

# 「ひので」による今回の観測の 意義と最近の太陽活動について

常田佐久

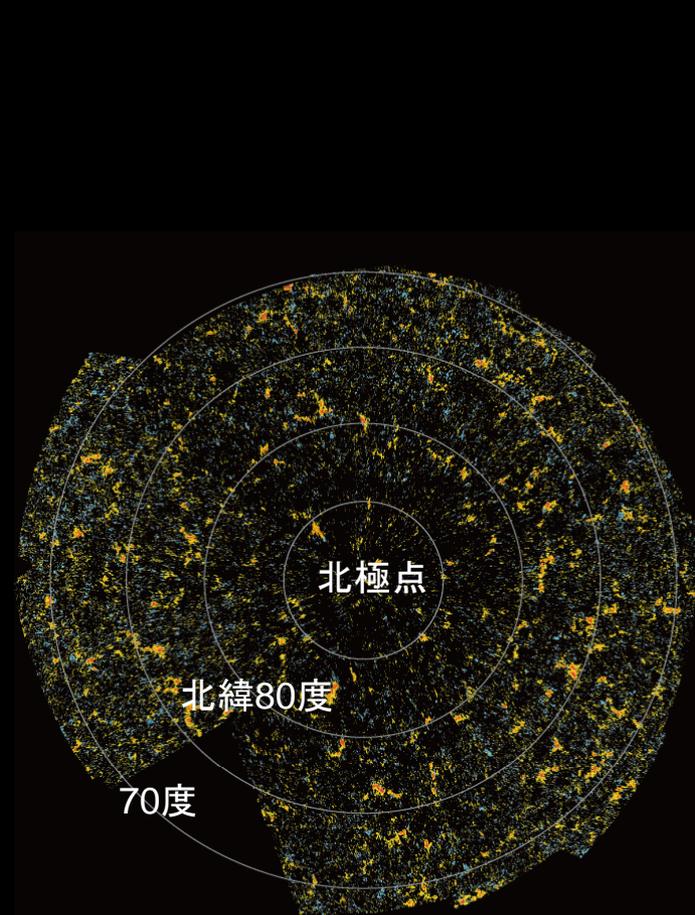
自然科学研究機構・国立天文台

2012年4月19日

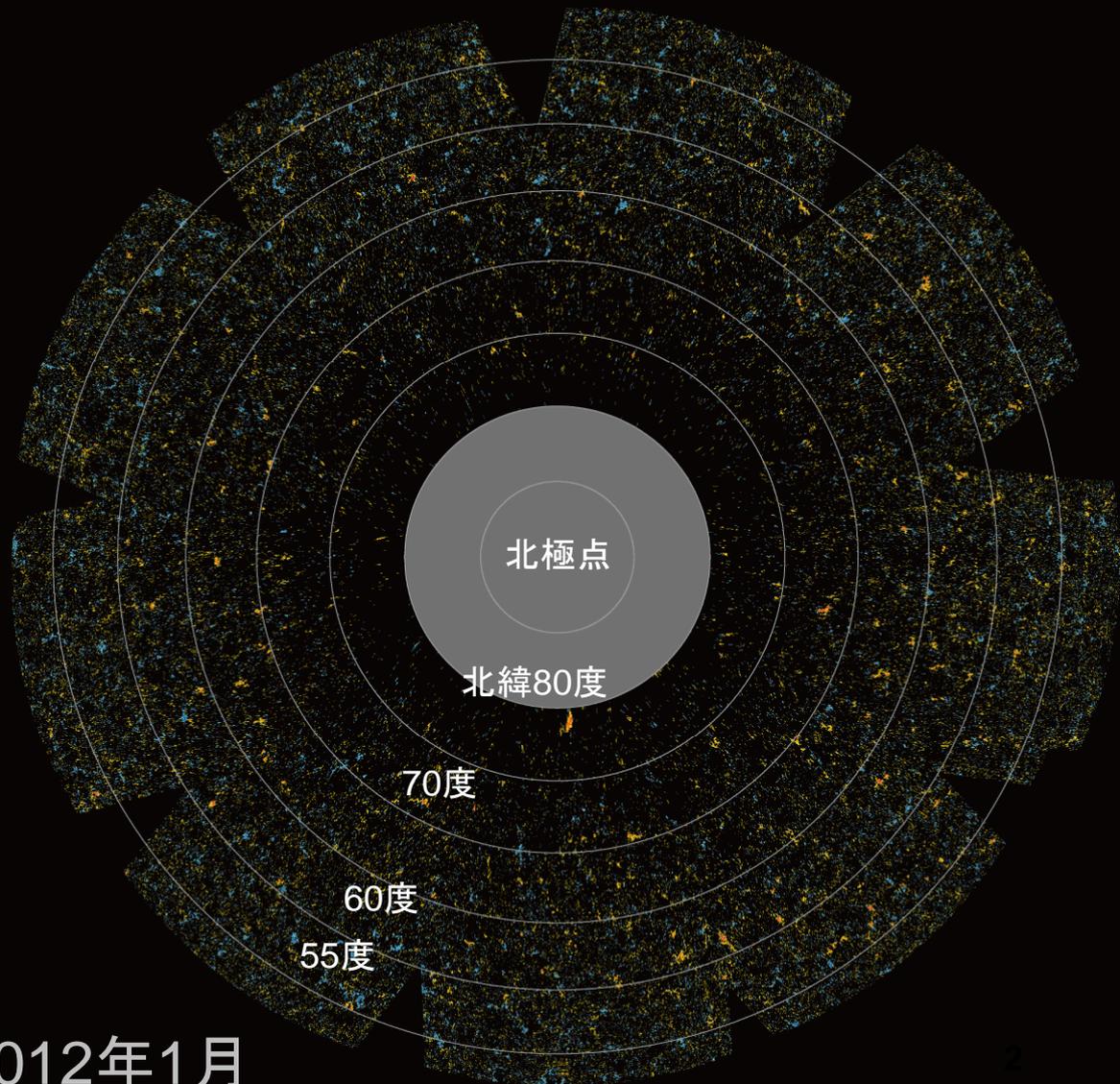
配付資料

# 「ひので」の極域観測の意義(その1)

## 初めて太陽極域の精密俯瞰観測が可能となる



2007年9月



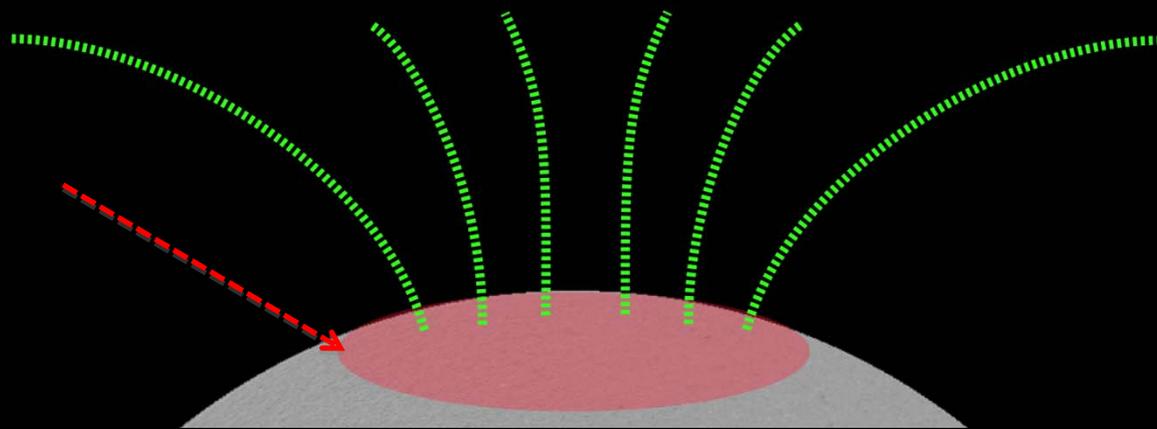
2012年1月

# 「ひので」の極域観測の意義(その2)

## 極域に多数の黒点並み磁場を発見

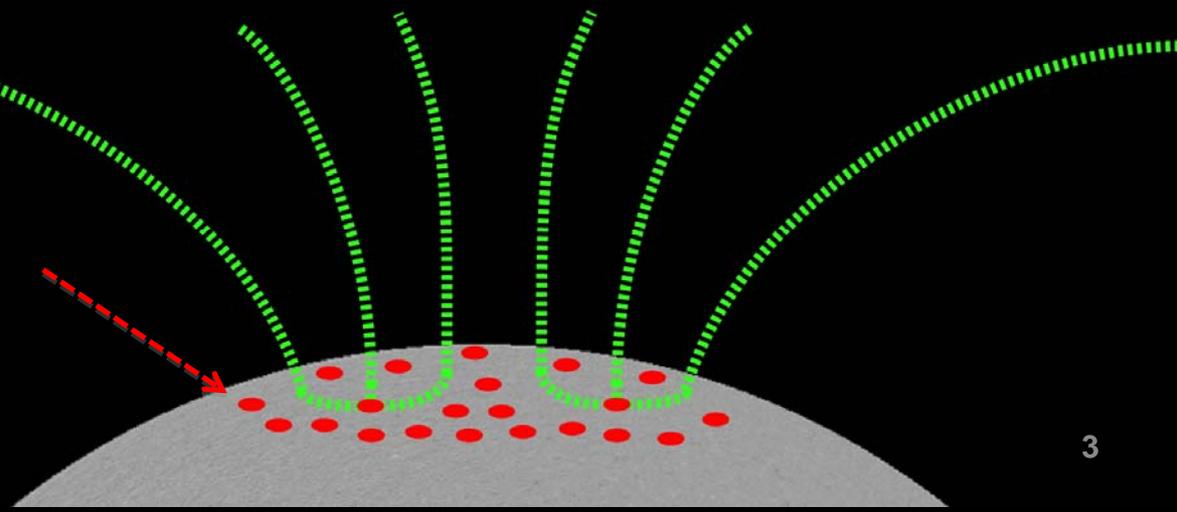
今までの理解

弱い磁場で  
埋め尽くされて  
いる



実はこうなっていた

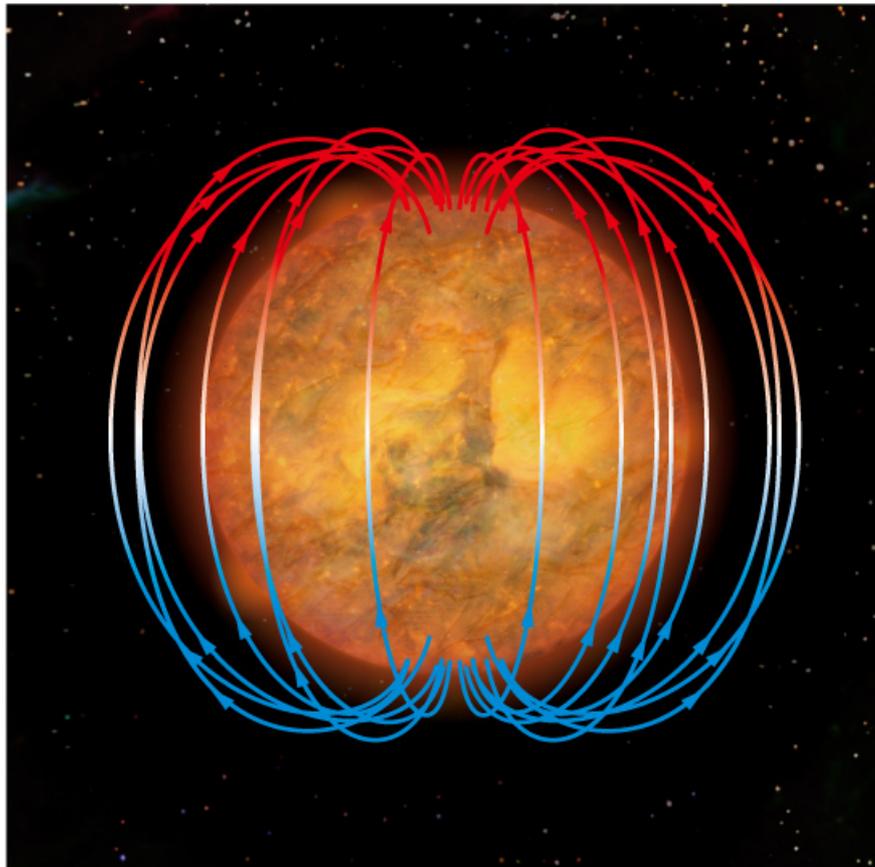
小さな黒点に匹敵  
(しかし黒点のよう  
にペアになってい  
ない)



# 「ひので」の極域観測の意義(その3)

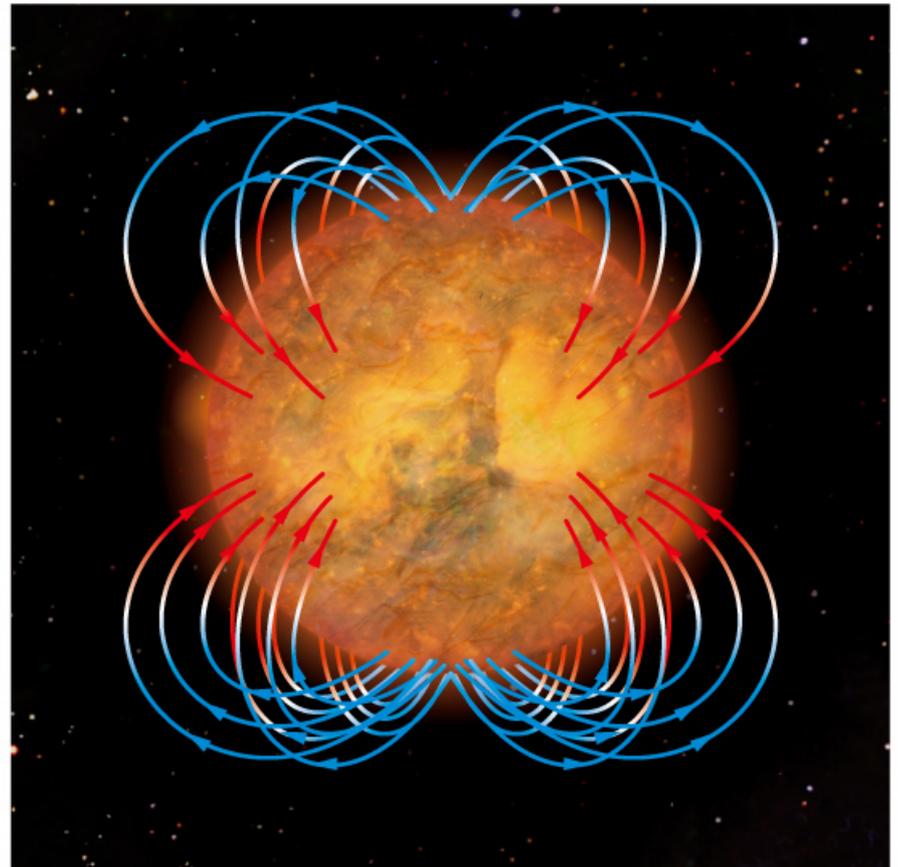
太陽がこれまでにない4重極構造に  
遷移しつつあることを発見

