

南極サイトでの変光星観測

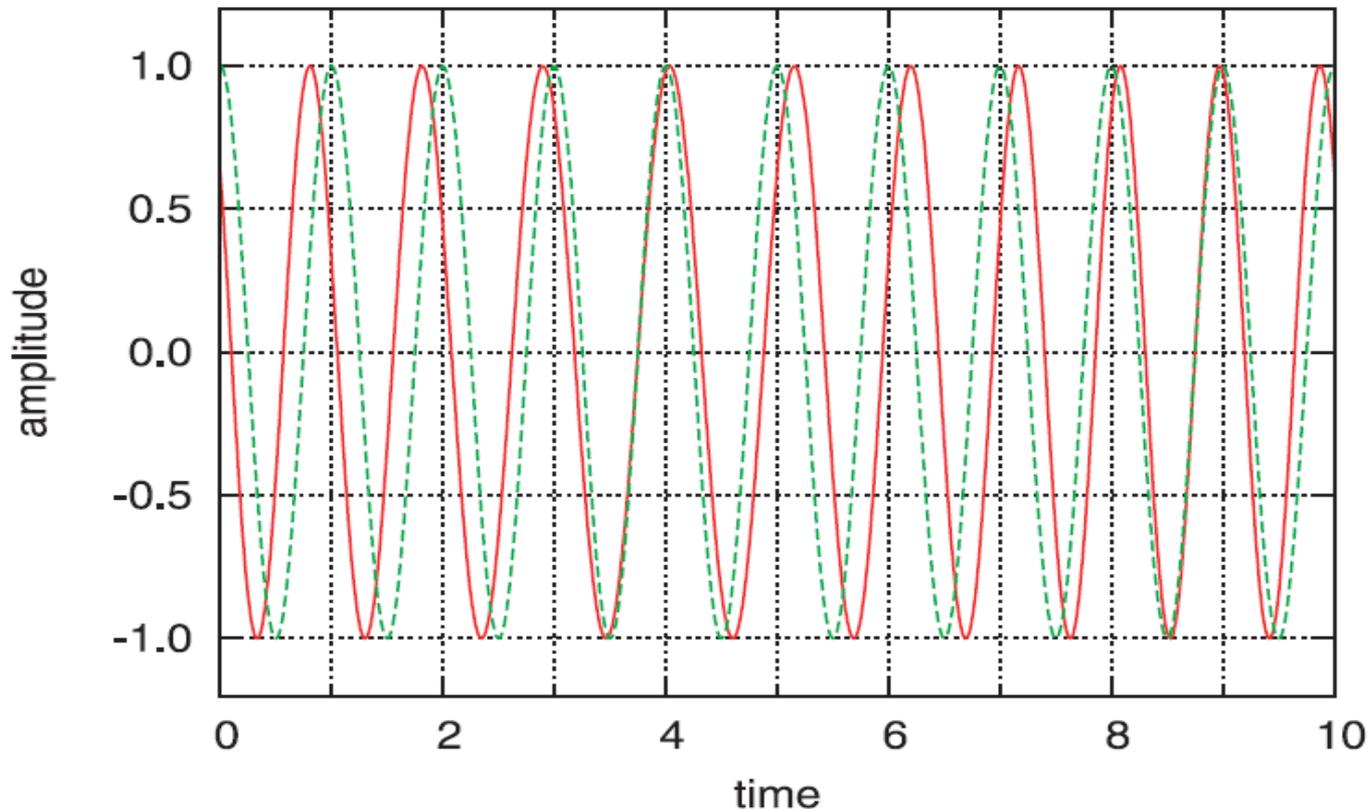
松永典之

(東京大学 天文学教室)

おまけ

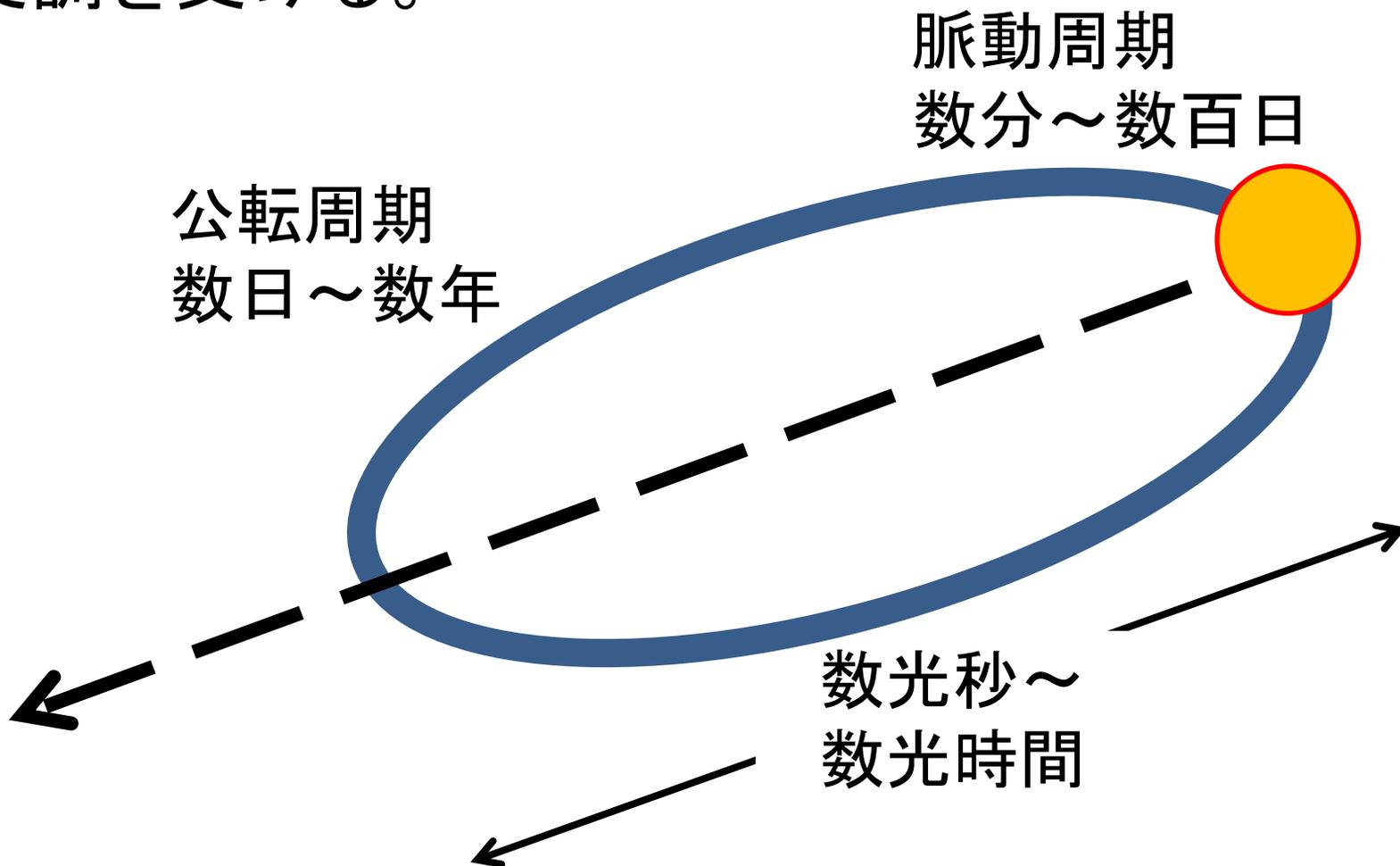
連星軌道を調べる新手法

- 連星軌道を動く変光星では、周波数変調 (FM) が起こる。(Shibahashi & Kurtz, 2012)
- (Keplerのような)連続的測光で軌道がわかる。



