

学位論文の要旨	
氏名	浦郷陸
学位論文題目	長周期ミラ型変光星を用いた天の川銀河の構造研究
<p>ミラ型変光星は100日以上周期を持つ脈動型変光星であり、周期光度関係と呼ばれる変光の周期と星の絶対光度の関係性を持っており、それによって距離が決定できる。加えて、ミラ型変光星の質量はその周期と正の相関関係があり、長周期の天体ほど星の質量が増加すると考えられている。質量が重い天体は星が生まれた場所の近くに存在すると考えられているため、周期の長いミラ型変光星の分布は銀河の腕構造（ここでは、大質量星が形成されている領域の意）をトレースしていると考えられる。本研究では、鹿児島大学1m望遠鏡を用いて長周期ミラ型変光星に対して実施したモニタリング観測の結果について報告する。また、ミラ型変光星の従来の距離決定方法を見直し、精度の向上を図るとともに、天の川銀河上で長周期ミラ型変光星の3次元分布を得た。その分布と天の川銀河の腕構造を比較し、腕構造のトレーサー（腕構造によく付随している天体）としての可能性を考察する。</p> <p>第1章は、ミラ型変光星についての情報をまとめた。ミラ型変光星はAGB星といわれる星の進化の最終ステージにある星であり、非常に長い周期と、高い周期性を持った脈動型変光星である。本研究では、このミラ型変光星の持つ様々な特徴、物理的な関係を用いて議論を行う。そのため本章において、AGB星の成り立ち、ミラ型変光星の概要、表面の化学組成とその形成モデル、これまで行われたミラ型変光星の研究などについて述べた。第2章は、天の川銀河の構造についてまとめた。天の川銀河は我々が住む銀河であるため、最も詳細に調べられる可能性を持つが、我々がその内部にいるために、その全貌はいまだ明らかになっていない。他の多くの渦巻銀河と同様に、天の川銀河も、円盤構造、ハロー、腕などの構造を持っている。これらの構造に対応し、そこで起きている現象や存在している天体の種類に違いがある。このため、それぞれの構造は適切なトレーサーを用いることで分離することができる。本章はこれらの構造に対してトレーサーを用いた研究について述べた。</p> <p>第3章は、観測を行ったミラ型変光星の選出方法、また、用いた観測装置、解析手法、その他に用いたアーカイブデータについてもまとめる。数多ある恒星から長周期ミラ型変光星を効率的に選択するため、IRAS衛星によって得られたIRAS2色図上のより星周ダスト構造の進化が進んだ領域(IIIa、IIIb)より800天体を選出した。これらの天体は天の川銀河内でOH/IR星といわれる星周に厚いダスト殻構造を持っている天体である。質量が大きいミラ型変光星はより多くのダスト殻をその身にまとっているとされていることから、これらは長周期ミラ型変光星の可能性が高い。鹿児島大学では1m望遠鏡と近赤外線カメラを用いて、これらの候補天体に対して13年間のモニタリング観測を行った。このモニタリング観測で得られたデータの詳細やデータの解析方法についてまとめた。また、他の望遠鏡などで得られ、広く公開されているデータを用いた議論を本研究では行っているため、それについてもまとめた。</p>	

第4章では、観測により得られた結果について述べた。本研究のモニタリング観測から得られたミラ型変光星の時系列データに対してフィッティングを行い、周期、平均等級、振幅を得た。また、得られた振幅、周期の分布を先行研究と比較し、本研究の天体は典型的なミラ型変光星よりも長周期の傾向があることを示した。

第5章では、距離決定方法の再検討を行った。ミラ型変光星の近赤外線 (JHK バンド) の周期光度関係は大マゼラン雲での研究から、長周期側で直線の関係が崩れてしまうことが報告されている。これは長周期ミラ型変光星が持っている厚いダスト殻による減光の影響であると考えられている。そのため、波長 $3.4\mu\text{m}$ での周期光度関係を用いて距離決定を行った。この波長帯では、星の表面からの放射とそれを吸収して星周ダストが再放射する強度が一致するためである。周期光度関係によって求めた距離と、年周視差測定によって求められた距離を比較し、 $3.4\mu\text{m}$ での周期光度関係が高い精度を持つことを確認した。また、減光補正方法も従来の方法とは別の方法を考案した。個々の恒星に対する色だけから減光補正を行う従来の方法では、長周期変光星の厚いダスト殻の減光と前景の星間減光との区別ができない。そのため、星間減光量の見積もりに誤りがある可能性があった。本研究は厚いダスト殻を考慮した赤外線2色図を用いた減光補正法と赤化マップを用いた2つの方法を提案した。

