

太陽観測衛星『ひので』 太陽極域磁場の反転を捉えた

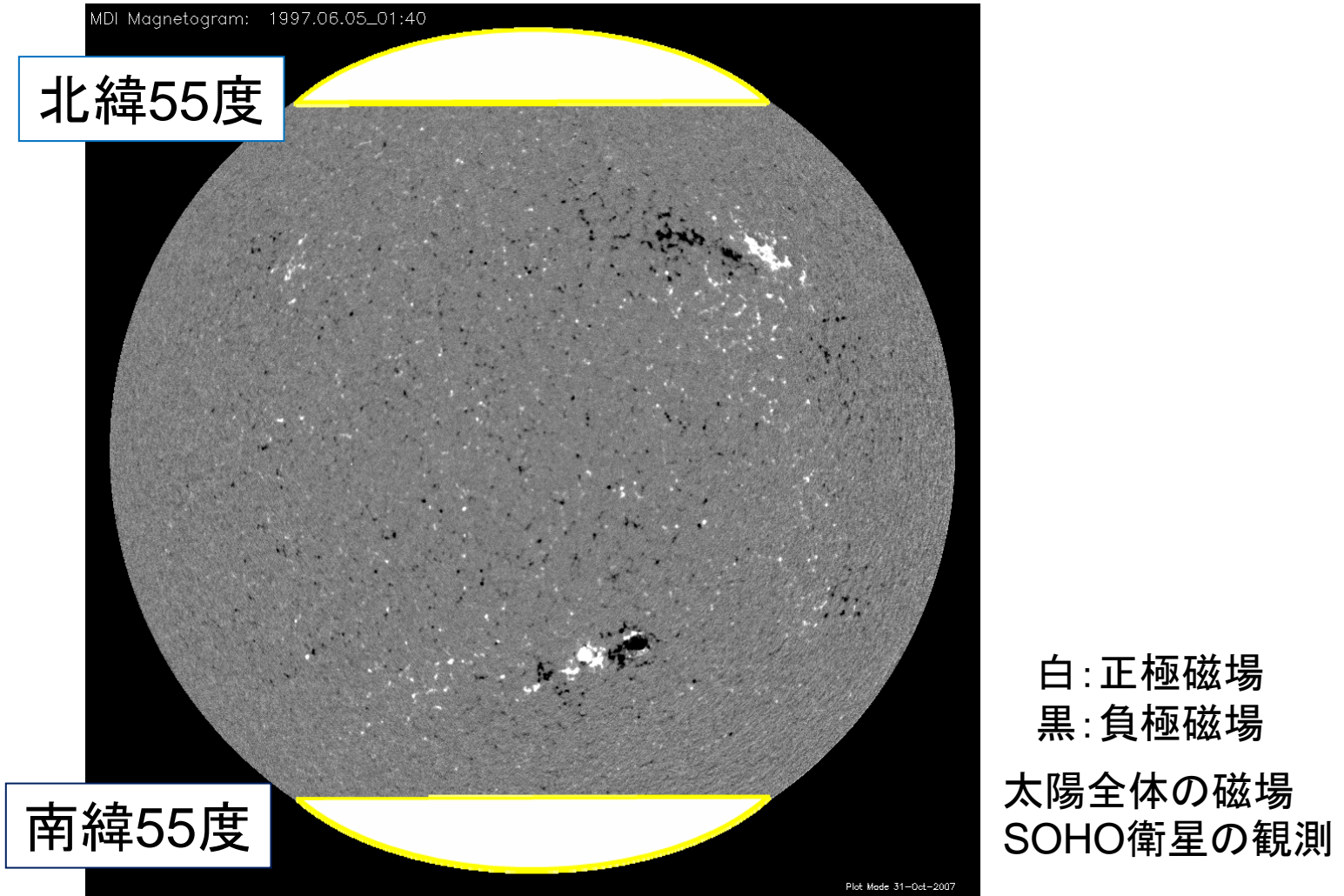
理化学研究所 塩田大幸
国立天文台 常田佐久
国立天文台 下条圭美
ひので衛星チーム

配付資料

発表要旨

- 太陽極域では、太陽活動を支配する黒点の源の磁場が見え、その様子は将来の太陽活動を知る上で重要。
- 「ひので」の観測により太陽極域の磁場を分解し、極性反転にともなう長期の変動を世界で初めて捉えた。
- 「ひので」の観測の結果、北極の負極磁場が大幅に減少し、現在、正極に反転中であることを発見した。これは、予想された反転の時期より約1年早い。
- 一方、正極磁場が卓越していた南極は安定な状態を維持しており、太陽の基本的対称性が崩れていることがわかった。

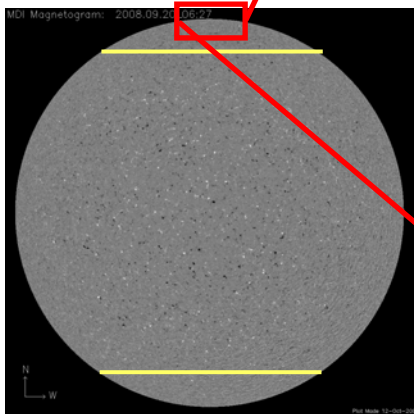
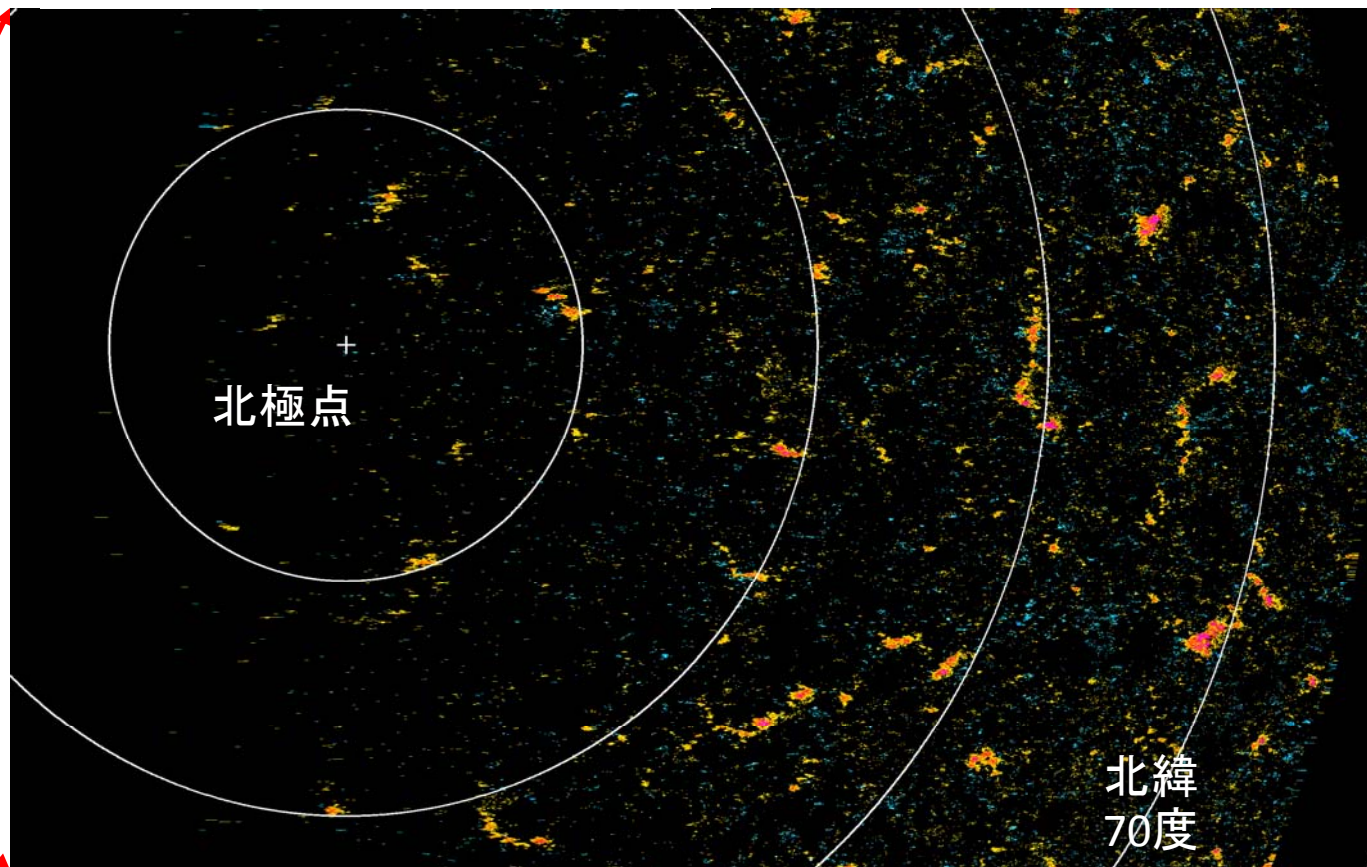
従来の太陽極域磁場観測



