

# 2KCCD/KWFCによる 変光星探査

松永典之、三戸洋之、中田好一  
(東大・木曾観測所)

松井真 (鹿児島大)

坂本強 (日本スペースガード協会)

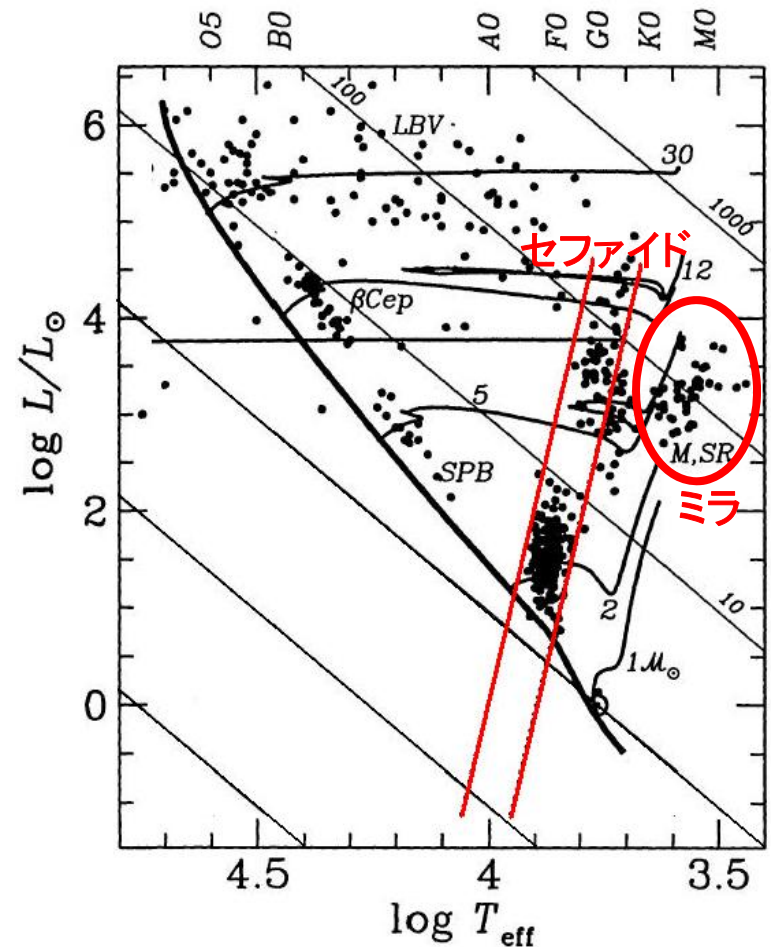
板由房 (東北大)

# 概要

- 2KCCDで行われている変光星探査の紹介
  - 坂本さん、松井さん、松永の探査
- KWFCへの観測計画

# セファイド・ミラ型変光星

- セファイド
  - 周期1-100日程度
  - セファイド不安定帯
- ミラ
  - 周期100日以上
  - AGB星
- どちらも周期光度関係をもち、距離の指標として利用可能。



Gautchy & Saio (1995)

# 2KCCDで進行中の3つのサーベイ

- 変光星によって星の分布を調べるのは共通。
- 距離を求めた後、運動を調べたいのも共通。

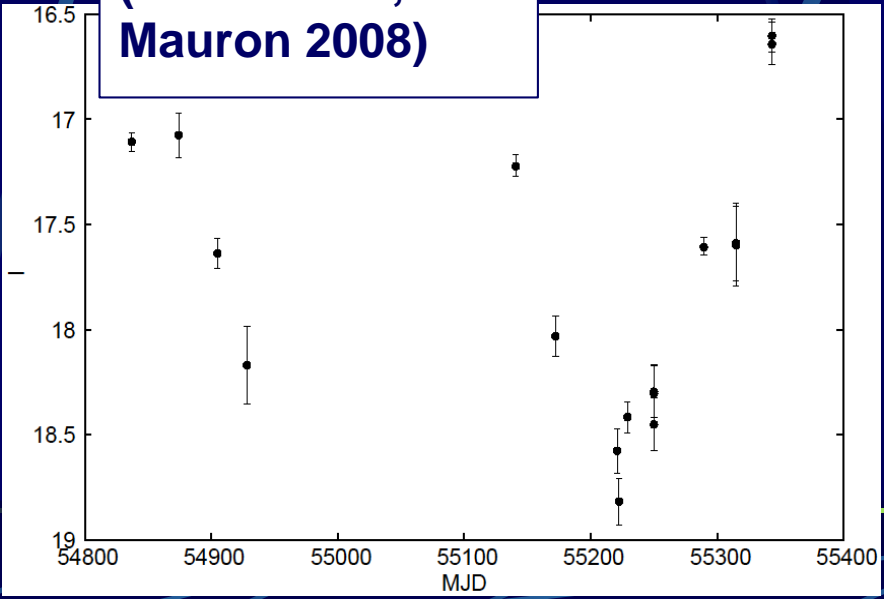
課題番号	C0901	C0801	C0802
PI	坂本	松井	松永
ターゲット	ミラ	ミラ	セファイド
観測領域	ハロー	ディスク	ディスク
目的	恒星流、矮小銀河との関係	銀河回転	渦巻き腕の構造
特徴	今までよりも青いサンプルも観測（→新しい変光星も増えた）	銀河系の回転運動を特定するのに効率のよい銀経の方向に注目	まだ見つからない遠くのセファイドを探す
解析状況	一部の天体は解析終了。24個のミラを検出。	ほぼ解析終了。変光星候補を50個程度発見。	変光星を検出できるのは2008年のデータで確認。

