

太陽光球面における乱流の空間分布

Spatial Distribution of Turbulent Motion at the Solar Surface

石川遼太郎^{1,2}, 勝川行雄², 大場崇義³, 永岡賢一^{4,5}, 小林達哉⁴

R. Ishikawa, Y. Katsukawa, T. Oba, K. Nagaoka, T. Kobayashi

¹ 東北大地物, ² 国立天文台, ³ 宇宙科学研究所, ⁴ 核融合研, ⁵ 名大理¹Tohoku Univ., ²NAOJ, ³JAXA/ISAS, ⁴NIFS, ⁵Nagoya Univ.

太陽静穏領域の光球面は粒状斑と呼ばれる直径 1000 km 程度の対流セルで覆われている。黒点のような大きな磁束管の無いこのような領域にも、直径数百 km 以下の非常に小さな磁場構造が散在している。これらの小さな磁場を作る物理過程の候補として、光球面における乱流運動が注目されている [1]。このような乱流運動は現在の太陽光学観測では空間分解することが出来ていないが空間分解能以下の微細な乱流運動はスペクトル線幅を広げるため、スペクトル線幅から乱流運動の空間分布を調べることができる。その一方で視線方向の速度勾配によっても線幅が増大する可能性も指摘されてきた [2]。本研究では線幅の増大において速度勾配による寄与と乱流による寄与を分離し、太陽光球面乱流の空間分布を正しく評価することを目的とした。

使用したデータはひので衛星に搭載された可視光望遠鏡による偏光分光観測データである (図 1 左)。スリットの掃引により 1024 × 1024 pixels の視野全体の偏光分光観測データを取得した。この研究ではスペクトル線をガウシアンでフィッティングしその分散からスペクトル線幅を定義した。スペクトル線幅と連続光の明るさ (I_c) のヒストグラムを示したのが図 1 中央である。 I_c は視野全体の平均値で規格化しており、明るい領域 ($I_c > 1.0$) は対流セルの中心近傍を、暗い領域 ($I_c < 1.0$) は対流セル境界の下降流レーンを示している。全体的な傾向として、暗い領域 (対流セル境界) では明るい領域 (対流セル中心) と比べて比較的線幅が広いことが確かめられた。その一方で線幅が最も広くなり得るのは $I_c \approx 1.0$ の領域であることも明らかになった。

次に視線方向の速度勾配を評価するために Bisector Analysis [3] を行った。これは吸収線の各深さにおいてドップラー速度を計測することで、対応する太陽大気の高さにおけるドップラー速度を求める手法である。このようにして求めた速度勾配とスペクトル線幅のヒストグラムを示したのが図 1 右である。ここで正の速度勾配は下層ほど上昇流が強いことを、負の速度勾配は下層ほど下降流が強いことを示している。速度勾配の絶対値が大きくなるにつれてスペクトル線幅も広がっているのが分かる。その一方で、同じ速度勾配に対しても約 20 mÅ 程度の分散があり、速度勾配を考慮しても線幅が一意に決まっていない。

これは速度勾配以外に、線幅を大きく変える要因が存在することを示唆している。速度勾配以外の線幅増大の要因としては乱流が第一候補として挙げられる。輻射輸送計算コード SIR[4] を用いて計算したところ、このような線幅の分散は 1 ~ 2 km/s の視線方向の乱流成分で説明できることがわかった。

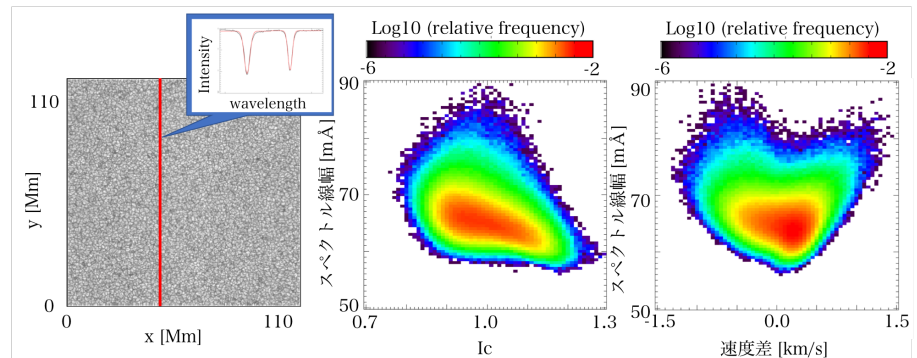


図 1: (左) 観測データ視野全体における明るさの空間分布と分光観測データ例。赤線がスリットの位置を示す。(中央) 規格化した連続光の明るさ I_c と線幅のヒストグラム。(右) 速度勾配と線幅のヒストグラム。

[1] M. Rempel, The Astrophys. J., **789**, 132 (2014)[2] A.S. Gadun, A. Hanslmeier, and K.N. Pikalov, Astron. & Astrophys., **320**, 1001-1012 (1997)[3] M.G. Adam, P.A. Ibbetson, and A.D. Petford, Mon. Not. R. astr. Soc., **177**, 687-708 (1976)[4] B. Ruiz Cobo and J.C. Der Toro Iniesta, The Astrophys. J., **398**, 375 (1992)