

# 大質量星形成領域 G33.641-0.228 の超高頻度モニタリング観測

福井紀子、藤沢健太、新沼浩太郎、蜂須賀一也、松本尚子 (山口大学)

## 1 概要

2014年2月から12月にかけて、大質量星形成領域 G33.641-0.228 のモニタリング観測を山口 32m 電波望遠鏡を用いて行った。本研究以前の観測により、この天体に付随する 6.7GHz メタノールメーザがバースト的強度変動を起し、かつ1つの成分のみが変動をすることが見出されている。しかしこのバースト現象の時間スケールは1日以内と極めて短く、その上昇期の挙動の詳細は明らかにされていない。本研究では、超高頻度モニタリング観測により、これまでの観測よりさらに密な観測を行うことで、強度変動の発生機構を解明することが目的である。観測期間中に7回のバースト的強度変動が確認され、そのうちの3回の強度変動中に超高頻度モニタリング観測を行った。その結果、バーストの上昇期の挙動を詳細にとらえることに成功し、また、バースト的強度変動に周期性がある可能性を見出した。

## 2 背景

大質量星形成領域は、太陽質量 ( $2 \times 10^{30}$ kg) の8倍以上の質量を有する恒星が形成しつつある領域のことであり、一般に距離が遠い (1kpc 以遠)。そのため観測が難しく、大質量星の形成過程は未だ明らかにされていない。

6.7GHz メタノールメーザは大質量星形成領域のみから検出されており、小中質量星形成領域や晩期型星からは未検出である [1]。したがって、6.7GHz メタノールメーザの発生機構の解明は、大質量星の形成過程の解明のつながると思われる。Fujisawa et al(2012)[2] では G33.641-0.228 のバースト的強度変動を発見し、さらに杉浦結 (2014) 卒業論文 [3] において、強度変動の下降期の挙動を詳細に捉えた。この間に確認された強度変動は、どれも1つの成分 (成分 II) のみ変動を見せた。

しかしながら、これまでの観測では強度変動の上昇期の挙動の詳細は明らかにされていない。本研究は、バースト的強度変動の上昇期の挙動を捉えるために超高頻度モニタリング観測を実施した。その観測結果をもとに得られた、強度変動の周期性についても報告する。

## 3 観測

山口 32m 電波望遠鏡を用いて、ほぼ毎日1日1回のモニタリング観測を行った。観測後すぐに解析を行い、強度変動を確認したらその日のうちに超高頻度モニタリング観測を開始した。高頻度観測では、1スキャンの積分時間は1分であり1日に最大54回観測を行った。それらの観測パラメータを表 2.1 に示す。通常観測も高頻度観測も5点法を用いて行い、それぞれの観測の前に、ポインティング観測を17点法で行った。

表 2.1 山口 (2015) 観測パラメータ

山口 (2015)	
ビームサイズ [arcmin]	5
受信電波	両偏波
帯域幅 [MHz]	8
分光点数	8192
速度分解能 [ $\text{km s}^{-1}$ ]	0.044
システム雑音温度 [K]	40-200
積分時間 (通常観測)[min]	3
積分時間 (高頻度観測)[min]	1

## 4 結果

2015年2月15日から12月18日 (DOY46-352) の307日間で、ほぼ毎日1日1回の観測を189回行った。観測期間中に7回 (DOY95, 152, 166, 198, 248, 301, 342) 強度変動が確認された。4~7回目に確認された強度変動中の期間 (DOY192-205, 246-250, 297-307, 337-352) は、1日に複数回 G33.641-0.228 を観測した。複数回観測を行った日は、まず1スキャンの積分時間が3分である通常観測を行った後に、積分時間1分で1日に

最大 54 回観測を行う超高頻度モニタリング観測を実施した。7 回目の強度変動が確認されたときのスペクトルを図 4.1 に示す。このスペクトルの点線は DOY336、実線は DOY342 を示しており、成分 II(59.6km s<sup>-1</sup>) のフラックス密度だけが静穏期 (DOY342) の 6 倍 (29Jy から 172Jy) に上昇した。今年度の観測では、成分 I と II の間に新たな成分が見られたため、成分 I' として解析を行った。

