




科学者になるために 地球と太陽を研究する

ライフ・スバルガー 
スタンフォード大学

陸別 2012年11月

陸別 Rikubetsu

今日、私はここにいます。科学が地球の橋渡しをしています。

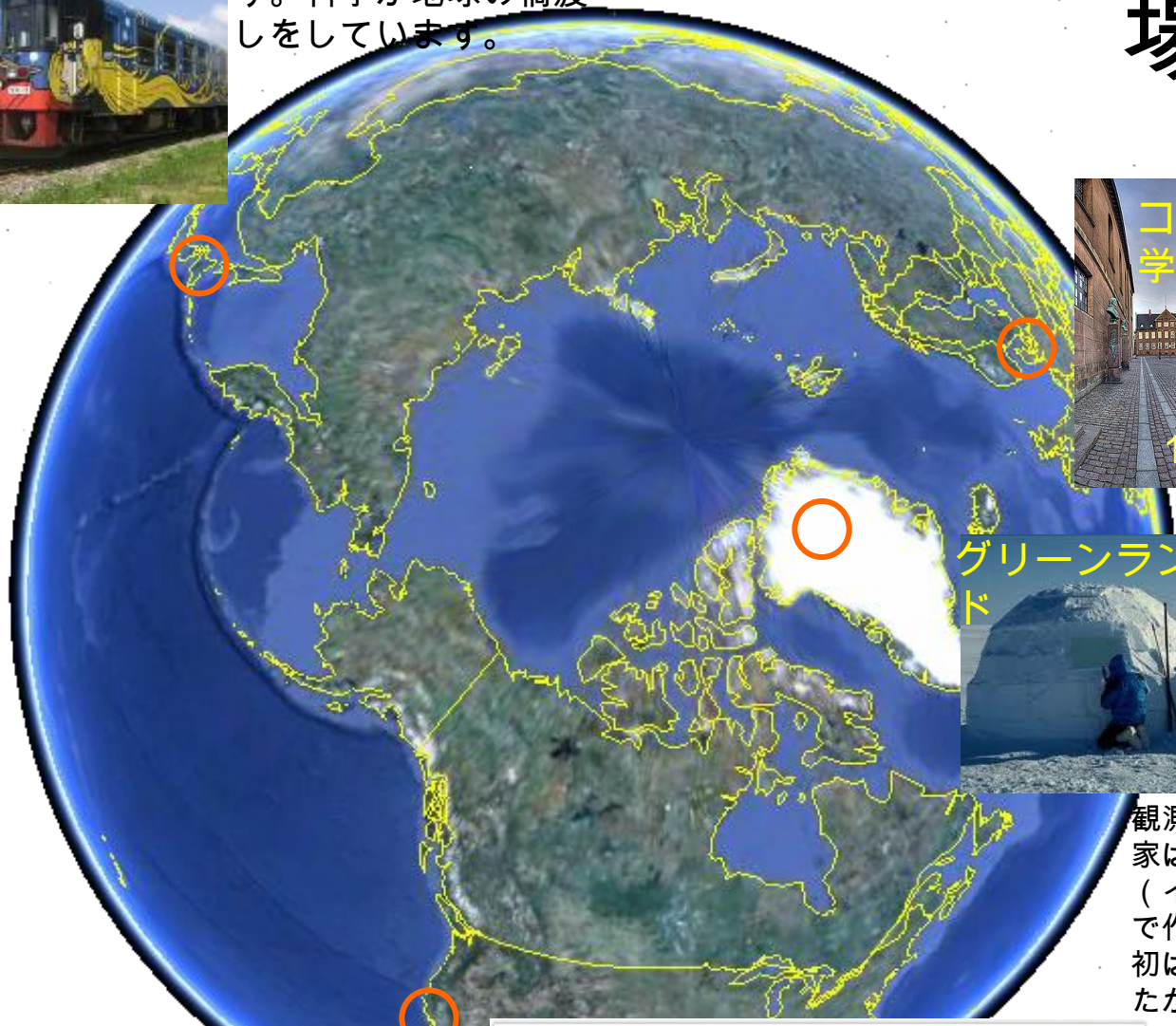


場所



コペンハーゲン大学

1479年設立

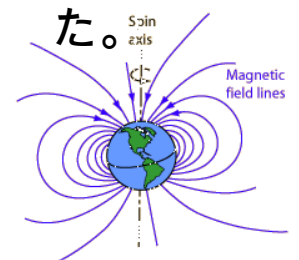


グリーンランド



1967年研究員として私は地球の磁場を観測するためグリーンランドに行きました。

観測の機械を置く家はこんな感じ。(イグルー：自分で作り蒔いた。最初はすぐ壊れましたが。)



「地球は大きな磁石だ。」

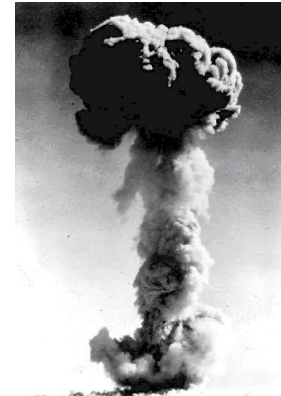
ギルバート, 1600年²

1972年カルフォルニア州のスタンフォード大学に呼ばれて働くようになりました。



スタンフォード大学

氷の基地に着くために

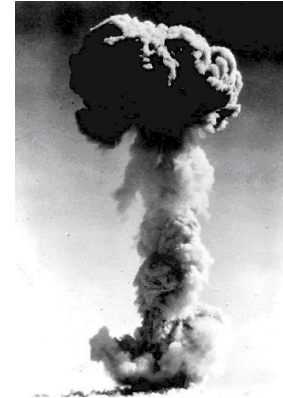


小さな地面の震動、原子爆弾の爆発を探すのに使えます。



イング・リーマン基地 77.92°N 39.23°W, 2400 m (7900 フィート), 1966-1967

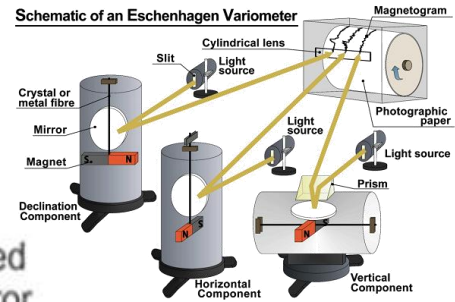
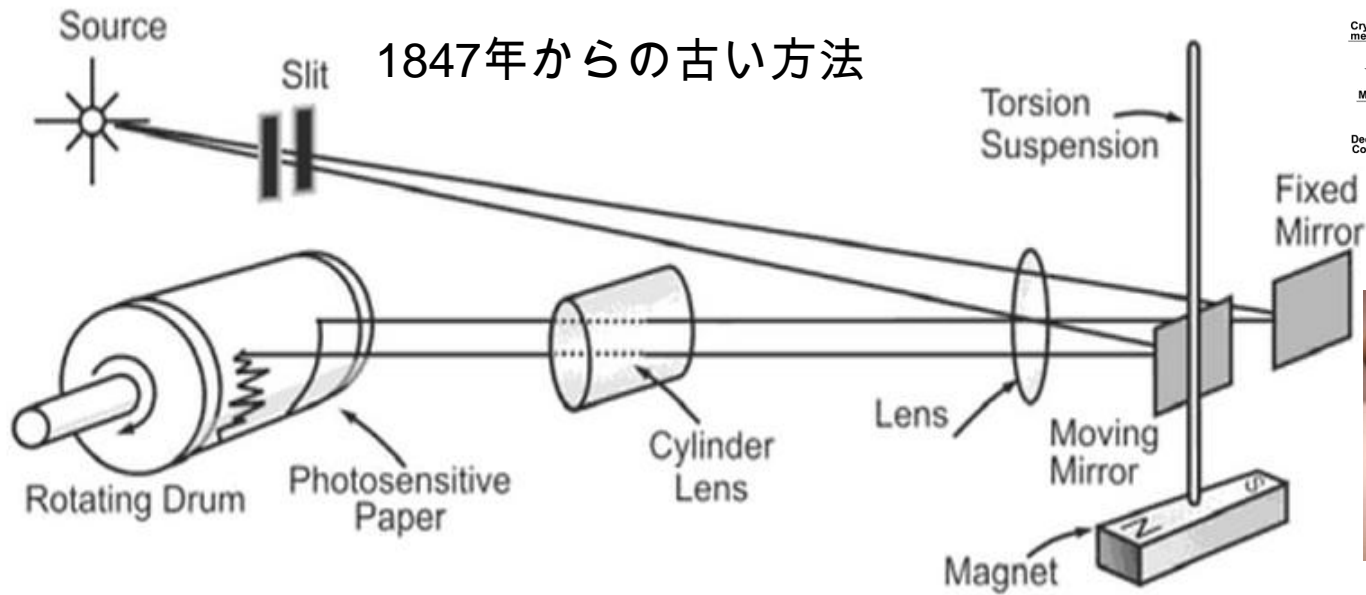
氷の基地に着くために



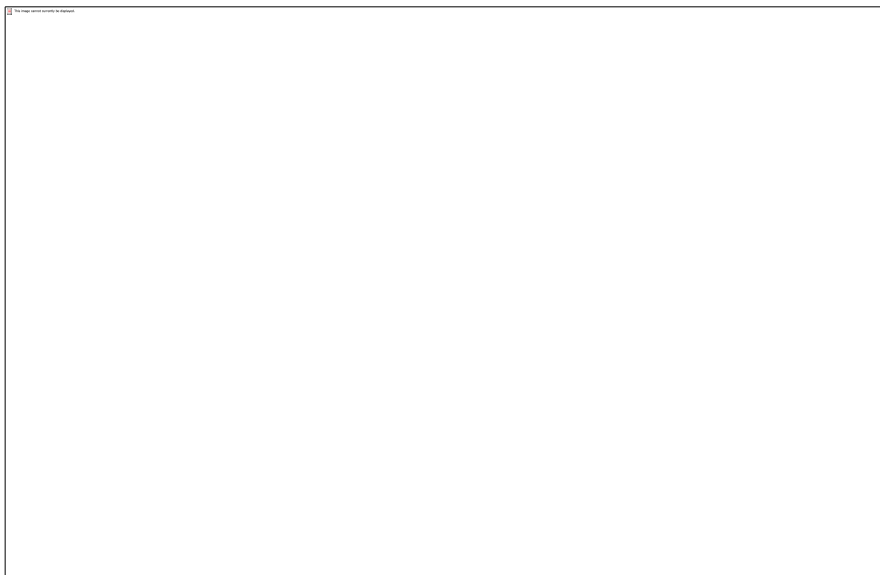
小さな地面の震動、原子爆弾の爆発を探すのに使えます。でも、私のしごとは磁場の観測だったのですが...



