

5.5 学位論文

活動領域プロミネンスの形成・進化に関する観測的研究(博士論文)

太陽の縁上を $H\alpha$ 線で観測すると、プロミネンスと呼ばれる明るい構造があることは以前より知られている。プロミネンスとは、100万度の高温の太陽コロナ中に浮かぶ1万度程度の低温ガスであり、コロナ中の磁場によって支えられている。しかしながら、プロミネンスの形成・進化過程やその詳細な構造は明らかになっていない。この問題に迫るべく、太陽観測衛星ひのでの安定かつ高空間分解能観測能力を生かし、以下の研究を行った。

プロミネンスの微細構造とコロナ中の Alfvén 波の検出

プロミネンスの微細構造を調べることを目的に、「ひので」の可視光望遠鏡(SOT)を用いて、太陽縁にある活動領域に付随するプロミネンスの観測を行った。その結果、活動領域上空 20,000 km に渡って、非常に活動性の高い細長い糸状の構造(スレッド)を捉えることに成功した(図1)。このスレッドは水平方向に飛び回る一方、鉛直方向に振動しているものが多数見られた。この振動について詳細な解析を行ったところ、これはプロミネンスを構成する磁場に沿って Alfvén 波が伝播している結果であると結論づけた。太陽コロナ中を伝播する Alfvén 波は長年存在が示唆されていたが、直接検出できたのはこの観測による解析が初めてである。また、この Alfvén 波はコロナを加熱するのに十分なエネルギーを輸送していることもわかり、コロナ加熱問題解明の鍵になると期待される。

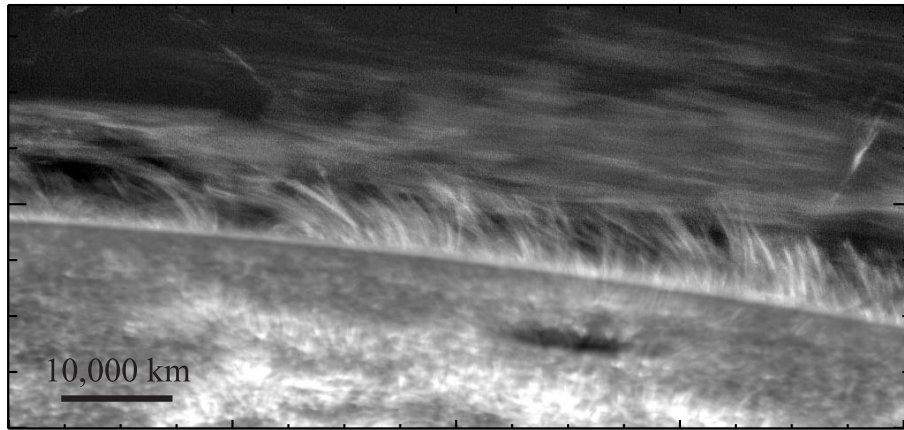


図1: 「ひので」可視光望遠鏡が捉えた太陽縁のプロミネンス。微細な筋状構造の集合体であることがわかる(図上側)。黒点やスピキュールなどの構造も見られる。

活動領域プロミネンスの形成・維持に関連する螺旋浮上磁場の発見

これまでの統計的観測から、プロミネンスは螺旋状磁場を持ち、その磁場がプロミネンスガスを支えていると考えられている。しかし、螺旋磁場がいかにしてコロナ中に形成されたのかは不明である。これを明らかにするには、光球の運動と磁場の変化が上空のプロミネンスに与える影響を長時間に渡り調べる必要がある。そこで、太陽観測衛星ひのでを

用いて、プロミネンスを伴う活動領域を約2週間に渡り追跡観測した。観測初期は、既存のプロミネンスは崩壊・再形成といった活動を繰り返していたが、ある時点を境にその後数日間、安定化した。この変化に着目し、プロミネンスの形状変化と光球磁場の時間変化の関係を詳細に調べた。その結果、プロミネンスが安定化した時間の前後で、光球面に次の4つのような特徴が見られた。(1) プロミネンス直下において、周囲よりも磁場の弱い領域が出現し、その後消失した。(2) この一時的に出現した領域は水平磁場成分が卓越していた。(3) この水平磁場の向きが時間と共に徐々に変化した。(4) この領域で上昇流を観測した。これらの観測事実は、光球下からの螺旋磁場浮上の特徴と一致している(図2)。よって、この結果は螺旋磁場浮上の可能性を観測的に初めて示唆するものである。また、この浮上螺旋磁場とプロミネンスとの関係を詳細に調べたところ、浮上の最中に既存のプロミネンス磁場と浮上磁場との間でリコネクションが多発し、その後安定したプロミネンスが構成されていることを突き止めた。このことから、この浮上螺旋磁場がコロナ中のプロミネンス磁場の供給源であるが、浮上磁場そのものが新たなプロミネンスとなっただけではなく、既存のプロミネンス磁場と結合することでプロミネンスの維持に貢献していると結論付けた。これは、螺旋磁場の浮上とプロミネンス形成を結びつける重要な観測結果である。

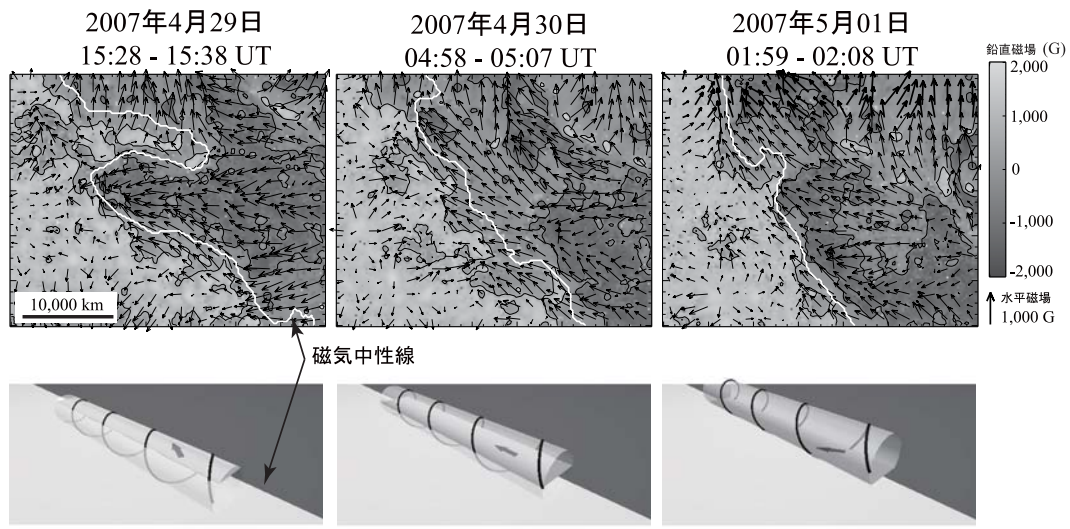


図2: (上) プロミネンス下におけるベクトル磁場の時間変化の様子。鉛直磁場の弱い灰色の部分が広くなり、その後狭くなっている。白線は磁気中性線を表す。(下) 螺旋浮上磁場の概念図。白と黒の平面が光球面を表す。筒状のものが螺旋磁場。観測されるのは、螺旋磁場が光球と交わる面だけであるため、その面内での水平磁場の向きを描かせてある。

Reference:

Okamoto, T. J., Tsuneta, S., Berger, T. E., et al. 2007, Science, 318, 1577
 Okamoto, T. J., Tsuneta, S., Lites, B. W., Kubo, M., Yokoyama, T., et al. 2008, ApJ, 673, L215

(岡本 文典 記)