

日本でも見えた大オーロラ

古文書に残る「赤気」現象の解明

中沢 陽

日本の古文書に残された「赤気」の記録を整理、その中から16例の低緯度オーロラとしての確実性が高い史料を抽出し、最近の衛星及び地上観測による低緯度オーロラの物理的特性と比較検討した。その結果、詳細な記述が残されている1204年2月21日(元久元年正月十九日)、1770年9月17日(明和七年七月二十八日)の現象は、歴史上稀に見る大規模な低緯度オーロラの記録である確証を得た。

1 はじめに

日本のような磁気緯度¹の低い地域でも、太陽活動が活発な時期にしばしば比較的弱いオーロラが観測されている。最近では、激しい太陽活動に伴い2004年11月8日に北海道でオーロラが確認された²。また、まれには非常に強いオーロラが発生したことを暗示する古文書がある。たとえば、最古の記録は日本書紀に残されている。

これらは、低緯度磁気圏にこのオーロラを引き起こすメカニズムが存在することを示唆しており、最近の人工衛星や地上の高感度観測によって徐々に明らかにされつつある。

本研究では、オーロラに関する現代科学の成果に基づいて、日本の古い史書に残された「赤気」、すなわち低緯度オーロラの大規模な出現の記録について検証した。

このような歴史的時間におけるオーロラの出現と地磁気や太陽活動の関係を調べ、それによって得られた見解を、今後の太陽-地球環境の変動予測に役立たせることを目的とする。

2 本研究の概要

次の(1)~(4)の4点にまとめられる。

(1) 先ず、日本の古い天文史料を収集した文献1)~8)の調査により、古文書に残された「赤気」の記録を整理し、その中から12世紀から19世紀までのうちで、16例の低緯度オーロラとしての確実性が高い史料を抽出した。表1にまとめる。

(2) 次に、1957年(IGY:国際地球観測年)~2003年に至るまでの、主に北海道における観測結果(38例)をもとに、低緯

1160年 8月12日	夜	京都	赤気	北、北東	
1160年10月 8日	寅刻(4時)	京都	赤気	北、西	
1202年12月19日	戌刻(20時)	京都	赤気	---	
1204年 2月21日	戌刻(20時)	京都	赤気	北、北東	同日、中国に太陽黒点の記録がある。
1247年 8月10日	亥刻(22時)	京都	赤気	北	
1363年 7月30日	夜	京都	赤気	北、北東	同日、中国に極光の記録と思われるものがある。
1370年10月27日	戌刻(20時)	京都	赤気	北	同月、中国に太陽黒点の記録がある。
1370年11月25日	子丑寅刻(0~4時)	京都	赤気	北	同月、中国に太陽黒点の記録がある。
1371年10月	夜	京都	赤気	北	同月、中国に太陽黒点の記録がある。
1663年 3月 2日	-----	江戸近国	赤白気	----	同日、中国に極光の記録がある。
1672年 9月17日	-----	京都	天赤	----	同日付近に、中国に極光の記録がある。
1730年 2月15日	夜	加賀国(氷見)	紅気(海火事)	西北-東北	同日、中国や欧州にて低緯度地方で極光がみえた。太陽黒点極大:1727.5年
1770年 9月17日-18日	夜	諸国	赤気	北西-北東	日本各地で記録がある。「星解」に写生図あり。太陽黒点極大:1769年9月
1770年 9月25日	亥刻(22時)	京都	赤気	西	同月、中国にも極光記録が多数ある。
1781年 1月 6日	酉-戌刻(18-20時)	下總国	赤気	北、北西	太陽黒点極大:1778年5月
1869年 9月 2日	夜六ツ時-夜半(19-0時)	紀伊	赤気	北	同日、中国そしてキューバ、ジャマイカ、ハワイ等の低緯度の土地及び南半球でも極光が認められている。太陽黒点極大:1860年2月

表1:日本の古文書に残された「赤気」の記録から日本の古い天文史料を収集した文献1)~8)の中で、確度が「甲」と判断された記録、すなわち「確かに極光の記録と思はれるもの」および中国や他の地域にも極光などの記録が残されているもの(16例)を、明治前まで簡潔にまとめた。

度オーロラの発生メカニズムと、以下に示す物理的特性を明らかにした。(文献:10)~22))