FM星の原理

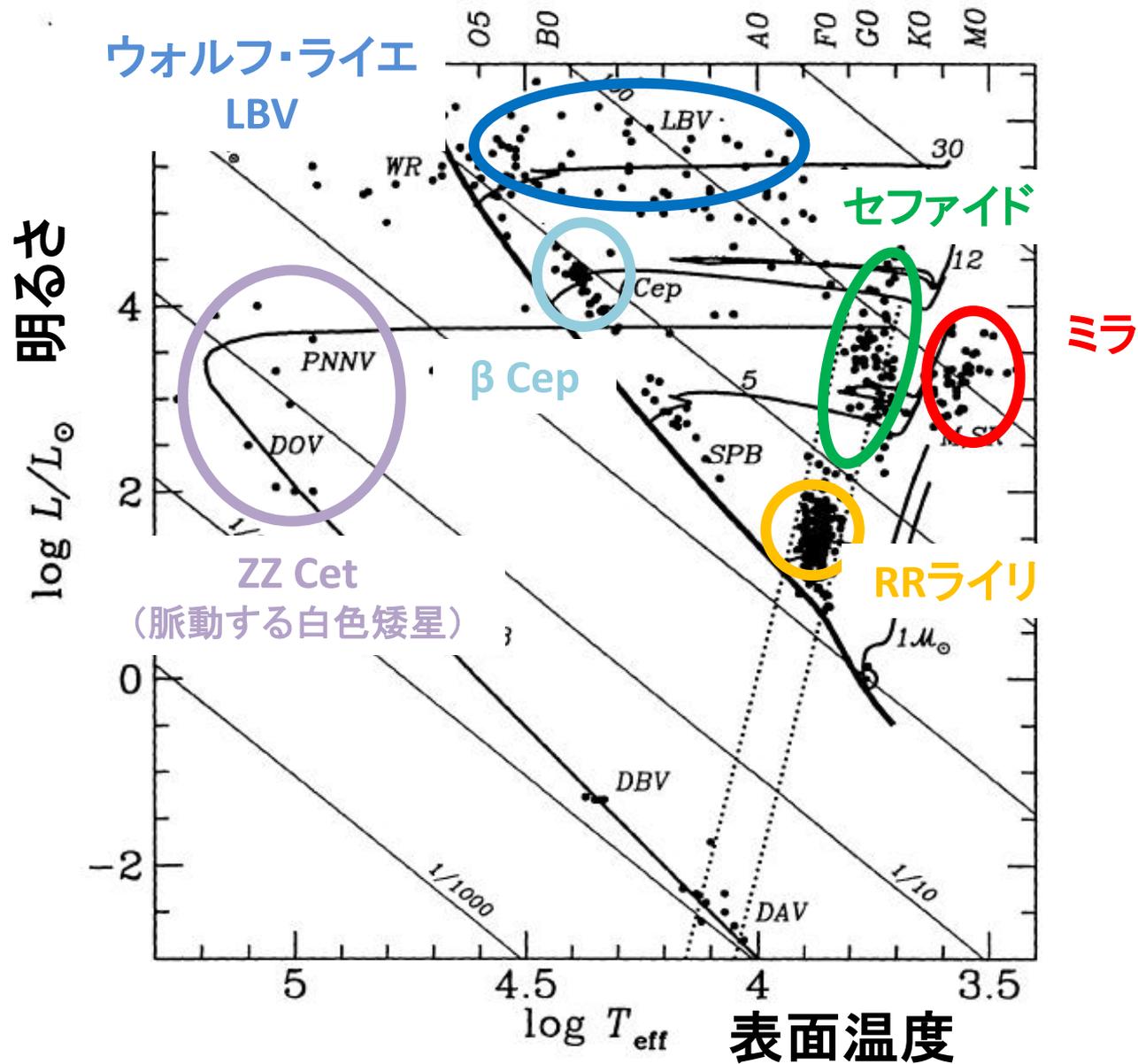
- 地球からの距離の変化によって、周波数の変調を受ける。



FM星の応用

- 測光観測だけで軌道要素が得られる。
 - ただし、頻繁な観測を長期間行う必要がある。
 - 観測で余計な周波数が入らないことが重要なので、南極サイトの観測連続性が活きる。
- 食が起こる軌道面傾斜角でなくてもよい。
- 分光で視線速度が求められなくてもよい。
 - 早期型星など。(ただし、周期変光星であること)
- 天文月報2013年8月号
柴橋「ケプラー宇宙望遠鏡データを
使い切る新手法」

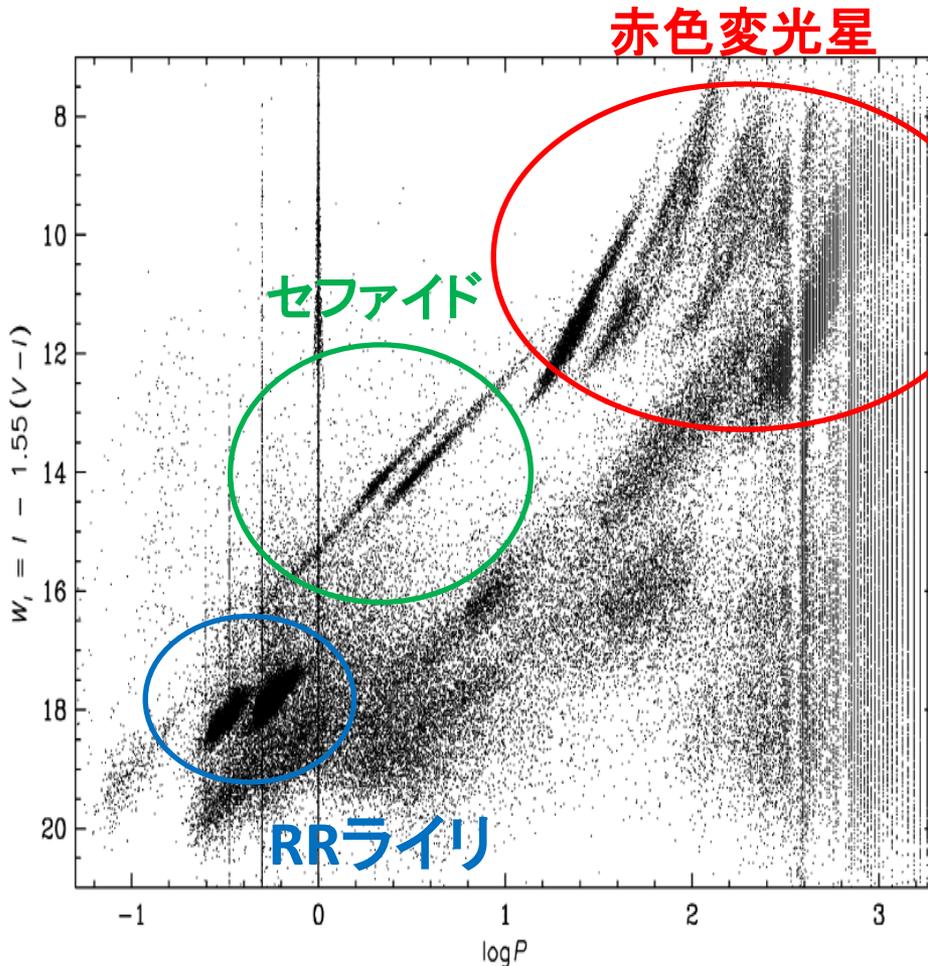
いろいろなタイプの脈動変光星



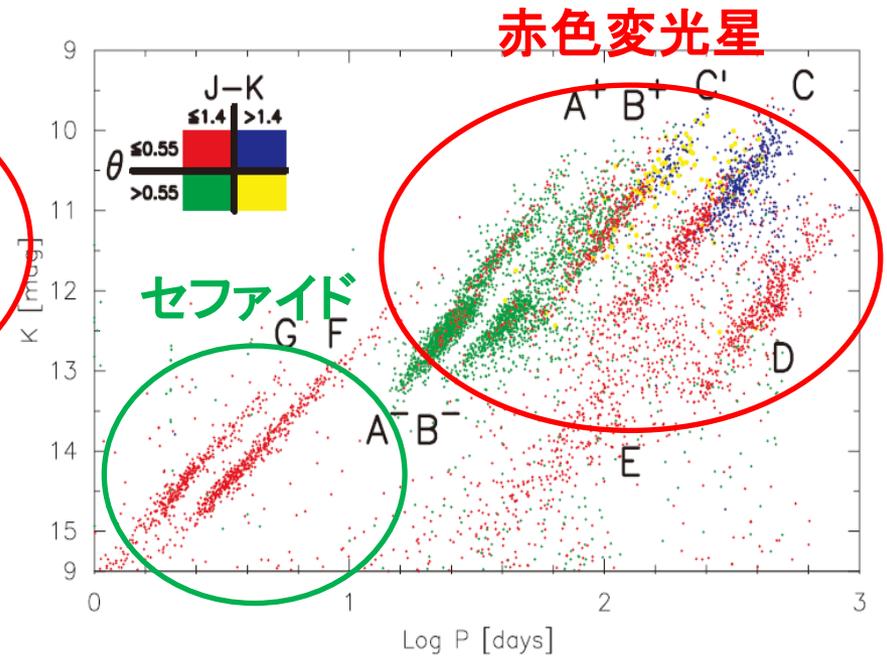
変光星研究：可視から赤外へ

可視光の周期光度関係

赤外線での周期光度関係



Soszynski et al. (2011)