# ハローのミラ探査の成果

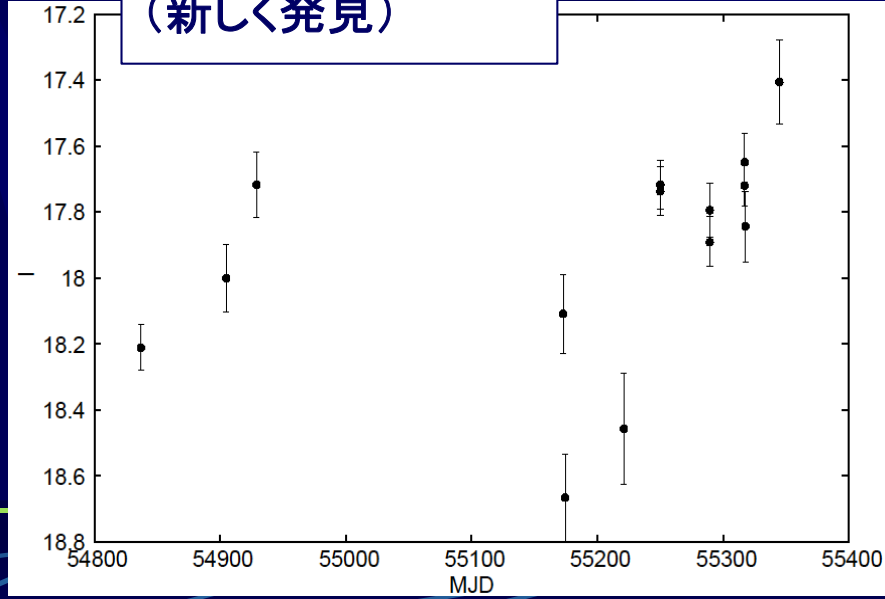
## 観測とその結果

- サンプルは323天体
- Iバンドのみモニタリング観測
- 2008年10月-2010年5月(月1回程度)
- 少なくとも24天体はミラの可能性が高い(まだ一部は解析中)

