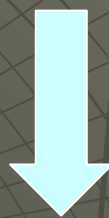


Star Harmony Project

鹿児島大学 D1 松井 真

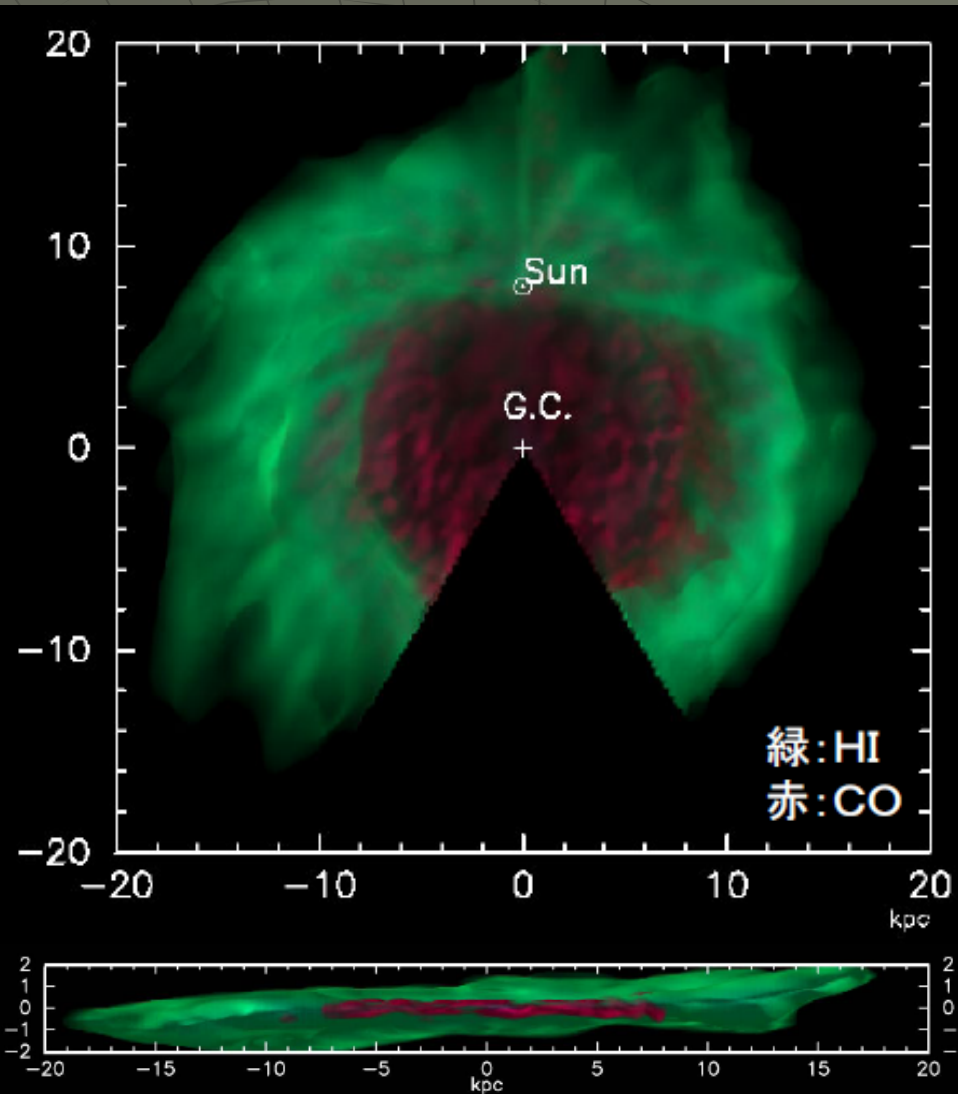
Star Harmony Project

星から見る銀河系の 3次元立体構造

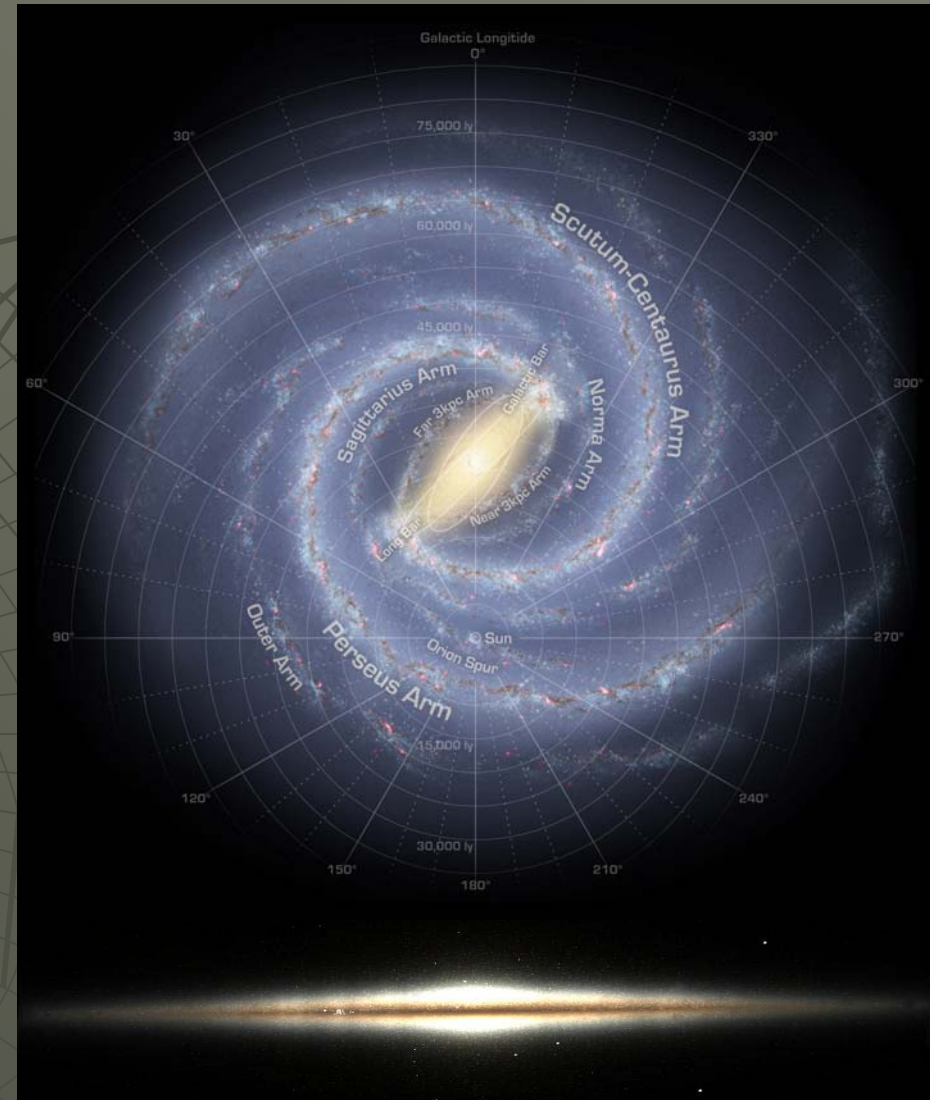


- ◆ バルジの薄く長い棒状構造の探査
- ◆ 最外縁部星の探査と回転曲線の決定

Introduction



<http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/restricted/gingakei2006/nakanisi.pdf>