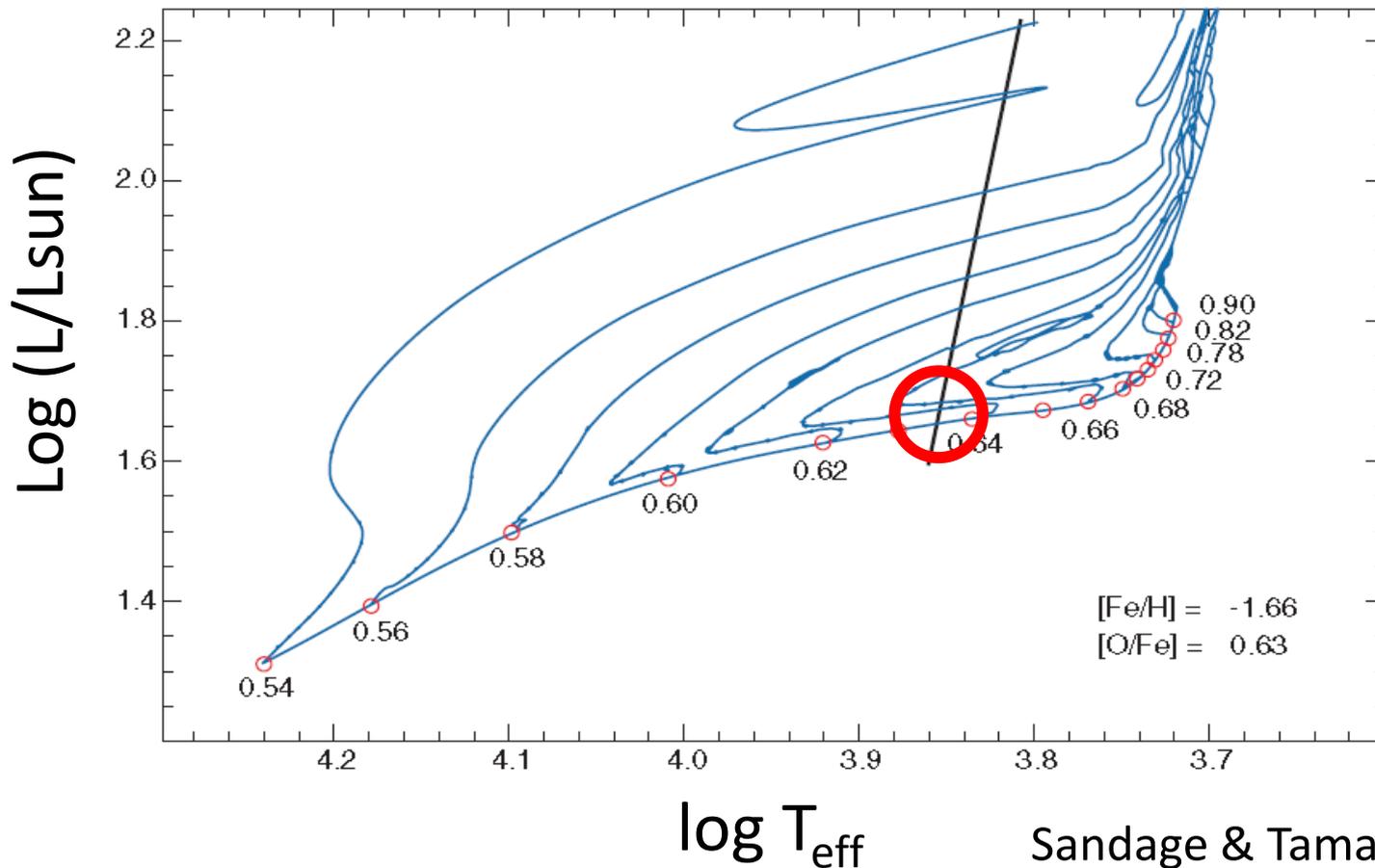


Ita et al. (2004)

横軸・周期、縦軸・明るさ

RRライリ

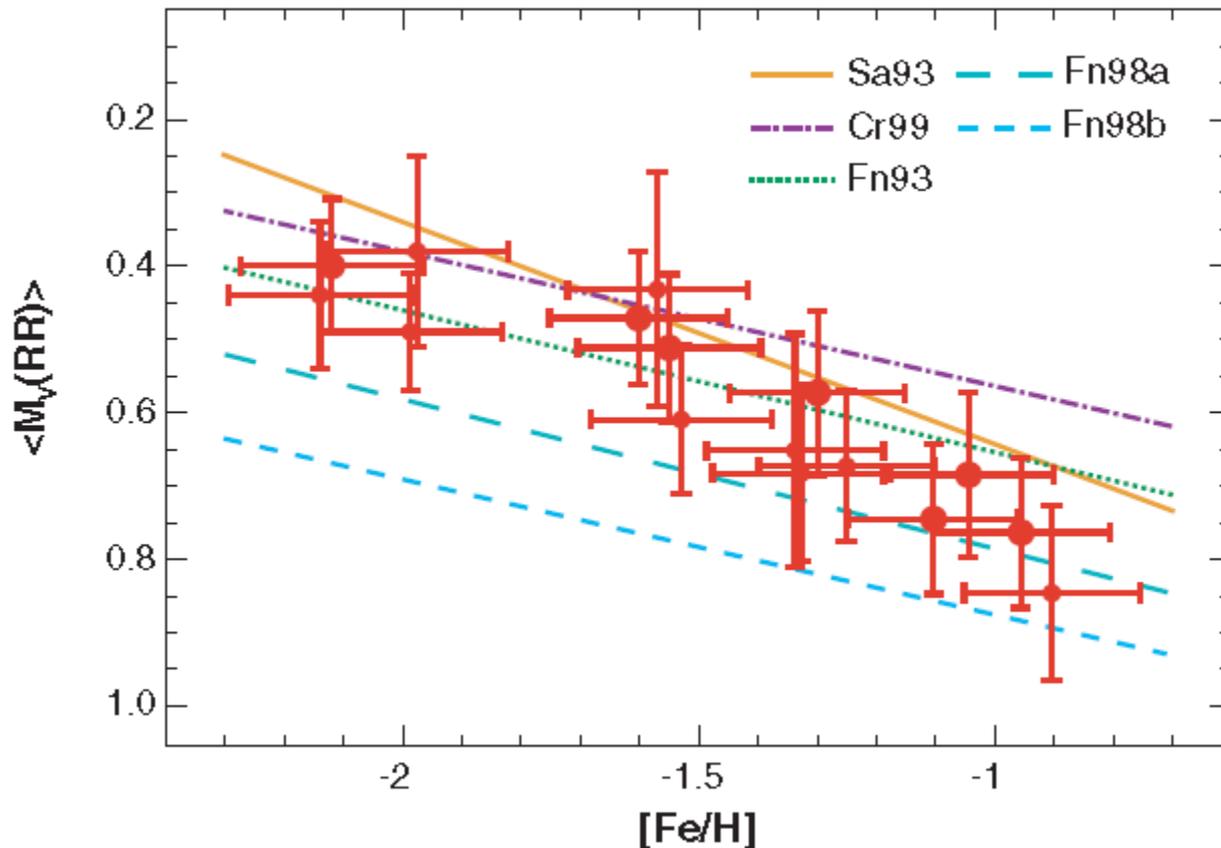
- 水平分枝段階にある小質量星がセファイド不安定域に入った脈動変光星



Sandage & Tamann (2006)

