

2014年度  
光赤天連シンポ  
2014.9.8.

# サイエンス班中間報告 銀河系・局所銀河班

青木和光

石垣美歩、小宮山裕、田中幹人、  
西山正吾、松永典之

# 「2010年代の...」における検討

## 「恒星分離にもとづく銀河の形成と進化の解明」

- 銀河系ハロー、厚い円盤、バルジの星の化学組成
- 矮小銀河
- 近傍銀河 円盤銀河、楕円銀河

検討メンバー：

千葉、有本、青木、小宮山、生田

# 「TMTによるサイエンス」での検討

## 「超新星・恒星活動と恒星分離にもとづく銀河の形成と進化」

- 初期世代星 リチウム同位体
- 銀河系外部ハロー、銀河系バルジ、厚い円盤
- ハロー部分構造
- 球状星団
- 矮小銀河
- 円盤銀河ハロー
- 楕円銀河
- 局所銀河群・近傍銀河群・銀河団の動力学

検討メンバー：(恒星・超新星と一緒に)

青木、川端、小宮山、千葉、富永、野上、前田、松浦、吉田

GA村(観測)

去年の光天連のスライド

$0.01 < z < \sim 1$

Local Volume

Local Group

10Mpc

770kpc(250万光年)

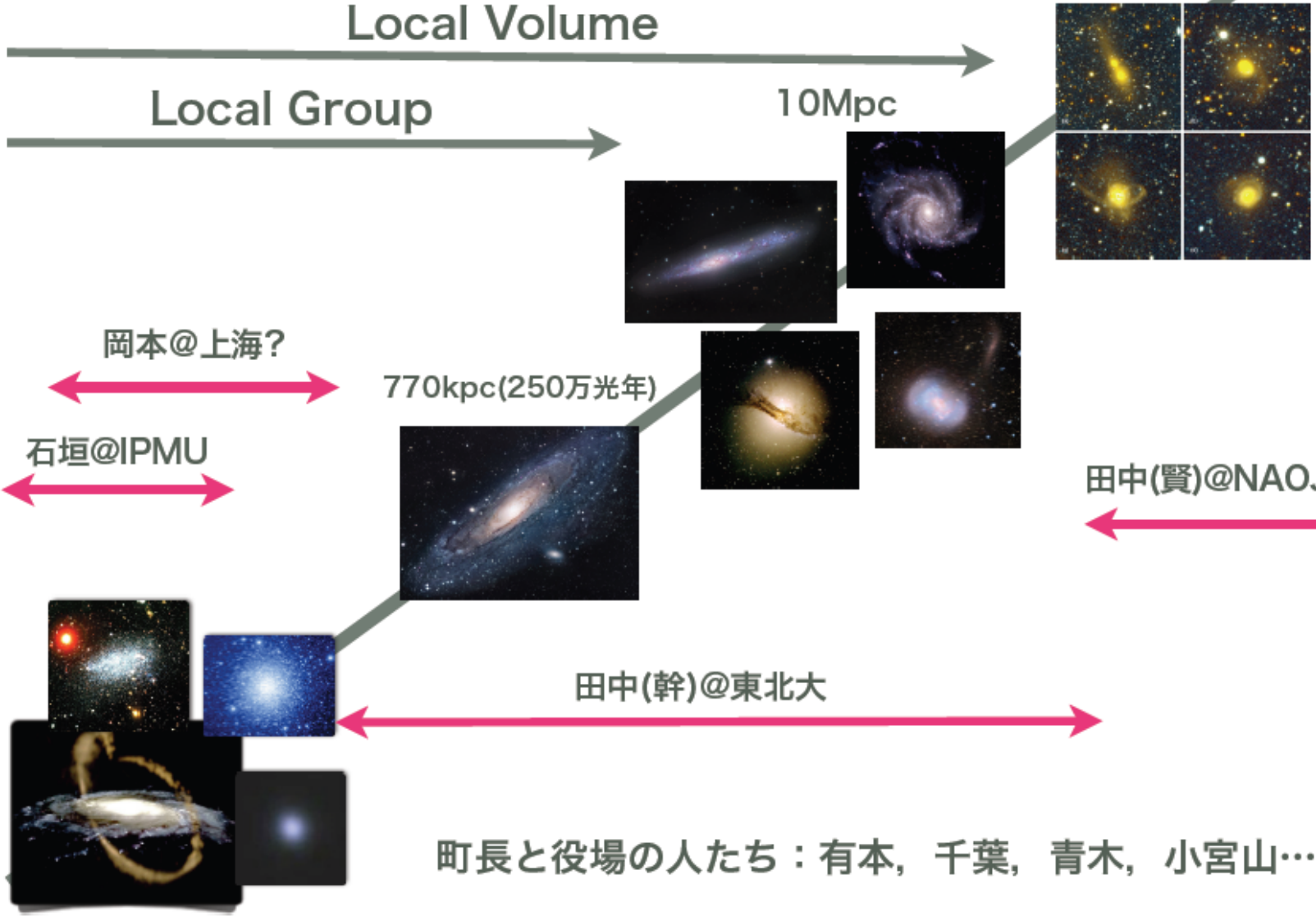
岡本@上海?