第6章では、モニタリング観測を行った長周期ミラ型変光星の観測的な詳細とその天の川銀河内での3次元分布について考察を行った。長周期ミラ型変光星は天球面上の位置では銀河面（銀緯が低い領域の意味）に多く存在したが、立体的な位置でもやはり銀河面に多く存在した。特に天の川銀河の $|z| < 200\text{pc}$ は「thin disk」と呼ばれる、金属量が多く寿命が短い天体が存在している構造である。「thin disk」の中に存在した長周期ミラ型変光星は腕構造の付近、特にサジタリウス腕に付随した。腕と腕の間には天体の数が急激に減少している位置が見られ、長周期ミラ型変光星もこの位置で数が減っていることが確認できた。このことから、長周期ミラ型変光星は天の川銀河における若い構造をトレースするよい指標とできる可能性が高いことが確認できた。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation: The Study of the Galactic Structure using long-period Mira variables

Name: **Urago Riku**

In this paper, I suggest the possibility that long-period Mira variables are a good tracer of the arm structure of the Milky Way. Using the Kagoshima University 1m telescope, I have performed monitoring observations for long-period Mira variable stars and determined their distances. Mira variables are long-period pulsating variable stars, which have a relationship (PLR) between the luminosity and the pulsation period, and the distance to them can be determined using it. In addition, the mass of Mira variables is suggested to be related to their period; the longer period Miras have a larger mass of the star. We obtained the three-dimensional structure of long-period Mira variables on the Milky Way, and consider the conventional distance determination method to improve accuracy. This is a summary of its usefulness as a tracer of the arm structure of the Milky Way.

Chapter 1 summarizes knowledge about Mira variables. Mira variables are the last stage stars of the evolution of stars called as AGB stars. In this paper, we discuss various characteristics and physical relationships of this Mira variables. For this reason, this chapter summarizes the origin of AGB stars, an outline of Mira variables, the chemical composition of the surface and its formation model, and research on Mira variables.

Chapter 2 summarizes the structure of the Milky Way. It is very important to know the shape of it, but the detailed structure is still revealed. The Milky Way has characteristic structures such as the disk, the halo, and the arm. These structures differ in the phenomena that occur and the sources. For this reason, various suitable tracers for each structure are required. In this chapter, we summarize the research using tracers for these structures.

Chapter 3 summarizes method to select the candidates of longer period Mira variables, as well as the observation equipment, analysis methods, and other archive data. We selected 800 sources located in the IIIa and IIIb regions on the IRAS color-color diagram to pick up long-period Mira variables efficiently because the stars in them have circumstellar dust. Since these sources have a thick dust shell around the stars, which are called OH / IR stars, and the Mira variables have a large mass tend to have more dust shells. At Kagoshima University, infrared monitoring observation has been performed for 13 years with the 1m telescope. The approaches to the data obtained from this monitoring observation are summarized. In addition, since this paper discusses using public data obtained from other telescopes.

Chapter 4 shows the results of the observations. In this section, we explain that how to estimate the light curve for my targets and obtained the period, average magnitude, and amplitude. In addition, comparing the obtained amplitude and period distributions with previous research, we found the sources in this paper tend to have longer periods than typical Mira variables. We also discover new some sources with period of longer than 1000 days.

Chapter 5 reviewed the distance determination method. The distance was determined using the PLR of the 3.4 μ m band of mid-infrared. Especially in this paper, I construct the 3.4 μ m PLR using WISE data, which observed entire the Galaxy. The distances determined by this PLR are compared with the distance determined by the annual parallax measurement. We confirm the high accuracy of the distance determination using the 3.4 μ m PLR since each distance is matched. We also mention a new method of dimming correction.

Chapter 6 discussed the observational details of long-period Mira variables and their three-dimensional distribution in the Milky Way. The long-period Mira variables associated thin disk and the arm structure, especially the Sagittarius arm. We suggest that a long period of Mira variable stars become a tracer of the young structure of the Milky Way.