

歴史文献を用いた天文学研究

磯部 洋明¹

(要旨) 京都大学宇宙総合学研究ユニットの歴史文献天文学研究会では、太陽-地球環境に関心を持つ自然科学者と、様々な地域、時代を専門とする歴史研究者との共同研究により、歴史文献中の太陽黒点や中低緯度オーロラの記録を用いた過去の太陽活動の研究を2014年頃から行っている。本稿では太陽活動に関するいくつかの成果とともに、8世紀のシリア語の文献から、彗星にイオンテイルとダストテイルと思われる二つの尾あることを記述した例についても紹介する。また、自然科学系と人文系の学際的共同研究の難しさと魅力についても述べる。

1. 歴史文献を使った自然科学

古来、人々は天体の規則的な運行を記録して暦を作るだけでなく、時折出現する異常な現象も観測し、そこから様々なメッセージを読み取ろうとしてきた。歴史的な文献に記録されているそれらの天変の記録を探しだし、現代の天文学や地球惑星科学に役立てようというのが、私たち歴史文献天文学研究会の狙いである。

歴史上の記録を現代天文学に用いたのはもちろん私たちが最初ではない。よく知られているのは超新星爆発の記録だろう。例えば藤原定家の明月記には、当時の天文博士である陰陽師が観測した超新星爆発が、「客星」すなわち夜空に突如出現した新しい星として記録されている。そのうちの一つ、西暦1006年に起きた超新星爆発の残骸を、千年後の2006年に京都大学の小山勝二らがX線天文衛星「すざく」で観測した。千年前の記録により正確な発生年月日が分かっていたことでより多くの科学的知見を得ることができたこの成果は、いわば陰陽師と現代の科学者による千年越しの共同研究である [1]。

天文学以外に目を向ければ、古い文献の記録を現代科学に活用する手法は地震や津波などの災害の研究でも長い蓄積があるし、気候や生態系の長期的な変動の

研究にも活用されている。筆者が大好きな研究の一つは、京都の貴族の日記に残された花見の記録から桜の開花時期を推定して、それを元に京都の局所的な気候の長期変動を再現するというものである [2]。今私たちが日々 SNS にアップしている何気ないつぶやきも既にマーケティングなど様々な目的で利用されているとのことで、それは何だか居心地の悪いことであるが、千年後の科学者にとっても貴重なデータになる日が来るのかもしれないと思えば、そう悪くないかなとも思えてくる。

太陽物理学、地球惑星物理学、歴史学研究者が集まった私たちのグループは、2014年頃から歴史的な文献の中に残された中低緯度地域のオーロラや肉眼で見える巨大黒点の記録を用いて、過去の太陽活動やその地球への影響を調べる研究を始めた。以下ではこれまでの成果や研究の経緯を紹介する。

2. 過去の太陽活動を知りたい理由

太陽では「フレア」と呼ばれる大規模な爆発が頻繁に起きている。フレアが起きると、電磁波の急激な増光、高エネルギー粒子の加速、プラズマ塊の惑星間空間への噴出(コロナ質量放出)が起き、人工衛星の故障や通信障害、地磁気嵐による大規模停電など様々な影響が出る。太陽フレアとその影響については本号の野