極域磁場: 従来は緯度55度より極側全体で平均していた 3

「ひので」の極域磁場観測

極点上空から見た磁場分布



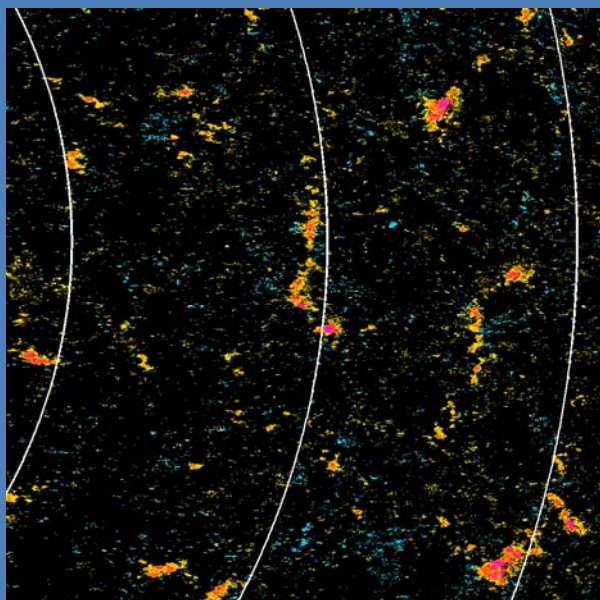
太陽極域の中心部
緯度70度より極側の領域の中の磁場分布を
分解できる

今回の発見！

負極←磁場→正極

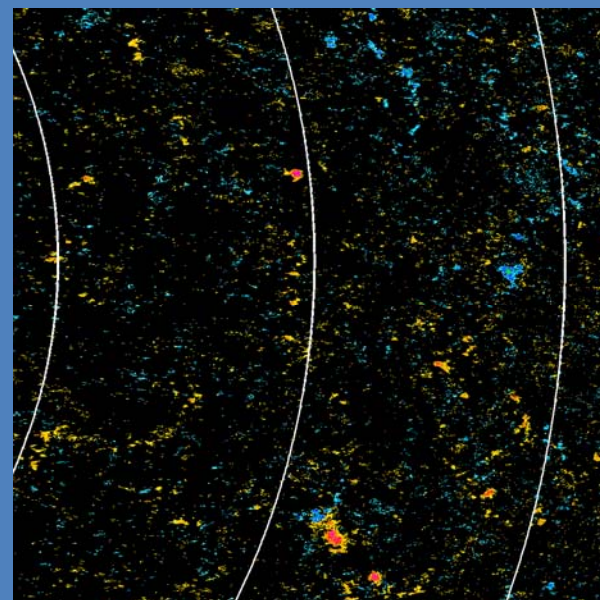


北極

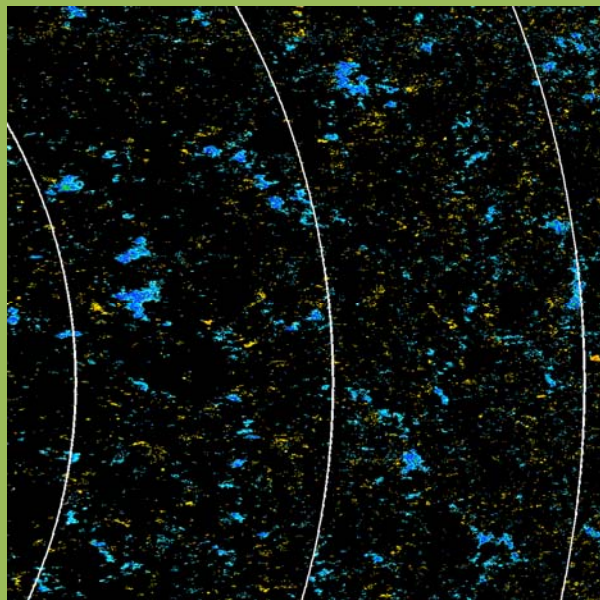


2008年

2011年

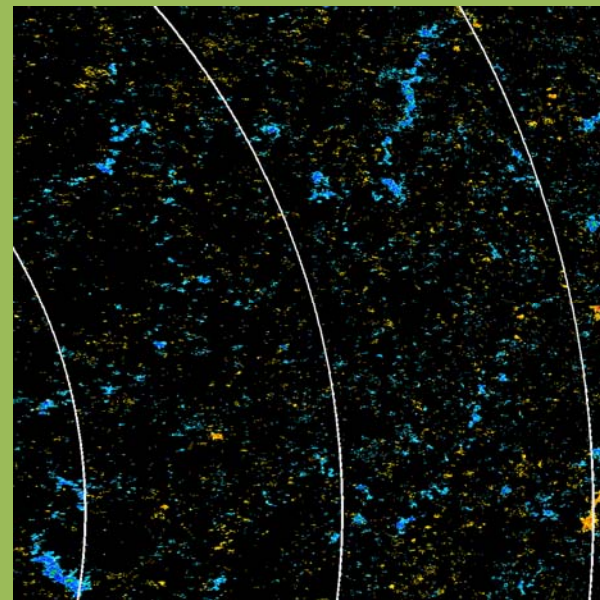


南極



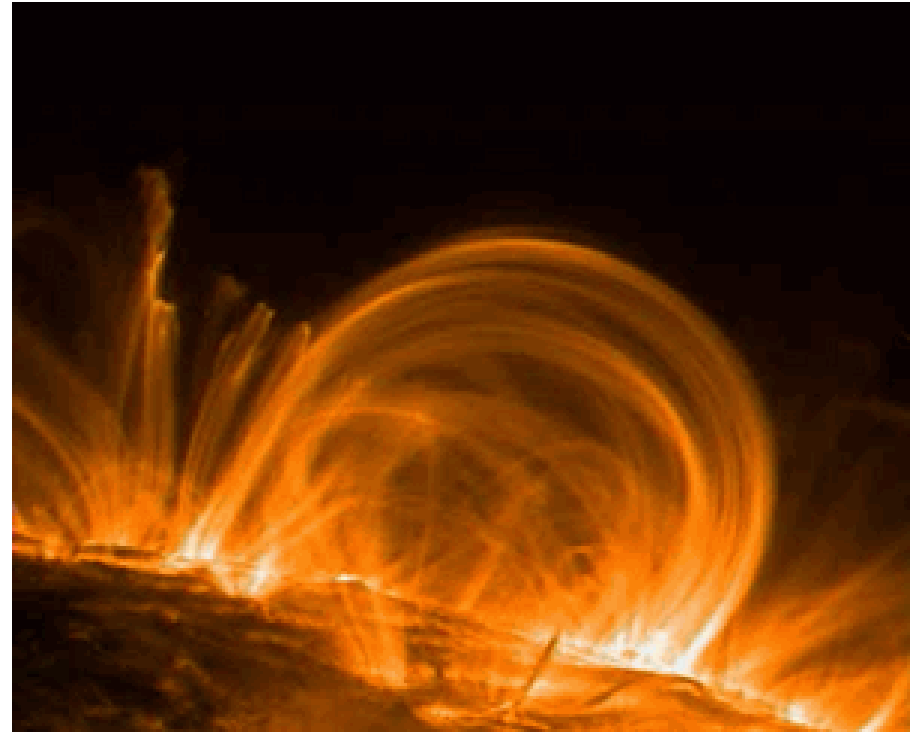
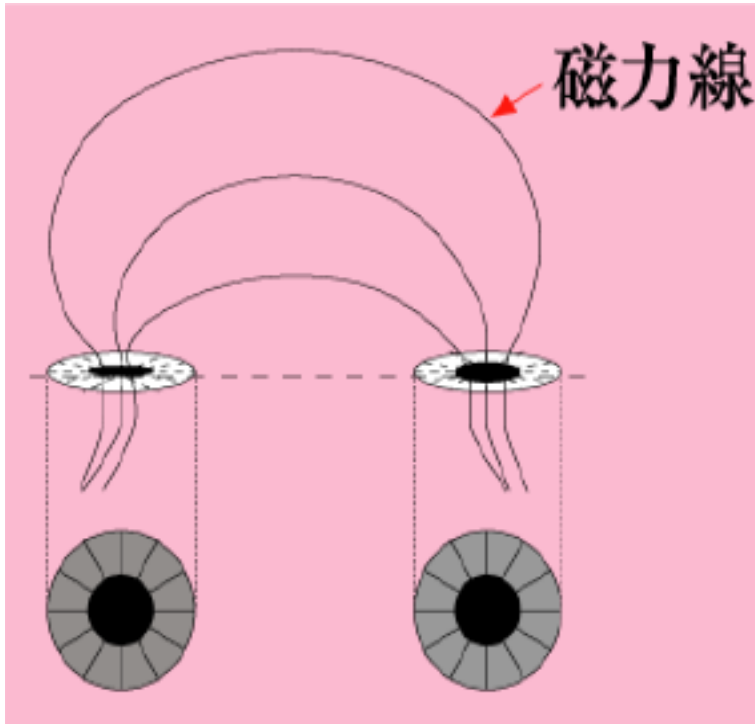
2009年

