

「テクノ未来塾」

第154回 「ニューテクノ・フォーラム」

■我々はなぜ生まれたのか？ 我々はどこに行くのか？  
—最新太陽・恒星研究が明らかにした驚くべき仮説—

(13:30~15:20)

講 師 柴田 一成氏

- 日 時 2014年6月14日(土) 13:30~17:00  
(13:00開場)
- 会 場 京都市国際交流会館 1階 第2会議室

主 催 特定非営利活動法人「テクノ未来塾」

# 天文学と人間

柴田一成 Kazunari SHIBATA

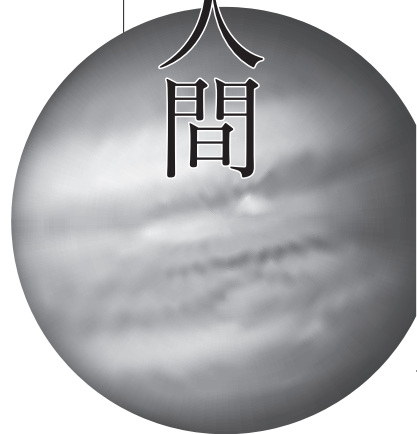
(京都市立大学理学部物理学研究科)

## はじめに

「自分はなぜ生まれたのだろうか？」これは私がある心ついていたところから、抱いてきた疑問である。

私が宇宙を研究するようになった理由は、この疑問の答えを知りたかったから、ということにつきる。自分がなぜ生まれたか、ということをかきかき。自分がなげ生まれか、ということをかきかき。自分がなげ生まれか、というところをさかしていき、生命の進化、地球の形成、太陽系の起源……と、結局は、宇宙に行きつくからだ。天文学者となって世界の仲間とつきあうと、彼らもやはり同じ興味をもっていることがわかる。天文学の望遠鏡計画の目的には、「我々の起源」を解明することをあげられることが多い。納税者である市民もまた、天文学に期待するところは、同じなのだろう。

というわけで、「天文学が人間をどうとらえているか？」という問いに対する私の答えは簡単である。我々は単純に宇宙の申し子、宇宙の進化の帰結であるので、その宇宙の進化を解明することこそが、我々の存在の謎を解明し、不安を解消し



てくれる、というものだ。それどころか、宇宙をよく見れば、我々の未来も見えるかもしれない。人類文明の行く末に関する多くのヒントが見つかるかもしれない。いや、太陽や宇宙を解明することなしに、我々が生きのびる道は見つからないのではないか、とさえ思う。

本稿では、太陽と関連する宇宙の現象の研究最新線を紹介することにより、以上の疑問がどこまで解明されたのか、私なりの答えを紹介しよう。

## 最新観測が明らかにした太陽の正体

太陽は身近な存在である。毎日太陽を見ていると、太陽に謎があるなど、思いもよらなくなる。大学に入りたての私もそうだった。太陽とは何てつまらない天体だろう？ と思っていた。

ところが、太陽のことを詳しく知るにつれ、その認識は一変した。太陽は爆発だらけの謎にみちた天体だったのだ。

写真1に、わが国が打ち上げた「ようこう」衛星がとらえた素晴らしいX線写真をお見せしよう。

X線とはレントゲン写真を撮るときX線である。太陽は我々にとってきわめて危険な放射線であるX線を大量に放出しているのである。幸い我々は地球の厚い大気で守られているので、このX線を被ばくすることは少ない。しかし、宇宙飛行士は大気の外にいるので、常にX線被ばくのおそれがあるのだ。

さてX線を放出しているのは、皆既日食のときに見えるコロナである。なぜコロナはX線を放出しているのか？ 実はコロナは100万度もの超高温状態にある。そのため強いX線を放射している。では、なぜコロナは100万度もの超高温に加熱されているのか？ このコロナ加熱の謎は、まだ解明されていない。

写真1のX線写真は動画で10年分撮られており、それを見るとコロナのあちこちでフレア(太陽面爆発)が起きていることがわかる。このような動画から、コロナは爆発だらけであることが判明した。我々はこんな危険な星の周りに住んでいるのである。