石垣@IPMU

田中(賢)@NAOJ

田中(幹)@東北大

町長と役場の人たち：有本，千葉，青木，小宮山…



# 銀河系中心

- 巨大ブラックホールの形成
- 巨大ブラックホール周りでの一般相対論  
検証

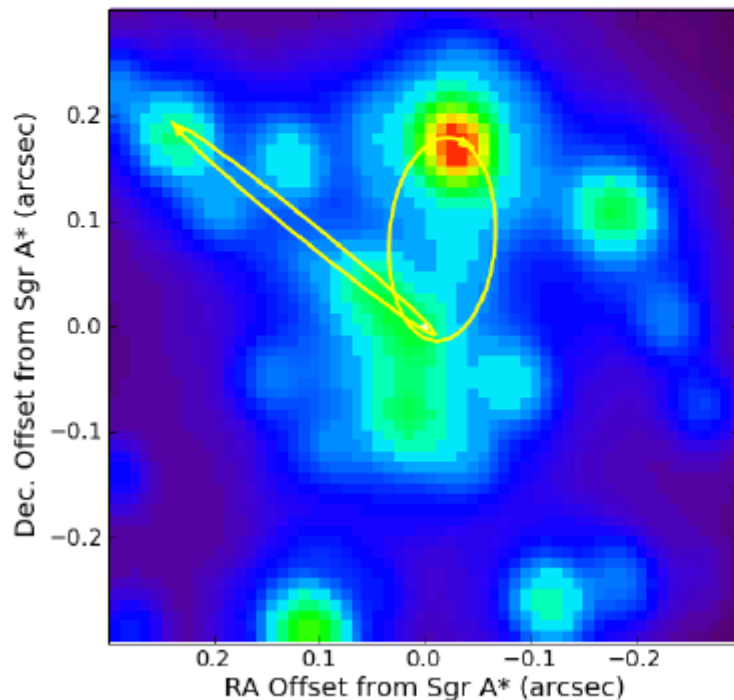
# 銀河系中心付近の星の軌道運動 → 中心ブラックホールの解明

Slide by S. Nishiyama

## Expected New Stars

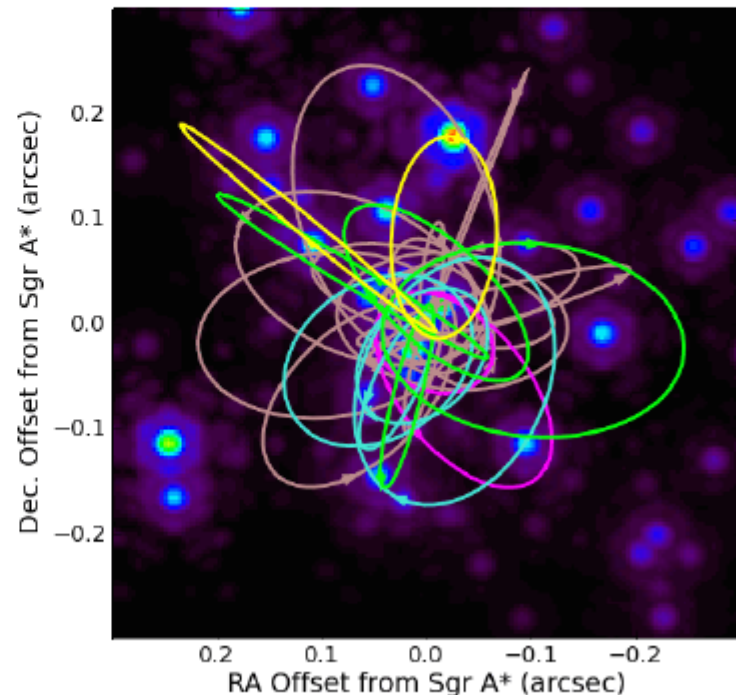
9/13

### Keck + Current AO



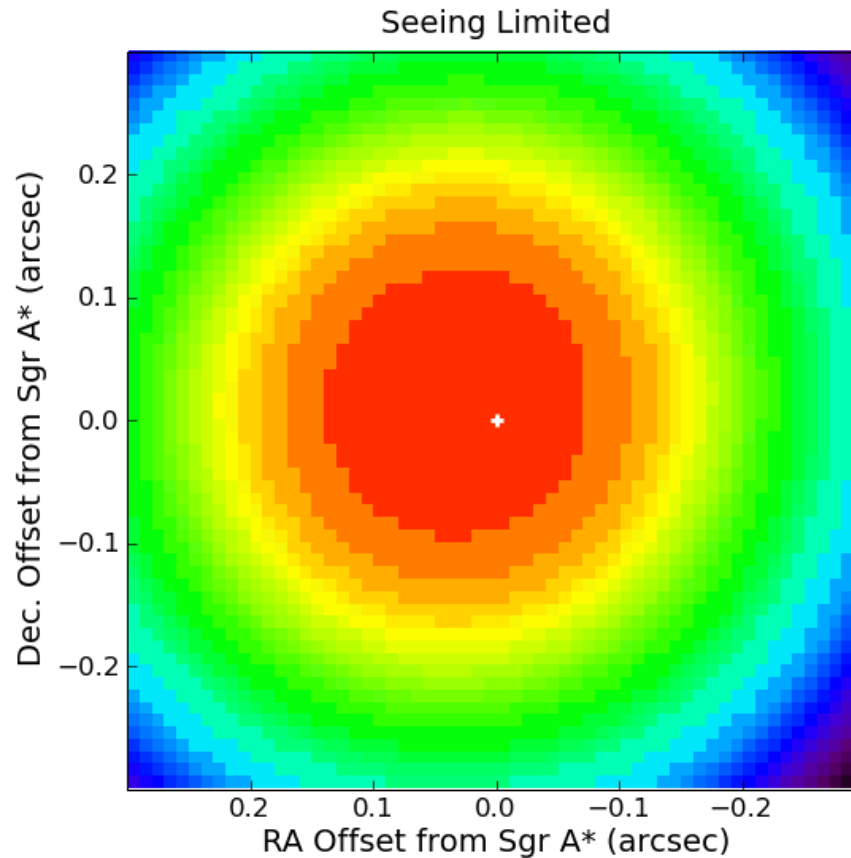
[http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/pictures/Future\\_GCorbits.shtml](http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/pictures/Future_GCorbits.shtml)

### TMT + AO



[http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/pictures/Future\\_GCorbits.shtml](http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/pictures/Future_GCorbits.shtml)

# 銀河系中心付近の星の軌道運動 ➔ 中心ブラックホールの解明



[http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/pictures/Future\\_GCorbits.shtml](http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/pictures/Future_GCorbits.shtml)