2012年



太陽の磁場

太陽の黒点は強い磁石



黒点の磁場は千から三千ガウス

地球は、日本で0.5ガウス

銀河系の磁場は、1マイクロガウス

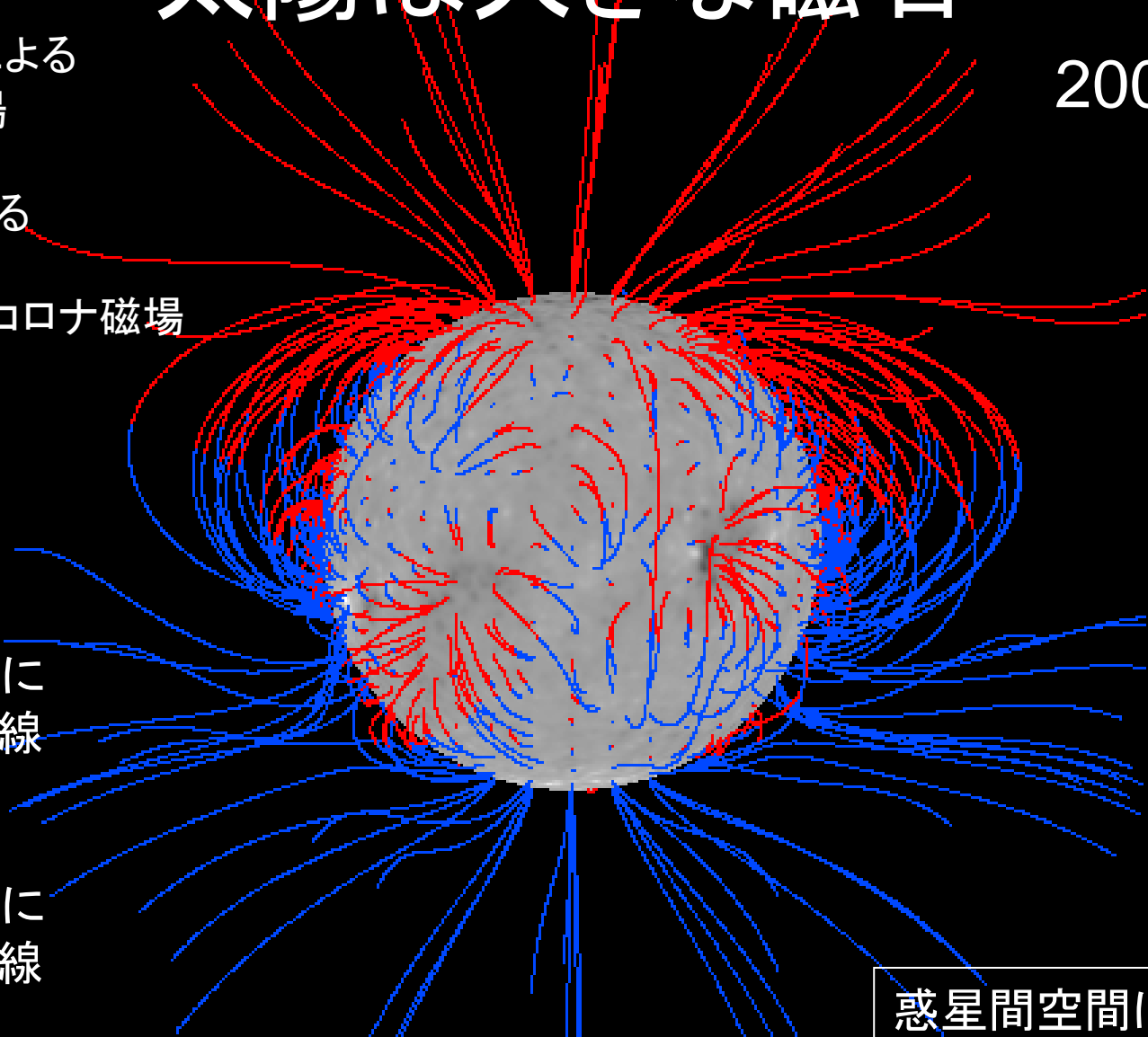
太陽は大きな磁石

2007年3月

SOHO衛星による
太陽全球磁場
および
「ひので」による
極域磁場
から計算したコロナ磁場

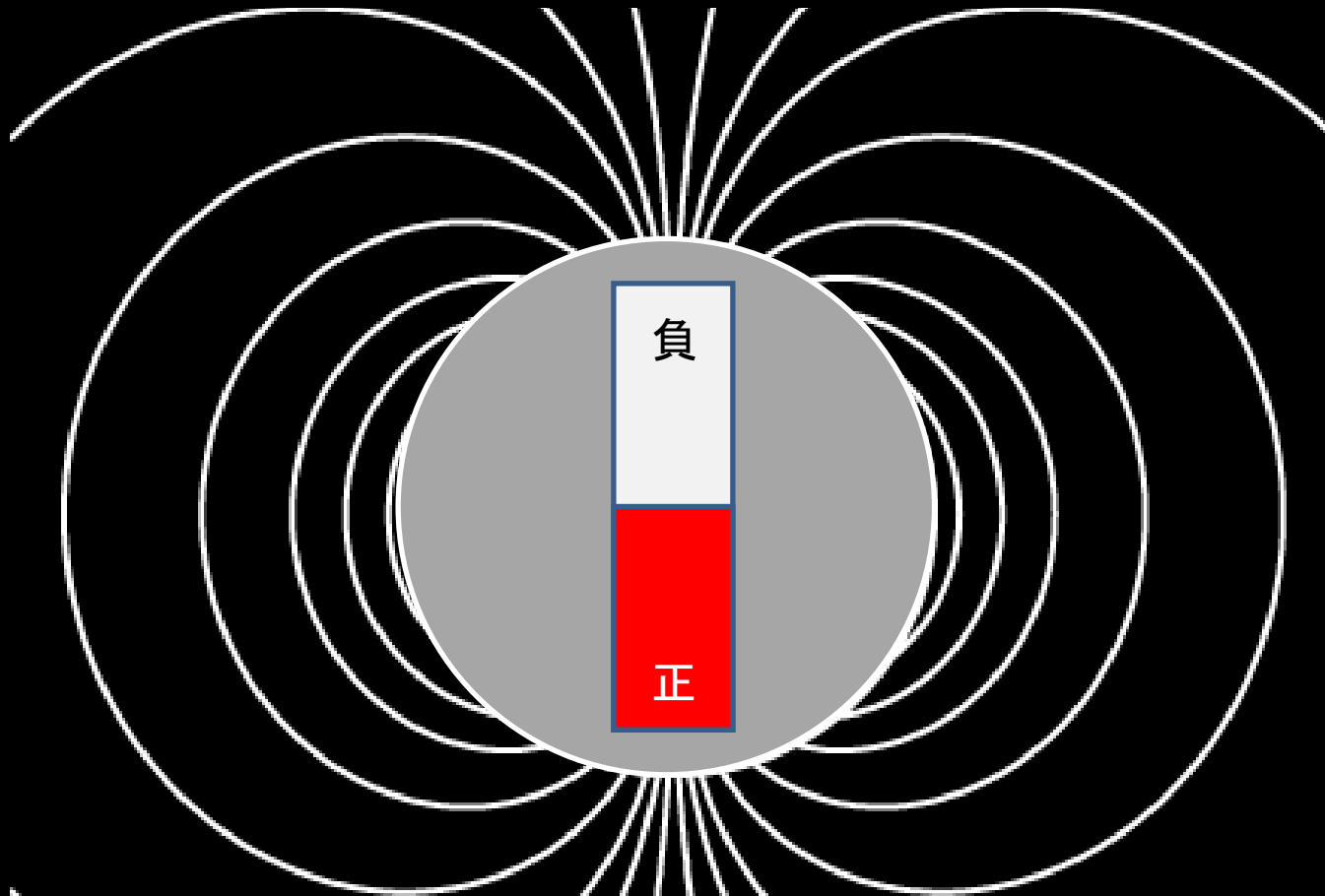
赤：
外から太陽に
向かう磁力線

青：
太陽から外に
向かう磁力線



惑星間空間に
つながる磁力線

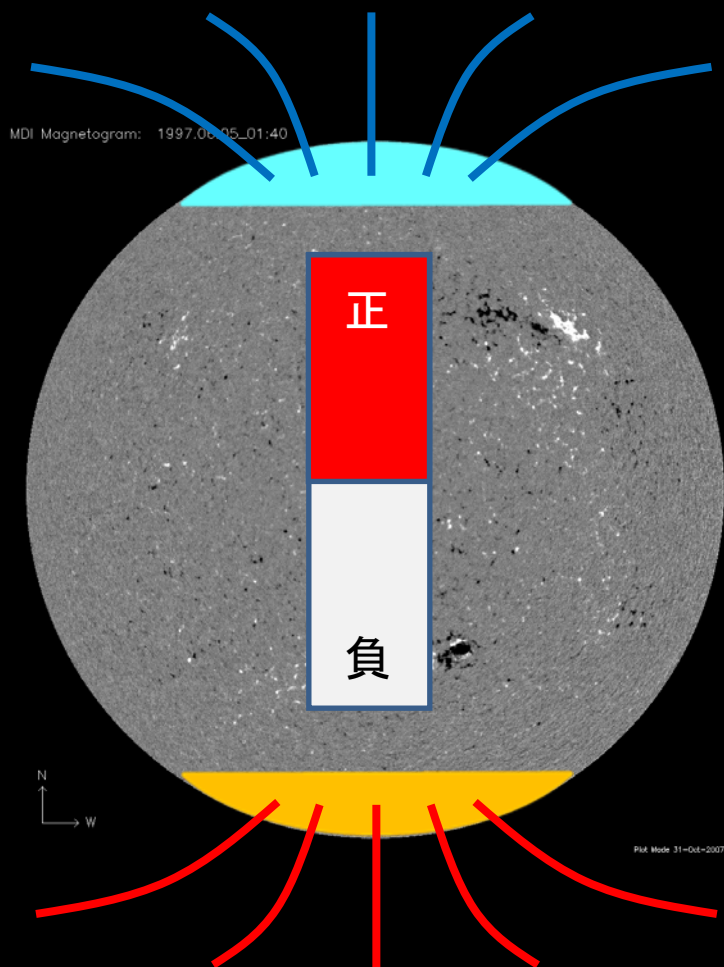
太陽は大きな磁石



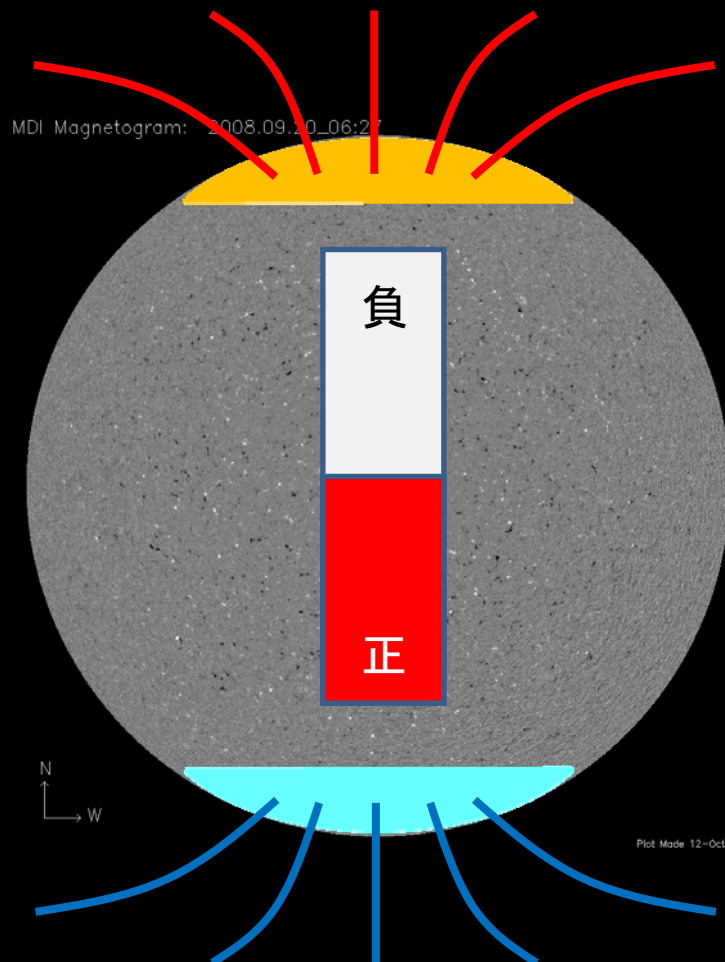
最も卓越する構造は双極子磁場 ← 極域の磁場

太陽の大規模磁場は極性が反転

1997年



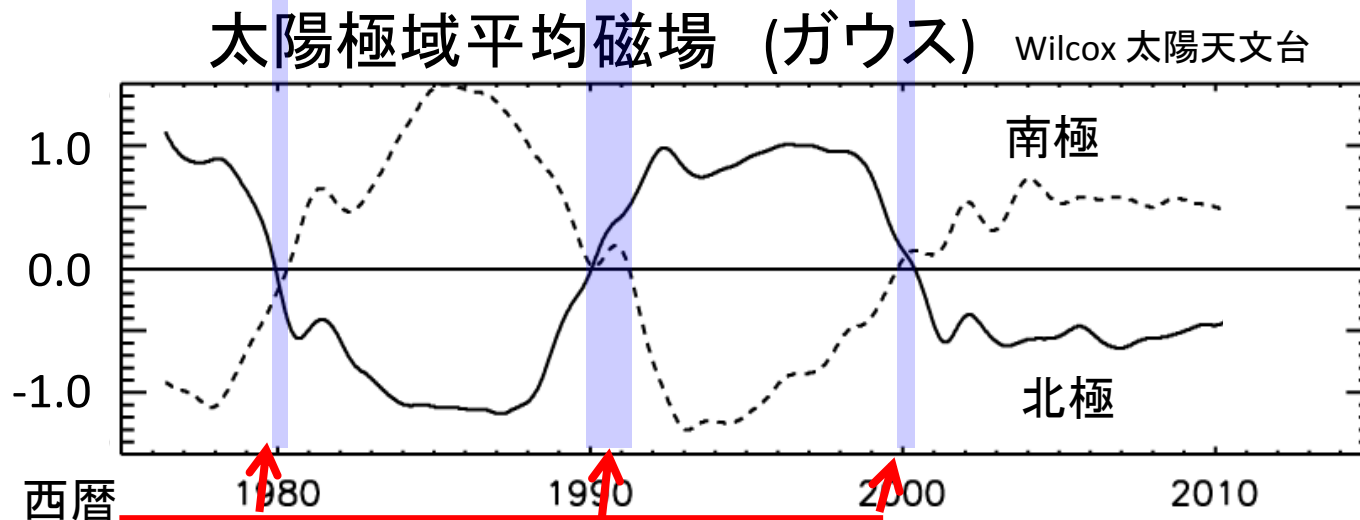
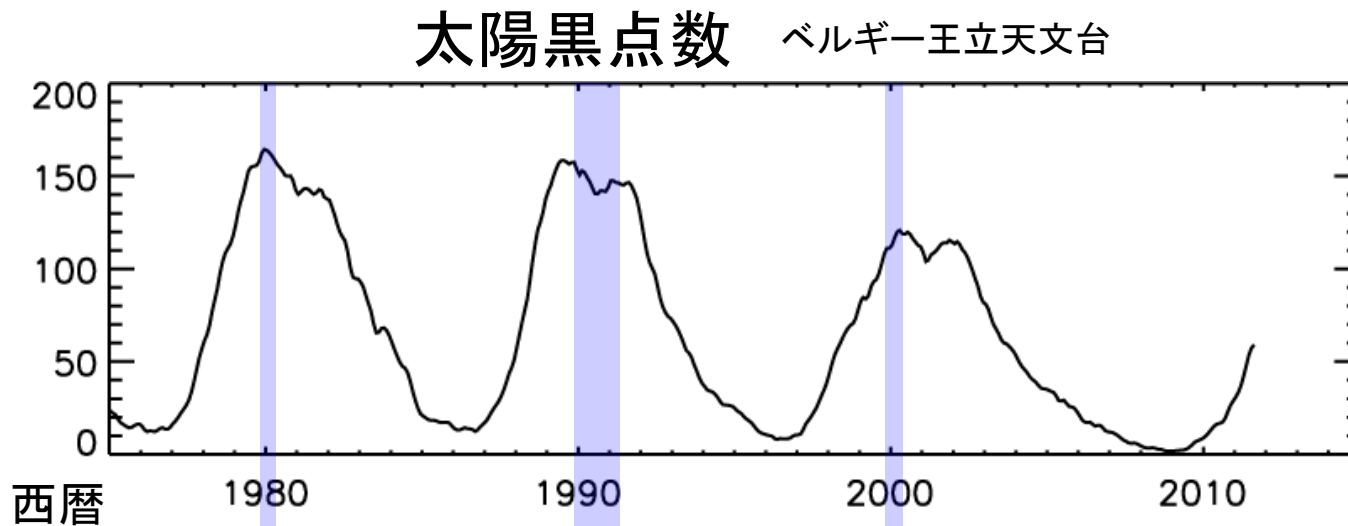
2008年



太陽全体の磁場 (SOHO衛星)