距離指標としてのRRライリ

- 金属量と絶対V等級 $M_V(\text{RR})$, $M_V(\text{HB})$ の関係

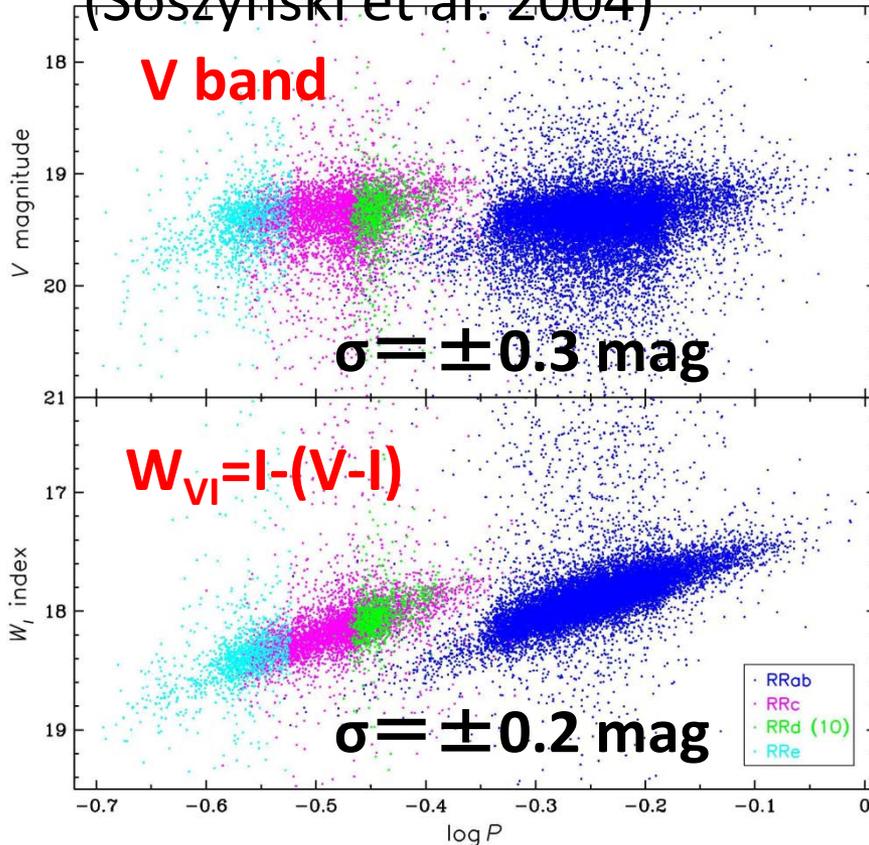


Sandage & Tamann (2006)

周期光度関係

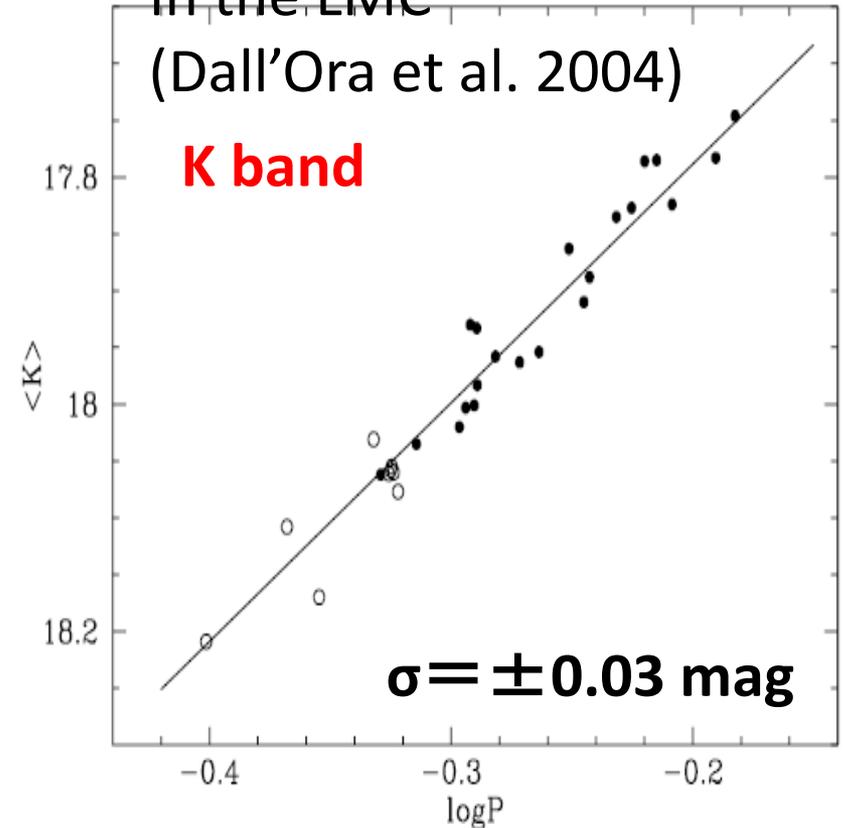
- 可視と赤外のそれぞれの指標

24,000 RR Lyrs in the LMC
(Soszynski et al. 2004)



