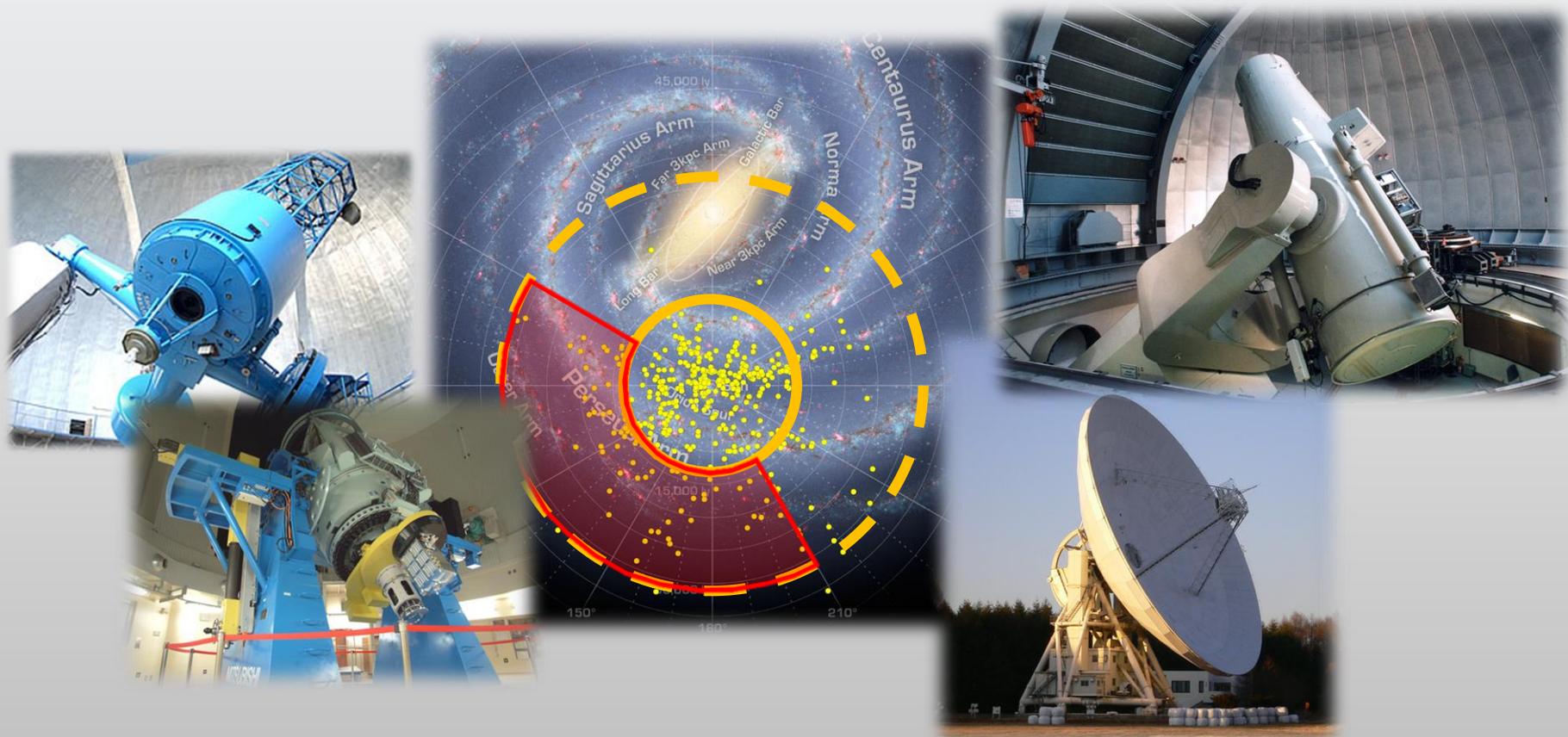


KISOGP

KWFC Intensive Survey of the Galactic Plane



松永 典之 (東京大学・天文学教室)

共同研究者

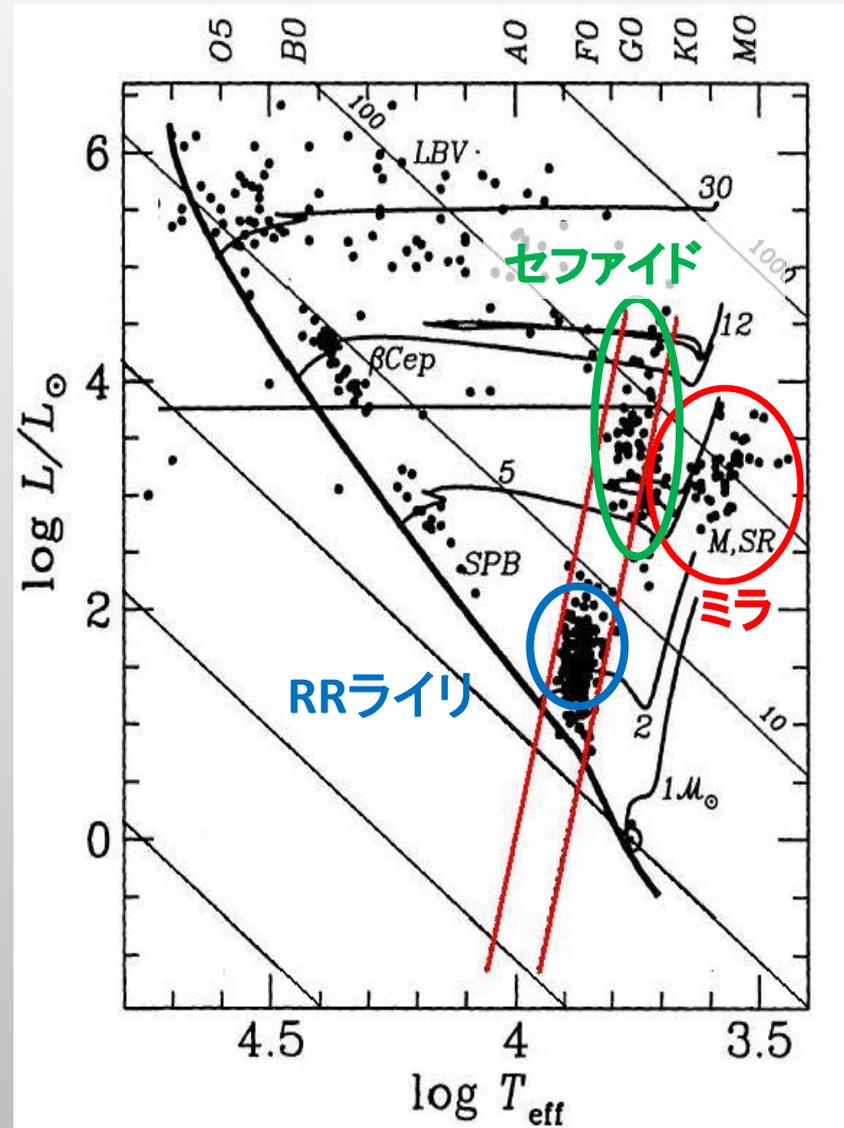
- 小林、三戸、猿樂、山本、諸隈(東大)
- 前原、浮田、柳澤、岩田、田中、泉、坂井、松本、Y. Wu、永山(国立天文台)
- 坂本(日本スペースガード協会→民間企業)
- 小野里、岩崎、花上、板(東北大)
- 福江、新井(京都産業大)
- 山下、面高、永山、中川、上杉(鹿児島大)
- 倉山(帝京科学大)
- M. Richmond(米・ロチェスター工科大)
- R. de Grijs, C. Ma, Y. Yao(中国・北京大)
- L. Deng, Z. Fan, K. Wang(中国・国家天文台)
- Giuseppe Bono(伊・ローマ大学)

内容

- KISOGPの目的と概要
- ミラ型変光星とセファイドの発見
- 各天文台における追観測
 - ミラの分光分類観測(岡山、西はりま)
 - SiOメーザ輝線探査(野辺山)
- まとめ、今後の展望