2008年



2重極構造

2012年



4重極構造

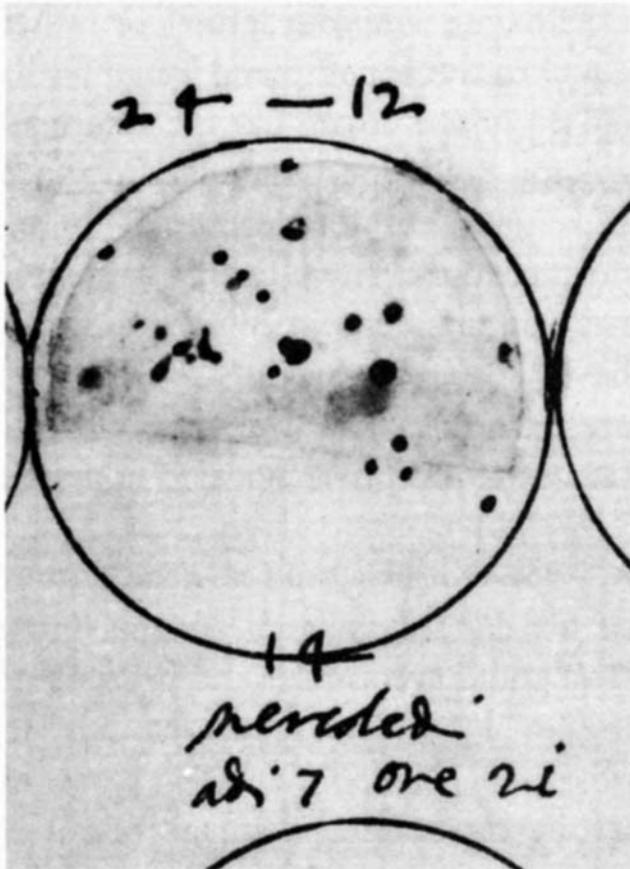
# 「ひので」の観測結果のまとめ

	いままでの理解	「ひので」の結果
極域磁場の様子	一様に広がった弱い磁場（磁場エネルギーが低い状態）	黒点並みの磁場斑点が散らばっている（磁場エネルギーが高い状態）
極域磁場の反転時期	太陽活動極大期に南北ほぼ同時（ <b>2013年5月頃</b> ）	北極は <b>2012年前半</b> に反転と予想（2012年10月の観測好機に確認）南極は安定
極域磁場の極性	南極プラス・北極マイナスの2重極	南極プラス・北極プラスの4重極

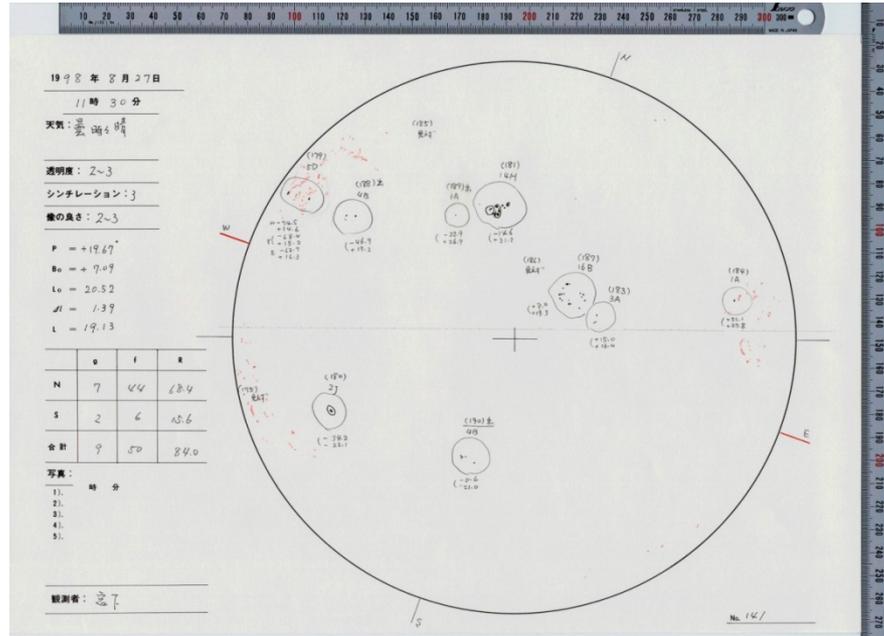
# 「ひので」の観測結果の意義 と今後の展望

- これまでの太陽極域磁場と太陽のダイナモについての我々の理解の変更を迫る重要な観測結果。
- 「ひので」は、2012年10月頃に北極域の集中観測を実施し、さらにその後も継続的に極域の観測を行い、これらの異変の解明を行う
- 「ひので」による研究の進展により、太陽の磁場の生成に関する基礎研究や太陽の地球環境への影響の理解が進むと期待。

# 太陽黒点の数の計測



ガリレオガリレイ (1612)

