

会報

Vol.55

astron



エックス

パイプたばこ

両さんまゆげ

月面X



NPO 法人 花山星空ネットワーク

あすとろん 第 55 号 目次

惑星で星空視力大実験!!! やってみた	福澄 孝博	1
星空川柳	高尾 和人	5
古・中世日本の月蝕観—忌むべきもの？	遠藤恵美子	7
月面〇〇	中川 均	12
次の太陽黒点サイクル(サイクル 25)で黒点数は低くなるか(Ⅱ)	鈴木 美好 梅辻 諄	13
花山天文台今昔【10】アスカニア分光太陽写真儀	黒河 宏企	17
第 14 回通常総会報告	西村 昌能	29
第 26 回講演会	上善 恒雄	30
星の磁石は反転する？	中道 晶香	36
お知らせ	事務局	

表紙画像 月面 X p12 の記事参照
 中川 均氏提供 @豊中市
 2021 年 4 月 19 日 20:47

裏表紙画像 木星土星超大接近 p1 の記事参照
 福澄孝博氏提供

われわれのプロジェクト「惑星で星空視力大実験!!!～木星・土星"超"大接近観測プロジェクト～」(p1 記事参照)には、多くの観測報告だけでなく、いくつもの『贈り物』が届いた。その中から、Astronomers Without Borders (国境なき天文家たち) のメンバーであるフランスの Michel Deconinck さんから寄せられた、12 月 6 日の様子を描いた水彩画をご紹介します。プロヴァンスにある彼の家のテラスからながめたもの。われわれの Website には Deconinck さんの別の日の水彩画をはじめ、これら贈り物を紹介している

惑星で星空視力大実験！！ やってみた

福澄孝博（札幌市青少年科学館/北大院・工）

はじめに

皆さんのご記憶にもまだ新しいかもしれません。昨年末に約 800 年ぶり（前回の約 400 年前は太陽に近く条件が悪かったらしい）という触れ込みの木星・土星超大接近[勿論、見かけ上]が起きました。私自身、勿論早くから注目していましたが、それはあくまで『木星と土星がくっつくのを見逃さない』という純粋な天文ファンの興味でしかありませんでした。

ところが、夏の「天文教育研究会」で、なよろ市立天文台の内藤博さんの発表を聞くと、それだけではなく『学術的にも興味深い』と知りました。夜瞳孔が開くと暗い星まで見えますが収差により視力は却って落ちること、逆に夜天の川が見えるのは実は不思議なこと[1]、などが紹介され、しかもそれらは学術的には未解決で今回の大接近で解明の糸口が得られるかも、とのことでした。「そういう視点があったか！」と楽しみが増えたところに、内藤さんからお誘いを受け、私もメンバーとして標記「惑星で星空視力大実験！！～木星・土星"超"大接近観測プロジェクト～」に参加することとなったのでした。

※本記事はいわばプロジェクトメンバーとの共著、ともいえるものですが、あくまで『福澄の視点から』綴ったものであることを明記します。

準備

私が担当したのは広報係。各団体のメーリングリストなどに案内文を流しました。特に日本天文学会には上記のような学術的興味まで含めて文面を考えましたが、メールの短い文章では詳しい内容までは伝えきれず、未解明なだけに不確か・不明な点も多く、正しく情報発信ができるか不安になりました。そこでメンバーの総意として、本プロジェクトでは「先ずは星空を見上げる『楽しさ』を知ってもらいたい、共有したい」に重点を置くことにしました。メンバーの植松淳子さんによるイラストで、楽しい雰囲気 of the website に仕上がりました[2]。同じくメンバーの大西浩次さんによる写真を使った観測証明書（複数種類：ランダム発行でコンプリートの楽しみも演出）を発行することにしました。一方で、大沼一彦さん（千葉大フロンティア医工学センター）にも参加戴き、学術的研究も進めることとしました：ひとつだけだが測定器具も借りられた。



図1 植松さんのイラストより

主にメールベースですが、連日熱い議論を続け、いよいよ大接近本番を迎えたのでした。内藤さんからの「では、サイトを公開します」の案内が流れたときは、心が震えました。

当日、および、後日談(現在進行中!)

観測投稿フォームは12月1日から31日まで公開し、この非常に稀な天文現象を世界中の人々と一緒に楽しもうと Astronomers Without Borders (国境なき天文家たち:以下AWB) とも連携し、10言語[日本語・英語・中国語(簡体)・中国語(繁体)・韓国語・フランス語・スペイン語・ポルトガル語・アラビア語・ペルシア語]に対応させました:他にも多くの協力者がいました。続々と集まる報告は最終的に世界18カ国(日本は全国47都道府県、津々浦々)からのべ4,978件にのびました。中にはフランスから

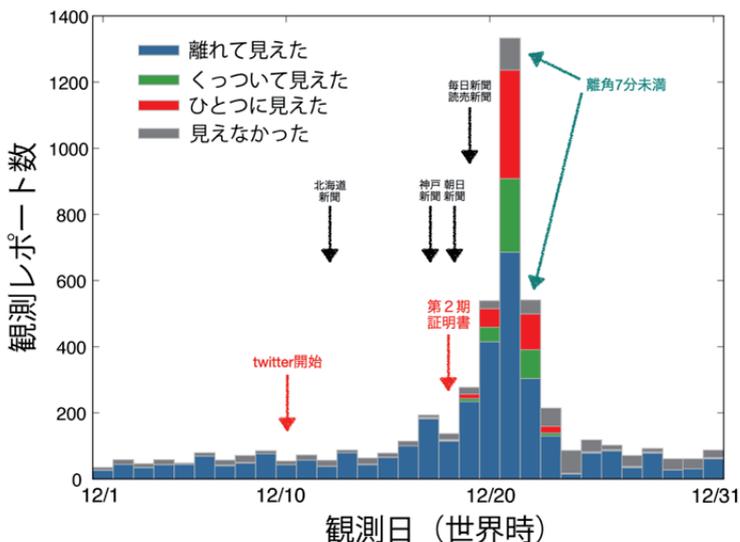


図2 観測レポート数の推移:内藤博之さん作成[3]

水彩画を寄せてくださった方もありました（裏表紙）。

超大接近当日は特に盛り上がりを見せました。メンバーの中にも観測会や中継を行った者がいます（図 3）。当日だけの報告で 1,333 件を占め、いかに注目を集めたかが伺えます。



図 3 明石市の観望会の様子(左)と札幌からの中継中の様子(右)

私自身も、雲に悩まされながらも連日観察を続けましたが、12月20・22日（21は休館日）には館の職員の方とも一緒に裏口前で見ました。皆さん発見できて喜んでいました。また、二惑星の並ぶ向きも影響するのでしょうか、最接近となった21日より22日の方が私は見分け難かったです：乱視の関係？そしてそして、証明書のコンプリは成りませんでした。皆さんはどのような『超大接近』を体験されたのでしょうか。

これらの結果は、リーダーの内藤さんにより、速報的に日本天文学会春季年会で報告されました。その場で出た質問とその回答は以下の通りです。

- ・アメリカからの参加が少なかったのはなぜですか？
- 海外での周知はAWBのご尽力に依るところが大きく、特にフランスのDeconinckさんが精力的に広報に努めていただいたので、フランス語圏（フランス、ベルギー、カナダ）からのレポート数が増えたと考えている。
- アメリカにはAWBの中でDeconinckさんのような方がいなかったため、本プロジェクトの周知が及ばず、参加者（レポート）がなかったのかもしれない（観測した方はいるとは思いますが）。
- ・木星土星大接近に関して、世界的に類似のイベントはありましたか？

惑星で星空視力大実験！！ やってみた

- 海外のサイトで、〇〇年ぶりの天文現象、という現象自体の情報はいくつか見かけたが、イベントについての情報は特に目にしなかった。

- 本プロジェクトは世界的に AWB と連携していて、AWB から特に類似イベントの情報はなかったの、おそらく類似のイベントはなかったのではないかと：チャットで「(本プロジェクトの協力企画として) AWB では木星・土星の写真を募集していました(メンバー綾仁さん)」と補足あり。更に、チャットでは「アメリカはコロナの第3波?で大変な時期と重なっていて、参加者が少なかった(いなかった)かも」というようなコメントが流れたそうです：私は不参加。

また、さらに詳しい発表が同じく内藤さんにより日本公開天文台協会全国大会でも予定されています(6月28~29日)[3]。今後も、学術的解析が(追加実験も含め)徐々に進み、謎が明らかにされていくことでしょう、私も楽しみです！

まとめ

この惑星大接近を通して、私が一番実感したのは「ベツレヘムの星、(意外と)惑星の大接近だったのかもかもしれない！」でした。それまで、「二つの惑星が大きな星に見えるとか、あり得んやろ」と小馬鹿にしていた説ですが、実はさもありません、と感動しつつ夕方空を見上げていました。

まさに、「百聞は一見に如かず」ですね。

参考文献

[1] https://tenkyo.net/kaiho/pdf/2007_03/2007-03-11.pdf

[2] <https://www.nayoro-star.jp/mokuseidosei/jp/>

[3] 日本公開天文台協会第15回全国大会, 内藤ら, 「コロナ禍で迎えた惑星で星空視力大実験!!!」, インターネットで集録公開準備中, 2021

星空川柳

高尾和人 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

冠座名前変えるかコロナ座に

コロナ禍で観望出来ぬ東山

来年の総会きつと団密で

コロナ禍はステラリウムで楽しもう

編集子

めっきり出不精になり、たまに星空を見てあの星は何だったケ？ということもしばしば。久しぶりにステラリウムを開いてみたらバージョンが 0.21.1 にまで上がっていた。ステラリウムは多機能いつでもどこでもフリーの PC プラネタリウムである

天体検索メニューからは太陽系天体、主な恒星、星雲星団、銀河さらに QSO まで探してくれる。しかも惑星やメシエ天体では美しいカラー画像まで表示される。

天文計算メニューからは 7 月 13 日の金星・火星大接近（ご覧になれましたか？）の予測や±280 日の離角のグラフが描かれる。

観測位置は任意に変えられる。地球上の地点はもちろんのこと月や惑星にまでおよぶ。月から眺めた夜空は地球から見た夜空とほとんど変わらない。ただし月はなく代わりに地球が見える。地球はいつもほとんど決まった位置に、しかも満ち欠けを起こしている。あれ～？でもちょっと考えれば当たり前！月の自転周期と公転周期は同じだから、月から見れば地球は静止衛星のようなものだ。月面観測地点によっては多少移動する。火星から見るとフォボスは西から昇って来て忙しく公転するとか、そんなお月見は楽しめるだろうか。

かに星雲出現時の空を土星の衛星から眺めてみよう。客星はやはりおうしの角の先に現れているが、大きな環と明るい衛星がたくさん見える。



株式会社 西村製作所

代表取締役 西村 光史

〒520-0357

滋賀県大津市山百合の丘 10 番 39 号

TEL 077-598-3100

FAX 077-598-3101

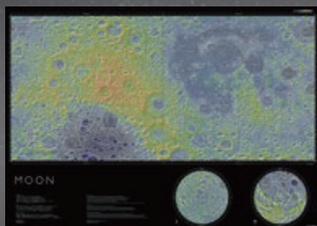
http://www.nishimura-opt.co.jp

【事業内容】望遠鏡・天体観測機器製造



日本の探査機「かぐや」による観測データを使用した
高精細な情報が盛り込まれた月面図と月球儀

WATANABE



KAGUYA月面図 ¥1,500+税

エポ紙103cm×72.8cm(クリアケース入り)



月球儀KAGUYA ¥15,000+税

球体30.5cm(1,140万分の1)、透明アクリル台

創業83年 (株) 渡辺教具製作所 ☎(048) 936-0339

www.blue-terra.jp

人気参考書シリーズ
文学を切り口に地学を学ぶ
詳解版

- 1 宇宙と天体 (柴山元彦・編、西村昌能・著)
- 2 地球の活動 (柴山元彦・編著)
- 3 岩石と鉱物 (柴山元彦・編著)
- 4 地層と地史 (柴山元彦・編、寺戸真・著)
- 5 気象と海洋 (柴山元彦・編、和田充弘・著)



144 ~ 176 頁・並製・オールカラー
各巻2,200円(税込) / セット11,000円(税込)