イング・リーマン基地 77.92°N 39.23°W, 2400 m (7900 フィート), 1966-1967



方位磁石
地球の磁場の方向を教えてくれる。



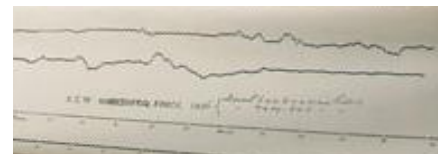
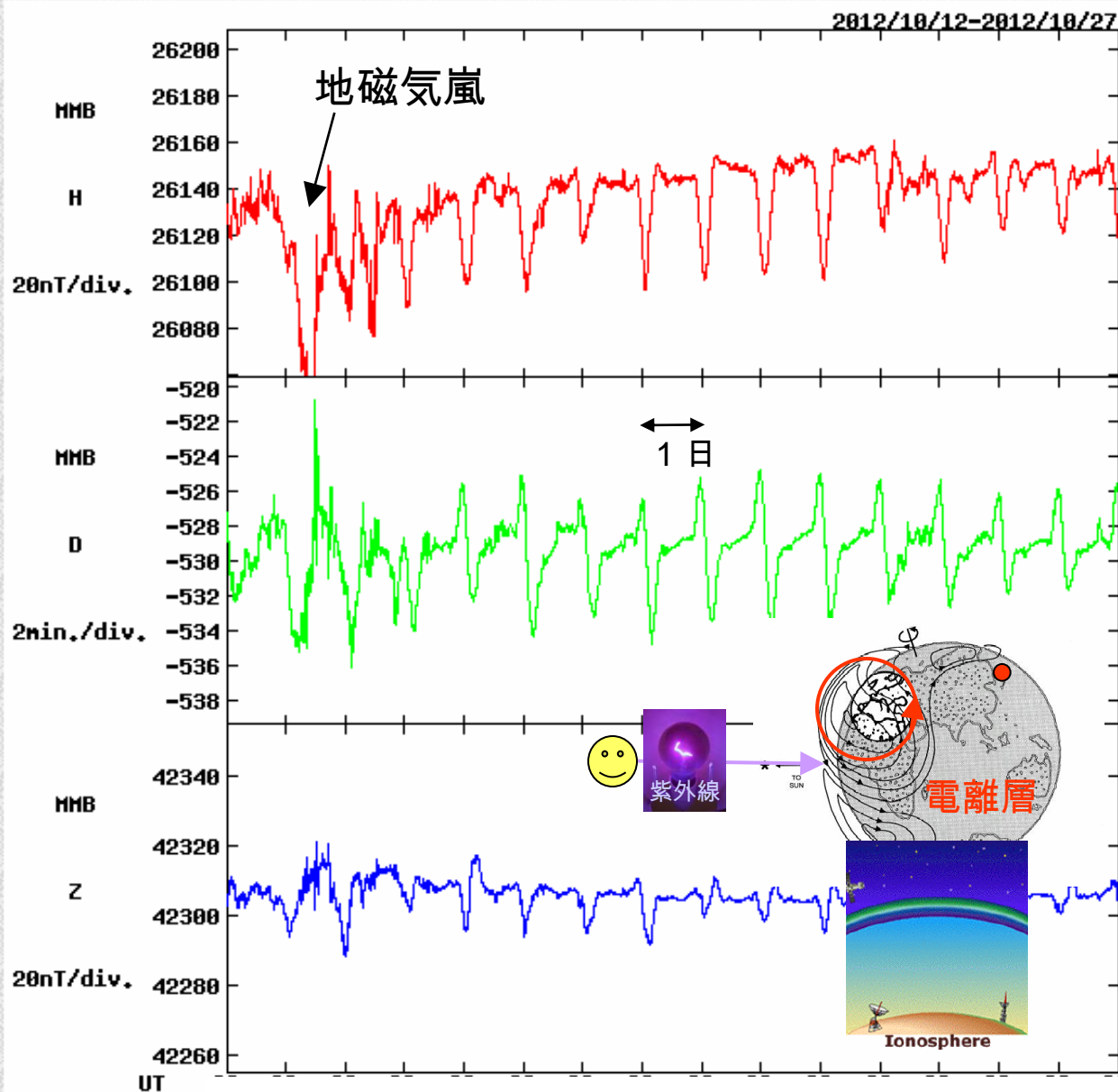
私は古い機械を使っていた。

磁気記録装置



現代の機械

磁気の記録



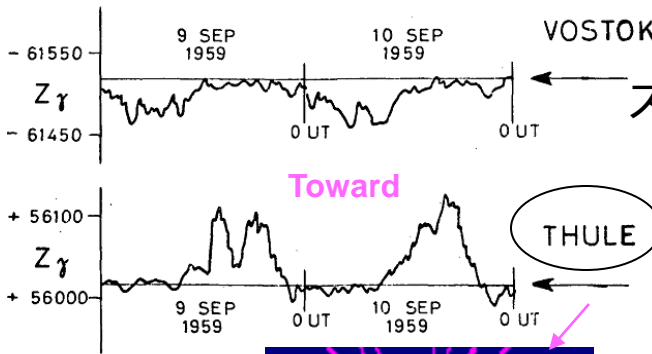
磁気嵐の間にオーロラが活発になる



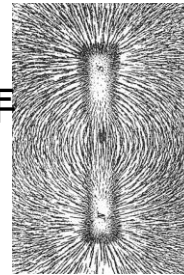
宇宙から見たところ

地球と宇宙空間の磁場

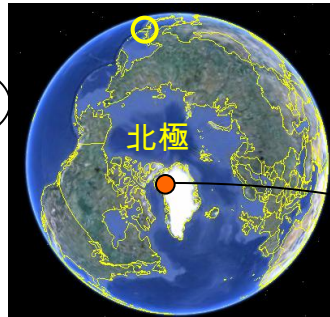
太陽系では、太陽からやってくる磁場が**太陽風**とともに全体的に行き渡り、地球（他の惑星）のいたるところに達する。



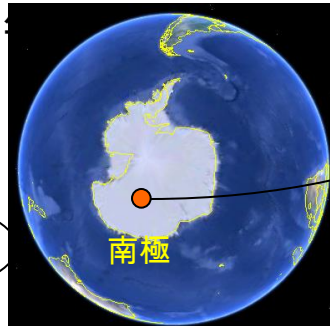
スバルガード, 1968年



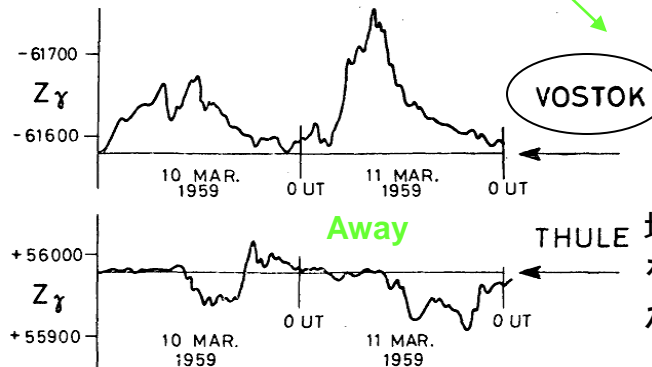
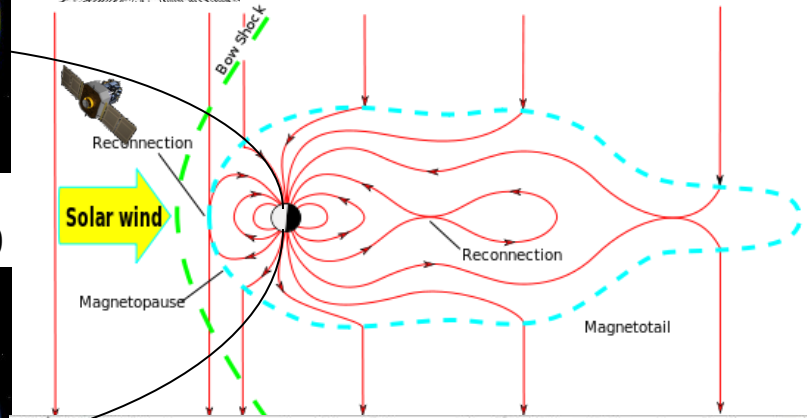
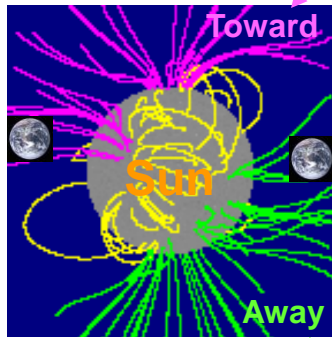
磁場の線は磁場の方向を示している。