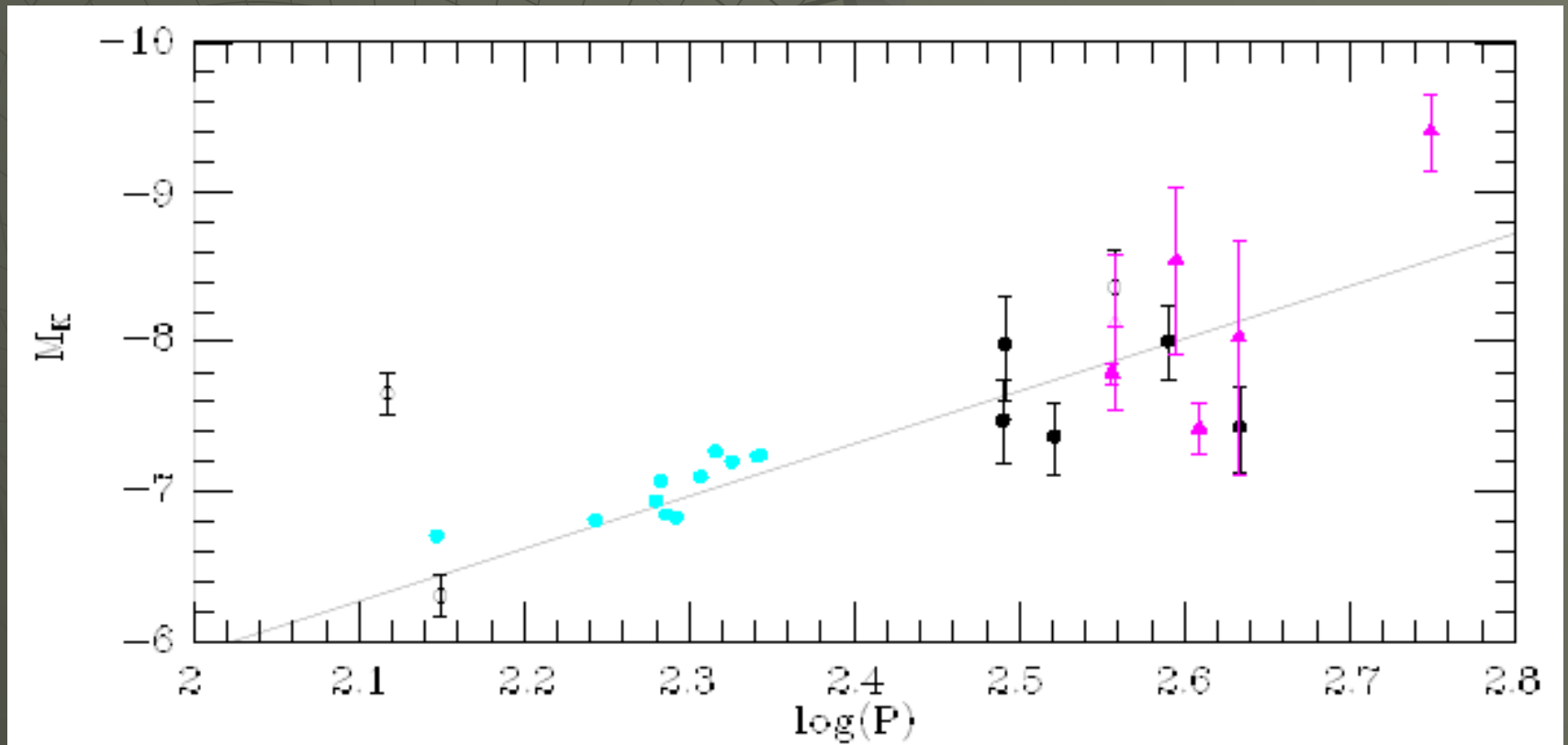
http://www.nasa.gov/mission_pages/spitzer/multimedia/20080603a.html

http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/mtk_3d_mode.htm

Introduction (Miras)

距離決定方法

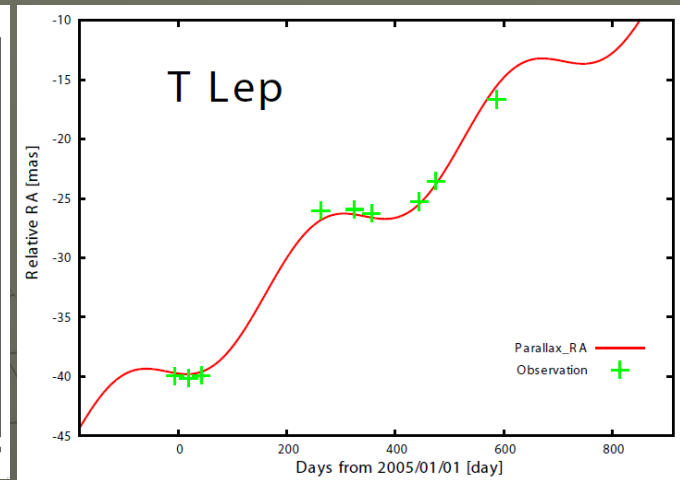
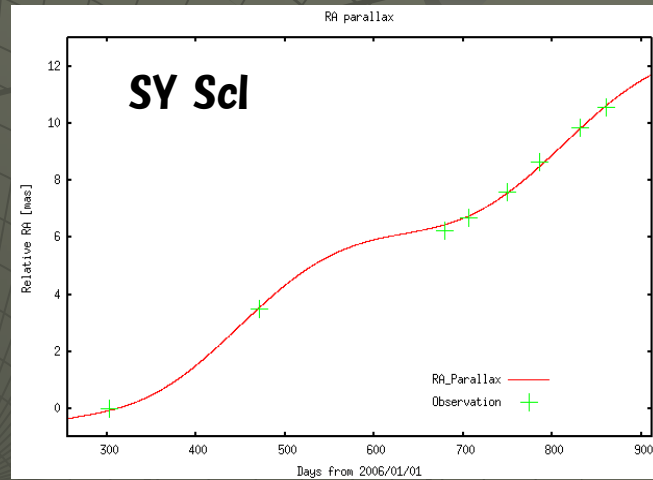
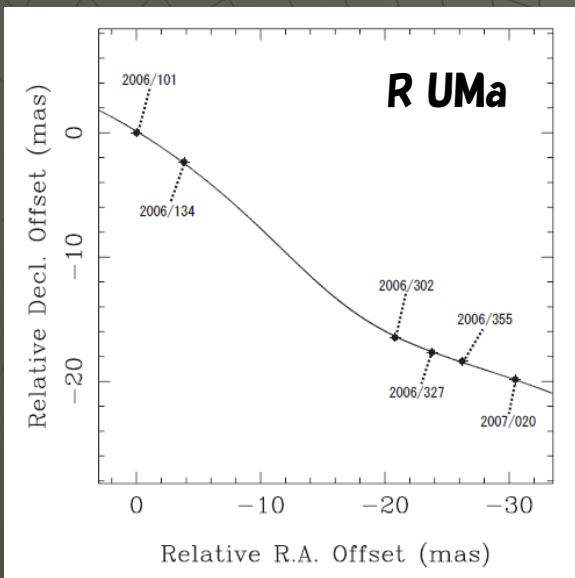
◆ ミラ型変光星の周期光度関係



Whitelock et al. 2008

Introduction (Miras)

VERAによる銀河系でのミラ型変光星の周期光度関係の導出



年周視差 = 1.81 ± 0.28 mas
 距離 = 552^{+101}_{-74} pc
 Matsui et al. 2008?

