだ太陽圏磁場を形成している。太陽表面上の磁場は、ゼーマン効果を利用して光学望遠鏡で詳細に観測することができ、近年の「ひので衛星」などでは目覚ましい成果を挙げている [3]。また、人工衛星によって地球衛

星軌道上の磁場の直接観測も行われている。しかし、太陽表面から地球の間の磁場(惑星間空間磁場)は直接観測が難しく、様々な理論モデルによって推定されているのが現状である。この惑星間空間磁場の観測としては、宇宙探査機であるユリシーズやボイジャーなどにより、太陽から離れた場所の観測があるものの [4]、太陽に近いコロナ領域は高温・高放射線の過酷な環境であるために最新の宇宙探査機であっても近づくことができず情報が不足している。1957年にクラークは荷電粒子である宇宙線が太陽磁場の影響を受けるため、「太陽の影」が変化すると予想した [5]。本稿では、チベット空気シャワーアレイで観測された「太陽の影」が、太陽活動に伴って変容する太陽コロナ磁場と相関して劇的に変化する様子と、それを利用した太陽コロナ磁場モデルの検証について紹介する。

## 2. チベット空気シャワーアレイ

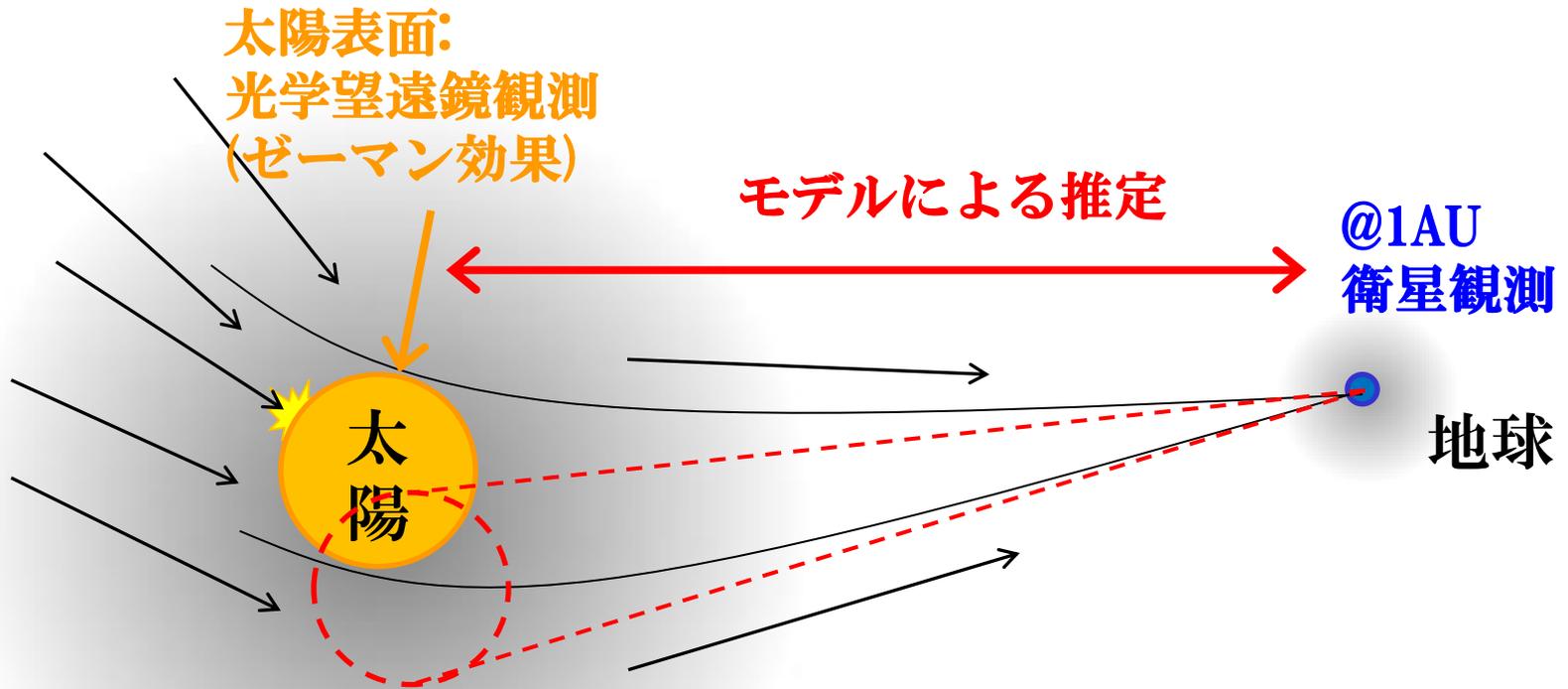
我々はチベット高原の標高4,300メートルの地点に、図1の写真のように789台のシンチレーション検出器(0.5平米)を7.5メートル間隔の格子状に配置し、宇宙線と地球大気との相互作用で発生する二次粒子群(空気シャワー)の観測を行なっている。1990年に49台の小さなアレイ(Tibet-1)によって観測を開始し、1996年に221台へ検出器を増設し、



図1:チベット高山(標高4,300メートル)に設置されているチベット空気シャワーアレイ。格子状に白く見えるのが0.5平米のシンチレーション検出器で、空気シャワー中の二次粒子を観測し、宇宙線の到来方向とエネルギーを決定する。

