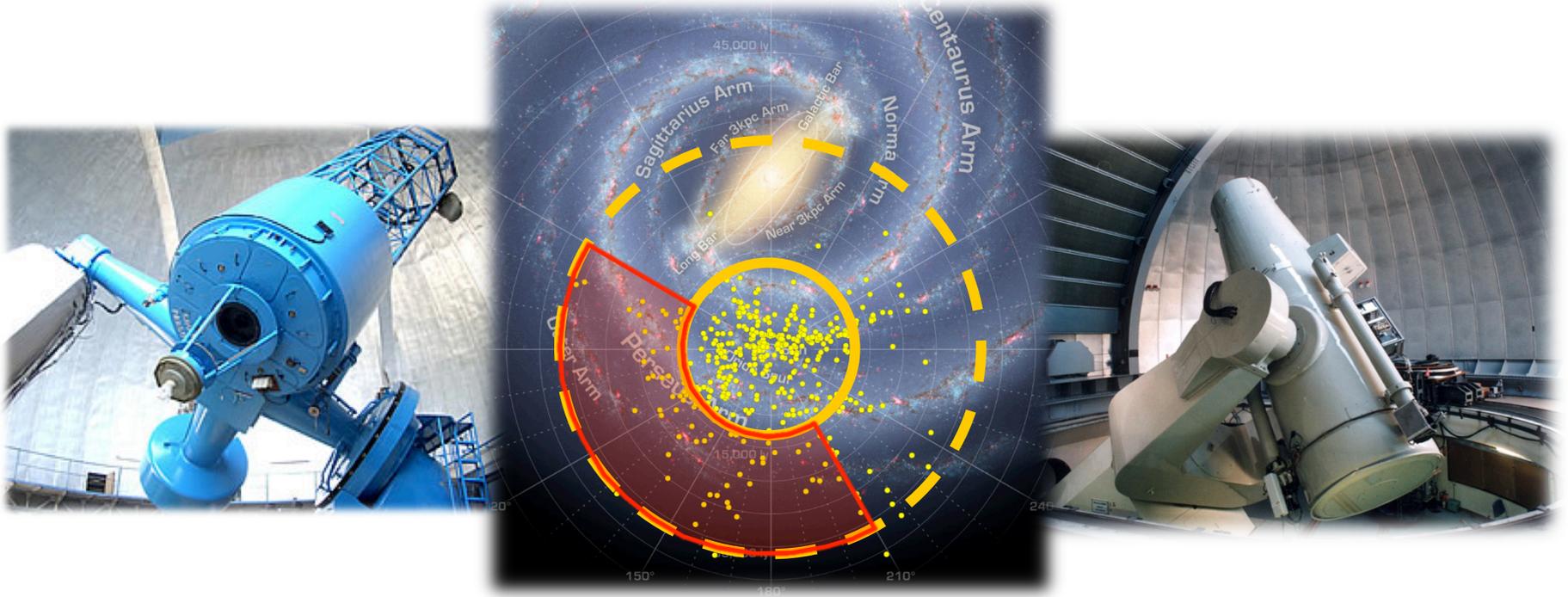


# 木曾銀河面変光天体探査KISOGPと 岡山観測所での分光観測



松永典之、前原裕之、三戸洋之、小林尚人、福江慧、山本遼(東大)  
浮田信治、柳沢顕史、田中雅臣、岩田生(国立天文台)  
坂本強(スペースガード協会)、山下智志(鹿児島大)、新井彰(兵庫県立大)  
板由房、小野里宏樹、岩崎仁美、花上拓海(東北大)

# 構成

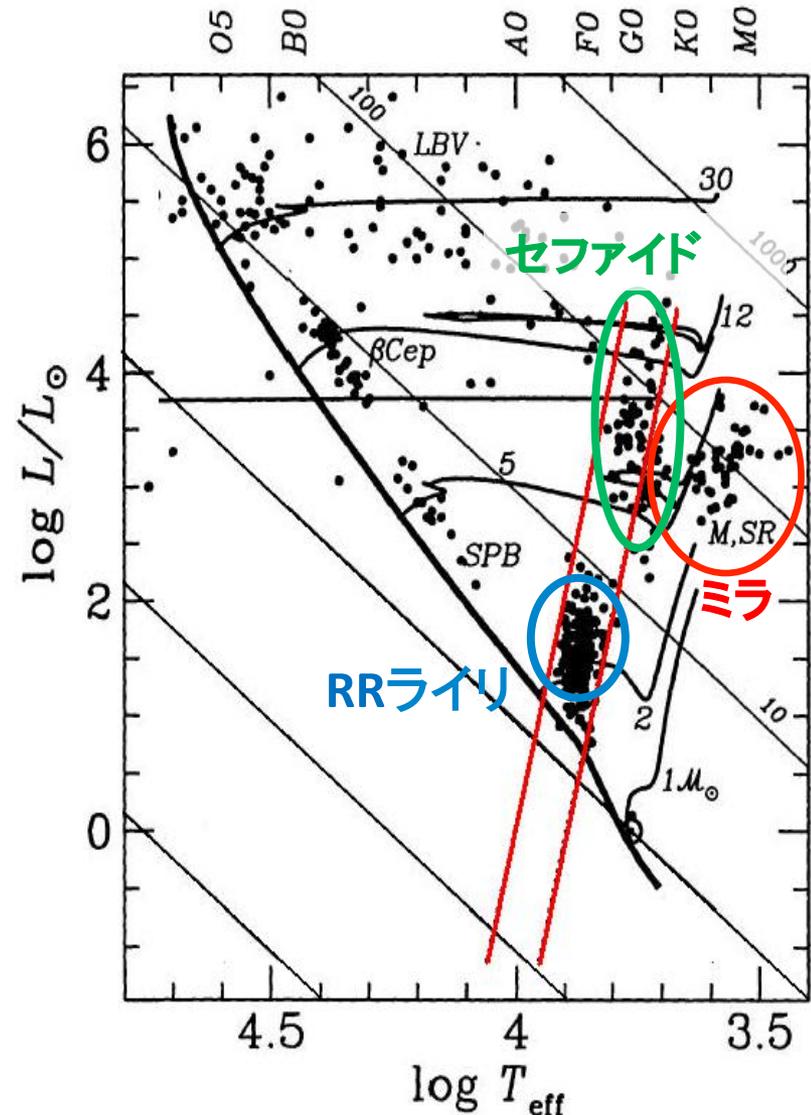
- イン트로ダクション
  - KISOGRPの目的・概要
  - M型星、炭素星(AGB星)の紹介
- KISOGRP反復観測探査の初期成果
  - 500個以上の大振幅長周期変光星の発見
- 分光追観測の初期成果
  - M型星と炭素星の分類とその分布

# KISOGPの目的と概要

- 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1200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。
  - これまでよりも暗いand/or遠い新星・矮新星の発見。
- 見つけた変光星の分光追観測
  - 分類から詳細研究に結びつける。
  - ミラなどの変光星に対してM型星と炭素星の分類を行って、銀河系中の分布・運動を比較する。