**P=360日**  
**(C-rich AGB,**  
**Mauron 2008)**

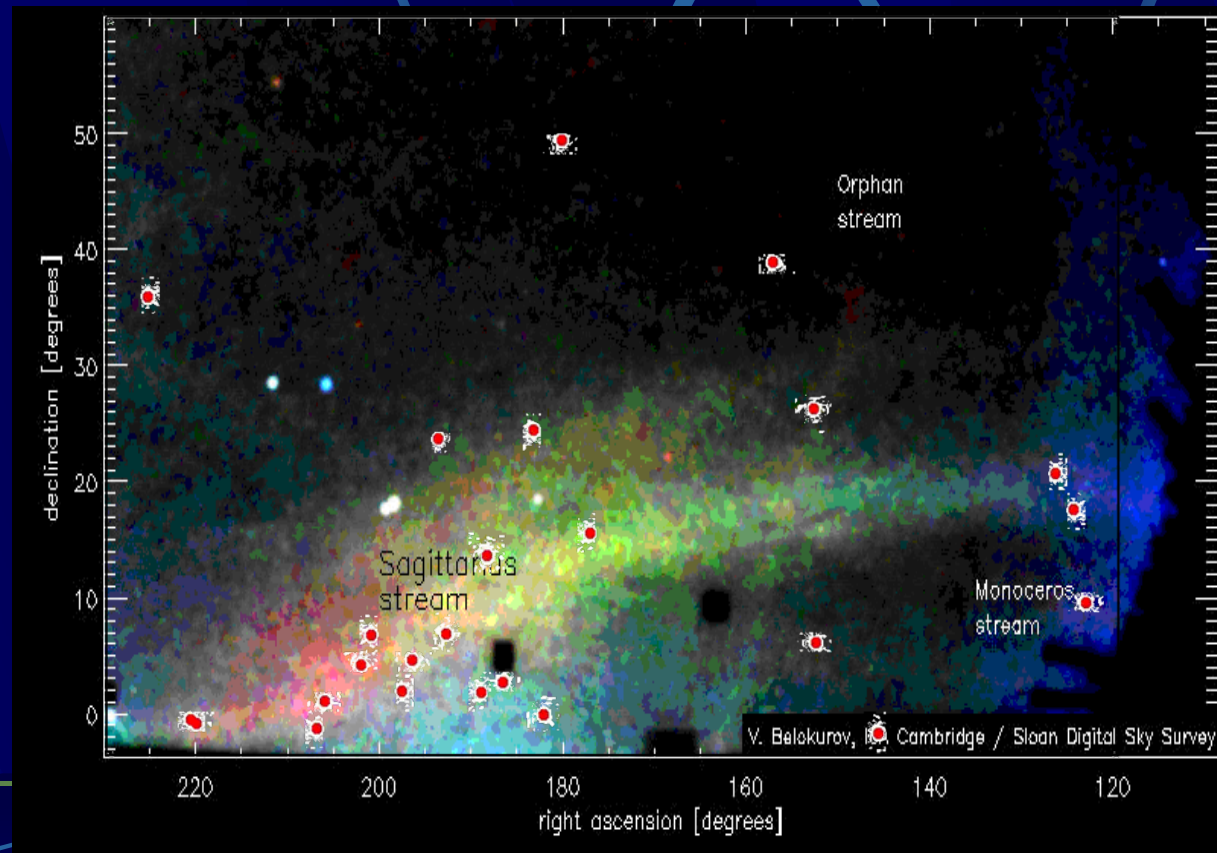


**P=260日**  
**(新しく発見)**



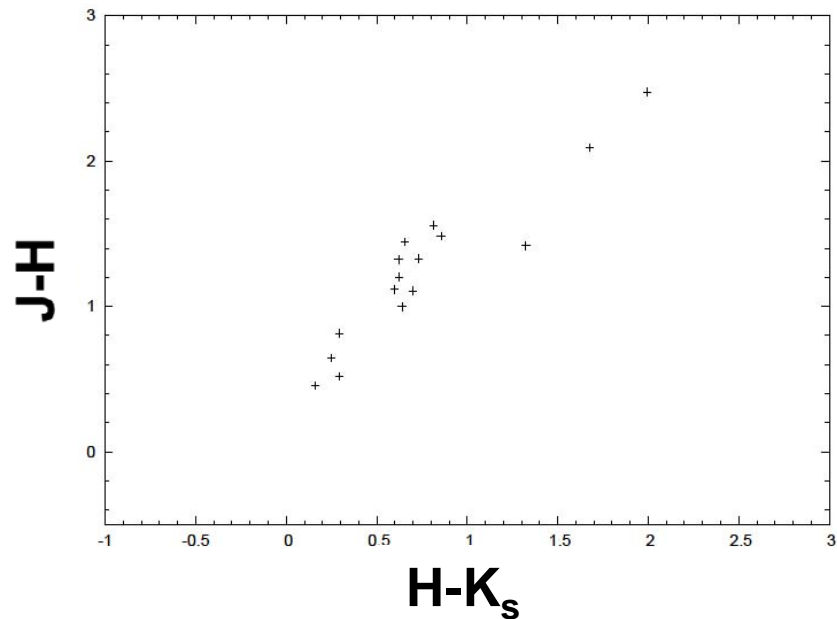
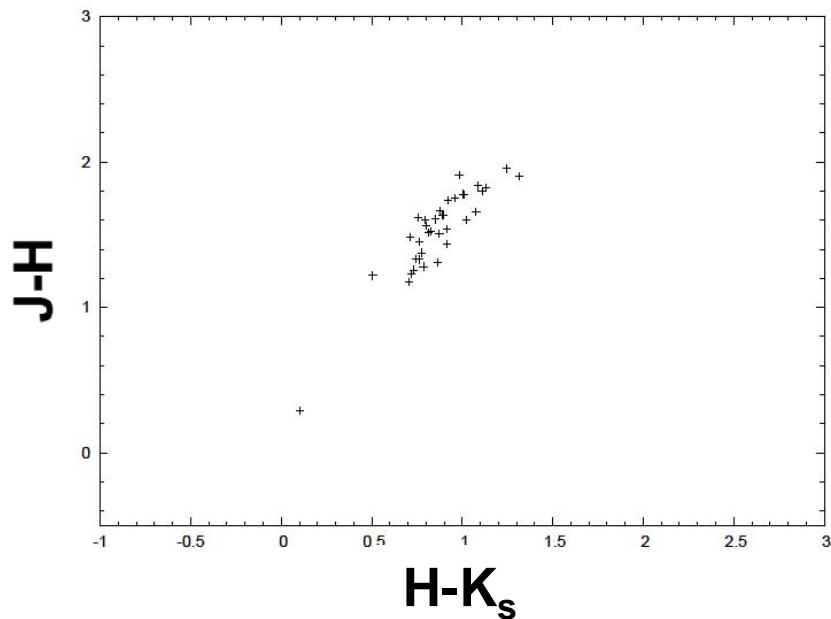
# ハローのミラ探査の成果

- ハローの広域にわたって青いミラ型変光星を発見、また既に発見された炭素星についても周期決定ができた。
- Sagittarius streamに付随していそうなミラが多い。



# 発見した変光星候補天体

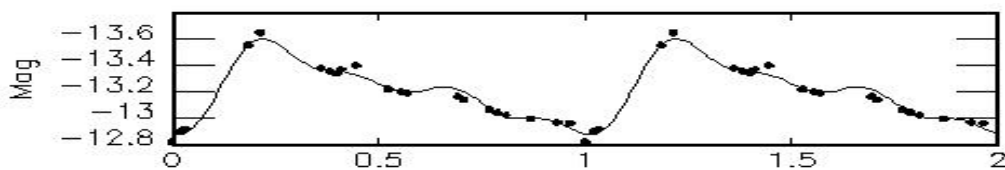
	65<l<75	120<l<140
ミラ	35個	9個
セファイド	1個	4個
?	0個	3個



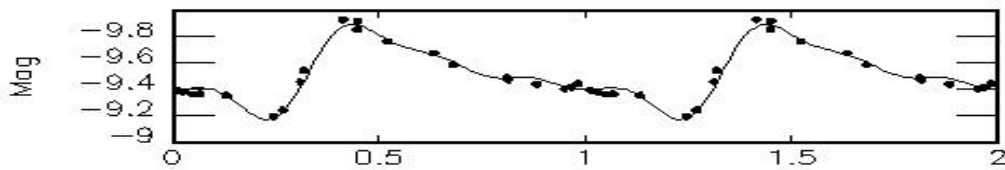


# 解析の現状

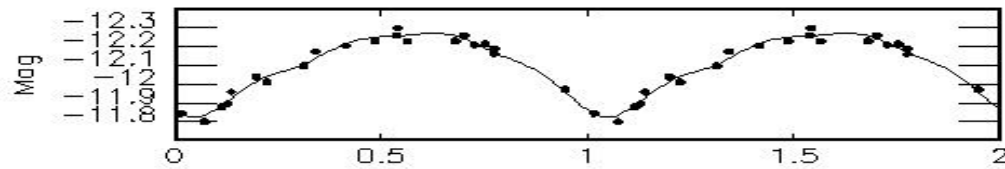
- 本格的な解析はこれから (感度ムラ補正が必要)
- 変光星が検出できることは確認した。
  - いくつか新しい変光星も見つかっている。



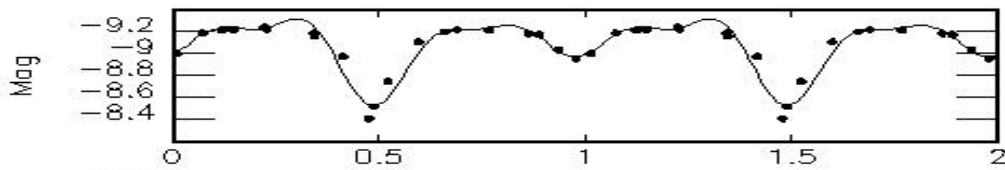
周期4.17日のセファイド  
(だいたい1~13等)



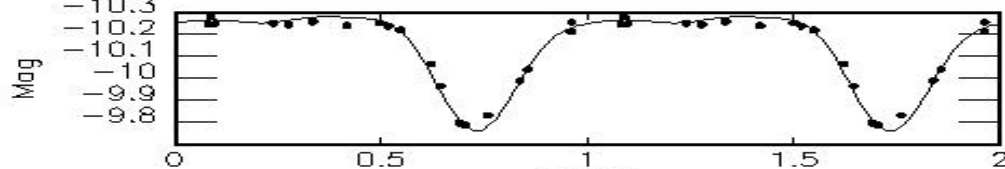
周期0.43日のRRライリ  
(だいたい1~17等)



周期0.19日のRRライリ  
(だいたい1~14等)



周期0.75日の食連星  
(だいたい1~17等)



周期0.58日の食連星  
(だいたい1~16等)

銀経150度、銀緯0度の視野を300秒積分した  
データで確認できた5個の変光星候補



# 論文の生産へ向けて

- データは3つのプロジェクトとも十分集まった。
- 解析も着実に進んでいます。
- 来年バースト？

←少なくとも Large Amplitude !

