

特集 宇宙探究の最前線

太陽研究の現状と将来

—「ようこう」が発見した「変動するコロナ」と今後のスペース太陽観測—

柴田一成

(国立天文台)

1.はじめに

「太陽とはこんなにおもしろい天体だったのか！」

「へーっ(絶句), 太陽ってすごいよね……。」

「太陽はこんなに激しく変動しているの!？」

「太陽って爆発だらけじゃない, どうしよう。」

「太陽の研究がしたくなった。」

etc. etc.

これらは, 太陽観測衛星「ようこう」が撮影した太陽コロナのビデオムービーを初めて見た人

がもらした感想を, 書き並べたものである。(ちなみに発言者は, 私, 家内の母, 理論天体物理学が専門の友人, 家内, 銀河観測が専門の天文学者. なんとといっても家内の母に「太陽のすごさ」が理解してもらえたのがすごい.)

ここでムービーをお見せできないのが残念であるが, 「ようこう」のムービーが人々にいかに大きなインパクトを与えたか, おわかりいただけたと思う。(図1の「ようこう」の撮影したコロナの軟X線像を参照のこと.)

「ようこう」とは, 1991年8月末に宇宙科学研究所内之浦基地より打ち上げられた太陽X線観測衛星Solar Aのことである。「ようこう」(YOHKOH)という名は一般公募で集まった多くの名前の中から選ばれ, 打ち上げ後に正式名となった。漢字では「陽光」と書く。ただし学者仲間の間ではひらがなで書くことのほうが多い。

「ようこう」プロジェクトは日米英の国際共同研究プロジェクトであり, そのプロジェクト・リーダーは宇宙科学研究所の小川原嘉明教授である。

「ようこう」は, 太陽研究の長い歴史の中で, ひょっとしたら最大とも言える変革をもたらしつつある。太陽研究をすっかり一新してしまった, とも言えるかもしれない。本稿では, 太陽研究の現状紹介として, 「ようこう」は何を発見したのか, なぜ太陽研究を一新したのか, などについて, やや詳しく



図1 「ようこう」軟X線望遠鏡(SXT)で撮影されたコロナ(1991年11月12日). 軟X線像は1~50 Åの波長域で撮影されており, 数百万度のプラズマの分布を示している. 明るいところは高温または高密度の場所に対応する. 筋模様はすべて磁力線を表わしていると言ってよい.

解説し、さらに「ようこう」以後の太陽研究はどうなっていくのかという点について、私見を述べてみたい。(なお太陽研究のすべての分野を網羅したわけではないことを、あらかじめお断りしておきたい。)

2. 太陽の古典的2大難問：

フレアと彩層・コロナの加熱

「ようこう」が何を発見したのか詳しく述べる前に、「ようこう」以前の太陽の謎は何であったか、簡単にまとめておこう。

太陽は毎日変わりなく輝いているように見える。しかしほんとうにそうだろうか？ 太陽を望遠鏡で拡大して見てみると、表面に黒い点々が見える。これはガリレイが300年以上前に発見した黒点である。(実は何千年もの昔から中国人は肉眼で黒点を発見していた。太陽を意味する「日」という漢字は☉という象形文字から進化したことが知られているが、真ん中の点は黒点を表わしている。)

黒点は太陽全体の大きさに比べると非常に小さいので、黒点があろうがなかろうが、太陽全体にもわれわれにもあまり影響がないように見える。しかし、実はそうではない。

黒点がたくさん出ると、太陽面ではしばしばフレアと呼ばれる爆発が発生する。フレアが起こると彩層やコロナなどの太陽大気の上層部は激しく加熱され(最高4000万度)、X線やガンマ線などとともに大量の高エネルギー粒子放射線(太陽宇宙線)が地球にふりそそぐようになる。さいわい地球は磁気圏と厚い大気をもっているため、われわれはフレアからの放射線に直接身体をさらすことはない。しかしスペースシャトルなどの宇宙船の中では事情は一変する。最高エネルギーの粒子線ならば宇宙船の薄い壁など容易に貫通してくるからだ。宇宙飛行士はフレアからの放射線をもろにあびることになる。これは文字通り“ヒバク(被爆)”である。最大級のフレアに遭遇すると生命も非常に危険になるといえる。

特別大きいフレアからは惑星間空間へ向けて何十億トンものプラズマが毎秒数百～数千km

のスピードで噴出される。それにとまって強い衝撃波も発生する。これらが地球に衝突すると地球磁気圏はたいへんな騒ぎになり、オーロラが発生することになる。最大級のフレアのエネルギー(10²²エルグほど)は10メガトンの水爆1億個を同時に爆発させたときに発生するエネルギーに匹敵するほどのすごいものである。