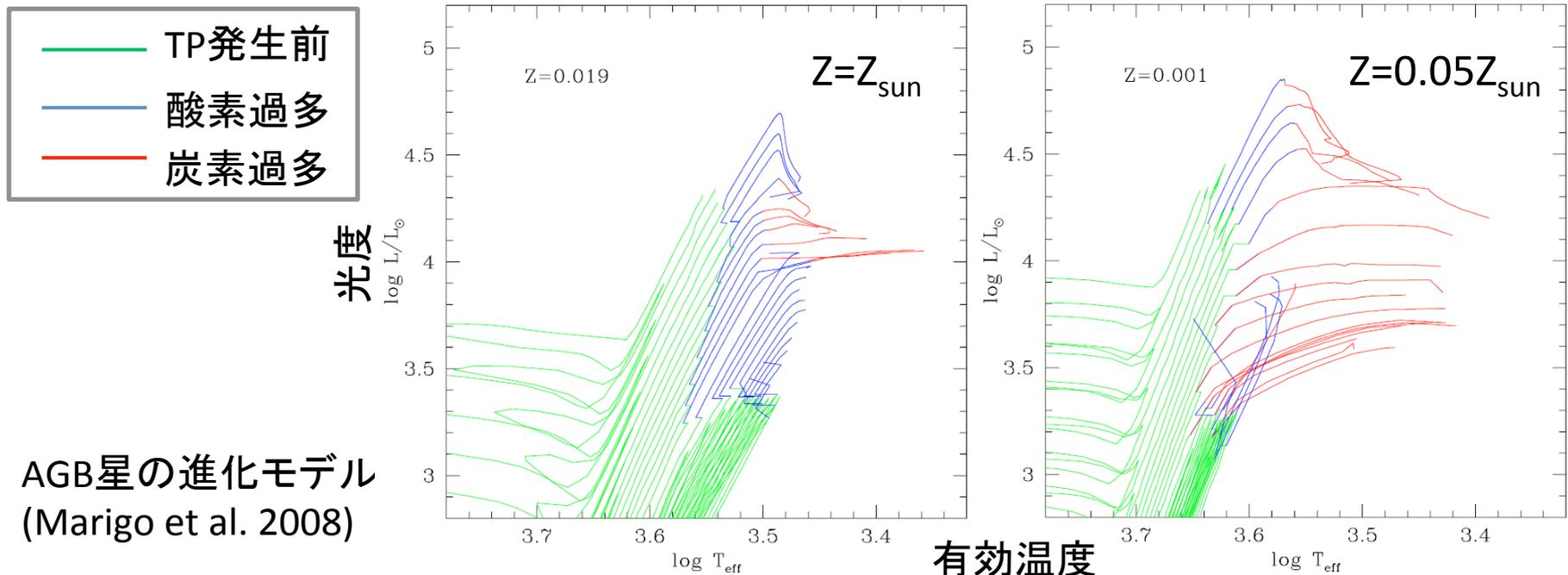
# 恒星種族のトレーサとしての変光星

- 古典的セファイド
  - 15~300 Myr (4~10  $M_{\text{sun}}$ )
  - 年齢が高い精度でわかるが、数は少なめ。
- ミラ型変光星(AGB段階)
  - 100Myr~10Gyr (1~6  $M_{\text{sun}}$ )
  - 年齢の不定性は大きいですが、数は多い。
- RRライリ変光星
  - 10 Gyr (~1  $M_{\text{sun}}$ )
  - 古い星のよいトレーサだが、暗い。



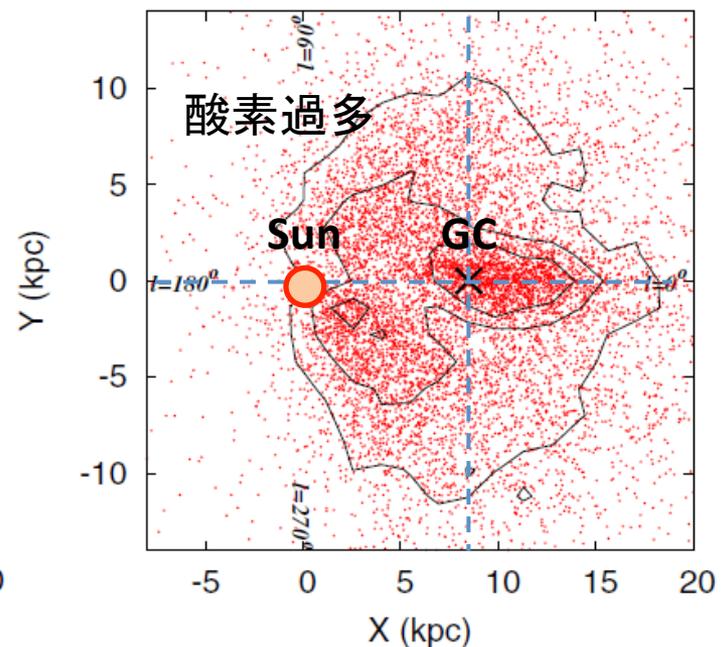
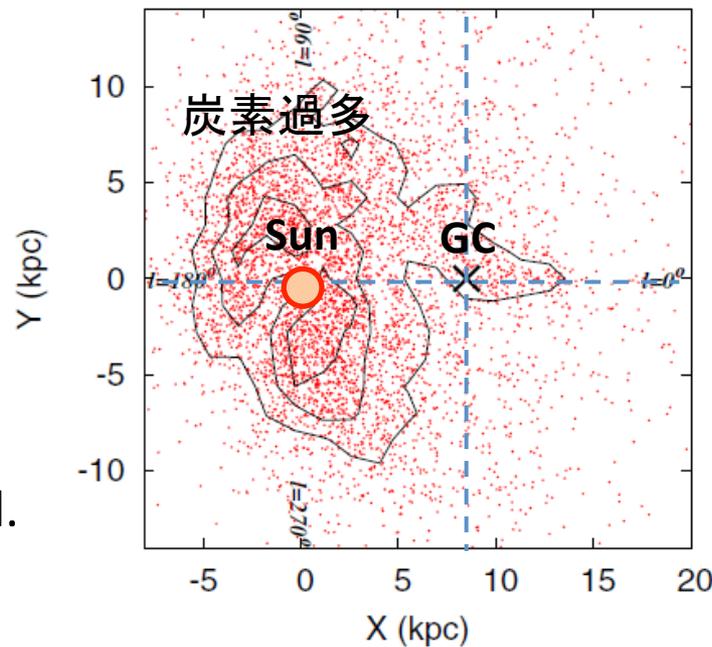
# AGB星の酸素過多／炭素過多

- 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2~3  $M_{\text{sun}}$  の星が炭素星へ進化
- 一部の炭素星は、AGB星ではなく、連星系中での質量輸送で生じたもの。



# 炭素星の応用と本研究の特徴

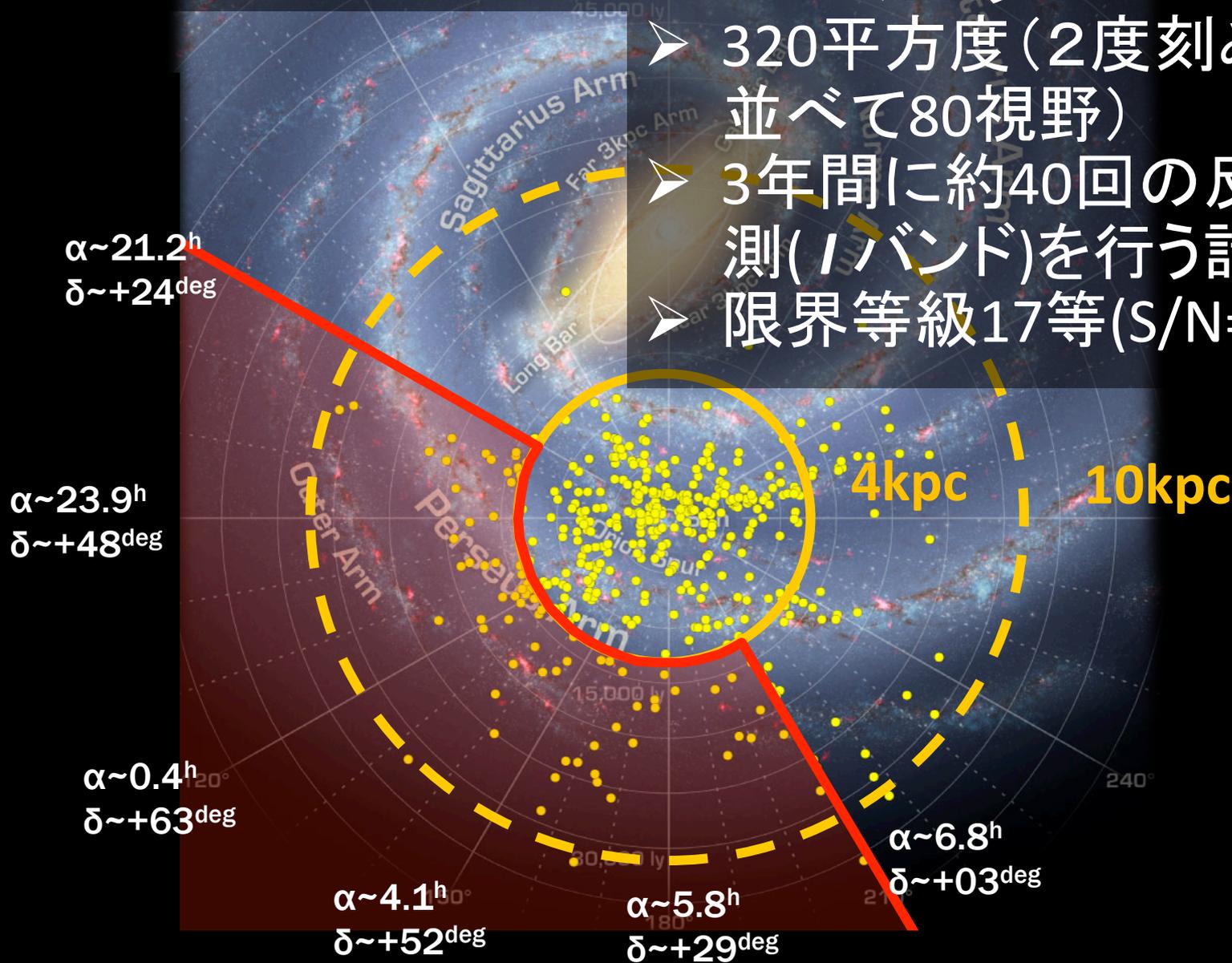
- 過去の研究: 分光などから探す。
  - 銀河系中の銀経分布。距離は不定性大。
- 本研究: ミラで探して、分光で同定。
  - 正確な距離の見積もりによって三次元的な密度分布
  - AGB末期であることが確実。



