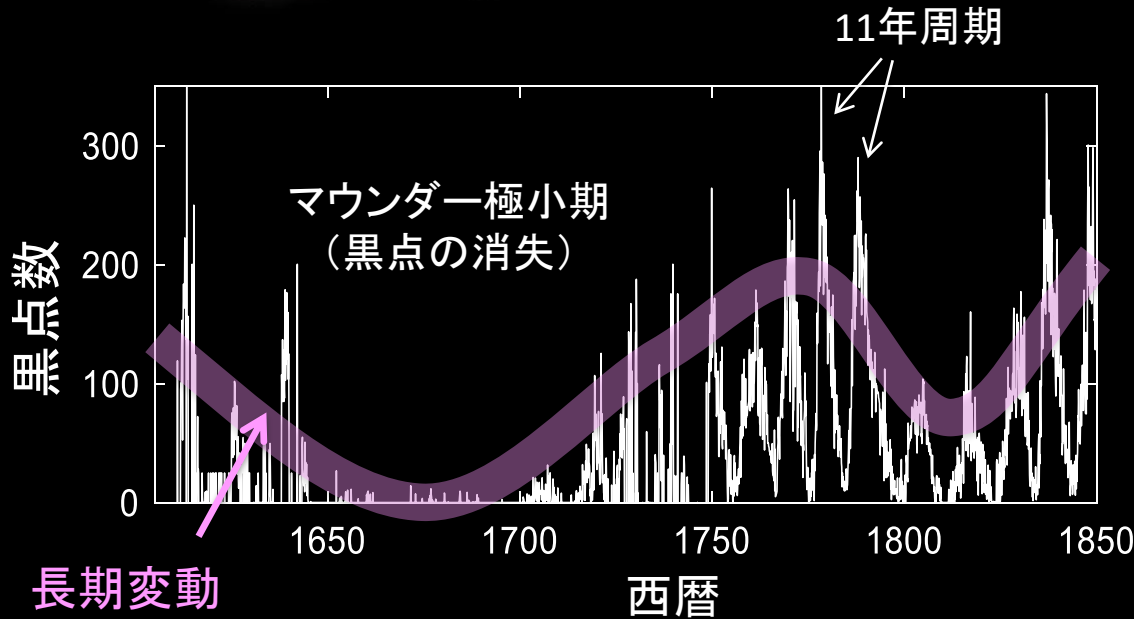
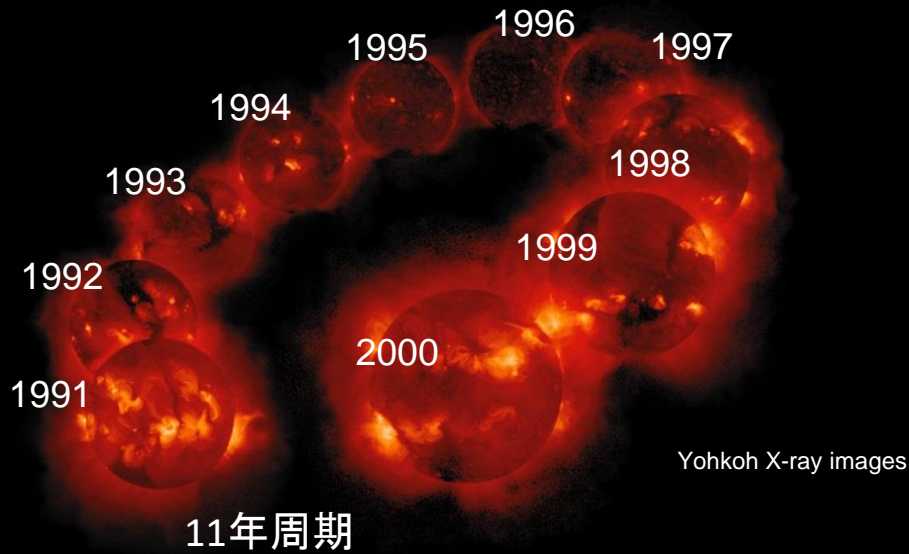




プロキシで探る グランドミニマムの太陽活動

武蔵野美術大学
教養文化・学芸員課程研究室
宮原 ひろ子

太陽活動の11年周期と長期変動



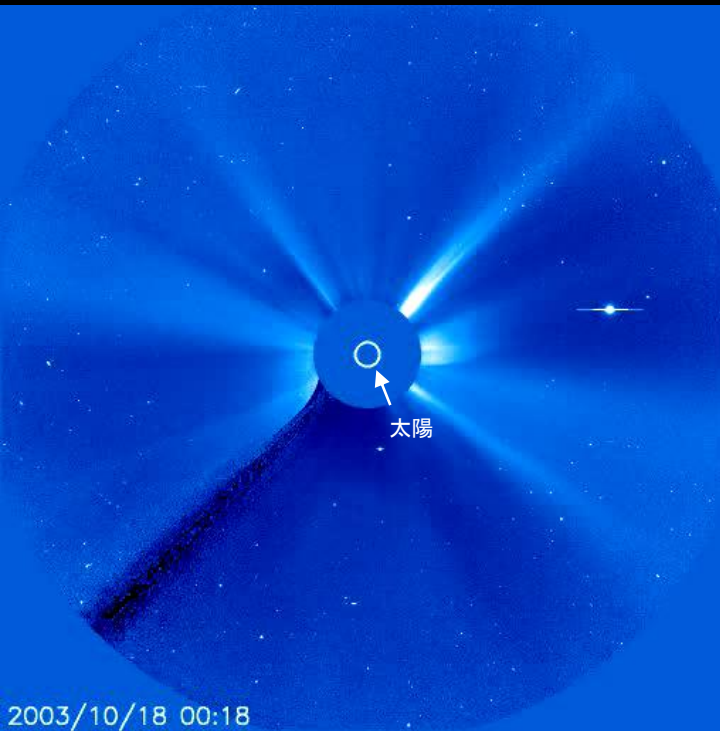
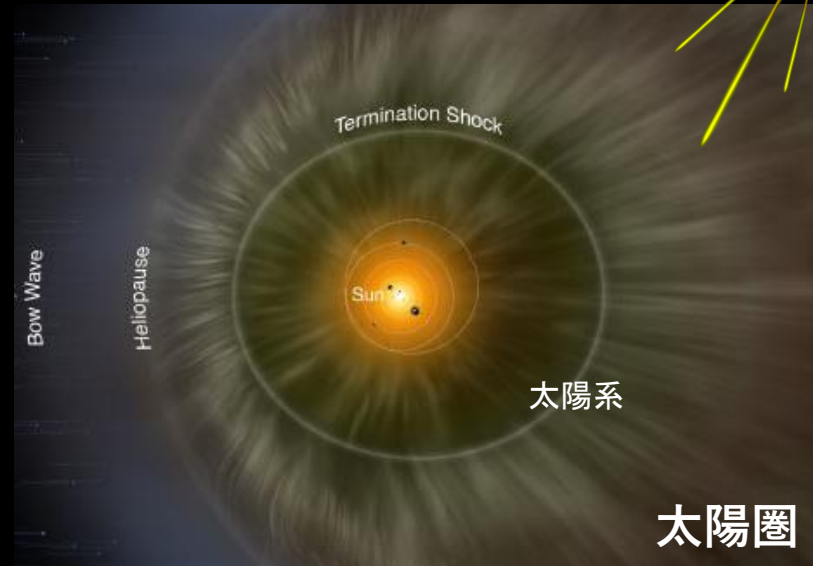
太陽活動変動がもたらすもの