そのフレアの発生機構がまだ未解決なのである。ただし、手がかりがまったくないわけではない。フレアは上述のように黒点の近くで発生することが多い。一方、黒点は一種の巨大な磁石であることがわかっている。(ここで磁石というのは比喩的な表現で、石のような固体は太陽にはない。ここでは磁石=磁場という意味に使っている。)すると、フレアは黒点近傍に蓄えられた磁場のエネルギーで発生したのではないか、という仮説がすぐに思い浮かぶ。この仮説は最近20年間の詳しい磁場観測によってかなりの程度確からしいことがわかってきた。

ではどうやって磁気エネルギーが解放されたのであろうか？ またいかにしてプラズマは加熱され、宇宙線は加速されたのであろうか？ このところがよくわかっていない。フレアの発生機構がわからなければ、フレア発生を予報することがむずかしくなり、将来の人類の宇宙空間での活動はきわめて困難になるだろう。

太陽は宇宙の中ではごく平凡な星である。その平凡な星でこれほど激しい爆発が起こるのだから、平凡でない星ではもっとすごいことが起こっていてもおかしくはない。実際、広い宇宙には、フレアによって星全体の明るさが何倍も明るくなるような星(フレア星)や、太陽フレアの何万倍、何億倍もの激しい爆発を繰り返している不思議な天体(X線星、銀河中心核)があることが知られている。これらの爆発の原因はまだまったく謎につつまれているが、太陽フレアとの共通点が少なくないので、その解明には太陽フレアの解明が重要な鍵を握っていると言えるだろう。

フレアの問題は現在の太陽研究の最大の謎であり、その解明を目的として「ようこう」は打ち上げられた。

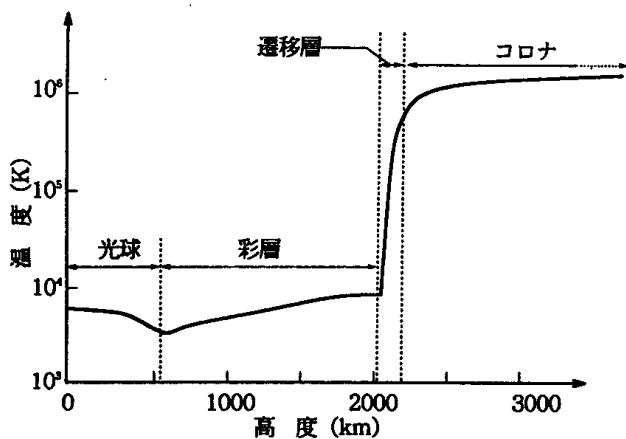


図2 光球・彩層・コロナの高さ方向の温度分布. 大気が静止しているという仮定のもとでの分布.

それでは太陽の大きな謎はフレアにつきののであろうか？ その答はノーである。もう1つの基本的な難問、謎が残されている。それは彩層とコロナの加熱である。

日食の際に太陽のまわりに真珠色に輝く淡いコロナがあることは何千年の昔から知られていた。そのコロナが実は100万度もの高温状態にあることは今世紀の半ばに発見された。太陽の表面(光球)の温度はたかだか6000度だから、コロナの温度はとんでもない高温である。一般に熱は温度の高いところから低いところに流れるのが常である。実際、太陽では核融合反応が起きている中心が最も温度が高く(約1500万度)、そこから外側に向かって熱は流れている。コロナの高温はこの熱の流れの向きに逆らう異常事態である。さらに光球とコロナの間に彩層と呼ばれる薄い層があるが、この彩層でも、温度は外向きに上昇していることが知られている(図2)。これもコロナの高温と同じく異常事態である。

どうしてこのようなことが起こるのだろうか？何が原因で彩層とコロナはこのように異常に加熱されているのだろうか？実はこの基本的な問題が、発見以来40年以上経た今も、いぜんとして謎のまま残されているのである。

さらに太陽だけでなく、遠方の多くの星々にも太陽とよく似た彩層とコロナがあることがわかっている。「彩層・コロナの加熱」問題というのは、天文学の基本問題なのである。

読者の中にはどこかの本の中で、光球下の対流層で発生した音波が衝撃波となって彩層・コ

ロナを加熱している、という説明を読んだことがある人がいるかもしれない。確かに20年ほど前まではこの説は定説だった。ところが20年前のスカイラブ衛星によるコロナの軟X線像観測で、コロナは音波加熱説で予言された様な大気とは似ても似つかぬループの集合体であること、しかもそれぞれのループは磁力線を表わしていること、がわかったのである。(図1の「ようこう」の軟X線像も参照のこと。スカイラブよりもっと鮮明にコロナのループ構造が示されている)。ここに至って音波加熱説は葬りさられ、かわって磁氣的加熱説が提唱されるようになった。コロナ加熱もフレア同様に磁場が本質的である、ということになったのである。

