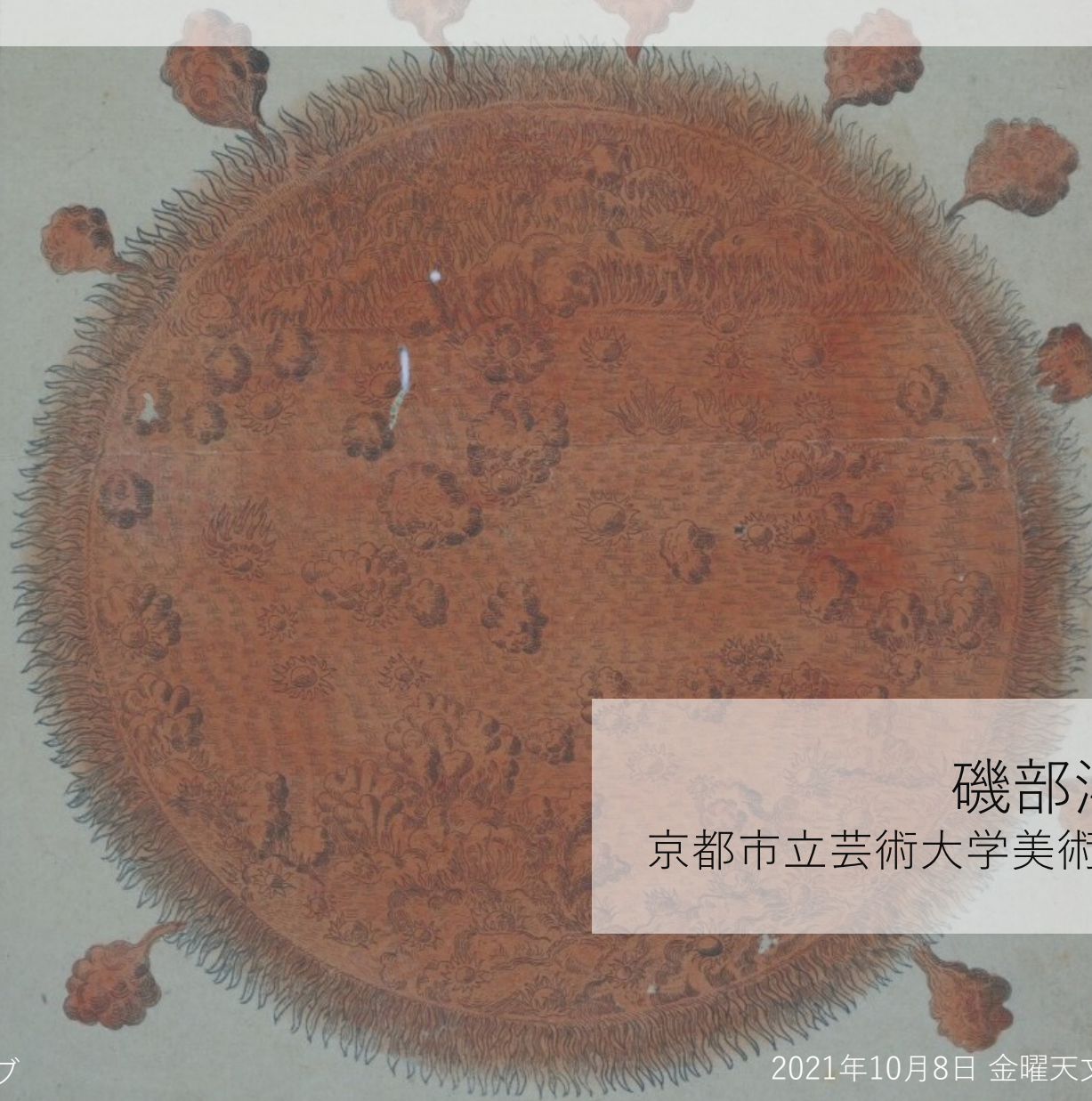


歴史文献から探る過去の太陽活動

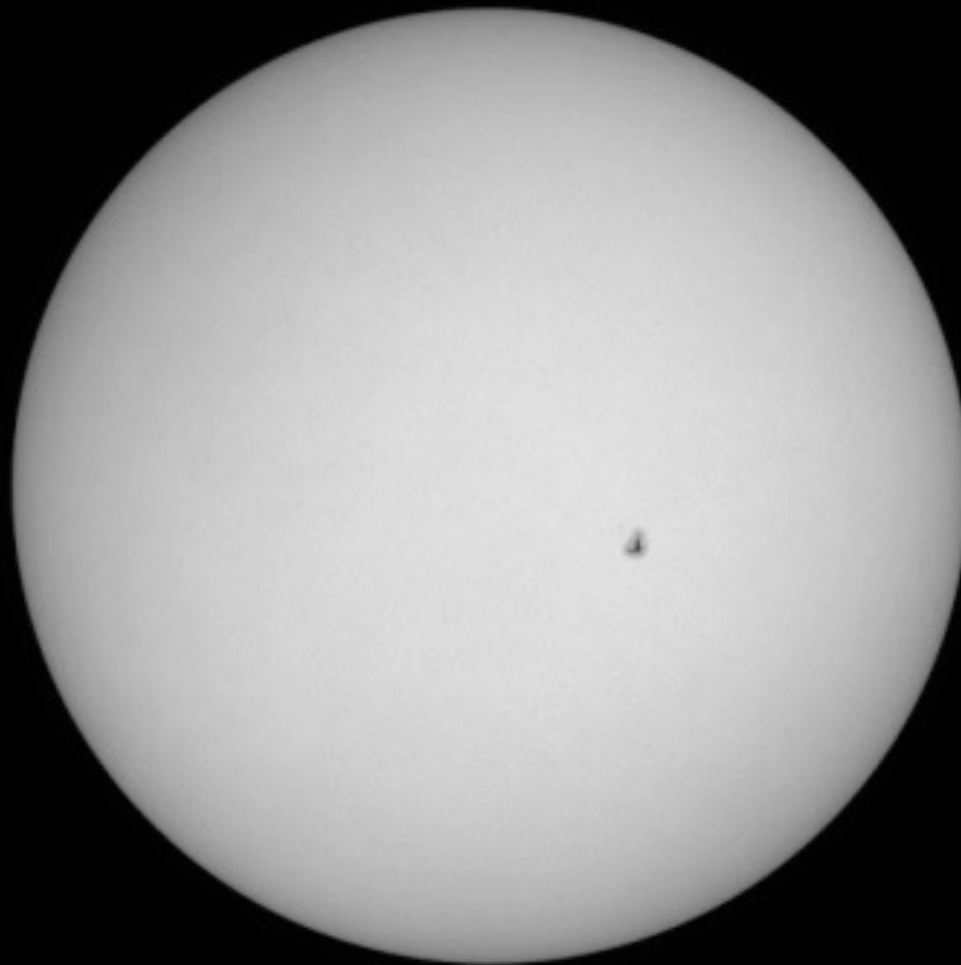
太陽真形
圖スル大陽ノ真形ハ和蘭書中ニ載スル所者ヲ以テ模刻ス
如シ必ズ北風ニハ右ノ方エ動キ南風ニハ左ノ方エ動ク故ニ日中ノ天ニ麗寸ハ
和蘭圖スル所ノ形ノ如キハ甚ダ精製ナル遮日鏡ニ非ザレハ真形ヲ



今日のお話

- 太陽活動とその地球への影響
- 歴史文献に残る過去の太陽活動の痕跡
- 歴史学と自然科学の協働について

太陽 と 黒点

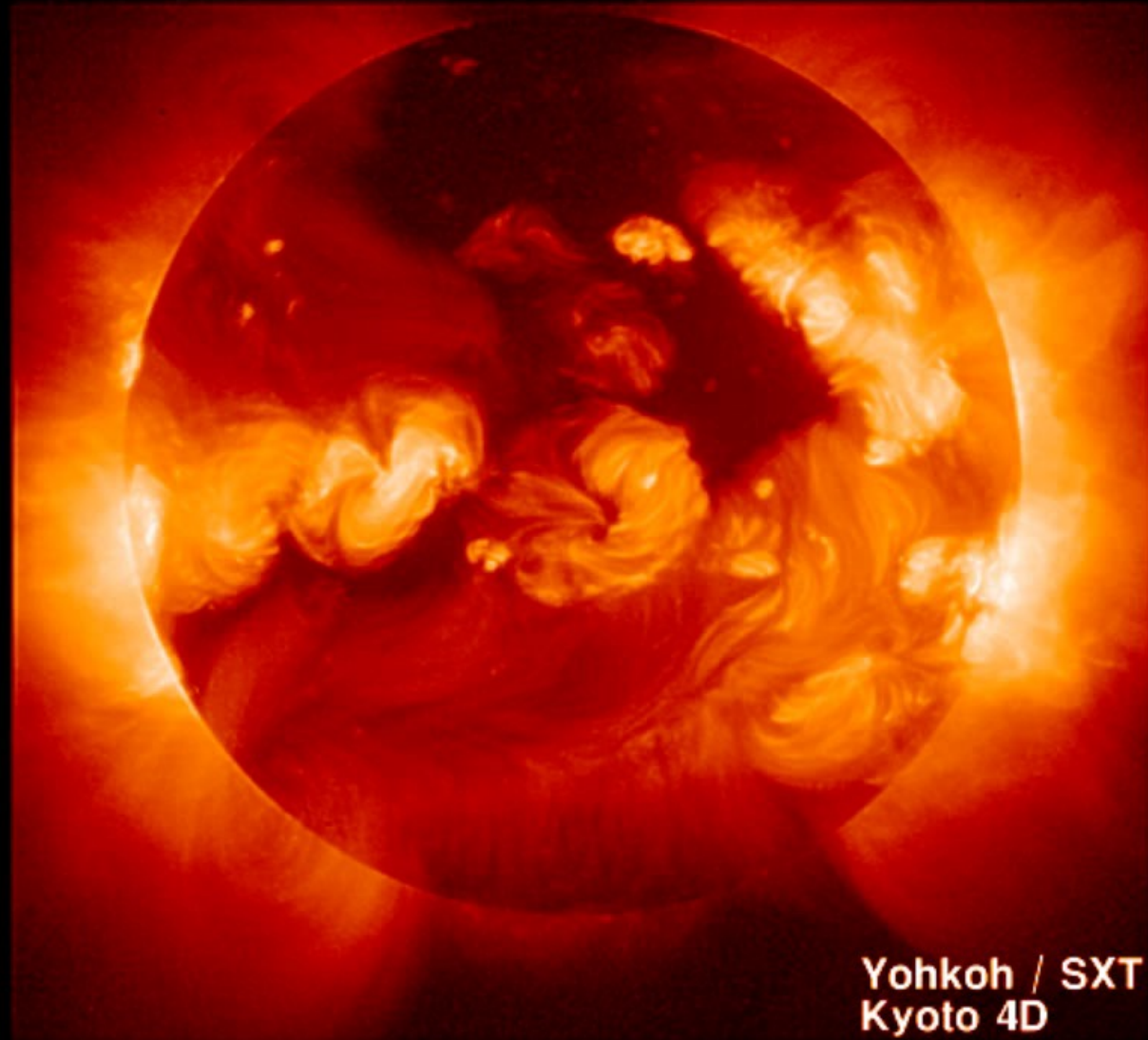


「ひので」衛星が捉えた
太陽の可視光像
Movie by T. J. Okamoto

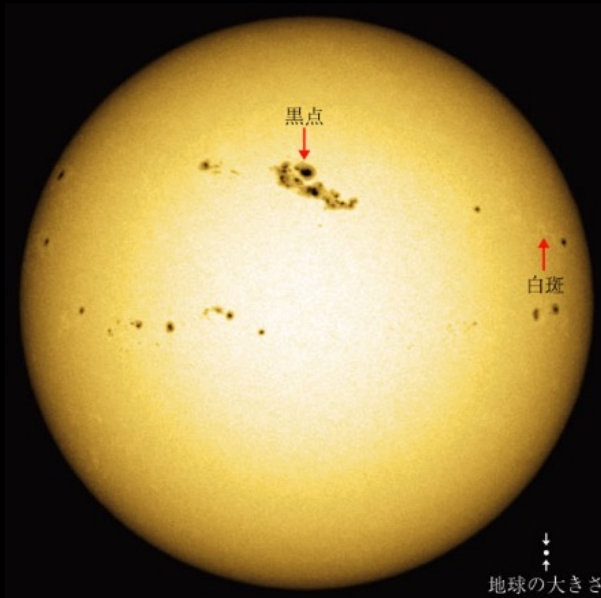
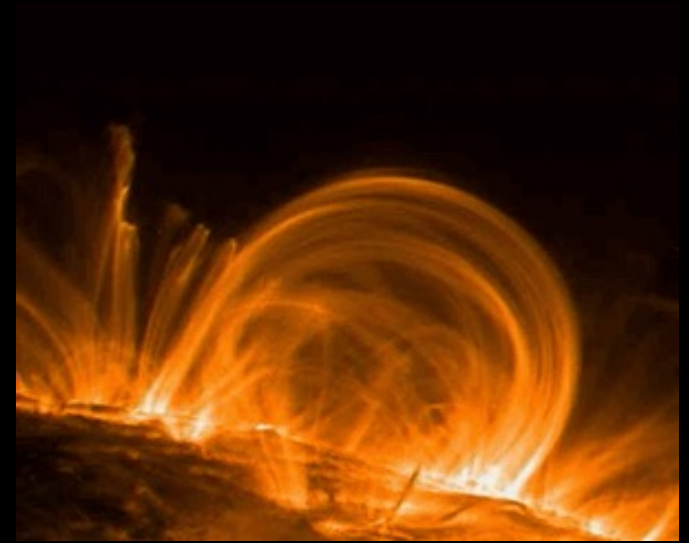
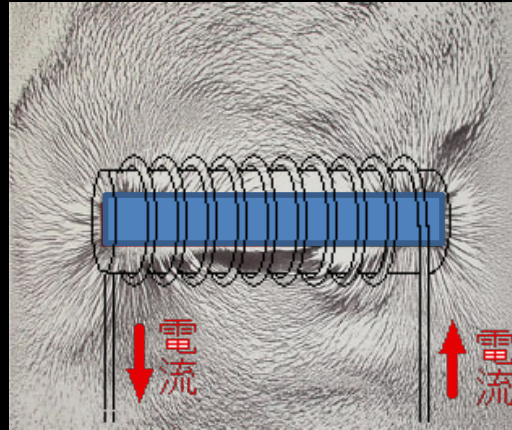
171,000 km