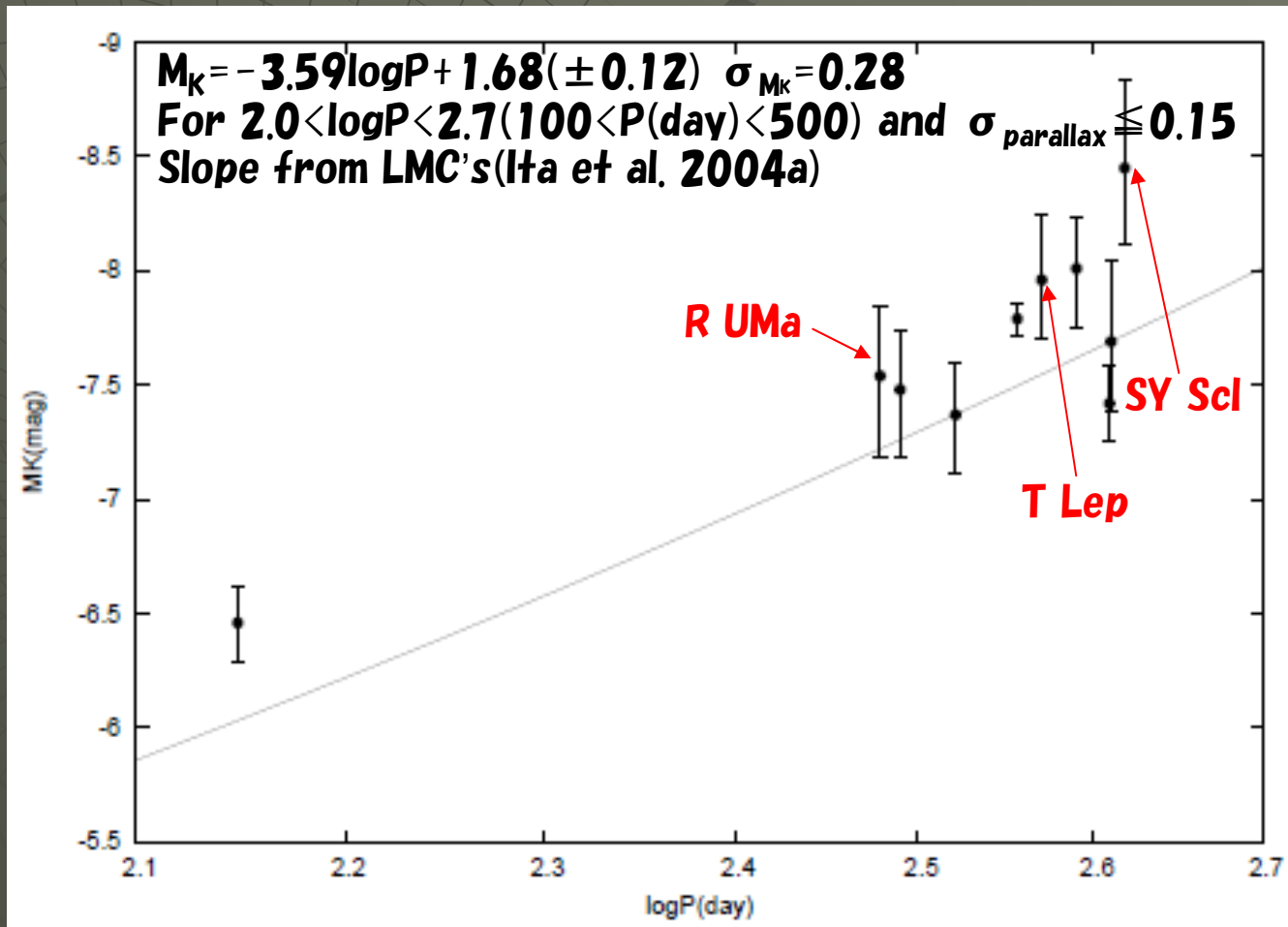
年周視差 = 0.75 ± 0.09 mas
 距離 = 1333^{+182}_{-143} pc
 Nyu et al. 2008?

年周視差 = 2.62 ± 0.33 mas
 距離 = 382^{+55}_{-43} pc
 Nakagawa et al. 2008?

Introduction (Miras)

距離決定方法

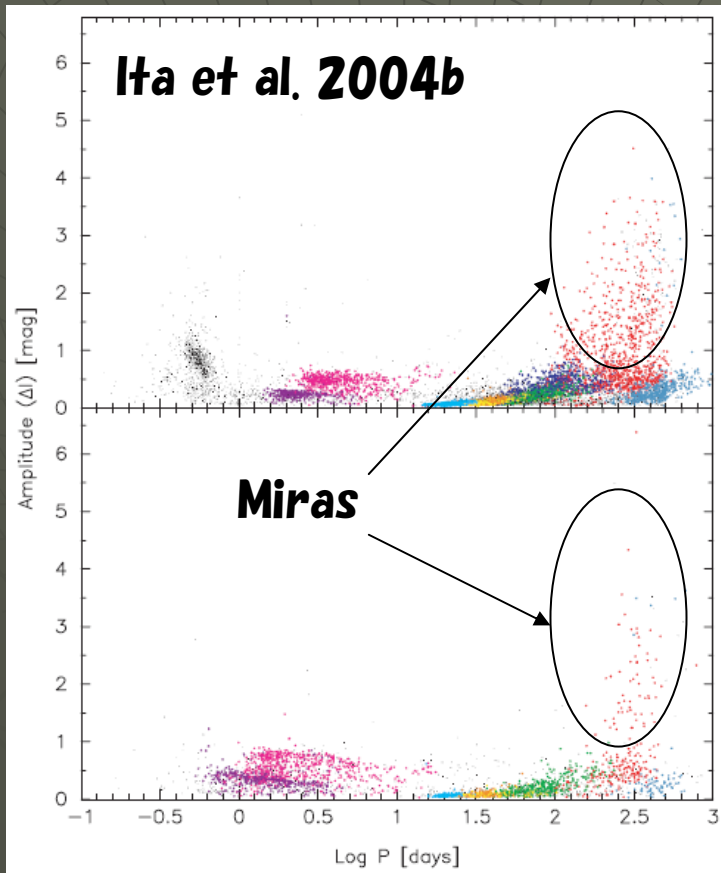
◆ ミラ型変光星の周期光度関係



Introduction (Miras)

ミラの同定方法

◆ バンドの振幅



Label	Colour	Population
A ⁻	Cyan	RGB variables and metal-poor and old AGB variables
A ⁺	Yellow	Less regularly pulsating AGB variables
B ⁻	Orange	RGB variables and metal-poor and old AGB variables
B ⁺	Green	Less regularly pulsating AGB variables
C [']	Blue	Mira variables pulsating in the first-overtone mode
C	Red	Mira variables pulsating in the fundamental mode
D	Steel-blue	Some obscured variables and unknown variables
F	Magenta	Cepheid variables pulsating in the fundamental mode
G	Purple	Cepheid variables pulsating in the first-overtone mode

$$P \geq 100(\text{days})$$

$$\Delta I(I_{\max} - I_{\min}) \geq 1(\text{mag})$$

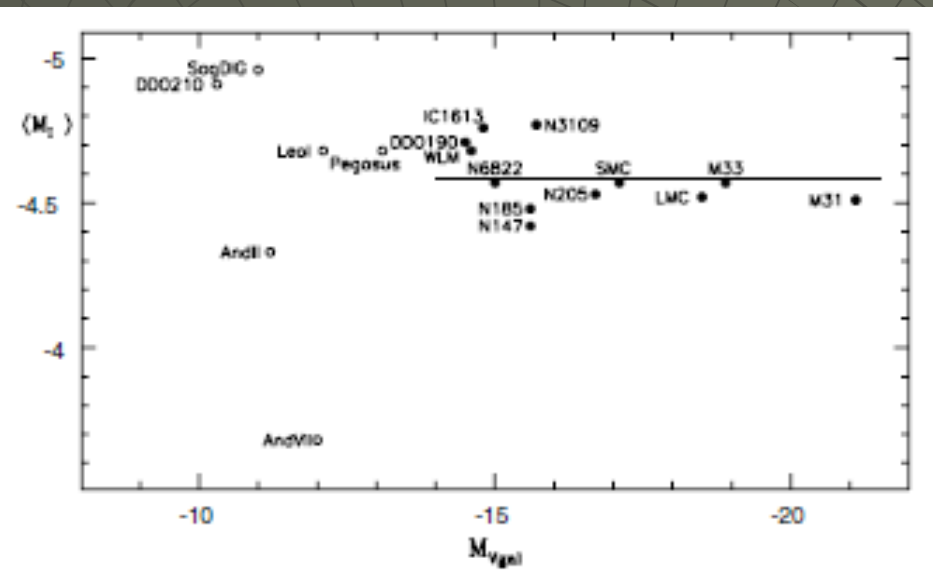


ミラ型変光星

Introduction (C-star)