写真2は、京都市立大学飛騨天文台にある太陽望遠鏡で撮影された昨年9月の大フレア(光っているところ)の貴重な写真である。このとき、強い放射線(X線や高エネルギー陽子)が人工衛星で観測された。図の中の黒いところは、黒点である。黒点の正体は強い磁場であり、その磁場に蓄えられたエネルギーのために、フレアが起くる。ただし、フレアの発生予測が正確にできるほどには、メカ

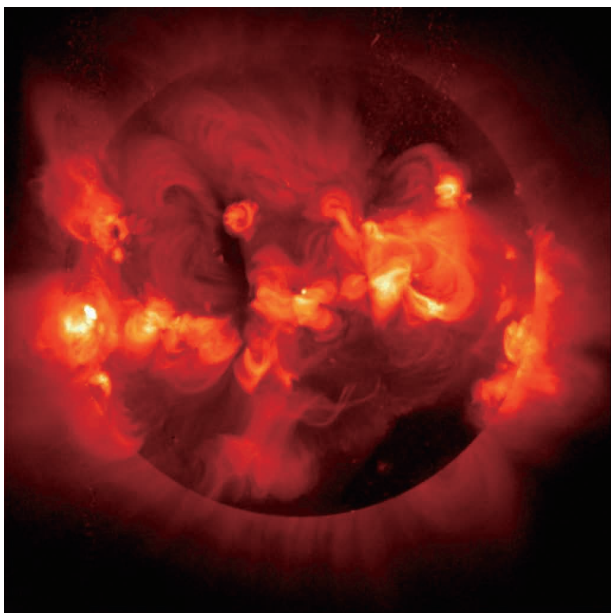


写真1 太陽コロナのX線像 (1992年2月1日)

ようこう衛星軟X線望遠鏡 (SXT) による。Sky & Telescope 誌 (2000年1月号) の“20世紀で最も印象に残った天体写真ベスト10”に選ばれたもの。(ISAS/JAXA)

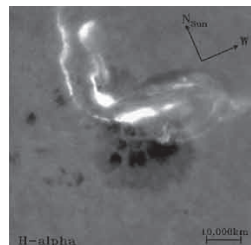
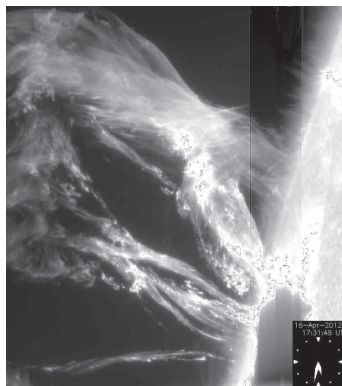


写真2 2011年9月7日7時18分29秒 (日本時間) に観測された太陽の大フレアのH $\alpha$ 単色像 (京都大学飛騨天文台で撮影)

写真3 フレアから噴出した大量のプラズマ (プロミネンス噴出と呼ばれる)

2012年4月16日。「ひので」衛星搭載の可視光磁場望遠鏡 (カルシウムフィルター) による。(JAXA/ISAS、国立天文台 (写真提供: 岡本文典))

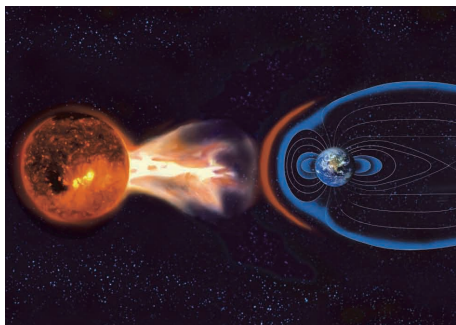


図1 太陽風の想像図

太陽風とは、太陽フレアやコロナ質量放出 (太陽から噴出したプラズマの塊) にともなう太陽地球間空間の環境変動のこと。図には描いていないが、大量の放射線 (X線、ガンマ線、高エネルギープロトン、中性子など) もフレアから放出され、宇宙飛行士や航空機乗員は被ばくの危険にさらされる。(京都大学花山天文台で作成)

### 太陽活動の地球や生命への影響

磁気嵐が起きると、北極の夜空には、美しいオーロラが乱舞する。このときオーロラが光る超高度大気中には大電流が流れる。これが地上に磁場の変動を引き起こし、電磁誘導の法則によって地上の電線に大電流を誘起し、変電所の変圧器をこわしたりするのである。そのために電気が送れなくなって町全体が停電になったりする。