エックス線で見た太陽

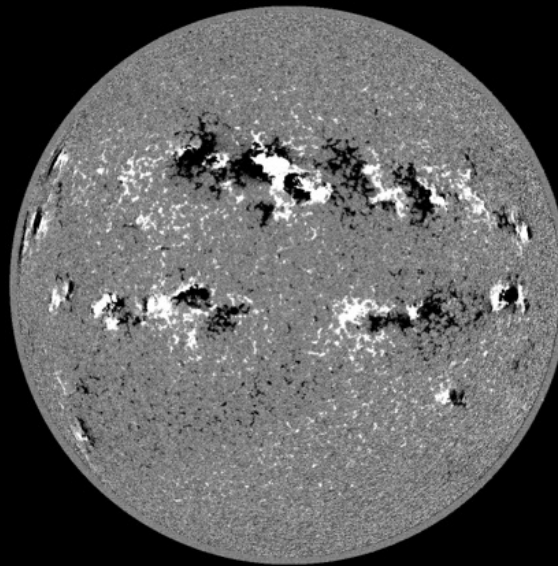
1992/01/12



太陽活動の源 = 黒点の磁場



可視光
(6000K)

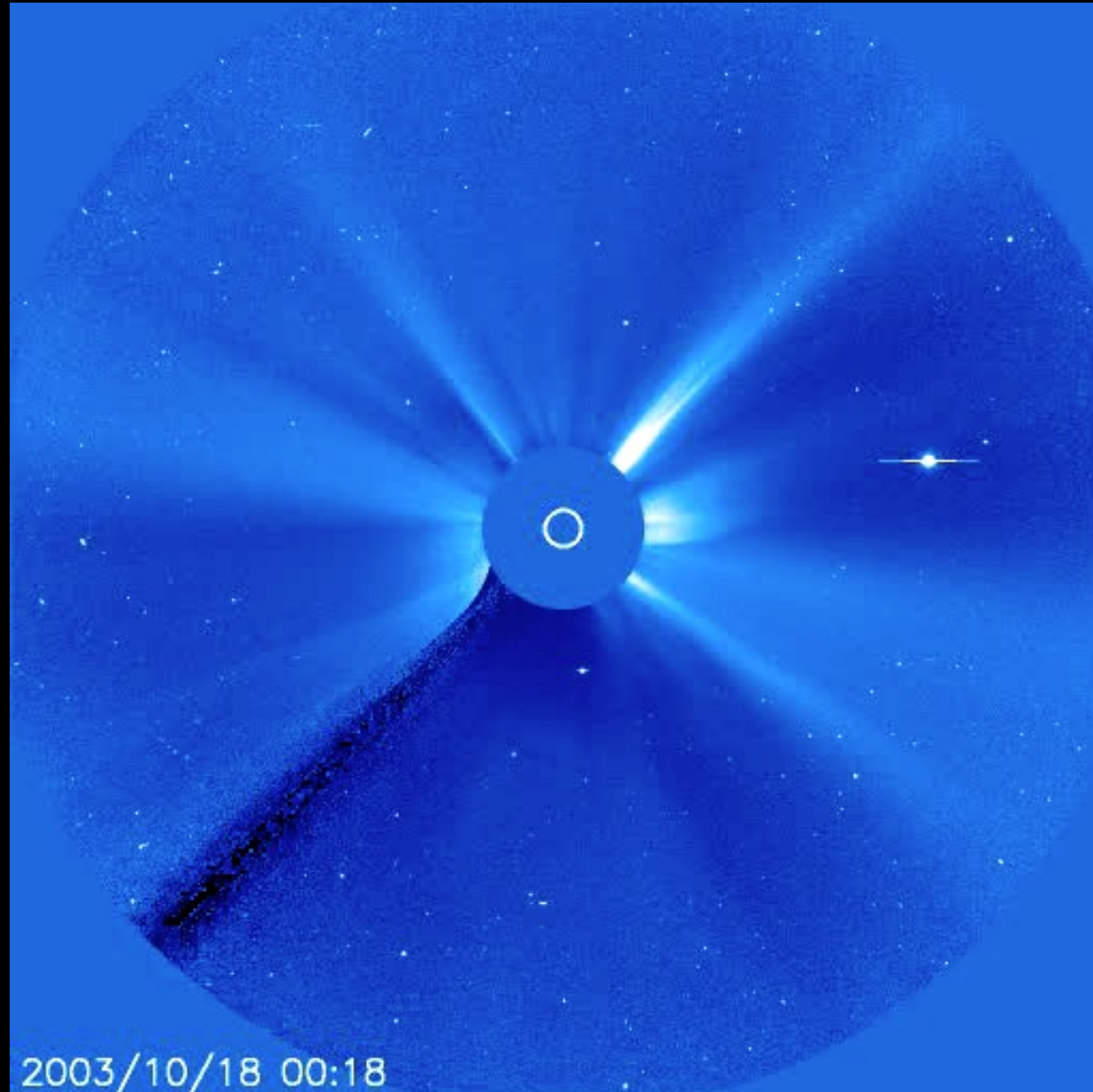


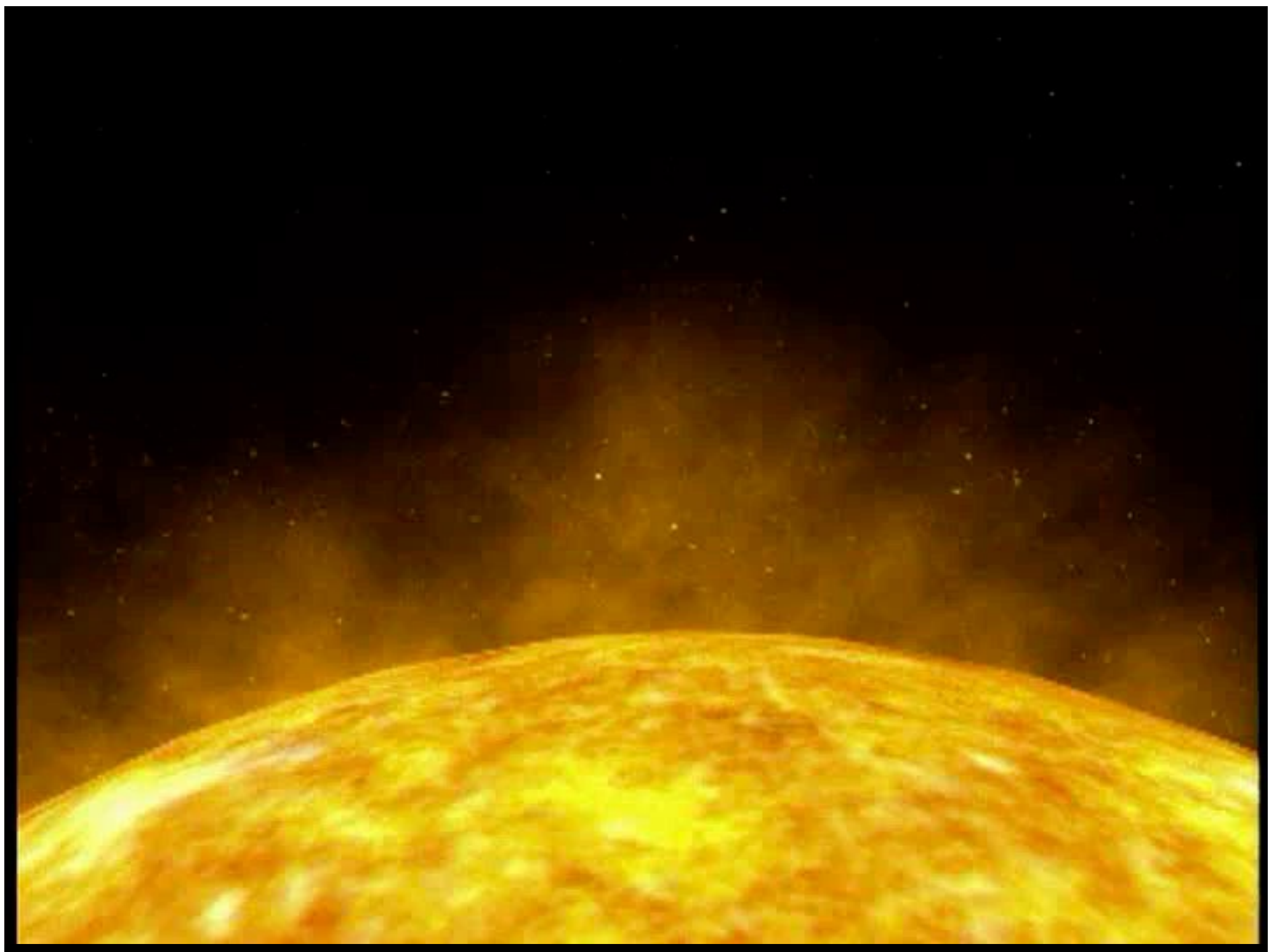
磁場
(白い部分がN極、黒い部分がS極)



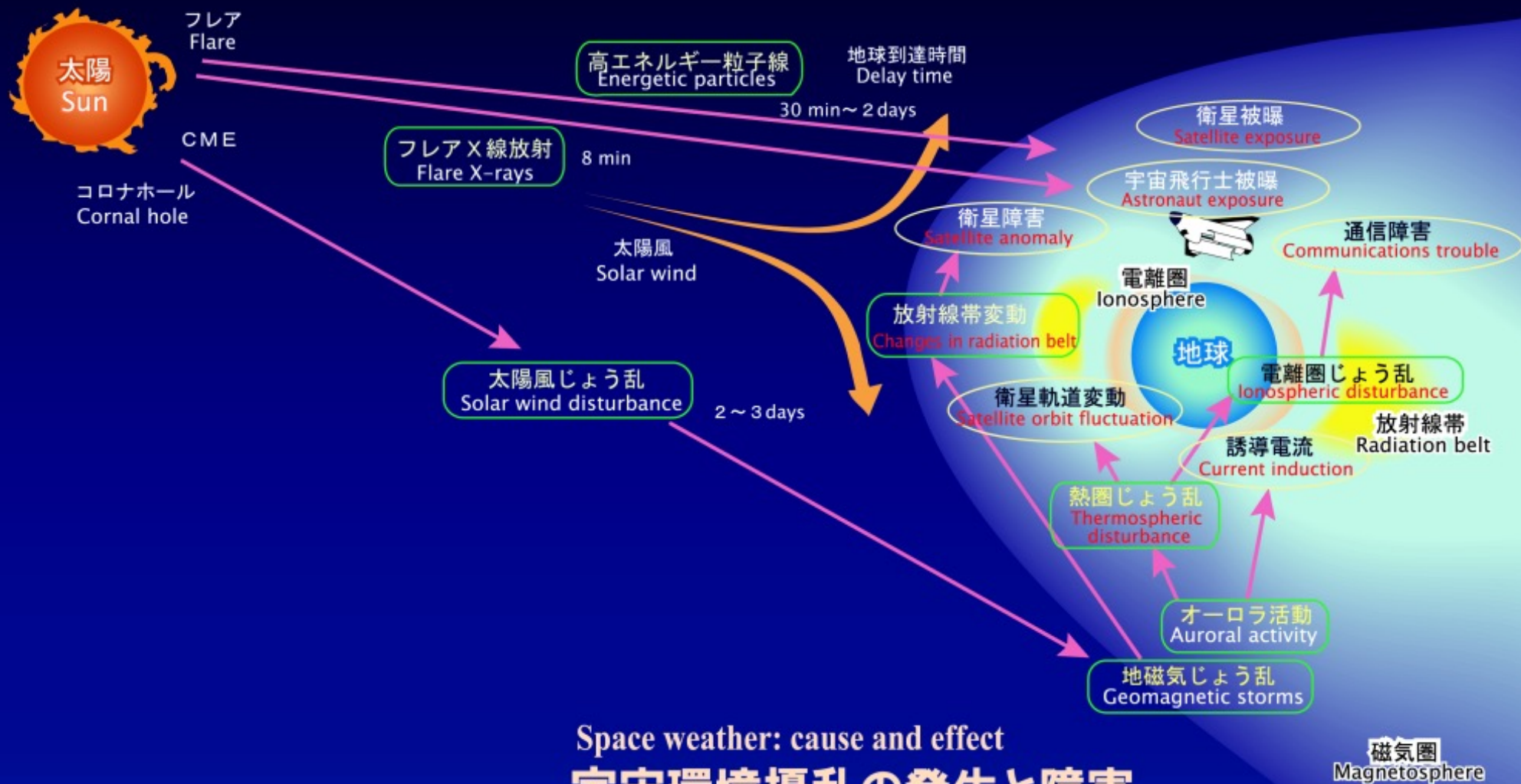
X線
(1-100MK)

