

## 学位論文の要旨

氏名

亀崎達矢

学位論文題目

The determination of physical parameters of LPV stars and star forming region based on annual parallax measurements

VLBI観測を行うことで求められた年周視差測定に基づいて長周期変光星と星形成領域の物理量を決定した。その結果、長周期変光星の光度、半径、質量を求めることができ、星形成領域についてはクラス0と呼ばれる進化の初期段階に位置する星の存在を示唆した。距離は天文学では基本的であり、重要な量である。それらは天体のサイズや光度、質量、半径などに影響する。いくつかある距離測定の中でも仮定が天体の特性に依存しない年周視差を使った距離測定を採用した。

第1章は、はじめに原理の異なる5つの距離測定（反射時間、視差、見かけの明るさ、見かけの大きさ、系統的運動を利用した距離測定）の方法について述べた。その後天の川銀河内の天体に対する距離測定（運動学的距離、測光学的距離、周期光度関係、年周視差）の方法の利点と問題点について説明する。

次に観測に利用したレーザーという輝線について述べた後に観測に使用した超長基線干渉法（VLBI）という装置について説明した。

第2章は、VLBIを使って得られたVLBI Exploration of Radio Astronomy (VERA)のデータ整約について記述した。はじめにVLBI観測で得られる重要な4つの観測量（位相、群遅延時間、遅延時間変化率、振幅）とそれらを含むデータ（ビジビリティ）について記した。その後大気ゆらぎの影響などで起こる位相ずれを補正する位相補償解析の手順とその中で行う較正方法について記述した。これらの手順はAstronomical Image Processing System (AIPS)を使って行われ、使用したタスクについても説明した。

第3章は第4章から第6章までのデータを得るための観測(VERAと鹿島34m鏡)について述べた。

第4章では長周期変光星RX Bootisの結果と考察についてまとめた。この天体はb型半規則型変光星に分類され、異なる二つの周期(159.9日と278日)を持つことが知られている。この天体の年周視差は $7.31 \pm 0.50$  masで距離にすると $136^{+10}_9$  pcであった。この距離を用いて周期光度関係上にプロットすると大マゼラン銀河の2つの系列と一致していた。この2つの系列は倍振動モードで脈動する天体が分布する系列(C')と基本モードで脈動する天体が分布する系列(C)であった。このことからRX Bootisは基本モードと倍振動モードで脈動する天体であることがわかった。また距離を用いて半径、輻射光度、質量をそれぞれ $3630 L_{\odot}$ 、 $270 R_{\odot}$ 、 $\sim 1 M_{\odot}$ と求めた。

第5章ではa型半規則型変光星RW Leporisの結果と考察についてまとめた。この天体の年周視差は $1.62 \pm 0.16$  masであった。周期光度関係上ではB+上とCとC'の間に位置していた。また径、輻射光度、質量をそれぞれ $15400 L_{\odot}$ 、 $428 R_{\odot}$ 、 $\sim 4.7 M_{\odot}$ と求めた。

第6章ではNGC2264についてまとめた。測定された年周視差は $1.356 \pm 0.098$  masであった。このそくていされた距離は以前に測定された測光学的距離と一致していた。これはこの領域が比較的減光量が少ない( $A_V \sim 1$  mag)ためである。距離に基づいてサイズや質量、光度を見積もり、水メーザーのドライビングソースについても考察した。特にNGC2264の水メーザーはクラス0という星形成初期の若い段階に位置する天体であると考えられた。年周視差測定あつてのものである。

第7章は、第1章から第6章までを総括した。年周視差で測定した距離は多くの場合他の方法で測定した距離よりも少ない仮定で精度よく求めることができる。それらに基づいて周期光度関係や銀河回転曲線、VERAの目的である天の川銀河の地図の作成ができると期待する。また今回の観測で新たに生じた疑問や今後の研究についても記した。

## Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

The physical parameter determination of evolved stars and star forming region based on annual parallax measurements

Name: Kamezaki Tatsuya

This thesis mainly focuses on obtaining accurate distances, and discussing the stellar properties of Long Period Variable (LPV) stars and star forming status based on the annual parallax measurements with Very Long Baseline Interferometry (VLBI). The celestial source's distance is the most fundamental and important parameter in astronomy. We cannot determine luminosities (or absolute magnitudes), masses, sizes and others of all celestial objects without knowledge of the distances to them. Therefore, we need to determine the distances precisely based on the most reliable method. I used the annual parallax to determine the distance because this is based on the most direct method and is reliable.

Chapter 1 gives the five distance measurements based on the different principles and why I used the annual parallax to determine the distance with VLBI compared with other three famous distance determination methods toward galactic sources, which are the kinetic distance, photometric distance and the distance based on the PL relations. The kinetic distance is estimated from radial velocity with the assumption of a galactic rotation model and it requires a precise galactic model. The photometric distance is estimated from the photometric observations with the assumptions of a model of the spectral type and the absolute magnitude, and it requires the precise extinction correction based on the reddening. The annual parallax is estimated from the annual motion of target (e.g. masers and stars) and it requires only the precise orbit of Earth around the Sun. It gives the precise target position in 3D space.

Chapter 2 gives the data reduction process of VLBI and the parameters to be corrected and the tasks of the standard data reduction software, Astronomical Image Processing System (AIPS). In following sections, I described what the data obtained with VLBI is, which is called as visibility. Then I explained the four fundamental parameters; the phase, group delay, delay change rate and intensity, which are obtained with VLBI and should be corrected. In addition, I described the procedure to obtain the phase-referenced images. In the last section, I noted the attentions and the special procedures in VERA data reduction.

We summarized all the observations in the Chapter 3. The VLBI observations were conducted with the VLBI Exploration of Radio Astrometry (VERA) to obtain the position of the water masers and to measure their parallaxes. The single-dish observations were conducted with VERA Iriki telescope and Kashima 34 m telescope. During VLBI observations, we monitored the target source with VERA Iriki telescope to know the intensity and to chase the variation. The observations with Kashima 34 m have the purpose to obtain the map of NH<sub>3</sub> emission and to understand the temperature distribution of the region.

From Chapter 4 to Chapter 6, I described the actual observational results and discussions of the three targets; LPV stars, RX Bootis and RW Leporis and a star forming region, NGC2264. We determined the distances toward these sources based on our annual parallax measurements with water masers. Therefore, the distance is more reliable than any previous estimation. The measured distances are consistent with the previous results and the accuracies of the distances were improved. Based on our derived distances, we determined the some physical parameters of these targets; the luminosity, radius and mass. Moreover, we discussed the positions on the Period-Luminosity (PL) diagram and the stellar evolutionary stage for the observed LPV stars. For the star forming region, we discussed the driving source of the maser, and its evolutionary stage.

These studies mentioned above are summarized and the expected works are described in Chapter 7.