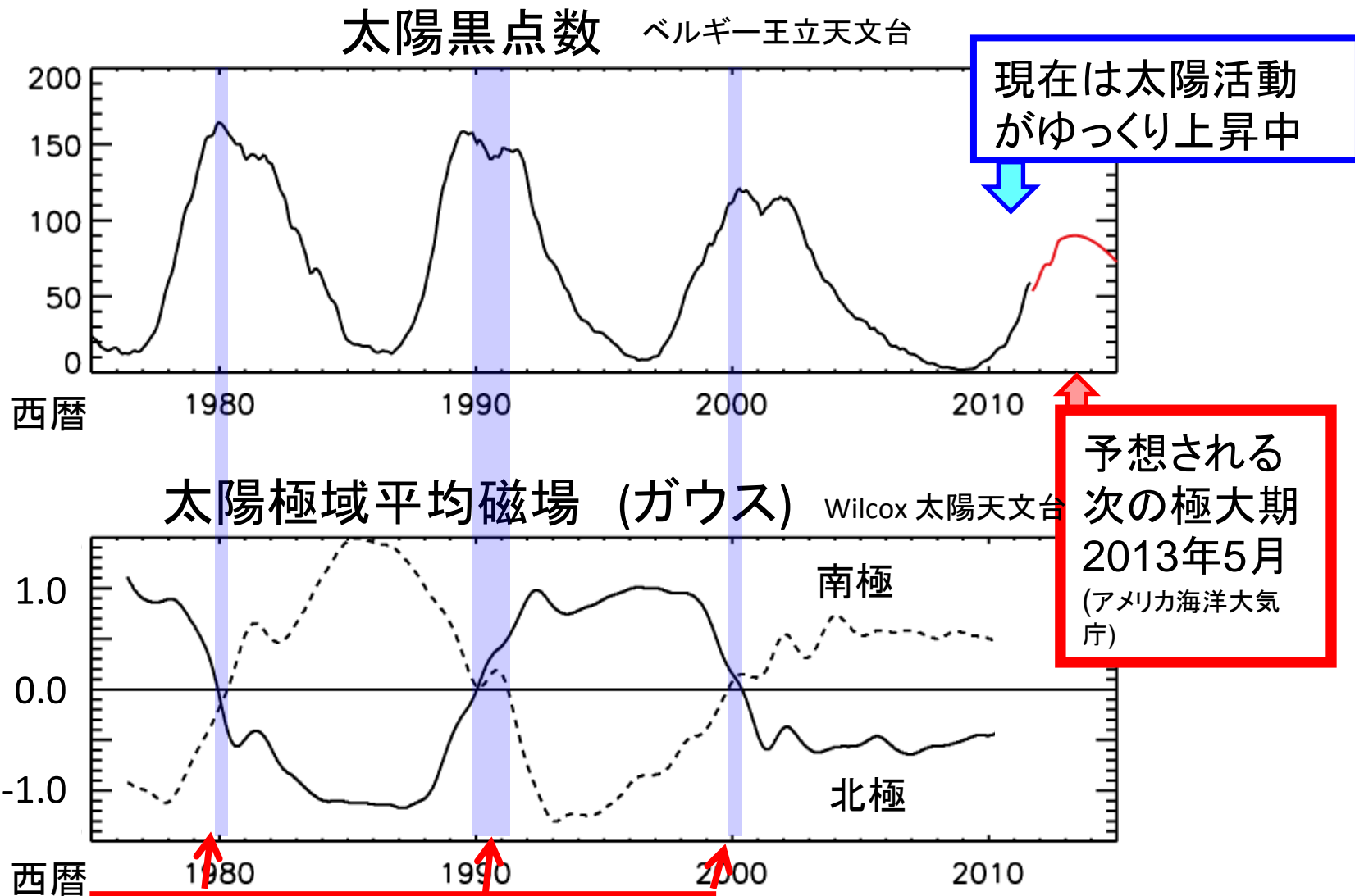
白・水色: 正極磁場
黒・橙色: 負極磁場

極域磁場は黒点数が最大の時に反転する



太陽活動が極大になる時期に、
南北両極磁場の極性が反転

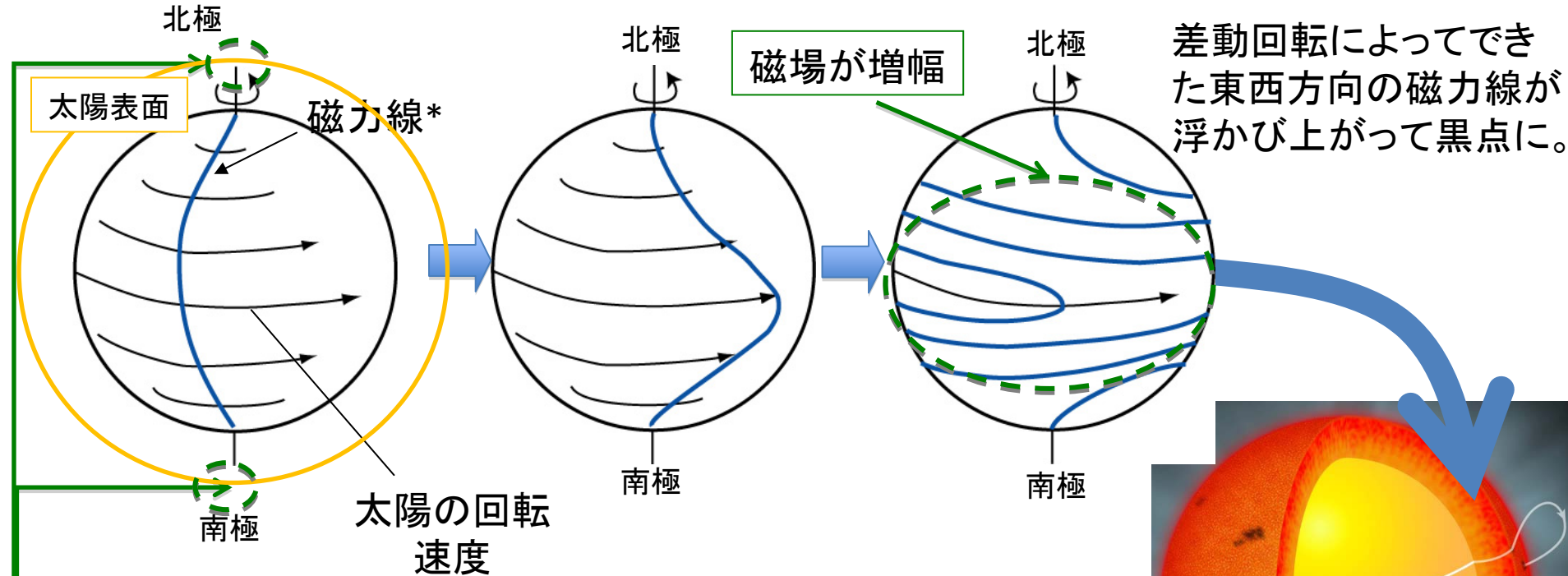
次の反転は2013年5月か？



太陽活動が極大になる時期に、
南北両極磁場の極性が反転

黒点の種が見える極域

- 太陽内部で磁場を増幅させるダイナモ機構

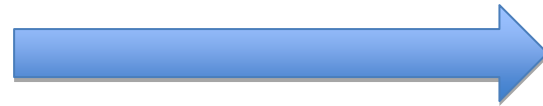


*磁力線はゴムひものように振る舞う

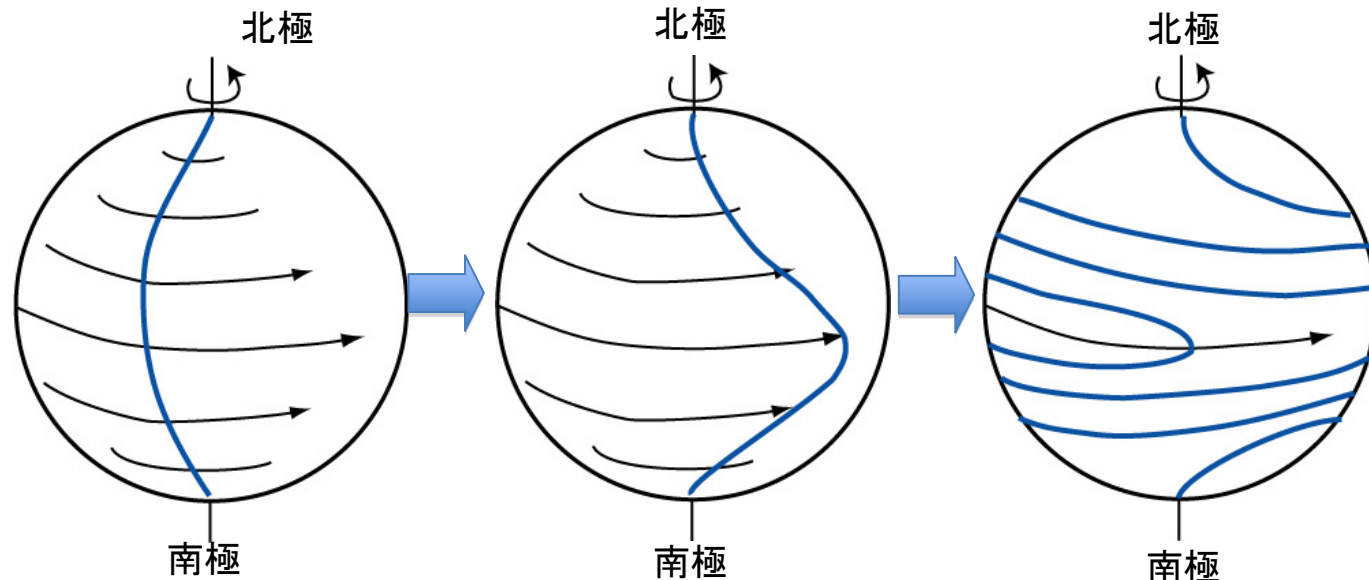
極域は、次の太陽周期に現れる黒点の種になる磁場が観測できる領域である。

極の磁場が次の極大期の の大きさを決める

原因
極域の磁場
が弱いと



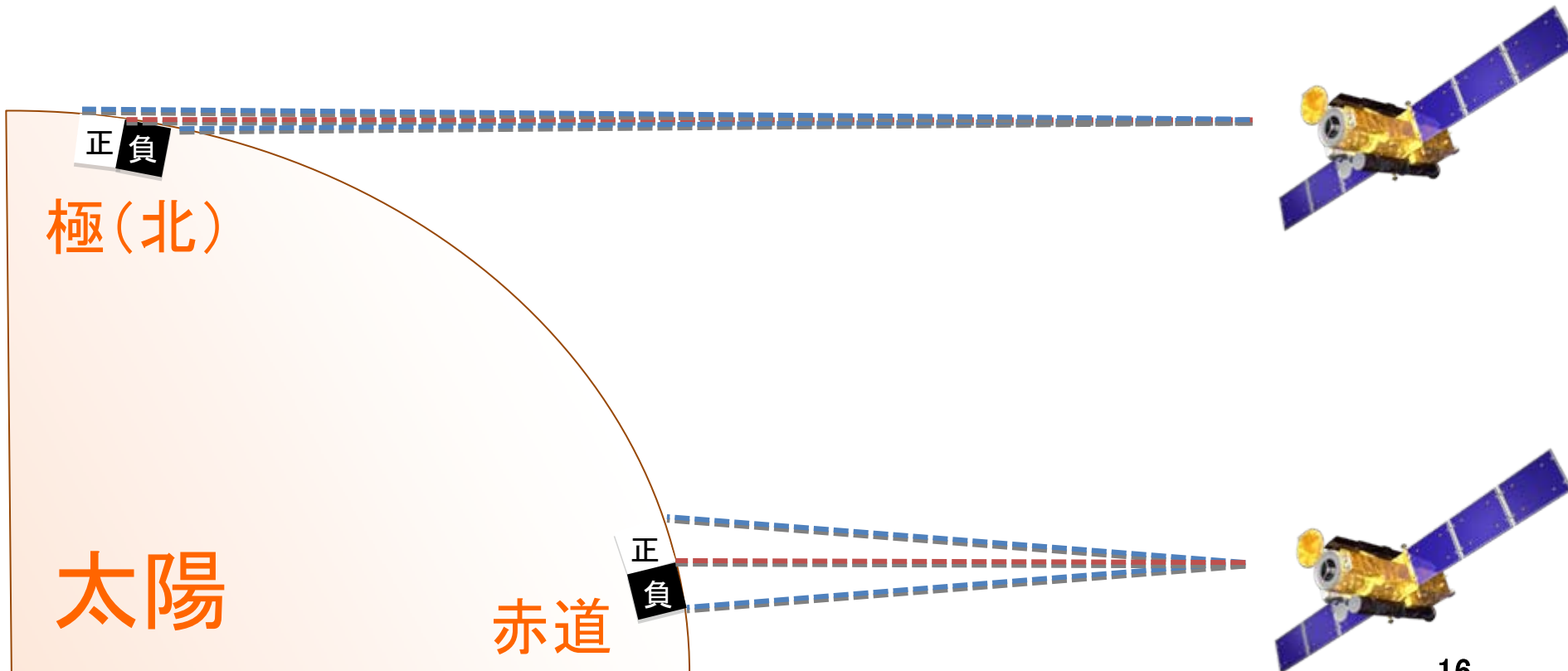
結果
黒点が
できない！



ひのてによる極域観測