ところがこの磁氣的加熱機構というのが理論も観測も簡単でない。今のところ確かなことは、エネルギーの源は光球下の対流層にある、ということぐらいである。コロナ加熱に限っていうと、(1)磁力線に沿って伝わる波(アルフベン波)による加熱、(2)小さなフレア(マイクロフレア)による加熱、の2説が有力であるが、まだまだ藪の中であると言ってよい。

「ようこう」搭載の軟X線望遠鏡はフレアだけでなくコロナも詳しく観測できるので、この「コロナ加熱」の問題に対しても貴重なヒントを与えるだろうと期待されていた。さてその結果はどうだっただろうか？

3. 「ようこう」が発見した新しい太陽コロナ

「ようこう」には、フレアの解明を目的として、硬X線望遠鏡(HXT)、軟X線望遠鏡(SXT)、ブラッグ結晶分光器(BCS)、広帯域スペクトル計(WBS)の4種の観測機器が搭載されている。これらのうち、前節で述べたようにSXTはコロナの観測も目的としている。

4つの機器はすでに何百というフレアを観測するのに成功した。大量のデータが今まさに解析されつつあり、新発見が続々と生まれている。数年以内にはフレアの全貌が明らかになるであろう。ここではしかし、私が直接関与しているSXTが発見した一目瞭然の重大事実についてだけ述べることにしよう。

