

太陽の長期変動と地球環境

国立天文台 桜井 隆

太陽の変動と地球への影響

- 短期
 - 太陽フレア: 1時間
 - 磁気嵐 その1~2日後
- 中期
 - 太陽黒点の11年周期変動とそれに連動した太陽の明るさや紫外線強度の変動
- 長期
 - 数百年の間隔で(不定期に)起こる太陽活動の変調
- もっと長期で直接の観測データがない
 - ミランコビッチ効果(数万年)
 - 天体衝突
 - 太陽系が銀河系内を旅する(1周2億年)間に遭遇する環境
 - 若い(暗い)太陽問題
 - 太陽の赤色巨星への進化(70億年後)

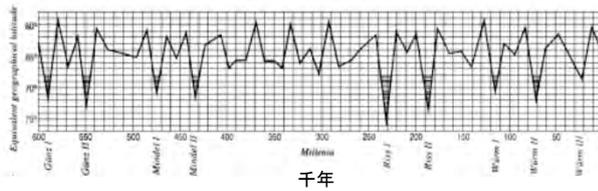
目次

1. 超長期の変動について概観
広い視野で舞台設定を見る
2. 太陽の変動と地球への影響の基礎メカニズム
 - 2.1 黒点と太陽輝度
 - 2.2 ダイナモ機構
3. 長期観測データを用いた太陽の研究
4. 考察

1. 超長期の変動について概観

氷河期の原因とされるミランコビッチ効果

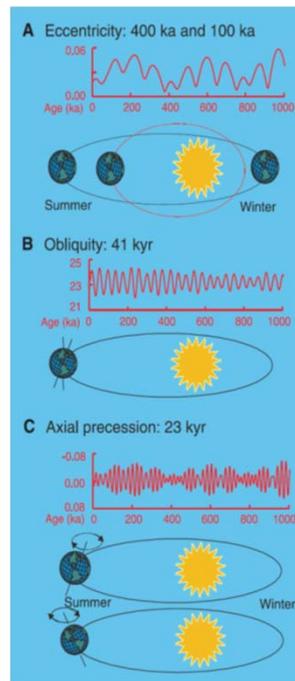
- ミランコビッチ(セルビアの地球物理学者、当時はユーゴスラビア)が1920~40年頃提唱した理論
 - 地球の自転軸や軌道の変化が氷河期の原因
 - 黄道傾斜角の変化(惑星の摂動のため): 4.1万年
 - 地球の自転軸の歳差: 1.9万年、2.3万年
 - 地球軌道の離心率の変化: 10万年、40万年



北緯65°の夏半年の日照量

Grubic: Episodes 29, 197, 2006

- 軌道の離心率の変化
- 自転軸の傾斜角の変化
- 自転軸の歳差



Zachos: Science 292, 686, 2001

地球の気温の周期性

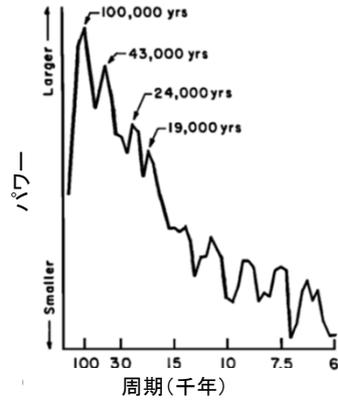


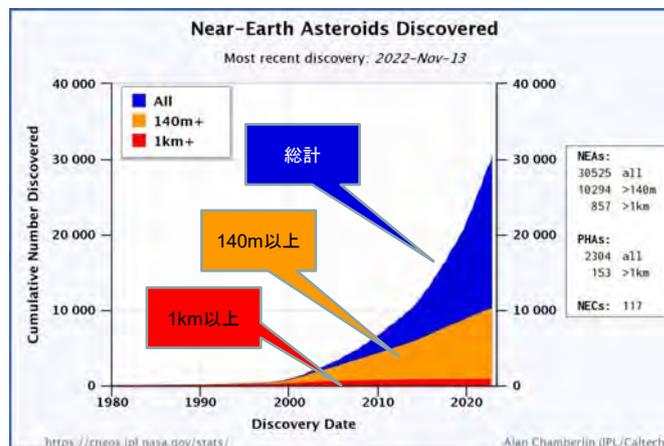
Fig. 13. Spectrum of climatic variation over the past half-million years. This graph, showing the relative importance for different climatic cycles in the isotopic record of two Indian Ocean cores, confirmed many predictions of the Milankovitch theory. (Data are from Hays et al. [1976]. Reprinted from Imbrie and Imbrie [1979] with permission from the authors and Enslow Publishers.)

- 気温の指標
 - 有孔虫の化石の $\delta^{18}\text{O}$
 - 放散虫の種の構成

Berger: Rev. Geophys. 26, 624, 1988

天体衝突

- 地球接近天体(NEO)の発見数(累積)



PHA:
potentially
hazardous
asteroids

NEC:
near-Earth
comets

<https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/totals.html>

- 10m程度以下の天体
 - 常に衝突、被害はほとんど無し
(チェリャビンスク隕石: 20m)
- 100m程度の天体
(1908年ツングースカ隕石: 60m)
 - 数百年に1度程度 ・地域的被害
 - ↑ 観測強化で対応できる
 - ↓
 - ↓ 大きいものはほとんど発見済み
- 1km程度の天体
 - 数十万年に1度程度 ・地球的規模の被害
- 10km程度の天体
 - 1億年に1度程度 ・地球の激変

情報提供
ISAS/JAXA 吉川真

銀河系の中の太陽: ご近所の様子

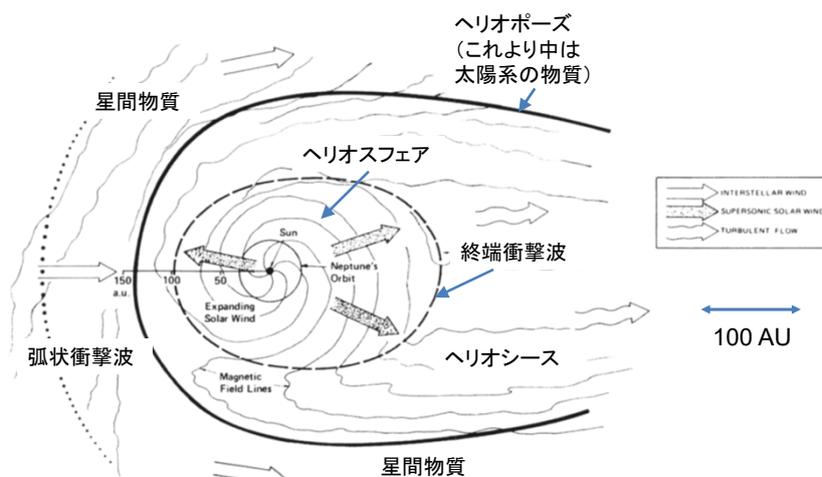


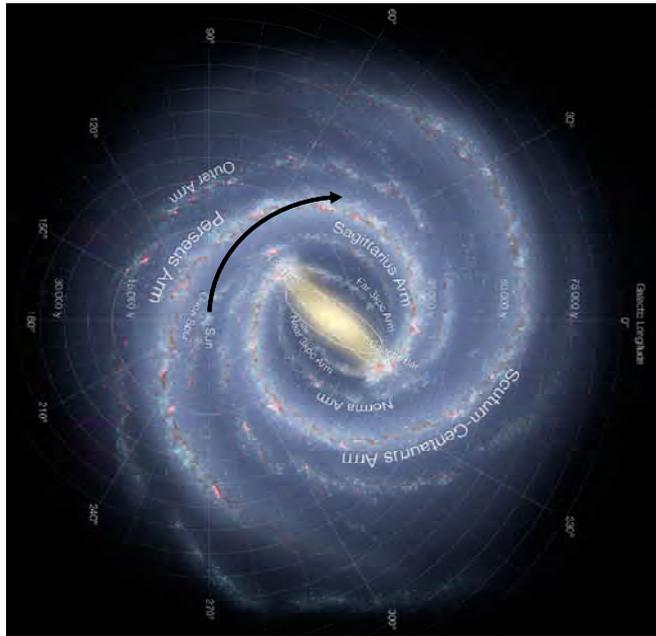
Fig. 12-8 A model of the heliosphere. The plane of the figure coincides with the plane of the sun's equator, which is approximately the general plane of planetary orbits.

Foukal: "Solar Astrophysics" (2004, Fig.12.8)