# 「太陽の影」

## 太陽による宇宙線の遮蔽

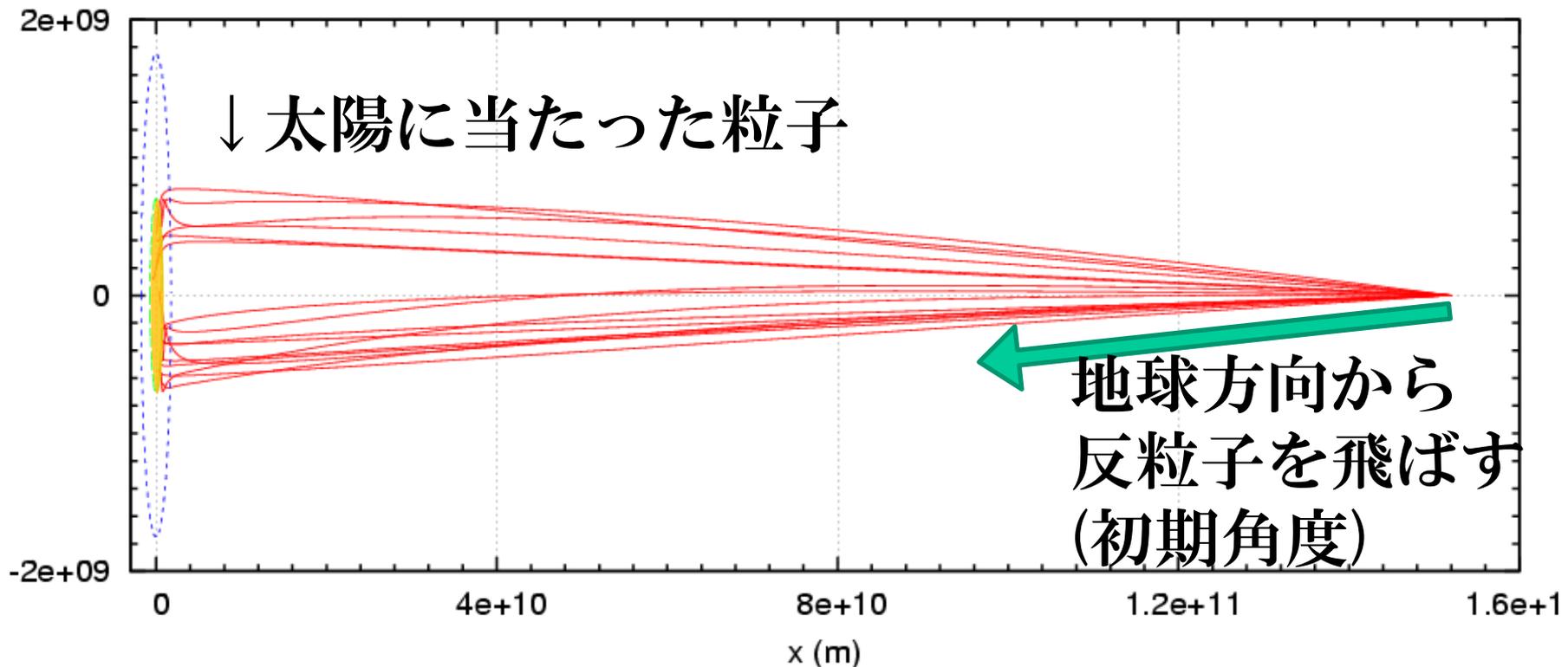


TeV宇宙線 (陽子) → 荷電粒子  
ラーモア半径  
~7.4AU (B=30 $\mu$ G 地球近辺)  
~0.16R $_{\odot}$  (B=300mG 太陽近辺)  
太陽圏磁場構造のプローブ!



# 「太陽の影」のMCシミュレーション

太陽圏の磁場モデルを仮定し  
宇宙線の軌道（地球から太陽へ）を計算  
→ 太陽に当たった粒子が太陽の影を構成



# 仮定する太陽圏の磁場

コロナ磁場 → 2つのSource Surface モデル (PFSS / CSSS)

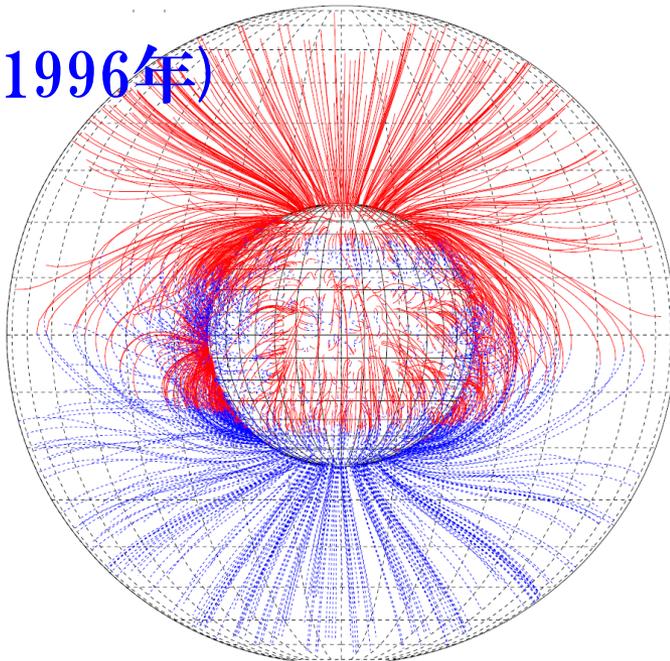
Kitt Peak の太陽表面磁場の観測から推測する  
太陽の1自転周期(~27日)ごとの平均モデル