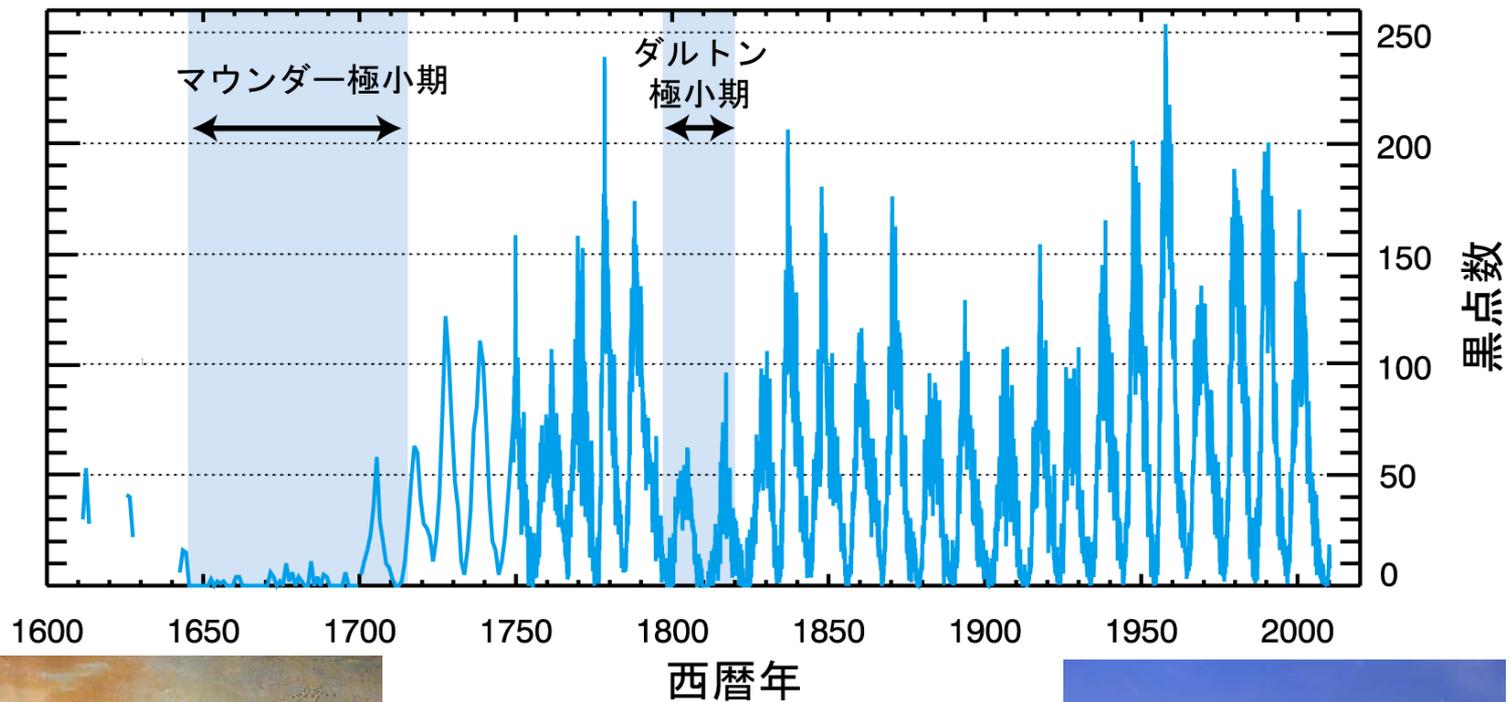


国立天文台 (1998)