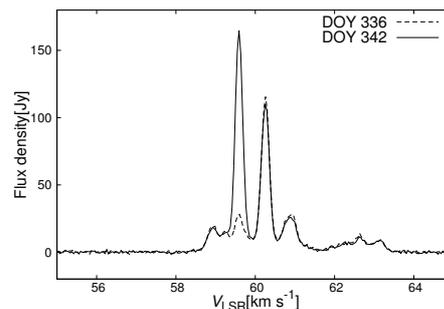


図 4.1 DOY336、342(2015) のスペクトル

また、この観測期間中の光度曲線を図 4.2 に示し、7 回目に強度変動が確認された際 (DOY337-352) に行った超高頻度モニタリング観測で得られた光度曲線を図 4.3 に示す。図 4.3 における縦軸は、観測システムによる誤差を小さくするために、成分 II を III のフラックス密度で規格化している。

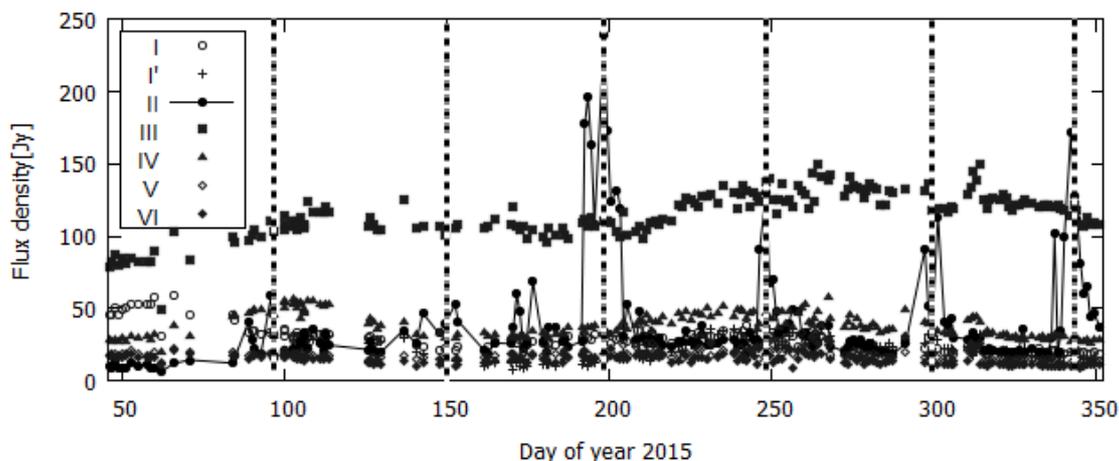


図 4.2 2015 年の光度曲線

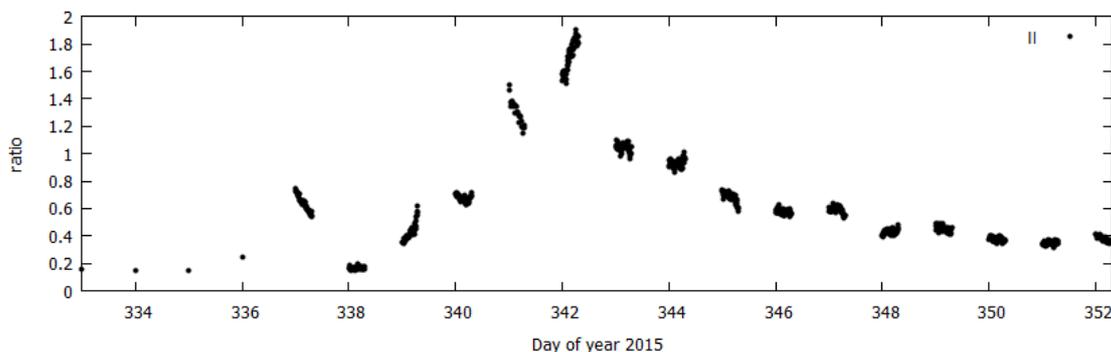


図 4.3 4 回目の強度変動時の高頻度観測の光度曲線

図 4.3 の強度変動の上昇期の挙動を見ると、細かい上昇と下降を繰り返しながらフラックス密度のピーク値に達していることが読み取れる。超高頻度モニタリング観測によって、G33.641-0.228 におけるバースト的強度変動の上昇期の詳細な挙動を捉えることに成功した。