Ishihara et al.  
(2011)

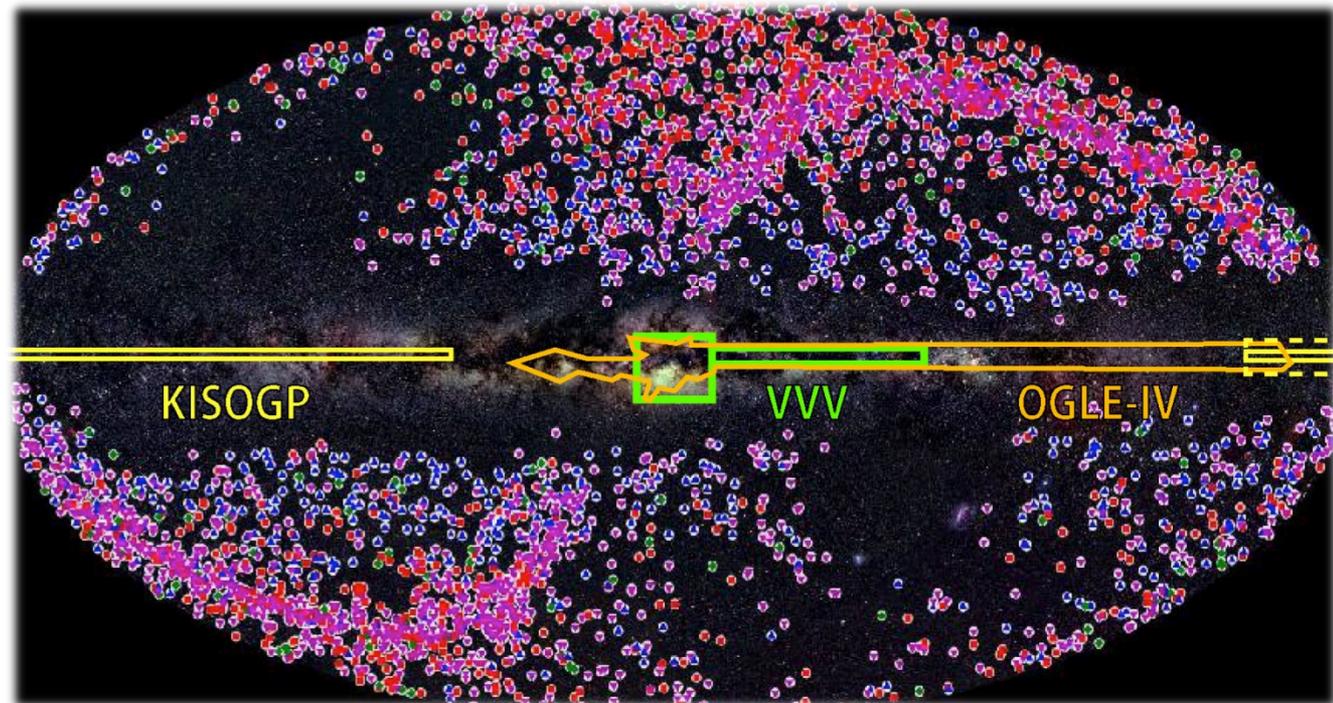
# KISOGPの観測

- 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)
- 3年間に約40回の反復観測(バンド)を行う計画
- 限界等級17等(S/N=30)



# KISOGPの位置づけ

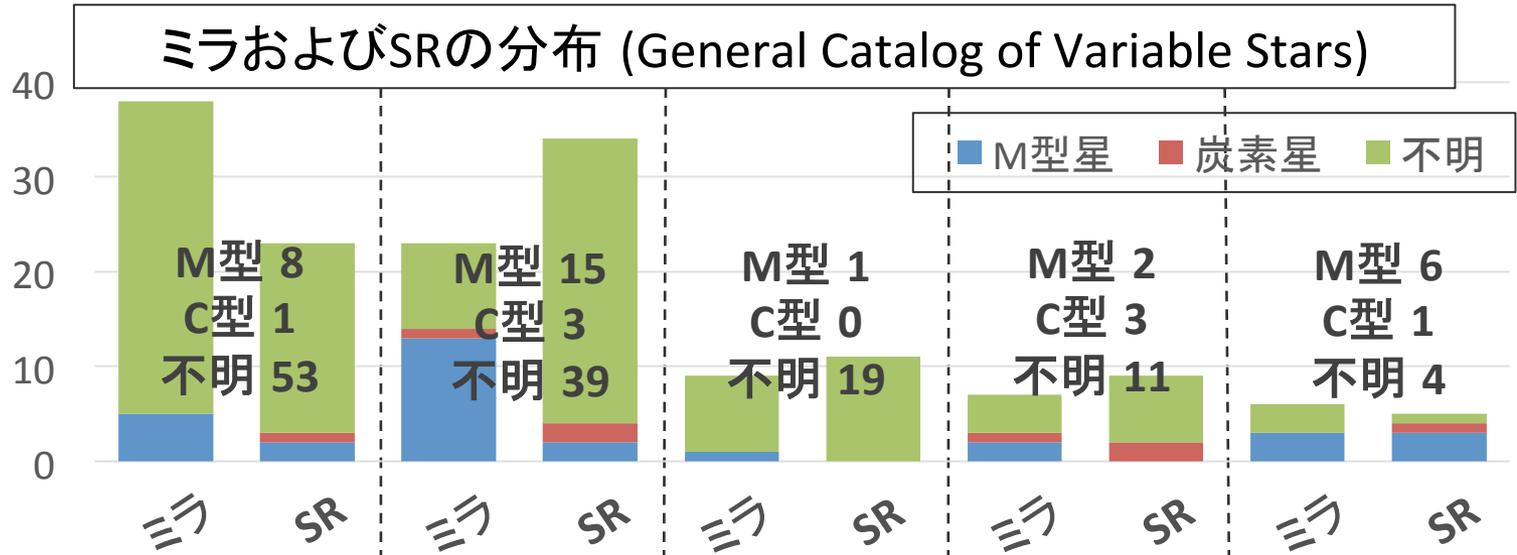
- 北半球の銀河面変光天体探査としては先行。
- 3年以内に報告すれば、北半球で見える銀河面の  
変光星探査として先駆的な成果を上げられる。
  - いずれ銀河面もPan-STARRSのデータによる探査。



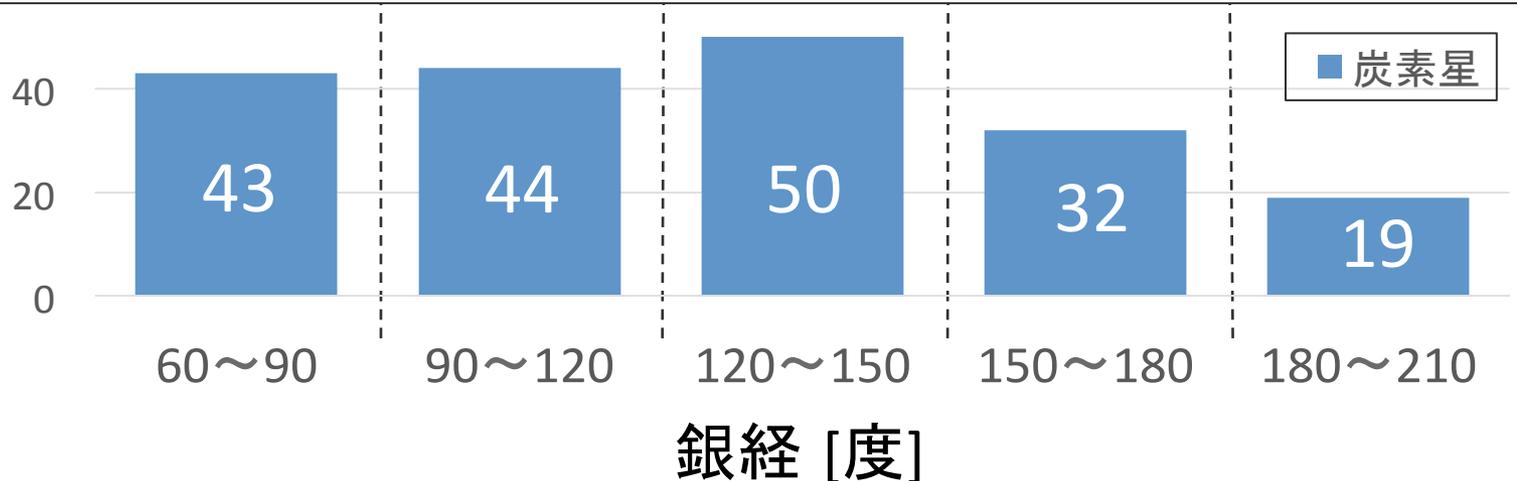
Catalinaサーベイの発見した  
約8000個の突発天体(超新星、  
新星など)と、銀河面の  
各変光星探査の領域

