

アンブラルドットに関する観測的研究 -太陽黒点における磁気対流現象-

太陽黒点内部には、アンブラルドットと呼ばれる明るい輝点が膨大に存在することは以前より知られている。アンブラルドットとは、強い磁場を持つ黒点内で起きている対流（磁気対流）によって、深層の高温ガスが表層に現れた構造であると考えられており、非線形物理である磁気対流を観測から探ることの出来る貴重な対象として注目されている。しかしながら、アンブラルドットのサイズと時間スケールは現在の観測技術の限界値に近く、その形成・進化過程やその詳細な構造には明らかにされていない部分が多い。渡邊の博士論文では、太陽観測衛星ひのでや地上望遠鏡 Dunn Solar Telescope, Swedish 1-m Solar Telescope のデータを用い、それぞれの強みを生かしたアンブラルドットの研究を行った。

運動速度の速いアンブラルドットの時間発展

アメリカ National Solar Observatory が所有する Dunn Solar Telescope / IBIS は、観測ラインの種類の豊富さと、スペクトル取得にかかる時間の短さに強みを持っている。アンブラルドット周辺の視線方向速度場の時間変化を求める事を目的に、鉄 709.0nm ラインの2次元ラインスキャンデータを用いて解析を行なった。その結果、ほとんどのアンブラルドットには有意なシグナルは見られなかったが、運動速度が他に比べて2倍ほど速いアンブラルドットにのみ、0.1km/s 程度の強い上昇流が検出された。この特殊な上昇流の引き起こしている原因を調べた所、ライトブリッジの生成に伴う磁場構造のローカルな変化との関連性が示唆された。

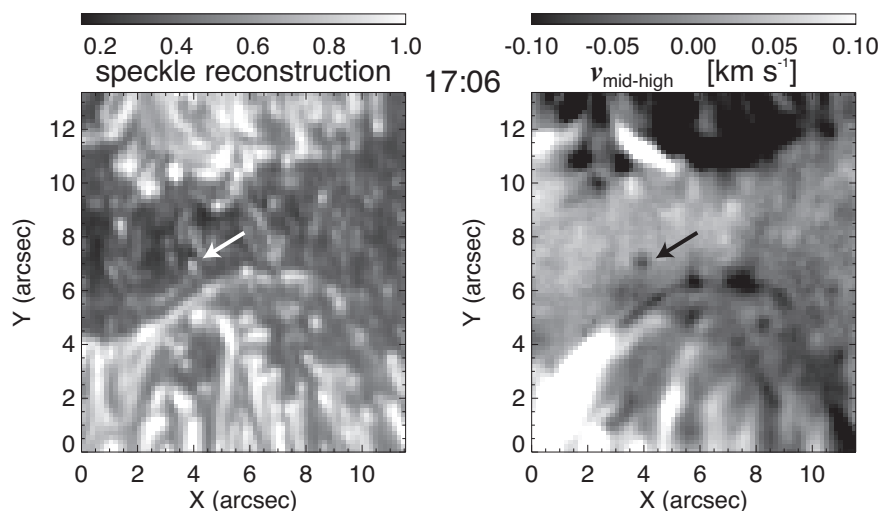


図: 黒点中央部を拡大した連続光画像 (左) と視線速度 (右)。視線速度は負の値が上昇流 (黒色)、正の値が下降流 (白色) を表す。矢印が示しているのが運動速度が速いアンブラルドット。

アンブラルドットの磁場構造への特徴依存性

「アンブラルドットは磁気対流によって駆動されている現象であるため、その一つ一つの寿命や大きさは、発生場所の磁場強度や磁場の向きと相関があるはずではないか？」このような疑問を持ち、太陽観測衛星「ひので」の大気擾乱に邪魔されない精度の高い磁場