# KWFCによる観測計画

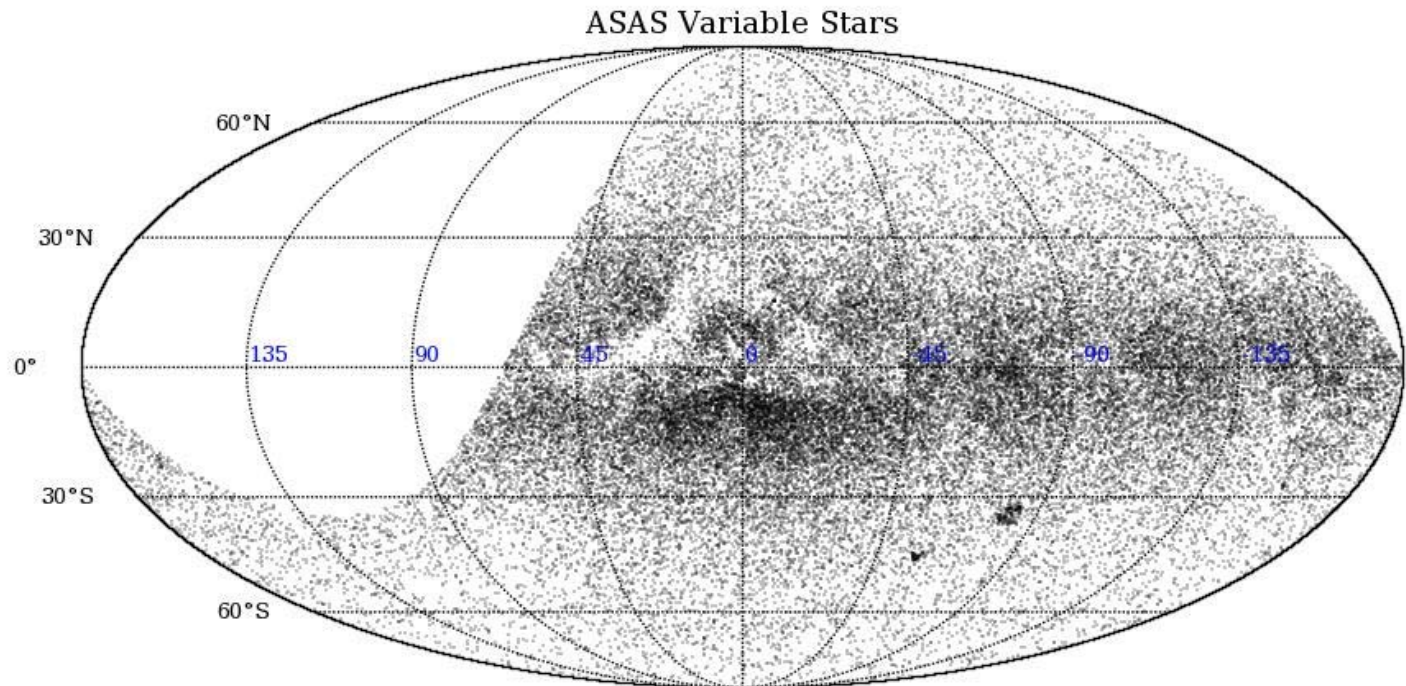
- 他の変光星プロジェクト
- 独自性のある面白そうなテーマ
- KWFCでの観測可能性
- 観測計画の例

# 他の変光星プロジェクト

- ASAS : 全天だが低分解能で浅い
  - (南天は公開済み、北天は観測進行中)
- OGLE: バルジ領域
  - (III期の解析進行中、IV期の観測進行中)
- VISTA: バルジ領域と南の銀河面
  - (来年観測開始)
- 岡山広視野近赤外線カメラ
  - 銀河面モニタ計画
  - (来年開始?)

# ASAS

- All-Sky Automated Survey
  - 南天、北天 両方あり (Chile+Hawaii)
  - 現在カタログが公開されているのは南天
- $V < 14^{\text{mag}}$ ,  $I < 13.5^{\text{mag}}$
- 15 asec/pix (2k\*2k CCD, FoV=8.5<sup>deg</sup>**四方**)

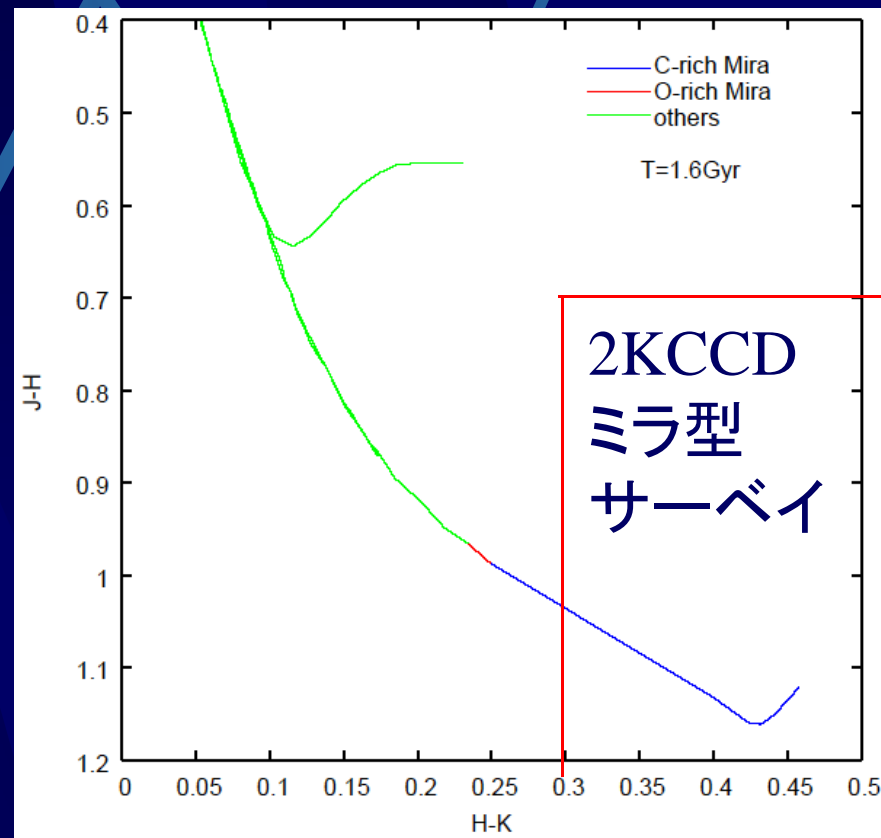


# 銀河系の変光星サーベイ

- 銀河系の構造を調べるには大広域サーベイが必要。南天・北天どちらも必要。
- ASASサーベイによって  $I=13.5$  mag までの変光星は全天で見つかる。
  - ミラ ( $\sim -4$  mag)  $\rightarrow$  30kpc
    - 最外縁のハロー、銀河面
  - セファイド ( $-2 \sim -5$  mag)  $\rightarrow$  10  $\sim$  50kpc
    - 銀河面で少し赤化の強い領域
- 新星：銀河面に多い。
- **$\rightarrow$  銀河面 と ハロー の変光星サーベイ**