# 既知のミラと炭素星

- 約100個のミラと約200個の炭素星KISOGP領域内で既知

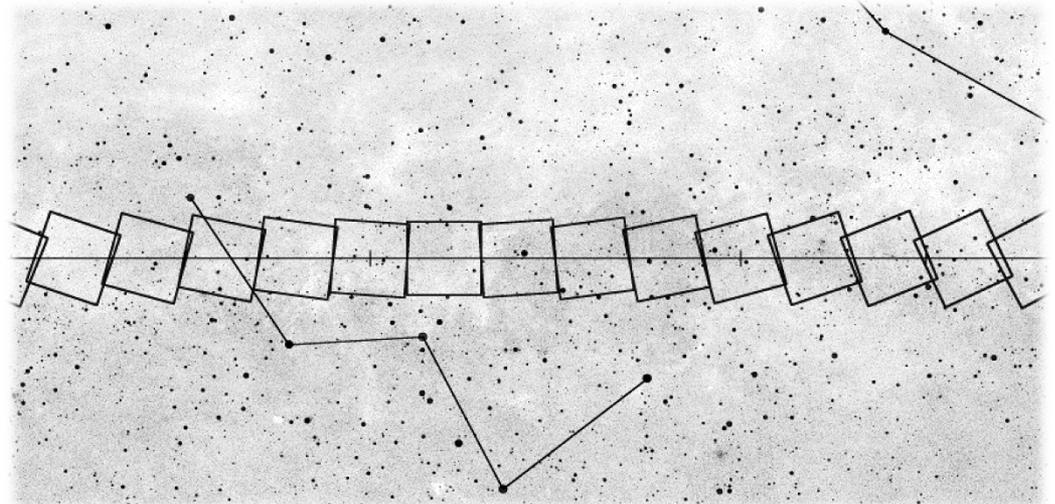


炭素星(含非変光星)の分布 (General Catalog of Galactic Carbon Stars)



# 木曾でのこれまでの観測

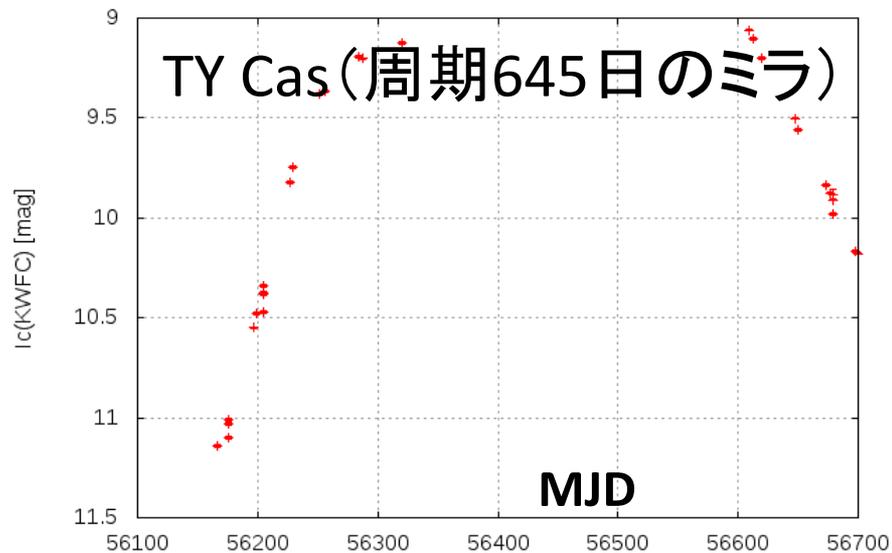
- 2012年4月から観測を開始
- 毎月5～10日間のアロケート (満月付近)
  - 平成24年度 100晩、平成25年度 94晩
  - 平成26年度も同様のペースで観測中
  - ただし、共同利用の他の課題とシェアする観測夜も含む。  
シェア分を除くと2年間で約140晩
- これまでに各領域を30回程度観測してきた。
- 2015年3月までの3年間に40回程度反復観測する計画



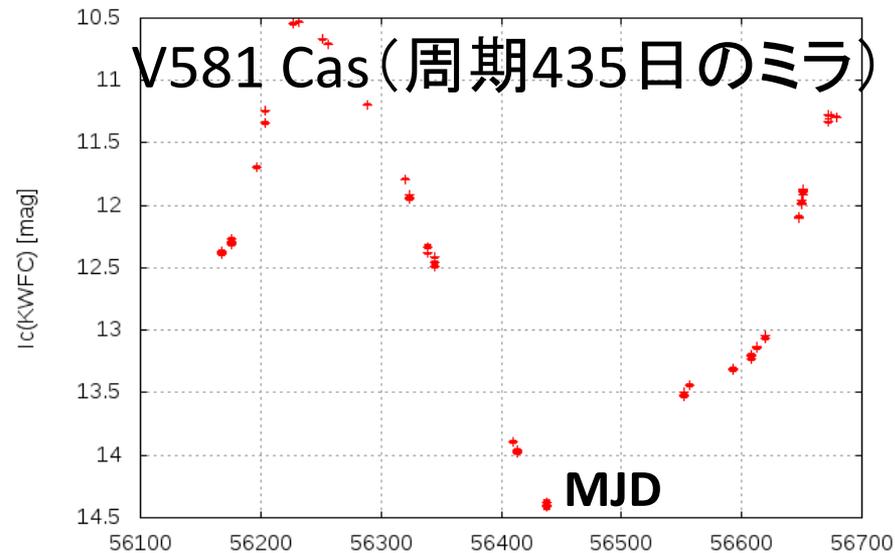
銀経120度あたり

# ライトカーブの例 (既知天体)

GCVS180032 (VTyp=M, SpTyp=M6, P=645.0)

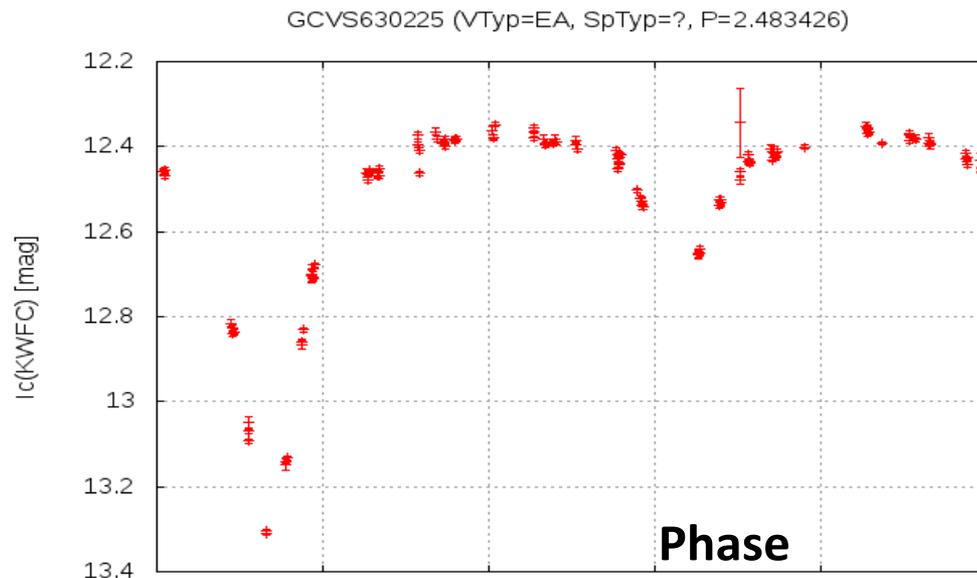
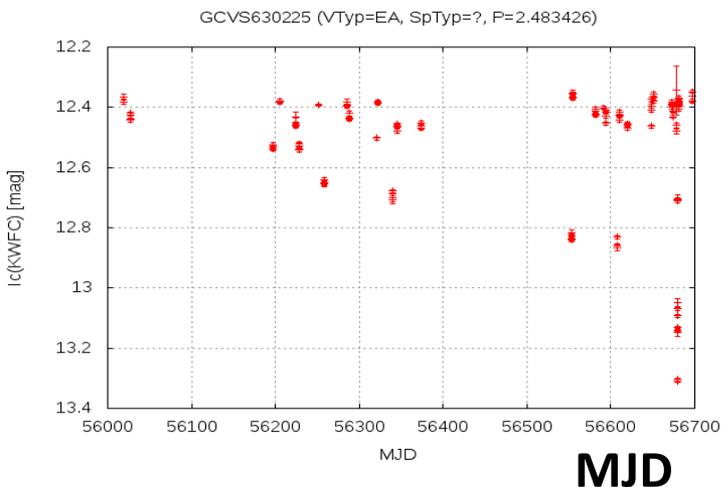


GCVS180581 (VTyp=M, SpTyp=M8, P=435.)