現在は電子化  
国立天文台太陽観測所

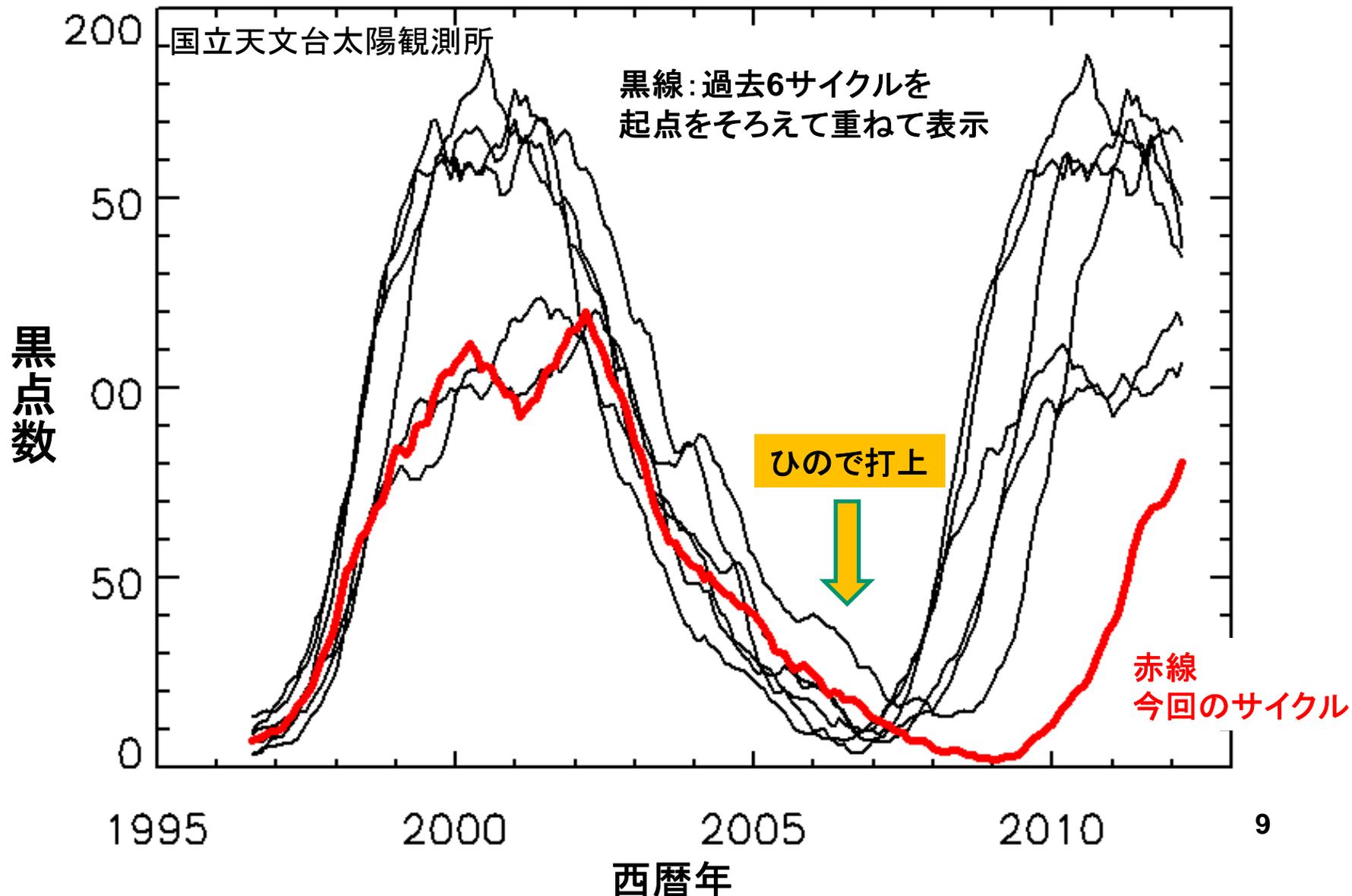
# 1650～1700年黒点がなくなる 太陽のダイナモが停止？



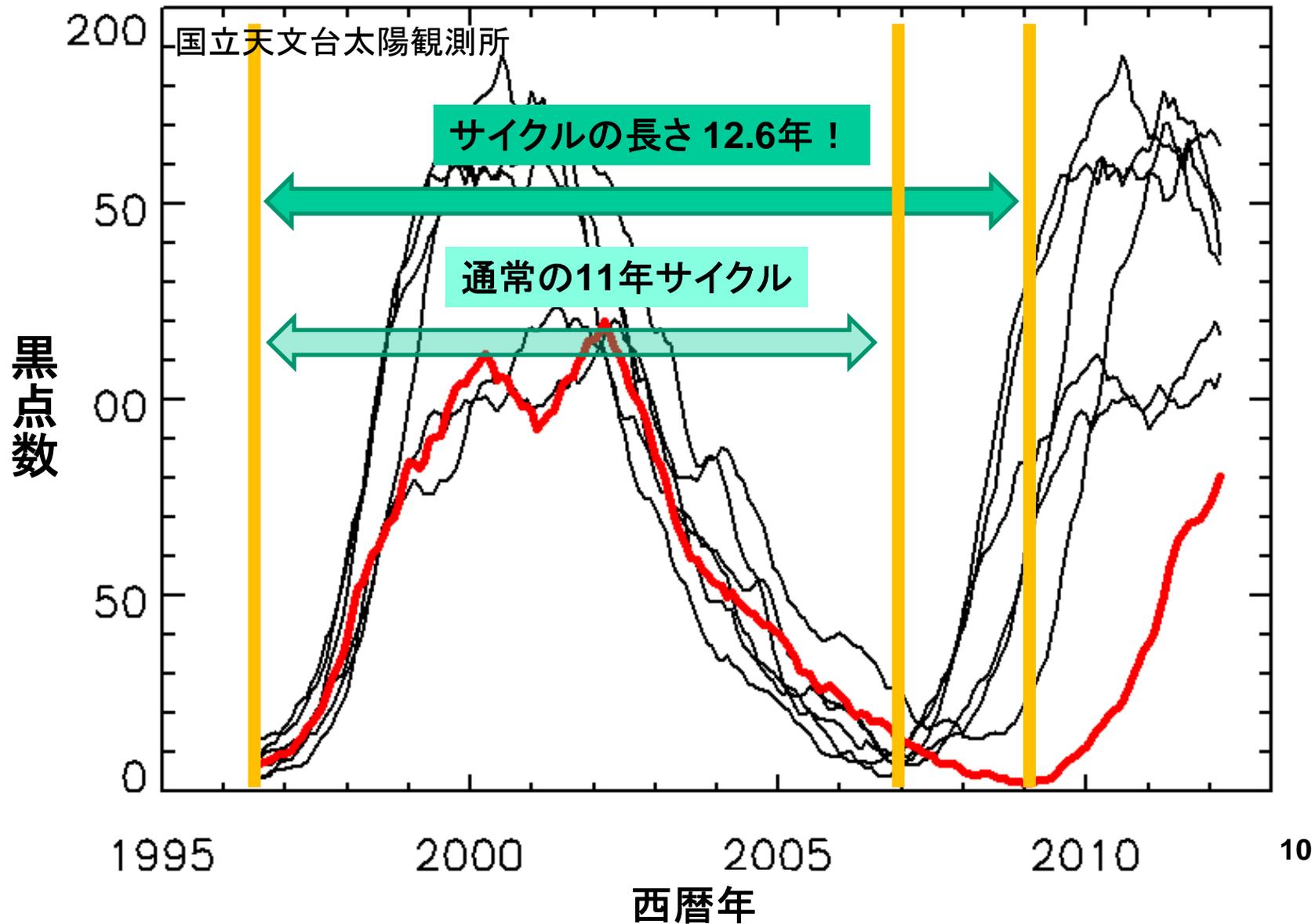
凍結したテムズ川



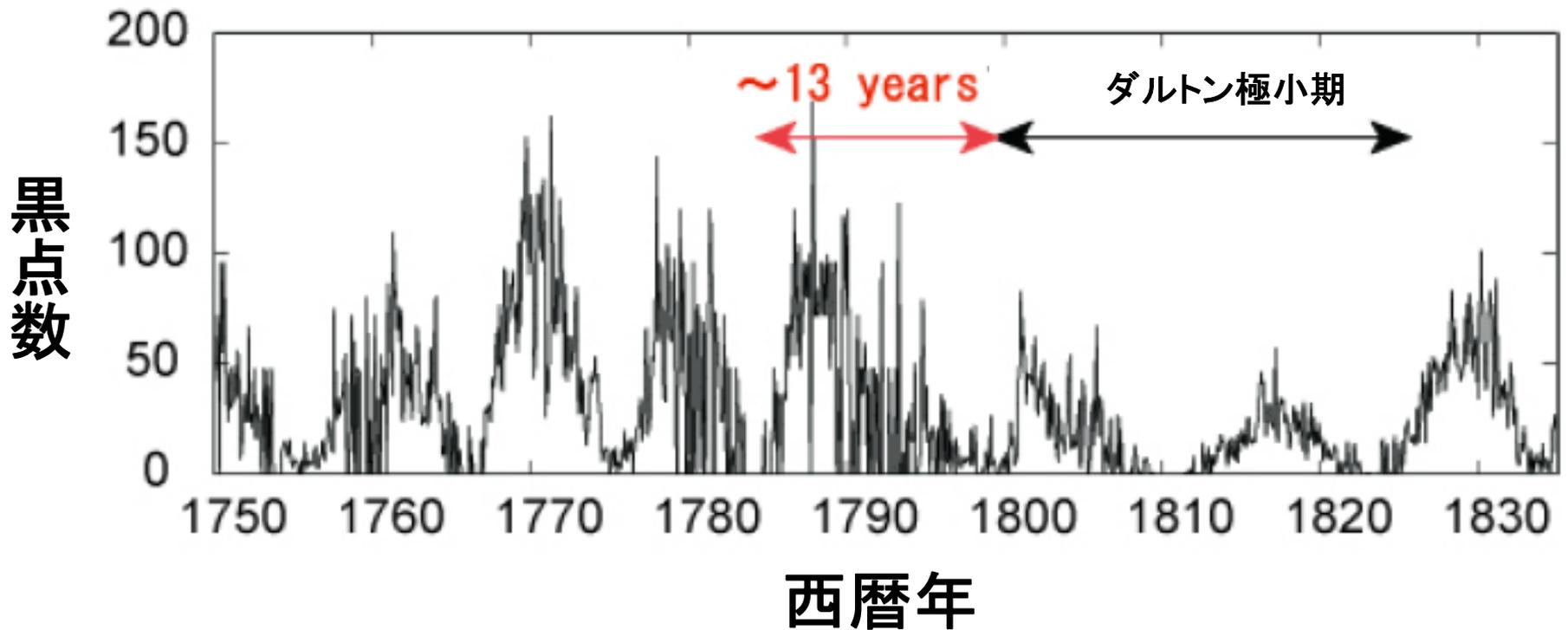
遅れに遅れた太陽活動の上昇  
過去7サイクルの黒点数推移を重ねて表示  
今サイクルだけ太陽周期が異常に長くなっている



遅れに遅れた太陽活動の上昇  
過去7サイクルの黒点数推移を重ねて表示  
今サイクルだけ太陽周期が異常に長くなっている



# 過去に同じくらい黒点周期が長かったのはいつ頃か？

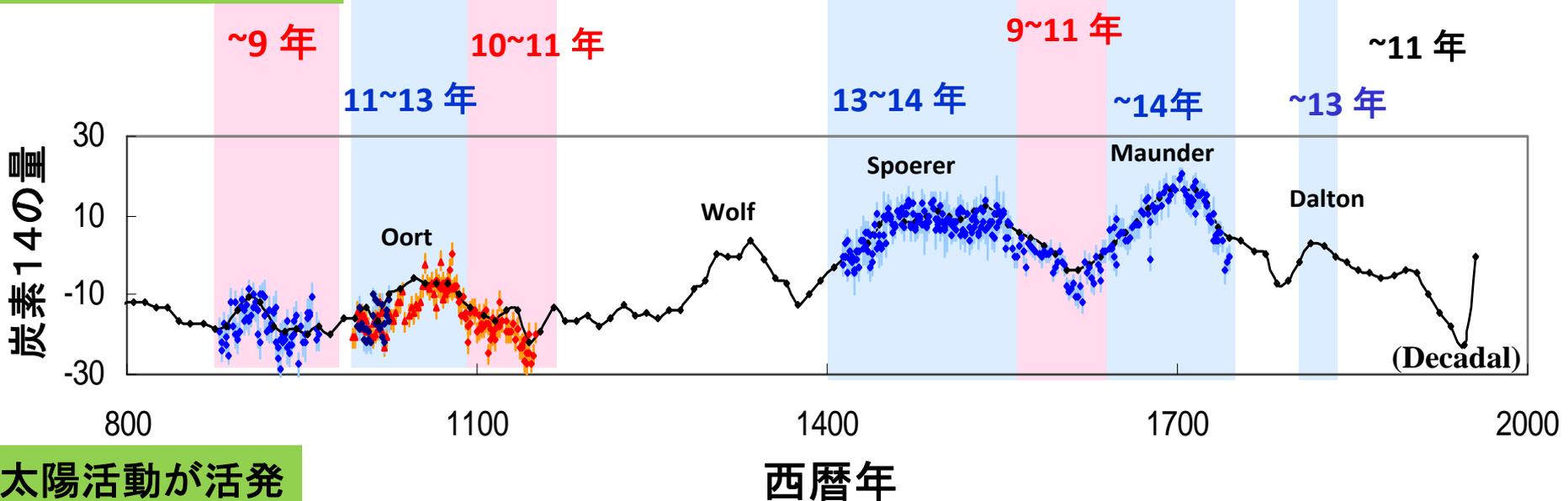


# 黒点数と太陽周期の異変 (過去約200年間)

- 無黒点日数: 2008年は365日中265日、2009年は262日(2010年は44日、2011年は2日)。
- 今回の極小期の累積無黒点日数は、814日(2005年1月1日~2011年12月31日)。
- 1870,1900年(約1000日)に近い110-140年ぶりに黒点数が少ない状況。
- 太陽周期は12.6年と極端に長く、1800年頃のサイクル5が同じ12.6年で210年ぶりの長さ。
  - サイクル1(1755年)から平均した太陽周期は、10.6年であり、平均に対しては2年の伸び。