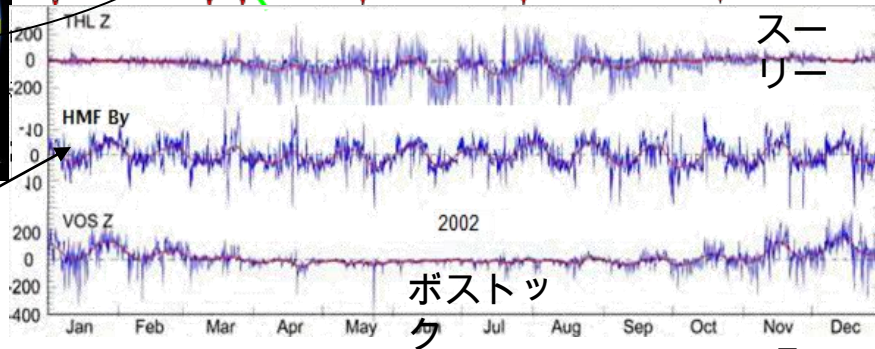
マンズロフ, 1969



地球の北極での記録は太陽の磁場を示す。



地球から**宇宙**の磁場をどれだけ正確に分かるか見てみよう！

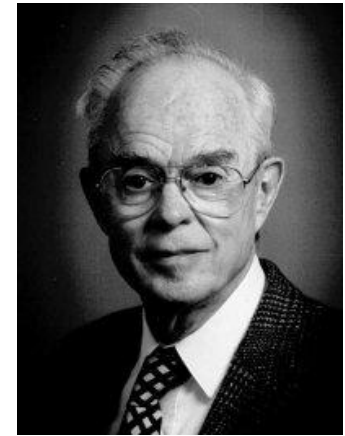


太陽風

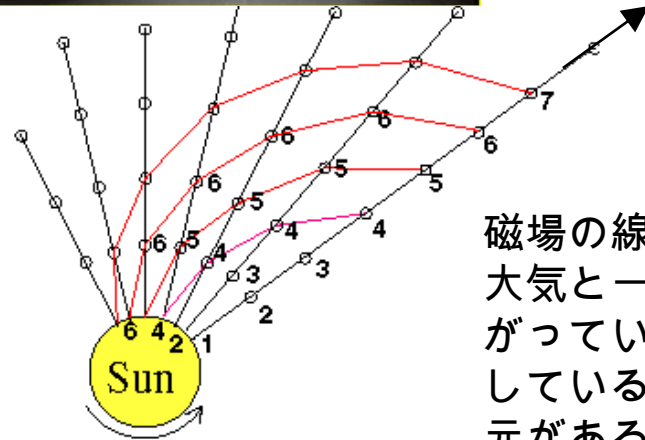
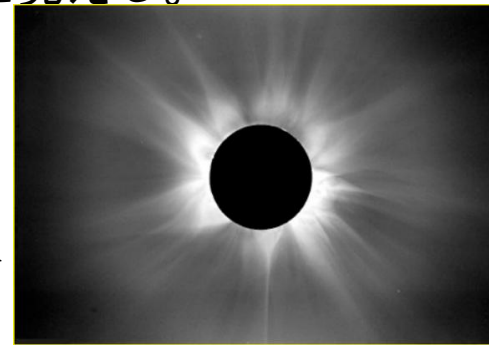
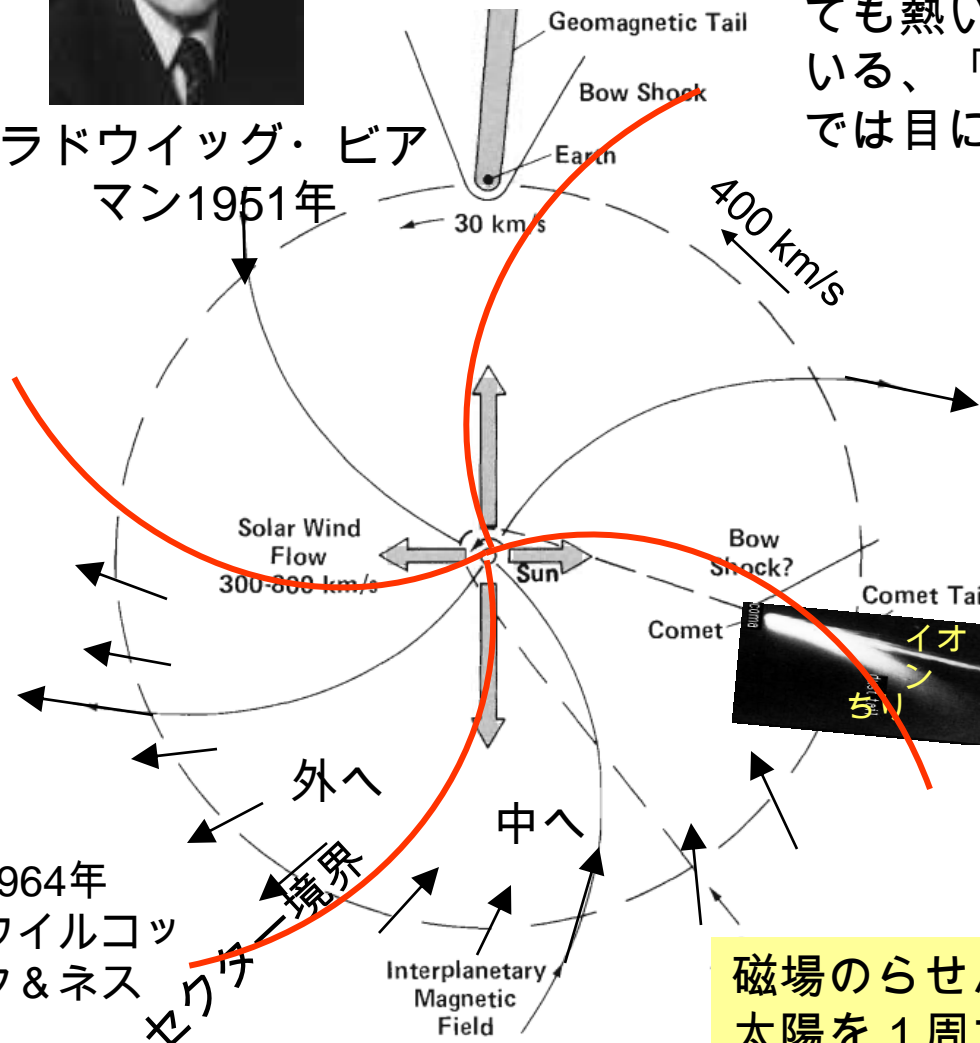
絶えず吹いていて、宇宙へとても熱い太陽の大気を広げている、「コロナ」太陽の近くでは目に見える。



ラドウィッグ・ビエマン 1951年



ジーン・パーカー 1958年
放射状に外へ外へと広がる。

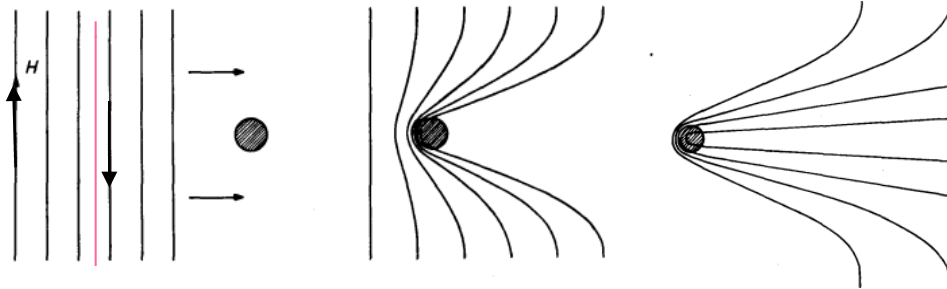


磁場の線は太陽の大気と一緒に広がっている。回転している太陽に根元がある。

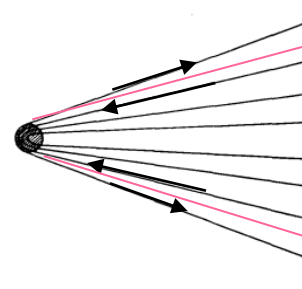
磁場のらせん模様は25日かけて、太陽を1周する。

太陽風は彗星の尾を揺らす

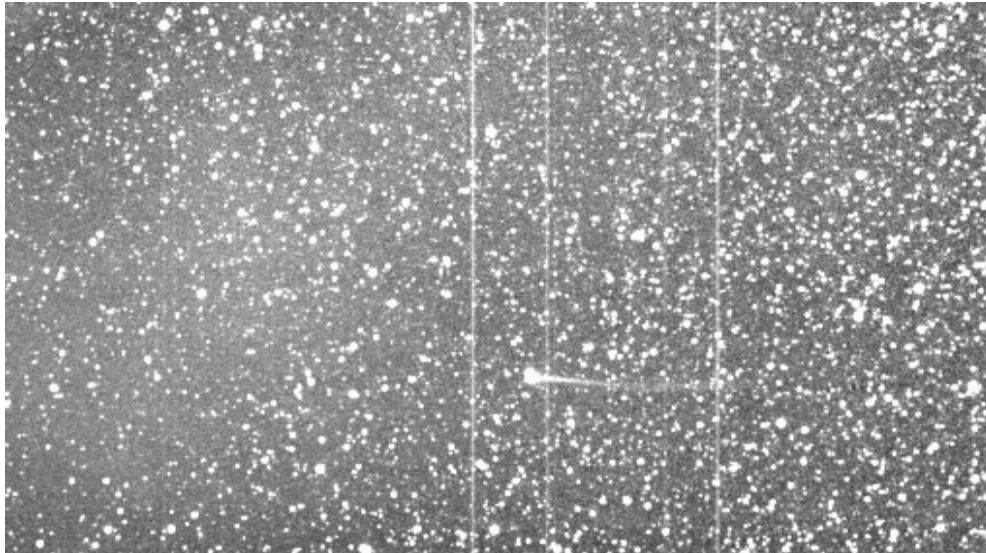
セクター境界



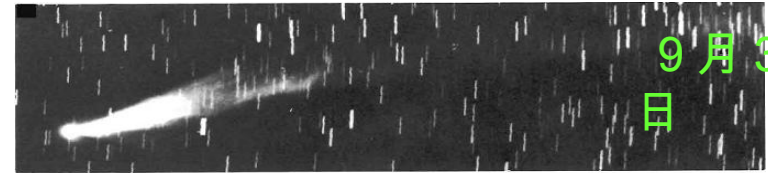
再結合



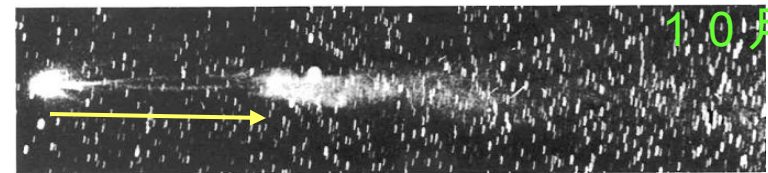
コワレモノ：彗星のイオンの尾が入ってます。



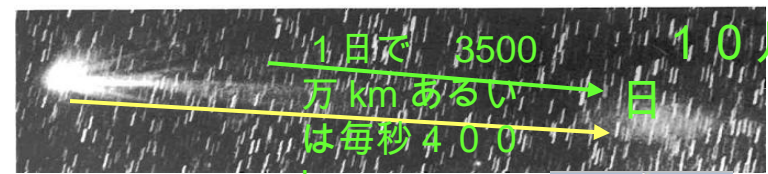
エンク彗星 2007年4月20日



9月30日



10月1日



1日で 3500 万 km あるいは 毎秒 400 km

10月2日

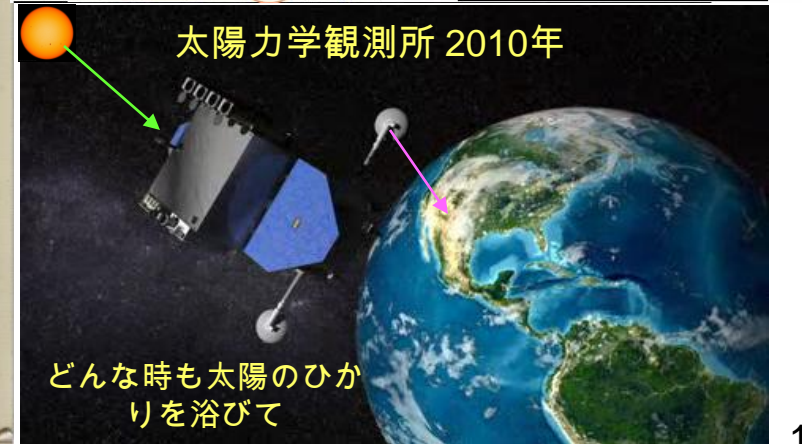
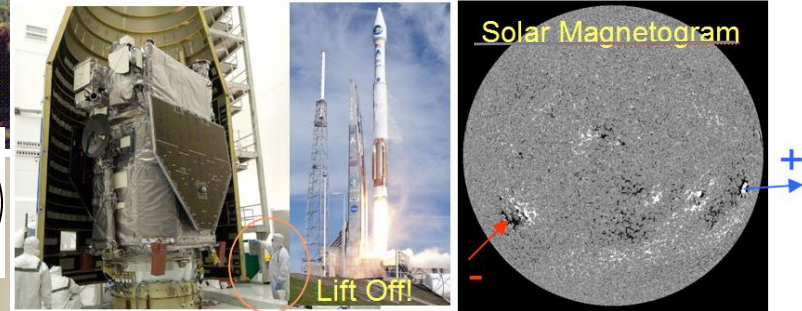
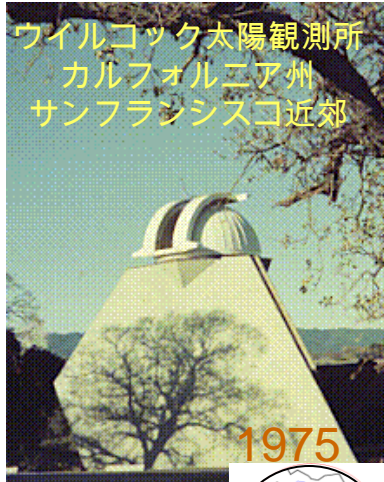
モアハウス彗星1908年