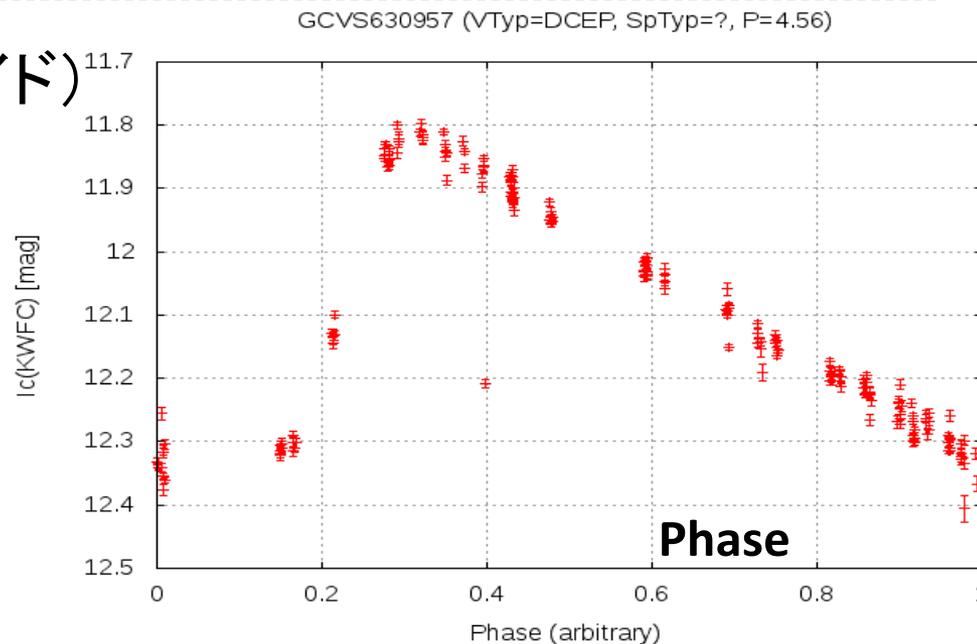
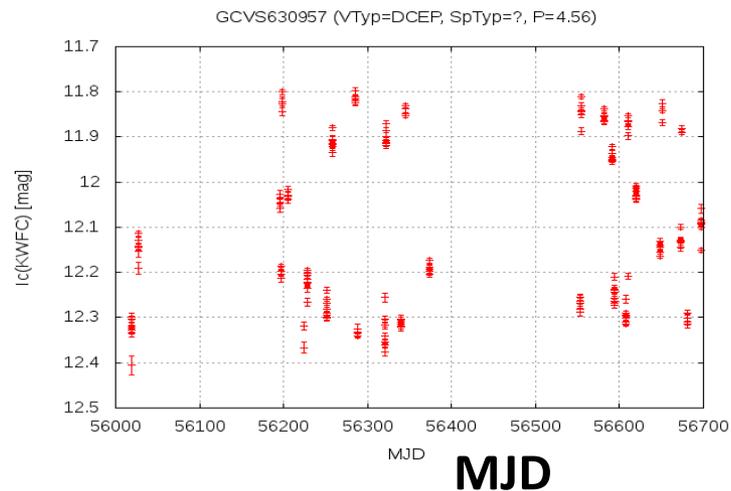


# ライトカーブの例 (既知天体)

## HY Per (周期2.48日の食連星)



## V957 Per (周期4.56日のセファイド)



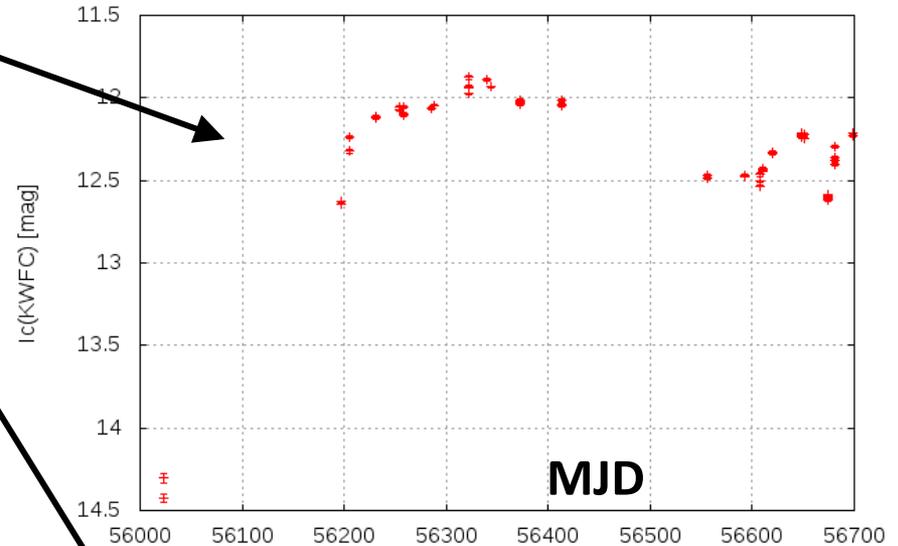
# ライトカーブの例 (既知天体)

V582 Aur (FU Ori type:)

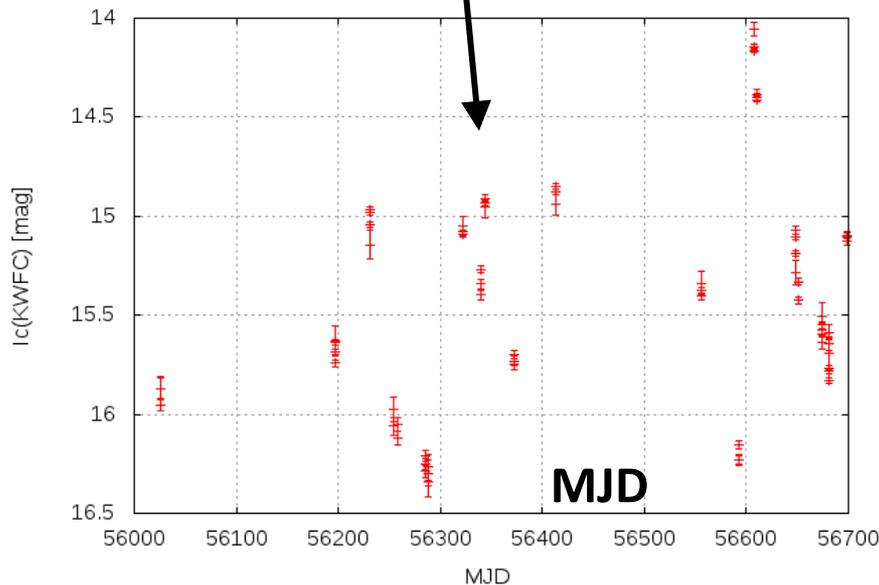
V635 Cas (XNGP, high-mass  
X-ray binary)

IV Aur (IA: poorly studied irregular  
variables of early (O—A) type)

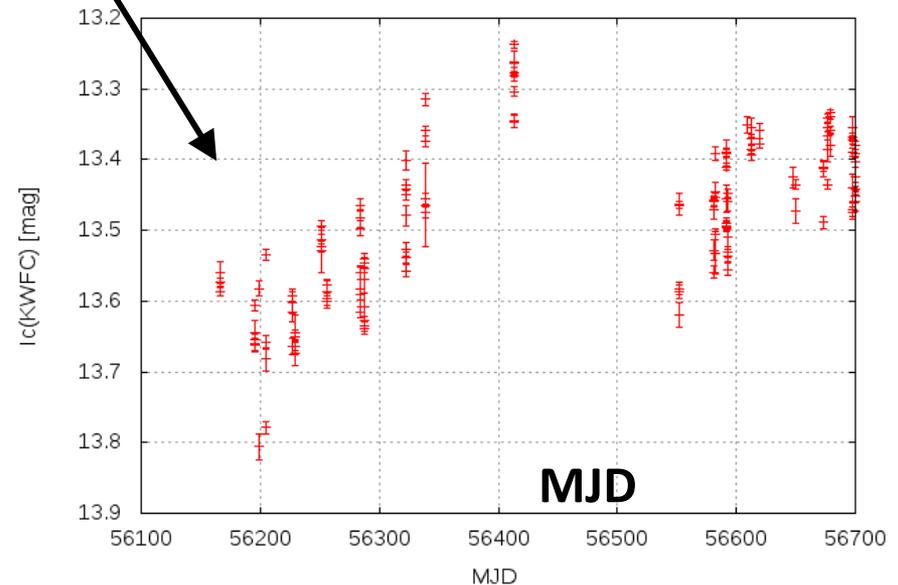
GCVS080582 (VTyp=FU:, SpTyp=?, P=?)