銀河系

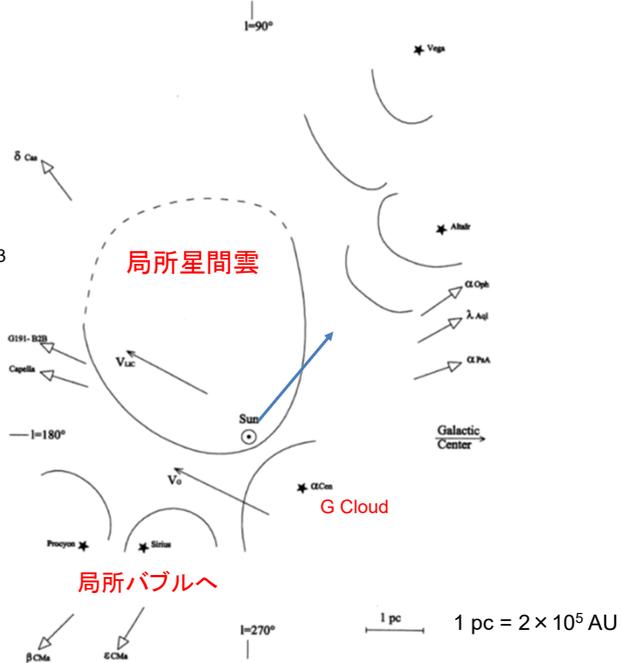
太陽は約2億年で一周

8 kpc = 26100 lyr

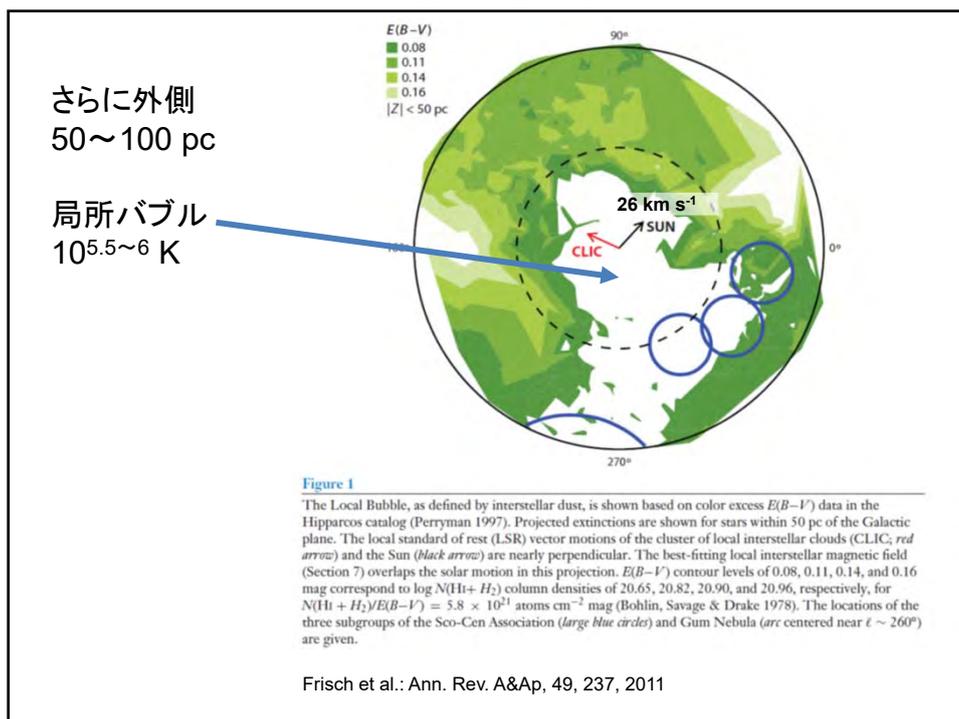


<http://www.eso.org/public/images/eso1339e/>

局所星間雲
電子密度 $N_e \sim 0.1 \text{ cm}^{-3}$
温度 7000 K

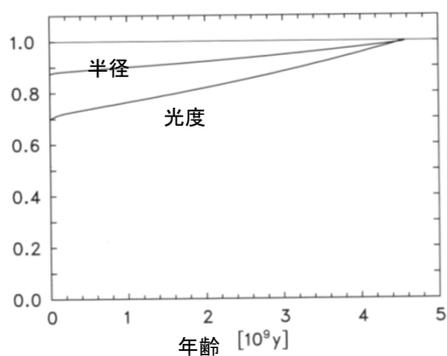


Ferlet: A&Ap Rev. 9, 153, 1999



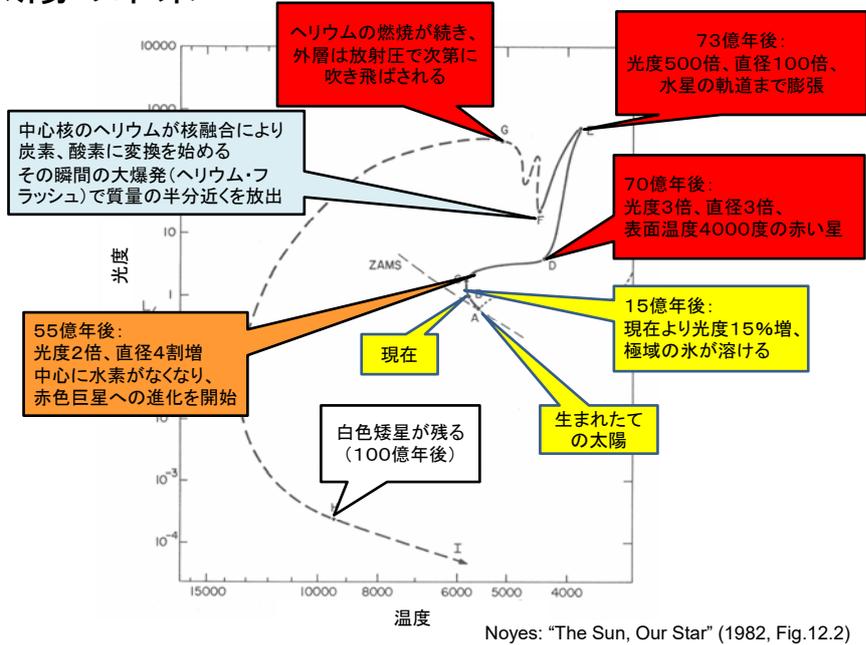
若い太陽(暗い太陽)問題

- 生まれたての太陽は今の70%の光度
- ゆっくり明るくなってきた
 - 中心部で粒子数が減る
 - 温度(圧力)を上げて重力に対抗
 - 明るくなり、膨張する
- これだと地球が凍結する
 - 昔は温室効果ガスが多かった?

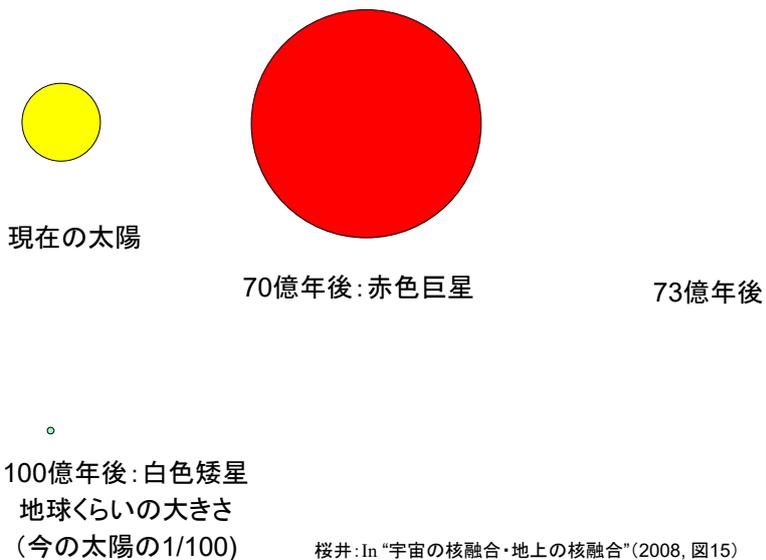


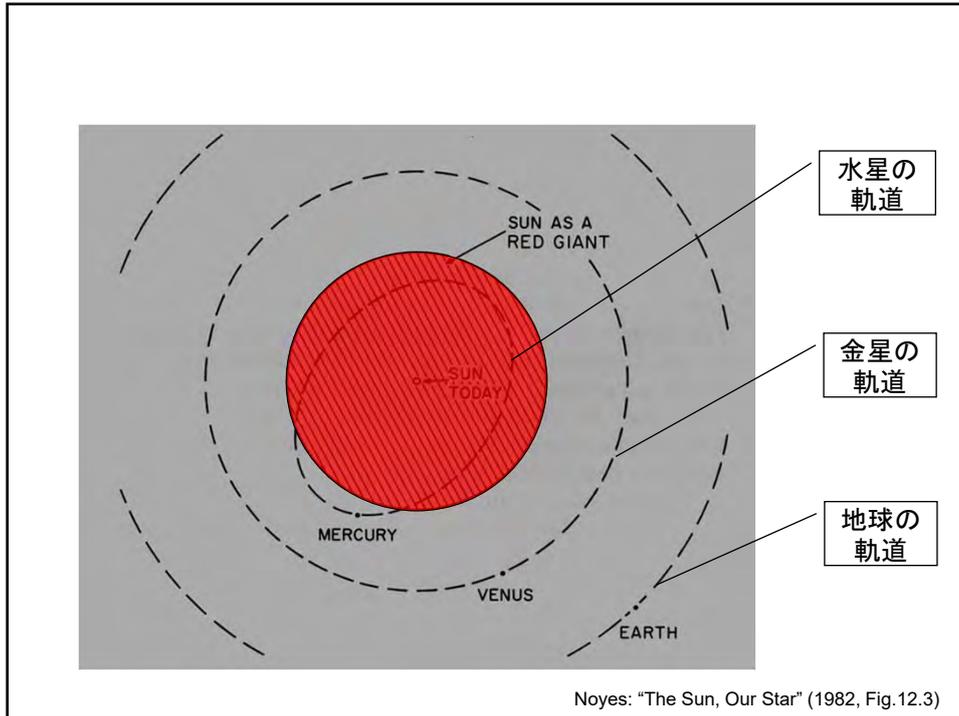
Stix: "The Sun: An Introduction" (2002, Fig.2.10)