距離決定方法

◆ 炭素星のバンド絶対等級



$\langle M_I \rangle = -4.6$ for $M_{Vgal} \leq -15$
and $100 \geq N_{cstar}$ ($\sigma_I = 0.11$)
(Battinelli & Demers 2005)

+

$\sigma_I = 0.45$ in the DD0190
(Battinelli & Demers 2006)

and

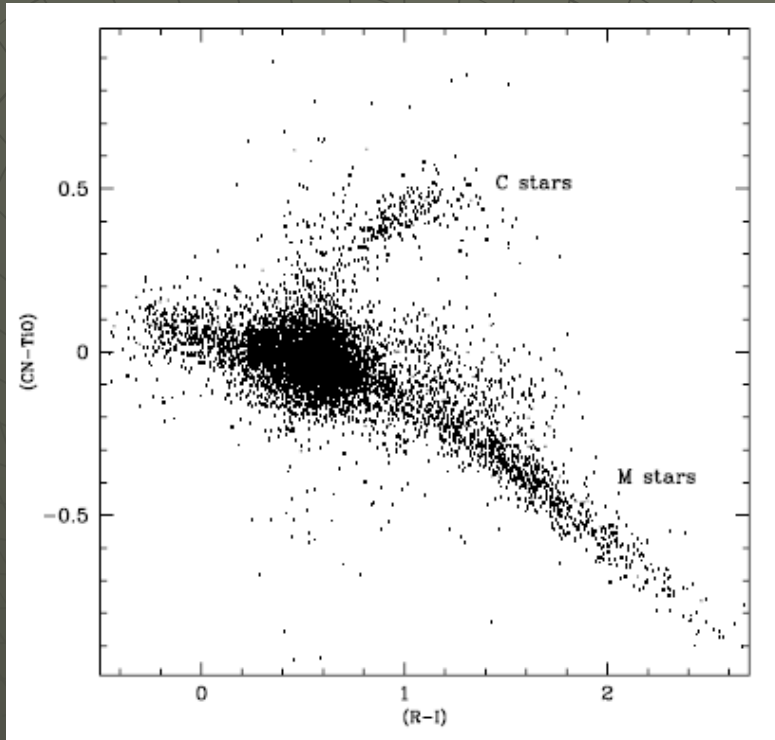
$\sigma_I = 0.50$ in the LMC
(Costa & Frogel 1996)

||

炭素星は宇宙共通の標準光源(Standard Candle)!!

Introduction (C-star)

炭素星の選出方法



WLMでの炭素星とM型星の
color-color diagram
Battinelli & Demers 2004

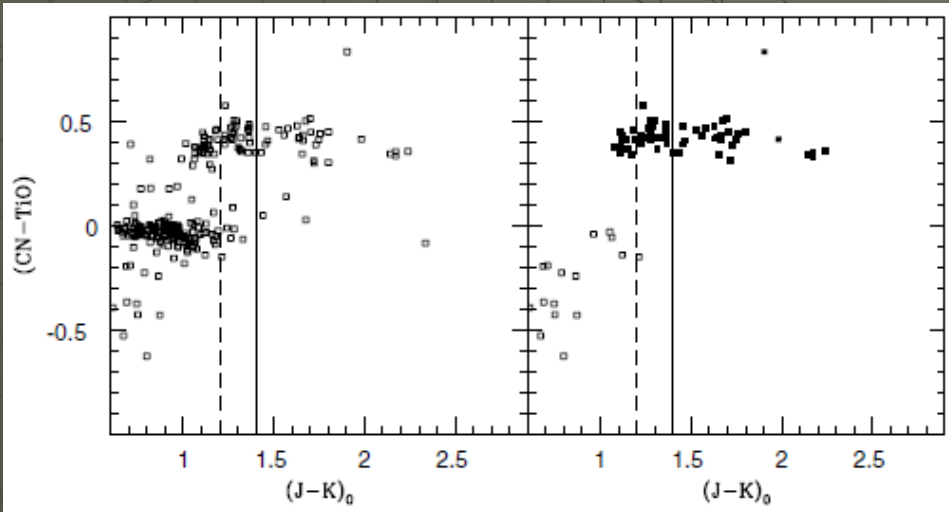


Wingフィルター法

$CN-TiO > 0.3$ かつ $R-I > 0.9$ = 炭素星

Introduction (C-star)

炭素星の選出方法

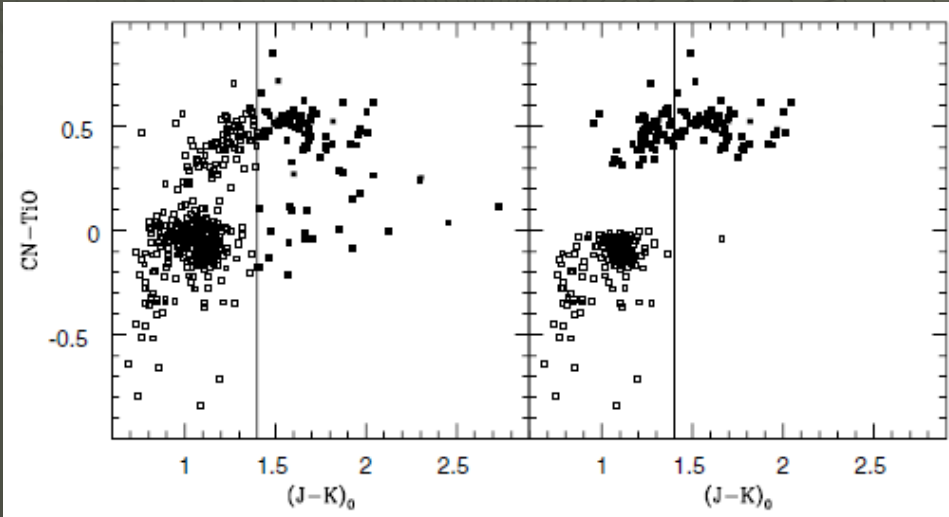


左図: WLMでのAGB星

右図: ■が炭素星、□がM型星

炭素星とM型星の定義は

Wingフィルター法によるもの



左図: NGC 6822でのAGB星

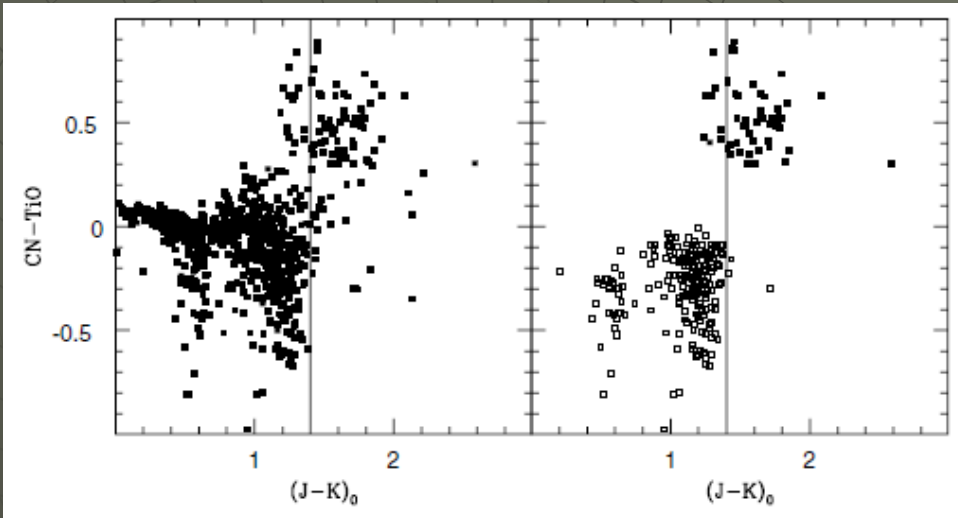
右図: ■が炭素星、□がM型星

炭素星とM型星の定義は

Wingフィルター法によるもの

Introduction (C-star)