太陽風とコロナ質量放出





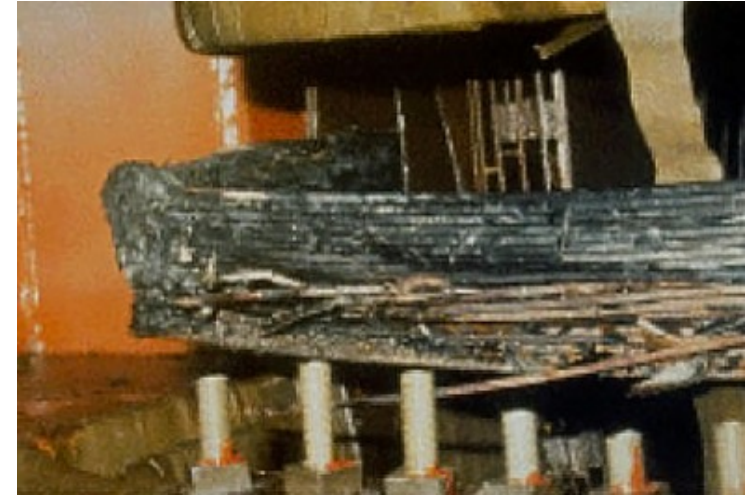
太陽フレアの地球環境・人類文明への影響＝宇宙天気



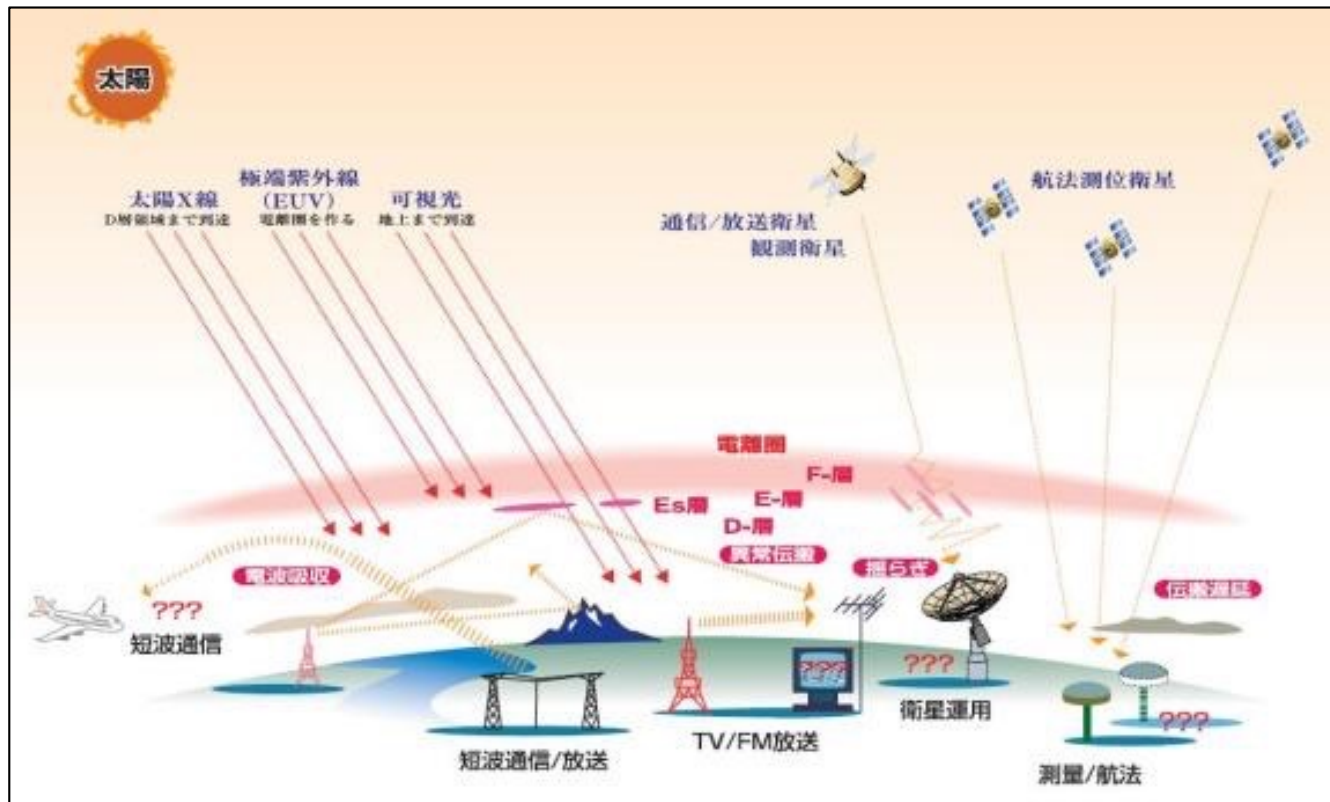
Space weather: cause and effect
宇宙環境擾乱の発生と障害

宇宙天気現象による被害

- 人工衛星の故障
 - 通信・放送、GPSの障害
- 宇宙飛行士、航空機被曝
- 発電所・送電線網の障害（停電）
- 1859年に起きた観測史上最大のフレアが現在の地球を直撃すれば、経済損失は2兆ドル



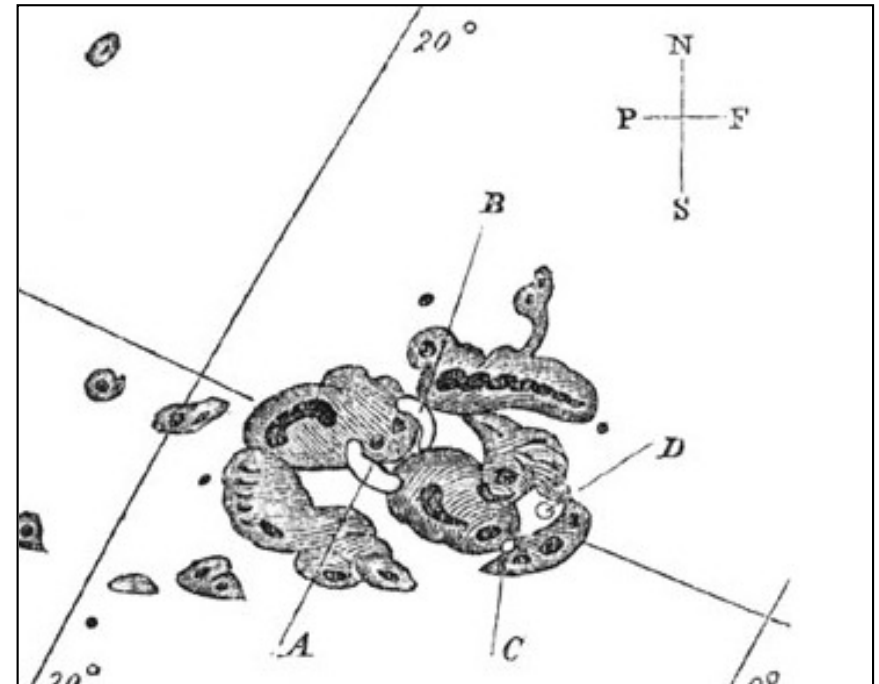
1989年のフレアで被害を受けた米NJ州の原発の変圧器



電離圏擾乱と通信、測位障害(NICT)

キャリントンフレア (1859年9月)

- 近代観測史上最大のフレア-宇宙天気現象
- キューバやバハナなど低緯度でもオーロラを観測
- 日本でも青森県や和歌山県見えたらしい (後述)

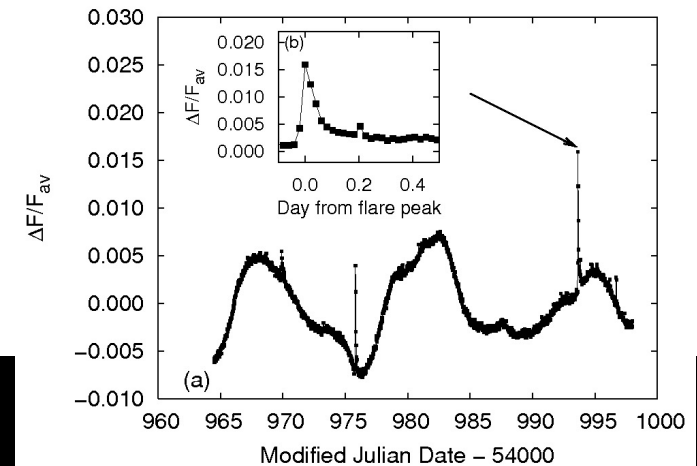
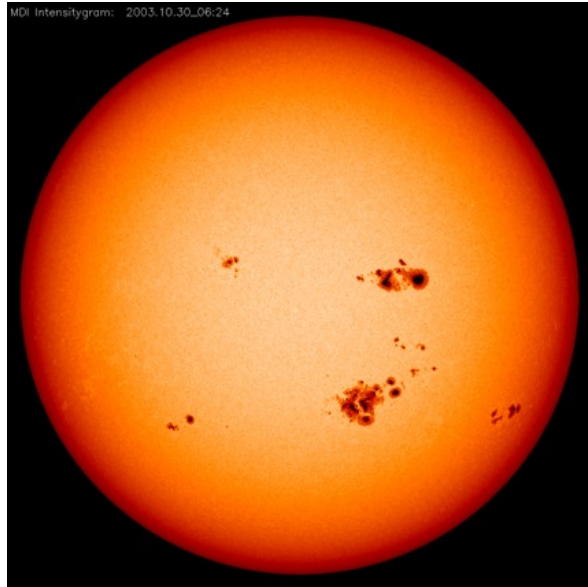


