

機関番号：17701

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21840040

研究課題名（和文）ミラ型変光星の精密位置天文観測による天の川銀河の動力学的研究

研究課題名（英文）Kinematics of the Milky Way Galaxy using accurate astrometric observation of Mira type variables

研究代表者

中川 亜紀治 (NAKAGAWA AKIHARU)

鹿児島大学・理工学研究科（理学系）・助教

研究者番号：60535631

研究成果の概要（和文）：VERA 電波望遠鏡を用いて高精度位置天文 VLBI 観測を行ってきた。本申請課題の期間に 2 件の論文が日本天文学会の査読付き雑誌に掲載された。AGB 星の星周現象や銀河系内での運動などが明らかになった。年周視差が計測された天体数は 6 天体に増え、周期光度関係確立のためのデータが揃いつつある。HIPPARCOS 衛星のデータをもとにして、視線速度、距離などのデータベースを整理し、およそ 300 天体の銀河系内ミラ型変光星について 6 次元動力学情報が整理された。

研究成果の概要（英文）：We have conducted astrometric VLBI observations with VERA towards Galactic AGB stars. Two papers were published. In the papers, we revealed size and motion of circumstellar envelopes of two AGB stars, and tracks of a star moving in our Galaxy during recent 1Gyr. We newly detected parallaxes for 6 AGB stars and it can be used to establish more precise PLR in the Galaxy. Using the HIPPARCOS database, we compiled 6-D kinematic information for 300 AGB sources.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度			
2007年度			
2008年度			
2009年度	830,000	249,000	1,079,000
2010年度	480,000	144,000	624,000
総計	1,310,000	393,000	1,703,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：電波天文学、VLBI、銀河系、光赤外線、

1. 研究開始当初の背景

ミラ型変光星と呼ばれる星は周期的に明るさを変えることが知られている。その変光周期と星の平均的な明るさの間には比例関係（周期光度関係）の存在が知られている。この周期光度関係を利用すると、光学観測によって得られる星の見かけの明るさ（実視等級）から距離を推定できるため、天文学では

星の距離を求めるための1つの道具として用いられる。しかし距離算出の根拠となるこの周期光度関係の正確さはまだ十分とはいえず、さらに正確な校正作業が必要である。そのためにはいくつかのミラ型変光星について、距離を独立に求める必要がある。

幾何学的に距離を求める手段として VLBI を用いた高精度位置天文観測による年周視

差決定を行う。本研究の開始当時、ミラ型変光星に対する高精度位置天文 VLBI 観測の例は国内外でまだ少なく、わずか数天体であった（例えば Vlemmings et al. 2007）。理由として、22GHz の水メーザー電波輝線を持つミラ型変光星の数が少ないこと、また距離が遠く年周視差の決定には非常に高い位置決定精度を要求することが挙げられる。これらの困難を解決できる新しい観測装置である VERA を用いて、本研究とその準備研究を経て約 20 天体の観測を開始することができた。

2. 研究の目的

天文学において星までの距離は天体の大きさなどの物理量に直結する非常に重要な量である。一般的に天文観測によって得られるサイズの情報は「見かけの角度」であり、実際の大きさを知るためには距離が必要となる。運動についても同様で、観測で得られる「角速度」を実際の変換速度にも距離が必要となる。明るさや温度についての物理量についても同様で、観測対象までの距離はその物理的性質を決める上で非常に基本的で重要な量である。

ミラ型変光星の変光周期と平均的な明るさの間には比例関係（周期光度関係：図 1）が知られている。この周期光度関係は星の距離を求めるための 1 つの指標として利用されるが、その正確さはまだ十分とはいえず、さらに較正作業を進め精密化を行う必要がある。この周期光度関係の正確な決定が本研究の一番の目的である。このためにはミラ型変光星の距離を年周視差計測によって幾何学的に求め、同時に赤外線観測によって得られた実視等級を用いることで絶対等級による周期光度関係を確立することが必要となる。

ミラ型変光星に対する、変光周期と絶対等級の間の周期光度関係が一旦確立されると、この関係を利用して、光学観測データを用いて銀河系内の非常に多くのミラ型変光星の距離を算出できることになる。精度の高い周期光度関係により、銀河系全体を含む空間スケールでのミラ型変光星の分布を明らかに

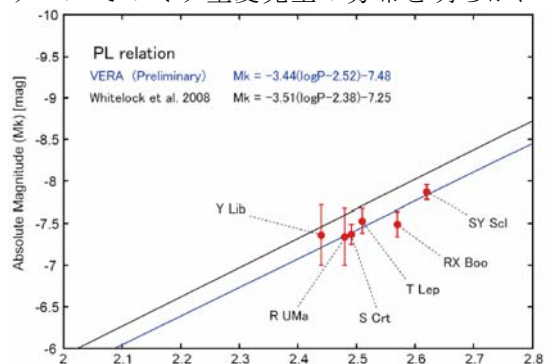


図 1：周期光度関係

することで、銀河系の運動や構造の解明に利用できる。これまでに観測例の少ない厚い銀河円盤の星の距離や運動を明らかにして、銀河系のポテンシャルモデルに制限を与えることなどが期待できる。また、近年進展が著しい大規模計算によるシミュレーション結果に対して、その検証作業における比較対象として多くのサンプルを提供できる事になる。このように、周期光度関係の精密化は多くの天文学の基礎となりえる課題である。

