

高変動を示す 6.7 GHz メタノールメーザは大質量星からのアウトフローに付随するのか？

中村 拓, 藤沢 健太, 新沼 浩太郎, 蜂須賀 一也, 武田 知亜紀 (山口大学), 元木 業人, 松本 尚子, (NAOJ)

1 研究背景

近年の分子輝線/赤外線観測によって大質量星周囲にもガス/ダスト円盤の存在が明らかになってきたことから、大質量星も小質量星と同様の円盤降着によって形成されることが示唆されている^[1]。この降着円盤の運動や進化の詳細を調査することは大質量星形成過程を理解する上で不可欠である。さらに、ジェット/アウトフローによる質量放出現象も大質量星の形成過程の解明に欠かせない要素である。

降着円盤やジェット/アウトフローの運動を高分解能（数ミリ秒角）で捉えることが出来るツールとして期待できるのが、大質量星形成領域のみに付随する 6.7 GHz メタノールメーザの VLBI 観測である^[2]。6.7 GHz メタノールメーザはすでに、降着円盤のトレーサーとして研究が行われている^{[3][4]}。しかし、ジェット/アウトフローのトレーサーになる可能性も近年の研究から示唆されている。

我々は、このようなアウトフローに付随するメタノールメーザを持つ天体を多く観測し、円盤とジェット/アウトフローの関係を運動学的に研究することを目指す。

2 メタノールメーザのスペクトル形状変化とアウトフローの関係

この研究目的のために我々が着目したのは、6.7 GHz メタノールメーザの「スペクトル形状が激しく変化する天体」である。スペクトルの形状が激しく変動するとは、成分の消失・出現が繰り返し起こり、さらに速度構造が変化（視線速度ドリフト）することによって、成分の同定が困難になることである。これらの天体は以下の理由からメタノールメーザがアウトフローに付随している可能性がある。

1. 水メーザと同様の激しい強度変動・視線速度の変動を示し (Fig 1)、このことはメーザ放射領域が速い運動を行っていることを示唆する。大質量星からのアウトフローに付随する水メーザではメーザクランプの構造変動に起因したスペクトルの形状変化は頻繁に起こる^[5]。メタノールスペクトルの形状変化は水メーザと同様に衝撃波の通過によって引き起こされる可能性が高い。
2. これまでに論文として発表されている「スペクトル形状変化天体」は Mon R2 のみ (Fig 2 成分: 11.5 ~ 13.5 km/s) であり^{[7][8]}、Mon R2 に付随する 6.7 GHz メタノールメーザは $^{13}\text{CO}(2-1)$ アウトフロー上に分布していることから (Fig 3)、アウトフローに付随している可能性がある^[9]。