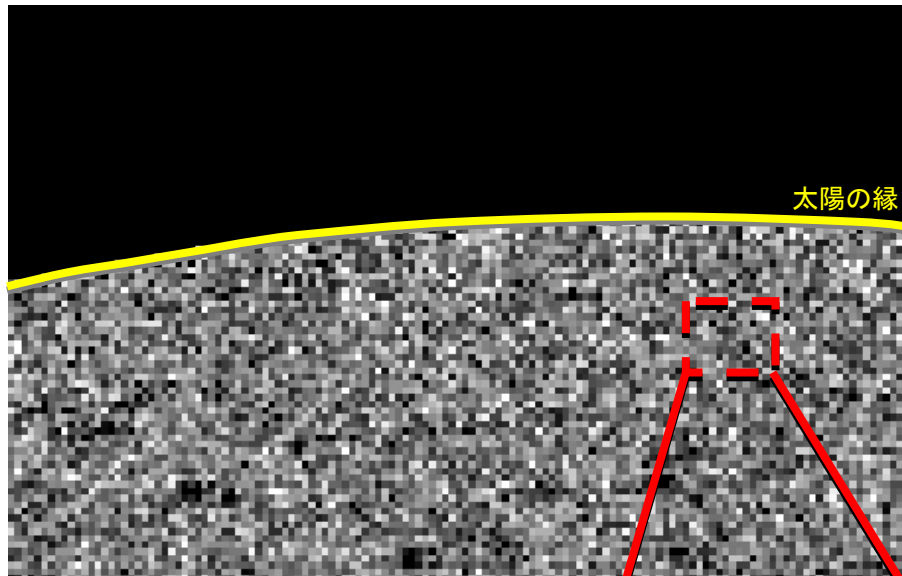
はじっこの観測は難しい

例えば下図のような正極と負極を持つ磁場構造を分解するには、赤破線と青破線に挟まれた角度より高い分解能を持つ望遠鏡が必要。



ひのでの高い分解能

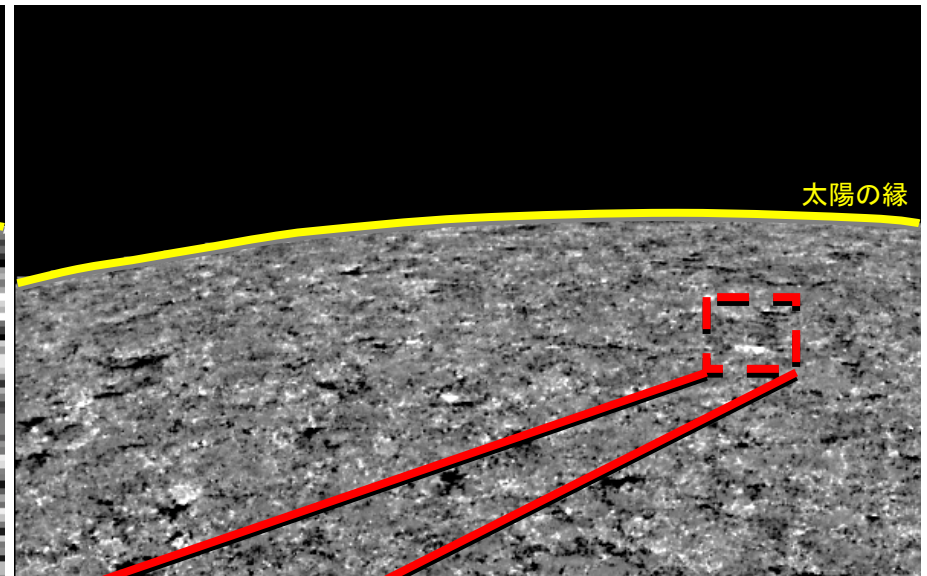
2007年9月7日 太陽の北極付近の磁場分布画像



SOHO衛星

空間分解能: 2秒角

ほとんど構造が見分けられない



「ひので」衛星

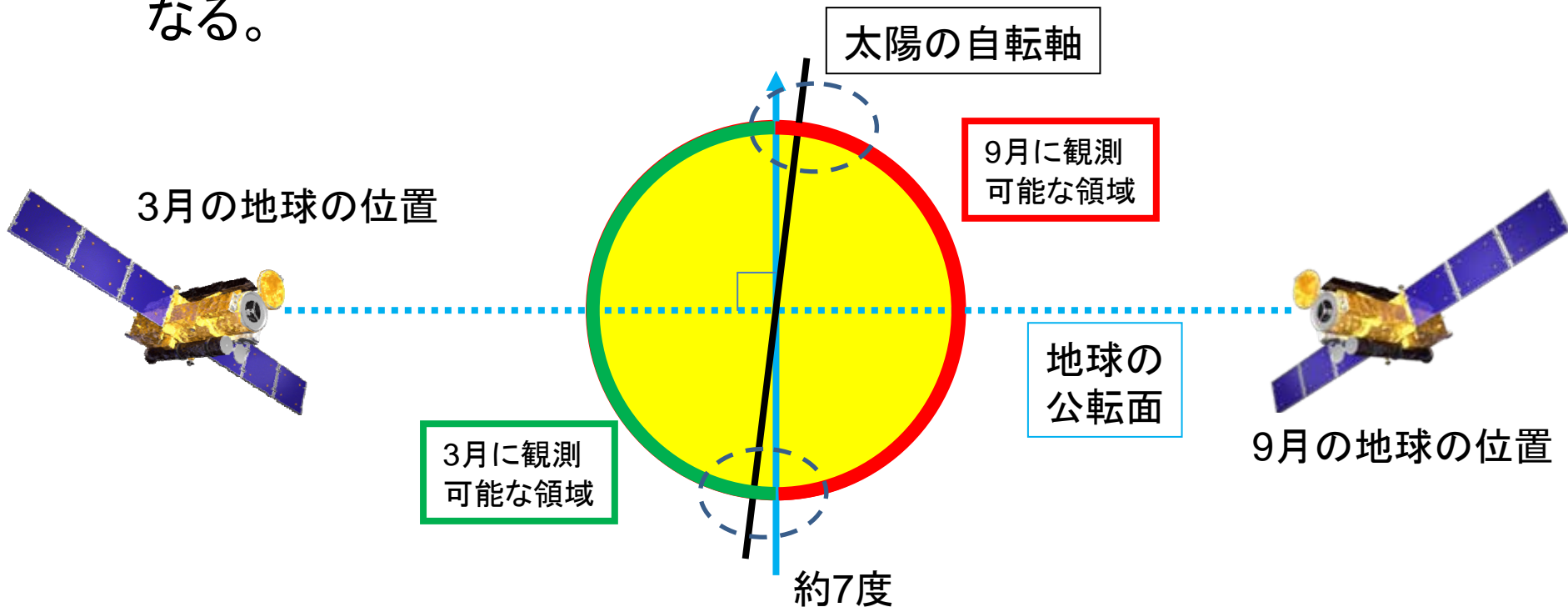
可視光・磁場望遠鏡

空間分解能: 0.2秒角

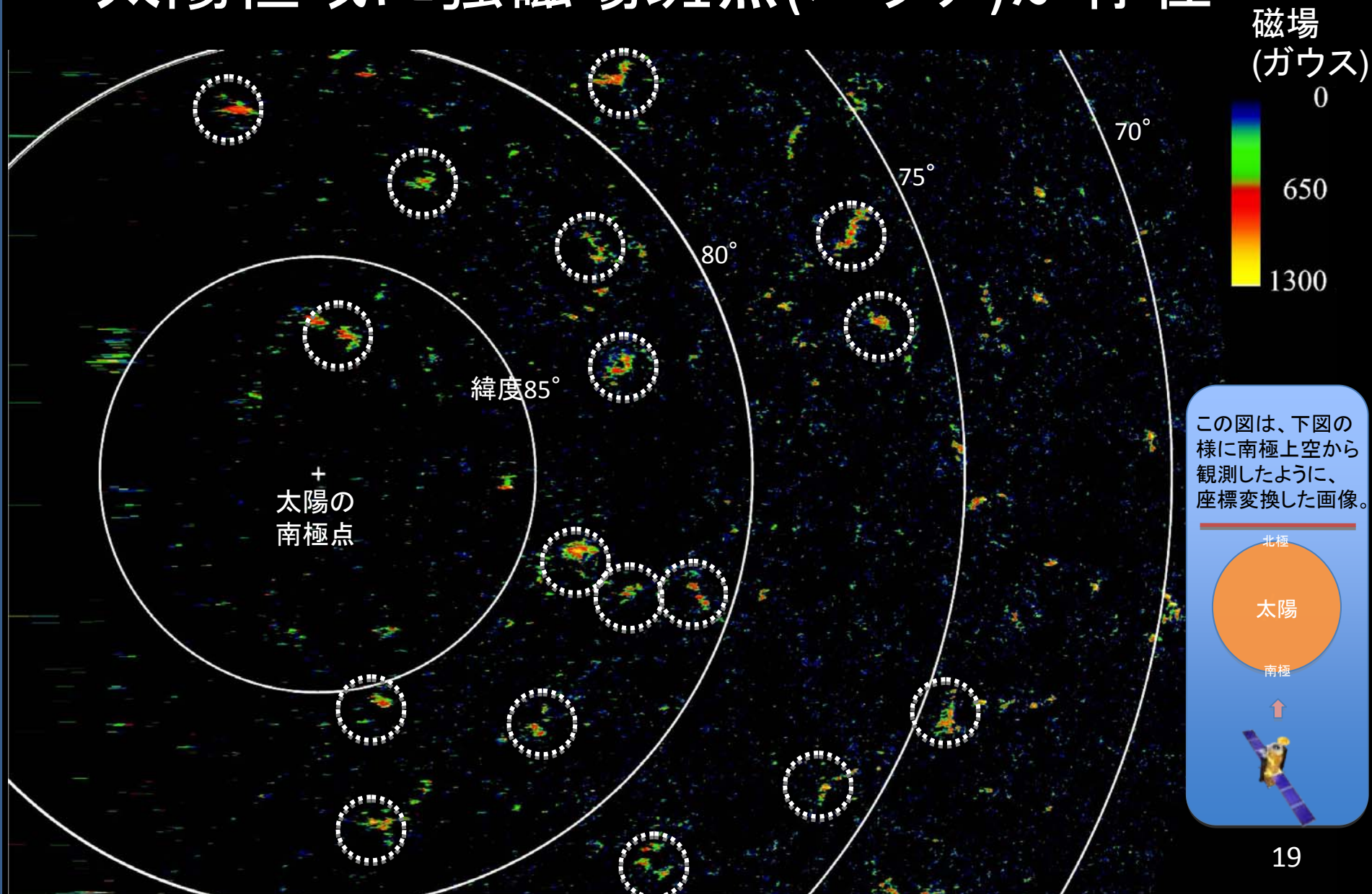
鮮明に構造を分解している

3月と9月に極域を重点観測

- 太陽の自転軸は、地球の公転軸に対して約7度傾いている。
- 3月前後に太陽の南極点、9月前後に太陽の北極点が地球から最も観測しやすくなる。
どちらかの極点が見えているとき、反対側の極点は見えなくなる。



