



史料から探る宇宙



京都市立芸術大学准教授

磯部 洋明

1. 歴史資料と自然科学

近代科学が発達する前から、人々は空を見上げ、身の回りの自然を観察し、それらをさまざまな形で書き残してきました。人々が残してきた自然現象の記録は、現代の自然科学にとっても大変有用で、かつ他の手段では得られない情報を有しています。またこれらの情報は単に自然科学にとって有用であるだけでなく、人々の自然認識や科学的思考がどのように変化してきたかを物語ってくれます。本稿では、歴史史料を用いた宇宙研究、特に太陽活動と宇宙天気の研究を紹介しつつ、自然科学と歴史学という異分野が協力することの難しさと面白さについても述べたいと思います。

ところで、「最近」という言葉でどれくらい前のことを想定しますか？高校生の日常生活であれば、数日からせいぜい数ヶ月くらいでしょうか。高齢の人が「最近の若者は…」などというときは10年前くらいまで含んでいるかもしれません。このように時間の感覚は想定している状況や人によって違います。

科学にもさまざまな時間スケールが登場します。たとえば目下進行している地球温暖化であれば、人間の経済活動が活発になってきた数百年前から100年くらい先までを考えることが多いでしょう。数万年くらいの過去を見れば氷期と間氷期のサイクルが、もっと長いスケールを見れば地質時代の変化や生命の進化が見えてきます。生命や細胞の中で起きている現象に興味があれば数分や数秒という時間スケールを、化学反応や素粒子に興味があれば1秒よりも遥かに短い時間スケールを見ることになります。

人間の一生より短い時間スケールの現象は、直接観察したり、実験、つまり人工的にその現象を再現したりすることで調べることができます。近代科学の始ま

り以降であれば、複数の世代にわたって継続的に科学的なデータが蓄積されているケースもあります。一方、地球の変動や生命の進化のように、人類の歴史よりも長い時間スケール、たとえば数万年から数十億年の現象を調べるためには、地層や化石などの証拠から間接的に過去に何が起きたのかを推定する必要があります。

本稿で取り上げる歴史史料は、ちょうどこの中間程度、100年から数千年くらいの時間スケールで起きる現象についてのとても有益な情報源です。歴史史料をつかった自然科学研究でもっともよく知られているのは地震や津波などの災害の研究でしょう。たとえば近い将来に必ず来ると言われている南海トラフ地震が概ね100～150年周期で繰り返し発生してきたことは、地質的な証拠に加えて、日本列島に住む人々が書き残してきた記録がその重要な証拠になっています。他の面白い例では、古気候研究者の青野靖之さんによる1200年にわたる京都の気温の変化を復元した研究があります。桜が大好きな京都の公家たちは日記などに桜が満開になった、花見をしたなどと書き残しているのです。そこから桜の満開日がわかり、そして京都における冬から春にかけての気温の長期的な変動がわかるということです。現代人がSNSにアップしている日々の記録も、きちんと保存されていれば未来の研究者にとって有益なデータになるでしょう。

2. 宇宙の歴史を調べる

宇宙の現象の時間スケールといえば、とても長いイメージがあるでしょう。私たちが生きているこの宇宙が生まれたのは今から138億年前のことで、そこからこの宇宙がどのように進化してきたかということは天文学の中心的なテーマの一つです。過去におきた現象

を調べるにおいて、宇宙には他の分野には決してできない手法があります。それは、遠くを見ることで過去を調べるということです。光の速度は有限なので遠くの天体を出発した光が地球にいる観測者に届くまでには時間がかかるという事実は、多くの人が聞いたことがあると思います。このため、より遠くの天体を観測すれば、より古い時代の宇宙について知ることができるのです。天文学はこの手法により宇宙の進化の歴史を明らかにしてきました。

ただし、単に遠くを見るだけでは調べるのが難しいこともあります。たとえば太陽や太陽系内の惑星など、個別の天体に興味がある場合、遠くを見ることで過去を調べることはできません。重たい星が寿命を迎えたときに起きる超新星爆発や非常に高密度な天体である中性子星同士の合体など、宇宙の中で突発的に起きる現象も、遠くの宇宙を見ればその痕跡が残っていることはありますが、その現象が起きた瞬間のことを直接調べるには、宇宙のどこかでその現象が発生し、その情報が地球に到達するのを待つしかありません。