〈出現の時期〉

- ① 太陽活動の極大期付近で発生する。
- ② 季節としては、早春と秋に多い。これは磁気嵐の季節的変動と一致する。

〈出現の状況(大規模な出現時)〉

- ③ 磁気嵐の最活発時(主相)に現れる。なお、磁気嵐の回

復相にかけて、SARアーク(Stable Auroral Red Arc)が確認されることがある。

- ④ 北の空を中心として、東西の広がり、大型の場合90°～120°にも達する。
- ⑤ 波長630nm(ナノメートル)の暗赤色の光が圧倒的に強く、形は不定形である。
- ⑥ 最盛時には、⑤の中に、黄色(白)っぽく見える線状構造(光の柱)が現れる。

(3)そしてこれらをもとに(1)の赤気史料を科学的に検証した。結論として、次の2つの史料は詳細な記述が残されており、それらを解明することで、低緯度オーロラとしての確証を得た。

- ・1204年2月21日(元久元年正月十九日)
- ・1770年9月17日(明和七年七月二十八日)

これらは、歴史上稀に見る大低緯度オーロラの記録である。

なお、日本は地磁氣的に低緯度オーロラ出現の南限界に近く、太陽活動に伴うオーロラの消長をとらえ得る重要な位置にある。そこで、日本からのオーロラの継続的な観測は重要である。

- (4)今後の課題として、磁気緯度の低い日本において、過去にこのような大規模なオーロラが出現したということは、将来的にもまた出現の可能性はきわめて高く、大気圏上層への高エネルギー粒子流入と、オーロラの出現に伴う誘導電流に対する対策が必要となる。また、このような低緯度オーロラを引き起こす内部磁気圏での物理過程を、人工衛星等によりさらに解明することが望まれる。

3「赤気」史料の検証と考察

概要の(3)を詳述する。

12世紀から19世紀にかけての太陽の活動状況、および地球の磁気変動について調べ(文献:23)、24)、25))、それらを考慮して表1の赤気史料の中から、

- (1)1204年2月21日(元久元年正月十九日)
- (2)1770年9月17日(明和七年七月二十八日)

の2つの記録を取り上げ検証する。理由は次の2点である。

双方とも、太陽活動の長期的周期における活動の極大期に当てはまり、磁北極の位置が、アジアの北東地域と、現在と同じ北米側にあった時期にそれぞれ属しているからである。またさらには、史料の記録者がはっきりし、時刻や様子、色の表現など詳細な記述があるものを選んだ。

(1)1204年2月21日(元久元年正月十九日)の赤気史料

- ・「新古今和歌集」の選者であり、おうし座超新星の古記録を記したことで有名な歌人、藤原定家(1162-1241)が、や

はり彼の漢文日記「明月記(めいげつき)」のなかで次のように書き残している。(定家は、当時のすばらしい天文記録者であった。)

「……燭をとりし以後、北ならびに丑寅(北東)の方に、赤気あり。その根は月の出づる方のごとし。色白く明し。その筋遙かに引き、焼亡遠光(遠い火事)のごとし。白き色四、五所、赤き筋三、四筋。雲にあらず、雲間の星宿にあらざるか。光いささか陰らざるうちかくのごとし。白光赤光相交う。奇にしてなお奇とすべし。恐るべし、恐るべし。」

「二十一日、……燭をとりし以後、北と丑寅の方にまた赤気あり。山を隔つる焼亡のごとし。重畳もつとも恐るべし。」

- ・また、「御室相承記」(鎌倉時代・京都)によれば、

「正月十九日、戌の刻、赤気白雲交う。戌の方(西北西)より寅の方(東北東)に至りこれを見る。二十日、同前。寅の方より子の方に至る。白雲これなし。二十一日、また同じ。考重云う、希代の変なり、うんぬん。」

とある。

この2つの史料の要点を整理すれば、

- ・時期は、磁気嵐が比較的起りやすい早春である。
- ・西北西～東北東という、北を中心におよそ120度の広がりがある。
- ・赤気のなかに白光がはっきりと見られる。白光は、いわゆる「光の柱」である。
- ・3日間連続で赤気が現れているが、特に2日目の赤気は「白雲これなし」という記述から、SARアークが肉眼で確認されるほどに大きく発達したのもと思われる。

光の柱の色彩に関しては、それが本来もっている青色と緑色の光と、背景の赤色の光とが混合したことによる。すなわち、光の三原色の関係より、赤+緑=黄色、赤+緑+青=白色となる。史書に記載された「白気」、「白雲」とは、これらの色彩のことと思われる。ここで、赤(630.0, 636.4nm)や緑(557.7nm)は酸素原子(O)の、青(391.4, 427.8nm)は窒素分子イオン(N₂⁺)の発光スペクトルであり、オーロラを代表する色である。特に、赤色(暗赤色)は低緯度オーロラの主役である。