創元社 〒541-0047 大阪市中央区淡路町4-3-6
Tel06-6231-9010 Fax06-6233-3111

宮沢賢治と学ぶ 宇宙と地球の科学



宇宙と地球の科学
1 全5巻

古・中世日本の月蝕観—忌むべきもの？

遠藤恵美子 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

願わくは花の下にて春死なん その如^{きさらぎ}月の望月の頃 (山家集 77) [1]

これは、生涯に 2300 首以上の和歌を詠み、花と月の歌人と言われた西行法師の代表作です。その月を詠んだ約 400 首の歌の中に一風変わった歌があります。

月蝕を題にて歌詠みけるに (山家集 1154)

忌^いむといひて影^{かげ}に当た^{あた}らぬ今宵^{こよい}しも
われて月見る名や立ちぬらん

[訳]月蝕は忌むべきものといって、特にその光には当たらないようにする今宵であるのに、その月を仰ぎ見る自分には、月蝕のわれた(欠けた)月を強いて見るという評判が立つだろうか。



[図 1]西行法師

今年 5 月 26 日は 24 年ぶりのスーパームーン皆既月食でした。是非とも見たいと晴天を願い心待ちにされた方も多いと思います。残念ながら、あの神秘的な赤銅色 に包まれた満月は、幸運に恵まれた地域にしか現れず、多くの方々は曇天の空を恨めしく眺め、ネットのライブ映像での観望を余儀なくされたと思います。(映像でもある程度は楽しめましたが、やはり臨場感不足。自分の目で見たいものです。



[図 2]2021. 05. 26

幸い 2014 年 10 月 8 日の皆既月食は、全国的にその赤銅色に約 1 時間 (19 : 24~20 : 24) たっぷり浸ることができました。

月食観の今と昔、随分違っているようです。^{いにしえびと}古人の「月蝕」への思いを考えてみました。



[図 3]2014. 10. 08

まず気付くのは、表記に「月食」ではなく「月蝕」が使われています。「食」が単にものを食べるという意味であるのに対し、「蝕」は蝕(むしば)む、つまり端から少しずつ侵していくという意味です。満月が次第に欠けていくのですから、重大な“天変”に良からぬ事の前兆と恐れられたことでしょう。

承久3年(1221年)に順徳天皇によって編纂された「禁秘抄」という有職故実(ウツクゴツツ: 古来の朝廷や公家、武家の行事や儀礼・官職・制度・服飾・法令・軍陣などの先例や典拠)の解説書があります。その中に「日月蝕」の項目があり、その時の作法が次のように書かれています。

日蝕月蝕の時、陰陽師まづその由を奏上し、当日主上(天皇)は御簾を垂れてこめて慎まれ、その光に当たってはならない。さらに蝕の前後もその光に当たってはならない。日蝕も月蝕も同様にして軽重の差なし。

御殿を蓆(ふし)で裏(ツツ)み廻し、供御(クゴ: 天皇の飲食物)も光に当ててはならない。参籠すべき人々は日蝕は夜明け前、月蝕は月の出前に参じ、持僧により御修法御読経がなされなければならない。多くは薬師経、法華経である。[2]

これによると日食月食は禁忌(タブー)であり、光に当たらぬよう屋内に籠り、祈祷や読経を行い災厄を払うことが常識とされていたようです。

日本最古の“天変”記録は、「日本書紀」にある620年の赤気(オーロラ)の記録です。日食は628年、月食は643年が最初です。これ以降1600年までの約1000年間に日食記録は576箇所ありますが、実際にあったのは286件で、月食記録は568箇所あり、実際には411件です。実際より記録数がかなり多いのは、暦算予報も残したためです[3]。暦計算上の予報は1685年の和暦(貞享暦、渋川春海作成)採用まで中国暦を使っていたので、緯度・経度の違いから精確を期すことは困難でした。日食の記録率が高いのは、月食より日食の方が重要視されたことを示しています[4]。太陽=天皇の異変につながるからです。平安時代中期967年より施行された「延喜式、巻16陰陽」には、暦博士が毎年1月1日に陰陽寮に今年の日食予想日を報告し、陰陽寮は予想日の8日前までに中務省に報告して当日は国家行事や一般政務を中止したとされています[5]。残念ながら月食への言及はありません。

冒頭の西行は1118年生まれ1190年没の平安末期から鎌倉極初期の歌人で、月食を禁忌と承知していたことは確かです。同時代の公家と武家の文献「玉葉(九条兼見の日記)」、「吾妻鏡(鎌倉幕府の正史)」から月蝕観を探ってみました[6]。下は各文献の想定される月蝕回数と月蝕記事数から、その記載率(=関心度)を示す表です。

	期間	想定回数	記事件数	記載率
玉 葉	1164～1203 年 40 年間	47	19	40%
吾妻鏡	1180～1266 年 87 年間	102	37	36%

やはり公武の差なく関心度は高くないようです。記事は総じて簡潔で、実見状況（本人は見ないから陰陽寮の報告文か？）を淡々と記したものが多く見られます。しかし、祈祷や読経を行い月蝕の影響を回避しようといっていたことは間違いありません。中には、祈祷や読経の法験で、暦算過誤により予報された（実際には起こらない）月蝕が回避できたとして褒美を与えられたり、実際起こった月蝕でも、雨が降ったり、蝕の間だけ雲が出て月光を遮ったと称賛されたとの記事もあります。全般的には、その影響は個人的なレベルにとどまり、政権や国家の安危に関わるものではないようです。年中行事のなかには取り止めることが原則のものもあったようですが、大抵の行事や行動は予定通り実施されたようです。

以上のことから、月蝕禁忌の認識は確かですが、その畏怖感の日蝕ほど強いものではなかったと言えそうです。

一つ、趣の異なる記事を紹介します。「吾妻鏡」の頼朝に関するものです。

建久元年六月十四日(1190年7月19日)

二位家[源頼朝]渡御小山兵衛尉朝政之家 御酒宴間
白拍子等群参施芸 今夜依月蝕(丑刻:午前1時～3時)
令止宿給云々



【図4】 源頼朝

[要約]有力御家人の一人、小山朝政の家に頼朝が出かけ、月蝕を理由として止宿したことの記録。白拍子を集めて酒宴を催しているのですから、そう深刻に謹慎しているわけではないようです。月蝕の最中に屋外にいることを避けたものですが、一面では止宿（恐妻政子の元へ帰らない）の口実であったとも勘ぐられます。

ところで、西行はいつの月食を詠んだのでしょうか？「山家集」に載せられている前後の歌から推察し、1167～1173年頃かと思われます。

「月蝕を題にて・・・」が1154番で、その前1145番に「西国へ修行して・・・」の詞書があり、これが保元の乱（1156年）に敗れ讃岐に流され、その地で亡くなった崇徳院陵へ詣でる旅とすると1167年（西行50歳）となります。後の方は、1157番と1158番に西住（西行の生涯の友）との贈答歌があり、西住の没年が1173年頃と伝わっています。

また、西行は真言宗に帰依し、虚空蔵求聞持（ゲモンジ）法を詠んだとする説があります。『覚禅抄』によれば、求聞持法の結願日には日食・月食

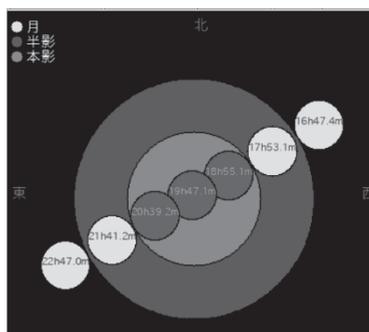
古・中世日本の月蝕観—忌むべきもの？

の時に配するべきで、月食が最もよいとされています[7]。それならば、俗世間では忌避する月蝕の日に、密教の修法を行うために強いて月を見たことも納得がいきます。その上、虚空蔵求聞持法については、空海（真言宗の開祖）が高知県室戸岬の洞窟、御厨人窟（ミクト）に籠もってこの法を修したという伝説はよく知られている[8]。そうで、西行の四国修行のもう一つの目的が空海の足跡を巡る旅と言われていることとも符合するのではないのでしょうか。この期間の候補となる月食は次の8件です。

No.	日付	種類	サロス	日本	図
1	1167/04/06 (仁安02年03月15日)	部分月食	89	見える	
2	1167/09/30 (仁安02年08月16日)	部分月食	94	見える	
3	1168/03/25 (仁安03年02月14日)	皆既月食	99	見える	
4	1169/03/15 (仁安04年02月15日)	部分月食	109	見える	
5	1169/09/08 (嘉応元年08月16日)	部分月食	114	見える	
6	1171/01/24 (嘉応02年12月17日)	部分月食	91	見える	
7	1171/07/19 (承安元年06月15日)	部分月食	96	見える	
8	1172/07/07 (承安02年06月15日)	皆既月食	106	見える	

[図 5] 1167 年～1173 年の月食

状況	年月日	時刻	食分
半影食の始め	1168/03/25	16 ^h 47.4 ^m	0.000
部分食の始め	1168/03/25	17 ^h 53.1 ^m	0.000
皆既食の始め	1168/03/25	18 ^h 55.1 ^m	1.000
食の最大	1168/03/25	19 ^h 47.1 ^m	1.775
皆既食の終り	1168/03/25	20 ^h 39.2 ^m	1.000
部分食の終り	1168/03/25	21 ^h 41.2 ^m	0.000
半影食の終り	1168/03/25	22 ^h 47.0 ^m	0.000



[図 6] 1168 年 3 月 25 日の月食

筆者は No.3 が最有力かと思います。欠け始め:午後 5 時 53 分、欠け終わり:9 時 41 分。皆既継続時間 1 時間 44 分の見事な皆既月食です。

その上、この日は、西行が歌に“願わくは”と自身の最期を願ったお釈迦様の入滅の日“如月の望月（旧暦二月十五日）”でもあり、蝕まれることも

お釈迦様は許容されると、より感慨深く眺めたことと思います。西行はその願い通り、文治六年二月十六日(1190 年 3 月 23 日)に亡くなっています。

江戸時代末期に西洋天文学が流入し、1839 年の金環食観測でその優位さが証明され、その後、西洋天文学が急速に広まっていきました[9]。今では、子供でさえ月で兎が餅つきをしているなどとは思ってもいいでしょう。宇宙の謎の解明はまさに日進月歩の勢いです。でも、時には素朴に、古人に思いを馳せて太陽や月、星々の輝きに浸りたいと思います。

参考文献

[図 1]Wikipedia 西行

[図 2]国立天文台：石垣島天文台にて撮影 2021.05.26 20 時 18 分

[図 3]2014.10.08 京都府亀岡市にて筆写撮影

[図 4]Wikipedia 源頼朝

[図 5][図 6]日月食等データベース 国立天文台暦計算室

[1]『山家集』後藤重朗校注 新潮日本古典集成 新潮社 1986 年

[2] Wikipedia 関根正直

『禁秘抄講義』六合館 1927 年 訂正 6 版 NDLJP:1885088

[3]『飛鳥時代から江戸時代以前の天文記録』美星町・星のデータベース

[4]『我国古代の日月食記録(1)-(5)』小倉伸吉 天文月報 1916 年 5 月-9 月

[5]・延喜式(巻 16)陰陽 宮内庁書陵部所蔵資料目録・画像公開システム
・Wikipedia 日食；予報の歴史

[6]『中世びとの月蝕観「玉葉」と「吾妻鏡」の記事から見て』湯浅吉美
埼玉学園大学紀要.人間学部篇 巻 10 2010 年 12 月 1 日

[7]『山家集 西行』宇津木言行校注 角川文庫 2018 年

[8] Wikipedia 空海

[9] Wikipedia 日食；予報の歴史

その他：国立天文台 暦 Wiki 日本の暦 1.暦の伝来から宣明暦まで
なお月食の日時決定にさいしては作花教授のアドバイスをいただきました。

月面〇〇

中川均（豊中天文協会、NPO 法人花山星空ネットワーク）

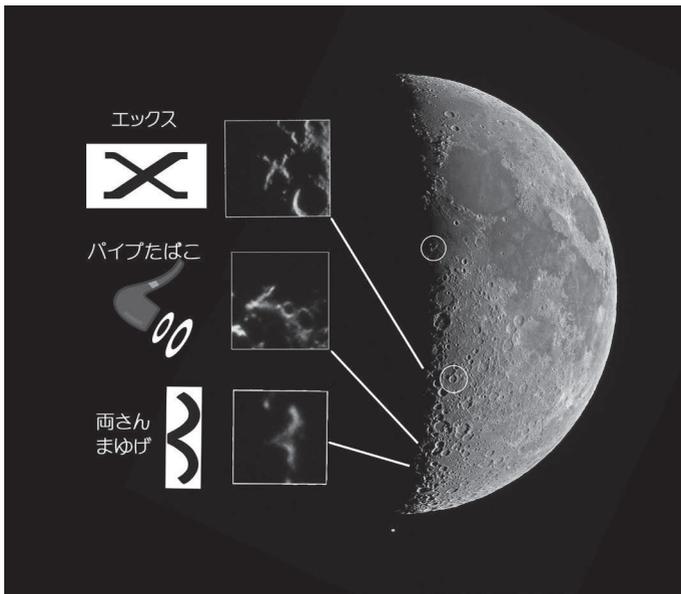
十数年くらい前から、上弦の月の欠けぎわに X（エックス）みたいに見えることが話題になり始めました。

