

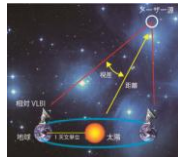


## 概要

- 宇宙の物差しとは
  - 直接測量と間接測量
- 鹿児島大学1m光赤外線望遠鏡の紹介
  - 観測装置、サイエンス目標、観測天体
- 観測天体の解析結果
  - 光度曲線、周期決定、距離推定、銀河系内分布
- 今後の課題
- より長周期な変光星の結果
- まとめ

## 宇宙の物差し(距離指標)

- 直接測量
  - 三角測量(年周視差): VERA
  - 近傍のメーザー源
  - 距離精度は非常に正確
- 間接測量
  - 周期光度関係: 可視観測 or 赤外線観測
  - 脈動変光星
  - 距離精度は良くないが、多数の天体を計測出来る



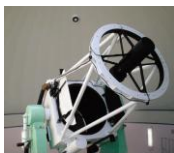
## 距離測定における近赤外線観測のメリット

- 銀河面を見通すことが可能
  - 星間減光の影響が小さい
  - 減光補正量の誤差が小さい
- ミラ型変光星の周期光度関係を利用できる
  - 近赤外線における周期光度関係のほうが可視光の周期光度関係よりもしっかりしている
  - ミラ型変光星のほうがセファイドよりも数が多い

➡ 鹿児島大学では、近赤外線によるミラ型変光星のモニター観測を約10年間継続

## 観測装置

- 1m望遠鏡
  - 光学系: リッチークレチアン
  - 主鏡径: 1m
  - 焦点: カセグレン焦点(F=12)
  - 架台: 経緯台
- 近赤外線カメラ
  - 検出器: HAWAIIアレイ
  - 視野: 5.5' × 5.5'
  - フィルター: J, H, K', Cr, Cb, Bg, H<sub>2</sub>
  - シーイングサイズ: 1.3arcsec



鹿児島大学1m望遠鏡



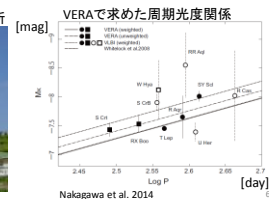
近赤外線カメラ外観

## サイエンス目標

- VERAと1m光赤外線望遠鏡を活用
1. より信頼性の高い周期光度関係の構築
  2. 距離決定したミラ型変光星の周期光度関係を用いた、晩期型星の銀河系内分布の解明



左: VERA, 右: 1m観測所  
国立天文台VERA入来局



## 周期光度関係の構築

VERA + 1m光赤外線望遠鏡 → 周期光度関係

- ・年周視差 ⇒ 距離 : D
- ・平均等級 : m
- ・変光周期 : P

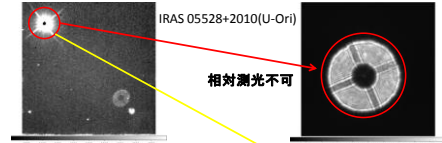
水メーザーが付随するミラ型変光星は近くて・明るい!

**問題点** 近赤外線観測では、サチレーションを引き起こす (Kmag < 6等からサチる)

7

## 部分減光フィルターの導入

- ・ 今までは、明るいミラ型変光星を**デフォーカス**して観測



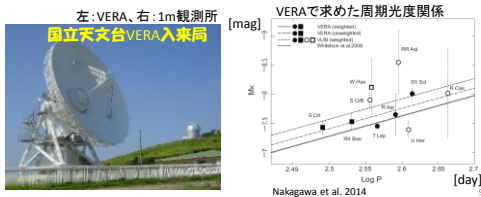
- ・ 視野の一部を1/5000減光する「**部分減光フィルター**」の導入、観測



8

## サイエンス目標

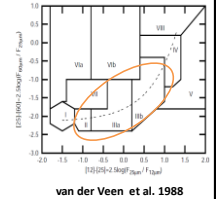
- ・ VERAと1m光赤外線望遠鏡を活用
- 1. より信頼性の高い周期光度関係の構築
- 2. 距離決定したミラ型変光星の周期光度関係を用いた、**晩期型星の銀河系内分布の解明**



9

## 晩期型星モニター観測

- ・ IRAS PSCより、約700天体を選出
  - Dec > -25° で観測が可能
  - 晩期型星候補であるII, IIIa, IIIb
- ・ 現在もKバンドで400天体をおよそ2週間~2ヶ月に一度の間隔で観測



