

三鷹観測データの取得と解析

鈴木 大輔 (明星大理工)

末松 芳法 (国立天文台)

Abstract

空間的に局在化し、時間的に速い変化を伴うフレア・紅炎噴出などの現象を捉え、解析するためには、広い波長域で空間 2 次元情報を同時に取得する事が求められる。この様な装置の実現のため、国立天文台・三鷹で製作中である、マイクロレンズアレイを用いた太陽用 3 次元同時分光装置の観測データの取得と解析用プログラムの開発を行った。

1. マイクロレンズアレイ 3 次元同時分光観測装置

国立天文台・三鷹におけるマイクロレンズアレイ 3 次元同時分光観測装置の光学系 (図 2、図 3) は、望遠鏡、拡大系、分散系、縮小系、検出器、モニター系からなり、これらは、屋内の分光室に設置されている。太陽光の導入には、30cm シーロスタットを用いている。

通常既存の望遠鏡、分光器は口径比が一致している。拠って、このまま望遠鏡太陽像面上にマイクロレンズアレイ (以下、MLA と略) をスリットの代わりに配置しても、瞳像が微小レンズ系と同じになりスペクトルの 2 次的分離が出来ない。そこで、望遠鏡口径比を上げる為、拡大光学系が必要である。今回は既存の装置である国立天文台・三鷹のヘリオスコープ用分光器を流用している。

分光室内に導入された太陽光は口径 12 cm の望遠鏡で集光され、凸レンズ 2 枚 (図 2 の L1、L2) で構成される拡大系の L1 凸レンズの前焦点位置に太陽像を作り、ここに視野絞りを置く。観測視野は約 57 角である。さらに L1、L2 凸レンズは telecentric system を作っている。これは、後方に配置されている、H フィルターとマイクロレンズアレイに特性の等しい光線 (主光線が平行で光束径が等しい) を入射させる為である。この拡大系は約 1.8 倍の拡大率になっている。

拡大系を通った太陽光は次に、H フィルター、MLA を通る。MLA は微小なレンズが 2 次的に配列したもので、これが作る瞳像が分光器のスリットの役目を果たす。今回は 50×50 (実効 40×40 程度) の配列を持ったものを用いた。この MLA の微小レンズ一つ一つに対応したスペクトル像が検出器上に出来る。

コリメーター鏡 (M5) を経た太陽光は分散系に入るが、分散には 600 本/mm のグレーティング (G) を用いている。次にカメラ鏡 (M6) で再び集光され、縮小光学系を通り、検出器として用いられている CCD へと結像される。縮小光学系は縮小率 0.365 倍のレンズ (L3) が用いられているが、これは、CCD のチップサイズに、スペクトル像が適切な大きさになるような倍率になっている。

以上が三鷹におけるマイクロレンズアレイ 3 次元同時分光観測装置の光学系の概要であるが、このままでは各スペクトルに重なりが出来てしまう。MLA 前方に配置されたブロッキングフィルターは H 線を中心に FWHM で 10 度で、分散方向の間隔を広くするために MLA 自体を光軸を中心に約 9 度回転させる。

観測視野は約 1 角程度と狭いので、現在の観測領域を知る為にモニター光学系があると便利である。。そこで、ビームスプリッターを導入し、投影版に白色光太陽全面像を投影する光学系を設けた。

観測波長は、活動現象の検出が容易で 3 次元同時分光観測の威力が最も発揮できると思われる H 線を選んだ。フレア時などの Doppler 幅の広がりを考えると 10 程度以上の波長幅取得が望まれる。

空間分解能は約 3 であるがシーイングを考えると実用的な値であろう。波長分解能は 0.134 であり、H 線その他、大気線、光球吸収線を含む広い波長域を同時に取得できるので、通常の狭域フィルター観測より情報量が多く得られる。時間分解能は CCD の読み出し時間に依存し、現在使用しているものは、約 2.5 秒である。

表1:三鷹ヘリオスコープにおけるマイクロレンズアレイ分光装置観測パラメータ

空間分解能	1.44
視野	57 × 57
波長分解能	0.134
観測波長幅	20 (フィルターFWHM = 10)