1989年3月に起きた大フレアにともなう磁気嵐は巨大なもので、カナダのケベック州で大停電を引き起こした。このとき600万人が9時間電気が使えない状態になったという。実は原発も電気が止まり、一時危険な状況にあったらしいが、幸い事なきを得た。そのほかにも通信障害など軽微な被害もあり、カナダ・米国の被害額は総額数

ニズムは解明されていない。

写真3は最近「ひので」衛星が撮影に成功した、プロミネンス噴出の素晴らしい可視光写真である。大フレアが起こると、このようなプロミネンス噴出が起こり、それがコロナ質量放出と呼ばれるコロナの大規模プラズマ噴出を引き起こし、ついに

は地球まで飛んできて衝突することがある (図1)。そうすると後述するように、地球磁気圏は磁気嵐となりさまざまな被害が発生するのだ。

現代文明が発展すればするほど、以上のような太陽嵐 (図1) の影響に対して文明社会は脆弱になりつつあると言える。被害を最小限に防ぐためには、太陽嵐や磁気嵐を事前に予測することが必要である。何と云っても、宇宙飛行士の放射線被ばく事故だけは絶対防がなければならぬ。

このような予測のことを、地上の天気予報になぞらえて、宇宙天気予報と呼んでいる。宇宙天気予報は、現在の全世界の緊急の課題である。

# 太陽の変動がもたらす人類への影響や、地球規模での災害の可能性を、継続的な観測で予測する

100億円にも達したという

磁気嵐が起きると実は生物にも影響がある。よく知られた例は、伝書鳩への被害である。伝書鳩は地磁気の方向を感知して正しい方向を知る。ところが、磁気嵐が起きると地磁気の方向が揺れるので、正しい方向がわからなくなり、戻って来られなくなるらしい。全米の伝書鳩協会はフレアが起きていないかどうかチェックしてから伝書鳩を利用するようにしているという。

伝書鳩にも影響があるなら、人間にも影響あるかもしれない。驚くべきことにそのような研究も始まっている。数年前の宇宙天気に関する国際会議では、「フレアが起きると交通事故が増える」、「地磁気変動が大きくなると血圧の変動が大きくなる」という研究発表を聞いて大いに驚いた。日本でもそのような研究は始まっており、京大医学部のある研究室では「磁気嵐と自殺の関係」という課題を研究しているという。

## 太陽型星のスーパーフレアの発見

以上のようなことから、地球上の生命も、宇宙と決して無縁ではないことがわかる。宇宙飛行士や航空機乗員の太陽フレア放射線による被ばくのおそれは現代の緊急課題であるが、スーパーフレア

アが起きたら、地上にいても被ばくするかもしれない。最初は冗談で「恐竜の絶滅はスーパーフレアが原因ということもあるかもしれないね」と、地質学者の人に話したら、真顔で「そうですね、スーパーフレアが生命大絶滅の原因になりうるなら、それは大変良い」と言われて驚いたことがある。恐竜絶滅は巨大隕石の衝突の証拠があるが、それ以前の生命大絶滅（最近5億年間に4回）は原因が不明なのだそうだ。

したがって、4回の生命大絶滅がスーパーフレアで説明がつくなら、それはすばらしい、このこと。そこでスーパーフレアが起る可能性を真剣に研究し始めたのである。

まず手始めに太陽フレアはどれくらいの頻度で巨大なフレアを起しているかという統計を調べた。そして、大体、エネルギーが10倍になると、発生頻度が10分の1になることがわかった。興味深いことに、この法則は、地震の発生頻度に関する統計と似ている。

10年に1回の大フレアが起きた時に、宇宙飛行士が船外活動していたら、4シーベルトの放射線を浴びるといふ。これは致死量の放射線だ。地上は厚い大気に守られているので、これくらいのフレアでは地上の我々は大丈夫だが、10万年に1回

のスーパーフレアが起きたら、地上でも健康に影響する放射線がやってくるかもしれない。

しかし、太陽は誕生以来46億年も経っていて、活動はかなり弱くなっており、スーパーフレアが起ることはないだろうと、数年前までは考えていた。太陽型星は年齢とともに自転速度が遅くなり、フレア活動も弱くなることが知られているからだ。

ところが最近、驚くべき発見があった。太陽と同じくらいの自転速度の太陽型星でスーパーフレアが大量に発見されたのだ。発見したのは、私の所属する京大花山天文台の若者たち（前原ら、2012）。太陽系外惑星探査衛星「ケプラー」が観測した8万個の太陽型星の光度変化を詳しく調