磁気を帯びた太陽風は どこから来るのか？

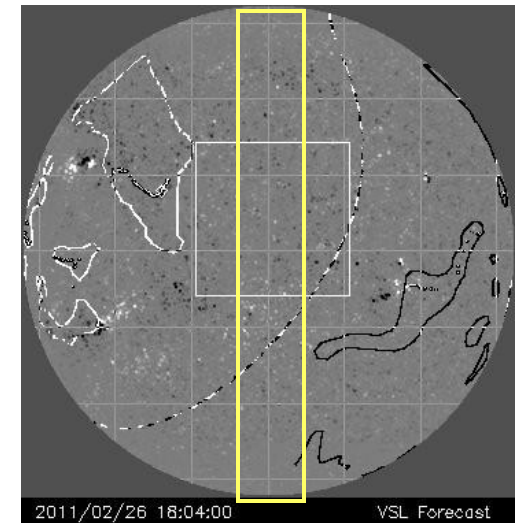
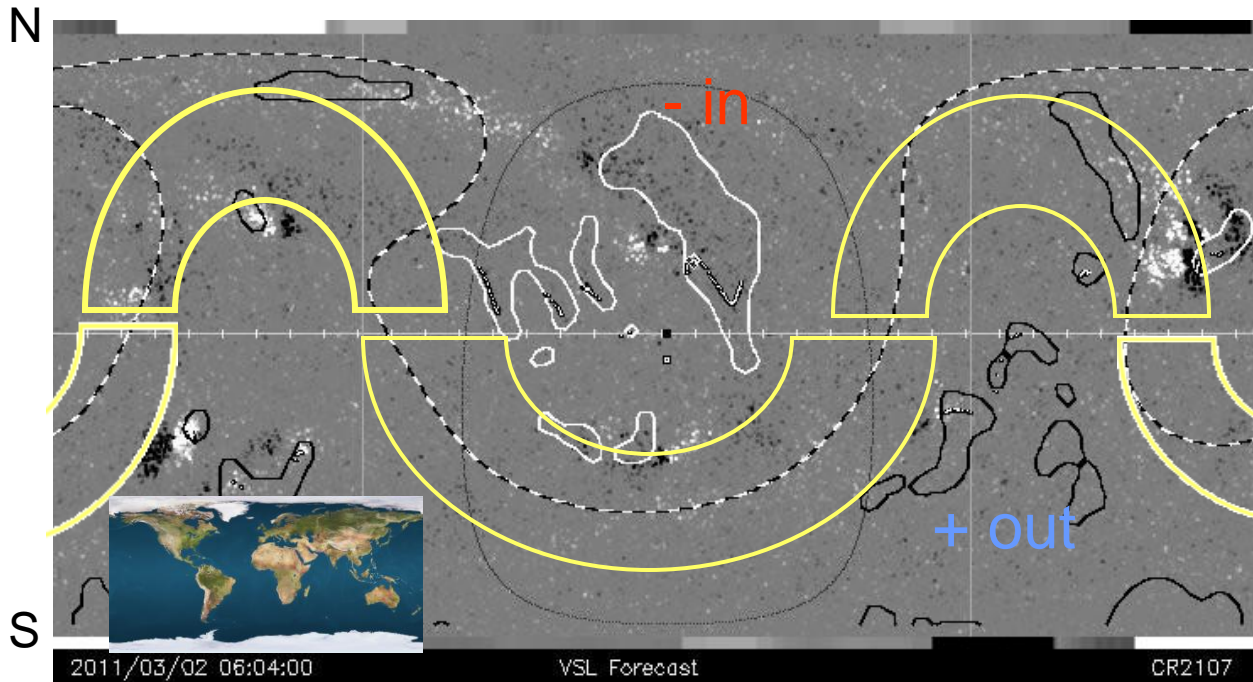
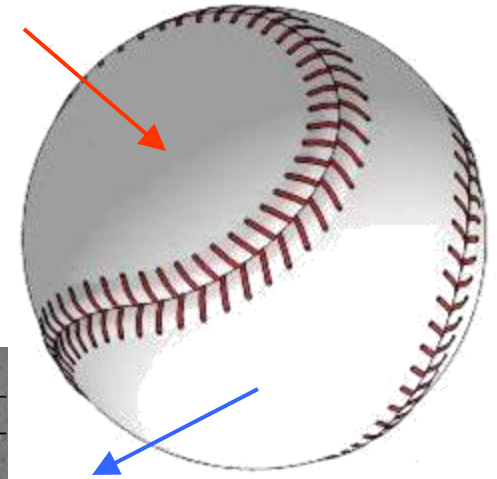
それを探るため
に私達は太陽磁
場観測所を作っ
た！

だから、グリーンラ
ンドの氷から太陽を
研究するため日当り
の良いカルフォルニ
アに行こう



太陽のセクター境界

計測された磁場から、プラス・マイナスの相反する極性間の境界線がどこにあるか計算することができる。それは野球ボールの縫い目のように地球の表面をくねくね曲がっている。

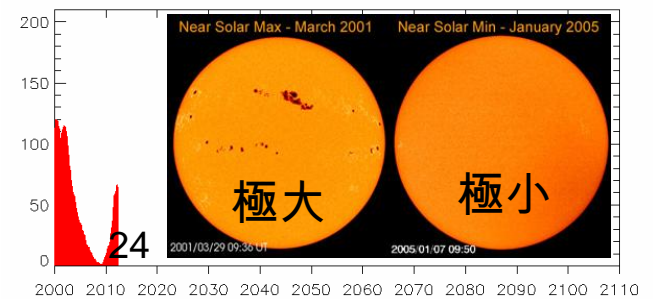
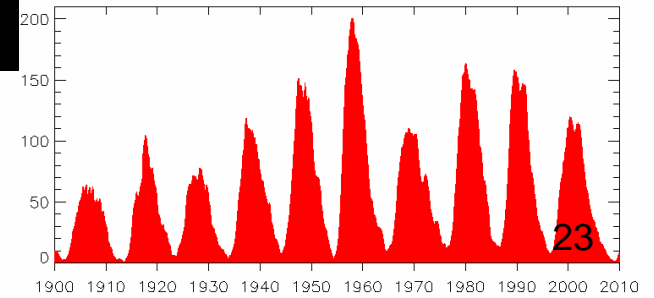
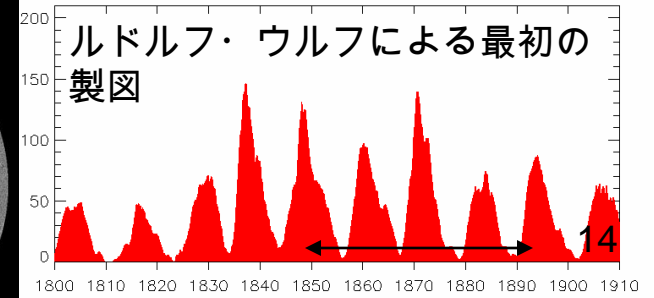
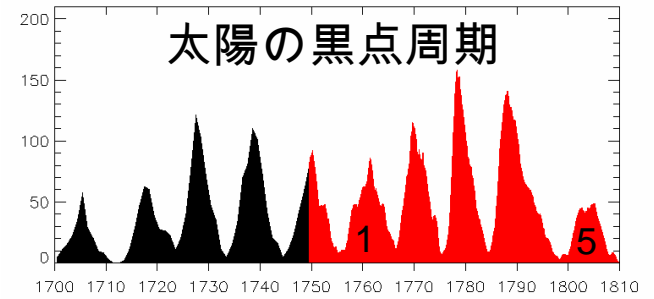
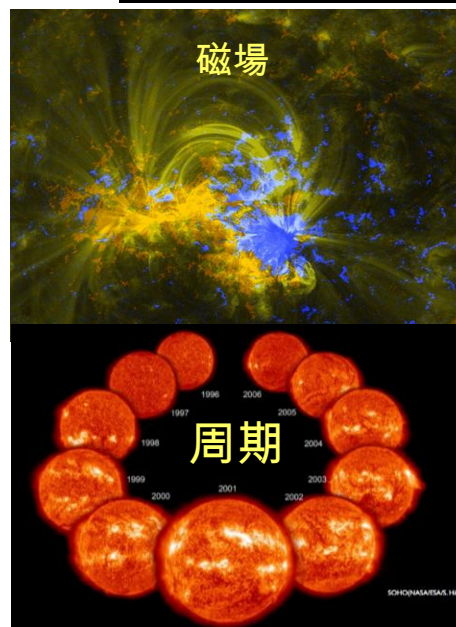
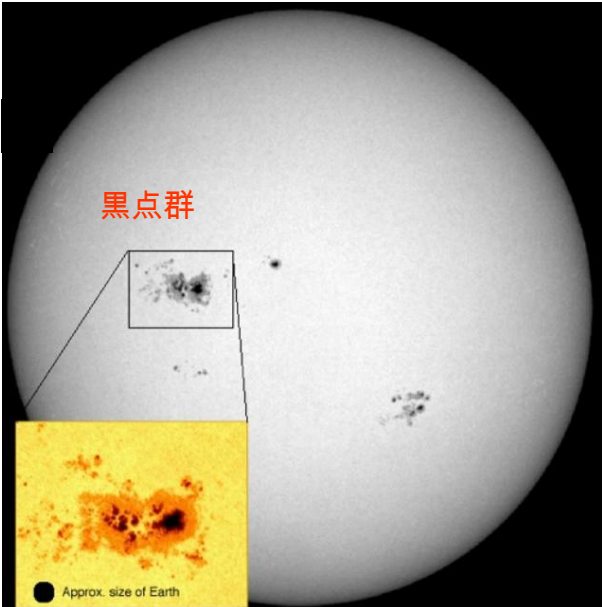
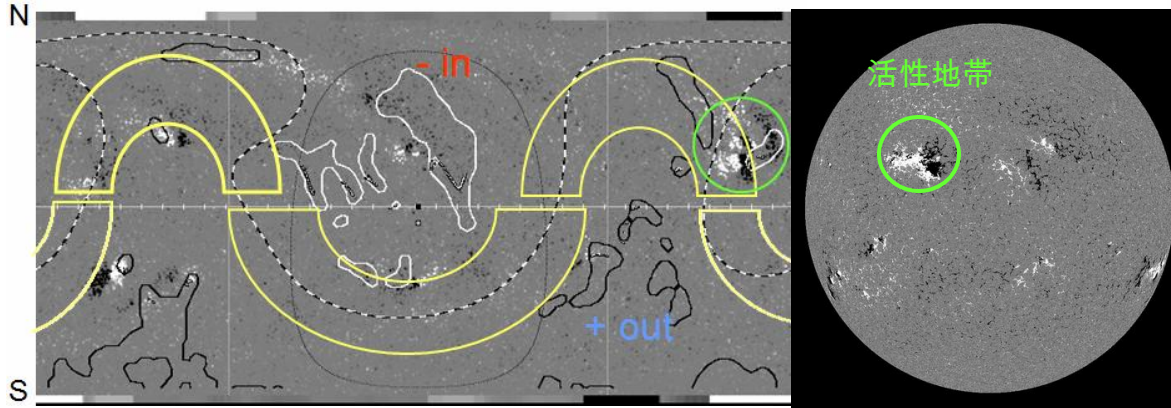