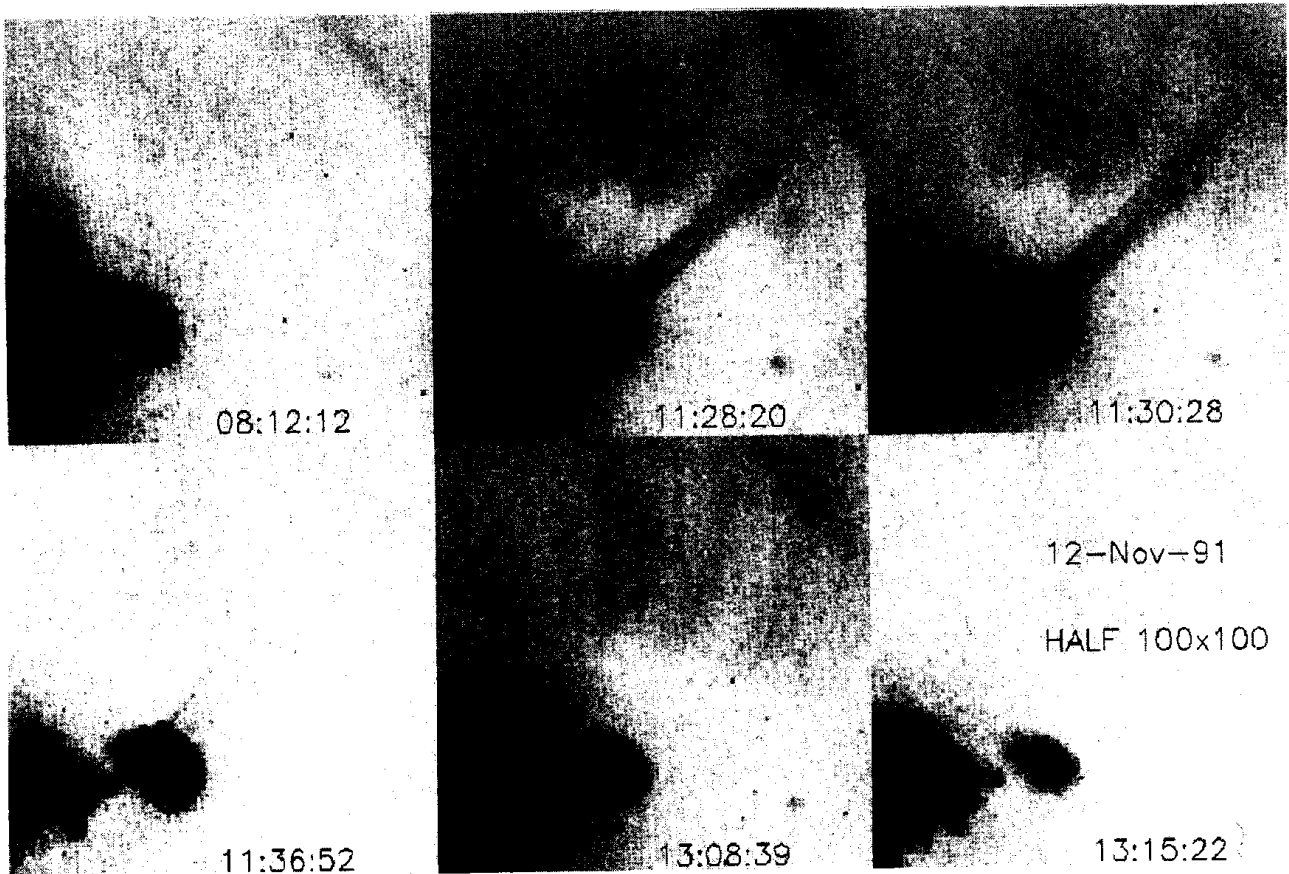


図3 「ようこう」軟X線望遠鏡 (SXT) で発見されたジェット (1991年11月12日)。長さは20万km (地球の直径の約16倍)。速度は毎秒100km以上。数字は世界標準時 (何時:何分:何秒) を示す。図はネガである。つまり暗いところがX線で光っているところに対応する。ジェットが噴出している間、ジェットの足元では小さなフレアが発生している。なお、このジェットは図1の太陽面の右上に見えている。

「ようこう」の最大の発見は何か？

一言でいうとそれは、「コロナはこれまでだれが想像していたよりも、はるかに激しくダイナミックに変動している」ということである。第1節でも述べたように、これはコロナの軟X線像のビデオムービーを見ればだれでもわかる。素人でもわかる。

黒点近くのループが突然明るく輝いたと思ったら、その隣りからジェット (図3) が飛び出す。そうかと思ったら太陽の縁では巨大なループが突然上昇を始める。一方、黒々としたコロナホールでは小さな輝点がチカチカ光っている。ループが突然明るくなる現象は次から次へと伝わっていくようにも見える。ヘリカルにねじれたフィラメントが動きだした直後に、巨大な明るいアーケード・ループが発生した。よく見たらいたるところで大小の爆発や運動が起きている……。「太陽というのは、こんなに激しく変化する天体だったのか。こんなにおもしろい天体だった

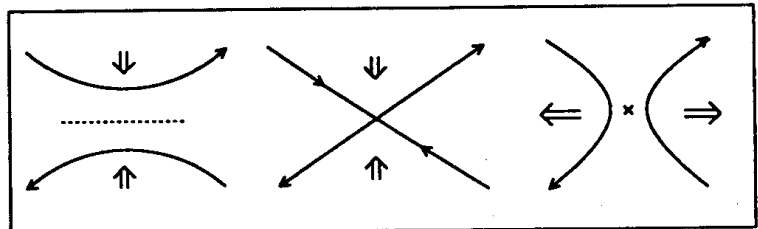


図4 磁気リコネクションの概念図。矢印のついた線は磁力線を示す。点線は磁気中性面 (または線)、x印のところはX点または磁気中性点という。磁気中性面は非常に薄く、X点は非常に小さいと考えられている。

のか」ということがわかったのが、最大の発見と言えるだろう。しかも大事なことは、それが素人にもわかる、ということである。素人にも研究できる、と言ってもよい。なぜそんなこと (素人でもわかる発見) が可能になったかと言うと、誰も見たことのない高分解能 (空間的) で、ムービーが作れるくらい大量の時間的に連続した画像を得るのに成功したからである。(ちなみに1993年3月までに「ようこう」が撮像した軟X線像は総数90万枚にも達している！)

さて、「ようこう」の最大の発見はこのとおりだとしても、「ようこう」以前の太陽の謎にはどのような解答が与えられたのだろうか？

以下は私の解答である。

まずフレアの発生機構の謎から述べよう。「ようこう」は、フレアが磁気リコネクションと呼ばれる機構で発生する、という説を、70%程度の確かさで実証した、と言える。磁気リコネクションというのは、図4のように逆向きの磁力線がつながりかわる現象のことで、「磁力線つながりかえ」または「磁気再結合」ということもある。磁力線がつながりかわるときに、磁気エネルギーがプラズマの熱エネルギーや運動エネルギーに変換されるので、フレアの有力な説として20年以上も昔から考えられていた。しかし、直接その説を支持する観測データはこれまでほとんどなかったし、理論的にも流体乱流理論と類似の(いやそれ以上の)困難を抱えており、そのため極端な意見では、そもそもフレアを起こすような速いリコネクションは太陽では起こっていないのではないか、という意見もあった。

ところがついに「ようこう」

は、詳しい直接像観測により、フレアの前後でループ(～磁力線)の形やトポロジーが顕著に変化する例を、発見しはじめたのである(図3と図5および参考文献[常田佐久, 1992]を参照のこと)。100%の確かさになっていないのは、リコネクションが起こっているまさにその場所(X点または磁気中性面)が必ずしもよく見えていないこと(ただし、見るのがむずかしい理由はわかっている)、リコネクションの際に粒子加速がどう起こるのかまだよくわかっていない、などの理由による。

一方、コロナ加熱についてはどうか?

