

太陽黒点の乱対流に駆動された間欠的磁気リコネクションと
加熱・ジェット噴出

**Repetitive Magnetic Reconnection, Heating, and Jet Ejections Driven by
Turbulent Convection in Sunspots**

鳥海森¹、勝川行雄¹、Mark M.C. Cheung²
Shin Toriumi¹, Yukio Katsukawa¹, Mark C.M. Cheung²

国立天文台¹、ロッキードマーチン太陽天体物理学研究所²
NAOJ¹, LMSAL²

太陽表面に出現する巨大な暗い構造である黒点は、磁場強度が1000 G (10^8 nT) を上回る強力な磁場の集合体である。黒点はその強い磁場により対流の熱輸送が妨げられるため、周囲と比べて温度が低く、暗く見える。しかし、そのような強磁場の環境下でも、ライトブリッジや半暗部と呼ばれる構造には対流が生じており、磁場との相互作用によって活発な活動性を示すことがある。本研究では「ひので」「IRIS」衛星による観測データと磁気流体 (MHD) シミュレーションとの比較から、ライトブリッジにおける活動性の起源を解明した。

はじめに、「ひので」による高精度の太陽表面（光球）磁場データから、ライトブリッジには水平な弱い磁場が存在し、その周囲を垂直な強い黒点磁場が取り囲む構造が明らかになった（図1上）。また「IRIS」によるライトブリッジ上空（彩層・遷移層）の紫外線分光データから、ライトブリッジで間欠的に生じる増光（爆発現象）やジェット噴出が、磁気リコネクション（磁力線再結合）によって生じている可能性が示された。これらを総合すると、ライトブリッジの水平磁場が、上空で周囲の黒点垂直磁場とリコネクションを繰り返し、爆発・ジェットとして観測されたという描像が得られる。

では、そもそもライトブリッジの水平磁場はどのように作られるのだろうか？

太陽表面下は光学的に観測できず、この謎を解明するにはMHDシミュレーションによる黒点の再現計算が必要となる。本研究では、観測されたライトブリッジとよく似た構造を示す黒点シミュレーションの結果を解析し、その詳細な磁場構造を探った（図1下）。その結果、ライトブリッジ内部には対流セルが存在し、その対流上昇流によって弱い磁束が太陽深部から表面付近へと周期的に輸送される様子が明らかになった。

すなわち、(1)黒点の強力な垂直磁場に割り込むように下方から対流上昇流が貫入し、太陽表面にライトブリッジが形成される。(2)上昇流によって下方から輸送された弱い水平磁場が、上空で周囲の黒点磁場と磁気リコネクションを生じる。(3)その結果、上空では間欠的な増光・ジェット噴出が観測されるのである。増光・ジェットの発生周期はライトブリッジ内部の対流の寿命と一致しており（10-20分）、その点からも、太陽表面下の乱対流が上空の間欠的リコネクションや加熱・ジェット噴出の駆動源である可能性は高いと言える。

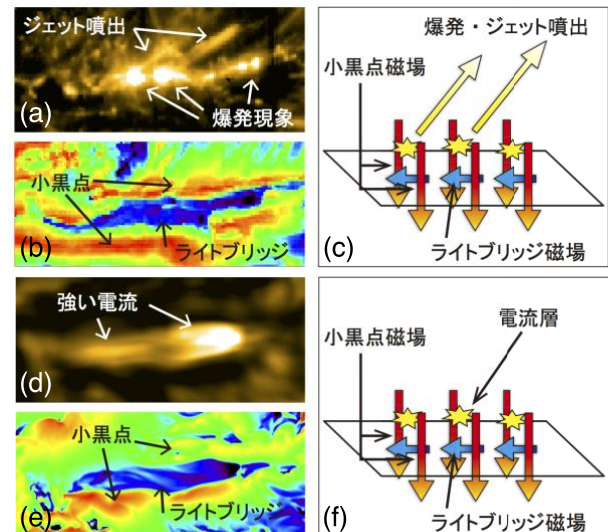


図1. 黒点ライトブリッジの衛星観測とMHDシミュレーションによる再現結果。(a)「IRIS」によるライトブリッジの紫外線画像。ライトブリッジに沿って爆発（増光）やジェット噴出が見られる。(b)「ひので」の磁場観測（色は磁場の傾き）からは、ライトブリッジの水平磁場が周囲の黒点垂直磁場に囲まれている様子が見られる。シミュレーションからは、同様の磁場構造(e)が存在し、上空で強い電流が生じている様子(d)が分かる。(c, f)概要をイラストで示した。