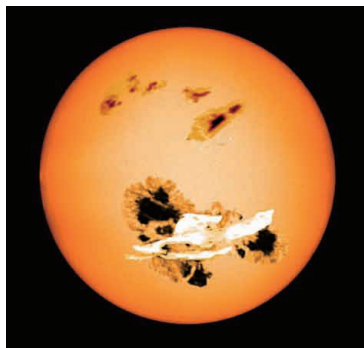


図2 スーパーフレアの想像図  
可視光で見たとして作成。（京大花山天文台で作成）



ることにより、最大級の太陽フレアの100倍  
〜1000倍のスーパーフレアが148の星で3  
65回起きているのを発見した。

発生頻度の統計は太陽フレアの統計とよく似て  
おり、最大級の太陽フレアの100倍〜1000  
倍のスーパーフレアは、800年〜5000年に  
1回の頻度で発生することがわかった。この頻度  
は、昨年の東日本大震災の大地震の頻度（100  
0年に1回）と同程度である。

1000倍程度のスーパーフレアが起きると、  
航空機乗員は致死量の放射線を浴びる可能性があ  
るし、地球規模の停電や通信障害、社会インフ  
ラの故障・停止のおそれがあるので、ことは重大  
である。そのことを国際誌Natureに投稿した論  
文中に書いたら、レフェリーも編集者も「そんな  
社会不安を煽るおそろしい文章を書いてはいけな  
い。この発見はあくまで太陽型星のスーパーフレ  
アの話である。太陽でスーパーフレアが起きる可  
能性はあるにすぎない」と、太陽でスーパーフレ  
アが起こる可能性の文章はすべて削除するよう要  
求された。

我々自身が「太陽でスーパーフレアが起りそ  
うにない」と信じているなら、問題はないのだが、  
事実とは逆であり、予想に反して「太陽でスーパー  
フレアが起こる可能性は否定できなくなった」と  
いうのが真相なのだ。しかも、東日本大震災を経  
験した我々としては1000年に1度のこととい  
えども、可能性があることは、社会に発信する責

任があると考える。

Nature論文は出版されないことには、議論が  
始まらないので、編集部をのまざるを得な  
かったが、その後の記者発表や国際会議発表では  
正直に思うところを述べている。すなわち、「現  
在の太陽で最大級のフレアの1000倍程度の  
スーパーフレアが起きる可能性は否定できない。  
その頻度は5000年に1回程度である」（図2に  
スーパーフレアの想像図を示す）。

### 未来へ向けて…京大岡山3.8m望遠鏡計画<sup>②</sup>

冒頭で、「我々なぜ生まれたのか」という答  
えに天文学は答えを教えてくれる、と書いた。私  
が最近自分自身の研究で得た答えは、「太陽の恵  
みはもちろん必要だったが、それだけでなく、太  
陽は度重なる大爆発（スーパーフレア）により地  
球生命に試練を与え、それを糧として進化するこ  
とに成功した」というものである。これはまだ仮  
説に過ぎないが、今後、詳しく研究していきたい  
と思っている。

一方で、過去にあったことは未来にもあるかも  
しれない。遠方の太陽型星で起きていることはわ  
が太陽でも起きるかもしれない。宇宙を詳しく調  
べることにより、我々の文明の未来の大災害に備  
えることができる。

すでに我々は宇宙開発を始め、放射線だらけの  
危険きわまりない宇宙空間に宇宙飛行士を送り込  
んでいる。彼らの生命を守り、一般市民が安心し

て宇宙に進出できるようにするためにも、宇宙の  
研究、太陽の研究は不可欠である。

最後に夢のある話を一つ。京大、名大、国立天  
文台と民間企業（藤原洋氏率いるナノオプトニクス・  
エナジー研究所）は、純国産の新技术により3.8m光  
赤外線望遠鏡を開発しつつある。民間の大型支援  
（6億円以上）で口径3m以上の望遠鏡を作るのは  
日本で初めてであるし、鏡を研削加工により作る  
のも初めて、分割鏡方式も初めて、しかもこれらは  
未来の30m望遠鏡建設のための基礎技術となる、  
という夢のある話である。30m望遠鏡の目的は地  
球外生命探査。3.8m望遠鏡はその先駆けであると  
同時に、宇宙の爆発現象専用望遠鏡と言えるので、  
太陽型星のスーパーフレアの研究には最適の望遠  
鏡と言える。2015年に完成し、日本で最も天  
気の良い岡山に設置予定であるが、まだ予算が足  
りない。ぜひ皆様のご支援をお願いしたい。