# 過去2千年のデータから太陽活動が低いと周期が13-14年に伸びる

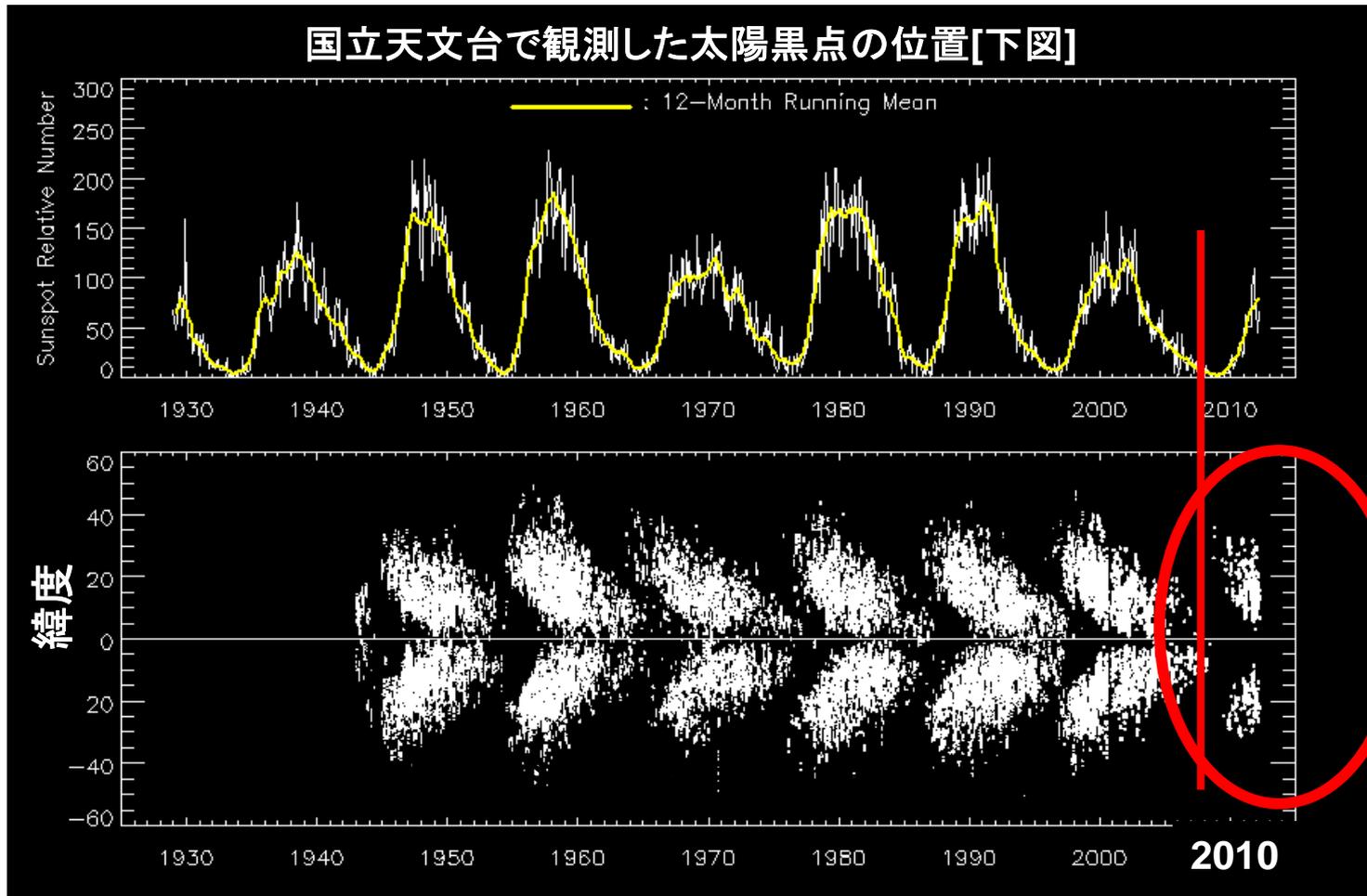
太陽活動が不活発



太陽活動が活発

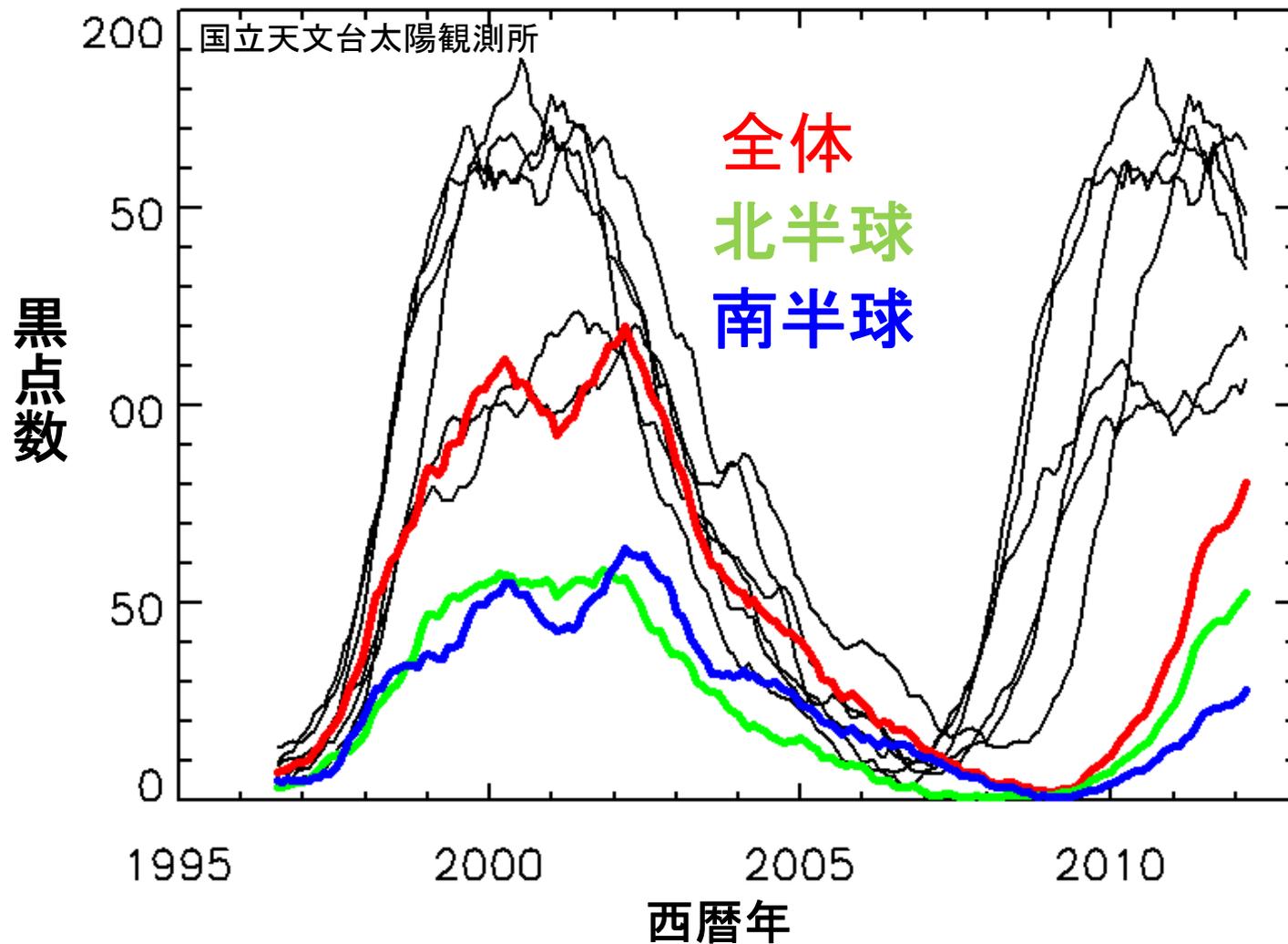
Blue dots: Miyahara et al., 2004, 2006, 2007, 2008  
Red dots: Damon, 2003  
Black curve (decadal): Stuiver et al., 1998

# 蝶形図で分かる黒点発生位置 の南北の非対称



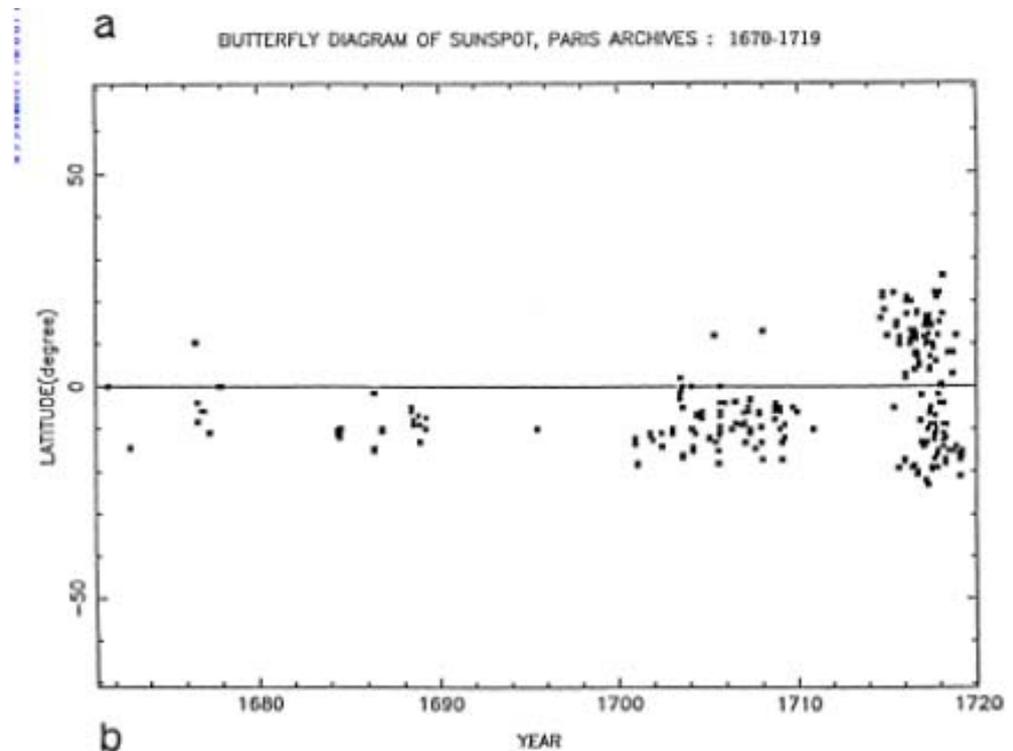
北半球では新しいサイクルが早く黒点出現、一方<sup>14</sup>  
南半球では遅れて新しいサイクルの黒点が出現。