表2:マイクロレンズアレイ分光装置仕様

望遠鏡	口径 12 cm	F = 460 cm F-ratio = 38.3
分光器	Evans-Fasty 型 コリメーター鏡口径 15 cm カメラ鏡口径 15 cm グレーティング 10.2cm × 10.2cm	f = 300 cm f = 300 cm 600本/mm 一次分散 5.45 /mm
マイクロレンズアレイ	微小レンズ径 600 μ m角	f = 28.2 mm F-ratio = 47
CCD	ピクセル 9 μ × 9 μ 12bit A/D	1536 × 1024 読み出し時間 2.5秒
MLA 前 Telecentric 光学系	凸単レンズ2枚	拡大率 18.645
CCD カメラ前縮小光学系	凸単レンズ	縮小率 0.365

図 1：観測された黒点像と H α 2次元像

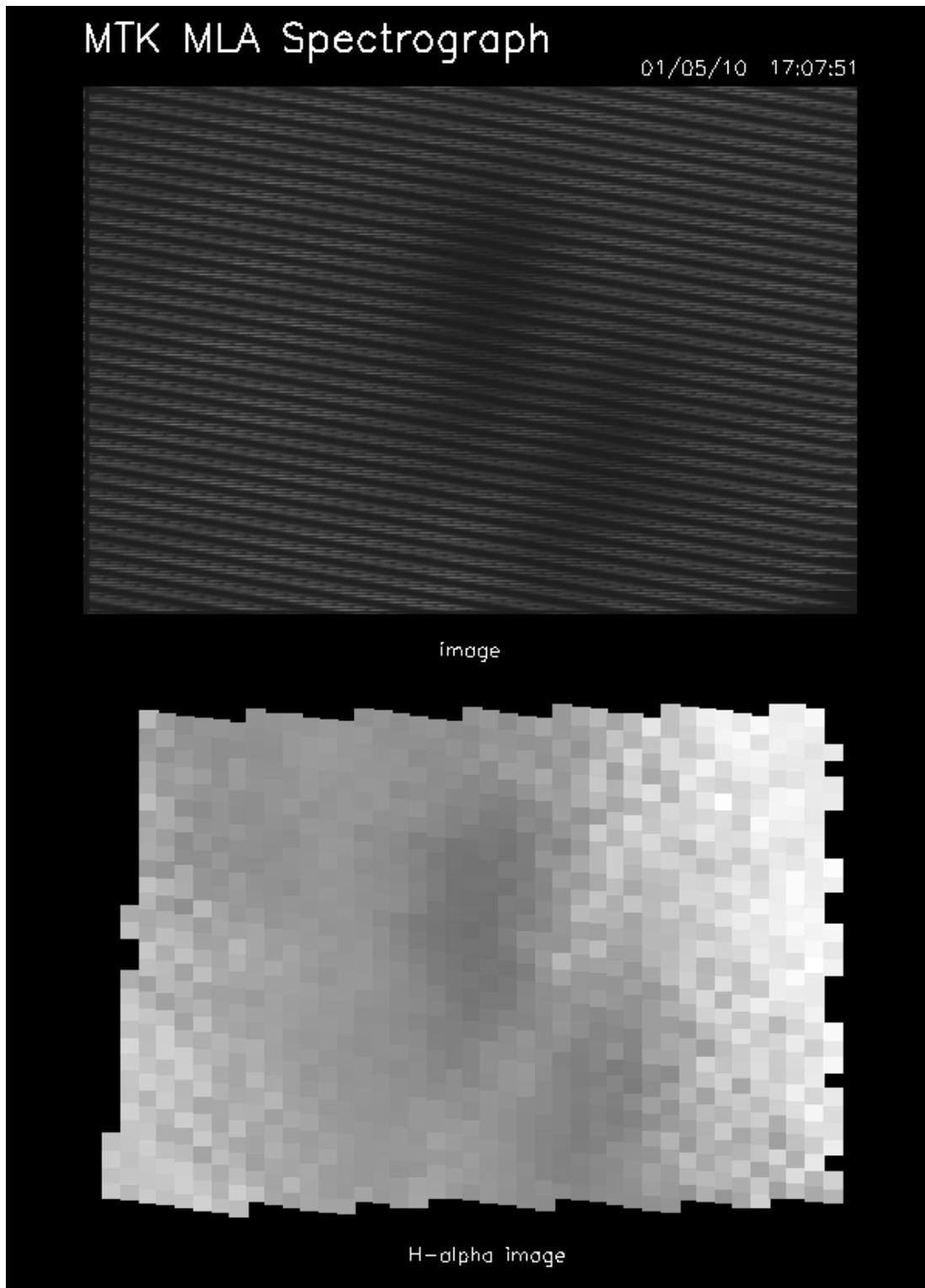


図2:分光器光学系1

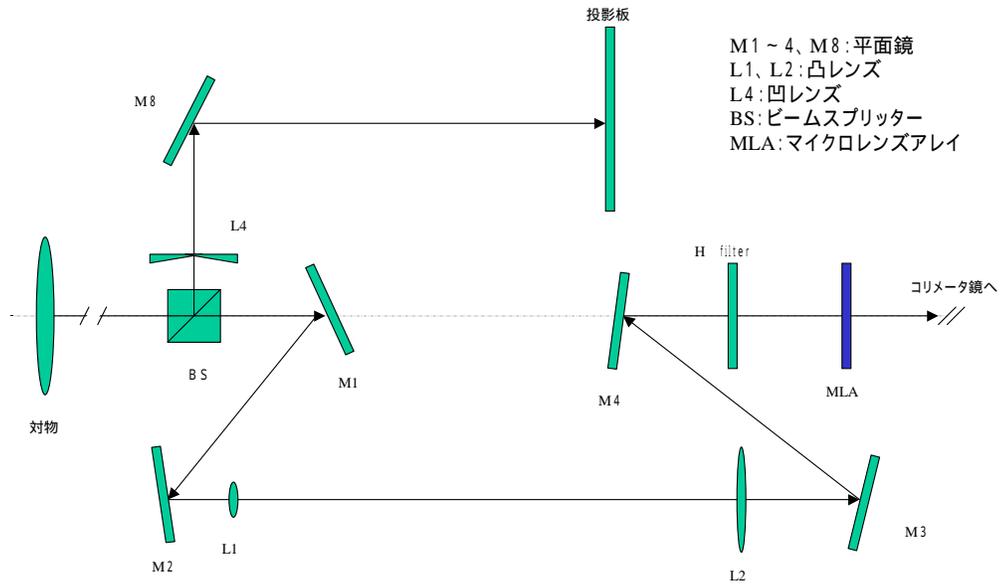
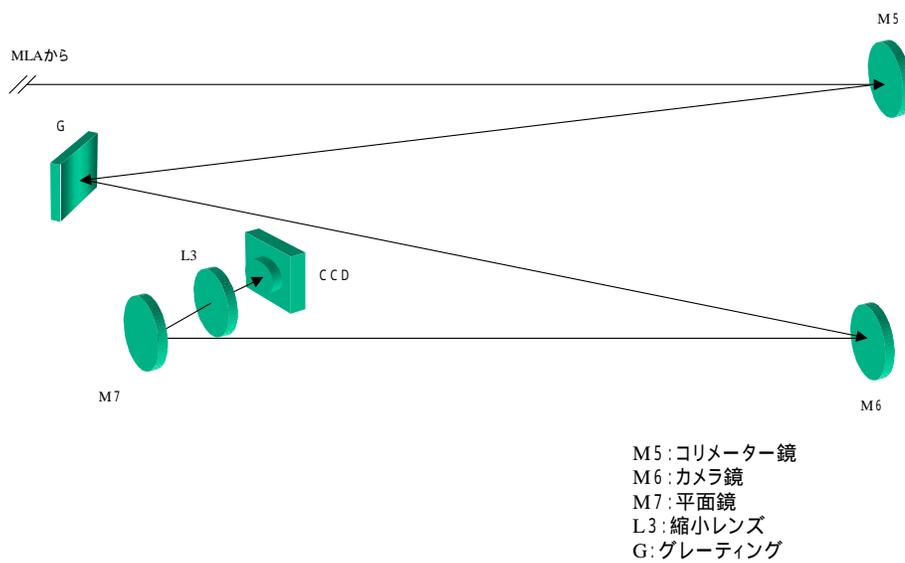