# 恒星流における C-rich/O-richミラ型星比決定

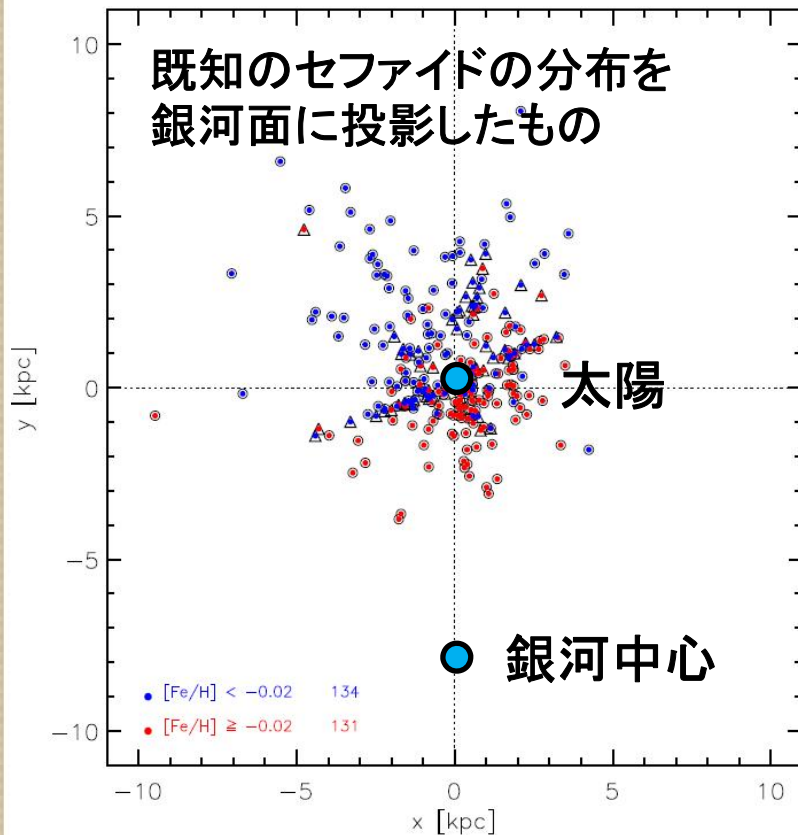
- O-richミラ 0.2-10Gyr
- C-richミラ 1-2Gyr
- ⇒ 恒星流のC/Oミラ星数比は proto-dSphの星形成史や 化学進化史のプローブ
- 過去のミラ探査はC-richのみ → O-richミラ星数不明
- O-richミラ星数の過小評価を避けるためにcolorに無バイアスなサーベイがベスト
- 恒星流は広く分布 ⇒ KWFCで恒星流域のミラ型星探査



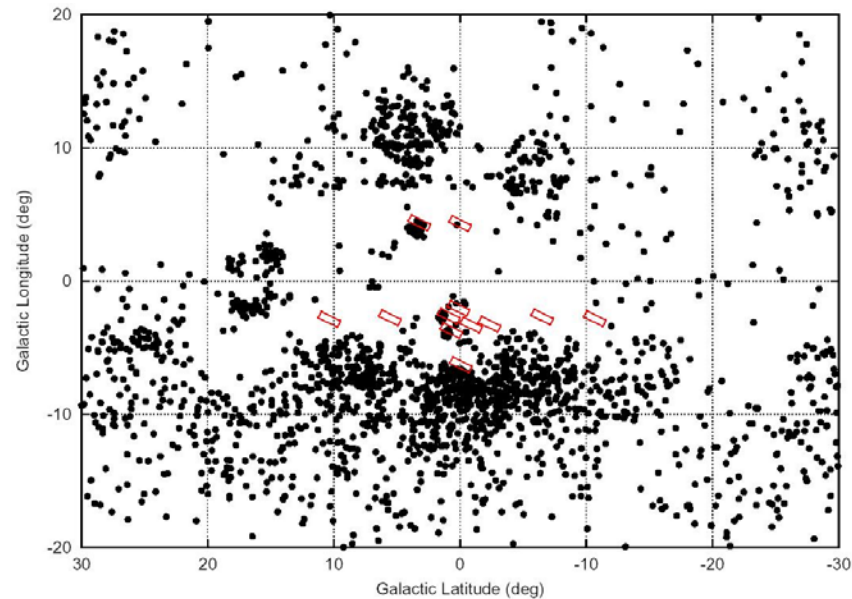


# 銀河面の変光星サーベイ

- ミラ・セファイド
- 新星
- (移動天体?)



General Catalog of Variable Starsにカタログされているミラの銀河座標分布





# 新星について

- 2つの種類の新星があると考えられている。  
(Della Valle & Livio, 1998)
  - disk nova: fast, bright, He/N nova
  - bulge nova: slow, faint, FeII nova
- 銀河面のサーベイは有意義。