GCVS080239 (VTyp=IA:, SpTyp=?, P=?)

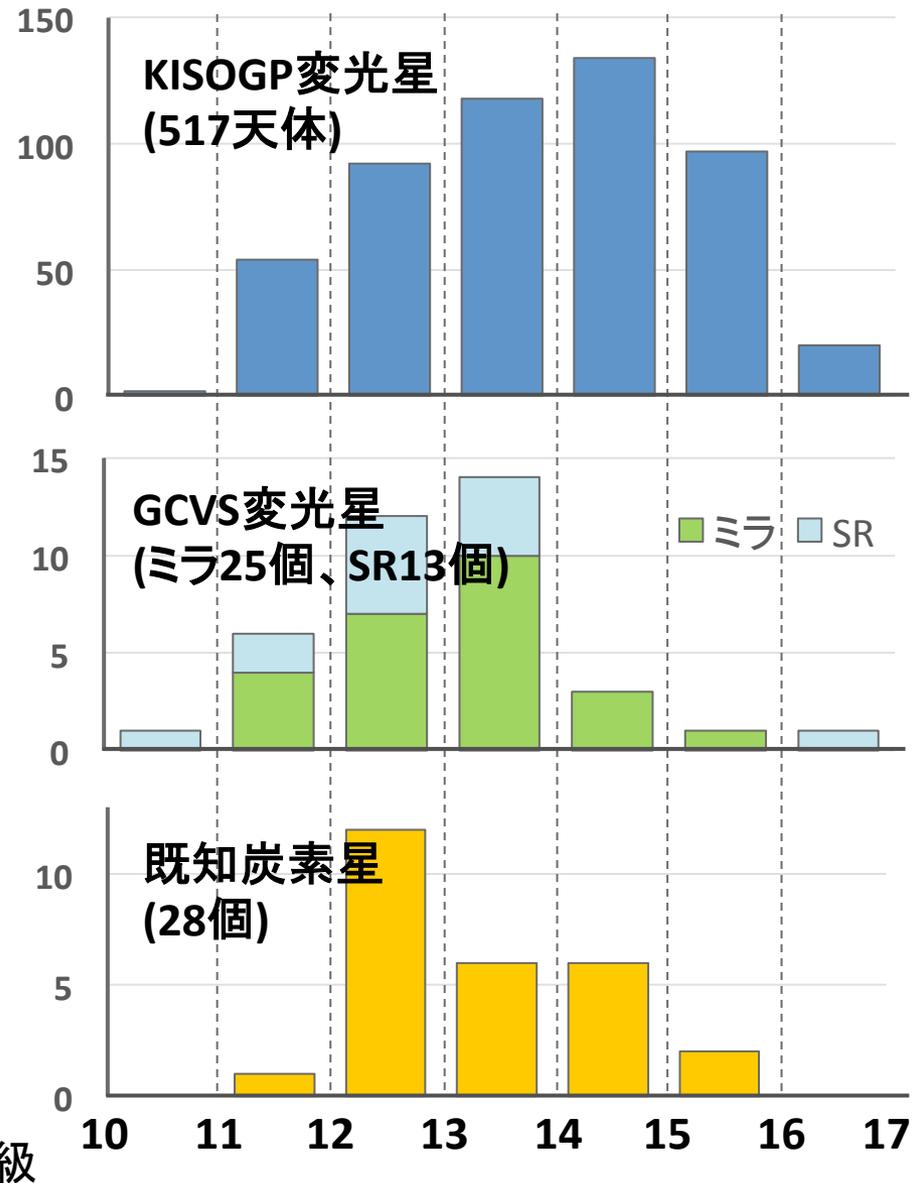


GCVS180635 (VTyp=XNGP, SpTyp=Be, P=?)



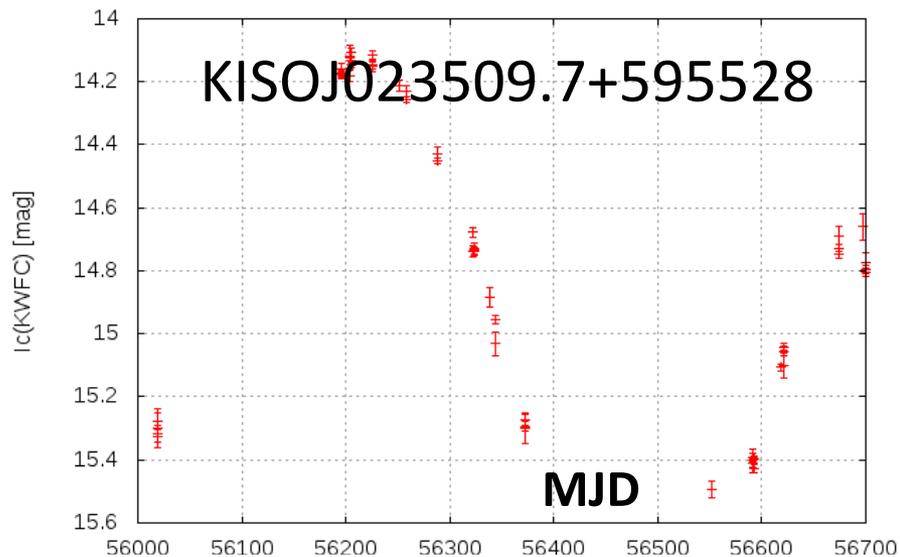
# 大振幅長周期変光星の検出(予備解析)

- SExtractorによる開口測光
- 振幅1等級以上、検出回数20点以上
- 100日以上スケールの変光を目で見て確認
- 517個
  - 既知の変光星は52個(ミラは25個)
  - 既知の炭素星は28個、M型星は23個