図3:分光器光学系2



2. 解析用ソフトウェア

本装置は、各マイクロレンズに対応した 1600 本のスペクトル線が一度に得られるため、効率の良い解析ソフトウェアが必要となる。得られるスペクトルは、MLA の配列により 2 次元的に配列している。しかし、実際には分光室内の空気の動きなどにより、像の位置が 1 ~ 2 ピクセル程度微小に変化する。現装置では、スペクトル線の分散方向と垂直方向の高さが 4 ピクセル程度であり、微小のずれであっても解析における影響が大きい。そのため、常にスペクトルの位置に合わせて切り出す必要がある。これを実現するために基準となるスペクトルを決め、それと各スペクトルの相関を取り、その相関値の最も良い位置からスペクトルを切り出してくるよう工夫した(図 4、5、6)。

まず、図 6 の対角線上に走る白線位置を調べる事により、得られた像中に MLA の配列に対応するスペクトルが何列あるか調べる。次に画像の上下左右の端を調べる事により、イメージ上でスペクトルが映っている場所の始まる位置と終わる位置を調べる。これは、計算機による解析処理の負担を軽くする為、リムの観測などを行った時に、イメージ上でスペクトルの映っていない場所を調べる事を防ぐ為に行っている。以上から、得られたスペクトル像において、スペクトルの切り出し処理をかける範囲が分かる。

スペクトルの切り出し処理は、まず基準となるスペクトルを決め、それと各スペクトルの相関を取り、その相関値の最も良い位置からスペクトルを切り出してくる(図 4)。切り出して来る範囲は、分散方向に 160pix、分散と垂直方向で 4pix になっている。図 5 に実際に切り出し処理の終わった像を示す。切り出し可否の確認の為、切り出し範囲に故意的に枠線を描いた(図 5)。