今年は偶数月に見えるようで2月にも見たのですが、4月は眼視で楽しみながら写真も撮りました。X（エックス）は大変よくわかりますが、それ以外に最近では LOVE も見えると言われています。

この日は光線の具合で LOVE というよりか、こっちなかと以下の写真のように思いました。

2021年 Xは8月10月12月も見えるようなので眺めてみてください。

※L=まゆげ、O=Xの右側、V=真ん中のやや上、E=パイプたばこ



2021年4月19日 20:47 豊中市
タカハシ FC76+2×テレコン、EM-1 赤道儀 ペンタックス Q7、
露出 1/80 秒、ISO160、トリミング、画質調整 撮影地：

次の太陽黒点サイクル（サイクル25）で黒点数は低くなるか（Ⅱ）

鈴木美好 梅辻 諄(NPO 法人花山星空ネットワーク)

2009年の「あすとろん」6号で、われわれは太陽に全く黒点の表れない日（無黒点日）の数を使って、次に来るサイクル24の黒点の極大値を予測しました。予測値は106でしたが、実測の確定値は116で、誤差の範囲を考えると、かなり良い結果と鼻を高くしています。その後、黒点相対数の確定値に改定が行なわれたので、この作業をもう一度やり直す必要が出てきました。計算をやり直すとともに、来るべきサイクル25の極大値を予測します。

1 黒点相対数について

もともとは太陽面に現れる黒点が地球環境にどのような影響を及ぼすかと云う問題に興味をもったウオルフが、太陽面の黒点の全面積に注目して、毎日の黒点群の数と黒点の総数だけを数えて、その面積に代替できる指標値を考えたのが黒点相対数（ウオルフ数）の始まりです（1864年）。彼の提唱に依って、各地で観測と記録が始り、それを中央局（チューリッヒ）に報告し、集約して確定値が公表されました。しかし、その後に勝手に基準を設けたり、その計算法を独自に変更したので、後年いろいろとこの指標値に食い違いが指摘されるようになり、2015年にブリュッセルの太陽活動データセンターを中心として、従来の標準値に全面的な改良が行なわれ、改めて黒点数（SN）として公表されました。日々に観測される黒点相対数の一ヶ月間の総和をその月の観測日数で割った値は月平均黒点相対数であり、同様に、一年間の日々の黒点相対数の総和をその年の観測日数で割った値が年平均黒点相対数です。これらの値はブリュッセルのセンターから公表されます。

かつて、ウオルフやマウンダーは1865年以前の黒点観測の資料（ほとんどは個人の日記などに書き込まれたスケッチ）を多く集めて、1700年頃までの発生状況を調べ、おおまかではあるが、その頃まで11年周期で繰り返す発生数の増減があることを指摘しました。そして、その後の研究者たちによって、さらに多くの残された資料が発見され、17世紀頃までの黒点数の周期的な変化はますます明らかなものとなり、2015年の大改訂により、黒

次の太陽黒点サイクル（サイクル 25）で黒点数は低くなるか（Ⅱ）

点相対数の時系列は基礎データとして、より確実なものとなりました。図 1 は 1700—2015 年期間の年平均黒点相対数 (SN) の経年変化です。変動周期は 11.01 ± 0.52 年で、正確に繰り返し、これをサイクルと呼んでいます。1761 年の極大のサイクルを 1 番として順番に番号が付けられ、現在はサイクル 24 が終わったところです。サイクルの極大だけをみると、269.3 から 96.9 まで大きく変動し、年代順にそれを追跡してみると、より長い周期を持つ変化がこの 11 年サイクルの上に重なっていると考えられます（グライスベルグサイクル）。

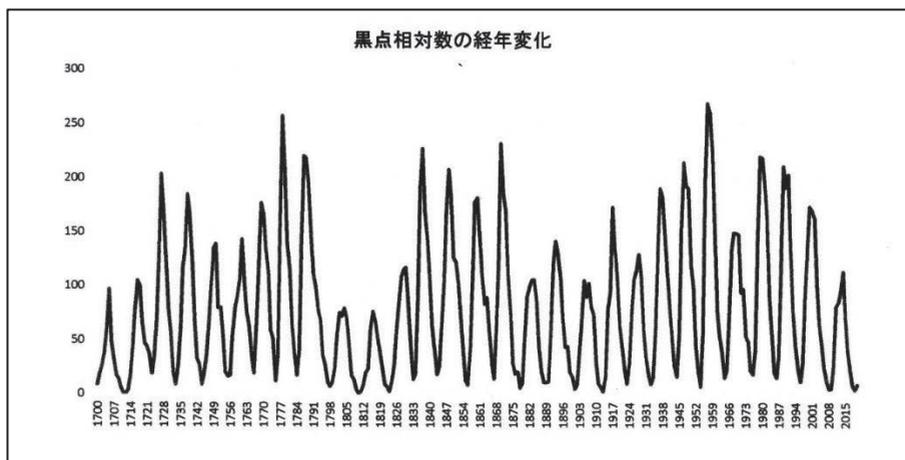


図 1 黒点相対数の経年変化（1700—2015 年）

2 無黒点日数について

無黒点日とは次のように定義されます。「口径 7.5cm の屈折望遠鏡を使って観察した場合、太陽面に黒点が一日中、一つも見えなくて、黒点数ゼロと記録されている日」、つまり、黒点相対数が 0 の日です。勿論、より大きい口径の望遠鏡で観察すれば、より小さいサイズの微小黒点（例えばポア）が見えるが、古い昔のデータも併せて使わなければならないので、口径 7.5cm の望遠鏡のもつ空間分解能以下のサイズをもつ微小黒点は無視します。このような微小黒点（太陽面上で 1000km 以下）は、サイクル中のいつでも頻繁に現れますが、その寿命は数時間ほどで、翌日まで存続するのは稀です。従って、厳密に云うならば無黒点日は存在しないかも知れません。上の定義はあくまで古いデータを生かすための方策です。

このような無黒点日に最初に注目したのはマウンダーでした。彼はその

無黒点日の一ヶ月当たりの数の経年変化に、やはり 11 年の周期を見つけています。黒点数の極小期に無黒点日が多いからです。

われわれはこの隣り合った二つのサイクルの間にある無黒点日の数が次のサイクルの黒点相対数の極大値と関係があると考えて、それぞれのサイクル間の無黒点日数を数えました。過去のそれはワールドマイアの「The sunspot activity in the year 1610-1960」に掲載されている黒点相対数、アメリカの大気海洋局が発行している「Solar geophysical data」, および東亜天文学会発行の「天界」の黒点相対数がゼロの日の数をこの統計に使いました。図 2 は 1700 年から現在までのサイクルにおいて、隣り合った二つのサイクルの間（極大から次の極大までの間）にある無黒点日数をそれぞれ棒グラフで示しています。図 1 の黒点相対数の極大値の経年変化と比べて、増減の変化が互いに反対になっています。

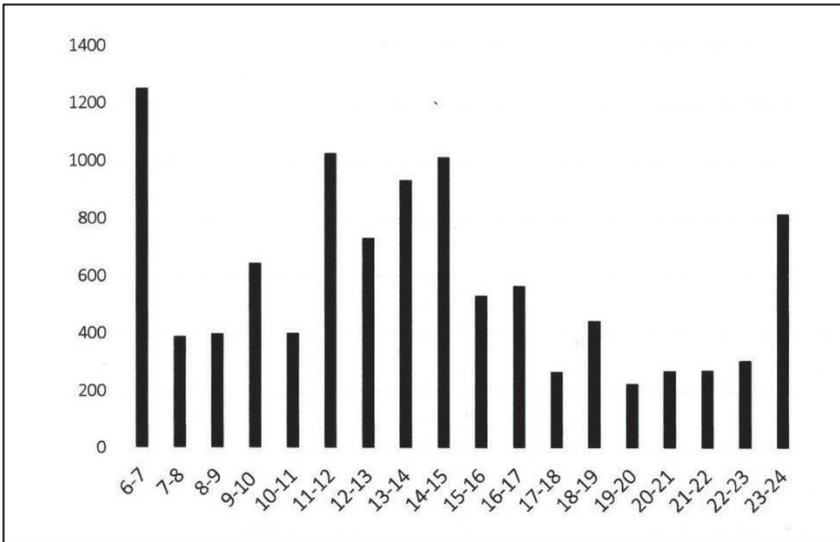


図 2 サイクル間の無黒点日数。縦軸は日数、横軸はサイクル番号

3 相関と予想

いま、隣り合った二つのサイクルの極大値の平均を R とし、その二つのサイクルの間にあった無黒点日数を N として、サイクル 6 から 24 までの R と N の相関を求めると、サイクル 11-12, 18-19 のデータを除外して、次の回帰式が得られます。

$$R = (223.91 \pm 18.32) - (0.11 \pm 0.03) N$$

次の太陽黒点サイクル（サイクル25）で黒点数は低くなるか（Ⅱ）

相関係数 $r = -0.905$ 、(95%信頼区間で $-0.95 < r < -0.75$)、カイ二乗検定を行なうと、データ数 17 組について、危険率 5% で充分有意です。試みに、上の回帰式を使って、サイクル 23 までのデータにより、サイクル 24 の極大値を求めると、 $N=806$ を代入し、サイクル 23 の極大値（確定値）を使うと、サイクル 24 の極大予想値として 100.1 が得られます。実測の確定値は 116 なので、誤差の範囲内で一致します。図 3 は R（縦軸）と N（横軸）の相関図です。

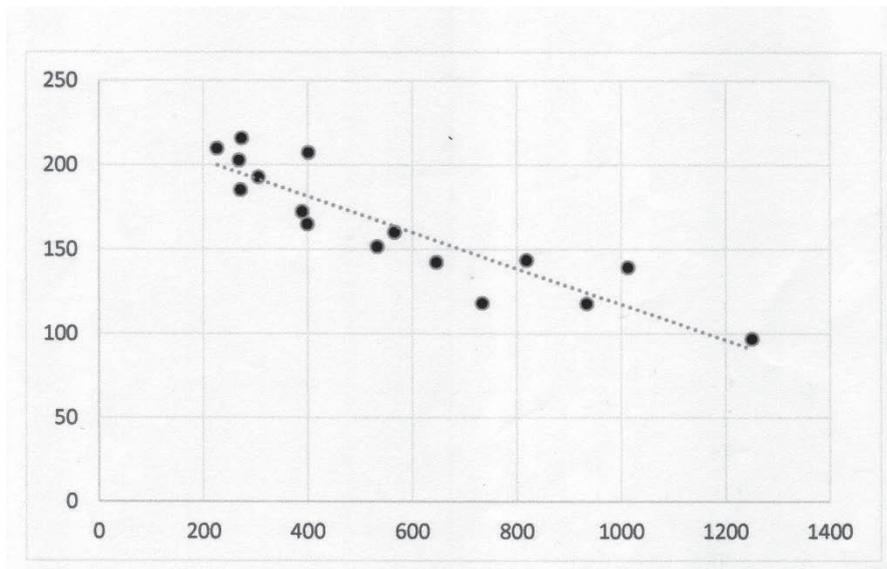


図 3 R（縦軸）と N（横軸）の相関図

現在の太陽の黒点活動はサイクル 24 が終わって、サイクル 25 が始まったかどうか、わからない状態です。しかし、無黒点日はその後も続き、サイクル 24 の極大後、すでに 1000 日を遙かに越えています。仮に、サイクル 24 - 25 の二つの極大の間で無黒点日が 1200 日を越えた場合、予想されるサイクル 25 の極大値は 80 程度となり、サイクル 24 に比べて著しく低下します。このような低い値は 1780 年代のグランド極小期（ダルトン極小期）の値に匹敵します。われわれは近代的な科学知識を持ってから初めての太陽黒点グランド極小期を体験することになるのでしょうか。

