

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03690

研究課題名(和文) 自前の超小型赤外望遠鏡による、GAIA以遠の距離を決められる宇宙の物差し作り

研究課題名(英文) Calibrating the local distance scale by observing bright stars with a dedicated infrared small telescope

研究代表者

板 由房 (Ita, Yoshifusa)

東北大学・理学研究科・助教

研究者番号：30392814

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：望遠鏡の大型化と観測装置の高感度化の結果、明るい星は飽和の問題から逆に観測が難しくなった。明るい星は、より光子を必要とする詳細な観測(高分散分光等)が容易にでき、紫外、赤外、電波といった、観測装置の感度がさほど良くない波長でも観測データを得られるため、本来は最重要の研究対象であるはずだが、実は最も基本的なデータである赤外での明るさが高精度で決められていなかった。そこで我々は明るい星を赤外で観測する事に特化した超小口径望遠鏡を開発した。この望遠鏡を用いて観測を行い、銀河面に存在する明るい星の赤外での明るさをこれまでになく高精度で決定した他、明るさの時間変動を捉える事にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで存在しなかった高精度赤外測光データを得て、その結果をカタログにして発表する事で、今後多くの研究者がこのカタログを使って研究を行うことができるようになる。また、これまでになく規模で明るい星の明るさが時間変動する様子を捉えたデータは、現在も観測を続けているGAIA衛星による測距データと組み合わせる事によって、宇宙の距離を決めるための「物差し」を作る事にもつながる。

研究成果の概要(英文)：As a result of increasing the size of telescopes and the sensitivity of observational instruments, it has become difficult to observe bright stars due to saturation problems. Bright stars should be the most important objects to study because they are easy to observe in detail (e.g., high-dispersion spectroscopy, which requires more photons), and they can be observed at wavelengths such as ultraviolet, infrared, and radio, where the sensitivity of observational instruments is not good. However, for bright stars, their infrared brightness, which should be the most fundamental data, had not been determined with high accuracy. Therefore, we developed a small aperture telescope dedicated to observing bright stars in infrared. We used this telescope to determine the infrared brightness of the bright stars with unprecedented accuracy, and to monitor the temporal variation of the brightness.

研究分野：観測天文学

キーワード：近赤外 小口径望遠鏡 変光星 測光 距離指標

1. 研究開始当初の背景

天体までの距離決定は天文学の根幹をなす。天体の距離と明るさに応じた距離決定法を順に繋いで、遠方まで伸ばす体系を距離梯子と呼ぶ。その距離梯子の初段である年周視差法と、第2段である測光距離法の連結部分に存在する曖昧さが以前から問題視されてきた。これは、信頼できる年周視差が与えられた、測光距離を測定するための標準天体、つまり、二つの梯子段に共通の較正用天体が少数だからである。(a)年周視差と(b)精密近赤外光度、が揃った標準天体の数を増やす事が問題解決の道である事は明らかである。2018年に公開予定のGAIA衛星の精密測定データが(a)を解決するので、(b)の整備が強く望まれていた。しかし既存の観測施設では(b)を得る観測は不可能であった。

2. 研究の目的

宇宙の涯のクエイサーまでつながっている距離梯子の初段は、地球の公転による天体の見かけ方向の揺れ(年周視差)を測り、公転半径を基線に使った三角測量から距離を決める方法で、年周視差法と呼ばれる。GAIA衛星は、この方法で十キロパーセク内の距離(銀河系の半径程度のスケール)を決める。梯子の第2段は、真の明るさ(絶対光度)が良く分かっている天体の見かけの明るさから距離を推定する方法で、測光距離法と呼ばれる。また、絶対光度を観測的特徴(例えば変光周期)だけから良く決められる天体を標準天体と呼び、代表的な物としてセファイド変光星等がある。測光距離法は、数十メガパーセク内の距離(銀河団間距離程度のスケール)を決める事に利用されている。この測光距離法の較正には、年周視差法による距離、と、見かけの明るさ、の両方が精度よく分かった標準天体が必要であるが、現状はそのどちらの不定性も大きいという問題がある。