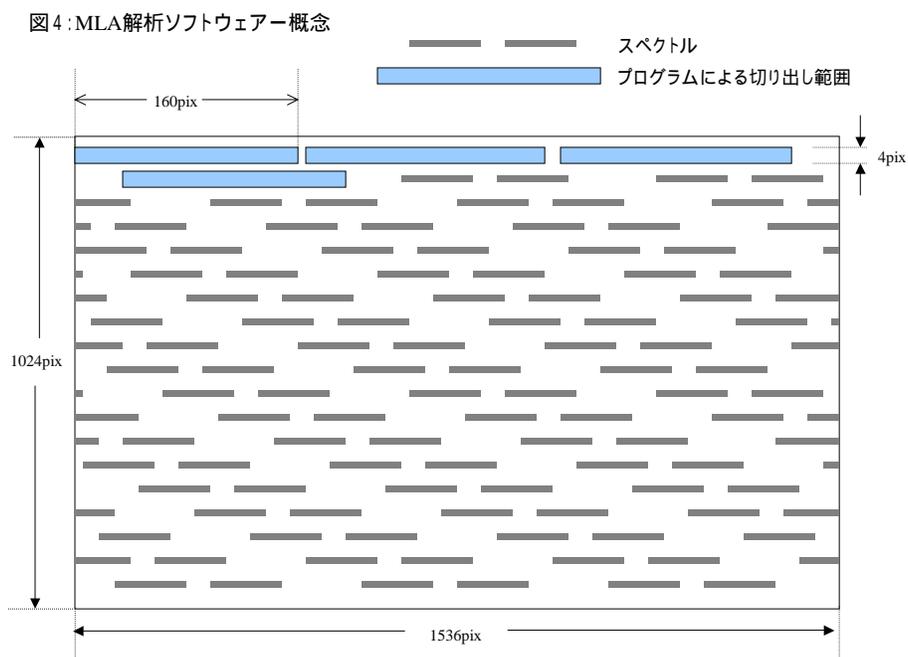


図5：コントラスト調整像、枠線はソフトウェアによる切り出し範囲
左下は一部の拡大像と、スペクトル一本に対する切り出し範囲

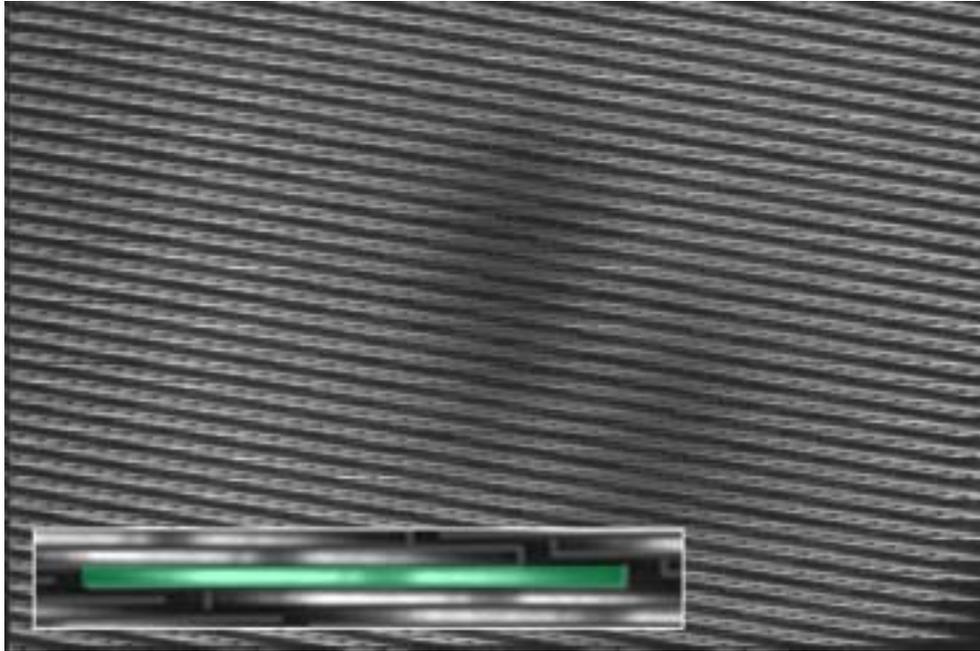
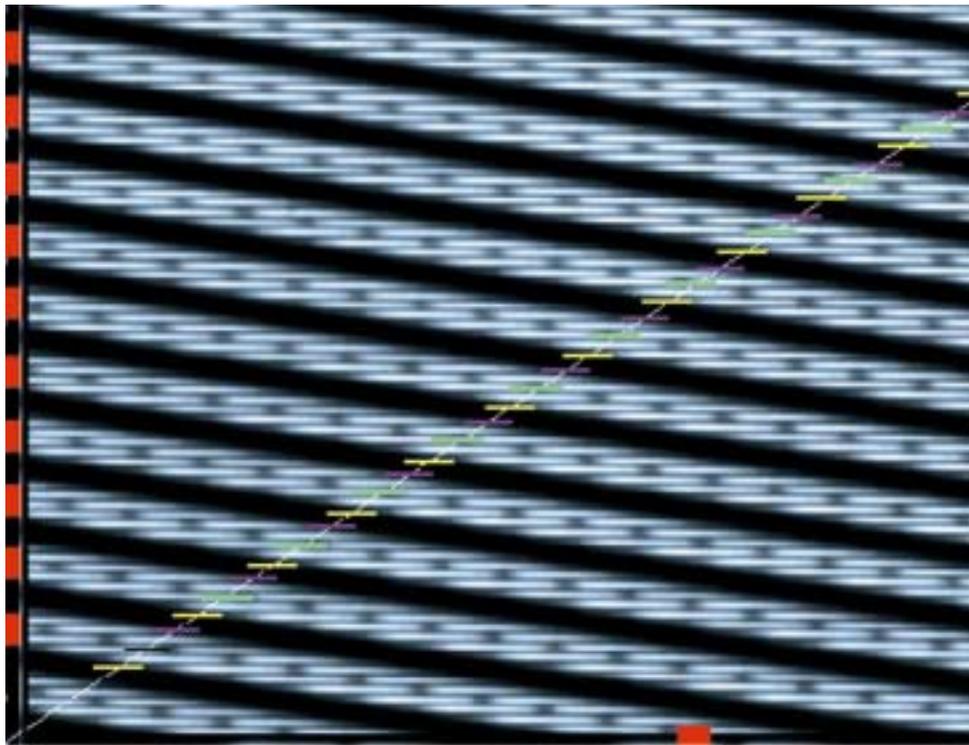


