

# 恒星 14a 太陽偏光分光観測による光球-彩層間の磁場解析

茨城大学大学院博士前期課程 1 年 大井瑛仁

## 1 導入

光球で生成される Si I 10827Å と彩層上部で生成される He I 10830Å を用いた偏光観測は、各層の磁場診断により層間の構造のつながりを議論することが可能である。Choudhary et al. (2002) は、Si I と He I のラインでの円偏光分布 (図 1.1) の相関を求めた。Si I と He I の相関係数は 0.76 に対し、NSO/KP での光球-彩層 (Ca II 8542Å) の相関係数は 0.9 であった。He I 10830Å が Ca II 8542Å が形成される層より高く遷移層に近いことから、磁力線がコロナに向かうとともに急速に水平方向に傾いていると結論付けた。

また、萩野 (2005 年太陽研究会) は、Si I-He I の円偏光分布を黒点、プラージュ、静穏領域に領域を分けて相関を求めた (図??)。まず、静穏領域の相関係数は 0.3 であり無相関であった。一方で、プラージュの相関係数は 0.8 であり

比較的相関が高かった。これは、静穏領域では磁場が弱く偏光が十分でないために太陽偏光が検出できていないが、プラージュでは光球から彩層にかけて太陽面の法線方向へ貫く磁場が存在するために相関が高くなったとした。次に、黒点の相関係数は 0.7 でありプラージュと比べ相関が低くなった。これについて、He I のスペクトル線形成過程における解釈の難しさを含んでいると結論付けた。また、黒点の Si I-He I 散布図はいくつかの成分が重なった様に見受けられた。よって、黒点は領域を細分化することで Si I-He I 円偏光分布の特徴を議論できると考えられる。

本研究では黒点の磁場構造を円偏光分布の相関と磁場診断から検証した。

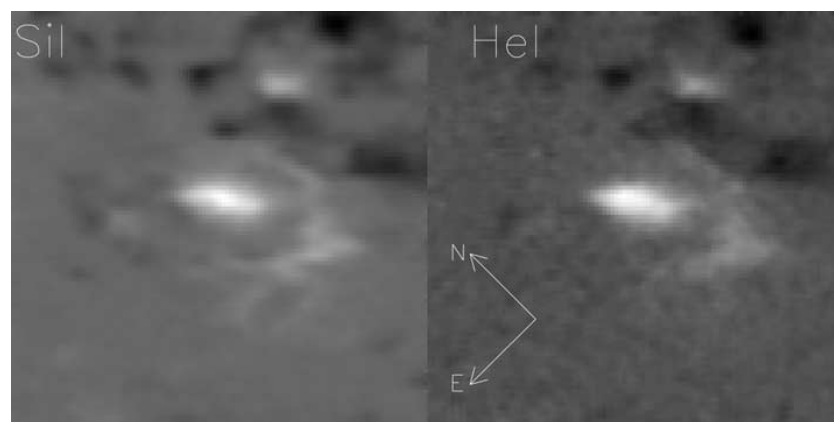


図 1.1: 活動領域 (NOAA 8350) の視線方向磁場

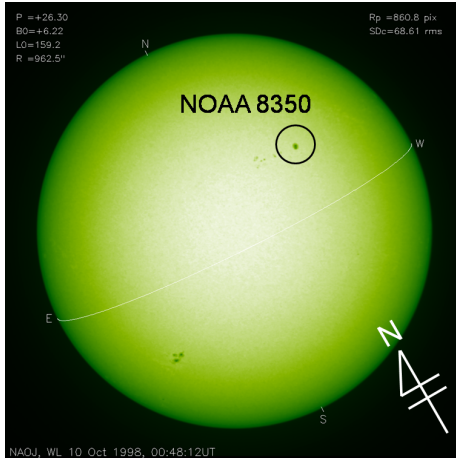


図 2.1: 白色光全面像 (三鷹キャンパス)

観測者	一本潔ほか
観測日	1998年10月10日 (JST)
観測対象	活動領域 NOAA 8350
カメラ	冷却 CCD カメラ
露出時間	4000ms
スリット幅	80 $\mu$ m (2 秒角に相当)
視野	2 秒角 $\times$ 100 スキャン

表 2.1: 観測内容

## 2 観測

今回使用したデータは乗鞍コロナ観測所 25cm コロナグラフで 1998 年 10 月 10 日に活動領域 NOAA 8350 を偏光分光観測 (フルストークス) したものである。観測された NOAA 8350 は、図 2.1 の丸枠で示す部分に存在していた。また、対象は太陽中心からリムへ 30 度ほどに位置していた。NOAA 8350 は 1998 年 10 月 2 日 (JST) から東のリムに出現しており、1998 年 10 月 12 日 (JST) に西のリムに移動するまで確認できた。1998 年 10 月 9 日 (JST) まで形のはっきりした後続黒点を確認できたが、1998 年 10 月 10 日 (JST) 以降も形状を保った黒点は先行黒点のみとなった。乗鞍コロナ観測所での同対象の観測内容を表 2.1 に示す。