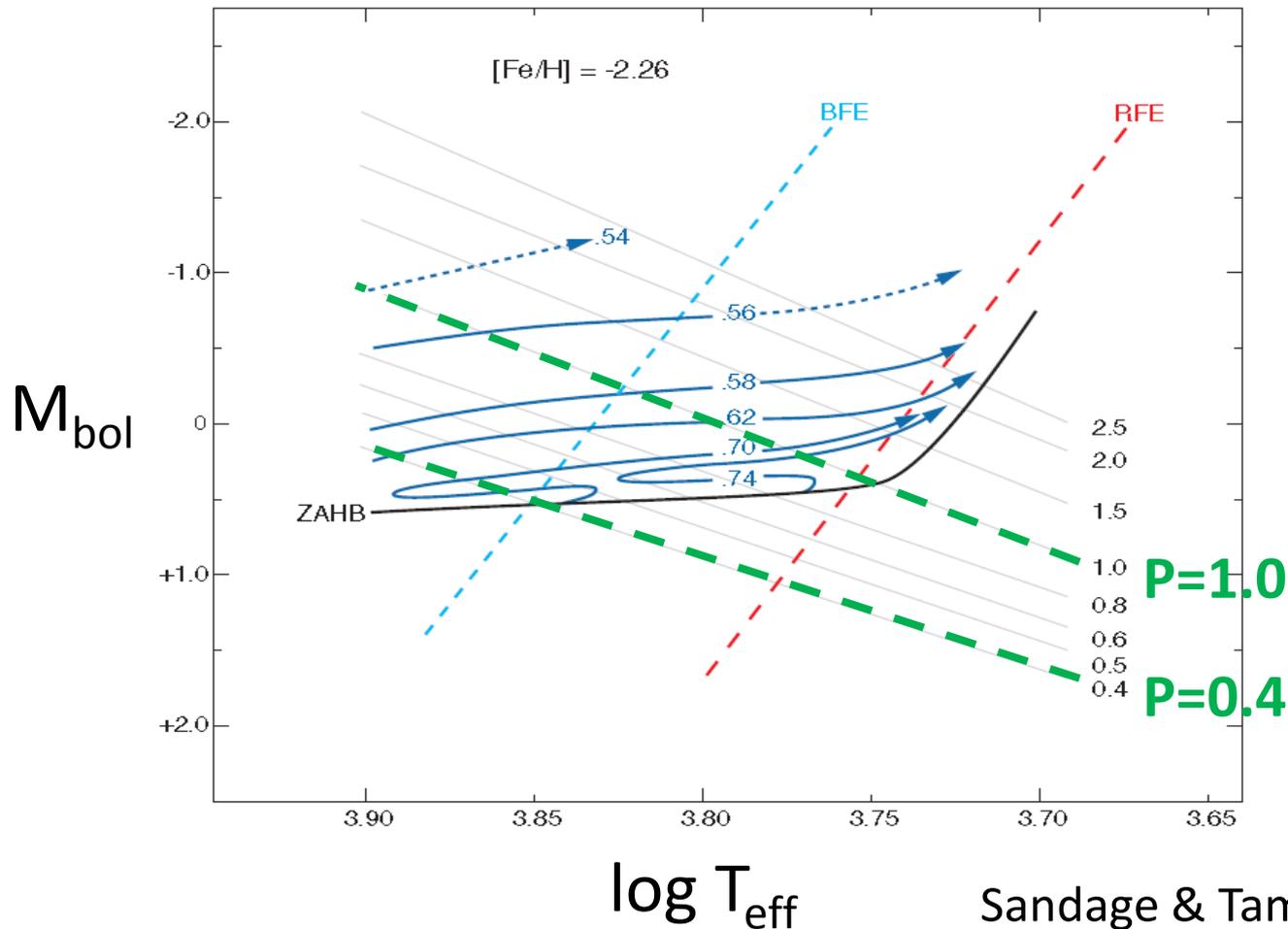
古典的セファイドは $\pm 0.1 \text{ mag}$

Cluster "Reticulum"
In the LMC



波長による違いの理由

- 不安定帯は有限の幅を持つ。
 - 半径、および周期が一定となる星は斜めに並ぶ。



距離指標としてのRRライリ

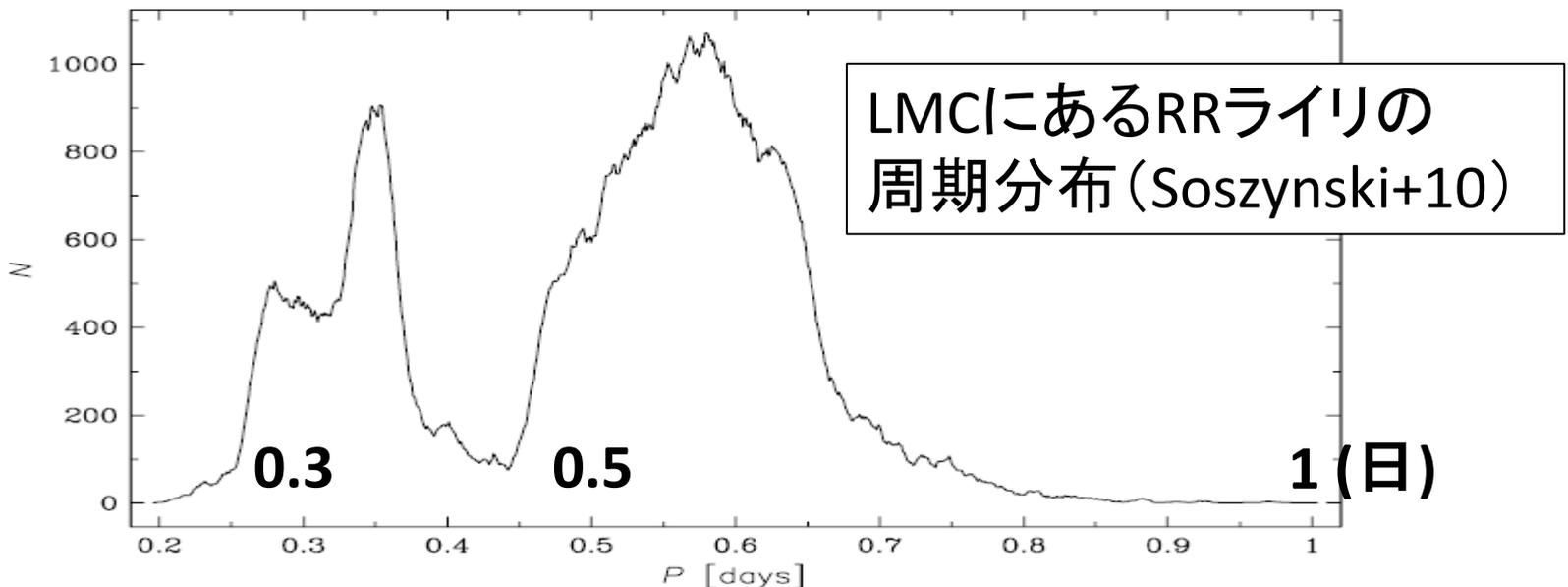
- 年老いた恒星種族では、RGBチップ、主系列と並んで、最も信頼のおける距離指標
- 個数が多い (The OGLE-III Catalogue of Variable Stars)

System	N(RR Lyr)	N(Cepheid)
LMC	24,906	3,361
SMC	2,475	4,630
Galactic Bulge	> 16,836	> 30 ??

- 赤外で達成できそうな距離決定精度 → 240個/deg²
– 統計誤差 < 0.01 mag (w. N>30) 1.7個/25min²

RRライリの観測と南極サイト

- 観測の連続性
 - 24時間観測すれば、1周期をカバー。
- シーイングの良さ
 - RRライリは赤い星でないので、赤外線では他の星に埋もれやすい。
- 赤外の深さ (RRライリの絶対K等級は0～-1等級)



RRライリの観測テーマの例

- 各銀河までの距離
 - 暗い矮小銀河の分布
- 銀河系中心までの距離
- マゼラン銀河 (LMC、SMC) の三次元構造
- いて座矮小銀河の潮汐流のトレース
- 典型的な観測
 - S/N=50の積分を、1時間に1回ずつ、24回

RR Lyrの観測できる銀河の候補

- 距離指数が21 mag (240 kpc) よりも近くて、赤緯 -20 degより南に見える銀河

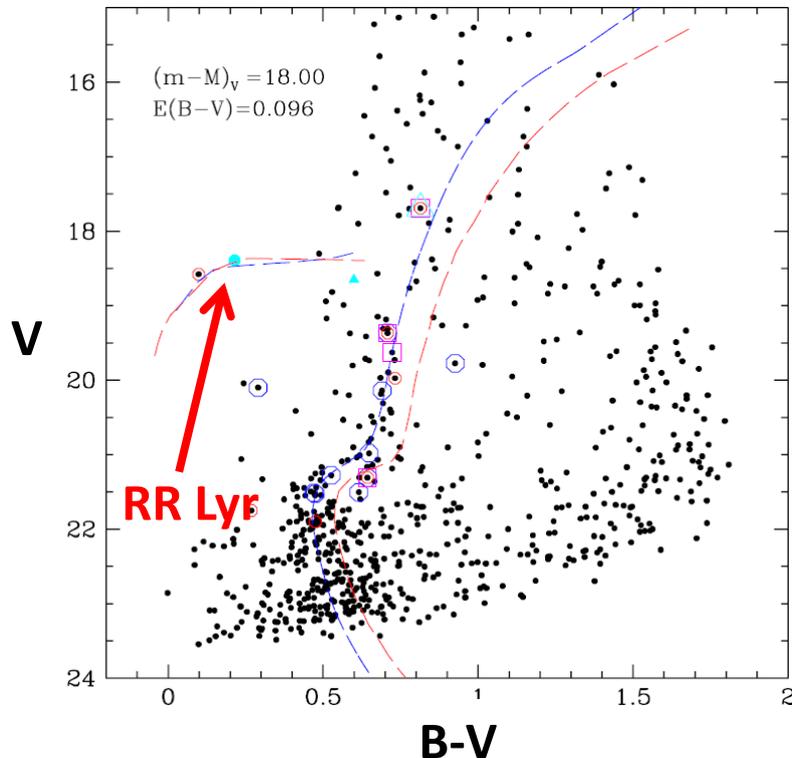
Galaxy	RA, Dec	DM (mag)	K(RR Lyr)
LMC	05:23, -69:45	18.45	17.5~18.5
SMC	00:52, -72:50	18.82	17.9~18.9
Sculptor	01:00, -33:42	19.54	18.5~19.5
Carina	06:41, -50:58	20.03	19~20
Fornax	02:40, -34:27	20.70	19.7~20.7
Sagittarius	18:55, -30:29	16.90	16~17

これらの大きめの銀河では、可視の探査で、すでにRRライリが見つかっている。

Mateo (1998)

