

図1 NOAA活動領域12450のフィラメント領域(11月12日)の面分光データから再現された多波長H α 単色像(左)、太陽縁プロミネンス(11月13日)のH α 線中心単色像。

(末松芳法(国立天文台) 記)

太陽磁場偏光計測への時間相関イメージセンサの適用

これまでの経緯: 2013年度より飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡(DST)を用いて、画素上で参照信号との相関検出を行う時間相関イメージセンサを太陽磁場の偏光計測に適用する実験を進めている。2013年度には、回転補償子(1/4波長板)とそれに同期した三相三系統の時間相関イメージセンサにより、FeI 6302.5 Å吸収線の分離とその円偏光の強度と符号、直線偏光の強度と方向を同時に画像化する原理確認の実験を行い、2014年度には相関検出精度の高度化、ならびに相関画像による像面の光強度分布の流れ(オプティカルフロー)の厳密直接検出法を適用し、大気ゆらぎによる像運動の検出を試みた。今回報告する2015年度においては、DSTから検出系に至る偏光特性の校正による量的な精度を評価することを目標に8月上旬に実験を行った。あいにく天気あまり恵まれなかったが、これまでより偏光感度が向上したいくつかのデータを得ることができた。

回転補償子法: 測定時に入射光に変調を加える要素として補償子(1/4波長板)を用いる方法が回転補償子法である。入射光の経路に光軸まわりに回転可能な補償子を挿入し、さらにその出射光を向きを固定した偏光子に通した後で、イメージセンサにより透過光の強度を画像として観測する。こうすると、参照信号周波数 4ω の相関画像の振幅と位相に直線偏光に関するストークスパラメータ $S1, S2 (Q,U)$ が、 2ω の相関画像の振幅と位相に円偏光に関する $S3 (V)$ (右回り円偏光と左回り円偏光の差)が、直流分(強度画像)に $2S0 + S1 (2I + Q)$ が符号化され検出されることになる。

実験結果: 図1, 図2に, 黒点周囲での検出結果を, 上から順に強度画像(2S0+S1), 円偏光応答(S3), 直線偏光応答(S1,S2)を示す。図1では薄曇りのため全体に光量が減少しており, 図2では頻りに雲に覆われるが光量としての条件は比較的良好。垂直の黒い筋はスリット上のヘアラインやごみ, 水平の黒い筋は雲の影響である。時間相関イメージセンサで検出されるのは分離した吸収線付近の光量変化の周波数成分の分布であり, ガウス型関数を吸収線の中心を中心として対称と反対称に重ね合わせることで核関数とし, 実際の分離した吸収線の相関画像にこれを作用させて出力としている。図1, 図2の結果を見ると, パターンとしては, 黒点以外の太陽表面での応答らしきものも観察できており興味深い, その量的応答から磁場の三次元分布を推測できる段階には至っていない。原因として, 円偏光成分と直線偏光成分に明らかな干渉が見られ, 円偏光出力には本来ないはずの対称成分, 直線偏光成分には同様な反対称成分の残留が見られることがある。このため,

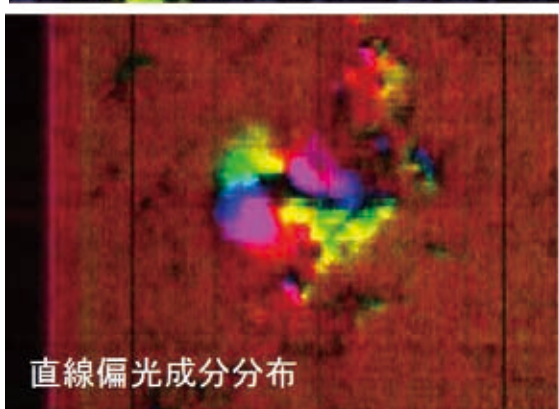
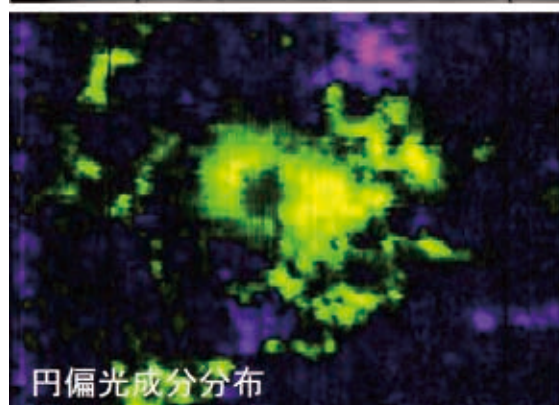
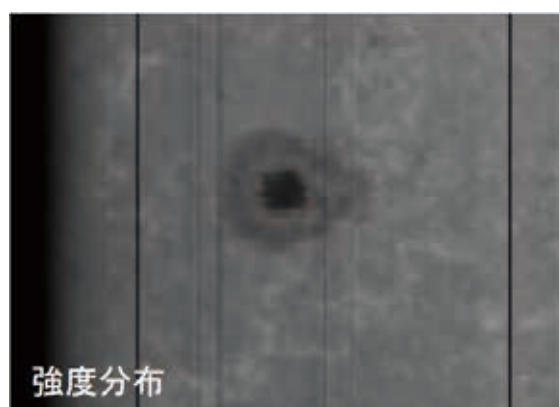