花山天文台今昔【10】アスカニア分光太陽写真儀

黒河宏企（NPO 法人花山星空ネットワーク）

花山天文台創立時に設置された14台の観測機器の中、クック30cm屈折望遠鏡とザルトリウス18cm屈折望遠鏡については、52号と53号で詳しく紹介しましたが、今回はもう一つ、アスカニア社製スペクトロヘリオグラフ（分光太陽写真儀）を取り上げたいと思います。

その前に、ザルトリウス望遠鏡の重錘駆動装置についての最新情報を簡単に追記しておきます。111歳を迎えたこの望遠鏡は、現在もお現役で、モーター駆動によって太陽を追尾していますが、重錘式駆動の時の写真が無く、重錘式追尾から電気式追尾に切り替えられた時期についての記録も残っていません。ところが、先日、西村製作所の西村晃一会長さんに、ドームの修理をお願いした際、「僕が中学生の頃花山天文台に来た時は、未だこの望遠鏡は重錘式やったで」という話を聞いたのです。会長さんの年齢から逆算すると、その時は1958年頃ということになります。彼によると、その重りはワイヤーで吊り下げられて望遠鏡の下の階に設置されていたそうです。会長さんと同じ年齢である私が、大学院生として花山天文台に上がって来た1965年には、既にモーター駆動になっていたので、1960年の初め頃に重錘式から電動式に切り替えられたということになります。

さて、前置きが長くなりましたが、アスカニア分光太陽写真儀の話に入りましょう。この装置は、1969年に生駒山太陽観測所で運用を停止して以来、しばらく飛騨天文台で保管されていましたが、現在は花山天文台に里帰りして、ミニ博物館で展示されています。

花山天文台創立当時の太陽観測装置としては最先端の重要装置であったはずですが、不思議なことに、山本教授の「天界」の記事（1929年）では、14台の装置中、最後から2番目の13番目にやっと挙げられており、写真もなく以下のような簡単な説明だけとなっています。

「これは大正十五年ドイツ國から購入されたものであって、・・・購入以来大学天文台において、・・・くり返し試験されたにも拘らず、わずかに日光のK線によって太陽面のカルシウム羊毛斑の痕跡を撮影するに過ぎない有様であった。しかし本年上記のグラブ製大シーロスタットが到着したから、今後は此の分光太陽写真儀も全能力を發揮するであらう」。

この装置は太陽分光スペクトル中のCa II K線という、紫色の吸収線の光だけで太陽像を撮影するため、まずは入射スリットの上に十分に明るい太陽像を作る必要がありますが、購入当初に京大本部構内の天文台で使っていた10cmのシデロスタットでは、光量が足らなかったのでしょうか。また、二つのプリズムや第1スリット、第2スリットの傾きなど、分光写真儀の精密な調整は結構難しかったのではないかと思います。

それでは、花山天文台ではその調整に無事成功したのでしょうか？

このことについては、堀井政三先生が「宇宙物理学教室並びに天文台回想録」（1997年）の中に、「花山天文台に設置されていた時は、ドイツの製作会社からの担当者が器械に同伴して来て、その装置を整備してくれたので、私達はその上に胡坐をかいて、観測を進めて、・・・」と、書いておられます。購入後4年目にして、やっと本観測が始まったのです。



写真1：アスカニア分光太陽写真儀を設置していた太陽館
(Yamamoto : Publ. Kwasan Obs vol1., No1(1929)より)

この装置を置いていたのは写真1の太陽館です。この建物は1階が研究室で、観測室は地階にありました。この地下の観測室の外側の斜面を更に削って水平に整地した上に、太陽を追尾するシーロスタットを置いていたようです。

なお、1961年にはこの建物の南東約100m下方に新太陽館が建設されましたので、それ以後は写真1の建物は旧太陽館又は旧館と呼ばれていました。

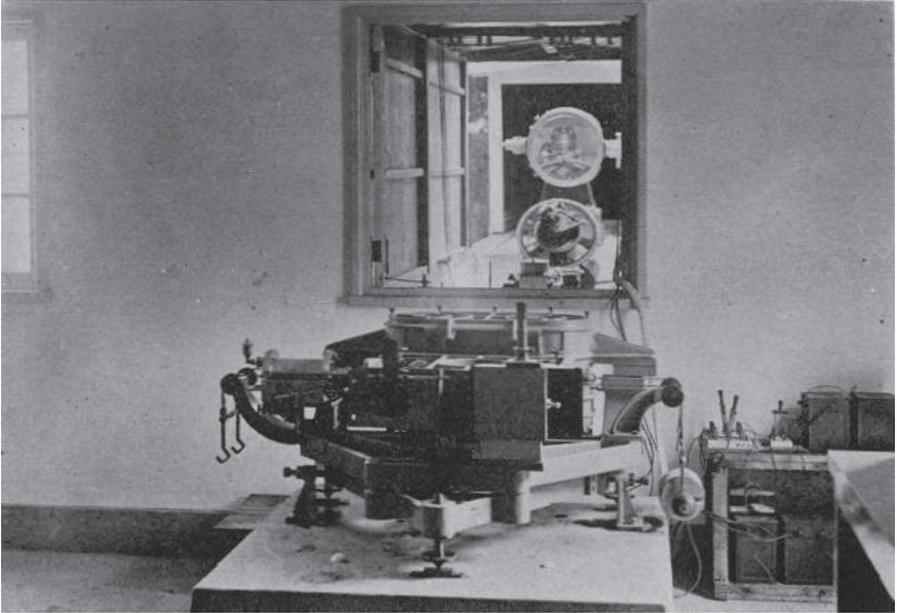


写真2：創立時の太陽館内に設置されたアスカニア社製分光太陽写真儀
(Yamamoto : Publ. Kwasan Obs. Vol. 1, No. 1(1929)より)

上の写真2は、地階観測室内から南向きに撮影されたものです。窓の外側に置かれた2台の鏡（グラブパーソン社製の口径42cmシーロスタット）によって室内に送られて来た太陽光は、分光太陽写真儀の上を通り過ぎて、対物鏡（シュタインハイル社製口径20cm焦点距離5m）で反射されて、写真儀のスリット面に約5cmの太陽像として結像していました。

この装置については、荒木九阜さんが「天界」第197号（1937年8月号）に詳しく説明されていますが、その中の光路図を次ページの図1として、ここにも再掲しておきます。また花山天文台のミニ博物館に展示されている現在の姿も最近あらためて撮影しましたので（写真3、4、5）、図1と比べながら見て頂きたいと思います。

図1に示されている L_1 と L_2 のレンズは、写真3の中央部に見える2本の筒の中にそれぞれが入っています。左側の筒の前面のスリット S_1 面に結像した太陽の光が、レンズ L_1 で平行線に変えられ、平面鏡 M' で反射して、プリズム P_1 と P_2 で七色のスペクトルに分解された後、レンズ L_2 で第2スリット S_2 面上に結像します。そのスペクトル中の一つの色の線だけをスリット S_2 で選んで、その直後に置かれた写真乾板に記録します。即ち、スリット S_1 を

通過した太陽の線状部分が、スリット S_2 で選ばれた波長の単色像として結像

することになります。そこで、スリット S_1 が太陽面を連続的に走査するように、この装置全体を水平に滑らかに動かしてやれば、乾板上には太陽全面の単色像が記録されるという仕組みです。

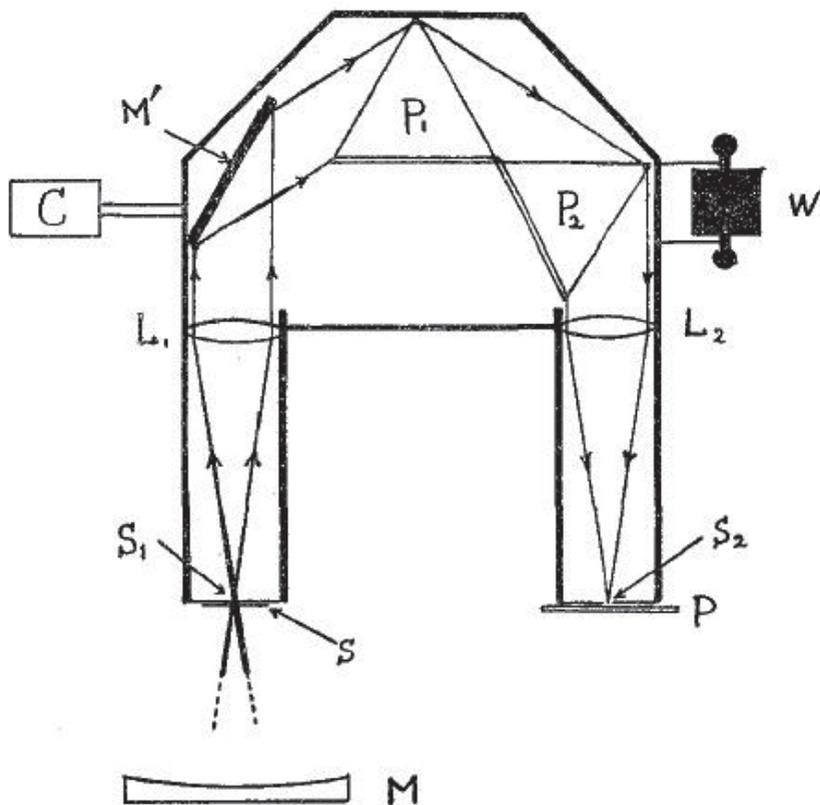


図 1 : 分光太陽写真儀の光路図 (荒木九臯 (1937 年))

装置全体を動かすのは、図 1 のWにぶら下げた重りの力ですが、その動きを水圧で滑らかに調整する役割を果たしていたのが、装置の左側 C に突き出している筒状のダンパーです。