太陽の未来



太陽の未来

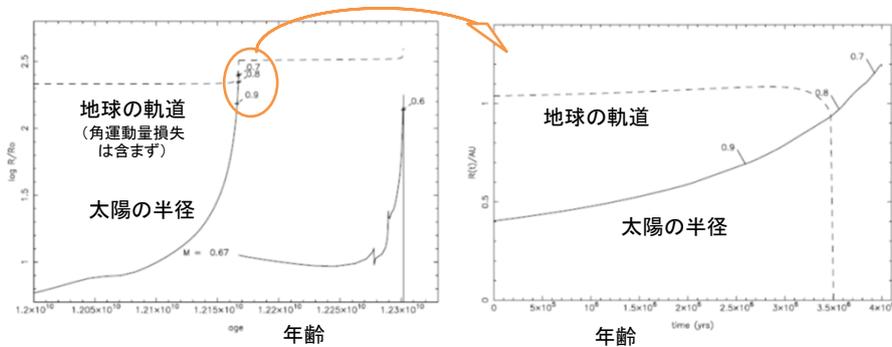




地球が飲み込まれてしまうかどうかは

- 太陽がどこまで膨張するか
- どれだけ質量放出するか(地球の軌道が大きくなる)
- 太陽からの潮汐力や放出されたガスとの摩擦で失う角運動量の兼ね合いで決まる

下記の計算例では、飲み込まれてしまう



Schröder and Smith: MNRAS 386, 155, 2008

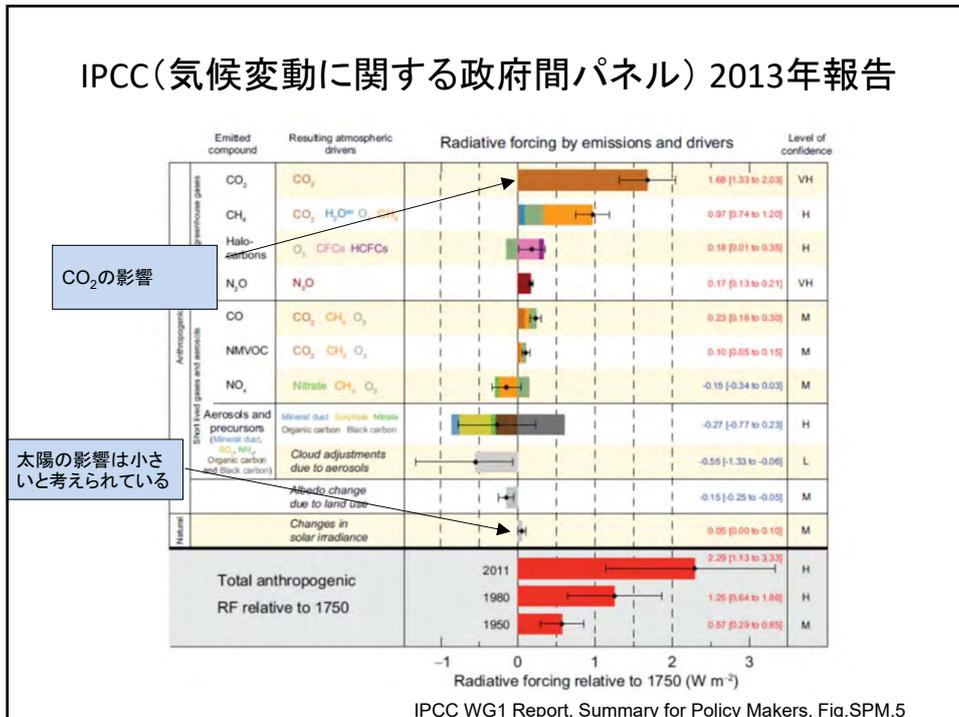
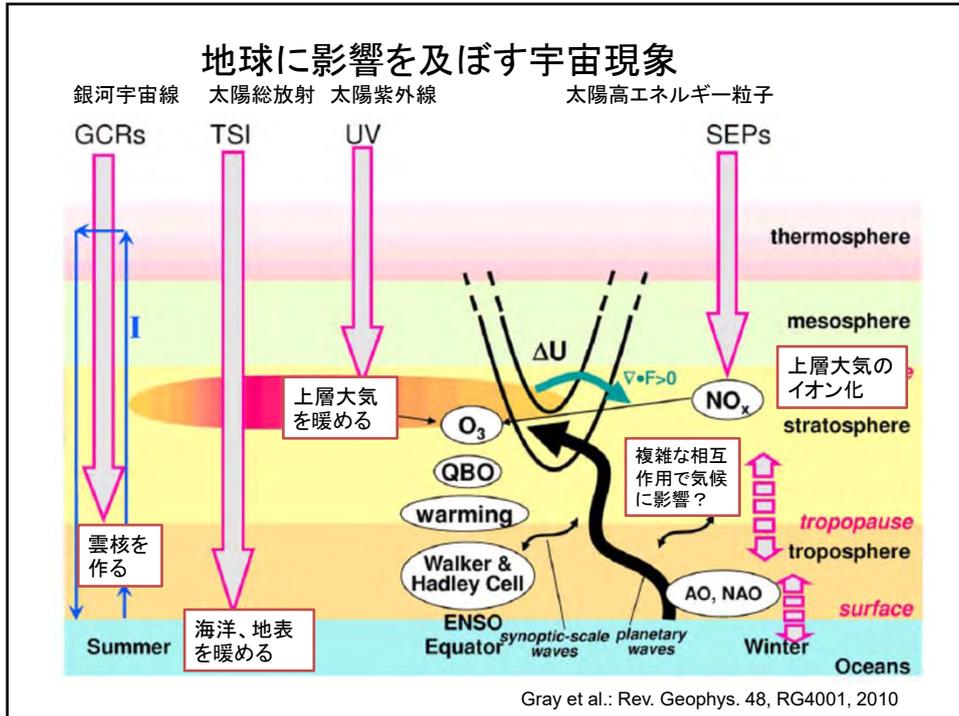
40億年後には銀河系は アンドロメダ銀河と衝突するらしい

- 2012年6月2日 日本経済新聞【ワシントン=共同】
- 地球がある銀河系は40億年後には近隣のアンドロメダ銀河と衝突する——こんな分析結果を米航空宇宙局(NASA)のチームがハッブル宇宙望遠鏡を使った観測で導き出し、1日までに発表した。
- ただ、双方の銀河には十分な隙間があるため、星の衝突はないという。NASAは「将来、太陽は今よりもさらに銀河の中心から離れた位置にあるかもしれないが、太陽や地球が破壊されることはない」とコメントしている。

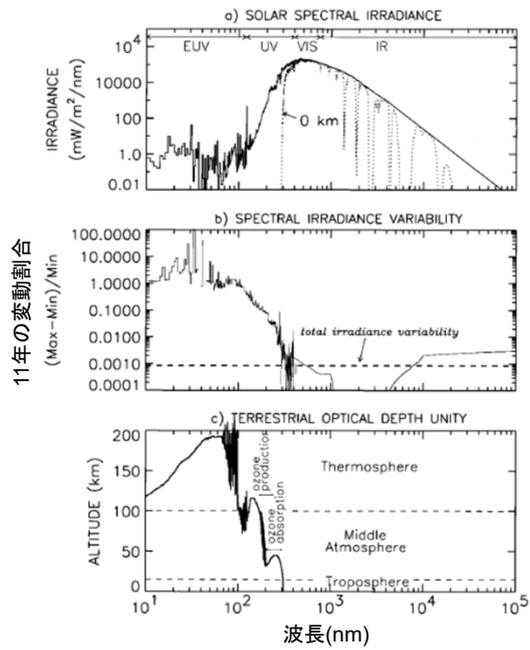


2. 太陽の変動と地球への影響の基礎メカニズム

ここから、普通の太陽研究の話になります

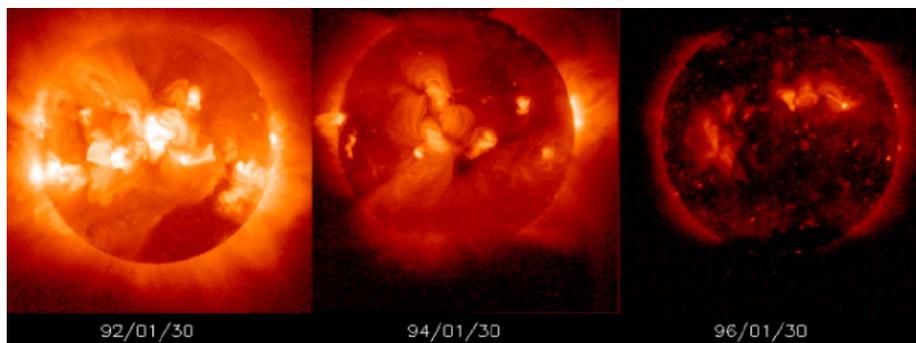


- 波長による放射強度変化の差
- X線、紫外線の変化が大きい



Lean and Rind: J.Climate, 11, 3069, 1998

コロナのX線強度は百倍くらい変動する
(ようこう衛星)



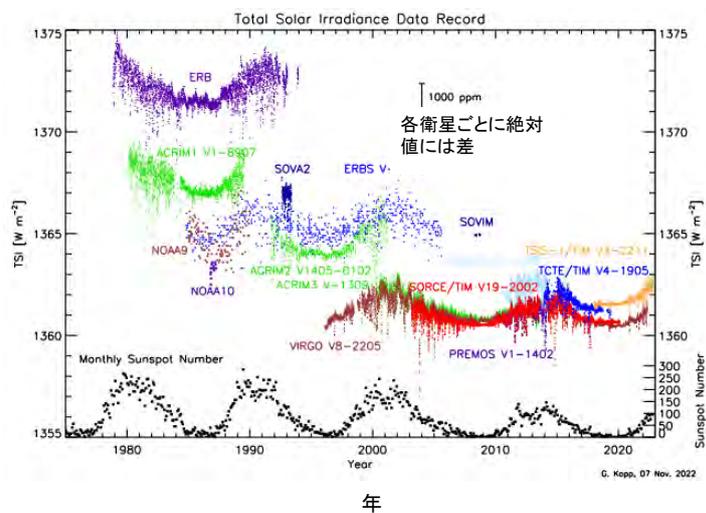
極大期

極小期

ISAS/JAXA

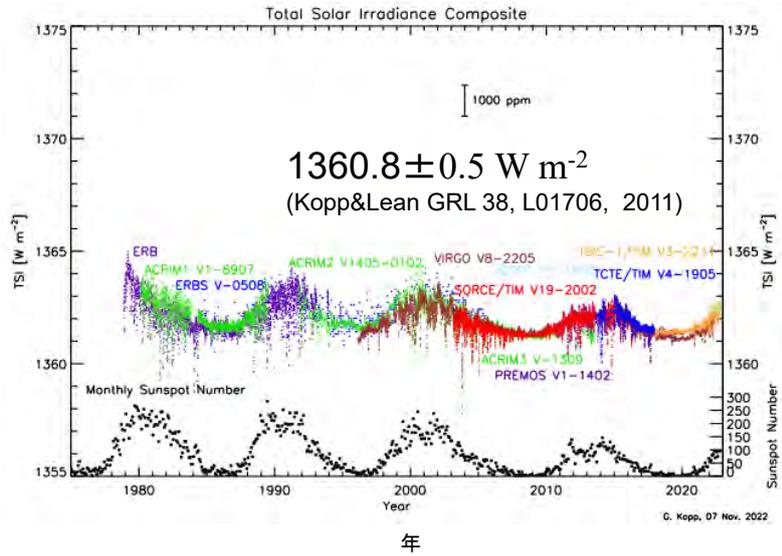
2.1 太陽の明るさの変化

大気圏外からの太陽総放射量の精密な測定 (1970年代後半から)



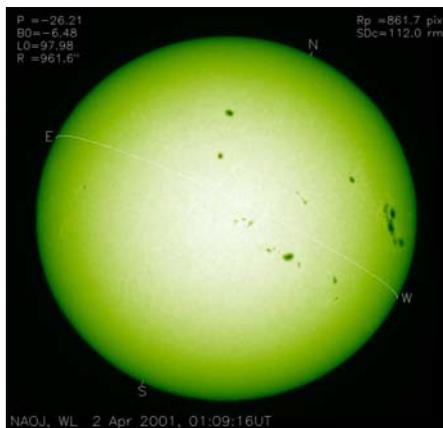
https://spot.colorado.edu/~kopp/TSI/TSI_sm.png