欧州宇宙機構(ESA)は、1989年に年周視差測定に特化した衛星 Hipparcos を打ち上げ、太陽から百パーセク以内にある天体の年周視差を10%の精度で測定した。しかし、この範囲内にある標準天体の数が非常に少なく(数十)、距離梯子の初段から第2段へ精度良く繋げられなかった。どうしたら距離梯子の初段で構成されるGAIA距離体系に第2段である測光距離をしっかりと接続して、拡大GAIA距離体系を構築できるだろう?その解答は、標準天体の絶対光度を精度良く定めることである。これまで標準天体として広く使われてきた天体は、セファイドやミラ型星のような脈動変光星である。

脈動変光星はそのタイプ毎に周期光度関係(PL関係)があり、観測から変光周期が分かると絶対光度が定まる。この絶対光度を、同時に観測から決まる時間平均見かけ光度とくらべ、星間減光の補正を行うと、測光距離が求まる。なお、PL関係は赤外で最も分散が小さく精度が高い。このように、距離梯子の初段=年周視差から、第2段=測光距離に接続するキーは、高精度のPL関係の確立である。では、そのためにどんなデータが必要か?それは、(a)年周視差と、(b)周期と赤外時間平均光度、の双方が揃った標準天体のセットである。(a)はGAIAが提供してくれる。しかし、(b)が意外に厄介だ。測光距離法の研究で、世界をリードするWhitelock&Feast(2014)の論文を引用すると、「PL関係(第2段)の較正に最適な標準天体(初段)のほとんどは、赤外で明るすぎて、現存する赤外望遠鏡では観測したくてもできない」という、非常に苛立たしい状況にあるのだ。この問題の解決は、既存観測施設に頼らず、自分たちで標準天体の赤外観測が可能なる装置を作成し、(b)のデータを取得することで可能である。

3. 研究の方法

我々は標準天体の近赤外精密測光に特化した専用望遠鏡を開発し、観測を行う。我々は、2012年から超小口径(直径3cm)の赤外広視野望遠鏡TMMTの開発を開始した。赤外で7等級より明るい星の精密測光(精度5%以下)に特化し、更に、視野が25平方度もあって、広い範囲に分布する変光星を観測するには最適である。このTMMTを使えば、既存の装置では不可能な、GAIA年周視差が与えられた変光星の近赤外モニタが可能であり、較正天体数を一気に2桁以上増やし前述の曖昧さを除去できる。そして、GAIA衛星の年周視差に基づく距離が有効性を失う宇宙の領域における距離指標、すなわち測光距離の体系を格段に高い信頼度で確立できる。

4. 研究成果

これまで存在しなかった高精度赤外測光データを得て、その結果をカタログにして発表する事で、今後多くの研究者がこのカタログを使って研究を行うことができるようになる。また、これまでにない規模で明るい星の明るさが時間変動する様子を捉えることに成功し、目的であった較正天体数を一気に二桁増やすことができた。このデータは、現在も観測を続けているGAIA衛星による測距データと組み合わせる事で、宇宙の距離を決めるための「物差し」を作る事につな

がった。GAIA データは2つの限界を抱えている。それは(1)十キロパーセクが測距限界で、範囲が銀河系内に留まること、(2)GAIA は可視光で観測を行うため、銀河円盤に沿った星間減光の強い方向の測定ができないこと、である。この限界を乗り越えて GAIA 距離体系を(1)更に遠方の深宇宙へ、(2)星間減光の強い銀河系深部へ、と拡張する事に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 幅崎裕太
2. 発表標題 Near-Infrared Thirty Millimeter Telescope による銀河面サーベイ(2)
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>成果をまとめた論文を査読付きの欧文誌に投稿し、レフリーコメントを修正して再投稿済み。</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	筒井 寛典 (Tsutsui Hironori) (20647383)	国立天文台・ハワイ観測所・技術員 (62616)	
研究分担者	市川 隆 (Ichikawa Takashi) (80212992)	東北大学・理学研究科・名誉教授 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------