# 北半球の黒点数は南半球の 黒点数の約2倍で推移



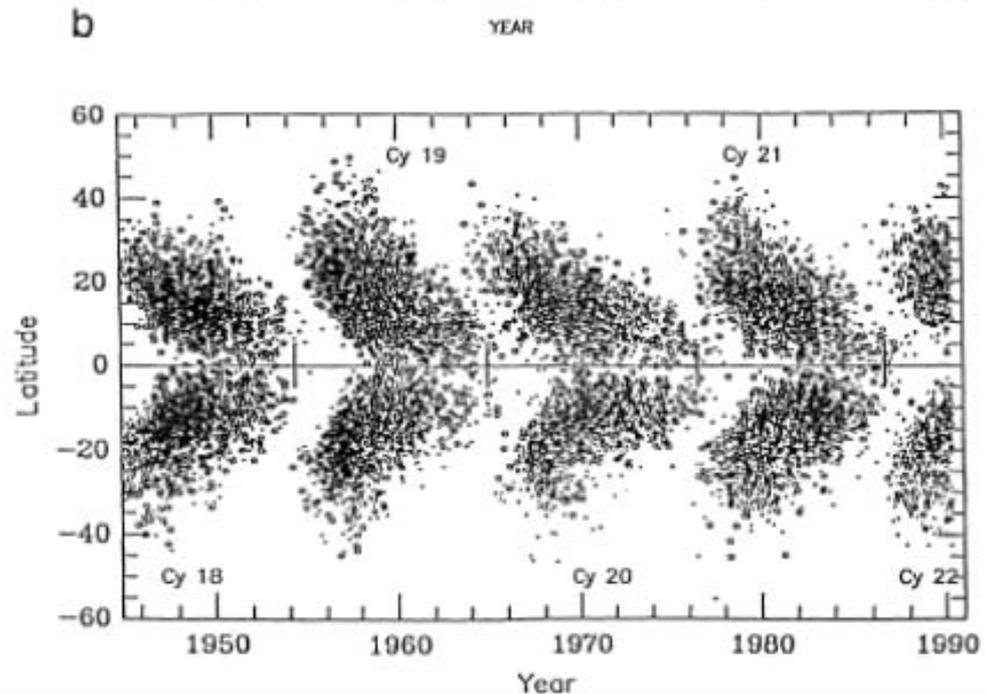
# 1670-1710年

黒点がほとんどなくしかも南半球に極在

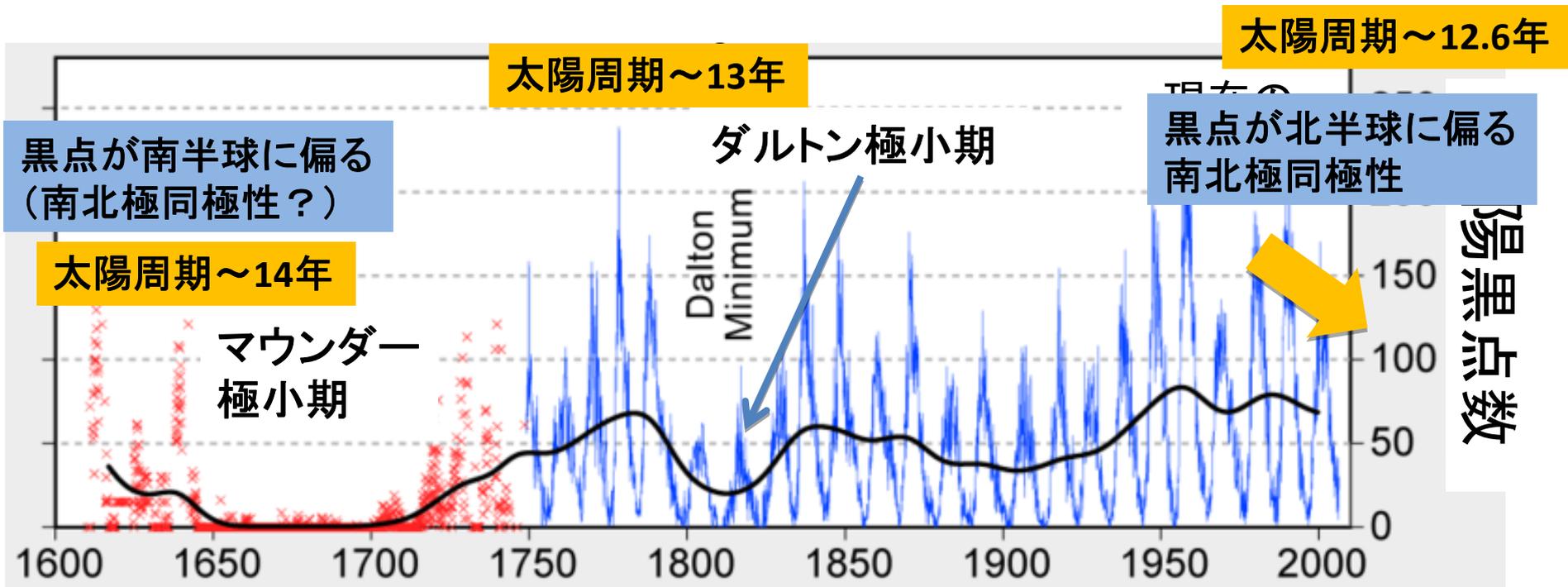


# 1950-1990年

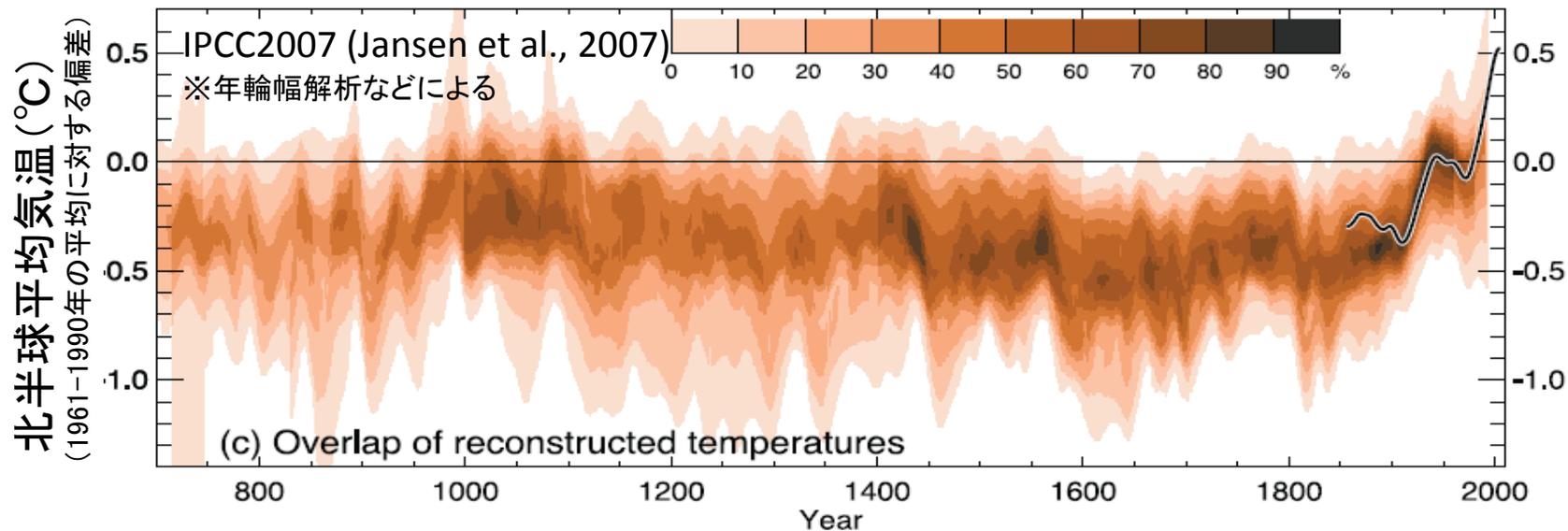
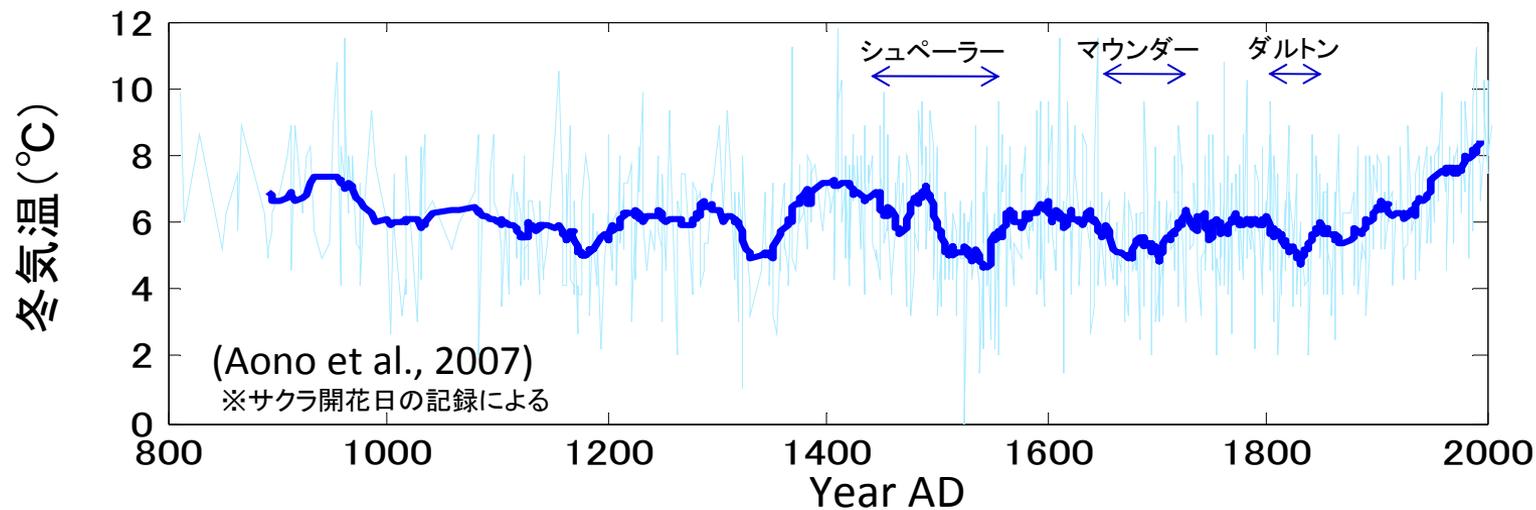
黒点発生位置はほぼ対称



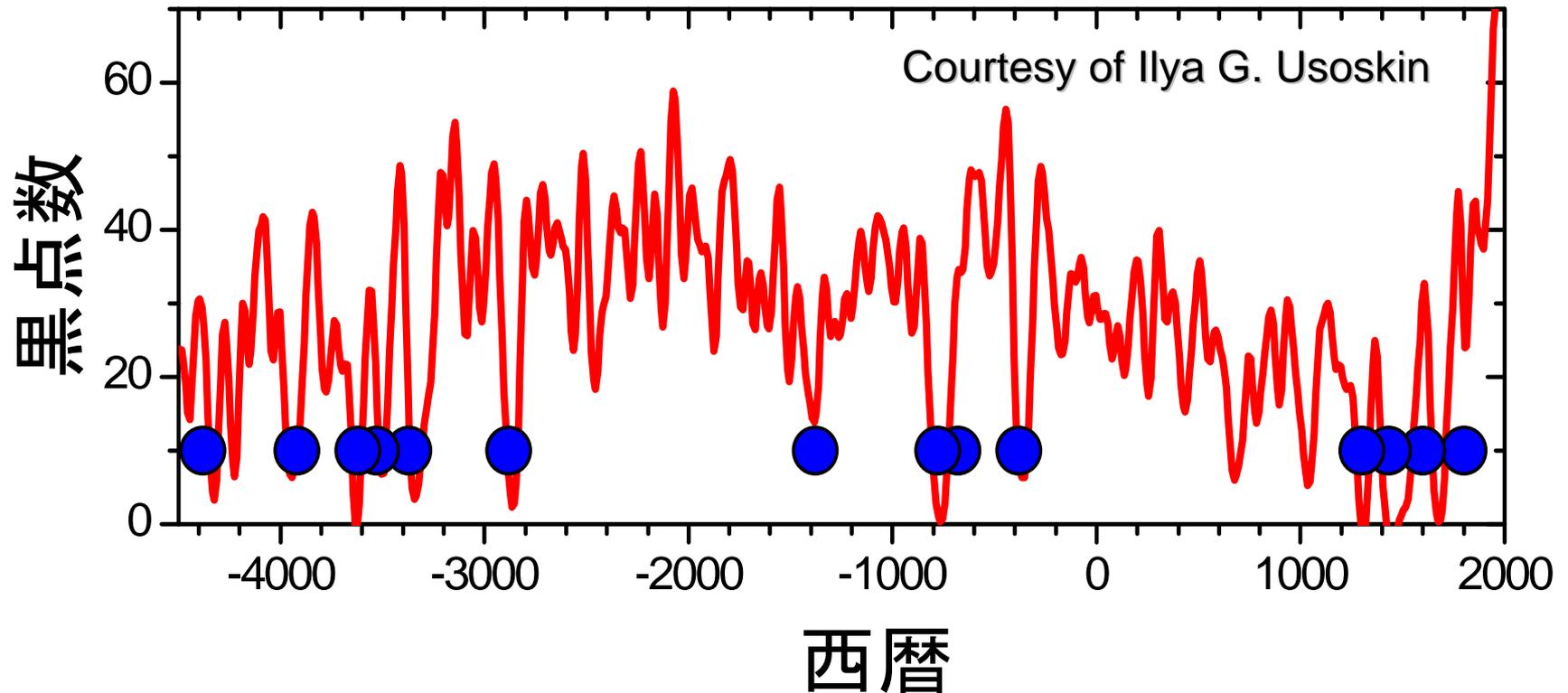
# 周期の伸び・南北の非対称性発生・南北同極性により太陽は活動の停滞期に入ろうとしているのか？