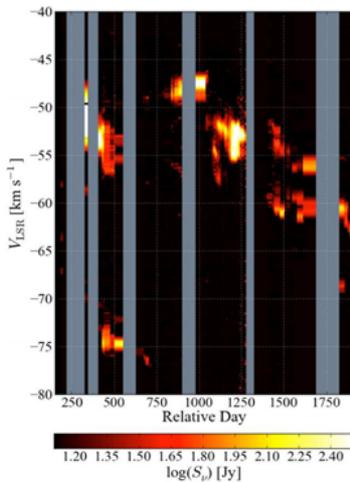


Fig.1 水メーザの時間変動 (G353.273-0.641)。

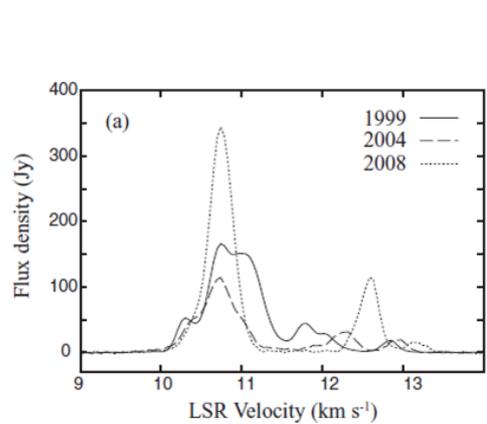


Fig.2 スペクトルの形状変化を示す Mon R2 のスペクトル

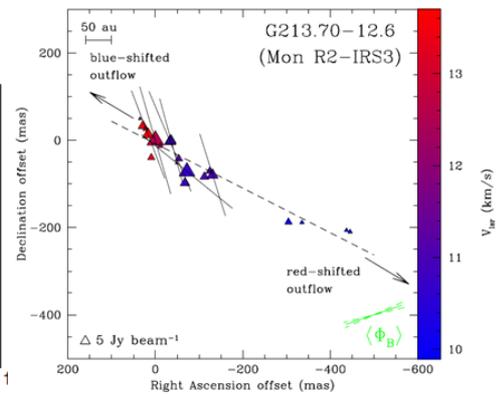


Fig.3 Mon R2 に付随するメタノールメーザ (▲) と ^{13}CO アウトフロー (点線) の重ね合わせ。

3 山口 32m を用いた観測 -スペクトルの形状変化天体サーベイ-

山口 32m 電波望遠鏡では、IRAS 点源 214 天体に対して長期的 (2004-2007, 2010 年) 強度変動モニタリングを行ってきた。その中から、スペクトル形状変化を示す天体を探すために、我々は 2014 年の観測データを加え、スペクトルの変動を比較した。その結果、Mon R2 の他にスペクトルの形状変化が予想される天体 13 天体見出した。選出条件は、1. 視線速度ドリフトが見られる天体 2. 成分の消失・出現が見られる天体である。本稿ではそのうち 4 天体を紹介する (Fig 4)。

