

学位論文の要旨

氏名

Gabor Orosz

学位論文題目

Exploring high precision VLBI astrometry of hydroxyl and water masers to study late stellar evolution
(末期恒星進化研究のための水酸基及び水メーザー源に対する超長基線電波干渉法による高精度天体位置計測)

本論文は、超長基線電波干渉法(VLBI)を用いた新しい高精度天体位置計測法を星周メーザー源に適用し、末期恒星進化の研究へ応用した研究についてまとめたものである。

第1章では、宇宙メーザー源を伴う星々に対する三角視差距離や固有運動さらに星周ガス内部運動を求める為の高精度位置計測が、恒星進化の研究に不可欠なものであることを論じた。その上で、メーザー源位置計測における問題点やその克服法について検討した。

第2章では、宇宙測量の対象であるメーザー源について論じた。メーザー源を伴う星や星周ガスの物理量を見積もるために、直接観測されるメーザー源の励起機構やメーザー領域が反映している環境(物理的実体)について考慮し、観測量から物理量に変換されなければならない。ここでは、位置計測のための高解像度撮像観測をした際にメーザー源がどのように観測されるのかについて検討した。

第3章では、メーザー源位置計測向けのVLBIについて論じた。VLBIは、末期星周囲に存在する微小メーザー放射ガス雲の位置を高精度で把握することができ、メーザー源の距離や星周ガス雲内の運動を直接計測することを可能とする。特にここでは、水酸基及び水メーザー源の位置計測で採用される幾つかの観測手法について解説した。最も重要なことは、本論文で「複視野法」と呼ばれる新技法を初めて実践した点である。ここでは、この新手法と他の手法とを比較し、特に低い周波数帯(水酸基メーザーが存在する1.6 GHz 辺り)における位置計測で大きな誤差要因となっている電離層による影響がどれだけ軽減

されたのかについて検討した。

第4章では、実際に行われた漸近巨星枝(AGB)星OH 128.6-50.1に付随する水酸基メーザ一源に対する低周波数帯天体位置計測による固有運動及び三角視差の計測について報告した。この中で、測定された値の中に含まれる系統誤差を見出す方法について論じた。また、ここで得られたメーザ一源までの距離を用いて、従来採られていた距離推定法(異なるメーザ一輝線ピークの強度変化の間に見られる時間差を使う方法)の有用性について評価した。さらに、このメーザ一源を伴う星の導出された距離や物理量を用いて、長周期変光AGB星に見られる周期-光度関係に見られる疑問点について論じた。これらを通して、AGB星をデータ点としたり水酸基メーザ一源の測量結果を利用したりして天の川銀河の力学的構造について研究する手法について考察した。

第5章では、2つの「宇宙の噴水」天体 IRAS 18113-2503及びIRAS 18043-2116に付随する水メーザ一源に対する位置計測について論じた。この研究では、水メーザ一源の固有運動や年周視差の計測結果を、このような天体に見られる高速恒星ジェットの物理的特徴を把握し、そこからAGB期とその後の段階における恒星進化を論じるのに利用した。さらに、高速ジェットによって惑星状星雲の形状が作られることを説明する2つの仕組みや、水メーザ一の強度変化及びその経年進化についても論じた。

第6章では、本論文の結論をまとめた上で、AGB段階から惑星状星雲を形成する段階までの星の進化を研究するためのVLBI電波源位置計測に基づく将来の研究計画についての見通しを論じた。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

Exploring high precision VLBI astrometry of hydroxyl and water masers to study late stellar evolution

Name: Gabor Orosz

This PhD thesis discusses astrometric measurements made towards stellar masers in very long baseline interferometry (VLBI), as attempts to test new observing methods and their applications to study on late stellar evolution.

Chapter 1 is the introduction to the scientific and technical motivations behind my presented research topics. I highlight the fundamental importance of maser astrometry to measure the distance and motion of stars and their surroundings, which is essential for understanding stellar evolution. I also give a short overview of the main challenges in maser astrometric observations and ways of addressing these issues.

Chapter 2 deals with masers. Masers are what we can observe, so all derived results rely on our understanding of their connection to their surroundings. I give a short overview on maser excitation mechanisms and the environments they trace around evolved stars. I also present a practical summary on the observational characteristics of stellar H₂O and OH masers when conducting high resolution observations for the astrometry.

Chapter 3 introduces very long baseline interferometry (VLBI), the observing method behind maser astrometry. VLBI enables the precise measurement of the positions of maser clouds around evolved stars, making it possible to directly measure the distances and spatiokinematic properties of stellar regions. I describe the various techniques adopted in this thesis that enable high precision VLBI astrometry of OH and H₂O masers. Most importantly, I present the first observational demonstration of a new calibration technique called MultiView. I compare MultiView to traditional methods and show the achieved improvements in mitigating ionospheric errors, the main limitation of previous astrometric measurements at the OH maser frequencies of 1.6 GHz.

Chapter 4 details low-frequency proper motion and parallax measurements conducted towards the stellar OH masers of two asymptotic giant branch (AGB) stars, OH 128.6–50.1 and OH 138.0+7.2. I introduce a data analysis technique for detecting systematic errors in the observations and use our measured trigonometric distances to evaluate the phase-lag distance method. The AGB distances and derived stellar parameters are used to address questions about the period – luminosity relation of long period variable AGBs and late stellar evolution. I also discuss the use of AGB stars and OH maser astrometry to study Galactic dynamics.

Chapter 5 presents the astrometry of two water fountain stars, IRAS 18113–2503 and IRAS 18043–2116. I use the proper motion and parallax measurements of H₂O masers to talk about stellar evolution beyond the AGB phase, by characterizing the physical nature of the fast stellar jets seen around water fountains. I also talk about the different shaping mechanisms of planetary nebulae by the jets and the variability and evolution of their H₂O maser tracers.

Chapter 6 is the summary of the thesis and an outlook to future projects in VLBI astrometry to study late stellar evolution from AGB stars to planetary nebula stars and to advance low-frequency astrometric techniques.