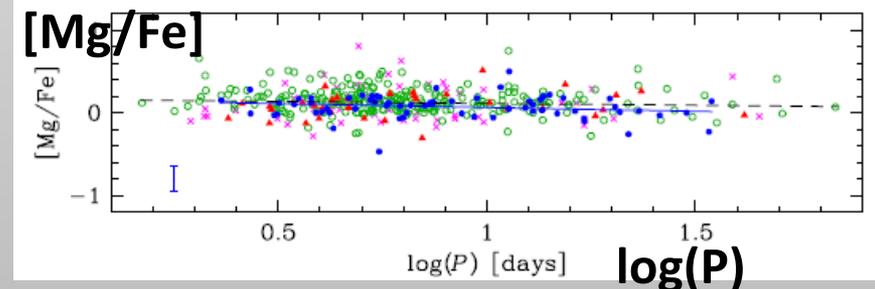
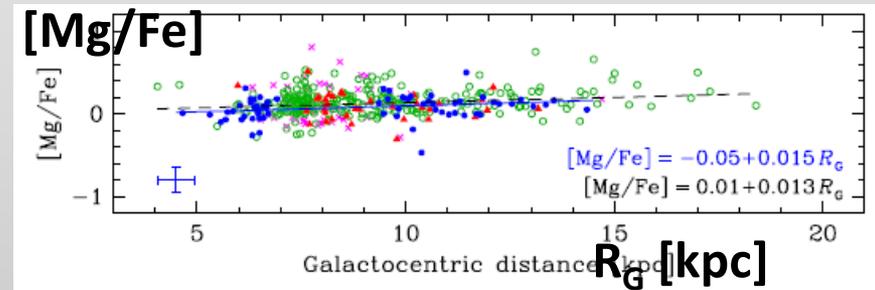
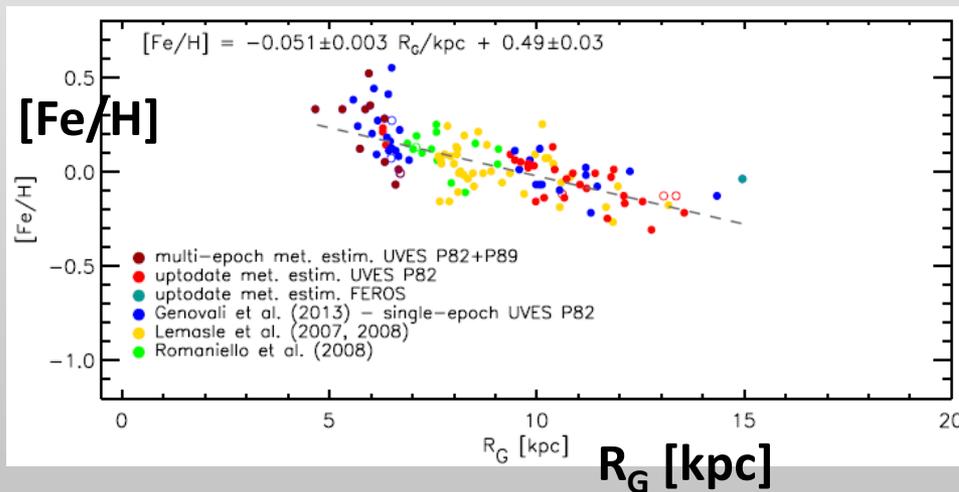
脈動変光星 (radial variables)

- 距離や年齢がわかるので、銀河系のよいトレーサになる。
- ミラ型変光星
 - AGB ($1 \sim 6 M_{\text{sun}}$)
 - 周期 100~1000日程度
- 古典的セファイド
 - Blue loop ($4 \sim 10 M_{\text{sun}}$)
 - 周期 3~50日程度
- II型セファイド
 - post-HB ($\sim 1 M_{\text{sun}}$)
 - 周期 1~40日程度
- RRライリ変光星
 - HB ($\sim 1 M_{\text{sun}}$)
 - 周期 0.5~1日程度



セファイドによる円盤の金属量勾配

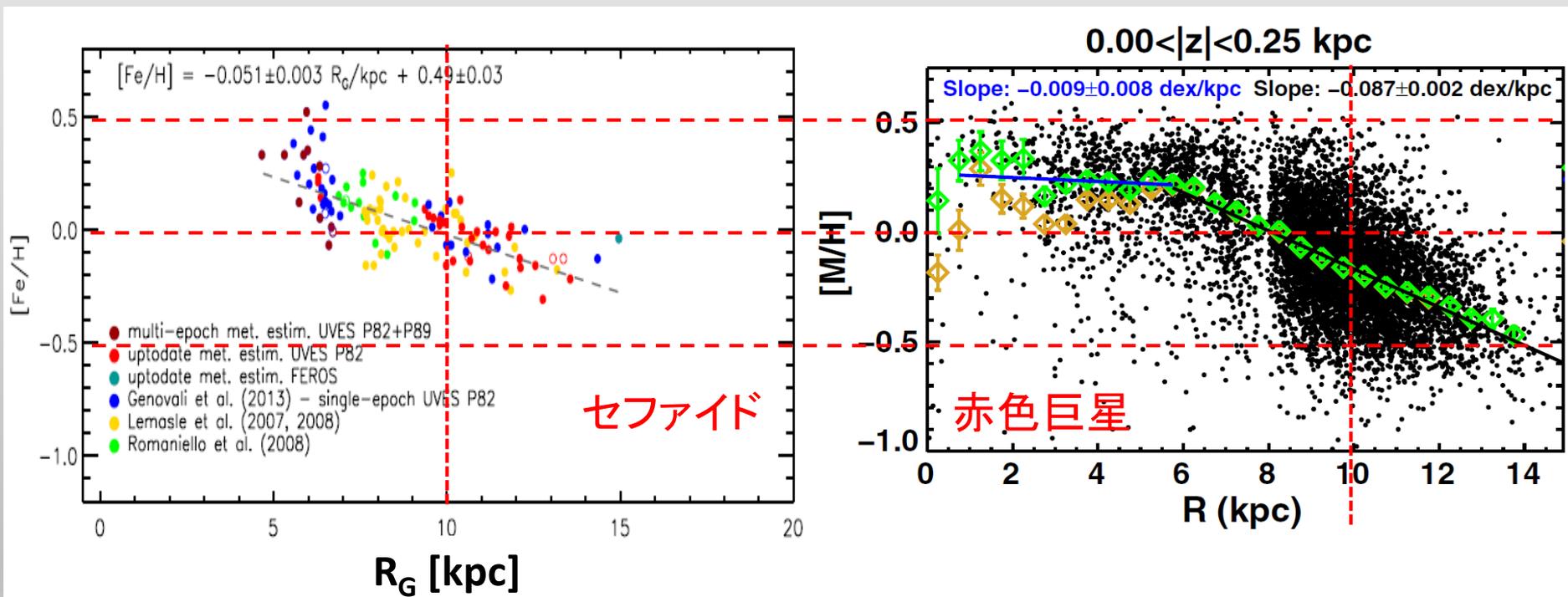
- 周期光度関係による距離→銀河系中の位置
- 10～300Myr(周期年齢関係)
- 高分散分光スペクトルからの化学組成



Genovali et al. (2013, 2014, 2015)

恒星種族による金属量分布の違い

- 赤色巨星 (APOGEEサンプル) では、ばらつきが大きい。
- 様々な年齢の天体が混ざっている。



Genovali et al. (2013, 2014, 2015)

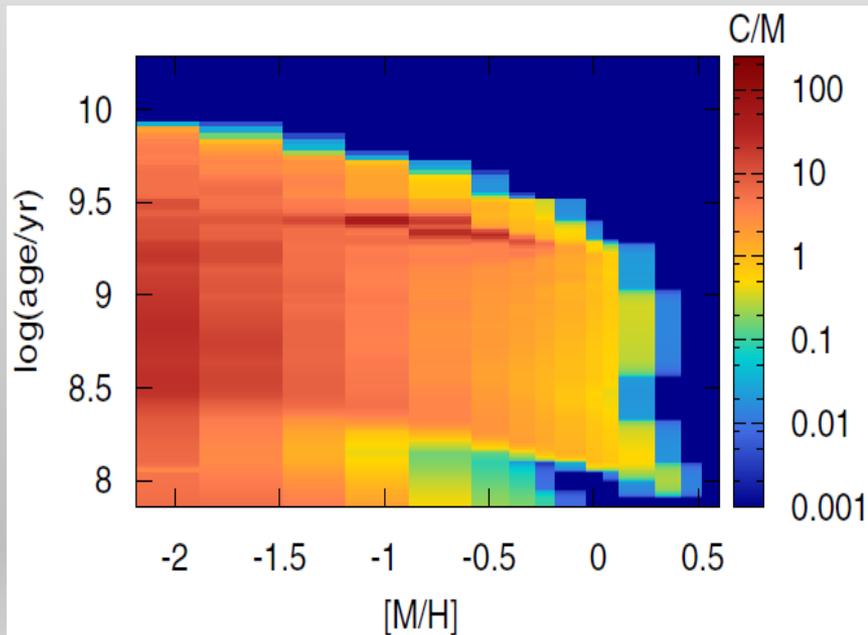
Hayden et al. (2014)

AGB星の酸素過多／炭素過多

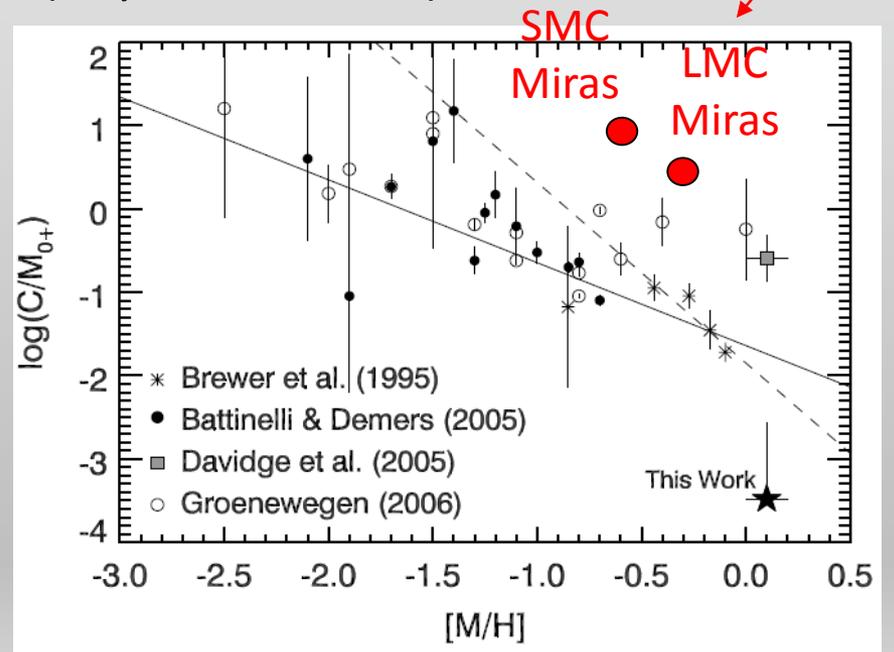
熱パルス(TP)に伴う炭素の汲上げで、表面組成が変化する。

- 炭素星になるかどうかは金属量・質量に依存。
- 太陽金属量では $3 M_{\text{sun}}$ 前後の星が炭素星へ進化

各年齢・金属量で予想されるAGB星のC/M比 (Marigo et al. 2013)

