

星形成領域 IRAS22198+6336 に付随する 6.7GHz メタノールメーザーの強度変動の研究

宮本祐輔 米倉覚則 杉山孝一郎 齋藤悠 百瀬宗武 (茨城大学)

1. 概要

星形成領域 IRAS22198+6336(以下 IRS22198)には、周期変動する 6.7GHz メタノールメーザー源が存在している。この周期変動は間欠的で、静穏期にはメーザーの放射は検出感度以下だが、フレアの見える時期には 20 Jy を超えるフラックス密度を観測した。観測した成分は 6 つあり、全てに強度変動があった。どの成分もほとんど同じ周期で変動していたが、ピークに達する時間には 4.3 日のずれがあった。これをメーザースポットの奥行き方向の広がりとして仮定して、Hirota et al. (2008) を用いて導出した励起源からメーザースポットまでの距離と比較した。

2. 観測目的

IRS22198 の先行研究に Fujisawa et al.(2014)があり、そこで 34.6 日周期でメーザーの変動やスペクトルのピークに達する時間に 1.8 日のずれがあると確認された。それを受けて、茨城大学では Fujisawa et al.(2014)では議論されていない成分の変動ピークの導出やフレアの起き始めの観測、フレアの成分ごと変動傾向の比較を行う目的で追観測を行った。

3. 観測

観測には日立 32m 電波望遠鏡を用い、2014 年 7 月 12 日 - 2014 年 7 月 26 日の間観測を行った。観測周波数・ビームサイズ・分光点数・速度分解能・積分時間はそれぞれ 6664-6672 MHz、4.6 分角、8192 点、0.44 km s⁻¹、300 秒となっている。rms ノイズは 0.3 Jy である。また観測頻度は一日の中で EL > 15° を満たすときに、IRS22198 ON 点 300 秒 → IRS22198 OFF 点 300 秒 → 109.8+21 (以下 Cep A) 865 秒のサイクルで観測を行った。Cep A とは IRS22198 のポインティングと大気・開口能率の仰角依存性の較正のために用いた天体で、IRS22198 から 5° 程度に位置し、各 865 秒スキャンにおいて 9 点観測を実施している。その結果一日の中で IRS22198 を 30 - 40 回観測することができ、これを全て積分することにより 3σ ~ 0.1 Jy 程の高感度を達成することもできる。

4. 結果

観測期間中 IRS22198 のフレアを捉えた時期は 7 月 13 日から 23 日までの間で、それ以外の観測日には検出感度 3σ 以上のスペクトル放射は観測されなかった。図 1 に 7 月 17 日の一日積分のスペクトル図を掲載する。図 1 の成分 C-F は Fujisawa et al. でも観測されていた成分だったが、今回の観測では Fujisawa et al. の成分 A($V_{LSR} = -16.5$ km s⁻¹)の付近に 2 つの成分 (-16.90 km s⁻¹ と -16.06 km s⁻¹)を観測した。図 2 はスペクトル成分の変動を示している。そこでは一日の中でフラックス密度の細かい変動が見られるが、Cep A を用いた較正により真の変動ではないと考えられる。較正は今後実施する。

また定量的な評価のために各スペクトル成分をガウス分布の変動と仮定し以下の式で関数フ

フィッティングを実施した。

$$G(x) = a \cdot \exp\left(-4 \ln 2 \frac{(x - \mu)^2}{(\text{FWHM})^2}\right)$$

なおこの式において a は振幅、 μ は平均値、FWHM はガウス分布の半値全幅に相当する。ここで、フィッティングの際には観測日 MJD から共通して 56851 day を引いたのちに実施している。図 3-5 にその結果を掲載する(∇ は検出感度 3σ)。表 1 にそれぞれのフィッティングパラメータを示す。その結果成分 A から変動が始まり、成分 B → E → D → F の順に変動ピークが出現し、最後に成分 C の変動で IRS22198 のフレアが終了するということが分かる。また変動ピーク日のずれは 4.3 ± 0.3 日ということが分かる。

5. 考察

まずメーザースポットの奥行き方向の広がりを考える。ここでは 1) 各スポットは励起源の周りに同心円状に分布している、2) 励起源の変動が各スポットに同時に伝わる、という仮定を置く。そうするとピーク時間のずれはメーザースポットの奥行き方向の広がりとして解釈することができ、ピーク時間のずれ 4.3 日というのは距離に直すと 750 AU に当たる。

次に励起源からメーザースポットまでの距離を考える。Hirota et al. (2008) より IRS22198 の励起源の光度は $450L_{\odot}$ と分かっている。これを用い励起源とメーザースポットが熱平衡であるという仮定を置き、 $R \cdot L \cdot T$ をそれぞれ励起源からメーザースポットまでの距離・励起源の光度・ダスト温度(100 K–200 K)とすると、 $R = (16\pi\sigma)^{-\frac{1}{2}} \cdot L^{\frac{1}{2}} \cdot T^{-2}$ と表すことができる。なお、 σ はここではステファン・ボルツマン定数である。以上の式より、励起源からメーザースポットまでの距離は 40–160 AU と求められる。