惑星間磁場 → パーカー・スパイラルモデル

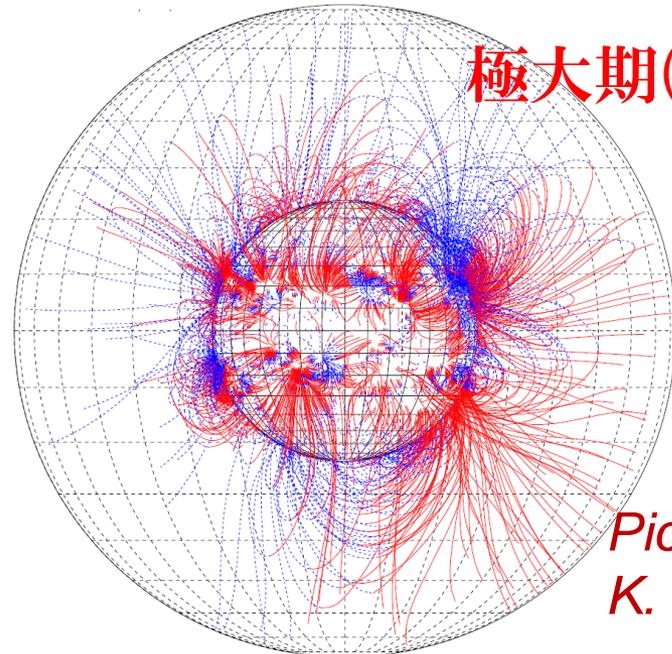
太陽風速度は名大IPS観測の緯度依存を考慮

地磁気 → 双極子磁場モデル

極小期(1996年)  
PFSS



極大期(2000年)  
PFSS

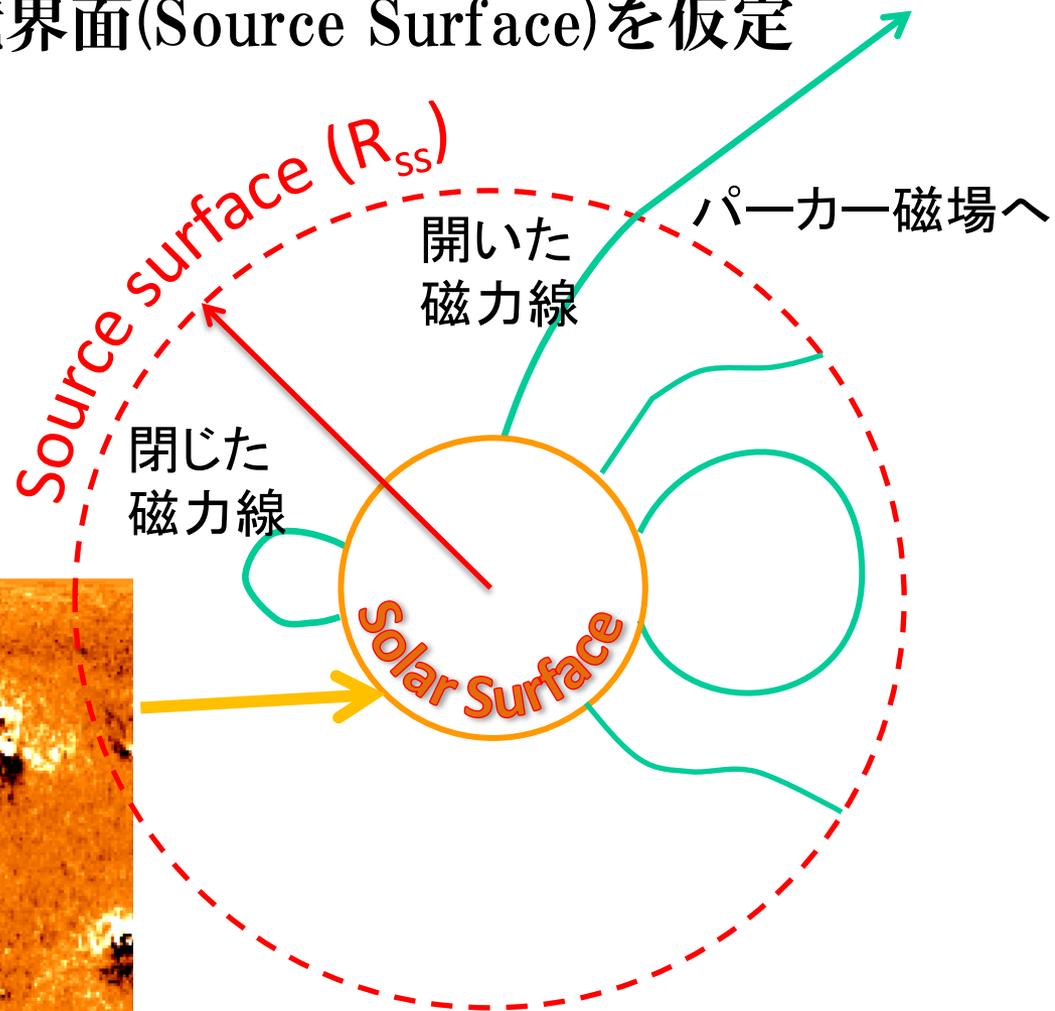
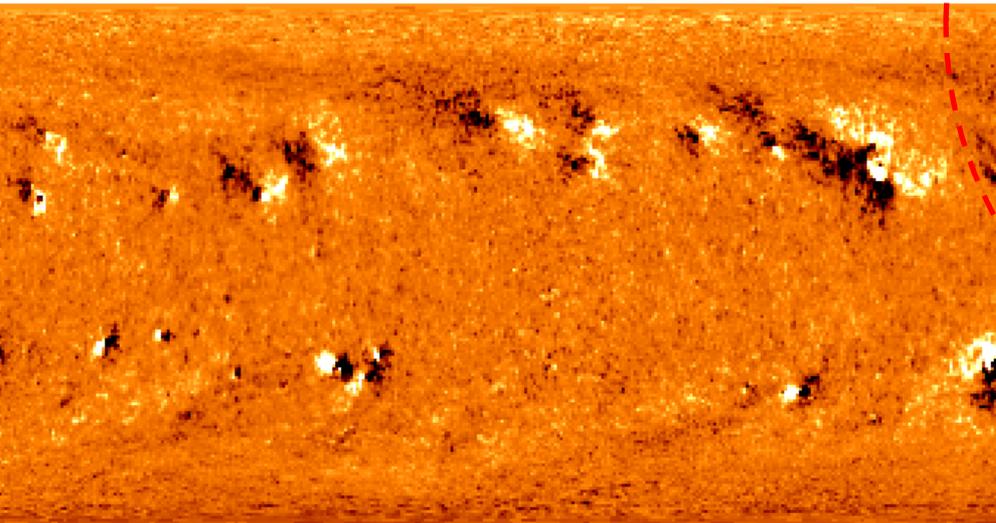


*Pictures from  
K. Hakamada*

# Source Surface コロナ磁場モデル

太陽表面磁場からコロナ磁場を推測  
磁力線が動径方向を向く境界面(Source Surface)を仮定  
通常は $R_{ss} = \sim 2.5R_{\odot}$

マグネトグラム 太陽表面  
ゼーマン効果  
The Kitt Peak Vacuum Telescope  
(FeI 868.8, 630.1 and 630.2nm)