27日分の細かい帯のおおまかな地図が太陽全体を表している。

ディスク磁気分布図

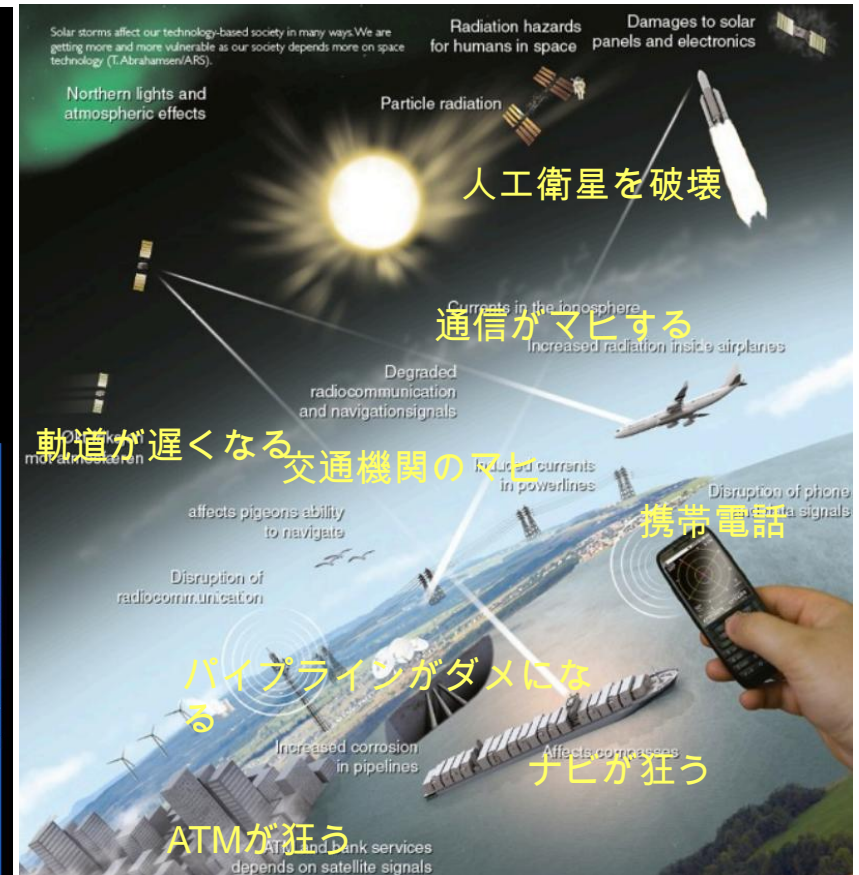
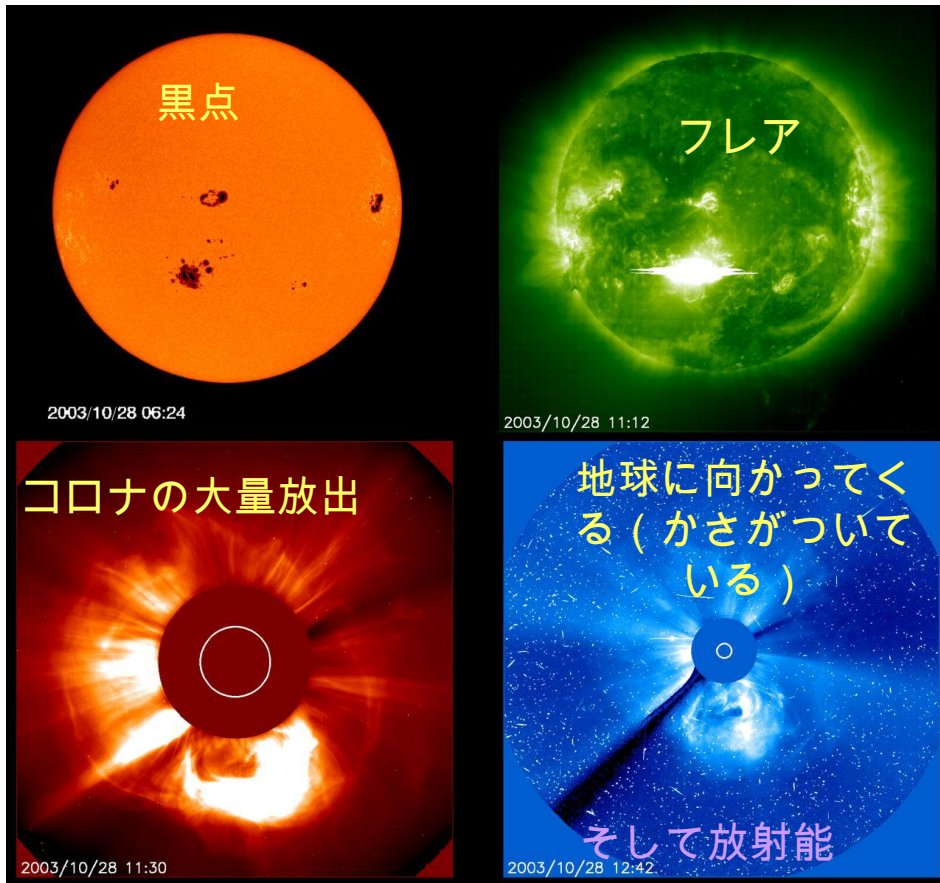
11年の太陽周期

活性領域 = 磁場が多い。



太陽の嵐とその結果

ねじれた活性領域にためられたエネルギーは爆発的に放出され、その結果、危険な放射能とプラズマが宇宙空間に飛び出る。もし、これらが地球を直撃したらこの爆発の破片が私たちの通信機器を壊し、混乱を引き起こすだろう。

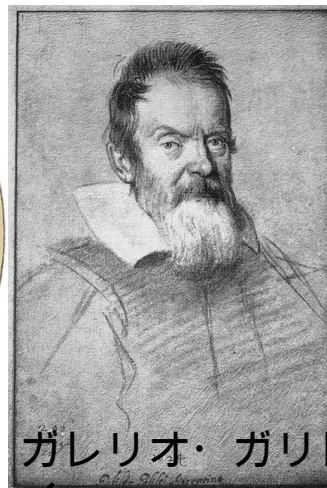


太陽の黒点観測の歴史

私たちは400年もの間、天体望遠鏡により太陽の黒点を観測している。



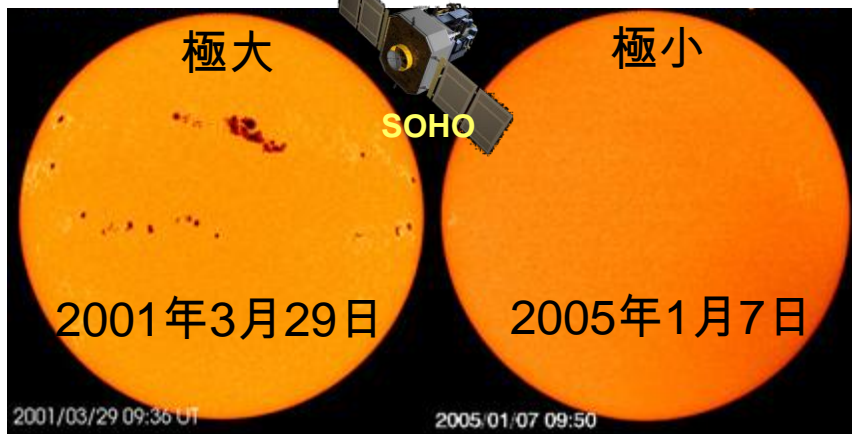
ウォーチェスターのジョン 1128年12月8日



ガレリオ・ガリレイ



ガレリオの天体望遠鏡



宇宙船から太陽の黒点を観測



ルドルフ・ウルフ 1816-1893



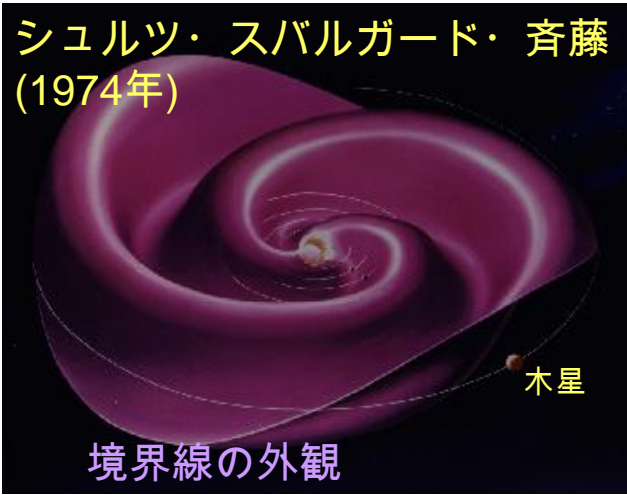
ウルフの天体望遠鏡

太陽の黒点の数を数えた人

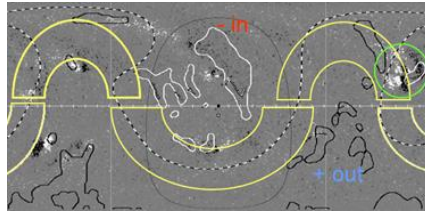
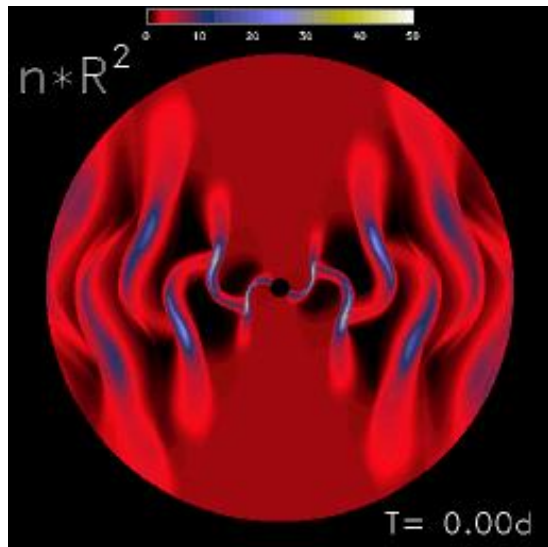
現在でも使用している

太陽の黒点の数はいつも小さな天体望遠鏡を使って決められる。

太陽風にもどって...