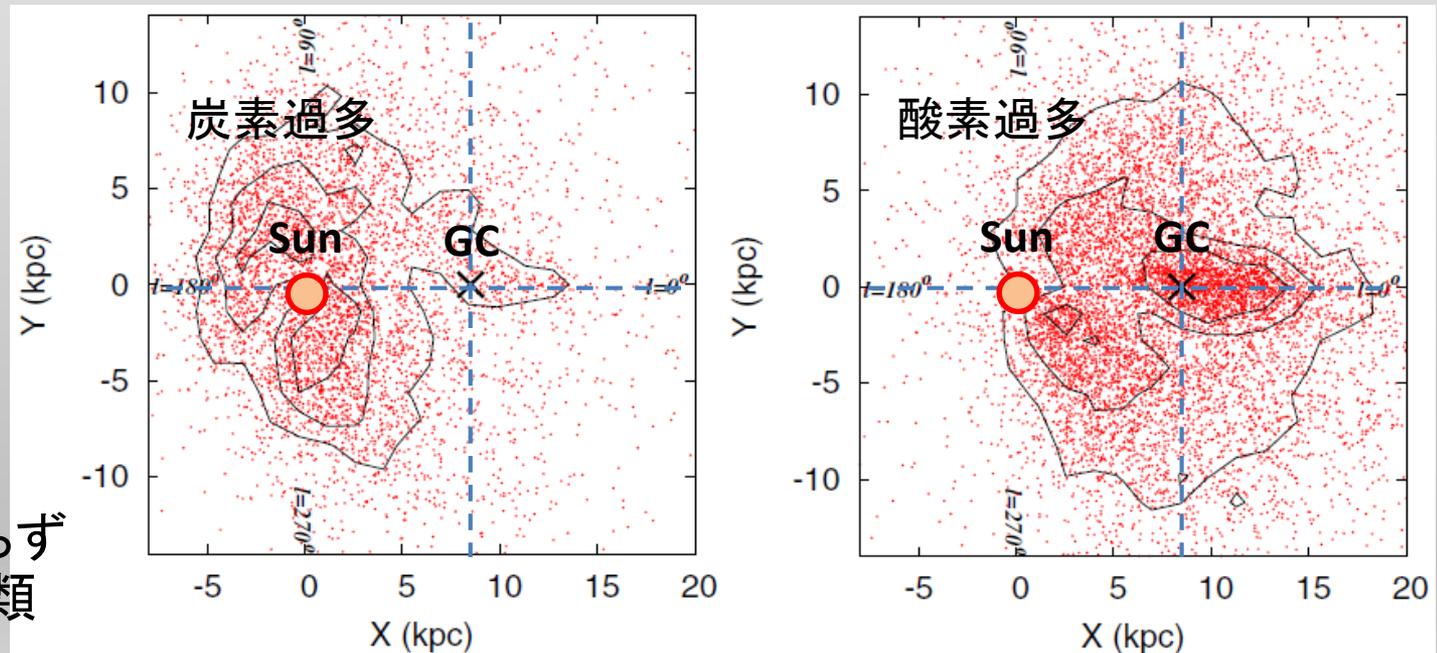


近傍銀河中のC/M比 (Boyer et al. 2013)



炭素星の応用と本研究の特徴

- 銀河系中の銀経分布
 - 恒星種族の手がかりとなる。
- 本研究: ミラ(末期のAGB段階)に注目
 - 分光観測による確実な分類
 - 正確な距離の見積もりによって三次元的な密度分布



Ishihara et al.
(2011)

ミラか否かによらず
星のカラーで分類

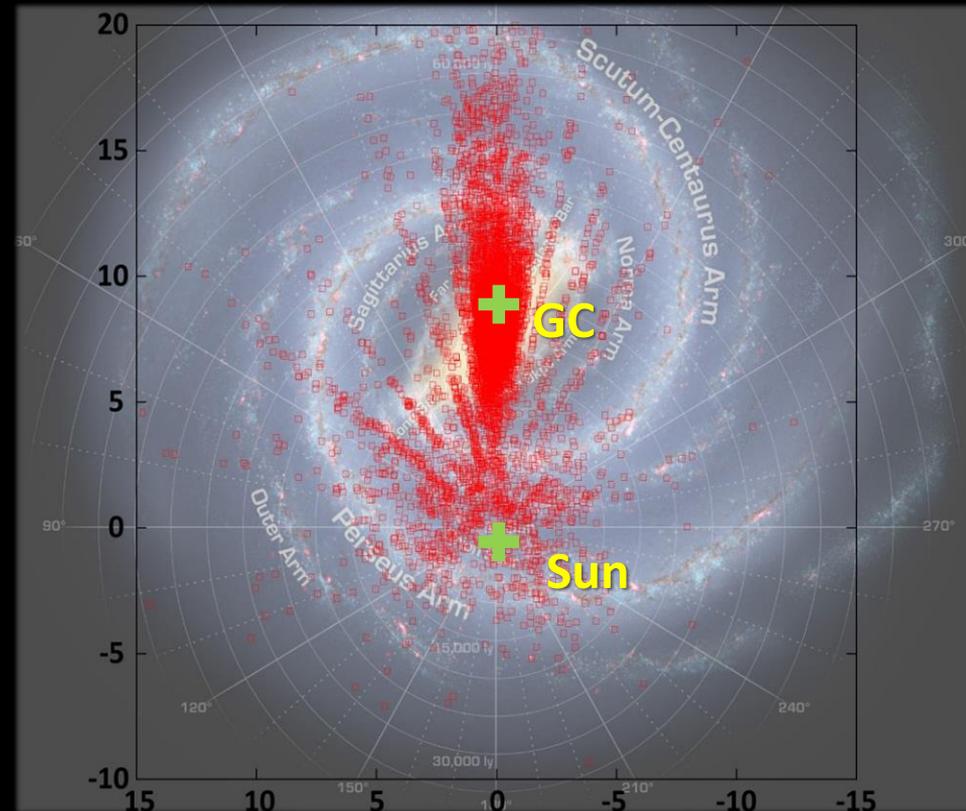
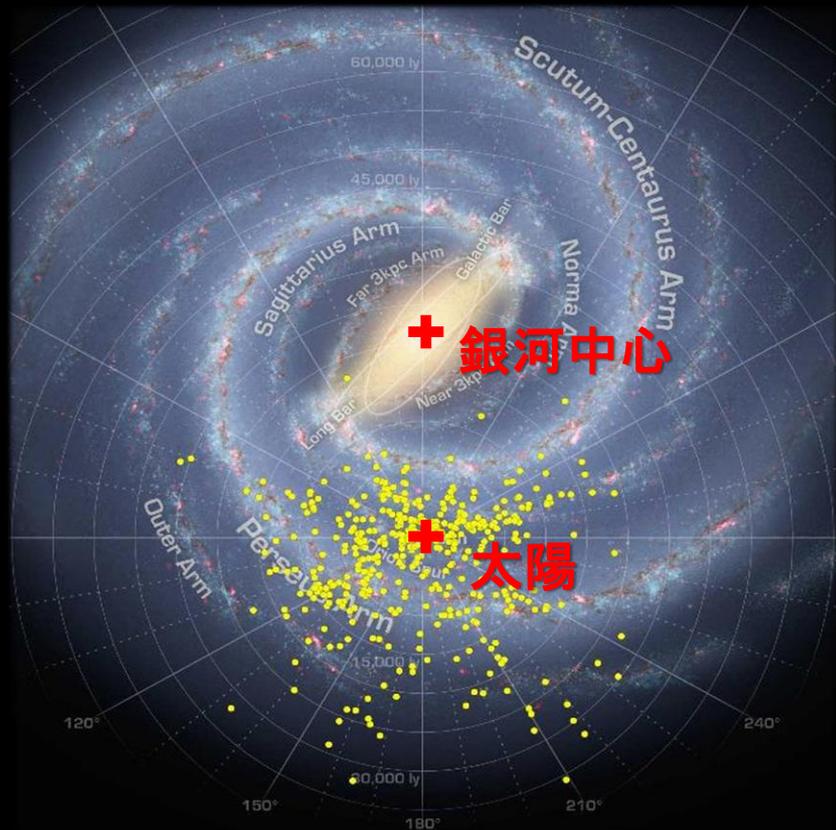
過去の探査の状況