## 3 V マップの相関

黒点として選択した領域を 9 分割した様子を図 3.1、3.2 に示す。これらのマップは、Si I と He I のラインセンター

から  $\pm 0.6\text{\AA}$  までの値を用いて作製したストークス V マップである。破線が黒点を 9 分割した様子であり、9 つに分割した 1 つの領域は  $6 \times 10$  pixel である。なお、このデータの 1 pixel は 1 秒角に相当する。

これら 9 つの領域について相関をとったものを図 3.3 に示す。これらは横軸に He I V マップ、縦軸に Si I V マップをとった散布図である。図 3.3 の散布図の位置は、図 3.1、3.2 の 9 つの領域と対応しており、散布図に記した数字はそれぞれの相関係数である。これら 9 つの領域の相関は全体的に高いが、黒点周辺部は黒点中心部より相関が高くなる傾向が見られた。これは、黒点周辺部は円偏光度の違いによりコントラストが高いため相関が高い、または黒点中心部はそのコントラストが低いため相関が低いことが考えられる。円偏光度が変化する要因として、磁場強度の変化、磁力線の仰角の変化が考えられるため、黒点周辺部ではこれらの変化が顕著であり、黒点周辺部ではこれらの変化が消極的であると考えられる。

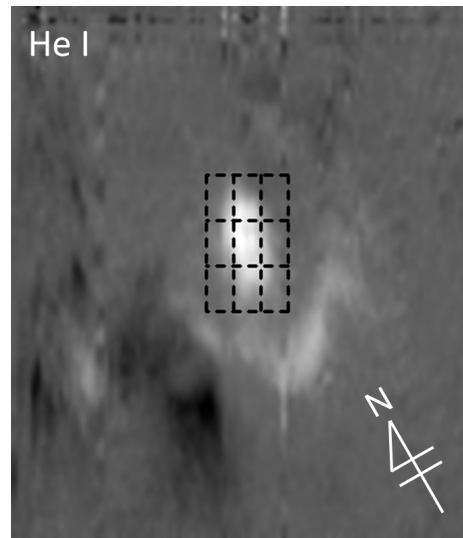
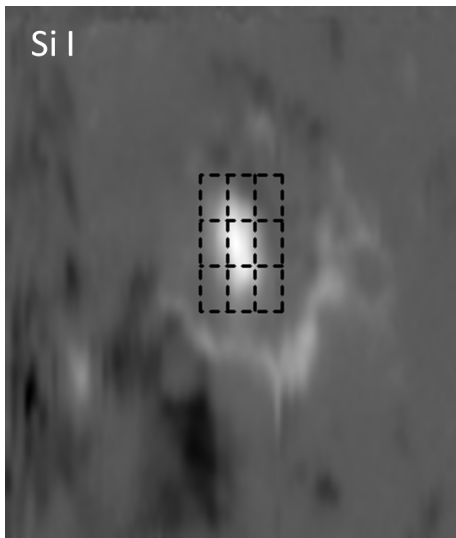