暗い矮小銀河の分布

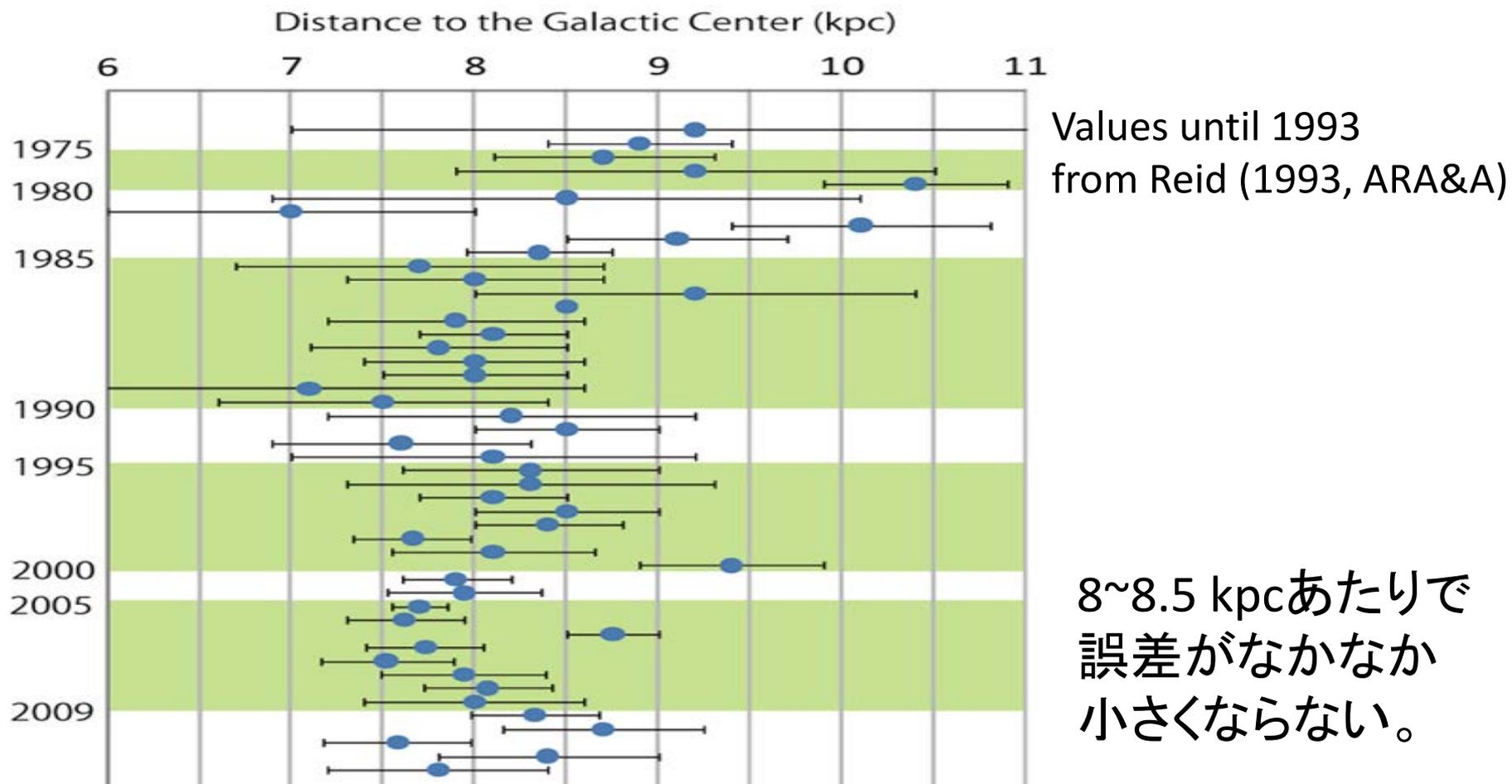
- SDSSで多くの暗い矮小銀河 ($M_V < -4$) が見つかった。
- RRライリが数個あれば、もっともよい距離決定。
- 南半球でたくさん見つかるのはLSSTの時代？



Ursa Major II
1個のRRライリから、
 17.70 ± 0.12 mag (34.7 kpc)
(Dall'Ora et al. 2012)

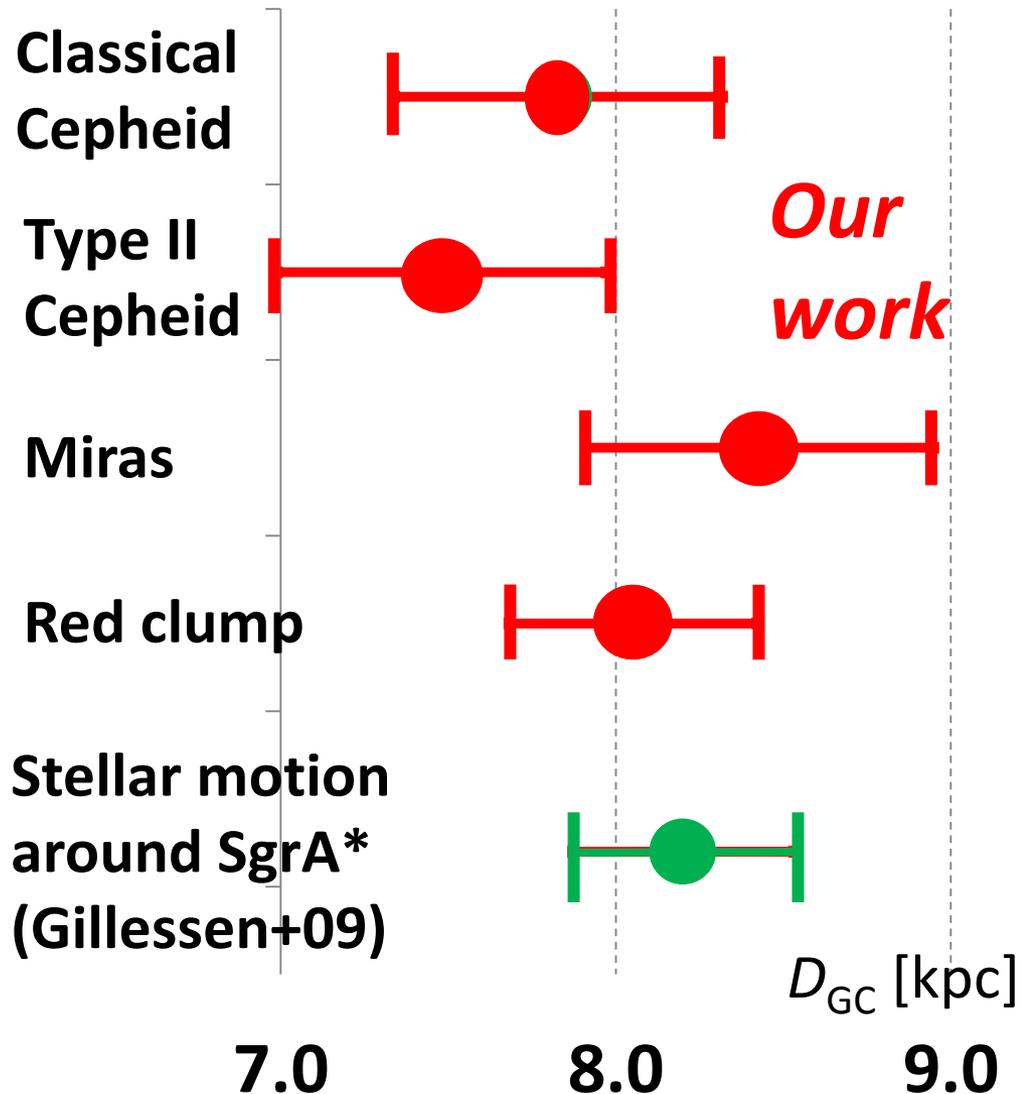
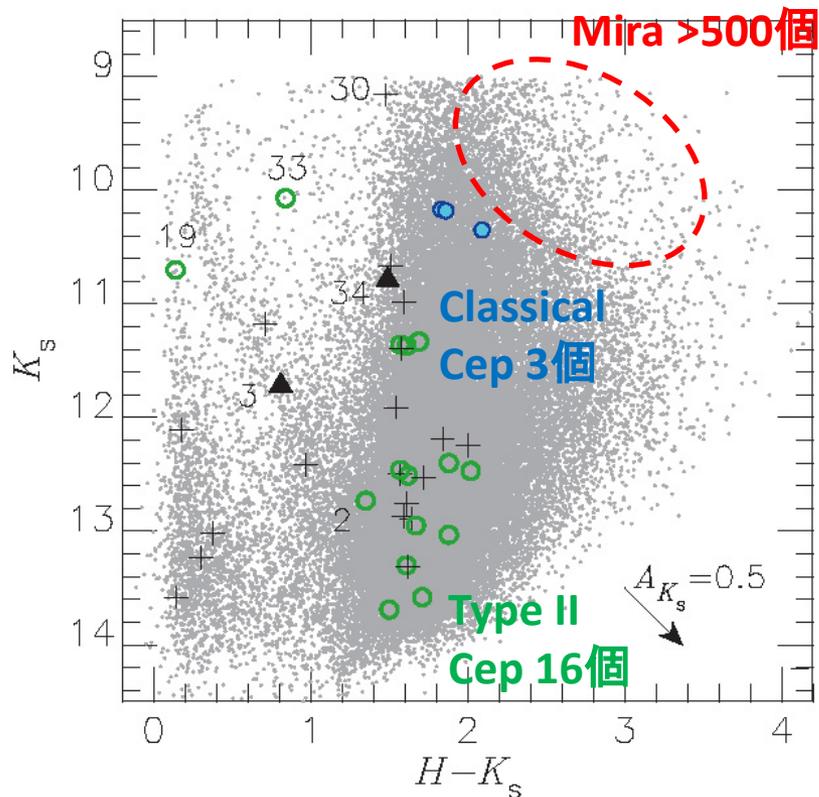
銀河系中心