- 2012年7月23日、キャリントンフレアと同程度と思われるフレアが発生。地球から見て太陽の横側だったので被害はなかった

太陽でスーパーフレア？

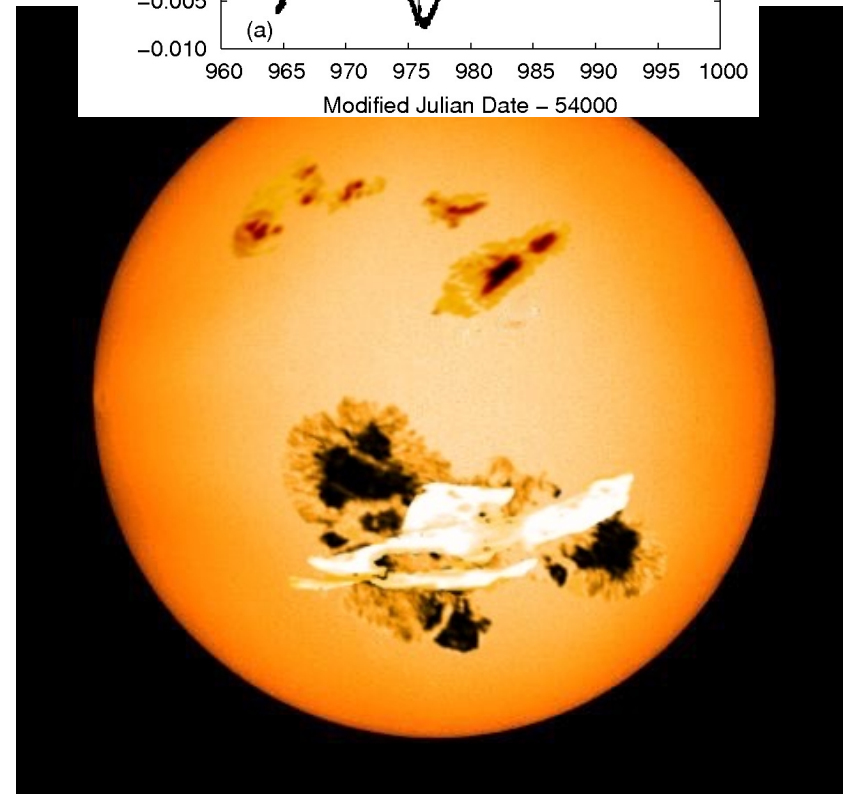
Maehara+2012

太陽



キャリントンフレアの100-1000倍もの
フレアが太陽型星であいついで発見。

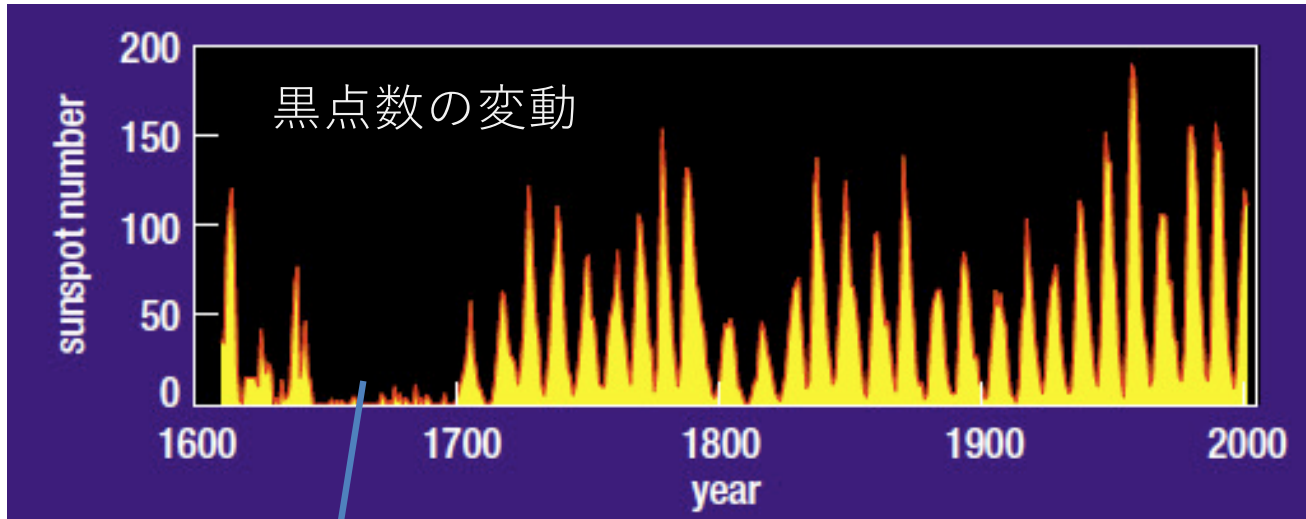
もし太陽でおきれば大災害
(詳しくは2/12の金曜天文講話で)



スーパーフレアを起こす太陽型星 (想像図)

太陽活動の地球気候への影響

太陽黒点の変化



マウンダーミニмум

2000年 1991年



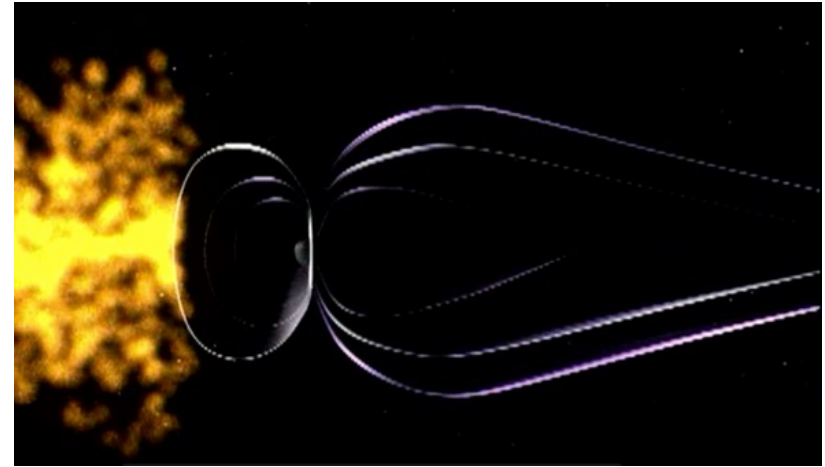
- 17世紀後半、黒点がほとんどなかった「マウンダーミニмум」の時、地球はミニ氷期だった。
- より長期的に見ても、太陽活動と地球気候の間に相関がある（最近の温暖化との関連は議論にはなっているが不明）

そのころのイギリスのテムズ川をかけた絵

ここまでのまとめ

- 太陽の黒点は磁場の強い領域であり、磁場のエネルギーでフレア（太陽面爆発）など様々な現象がおきる
- 太陽の磁気活動にともなう宇宙環境の変動＝宇宙天気は、人工衛星や送電線網、GPSなど現代的なインフラに多大な影響を及ぼす新しい自然災害
- 太陽活動は地球の気候にも影響がある
- 太陽活動の長期変動、そして太陽フレアはどこまで巨大なものが起きうるのか、その頻度はどれくらいか、ということを知りたい。⇒歴史文献！？

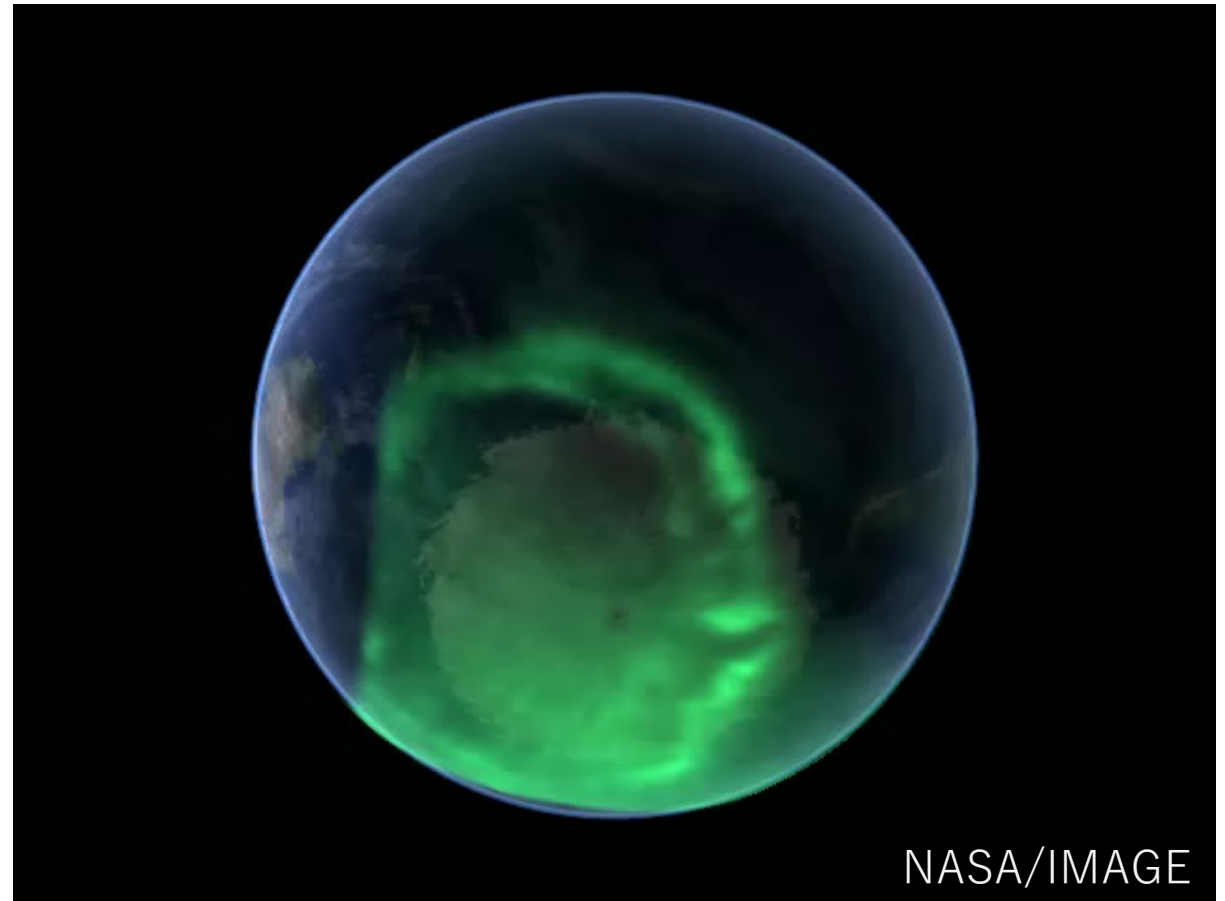
太陽活動 低緯度オーロラ



オーロラは磁極を囲むリング状に発生する

地磁気嵐が発達すると、
オーロラ帯が低緯度に広がる

低緯度でオーロラが見られた記録があれば、巨大な地磁気嵐が起きた証拠であり、従って巨大な太陽フレアが起きたことの関節的な証拠となる。



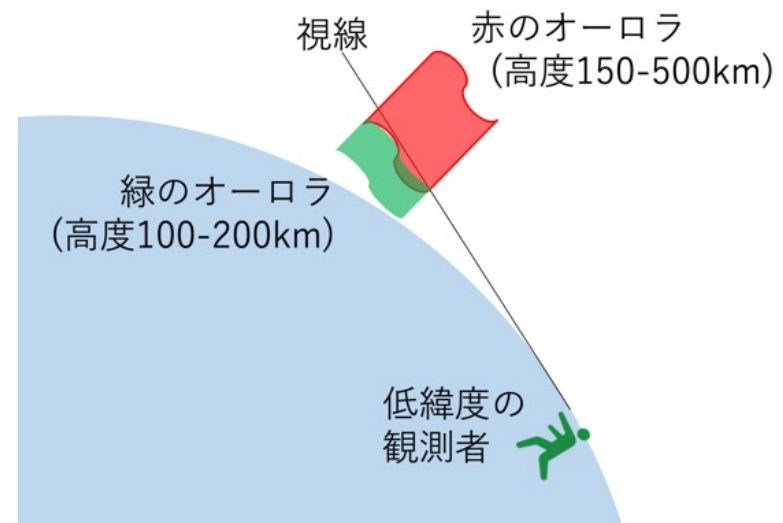
歴史文献中に記録された中低緯度オーロラ

漢字文化圏では「赤氣」や「白氣」といった言葉で記録されていた。



天元玉曆祥異賦，国立国会図書館蔵

なお低緯度から見えるオーロラは赤く



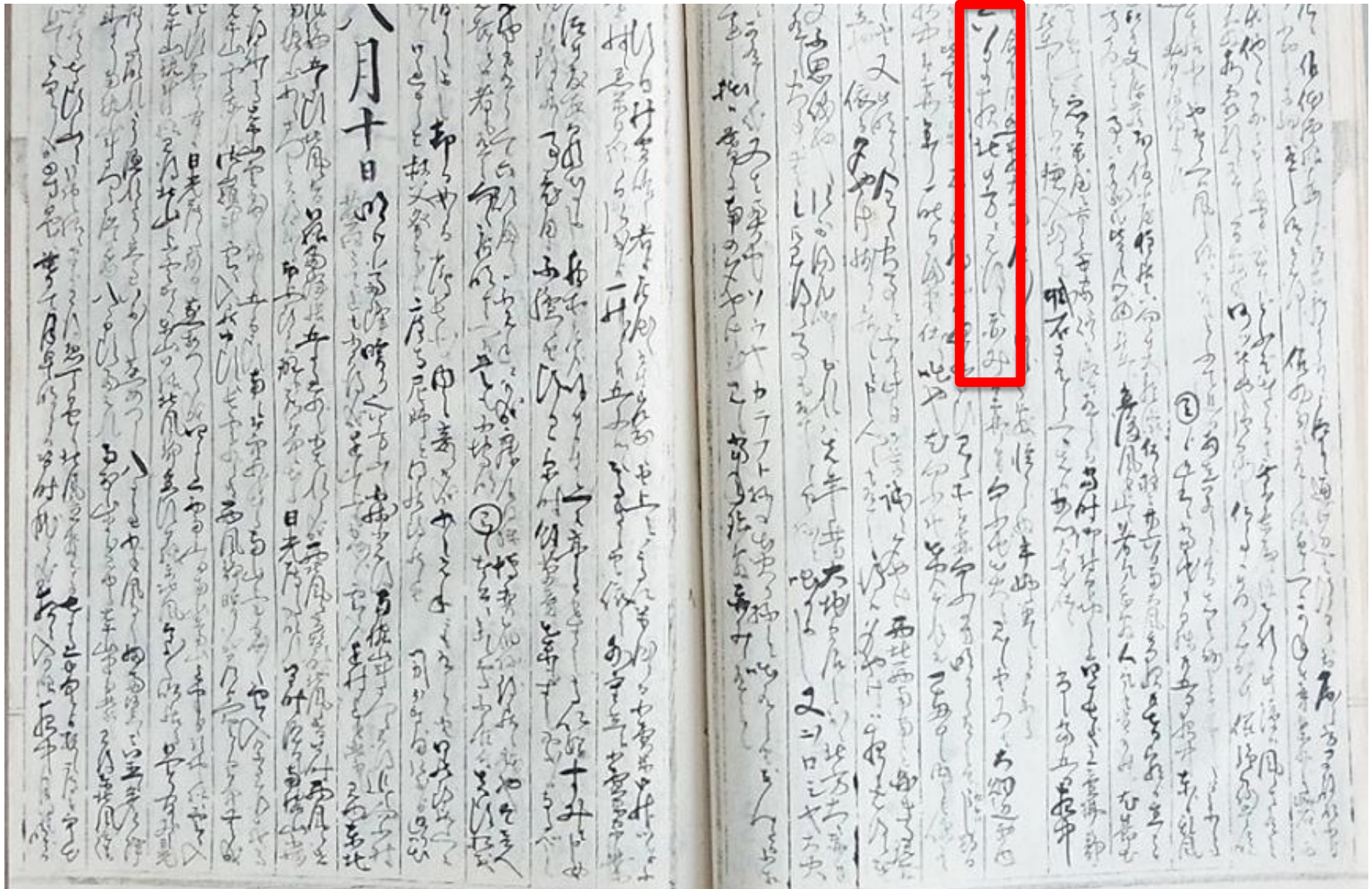


Aurora viewed from ISS (NASA)