星間減光などのため、探査は不完全。

過去(2011年以前)に知られていた約500個のセファイド(DDOデータベース)の分布

www.astro.utoronto.ca/DDO/research/cepheids/

AAVSO Variable Star Indexに記載された銀緯が±5度以内のミラ(約8000個)の分布



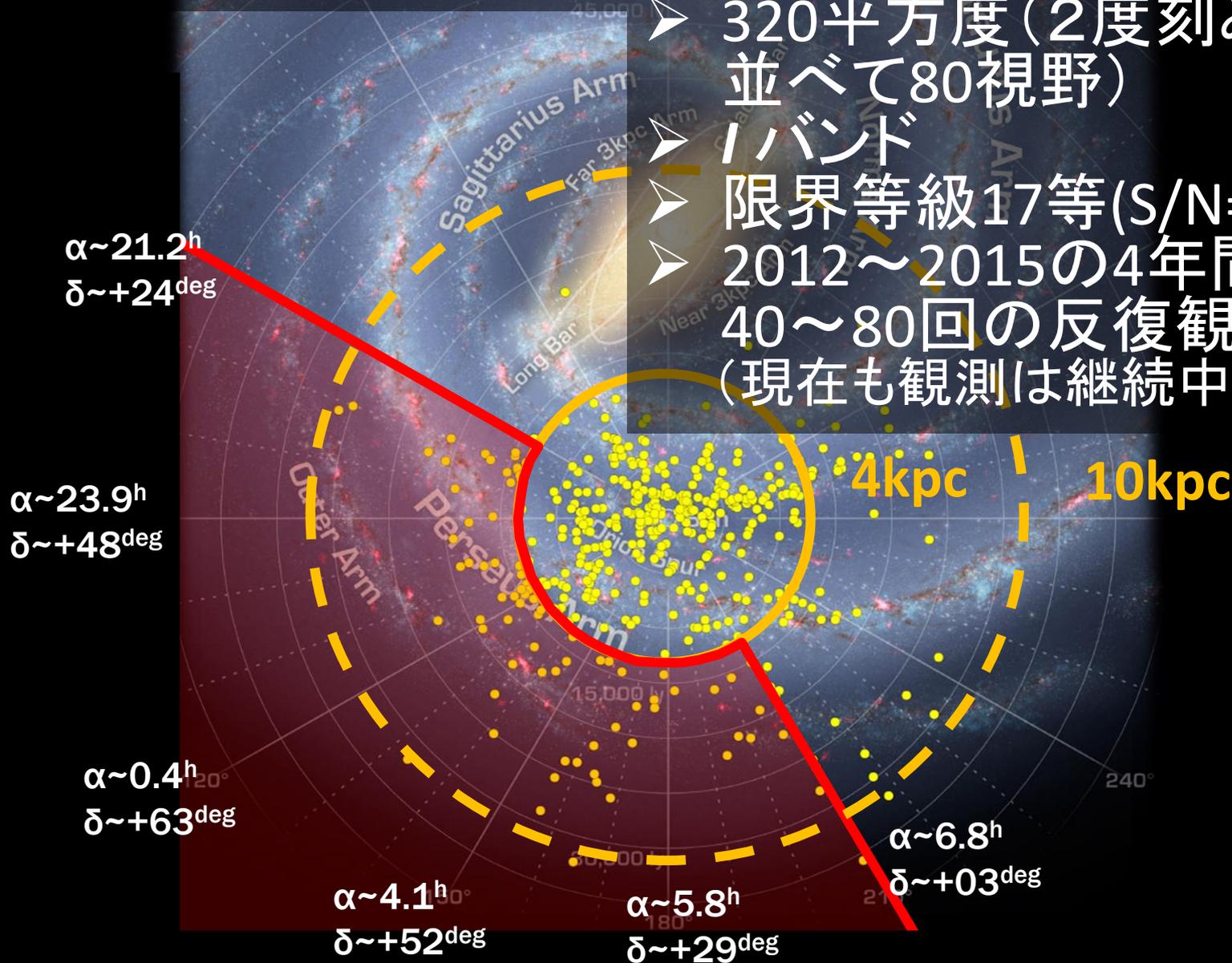
背景は、R. Hurt (NASA/JPL/Caltech)による銀河系の想像図

KISOGPの目的と概要

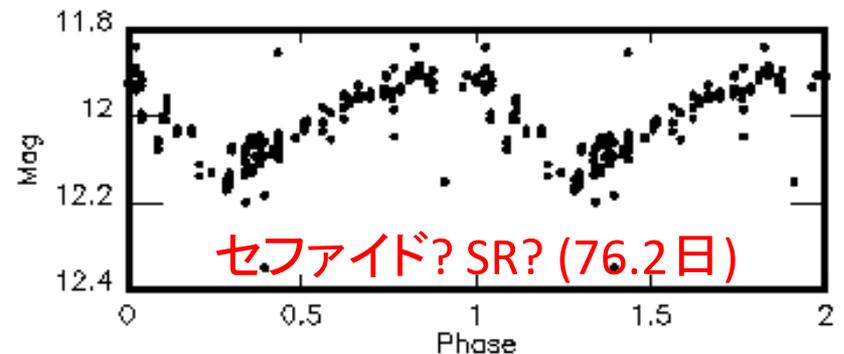
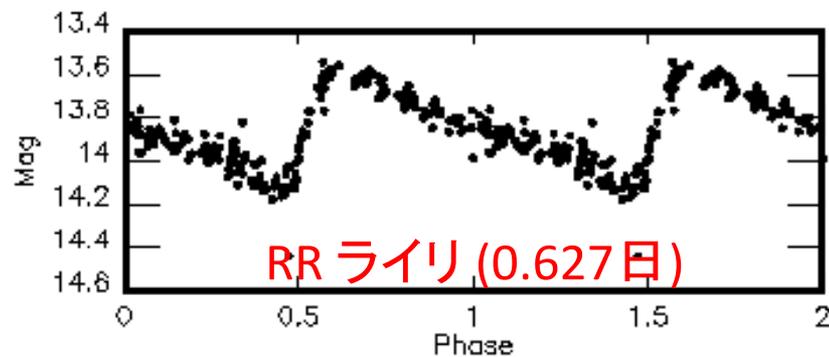
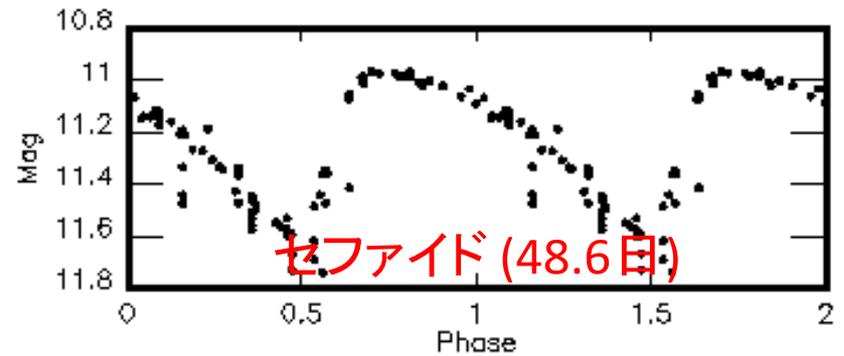
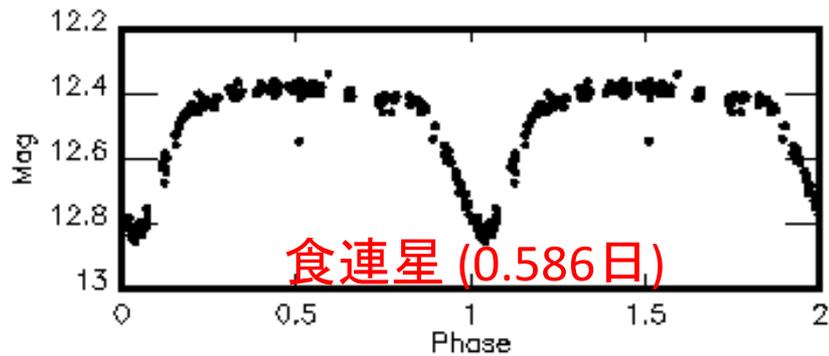
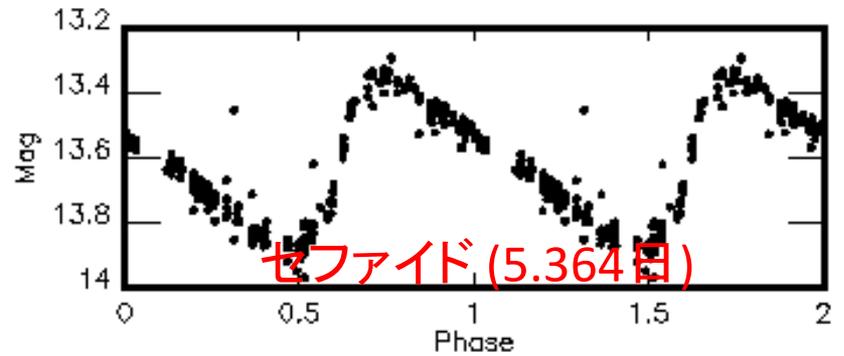
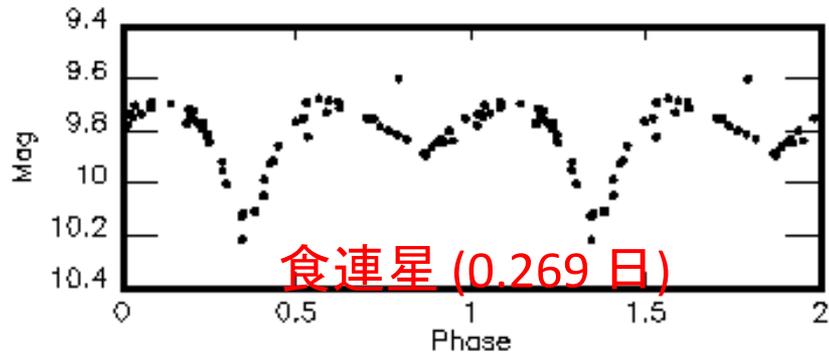
- KWFC Intensive Survey of the Galactic Plane
 - 2012年度に始まった大規模観測課題のひとつ
- 円盤部(銀河系の骨格)にある変光天体探査
 - 320平方度。現在約3000個の変光星が知られている領域内で、数千個の新しい変光星の発見を目指す。
 - (周期光度関係をもつ)変光星の分布から銀河円盤の構造を明らかにする。
 - 矮新星および新星のモニタリング
 - YSOなどその他の変光天体を探し出し、詳細研究へのサンプルを提供する。
- 見つけた変光星の追観測