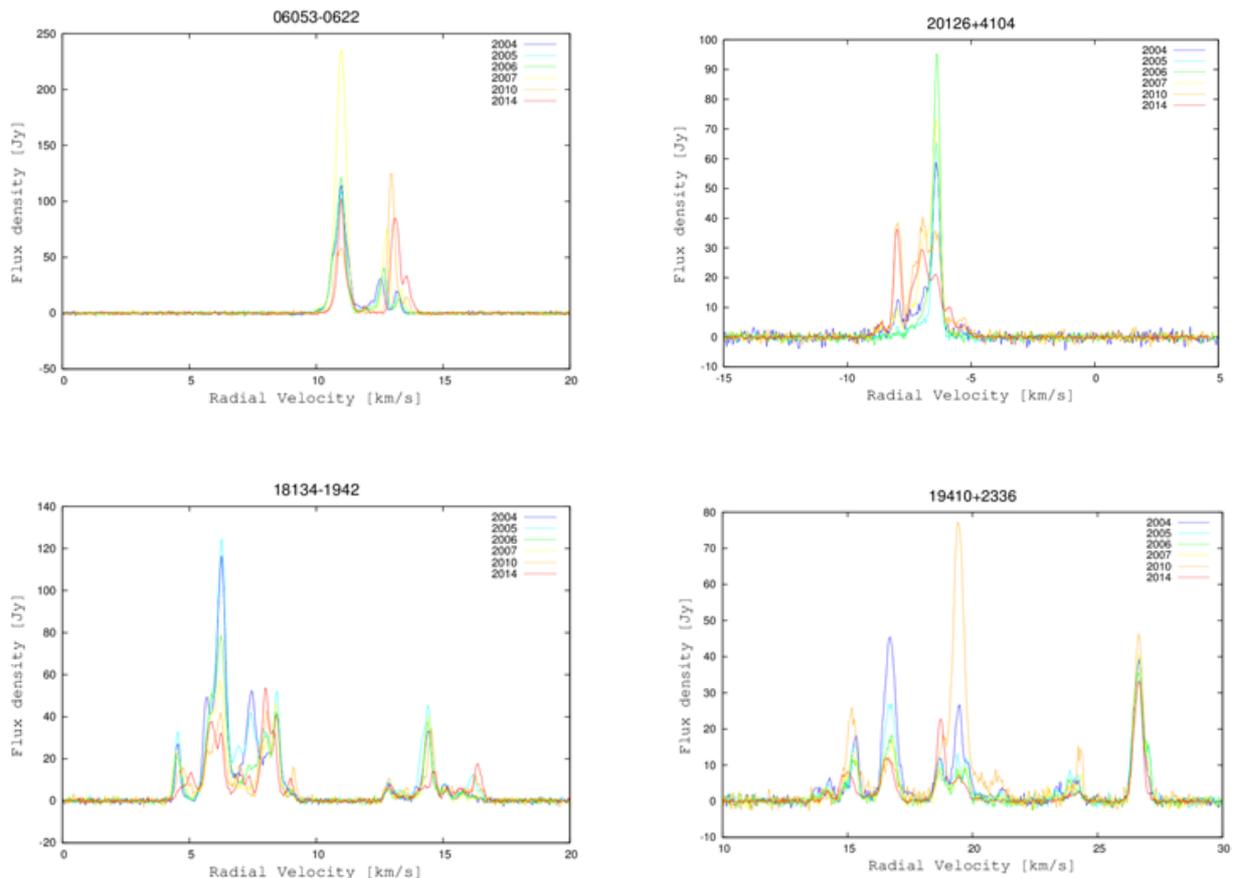


Fig.4 山口 32m 電波望遠鏡で観測されたスペクトルの形状変化が観測されたタノールメーザのスペクトル。左上:Mon R2 右上:IRAS 20126+4104 左下:IRAS18134-1942 右下:IRAS19410+2336

4 メタノールメーザと水メーザの絶対位置及び固有運動の比較

3 章でも述べたように、山口 32m 電波望遠鏡の観測で、スペクトルの形状変化が予想されるメタノールメーザを持つ天体を新たに 13 天体見出した。次の研究段階は、これらのメタノールメーザがアウトフローを捉えているのか検証することである。そのために、メタノールメーザと同程度の空間スケールを持つ水メーザとの絶対位置及び内部固有運動の比較が有効である。水メーザの運動からアウトフロー、円盤の向きを推定することができ、それらに対してメタノールメーザがどのように分布・運動をしているのか確かめることができる。

IRAS 20126+4104 に付随するメタノールメーザと水メーザの運動の比較はすでに報告済みである (Fig 5)。IRAS 20126+4104 は、山口 32m 電波望遠鏡で発見されたスペクトルの形状変化候補天体の 1 天体である (Fig 4 右上)。