さて、宇宙研究にも歴史史料が役立つ場合があります。その好例が超新星爆発の研究です。私たちの太陽系がある銀河系にはおよそ2000億個の恒星があると推定されており、その中で超新星爆発はおよそ数十年から100年に1回程度発生します。太陽系から比較的近いところで起きた超新星爆発は夜空でも際立って目立つほど明るく輝くので、望遠鏡の発明以前におきた超新星爆発も世界中で記録が残っています。なかでも有名なのは鎌倉時代の公家である藤原定家の日記『明月記』で、そこには「客星」、すなわち夜空に突然新たに出現した星の記録が8例載っています。(ただし定家が実際に見たのではなく客星に興味をもった定家が陰陽師に過去の客星の記録を提出させたものです。)このうち1006年、1054年、1181年の客星は超新星爆発だったことがわかっています(それ以外は彗星など)。これらの超新星爆発の残骸は現代の望遠鏡で観測が可能です。明月記の記録からわかる正確な発生日や発生当時の大まかな明るさと現代の観測を比較することで、爆発に伴うエネルギーのメカニズムの推定が可能になります。現代の天文学者と陰陽師の1000年越しの共同研究だと思うとロマンを感じませんか。

3. 太陽活動と宇宙天気

いよいよ本稿のメインテーマに移りましょう。歴史史料を使った研究を紹介する前に、まずは太陽活動とオーロラについて現代の科学的理解を簡単に解説しておきます。

太陽を可視光で観測すると、黒点と呼ばれる小さな黒いシミのようなものが見えることがあります。太陽の表面温度は約6000℃ですが、黒点は約4000℃と温度が低いので周囲より暗く見えています。黒点の正体は強い磁場(磁界)が集中した領域です。太陽のガスは高温のため静電気を帯びたプラズマの状態になっており、このため磁場と相互作用(プラズマが磁場から力をうけ、プラズマの動きが電流と磁場を作ること)します。プラズマとの相互作用によって磁場のエネルギーがたまり、それがある時突発的に解放されるのが、太陽フレアと呼ばれる爆発現象です。

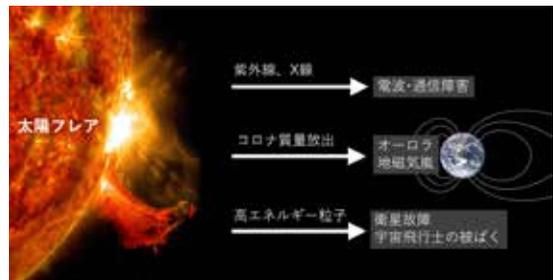


図1 太陽フレアの地球への影響

太陽フレアは地球と人間の活動にさまざまな影響を与えます(図1)。フレアが起きると、X線や紫外線などの電磁波や高エネルギー粒子が飛来し、通信障害、人工衛星の故障、宇宙飛行士の被ばくなどの被害が生じます。また、フレアに伴って宇宙空間に放出されたプラズマの塊(コロナ質量放出)が地球の磁気圏に衝突し、地磁気嵐が発生します。地磁気嵐とは地球がもともと持っている磁場が乱されることです。コイルの近くで磁石を動かすとコイルに電流が流れる「電磁誘導」という現象がありますが、これと同じ原理で磁場が乱れることにより地上の送電線網に大電流が流れ、変圧器の故障や停電などの被害がでることもあります。そして、地磁気嵐によって地球周辺の宇宙空間で高いエネルギーにまで加速された粒子が地球の高層大気に侵入し、高度100~500km程度で大気中の酸素原子や窒素分子に衝突して発光する現象がオーロラです。

このように太陽フレアに始まる一連の現象は人間の

活動にもさまざまな影響を与えます。太陽の活動に起因して宇宙空間の状態が変化することは「宇宙天気」と呼ばれ、地上の天気予報や防災と同じように、その予測と被害軽減のための研究が進められています。ここで注目して欲しいのは、太陽活動・宇宙天気現象から直接的な被害を受けるのは、人工衛星や宇宙飛行士、送電線網などの近代科学が発達してからできたインフラばかりだということです。つまり宇宙天気現象は極めて現代的な自然災害だということで、これが古くから人々を苦しめてきた地震や洪水などの自然災害と大きな違いです。