KISOGPの観測

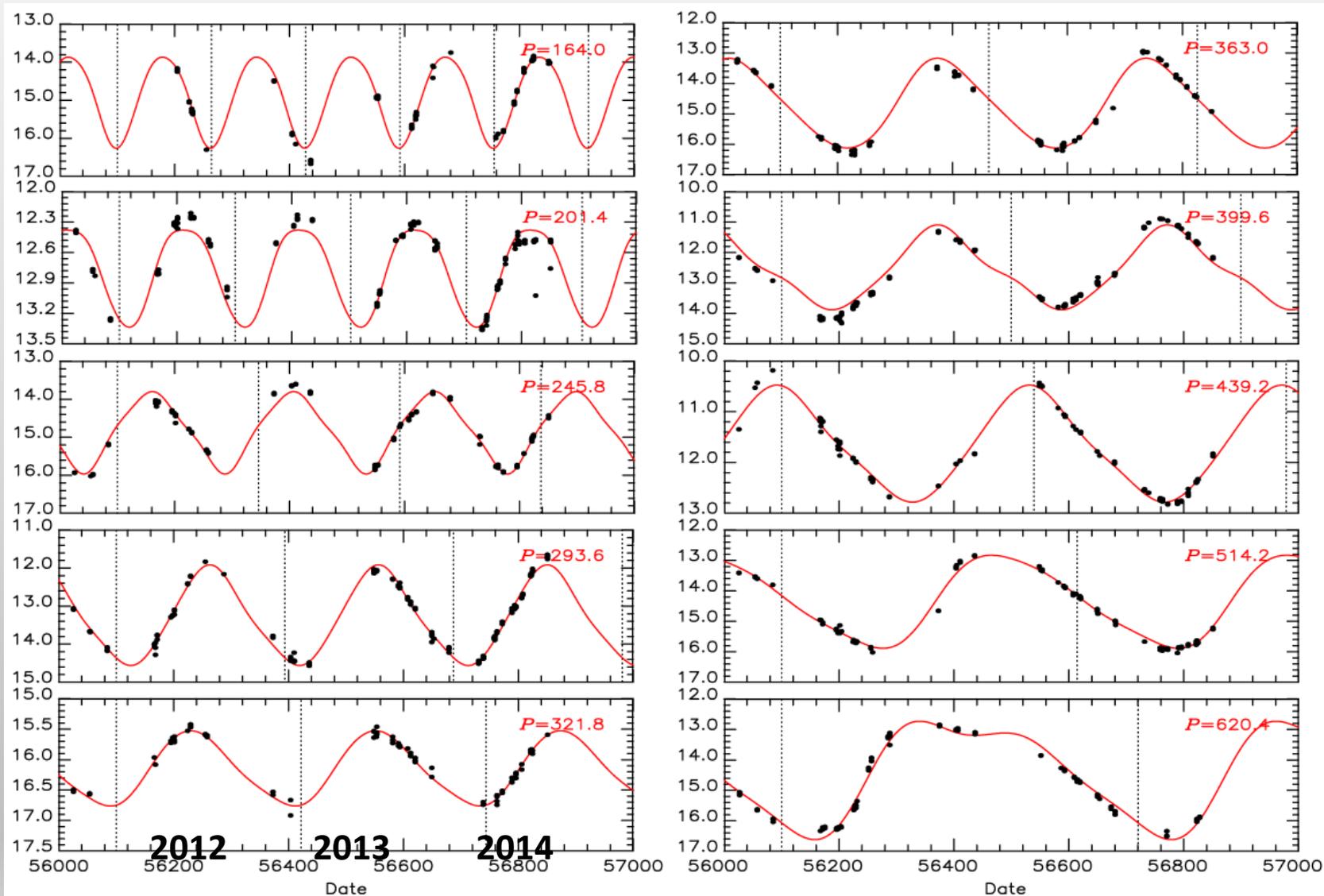
- 木曾シュミット望遠鏡とKWFCカメラ
- 320平方度(2度刻みに並べて80視野)
- Iバンド
- 限界等級17等(S/N=30)
- 2012~2015の4年間に40~80回の反復観測(現在も観測は継続中)



