

44GHz メタノールレーザー輝線による大質量星形成領域の探査

志野渚、藤沢健太、杉山孝一郎 (山口大学)、 出口修至 (国天野辺山)

1 概要

大質量星の形成過程については未解明な部分が多い。この過程を観測する手段としてレーザーが挙げられる。しかし、大質量星の進化段階における OH レーザーの出現時期は良く分かっているが、メタノールレーザーに関してははっきりしていない。

メタノールレーザーは励起状態によって class I と class II の 2 種類に分類される。class I と class II では出現時期も全く異なると考えられてきた。しかし、Fontani et al.(2010) では 6.7GHz と 44GHz メタノールレーザーの両方の観測を行い、両 class のレーザーを 16 天体検出した。また両方のレーザー輝線は速度幅や視線速度がほぼ同じものが存在した。したがって class I と class II メタノールレーザーは出現時期に関して関係がある可能性がある。しかし、6.7GHz メタノールレーザーと 44GHz メタノールレーザーの観測時期に 1 年の間隔が空いてるため、関連の定量的な研究には強度変動の影響がある。

本研究では class I の 44GHz と class II の 6.7GHz メタノールレーザーの同時期観測より、class I と class II メタノールレーザーの出現時期について調べ大質量星形成領域の進化段階とメタノールレーザーの関係について調べることを目的としている。

2 観測

野辺山 45m 望遠鏡を用いて 2011 年の 1 月 ~ 5 月で 149 天体の観測を行った。観測周波数は 44GHz である。今回の観測では 44GHz メタノールレーザー以外にも $H53\alpha$ や H_2O など違う周波数帯でも観測を行った。

一方、山口 32m 望遠鏡を用いて行った観測は 44GHz の周波数の観測天体 214 天体を同時期に 6.7GHz の周波数で観測を行った。観測期間は 2011 年の 4 月 28 日から 5 月 7 日の 2 週間であった。

3 結果

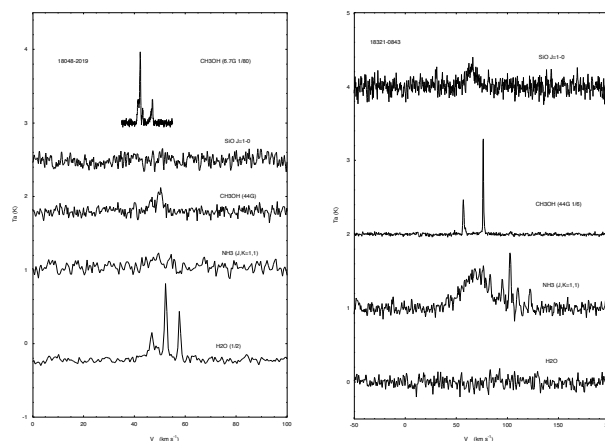


図 1: 左:IRAS18048-2019 のスペクトル (上から 6.7GHz CH_3OH レーザー, SiO のサーマルライン,44GHz CH_3OH レーザー, NH_3 , H_2O レーザー)、右:IRAS18321-0843 のスペクトル (上から SiO のサーマルライン,44GHz CH_3OH レーザー, NH_3 , H_2O レーザー)

44GHz メタノールメーザーは Back Up 観測だったため実際観測したのは 149 天体だった。結果、72 天体について 44GHz メタノールメーザー検出に成功した。このうち 50 天体が 44GHz メタノールメーザーの新検出だった。6.7GHz メタノールメーザーについては 214 天体の観測を行い、162 天体について検出に成功した。また、6.7GHz メタノールメーザーと 44GHz メタノールメーザーが同時に観測されたのは 67 天体であった。

我々は今回の観測におけるメタノールメーザーの検出について視線速度差を用いたヒストグラムから 6.7GHz と 44GHz メタノールメーザーが放射されている位置を比較する。6.7GHz と 44GHz メタノールメーザーの視線速度差は 63 天体 (87%) において 6 km s^{-1} 以内で一致した。このことから 6.7GHz と 44GHz メタノールメーザーの放射位置は全く関係していないわけではなく、ほぼ同じ位置から放射されていると考えられる。

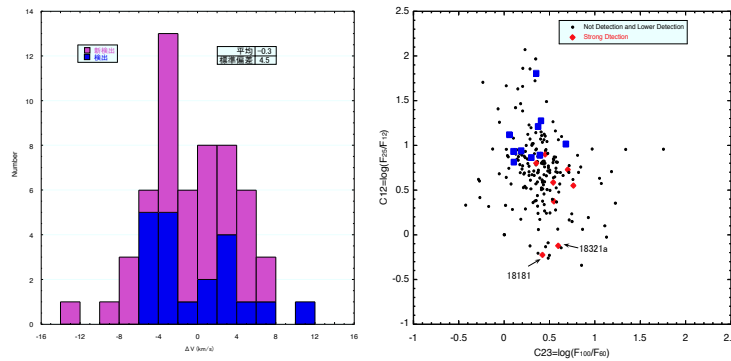


図 2: 左:6.7GHz と 44GHz メタノールメーザーの視線速度差のヒストグラム (グレー) 新検出、(黒) 検出, 右:二色図;(横軸)IRAS $100\mu\text{m}$ と IRAS $60\mu\text{m}$ の強度比を log でとったもの,(縦軸)IRAS $25\mu\text{m}$ と $12\mu\text{m}$ の強度比を log でとったもの,(ダイヤ;44GHz メタノールメーザーが強く検出されたもの、丸;44GHz メタノールメーザーが未検出か弱いもの、四角;H53 α が検出されたものを示す)