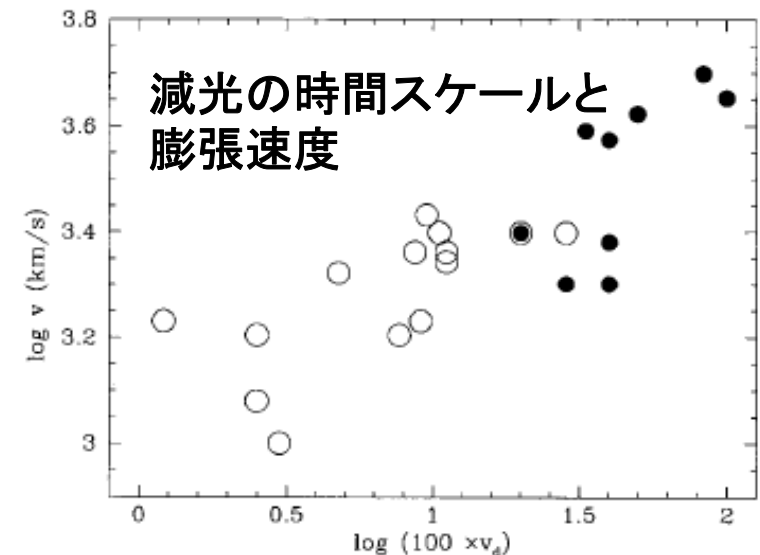
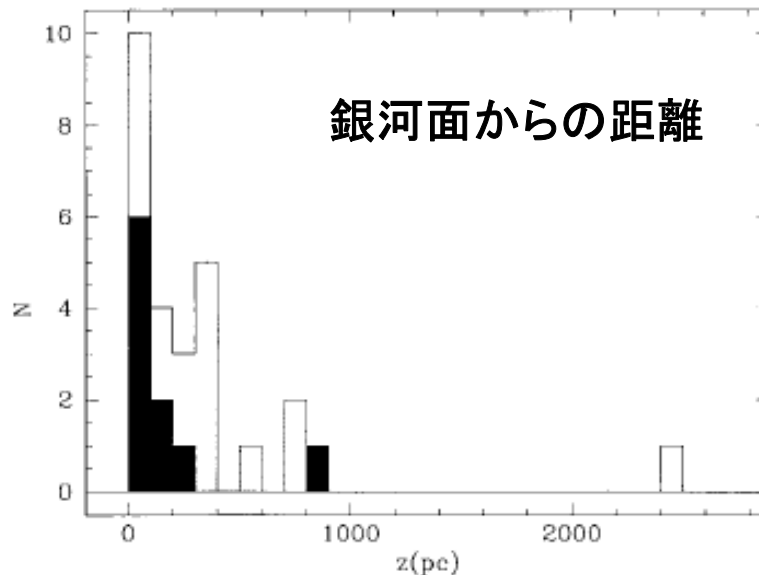
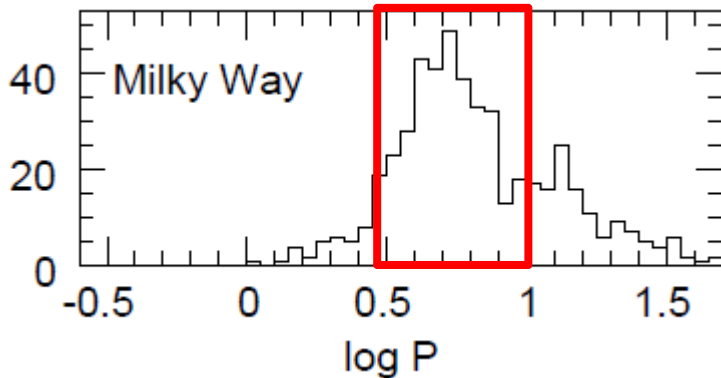


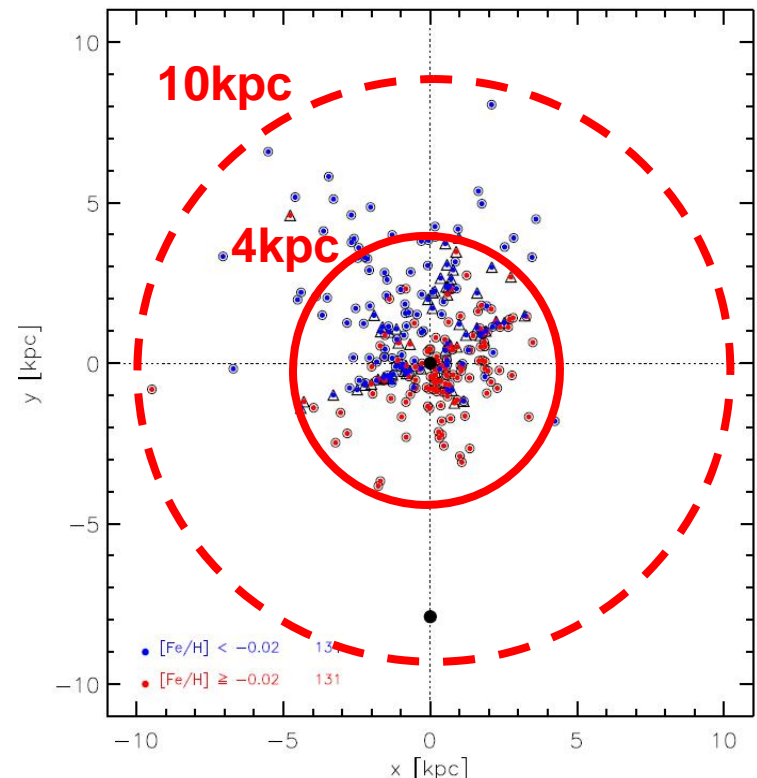
FIG. 1.—Frequency distribution of the height above the Galactic plane for the novae of our fiducial sample. Filled histogram refers to the He/N novae. FIG. 2.—Relationship between the rate of decline and average expansion velocity at early stages. Filled dots refer to the He/N novae.

# ターゲットとするセファイド

- 周期は3~10日 ( $-3.5 < M_I < -5.0$ )
- 距離は太陽から 4~10 kpc
  - 距離指数 : 13~15 mag
  - 星間減光 :  $2 < A_I < 8$  (Marshall et al. 2006)
- → **10 < I < 18**