短周期変光星の例

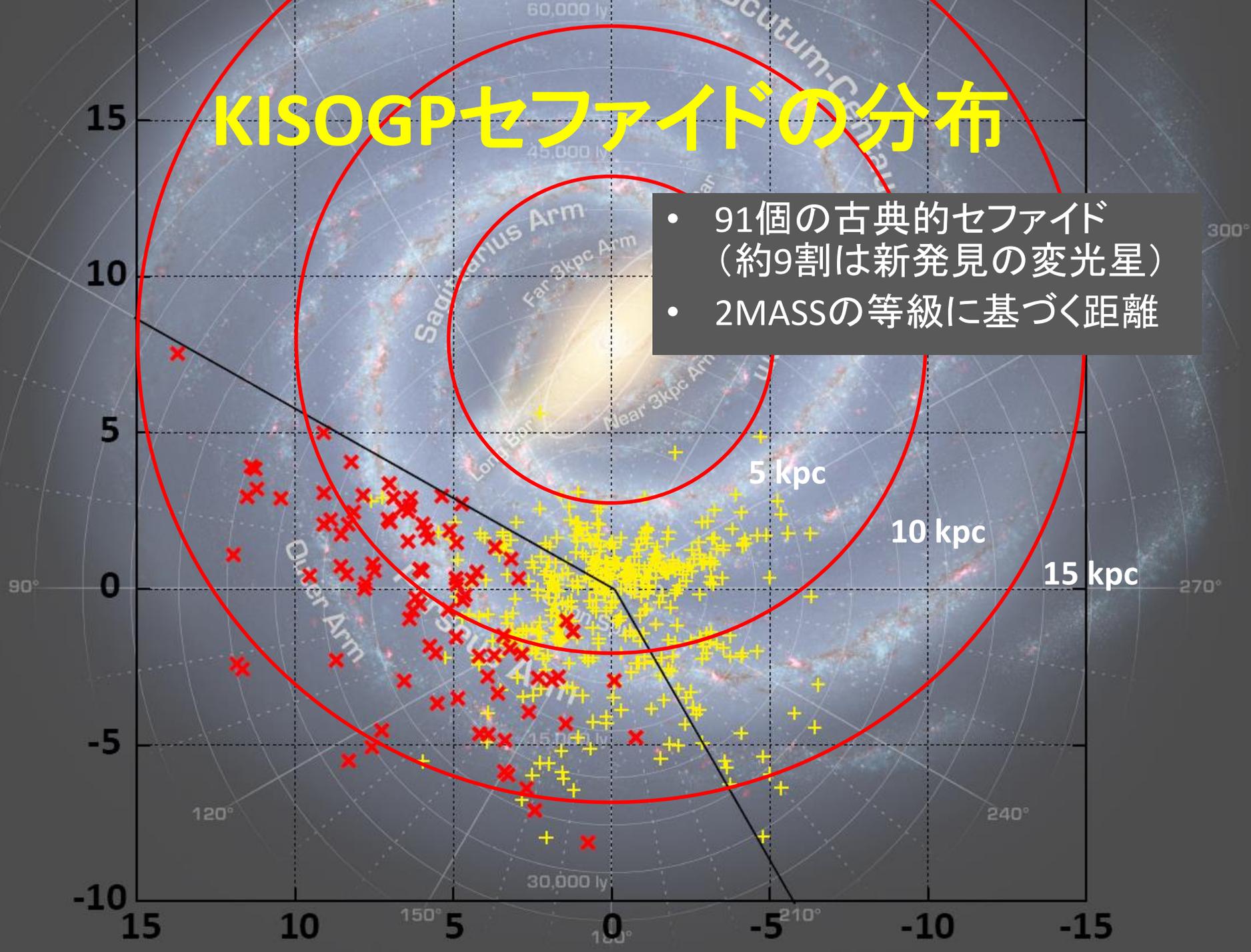


ミラ型変光星の例



KISOGPセファイドの分布

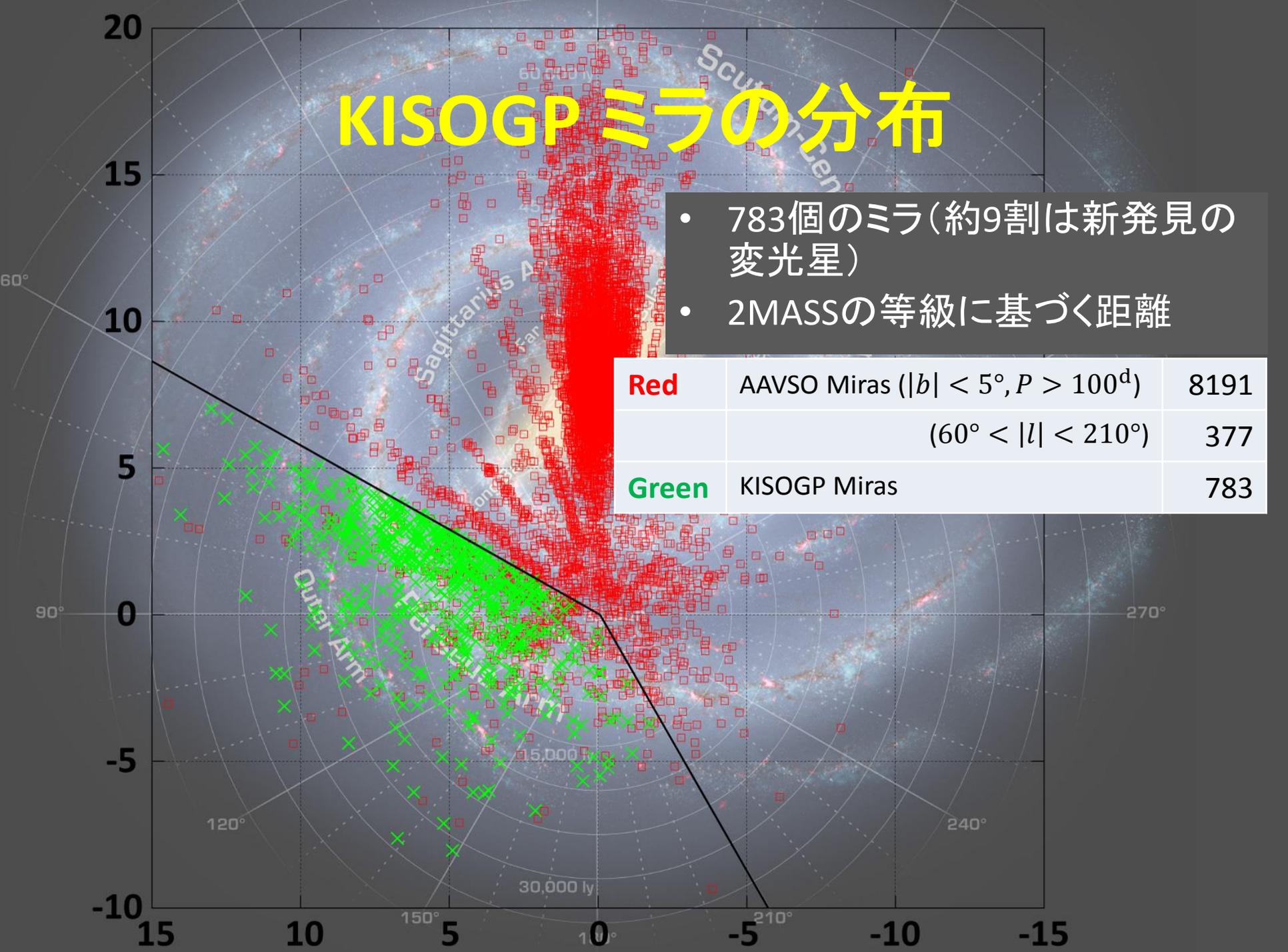
- 91個の古典的セファイド
(約9割は新発見の変光星)
- 2MASSの等級に基づく距離



KISOGP ミラの分布

- 783個のミラ(約9割は新発見の変光星)
- 2MASSの等級に基づく距離

Red	AAVSO Miras ($ b < 5^\circ, P > 100^d$)	8191
	($60^\circ < l < 210^\circ$)	377
Green	KISOGP Miras	783



追観測

天体	望遠鏡	Obs. Mode	Purpose
ミラ	鹿児島 1m 望遠鏡	近赤外線測光	Kバンド平均等級→距離
ミラ	岡山 1.88m 望遠鏡 西はりま 2m 望遠鏡	可視近赤外 低分散分光	炭素星・M型星の分類
ミラ	野辺山 45m 望遠鏡	電波	SiO メーザ探査
セファイド	中国の各望遠鏡 (50 BiN, Xinglong, LCOGT)	可視測光	平均等級
セファイド	すばる望遠鏡	近赤外線 高分散分光	視線速度と金属量
YSO	西はりま 2m 望遠鏡	可視光 低分散分光	分類

ミラ型変光星についての追観測

- 鹿児島 1m 望遠鏡での近赤外線測光
 - ミラは、近赤外線だけで周期光度関係がきれい。
- ◎ 可視・近赤外での低分散分光
 - 炭素星とM型星の分類
- ◎ SiOメーザ探査
 - 視線速度の測定(および、質量放出星の同定)

ポスター

低分散分光観測による分類

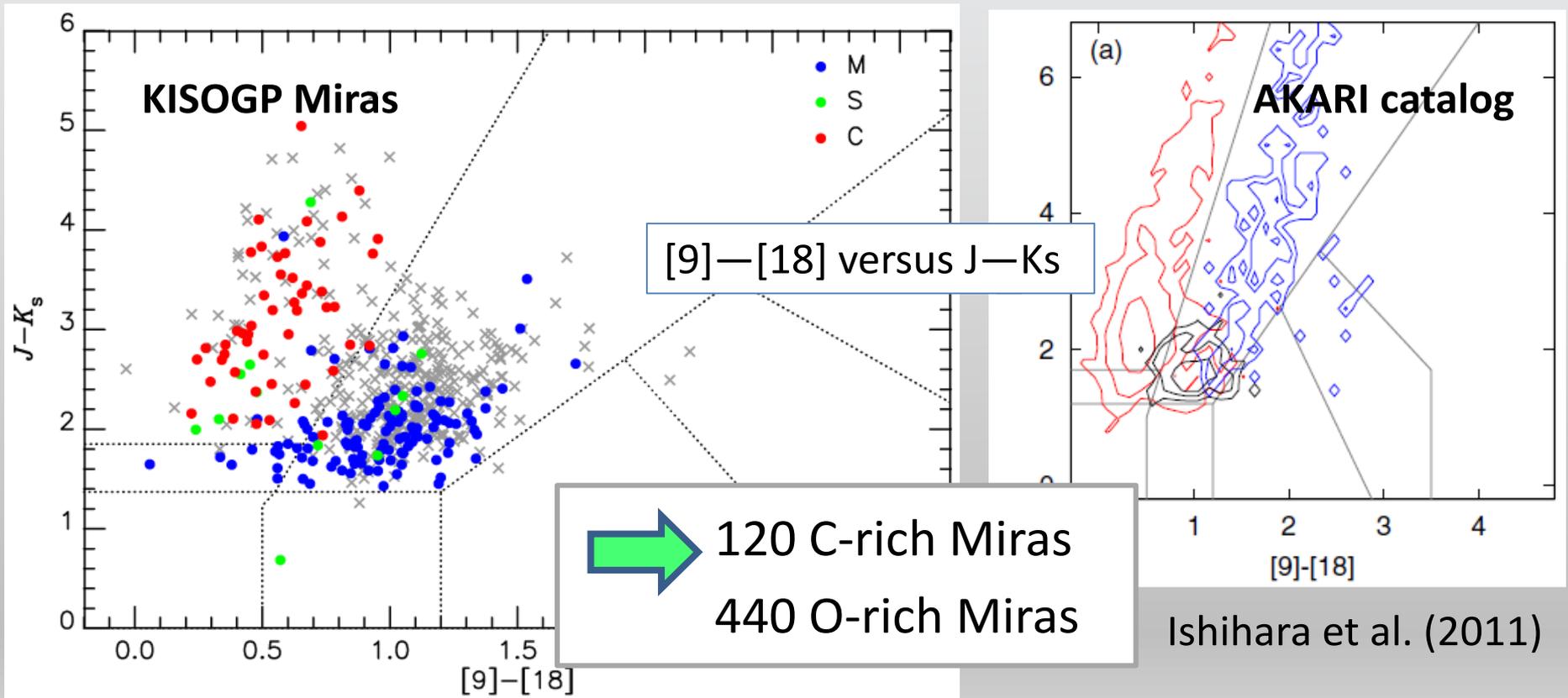
- 2013年後期～2016年後期
 - 国立天文台・岡山188cm望遠鏡(KOOLS/ISLE)
 - 兵庫県立大・西はりま天文台 2m なゆた望遠鏡(MALLS)
- これまでに約350個のミラを分光観測
 - 約100個のミラのスペクトル型は既知

観測装置	炭素星	M型星	未分類	合計
KOOLS	28	83	78	189
MALLS	21	93	51	165
ISLE	—	—	143	143
既知	41	66	—	102
合計	56	167	243	368