測定と、短い時間間隔で撮影された連続光画像ムービーを組み合わせ、2268 個のアンブラルドットの統計解析を行なった。その結果、アンブラルドットの平均寿命は磁場強度に依存せず一定であることや、アンブラルドットの水平運動速度は磁場の傾き角に正の相関を持っていることが示された。これは黒点内の磁気対流シミュレーションで予想される結論とほぼ一致するが、観測によって実証されたのは今回が初めてである。

アンブラルドット周辺の速度場・磁場の時間変化

アンブラルドット周辺の速度場・磁場の時間変化を調べる事は、高い空間・時間分解能での偏光分光観測が必要となるため、困難を極める。今回の研究は、世界最高径の望遠鏡と恵まれた観測環境によって得られた最高級のデータを用いてそのテーマに挑んだ、世界初に近い試みである。その結果、アンブラルドットの寿命前半には磁場の減少と磁力線の傾斜が見られるが、寿命後半にはその反対に磁場は増加し、磁力線は垂直方向に傾くということや、固有運動をするアンブラルドットの移動方向先端には、まるで運動を妨げるかのように強い磁場の領域が存在することなどを発見した。これらは、磁気対流のコンピュータシミュレーションを通じて黒点そのものの三次元構造に制限を与えることができる、重要な観測結果である。

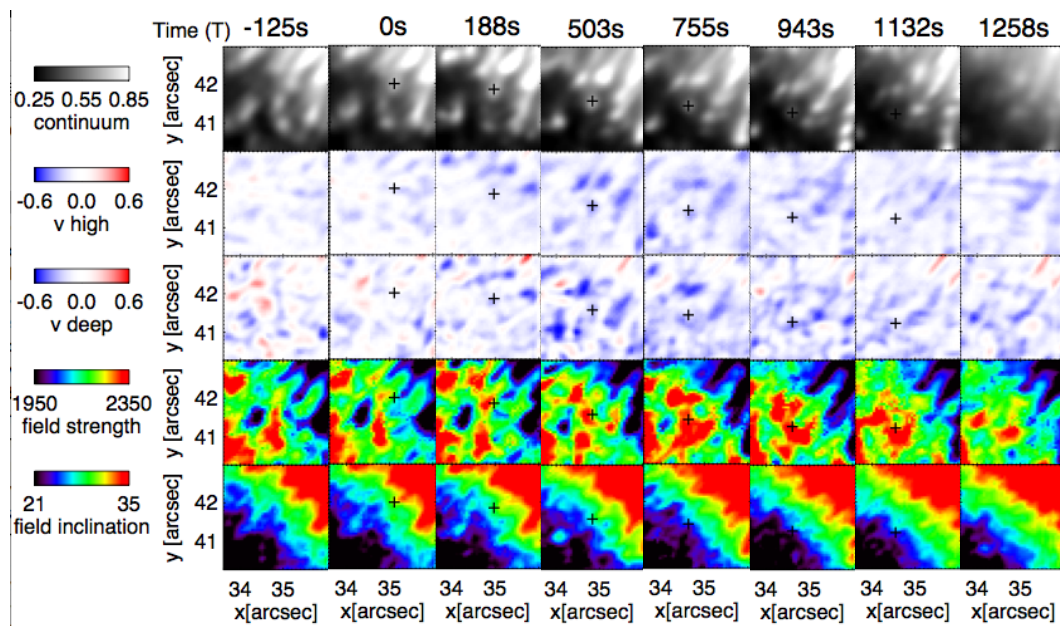


図: あるアンブラルドットの生成から消滅までの時間変化。上から連続光、視線速度 (高層、低層)、磁場強度、磁場傾き角。

Reference:

Watanabe, H., Kitai, R., Ichimoto, K., 2009, ApJ, 702, 1048

Watanabe, H., Tritschler, A., Kitai, R., Ichimoto, K., 2010, SolPhys, 266, 5

Watanabe, H., Bellot Rubio, L. R., de la Cruz Rodríguez, J., van der Voort, L. R., 2012, ApJ, 757, 49

(渡邊皓子 記)