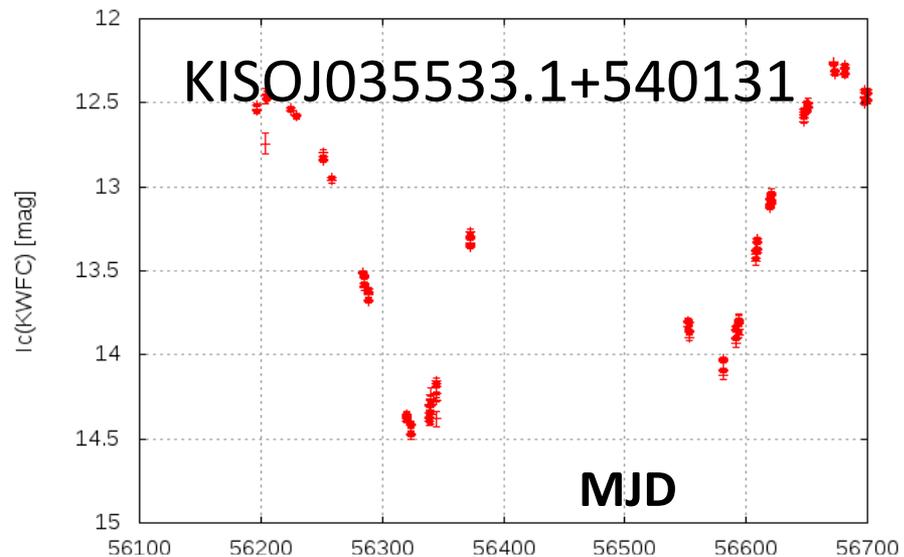


# ライトカーブの例 (KISOGP天体)

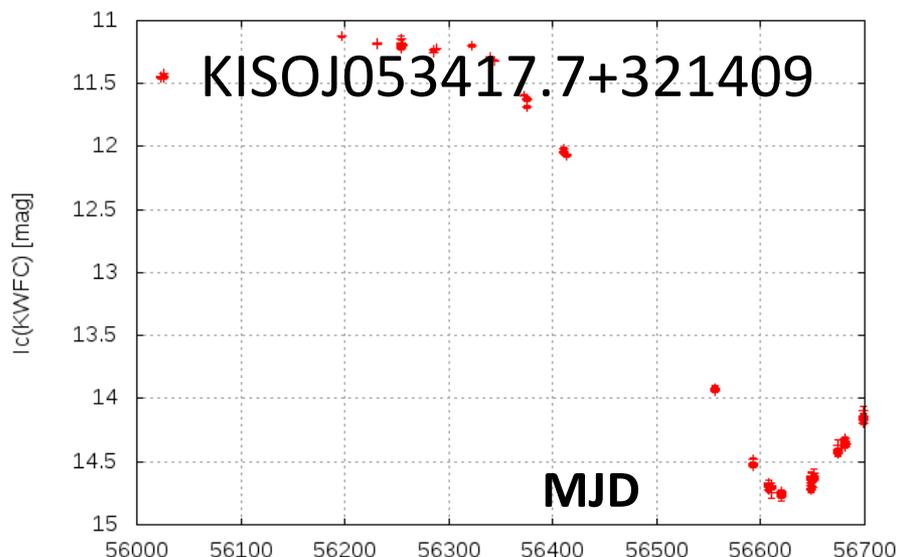
023509.7+595528



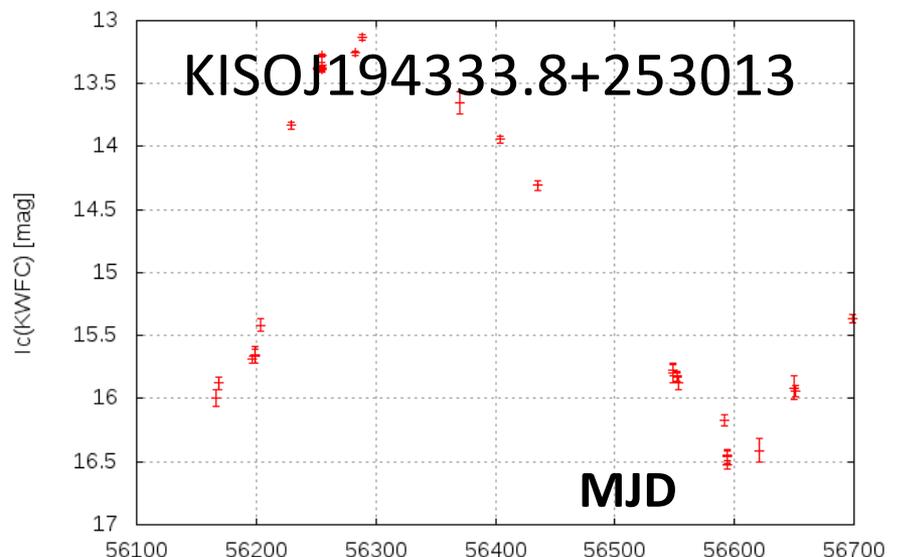
035533.1+540131



053417.7+321409



194333.8+253013

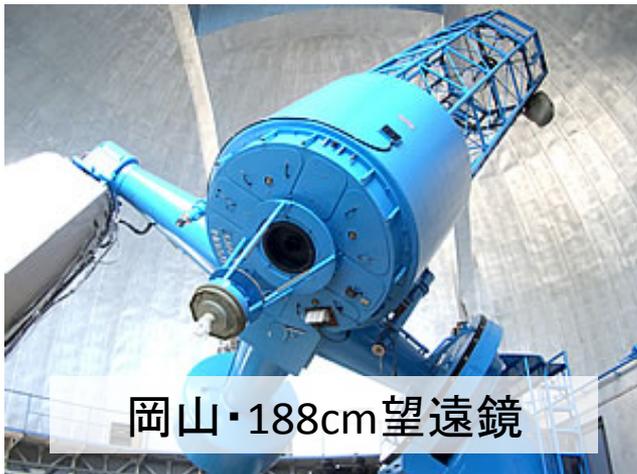


# 分光追観測

- 国立天文台 岡山天体物理観測所 188cm望遠鏡
  - KOOLS(可視低分散分光)、ISLE(近赤外線撮像分光)
  - 2013年10月(KOOLS・5晩)
  - 2014年1~2月(KOOLS・5晩、ISLE・5晩)
  - 2014年9~12月(KOOLS・5晩、ISLE・7晩)
- 兵庫県立大学 西はりま天文台 なゆた望遠鏡
  - MALLS(可視中低分散分光)
  - 2013年11月に公募観測(4晩)

I=16 magくらい  
までの天体

I=13 magくらい  
までの天体

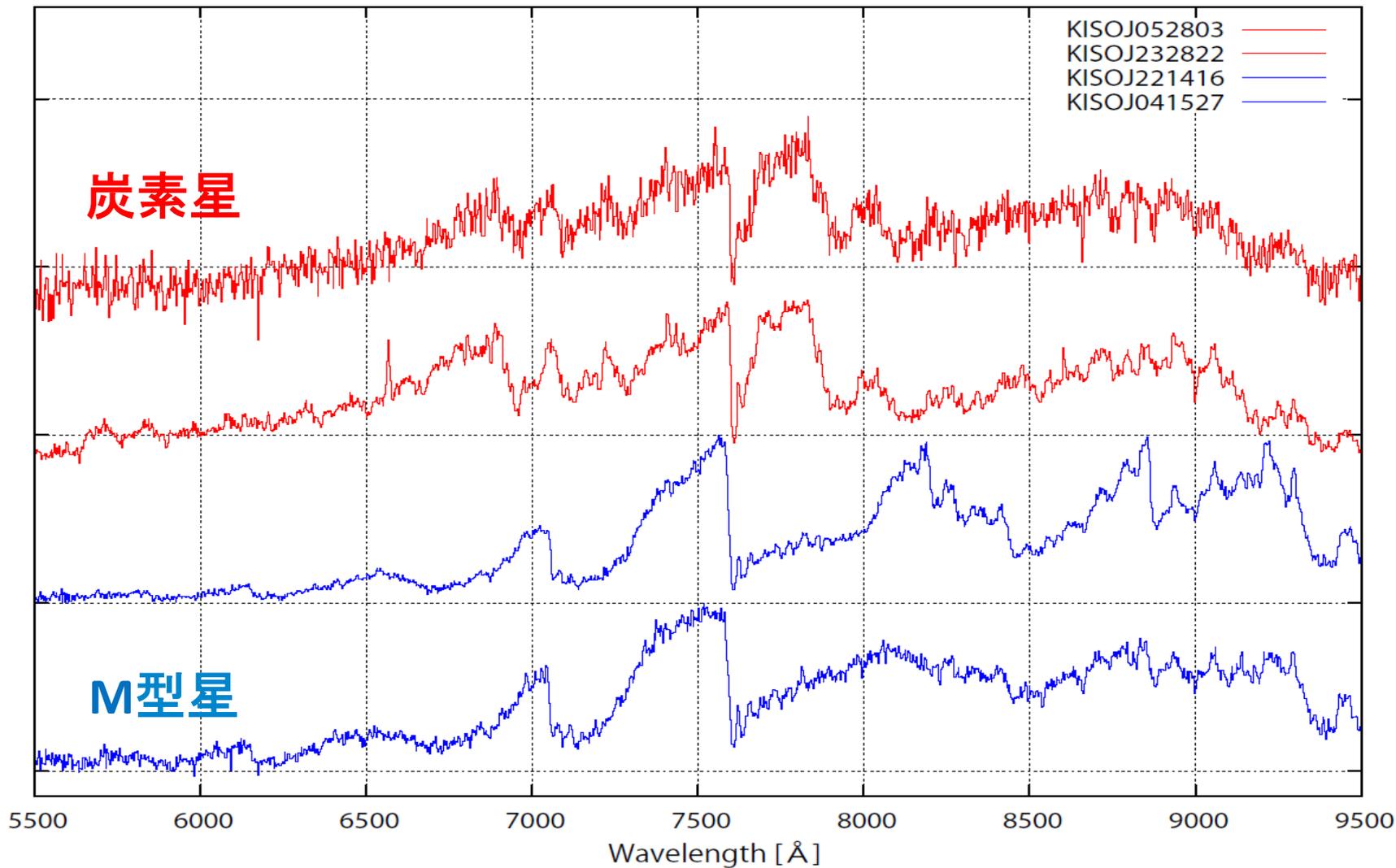


# これまでの分光観測

- 岡山 13B: KOOLS 5晩(2013年10月)
  - KISOGP天体 **19**個、参照星 約20個(KOOLS)
- 西はりま13後期: MALLS 4晩
  - KISOGP天体 **75**個、参照星 3個(MALLS)
- 岡山14A: KOOLS 5晩、ISLE 5晩(2014年1, 2月)
  - KISOGP天体 **16**個、参照星 3個(KOOLS)
  - KISOGP天体 **32**個、参照星 約10個(ISLE)