# 巨大ブラックホール周りの星の軌道運動 →一般相対論効果の検証

Slide by S. Nishiyama

## GR Effects on S2 RV

4/13

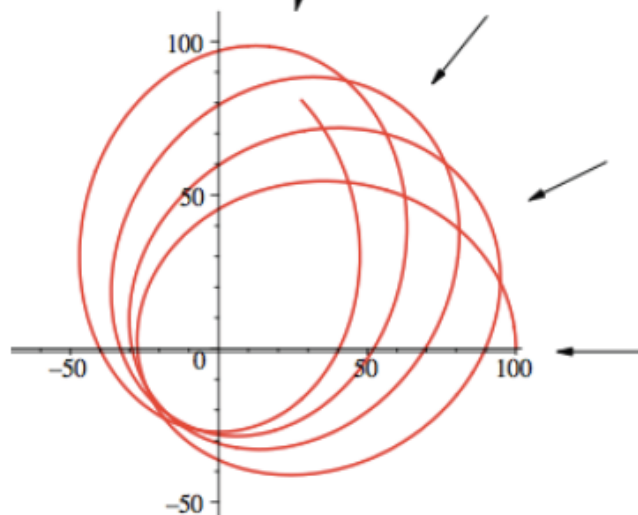
Observations of General Relativistic effects

### 1. Astrometry

Periastron Shift  
(Prograde Precession)

S2(S0-2)

Shift  $\sim 1$  mas/orbit  
cf. current accuracy  
 $\sim 0.1$  mas (Yelda+11)



Much better astrometry  
in 2020s with TMT, EELT,...

(Rubilar & Eckart 01)