1. 京都大学 大学院総合生学存館
isobe@kwasan.kyoto-u.ac.jp

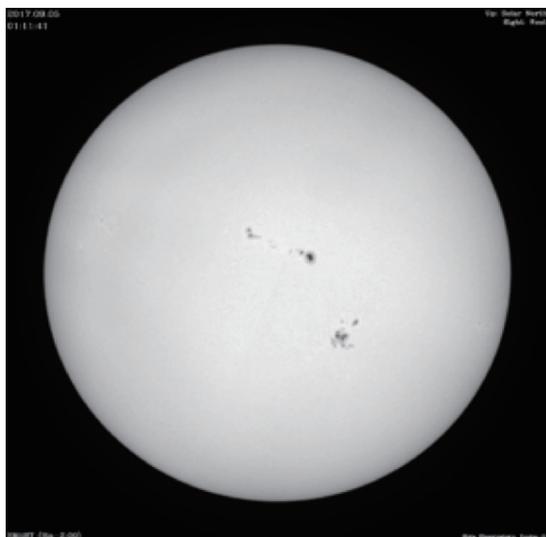


図1：(左) 京都大学大学院理学研究科付属飛騨天文台の太陽磁気活動観測望遠鏡 (SMART) が観測した2017年9月5日の太陽全面像。

津・柴田による記事で詳しく解説しているのでそちらも参照して頂きたい。

野津・柴田の記事で紹介されているように、京都大学のグループは2012年に太陽型の恒星で、知られている太陽フレアの100倍から1000倍ものエネルギーを持つ「スーパーフレア」を発見した。もしこれが現在の太陽で起きれば影響は甚大である。太陽フレアの頻度分布は地震など多くの自然現象と同じようにべき乗を示し、規模が大きいほど頻度は小さい。しかし、太陽フレアの観測はたかだか150年程度であり、人類が持つ最も長期の科学データとされる黒点数の観測もたかだか400年である[3]。2011年に起きた東日本大震災は千年に一度の規模だったそうだが、そのような低頻度で起きる太陽活動についての知見を得るためには、望遠鏡による近代観測が始まる前の太陽活動についての情報を得る必要がある。

過去の太陽活動について知りたいという科学的欲求は、長期的な変動とその地球気候への影響についての関心が先行していた。太陽黒点数は約11年の周期で変動しているが、もっと長い時間スケールの変動もあり、地球の気候との間に相関があることが知られている。例えば17世紀後半にはマウンダー極小期と呼ばれる数十年にわたってほとんど黒点が出なかった時期があったが、この時期地球は全体的に気温が低かった。詳しくは参考文献[4]などをご覧頂きたい。

3. 文献に刻まれた太陽活動の記録

歴史文献に記録されている太陽活動の指標には2種類ある。1つ目は肉眼で見えるような巨大黒点である。2017年9月に10年ぶりの大フレアが起きた時の太陽全面像が図1である。これくらいのサイズの黒点になると専用グラスを使えば肉眼でも確認できる。昔の人は恐らく、日没直前や薄雲がある時などに太陽の中に黒点を発見したのだろう。例えば中国・宋の天文志には以下のような記録がある[5]。

元豊元年十二月丙午、日中有黒子如李大、至丁巳散
筆者訳：西暦1077年1月11日、太陽の中に李(すもも)ほどの大きさの黒子があり、22日に消滅した。

太陽活動の指標となるもう一つの有力な記録が、中低緯度で見られるオーロラの記録である。一般に地磁気嵐が強い(地磁気変動の振幅が大きい)ほどオーロラは低緯度で見られるので、オーロラ観測の下限は地磁気嵐の強さの指標となる。太陽フレアと磁気嵐の強さの関係は複雑だが緩い相関はあり、大雑把にいった中低緯度でオーロラが見られれば大きなフレアが起きたことが示唆され、従って大きな黒点が出ていたと推察される。

オーロラの色は高度によって異なり、高度100～200 kmでは主に酸素原子の波長557.7 nmの輝線が出す緑色が、それより上空では酸素原子の波長630.0 nmの赤色が光る。離れた場所から見れば幾何学的効果で上空の方だけが見えるため、通常、中低緯度で見られるオーロラは高緯度側の方向の空が赤く光って見える。オーロラが観測者の緯度にまで下がってくれば、緑やピンクなどの色が空に拡がることになる。

漢字文化圏の文献では、オーロラと思われる現象は、ひろがりを持った発光現象を表す「赤氣」「赤雲」「白氣」といった言葉で記述されている。例えば、上の黒点の例と同じ宋の天文誌には以下のような記述がある[5]