- その距離は、銀河系の大きさの基本となる。
- 強い減光のため赤外でなければ観測できない。



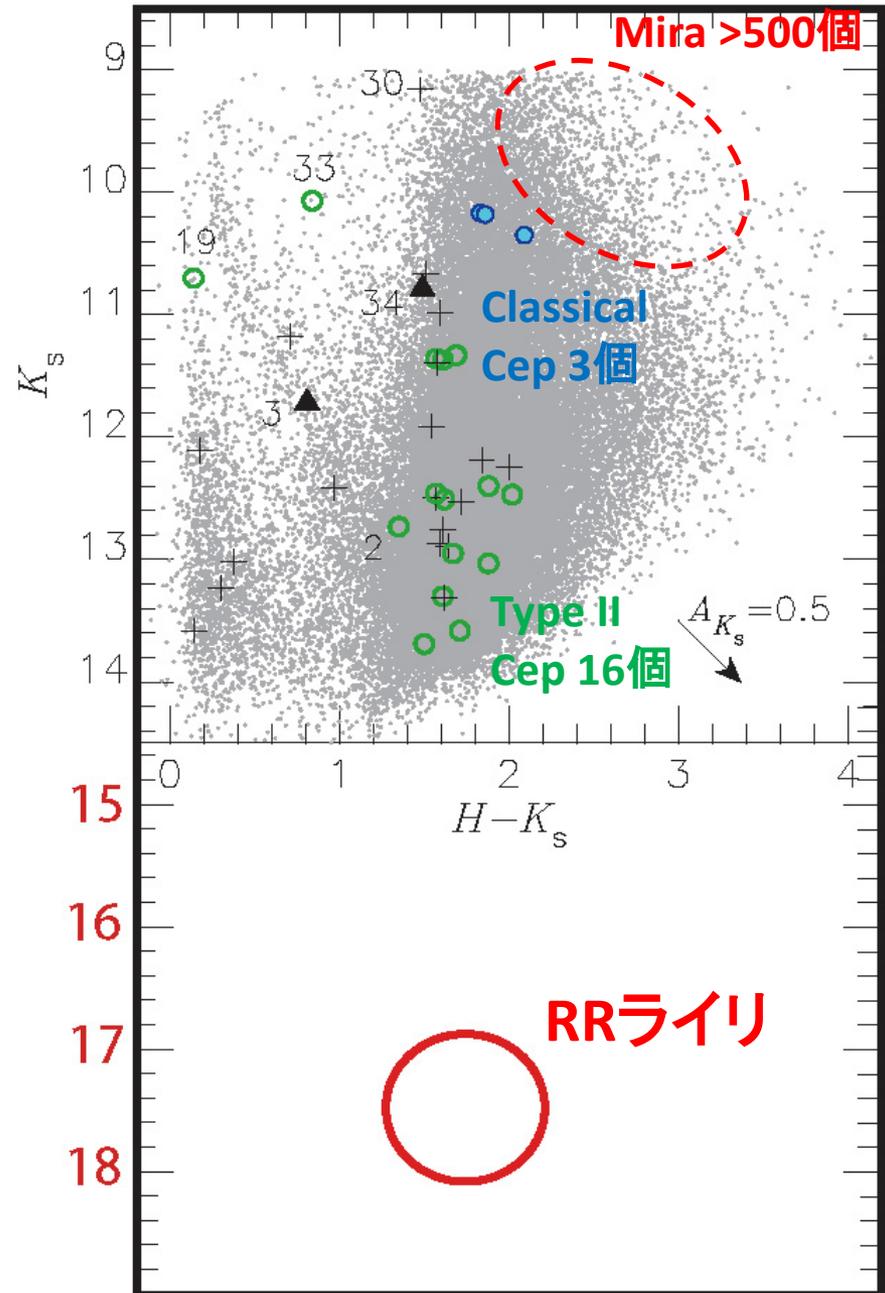
銀河系中心の変光星観測

- 中心領域(30min20min)に多数の変光星を発見。
(Matsunaga et al. 2009, 2011, 2013)



銀河系中心の RRライリ

- 減光も含めて、K等級が17~18^{mag}と予想される。
- Confusion limitを考えれば、VISTAのVVVサーベイ(限界等級18mag)でも届かない。



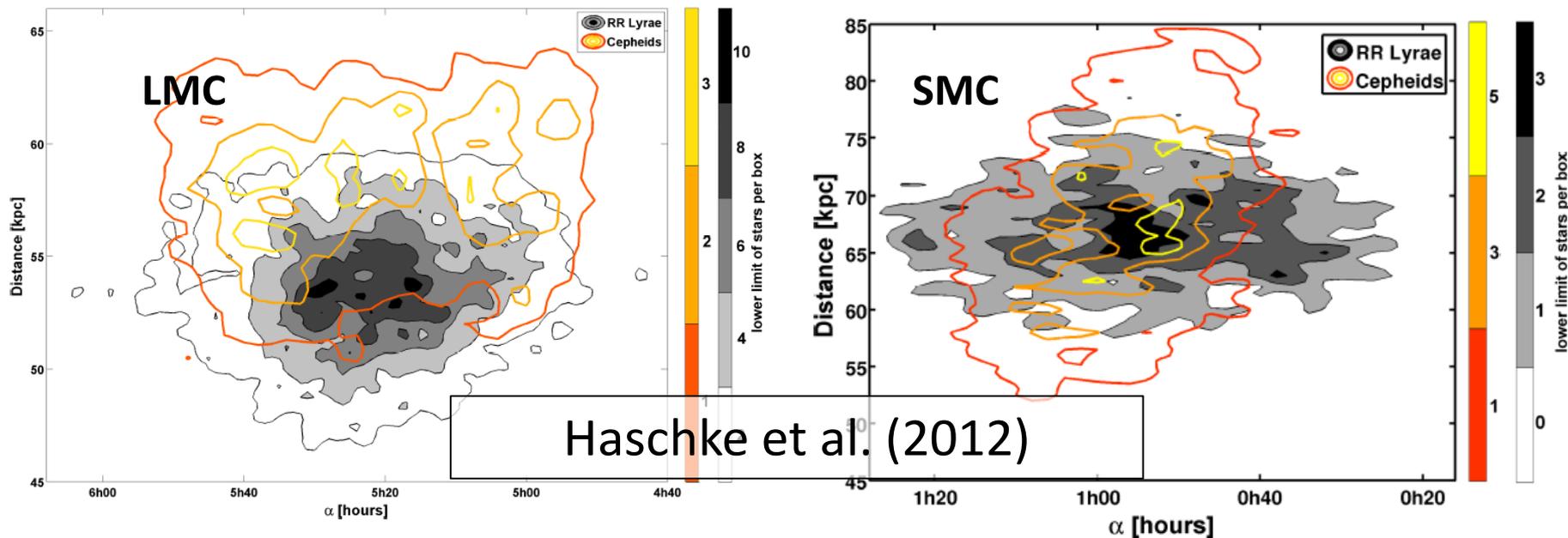
まとめ

- RRライリは年老いた恒星種族の距離指標
- 赤外線観測で距離の決定精度が、 $\pm 0.05\text{mag}$ 以上まで上がる。
- 南極サイトの利点(連続観測、シーイング)によって、他で行えない有効な観測が24時間で完遂できる。