一本につなげる

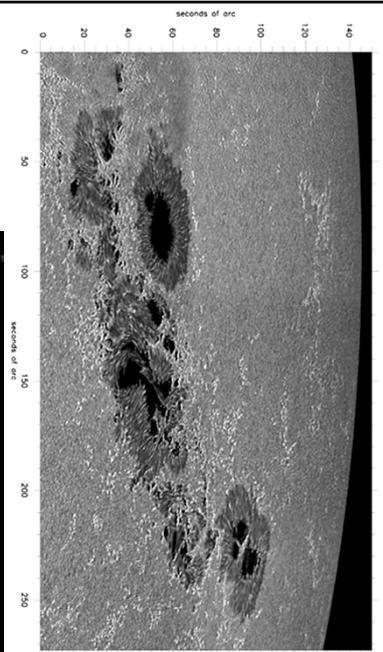


https://spot.colorado.edu/~kopp/TSI/TSI_Composite.png

黒点と白斑

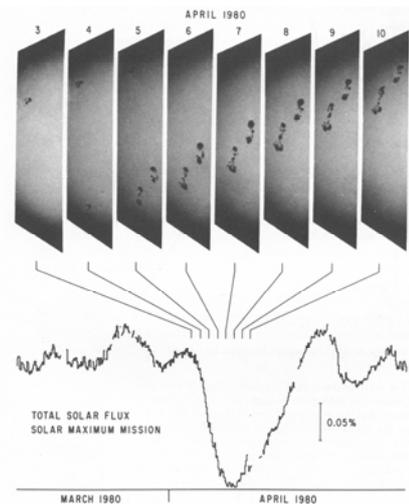


国立天文台



<https://robrutten.nl/dot/images/AR9393-postersmall.jpg>

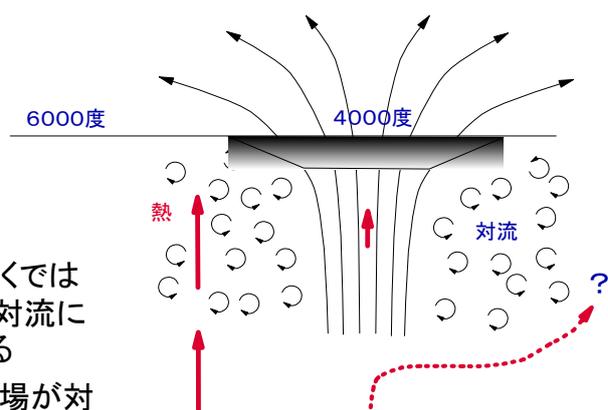
黒点が現れると太陽は暗くなる



Noyes "The Sun, Our Star" (1982, Fig.10.6)

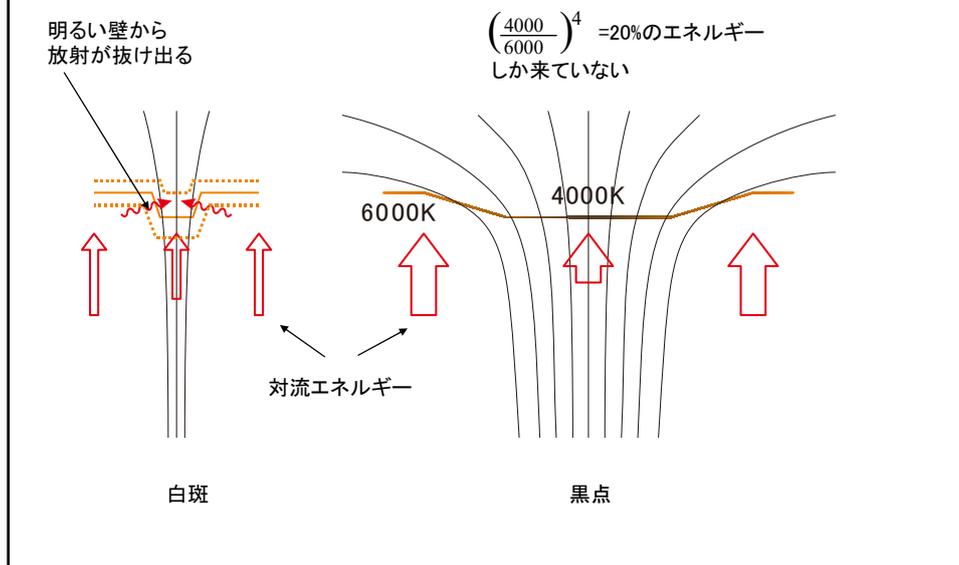
黒点はなぜ暗いのか

- 太陽の表面近くではエネルギーは対流によって運ばれる
- 黒点の強い磁場が対流を抑えるので黒点は暗い



黒点の所に出られなかった熱は対流層内に散る

小さな磁束管は斜めから見ると明るい



黒点数の変動と太陽の明るさ

- 大黒点が現れると、太陽は0.1%くらい暗くなる
- しかし黒点の多い時期(活動極大期)のほうが太陽は明るい(0.1%程度)
- 黒点のような大きな磁場の管は暗い
- 白斑のような小さな磁場の管は明るい
- 総体では白斑の明るさが勝る(小さい磁束管の数が多い)(これは太陽の場合で、そうっていない星もある)

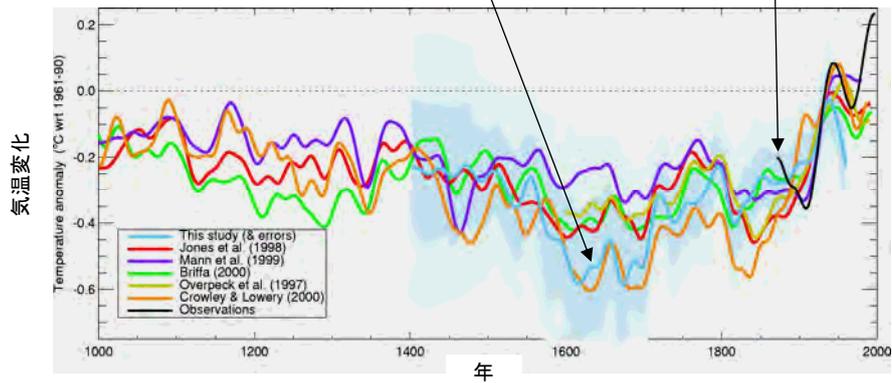
まだ、影響(関係)の有無、そのメカニズムとも未解決

全球平均気温

1860年以前については木の
年輪などにより構築

モーンダー極小期は
0.5C 寒冷？

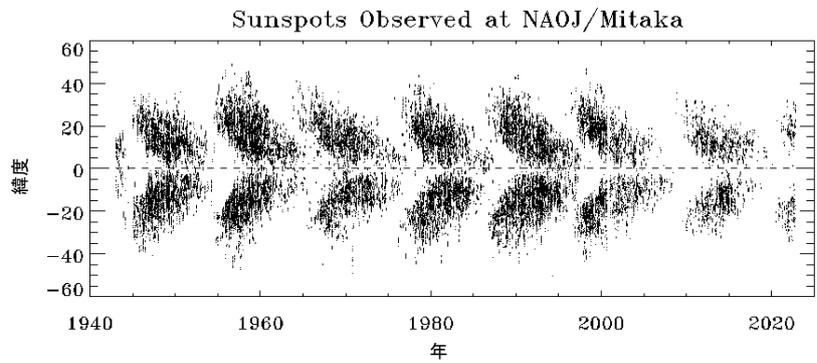
全球の気温測定値は
1861年以降



Briffa et al.: JGR 106, 2929, 2001

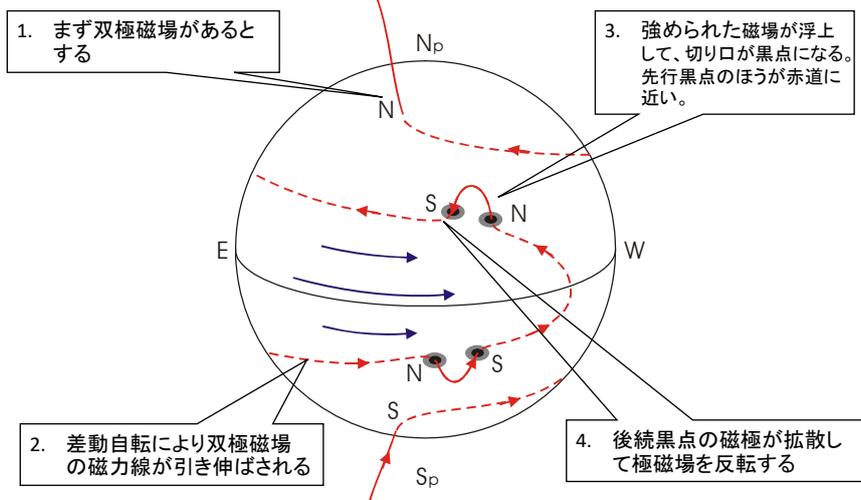
2.2 ダイナモ機構

黒点の赤道への移動(蝶型図)

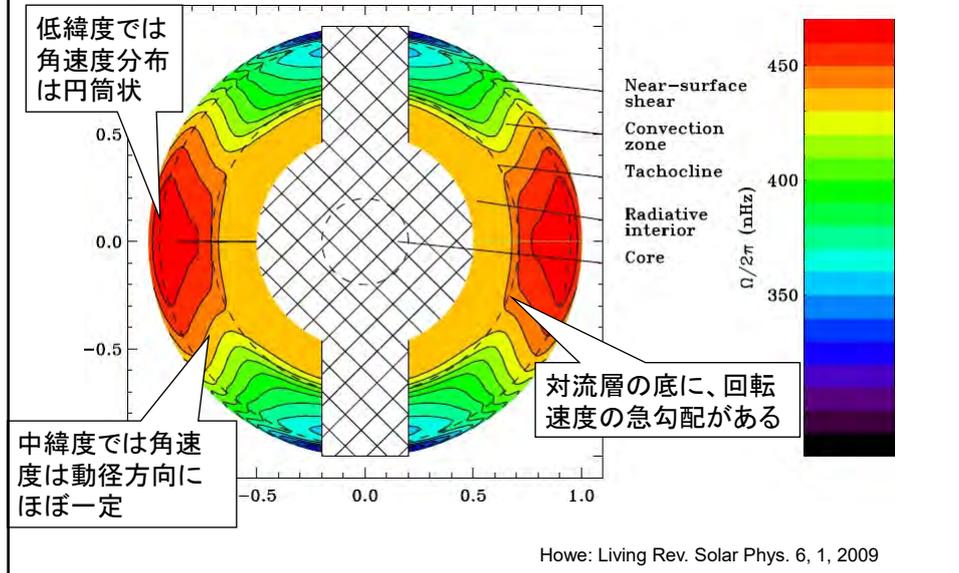


国立天文台

太陽内部の磁場



日震学による太陽内部の回転速度分布

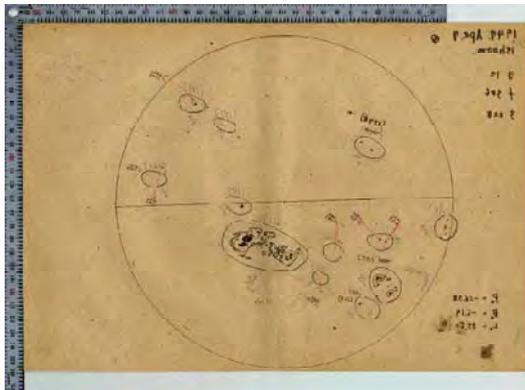


- 日震学で求められた内部構造と回転速度分布
- 太陽表面でのエネルギー流、対流速度、磁場の分布と移動をすべて説明する理論はまだない
- (スパコンでかわざでそろそろ解決できる見通しらしい)
- 観測データを加えることはまだ意味がある