写真3は、図1と較べ易いように装置の真上から撮影したものです。装置の前面から撮影したものが写真4です。

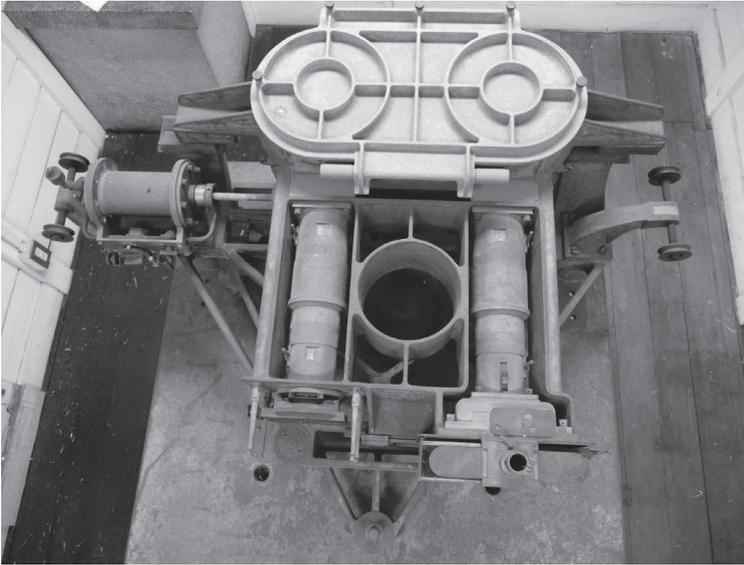


写真 3 : ミニ博物館に展示されている現在の分光太陽写真儀

左側の白く光った短冊形の真ん中に見える黒い線がスリット S_1 で、右側には写真乾板の取り枠が見えます。

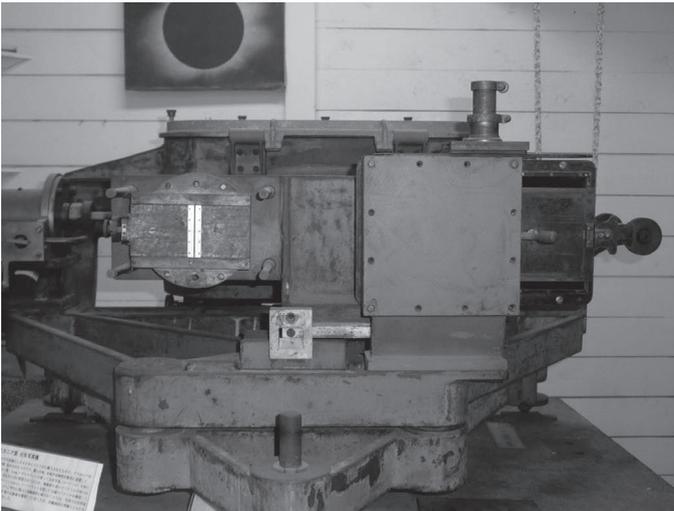


写真 4 : ミニ博物館に展示されている分光太陽写真儀の前面

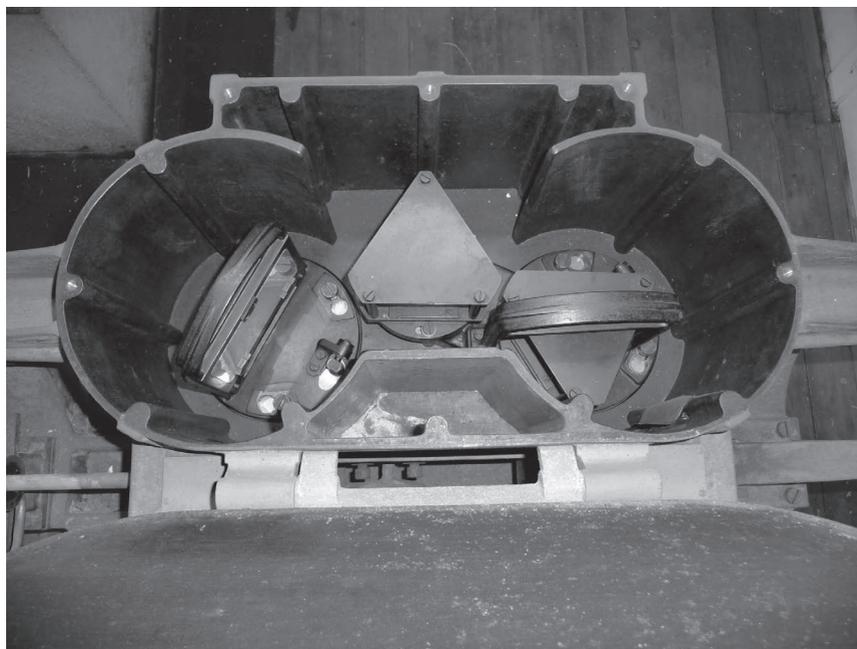


写真5：ミニ博物館に展示されている分光太陽写真儀の心臓部

また、写真5は、分光スペクトルを作るこの装置の心臓部です。左側には、図1に対応する反射鏡 M' 、真ん中に三角形の第1プリズム P_1 、右側には、やはり三角形の第2プリズム P_2 が見えます。

この分光器で作られた七色のスペクトルには太陽大気中の色々な元素によって作られた吸収線が沢山現われますが、これらの中で最も幅が広く深く堂々とした吸収線である電離カルシウム (Ca II) K線の中心部の光だけをスリット S_2 で選んで、太陽像を撮影していました。

この Ca II 線とはどのような顔をした線なのでしょう？
花山天文台の70cmシーロスタット太陽望遠鏡分光器で、私が52年前の1969年8月12日に撮影した写真を例として見ておきましょう。

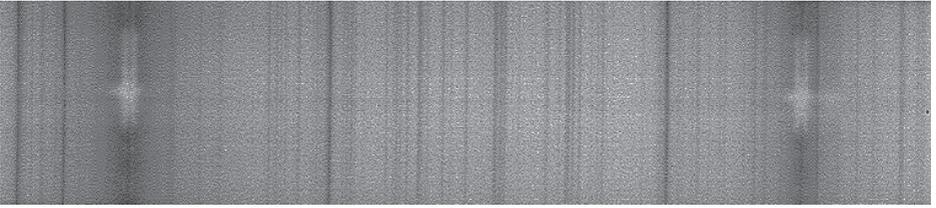


写真6：電離カルシウムCa II K線（左端）とH線（右端）

この写真の左端近くにあるのがCa II K線（波長393.37nm）で、右端近くにあるのがCa II H線（波長396.85nm）です。K線にもH線にもそれぞれの真ん中あたりに白く光って少し幅の広がっている部分が見えますが、この部分はフレアーと呼ばれる太陽表面爆発のスペクトルです。また、その上下にもフレアーほどではありませんが白く明るい部分が見られますが、この辺りはプラージュ（羊斑）と呼ばれる活動領域のスペクトルです。また、吸収線下部の暗い吸収部分は太陽の静穏領域に対応しています。

これらのスペクトルの波長による強度変化を測定してグラフで表わすと、一般的に下のような吸収線内の強度分布が得られます。吸収線の両翼の青側、赤側それぞれをK1v、K1rと呼び、中心の最深部をK3、その間で明るく

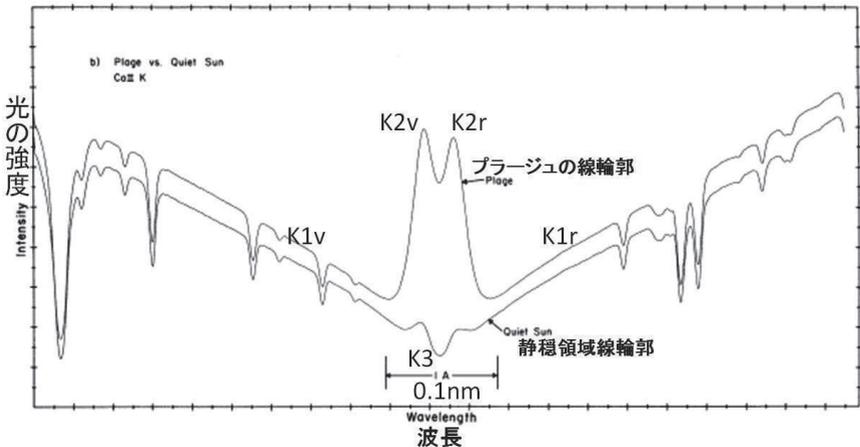


図2：K線の波長強度分布。上の曲線が典型的なプラージュで、下の曲線が典型的な静穏領域の波長強度分布を表わしている。

(White and Livingston (1981) の論文より)

盛り上がっている部分をK2v、K2rと呼んでいます。写真6のK線スペクトルで明るい部分がこれらのK2v・K2rピークです。

このようなK線のスペクトルの中心部分だけを図1の第2スリットS₂で選んで撮影することによって、K線の太陽単色像が撮影されていたのです。

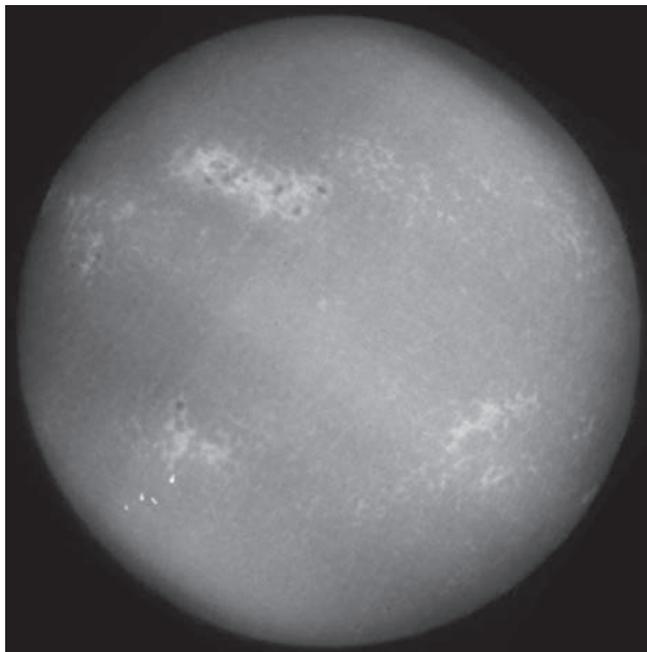


写真7：分光太陽写真儀で撮影されたCa II K線太陽像
(1967年5月24日生駒山太陽観測所で撮影)
(北井他(2014年)より)

写真7は1967年5月24日に撮影されたその1例ですが、白く明るい部分がプラージュと呼ばれる活動領域です。暗い点は黒点です。

さて、北井さん達が調べた結果(北井礼三郎他(2014))によりますと、これらのCa II K線太陽像は1937年4月までは多く撮影されていますが、その後は急激に減少して、1941年から1945年までは全く撮影されていません。

この期間はまさに、1937年7月の北京盧溝橋事件、8月の上海事変、12月の南京占領と矢継ぎ早に拡大した日中戦争に始まり、1938年4月国家総動員法制定から、1941年12月の太平洋戦争突入、1945年8月の敗戦と続いた苦難の時代に対応しているのです。

花山天文台日誌の1937年10月13日(水)には、以下のような記述が残さ

れています。「荒木九君故郷へ帰ヘル、前夜召集下令ヲ受ケシ為メ。コレガ手始メデ、ヤガテ一人減リ二人山ヲ下ッテ行ク事デアロウ。」

上述の図1と分光太陽写真儀の詳しい説明を「天界」（1937年8月号）に投稿されて間もなく、荒木九臯さんが出征されたのです。

また、1938年8月30日（火）には、「堀井君12h30m、京都駅ツカ。見送人教員殆ンド全部。丸坊主ニ赤タスキニ背広服、一向堀井君ノ特徴ガナイ。デモ、ヤケクソデ何時もニコニコシテ出立シタノハモッケノ幸哉！汽車ガ駅西方信号所ニ行ク迄我々ノ送ッタ国旗ヲ降ッテ居タノニハ、一抹ノ哀シサヲモヨホシタ人モアル。」と書かれています。

お二人は大学の同級生で、当時は志願副手として、稲葉通義助手（後に宮崎大学教授）、柴田淑次助手（後に気象庁長官）と共に、分光太陽写真儀観測の中心的役割を担っておられましたが、次々と戦地へ駆り出されて行かれたのです。

なお、幸いお二人はその後無事に帰還されて、戦後荒木九臯さんは三重大学教授として、また堀井政三さんは花山天文台附属生駒太陽観測所講師として活躍され、堀井先生には、私も4回生の時の観測実習でお世話になりました。

ところで、堀井先生が帰還されたのは1944年1月でしたが、その時この分光太陽写真儀は花山天文台には既ありませんでした。1941年に設立された生駒山太陽観測所に移されていたのです。堀井先生が生駒山観測所を訪ねてみると、この装置は放置されており、上田穰教授に「なんとかしてくれないか」と頼まれたそうです。そこでこの装置の再調整を始めたものの、なかなかうまく行かず苦労したことを、「宇宙物理学教室並びに天文台回想録」（1997年）の中で、次のように語っておられます。「・・・その花山天文台から生駒まで機械の移動を運送屋の手で運ぶ間に機械の内部装置があちこち動いて、今までの機能をこわしてしまったのがこのザマなのである。・・・・・・・・・・・・・・・・」。

こうして堀井先生のご努力で再生したこの装置は、戦後も生駒山観測所でデータを取り続けましたが、1960年代になると、太陽彩層全面像の撮影には、リオフィルターやファブリペロフィルターの用いることが世界的な潮流になってきましたので、このアスカニア製太陽分光写真儀での観測は1969年で終了しました。

分光太陽写真儀でわが国最古のものは、1909年に東大付属東京天文台が購入した、テッファー（Otto Toepfer & Sohn）社のもので、1917年から1924年までは麻布で、天文台が麻布から三鷹に移転した1924年以後は三鷹で、