私の解答は、コロナ加熱機構は時間的に激しく変動する現象と密接に結びついているのでは

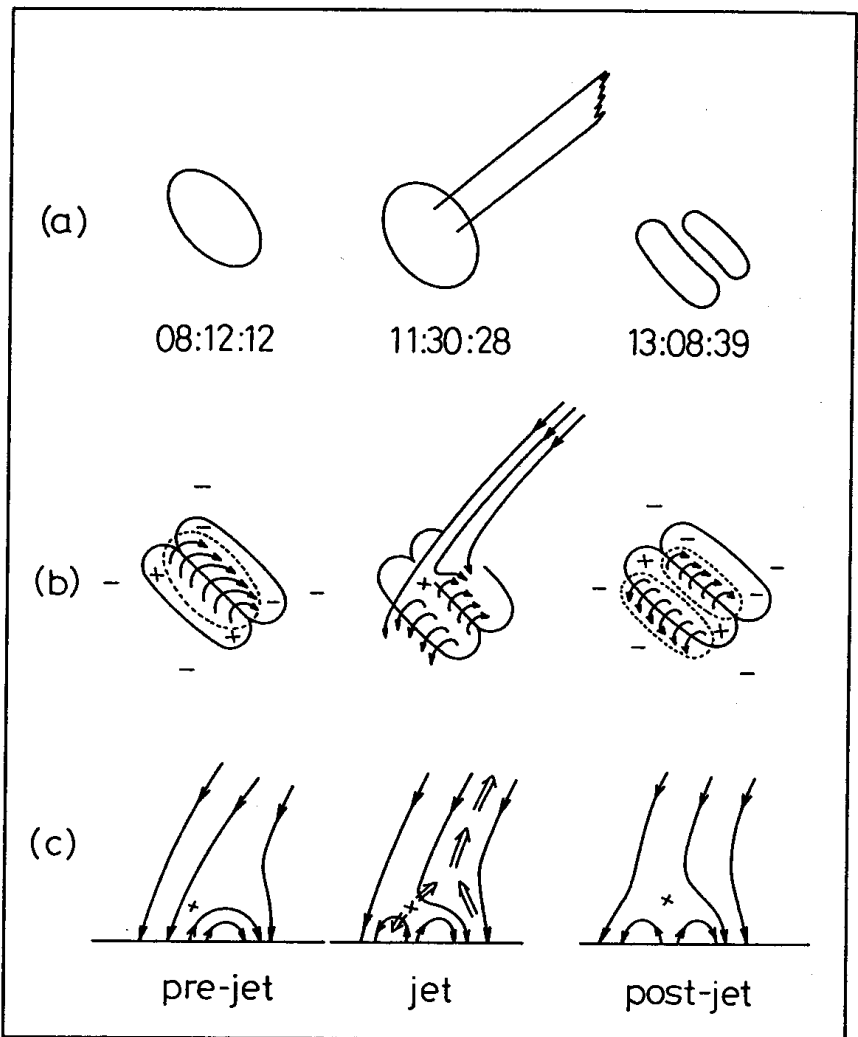


図5 図3で見つかったジェットモデル。磁気リコネクションの際に解放されたエネルギーでジェットが加速されたというモデルである。(a) 図3の軟X線像のスケッチ。(b) 磁力線の想像図。+と-は光球磁場の観測に基づいている。矢印のついた線が磁力線を示す。(c) 横から見たリコネクションの想像図。磁力線のつながりかわりによるトポロジーの変化に注目。図3ではジェットの足元の活動領域がジェット噴出後2つに分裂したように見える。これがリコネクションモデルできわめて自然に説明される。

ないか、というものである。すなわち、「ようこう」の最大の発見である「変動するコロナ」は、コロナのいたるところで小フレア(マイクロフレア)が発生していることを示唆している。このマイクロフレアこそがコロナ加熱の正体かもしれない。もっともこれには少し注釈が必要である。というのは、今のところ静穏領域で見ついている軟X線マイクロフレアの数はそれほど多くないし、活動領域でも軟X線で観測されたマイクロフレア(トランジェント・ブライティングと呼ばれている)だけではコロナを加熱するにはエネルギーが少し足りなさそう(清水敏文らによる)だからである。ここらあたりは現在も詳しい解析がなされつつあるところで、一般的な