また、バースト的強度変動を起こす成分 II において、図 4.4 の縦に点線で示した強度変動のみに注目すると、周期性があるように見える。光度曲線をフーリエ解析した結果、図 4.4 のようなパワースペクトルが得られ、51 日の周期にピークが見られることがわかった。

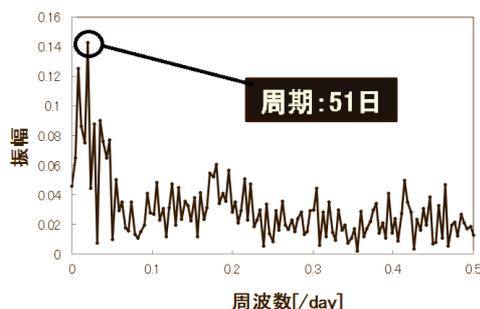


図 4.4 フーリエ解析の結果

## 5 考察

仮に G33.641-0.228 のバースト的強度変動が 51 日の周期性を持つとした場合に考えられるモデルについて考察する。周期性がある強度変動を起こすモデルとして、パルサー的モデルや脈動モデルが考えられる。しかしこれらのモデルは、1 つの成分のみが強度変動を起こす G33.641-0.228 の強度変動を説明することは難しい。そこで、中心星ではなくメーザの発生場所の背景に周期的な強度変動の要因天体があると考え、図 5.1 のような「連星の周期的バースト種光子の増幅モデル」が考えられる。

このモデルでは、主星と伴星が最も接近するときに種光子が増幅される。2 つの天体が接近する場所とアンテナの視線軸上に成分 II のメーザスポットが存在することで、1 つの成分のみで強度変動が確認される。同時に他の成分のメーザスポットも放射が増幅されるが、視線軸上から外れた位置にスポットが存在するため、観測的にはその強度変動を確認することができない。したがって、このモデルによって放射が特定の成分だけ増幅されていることが説明できる。また、主星と伴星の接近によって種光子の増幅が起るため、バースト的強度変動の周期性も説明することができる。

しかしながら、ごく短時間の上昇・下降の変動は 2 天体間のみ相互作用では考えられなかったり、過去のバーストの発生日と比較すると必ずしも 51 日周期と一致してなかったりする。したがって、3 つ以上の天体が強度変動に関与するモデルや、強度変動に活動期と静穏期が存在する場合のモデルを考えていく必要がある。

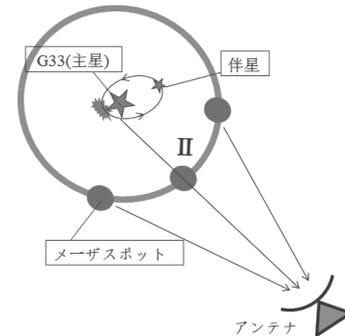


図 5.1 連星の周期的バースト的種光子の増幅モデル

## 6 今後の展望

- ・バースト全体の上昇と下降のタイムスケールを求める。
- ・バーストの上昇期の細かい上昇と下降のタイムスケールを求める。
- ・過去のデータと合わせて周期解析を行う。

## 参考文献

- [1] Minier, V., Ellingsen, S. P., Norris, R. P., & Booth, R. S. 2003, A&A, 403, 1095
- [2] Fujisawa, K., Sugiyama, K., Aoki, N., et al. 2012, PASJ, 64, 17
- [3] 杉浦結 2014, 平成 26 年度卒業論文