マゼラン雲の三次元構造

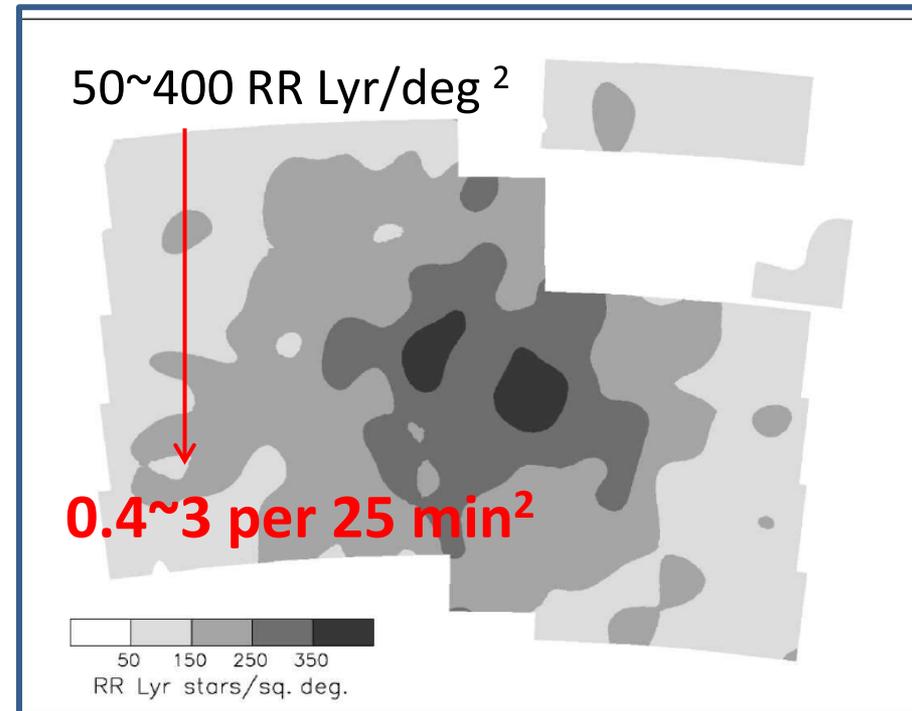
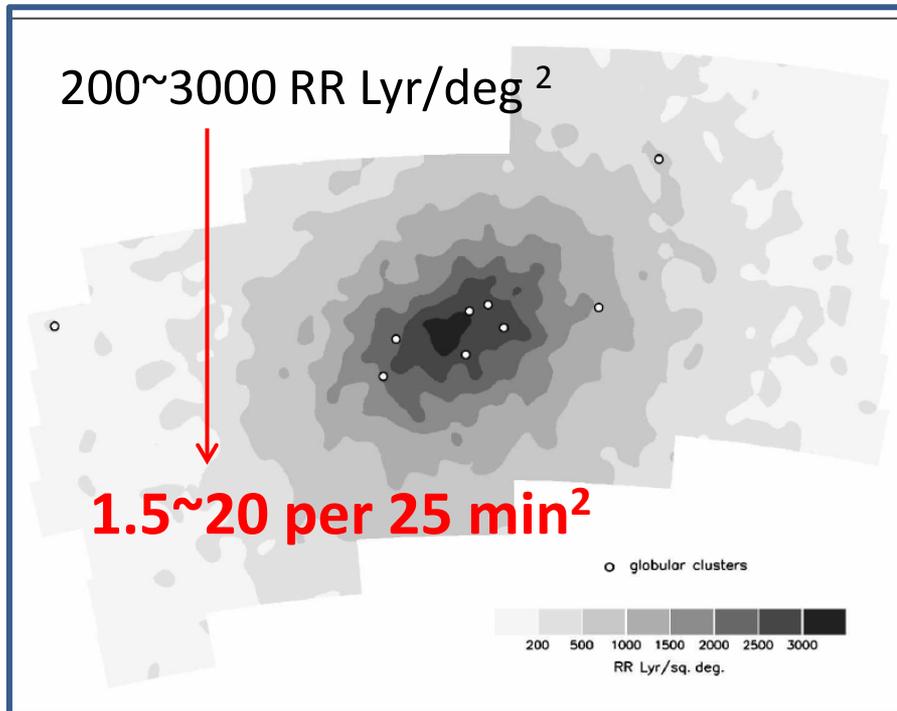
- 過去の研究の例

- セファイド: Caldwell et al. (1986), Haschke et al. (2012)
- 赤色変光星: Lah et al. (2005)
- レッド・クランプ: Subramanian et al. (2009–2013)
- RRライリ: Haschke et al. (2012)
 - 距離は可視の等級から ($M_V = 0.84 + 0.217[\text{Fe}/\text{H}]$)



マゼランにあるRRライリの密度

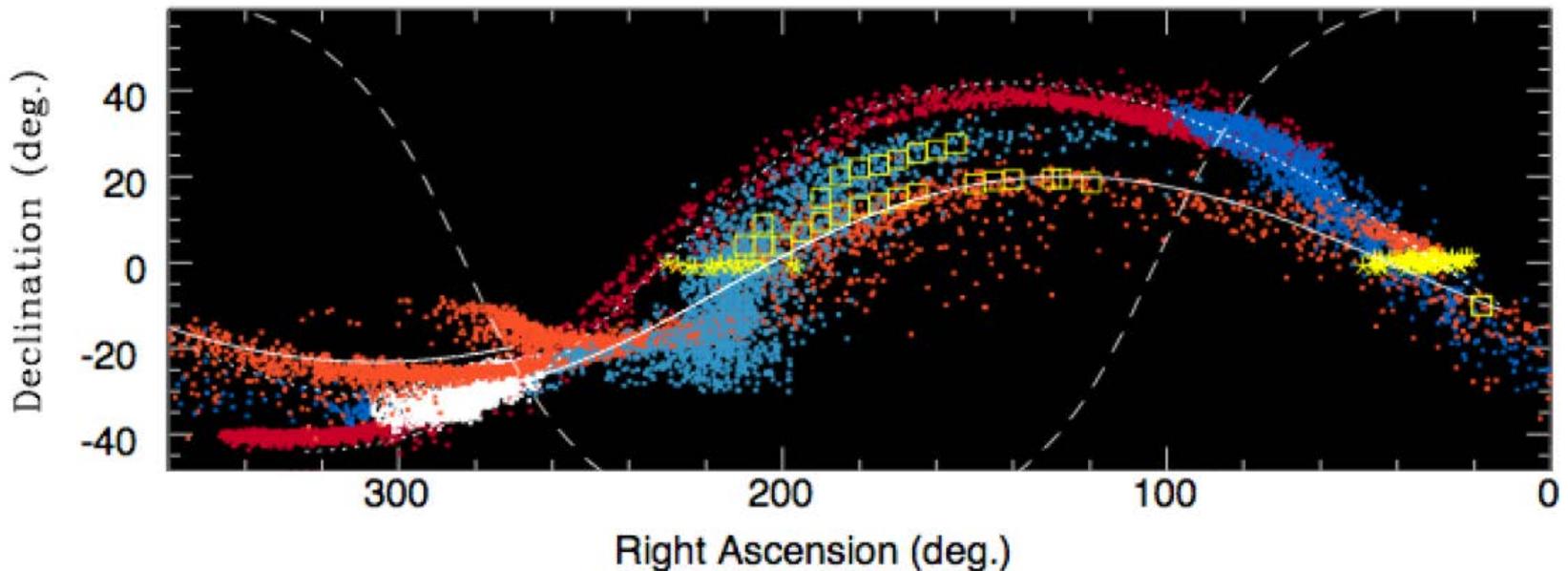
- 密度の高いところでは、LMCで数十個、SMCで数個のRRライリが1視野に入る。
- 密度の低いところでは、



分布図: Soszynski et al. (2009, 2010)

いて座矮小銀河の潮汐流

- 潮汐流の形状、運動がわかれば、銀河系のハローの重力ポテンシャルがわかる。



Penarrubia et al. (2010)