結論を述べるのは時期尚早かもしれない。しかしその結果はどうあれ、「ようこう」の発見は、マイクロフレア加熱説を以前にも増して有力なものにしたことだけは間違いない。20年前のスカイラブではそもそもマイクロフレアもジェットも何も見つかっていなかったのだから、コロナ加熱機構の謎に最終決着をつけるには、新しい太陽観測衛星が必要である。

4. 「ようこう」以後： 次期極大期の太陽衛星計画

「ようこう」プロジェクトの成功により、次期太陽活動極大期(1999年ころ)にもぜひ日本で太陽観測衛星を、という声が、国内はもとより国外からも熱い期待をもって語られるようになってきた。このような国内外の状況を受けて、昨年8月、「太陽物理学の将来とスペース天文学」と題するシンポジウムが国立天文台で開催された。

実は私はこのシンポジウムの開催世話人のひとりとして、そのとき、ちょっとびっくりする経験をした。それは次のようなものであった。

シンポジウムは基本的には外国人にもオープンであったけれども、事の問題上、日本人どうしの議論が重要だったので、日本語使用の国内シンポジウムとしてプログラムを組み関係者に配布した。するとしばらくたって、「ようこう」チームにいる日本語の達人であるアメリカ人が、これはどういう意味か、と私の書いたシンポジウム案内の日本語の文章の意味を尋ねてきた。説明して2、3日したら、なんと私の書いたシンポジウムの日本語の案内文が全部英語に翻訳されて、彼から電子メールで送られてきているではないか。どうも彼は世界のいくつかの太陽研究機関にその電子メールを発送したらしい。世界が日本の次期太陽衛星計画の進展にいかに関心しているか、このときほど思い知らされたことはなかった。(ちなみに私の書いた日本語が英語に翻訳されたのは、このときが生まれて初めてであった。)

さて研究会でおもに話題になったのは、次期太陽観測衛星の主目的を何にするか、どんな観測機器を載せるか、という問題である。さまざま

な意見が出されたが、観測目的として最も有力な案は「コロナ・彩層の加熱」とする案であった。前々節でも述べたように、コロナと彩層の加熱の問題は太陽に限らず夜空に輝く一般の恒星の基本問題でもある。「ようこう」でフレアの謎があらかた解明できたら、次は、コロナ・彩層加熱の謎へ向かう、というのはきわめて自然な発展である。

しかも「ようこう」でコロナの実にダイナミックな姿が見えてきたばかりなのだ。コロナ加熱問題というのは、単に図2に示した温度分布を説明したら済む、というスタティックな問題ではなく、「ようこう」で発見された磁気ループの膨張やブライトニング、ジェットなどひっくりめたコロナのさまざまな動的構造をも説明しなければならないダイナミックな問題なのである。「ようこう」によって問題がそのように変貌してしまった、とも言える。これはおもしろいことにコロナのすぐ下の彩層にもそっくりそのままあてはまる話である。彩層は観測の空間分解能が上がるにつれて、磁気構造が卓越していること、ダイナミックな現象に満ち満ちていること、が次第に判明してきたのである。彩層の場合はいまやそのダイナミックな現象(スピキュール、ファイブシル、プラージュなどなど)そのものが彩層の正体であり、彩層加熱を説明することはダイナミックな現象の形成機構を説明することと同じことではないか、という考えすら生まれてきている。

われわれはここで重大な経験法則を知る:「太陽観測では、空間分解能が上がるにつれ、磁気ループ(またはフィラメント)構造がよりはっきり見え、さらにこれまで予想もしなかったダイナミックな活動現象が見えだす。」

実はこの法則は、彩層のさらに下の光球にもあてはまるのが10数年ほど前にすでにわかっていた。すなわち、それまで光球の黒点以外の領域では10ガウス程度の弱い磁場がベターッと一様に存在していると思われていたのだが実はそうではなく、磁場のほとんどは細くて強い(1~2kG)磁束管(微細磁束管と呼ぼう)に孤立集中していることが判明したのである。しかも微細

磁束管の光球での切り口は小さい輝点(サイズ $\sim 0.2''$: 白斑輝点またはフィリグリー)に対応していた! 磁場は光球でもりっぱな磁気構造とそれともなう活動現象を生み出していたのだ。