京都の空から、光柱が見えるためには、緑の光(高度100～200km)を通して背後の赤い光(高度200～600km)を見ることが必要である。従ってオーロラそのものは、図1より推測して、京都の緯度から北へ少なくとも約10°～14°(cos-1(6378km/(6378km+100km or 200km)))の場所まで南下しなければなら

- 1 日本の磁気緯度:日本各地の磁気緯度を求めるには、その地点の緯度(地理緯度)からおおよそ10°を差し引く。
- 2 北海道での低緯度オーロラ観測(名古屋大学 太陽地球環境研究所)
http://stdb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/member/shiokawa/aurora_head.html

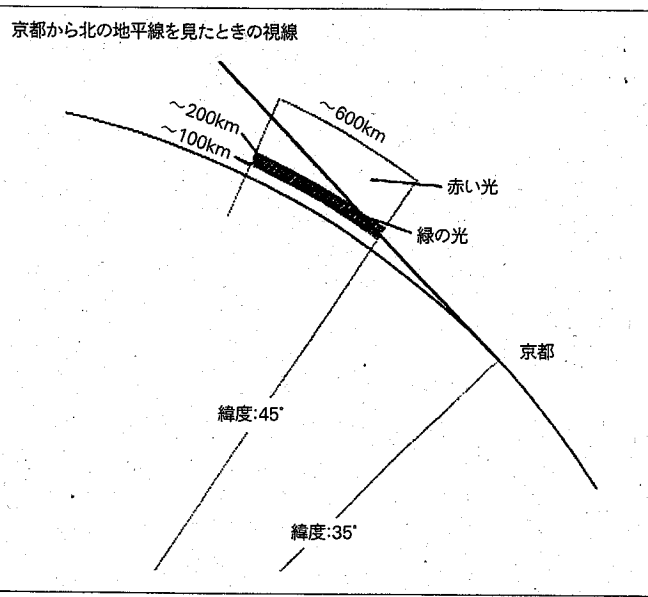


図1:低緯度オーロラと観測点(京都)の位置関係

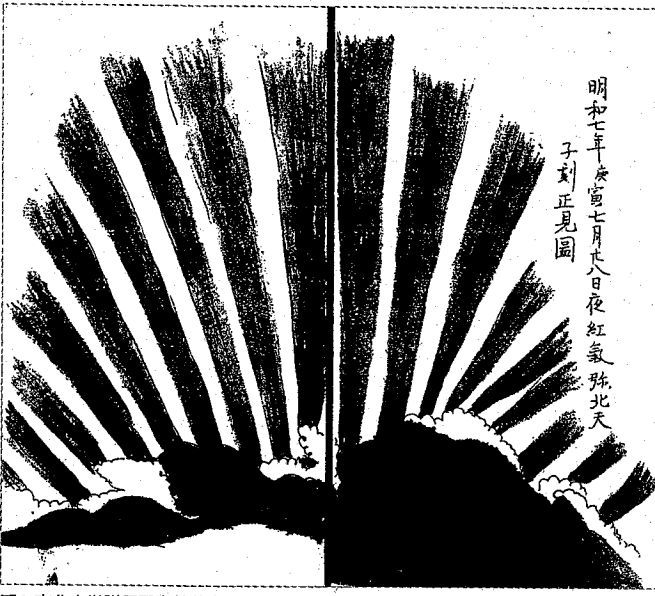


図2:東北大学附属図書館蔵書・狩野文庫「星解」から「明和七年七月二十八日夜紅氣弥北天子刻正見圖」(マイクロフィルムより複写)

い。即ち、それは樺太南部から北海道北部ということになる。
 以上の考察から、1204年2月21日(元久元年正月十九日)の赤気史料は、太陽活動が非常に活発であり、かつ磁北極が北東アジア寄りに傾いていた13世紀初頭に起きた、大低緯度オーロラの確かな記録であると考えられる。
 なお補足として、これらの記録から、当時(中世)の人々がその色合いや様相などから、赤気を不吉な前兆として恐れていたこともうかがえる。

(2) 1770年9月17日(明和七年七月二十八日)の赤気史料

近世の記録のなかでは特筆すべきものである。約40種の書物にその記録が残されており、北は北海道から、南は九州の肥前(佐賀・長崎)にまでわたって現れたのである。太陽活動はその前年の1769年9月に極大を迎えている。しかも季節は、磁気嵐が起きやすい秋である。