# 2つのSource Surface コロナ磁場モデル

## 1. PFSS (Potential Field Source Surface)

コロナ中の電流は磁場構造に影響しない

$$\nabla \times \mathbf{B} = 0 \rightarrow \mathbf{B} = -\nabla \Psi$$

Force-free  $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$

ラプラス方程式

$$\nabla^2 \Psi = 0$$

*Hakamada, Solar Physics (1995)*

## 2. CSSS (Current Sheet Source Surface)

コロナ中の水平方向の電流を考慮する

$$\frac{1}{4\pi} (\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B} - \nabla p - \rho \frac{GM}{r^2} \hat{\mathbf{r}} = 0 \quad \text{磁気静水圧平衡}$$

$$\mathbf{J} = \frac{1}{\mu_0 r} [1 - \eta(r)] \left[ \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \phi \partial r} \hat{\theta} - \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \phi \partial r} \hat{\phi} \right]$$

$$\mathbf{B} = -\eta(r) \frac{\partial \Psi}{\partial r} \hat{\mathbf{r}} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial \theta} \hat{\theta} - \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Psi}{\partial \phi} \hat{\phi}$$

*Zhao & Hoeksema, JGR (1995)*

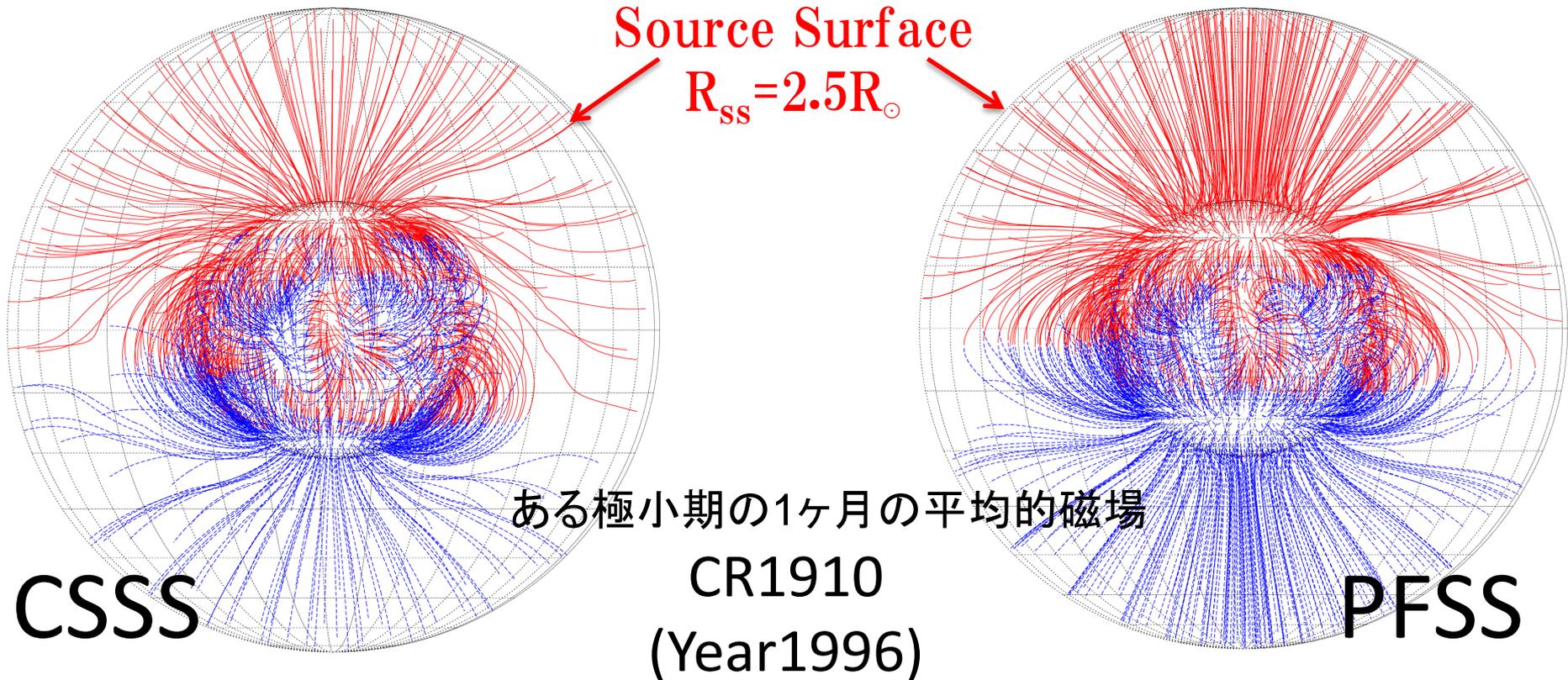
# Source Surface コロナ磁場モデル

“Source Surface (SS)” 仮想の面 磁力線が垂直

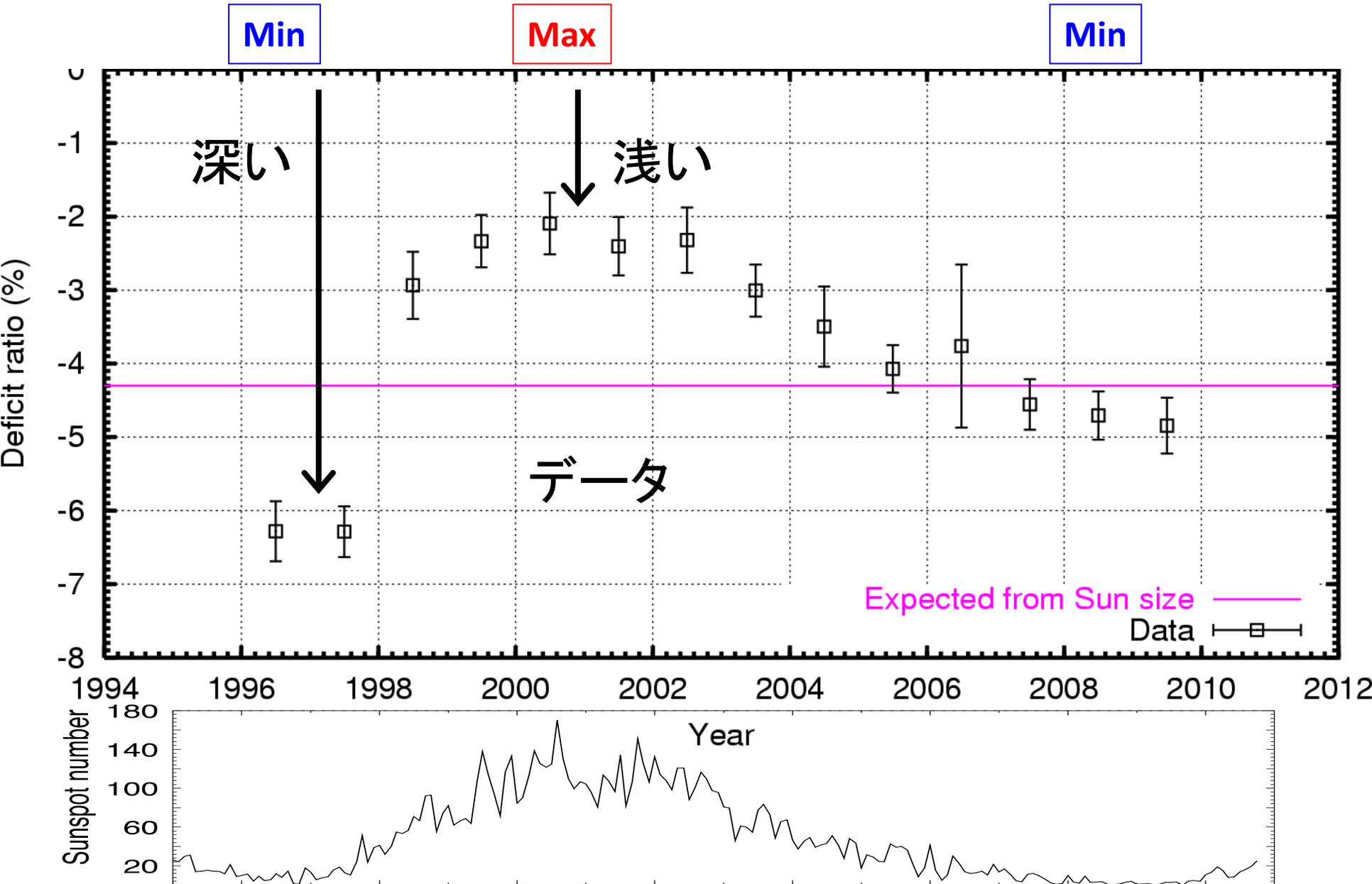
太陽表面磁場強度からSSまでを推測

SSまでの距離( $R_{ss}$ )はフリーパラメータ

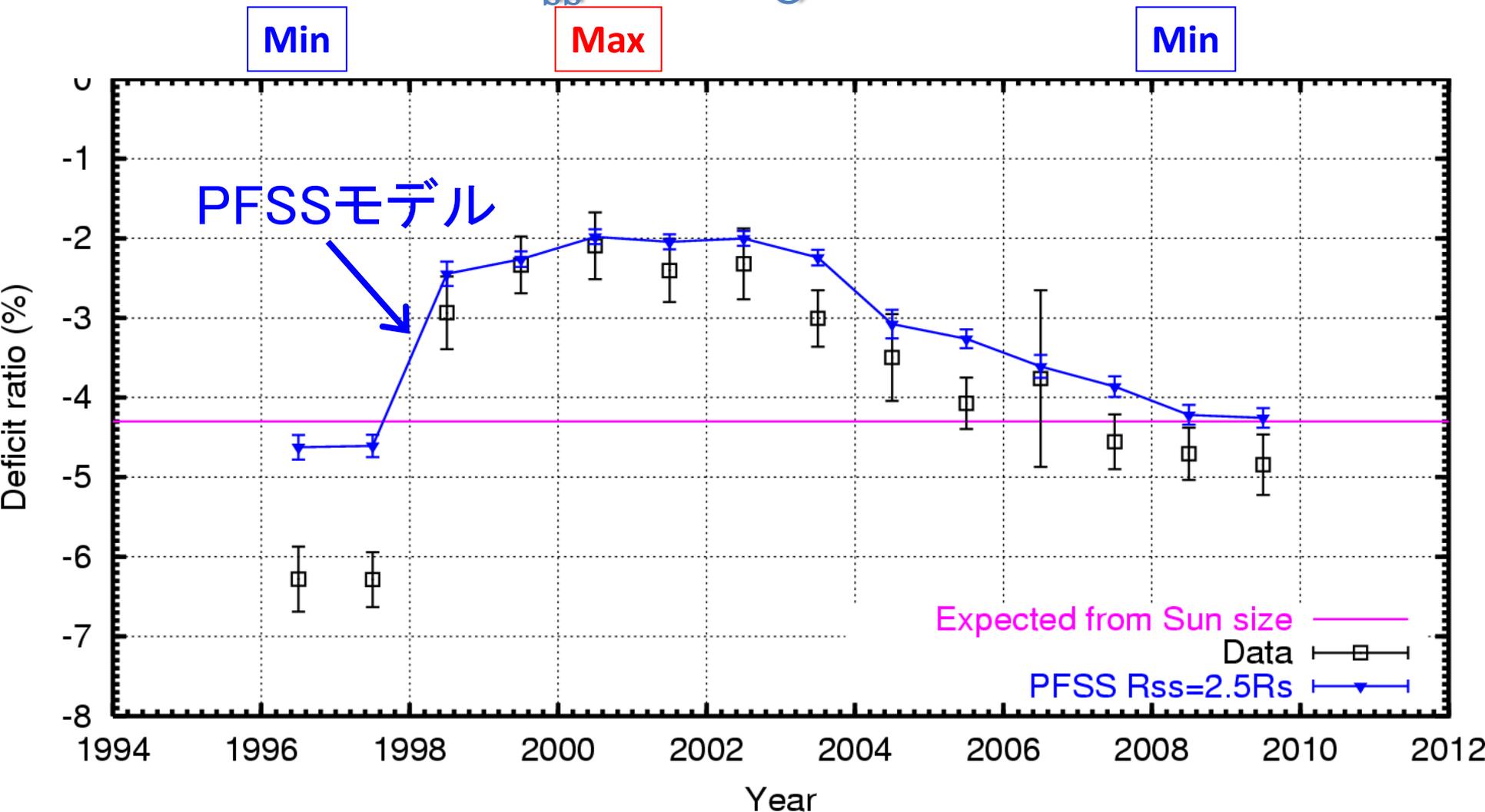
1. PFSS → コロナ中の電流は磁場構造に影響しない  $\nabla \times B = 0$
2. CSSS → コロナ中の水平方向の電流を考慮する



