



ひのでが捉えた黒点の超強磁場

岡本文典, 桜井隆

(国立天文台フェロー) (国立天文台名誉教授)

“Super-strong magnetic field in sunspots”
Okamoto & Sakurai 2018, ApJL, 852, L16

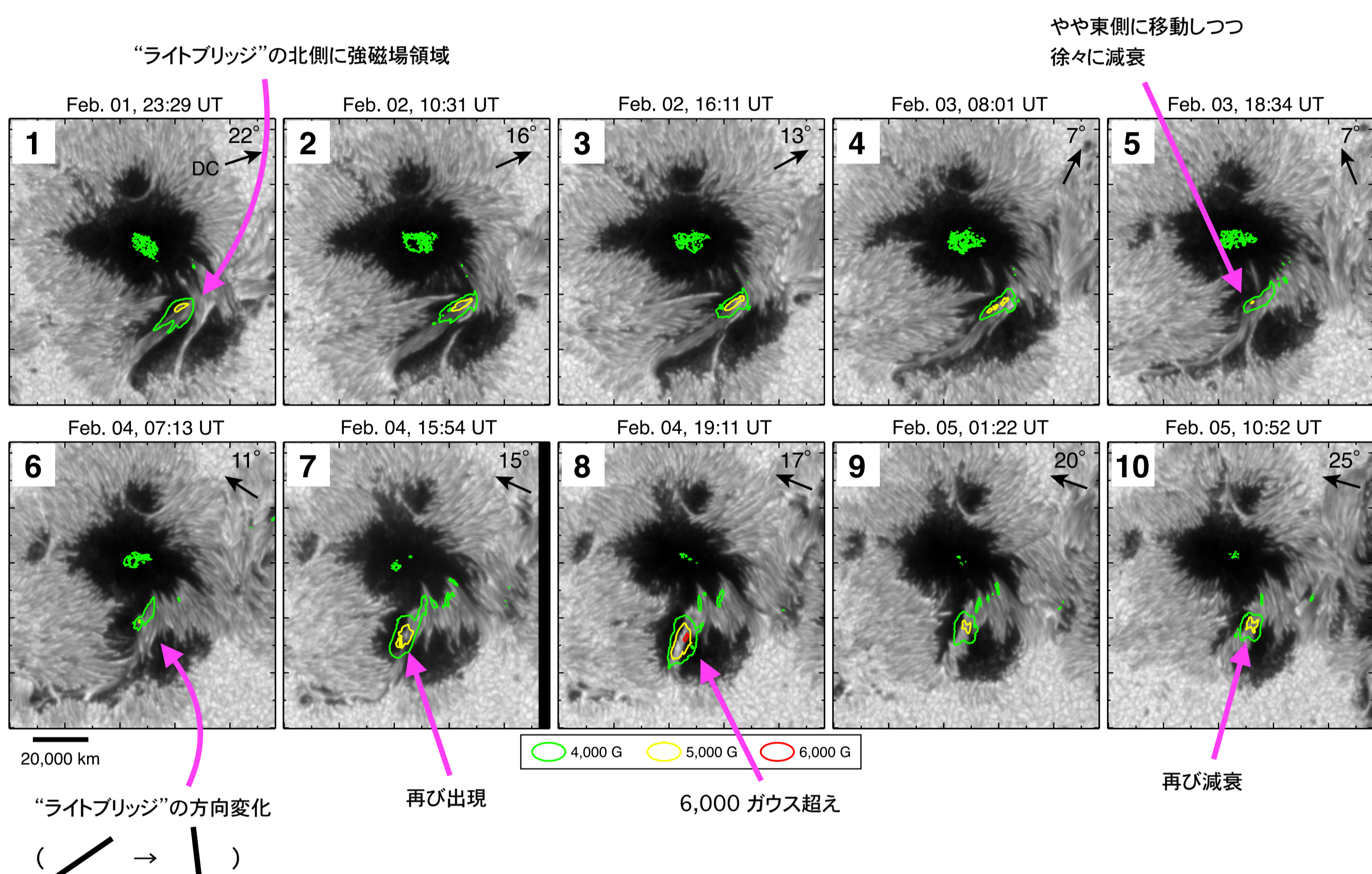
概要

太陽観測衛星「ひので」による偏光分光観測から、異常にスプリット幅の大きなゼーマン分離を示す黒点が見つかった。その磁場強度は 6,250 ガウスで、複雑な大気モデルを必要としない磁場導出値としては **観測史上最強** である。そしておもしろいことに、その存在位置は通常磁場が一番強い暗部ではなく、暗部内の“ライトブリッジ”と呼ばれる明るい構造上にあった。5日間に渡る観測データを解析した結果、この強磁場は一方の暗部から伸びる水平流がもう一方の暗部磁場を圧縮することで生じていると結論付けた。この結果は、黒点暗部より強い磁場を持つ領域形成に関する長年の謎に対して 1 つの答えを与えるものである。