- 太陽放射変動
- 太陽フレアの規模や頻度
(宇宙天気災害)
- 太陽圏の磁場環境
- 気候変動

過去の太陽活動を調べるには

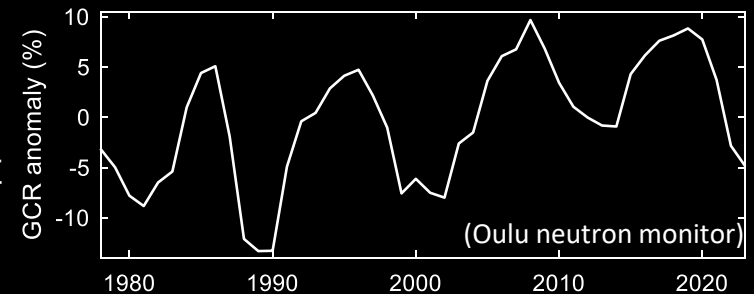
銀河宇宙線

太陽の磁場が遮る
銀河宇宙線の到来量を
手がかりにする

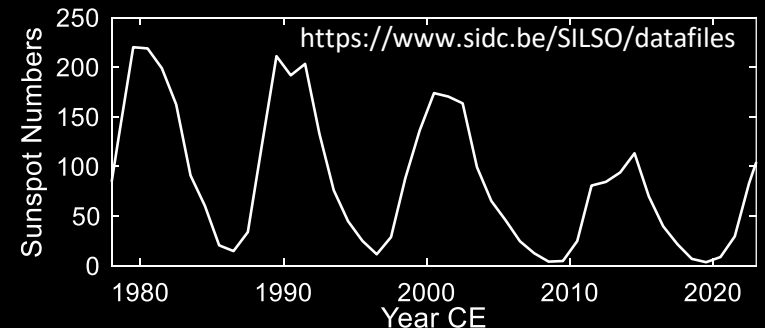


太陽近傍の太陽風の様子

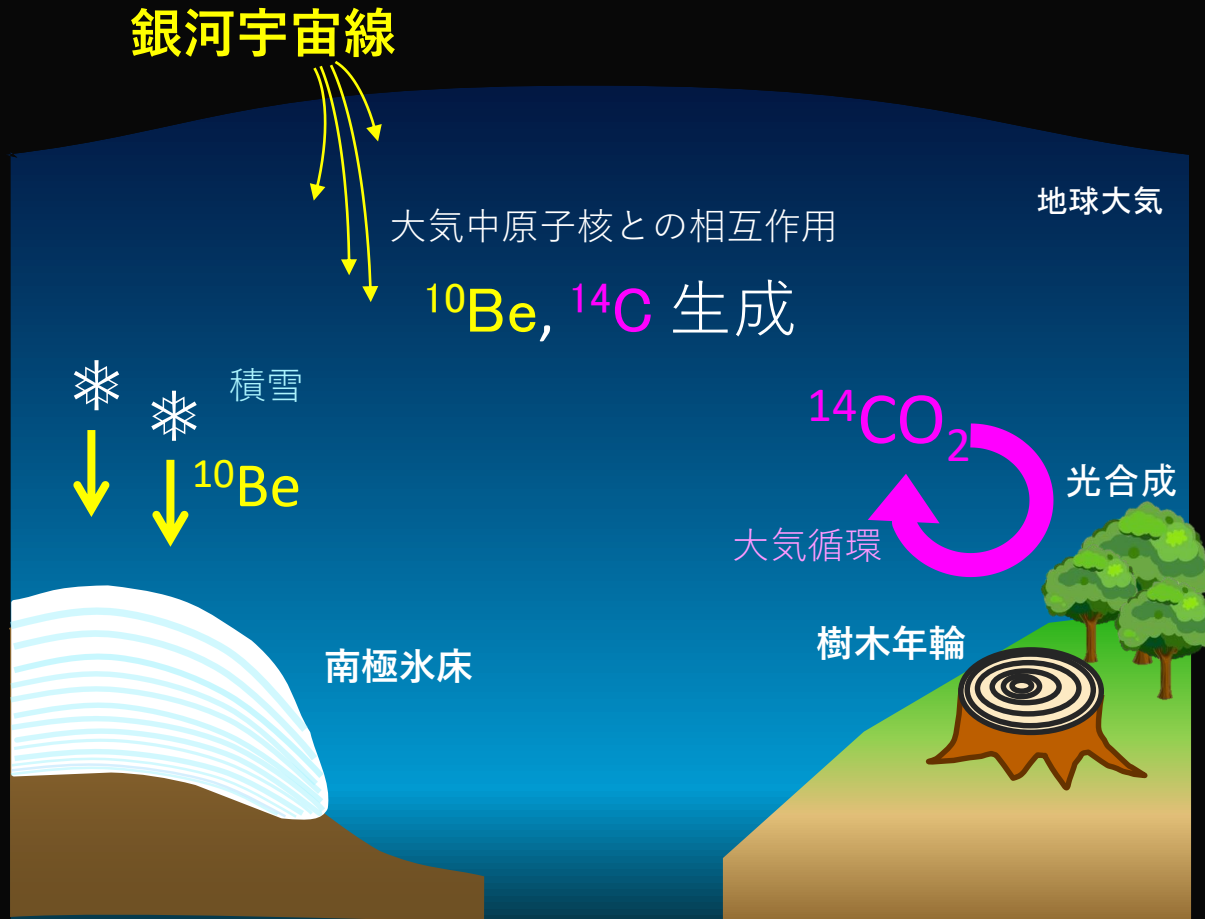
銀河宇宙線の
地球への到来量



太陽活動の
11年周期



過去の太陽活動を調べるには



銀河宇宙線の到来量はベリリウム10や炭素14などの同位体の量として記録される

石灰質堆積物を用いた新たな手法