景德三年三月丙辰、北方赤氣互天。

筆者訳：1006年4月14日、北の空を赤氣がよぎった

もちろん、オーロラの正体を知らなかった先人達によるこれらの記録が本当にオーロラだったかどうかは自明ではない。例えば「白氣」とされるものは、月量のような大気の散乱現象か彗星であったかもしれない。

ある記録がオーロラであることを示す最も強力な証拠は、日本と中国、東洋と西洋など、離れた2点間の同時観測である。このような例を見つけるには、漢字の文献とラテン語の文献など、異なる文化圏の記録を照合する必要がある。また自然科学側からは、観測時間や方角、形状、色などの記述がオーロラという解釈と矛盾がないか確認したり、観測日の月齢を計算して月光の散乱現象の可能性を吟味したりといった作業を行う。さらには、文献に書かれていることが、実際に観測したことの直接的な記録なのか、一般的な事象を述べたことなのか、フィクションなのかも確認する必要がある。このような検証には、文献の書かれた文脈や時代背景などを読み解くことができる人文系の研究者と、自然現象をよく理解している自然科学者の密接な協働が不可欠である。

4. 京大宇宙ユニットから始まった歴史文献天文学研究の進展

京都大学宇宙総合学研究所(宇宙ユニット)は、理工学から人文社会科学にわたる学際的な新しい宇宙研究の開拓を意図して2008年に発足した。設立時最初の専任教員だった筆者は、人文社会系の研究者を誘って宇宙倫理学[6]や宇宙人類学[7]といった複数の共同研究の立ち上げに携わりながら、「お寺で宇宙学」「宇宙落語会」「宇宙茶会」のような学問以外とのコラボ企画も手がけていた。こういう変わった活動を生暖かく許容する京大の雰囲気为本プロジェクトが生まれた背景にある。

本研究を立ち上げたのは筆者ではなく、宇宙ユニットの活動に何かと顔を出していた京大文学研究科の早川尚志氏(現在は大阪大学の博士後期課程)と理学研究科の玉澤春史氏の二人の大学院生である。百万遍の居酒屋で思いついたという彼らの最初のアイデアは、専門の観測官による定常観測によって多くの黒点・オーロラの記録が残されている中国歴代王朝正史の天文志が、現在は全文デジタル化されてテキスト検索できるので、刊本とデータベースの照合で徹底したサーベイができるのではということだった。

中国や日本のオーロラ記録をまとめた記録はこれまでもある[8-10]。しかし原文や参照した文献の書誌情報が不十分なことが多く、後世の研究者による検証



図2：1770年に日本全国で観測されたオーロラを描いた図。国立国会図書館所蔵「猿猴庵随観図」より。

することが困難な形でしか提供されていないケースもあった。このため私たちは、キーワード検索に見つけた候補となる記録をから記述の吟味により明らかに黒点やオーロラでないものをのぞいて、書誌情報まで含めてデータベースとしてインターネットで公開することにした[11]。これまでに隋、唐、五代十国、宋、元、明、清の歴代王朝の天文志のサーベイを終えて論文として出版している[12-15]。

その過程で科学的に面白いこともいくつか分かってきた。中でも興味深いのは大学院生の河村聡氏が主導した清代のケースで、マウンダー極小期に対応する17世紀後半に、中低緯度オーロラの可能性がある記録が見つかった[15]。太陽活動が極めて低調と考えられているマウンダー極小期に本当に中低緯度オーロラが起きていたとすれば極めて興味深い。今後、対応する同時観測を中国以外の文献から見つけ出したいと考えている。

歴史文献を使ったアプローチに関心を持ってくれたオーロラ研究者である極地研究所の片岡龍峰氏を通じて、極地研と同じビルにある国文学研究資料館の岩橋清美氏や、宇宙線由来の放射性同位体解析をしている武蔵野美術大の宮原ひろ子氏とも共同研究をすることができた。片岡氏主導で明月記のオーロラ記録を用いた論文[16]を書いた際には、国文学研究資料館の研究者が、虚構性が高い文章を書くと思われていた藤原定家が、自然現象の正確な記述をしていたことは意外な発見であったとコメントしている[17]。本研究のアプ