北半球平均気温: ダルトン極小期:  $-0.5^{\circ}\text{C}$ , マウンダー極小期:  $-0.6^{\circ}\text{C}$   
 日本(京都)冬気温: // :  $-2.5^{\circ}\text{C}$ , // :  $-2.5^{\circ}\text{C}$

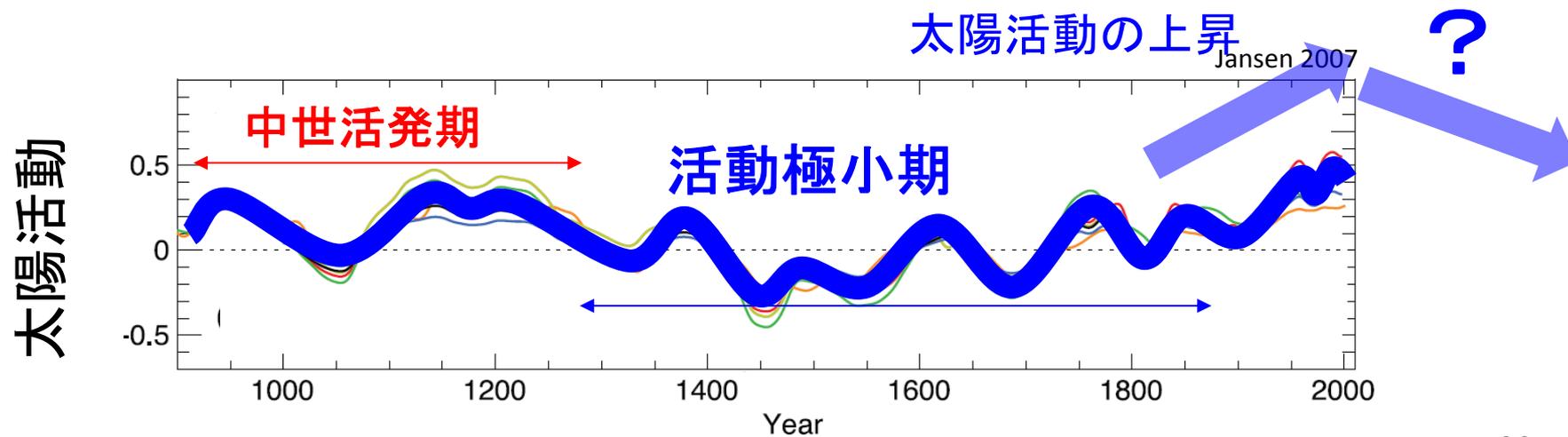
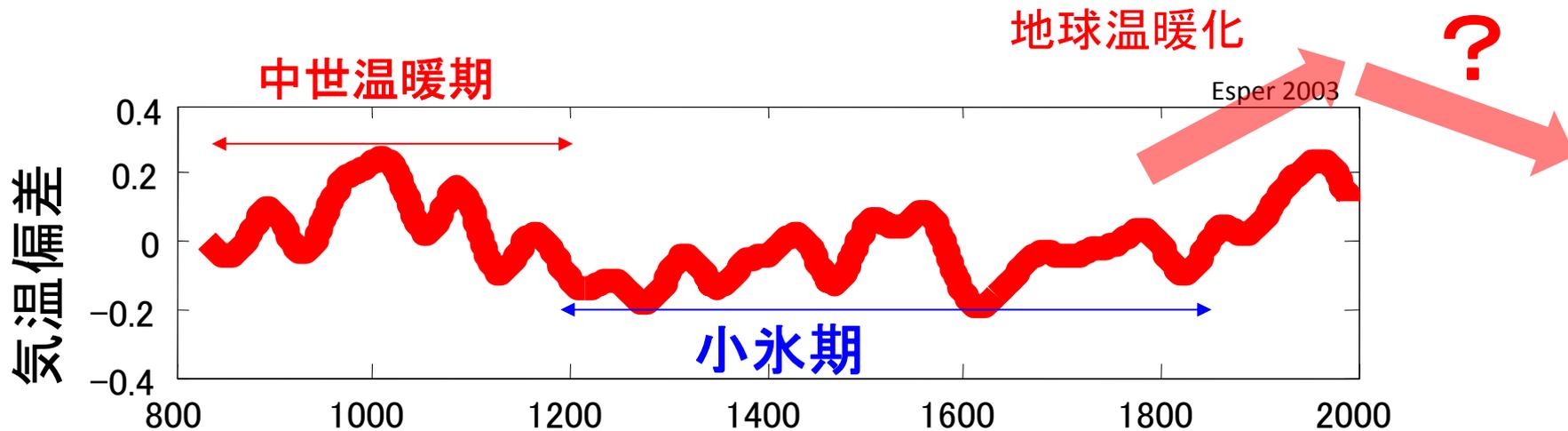


# 黒点数と地球の寒かった時期



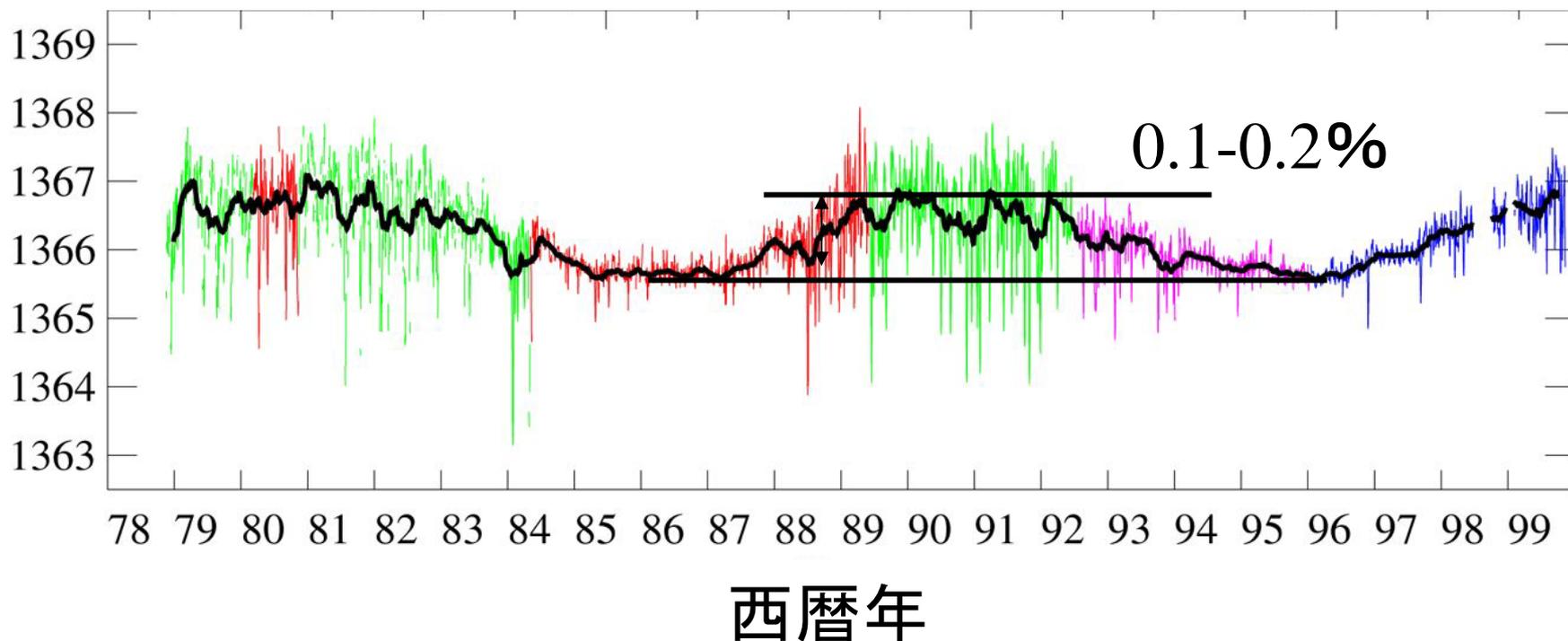
過去6500年で、黒点数の極端に小さい15回のうち、12回がヨーロッパで気温が低かった時期に一致している。