# Observational Data (10TeV)



# PFSSモデル $R_{ss} = 2.5R_{\odot}$ (10TeV)



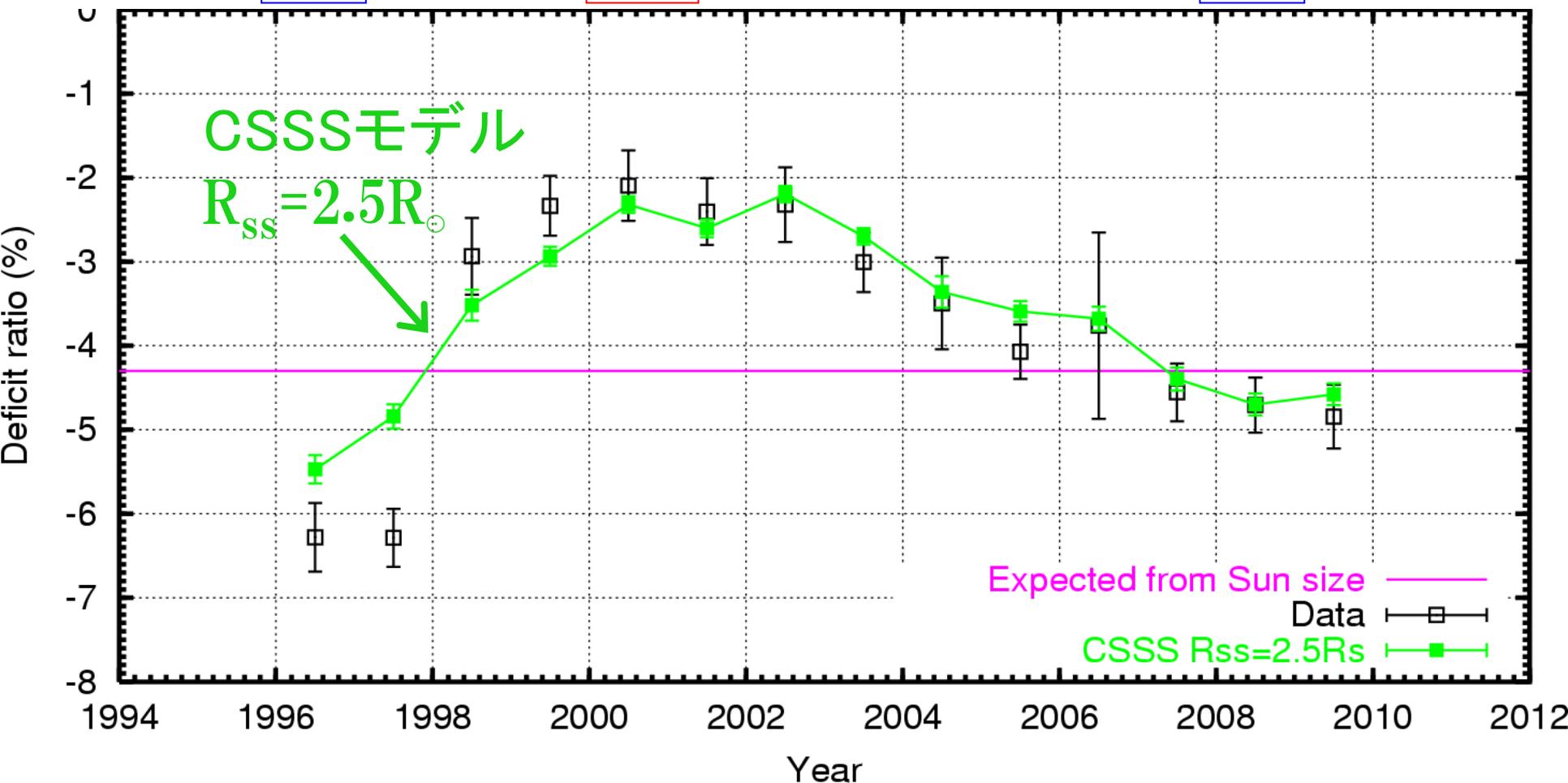
Data - MC  $\chi^2/\text{dof} = 55.2/14$  ( $7.9 \times 10^{-7}$ )  
傾向は再現