3. 研究の方法

地球の公転運動の影響により、観測する天体は 1 年周期の見かけの運動を持つことになる。これを年周視差とよび、この角度を計測する事でその天体までの距離を算出する事が出来る。銀河系スケール（数千光年）の距離を考えた時、年周視差は非常に小さく光学望遠鏡などの空間分解能では検出が困難である。そこで、超長基線電波干渉計 (VLBI) による、1 ミリ秒角を切るような高い分解能の観測が必要となってくる。我々は国内に整備された VERA 電波望遠鏡（4 基の口径 20 m 電波望遠鏡：図 2）を用いて観測を行っている。VERA による高精度位置天文観測は周波数 22Gz の水メーザー電波輝線を利用する。1 カ月間隔でミラ型変光星を約 2 年間にわたり観測する事で天球面上でのその軌跡を捉え、年周視差を検出する。

一方で鹿児島大学 1 m 光赤外線による光学モニター観測により、同じ天体の赤外線での実視等級や変光周期を決定する。こうして得られた距離と実視等級から絶対等級を割り出す。変光周期と絶対等級の組み合わせ多くのミラ型変光星について得ることで、周期光度関係の確立が可能となる。



図 2：VERA の望遠鏡配置

長基線による電波干渉で分解能を上げる。

4. 研究成果

VERA 電波望遠鏡を用いて高精度位置天文 VLBI 観測を行ってきた。ミラ型変光星周辺の水メーザー電波源を1カ月間隔で2年間観測し、年周視差を測ることにより距離を決定する。本申請の研究期間に、年周視差が計測された天体数はそれまでの2天体から6天体ほどに増えた。また現在でも多くの星を引き続き観測中である。これらの成果により、周期光度関係確立のためのデータが揃いつつあり、既に予備的な結果が得られている。天文学会などで報告している。微視的な視点からの成果として、観測した星周辺のガスの運動の様子(図3)なども同時に明らかになり、精密な距離を利用する事によって観測したミラ型変光星の半径や明るさ、温度などの信頼性の高い物理量が得られている。一方、銀河系全体のスケールを考えた巨視的視点からは、観測した星の銀河系内での回転運動などを得ることができ(図4)、その星が銀河円盤の厚い成分に属することなどを明らかにしている。得られた周期光度関係の予備的結果と、既存のデータに基づいて整理した多くの星の視線速度、固有運動、赤外線での実視等級などの情報から、およそ300天体の銀河系内ミラ型変光星について6次元動力学情報が整理された。これは現在進展している銀河系の動力学シミュレーションと突き合わせる良いサンプルとなる。本申請研究の成果として2件の論文(Nakagawa et al 2008, Nyu et al 2011)が日本天文学会の査読付き雑誌に掲載されている。