石灰棚

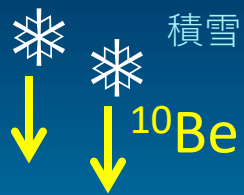
トラバーチン堆積物

銀河宇宙線



大気中の原子核との相互作用

^{10}Be , ^{14}C 生成



積雪

^{10}Be

南極氷床

4~5万年前まで



光合成

大気循環

樹木年輪

5~6万年前まで

新手法

Xu, Miyahara* et al., 2019
Miyahara et al., 2020



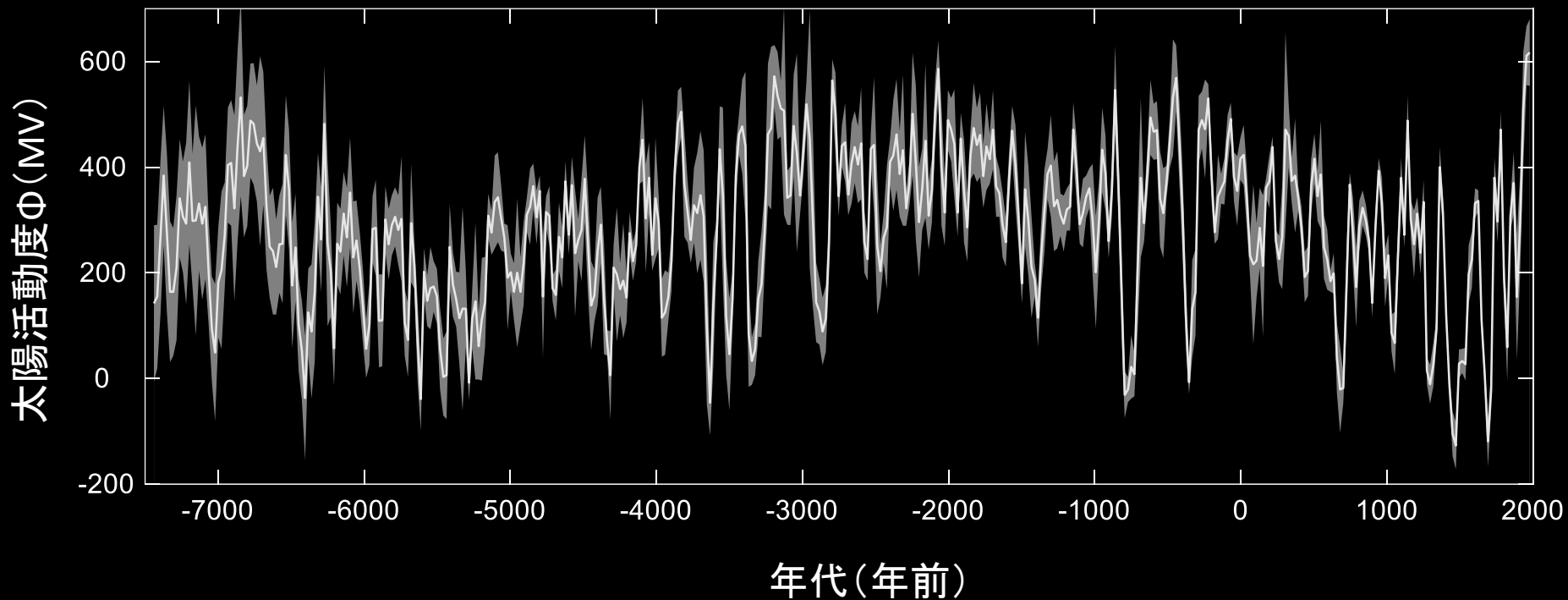
降水

^{10}Be

トラバーチン

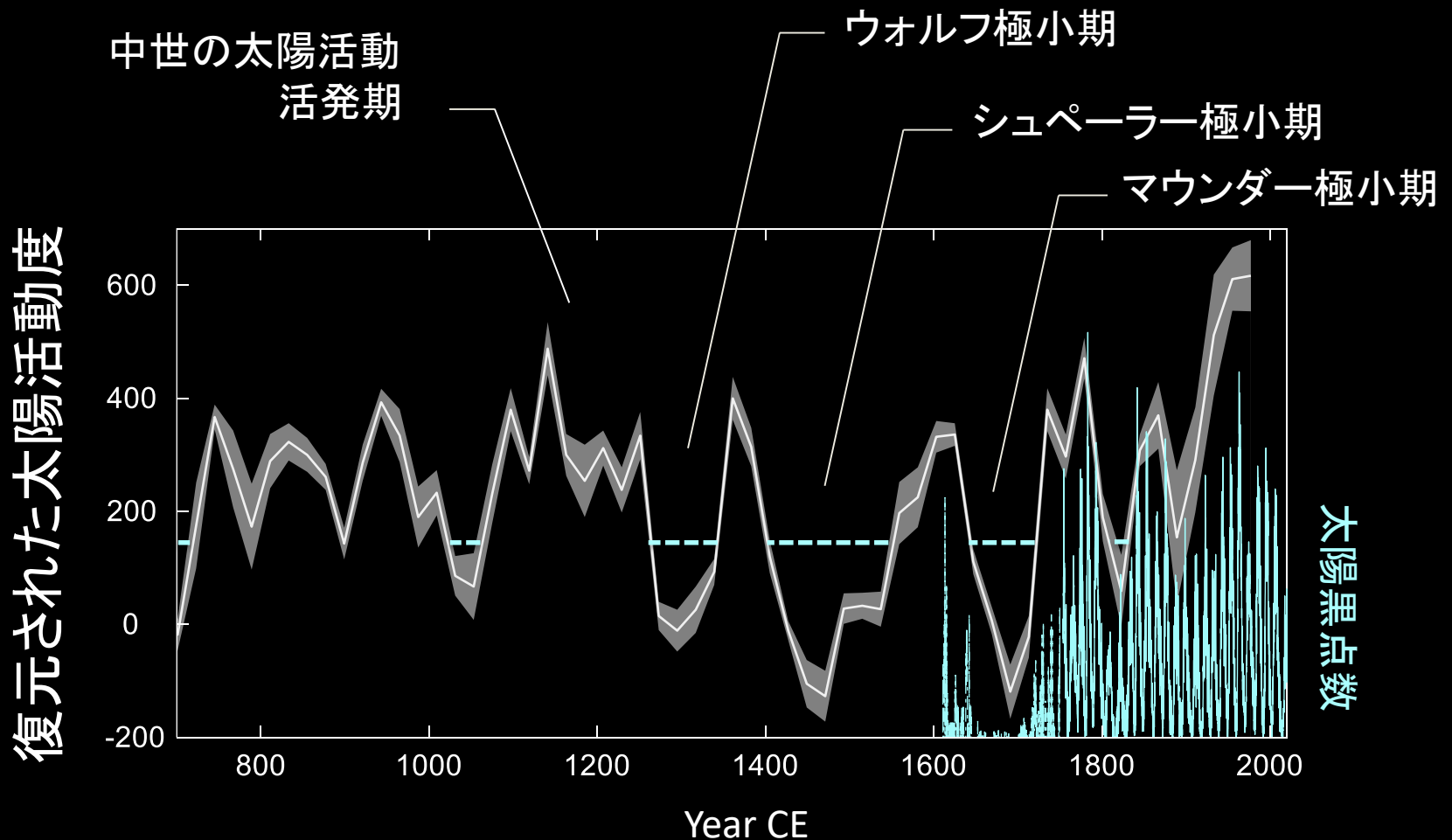
数十万年前まで!