一部、複数装置で重複して観測した天体も含む。

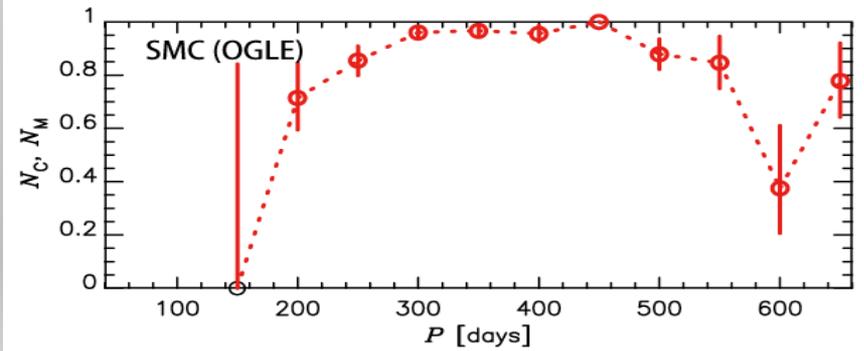
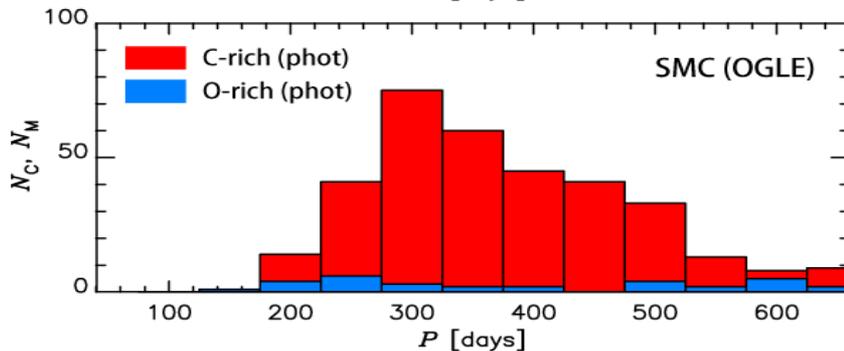
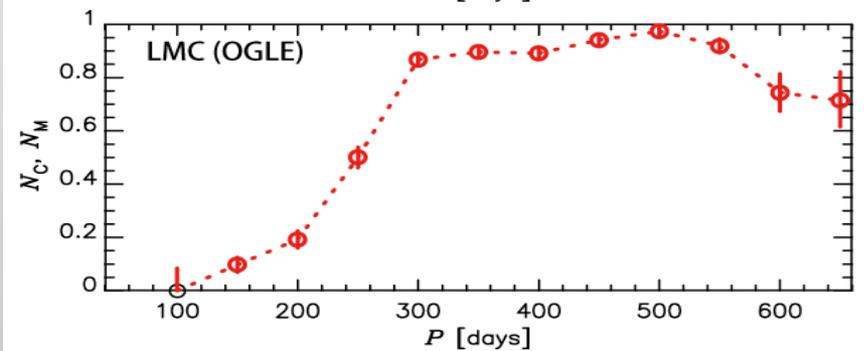
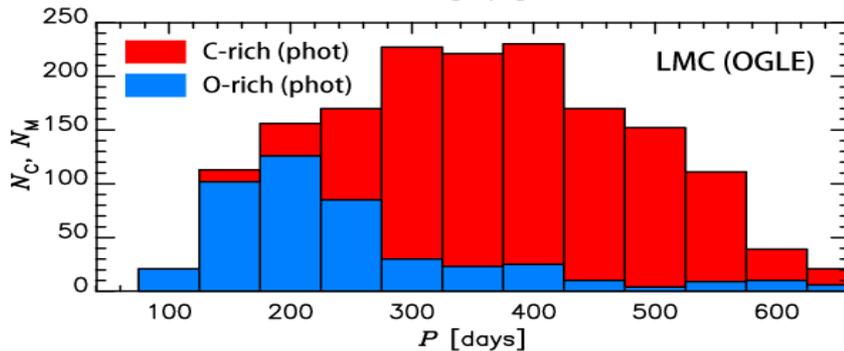
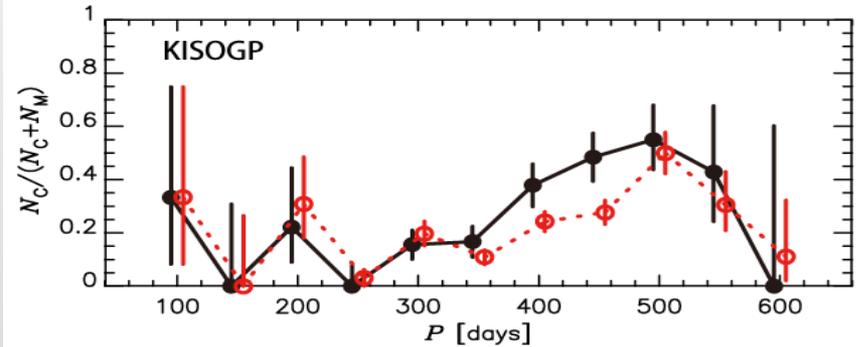
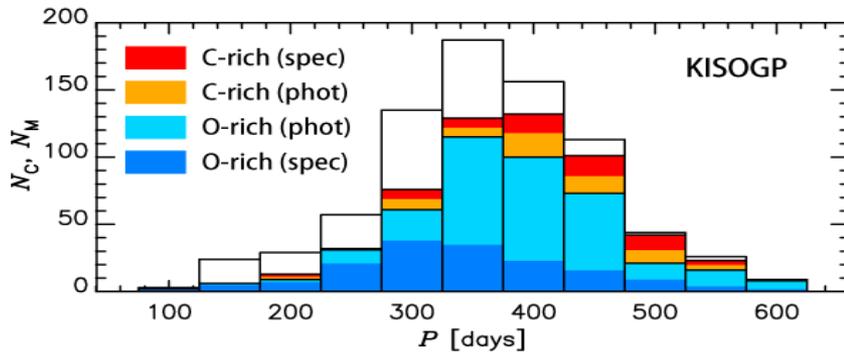
赤外線カラーによる分類との比較

- 一般のAGB星に対して考案されていた $(J-K_s)$ - $([9]-[18])$ の二色図による分類が、ミラ型変光星に対してもおおよそ正しい分類を与えることが確かめられた。
- 最近の分光観測は、二色図の境界付近にあるものや中間赤外カラーが得られていないミラに対して行っている。



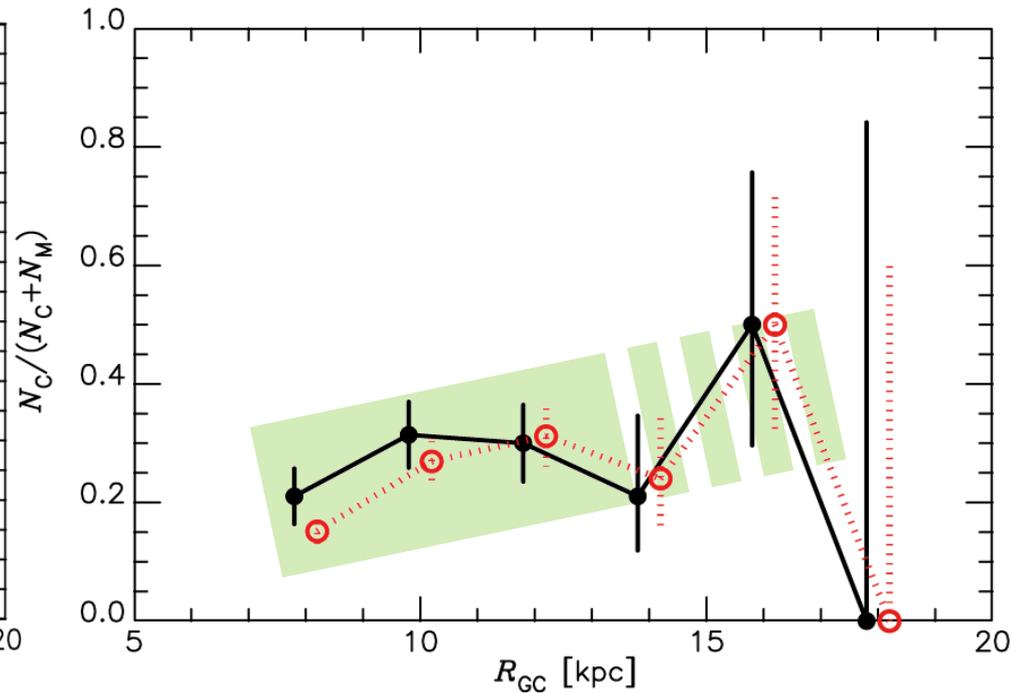
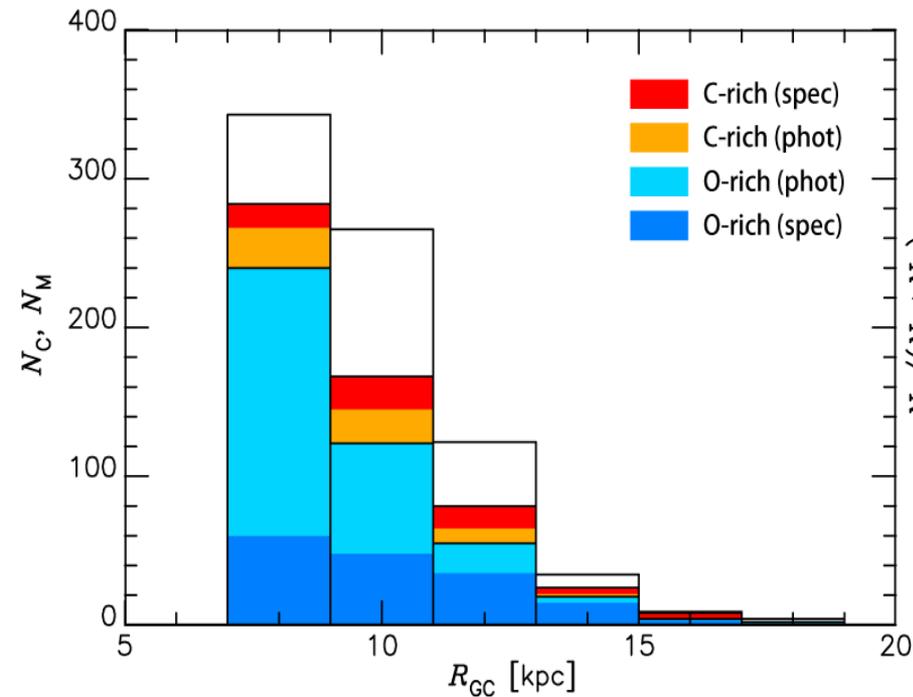
脈動周期と炭素星・M型星