図1 2015/08/04 の観測結果の1例。
100ステップ走査で総露光時間408.25
秒。符号と方向は色相で表示。

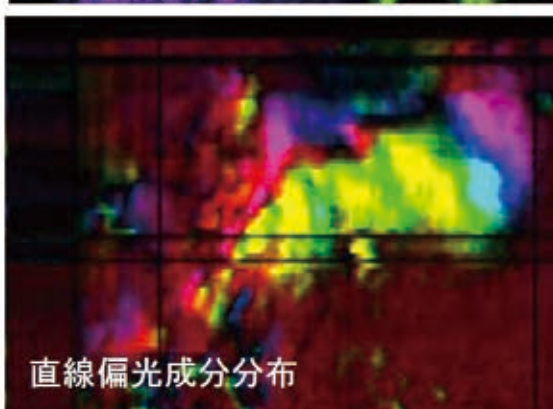
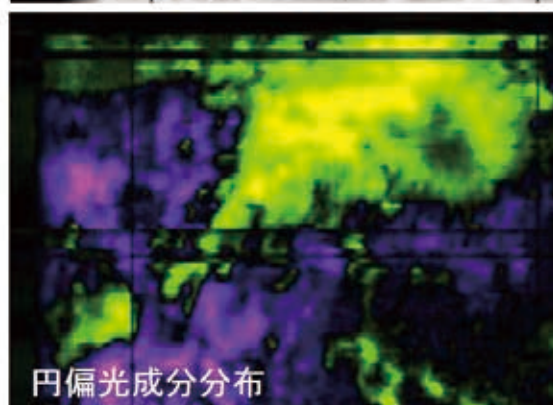
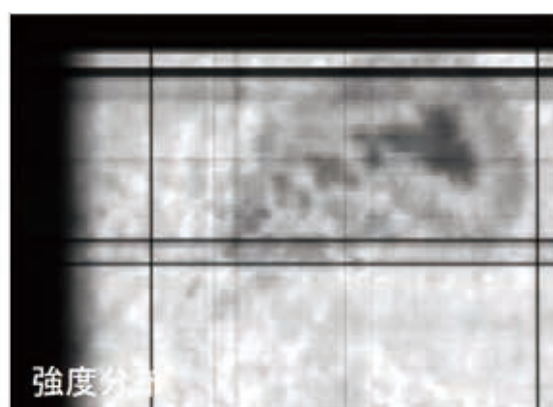


図2 2015/08/07 の観測結果の1例。
100ステップ走査で総露光時間408.25
秒。符号と方向は色相で表示。

未だ量的なモデルや補償方法を実装するほどの段階には到達できていない。校正データの取得法としても、強いバックグラウンド光の中でのわずかな偏光成分の検出を想定した方式の検討が必要と思われる。

今後の課題と展望： これまでの実験で、時間相関イメージセンサによる太陽磁場の偏光計測において精度の限界を与える主要因として、アナログ型の時間相関イメージセンサにおいては、相関蓄積の乗算機能を担う分流トランジスタのRTN(random telegraph noise)雑音の存在、デジタル型においては、微少電荷の高速転送の際の残留電荷や逆流電荷の存在が明らかになってきた。前者は、MOSTトランジスタのチャンネルから、その電荷がゲート絶縁層にトラップされて生じるものであり、チャンネルの不純物濃度の低減や低温動作により改善されることが知られている。後者は、現代の高速イメージセンサがグローバルシャッタ化や暗電流の低減のため多段の転送構造をもつことで特に強く表れるようになった問題である。2016年より、新たに有力企業の支援を得て、改良型の時間相関イメージセンサの開発に着手することになっており、これらの問題の解決も、その主要な開発課題となっている。これらが完成した後、新たな時間相関イメージセンサを用いて、再度、太陽磁場の偏光観測実験に挑戦したいと考えている。

(安藤 繁(東京大学)、花岡 庸一郎、櫻井 隆(国立天文台) 記)

ヘリウム輝線の分光観測による彩層プラズマ診断

本研究は、可視光中性ヘリウム線のうち電子スピンの異なる2つの輝線である 6678 Å (一重項) と 5876 Å (三重項)、およびH α 輝線の同時分光観測による、彩層輝線の励起過程と彩層温度構造を調査することを目的とする。

1. 中性ヘリウムの特性

最外殻電子2つにより構成され、電子スピンの向きにより一重項と三重項として存在する。組成比は水素に次いで多いが、基底状態が閉殻構造を持つため励起エネルギーが高く、彩層における光学的厚さは水素に比べて非常に小さい。標準大気モデルにおけるHe II 304 Å、及び He I 5876 Å、6678 Åの contribution function を図1に示す。

可視光の 6678 Å ($1s2p\ ^1P^0 - 1s3d\ ^1D$)

および 5876 Å ($1s2p\ ^3P^0 - 1s3d\ ^3D$) は太陽大気中では彩層で光学的に薄く、He IIからの光電離-再結合過程、またはフレア大気などの高温・高密度状態で形成される。したがってこれらの輝線を用いてフレア大気中におけるEUV irradiation と衝突電子の診断が可能である。またプロミネンスなどの光学的に薄いと仮定できる構造に対して、この2つの輝線強度比は温度・密度依存性がある。これにより、プロミネンスの温度診断が可能となる。

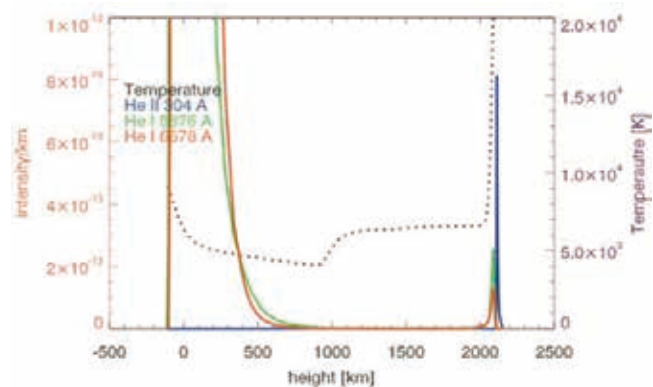


図1 He輝線の contribution function