地震と太陽フレア・地磁気嵐・オーロラには類似点もあります。それは小さな現象は頻繁におき、大きな被害を起こすような巨大な現象は稀に起きるということです（専門的な言い方をすると、発生頻度がベキ分布という統計的性質を示します）。100年、1000年に一度起きるような地震や津波がどれほどの規模になるのかを知ることは防災の観点からとても重要で、そのために歴史史料を活用した研究が盛んに行われてきました。一方、太陽フレアや地磁気嵐を人類が認識したのはせいぜい150年ほど前のことであり、それより長い時間スケールでどれほど巨大な宇宙天気災害が生じうるのかについては、最近までよくわかっていませんでした。

4. 史料から見つけるオーロラ

2015年頃から日本の太陽・宇宙天気の研究者と歴史学者による共同研究が始まり、それをきっかけに歴史史料を用いた宇宙天気研究が世界的に盛んになっています。以下では筆者も関わったその研究の一端をご紹介します。

図2は国際宇宙ステーションから撮影されたオーロラです。オーロラは北極と南極近くにある磁極を囲む

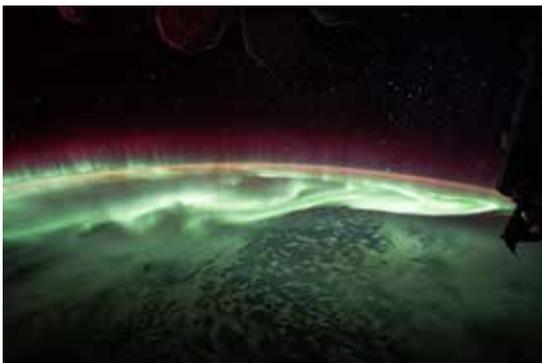


図2 国際宇宙ステーションから見たオーロラ (NASA)

ようなリング状に光ります。地磁気嵐が強くなるとオーロラのリングが大きくなり、より低緯度の地域で見られるようになります。つまり日本のような比較的緯度の低い場所でオーロラが観測されることは強い地磁気嵐が起きた直接的な証拠であり、強い地磁気嵐を起こすような強い太陽フレアが発生した間接的な証拠になります。また、オーロラは高度100～200kmでは緑色に、150～500kmくらいでは赤く光ります。このため低緯度で見えるオーロラは、高緯度側（日本でいえば北側）の空に見え、かつ低層部は地平線の下に隠れるため赤色だけが見えることが多いです。

オーロラがグローバルな現象であることは史料からオーロラの証拠を見つけるうえでとても重要です。昔の人はオーロラの正体を知りませんでしたので、「オーロラが出た」と史料に書いてあるわけではありません。漢字文化圏では「赤気」や「白気」という言葉で表現されることが一般的でしたが、「気」とはぼんやりと光っているようすを表す言葉であり、必ずしもオーロラを示すとは限らず、月暈や彩雲などの大気の散乱現象や彗星などを表していることもあります。ある史料の記録がオーロラであることを確かめるには、見えている方角や色、形状、継続時間などの記述がある場合はそれを吟味して低緯度オーロラの特徴と合致しているかを確認しますが、それに加えて、2つ以上の地点で独立した観測があることが重要です。日本と中国、東洋と西洋など、遠く離れた場所で同じ日に同じように夜空が光っていれば、大気の散乱や山の向こうの火事など局所的な現象ではなくグローバルな現象だということになり、オーロラである可能性が極めて高くなります。このため歴史史料を用いたオーロラ研究には、日本、中国、ヨーロッパなど世界各国の歴史を研究している歴史研究者との協力が重要になります。

5. 日本で見られたオーロラ

近代以前に日本で見られたオーロラのうち、もっとも多く史料が残っているのが、明和七年（1770年）のオーロラです。図3は高力種信（猿猴庵）という尾張（現在の愛知県）の藩士が描いたオーロラです。北の空が赤く染まり、白い縦の筋が見えていることがわかります。この日のオーロラの日撃記録は日本国内で70点以上の史料が見つまっている他、中国、そして南半球を航行していたイギリスの探検家、ジェーム