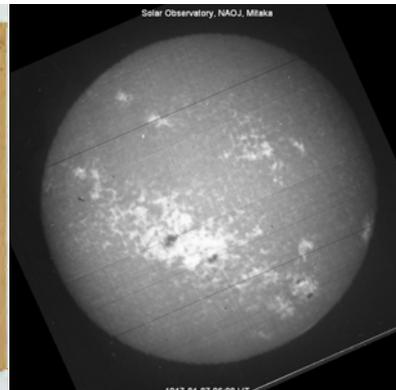
3. 長期観測データを用いた太陽の研究

観測史上最大の黒点 (RGO region 14886 , 6132 MSH, 1947/04/08)
data: 東京天文台1947年4月7日

MSH: 半球面積の百万分の一
6132 MSHは見かけの面積の1.2%



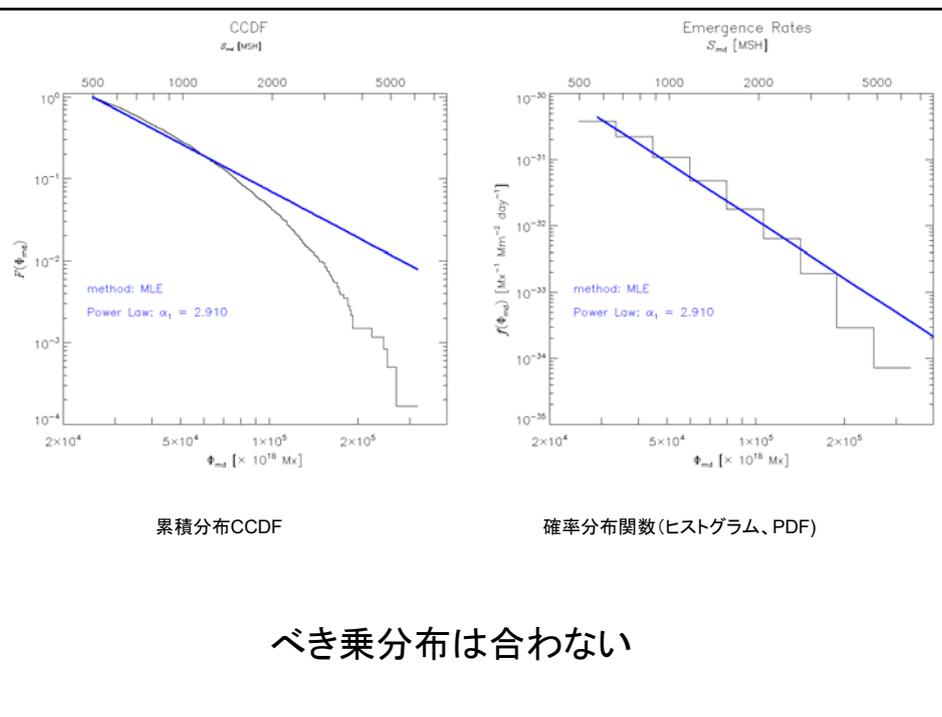
東京天文台 スケッチ(左右反転)

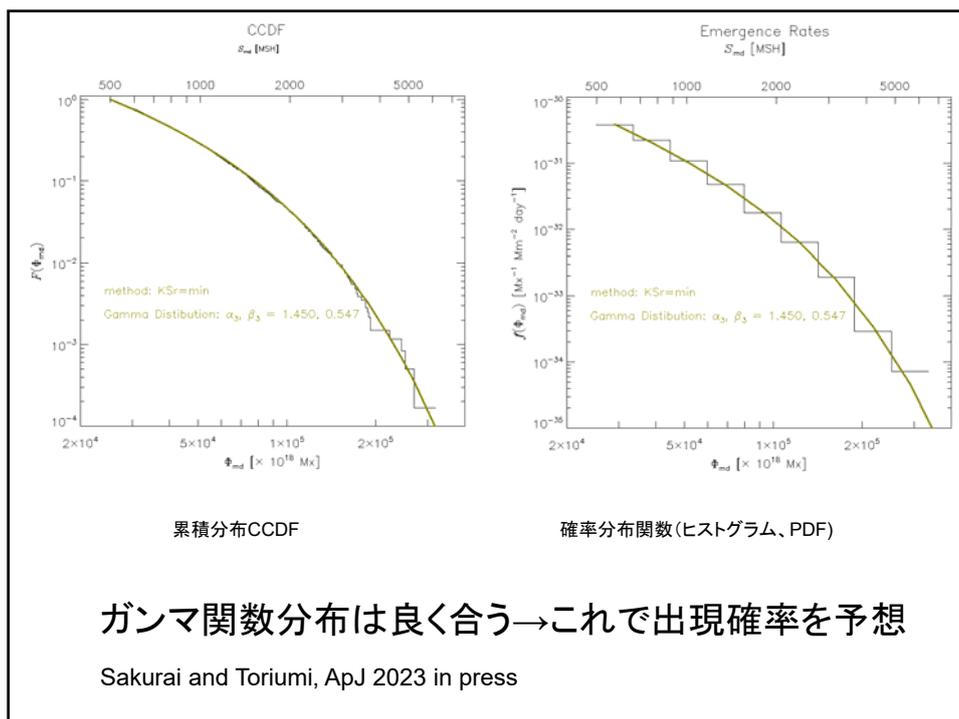


カルシウムK線

- 黒点群の面積
 - グリニッジ天文台 (RGO): 1874~1976
 - 米国NOAA (海洋大気庁): 1977~2020
 - 最大面積 S が500MSH以上の領域: 約3000 (回帰黒点は重複して数えない)、RGO約2200領域、NOAA約800領域
- べき乗分布: 確率分布関数 $PDF(S) = \frac{\alpha-1}{S_0} \left(\frac{S}{S_0}\right)^{-\alpha}$
 累積分布関数 $CCDF(S) = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{-\alpha+1}$
- ガンマ関数分布

$$PDF(S) = \frac{c}{S_0} \left(\frac{S}{S_0}\right)^{-\alpha} \exp\left[-\beta \frac{S-S_0}{S_0}\right]$$
 (累積分布CCDFがガンマ関数になる)
 地震のマグニチュードの分布のモデルのひとつ

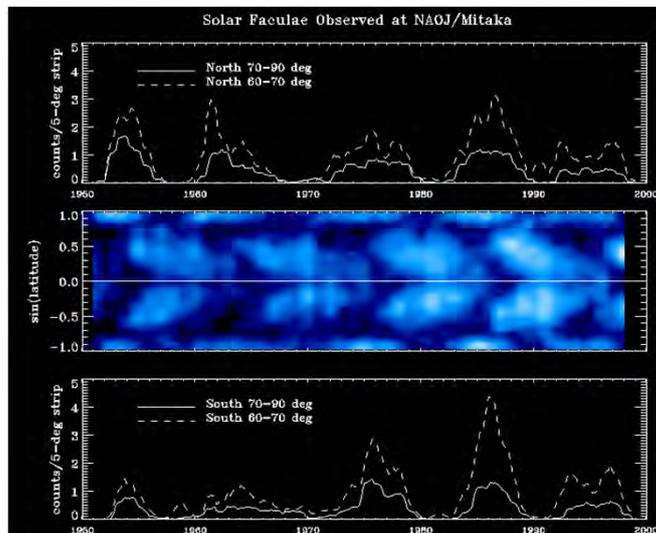




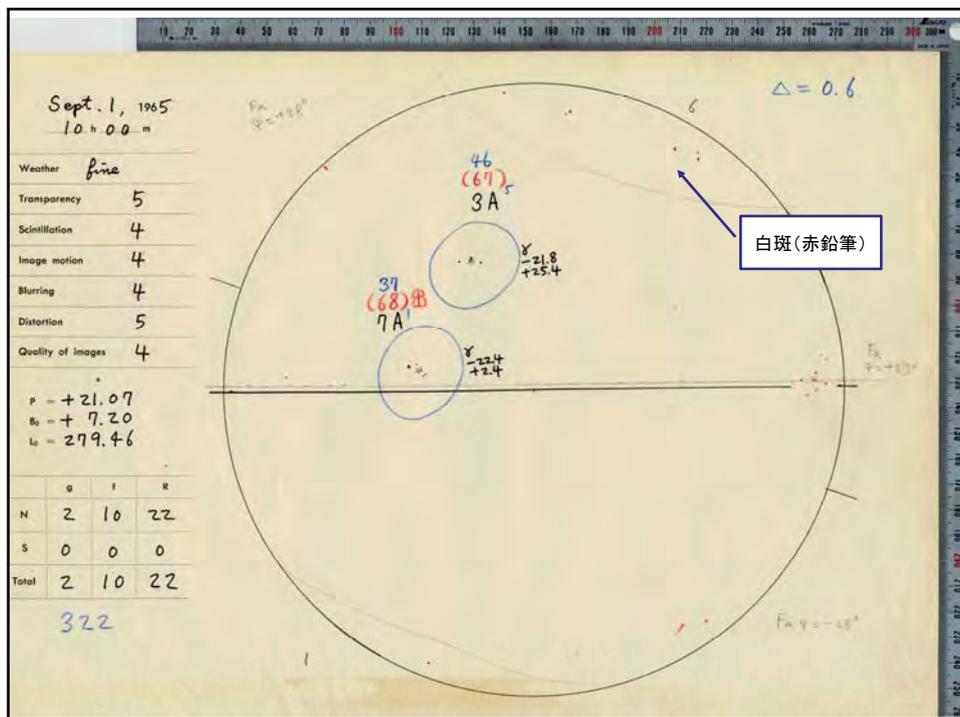
面積 S (MSH)	出現間隔(年)	面積 S (MSH)	出現間隔(年)
1000	0.18	$6.2_{-0.4}^{+0.5} \times 10^3$	1000
2000	1.2	$7.9_{-0.5}^{+0.7} \times 10^3$	10000
3000	6 ± 1	$9.7_{-0.7}^{+1.0} \times 10^3$	1×10^5
6132	$5.2_{-2.2}^{+3.7} \times 10^2$	$1.15_{-0.09}^{+0.12} \times 10^4$	1×10^6
10000	$8.2_{-5.5}^{+17} \times 10^4$		

10,000 MSHの黒点は3~8万年待てば出る
百万年待ってもせいぜい13,000 MSH

極域白斑(極域磁場の指標)



