

氏 名 望 月 奈々子

学位 (専攻分野) 博士(理学)

学 位 記 番 号 総研大甲第553号

学位授与の日付 平成13年9月28日

学位授与の要件 数物科学研究科 天文科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 Observational Study of the Water Maser Burst in
the Orion-KL Region

論 文 審 査 委 員 主 査 教授 石黒 正人
教授 笹尾 哲夫
助教授 出口 修至
教授 富阪 幸治 (国立天文台)
教授 面高 俊宏 (鹿児島大学)

In December 1997, we discovered the enormous outburst of the water maser source in the nearest massive star forming region Orion-KL. The intensity of the burst maser shows nearly exponential increase up to a few 10^6 Jy and lasted for a year. Though the water maser burst in the Orion-KL region was also reported in 20 years ago, the monitoring observations of the previous maser burst were only obtained by single-dish radio telescopes, thus the spatial distribution and time variation were unknown and the amplification mechanism of the water maser burst are still unclear.

In order to investigate the time variation of the spatial distribution of the burst region, we conducted a series of VLBI monitoring observations, especially onset of the burst and enormous increasing period of the burst, toward the region using Japanese domestic VLBI network called J-Net. We determined the absolute position of the burst maser feature by the fringe-rate mapping method with 1arcsec accuracy. The position of the burst maser feature is about 4000AU southwest of IRc2 and compared with the previous results of the burst occurred in the Orion-KL 20 years ago, we found the burst occurred repeatedly in the same region. The apparent shifts in the peak velocity and line narrowing in the initial stage of the amplification have been reported in observations of the previous maser bursts. Our total power spectra obtained with Kashima 34-m telescope showed apparent shift in the peak velocity and narrowing of the burst line, too. However, no shift in the peak velocity nor narrowing was detected in our VLBI cross-power spectra of the burst maser feature ($V_{\text{LSR}} \sim 7.68$ km/s, $\Delta V \sim 0.38$ km/s). The absence of the narrowing required that the burst maser must be saturated and must be caused by the beaming but not by the intensity variation of the input source. The apparent phenomena are well explained by the varying weight of the burst feature among other largely stationary features. From the spatial distribution, the burst feature is about 5AU in size and is elongated in the northwest-southeast direction. We found a clear velocity gradient in the velocity channel components (spots) of the masers. Redder spots were located in the northwest and bluer spots are located in the southeast of the burst feature. Comparison of the spatial distribution of our multi-epoch VLBI observations revealed that most of the maser spots in the burst feature show apparent movements relative to the 7.6 km/s burst spot. In the region of the vicinity of the burst feature, there are five maser features with LSR velocity within a few km/s around the velocity of the burst feature (7.3 km/s) aligned linearly in the northwest-southeast direction with spatial extension of 200 AU from the burst feature. Two of the maser features in the linear structure are very similar to those observed in the quiescent period. It is most likely that they are the same maser features.

These results indicate that the beaming in the two overlapping masing regions caused a mechanism of the enormous amplification, and this is consistent with the interacting

maser model. It seems therefore natural to seek for a possible relationship between linear structure of the burst region in 100AU scale and a mechanism, which causes the maser burst. Based on the interacting maser model, in order to explain the overlapping of two maser features along our line of sight, we consider a possibility of the model that assumes the 100AU scale northwest-southeast structure as an edge-on view of a large rotating disk. Some features could be explained. However, the velocity difference among the linear aligned features is difficult to explain. It seems to be consider the structure as another possibility that the overlapping of two maser features is caused by a compact maser source and a steady large-scale flow such as the shocked layer may be formed by the high velocity flow from the source I which shows a characteristic bend in this region.

多くの星生成領域で、水や水酸基などいくつかの分子がレーザー放射による強い電波を放っている。これらの天体レーザー源が示すさまざまな現象の中で際立って目覚ましいものに、「レーザーバースト」と呼ばれる爆発的な電波強度の増大がある。これは、過去に数例しか知られていないが、たかだか数ヶ月の短い期間にレーザー源の電波強度が1千倍から1万倍も増える現象であり、ピーク時の輝度温度は 10^{17} 度にも達する。

申請者の望月奈々子氏は、1997年末に大質量星生成領域Orion KLで起きた22GHz帯水レーザー源のバーストを鹿児島大学・面高俊宏氏等とともに発見し、ただちに国内VLBI観測網(J-Net)による観測を組織して、1997年12月から1998年6月にかけて数回の高空間分解能観測を行った。レーザーバースト現象の強度増大期に高精度のVLBI観測を行ったのは、これが世界で初めてである。申請者はこれらの観測によって、バーストを起こしたレーザー成分を特定し、その電波強度が数ヶ月間ほぼ指数関数的に増大し、100万Jyにも達したことを示した。また、従来一部の単一鏡観測で報告されていた増大期におけるスペクトル線の中心周波数のシフトや線幅の変化は実は他のレーザー成分の影響による見かけの現象であり、バースト成分自身には全く起きていないことを明らかにした。

一方、絶対位置の解析から、バーストが起きた場所は、およそ20年前に同様のバーストが生じた位置と1秒角の精度で一致していた。そして、イメージ解析により、バーストを起こしたレーザー成分が、北西から南東に細長く伸びた形をしていることを見いだした。さらに同領域で、北西から南東におよそ400ミリ秒角にわたって一直線に並んだ数個のレーザー成分も発見した。そして、個々の成分内部にも、成分間にも、視線速度が北西側ほどプラスであるという、特徴的な速度勾配が見られることもわかった。申請者は、過去のVLBI観測記録を調べて、この直線的構造がバースト以前の約3年前の観測結果にも見られること、20年前のバーストもおそらくはこの直線的構造の上で起きたであろうことを示した。さらに、複数回の観測から、バースト成分の輝度中心が南東方向に系統的に動いていることを発見し、その速度を年間5.3~10.4ミリ秒角と導出した。

これらの観測事実から、申請者は以下のような議論を展開した。すなわち、

- (1) スペクトル線幅が強度増大期に一定であることは、バーストの原因が背景電波の増大とかポンプ効率の上昇にあるのではなく、ビーミングすなわちレーザー放射の射出角の絞り込みによって生じていることを示している。
- (2) バースト成分に見られる運動は、北西-南東の直線的構造に沿って動くひとつのレーザー領域が他のコンパクトなレーザー領域と視線上で重なっているために生じていると考えるのが自然である。これがまた、強いビーミング、すなわち爆発的強度増大の原因に他ならない。
- (3) 直線的構造は、直径数百天文単位の回転する円盤を真横から見ている、あるいは衝撃波面のような平坦な構造を見ている、という可能性がある。この二つのモデルのどちらが当てはまるかを明らかにするため、今後行うべき観測についても考察している。

以上のように、申請者は、レーザーバースト現象の本質解明の手がかりとなるいくつかの重要な事実を発見し、バースト領域のきわめて特徴的な直線的構造を明らかにした。そ

して、今回のバーストが、ふたつのメーザー領域の重なりによるビーミングで生じたことをほぼ疑問の余地のない形で示した。特筆すべきことは、観測成果の多くが、バーストの発生期から強度増大期にすばやく観測を行った申請者の好判断で得られたことである。これらの諸点を考慮して、本審査委員会は、提出された論文が学位論文にふさわしい水準にあると認めた。