炭素14やベリリウム10が示す 過去1万年間の太陽活動変動

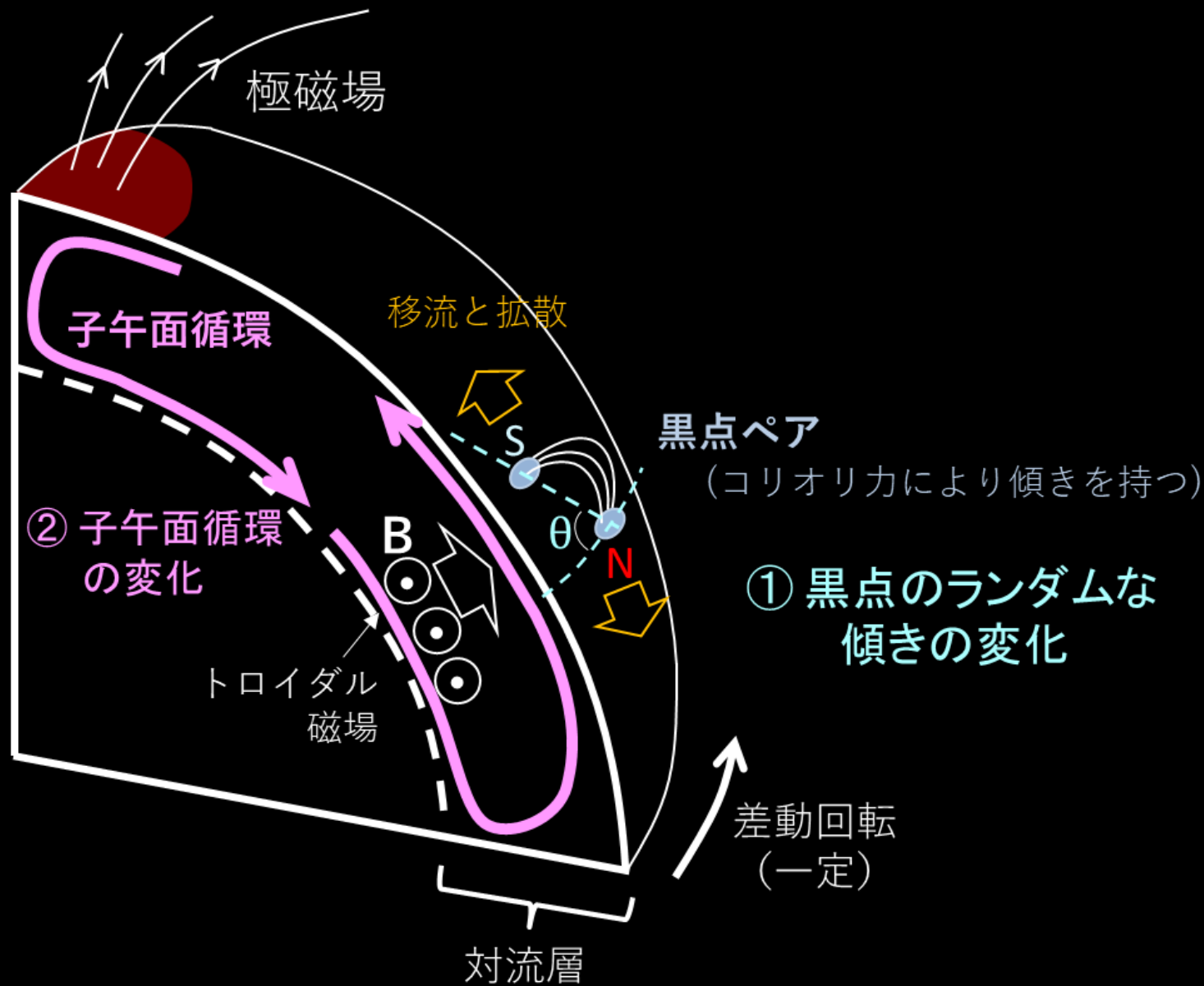


数百年～数千年スケールにわたる
長周期的変動の存在

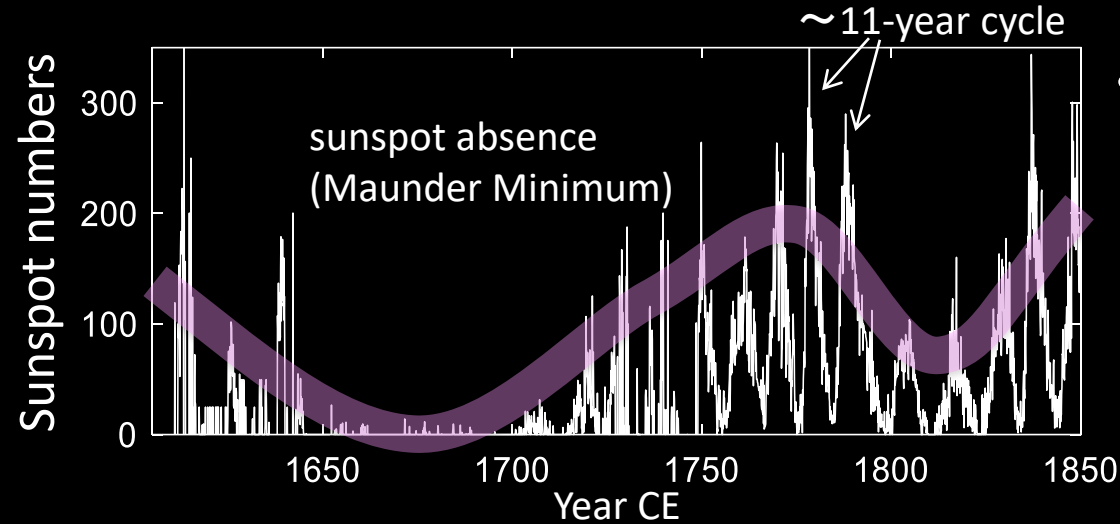
過去1300年間の太陽活動



太陽活動の長期変動の原因は何か？

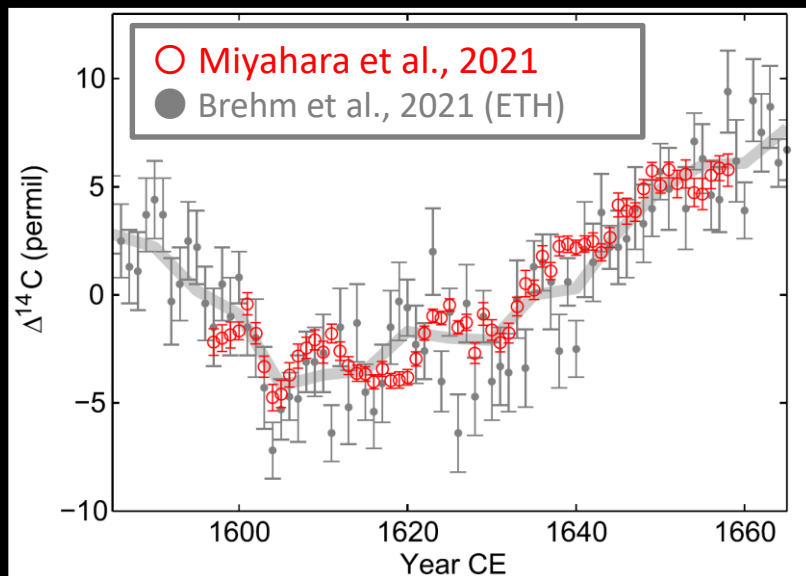


マウンダー極小期の太陽周期から得られる示唆



- 従来5~10年分解能であった炭素14のデータを1年分解能に

→ 約14年の周期を発見
(Miyahara et al., 2004)