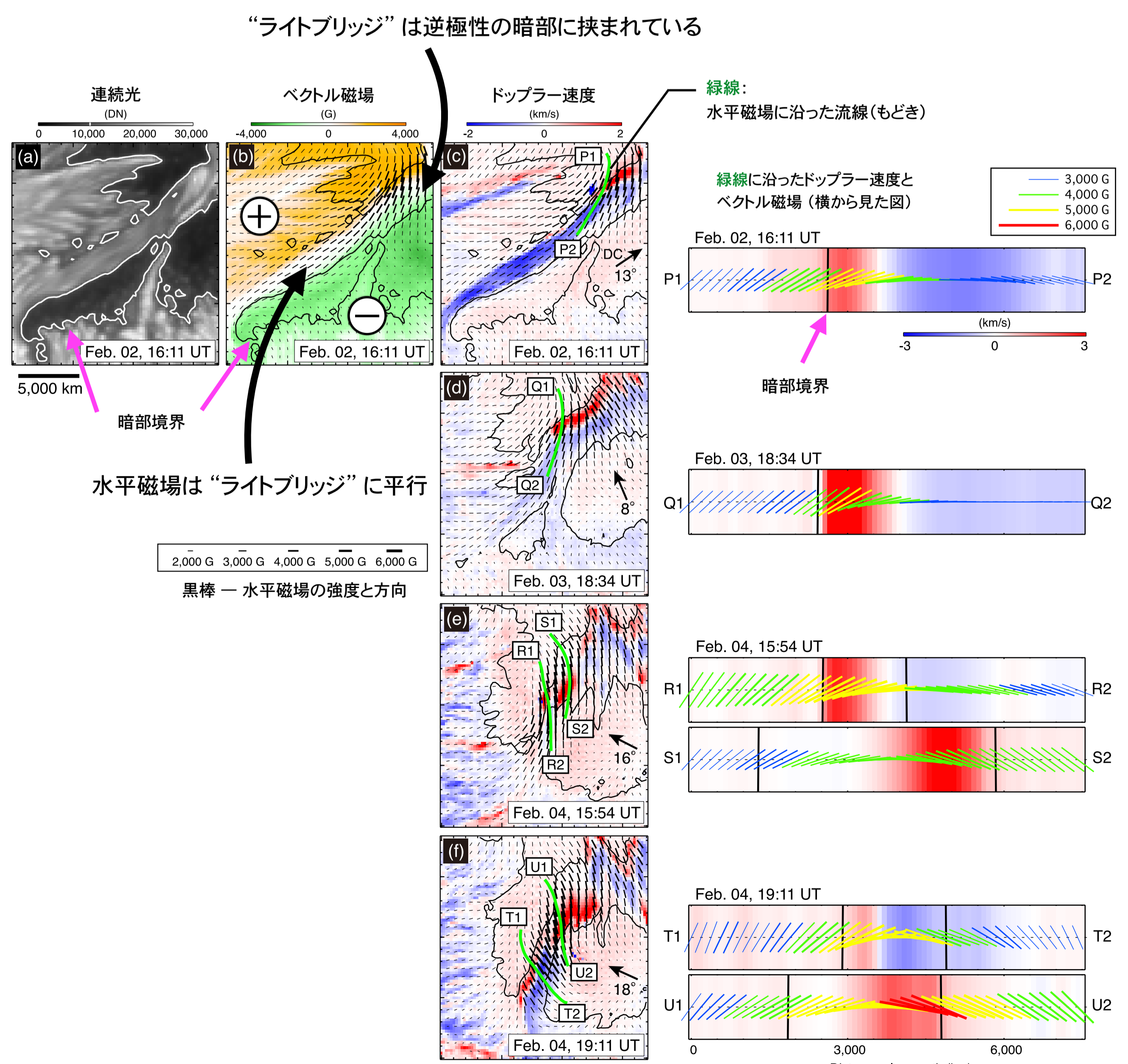
科研費 本研究は JSPS 科研費 16K17663 (PI: J. Okamoto) 及び 25220703 (PI: S. Tsuneta) の助成を受けたものです。