Antonello et al. (2002)による周期分布



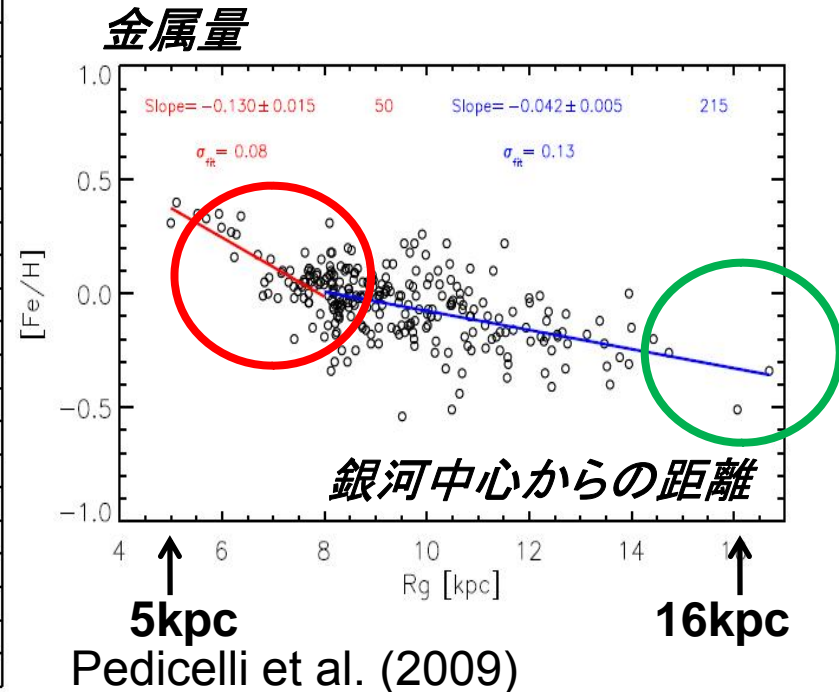
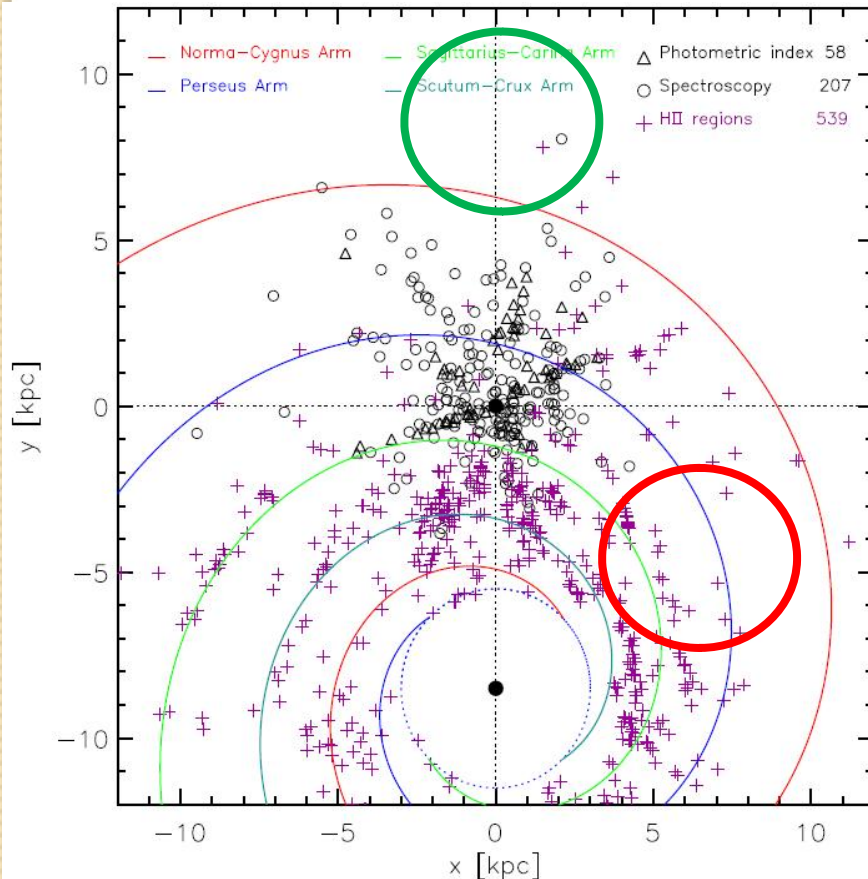
Pedicelli et al. (2010)による銀河面での分布

# 観測にかかる時間

- $I=18$  magの星を $S/N\sim 30$ で測光。
- →10分程度の露出が必要。
  - 60秒積分×10枚
  - 60秒以上の積分では銀河面の明るい星の飽和がひどくなる。
  - 読出時間90秒として**1視野 25分**の観測。

# 面白そうな観測領域

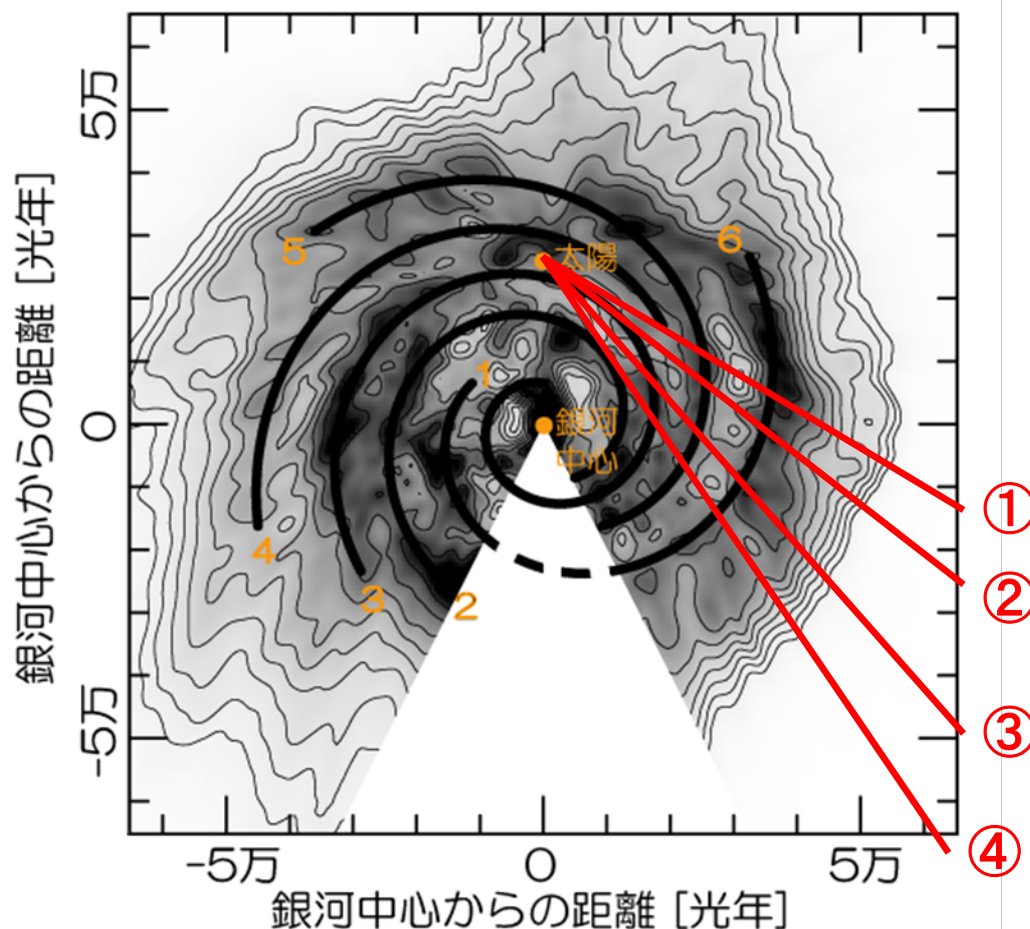
- 渦巻腕をセファイドで描き出す。
- 銀河系外縁部のセファイドを探す。
  - (銀河面全面というのはKWFCでも困難)