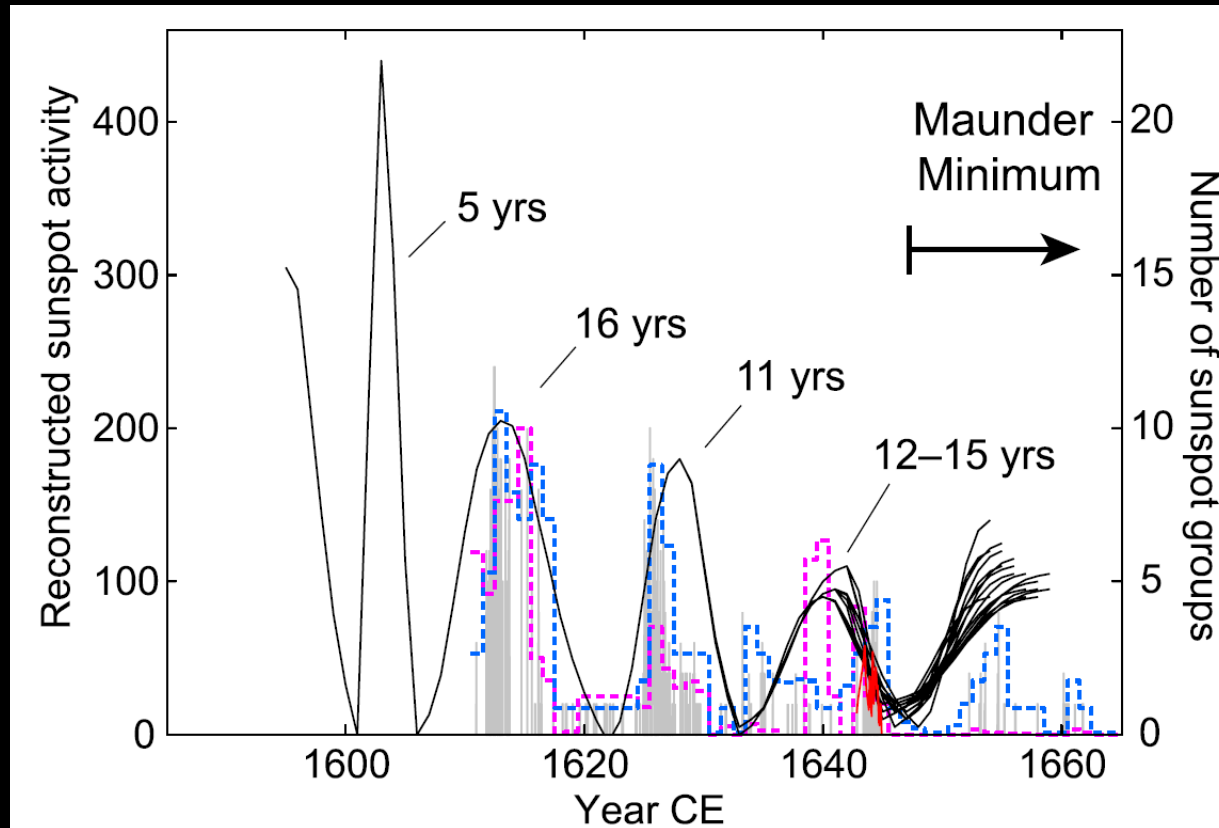
さらに、超高精度分析により
極小期の直前の太陽周期を復元



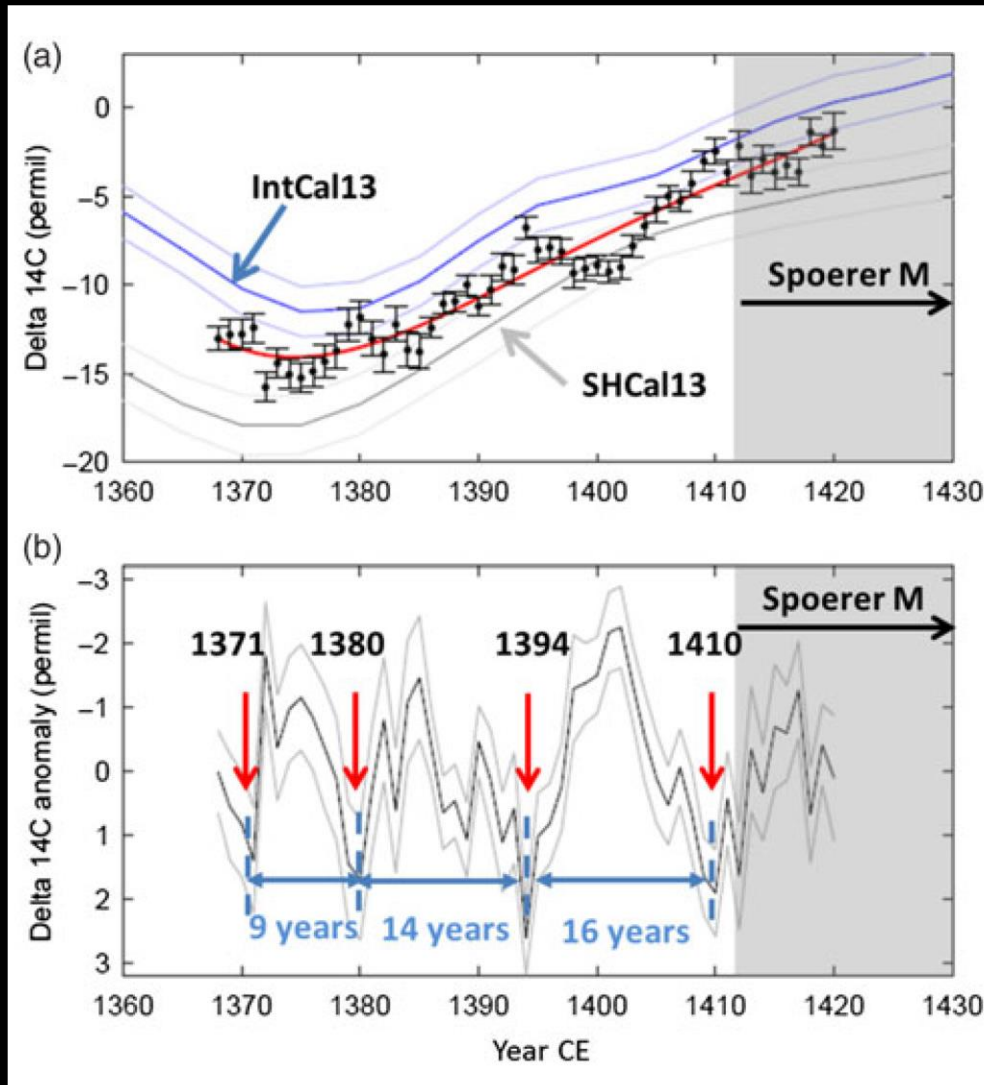
炭素循環モデル(11-box model)
を用いて、炭素14濃度から
宇宙線強度&太陽活動度を復元