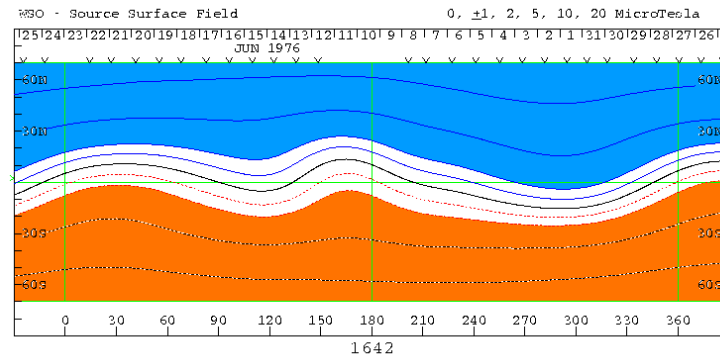
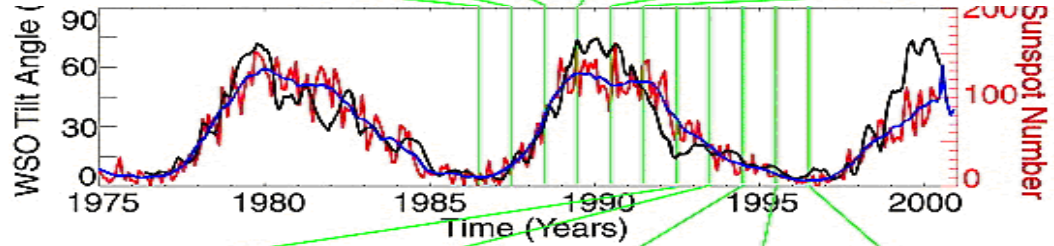
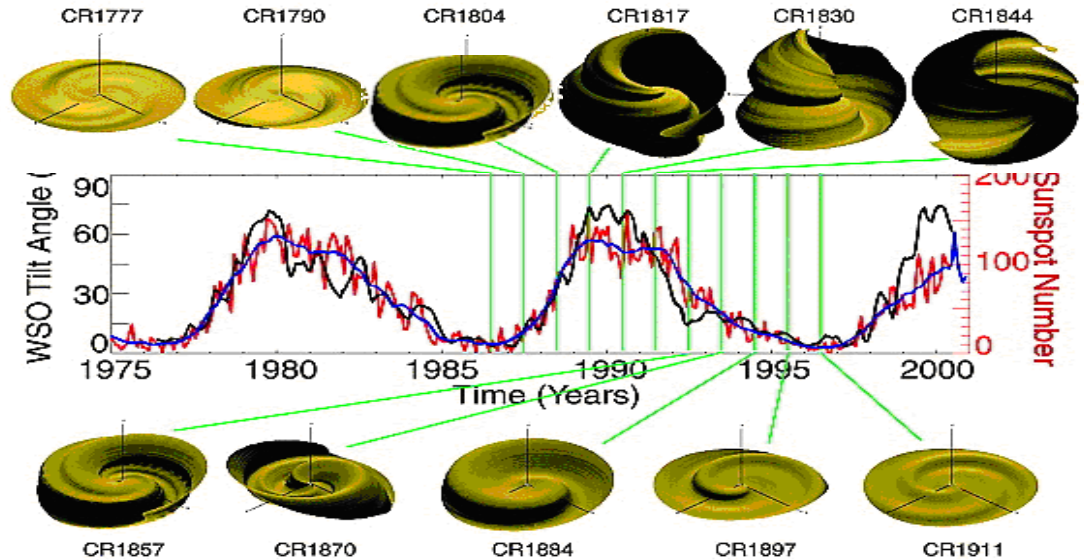
境界線全体を垂直に切ったもの:
 ← 50 AU →



セクター境界

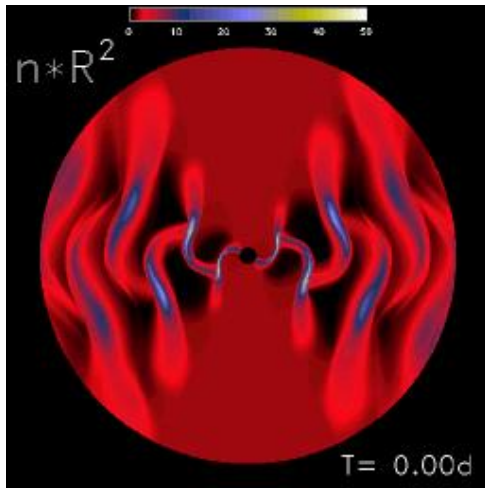
周期を通じた境界線

セクター境界近くに太陽風がより密集して速度が遅くなっている。太陽は回っているので、これがいく度となく太陽をおおう密集プラズマのらせん層を作り上げている:

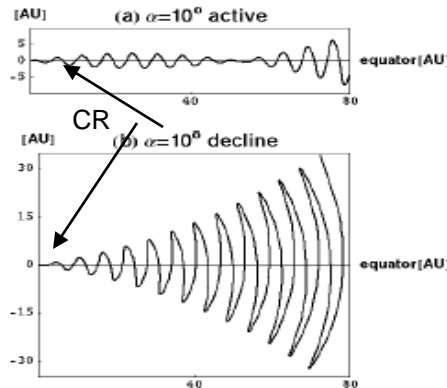


時間ごとのぱたぱた揺れるセクター境界の変化の範囲に注意!

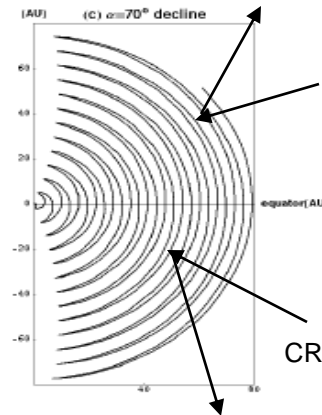
天の川銀河の宇宙線



太陽極小期

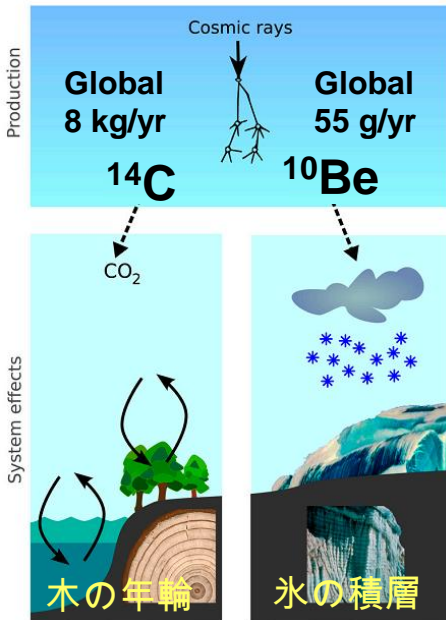


太陽極大期



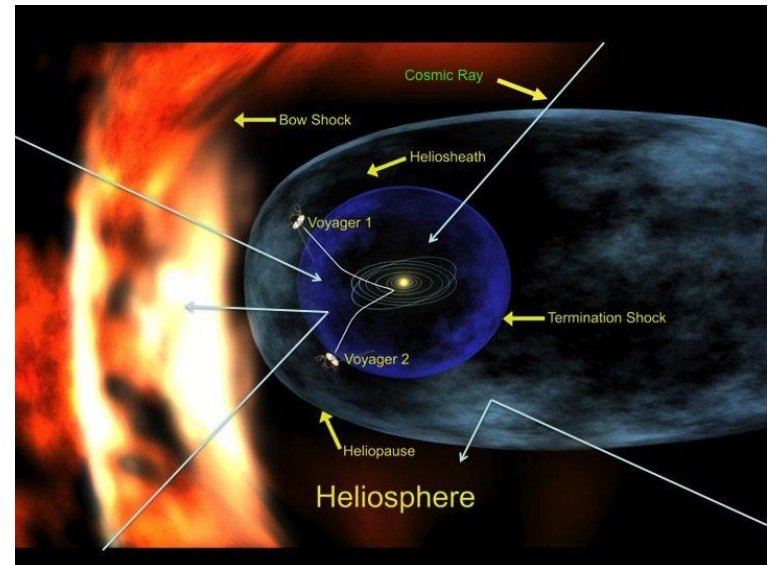
宇宙線の変化は電流シートの広がりや太陽嵐の周期変化によって引き起こされる。

極大のときにはより多くの宇宙線が太陽系から外にそれて行くので、地球には来ない。:



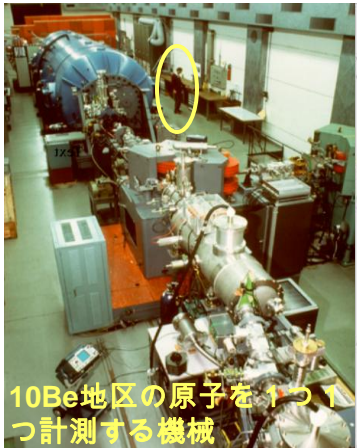
約30もの(2次的な)宇宙線が毎秒私たちの体を通り抜けている。

大気にぶつかったとき、宇宙線は放射性的カーボン14とベリリウム10同位体を作り出す。

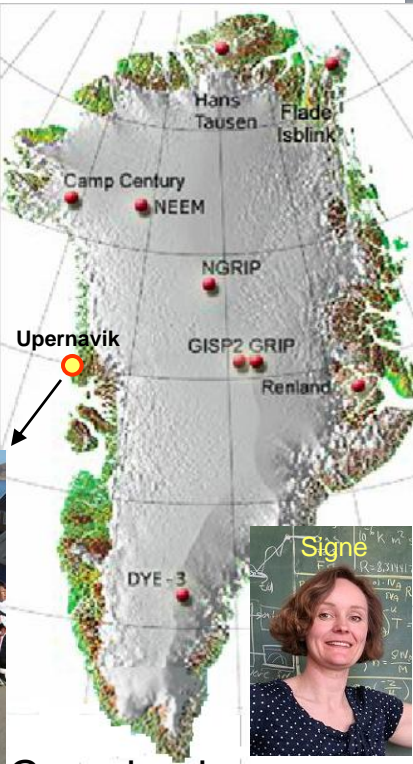


氷の積層に向かって掘る

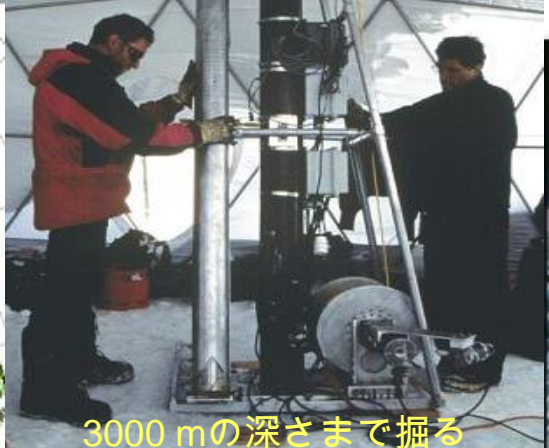
氷の中に含まれる ^{10}Be の量を計測すると何千年も前の宇宙線の量がわかる。



