

学位論文の要旨	
氏名	親泊 美哉子
学位論文題目	長周期変光星星周一酸化珪素レーザー励起に見られる周期的変動性
<p>本論文は、漸近巨星枝段階にある長周期変光星の星周で検出される一酸化珪素(^{28}SiO)レーザー(振動励起状態 $v=1, 2, 3$ に見られる回転励起遷移 $J=1 \rightarrow 0$)に対して、これらレーザーの相対輝度分布の差異の特徴に基づき、観測時において最も優勢なレーザー励起機構を判別、優勢な励起機構と星の脈動変光の位相との間の相関性について論じたものである。</p> <p>第1章では、質量放出を繰り返しながら脈動変光する長周期変光星の星周ガス縁の物理環境(温度・密度)の時間変化を、その星周ガス縁で見られるSiOレーザーの振舞いから捉えられる可能性について論じた。このような物理環境変化の追跡のためには、レーザーがどのように励起されるかを解明する必要がある。考えられる星周SiOレーザーの励起として、① 放出されたガスによる衝突、② 星からの放射、③ 星周に存在する水蒸気分子からの赤外線放射(H_2O-SiO line-overlapping)がある。本研究では特にline-overlappingに注目し、超長基線電波干渉法(VLBI)観測で得られる多輝線のレーザー相対輝度分布からline-overlappingの発現の判別方法について考察した。</p> <p>第2章では、VLBI観測の原理、及び、異なるレーザーの輝度分布マップに共通の座標系を与えてマップを重ね合わせる技法(spectral phase-referencing)について述べた。本研究では、VLBI観測によって得られたSiO $v=1, 2, 3$ ($J=1 \rightarrow 0$)レーザーの輝度分布間の合致の程度から励起機構を推定し、星の脈動変光とレーザー励起機構の相関性を調査した。そこで、マップ重ね合わせの精度と励起機構の判別の信頼性について論じた。</p>	

第3章では、長周期変光星12天体に対し、VLBI Exploration of Radio Astrometry (VERA)と野辺山45m望遠鏡(NRO)を組み合わせたVLBI観測を行った結果を述べた。観測から得られた $\nu=2, 3$ ($J=1\rightarrow 0$)メーザー輝度分布マップから、line overlappingの特徴である異なるメーザー間の空間的・速度分布的相関を持つ天体があることを確認できた。さらに、優勢なメーザー励起機構と星の変光位相との相関性を調査した結果、line-overlappingは可視光光度曲線の極大を過ぎた変光位相 $\phi=0.0-0.3$ (ここでは $\phi=0.0$ と 1.0 で極大)で効率的に働く可能性があることを示した。長周期変光星の赤外線光度曲線が $\phi=0.1-0.2$ で極大となることを考慮すると、この時期に水蒸気分子からの中間赤外線放射強度が増加し、line-overlappingが効果的に働くと考えられる。

第4章では、同じ星のSiOメーザーを5回にわたってVLBI観測を行った結果について述べた。対象は、第3章で取り上げた $\phi=0.18$ で観測したにもかかわらずline-overlappingの発現が見られなかったR Leoと、 $\phi=0.13$ の観測でline-overlappingの発現が見られたIK Tauの2天体である。これらの観測は、line-overlappingの発現の有無かが、変光位相だけではなく天体の星周ガスの特性に依存するかを調査するためである。このような $\nu=1, 2, 3$ ($J=1\rightarrow 0$)の同時撮像を周波数設定を切り替えずに完全同時に行った例は、日本で開発された広帯域VLBI信号処理装置を用いたImai et al. (2012)と本研究によるものだけである。光度曲線極小から極大に変わる期間に3回観測し R Leoでは、 $\nu=3$ メーザー励起において、line-overlappingの発現は見られなかった。line-overlappingが働いた場合期待される $\nu=3$ メーザー強度と可視光光度曲線との相関かが、今回観測したR Leoの様に見られない事例もありそうである。ここでは、その理由について考察をした。R Leoでは位相に関わらずline-overlappingは生じない可能性を示唆した。

第5章では第3章および第4章で得られた結果を総括した。その上で、本研究で示したSiOメーザー多輝線のVLBI同時観測が、脈動変光に伴う星周物理環境の変化を捉える有効な手段となるべく必要な条件について述べた。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

Periodic variability seen in silicon monoxide maser excitation around long-period variable stars

Name: Oyadomari Miyako

This thesis comprises a study of possible correlation of the excitation mechanisms of circumstellar SiO masers with the light curves of long-period variable stars through very long baseline interferometry (VLBI) observations of circumstellar SiO $\nu=1, 2,$ and $3 J=1 \rightarrow 0$ masers.

Chapter 1 describes the introduction to the excitation mechanisms of SiO masers found around long-period variable stars (LPVs). It discusses the feasibility of monitoring the distributions of the SiO masers for tracing the temporal variation of the physical environments of the circumstellar envelopes developed in the final stage of stellar evolution. Here it is crucial to find out the excitation mechanisms of SiO masers. Their possible schemes are (1) pumping by collision of SiO molecules with hydrogen molecules, (2) pumping by radiation from the star, (3) pumping through line-overlapping between the mid-infrared transitions of H₂O and SiO molecules. In order to distinguish the most plausible dominant schemes, this study focuses its main purpose on investigating possible correlation of SiO excitation mechanisms with the stellar light curve of LPVs.

Chapter 2 describes the principle of the VLBI image synthesis and the spectral-line phase-referencing technique used for composition of the SiO $\nu=1, 2,$ and 3 maser maps. It discusses the accuracy of map registration for the composite maser maps and its effect on the reliability for the proposed interpretation on the maser excitation mechanisms.

Chapter 3 shows the results of the VLBI observations conducted with the VLBI Exploration of Radio Astrometry (VERA) and Nobeyama 45 m telescopes towards SiO $\nu=2$ and $\nu=3 J=1 \rightarrow 0$ masers around 12 LPVs. They yielded that some of the stars exhibit good correlation between these maser lines in spatial and velocity distributions. Moreover, such correlation seems to appear efficiently soon after the maximum ($\phi=0.0-0.3$). Thus it is suggested that the line overlapping mechanism will become predominant when the infrared emission gets the strongest ($\phi=0.1-0.2$).

Chapter 4 presents the result of the multiple epoch VLBI observations of SiO $\nu=1, 2,$ and $3 J=1 \rightarrow 0$ masers towards two LPVs. This focuses its main interest whether the correlation between the line overlapping and the stellar light curve described in Chapter 3 depends on the intrinsic characteristics of stars.

Chapter 5 summarizes the discussion in Chapter 3 and 4 and concludes that the SiO masers can be used for tracing the temporal variation of the physical conditions of the circumstellar envelopes for understanding the final stellar evolution exhibiting copious mass loss. For further investigations of the maser excitation mechanisms, it discusses the importance of long-term monitoring VLBI observations towards a larger sample of LPVs with various periods of stellar pulsation in large observation projects such as that with the KVN and VERA Array (KaVA) for higher accuracy statistics.