#### 参考文献

柴田一成、2010年『太陽の科学』NHK出版。  
前原裕之ら、2012年 Maehara, H. et al.: Nature, vol.485,  
p.478

#### 注

- ① 太陽コロナのX線動画については、以下のサイトを参照。  
[http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/~shibata/movie/Lsxt\\_920217\\_920227\\_bmppeg](http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/~shibata/movie/Lsxt_920217_920227_bmppeg)
- ② 3.8m望遠鏡計画については、以下のサイトを参照。  
<http://www.kusastrol.kyoto-u.ac.jp/psmt/>

氏名 柴田一成（しばたかずなり）  
現職 京都大学理学研究科附属天文台 教授、台長  
京都大学宇宙総合学研究ユニット 副ユニット長

#### 略歴

生年月日 昭和 29 年 12 月 24 日 大阪府箕面市生  
昭和 4 8 年 3 月 大阪府立豊中高校卒業  
昭和 5 2 年 3 月 京都大学理学部卒業  
昭和 5 6 年 3 月 京都大学大学院理学研究科博士後期課程  
宇宙物理学専攻 中退  
昭和 5 6 年 4 月 愛知教育大学教育学部・助手  
昭和 6 1 年 2 月 同 助教授  
(昭和 6 2 年 8 月 1 日  
—昭和 6 3 年 8 月 3 1 日 テキサス大学核融合研究所・客員研究員)  
平成 3 年 1 0 月 1 日 国立天文台太陽物理学研究系・助教授  
(平成 6 年 4 月 ~平成 1 1 年 3 月 3 1 日  
東京大学大学院理学系研究科・助教授 (併任))  
平成 1 1 年 4 月 京都大学大学院理学研究科・附属天文台・教授  
平成 1 6 年 4 月 同 附属天文台長 (併任、現在に至る)  
平成 2 1 年 4 月~平成 23 年 3 月 京都大学宇宙総合学研究ユニット・  
ユニット長 (併任)  
平成 23 年 4 月~ 同 副ユニット長 (併任、現在に至る)

学位 昭和 5 8 年 7 月 京都大学理学博士 (論文博士)

受賞 平成 1 3 年度 日本天文学会 林忠四郎賞  
「宇宙ジェット・フレアにおける基礎的電磁流体機構の解明」  
平成 2 1 年度 文部科学省 科学技術政策研究所  
「ナイスステップな研究者」に選ばれる。受賞理由は  
「宇宙天気予報の基礎研究としての太陽活動現象の究明に貢献」  
平成 2 2 年度 講談社科学出版賞 (「太陽の科学」(NHK 出版) に対して)  
平成 2 4 年度 文部科学大臣表彰科学技術賞：理解増進部門  
「大学天文台での宇宙体感イベントによる最先端科学の普及啓発」

## 研究の紹介

太陽および宇宙におけるさまざまな爆発現象や活動現象のしくみを、電磁流体力学を用いて統一的に解明する研究に取り組む。太陽面爆発（フレア）、銀河中心の超巨大ブラックホールの近くから噴出するジェット、さらには宇宙最大の爆発現象「ガンマ線バースト」の謎にせまる。近年は太陽フレアの研究から、その地球への影響、宇宙天気予報の基礎研究へと発展し、ついに太陽型星のスーパーフレアの発見という驚くべき研究にたどりつく。近年は、我々はなぜ宇宙に生まれたのか、我々はどこに行こうとしているのか、太陽と宇宙の研究から解明しようとしている。

## 主な著書

- 太陽の科学（NHKブックス）（柴田）2010 （講談社科学出版賞受賞）
- 太陽活動 1992-2003（京大出版会）（柴田、北井、門田 他著）2011
- 総説宇宙天気（京大出版会）（柴田、上出 共編）2011
- 最新画像で見る太陽（ナノプトックス・エッジ出版）（柴田、大山、浅井、磯部 共著）2011
- 太陽大異変（朝日新聞出版）（柴田）2013