# 銀河系中心まわりの星の軌道運動： 期待されるイベント

Slide by S. Nishiyama

## Expected Events

8/13

2015 **S0-102 apocenter**

2016

2017

2018 **S2 pericenter**

2019

2020

2021 **S0-102 pericenter**

**TMT/IRIS**

2022 **S38 pericenter**

2023

2024

2025 **S2 apocenter**

2026

2027 **S0-102 apocenter**

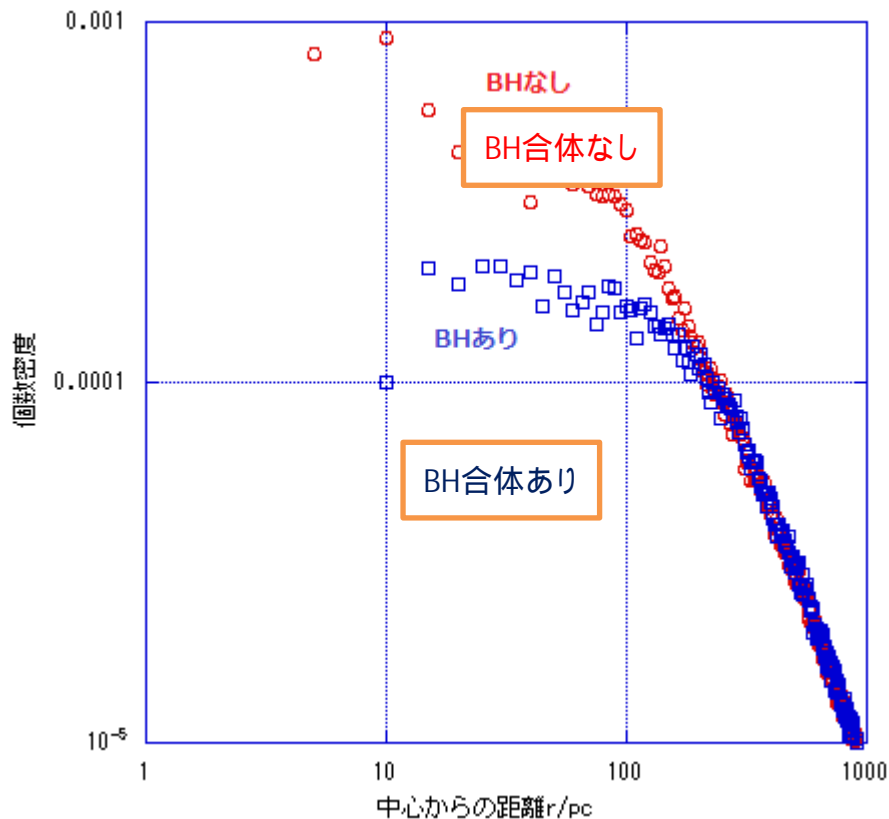


# ブラックホール合体の痕跡の探査

Slide by T. Yano

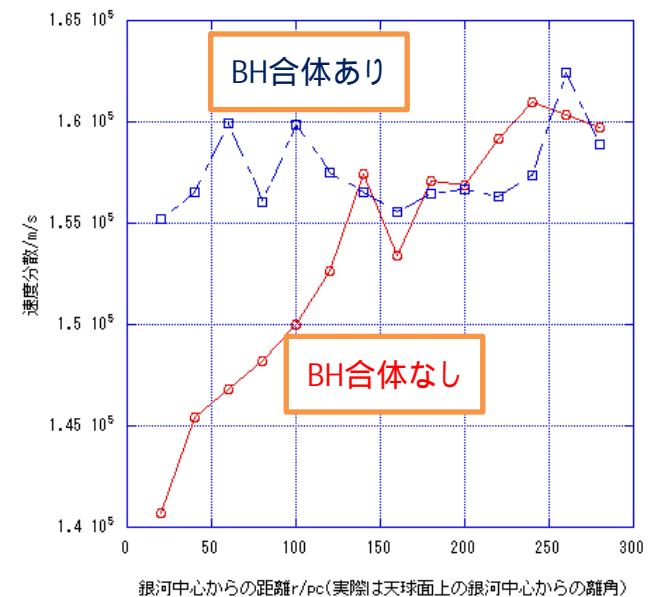
## Small JASMINEによる観測

### 密度分布



- Tanikawa&Umemura2014のシミュレーションデータより。
- 銀河中心からの距離と個数密度の関係
- 赤: BH合体プロセスなし。
- 青: BH合体プロセスあり。