(Miyahara et al., 2021)

マウンダー極小期の直前の “11年”周期

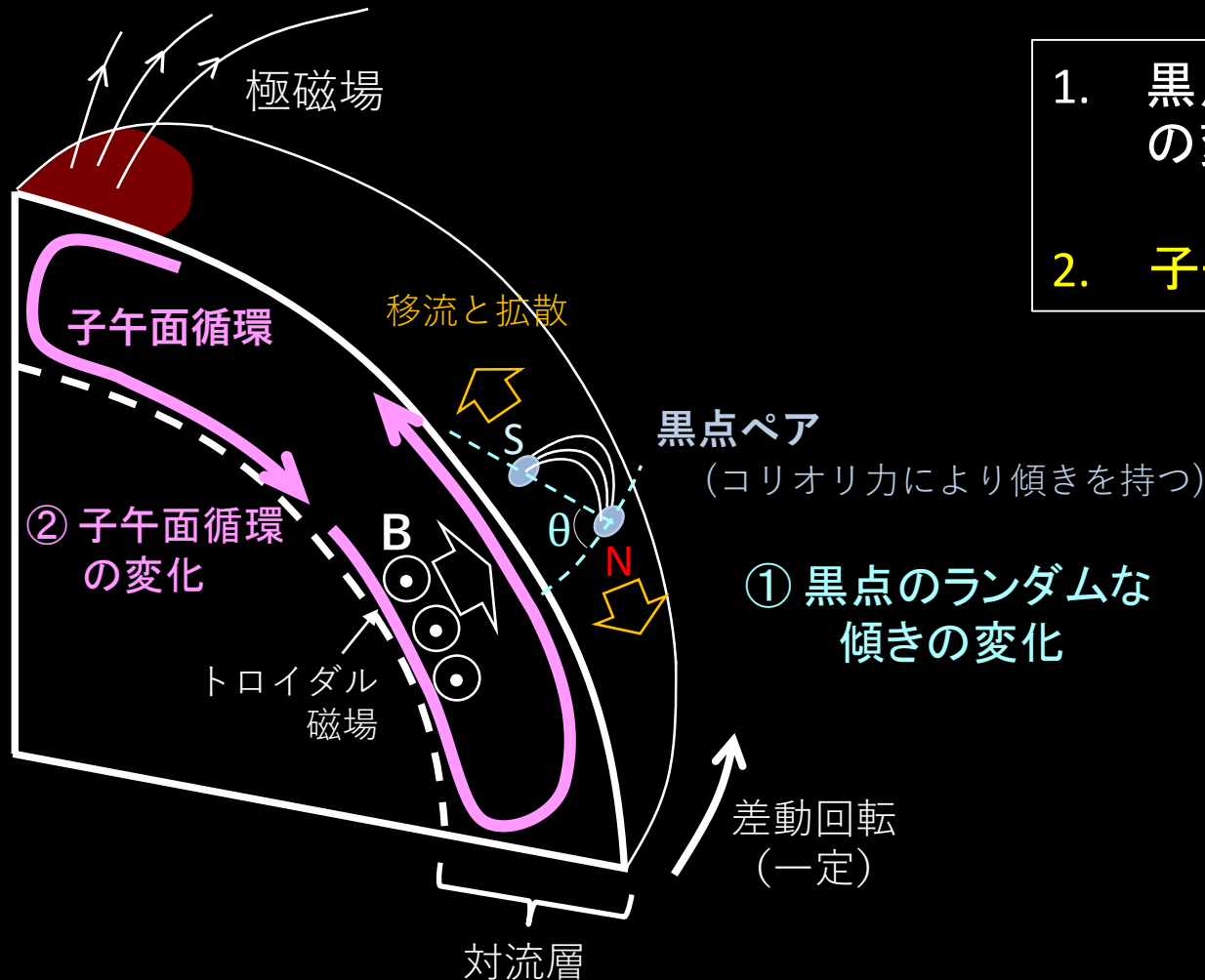


シュペーラー極小期でも 開始前の2サイクルに”延び”が見られる



Spoerer Minimum
(1410 CE ~)