Ca II K線の単色像が観測され、1974年まで続けられました。

この装置は図3のようなもの（中桐（2010））で、口径14cm、焦点距離2.1mの対物レンズにより約2cmの太陽像を第1スリット上に結び、それを二つのプリズムで分光して、Ca II K線の像を第2スリット上に結像し、更にそれを引伸レンズで6cm に拡大してガラス乾板に撮像していました（日江井栄二郎（2016））。図1と図3を較べて見ますと、分光器自体は京大のものより一回り小さいようですが、光学形式はほとんど同じであることが判ります。

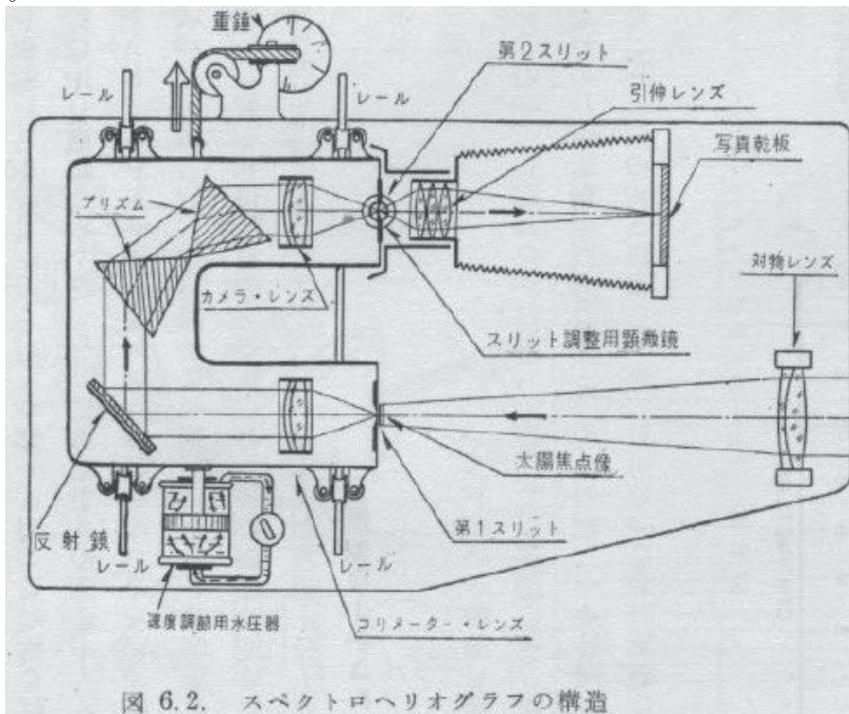


図 6.2. スペクトロヘリオグラフの構造

図3：東京天文台に設置されていたテッファー社製分光太陽写真儀の構造（中桐正夫（2010）より）

テッファー社は1919年にドイツのバンベルグ（Bamberg）社に吸収されてアスカニア（Askania）社となったようですから、1925年に京大の購入したアスカニア社製分光写真儀が、東京天文台のテッファー社1909年製と似ているのは当然のことなのでしょう。

このテッファー社製分光太陽写真儀は現在、国立天文台三鷹の天文機

器資料館に展示されているそうです（中桐正夫（2010））。

このような分光太陽写真儀によって残された観測データを宇宙気候学の研究に役立てようとする試みが現在進められています。

太陽黒点がほとんど出なかったマウンダー極小期（1645年から1715年までの70年間）にヨーロッパがミニ氷河期であったことから、太陽活動が地球気候変動に影響していると考えられていますが、その詳しいメカニズムについては未だ判っていません。その要因として最も有力なのは、太陽紫外線の変動です。太陽放射全体は太陽活動極大期でも極小期に較べて約0.1%しか増えないのですが、紫外線（350nm～10nm）は2%～100%も増えることが判っています。紫外線の増加によって、それを吸収する成層圏（オゾン層）や電離層の温度が上がれば、その下の対流圏の温度も上がるであろうというシナリオが有望視されているのです。

ロケットや人工衛星による太陽紫外線の観測データは未だ40年前くらいから始まったばかりなので、その長期変動の研究には未だ不足していますが、その代わりとして分光太陽写真儀によるCa II K線太陽像が注目されているのです。K線太陽像に写っているプラージュの面積が紫外線の放射量に比例しているからです。

京大大学院生である田中君達の最近の研究（田中宏樹他（2020）、（2021））によりますと、花山天文台と生駒山観測所で撮影されていたK線像データは、160nm付近の極紫外線強度との相関が良いそうです。

北井さん達の調査（北井礼三郎（2014））によると、1930年から1969年間に花山天文台と生駒山観測所で撮影されたCa II K線太陽像の乾板は約7000枚あるそうですが、今後これらのデータが宇宙気候学の研究に役立つならば、これらの観測に尽力された多くの先達の皆さんはきっと喜ばれることでしょう。

さて、この原稿を書き終えた折しも、花山天文台には、例年より10日くらい早く春がやって来ました。新館前の早咲き桜が1本、3月12日に八分咲となって、16日には鶯も声を出し始めたのです。

アスカニア太陽写真儀が活躍していた90年前にも、このような早い春の到来はあったのでしょうか？

早咲きの 花山桜に 鶯も
里から戻りて 歌い始めり

参考文献：

- (1) 山本一清：天界 Vol. 9、No.103、p.484 – p.521 (1929)
「花山天文台」
- (2) Yamamoto, Issei：Publ. Kwasan Obs. vol.1 No.1 (1929)
「General Discriptions of the Kwasan Observatory」
- (3) 堀井政三：宇宙物理学教室及び天文台回顧録（1997年7月発行）
p.63 – p.96 「思い出すままに」
- (4) 荒木九臯：天界 Vol.17、No.197、p.401 – p.403 (1937)
「スペクトロヘリオグラフとスペクトロヘリオスコープの話(2)」
- (5) 北井礼三郎、門田三和子、白川茂、羽田裕子他：京都大学大学院理学研究科附属天文台技報（2014）、2(2): 1 – 8
「太陽シノプティック観測資料のデジタルアーカイブ(1)概要とメタデータ集約整備」
- (6) 日江井栄二郎：国立天文台ニュースNo.272（2016）、P.5
「太陽観測所の歩み」
- (7) Wikipedia：「Otto Toepfer & Sohn」(テッフアー社)
https://de.wikipedia.org/wiki/Otto_Toepfer_%26_Sohn
- (8) 中桐正夫：国立天文台・天文情報センター・アーカイブ室
アーカイブ室新聞（2010年1月5日 第271号）
- (9) 田中宏樹、岡本壮師、浅井歩、上野悟、一本潔：
日本天文学会2020年春季年会予稿集（2020）
「太陽のCaK線観測による紫外線放射の推定」
- (10) 田中宏樹、岡本壮師、浅井歩、上野悟、一本潔：
日本天文学会2021年春季年会予稿集（2021）：
「太陽の活動度の差を考慮したCa II K線による紫外線放射の推定」

第 14 回通常総会報告

西村昌能 (NPO 法人花山星空ネットワーク理事長)

会員の皆様、続く新型コロナ禍の中、如何お過ごしでしょうか。

本 NPO では、昨年からの経験をもとに新型コロナ感染症対策として、年度当初から、ボランティアのみなさんのご協力を得て YouTube 配信によるオンライン観望会、Zoom を利用した講演会を実施して参りました。

さて、第 14 回通常総会は昨年度と同じく最小人数の 3 名で開催し、正会員の皆様に書面表決書を提出していただくという形で開催いたしましたので、ここにご報告させていただきます。

通常総会は 6 月 6 日午前 10 時 30 分から花山天文台本館図書室で開催されました。総会には議長として上善恒雄理事、議事録署名人に西村昌能理事長と黒河宏企氏が出席いたしました。

会場に出席した 3 名と合わせて郵送された有効な書面表決書が 194 名分でしたので合計 197 名の表決参加者となりました。これは総会当日の正会員 307 名の 2 分の 1 を超えていましたので、議長は総会の成立を確認し、議事が始まりました。各議案の賛否の集計は、以下のようになりました。

第 1 号議案：2020 年度事業報告及び活動計算書承認の件

賛成数 131 名、 反対数 1 名、 理事長委任数 65 名

賛成数と理事長委任数の合計が表決者の過半数であり、承認可決されました。

第 2 号議案：2021 年度の事業計画及び活動予算書承認の件

賛成数 130 名、 反対数 0 名、 理事長委任数 67 名

賛成数と理事長委任数の合計が表決者の過半数であり、承認可決されました。

第 3 号議案：第 8 期役員候補者承認の件

賛成数 127 名、 反対数 0 名、 理事長委任数 70 名

賛成数と理事長委任数の合計が表決者の過半数であり承認可決されました。

以上、本総会で、提出させて頂きました議案は全て承認可決されましたことを会員の皆様にご報告させていただきます。

なお、2020 年度活動計算書の赤字分にご心配を頂くご意見をいただいています。今後とも健全な会計になるように努めてまいりたいと考えています。

第 26 回講演会

上善恒雄 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

第 26 回講演会が 6 月 6 日 13 時半から前回と同様 ZOOM 上で開催されました。今回は本間希樹先生と中道晶香先生からご講演を頂きました。

1. 人類が初めて見たブラックホール

最初は国立天文台教授の本間希樹先生のお話です。ご講演に先立って司会の柴田一成先生から講演者の本間先生の紹介がありました。

本間先生はブラックホール観測のためのイベントホライズンテレスコーププロジェクトの日本のリーダーで大活躍をされました。アメリカのテキサス州生まれで、神奈川県育ち、平成 6 年に東京大学理学部天文学科卒業、大学院に進まれ、平成 11 年に国立天文台 COE 研究員、その後、助教、准教授を経て、現在は国立天文台水沢 VLBI 観測所の所長で教授、で総合研究大学院大学と東京大学大学院の併任教授も務められています。専門は電波天文学で、超長基線電波干渉計(VLBI)を用いた銀河系構造やブラックホールの研究をされています。これらの研究の功績で昨年度は天文学会の林忠四郎賞を受賞されています。著書も多数で、NHK ラジオでも子ども科学電話相談の回答者も務められています。

国立天文台の水沢観測所は岩手県にありますが、なぜここにあるのか。明治時代、1899 年に世界で同じ緯度に六箇所、光の天文台を建設する国際緯度観測事業がありました。北緯 39 度 08 分という緯度に、ヨーロッパではイタリア、中央アジアとアメリカに三箇所、最後はドイツの中央局にデータを送って、地球が首をふりながら回っている歳差運動を精密に測ることが目的で、日本では水沢に建設され、120 周年を迎えました。

今は光ではなく電波望遠鏡で天体の研究を行っています。また理論計算のためのアテルイ II という天文学分野では世界で最速の計算機を保有しています。アテルイは坂上田村麻呂と戦った阿弓流爲(もしくは大墓公阿弓利爲)から命名されています。

VLBI(Very Long Baseline Interferometry)というのは超長基線電波干渉計というものです。日本では水沢観測所と鹿児島、石垣島、小笠原の父島の 4 箇所にある観測所が連携して VERA という大規模な望遠鏡を構成して望遠鏡の視力を 10 万倍に上げています。

こういった大規模望遠鏡を構成するために国際協力が自然です。韓国にも KVN という望遠鏡 3 台と日本の 4 台の計 7 台が連携して KaVA というネットワークを作って普段から観測を行っています。また東アジアでの連携で、日本、韓国、中国、タイによる EAVN というネットワークでも定常的に連携した観測が行われています。今回、EHT というミリ波を観測する地球規模の VLBI で観測に成功しました。EHT は日本にはないのですが、国立天文台が建設に参加した南アメリカにある ALMA が含まれています。

ブラックホールは強い重力で潰れてしまっている暗黒の天体ですが、その重さは中心の特異点と呼ばれる一点に集まっています。その周辺に事象の地平面という光すら戻れなくなる球面があります。ブラックホールは「究極の飲兵衛」と言えます。いくらでも飲むけど絶対に吐かないから。この奇妙な天体は M81 銀河や M87 銀河の中心にもあり、ブラックホールから噴出しているジェットも観測されています。ブラックホールは暗いはずなのですが、周囲の物質を飲み込んで、高ければ 50 億度にもなるガスの円盤を形成していてこの円盤が明るく輝いています。これも例えると「飲むと明るくなる、たちの良い飲兵衛」と言えます。