黒点進化の様子

🌟 5日間に渡り、強磁場は“ライトブリッジ”上に存在



“ライトブリッジ”の拡大図と物理量

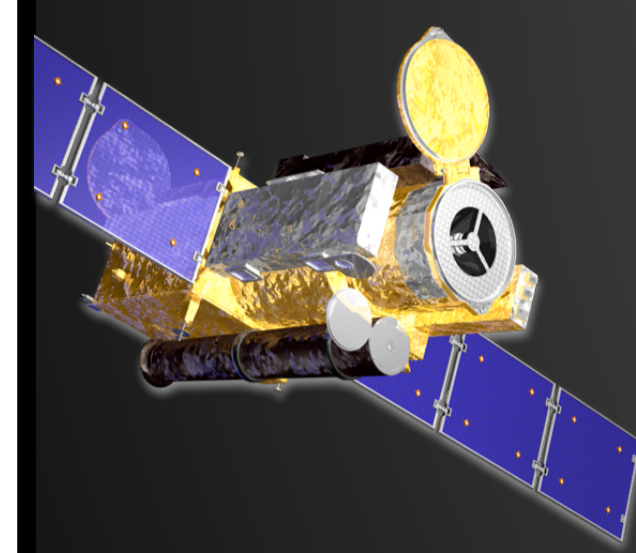
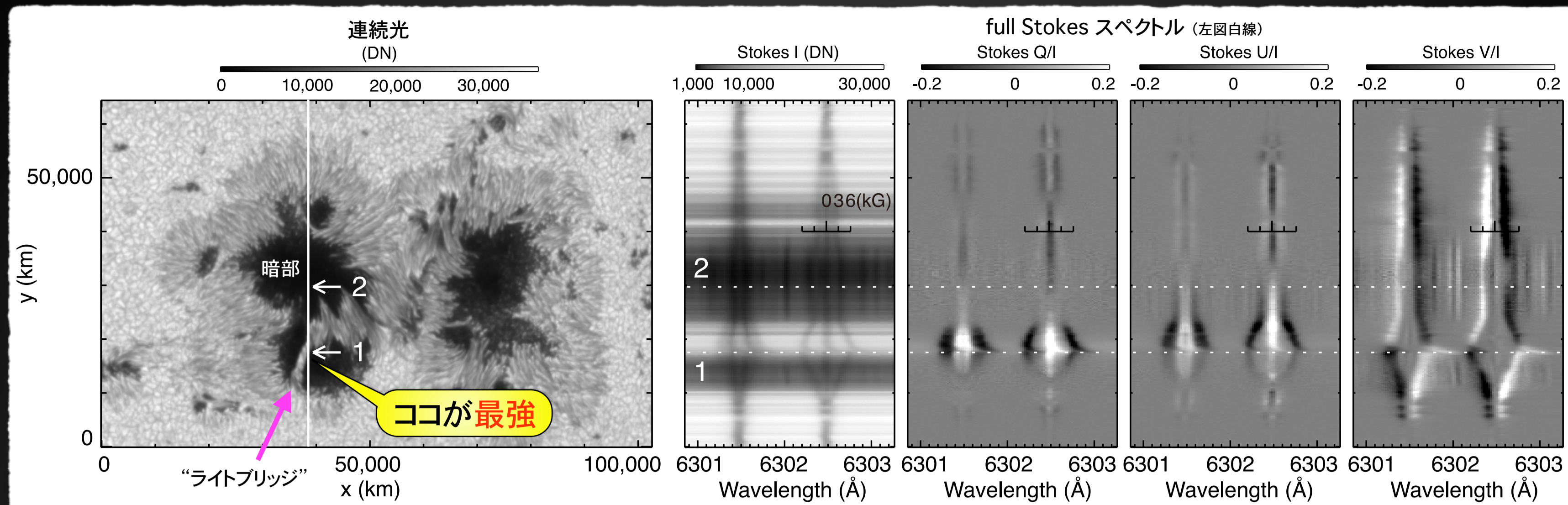


🌟 “ライトブリッジ”内に一様な blueshift 構造

- ▶ 水平磁場に沿った流れとすると、北向き 7 km/s の水平流
～ エバーシェッド流の速度 (時刻や位置に関係なく、6.5-7.2 km/s とほぼ一定)