10Be地区の原子を1つ1つ計測する機械



Greenland グリーンランド



3000 mの深さまで掘る



Be-10

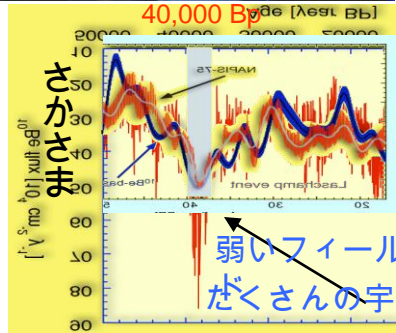
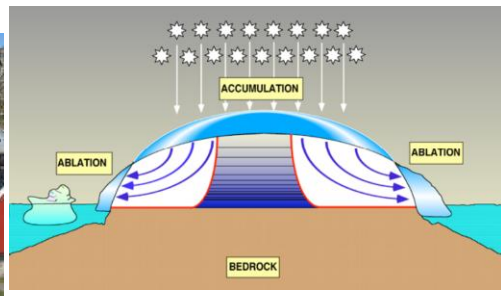
Quelcaya glacier
氷の年層



学校の1日目



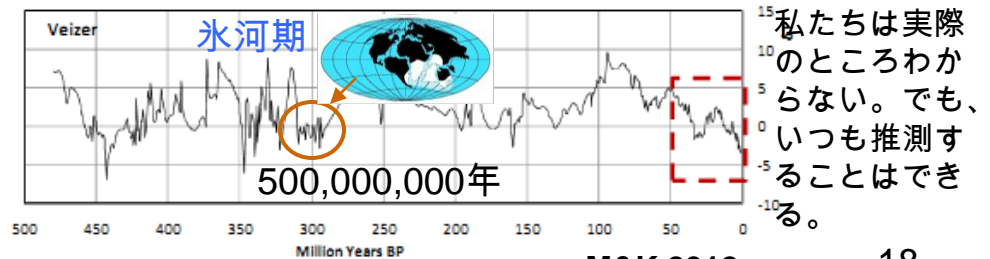
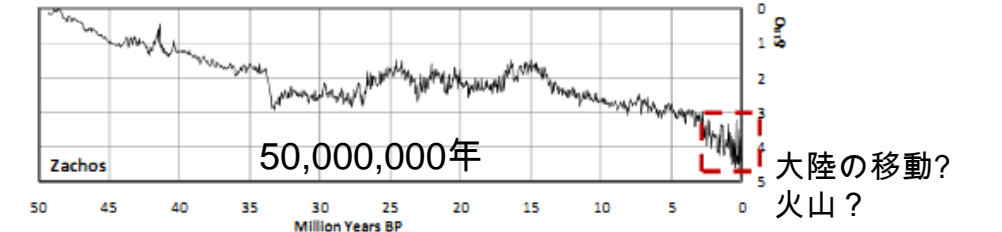
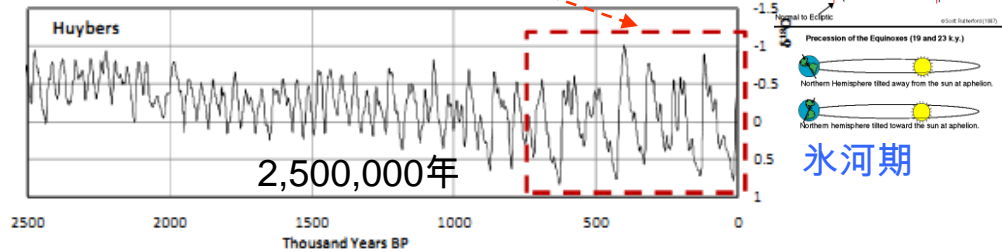
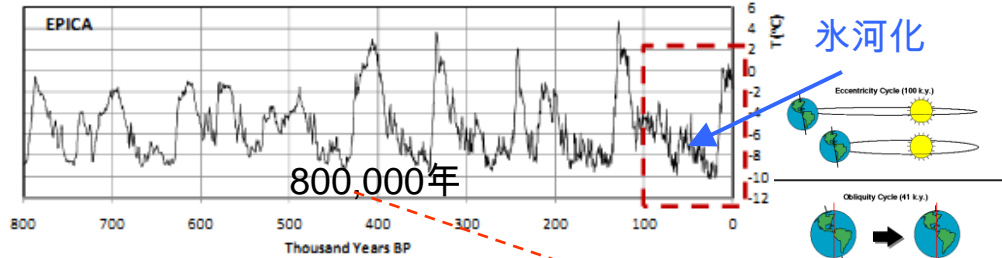
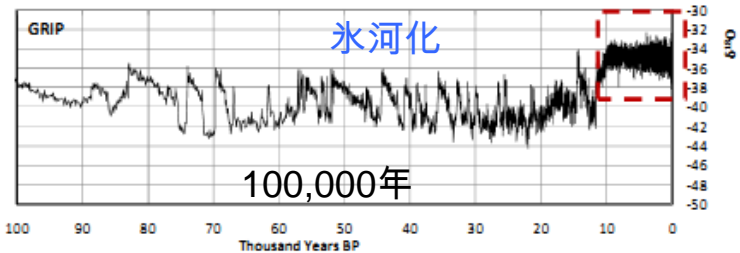
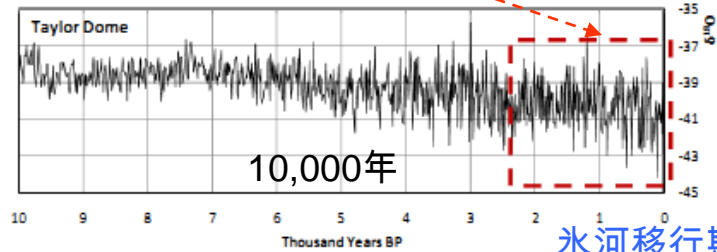
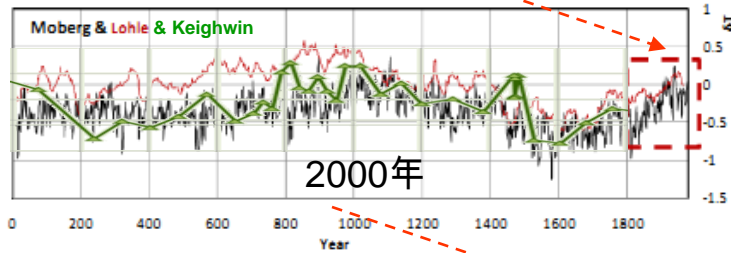
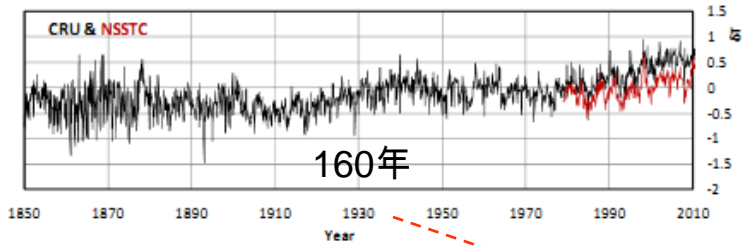
ウパナビーク 高度
1130インチ



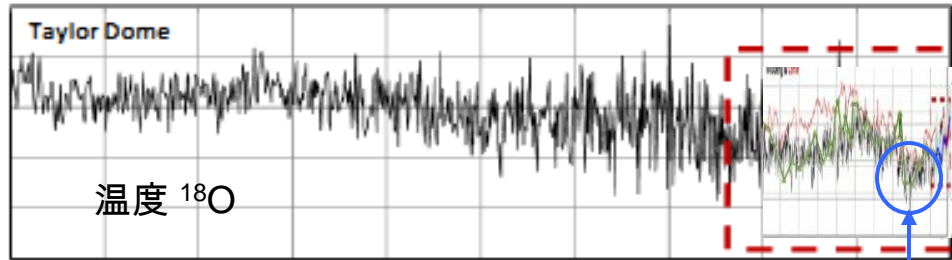
宇宙線の計測は地球の磁場強度の変化によっても影響を受ける。私たちはこれを修正している。