- マゼラン銀河とは炭素星の割合・周期分布が異なる。

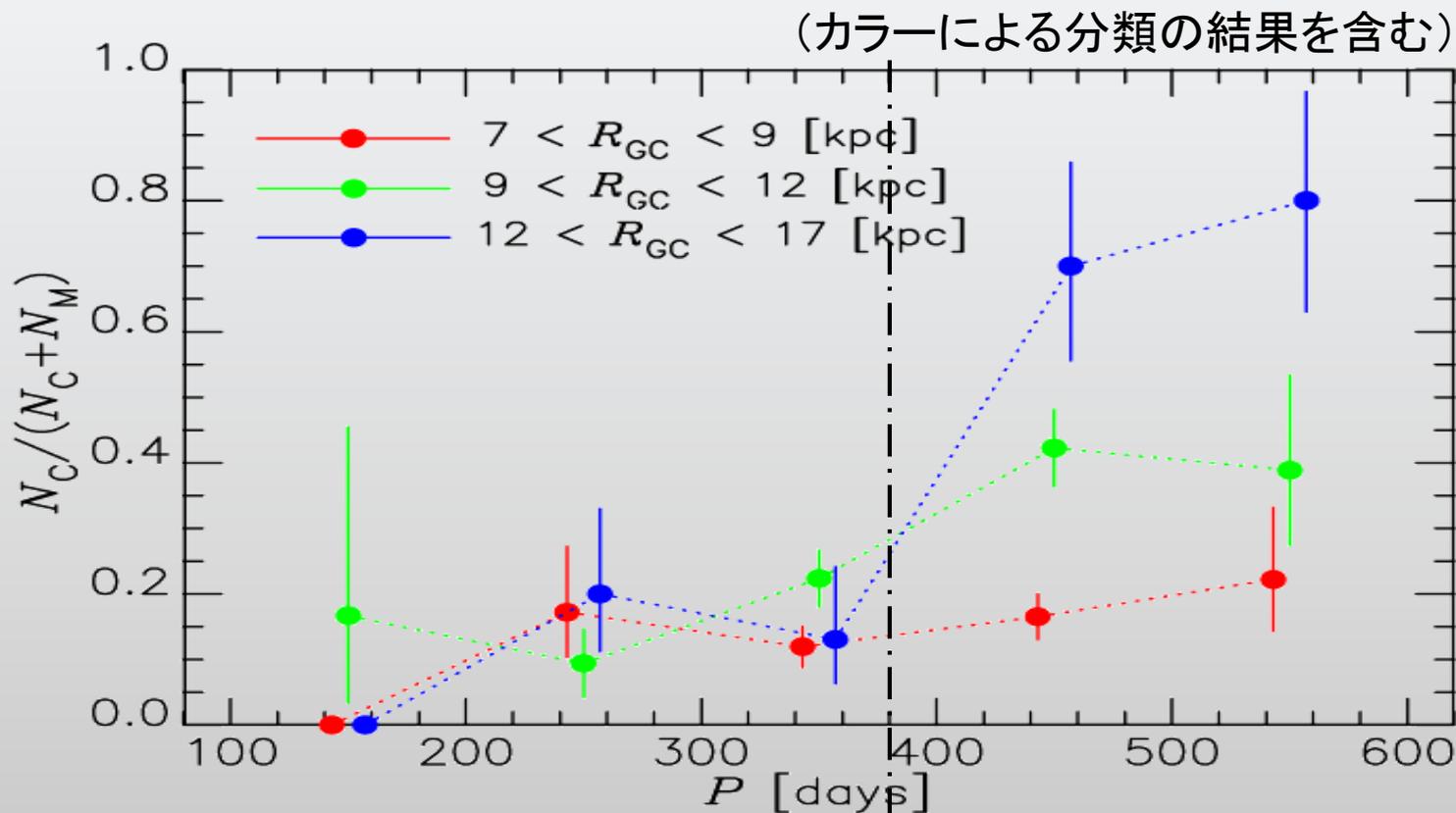


銀河系中心からの距離による変化

- 円盤の外側へ向かって、炭素星の割合がやや増える傾向が見えるが、それほどはっきりしない。



銀河系中心からの距離による変化

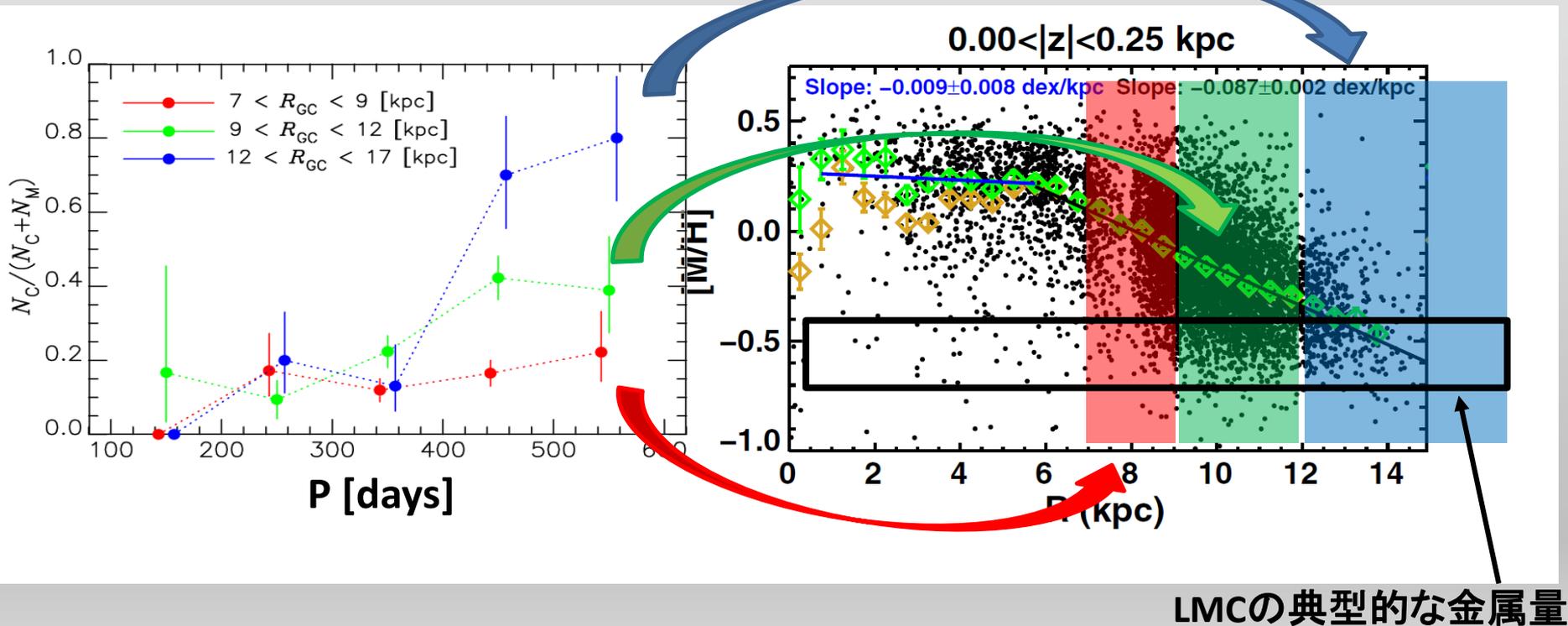


短周期のミラは、銀河系円盤の外側にいっても炭素星の割合が小さい。(LMC、SMCでは300日のミラのほぼ全てが炭素星)

長周期のミラでは、円盤の外側にいくほど炭素星の割合が増える様子がはっきりわかる。

円盤の金属量勾配との比較

- 銀河円盤外縁部 ($R_{GC} > 12$ kpc) でも、マゼラン銀河より炭素星が少ない理由は？
 - 外側へ向けてLMCの金属量に近づいてくる。
 - 年齢分布の影響もある？



まとめ

- KWFC、Iバンドで約320平方度の変光星探査
 - 約800個のミラ、約90個のセファイドを発見。
- 炭素星・M型星の分類
 - スペクトルと赤外線カラーでの分類がおおよそ一致
 - 長周期ミラでは円盤中の位置によってC/Mが変化
- SiOメーザ探査
 - 約100天体中50個のメーザ検出。
 - 銀河回転との比較を行う。