炭素星の選出方法



左図: IC 10でのAGB星

右図: ■が炭素星、□がM型星

炭素星とM型星の定義は
Wingフィルター法によるもの

Battinelli et al. 2007

$CN - TiO > 0.3$ かつ $J - K > 1.4 =$ 炭素星

Introduction (C-star)

炭素星の選出方法

$CN - TiO > 0.3$ かつ $J - K > 1.4$ = 炭素星

$CN - TiO > 0.3$ かつ $R - I > 0.9$ = 炭素星

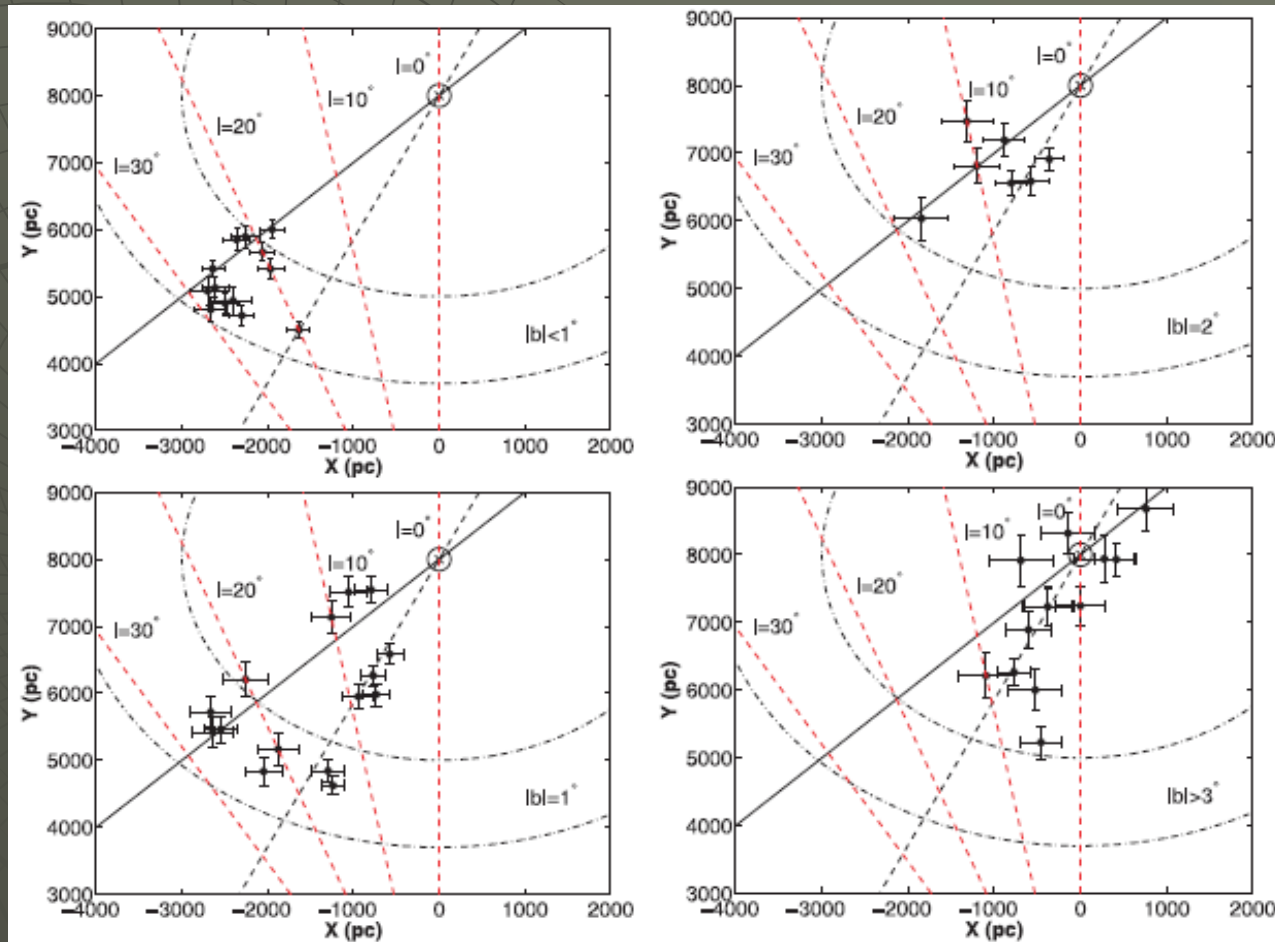
J、Kは2MASSのデータがあるのでCN, TiOの観測を行えば炭素星を選出することができる!!
さらに、ミラのサーベイでIバンドの観測をするのでIバンドの実視等級を求めることもできる!!