### 速度分散



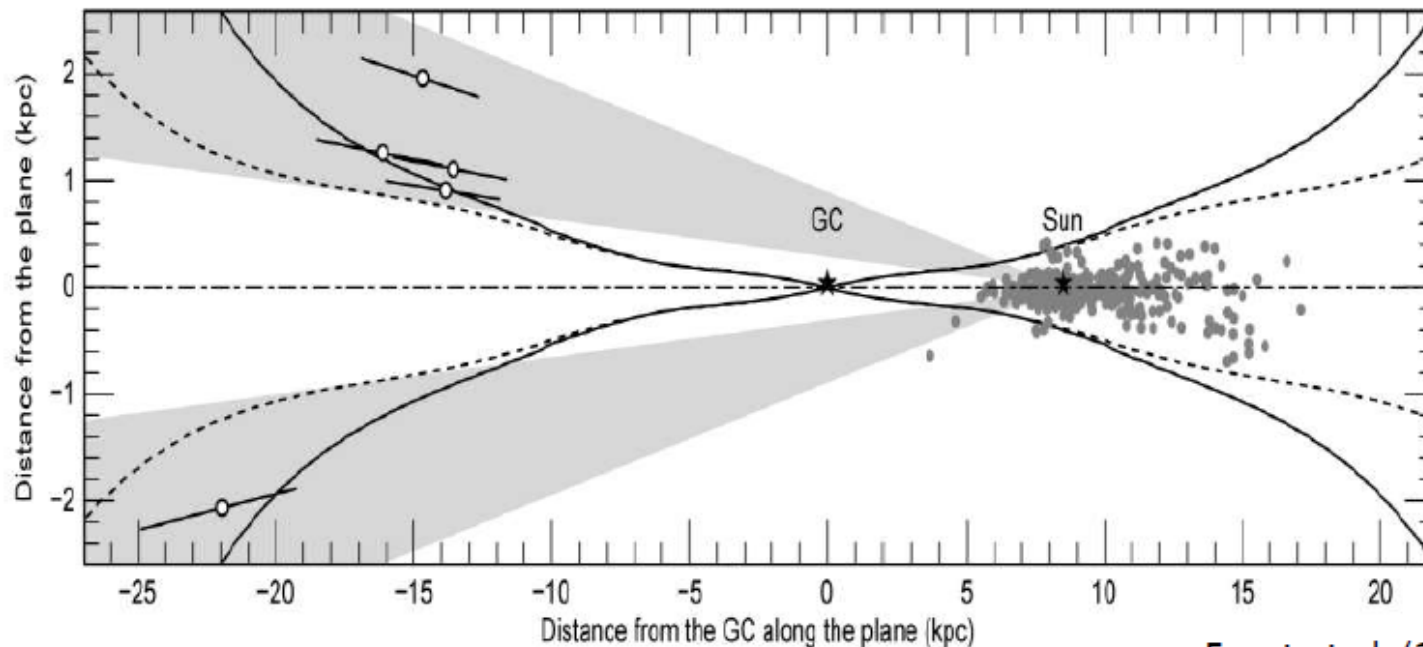
BH合体が起こると、密度、速度分散などにその痕跡を残す。

# 銀河系円盤構造

slide by N. Matsunaga

## セフィイドの位置と円盤の厚み

- 5つ(北側4つ、南側1つ)は、太陽近傍で知られているセフィイドや他のディスクの星の分布よりも広がっていて、フレアの広がり具合と合う。



Feast et al. (2014)