オ一口ラの記録（中国）

東北分爲二星而滅後有聲如雷
癸丑三年秋大水自七月初六日雨至二十三日止場
民舍無算禾穗生芽
甲寅四年夏麥大熟雙歧者多有之斗麥二百文
乙卯五年大有年
丙辰六年七月蝗
九月乙卯朔日食夜恒星皆赤
冬十二月五星並見
丁巳七年閏五月辛卯夜有白氣起於東南寬五尺許長
經天平明始滅
城縣志 卷三 祥異
六月壬子天鳴東南飛蝗蔽日甲寅飛蝗蔽日
秋七月蝗蝻徧地禾稼盡傷
戊午八年旱秋七月蝗
八月彗星出西北轉入西南兩月始滅
己未九年春三月壬辰天狗過境左旋入於東北聲如雷
秋八月癸卯夜赤氣起於西北亘於東北天平明始滅
辛酉十一年夏五月二十三日夜彗星出西北至天明入
東北光芒萬丈直貫雲漢數十日光氣漸小數月始
滅
秋八月丁巳朔日月合璧五星聯珠

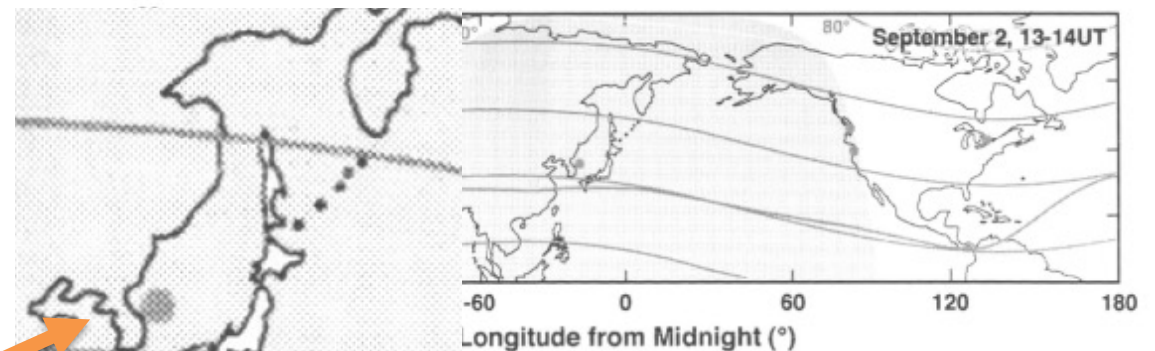
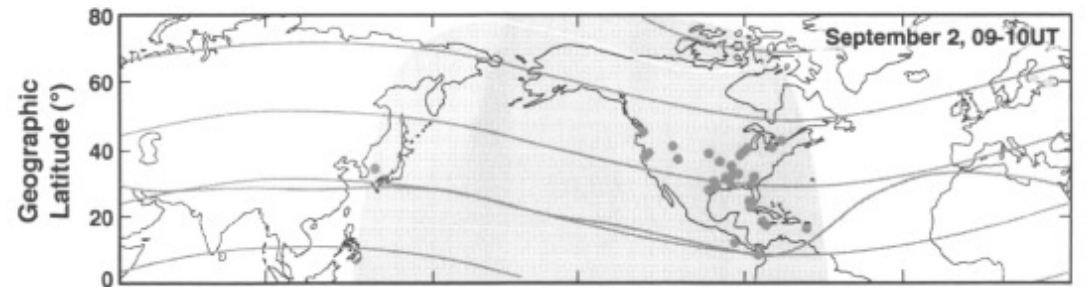
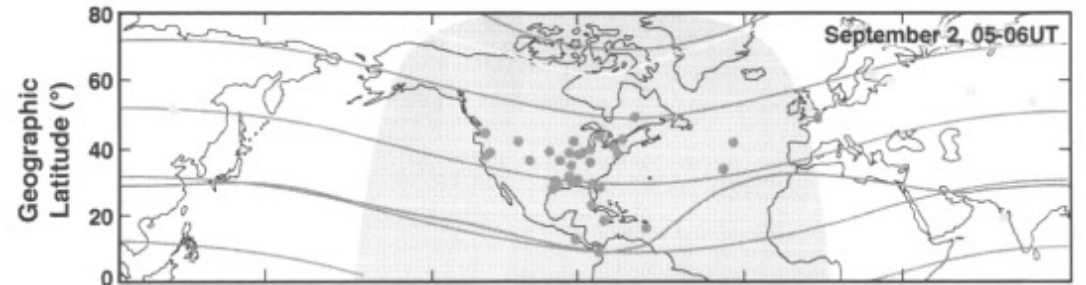
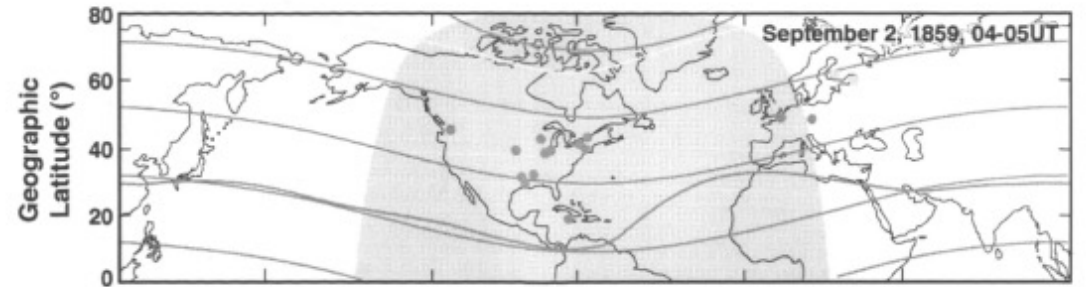
オーロラの記録（日本）



市立弘前図書館所蔵「山一金木屋又三郎日記」安政6年8月9日条，岩橋氏提供

キャリントンフレアで 見られたオーロラ (1859, Sep 1-2)

- キューバ、バハナ、ジャマイカ、ハワイなどの低緯度を含む世界各地でオーロラが見られた。
- 東アジアでは”Wakayama“の1例だけ。しかも…



Wakayama?

Sept for September 2-3, 1859 over the northern hemisphere entered on midnight.

Green & Boardsen 2006

キャリントンイベント時の東アジアにおけるオーロラ観測の発掘

Hayakawa, H., Iwahashi, K., Tamazawa, H., Isobe, H., Kataoka, R., Ebihara, Y., Miyahara, H.,
Kawamura, A.D., Shibata, K.; PASJ, 68, 99 (2016)

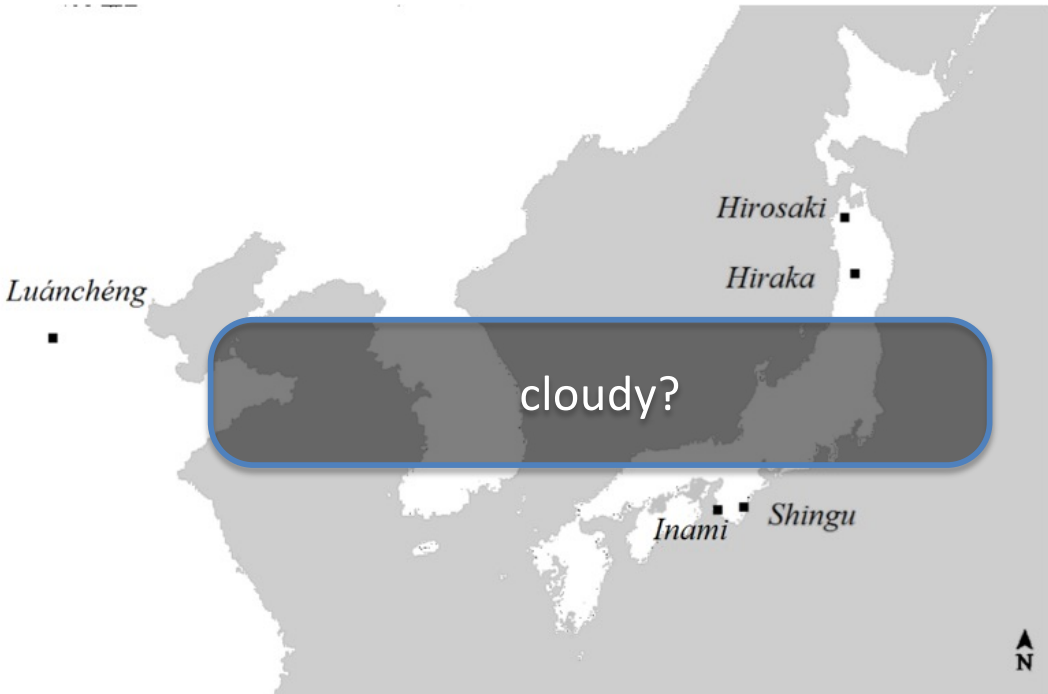
- 新宮（<=既出の記録）、印南、弘前、平鹿、そして中国の観測例を発掘。
- 弘前の観測は、独立した3つの記録があった。



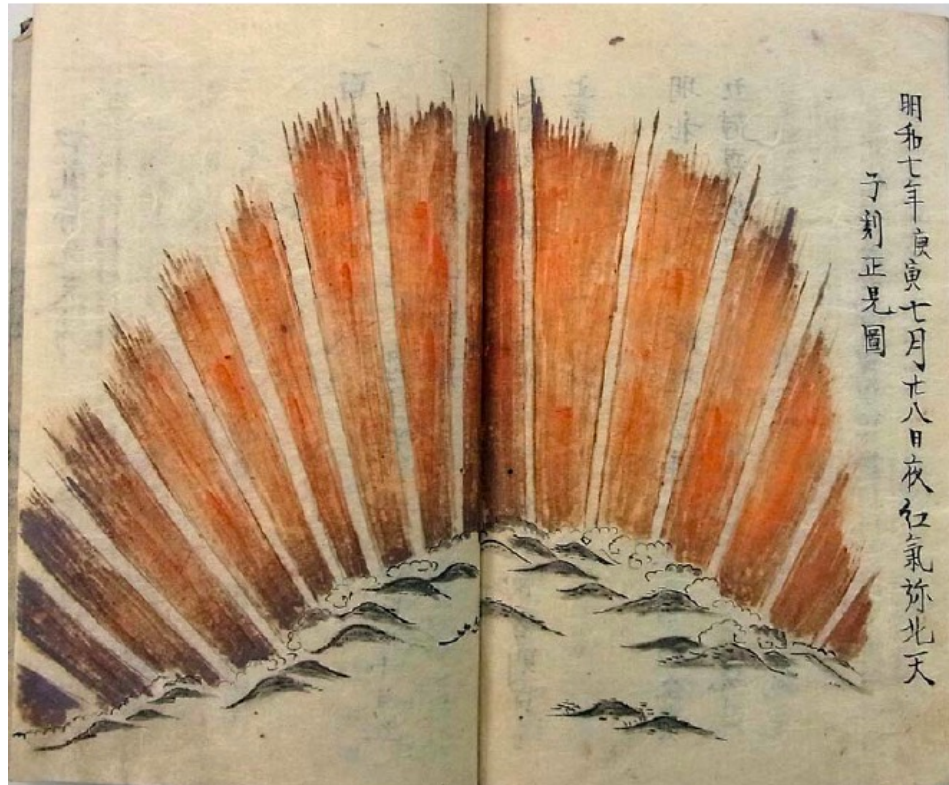
- 印南、平鹿、弘前のうち一つは、在野研究者の渡辺美和氏によるカタログに掲載されていたものを再調査。