Star Harmony Project

- ◆ **バルジの薄く長い棒状構造の探査**
- ◆ **最外縁部星の探査と回転曲線の決定**

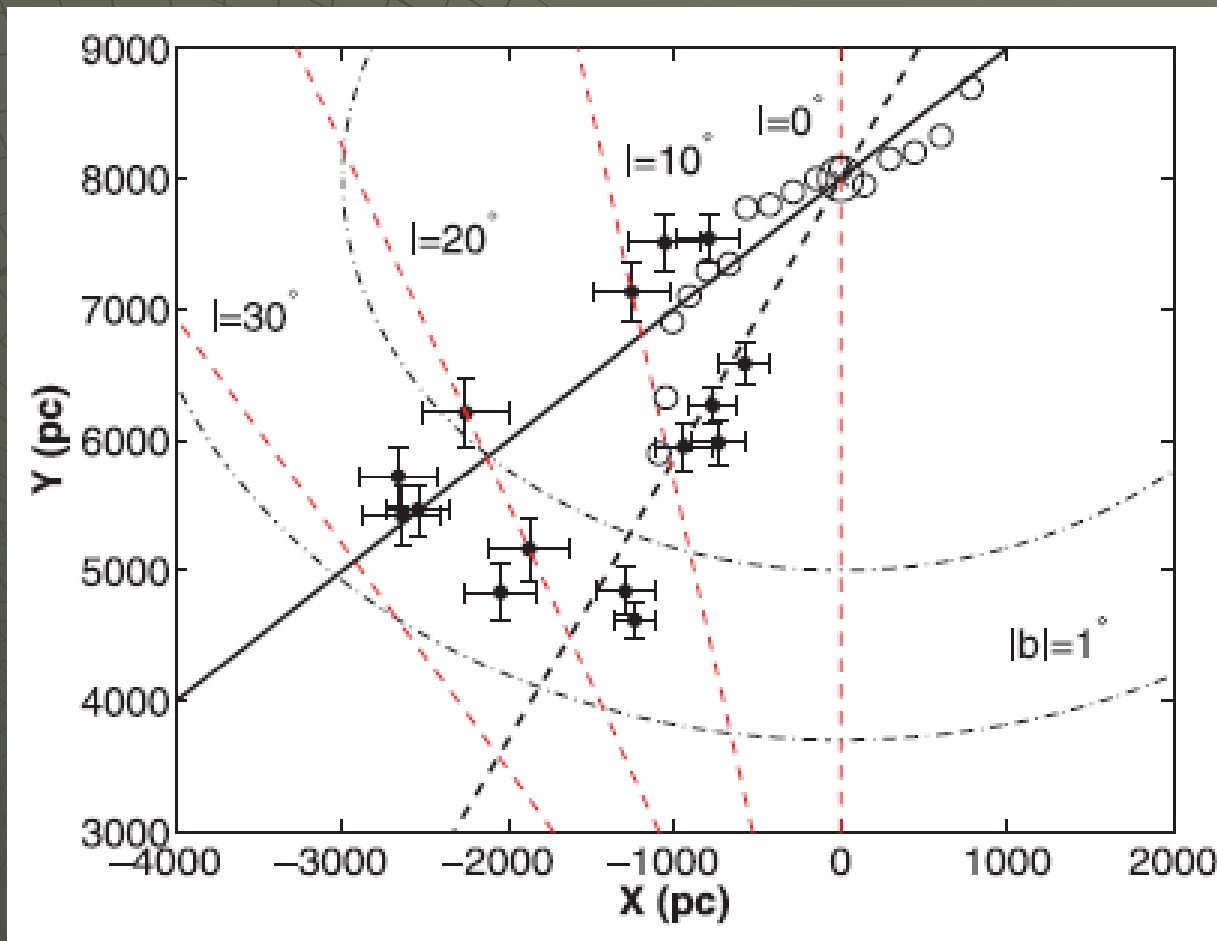
Thin Long Bar of the Bulge

◆ レッドクランフ星の観測



Thin Long Bar of the Bulge

- ◆ レッドクランフ星の観測



Thin Long Bar of the Bulge

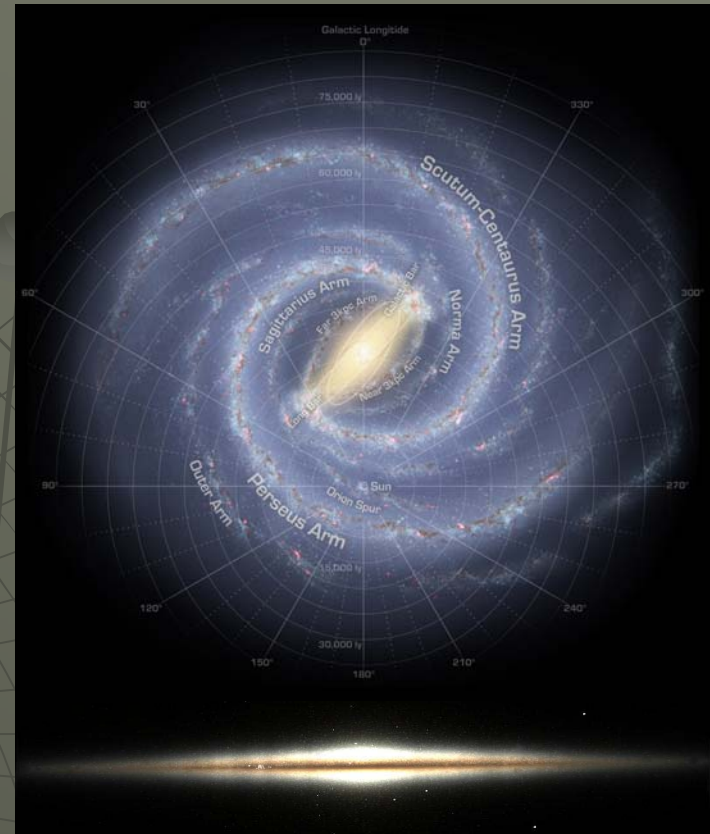
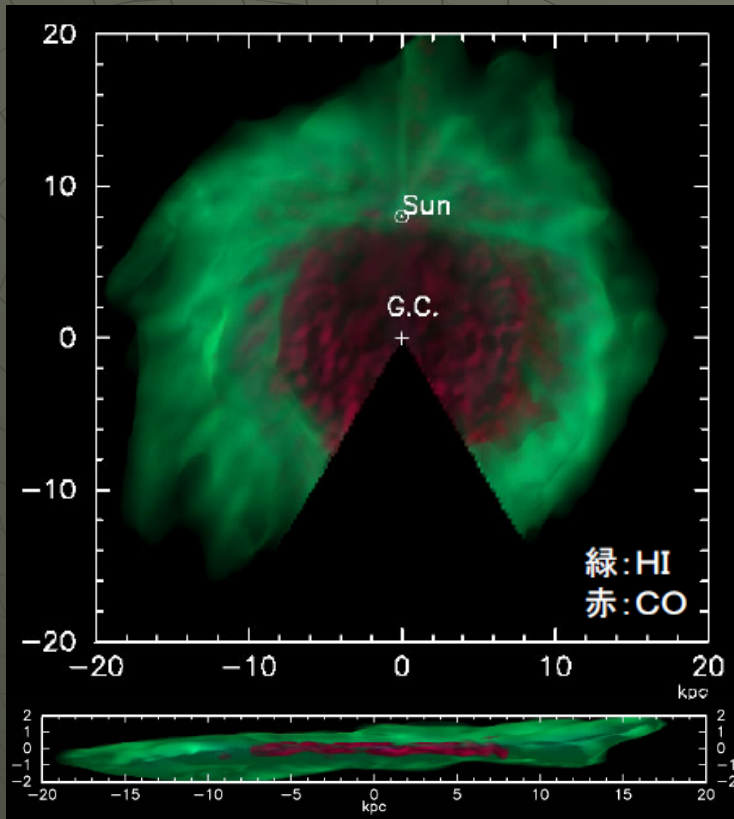
- ◆ 薄く長い棒状構造はどんな構造をしているのか？
- ◆ 薄く長い棒状構造はどこまで続いているのか？
- ◆ たて-ケンタウルスアームとのつながりは？

**ミラ型変光星を用いて
これらの問題へアプローチする!!**

Star Harmony Project

- ◆ **バルジの薄く長い棒状構造の探査**
- ◆ **最外縁部星の探査と回転曲線の決定**

Edge and Rotation Curve



<http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/restricted/gingakei2006/nakanisi.pdf>