# 銀河系ハロー・厚い円盤の構造・起源 ～ 矮小銀河との関係

2000年～の進展

- 銀河系ハローの部分構造の発見
- (超微光)矮小銀河の発見
- 矮小銀河の星の化学組成の測定
- 銀河系ハローの構造による化学組成の違いの発見

銀河系ハロー星サンプルの大規模化:

Gaia, Subaru/PFS, ...

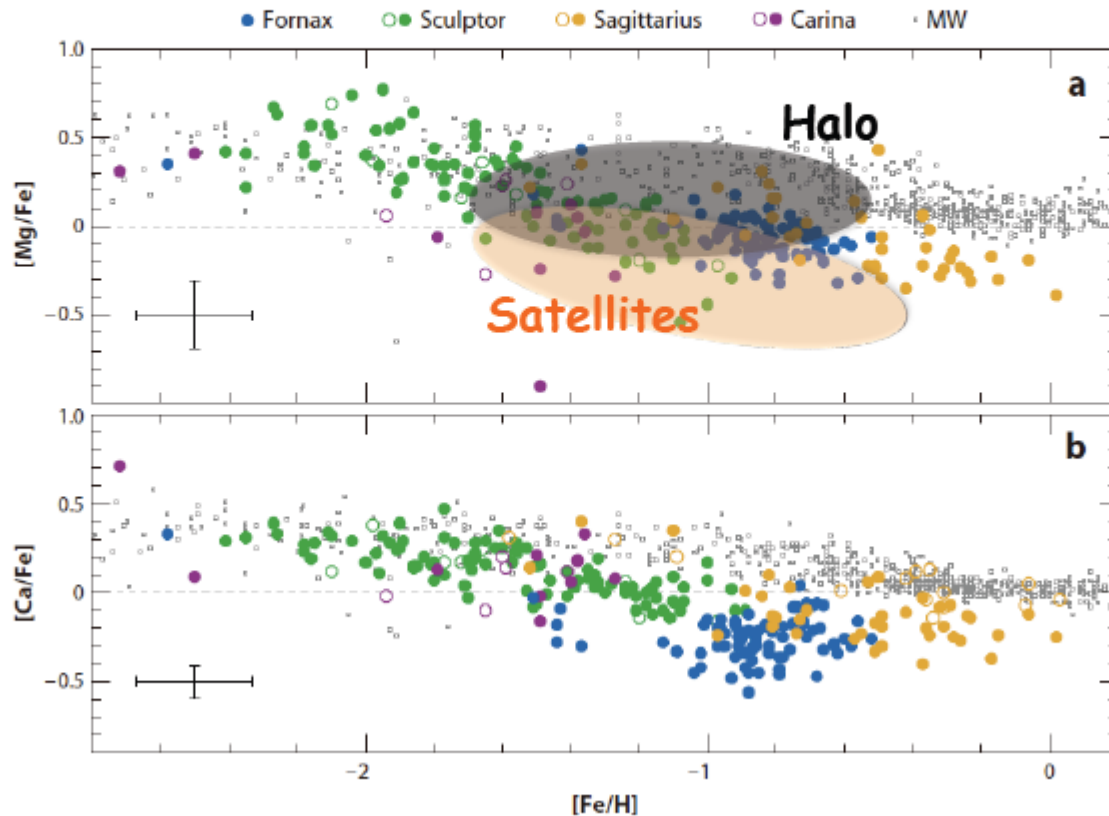
矮小銀河の星サンプルの大規模化:

Subaru/HSC-PFS, TMT, ...