ブラックホールは何千何万もあることが分かっているのですが、わかりやすい巨大ブラックホールの例として、天の川銀河の中心で、南斗六星のあたり、いて座 A スター(Sgr A*)があります。天の川銀河の中心を十年間観測して動画にすると、真ん中の星々が何かを中心に盛んに運動している様子が見られます。その動きから計算すると、写真に写らない太陽の 400 万倍の質量の天体があることがわかりました。これはブラックホールに違いありません。この観測を 2000 年ごろに行ってブラックホールの存在を明らかにした 3 人の研究者が去年のノーベル物理学賞を受賞しました。ホーキング博士もこの研究に貢献したのですが、残念ながら 2018 年に逝去されたのでノーベル賞候補になりませんでした。

巨大ブラックホールはあるか、ガス円盤の構造は、ジェットの根本はどうなっているか、どうやって巨大ブラックホールができたかなどの問題を探るために、本間先生たちは 10 年以上 EHT の研究を行ってきました。

EHT には 6 カ国 8 台の望遠鏡が連携し、300 名近い研究者が参加する非常に大きなプロジェクトです。新聞やテレビでも報道されたドーナツ状のブラックホールの写真は皆さんもご存知でしょう。EHT で観測された M87 の中心にあるこの巨大なブラックホールは 5500 万光年離れたところにあります。リングの大きさは 0.01 光年、中心天体質量は太陽の 65 億倍です。ブラックホールの周りでは光はまっすぐ進みませんので、見た目の状態をそのまま信じてはいけません。ブラックホールの周りを光が回っていて、ブラックホールの縁を抜けてきた光が観測されてドーナツに見

えています。ドーナツ構造の中心の穴はブラックホールの影で、光さえ脱出できないことがわかります。光っている部分は光の衣と言えます。この画像を再現するのに苦労しました。

4 日分のデータを毎回解析し、また従来方法、米国の手法、日本の手法のそれぞれの手法で解析しましたが、手法や解析者によらず高い精度で同じ結果が得られましたので、間違いのない結果と言えます。最終的に世界に報じられた画像は三つの手法の平均を取ったものですが、どれも同じような結果なので平均してもほとんど変わりありません。最先端の理論をもとにスーパーコンピュータで 6 万枚のシミュレーション画像を生成、リングの明暗や電波の強さも含めて結果が一致しました。

このブラックホールの写真はよくドーナツに例えられますが中身が詰まっているものを輪切りにした断面を見ているので、イチゴ大福の輪切りに例えた方が 있습니다。奥州市の菓子組合が協力してブラックホールスイーツを開発してくれました。可視化に加えて「菓子化」にも成功ということですね。

1916 年にシュバルツシルトがアインシュタインの一般相対性理論からブラックホールを理論的に導きました。信じがたい結論だったのでアインシュタイン自身も 1930 年代にブラックホールは存在しないはずという論文を提出しています。1918 年には天文学者は M87 のジェットを観測しました。物理学と天文学でも 100 年研究され、銀河の中心に何かあると思われ続けていましたが、今回ブラックホールの存在を視覚的に示して疑問に終止符を打つことができました。そこで講演会で 100 年かけたジグソーパズルの最後の 1 ピースが埋まったとお話をしたら、なんとブラックホールジグソーパズルが発売されました。ネットでも購入できるようです。

最近のニュースでは、2021 年 3 月に M87 からより偏波が検出されブラックホールの付近に磁場があることが確認できました。ジェットは太陽などでも天文学で非常に重要視されていますが、磁場が関与していることがわかりました。また多波長による観測も始まっています。今後の宿題としては、今回観測できなかったジェットの根本を確認することで、ジェットとブラックホールの関係を探っていくことが重要です。EHT や EAVN による今後の観測に期待します。

最後に本間先生が最近書かれた 3 冊の著書が紹介されました。

「巨大ブラックホールの謎（講談社）」

「国立天文台教授が教えるブラックホールってすごいやつ（扶桑社）」
は水沢出身の漫画家がイラストを描いてくれています。

「宇宙の軌跡を科学する（扶桑社）」

質疑応答

Q: 天の川銀河のブラックホールの質量は太陽の 400 万倍、M87 は 56 億倍、この 3 桁の違いは何から生まれるのでしょうか？

A: ブラックホールと周りの銀河の規模が大きいとブラックホールも巨大ですが、どちらが原因で結果かはまだわかりません。原始ブラックホールの研究と共にこれから解明されていくと思います。

Q: EHT の同時観測している電波望遠鏡の大気遅延の補正の方法は拠点毎に違いますか。また、EHT を実施する為に精度アップしましたか。

A: 大気が原因で時差が発生してしまうのを補正する方法ですね。統一的に明るい天体を使って干渉計全体でアレイとして調整します。天体からの電波は弱いので通信技術同様、広帯域化により精度向上ができました。

Q: ブラックホールの映像は、回転円盤に対してどのくらいの角度で捉えられたものなのでしょうか？

A: ガス円盤と直交した方向にジェットが出ています。円盤は時計回りに回っていて僕らに向かって 20 度ぐらい右に傾いています。

Q: VLBI の観測点が増えると画像はさらに鮮明になるのですか。

A: 観測点が増えると画像は鮮明になるので 9 箇所 11 台で観測中です。

Q: ブラックホールに吸い込まれるガスの温度が 50 億度とのことですが、ブラックホール自体の温度は何度くらいですか。50 億度よりも高いのでしょうか？また、質量によって温度も変わりますか？

A: 古典的相対性理論の枠組みで考える限り温度はありませんが、ホーキングの予想ではブラックホールからほとんど絶対 0 度に近いですが温度があります。質量が大きいほど温度は高くなると予想されます。

Q: シミュレーションの自転や磁場の条件は？

A: 今回の観測からは M87 の自転は確定できていません。6 万枚のデータを解析する際に従来観測と矛盾がない範囲で色々なパラメータで計算しました。総合的に考えると多分回転しているでしょう。

Q: M87 の 0.5 光年規模で噴き出すガスが直線的でなく煙がたなびくように見えるのはなぜ？何もない宇宙空間では直線的になると思うのですが。

A: 一定の速さや割合ではなく間欠的にガスが出ているでしょうし、銀河の中にもともとあるガスと押し合い、そのガスのムラによるものなどが影響しているでしょう。流れの面で不安定化が起きててもムラができます。

Q: 特異点は自転してそうなのですか？アテルイ II も富士通製ですか？

A: M87 は自転していると考え人が多いと思います。他のブラックホールも自転しているものとそうでないものがあるでしょう。アテルイは国際入札の関係で米国クレイ社のものです。

2. 星の磁場は反転するか

次のご講演は京都産業大学共通教育推進機構教授の中道晶香先生です。司会の作花先生からご紹介がありました。中道先生は東京生まれ、東京工業大学で理学博士、京大基礎物理学研究所、群馬県立ぐんま天文台の観測普及研究員、京都産業大学の神山（こうやま）天文台を経て現職です。また天文学の私塾アストロ・アカデミアを設立、日本天文教育普及研究会の近畿支部長としても活躍されています。今回は星の磁場を説明するユニークなモデルを提案され、シミュレーションからも磁場が反転することも説明できるという大変興味深いご講演でした。ご講演の詳細は本誌 55 号に投稿頂いているのでそちらをご参照ください。以下、概要です。

浅間山の鬼押し出しの玄武岩の中にも当時の地球の地磁気が記録されています。海嶺で記録された磁気でも時代ごとの地磁気の変化がわかります。ロンドンで観測されている過去 400 年の地磁気の動きが記録されており、最近動きが速くなっているようです。日本でも西日本の遺跡の焼土や発掘される遺物にも地磁気が記録されています。京大地磁気世界資料解析センターのデータからは地球の磁気が年々弱くなっていて、3525 年ごろに地磁気が無くなってしまいそうです。磁場の反転を京大松山基範氏が 1926 年に玄武洞で発見されています。地磁気の反転は不規則にこの 1 億 6000 万年で 338 回反転し、最近では約 77 万年前に起きました。その痕跡が千葉県市原市の養老川沿いの崖の地層にあり、国際標準模式地として指定され、この地層の地質年代がチバニアンと命名されました。

中道先生は地球内部ある溶融鉄の渦による磁場を 9 本の棒磁石として説明し、マクロスピンモデルとして提案されました。棒磁石同士が相互作用し、縦にも横にも動くようなスピンの磁場の変動や不規則な反転を再現できました。棒磁石が隣同士だけが相互作用するものと全体の相互作用を計算しても同様の結果で、摩擦と熱の流れを考慮した散逸系でも保存系でも同様に、磁場が普通に反転することがわかりました。マクロスピンモデルは地磁気反転を説明するシンプルなモデルになっています。

他の惑星では、水星は南北非対称で北半球に棒磁石の中心があり、木星には南北以外に赤道付近にもう一つの磁極があります。惑星ごとに多様な磁場があることがわかります。天王星と海王星もシンプルではなく、どの惑星も同じというわけではありません。この地球でも表面ではなくコアとマントルの境界では結構複雑な状態になっています。

双極子の摂動ではなく、逆に磁場が常に揺らいでいて、双極子がそのゆらぎの中で作られていると考えた方が良さそうです。またダイナモがある

層と表面の距離により、磁場発生タイプ分類ができます。

太陽でも柔らかい棒磁石で、スピンの数を 50 から 100 に増やして計算してみたら、太陽の磁場の変化、11 年周期や長期変動などの観測事実も説明できました。太陽と同様に対流層のある他の恒星も磁極反転するだろうと、神山天文台の観測装置を改修しました。

最近の論文投稿の際にとっても良いレフェリーと議論ができて、磁極反転の頻度などの様子は全エネルギーが決めていることがわかりました。

質疑応答

Q (作花)：反転にかかる時間は 1000 年から 2000 年程度とのことですが、その間は磁気がないということですか。

A：はい。でもこれまで何度もあるのに生物は絶滅していませんね。

Q：過去の動植物の突然変異の歴史と比較した研究例はありますか？

A：結構頻繁に反転しているのですが特にありません。次の反転時には今の文明にはかなりの打撃はありそうですが。



中道晶香先生



西村昌能理事長



本間希樹先生



柴田一成先生



作花一志先生



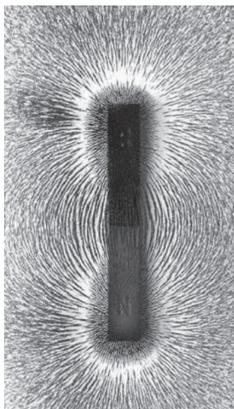
黒河宏企先生

星の磁石は反転する？

中道晶香（京都産業大学）

1. はじめに

みなさんは磁石に鉄の粉をまくとすじ模様が出来るのはご存じでしょう（図 1）。このすじ模様は磁力線といって磁石の力を表します。棒磁石では



N 極と S 極が磁石の両端にあつて、このような磁石のかたちを双極磁場と呼んでいます。実は地球も棒磁石と同じように N 極と S 極がある双極磁場をもっていますので、方位磁石で北の方角がおおまかにわかるのです。地球の磁石を地磁気と言います。今回は、この磁極が天体にあつてそれが逆転するということを理論的にシミュレーションした私たちの研究を紹介したいと思います。

図 1 棒磁石の磁力線の様子

磁石に鉄の粉をまくとみえてくる。

2. 地磁気の向きは動く

さて、岩石をつくる鉱物の中には磁石の性質をもつものがあります。この磁石の性質は高温ではなくなり、低温になると現れます。火山からは溶岩が流れ出てきます。このとき、温度は 1000 度くらいの高温で鉱物の磁石の性質は現れません。しかし、流れ出た溶岩が冷えて固まる時、鉱物に磁石の性質が表れ、その場の地磁気の方向にそろおうという性質があります。

このようにして地球の磁極の方向は岩石に記録されています。そこで、時代の分かっている溶岩からその時代に地磁気の様子を調べることができます。

ロンドンでは 400 年間の磁極方位の移動がわかり、西日本では中世・近世の遺跡の焼土から伏角と偏角の移動があったことが分かってきました。

さらに地磁気の強さも年々弱くなってきていることも分かってきて、このままでの減少傾向が続くと西暦 3525 年頃には地磁気の強さは 0 になると推定できます。

3. 地磁気は逆転する

20 世紀の初め頃、地球の磁場が逆転するという現象が明らかになりました。この研究では、京都大学の松山基範教授が兵庫県の玄武洞の玄武岩の磁極が現在と逆向きになっていることを発見し（1926 年）、地磁気は反転する可能性を示したのです（1929 年）。