http://www.nasa.gov/mission_pages/spitzer/multimedia/20080603a.html

http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/mtk_3D_mode.htm

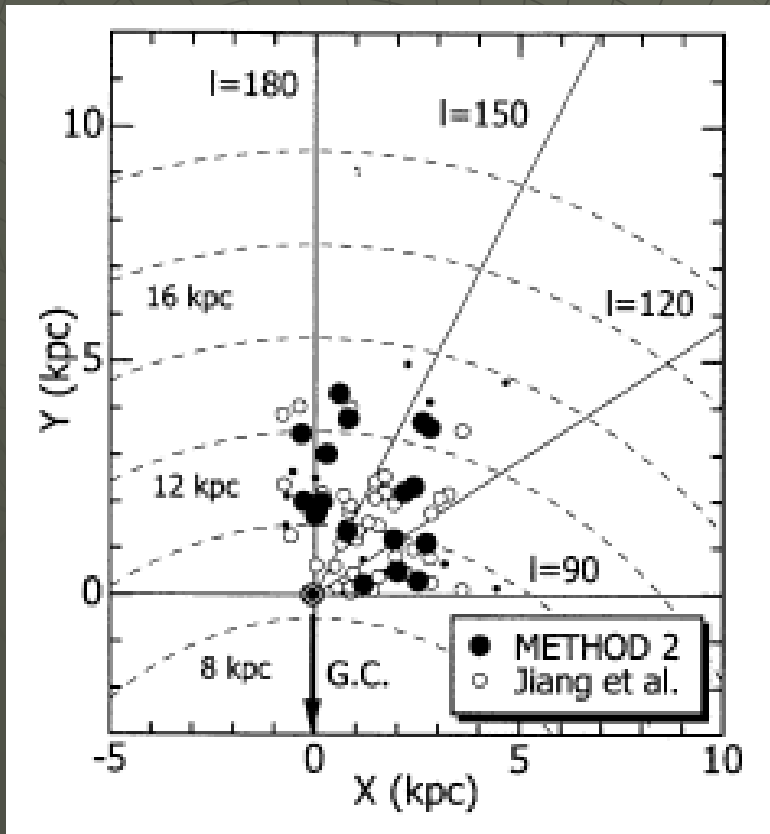
銀河系の星の分布はどこまでつづいているのか？端は？
星の分布 \leq HI? or 星の分布 = HI? or 星の分布 \geq HI?

Edge and Rotation Curve

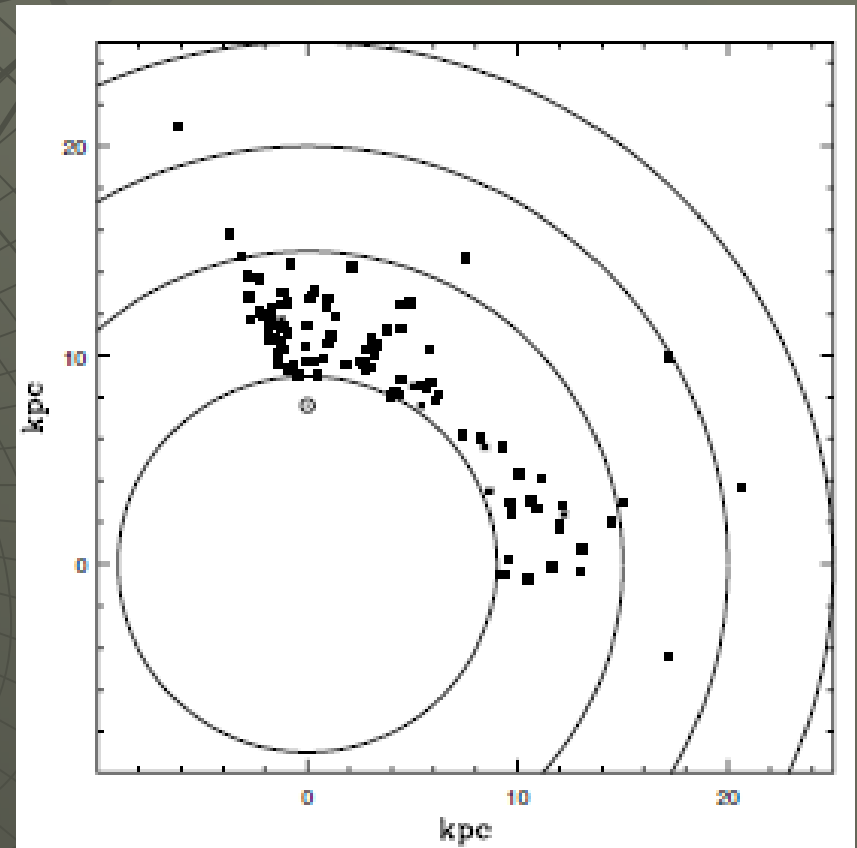
星の分布

- ◆ 周期光度(P-L)関係
at I-band ($\sigma = 0.42$)
Feast et al. 1989

- ◆ 炭素星 = 標準光源(standard candle)
 $M_K = -6.31 - 0.99(J-K)_0$ ($\sigma = 0.38$)
Demers & Battinelli 2007



Nakashima et al. 2000



Demers & Battinelli 2007

Edge and Rotation Curve

星の分布

Demers & Battinelli 2007の距離決定方法

$$M_K = -6.31 - 0.99(J-K)_0$$

($\sigma = 0.38$ from Weinberg & Nikolaev 2000)

しかし

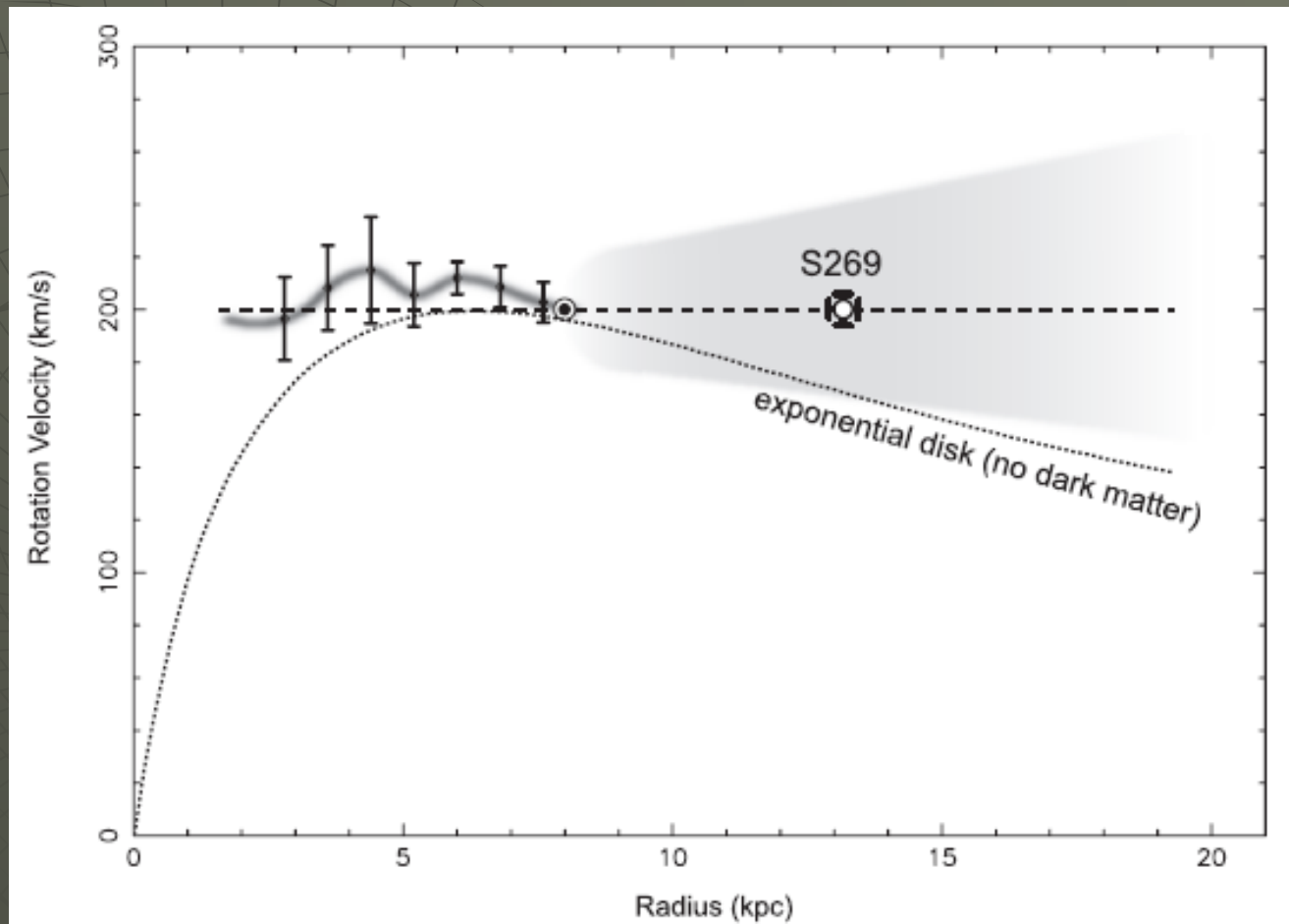
Galaxy	[Fe/H]	N_C	$\langle K_{s,0} \rangle$	$\langle (J - K_s) \rangle_0$	$\langle (H - K_s) \rangle_0$	$\langle M_{K_s} \rangle$	$\langle R - J \rangle$	T_{eff}
LMC	-0.5	4617	10.59	1.65	0.56	-8.01		
IC 10	-0.8	212	16.77	1.74	0.57	-7.68	2.42	3400
NGC 147	-1.0	77	16.80	1.90	0.79	-7.60	2.67	3200
Fornax	-1.0	26	13.07	1.61	0.57	-7.67		
SMC	-1.1	317	11.18	1.62	0.58	-7.92		
NGC 6822	-1.25	141	15.85	1.77	0.75	-7.51	2.61	3250
NGC 185	-1.3	73	16.19	2.25	0.86	-7.93	0.17	?
WLM	-1.4	38	17.19	1.89	0.69	-7.71	2.39	3400