# 銀河系ハロー・円盤と矮小銀河の星

Slide by M. Ishigaki

## [ $\alpha$ /Fe] in the stellar halo vs dwarf galaxies



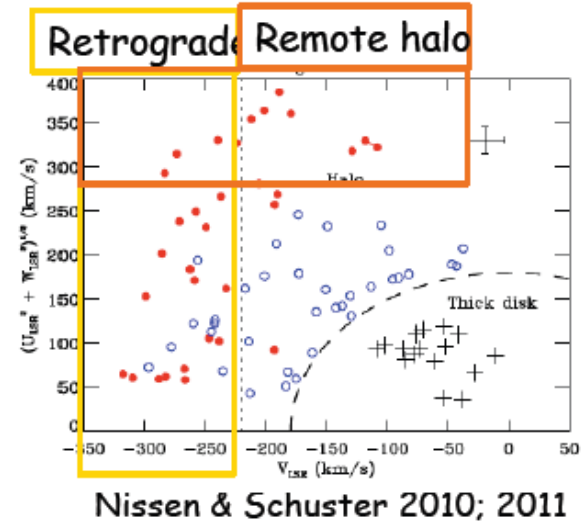
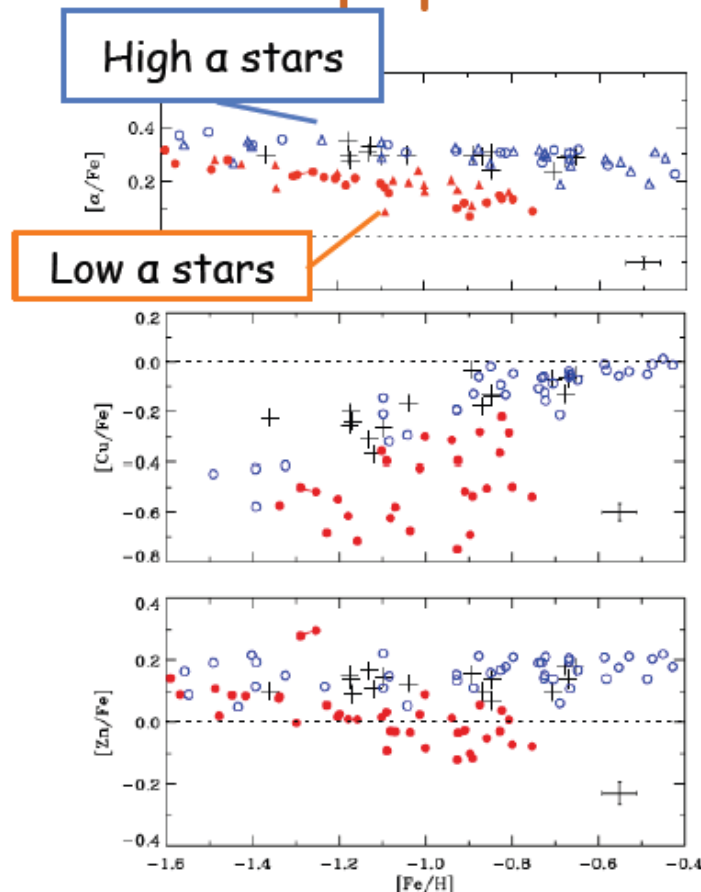
Tolstoy et al. 2009