# CSSSモデル $R_{ss} = 2.5R_{\odot}$ (10TeV)

Min

Max

Min



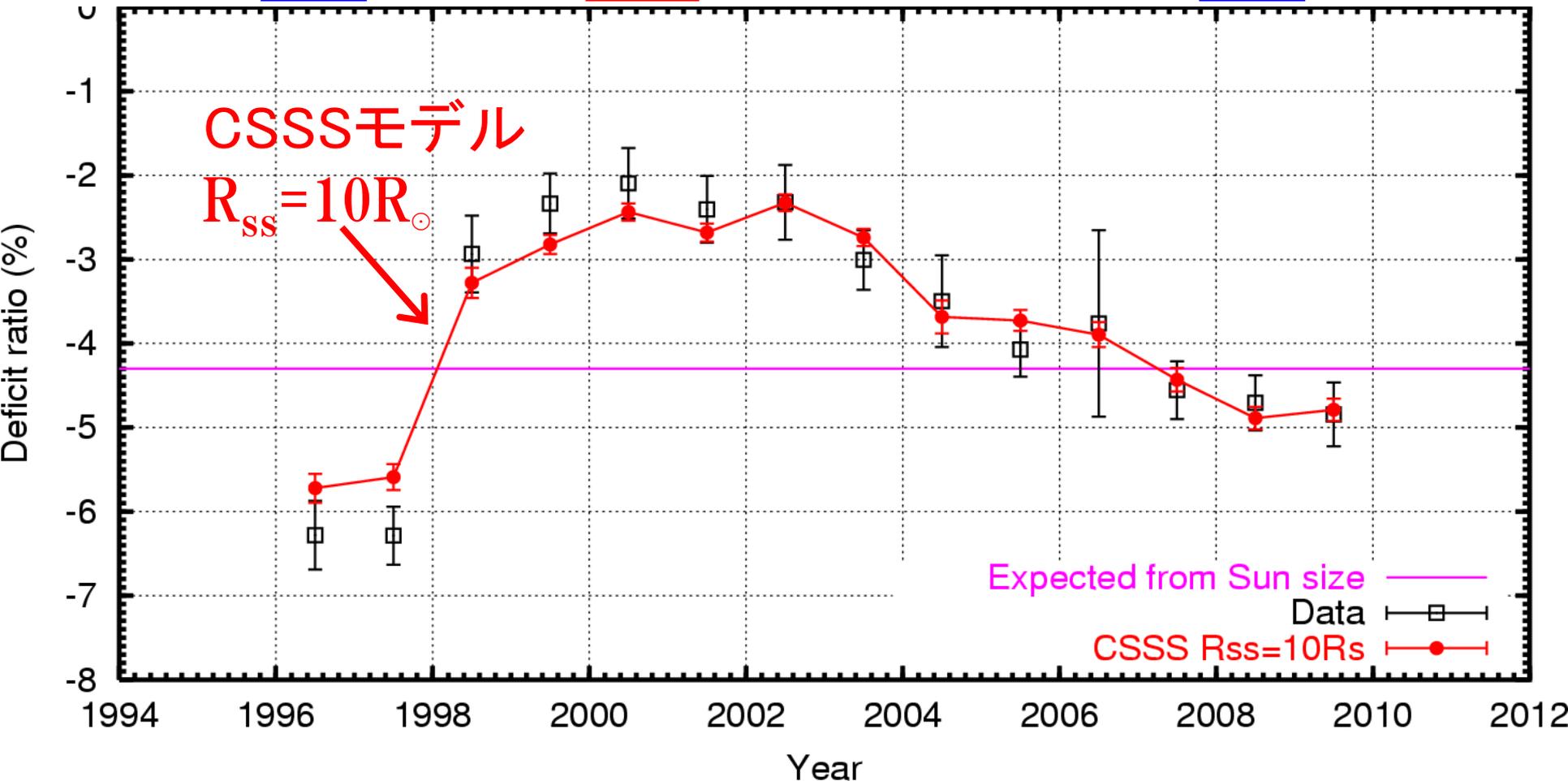
Data - MC  $\chi^2/\text{dof} = 26.2/14$  (0.024)  
統計誤差の範囲で一致

# CSSSモデル $R_{ss} = 10R_{\odot}$ (10TeV)

Min

Max

Min



Data - MC  $\chi^2/\text{dof} = 10.3/14$  (0.74)

さらに良く再現

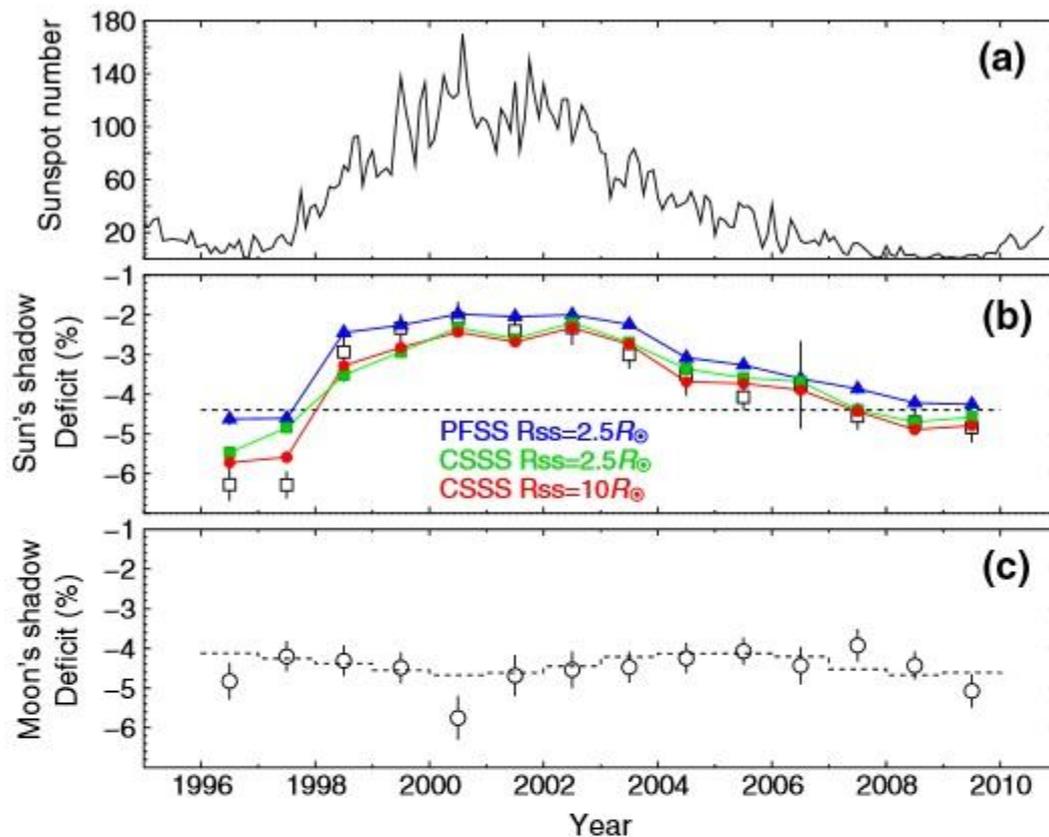


FIG. 3 (color online). Temporal variations of (a) the monthly mean sunspot number [24], (b) the deficit intensity due to the Sun's shadow, and (c) the deficit intensity due to the Moon's shadow. The open squares in the panel (b) are the observed central deficit ( $D_{\text{obs}}$ ). The blue triangles, green squares, and red circles indicate the central deficits ( $D_{\text{MC}}$ ) by the MC simulations assuming the PFSS ( $R_{\text{ss}} = 2.5R_{\odot}$ ), the CSSS ( $R_{\text{ss}} = 2.5R_{\odot}$ ), and the CSSS ( $R_{\text{ss}} = 10.0R_{\odot}$ ) models, respectively. The dashed lines in the panels (b) and (c) are the deficits expected from the apparent angular size of the Sun and the Moon.