- ・東北大学附属図書館蔵書・狩野文庫「星解」(1858年)には、「明和七年七月二十八日夜紅氣弥北天子刻正見圖」という写生図[図2]があり、オーロラは朱色で放射状に描かれている。ここで、子(ね)の刻とは、現在の時刻で午前0時頃である。
- ・「続史愚抄」(1798年・京都)によれば、北西より北東の空に赤気が現れ、闇夜にもかかわらず人の顔が分かった。その色は火のようであり、午後10時頃には白い筋が数本(「白気数條」)北から南へ伸びていた。白い筋はすぐに消えたが、赤気は夜明けまで見えていた、とある。
- ・「越後年代記」(1866年・新潟県立図書館 所蔵)には、「北方赤きこと如火 其中に白蛇現 南北になびくこと五十余筋」と記されている。

このように、この史料は、強烈な印象をもって肉眼に見える暗赤色のなかに、その最盛期にははっきりした形で垂直な白っぽく見える縞模様(光の柱)が現れる、といった低緯度オーロラの特徴をよく表わしているといえる。特に「越後年代記」の記述は、「白蛇」や「南北になびく」といった極地オーロラを連想させる描写である。

さらに、この史料の興味深い点として、西から東へ動くような経度方向の変化をみることができる。たとえば、

- ・津軽編覧日記8巻(1793年・弘前市立図書館 所蔵)によれば、
 「……暮六ツ時(午後6時半)頃より、西より北の方へ一円に火の手の上り候様なる赤き雲出。夫より夜四ツ時(午後10時頃)過に成り、東の方へ廻り悉ク赤ク、北より南の方へ余光十三筋にて夜明方に消る。風ハ少も不吹、諸人怪申候。」(文献:9)

この経度方向の変化(動き)については、現代の観測結果においても何例か確認されている。(文献:18)これは、磁気嵐の時の磁気圏での擾乱が、経度方向に発達したことに関連しているものと思われる。

以上の考察から判断して、
 1770年9月17日(明和七年七月二十八日)の「赤気」現象は、明らかに低緯度オーロラであり、観測史上最大といわれる1958年2月11日のオーロラ³(文献:11)、(12)、(13))をしのぐ程、大型であったと考えられる。しかも、磁北極が現代と同じく北米側にあったことを考慮すれば、この時よほど大規模で活発な太陽活動が引き起こした現象であるとも想像できる。

4 結び

「温故知新(古きをたずねて新しきを知る)」という言葉が示すように、この研究は、昔の物事(現象)を研究し吟味して、そこから新たな見解や知識を得ようとしたものである。

日本書紀に残された最古の赤気の記録は次の二つとされる。

- ・ 620年12月30日(推古天皇二十八年十二月朔日)
 - ・ 682年9月18日(天武天皇十一年八月十一日)
- 特に天武天皇十一年の記録によれば、

「壬申(じんしん)に、物有り、形 灌頂幡(かんじょうばん)の如くして、火の色あり。空に浮かびて北に流る。国毎に皆見ゆ。或いは曰く、越の海(日本海)に入ると」

今のところ、これが低緯度オーロラであるという確証はないが、以前、東京国立博物館 法隆寺宝物館に展示された、仏堂内の荘厳具の一つである「灌頂幡」を見学した際に、これはやはりオーロラであろうという思いを強くした。そもそもそれが今回の研究の動機となった。その真偽についてもいずれ明らかにされるであろう。

今回の研究で、日本においても過去に想像を絶するような大オーロラが出現したという事が明らかになった。それは、ただ単に驚嘆するだけでなく、将来を予測する上でも重要である。「地球磁気圏」という最も身近な宇宙空間の、さらなる解明が望まれる。

[文 献]

- 1) 神田 茂 編 「日本天文史料」 1935 (復刻 1978 原書房)
- 2) 日本学士院 編 日本学術振興会刊 「明治前日本天文学史」 1960 (井上書店復刻)
- 3) 大崎 正次 編 「近世日本天文資料」 (原書房) 1994
- 4) 中央気象台・海洋気象台 編 「日本の気象資料 2、3」 1941 (復刻 1976 原書房)
- 5) 神田 茂 「本邦に於ける極光の記録」 天文月報 26巻 P204 1933
- 6) 竹内 時男 「本邦に於ける極光観察統計」 東京工業大学々報 7巻 P509 1938
- 7) 武者 金吉 「本邦極光資料」 天気と気候 6巻 P334 1939
- 8) 田口 龍男 「日本の歴史時代の気候について 調査四 極光資料」 1939 (日本の気象資料3に附記)
- 9) 小田桐 茂良 「青森県内の古文献にみられる天象」 青森県史研究 第4号 P102-112 2000
- 10) Cliver, E., Y. Kamide, and A. Ling, Mountains versus valleys: Semiannual variation of geomagnetic activity, *J. Geophys. Res.*, 105(A2), 2413-2424, 2000.
- 11) Furuhashi, M., Aurora and airglow observations on February 11, 1958, *Rep. Ionos. Res. Jpn.*, 12, 40-41, 1958.
- 12) Hikosaka, T., On the great enhancement of the line [OI] 6300 in the aurora at Niigata on February 11, 1958, *Rep. Ionos. Res. Jpn.*, 12, 469-471, 1958.