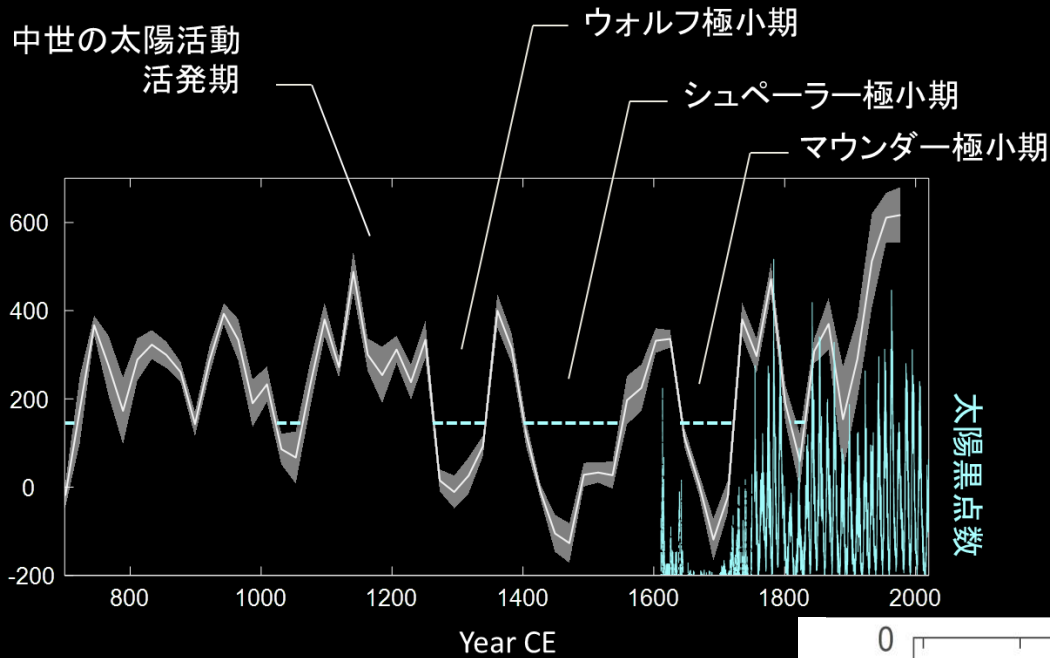
周期の延びが意味すること



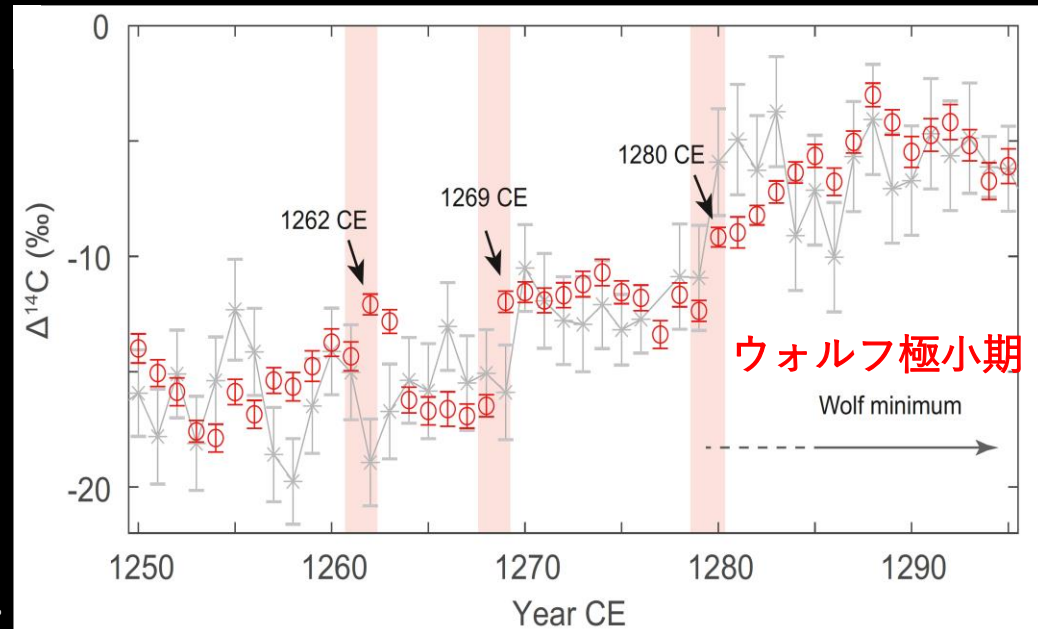
1. 黒点のランダムな傾きの変化
2. 子午面循環の遅延

太陽活動極小期と太陽フレアの関係性？

復元された太陽活動度

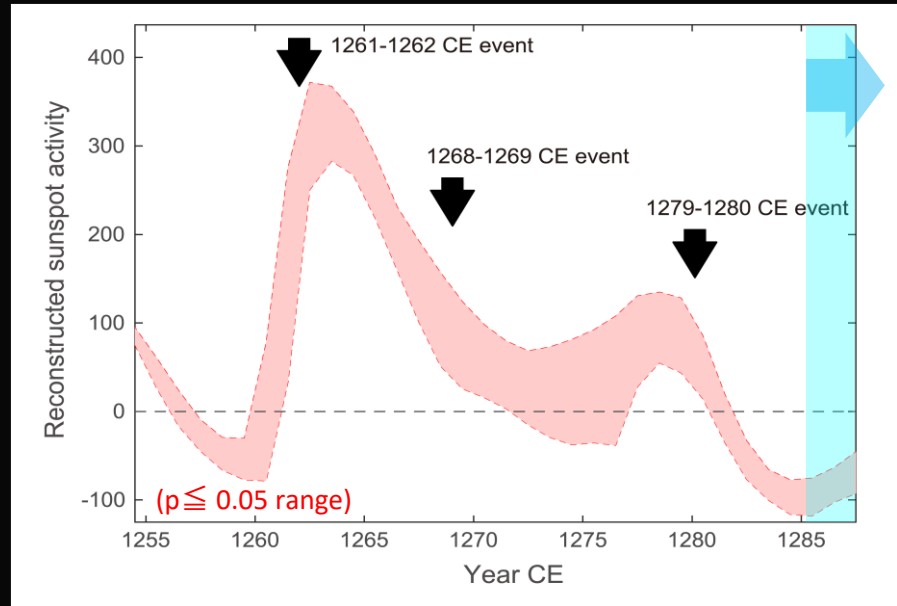
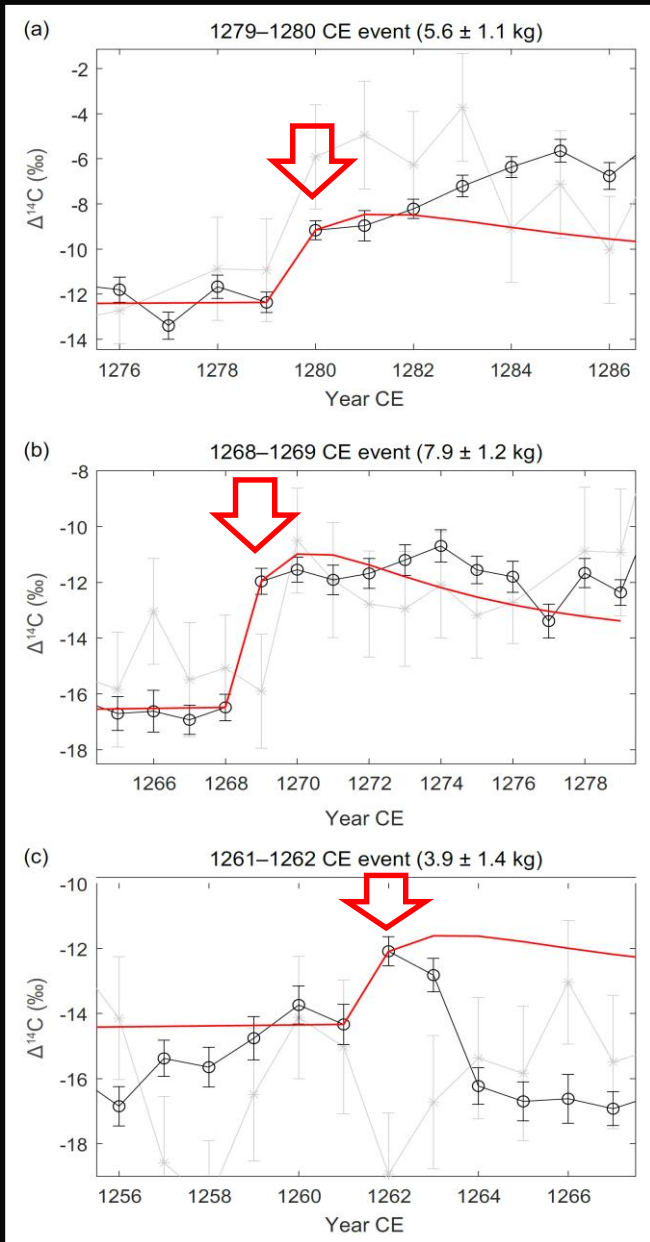


ウォルフ極小期の開始直前に、
大規模な太陽フレアが3回発生



Miyahara et al., GRL, 2022.

3つの巨大フレアの発生のタイミング