# M型星と炭素星のスペクトル

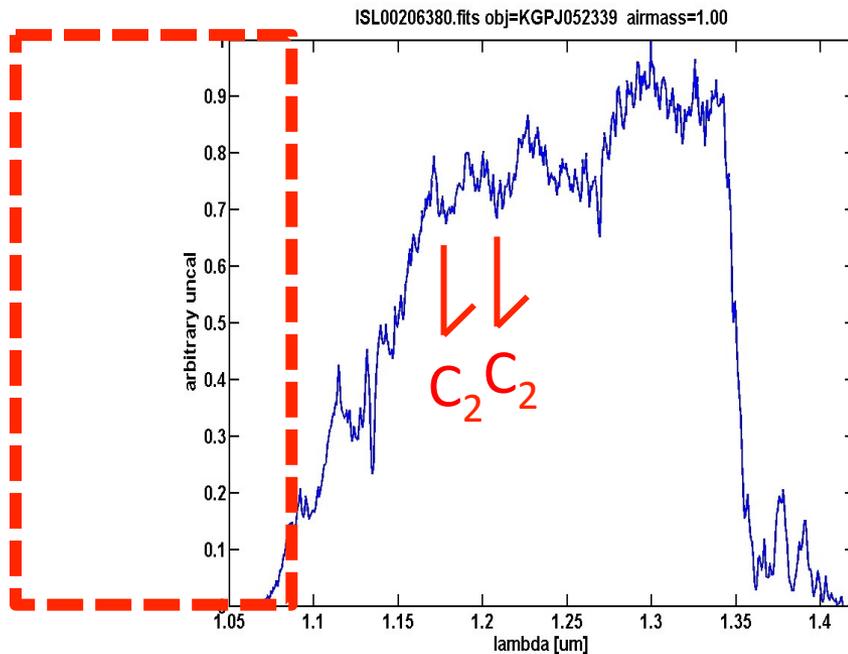
西はりま天文台なゆた望遠鏡+MALLSで取得したスペクトル



# ISLE 近赤外線スペクトル

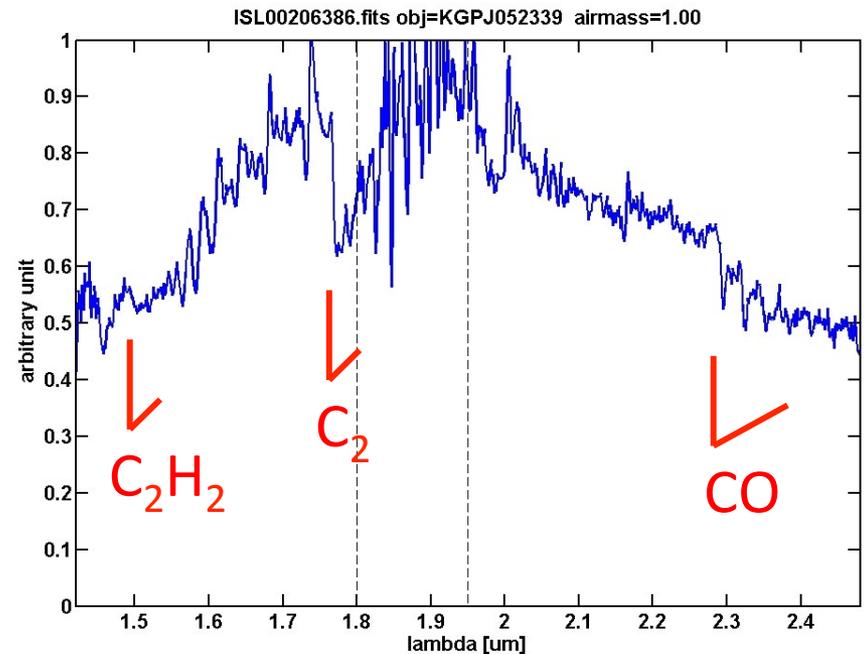
- 浮田さんが解析中。
- J-bandの短波長側もあると分類に好都合。

J-band



H-band

K-band



# M/Cの区別(予備解析)

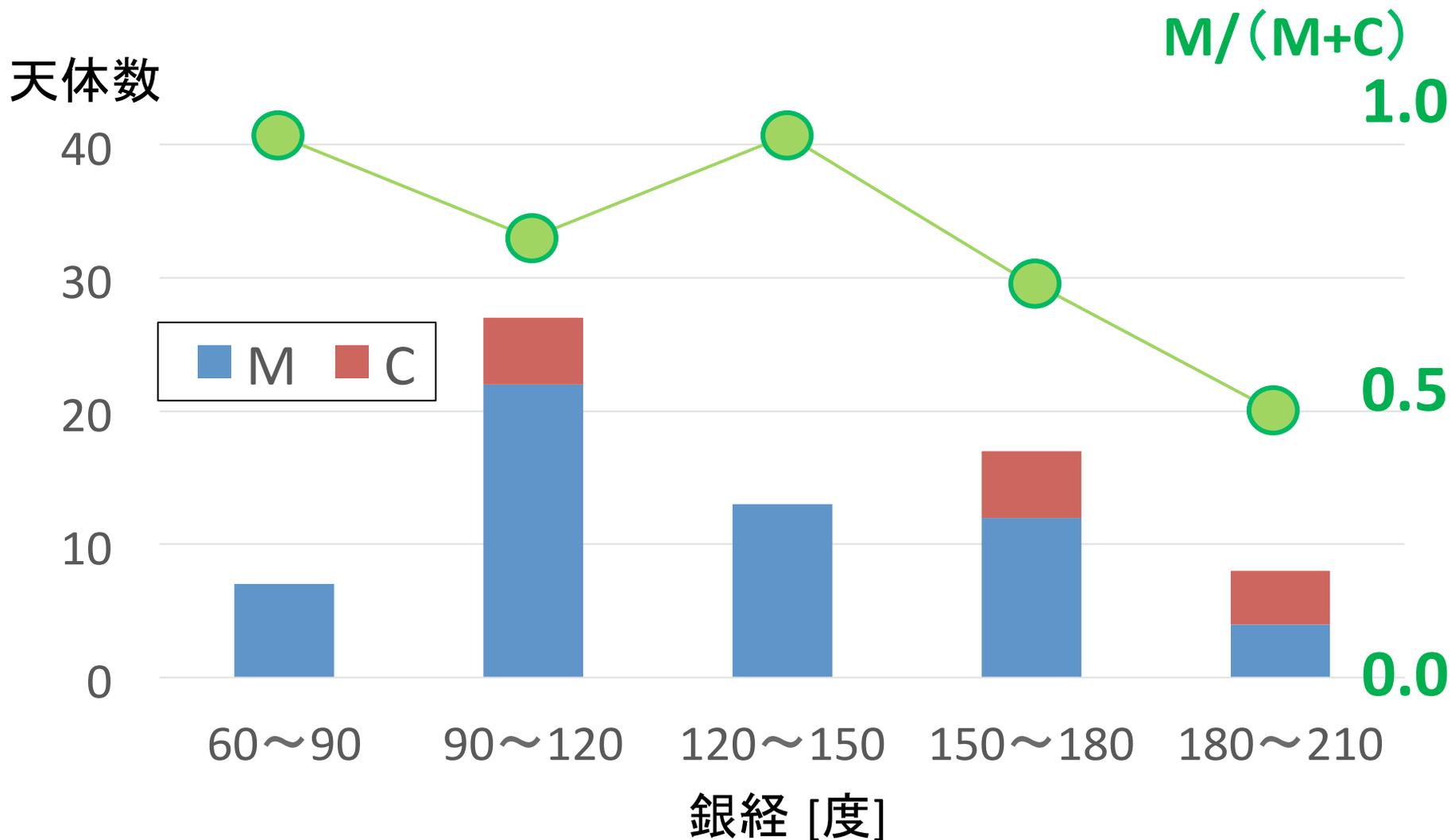
観測時期 (装置)	M型	C型	その他	計
2013年10月 (KOOLS)	9* (1)	1 (0)	9 (2)	19
2013年11月 (MALLS)	42 (8)	10 (8)	23 (10)	75
2012年1~2月 (KOOLS)	7 (0)	3 (2)	6 (5)	16
2014年1~2月 (ISLE)	近赤外線分光での分類はまだ			32
計	58 (9)	14 (10)	38 (17)	142

カッコ内はスペクトルが既知の天体

\* 1天体はC型の記載があったが、取得したスペクトルはM型に見える。

# M/C比の銀経依存性

これまでに分光したKISOGP天体のうち、M型  
または炭素星の72個の分布



# まとめと今後

- KISOGP (銀河面320平方度反復観測)の進展
  - 確実な大振幅長周期変光星が500個以上。
  - 最終的には数千個の変光星を新発見できそう。
- 分光追観測の進展
  - 発見する変光星の分類
  - 主なテーマが、M型星と炭素星の分類
    - 銀河系中での分布
- 変光星の初期カタログを作成中
  - まもなくチーム内リリース、いろいろな種類の天体 (脈動変光星、突発天体、YSOなど) がありますので興味のある方はぜひ声をかけてください。