図 3.1: Si I V マップ

図 3.2: He I<sub>c</sub> V マップ

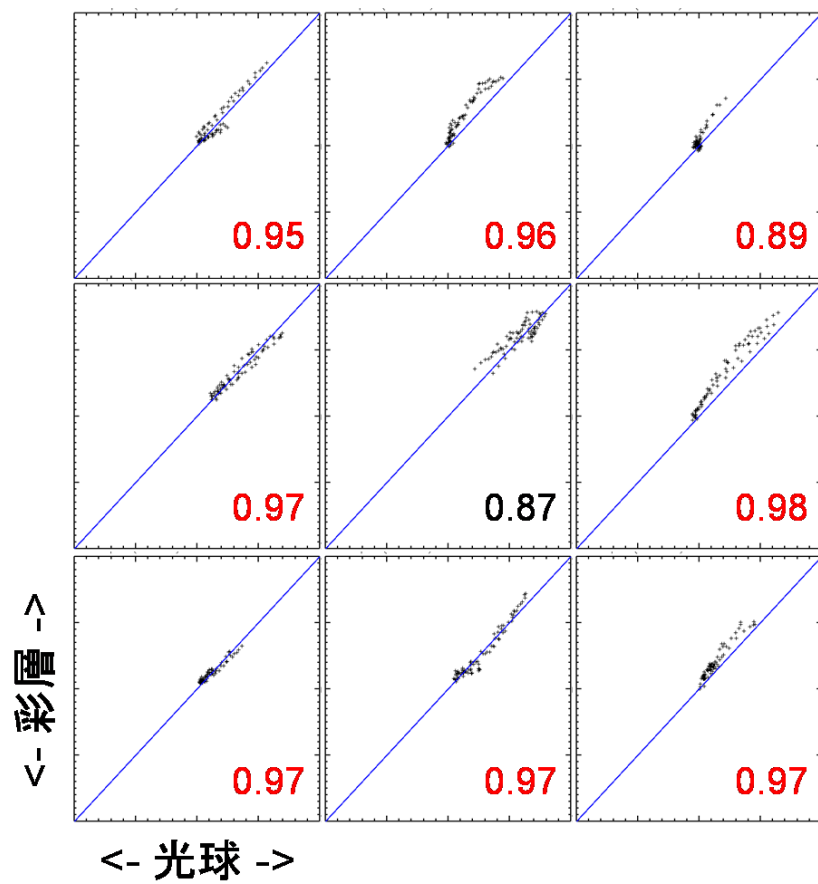


図 3.3: 9つの領域での散布図と相関係数

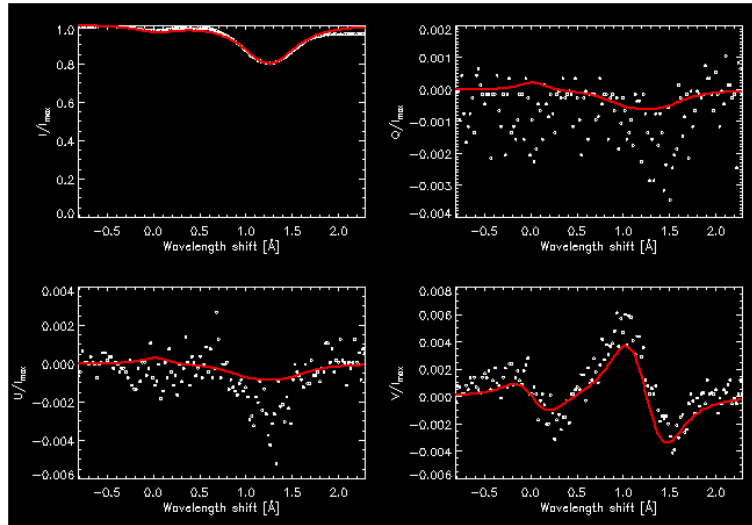


図 4.1: HAZEL によるフィッティングの様子

## 4 磁場診断

図 4.2 左に示す 10 点について磁場診断を行った。診断にはスペイン IAC で開発されているインバージョンコード HAZEL を用いた。HAZEL は Zeeman 効果と Hanle 効果を用いたコードであり、Zeeman 効果では測定できない弱い磁場まで診断可能である。本研究では黒点の磁場強度と仰角に注目して診断を行った。

HAZEL による診断例を図 4.1 に示す。これは図 4.2 左中の赤点に相当する。ストークス  $Q$ 、 $U$  については太陽偏光信号の判別が困難なため、診断が難しい。

これらの結果を磁場強度と方位角で表示したものを 4.2 右に示す。4.2 右は 4.2 左の黒点を拡大したものである。図の赤線の長さが磁場強度を、赤線の向きが方位角を表しており、長さのスケールは図 4.2 下に示すとおりである。黒点中心部の方位角は東を向く傾向があるように見られるが、上記の理由によりその議論は難しい。磁場強度は黒点中

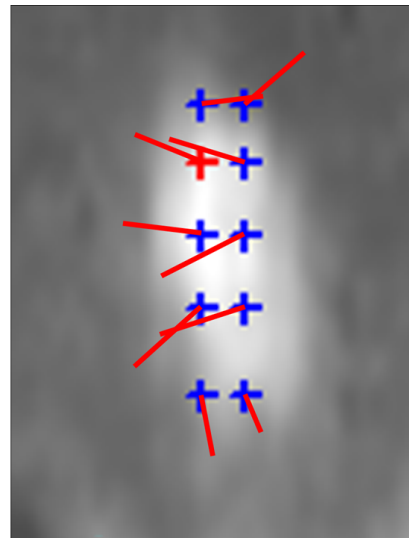
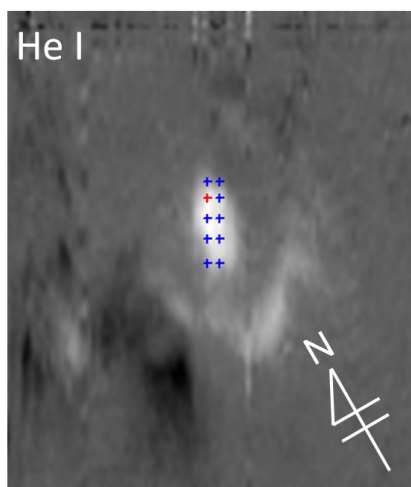
心部で強く、周辺部で弱くなる傾向が見られる。