現在では地磁気は 1 億 6000 万年で 338 回も不規則に反転していることがわかっています。一番最近の反転は約 77 万年前のことで、現在と同じ極性になった時期を含む地層が千葉縣市原市の地層に見られ、約 77 万年前から 12 万年前の地質年代がチバニアンとして 2020 年に命名されました。

4. 地磁気の生まれる理由

では、どの様にして地球には磁場が発生するのでしょうか？それは地球内部に秘密があるのです。地球の中心には核があって、外側に液体の鉄で出来ている外核があります。地球は自転していますからこの液体の鉄は流動します。しかも鉄ですから電気が流れやすいのです。このように核の液体状態の鉄の流動によって磁場が発生するメカニズムをダイナモ理論といいます。少し昔の自転車の電灯の発電機と同じ原理で磁場が生まれるのです。これを天体一般にまとめると表 1 になります。

表 1 3つの条件

天体でダイナモ作用が働くための 3つの条件

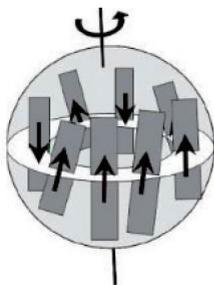
- ①天体に電気が流れやすい部分があること。
- ②その部分が融けていること。
- ③融けている部分に流れを起こすエネルギーがあること。

地球でいえば①については核は鉄できて、②については外核は液体です。③地球は自転していますから、溶けた鉄は自転の動きの影響を受けます。また、熱い核の熱エネルギーによって、溶けた鉄は対流運動します。溶けた鉄が流れると電流が生じます。その電流が磁場を生成します。

地球の自転が南北方向に伸びる柱状の渦を作ります。その渦に巻き付いて電流が流れます。渦は一つではなく何本もあると考えています。

私たちは、この渦に巻き付いた電流が作った棒磁石を単純にモデル化してスピンとして表しました。スピンは複数存在しますが、それらスピンの回転運動は、スピン同士の相互作用と天体の自転とスピンとの相互作用で決まるのがシミュレーションでわかりました。つまり、このモデルでは小さなダイナモ要素が共同して全体の磁場を作るのです。規模の大きなス

星の磁石は反転する？



ピンなのでマクロ・スピンといいます(図2)。マクロ・スピンの運動を調べると、安定な双極磁場の凝集部分と早い変動をさせる自由運動部分からなっています。

地球の場合、マクロ・スピンは9本として計算しますと地球磁場の反転の様子が上手に再現できたのです(図3)。つまり、地球の磁場は常に変動し、時折磁極が反転するのです。

図2 天体の磁場をつくるスピン
(地球の場合9本のスピン)

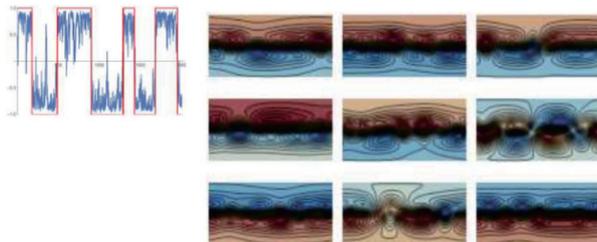


図3 地磁気の逆転パターンが再現できた。

5. 惑星磁場の多様性

マクロ・スピン・モデルを他の惑星に適用すると様々な不思議な惑星磁場の様子を再現できるのです。水星は双極磁場が北半球へずれています。木星は磁気双極磁場の他に赤道付近にもう一つ磁極があります。天王星・海王星も単純な双極磁場ではありません。地球も核とマンツルの境界では磁場構造が複雑です。どうも、ダイナモ領域の表面と惑星表面の距離によって磁場のパターンが決まるようです。

惑星の磁場は常に揺らいでいてN極・S極の双極磁場はゆらぎの中で作られます。南北非対称な磁場もゆらぎの中から作られると考えられます。つまり、天体の磁場は固定されたものでなく、動的で、時間が経てば自然に磁極反転をおこすのではないかと私たちは考えています。

6. 太陽・恒星の磁極逆転

太陽は約11年周期で黒点数が周期的に増減しています。これを太陽活動の11年周期といいます(図4)が、太陽本体の磁極・黒点の磁極を見ると約11年ごとに反転しています。この様子もマクロ・スピン・モデルで再現できました。

では太陽でダイナモ作用をするものは何でしょうか。太陽の表面から約

20 万 km までには対流層があります。恒星は高温ですから、対流層のガスの原子は電離して、電気を帯びたプラズマになっています。つまり太陽では表面の対流層がダイナモ作用をになっているのですね。

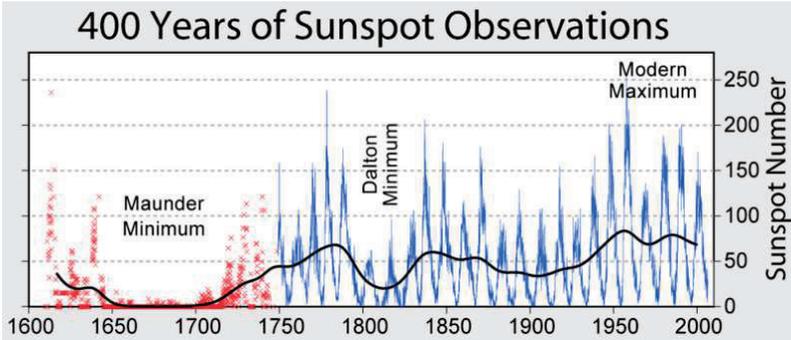


図 4 太陽黒点数の変動 縦軸は黒点相対数、横軸は時間
 出典:” Sunspot Numbers “. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons

太陽の場合、マクロ・スピンを 100 本以上と増やしたところ、規則的な短周期だけでなく、長周期の変動も再現できたのです。太陽は恒星の一つです。ということは、対流層をもつような恒星も磁極が逆転していると考えられます。神山天文台のグループでは 1.3m 荒木望遠鏡の装置を恒星の極性を測定できるよう改良しましたが、先に外国のグループが複数の恒星の磁極逆転を検出しています。

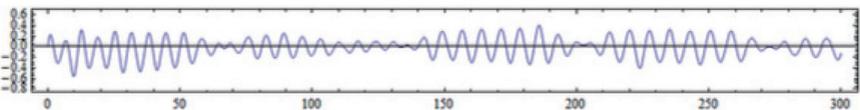


図 5 再現された太陽の磁極逆転

7. まとめ

磁極の逆転は、シミュレーションの初期値とか、他のパラメーターに依存しているように思えていましたが、マクロ・スピン・モデルの研究から実は全エネルギーが反転の様子を決めていることがわかりました。つまり、時間が経つとやがて磁極は反転する、磁極反転は天体に普遍的な現象だということがわかったのです。

天文宇宙検定

試験日

2021年11月21日(日)

申込締切日 10月6日(水)



第12回

実施エリア

札幌・仙台・小松・高崎・東京・
名古屋・大阪・広島・福岡・名産

主催 (一社)天文宇宙教育振興協会

協力 天文宇宙検定委員会・隼恒星社厚生閣

協賛 京都産業大学・千葉工業大学・東京都市大学・

株式会社・丸善出版(株)・明星大学

後援 株式会社・(公財)日本宇宙少年団・(一財)日本宇宙フォーラム

詳細はWebで▶ <https://www.kentei-uketsuke.com/astro-test/>

〒160-0008 東京都新宿区四谷三栄町 3-14

TEL 03-3359-7371 FAX 03-3359-7375

<http://www.astro-test.org/>

(一社)天文宇宙教育振興協会

HERO

ソフトウェア開発で社会に貢献しています。

株式会社ヒーロー

代表取締役 岡村 勝

〒532-0011 大阪市淀川区西中島 6 丁目 6-6 NLC 新大阪 11 号館 7 階

【事業紹介】

・ソフトウェア開発

制御・組込系：家電・情報端末分野の身近な機器を最新技術でより便利に

情報統合系：コンサルテーションから設計開発、運用、保守まで提供

アミューズメント系：開発サポートツールからアミューズメントプログラムまで

・技術者派遣（流通分野、SNS 分野に特化）

・製品販売 ～京都大学花山天文台 星座早見盤、クリアファイル～



リポD SPACE PROJECT

リポビタンD公式
宇宙応援ホームページ



リポビタンDは宇宙開発を目指して
がんばる人々を応援しています!

リポビタンD

指定医薬部外品 疲労回復・栄養補給



第10回

2021年10月9日(土)~11日(月)

飛騨天文台自然再発見ツアー



アジア最大の65cm屈折望遠鏡で 飛騨天文台で満天の星空と天の川を観望 世界第一級のドームレス太陽望遠鏡
土星と木星を観望 で太陽紅炎と分光スペクトルを観望

●対象/定員: 大人/10名(先着順)

●集合場所: JR高山駅またはJR京都駅

*詳細はホームページをご覧ください

主催: NPO法人花山星空ネットワーク、京大理学部研究科附属天文台

事務局からのお知らせ

関西では5月下旬に入梅し、梅雨が長く続いています。皆様には、いかがお過ごしでしょうか。花山天文台では本館近くにある青楓にピンク色の実がついて美しい風情になっています。

そのような美しい自然の移ろいの中で、新型コロナウイルス感染症の第5波の可能性などまだまだ油断のできない状況があります。その中で、NPOでは、4月29日に第87回「太陽」、5月22日に第88回「月」の花山天体観望会をYouTube配信で行い、たくさんの方々にご視聴して頂きました。この動画はNPOのHPからご覧頂けるようになっていますので、まだの方はご視聴の程、よろしくお願いたします。

今後、対面での観望会や講演会が再開され、みなさまとお会いできる日を楽しみにしております。

今後の予定

7月31日(土) 第89回花山天体観望会「星雲と星団」

8月7日(土)～9日(祝) 第13回子ども飛騨天文台天体観測教室

9月20日(祝) 第90回花山天体観望会「名月と名曲」

10月9日(土)～11日(月) 第10回飛騨天文台自然発見ツアー

10月23日(土) 第91回花山天体観望会「土星」

(中止の際はHP・メールでお知らせいたします。)

編集後記

5月の皆既月食に関してはみなさまから多くの画像が寄せられると期待していたのですが、悪天候のため観測できなくて残念でした。コロナウィルスとオリンピック開催?情報ばかりでなく、大きな天文イベントのニュースがほしいものですね。今月号には先日行われたオンライン講演会の記事を書きました。次号には上記の観望会が行われ、久しぶりにリアルな天体を眺めた観望記が寄せられることを期待しています。原稿締め切り日は9月15日で、投稿に関しては、なるべくテンプレート(Word)を本NPOのホームページからダウンロードして、エディタに書いたテキスト文をそこにコピー貼り付けして作成して下さるようお願いいたします。原稿作成のお問い合わせや送付先は astron@kwasan.kyoto-u.ac.jp です。

木星土星超大接近



NPO法人花山星空ネットワークへの入会方法:

ホームページ <https://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/hosizora/join.html> をご覧ください。

住所・氏名・連絡先電話番号を電子メールまたは電話でお知らせ下されば、
(電子メール: hosizora@kwasan.kyoto-u.ac.jp 電話: 075-581-1461)

入会申込書と会費の振込用紙を郵送いたします。

- (1) 正会員 (一般) ・入会金 2,000円 ・年会費 4,000円
(学生) ・入会金 1,000円 ・年会費 3,000円
- (2) 準会員 ・入会金 1,000円 ・年会費 3,000円
- (3) 賛助会員 年額1口以上 (1口30,000円)

発行人 認定NPO法人花山星空ネットワーク

〒607-8471 京都市山科区北花山大峰町 京都大学花山天文台内

Tel 075-581-1461 URL <https://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/hosizora>

印刷所 株式会社あおぞら印刷

〒604-8431 京都市中京区西ノ京原町15

2021年6月30日発行