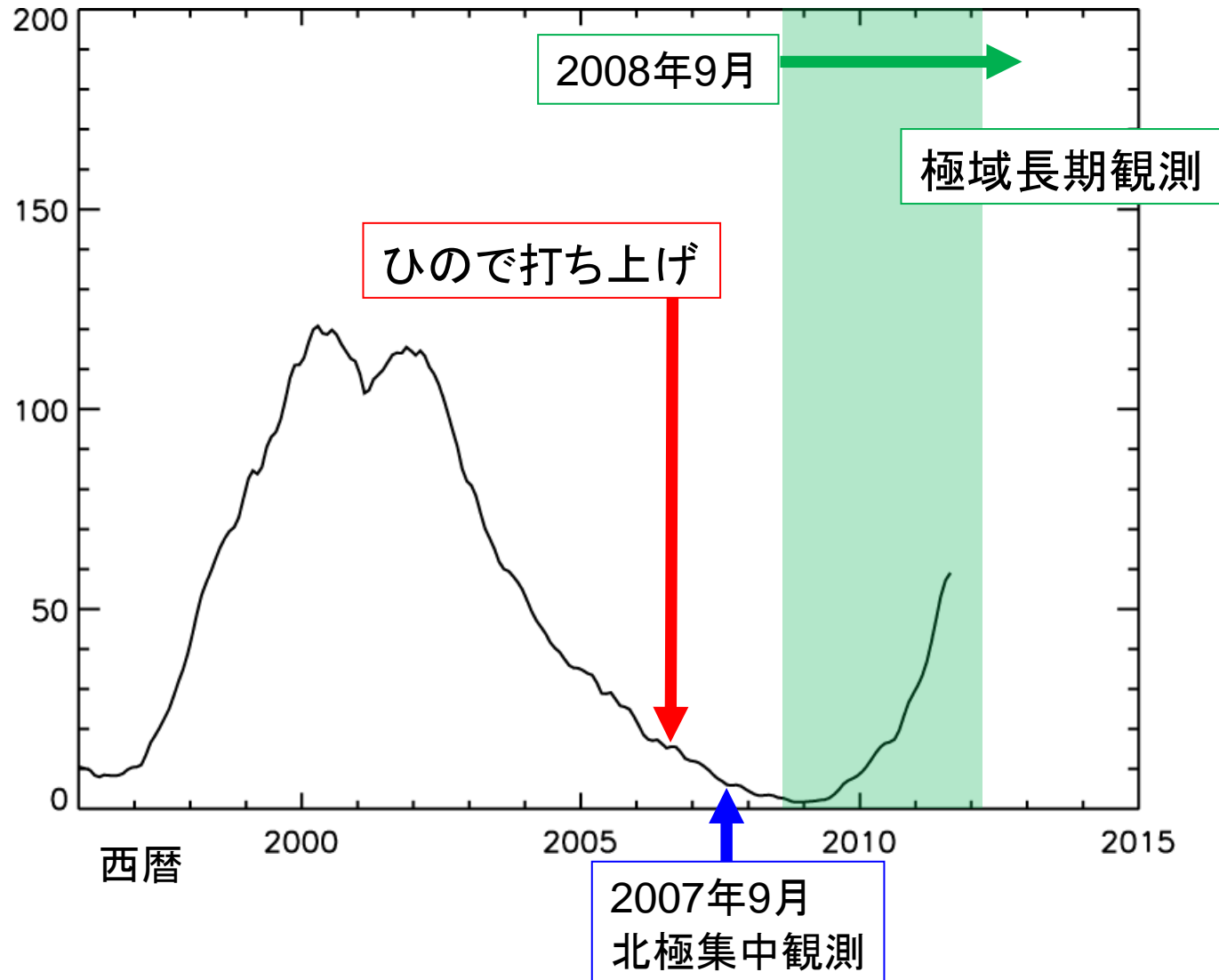
太陽極域に強磁場斑点(パッチ)が存在



反転を捉えたひので

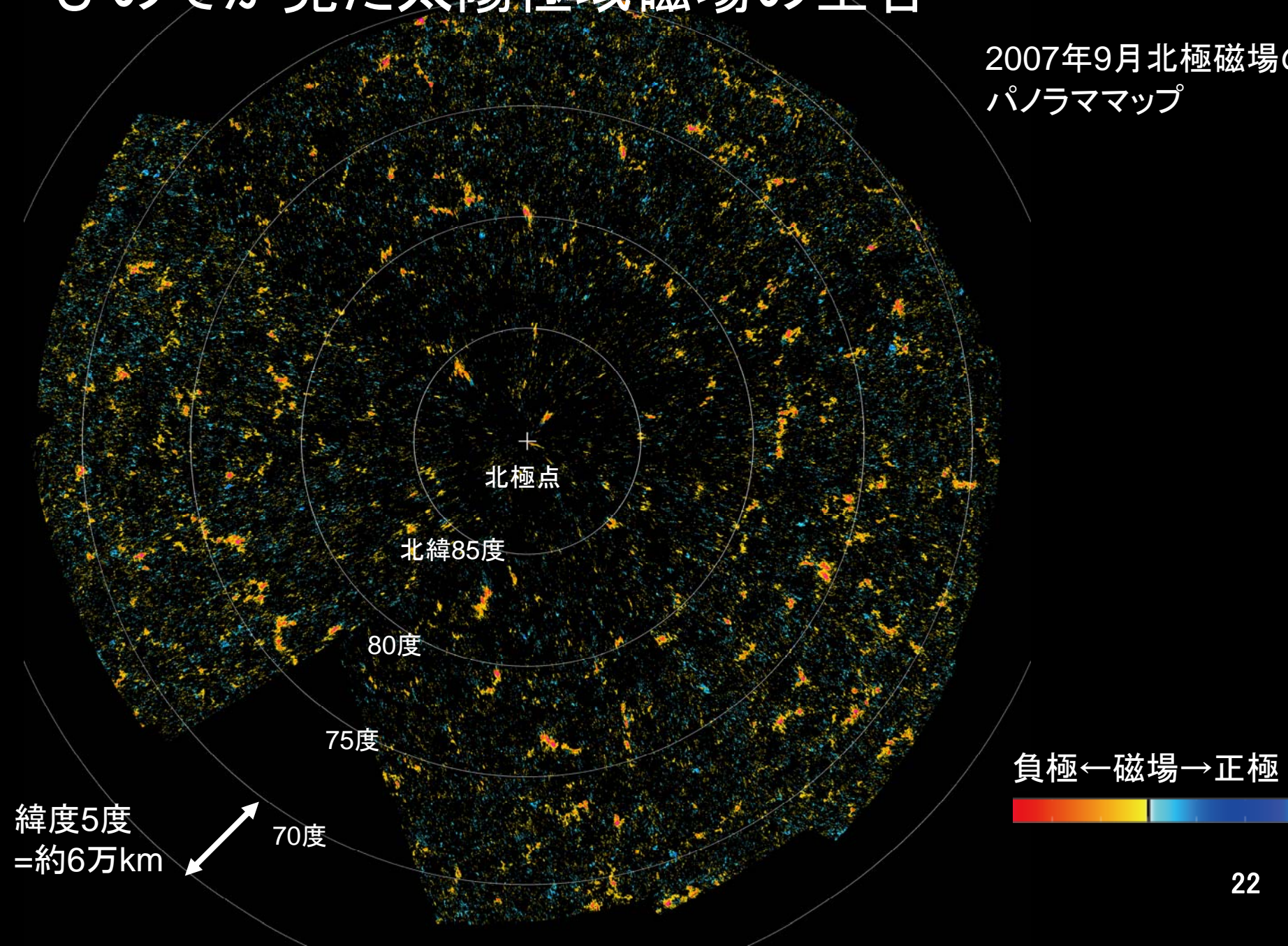
「ひので」による太陽極域観測

太陽黒点数 ベルギー王立天文台



ひのでが見た太陽極域磁場の全容

2007年9月北極磁場の
パノラママップ

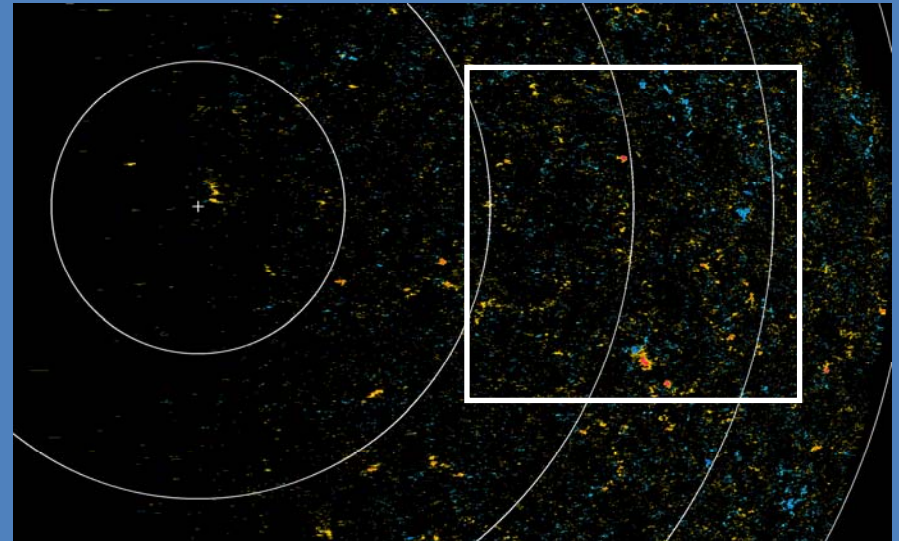
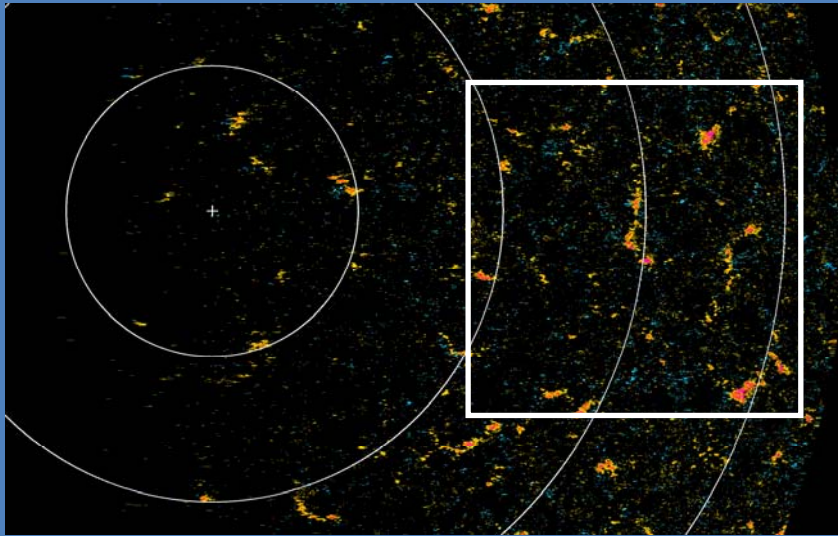


極小期近くの北極磁場の特徴

- 強磁場パッチが全体に分布。
- ほとんどの強磁場パッチが負極性の磁場。
- 特に大きな強磁場パッチのサイズは、小さな黒点(ポア)よりも大きい。
- 一方、小さな磁場構造は、正極・負極の磁場を持つものが、ほぼ同量存在する。

世界初反転を捉えた

北極



2008年

2011年

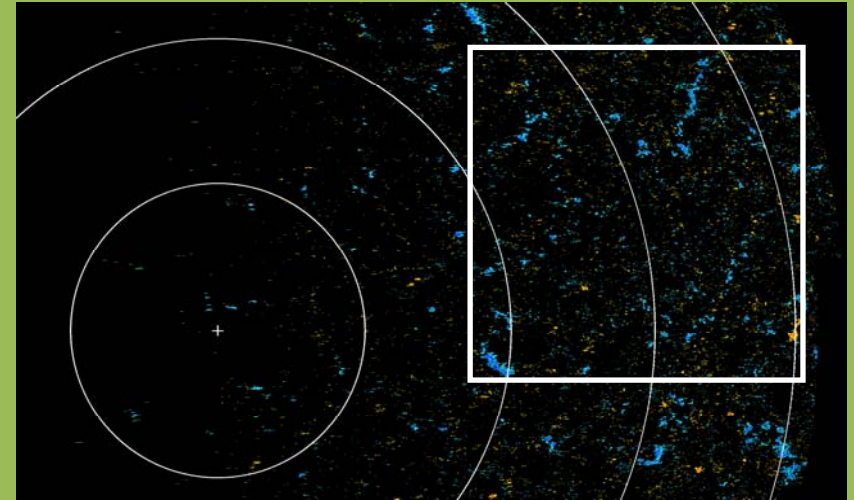
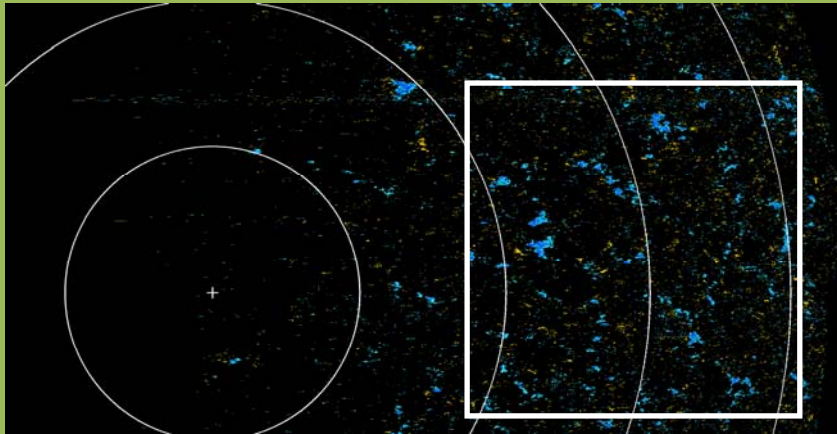
- 負極性の強磁場パッチの数が減少し、大きな強磁場パッチが現れなくなる。
- 正極性の強磁場パッチが低緯度に現れる。

依然として正極性の南極

負極 ← 磁場 → 正極



南極



2009年

2012年

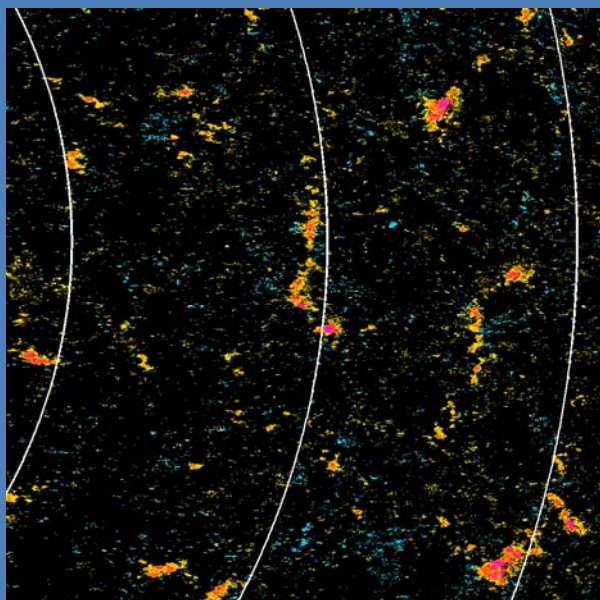
- 大きな正極性の強磁場パッチの量はほとんど変わっていない。
- 負極性の強磁場パッチはほとんど見られない。