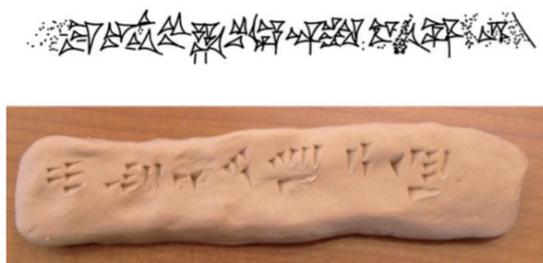


図3：(上)バビロン天文日誌に楔形文字で書かれたオーロラの記録[20,21]。三津間康幸氏によるコピーに基づく。(下)粘土に楔型文字(アッカド語)で書いた筆者の名前。

ローチが人文科学研究へも貢献できた一つの例だと考えている。

また日本史研究者の岩橋氏はその後日本各地の日記等から未発見の史料を次々に発見しており、今や世界屈指の古典・古文書オーロラハンターである。特に、京大生存圏研究所で宇宙ユニットにも参加しているオーロラ研究者の海老原祐輔氏とも協力して、1770年に日本全国で観測されたオーロラの史料をまとめ、それがこれまで近代観測最大と言われていた1859年の地磁気嵐に匹敵する規模であったことも明らかにした[18, 19]。なお1770年のオーロラはいくつか図表も知られており、有名なものの一つが図2である。

漢字文化圏以外の文献も活用している。共同研究に加わって下さった東京大学の三津間康幸氏は、粘土板に楔型文字で書かれた「バビロン天文日誌」の刊行も手がけているこの分野の専門家で、三津間氏の参加により「バビロン天文日誌」から紀元前6世紀～1世紀のオーロラの記録を発見することができた[20, 21]。図3はその一例である。読者の中にこれが読める方はおられるかどうか分からないが、上記論文の共著者である筆者は、論文の根幹をなすデータ=楔型文字のテキストについて全く何も分からないのはさすがに問題だと考え、三津間氏に教を請うて自分の名前だけは楔型文字(アッカド語)で書けるようになってみた。無論、それで「バビロン天文日誌」が原文で読めるようになったわけではないのだが、

最後に、歴史文献中の彗星の記録についても面白い



図4：StellaNavigatorによる760年5月25日の夜空のシミュレーション。

インセットがズークニーン年代記中の彗星のスケッチ(MS Vat. Sir. 162: f. 136v; Chabot II 217)。牡羊座の3つの星と火星、土星も描かれている。(c)2017 Biblioteca Apostolica Vaticana, reproduced by permission of Biblioteca Apostolica Vaticana, with all right reserved.

発見があったので紹介したい。これは上述の三津間氏に加えて、古代ローマ史の研究者である小坂俊介氏や流星の研究をしている総合研究大学院大学の藤原康徳氏との共同研究で、後775/776年にシリア語(現在のシリア語ではなく中東の一部キリスト教徒が用いたアラム語に近い言語)で書かれたズークニーン年代記という文献を解析した研究である[21, 22]。論文の主要な結果は、世界最古の日付の分かっているオーロラの図表の発表と分析というもののだが、同じ文献には彗星に関する記述とそのスケッチも残されていた。記述ではおひつじ座の α 星、 β 星、 γ 星、そして火星と土星が並んでいる横に彗星が見えたとあり、その様子がスケッチに描かれている。試しにStellar Navigatorというソフトウェアでその日の夜空をシミュレーションしてみると、確かにスケッチの通りの配置になっていることが確認できた(図4)。興味深いことに、この彗星に関する記述では、2本の尾が見えたと書き残されている。スケッチからは判然とはしないが、もしかしたらこれはイオンテイルとダストテイルに関する世界最古の記述なのかもしれない。

