

平成22年5月31日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20740112

研究課題名（和文） VERAによる太陽系近傍分子雲の精密距離測定

研究課題名（英文） Accurate distance measurements with VERA of nearby molecular clouds

研究代表者

廣田 朋也 (HIROTA TOMOYA)

国立天文台・水沢 VLBI 観測所・助教

研究者番号：10325764

研究成果の概要（和文）：

本研究では、国立天文台が開発した超長基線電波干渉計(VLBI)ネットワーク「VERA」による高い位置天文観測精度を生かして、水メーザー（水分子が出す波長 1.3cm の強い電波源）が付随する太陽系近傍（距離 1kpc=3260 光年以内）分子雲の距離を年周視差計測によって高精度で決定する。これにより、太陽系近傍分子雲の分布を明らかにするとともに、星・惑星系形成研究の高精度化に貢献することを目指している。本研究では、ケフェウス座分子雲(2490 光年)、ペルセウス座分子雲(750 光年)の距離計測に成功し、その成果を発表している。

研究成果の概要（英文）：

We have carried out astrometric observations of H₂O maser sources associated with nearby molecular clouds with VERA. The aim of this project is to measure the accurate distances to molecular clouds within 1 kpc (3260 ly) from the Sun, and to reveal their 3 dimensional structures. It is also useful to refine physics and dynamics in star-formation processes. Thanks to accurate astrometry capability of VERA, we have succeeded in measuring trigonometric annual parallaxes of molecular clouds in the Cepheus (2490 ly) and Perseus (750 ly) regions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：電波天文学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：電波天文学、位置天文学、銀河天文学、星形成、原始星、星間分子雲、VLBI、メーザー

1. 研究開始当初の背景

天体までの距離は天文学で最も基本的なパラメータである。しかし、三角測量の原理を利用した仮定を含まない唯一の距離測定方法である年周視差計測は、1 ミリ秒角以上の高空間分解能が要求され、実際には極めて困難である。これまでに欧州連合の HIPPARCOS 衛星が太陽系から数 100pc 程度の 10 万個以上の星の年周視差計測に成功しているが、星・惑星系形成の場である星間分子雲は、星間塵によって可視光が遮られるため HIPPARCOS による可視光観測は不可能である。そのため、星間分子雲の距離は未だに様々な仮定を含んだ推定値が採用されており、なかには2倍以上の距離の不定性を持つ天体もある。星・惑星系形成研究の精密化には、HIPPARCOS カタログ同様の星間分子雲の高精度な距離のカタログが不可欠である。

研究代表者は、国立天文台が開発した超長基線電波干渉計(VLBI)ネットワーク「VERA」を用いた水メーザー天体の観測により、オリオン座分子雲の Orion KL、ペルセウス座分子雲の NGC1333 の年周視差計測を行い、それぞれ 437 ± 19 pc、 235 ± 18 pc という距離を得ることに初めて成功した。Orion KL の距離は長年 480 pc が採用されていたが、実際にはこれより 10%小さいことが明らかになった。また、NGC1333 の距離は 318 pc と 220pc の2つの説が提唱されていたが、最新の結果では近い方が正しいと証明されている。この例からも、年周視差計測によって他の星間分子雲の距離についても高精度な値に更新することの重要性が認識されつつある。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、VERA を用いて太陽系近傍分子雲にある水メーザー天体の VLBI 観測を行い、年周視差計測によって星間分子雲の距離を決定することを目指す。距離については、これまでは2倍程度の不定性がある場合もあったが、VERA による直接測定では、1 kpc 以内の天体については最悪でも誤差 10% 以上の高精度な測定が可能になる。本研究では、太陽系の主要な星間分子雲約 10 天体について距離計測を行い、その結果を分子雲の基礎データとしてカタログ化することを目的としている。

一方、メーザーは強度変化が不規則で、最悪の場合は観測候補天体のほとんどで水メーザーが検出されないということもありうる。ただし、仮に VLBI 観測が可能な天体が目標の天体数に足りなかったとしても、1 天体でも VLBI 観測によって固有運動を計測す

ることが成功すれば、研究例が少ないこの分野における意義は大きい。また、1 天体でも直接距離を決定することが可能になれば、これまでの VLBI 以外の観測結果の解釈においても、物理的パラメータを見直して星形成理論の精密化に貢献することが可能で意義は大きい。

3. 研究の方法

本研究では、VERA を用いて、太陽系近傍の星間分子雲に付随する水メーザー天体の 1 年以上のモニター観測を行い、天体の距離と固有運動を計測する。天体までの距離は、最低 1 年以上の継続的な観測から年周視差を高精度で計測することによって得られるため、2 年間の本研究の全期間を通して観測を継続する。