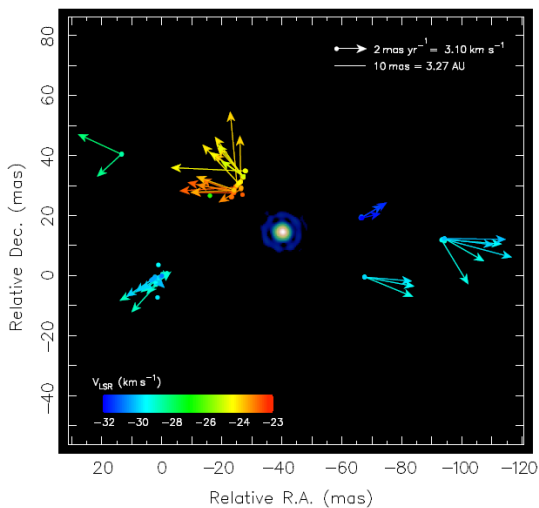


図3：ミラ型星 T Lep 星周の様子

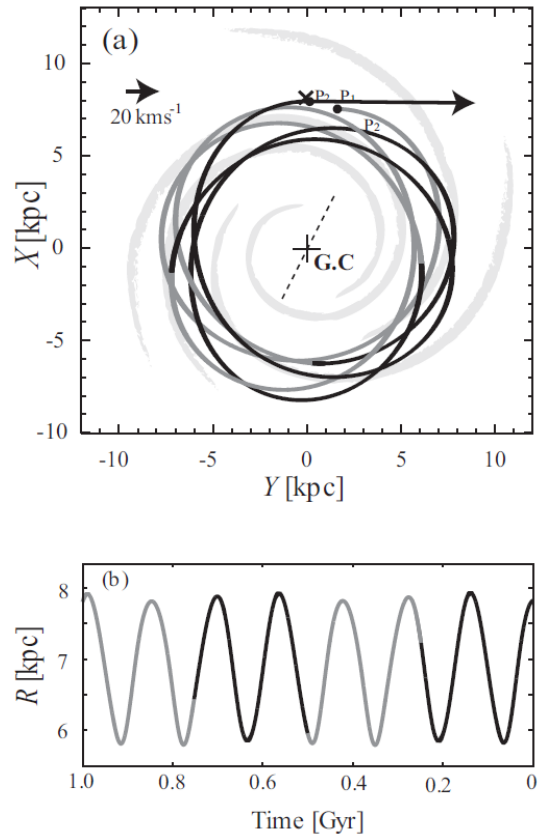


図4：ミラ型星 SY Scl の運動
銀河系スケールでの運動を示す。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

(1)

・著者：Nyu, Daisuke; Nakagawa, Akiharu; Matsui, Makoto; Imai, Hiroshi; Sofue, Yoshiaki; Omodaka, Toshihiro; Kurayama, Tomoharu; Kamohara, Ryuichi; Hirota, Tomoya; Honma, Mareki; Shibata, Katsunori M.; Kobayashi, Hideyuki; Iwadate, Kenzaburo; Miyaji, Takeshi

・題名：Astrometry of AGB Variables with VERA: Annual Parallax and the Orbit of SY Sculptoris in the Galaxy

・雑誌・項：Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 63, No. 1, pp. 63-70, 2011 February 25

・査読あり

(2)

- ・ 著者 : Nakagawa, Akiharu; Tsushima, Miyuki; Ando, Kazuma; Bushimata, Takeshi; Choi, Yoon Kyung; Hirota, Tomoya; Honma, Mareki; Imai, Hiroshi; Iwadate, Kenzaburo; Jike, Takaaki; Kamenno, Seiji; Kameya, Osamu; Kamohara, Ryuichi; Kan-Ya, Yukitoshi; Kawaguchi, Noriyuki; Kijima, Masachika; Kim, Mi Kyoung; Kobayashi, Hideyuki; Kuji, Seisuke; Kurayama, Tomoharu; Maeda, Toshihisa; Manabe, Seiji; Maruyama, Kenta; Matsui, Makoto; Matsumoto, Naoko; Miyaji, Takeshi; Nagayama, Takumi; Nakamura, Kayoko; Nyu, Daisuke; Oh, Chung Sik; Omodaka, Toshihiro; Oyama, Tomoaki; Pradel, Nicolas; Sakai, Satoshi; Sasao, Tetsuo; Sato, Katsuhisa; Sato, Mayumi; Shibata, Katsunori M.; Suda, Hiroshi; Tamura, Yoshiaki; Ueda, Kousuke; Ueno, Yuji; Yamashita, Kazuyoshi、
- ・ 題名 : VLBI Astrometry of AGB Variables with VERA---A Semiregular Variable S Crateris---
- ・ 雑誌・項: Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 60, No. 5, pp. 1013-1021, 2008 October 25
- ・ 査読あり

[学会発表] (計3件)

(1)

- ・ 2010年日本天文学会秋季年会
- ・ 場所 : 石川県金沢大学
- ・ 期日 : 2010年9月22日
- ・ 著者 : 中川垂紀治、倉山智春、亀崎達也、面高俊宏、宮ノ下亮、福元直洋、今井裕、和田桂一、松井真、西田芳郎 (鹿児島大学)、柴田克典 (国立天文台)、VERAプロジェクトチーム
- ・ 題名 : VERAによるミラ型変光星周期光度関係の解明とその利用

(2)

- ・ 2010年日本天文学会春季年会
- ・ 場所 : 広島県広島大学
- ・ 期日 : 2010年3月25日
- ・ 著者 : 中川垂紀治、倉山智春、亀崎達也、面高俊宏、宮ノ下亮、福元直洋、今井裕、和田桂一、松井真、西田芳郎 (鹿児島大学)、柴田克典 (国立天文台)、VERAプロジェクトチーム
- ・ 題名 : VERAとVLBAによるミラ型変光星周期光度関係の解明とその利用

[その他]

ホームページ等

<http://astro.sci.kagoshima-u.ac.jp/omodaka-nishio/member/nakagawa/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 垂紀治 (NAKAGAWA AKIHARU)
鹿児島大学・理工学研究科 (理学系)・助教
研究者番号 : 60535631

(2) 連携研究者

倉山智春 (KURAYAMA Tomoharu)
鹿児島大学・理工学研究科
プロジェクト研究員
研究者番号 : 90425405