

活動領域彩層・超半暗部の磁場・速度場解析

大井瑛仁

京都大学大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻

彩層ダイナミクスと彩層磁場診断の重要性
太陽の彩層は、光球面から上空 2000 km を占める温度約 1 万度の薄い層である。一方で、密度が高い彩層を加熱するには、コロナを 100 万度に加熱するエネルギーの 10 倍から 100 倍のエネルギーが必要である。これらの加熱問題を解く鍵として、太陽観測衛星「ひので」は、ジェットや波動現象などのダイナミクスが彩層で頻発していることを明らかにした。光球はガス圧 / 磁気圧比 (プラズマ β) が > 1 でありガスの運動が支配する状況であるのに対し、彩層はプラズマ $\beta \leq 1$ となる層である。すなわち、動的な現象を駆動する物理過程においては磁場が主要な役割を担っているはずである。よって、彩層の磁場を測定することで、彩層ダイナミクスの大きな理解につながると期待される。

彩層磁場診断 「ひので」などで大きな成果をもたらした光球磁場測定と比較し、彩層の磁場測定は極めて困難である。彩層では磁場が弱くなることに加え彩層スペクトル線の幅が広いため、磁場によって生じる偏光信号が極めて小さくなるからである。彩層の磁場診断には SN 比 $\sim 10^3 - 10^4$ の高い偏光測定感度が要求される。近年、高精度な偏光分光観測に加え、磁場による偏光生成のモデル化が進んだことで、彩層磁場診断が盛んに研究されるようになった。代表的なものが、He I 10830 Å の偏光分光観測である。He I 10830 Å は、コロナからの紫外線照射によって彩層

上部で形成される層であるため、下層の大気構造に依存せず、磁場や速度の診断を容易とする。近年では Zeeman 効果に加え Hanle 効果を考慮した磁場診断ツールが開発されており、Zeeman 効果では測定できない 100 Gauss 以下の磁場も診断可能である。また、直近にある光球からの Si I 10827 Å を同時観測することで、光球-彩層間の磁場解析に役立つ。

逆エバーシェッド流 強い磁場によって形成された黒点では暗部に加え半暗部が確認できるが、その上層、彩層では半暗部を覆い隠すように超半暗部が広がる。超半暗部のフィラメントでは、黒点に向かって $20 - 30 \text{ km s}^{-1}$ 、速いものは 50 km s^{-1} の下降流が確認されており、逆エバーシェッド流と呼ばれる。しかし、その駆動メカニズムは解明されていない。本研究では、逆エバーシェッド流の磁場・速度場を明らかにすることで、その駆動メカニズムを追った。

観測 スペイン Teide 観測所 Vacuum Tower Telescope (VTT)/Tenerife Infrared Polarimeter (TIP-II) で取得された He I 10830 Å と Si I 10827 Å の偏光スペクトルと、スペイン Roque de los Muchachos 観測所 Dutch Open Telescope (DOT) で取得された $H\alpha$ 画像を用いた。観測対象は 2005 年 7 月 3 日の活動領域 NOAA 10781 である。対象の活動領域は小さな単極黒点を持つ α 型で、太陽面上の北 12 度東 5 度に位置していた。

解析と結果 He I 10830 Å 偏光スペクトルによる彩層磁場診断には磁場診断ツール HAnle and ZEeman Light (HAZEL) を、H α 画像による速度場解析は Cloudmodel を用いた。速度場解析では、He I 10830 Å で $> 10 \text{ km s}^{-1}$ 、H α 画像で $> 50 \text{ km s}^{-1}$ の超音速に及ぶ下降流が確認できた。また、黒点に近い領域ほど速い速度成分を持っていることが分かった。磁場解析では、彩層の構造に沿う磁場診断初期値を与えることで、Hanle 効果によって磁場を求める際に問題となる Van Vleck 不定性を解決する手法を示せた。これによって黒点に近いほど磁場強度が強い結果が得られ、黒点に近づくにつれて 20 – 350 Gauss と磁場強度が 10 倍以上変化することが分かった。また、黒点から離れるにつれ磁場の傾き角は水平に傾き、さらに遠方では磁場が光球へと傾いていく構造の描像が得られた。さらに、逆エバーシェット流が確認できる下層に、小さな磁気ループが存在する可能性を示す新しい結果が得られた。

まとめ 本研究は、逆エバーシェット流を駆動するメカニズムを解明するため、彩層超半暗部の磁場・速度場を追った。その結果、 α 型活動領域の単極黒点が作る彩層超半暗部の描像が得られた。さらに、逆エバーシェット流の下層に小さな磁気ループの存在が示唆され、逆エバーシェット流の物理過程を説明する新しい可能性が得られた。