本研究では、まずはメーザーが付随すると期待される太陽系近傍分子雲の観測候補天体(約 100 天体)をリストアップし、その全てを対象に VERA の 20m アンテナを VLBI ではなく単独の電波望遠鏡として観測に用いて、水メーザー源の強度モニターを行う。メーザー天体は時間変動が激しいため、定常的に VERA20m アンテナのうちの 1 台を用いた単一鏡観測で候補天体の強度をモニターし、水メーザーの強度がある敷居値を越えた時点で VLBI による高空間分解能観測に移行する、という手法を取る必要がある。

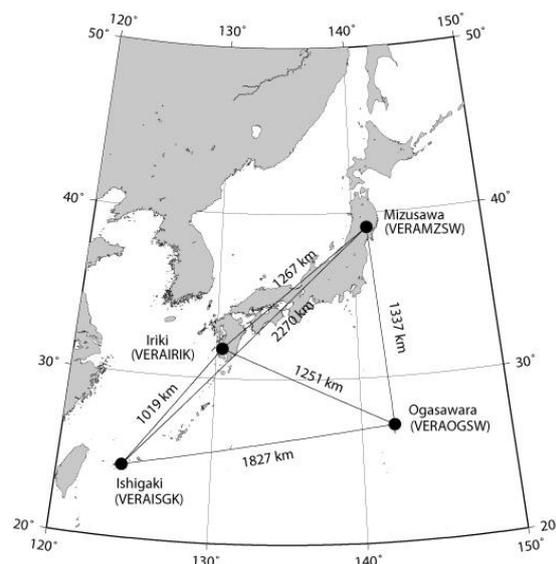


図 1 : 観測に使用した VERA の配置図。

また、本研究申請後、これまでの磁気テープ記録に代わり、ハードディスクにデータを記録する VLBI 観測にも成功し、実用化の目途を立てることができていた。そのため、初年度途中からは、記録メディアにテープではなくハードディスクを用いた大学連携 VLBI(OCTAVE)での試験観測も開始している。

4. 研究成果

本研究の初年度は、太陽系近傍分子雲の水メーザー源(約 100 天体)について、VERA の 20m アンテナを用いたモニター観測を開始し、この結果に基づいて強度が強くなった 4 天体について VLBI 観測を開始した。また、先行して観測を継続していた天体 L1204G についてデータ解析を完了し、距離計測の論文を発表している。この成果は、L1204G のあるケフェウス座分子雲の距離を 764 ± 27 pc(誤差 3.5%)という高精度で計測した初めての論文であり、今後のこの領域の研究で重要な参考文献となりうる重要な成果である(図 2)。本研究から 1 年遅れて、米国のグループがケフェウス座領域の分子雲 Cepheus-A の距離計測を行い、本研究の結果と矛盾のない成果を出しており、本研究の成果の妥当性が証明されている。

また、前述のように、初年度途中から、記録メディアにテープではなくハードディスクを用いた大学連携 VLBI(OCTAVE)での試験観測も行っている。この観測では、VERA 以上の高感度な観測に成功し、VERA では観測不可能な T-Tauri 型星の検出にも成功している。計画中の VERA による水メーザー観測と合わせて、連続波検出による近傍星形成領域の位置天文観測へも発展することが可能であることを実証した意義は大きい。

さらに、本研究 2 年目は、初年度の観測を継続し、その結果、ペルセウス座分子雲にある原始星 L1448C について年周視差の計測にも成功した。L1448C では距離 232pc という値を得ているが、これは、VERA によって過去に得られたペルセウス座分子雲の距離 235pc とほぼ一致する値であり、VERA による距離計測精度の高さを複数天体で実証するという重要な成果である。また、L1448C の運動は、以前に VERA によって観測されたペルセウス座分子雲におけるメーザー源の運動ともよく一致しており、この領域全体としての運動を捉えた可能性を示唆しているとも言える(図 3)。この成果については、研究期間終了後の 2010 年冬に出版予定である日本天文学会欧文研究報告(PASJ)誌の VERA 特集号に他の成果と合わせて掲載する予定であり、すでに論文が投稿されている。他の天体についてもデータが取得され、解析が進んでいる。