非対称な反転

負極 ← 磁場 → 正極

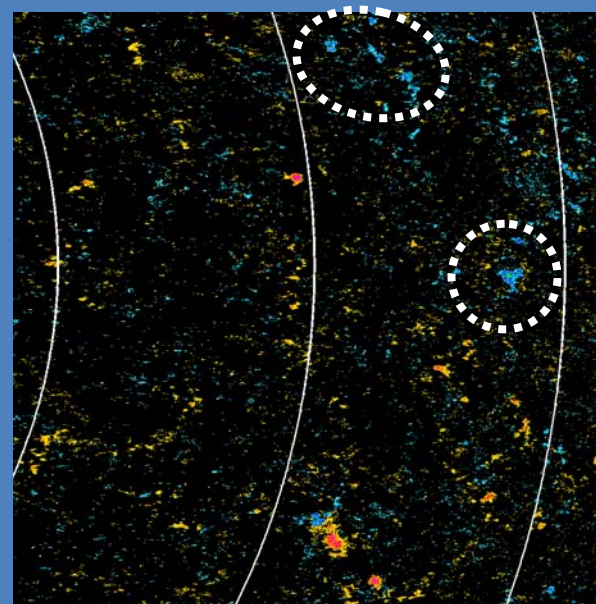


北極

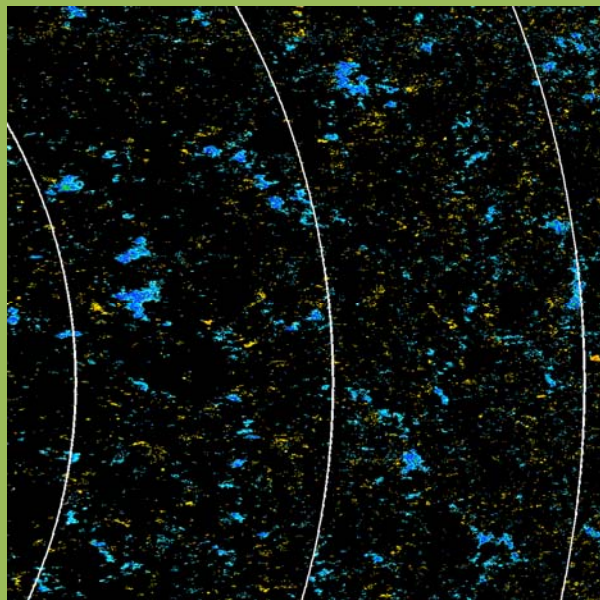


2008年

2011年

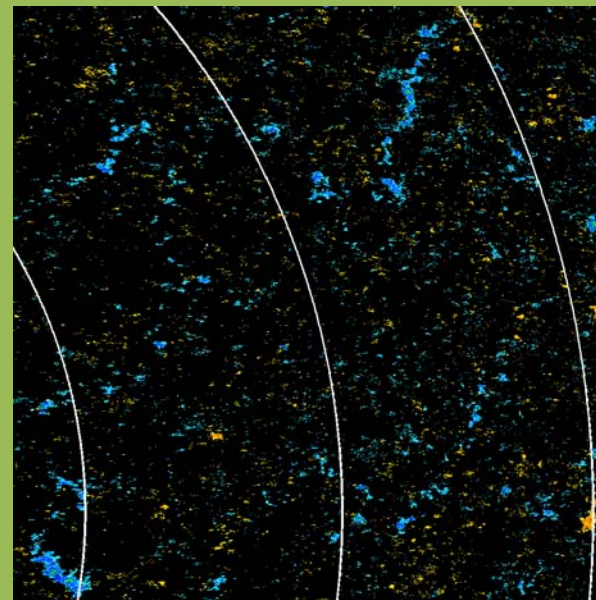


南極



2009年

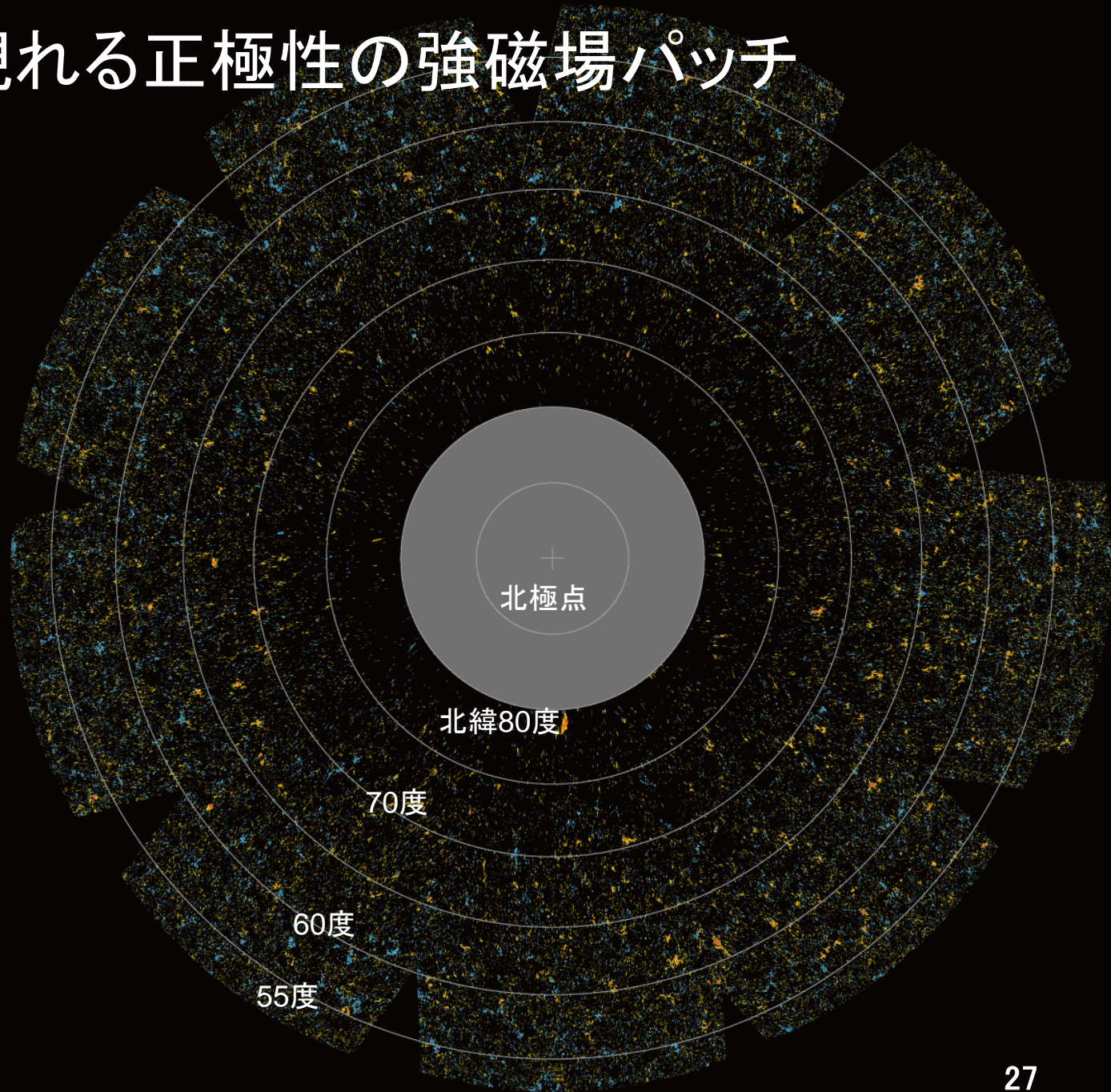
2012年



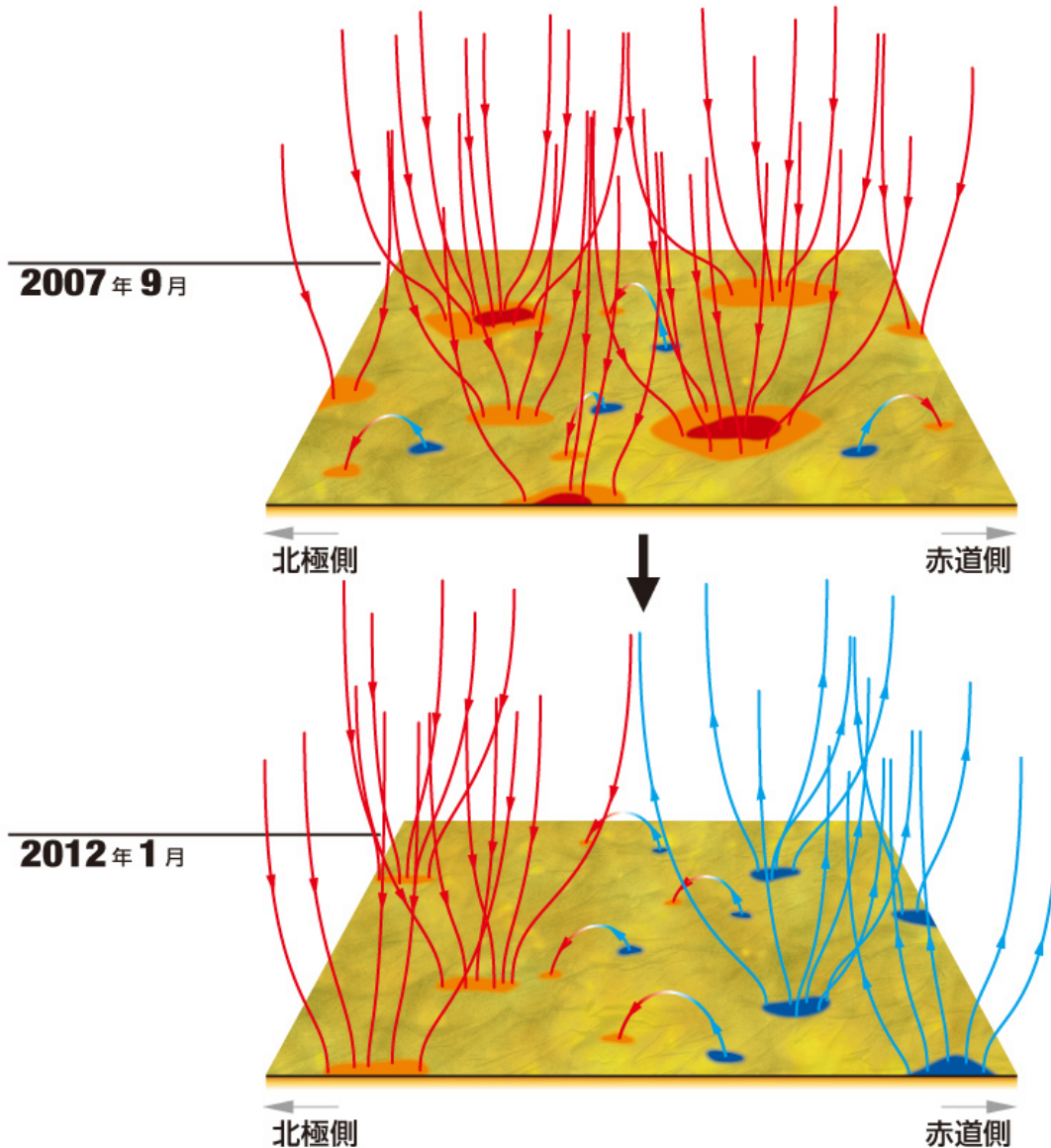
全方位に現れる正極性の強磁場パッチ

2012年1月-2月

北半球パノラママップ



入れ替わる磁力線

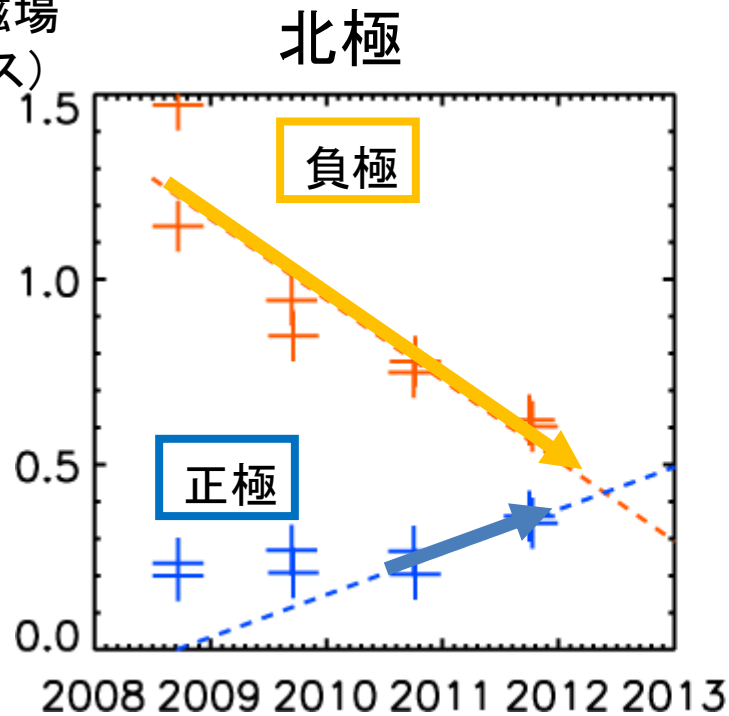


矢印: 磁力線
(赤: 上空から太陽に向かう方向の磁力線、
青: 太陽から上空に向かう方向の磁力線)

