

# 光球、彩層同時観測データを用いた半暗部形成の詳細解析

渡邊皓子, 北井礼三郎 (京都大学), 大辻賢一 (国立天文台),

Jaime de la Cruz Rodriguez (Uppsala University), Luis R. Bellot Rubio (Instituto de Astrofísica de Andalucía)

## 本研究の背景と目的

- 黒点半暗部の形成、消滅の過程を、高空間分解能で捉えた観測データはいまだに数少ない。さらに光球と彩層の様子を同時に観測しているものとなると、数例しか存在しない。
- 半暗部形成において彩層の役割が重要であることが理論 (Rempel et al. 2009, ApJ) から観測 (Shimizu et al. 2012, ApJ) からも明らかになってきた
- 半暗部形成の瞬間を捉えた二種類のデータの詳細解析結果を示し、そこから示唆される半暗部形成期・消滅期の磁場の変化と彩層の役割について考察する

## 観測と解析 I .Swedish Solar Telescope

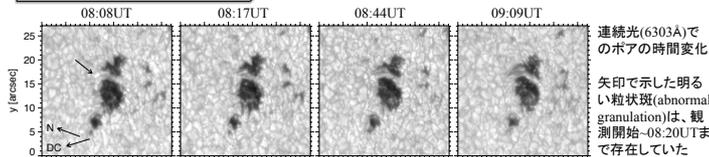
### 観測日時, ターゲット

- 2009年7月6日 08:05UT~09:18UT (約1時間)
- NOAA11024に属するポア (S25°, W21°) 付近

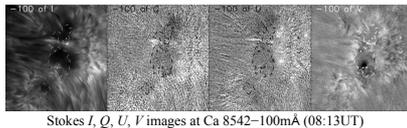
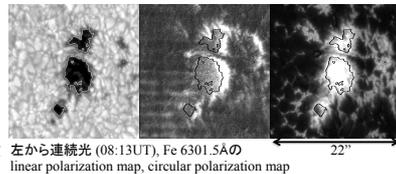
### 観測シーケンス

- イメージング偏光分光装置であるCRISPを用い、Fe I 6301.5Å(48mÅ刻みで15点), Fe I 6301.5Å(48mÅ刻みで15点), Ca II 8542Å(100mÅ刻みで17点)の3種類のラインスキャンで、Stokes  $I, Q, U, V$  プロファイルを取得
  - Fe linesは光球、Ca lineはline core付近(±300mÅまで)が彩層の高層、line wingが遷移層-光球上部からそれぞれ放射されている
- ラインスキャン間の時間間隔は約1分、pixel sizeは0.059"
- 偏光キャリブレーション後、偏光測光精度は  $2\text{-}3 \times 10^{-3}$  (Fe lines),  $2\text{-}4 \times 10^{-3}$  (Ca)

### ポアの時間変化

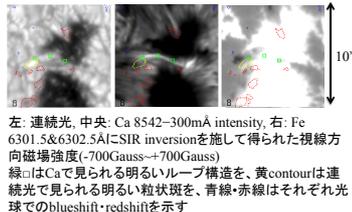


- 08:20UT頃からライトブリッジの片端に半暗部フィラメントが出来始め、観測終了まで成長(elongation, thickening)を続ける
- 光球ではEvershed flowに対応する速度場(1-3 km/sのブルーシフト)が半暗部形成と同時に現れた
- Linear, circular polarization mapでは、シグナルの強い領域がポアの境界より3-5" 広がっており、磁場のカノピー構造を示唆すると思われる。半暗部形成に対応するような急激な時間変化は見られなかった。
- 半暗部形成の領域では、周囲より強いlinear polarizationが彩層に観測開始時(半暗部形成前)からすでに存在していた。その絶対値は次第に減少する傾向にある。



### flux emergence

- 半暗部形成の領域で、flux emergenceが起きていることの間接的な証拠(Caでの明るいループ構造、光球での足元の逆極性など)が得られた。
- Caでの明るいループ構造、光球での足元の逆極性は観測開始時(半暗部形成前)からすでに存在していた。



左: 連続光, 中央: Ca 8542-300mÅ intensity, 右: Fe 6301.5Å & 6302.5ÅにSIR inversionを施して得られた視線方向磁場強度(-700Gauss→+700Gauss) 緑□はCaで見られる明るいループ構造を、黄contourは連続光で見られる明るい粒状斑を、青線・赤線はそれぞれ光球でのblueshift・redshiftを示す

## 半暗部形成における彩層の役割(過去文献)

- <Rempel et al. 2009, ApJ> MHD simulationで半暗部を形成するには、top boundaryに水平磁場をimposeする必要がある。
  - <Shimizu et al. 2012, ApJ> Hinode G-band, Ca II Hの同時観測で撮影された半暗部形成において、Ca II H (彩層)のみで見られる半暗部のような暗い領域(annular dark zone)が、G-band (光球)における半暗部形成の10時間前から存在していた。
- ➡ 半暗部形成は、先に彩層で磁場のカノピー構造が作られ、その後傾いた磁場構造が下層(光球)に伝わって起きていたのではないかと

## 観測と解析 II .Hinode Solar Optical Telescope

### 観測日時, ターゲット

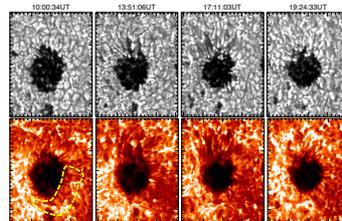
- 2007年3月2日 10:00UT~20:55UT (約11時間)
- NOAA10940に属するポア (S5°, W30°) 付近

### 観測シーケンス

- 3種類のフィルターグラム(G-band, Ca II H, line-of-sight magnetogram of Fe 6302.5Å) を1.5分刻みで撮像
- pixel sizeは0.11" (G-band, Ca II H), 0.16" (magnetogram)

### ポアの時間変化

- 12UT頃から北側に半暗部フィラメントが出来始め、17UTまで成長を続ける。しかし17UTから半暗部は突然消滅に転じ、19UTには完全に消失する。
- 半暗部成長の間、暗部の面積は少しずつ減っている(約3%/時)。19UTに半暗部消失後、暗部の面積が若干(10%)回復する。



ポアの時間変化(10:00UT, 13:51UT, 17:11UT, 19:24UT) 上: G-band, 下: Ca II H 領域の大きさは21" x 26.5"

10UT-13UTの間、Ca II Hでカノピー構造を示唆するannular dark zoneをポアの南東部分(半暗部フィラメントの形成とは異なる場所)に発見

## 結論と考察

- 半暗部形成前のポアには、**彩層に傾いた磁場であるカノピー構造**があることを示す兆候(linear polarization, annular dark zone)を得た
- 光球での突然なフィラメント形成の引き金となる擾乱の候補である、abnormal granulationやflux emergenceを発見した
- 半暗部形成に際した急激な連続光や速度場の変化に対応するような急激な変化は、光球磁場・彩層磁場には見られなかった
- 今回解析した二つのポアでは、半暗部は黒点全体を覆うまでは成長しなかった。安定した半暗部の形成には、外部からのfluxの追加など、別の条件が必要であると思われる