気候の大きな変動

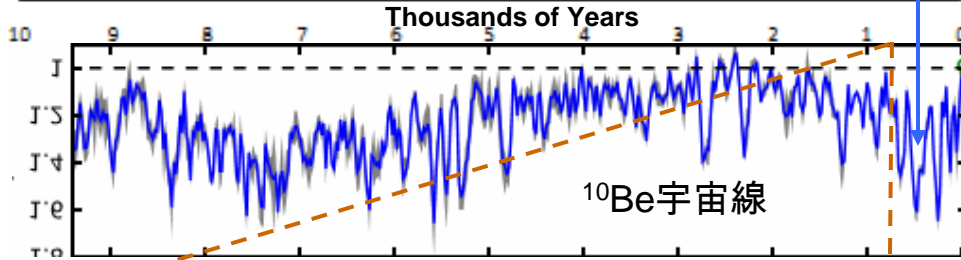
太陽の変動は地球の気候の変動を引き起こすか？ 大きな変化はないだろう。



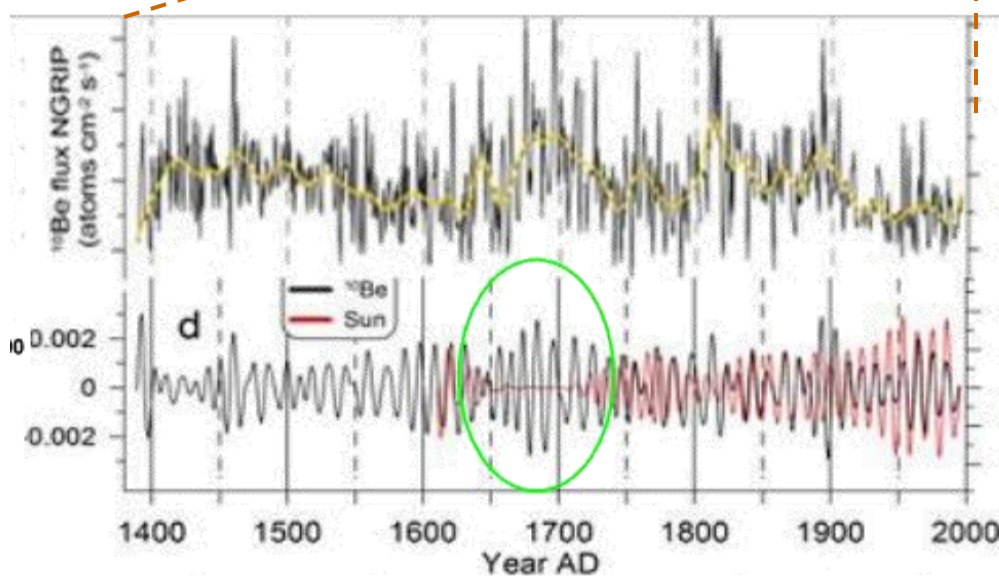
でも、確かに短い周期の変化は主に太陽によってコントロールされているはず？



主に1645年から1715年のマウンダー極小期。この期間は気候が寒く、太陽の活動も低かった。

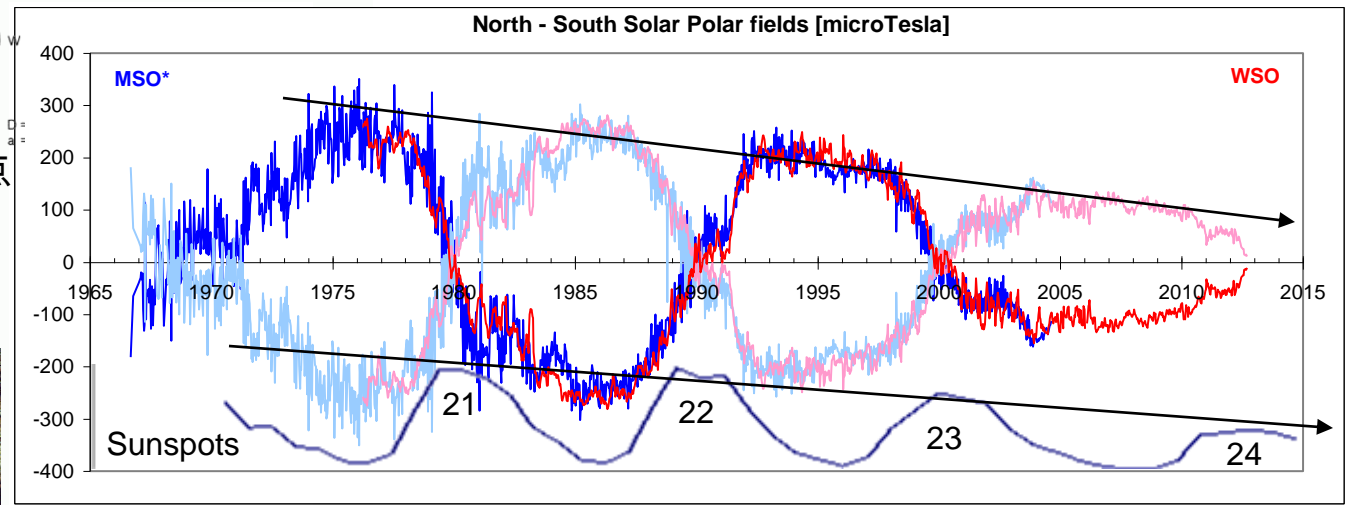
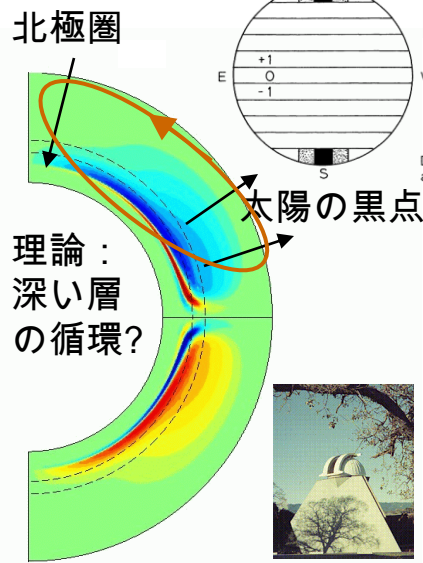


でも、過去1万年の ^{10}Be の量の変化と気温を比較すると、納得の行く相互関係はきわめて少ない。



マウンダー極小期の間、宇宙線の変化は強く、大きかったが、太陽の黒点はほとんど観測されなかった。この理由は解明されていない。しかし、今後の20年か30年で、同じような現象が起こるといふかすかな兆候がある。

では、将来太陽の活動はどうなるか？ 私たちは太陽の活動を予測できるか？



不確かなものがたくさん残されている。SDOが私たちに太陽の内部についてももっと多くを語ってくれれば期待に違いない。太陽の表面の対流がわかっているだろう。

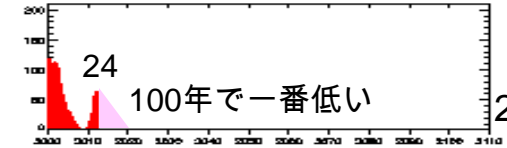
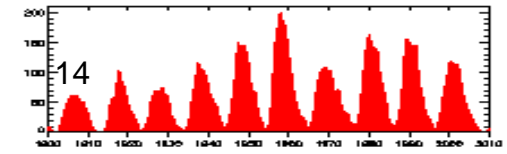
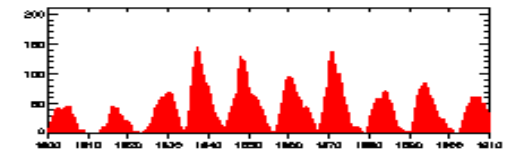
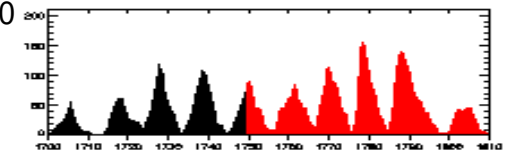
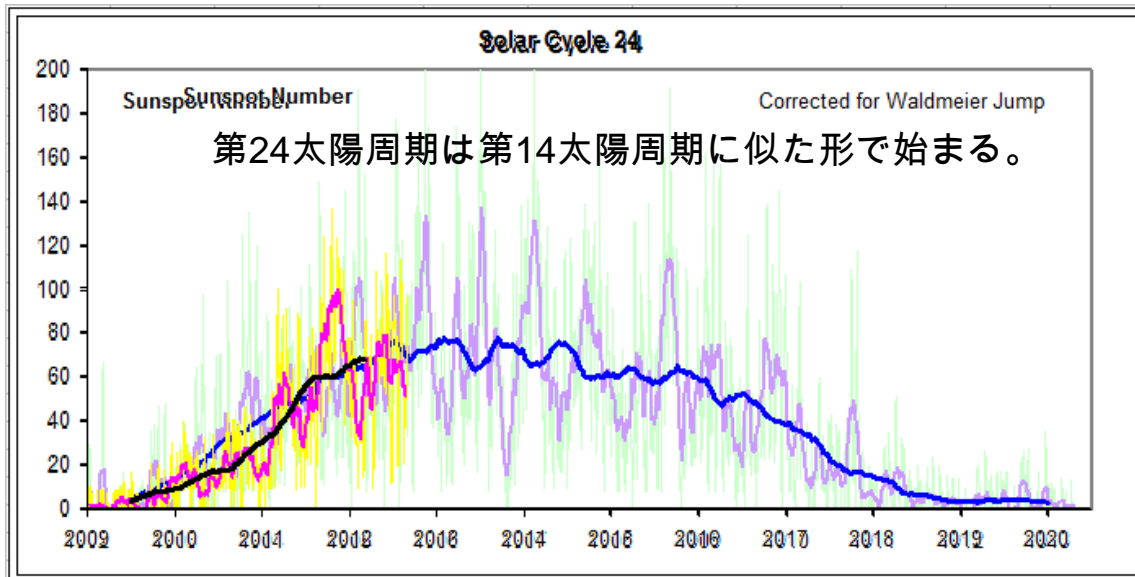
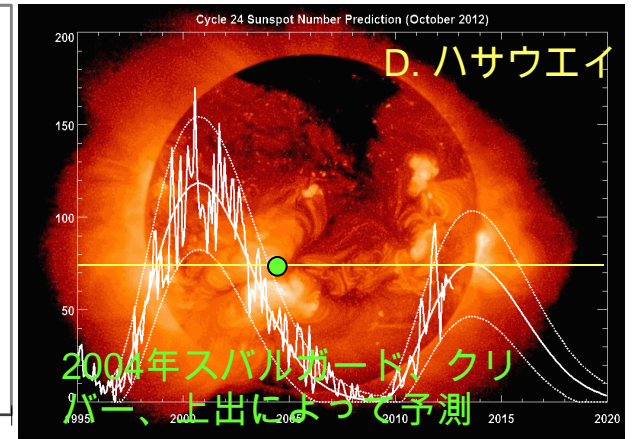
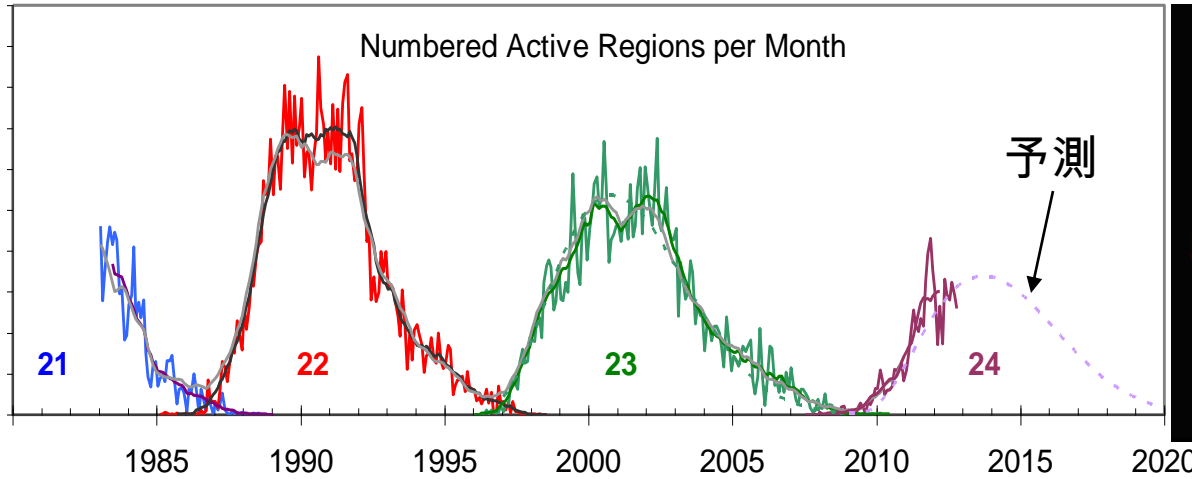


太陽極小期における太陽の極域の磁場の活動が、次の太陽活動周期を予測する際により指標となる。

最近の極小期では太陽極域の磁場が弱かったため、第24期太陽活動期は太陽活動道が低いことが予測されている。

第24太陽周期はどう発達したか？予測どおり！

Active Region Count



まとめー私たちは何を学んだか？

- 科学と科学者は国際的であること
- 地球はそれ自体が太陽と太陽系を研究する道具として使われること
- このような研究はたくさんの科学的な学問が入り交じっていること
- 科学とは一生続く学習の過程であること
- 私たちの技術の文明は太陽や宇宙の気候によって傷つきやすくなる。だから私たちはもっともっと研究しなければならないこと



The End