TABLE I. Results on the  $\chi^2$  test for the consistency between data and MC models using the systematic error (only the statistical error).

MC models	$\chi^2/\text{DOF}^{\text{a}}$	Probability
PFSS $R_{\text{ss}} = 2.5R_{\odot}$	44.5(55.2)/14	$4.9 \times 10^{-5}(7.9 \times 10^{-7})$
CSSS $R_{\text{ss}} = 2.5R_{\odot}$	21.1(26.2)/14	0.099(0.024)
CSSS $R_{\text{ss}} = 10R_{\odot}$	8.3(10.3)/14	0.87(0.74)

<sup>a</sup> $\chi^2$  is defined in Eq. (1) and DOF means degrees of freedom.

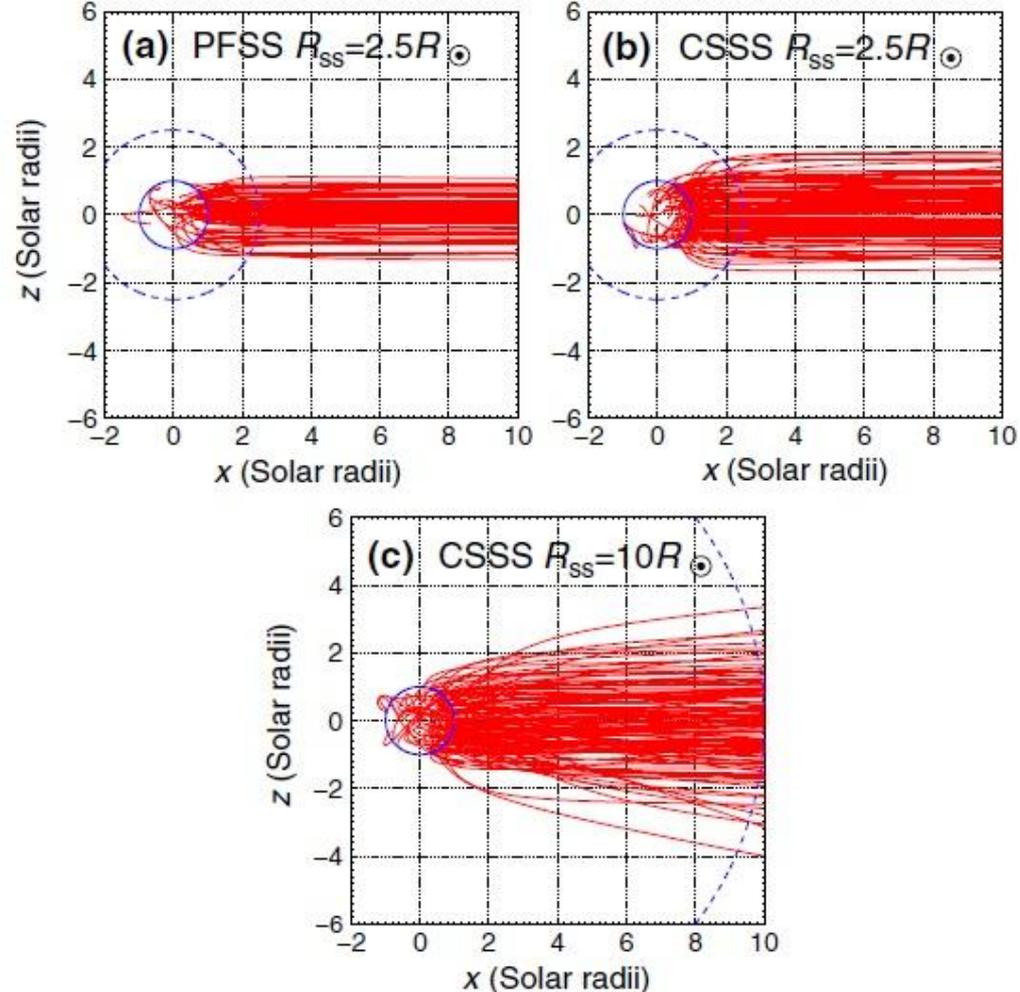


FIG. 4 (color online). Simulated trajectories of antiparticles ejected toward the Sun from the Earth in CR1910 (year 1996) presented in HEE coordinates. Only trajectories of antiparticles hitting the Sun are plotted. The three panels refer to simulations assuming (a) the PFSS ( $R_{\text{ss}} = 2.5R_{\odot}$ ), (b) the CSSS ( $R_{\text{ss}} = 2.5R_{\odot}$ ), and (c) the CSSS ( $R_{\text{ss}} = 10.0R_{\odot}$ ) model, respectively. The inner solid and outer dashed circles indicate the size of the photosphere and the SS, respectively.

# まとめ

## MD、AS観測装置

5/12のMD観測装置のインストール終了  
AS装置の復帰(MD設置工事による停止)完了  
-> 新システムは間もなく稼働開始予定

## 太陽の影

>10TeV PRLに論文掲載

Tibet II を用いて1996年～から2009年に至る

第23太陽活動周期の「太陽の影」の連続観測に成功

→ 太陽の影はコロナ磁場構造に感度あり

→ コロナ大気中の電流を取り入れたCSSS磁場モデル( $R_{ss} = 10R_{\odot}$ )  
が実験データを良く再現

「太陽の影」の変化を利用して、太陽コロナ磁場を予測する2つの理論モデルを検証した。その結果、太陽近傍の電流は磁場構造に影響しないと仮定したPFSSモデルよりも、太陽近傍の電流が磁場構造に与える影響を考慮したCSSSモデルが「太陽の影」の実験結果をよく再現することが分かった。これは、銀河宇宙線を用いて太陽コロナ磁場の検証を行った世界で初めての成果である

ご清聴ありがとうございました