

近年における本邦の歴史文献による太陽活動研究の回顧

2014 年以降の学際融合研究の一記録

大阪大学大学院文学研究科

日本学術振興会特別研究員

早川尚志

本稿では 2014 年以降京都大学、国立極地研究所、国立国文学研究資料館などを中心とする諸機関にて行われた歴史文献による太陽活動研究のプロジェクトについての状況を回顧し、その展望を瞥見することを意図する。本論集に先立ち、本年 7 月、『天文月報』にて『歴史書から探る太陽活動』なる特集号が刊行されたことは記憶に新しい（磯部 2017; 早川・岩橋 2017; 玉澤他 2017; 三津間・早川 2017）。この特集号は歴史文献による太陽活動についての学際融合研究の成果を和文で書き下ろしたもので、当該テーマについて文理双方の研究者が協力し、原典史料と最新の科学的知見を照合したものである。このようなプロジェクトの成果は往々にして後世まで残るものの、プロジェクトの進展などの歴史的過程などは容易に時の流れに沈み、後世に正確に伝わりづらいものである。そこで筆者は本プロジェクトに参加した一歴史学徒として本プロジェクトについての簡潔な同時代記録を残すことをささやかに試みんとするものである。

太陽活動にまつわる「近代」観測記録は人類史上最長の長期データの一つであり、その歴史は 17 世紀初頭のガリレイ以降実に 400 年近い歴史を持つ（Owens 2013）。しかしこの 400 年という観測期間は太陽活動を知るのに必ずしも十全に長いとは限らない。これ以前に遡って太陽活動を遡るには例えば年輪による放射性同位体比の検討（e.g. Solanki et al. 2004; Steinhilber et al. 2009）及び歴史文献による低緯度オーロラ・黒点記録の検討（e.g. Vaquero & Vazquez 2009）が知られている。前者について近年一年単位の時間解像度での年輪分析が行われた結果、774/775 年と 993/994 年に異常な炭素同位体比のスパイクがあり、当時大規模な宇宙線イベントが起こった可能性が示唆された（Miyake et al. 2012, 2013）。このイベントは学会に大きな関心を引き起こし、太陽由来など様々な可能性が議論されたが（e.g. Mekhaldi et al. 2015）、いかんせん太陽活動の「近代」観測記録のカバー範囲外にあるためまだ決定的な結論は出されていない。

本プロジェクトはそのような「近代」観測以前の太陽活動への関心から始まった。その開始の経緯は天文月報の特集号（磯部 2017; 玉澤他 2017）に詳しいのでそちらに譲るとして、ここでは当時の京都大学大学院生たちの思いつきの会話を京都大学教員の磯部洋明氏が指導して現実化せしめたとするに筆を止めておく。

2014 年に始まったプロジェクトで最初に検討が行われたのは中国正史の『宋史』である。当該王朝は 961-1279 年といわゆる中世極大期（1100-1250）と 993/994 年の宇宙線イベントをその期間内に含んでおり，その間の太陽活動の追跡に最適と思われた。サーベイに当たっては先行研究に従い，オーロラについては色付きの「氣，雲，光」，黒点については「黒子，黒氣」のキーワードをデータベースと刊本の双方で照合して精査した。この結果，993/994 年周りの記録こそ見つからなかったものの，合計 200 件近い記録が集まり，その時間的分布や色の記述等が検討できた。この内容は 2014 年 9 月に *Earth, Planets, and Space* 誌に投稿され，翌 5 月に刊行された（Hayakawa et al. 2015）。

この結果を受け，国立極地研究所の片岡龍峰氏やその誘いを受けた国立国文学研究資料館の先生方を交えて総研大の「学融合」プロジェクト，或いは京都大学生存圏研究所の海老原祐輔氏を交えて当該研究所の「萌芽研究」プロジェクト等への展開が行なわれた。このように新たな共同研究者を招いての研究が行われた結果，歴史文献による太陽活動の検討について更なる議論が進められた。