図3 高力種信『猿猴庵随観図繪』に描かれたオーロラ
(国立国会図書館所蔵) ※小社 HP でカラー版公開

ズ・クック（通称キャプテン・クック）の航海日誌からも記録が見つかっています。

明和七年のこのオーロラは非常に明るかったようで、「雖闇夜分人面（夜にもかかわらず人の顔がわかる）」（『続史愚抄』）とか「赤キ事草木迄赤見得候（その赤さは草木まで赤く見えるほどだった）」（『工藤家年代記』）といった記述が残されています。最近でも10年に1回から数回程度、太陽活動が活発な時期には北海道などでオーロラが見えてニュースになることがありますが、尾張や京都のような低緯度でここまで明るく見えた例は近代以降にはありません。九州南部やインドネシア付近を航海していたキャプテン・クックの船などの記録から、低緯度への広がりという意味でも少なくとも過去数百年では最も強い地磁気嵐の一つであったことがわかっています。

これまでの日本史料の研究から、およそ100年に1回くらいは近畿や関東などでも肉眼で見えるオーロラが出ていたようです。超新星爆発の記録があった明月記や日本書紀にもオーロラの記録があります。

6. 歴史研究としての面白さ

図3には、オーロラの様子だけではなく、天に祈るような格好をしている僧侶や、空から火が降ってくると思ったのか屋根に水をかけている人など、人々の様子が生き生きと描かれています。このような史料からは、オーロラの規模や発生頻度などの自然科学的な知見だけではなく、初めてみる天変地異に人々がどのように対応し、それをどのように書き残したのかなど、歴史学の観

点からも興味深い情報を得ることができます。

日本書紀や明月記の時代、文字を使って何かを書き残すことができたのは、貴族や寺社などごく限られた特権階級だけでした。しかし江戸時代になって庶民が力をつけてくると、より多様な人が文字を使ってさまざまなことを書き残すようになってきます。かつての日本の特権階級にとって、教養とは中国の古典（漢籍）の知識のことでした。そのような人たちは、オーロラのような見慣れない現象に出会ったとき、漢籍を参照して「これはこの文献に赤気と書かれている現象だろう」などと解釈していました。しかし、江戸時代中期の明和七年には下級武士や町人も文字を書くようになっていきます。文字は書けるけど必ずしも漢籍の教養がない人々は、「赤気」以外のさまざまな語彙でオーロラを表現し、その正体について考えを巡らせるようになりました。つまり、オーロラという稀な現象を誰がどのように書き残してきたかを1000年以上にわたって追跡することで、人々の自然認識や知のあり方の変遷を追うことができるのです。これが史料を用いたオーロラ研究の、歴史学研究としての側面です。

近年、多くの史料がデジタル化され、くずし字の文章をAIで読む技術の開発も進んでいます。史料を使った自然科学研究のハードルは下がってきていると言えるでしょう。しかし歴史史料をデータとして用いるには、単に文字が読めればいいわけではありません。そこに書かれていることは実際の自然現象を正しく記録したものなのか、何かを書き写したり誇張したりしたものではないか、日付や場所などの情報は本当に正しいかなど、データとしての信頼性を吟味するためには、歴史学の訓練を受けた研究者が史料の真偽や信頼性を吟味する「史料批判」という作業が欠かせません。

一方、史料の中に書かれている現象が本当にオーロラなのか、歴史学者には判断が難しいでしょう。京都や愛知で人の顔がわかるほどの明るいオーロラが出ることが科学的にあり得ることを知らなければ、明和七年のオーロラの記述もあまり真剣には受け取られなかったかもしれません。ここではより正確に史料を読み込むために自然科学の知見が必要になります。

筆者は自然科学者ですが、史料を用いた宇宙研究に携わって何よりも面白かったのは、「歴史学者が何を面白いと思うのか」を共有できたことでした。異分野の知に触れることの楽しさを少しでも感じて頂けたなら幸いです。