🌟 水平磁場と暗部の衝突点で redshift, 角度上昇, 磁場強度の増加

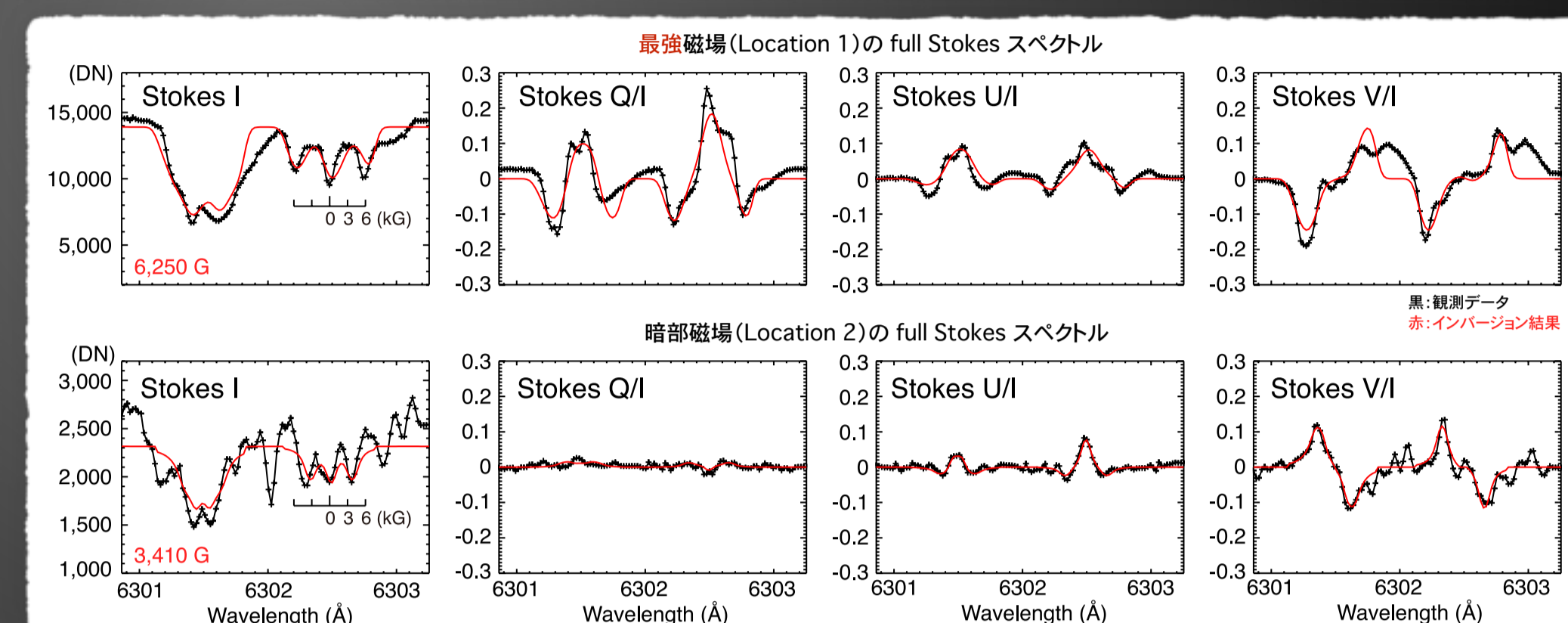
太陽観測史上最強の磁場!



ひので 可視光望遠鏡

Spectro-Polarimeter
(Fe I 6301, 6302Å 線)