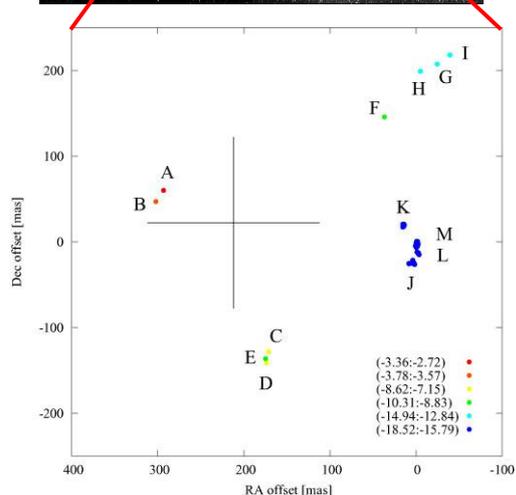
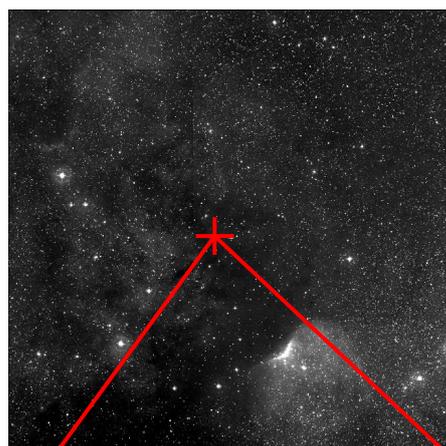


図 2 : (上)暗黒星雲 L1204G 周辺 2 度四方の可視光写真(Digitized Sky Survey 2nd (R)より)。中心付近の暗黒星雲 L1204G(十字)で、原始星 IRAS22198+6336 が生まれている。写真中央下の三日月型の明るい星雲は、活発な大質量星形成領域として有名な HII 領域、S140。

(下) IRAS22198+6336 の水メーザーの分布。十字の場所に中質量(太陽の 5 倍程度の質量)の原始星があり、その周囲に様々な速度の水メーザーが分布していることが明らかになった。これらのメーザーの年周視差計測により、距離を 764 ± 27 pc と精密に決定することに成功した。

一方、本研究初年度から開始した、磁気テープに代わるハードディスク記録方式での広帯域観測の試験については、国内大学連携 VLBI ネットワークを用いた近傍星形成領域のサーベイ観測を試みている。この観測結果については、現在も詳細な解析を継続しており、今後の研究の発展性について国内外の他の研究者と共に議論を進めている。

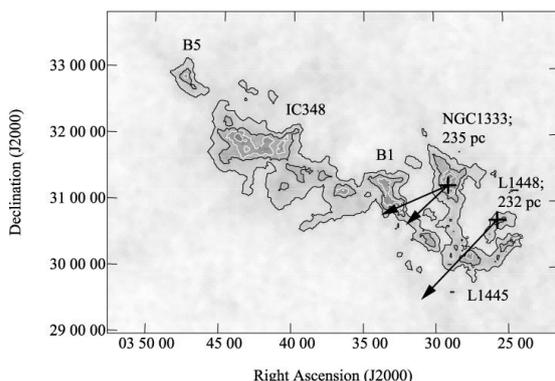


図3：ペルセウス座領域における分子雲の分布。赤外線による減光観測の結果を等高線で示した。図右下にあるNGC1333は、以前VERAによって距離と運動が計測された天体(Hirota et al. 2008)であり、本研究では、その隣にあるL1448Cについて、運動を距離の計測に成功した。距離の値と運動の向き(矢印)を示した。どちらの天体も同じように南東方向へ運動をしていることから、この分子雲全体が系統的に動いていることが示唆される。

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 Hirota, T. (他36名, 1番目) et al.
Astrometry of H₂O Maser Sources in Nearby Molecular Clouds with VERA, “Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies”, ASP Conference Series, 査読無, 402, 2009, 456
- ② Hirota, T. (他37名, 1番目) et al.
Astrometry of H₂O Masers in Nearby Star-Forming Regions with VERA III. IRAS22198+6336 in Lynds1204G, Publications of the Astronomical Society of Japan, 査読有, 60, 2008, 961-974

[学会発表] (計2件)

- ① 廣田朋也、VERAによるクラス0天体L1448Cの年周視差計測、日本天文学会2010年春季年会、2010年3月25日、広島大学
- ② 廣田朋也、光結合VLBI“OCTAVE”による星形成領域の非熱的電波源観測、日本天文学会春季年会、2009年3月25日、大阪府立大学

[その他]

ホームページ等

<http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/index-J.html>

<http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/related/index-e.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣田 朋也 (HIROTA TOMOYA)

国立天文台・水沢 VLBI 観測所・助教

研究者番号：10325764

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし