

矮新星 HT Cas のアウトバースト時における円盤構造の再現

大島誠人（兵庫県立大学西はりま天文台）

研究の背景

激変星は、低温星と白色矮星からなる近接連星である。低温星はロッシュローブを満たしており、流れ出した物質が白色矮星に向かって落ち込んでいる。この落ち込む物質は、多くの場合白色矮星の周囲に円盤を形成しており、降着円盤と呼ばれる。

激変星が示す活動現象の一つに、矮新星アウトバーストがある。これは、2～8等程度の振幅の増光（アウトバースト）を数日～数万日の間隔で間欠的に示す現象である。10等級以上の振幅を持つことが一般的である新星に比べて規模が小さいために名づけられた名称であるが、現象を引き起こすメカニズムは新星とまったく異なると考えられている。

現在もっとも広く受け入れられている矮新星アウトバーストのメカニズムは、円盤における熱的不安定性によって引き起こされるというものである。これは、円盤を作っている物質の温度と粘性の関係がある範囲では温度とともに減少する性質を持っていることに起因する。質量輸送とともに円盤の温度が上昇するにつれ、ある点で粘性が急上昇を生じ、アウトバーストとなるというものである。このメカニズムにしたがって円盤の面密度が低い状態と高い状態を交互に繰り返すリミットサイクルがアウトバーストとなる。

この熱的不安定性は円盤全体で同時に引き起こされるわけではない。そのため、円盤全体にアウトバーストが広がるまで時間がかかり、光度曲線上ではアウトバーストの立ち上がりとして観測される。アウトバーストがどのように円盤上で発展し、どのようにして元の状態に戻っていくのかは興味深い問題である。

軌道傾斜角が特に大きい系の場合、伴星が主星と円盤を隠す食を起こすことがある。この食の際の光度変化を観測することで、円盤の状態を再現することが可能であり、eclipse mapping と呼ばれる。この手法は、アウトバーストの全体の光度曲線のみ比べてより詳しく円盤の構造について再現することが出来る。しかし、食が起きるほど大きな軌道傾斜角を持つ系は限られているため、適用できる天体が少ないという問題がある。

eclipse mapping よりも幅広い天体に適用することが可能な手法にドップラートモグラフィがある。これは、矮新星のスペクトルにみられる輝線が主に円盤とその上にあるホットスポットに由来していることを利用したものである。

連星の公転に伴って、観測者から見た円盤の向きは変化する。そのため、円盤上の輝度分布が一様でない場合、公転に伴ってスペクトルの形状が変化する。これを逆問題として解くことによって円盤の速度成分に対する輝度分布を再現することが出来る。

この手法は、公転に伴って円盤上の速度成分が変化して見える程度には軌道傾斜角が必要であるが、食のようにほぼ真横から見えないと適用できないということはないために、適用することのできる対象が広い。しかしながら、この手法の困難な点は、逆問題を解く関係上、データサンプルが十分でないと満足する結果が得にくいということである。しかし、例えばアウトバーストの立ち上がり時における円盤の変化を見たい場合のように、急激な変動が起きている段階では、長期間のデータから再現した円盤は時間方向になまらされてしまうためにうまく適用することが難しい。

この点を解決するための手法として、圧縮センシングが有用である。これは、近年広く用いられるようになった統計的手法の一つで、逆問題を解く場合に少ないサンプルからよりよい復元を行うことができる手法である。

本研究では、この圧縮センシングを利用したドップラートモグラフィの有用性について確かめるため、矮新星のアウトバースト時に得られた分光観測データを用いて、円盤を再現することを試みた。