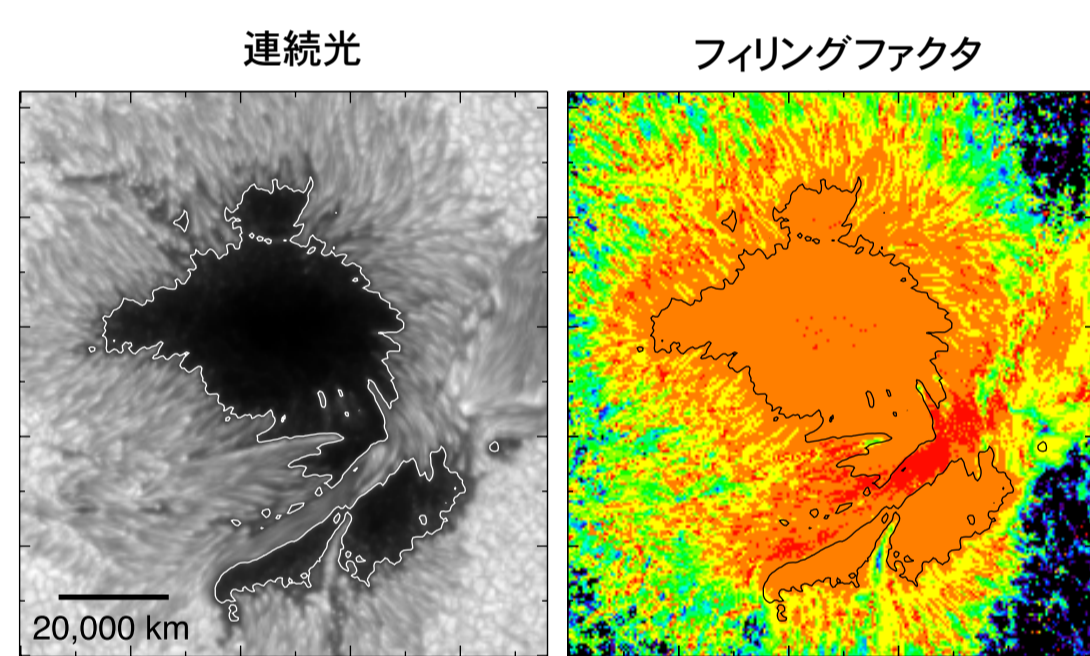
- 2014年2月1日～6日(活動領域 11967)
- 31 スキャン, 約 3時間間隔
- 単純大気モデル(ME)インバージョンで物理量導出
HAO/MERLIN code & 国立天文台/MEKSY code
(Lites et al. 2007)



“ライトブリッジ”上にて顕著に大きなゼーマン分離

6,250 G ←→ 暗部の磁場はそこまで強くない
水平成分 — 6,190 G
鉛直成分 — 890 G
4,300 G 以下

“ライトブリッジ”は本当にライトブリッジなのか?



“ライトブリッジ”ではフィリングファクタがほぼ 1
(フィリングファクタ = 観測ピクセル当たりの磁気大気が占める割合)

←→ 通常のライトブリッジは小さい (Leka 1997)

🌟 “ライトブリッジ”は
南側の暗部から伸びる **半暗部** と見なすのが適当

【解釈】暗部より強い磁場はどのように作られたか?