# これからは寒冷化？



# 太陽定数の変動(0.1-0.2%) 地球気候への変動は軽微

太陽の放射エネルギー



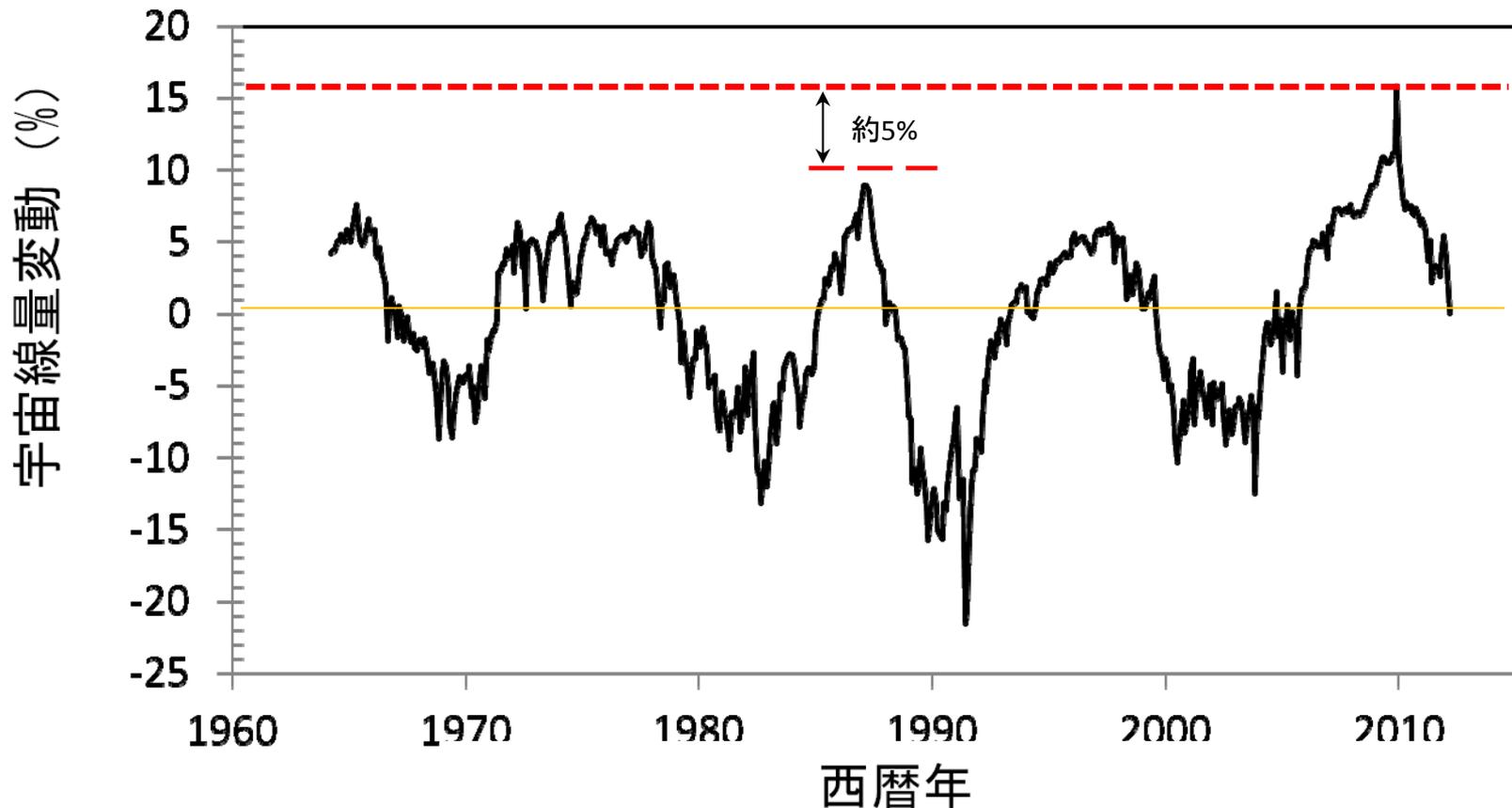
# その他の観測事実

- 今サイクルの極の磁場強度は、過去数サイクルの半分程度。
- 従来の極小期とは異なる乱れた太陽風構造と太陽風圧力の低下。
- 過去45年の観測史上最も多い宇宙線の量。
  - 太陽風活動の低下により宇宙放射線が太陽圏内に進入しやすくなり宇宙線の地球への到来量が過去45年間で最多を記録。前回の負極性時の極小と比較して、宇宙線量は約5%増加している

# 過去45年間の観測史上最多 の宇宙放射線量

オウル大学の中性子モニターによる過去45年間の宇宙線量の変化

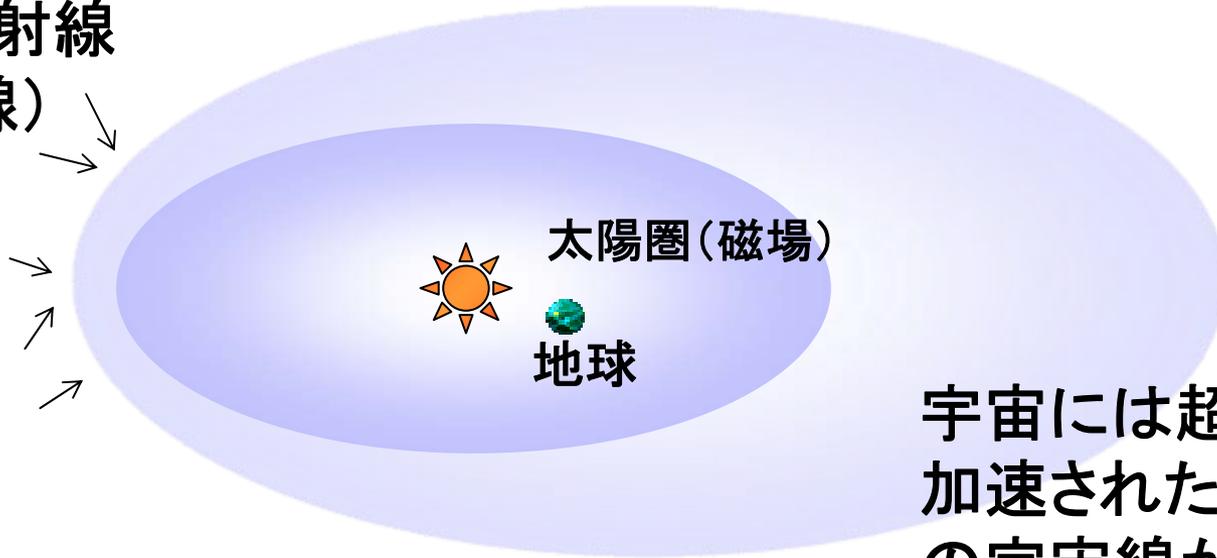
<http://cosmicrays oulu.fi/>



1987年: 前回の負極性時の極小

# 太陽圏(太陽の磁場とプラズマの広がり)が宇宙放射線を遮蔽

宇宙放射線  
(宇宙線)



宇宙には超新星残骸で加速された高エネルギーの宇宙線がとびかっている

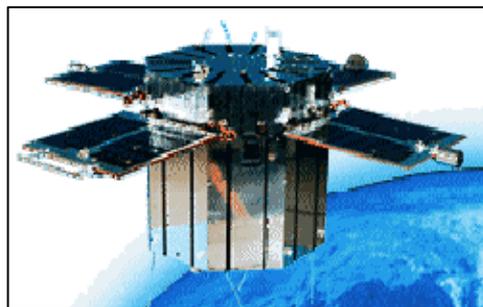
## 太陽活動が活発化

- ⇒ 太陽風の強度が増加, 太陽風磁場の乱れが増加
- ⇒ 太陽圏の磁場が、より多くの宇宙線を遮蔽
- ⇒ 地球に飛んでくる**宇宙線(陽子)量が減少**

# 最近の太陽活動についてのまとめ

- 太陽周期が10.6年から12.6年に2年伸びている。
- 太陽活動は上昇しているが、黒点の数は以前のサイクルより少なく、また北半球に偏って発生している。
- 北極の負極磁場が大幅に減少し、現在正極に反転中。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反転の兆候はない。
- 以上から、太陽の基本的対称性が崩れていると考えられる。
- 同様の事象は、マウンダー極小期、ダルトン極小期の開始前後に発生していたと推定され、太陽が従来と異なる状態になっていると推測される。

# 衛星による太陽観測で世界の最先端を行く日本 太陽活動の変動を解明するSOLAR-C衛星



ひのとり/ASTRO-A (1981-1982)

フレア観測

X線、 $\gamma$ 線 ( $E > 10$  keV)

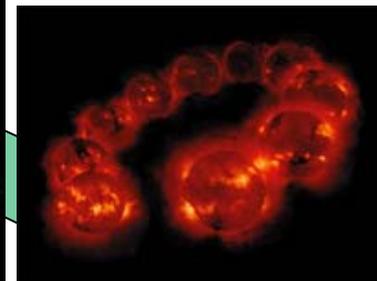


ようこう/SOLAR-A (1991-2001)



フレア、コロナ観測

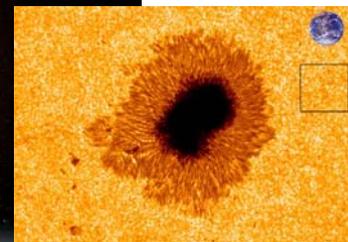
X線、 $\gamma$ 線 ( $E > 0.1$  keV)



ひので/SOLAR-B (2006-)



光球、彩層、遷移層、コロナ、フレア  
可視光、極紫外線、X線



次期太陽ミッション  
SOLAR-C  
2010年代の打上げ  
目的: 太陽の磁気活  
動の解明と予報アル  
ゴリズムの構築

# 補足資料

# 黒点相対数とは？

- 本資料の黒点数とは、以下で定義される黒点相対数である。
- 黒点相対数Rの定義(チューリッヒ天文台長ヴォルフによって1849年に考案):  $R = k(10g + f)$
- gはチューリッヒ分類法により分けられた黒点群の数、fは見える黒点の総数、kは異なる観測者間の補正係数で、ヴォルフの観測(口径7.5cm, 倍率64倍の眼視観測)をk=1とする。
- 黒点相対数は簡単に求めることができ、黒点は磁場の強いところを表すので太陽活動を表す良い指標となる(約11年周期)。
- ヴォルフの提唱により黒点相対数の国際共同観測は1855年から始まり現在に至っている。現在、黒点相対数の集計はチューリッヒ天文台を離れ、ベルギー王立天文台で行われている(Solar Influence Data analysis Center: SIDC, URLは<http://sidc.oma.be/>)
- 黒点相対数の変化を滑らかにし、極大値、極小値を求める際には、月平均値の12ヶ月移動平均をとる。
- 黒点相対数の周期(極小から次の極小まで)には番号が付けられている。チューリッヒ天文台のヴァルドマイヤーの提案で1755年から始まる周期が1, 2012年現在は周期24の上昇期いる。

# 観測データ一源泉

- 極域磁場観測データー
  - ひので衛星
- 太陽黒点数観測データー
  - 国立天文台太陽観測所(花岡庸一郎所長)鈴木勲専門職研究員
  - Solar Influence Data analysis Center(SIDC) <http://sidc.oma.be/>
- 太陽活動の長期データー
  - 東京大学 宇宙線研究所 宮原ひろ子特任助教
  - オウル大学 Ilya G. Usoskin 教授
- 宇宙線観測データー
  - オウル大学 Oulu Cosmic Ray Station
- 太陽定数観測データー
  - Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos/World Radiation Center Dr. Werner Schmutz