- 13) Kakioka Magnetic Observatory, Report of the auroras observed at Memambetsu through 1958 and 1960, Report of the geomagnetic and geoelectric observations, No.8, 109-130, 1967, 1969.
- 14) Miyaoka, H., T. Hirasawa, K. Yumoto, and Y. Tanaka, Low latitude aurorae on October 21, 1989. I, *Proc. of the Jpn. Acad.*, 66, 47-51, 1990.
- 15) Okada, T., H. Hayakawa, K. Tsuruda, A. Nishida, and A. Matsuoka, EXOS D Observations of Enhanced Electric Fields During the Giant Magnetic Storm in March 1989, *J. Geophys. Res.*, 98, 15,417-15,424, 1993.
- 16) Russel, C. T., and R. L. McPherron, Semiannual variation of geomagnetic activity, *J. Geophys. Res.*, 78, 92-108, 1973.
- 17) Saito, B., Y. Kiyama, and T. Takahasi, Spectral Characteristics of Low-Latitude Auroras Observed from Japan on February 11, 1958 and on May 10, 1992, *J. Geomag. Geoelectr.*, 46, 253-262, 1994.
- 18) Shiokawa, K., K. Yumoto, Y. Tanaka, T. Oguti, and Y. Kiyama, Low-latitude auroras observed at Moshiri and Rikubetsu ($L=1.6$) during magnetic storms on February 26, 27, 29, and May 10, 1992, *J. Geomag. Geoelectr.*, 46, 231-252, 1994.
- 19) Shiokawa, K., K. Yumoto, Y. Tanaka, Y. Kiyama, Y. Kamide, and M. Tokumaru, A low-latitude aurora observed at Rikubetsu ($L=1.6$) during the magnetic storm of September 13, 1993, *Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys.*, 8, 17-23, 1995.
- 20) Shiokawa, K., C.-I. Meng, G. D. Reeves, F. J. Rich, and K. Yumoto, A multievent study of broadband electrons observed by the DMSP satellites and their relation to red aurora observed at midlatitude stations, *J. Geophys. Res.*, 102, 14, 237-14, 253, 1997.
- 21) Shiokawa, K., R. R. Anderson, I. A. Daglis, W. J. Hughes, and J. R. Wygant, Simultaneous DMSP and CRRES observation of broadband electrons during a storm-time substorm on March 25, 1991, *Phys. Chem. Earth*, 24, 281-285, 1999.
- 22) Shiokawa, K., T. Ogawa, and Y. Kamide, Low-latitude auroras observed in Japan during the solar maximum period of 1999-2003, *J. Geophys. Res.*, (submitted), 2004.
- 23) Masuda, K., STEL-Newsletter, 21, 1-3, Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, 2000.
- 24) Oguti, T., The Auroral Zone in Historic Times -The Northern UK Was in the Auroral Zone 300 Years Ago, *J. Geomag. Geoelectr.*, 45, 231-242, 1993.
- 25) Stuiver, M., P. J. Reimer, and T. F. Braziunas, Decadal $\Delta^{14}C$ variation, *Radiocarbon*, 40, 1127, 1998.
- 26) 中沢 陽 「日本における低緯度オーロラの記録について」 天文月報 Vol.92 No.2 P94-101 (日本天文学会) 1999
<http://www.asj.or.jp/geppou/>
(日本天文学会 天文月報オンライン)
- 27) 中沢 陽 「オーロラについて」 物理教育 第48巻 第6号 P482-488 (日本物理教育学会) 2000
- 28) Nakazawa, Y., T. Okada, and K. Shiokawa, Understanding the "SEKKI" phenomena in Japanese historical literatures based on the modern science of low-latitude aurora, *Earth, Planets and Space*, 56, e41-e44, 2004.

3 1958年2月11日のオーロラは非常に大型で、北海道はもとより関東や中部地方(新潟・長野)でも“肉眼で”観測された。当時の新聞にも大きく取り上げられている。