前回のサーベイではオーロラについて色付きの「氣，雲，光」を検索対象としたが，これらに加えて「白虹」や「虹蜺」等の通常は大気光学現象に結びつけられる用語も一部オーロラを示唆する例が中国正史の文献検討の結果明らかになった（Hayakawa et al. 2016a）。

また，観測史上最初で最大と言われる 1859 年の「キャリントン・イベント」時の東アジアでのオーロラ活動について，同時代史料を検討した結果，東アジアでも磁気緯度 23°程度までオーロラが観測されており，その結果は西半球の科学観測や磁力計の記録（Tsurutani et al. 2003）等と矛盾しないことが明らかになり，同時に当時の観測地の磁気緯度の情報から磁力計観測以前の磁気嵐についてもそのおおよその規模推定ができることが判明した（Hayakawa et al. 2016b）。

では，このようなオーロラの観測記録はどこまで遡り得るのだろうか。現状知られる史上最古の観測記録は『バビロン天文日誌』の紀元前 567 年の赤光（*akukūtu*）記事とされている（Stephenson et al. 2004）。本チームではこの『バビロン天文日誌』について，東京大学の三津間康幸氏の協力を仰ぎ，当該史料の全サーベイを行なった。この結果，紀元前 567 年の記事を含め 9 個の該当記事が発見され，その記述や月齢の検討から内 5 個が確度の高いものとされた。

加えて同じく三津間康幸氏の協力のもとヴァチカン図書館（*Bibliotheca Apostolica Vaticana*）所蔵のズークニン年代記（MS Vat.Sir.162）の自筆手稿本の検討も行った。検討の結果，当該手稿本には合計 10 個の天文図像が含まれ，いずれも当該手稿本の作成者自身に依って書き込まれたものであることが判明した。記述の分析からは特に 767～775 年の記事は著者自身の直接観測に依るものということが分かり，殊に 771/772 年，773 年のオーロラ図像は

従来観測記録として現存最古のオーロラ図像と考えられていたペーター・クロイツァーによる 1527 年の絵 (e.g. Eather 1980) からその年代を一挙に 7 世紀半近く遡らせたことを突き止めた (Hayakawa et al. 2017b)。

このような中低緯度オーロラの記録や肉眼黒点の調査において好適なのは中国と韓半島の正史である。正史の本紀 (韓半島なら世家), 天文志, 五行志等に含まれる天文記録は専門部署による連続観測を取り込んだものであり, 少なくとも同一史書内においては記録の採録基準がある程度類似していることが想定される。また, 各々の観測地点についても同時代史料にある程度の記述があり, その観測地は史料に特別記されない限り宮廷の近傍であったことが知られている。かつその記述は年月日から始まって黒点の場合は個数や大きさ, オーロラの場合は色, 方角, 形状, 動き等の情報があり, 同時代の他地域の文献に比べてかなり客観的なデータを得ることができる (Keimatsu 1970; Hayakawa et al. 2015)。

それ故, 先に宋史 (Hayakawa et al. 2015) に対して行なったオーロラ (氣, 雲, 光等) と黒点 (黒子, 黒氣) の調査を他の正史にも適用し, 太陽活動の長期トレンドとの比較も行なった。宋代に先立っては隋唐五代の正史のサーベイが行なわれた。当該記録の検討から黒点記録が 820 年代以降にまともな現れ, 577 年から 820 年代まで大きな空白を示すこと, オーロラ記録ではこれに加えて 760-770 年代にある程度の固まりが見えることが分かった。黒点記録の分布は TSI の指標と大まかに連動し, オーロラ記録も月齢との比較から大気光学現象による影響はさして多くないことが判明した (Tamazawa et al. 2017)。