そしてこの励起源からメーザースポットまでの距離とメーザースポットの奥行き方向の距離を同じ図の中において考えてみると明らかな矛盾が生じることが分かる。つまり、単純にピーク時間のずれがメーザースポットの奥行き方向の広がりとして解釈することは難しいと考えられる。

6. 今後の課題

今後の課題として挙げられることは、まずデータの較正である。次に関数フィッティングを行った時に、それぞれのデータはガウス分布の変動と仮定したが、成分 A や E はガウス分布から外れているように見える。そのため非対称な変動に対する関数フィットの考慮が必要になる。

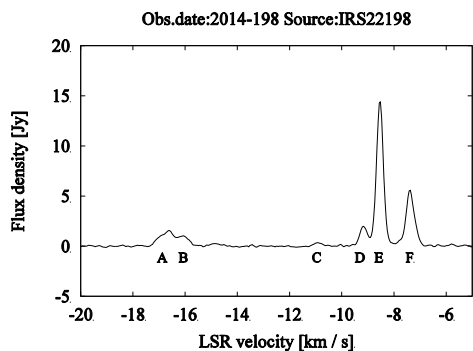


図 1 : 7月 17 日の一日積分のスペクトル図

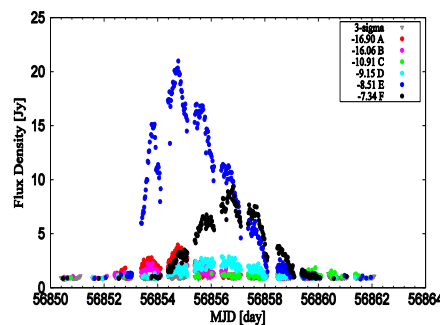


図 2 : 各スペクトル成分の変動図

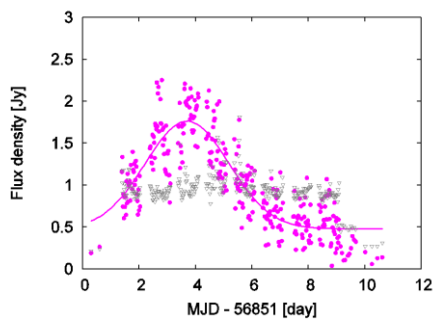
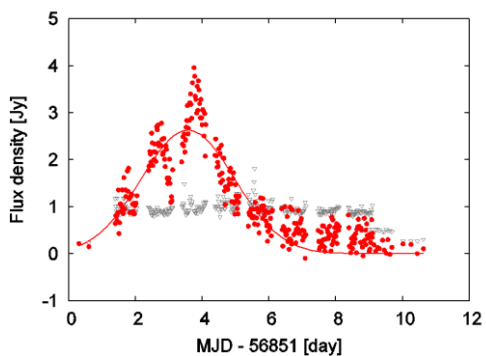


図 3 : 成分 A (左)・成分 B (右) に対する関数フィッティングの結果

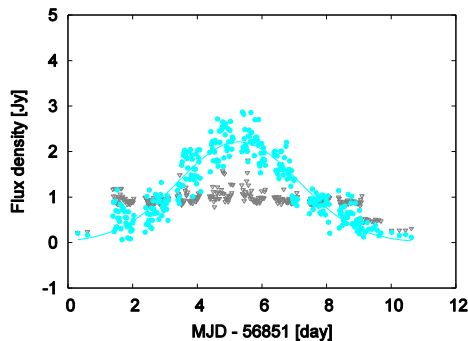
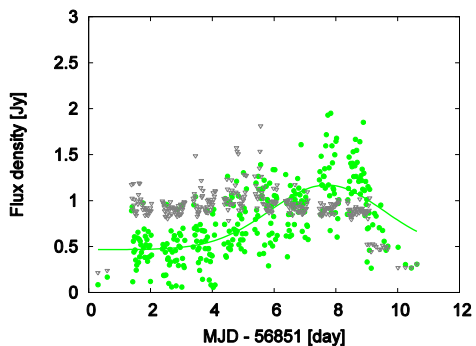


図 4 : 成分 C (左)・成分 D (右) に対する関数フィッティングの結果

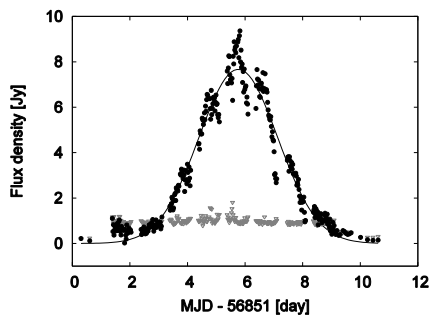
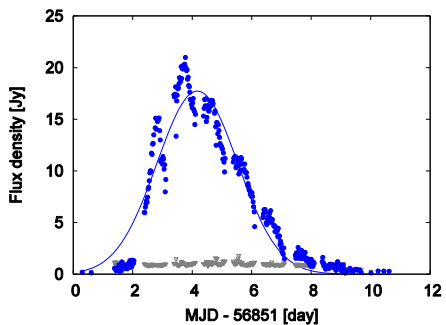


図 5 : 成分 E (左)・成分 F (右) に対する関数フィッティングの結果