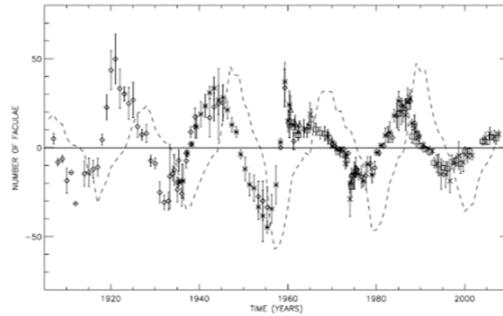
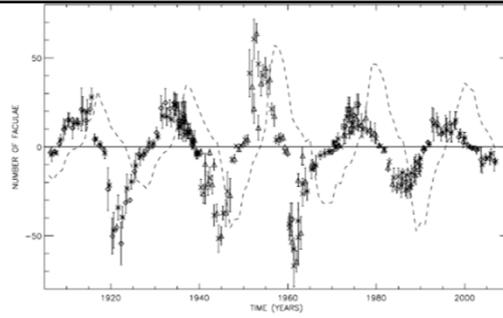
Sakurai: ASPC 140, 483, 1998; 国立天文台



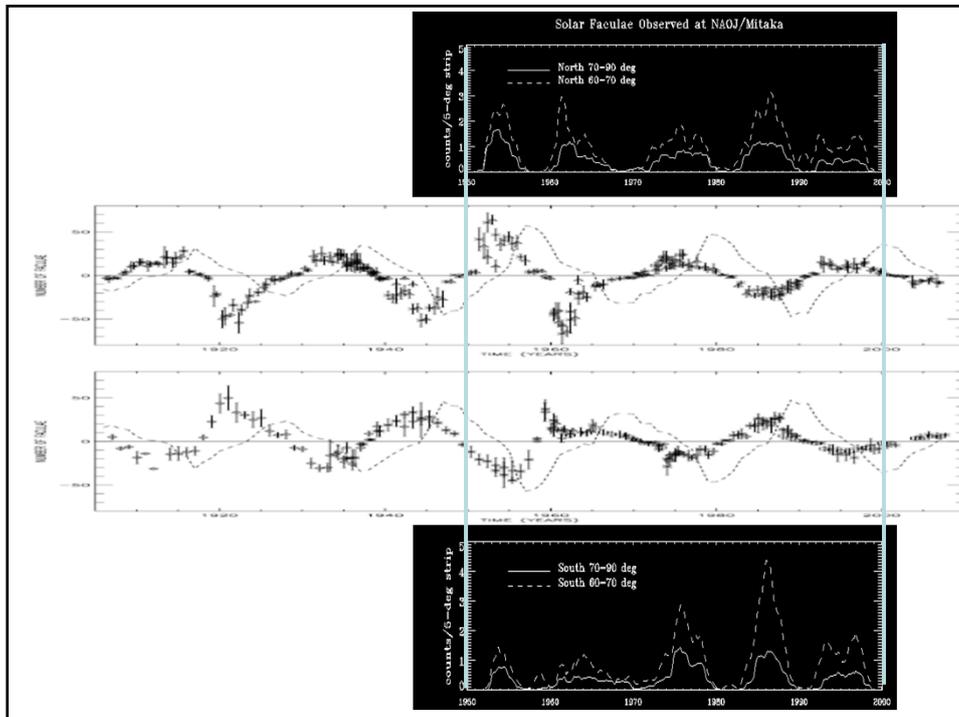
Mt. Wilson Observatoryの
データ(保存されていた写真
乾板から、あとで白斑を検出
したもの)

点線は黒点数

極性も含めてプロットされて
いるので注意

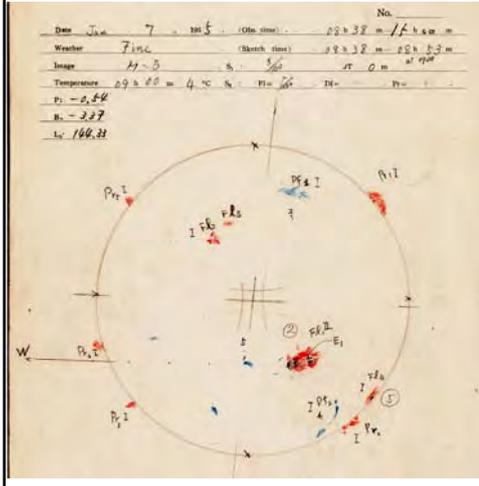


Mt. Wilson Obs. data (Sheeley: ApJ 680, 1553, 2008)

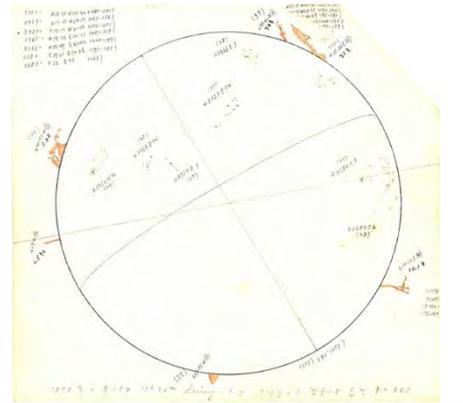


プロミネンスの極方向移動

□ 東京天文台・スペクトロヘリオスコープ (1949-64)



□ 藤森氏のデータ (1975~2016)

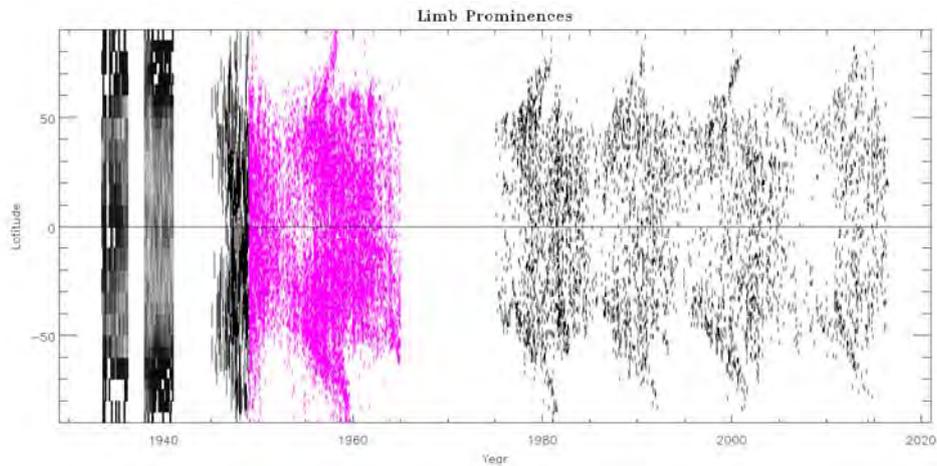


その他のデータ

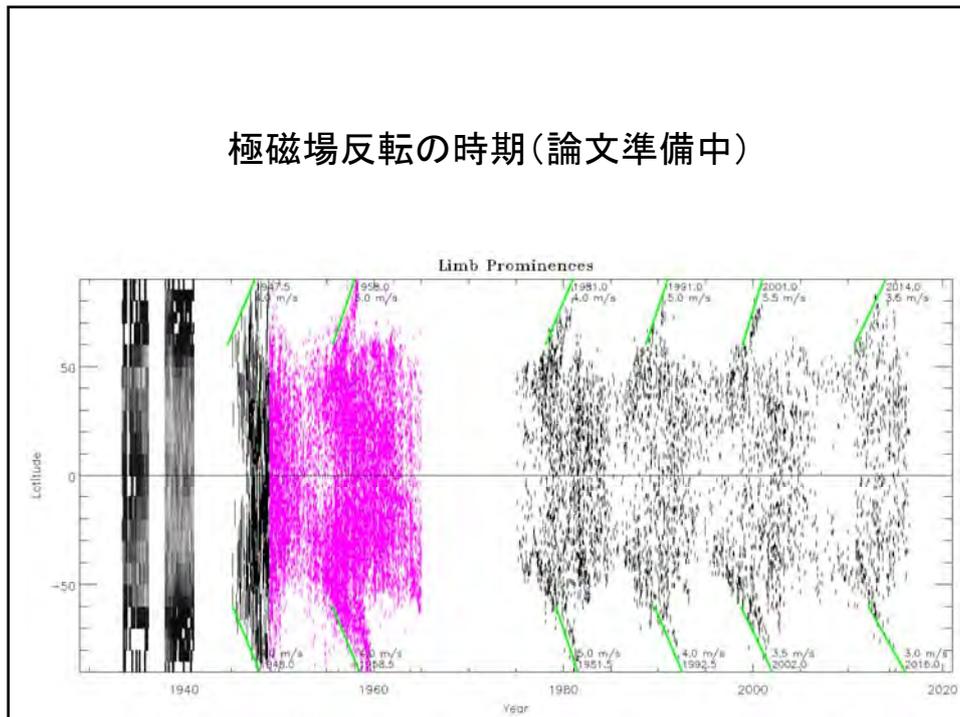
1933~1940: スペクトロヘリオスコープ (服部忠彦、東京天文台報)

1945~1949: 20cm Zeiss赤道儀での観測 (直視分光器)

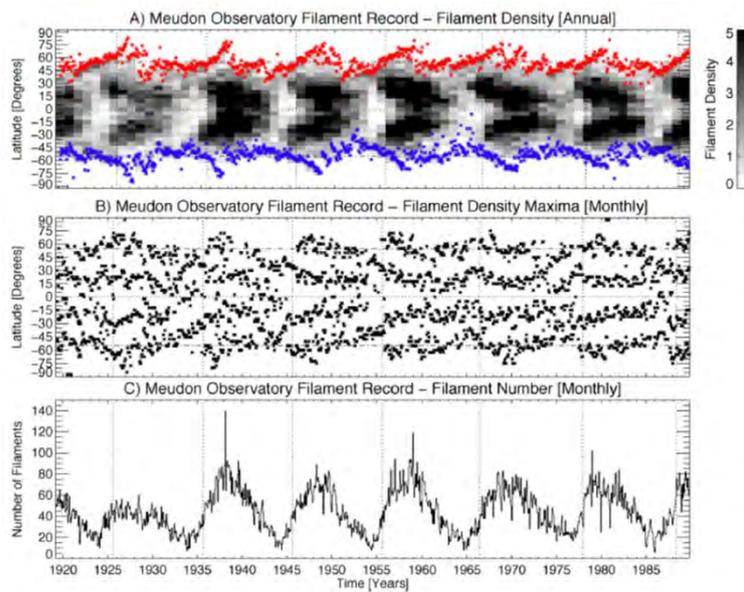
1964~1974: 活動的プロミネンスが主であり役立たず。他のデータを調査中



極磁場反転の時期(論文準備中)