日記から天気も再現。 東アジアは部分的に天気が悪かったらしい

Table 2. Weather in East Asia from 1859/08/28 to 1859/09/02.*

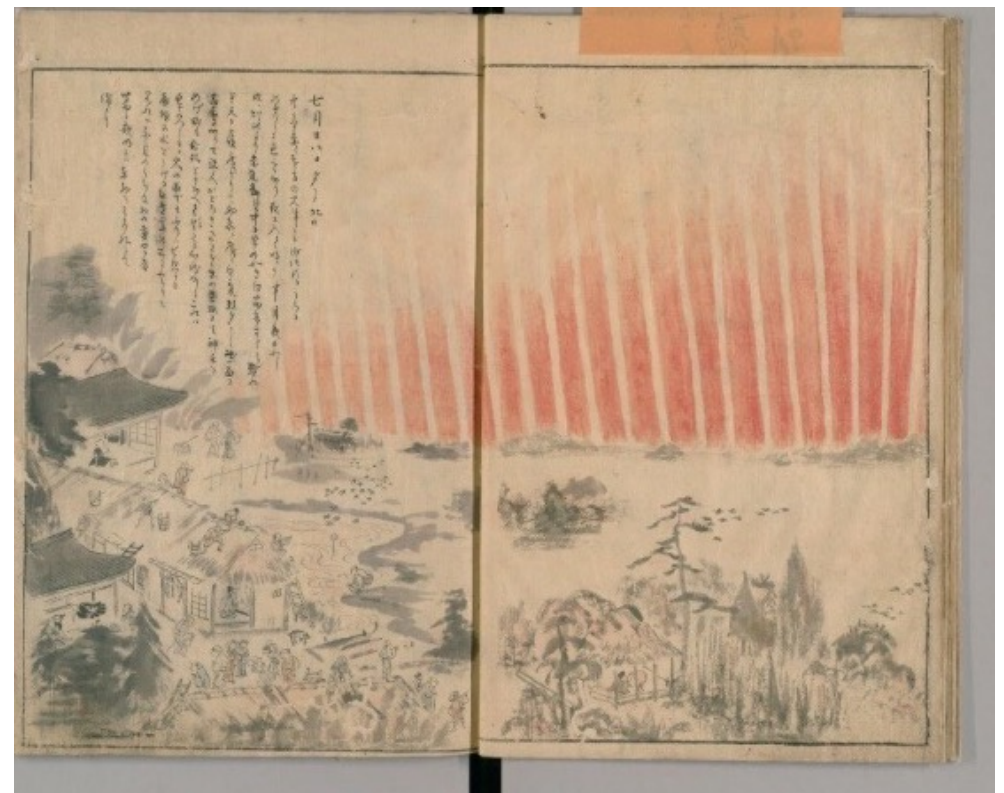
Date	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1	9/2	9/3	9/4	Reference
Hirosaki	clear	clear	clear	cloudy	cloudy rainy	sunny	sunny	sunny	JW03
Tama	clear	clear	clear	good	good	cloudy	rainy cloudy	good	JW04
						rainy	sunny	sunny	JW05
						sunny	rainy		JW06
						good	good	hot	JW07
						good	cloudy	good	JW08
						clear	sunny	sunny	JW09
						good	good	good	JW10
						cloudy	cloudy	sunny	JW11
						sunny	sunny	sunny	JW12
						hot	xx	hot	JW13
						cloudy	rainy	rainy	JW14
						sunny	sunny	windy	JW15
						cloudy	sunny	sunny	JW16
						good	rainy	good	JW17
						rainy			JW18
						cloudy			JW19
						rainy			JW20
						rainy			JW21
						clear			JW22
						rainy			JW23
						rainy			JW24
						rainy			JW25
						rainy			JW26
						rainy			JW27
						rainy			JW28
						rainy			JW29
						rainy			JW30
						rainy			JW31
						rainy			JW32
						rainy			JW33
						rainy			JW34
						rainy			JW35
						rainy			JW36
						rainy			JW37
						rainy			JW38
						rainy			JW39
						rainy			JW40
						rainy			JW41
						rainy			JW42
						rainy			JW43
						rainy			JW44
						rainy			JW45
						rainy			JW46
						rainy			JW47
						rainy			JW48
						rainy			JW49
						rainy			JW50
						rainy			JW51
						rainy			JW52
						rainy			JW53
						rainy			JW54
						rainy			JW55
						rainy			JW56
						rainy			JW57
						rainy			JW58
						rainy			JW59
						rainy			JW60
						rainy			JW61
						rainy			JW62
						rainy			JW63
						rainy			JW64
						rainy			JW65
						rainy			JW66
						rainy			JW67
						rainy			JW68
						rainy			JW69
						rainy			JW70
						rainy			JW71
						rainy			JW72
						rainy			JW73
						rainy			JW74
						rainy			JW75
						rainy			JW76
						rainy			JW77
						rainy			JW78
						rainy			JW79
						rainy			JW80
						rainy			JW81
						rainy			JW82
						rainy			JW83
						rainy			JW84
						rainy			JW85
						rainy			JW86
						rainy			JW87
						rainy			JW88
						rainy			JW89
						rainy			JW90
						rainy			JW91
						rainy			JW92
						rainy			JW93
						rainy			JW94
						rainy			JW95
						rainy			JW96
						rainy			JW97
						rainy			JW98
						rainy			JW99
						rainy			JW100