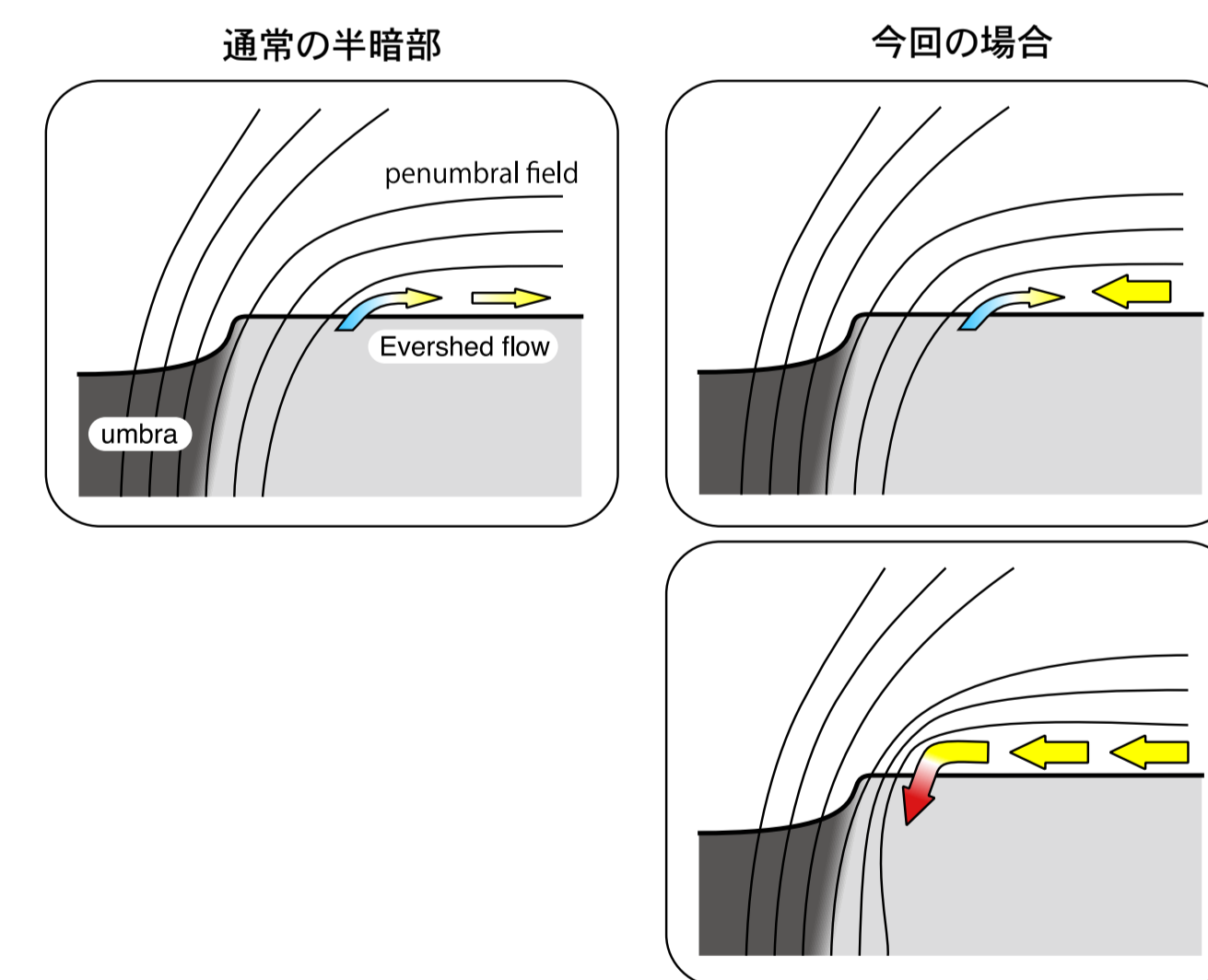
🌟 暗部に向かう水平流がポイント

【4,000 ガウス → 5,000 ガウス】

南側の暗部から伸びる水平流により、
北側の暗部が圧縮され、磁場が強められる
なお、この流れは北側の暗部による半暗部形成を阻害する

【5,000 ガウス → 6,000 ガウス】

強められた磁場は、2つの暗部配置が変化することでさらに強められる
5,000ガウス領域が東に移動
その後、半暗部の方向が変化し、5,000ガウス領域へ向く



議論

🌟 別の解釈：浮上磁場

黒点は太陽内部からの浮上磁場で形成されることが知られている
そして、観測的事実のうちいくつかは浮上磁場の特徴に一致

しかしながら、大きな矛盾点がある

blueshift の観測継続時間が長すぎる

観測事実 5日間 視線速度 1-3 km/s が続く

“ライトブリッジ”のサイズよりずっと大きい (~30,000 km)

ドップラー速度の center-to-limb variation が変

観測事実 太陽面中心に近い時 …… 速度小
太陽面中心から遠い時 …… 速度大

浮上磁場の場合、見かけの上昇速度は
太陽面中心に近い時ほど大きいはず

🌟 本当に “最強” ?

Livingston et al. (2006) … 6,100 ガウス

1917~2004年の100年近く渡るデータについて、Stokes I スペクトルのゼーマン分離を測った — しかし、6100ガウスのスペクトルは掲載されていない

van Noort et al. (2013) … 7,500 ガウス

これまで報告されている中で最大強度。複雑なインバージョン手法とスペクトル復元技術を用いて「ひので」観測による黒点半暗部のスペクトルデータを解析した — ただし、このデータでは典型的なゼーマン分離は見られず、幅の広い吸収線があるだけ

彼らの主張では、強磁場の根拠となっているのは Stokes V の長波長側に見られる幅の広いスペクトルである。我々のデータにおいても Stokes V/I の長波長側に MEインバージョンから外れた成分が見られることから、さらに強い磁場成分が存在しているかもしれない。しかし、彼らの解析手法により復元したスペクトルにはやや疑問が残る。疑義を挟まない確実な証拠を持つ観測データとして、我々の結果は過去最高値と言える

Tanaka (1991), Zirin & Wang (1993) … 4,300 ガウス

逆極性を持つ暗部に挟まれたライトブリッジ上で観測された。その磁場は太陽面にほぼ水平で、暗部の鉛直磁場よりも強いが、その形成メカニズムは謎とされていた (Jaeggli 2016 でも同様の報告)。我々の解釈はその問題に初めて答えを与え、また黒点形成の数値計算などでの理解を深めるものとなる