フランス、ムードン天文台のデータ



McIntosh et al.: Solar Phys. 296, 189, 2020

カルシウムK線スペクトロヘリオグラム

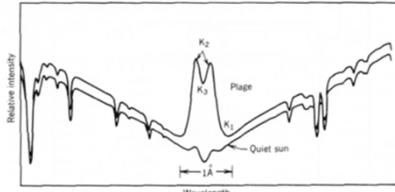
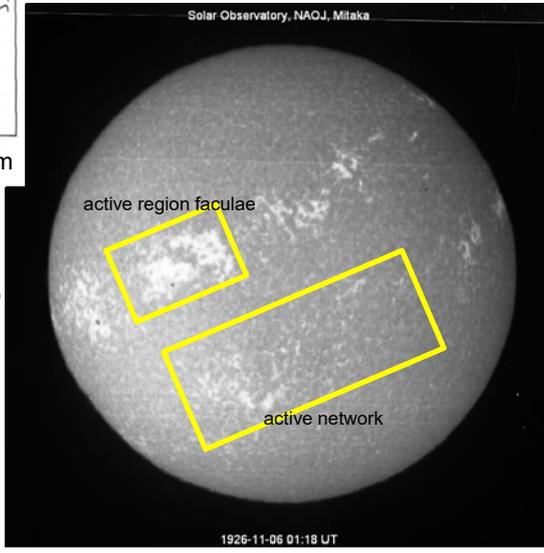


Fig. 9-9 Profiles of the Ca K-line of the quiet sun (lower curve) and of a plage region (upper curve). By permission of G. White. 393.37 nm

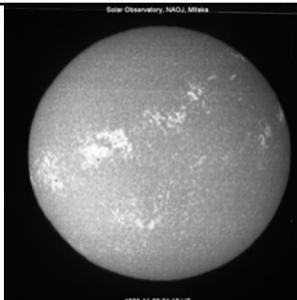
- 太陽の紫外線放射の指標となりうる
- 昔からのデータがある

ということで近年注目

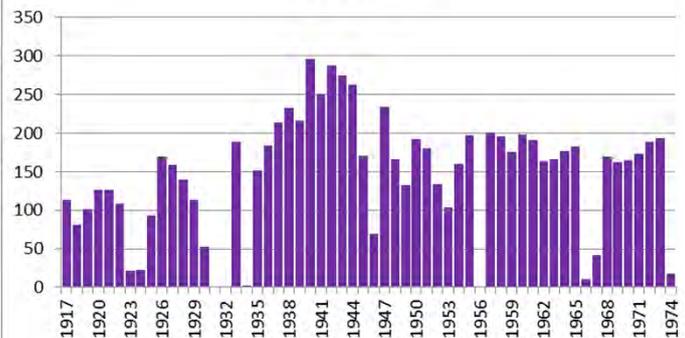


東京天文台

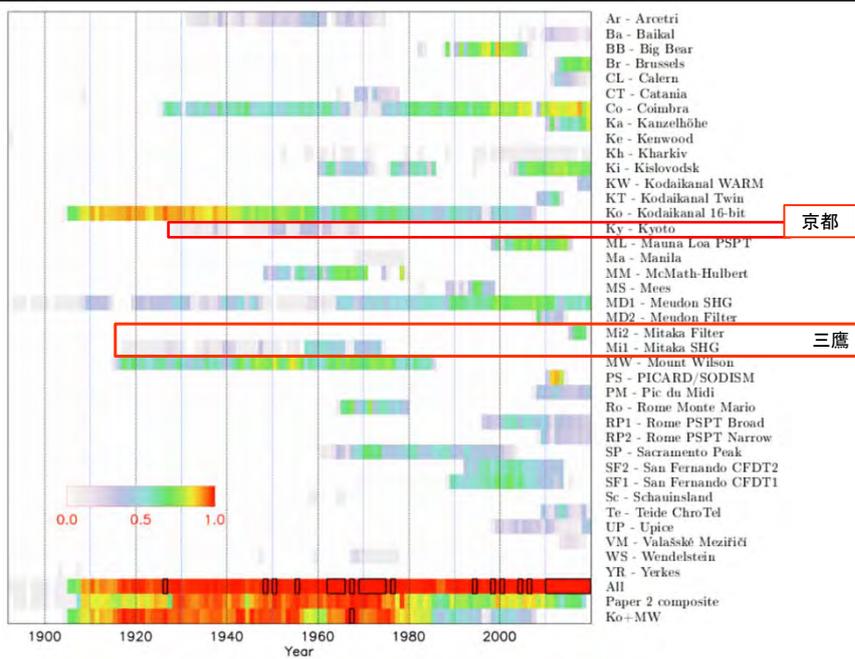
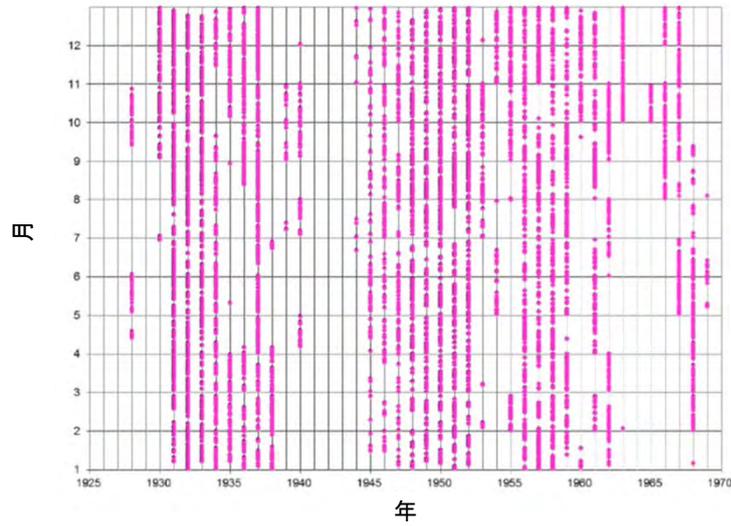
東京天文台 (1917-1974, 乾板8600枚)



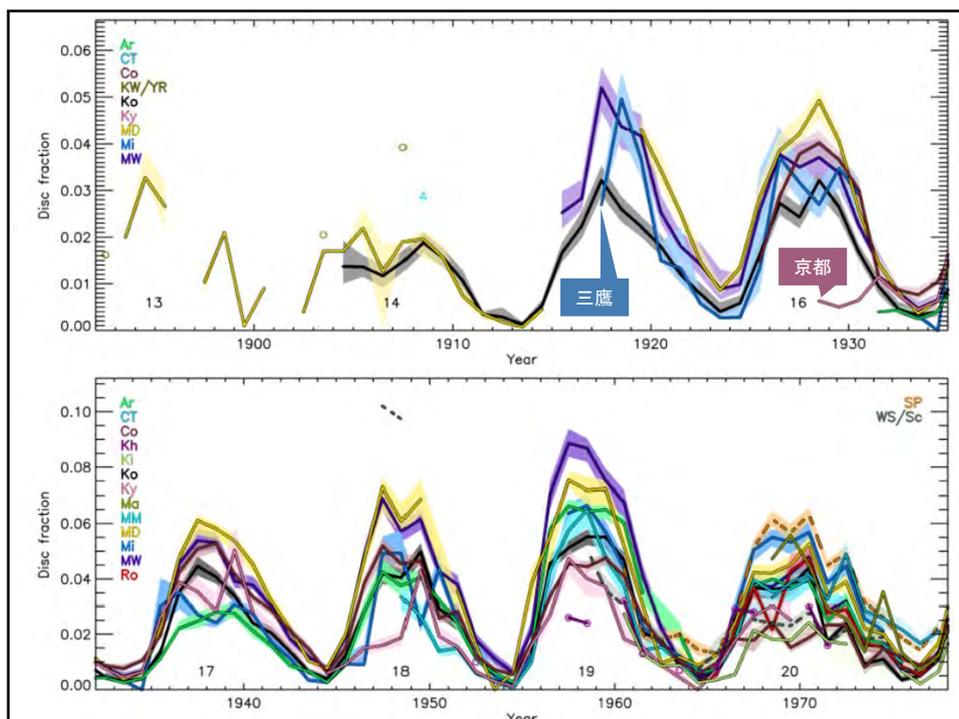
観測日数



京都大学 (乾板 約7千枚)



Chatzistergos et al.: A&Ap 639, A88, 2020



4. 考察

- 太陽の長期観測の今後は？
 - 装置性能の維持(変えない) 対 装置改良、新装置
 - 避けられない夜間中断、悪天候
 - 同一装置を全地球に展開(日震学のGONGプロジェクト)
 - or 宇宙へ(GOES, SOHO, SDO)
- 最新(最良)のデータも基本は公開される
 - 多くのデータが解析されずにいる(のでは)
- 研究機関以外からの研究への寄与の仕方は変わるのか
 - 天文学会が先鞭を付けた年会のジュニアセッションの盛況
 - 情報発信の方法の劇的变化
 - crowd funding,,,

東京天文台・国立天文台の磁場観測



初代：塔望遠鏡と
写真ポラリメータ
1960～70年代



2代目：岡山観測所
光電マグネトグラフ
1982～1995



3代目：太陽フレア望遠鏡
ビデオマグネトグラフ
1990～2006



4代目：赤外ポラリメータ
2010～運用中

データを散逸させないための活動



国立天文台 太陽観測科学プロジェクト 三鷹太陽地上観測

Solar Science Observatory, NAOJ, Mitaka

English / Japanese

- ホーム
- 概要
- 太陽の観測
- 太陽の研究
- 太陽観測データ
- 教育・一般向け
- 画像・動画集
- 太陽観測科学プロジェクト

国内の様々な地域での観測

日本国内での太陽の観測は三鷹キャンパスだけにとどまらず、国立天文台以外の教育・研究機関、公共天文台、アマチュア天文家によって様々な場所で行われています。その対象は、太陽黒点をはじめとしてフレア、プロミネンスなども含み、同一の機械・手法による長期間の継続観測は太陽活動の変動を研究する上で貴重なデータとなります。このページでは、国立天文台に情報をいただいた日本各地での太陽観測記録と外部ウェブサイトへのリンク一覧を公開しています。

観測者一覧

○個人
藤森 賢一氏 (長野県諏訪市, 1954年～)
鈴木 美好氏 (三重県鈴鹿市)

○教育・研究機関、団体
なよろ市立天文台きたすばる [外部リンク: ウェブサイト, 黒点データ (2011年～)]
旭川市科学館サイバール [外部リンク: ウェブサイト, 黒点データ (2020年～)]
仙台市天文台 [外部リンク: ウェブサイト, 黒点データ]
川口市立科学館 [外部リンク: ウェブサイト, 黒点データ (1972～2010年)]
国立科学博物館 [外部リンク: ウェブサイト, 黒点データ (小山 ひさ子氏, 1947～1996年)]
京都大学大学院理学研究科附属花山天文台 [外部リンク: ウェブサイト, 黒点データ (2004年～)]