4 考察

4.1 2色図

図 2 の 2 色図上の分布について考える。横軸は分子雲温度を代表する IRAS $100\mu\text{m}$ と $60\mu\text{m}$ の強度比であり、縦軸は中心星のアウトフローのダストの温度を代表していると考えられる $25\mu\text{m}$ と $12\mu\text{m}$ の強度比である。44GHz メタノールメーザーが強く出ている天体は中心付近に多く分布している。また、黒丸も中心部分に多く分布している。この理由として考えられるのはアウトフローの中のダストの温度が下がっていき、ある大きさになると定常状態になる。この状態がある一定続くので中心に分布していると考えられる。右下に分布している IRAS 18321-0843 はアウトフローが形成された直後の天体であると我々は考えている。また、HII 領域の分布が中心部分から上の方にかけて分布していることからやはりアウトフローは星の形成の過程は下の方から中心方向に進むと考えられる。また、アウトフローがあると考えられる天体が分布している場所には HI 領域があまり分布していない。このことから、classI メタノールメーザーは大質量星の進化段階において早い段階で放射されると考えられる。また中心部分から上の部分にかけて H53 α が分布しているで、44GHz メタノールメーザーはアウトフローが出現してからしばらくしてから放射されると考えられる。

4.2 Time scale

大質量星の形成過程とメタノールメーザーとの関係は Ellingsen et al.(2007) では図 3 の上のようになっている。また今回の観測からも classI メタノールメーザーはやはり大質量星の形成

過程において早い段階で放射されると考えられる。しかし、中心部分においても強い44GHz メタノールメーザーが出ているものと HII 領域の分布が重なっているものもある。このことから class I と class II メタノールメーザーの発生時期は必ずしも異なっていない可能性がある。よって我々は大質量星形成領域の進化段階とメタノールメーザーとの関係について図3の下の図のように考えた。

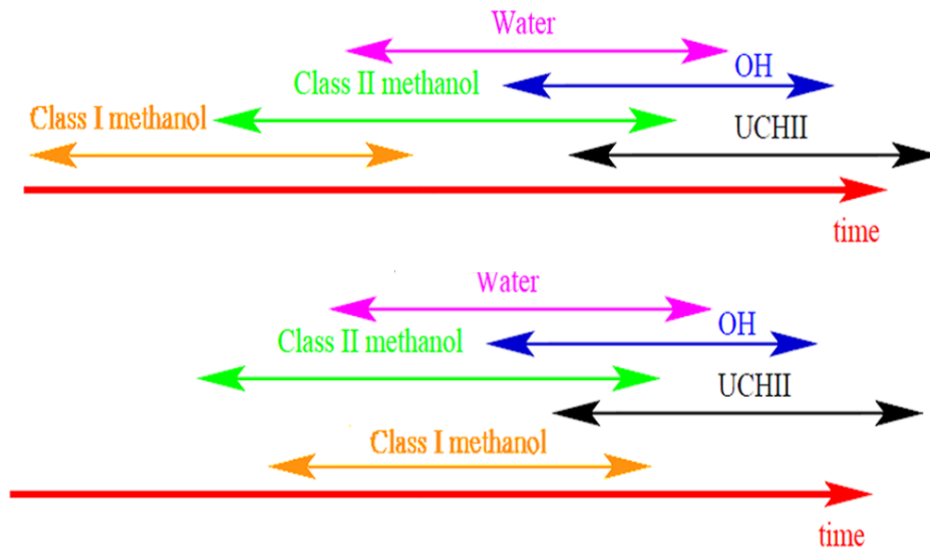


図 3: 上:大質量星形成領域の進化段階とメーザーの出現時期の一仮説 (Ellingsen et al.2007)、下: 回の観測結果から我々が考えた大質量星形成領域の進化段階と class I メタノールメーザーの出現時期の関係

5 今後の展望

単一鏡の観測では視線速度の一致でのみ議論をせざるを得ない。本当に同じ領域から放射しているものなのかを特定することが今後は必要であり、そのため VLBI や干渉計を用いてメタノールメーザーのスポットの空間分布を知ることが今後の課題である。

6 References

- Breen et al.2010, MNRAS, 401, 2219
- Ellingsen et al.2007, LAUS, 242,213
- Fontani et al.2010, A&A, 517, A56