磁場強度と仰角で表示したものを 4.3 左に示す。図の赤線の長さが磁場強度を、赤線の向きが仰角を表しており、長さのスケールは図 4.2 下に示すとおりである。仰角は 4.3 右の矢印 1、2 の線上で並べ投影したものである。仰角は黒点中心部で太陽面に対し垂直方向に立っており、黒点周辺部に向けて水平に傾く傾向が見られる。また、図 4.3 左では仰角が太陽面に対し水平に傾くと磁場強度が弱くなる傾向も見られる。

以上の結果から、黒点中心部では仰角や磁場強度の変化が乏しいが、黒点周辺部ではこれらの変化が顕著であることが分かった。

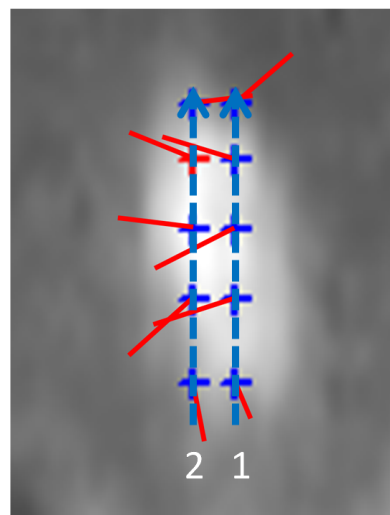
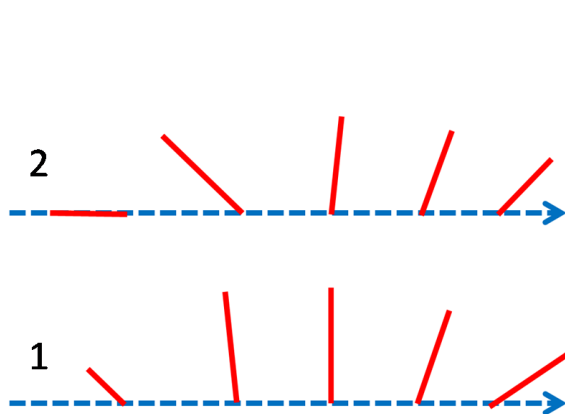
## 5 まとめ

本研究では黒点の磁場構造を光球と彩層の円偏光分布の相関と彩層の磁場診断から求めた。



— 500 Gauss    — 800 Gauss    — 1200 Gauss

図 4.2: 磁場診断を行った 10 点 (左) と磁場強度と方位角 (右)



— 500 Gauss    — 800 Gauss    — 1200 Gauss

図 4.3: 磁場強度と投影した仰角 (左) と投影のさせ方の図 (右)

円偏光分布の相関からは、黒点中心部に比べ黒点周辺部で相関が高くなる傾向が見られた。これは黒点周辺部でVマップのコントラストが高いためであるが、Vマップの値は磁場強度と磁力線の仰角が影響するため、黒点周辺部ではこれらの変化が顕著であり、黒点周辺部ではこれらの変化が消極的であると考えられる。

このことについて磁場強度と磁力線の仰角に着目して彩層の磁場診断を行った。磁力線の方位角はストークス $Q$ 、 $U$ の太陽偏光信号の判別が困難なため診断が難しい。磁力線の仰角は黒点中心部から周辺部にかけて太陽面へ水平に傾く傾向が見られた。また、磁場強度は黒点中心部で強く周辺部で弱い傾向も見られた。よって、黒点中心部では仰角や磁場強度の変化が乏しいが、黒点周辺部ではこれらの変化が顕著であることが分かった。

以上の結果から、黒点周辺部でSi IとHe Iの円偏光分布の相関が高くなるのは、黒点中心部から周辺にかけて磁場強度が減少し磁力線は水平に傾くためである。

以上は国立天文台三鷹キャンパス太陽フレア望遠鏡の赤外ポラリメーターや、京都大学ドームレス望遠鏡での偏光分光観測に応用でき、これらのデータ取得は彩層上部の磁場を知る上で重要である。

## 参考文献

- Choudhary, D. P., Suematsu, Y., & Ichimoto, K. 2002, Solar Phys, 209, 349

- Ramos, A. A. & Bueno, J. T. 2008, ApJ, 683, 542