さらに重要なことは、彩層とコロナのほとんどの磁力線は(黒点につながっているもの以外は)みなこの微細磁束管につながっている、ということである。つまり、彩層とコロナの加熱に必要なエネルギーは対流層から微細磁束管を通過して上空へ伝えられている可能性が高い。コロナ・彩層の加熱、ダイナミックな磁気構造の究極の源は、微細磁束管と光球下の乱流や対流(粒状斑など)との相互作用にある、と言える。

ここまで読むと流体力学やプラズマ物理学に詳しい読者は、これらはまさにレイノルズ数の大きな流体(または磁気流体[MHD])に知られている微細構造形成の過程そのものではないか、と気づかれることであろう。そのとおりなのだ。太陽プラズマのレイノルズ数も磁気レイノルズ数も10の10乗というような大きな値である。したがってエネルギーのインプットがあれば、次第に小さな構造が形成され、ついにはエネルギーの散逸とそれともなうダイナミックな現象が発生する。だから太陽プラズマの観測がより高分解の空間分解能をめざしているというのは、現象の本質をさぐるための正しい道なのだ。

実験室でこれほどダイナミックレンジの大きなMHD乱流を再現することは今のところ到底不可能である。さらに言うと、太陽プラズマほど磁力線の可視化を見事にやってくれる自然現象はない。地球磁気圏はもとより、実験室プラズマでも磁力線を“見る”のは容易でないのだ。光球からコロナにわたる太陽プラズマは、自然が用意してくれたプラズマ物理の最良の実験室であると言えよう。このように考えると、「コロナ・彩層の加熱」という問題は、非常に一般性をもった自然科学の基本問題であることが理解していただけるだろう。

さてその基本問題を次期太陽観測衛星でどのように解明するか? われわれは次のような観測機器を人工衛星に搭載するという案(0次案)を考えている。(ここらあたりは、かなり私見が入

っていることをご了承いただきたい。)

- (1) 1mクラスの光学望遠鏡,
- (2) 紫外線望遠鏡(空間分解能 $1''$ 以下),
- (3) 軟X線望遠鏡(空間分解能 $1''$ 以下)。

上で説明したように、コロナ・彩層の加熱に必要なエネルギーは光球微細磁束管($\sim 0.2''$)を伝わってくるので、光球微細磁束管の観測は不可欠である。磁束管を分解しないといけないから、最低 $\sim 0.1''$ の空間分解能が必要となる。

地上では大気のゆれによるシーイングの悪化のため、太陽観測における現在までの世界最高の瞬間空間分解能は $0.2''$ 、時間的に連続した空間分解能では $0.3\sim 0.5''$ がベストである。フレア放射線からわれわれを守るのにたいへん貢献した厚い大気も、ここではどうしようもない嫌われもの、じゃまものなのである。したがって $0.1''$ の空間分解能を達成するには1mクラスの光学望遠鏡(回折限界が約 $0.1''$)をスペースに持ち出さなければならない。これはまさに“太陽版ハッブル望遠鏡”である。

同時に磁場を観測する装置(マグネトグラフ)や彩層の構造を知るのに必要なフィルターなども必要である。さらに光球微細磁束管が彩層コロナにどのようにつながって、どのようにエネルギーが伝わっているかを見るためには、遷移層(10万度前後)を見る紫外線望遠鏡、コロナを詳しく見るための軟X線望遠鏡がなくてはならない。光球微細磁束管は高さとともに次第に広がり、遷移層やコロナ下部で太さは $1''$ 程度になっていると予想されるので、紫外線、軟X線望遠鏡ともに $0.5''$ 以下の空間分解能が要求される。

以上3種の望遠鏡による、光球—彩層—遷移層—コロナの磁束管の同時立体ムービー観測ができれば、「コロナ・彩層の加熱、および、それともなうダイナミック現象の発生機構」の謎が間違いなく解明できるであろう。

5. さらに将来は?

次期太陽衛星以後の太陽研究はどのようなのであろうか? 20~30年後(にも実現できるかどうか不明)の夢物語をちょっと考えてみよう。私は2つの方向があると考えている。

第1の方向は、太陽コロナやフレアの心臓部に向けて、直接探査機を送り込むことである。「ようこう」で、フレアの磁気リコネクション説は70%ほどの確かさで実証されたと述べたが、これを100%にするには、おそらくこのような直接探査のミッションをやるしかないだろう。というのは、前節で述べた流体プラズマ物理の一般論からもわかるように、磁気中性面は非常に薄い(数十~100m)可能性があるからである。もしそうならば、リモートセンシングで磁気中性面のプラズマ状態や物理量を測定するのは到底不可能である。おそらく現在地球磁気圏を探索している「ジオテイル」のようなプラズマ測定機器を積んだ探査機でコロナの磁気中性面をさぐることになるだろう。このとき太陽は正真正銘の巨大な流体プラズマ物理の実験室として、この分野のフロンティアを担うことになるだろう。ただし、6000度の光球からやってくる膨大な量の放射から衛星と観測機器をどう守るかは、非常にチャレンジングな課題として技術家に残されている。