10

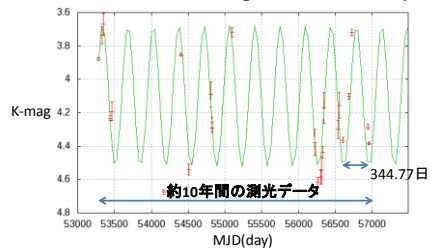
## 進捗状況

- ・ 合計281天体の距離を推定した
  - 測光はIRAFのアーチャー測光
  - 周期解析はフーリエ解析を行い、sin関数でフィッティング
  - 絶対等級Mkは、Nakagawa et al.2014の  $M_k = -3.51 \times \log P + 1.37 \pm 0.07$  を用いた
  - 減光量A<sub>k</sub>は、Whitelock et al.2010の周期-色関係とNishiyama et al.2006の赤化則を用いて推定した
- ➡ Kバンド光度曲線の一例と銀河系内分布を紹介

11

## ミラ型変光星のライトカーブ例1

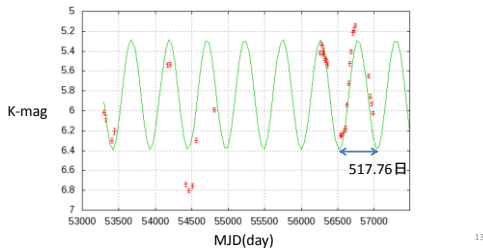
- ・ IRAS 05195-1558 (AD Lep)
- P=344.77d, mk=4.100mag ⇒ 距離:1.78kpc



12

## ミラ型変光星のライトカーブ例2

- IRAS 05552+1720 (V1644 Ori)
- $P=517.76\text{d}$ ,  $mk=5.838\text{mag}$  ⇒ 距離:4.64kpc

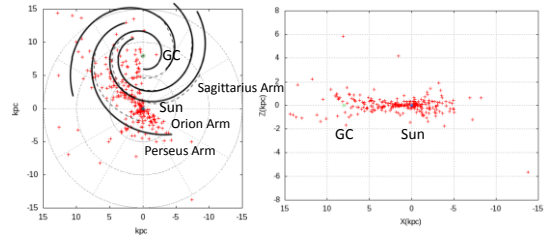


13

## 解析結果(銀河系内分布)

銀河面上の分布

銀河面と垂直の分布



腕構造の図は、Nakanishi & Sofue, 2006 より引用

14

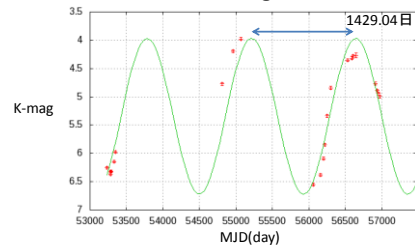
## 今後の課題

- 部分減光フィルターを用いた明るいミラ型変光星の観測を行い、周期光度関係をより高精度化
- サンプル天体数を増やし、銀河系内分布の領域を拡大
  - 北半球: 現在観測中の天体の解析を進める
  - 南半球: IRSFを利用したモニター観測の提案
- 変光星の分布と腕構造との関連性を調査

15

## 長周期変光星のライトカーブ例1

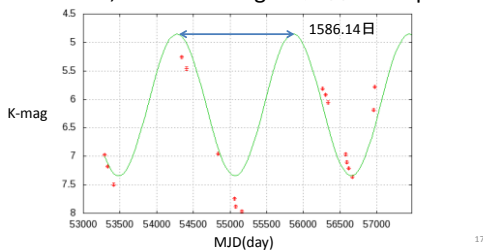
- IRAS 20491+4236
- $P=1429.04\text{d}$ ,  $mk=5.344\text{mag}$  ⇒ 距離:3.91kpc



16

## 長周期変光星のライトカーブ例2

- IRAS 22177+5936
- $P=1586.14\text{d}$ ,  $mk=6.097\text{mag}$  ⇒ 距離:1.92kpc



17

## 長周期変光星の結果

- IRASより観測天体を選出 & 10年間の観測
  - ⇒ 周期1000日(1周期3年)を超える変光星の検出
  - ⇒ 光度曲線がきれいなsinカーブを描く
- IRAS 20491+4236は、VERA単一鏡にて水メーザを検出している



VERAで距離決定が可能であれば、長周期側の周期光度関係の解明に繋がる

18

## まとめ

- 鹿児島大学では、近赤外線を用いてミラ型変光星をモニター観測し、空間分布の解明を進めている。
- 明るいミラ型変光星は、部分減光フィルターを用いての観測が可能になり、周期光度関係のより高精度化を目指している。
- 解析から281天体の光度曲線や変光周期が得られ、周期光度関係を利用して距離や銀河系内分布が得られた。
- 典型的なミラ型変光星よりも長周期な変光星もきれいな周期性があることを確認した。

19