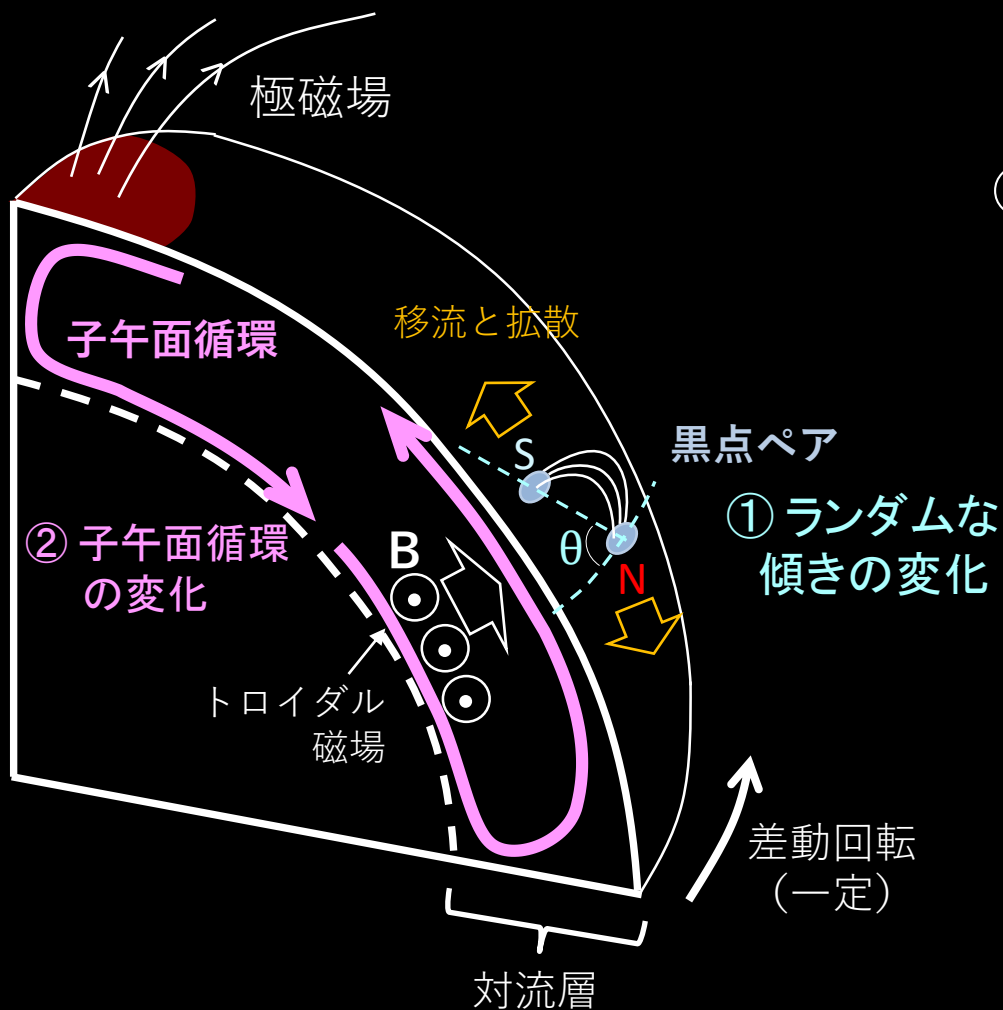


いずれもサイクルの極大or減衰期に発生

活発期から黒点消失期にかけての過渡期で発生

太陽活動の長期的な変動と
巨大太陽フレアが関係している可能性

太陽フレアと太陽ダイナモの関係性？



① 太陽内部の磁場強度の低下により磁場が乱流の影響を受けやすくなり複雑な黒点が生み出された可能性

② Joyの法則を乱す複雑な黒点 (= 巨大フレアを起こしやすい) が出現したことで、極域への磁場の集積が影響を受けた可能性

まとめ

- 炭素14の分析精度の向上により、
1サイクルごとの履歴が復元可能に。
比較的小さな(頻度の高い)大規模フレアも検出可能に。
- 今後の展開
巨大なフレアと、太陽ダイナモとの関係性？
石灰岩の分析でさらなる過去へ。