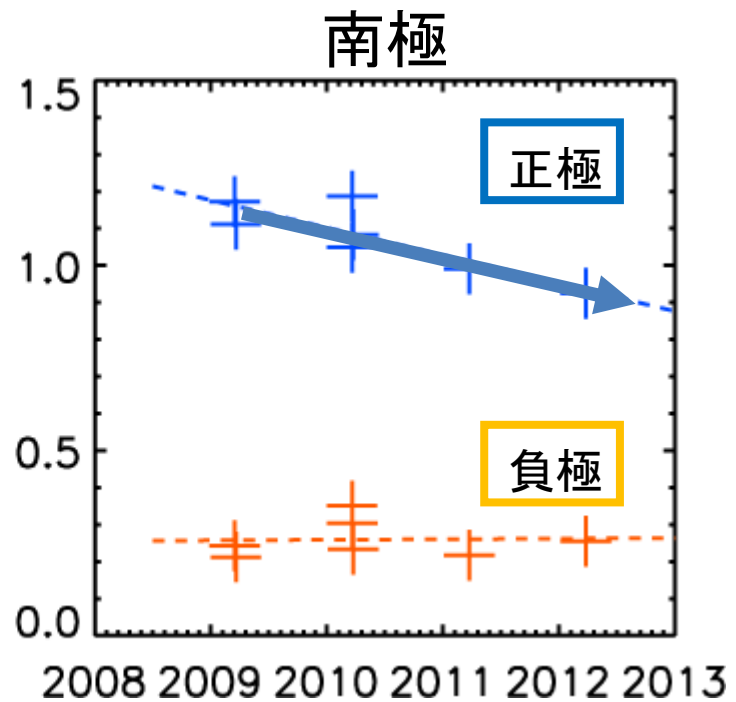
表面の色: 強磁場パッチ
(赤・橙: 負極、青: 正極)

北極は反転間近

平均磁場
(ガウス)



西暦



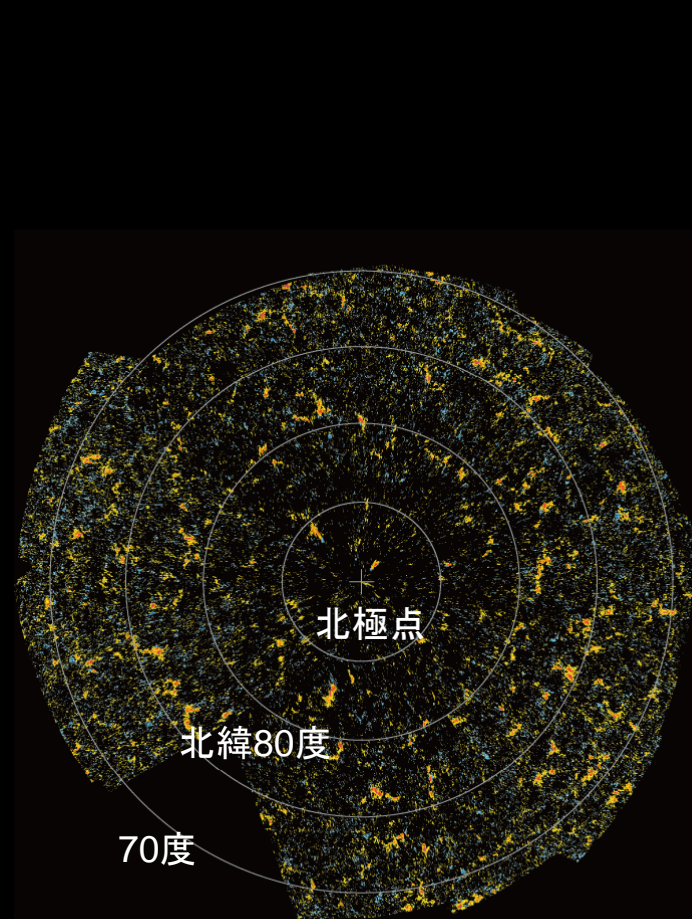
西暦

- 北極の負極の強磁場パッチが急速に減少。
- 北極に正極の強磁場パッチが現れ始める。
- 2012年5月に北極の反転が予想される。
- 南極は極性反転の兆候がほとんど見られない。

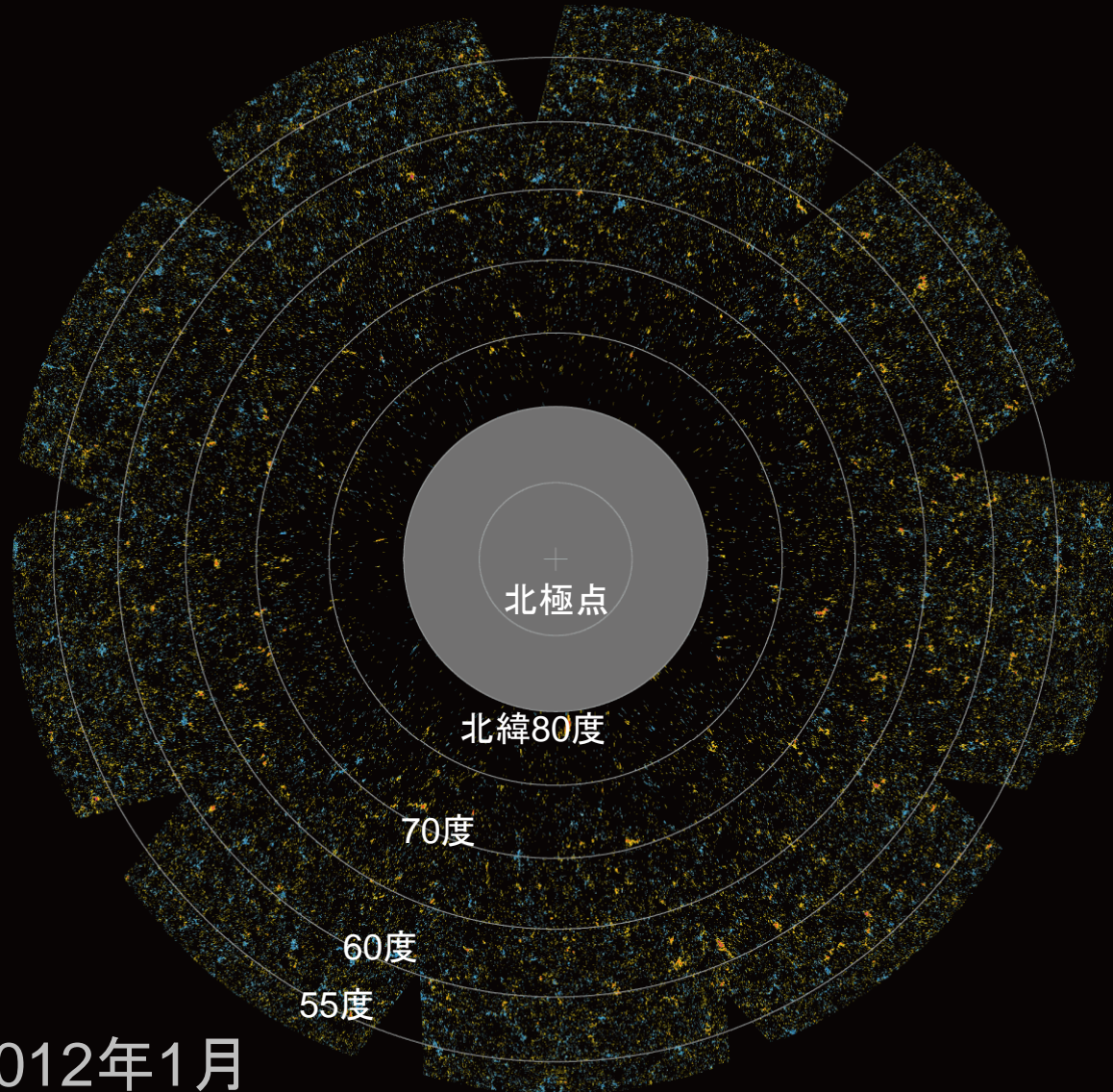
まとめ

- 「ひので」の観測により太陽極域の磁場を分解し、極性反転にともなう長期の変動を世界で初めて捉えた。
- 現在太陽の北極域では、**負極性の磁場**が大規模に**消滅**しつつあり、太陽の北極磁場は2012年5月に完全に反転すると予想される。
- 一方、**南極は安定**しており、極性反転の兆候がほとんど見られない。

反転しつつある北半球の磁場



2007年9月



2012年1月

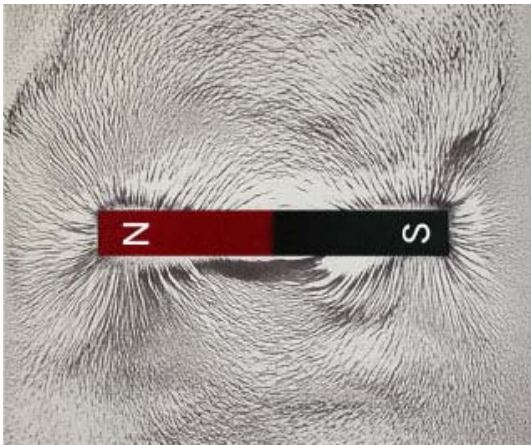
參考資料

本研究に関連した出版論文

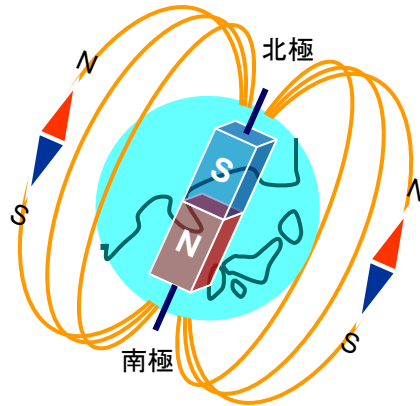
- Tsuneta, S.; Ichimoto, K.; Katsukawa, Y.; Lites, B. W.; Matsuzaki, K.; Nagata, S.; Orozco Suárez, D.; Shimizu, T.; Shimojo, M.; Shine, R. A.; Suematsu, Y.; Suzuki, T. K.; Tarbell, T. D.; Title, A. M. “The Magnetic Landscape of the Sun's Polar Region” *The Astrophysical Journal*, 2008, Volume 688, Issue 2, pp. 1374-1381.
- Shimojo, M.; Tsuneta, S. “The Relation Between Magnetic Fields and Coronal Activities in the Polar Coronal Hole” *The Astrophysical Journal Letters*, 2009, Volume 706, Issue 1, pp. L145-L149
- Itoh, H.; Tsuneta, S.; Shiota, D.; Tokumaru, T.; Fujiki, K. “Is the Polar Region Different from the Quiet Region of the Sun?” *The Astrophysical Journal*, 2010, Volume 719, Issue 1, pp.131–142
- Shiota, D.; Tsuneta, S.; Shimojo, M.; Sako, N.; Orozco Suárez, D.; Ishikawa, R.; “Polar Field Reversal as observed with Hinode”, *The astrophysical Journal*, 2012, submitted

参考1: 磁場の単位(ガウス)

- “ガウス”は磁場を表す単位である。1ガウスは 10^{-4} テスラ。



棒磁石: 2500ガウス
エレキバン: 800ガウス



地球にも磁石がある。
磁場強度は日本で0.5ガウス。