宋代に続く, 元明の正史のサーベイでは 14 世紀後半と 17 世紀前半にオーロラ・黒点記録の盛り上がりが見られ, その分布は TSI のそれと近い傾向を示した。特に 17 世紀前半の黒点記録は西洋の黒点画像と時期的に被るもので, その相互比較が行なわれた。また, 氷縞コアの窒素酸化物濃度のデータ, 地方志や『清史稿』等の史料との比較から, 1618 年と 1638 年に大規模な磁気嵐が発生していた可能性が示唆された (Hayakawa et al. 2017c)。

近代に近い所で王朝中枢にて編纂された (そして正史になり損なった) のは『清史稿』である。当該史料のカバーする年代は黒点やオーロラの「近代」観測 (Hoyt & Schatten 1998a, 1998b, Fritz 1873) の範疇に収まる。そこで本研究 (Kawamura et al. 2016) では, 特にオーロラについて, 西洋との同時観測と月齢を検証する事で, 相当数の大気光学現象の混入とより確度の高いオーロラ候補の選抜方法を示す事が出来た。これら確度の高いオーロラ候補は黒点数の指標との比較から, 極大期付近に位置する物が多い事を確認した一方, 太陽活動が極端に低かったとされるマウンダー極小期にも数例ある事が示された。大気光学現象の顕著な影響については, この当時磁極が急速に北米側へ移動し, 東アジアの磁気緯度が下がってオーロラ観測が難しくなったことが挙げられよう。

このようなデータを利用した研究も行なわれた。隋唐五代のデータ (Tamazawa et al. 2017)

と宋代のデータ (Hayakawa et al. 2015) に依拠して、連続磁気嵐の発生の検討が行われ、炭素同位体比に基づく太陽活動の長期変動との比較が行なわれた。同一活動領域由来の磁気嵐が連続発生する事例は太陽活動の下降フェーズに多いことが分かった。なお、明月記に記録された 1204 年のオーロラ群が炭素同位体比の変動等で裏付けられたかのような報道がなされたが、実際には高解像度の炭素同位体比が調べられたのは 990 年代から 1150 年代頃にかけてで、1204 年の記録を裏付けるものではなく、話が一人歩きしてしまった観もある。研究者の広報の方法について考えさせられる一幕にもなった。

一方、この研究を誘引した 993/994 年の宇宙線イベント周辺 (990-995 年) の同時代史料の調査も行なった。この結果、992 年末に韓半島、アイルランド、現ドイツのザクセン地方にオーロラ観測記録が集中することが判明した。特にアイルランドとザクセンの記録は 992 年 12 月 26 日の同時観測であり、韓半島の記録もこの直後に続くものである。これらの記録が実際に年輪や氷縞コアに記録された 993/994 年の宇宙線イベントに結びつくかについてはなお慎重な議論を必要とするが、いずれにせよ 992 年末周辺で巨大な太陽フレアが繰り返り地球の磁気圏を直撃していたことの証拠となると考えられる (Hayakawa et al. 2017a)。今後の南半球を含めたより広範な年輪調査の結果を待ちたい。

以上、本稿では 2014 年にひっそり始まった歴史文献中の太陽活動の検討にまつわる研究が、7 月の天文月報特集号に至るまで、どのような軌跡をたどったか簡潔に紹介した。歴史文献に拠る太陽活動の検討は古くからなされつつも、近年の宇宙天気研究の進展、人文側の史料刊行やデータベースの整備、更には未公刊史料の公開促進等、今や再検討の機運が高まりつつあるといえよう。400 年もしくは 150 年程度のデータに基づく太陽活動の「常識」はより長期的なスパンで考えた時「常識」のままであり続けられるか、今一度検討が必要になりつつあるのかも知れない。