5. おわりに

歴史研究者と自然科学研究者の共同研究である本プロジェクトは典型的な文理融合型研究と言うことができるだろう。それなりにより成果は上がっていると自負しているが、そこに至るには専門的知識のギャップ

だけでなく、データの扱いやオーサーシップなど研究における文化の違いに起因する様々な困難があった。それを克服するために大切なことは、専門的な内容を分かりやすい言葉で説明したり、お互いの文化を尊重したりといったことももちろんだが、何よりも異分野の研究者が何を「面白い」と思っているかを理解して、自分もそれを「面白い」と思えるようになることだと思う。

本プロジェクトは上にお名前を上げた方々以外にも多くの方々の協力の上に成り立っている。一応「歴史文献天文学研究会」と名付けてはいるが、別にPIや決まったメンバーがいるわけではなく、出てきた史料や科学的疑問に応じて、お互いの知見を持ち寄って自然発生的に研究チームができるような、緩やかなネットワークができていると言った方が正しいが、これは京大宇宙ユニットの特徴的なスタイルかもしれない。ただその中でも、中心になってプロジェクトを引っ張っているのが、早川、玉澤の二人の大学院生であることは強調しておきたい。研究機関であると同時に教育機関でもある京都大学(宇宙ユニット)にとって、個別の研究成果もさることながら、このような分野横断型の研究に主体的に取り組む学生が出てきてくれたことが最大の成果と呼べるのではないかと考えている。最後に、図4に用いたVat.Sir.162の画像の使用を許可頂いたVatican Apostolic LibraryのDr. A.M. Piazzoni, Dr. D.V. Proverbio, そしてこの原稿をチェックして下さった早川氏をはじめ共同研究者の方々に感謝を申し上げて筆を置く。

引用文献

- [1] Koyama, K., 2008, AIP Conference Proceedings 1016, 361.
- [2] 青野靖之, 2012, 地球環境 17, 21.
- [3] Owens, B., 2013, Nature 495, 300.
- [4] 宮原ひろ子, 2014, 「地球の変動はどこまで宇宙で解明できるか: 太陽活動から読み解く地球の過去・現在・未来」(化学同人).
- [5] Hayakawa, H. et al., 2015, Earth, Planets and Space 67, 82.
- [6] 呉羽真, 伊勢田哲治, 磯部洋明, ほか, 2016, JAXA-SP-15-017, 37.
- [7] 岡田浩樹, 木村大治, 大村敬一 編, 2014, 「宇宙人類学の挑戦」(昭和堂).
- [8] 慶松光雄, 1969, 史林 52, 62.
- [9] 神田茂, 1933, 天文月報 26, 204.
- [10] 中沢陽, 1999, 天文月報 92, 94.
- [11] データはここからダウンロードできる <http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/~palaeo/>.
- [12] Tamazawa, H. et al., 2017, PASJ 69, 22.
- [13] Hayakawa, H. et al., 2015, Earth, Planets and Space 67, 82.
- [14] Hayakawa, H. et al., 2017, PASJ 69, 65.
- [15] Kawamura, A. D. et al., 2016, PASJ 68, 79.
- [16] Kataoka, R. et al., 2017, Space Weather 15, 392.
- [17] 京都大学プレスリリース, 2017年4月10日 http://www.kyoto-u.ac.jp/en/research/research_results/2016/170227_1.html.
- [18] Ebihara, Y. et al., 2017, Space Weather, 15, doi:10.1002/2017SW001693.
- [19] Hayakawa, H. et al., 2017, ApJL, 850, L31.
- [20] Hayakawa, H. et al., 2016, Earth, Planets and Space 68, 195.
- [21] 三津間康幸, 早川尚志, 2017, 天文月報 110, 472.
- [22] Hayakawa, H. et al., 2017, PASJ 69, 17.