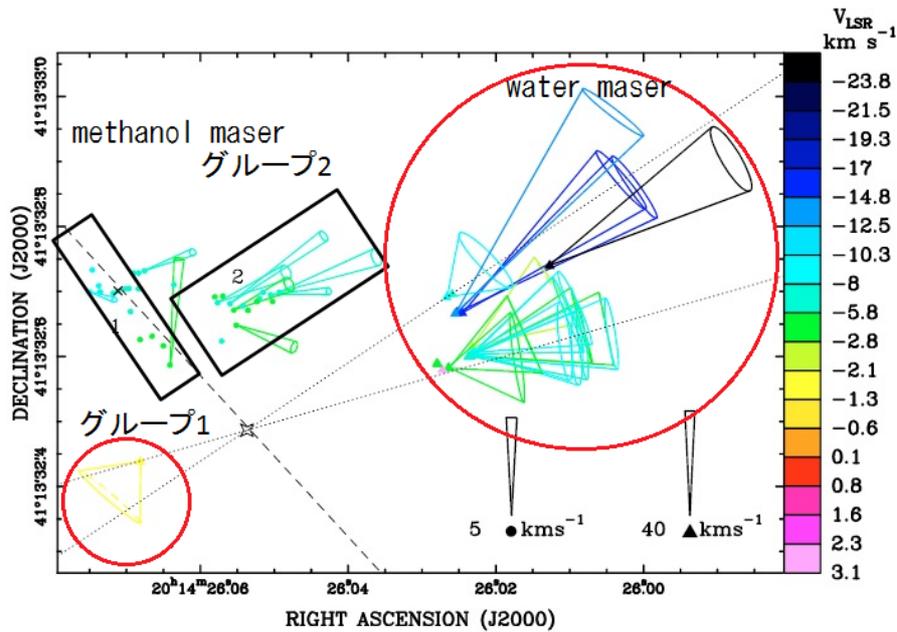


Fig.5 IRAS 20126+4104 に付随する水メーザとメタノールメーザの絶対位置及び固有運動の比較。赤丸で囲んである▲が水メーザ、黒の長方形で囲んである●がメタノールメーザを示している。中心の星印は水メーザの運動から予想される中心星の位置。点線と破線はそれぞれ、予想されるアウトフローと円盤の向きを示している。

Moscadelli et al. (2011) によると、水メーザの運動から予想されるアウトフローの向き、円盤の方向から、メタノールメーザのグループ 1(Fig 5 参照) は円盤、グループ 2(Fig 5 参照) はアウトフローに付随しているとした。アウトフローに付随するメタノールメーザは水メーザよりも中心星近くに分布し、速度も遅いことから、中心星近傍の低速アウトフローに付随していると考えられる。結果として、スペクトルの形状が変化するメタノールメーザの一部がアウトフローに付随する可能性が見出された。

しかし、スペクトルの形状変化が予想される天体の水メーザとメタノールメーザの運動を比較した例は、この 1 天体のみである。そこで、他天体でも検証するために、我々は VERA と JVN に、水メーザとメタノールメーザの絶対位置及び内部固有運動観測のプロポーザルを提出した。観測天体は、IRAS18134-1942 (Fig 4 左下) と IRAS19410+2336 (Fig 4 右下) の 2 天体を選出した。選出条件は、メタノール、水メーザの両方で明るい (80 Jy 以上) 天体である。VERA に提出したプロポーザルは、採択されたため、2016 年 2 月に 1epoc 目の観測予定である。JVN に関しては、審査結果待ちの状態である。

参考文献

- [1] Patel, N. A., Curiel, S., Sridharan, T. K., et al. 2005, nature, 437, 109
- [2] Minier, V., Ellingsen, S. P., Norris, R. P., Booth, R. S. 2003, VizieR Online Data Catalog, 340, 31095
- [3] Bartkiewicz, A., Szymczak, M., van Langevelde, H. J. 2005, A&A, 442, L61
- [4] Sanna, A., Moscadelli, L., Cesaroni, R., et al. 2010, A&A, 517, A71
- [5] Motogi, K., Sorai, K., Honma, M., et al. 2015, PASJ, 153
- [6] Moscadelli, L., Cesaroni, R., Rioja, M. J., Dodson, R., Reid, M. J. 2011, A&A, 526, A66
- [7] Goedhart, S., Gaylard, M. J., van der Walt, D. J. 2004, MNRAS, 355, 553
- [8] Sugiyama, K., Fujisawa, K., Shino, N., Doi, A. 2012, IAU Symposium, 287, 190
- [9] Surcis, G., Vlemmings, W. H. T., van Langevelde, H. J., et al. 2015, A&A, 578, A102
- [10] 中村 拓, 2014 卒業論文 「大質量星における 6.7 GHz CH₃OH メーザの長期的強度変動モニタリング」
- [11] 平野 大樹, 2014 修士論文 「6.7 GHz CH₃OH メーザの内部固有運動の系統的な研究」
- [12] Bartkiewicz, A., Szymczak, M., van Langevelde, H. J. 2014, A&A, 564, A110
- [13] Beuther, H., Schilke, P., & Stanke, T. 2003, A&A, 408, 601
- [14] Nakagawa, A., Tsushima, M., Ando, K., et al. 2008, PASJ, 60, 1013