Battinelli & Demers 2007

M_K vs $(J-K)_0$ 関係は使えない!!

Edge and Rotation Curve

回轉曲線



Honma et al. 2007

Edge and Rotation Curve

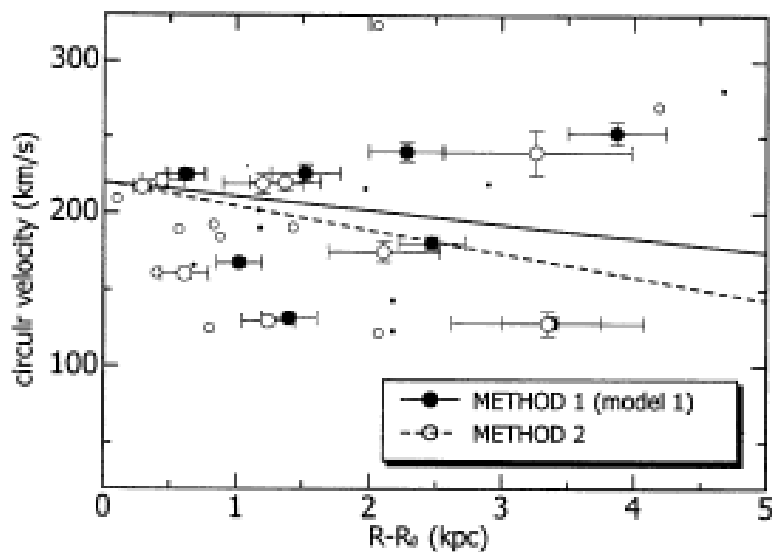
星から見る回転曲線

視線速度の決定方法

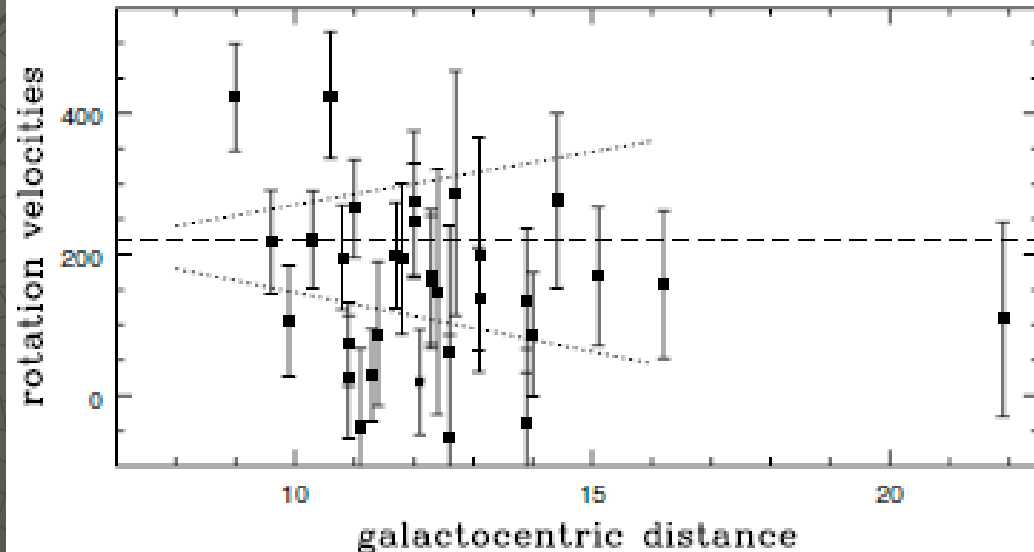
◆ SiOメーザー

$$V_{rot} = \frac{R}{R_0} \left(\frac{V_{lsr}}{\sin l \cdot \cos b} + \Theta_0 \right)$$

◆ 分光



Nakashima et al. 2000



Demers & Battinelli 2007

回転曲線の詳細な形は?どこまで平坦?

Edge and Rotation Curve

問題点と解決法

- ◆ 15kpc以上のサンプル数が少ない!!!
- 木曾シュミット望遠鏡によるミラ型変光星と炭素星の大規模サーベイ
- ◆ 炭素星の視線速度の精度が悪い!!!
- 岡山天体物理観測所のHIDESによる分光

Star Harmony Project

- ◆ バルジの薄く長い棒状構造の探査
- ◆ 最外縁部星の探査と回転曲線の決定



星から見る銀河系の
3次元立体構造

長期的・専有的望遠鏡の使用

木曾で観測するメリット

- ・炭素星を選出するためのナローバンドを所持
- ・大規模サーベイを行うのに最適の広視野

観測計画

1回目

Wingフィルター法による炭素星のサーベイ
→観測時間などは現在検討中

2回目以降

炭素星のバンド実視等級の決定
+Iバンドモニター観測によるミラのサーベイ

長期的・専有的望遠鏡の使用

バンドモニター観測によるミラのサーベイ

・観測領域

木曾の月ごとの日没時間と日の出の時間、観測可能な銀径、最低3回は同じ領域を観測できるという条件から

$$110^{\circ} \leq l \leq 250^{\circ} \quad , \quad -3^{\circ} \leq b \leq 3^{\circ}$$

・想定されるミラのバンド実視等級

バルジにおけるミラのバンド実視等級 = 10~14等
(Matsunaga et al. 2005)

ミラのバンド絶対等級 = -0.5~ -4.5等 (銀河中心 = 8kpc)

20kpcでのミラのバンド実視等級 = 12~16等

星間減光はバンドで1等程度 (Schlegel et al. 1998)

観測されるバンド実視等級 = 13~17等

長期的・専有的望遠鏡の使用

バンドモニター観測によるミラのサーベイ

・観測時間

バンド実視等級17等 + S/N=10 → 積分時間8秒

読み出し時間95秒を考慮し、

観測する銀緯は $-3^\circ \leq b \leq 3^\circ$ で固定すると、

10月は $110^\circ \leq l \leq 170^\circ \rightarrow 15$ 時間

11,12月 $110^\circ \leq l \leq 250^\circ \rightarrow 35$ 時間

1月 $130^\circ \leq l \leq 250^\circ \rightarrow 30$ 時間

2月 $150^\circ \leq l \leq 250^\circ \rightarrow 25$ 時間

3月 $220^\circ \leq l \leq 250^\circ \rightarrow 7.5$ 時間

新しいCCDカメラが完成すれば、
さらに効率のいい観測ができる!!