第2の方向は、恒星を現在の太陽研究の分解能で観測する方向である。すなわち多くの恒星の表面を分解して観測し、黒点、フレア、彩層・コロナの構造をさぐるのである。オブジェクトとしては太陽でなくなるが、学問としてはまさしく太陽物理である。比較恒星太陽物理学と言ってよい。最も近い恒星であるアルファ・ケンタウリですら太陽から4.3光年の距離にあり、太陽より30万倍も遠い。したがって、5"の空間分解能(=「ようこう」軟X線像の全面像の分解能)と実効的に同じ分解能(=10万分の1.7")をアルファ・ケンタウリに対し光学望遠鏡で達成しようと思えば、口径6kmの望遠鏡をスペースで作らなければならない。単一の望遠鏡はちょっと

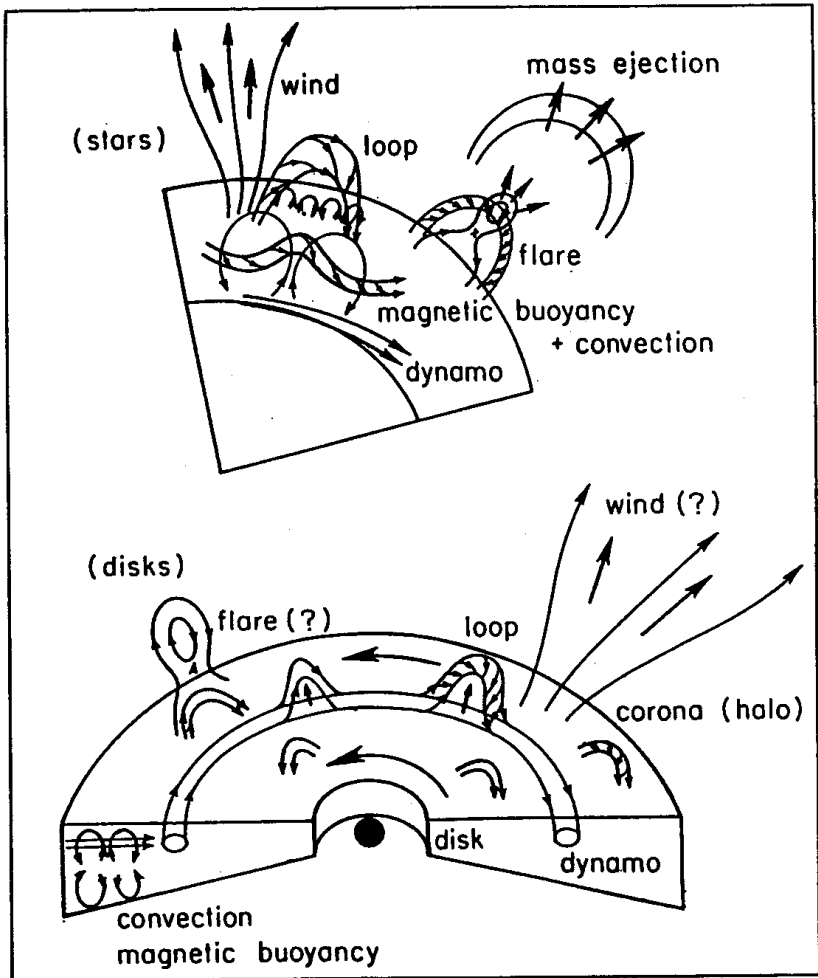


図6 星と円盤(降着円盤または銀河円盤)における磁気活動現象。

むずかしいかもしれないが、干渉計ならばなんとかなるかもしれない(若者たちよ、頑張れ!). 完成のあかつきには恒星のみならず、降着円盤の彩層やコロナ(図6)も見えてくるにちがいない。そうなれば、比較彩層・コロナ物理学の幕開けである。「ようこう」のビデオムービーに驚いたように、あるいはそれ以上の驚きをもって「自然はわれわれより、はるかに空想力に富んでいる……」と言う日がくるのは間違いないだろう。そのとき、「ようこう」と次期太陽衛星プロジェクトは、何十年か昔のパイオニアとして栄光に輝いていることであろう。

参考文献

常田佐久(1992)科学(岩波書店), Vol. 62, No. 8, p.480
 国立天文台シンポジウム集録「太陽物理学の将来とスペース天文学」(1993)