観測

対象として選んだのは、カシオペア座 HT である。この天体は食を示す矮新星としても知られている。

この天体は、おおぐま座 SU 型矮新星というサブグループに属する天体である。このサブグループに属する天体は、通常

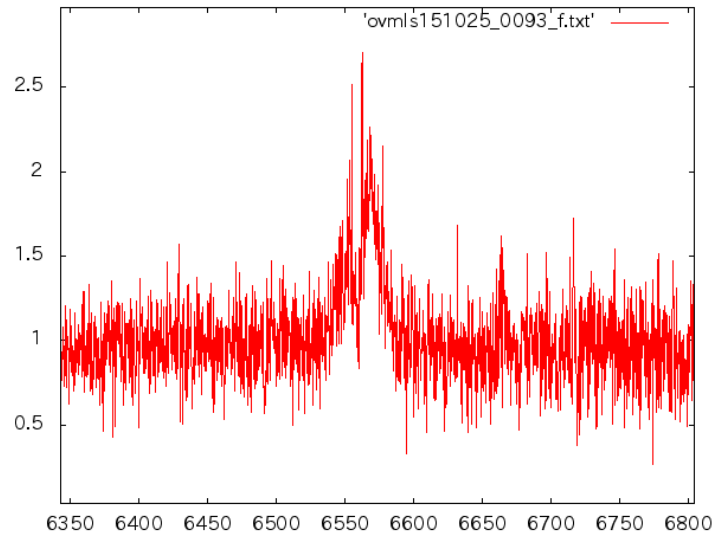


図1 10/25に観測したカシオペア座 HT のスペクトルの一例

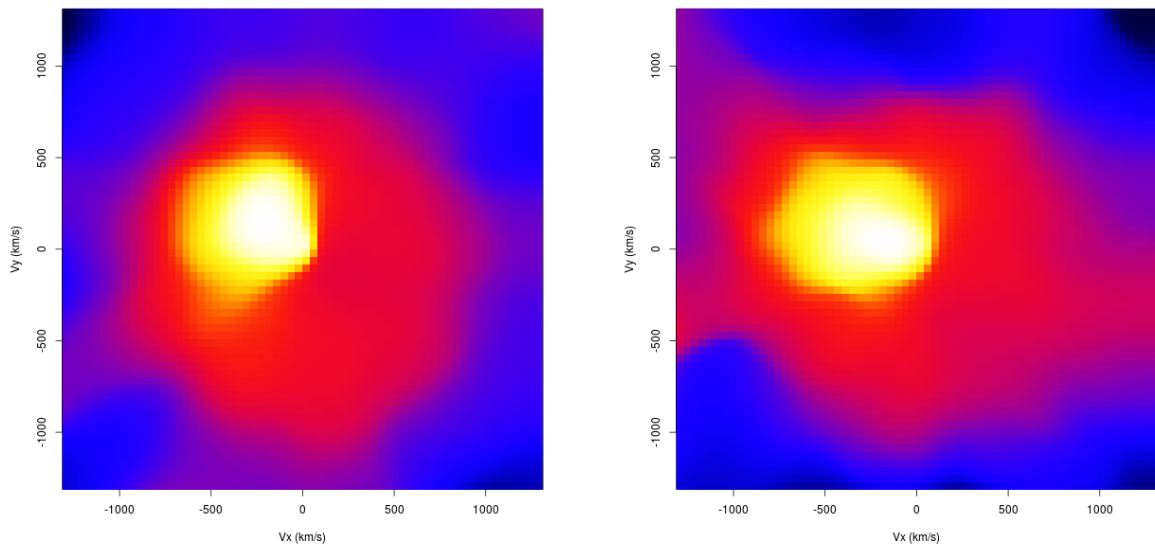


図2 データから復元した円盤の速度場分布。10/25 (左) 10/26 (右)

のアウトバーストとそれより長く続き明るいスーパーアウトバーストの二種類のアウトバーストを示すことが知られている。

2015年10月にカシオペア座 HT はアウトバーストを示した。このアウトバーストは通常のアウトバーストだったためにすぐに (~4日) 減光したが、このアウトバースト期間中に、分光観測を行った。

観測は、2015年10月25日・26日の2夜にわたって行った。使用した観測装置は西はりま天文台口径2mなゆた望遠鏡と、分光装置 MALLS の中分散モード (1800本/mm) を用いた。中心波長 6563 で、H 輝線の変動を観測した。

結果

観測によって得られたスペクトルの例を、図2に示す。

一般的に矮新星のアウトバースト中に得られたスペクトルでは、円盤が光学的に熱くなっているため、吸収線となることが多い。しかし、このカシオペア座 HT では輝線のままとなっており、注目される。

この分光データを使用して、再現した円盤のドップラートモグラフィを図3に示す。再現に使ったコードは、広島大学の植村誠氏が開発したものをを用いた。

再現された円盤には円盤周縁部に明るい点があり、ホットスポットがやってくる光の成分として多くを占めていることを示している。カシオペア座 HT では、アウトバースト中でもホットスポットの明るさが十分卓越していることが示唆さ

れる。

今回の観測からは、一公転周期分でも十分に円盤を再現することが可能なことが明らかになった。この手法を他の天体に適用することで、急激な時間変動が起きている際の円盤の構造の時間発展を追うことが可能であると考えられる。

参考文献

Mash, T. R. & Horne, K. 1988, MNRAS, 235, 268

Horne, K., 1985, MNRAS 213, 129

田中、2010、Fundamentals Review、4, 39

Ohshima, T. et al., 2014, PASJ, 66, 67

Uemura, M. et al., 2015, PASJ, 67, 22

Stanek, K. 2015, vsnet-alert, 19190