この他、板橋伸太郎氏:天文ガイド(1965～2010)に出版(1949～2010)
三澤勝衛氏:花山天文台Bulletin(1921～1934)

参考資料：日本の黒点観測

天文月報1926年5月号

●一九三三—二四年の太陽ウオルフ黒点数 一九三三、二四年の毎日のウオルフ黒点数の値は本誌第十八巻第七五頁に記したが、一九三三、二四年及び一九二四年のチュエーリッヒで各国の観測から決定した毎日の確定的の値は別表の通りである。尚毎月の平均値を併記した値から

太陽黒点極小の時期 一九三三—三六年

なる値を前回の極小の時期として得てある。一九二五年中のチュエーリッヒの観測だけから得た毎日のウオルフ黒点数の概略値と最近山本理學博士が發表された本邦各地の観測から得たウオルフ黒点数に相當するものとを次に示す。

ウオルフ黒点数 (1925)	日本
チュエーリッヒ	チュエーリッヒ
I 3.3	7.0
II 27.8	23.0
III 18.7	15.2
IV 28.5	37.7
V 43.0	48.5
VI 47.0	48.7
VII 31.8	44.2
VIII 36.8	37.3
IX 60.9	57.8
X 66.8	69.0
XI 74.3	52.5
XII 100.0	91.4
全年	44.0

日本の値は長野縣上諏訪の三澤勝衛氏の観測を基準にとつたもので、取遠鏡及び倍率等の相違のためにチュエーリッヒの基準に直すためには大凡〇・八をかけなければならぬ。尚山本博士は一九二二年十月から本年二月に至る毎日及び毎月の黒点数を發表して居られる。次にチュエーリッヒ及び上諏訪に於て一九二五年毎月の欠測日数を調べて見る。

太陽黒点 欠測日 数	上諏 訪	三澤 勝衛 氏
月	I	II
I	19	5
II	9	3
III	11	11
IV	7	9
V	2	9
VI	0	9
VII	2	9
VIII	2	9
IX	3	10
X	11	5
XI	24	5
XII	11	3
全年	86	84

全年の欠測日数はほぼ同じであるけれども上諏訪の欠測日数が全年はより一様なのに對しチュエーリッヒでは冬季に於て著しく欠測日数が多い。これは主として各時期に於ける天候の良否を示すものと考へてよいから、観測が正しく行はれるならば冬季の太陽黒点数は日本の値の方がチュエーリッヒの値より倍用し得きものが得られる筈である。

天文月報1929年9月号

学会員による観測結果(1929年1月以降)が出版されるようになり、1988年まで続く

1929 Jan.	Tokyo	Hh	Is	Kc	ウォルフ 黒点数
1	4.41	—	2.9	—	69
2	4.38	4.11	4.13	—	66
3	5.24	5.11	4.14	5.10	63
4	6.35	3.5	3.13	4.7	81
5	6.25	—	2.10	3.5	72
6	5.22	—	1.3	—	61
7	5.27	4.5	3.10	—	65
8	6.40	—	4.11	6.9	85
9	8.33	4.7	4.17	6.10	96
10	6.36	—	—	—	82
11	4.13	—	—	—	45
12	5.16	—	3.8	5.10	56
13	8.46	3.9	6.23	4.12	107
14	5.38	—	—	—	75
15	6.59	4.13	3.11	4.25	101
16	5.29	5.14	5.17	4.11	67
17	5.48	—	—	4.22	83
18	—	3.16	3.15	—	*71
19	—	—	—	2.28	*70
20	3.35	—	3.20	—	55
21	—	—	—	—	(64)
22	—	—	—	—	(72)
23	4.54	3.20	3.13	3.13	80
24	3.56	3.14	—	3.15	73
25	3.38	3.16	3.20	3.16	58
26	3.33	—	—	—	54
27	3.40	2.8	2.15	—	60
28	—	—	—	1.2	*17
29	3.13	1.2	—	1.1	37
30	2.9	—	1.3	1.2	25
31	2.10	—	1.5	2.3	26

観測者	観測地	望遠鏡			観測日数					
		口径	倍率	k	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月
東京天文台(Tokyo)	東京三鷹村	4(2)	寫眞	0.85	26	23	24	19	12	18
古畑正秋(Hh)	長野岡谷	3(1)	30	1.70	14	12	4	4	7	13
岩崎恭平(Is)	東京玉川村	2	64	1.40	20	16	17	12	8	10
草地重次(Kc)	旭川市外	1	50	1.45	18	19	19	19	20	18
新岡武彦(Ni)	北海道*	3	80	1.35	—	—	10	7	12	10

*四月十七日迄忍路郡鹽谷村、四月十八日以後札幌市。

学校関係で最初は武蔵高校(現・武蔵大学): 天文月報1932年12月号

観測者	観測地	望遠鏡			観測日数		
		口径	倍率	k	七月	八月	九月
東京天文台(Tokyo)	東京三鷹村	4(2)	寫眞	0.65	20	24	14
伊達英太郎(Dt)	大阪市南区	1.5	55	1.10	25	19	13
草地重次(Kc)	旭川市外	1	50	1.25	11	13	19
下保茂(Kh)	札幌市	2.4	44	1.10	22	27	25
香取眞一(Kt)	盛岡市	1	50	1.10	20	22	17
武蔵高校生徒(M)	東京市板橋區	3	92	1.25	19	25	18
水谷秀三郎(My)	東京市本郷區	1.5	50	1.25	22	28	13
押田勇雄(Od)	東京市森布區	1	44	1.45	28	25	18
手島敦三(Ts)	大阪市北区	1	40	1.45	15	10	11

諏訪清陵高校の報告は天文月報1951年2月号から

會員諸氏の太陽黒點観測

観測者	観測地	口径倍率 mm	方法	K	観測 日数 日
草地重次	旭川市	25(75×)屈	投影	2.1	40
高橋顯士	"	30(40×)	直視	0.8	18
磐城高校	福島・平市	58(64×)屈	投影	1.8	35
武蔵高校	東京・練馬区	80	"	0.9	16
富士高校	東京・中野区	60(64×)"	投・直	1.8	13
岡十字夫	東京・世田 ヶ谷区	75(45×)"	直視	1.4	63
都立二高	立川市	100	"	1.8	37
秦野高校	神奈川県	100(80×)"	直視	1.2	44
河原郁夫	横須賀市	30(40×)"	投影	2.0	49
清陵高校	諏訪市	75(50×)"	"	2.7	78
後藤晶男	名古屋市	81(60×)屈	投・直	1.4	47
桑野善之	大分・日田市	54(60×)"	"	1.6	54
佐治達也	佐賀県	40(60×)"	直視	1.6	53

チューリッヒへの報告は
1928年のデータから

Sternwarte der Eidgen. Technischen Hochschule
in Zürich

Astronomische Mitteilungen

gegründet von

Rudolf Wolf

Nr. CXIX

herausgegeben von

W. Brunner

Tabelle I b.		I. Semester		II. Semester		Beob.- Tage	Nr. d Lit.
Beobachtungsort u. Beobachter:		k	Vgl.	k	Vgl.		
Zürich	W. Brunner	0.60	--	0.60	--	283	1624
"	A. Wolfer	0.62	107	0.61	70	191	1625
"	M. Broger	0.59	110	0.61	92	221	1626
" /Arosa	F. Buser	0.64	123	0.53	106	271	1627
Catania	Prof. Favaro	1.09	133	1.09	125	311	1628
Greenwich/Cape		0.83	156	0.78	135	341	1629
Kiew	Prof. Tscherny	0.99	102	0.83	64	188	1630
Lyon	Mlle. Bloch	0.97	117	0.96	123	285	1631
South Hadley(Mass.)	Alice Farnsworth	1.07	68	0.95	43	136	1632
Stonyhurst	E. D. O'Connor	--	--	0.78	36	53	1633
Tokio	Prof. K. Sotome	--	--	0.81	69	104	1634

大戦後、再開：
1948年のデータから

Die Sonnenaktivität im Jahre 1948

Von
M. WALDMEIER

b) Beobachtungen auswärtiger Sternwarten:

Royal Observatory Greenwich, Beob. H. Barton	0.81
Observatoire Royal de Belgique, Uccle, Beob. G. Coultre	0.89
Státné Observatorium Skalnaté Pleso, Beob. A. Becvar	0.79
Osservatorio Astrofisico, Arcetri-Firenze, Beob. G. Abetti	0.87
Osservatorio Monte Mario, Roma, Beob. G. Armellini	0.83
Osservatorio Astrofisico, Catania, Beob. E. Cario	0.86
Observatorio del Ebro, Tortosa, Beob. A. Romaná	1.05
Observatorio Astronomico de Madrid, Beob. E. Gullón	0.75
Observatorio de Cartuja (Granada), Beob. H. Burgos	0.75
Observatorio Astronomico de Valencia, Beob. A. Martí	0.90
National Observatory, Athen, Beob. D. Elias	0.61
Universitätssternwarte Athen, Station Pentele, Beob. C. Chassapis	0.66
Universitätssternwarte Istanbul, Beob. W. Gleissberg	0.98
Sternwarte der Karls-Universität, Prag, Beob. E. Bouska	0.64
Astrophysikalisches Observatorium Potsdam, Beob. W. Grotrian und H. Künzel	0.84
Sternwarte Sonneberg (Thüringen), Beob. P. Ahuert	0.91
Mt. Wilson Observatory, Kalifornien	0.76
Mt. Holyoke College Observatory, South Hadley, Beob. A. Farnsworth	0.94
Carter Observatory, Wellington, Neuseeland, Beob. I. Thomson	1.10
Tokio Astronomical Observatory Mitaka, Beob. M. Notuki	0.64

1950年より京都・生駒山観測所

Die Sonnenaktivität im Jahre 1950

Von
M. WALDMEIER

Tokio Astronomical Observatory, Mitaka, Japan, Beob. M. Notuki	0.68
Solar Observatory Ikomasan, Japan, Beob. Miss Matsui	0.48

1963年より個人観測として小山ひさ子

Die Sonnenaktivität im Jahre 1963

Von
M. WALDMEIER (Zürich)

H. Koyama, National Science Museum, Tokyo	211	0,82
---	-----	------

1969年より個人観測として藤森賢一

Die Sonnenaktivität im Jahre 1969

Von
M. WALDMEIER (Zürich)

K. Fujimori, Suwa-Nagano	246	0,80
--------------------------	-----	------