加えて、異分野間の共同研究では当然のことながら分野同士の「常識」が異分野では必ずしも「常識」ではないことがしばしば明らかになった。これは学問的内容から論文執筆の作法、更には共著者と謝辞の境界線に至るまで枚挙いとまがない。このこと自体が或いは研究対象になるかもしれず、実際その研究も始まりつつある。新たな知見でもって古来の「常識」に光を当てることは何も学問内容に留まらないのかもしれない。今後も本研究を学問として深め、自身の「常識」に新たな光を当てることを怠らぬよう心がけていく所存である。

謝辞

本論の執筆にあたっては京都大学宇宙総合学研究ユニット「宇宙学拠点」、生存圏研究所ミッション共同研究プロジェクト、「知の越境」融合チーム研究プログラム (SPIRITS 2017)、

総研大学融合共同研究事業, 科研費 JP15H05816, JP70183796, JP17J06954, JP16H03955, 及びに JSPS 特別研究員奨励費 JP17J06954 等の助成を受けた。またこれらの研究は各々の共同研究者なくしてはあり得なかった成果である。ここに記して謝辞に替えたい。

参考文献

- Eather R. H., 1980, *Majestic Lights: The Aurora in Science, History, and the Arts* (AGU: Washington D.C.)
- Fritz, H. 1873, *Verzeichniss Beobachteter Polarlichter*. C. Gerold's & Sohn, Wien.
- Hayakawa, H., Isobe, H., Kawamura, A.D., Tamazawa, H., Miyahara, H., Kataoka, R. 2016a, PASJ, 68, 33
- Hayakawa, H., Tamazawa, H., Kawamura, A.D., Isobe, H. 2015, EPS, 67, 82.
- Hayakawa, H., et al. 2016b, PASJ, 68, 99.
- Hayakawa, H., et al. 2016c, EPS, 68, 195
- Hayakawa, H., et al. 2017a, *Solar Physics*, 292, 1, 12.
- Hayakawa, H., et al. 2017b, PASJ, 69, 17.
- Hayakawa, H., et al. 2017c, PASJ, in press., doi: 10.1093/pasj/psx045
- Hoyt, D.V., & Schatten, K.H. 1998a, *Solar Physics*, 179, 189.
- Hoyt, D.V., & Schatten, K.H. 1998b, *Solar Physics*, 181, 491.
- Kataoka, R., et al. 2017, *Space Weather*, 15, 392.
- Kawamura, A.D., Hayakawa, H., Tamazawa, H., Miyahara, H., Isobe, H. 2016, PASJ, 68, 74.
- Keimatsu, M. 1976, *Annals of Science of Kanazawa University* 13, 1.
- Mekhaldi, F., et al. 2015, *Nature Communications*, 4, 8611.
- Miyake, F., Masuda, K., Nakamura, T.: 2013, *Nature communications*. 4, 1748
- Miyake, F., Nagaya, K., Masuda, K., Nakamura, T.: 2012, *Nature* 486, 240.
- Owens, B. 2013, *Nature*, 495, 7441, 300
- Solanki, S., Usoskin, I.G., Kromer, B., Schüssler, M., Beer, J. 2004, *Nature*, 431, 1084
- Steinhilber, F., Beer, J., Fröhlich, C. 2009, *GRL*, 36, L19704
- Stephenson, F.R., Willis, D.M., Hallinan, J. 2004, *A&G*, 45, 6: 6.15-6.17
- Tamazawa, H., Kawamura, A. D., Hayakawa, H., Tsukamoto, A., Isobe, H., Ebihara, Y. 2017, PASJ, 69, 22.
- Tsurutani, B.T., Gonzalez, W.D., Lakhina, G.S., Alex, S. 2003, *JGR*, 108, 1268.
- Vaquero, J.M., Vázquez, M., eds. 2009, *The Sun recorded through history* (Berlin: Springer).

磯部洋明 2017, 天文月報, 110, 7, 451.

玉澤春史他 2017, 天文月報, 110, 7, 464.

早川尚志・岩橋清美 2017, 天文月報, 110, 7, 455.

三津間康幸・早川尚志 2017, 天文月報, 110, 7, 472.