1770年（明和7年）にもキャリントン級のオーロラ？

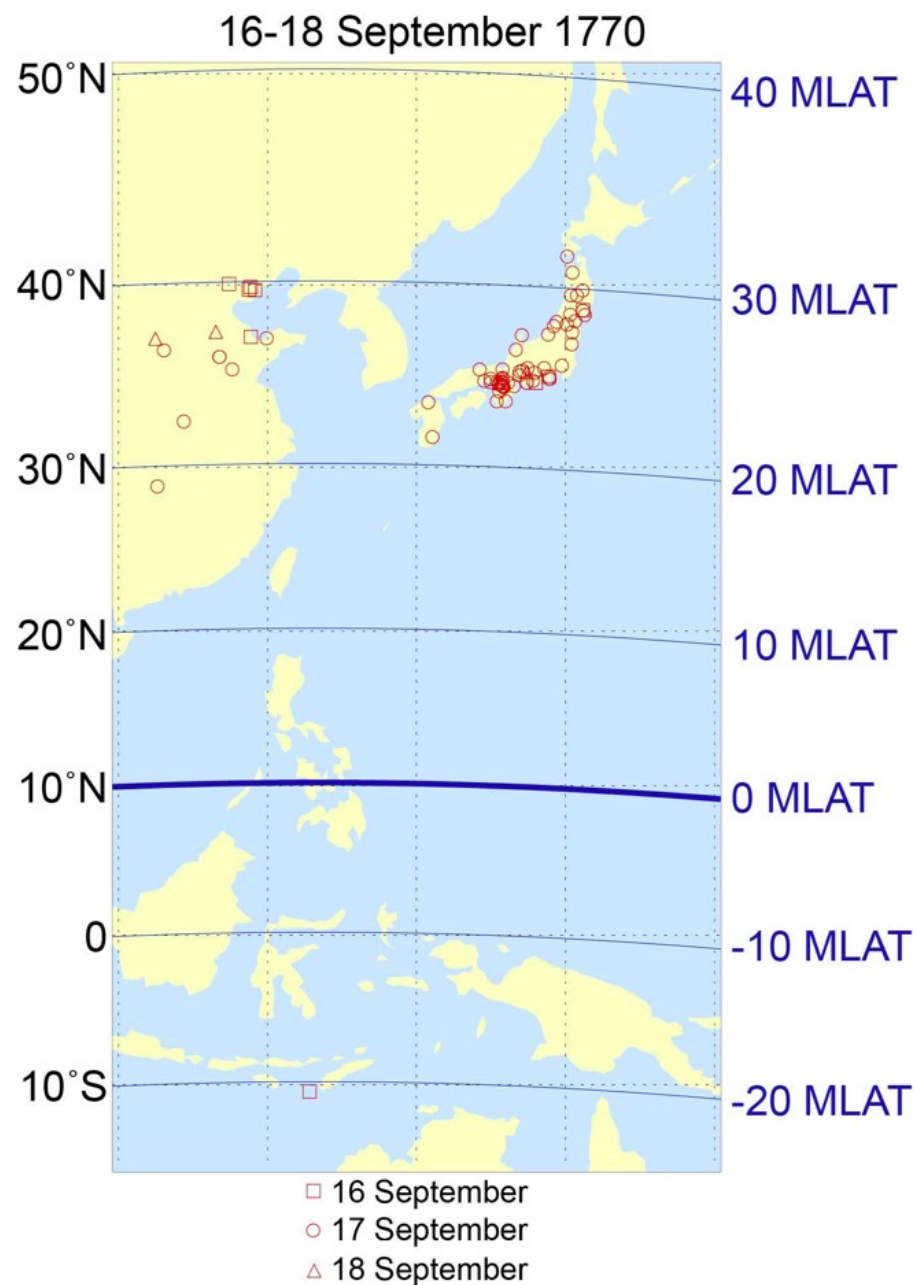


星解/Seikai, Matsusaka-city

Hayakawa et al. 2017 ApJL,
Ebihara et al. 2017, GRL

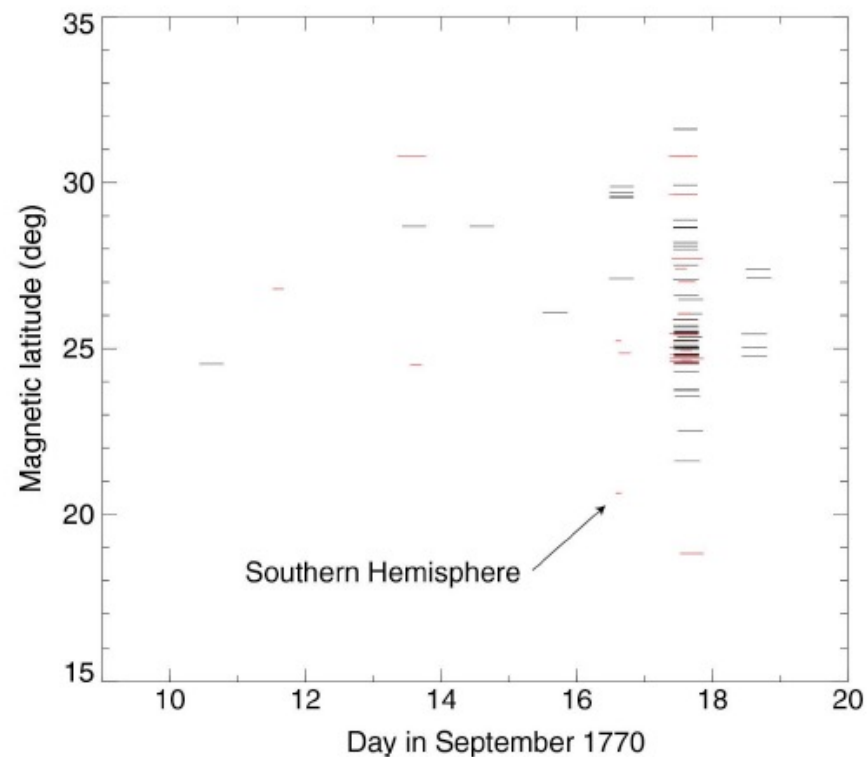


猿猴庵随観図会 国立国会図書館デジタルアーカイブ



日本全国および中国でオーロラが見られ、しかも1週間以上続いた。

オーロラ最南端は1859年の
キャリントンイベントより南

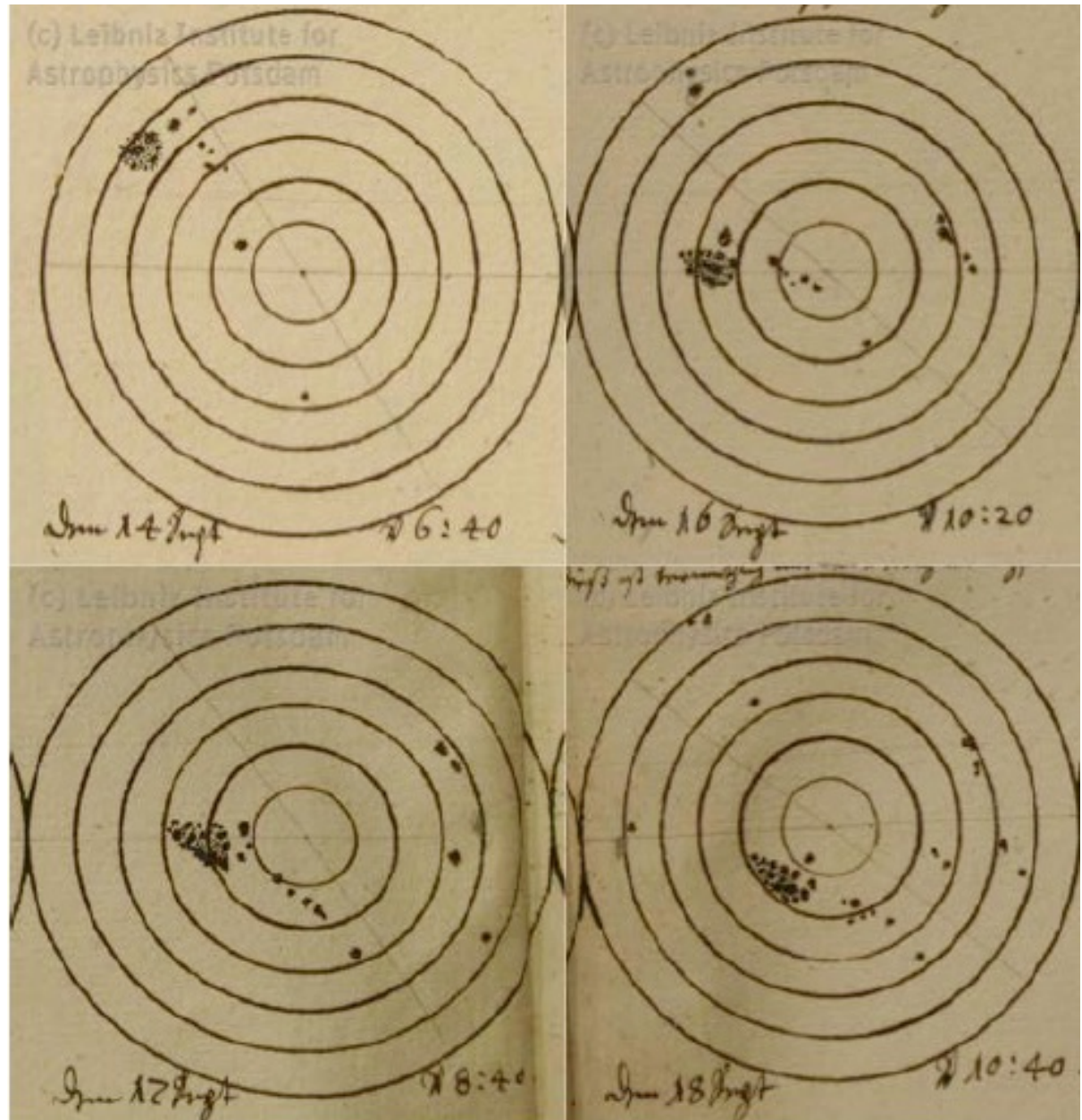


1770年9月に出ていた黒点

史上最大級の黒点が出ていたようだ。

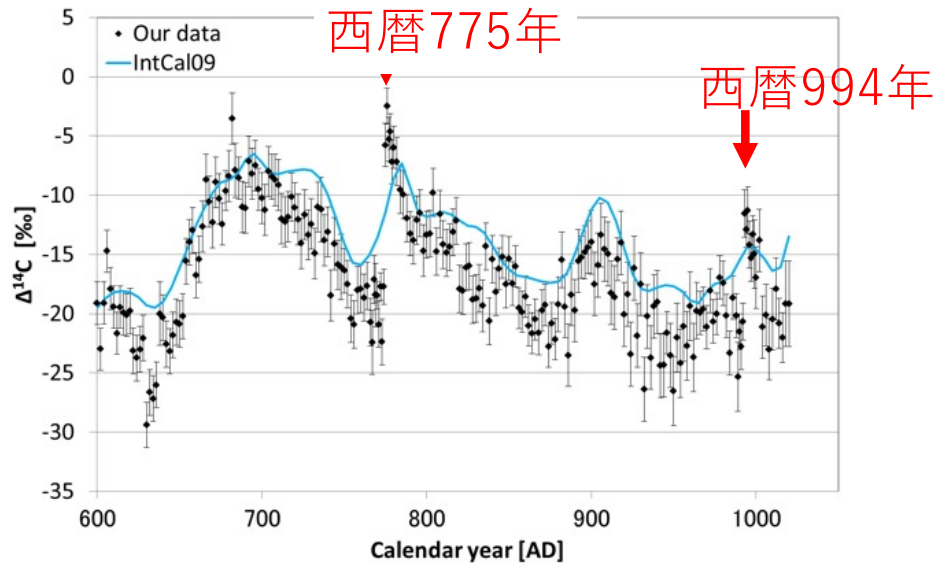
少なくともキャリントンイベントと同程度かそれ以上のイベントは、100年に一回程度は起きるらしい。

Sunspot drawings spanning 14-18 September 1770 by Johann Caspar Staudacher (courtesy: Leibniz-Institut für Astrophysik in Potsdam).



10世紀のスーパーフレアに伴うオーロラ？

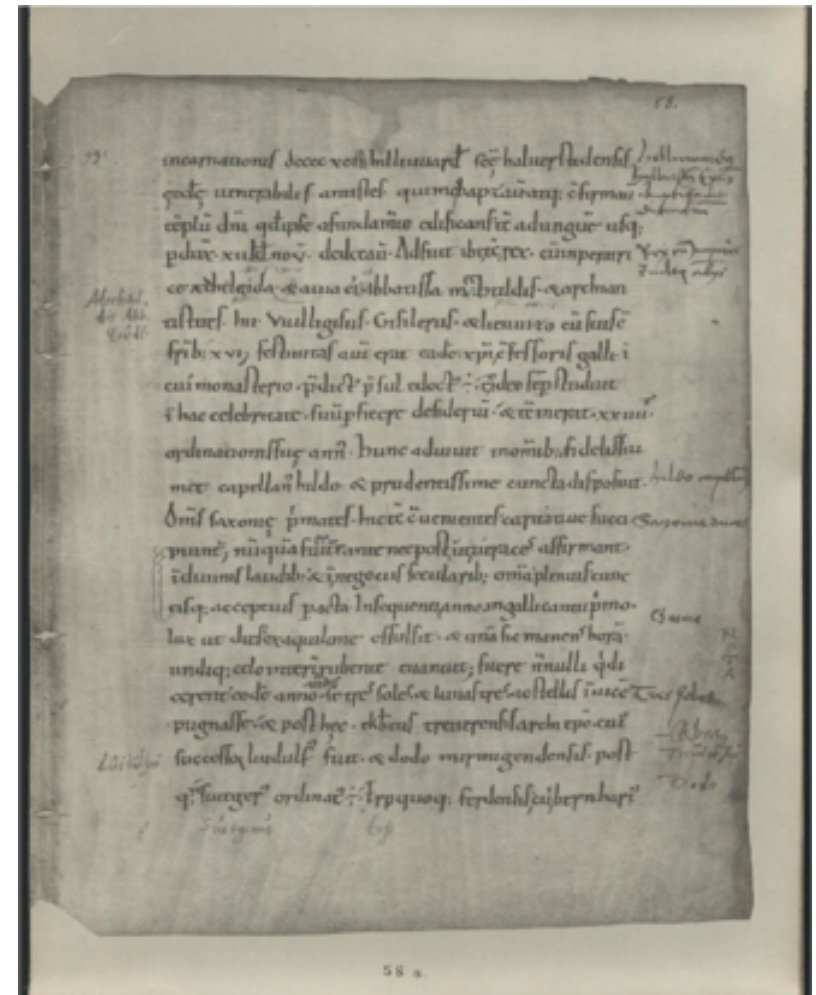
Hayakawa et al. Sol. Phys., 292:12 (2017)



Miyake et al 2012 Nature, 2013 Sci. Rep.

992年12月MI（～993年1月）にかけて、朝鮮半島、アイルランド、そして大陸ヨーロッパ（Saxonian city）でオーロラの同時観測を発見。

宇宙線で ^{14}C が作られてから木に取り込まれるまでの時間を考慮すると、994年の宇宙線イベントの原因となる太陽フレアだった可能性がある。



日付が分かっている最古のオーロラ記録

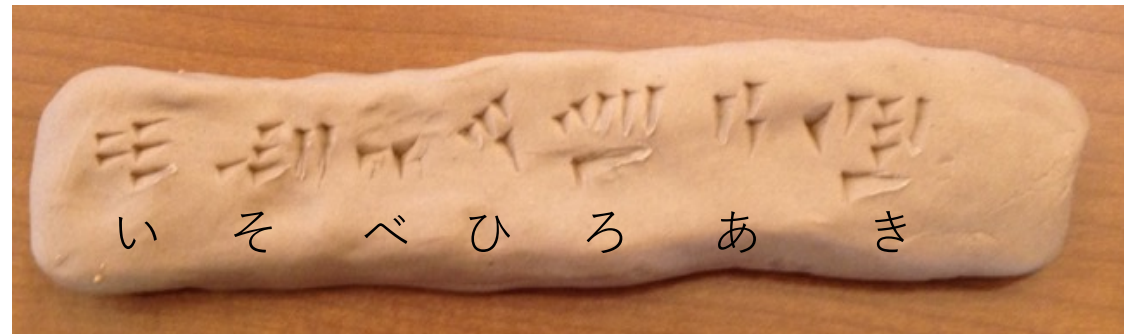
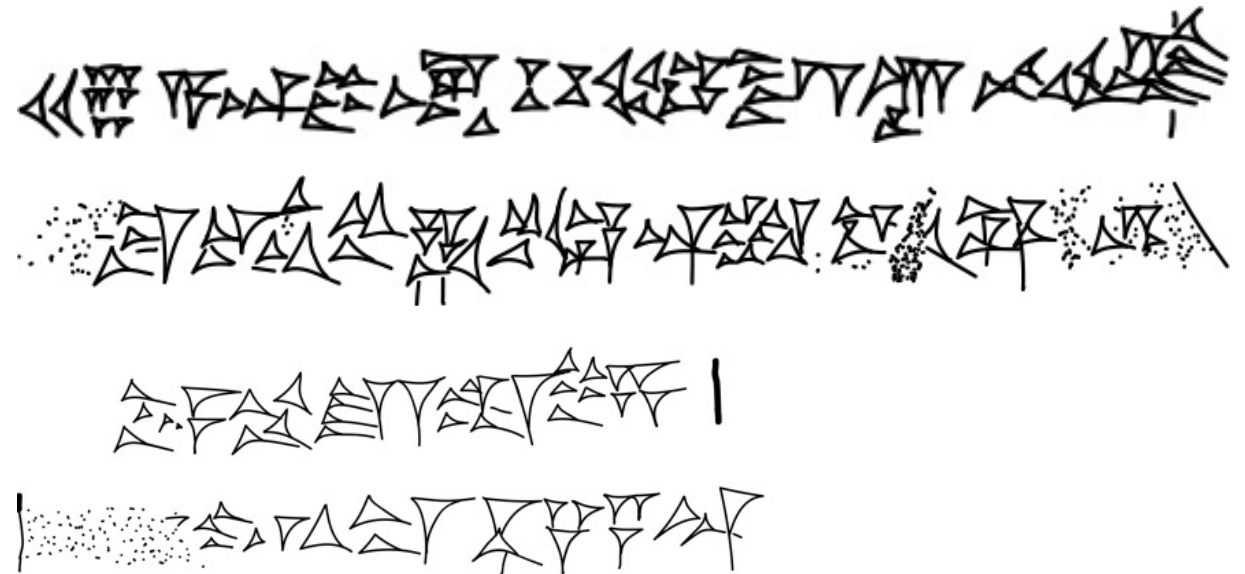
Hayakawa, Mitsuma, Kawamura, Miyahara, Ebihara, Tamazawa & Isobe, EPS, 68, 195
(2016)



1: The reverse of the Babylonian tablet (VAT 4956)
that contains the record of the aurora in 567 BC.
(Staatliche Museen, Berlin/Olaf M Teßmer)

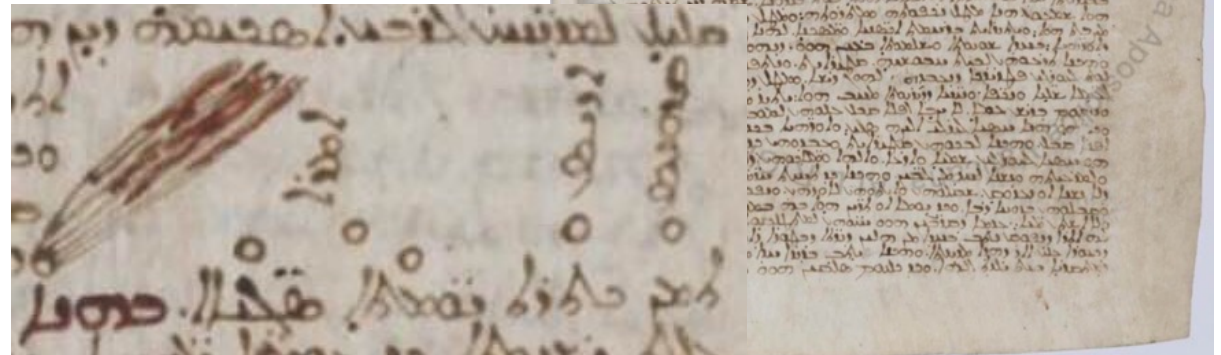
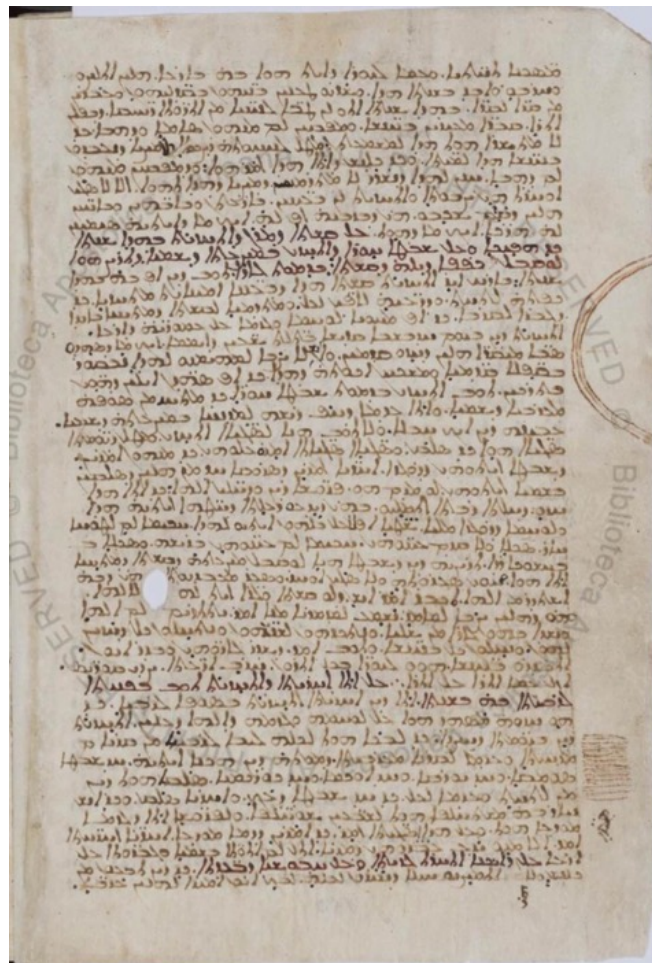
Stephenson et al. 2004