Pedicelli et al. (2009)

# 渦巻腕に付随するセファイドの探査

- 渦巻腕に沿う方向と、間を通り抜ける方向
- 32平方度(8視野) → 1周に平均1.5夜(晴天率30%込)
- 40回観測するためには3年間でのべ10週間

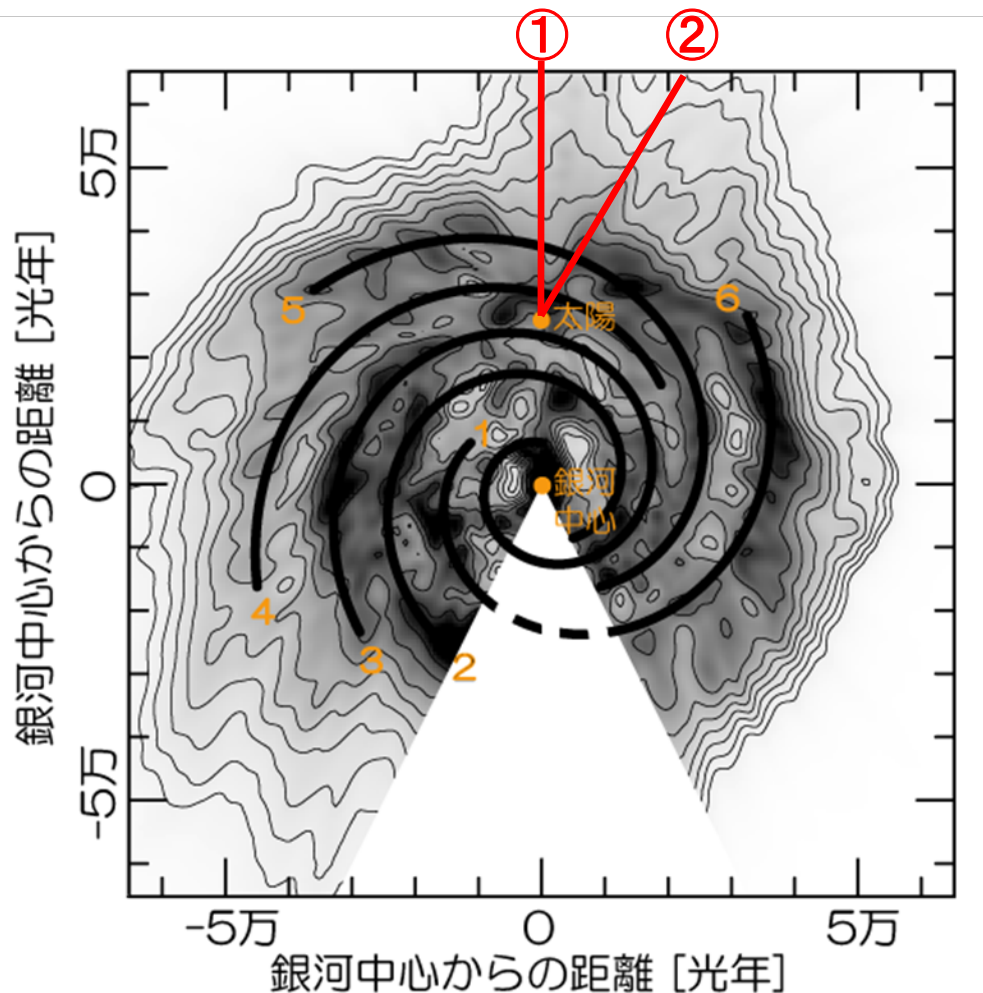


- ① Sgr腕とPer腕の間  
( $l \sim 55$ 度)
- ② Sgr腕の接線方向  
( $l \sim 50$ 度)
- ③ Sct腕とSgr腕の間  
( $l \sim 40$ 度)
- ④ Sct座腕の接線方向  
( $l \sim 35$ 度)



# 銀河外縁部のセファイド探査

- 60平方度(15視野) → 1週に平均3夜(晴天率30%込)
- 40回観測するためには3年間でのべ20週間



- ①  $l \sim 180^\circ$
- ②  $l \sim 150^\circ$

# 2つの銀河面サーベイ

- 両方やるためには
  - 6~8月以外の9カ月間
  - (満月夜付近で) 毎月1週間
  - 3年間継続する必要がある。
  - 新星等の追観測まで考え出すと厳しい。



# 開発項目

- 視野調節ソフト
  - リアルタイムにWCSを決定して、目標の視野へ高精度でシフトさせる。
  - 視野の無駄をなくす。
  - 観測者の負担を減らす。
- 強力な自動変光星検出ソフト
  - 特に、新星をリアルタイムで発見するには重要。
- 複数の観測をコーディネートする方法
- リモート観測

# 観測・研究遂行のための提案

*限られた人的資源・晴天時間・財源を克服して、KWFCの能力を活かした結果を出すために。*

- プロジェクトを横断した協力

- 観測の実施

- 定期的な反復観測と突発天体の追観測を、うまく組み合わせさせて分担しながら観測できるか。

- データの共有

- 同じデータを複数の目的のために使う。

- 変光星検出ソフトの開発

- 共通して使える部分は多い。

- 他の望遠鏡との協力

- サーベイは木曾で、フォローは他の望遠鏡で。