

「ようこう」の見た太陽

「ようこう」の軟X線望遠鏡により、長い間謎につつまれていた太陽フレアのメカニズムが、解明されつつある。さらに、短時間で構造変化するコロナ磁場、マイクロフレア、高温のコロナ、浮上磁場からの強いX線放射、X線ジェット、活動領域からの質量放出、細長い磁力管、剛体回転するコロナルホールなど、従来の考え方をくつがえす思いがけない発見が相次いでいる。「ようこう」により太陽物理学は、新たな発展の時代を迎えた。

1. 軟X線望遠鏡

太陽のコロナがなぜ数百万度もの高温に加熱されているのか？ 大量のプラズマの加熱や粒子の加速が短時間で起こる太陽フレアのメカニズムは何か？「ようこう」の軟X線望遠鏡(SXT)は、これらの問題を中心として、太陽のコロナにおける磁場とプラズマの織りなすさまざまな現象を、画像という最も直接的な形で観測する。SXTは、昨年の打ち上げ以来、極めて順調に観測を続けており、本稿では、初期成果いくつかとそれらの提起する新しい問題を紹介したい。

2. 見えてきたフレアのメカニズム

フレアのメカニズムには、大きく分けて、異常抵抗による電流切断により、ジュール加熱と粒子加速が生じるという考え方と、磁気リコネクションにより加熱・加速が生じるという2種類の全く異なる考え方があった。SXTによる観測結果は、磁気リコネクション説を強く支持している。例えば、91年12月2日に発生したフレアでは、X線で明るく輝くフレアループ(写真)の上空に、X型の構造と上昇運動するプラズモイドが発見された。これは、磁場のマクロな不安定性によりフィ



図1 1992年2月21日に太陽の東縁で発生したフレア。

ラメント(プラズモイド)がまず上昇を開始し、その下に磁気中性面が形成され、フレアはこの磁気中性面での爆発的な磁気リコネクションにより生じることを示唆している。さらに、(i) フレアループの高さと足元の間隔が時間とともに増大する、(ii) 外側のフレアループほど高温になっている、(iii) フレアループの頂上に明るい垂直構造が見える、という観測事実も、リコネクション説を強く支持している。太陽フレアで磁気リコネクションが発生しているとなると、磁気中性面の存在する浮上磁場の上空や異なる磁気ループの境界でも、フレアが発生しても良さそうである。今後SXTのデータを系統的に調べることで、フレアのメカニズムを特定することができるだろう。

3. ダイナミックな静穏太陽

(1) コロナの構造変化と磁気リコネクション

我々は、スカイラブのX線画像から、コロナの磁場は、ほとんど変化のない静的な世界という印象を持っていた。ところが、SXTのムービーをみて直ちに、コロナ磁場が、数分から数時間の時間スケールで、大規模な構造変化を繰り返していることが発見された。この現象は、コロナの磁場が、磁気リコネクションにより磁場構造を次々と変化させていっていることを示しており、電気伝導度の極めて高い太陽コロナでなぜ、どういう時にリコネクションが発生するのかという、重要な問題

を提起している。

(2) マイクロフレアとコロナの加熱

活発な活動領域で、マイクロフレアとでも呼ぶべき小さい爆発現象が頻繁に起きていることが発見された。マイクロフレアの規模は、最も小さいフレアよりもさらに1桁から数桁小さいが、その発生頻度はずっと多い。複数の小さい磁気ループが接触・融合しつつ、爆発現象を起こしているように見えるため、異なる磁力管間の磁気リコネクションが重要な役割を果たしていると考えられる。マイクロフレアは、活動領域の加熱にかなり寄与している可能性がある。

(3) 意外に高いコロナの温度

活動領域の温度は、スカイラブ衛星やコロナ輝線の観測から、約2百万度と考えられてきた。SXTにより、これらの温度成分の他に、4-5百万度に達する高温成分が大量にあることが発見された。さらに、コロナルホールや静穏領域の温度分布も従来の定説とかなり異なった温度分布を持つことが明らかになりつつある。これらの観測結果は、コロナの加熱理論や高速太陽風の加速メカニズムの理論に大きな影響を与えるだろう。

(4) 活動領域からの質量放出と太陽風の起源

活動領域の磁気ループが頻繁に膨張・上昇運動をしているのが発見された。活動領域は、強い磁場のため閉じた構造と考えられてきたが、質量と磁束をコロナと惑星間空間に放出しているらしい。この観測結果は、太陽風の低速成分に活動領域が寄与している可能性を示唆している。

(5) 細い磁力管はなぜ存在するか？

SXTの軟X線写真をみた時の驚きの一つは、明るい磁力線がどれも非常に細いということである。静穏太陽には、太さが数秒角しかなく、長さが太陽半径近い、表面を低く這うような磁力線さえ見える。活動領域にも、非常に細く明るい磁力線が見えている。光球からコロナに浮上した磁力管は、高い磁気圧により、薄く広がってしまうと考えられていたが、なぜこのような磁力管が安定

に存在できるのだろうか？ 今後、SXTと地上の高分解能観測の詳細な比較により解決されるだろう。

(6) 浮上磁場からのX線放射とジェット現象

SXTにより、コロナに顔をだしたばかりの浮上磁場から強いX線放射がおきていることが発見され、さらに秒速数百km/secに達するX線ジェットが見つかった。これらは、光球下から浮上した磁場とコロナ磁場との相互作用（磁気リコネクション）により、加熱や激しいプラズマ運動が引き起こされていることを、まざまざと示した観測である。

(7) 剛体回転するコロナルホール

SXTの画像から、南北に長くのびるチャンネル状のコロナルホールが見つかった。このようなコロナルホールは、何周にもわたってほとんどその形を変えず、剛体回転に近い運動をしている。コロナルホールは、光球の差動回転に逆らって剛体回転しているのであるか？ これは光球面での磁場のダイナミクスに関連した重要な問題である。

やや記述が舌足らずになってしまったが、興味のある方は、参考文献を参照していただきたい。本文にも記したように、定量的解析はこれからが本番であり、今後も続々とおもしろい結果がでてくると予想される。「ようこう」衛星は、今後かなりの期間にわたって、観測を継続できると考えられ、さらに驚くべき太陽の姿を我々に見せてくれるに違いない。

常田佐久（東大理）

参 考 文 献

- 1) 「ようこう」の初期成果については、*Publ. Astron. Soc. Japan*, (Special Issue: Yohkoh), **44**, 481- (1992).
- 2) 常田佐久 1992, 科学 (岩波書店), **62**, 480.