バビロニア天文誌に、紀元前1～6
世紀のオーロラ記録を発見



世界最古のオーロラスケッチ in the Syriac Chronicle of Zūqnīn

Hayakawa, H., Mitsuma, Y., Fujiwara, Y., Kawamura, A.D., Kataoka, R., Ebihara, Y., Kosaka, S., Iwahashi, K., Tamazawa, H., Isobe, H.; PASJ, 69. 17 (2017)



Sky on 25 May 760, 3am



α Ari β Ari γ Ari

Mars

Saturn

東北東

東

東南東

StellaNavigator / AstroArts

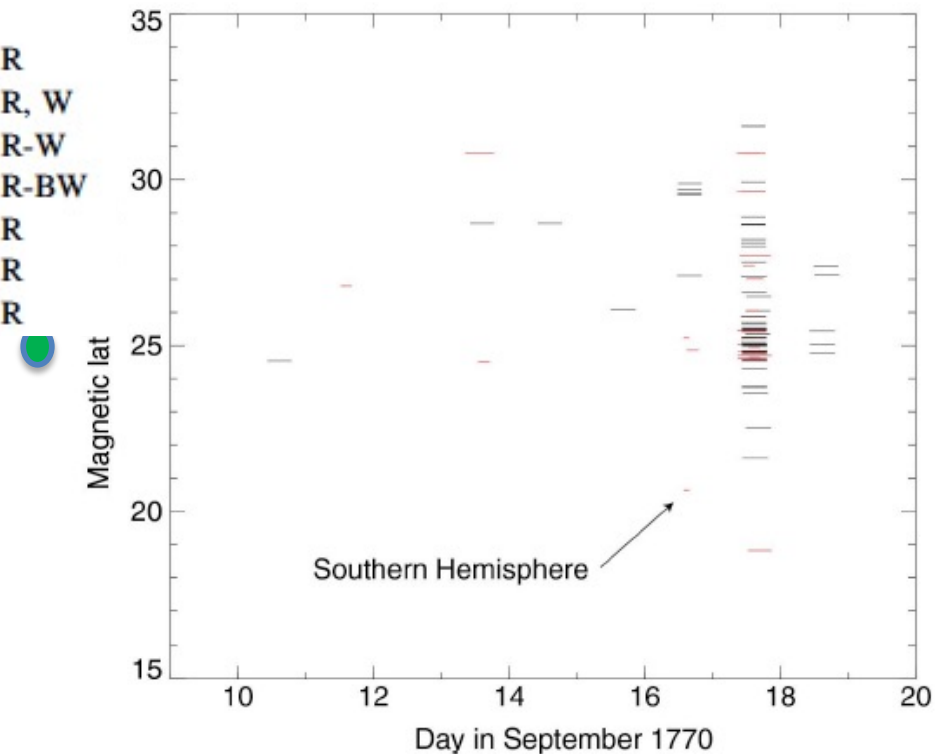
歴史学と自然科学の協働について

- 歴史史料は自然現象・自然災害の記録の宝庫
- そもそも人々が正体を知らなかったオーロラの場合は、「オーロラである」という確定が難しい。一番重要なのは、遠く離れた2地点での同時観測（例：日本と中国、東洋と西洋）
- 史料から情報を読み取るには、史料の背景や文脈を熟知し、その信憑性を吟味できる歴史学者の知見が不可欠
- 史料に書かれた自然現象が実際にどのようなものであり得たのかの吟味には、自然科学者の知見が必要
- 歴史学と自然科学の互恵的な関係が重要

1770年の活発な太陽活動はどれくらい続いた？

J090301	1770	Sep	3	R
J090302	1770	Sep	3	R
J090303	1770	Sep	3	
J090304	1770	Sep	3	R
J091001	1770	Sep	10	R
J091301	1770	Sep	13	R
J091302	1770	Sep	13	R
J091303	1770	Sep	13	
J091401	1770	Sep	14	
J091601	1770	Sep	16	R
J091602	1770	Sep	16	R, W
J091701	1770	Sep	17	R-W
J091702	1770	Sep	17	R-BW
J091703	1770	Sep	17	R
J091704	1770	Sep	17	R
J091705	1770	Sep	17	R

記録だけ見ると、
2週間以上続いているように
見えるが...



9月3日のオーロラの記録、本当にオーロラ？

9月3日（旧暦七月十四日）のオーロラの記録が4件

- 「当所年代記」平山日記（市立弘前図書館蔵） 青森県五所川原市
- （原文）七月十四日、紅氣北天より出、初は少々の義に候処、忽天中に満、わつかに南方十歩一はかり残り、天色如火、暮六ツ時より初り鶏鳴迄不止。諸人其驚候処、其后消申候
- 「永禄日記」明和7年条（市立弘前図書館所蔵）0276 青森県弘前市
- （原文）七月十四日紅氣北天より出、初ハ少々の義二候処、忽ち中天二満てわつか十歩一計残りて色火の如、暮六ツ時頃より始り鶏鳴間で不止諸人驚く。
- 「本藩明実録」（別名本藩事実集）（市立弘前図書館蔵） 青森県弘前市
- （原文）一七月十四日、紅氣小天より出、少し儀二候処、忽中天に満、わつかに南方十分一計残り、天宮火之如く、暮六時頃より始鶏鳴迄不止、諸人甚驚申候
- 「鳴海日記」（佐藤素子氏所蔵）宮城県古川市
- （原文）七月十四日、紅氣北天より出、初は少々の義に候処、忽中天満わつかに南方十分一計残り、天色如火、暮六ツ時より始り鶏鳴鳴迄不止、諸人甚驚
- （現代語訳）7月14日、紅氣が北の空に出る。初めは少しのことであったが、忽ち空中に広がった。空の色は火事の様だった。午後6時頃より始まり明け方まで続いた。皆、驚いていたが、その後消えた。

ほとんど同一文章。恐らくどれかが最初の文書で、残りはそれを書き写したもののだろう。

1770年9月3日（明和七年七月十四日）

記録のオリジナルは？信頼性は？

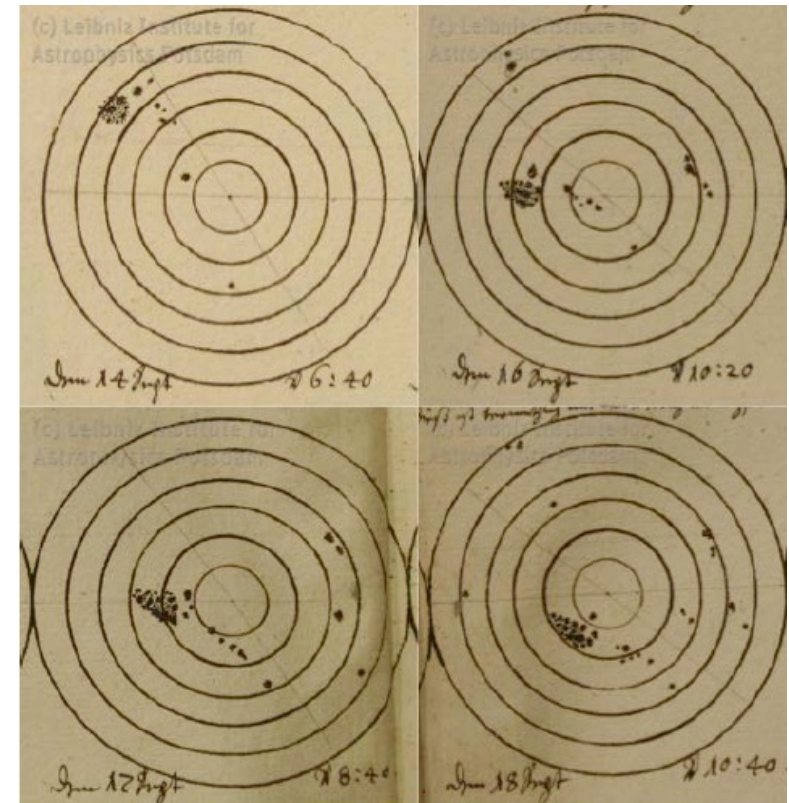
- 当所年代記（平山日記）
 - 永禄日記
 - 本藩明実録
 - 鳴海日記
-
- 文献学的には、本藩明実録は永禄日記を元に編集したことがわかってる。また鳴海日記はずっと後になってから書かれた日記。この二つは除外。
 - 永禄日記と平山日記 のどちらが早いかはよくわからない。
-
- 実は永禄日記の成立は1770年より早い。オーロラの記録は、後から追加されたもののはず。つまり、「後からわざわざ追加するくらい、藩の歴史として記録されるべき重要な出来事と認識されていたと考えられる」
-
- にも関わらず、オーロラが最も明るかった9月16-17日の記録はない。恐らくはこの記録は9月16-17日のオーロラを記録するつもりで、日付を誤記したものと考えられる

1770年9月25日はどうか？

J091768	1770	Sep	17	R
J091769	1770	Sep	17	R
J091770	1770	Sep	17	R
J091801	1770	Sep	18	R-W
J091802	1770	Sep	18	five-color
J091803	1770	Sep	18	R
J092201	1770	Sep	22	R
<u>J092501</u>	<u>1770</u>	<u>Sep</u>	<u>25</u>	<u>R</u>
J100201	1770	Oct	2	R
J101601	1770	Oct	16	R-W-P

9月25日にオーロラがあったとすれば、原因となったフレアは23~24日頃に起きたはず。

巨大黒点は18日に太陽の中心あたり。太陽の自転周期が26日程度であることを考えれば、9月24日には、黒点群はギリギリ地球から見えるくらいの西の端にいただろう。=>オーロラはありえなくはない。



Hayakawa+2017

9月25日（旧暦八月七日）の記録

- 八月七日庚辰、亥刻、当西有赤気、**頗微**、愚紳
- この史料は権大納言柳原紀光が編纂した「続史愚抄」の明和七年八月七日条の部分
- 「続史愚抄」は正元元年（一二五九）から安永八年（一七七九）までの編年体の歴史書で、六国史を継承する意図をもって編纂されたもの
- 編纂者である紀光の日記「愚紳」が残されており、そこには以下のように記されている。
- 庚辰今夜亥終剋後西方有赤気、**頗薄**

- オリジナルの紀光の日記（愚紳）の記述
庚辰今夜亥終剋後西方有赤気、**頗薄**
- 続史愚抄
八月七日庚辰、亥刻、当西有赤気、**頗微**、愚紳
- 時刻と明るさの表現に差異がある。発生時刻は日記のほうがより詳細ではほぼ二三時頃と確定できる。「亥終剋後」という部分の「終」の文字は後筆であることから、紀光がよりの的確に発生時刻を記録しようとしたことがわかる。色味について日記には「頗薄」とあるのに対し、『続史愚抄』には「頗微」と記されている。「薄」という表現はオーロラの赤みが薄いことを示すのに対し、「微」という表現を用いることで「薄暗い」あるいは「微光」という意味を加えることになり、よりオーロラの光を的確にとらえる表現になっている。

- オーロラが最も明るかった七月二八日(9月17日)の日記を見ると、紀光は「如夕陽甚、雖闇夜分人面」と記しており、オーロラの明るさに注目していた様子がわかる。つまり、『続史愚抄』編纂にあたり、紀光は七月二八日との比較から、「頗微」という表現を用いて、オーロラの光の明るさをより正確に表現したのである。
- また、この日（八月七日/9月25日）のオーロラについて興味深いのは、野宮晴定・広橋兼胤・土御門泰福といった七月二八日のオーロラを記述している公家の日記には記されていないことである。現時点の調査では八月四日のオーロラを記録した史料は『続史愚抄』と『愚紳』のみ。八月四日のオーロラ発生が科学的に実証できるとするならば、紀光の記録の信用性や彼自身の天文認識を分析するうえでも重要な意味をもつであろう。



明月記に藤原定家が残したオーロラ記録 (Kataoka, Isobe et al. 2017, Space Weather)

定家の文学はその幻想性、虚構性の高さに知られていたが、意外に自然現象を丁寧かつ正確に記録していたことが分かった=>文学研究としての意義