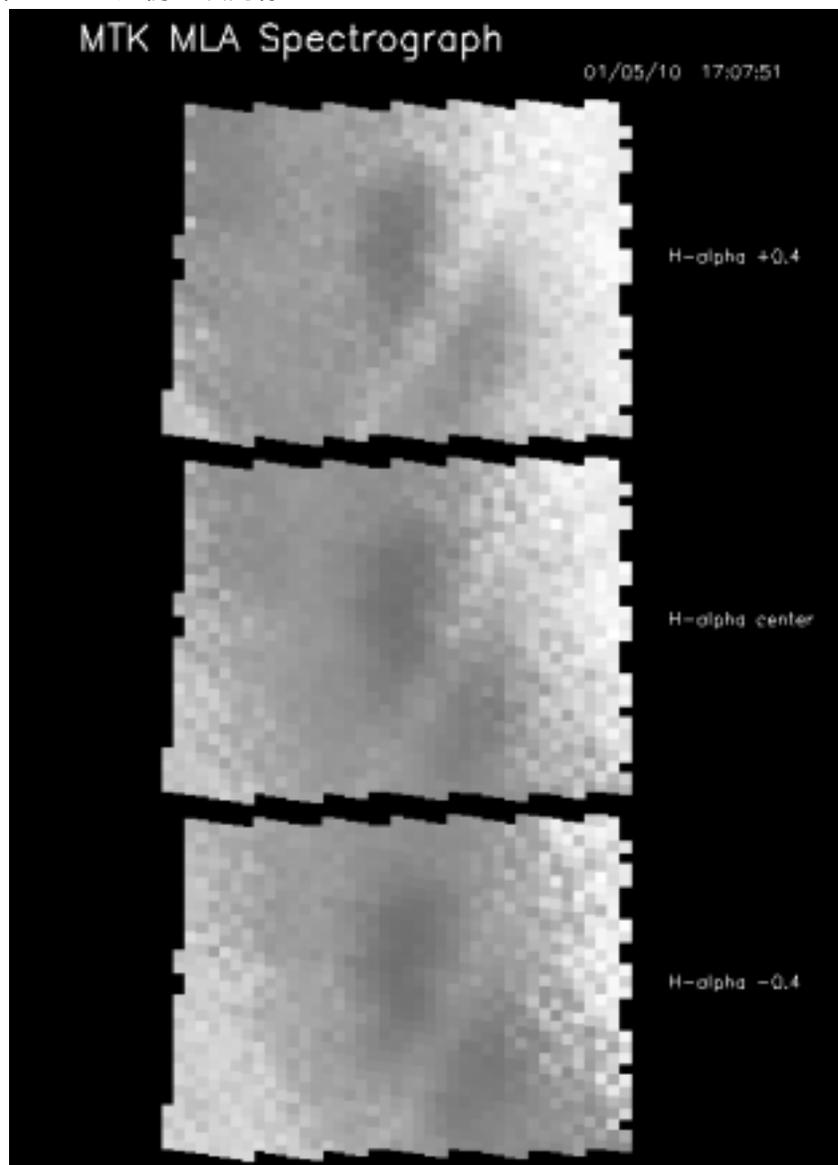
図6：ソフトウェアによるスペクトルの切り出し



3 . 2次元像の作成

ソフトウェアによる切り出しで得られたスペクトル像から、H 線 2次元像を作成した。まず、スペクトルの H 線を中心に分散方向に 3 pix、分散に垂直方向はソフトウェアによる切り出しの範囲の中央を中心に 3 ピクセルを取り、平均し、マイクロレンズ一つに対応する像とした。次にマイクロレンズ一つに対応する作成した像を、マイクロレンズの配列と同様に配列した。これを、ソフトウェアが切り出し可能なスペクトルの全てについて行い、H 線 2次元像を作成した。従って作成した 2次元像の視野は、元のスペクトル像の視野とほぼ同程度になる。同様にして H ± 0.4 の 2次元像を作成した(図7)。

図7 : H 近傍 2次元像



4 . 今後の課題

三鷹用マイクロレンズアレイ 3次元同時分光観測装置は、空間的に局在化し、時間的に速い変化を伴うフレアや紅炎噴出などの現象を捉えるために開発されてきた。このような現象が捉えられれば、H 線での詳しい時間変化を、空間 3次元で一度に得る事が出来、これらの研究に威力を発揮するものと期待される。

現在、フラット・フィールド、各スペクトルのフィルターの透過曲線の補正を検討中である。

参考文献

- ・ Y. Suematsu et. al 1999,ASP Conf.. Ser. 183,303.
- ・ Bacon et. al. 1995,As.Ap.133,347