# 銀河系の外部・内部人口の星

Slide by M. Ishigaki

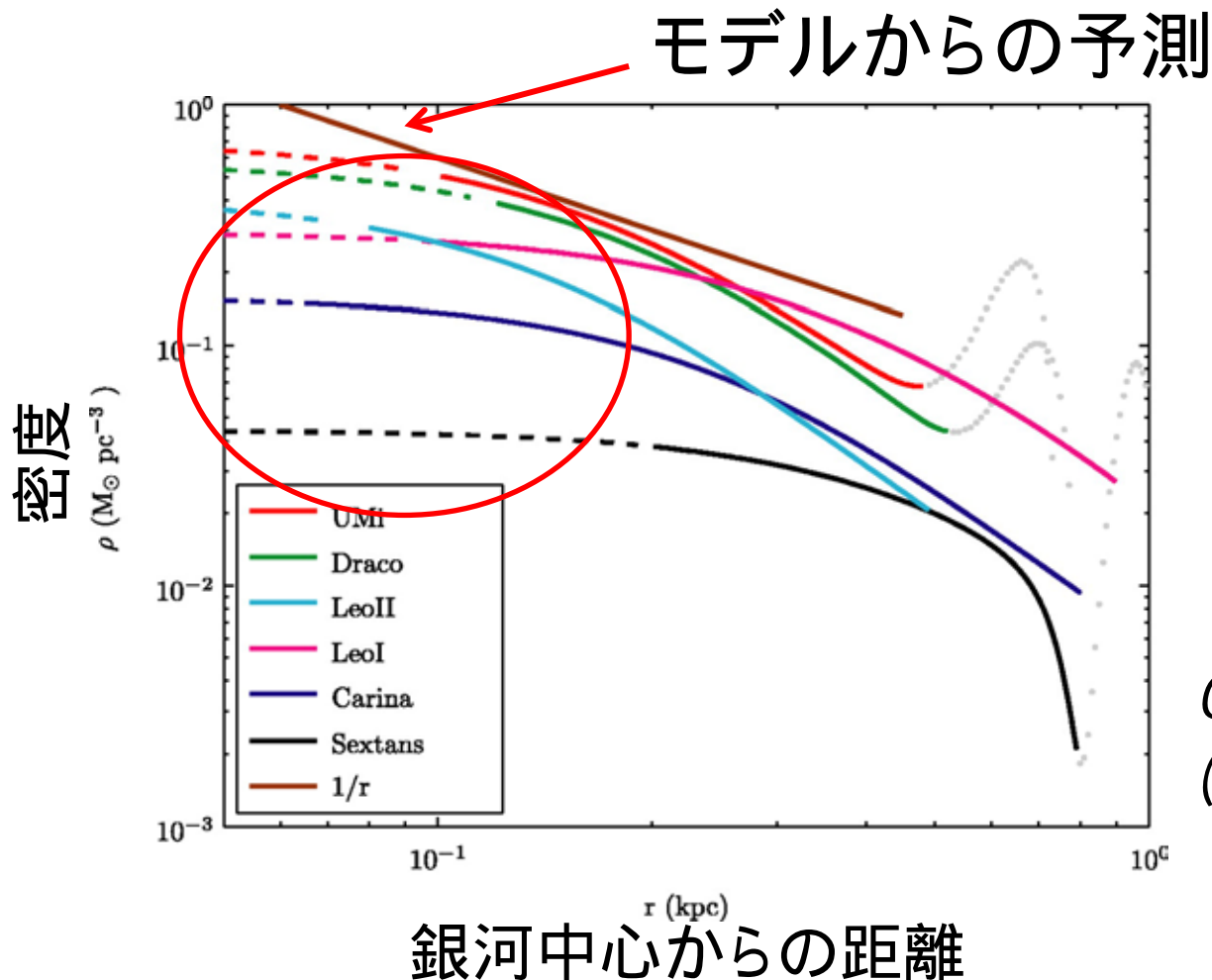
## Two chemically distinct stellar populations in the halo?

www.\*\*\*.net



- ◆ *The halo stars may have multiple origins*
- ◆ *Is the presence of the two populations related to the global formation history of the MW (Inner- and outer halos)?*

# 矮小銀河の質量分布 ~ 「冷たい暗黒物質」モデルからの予測と観測

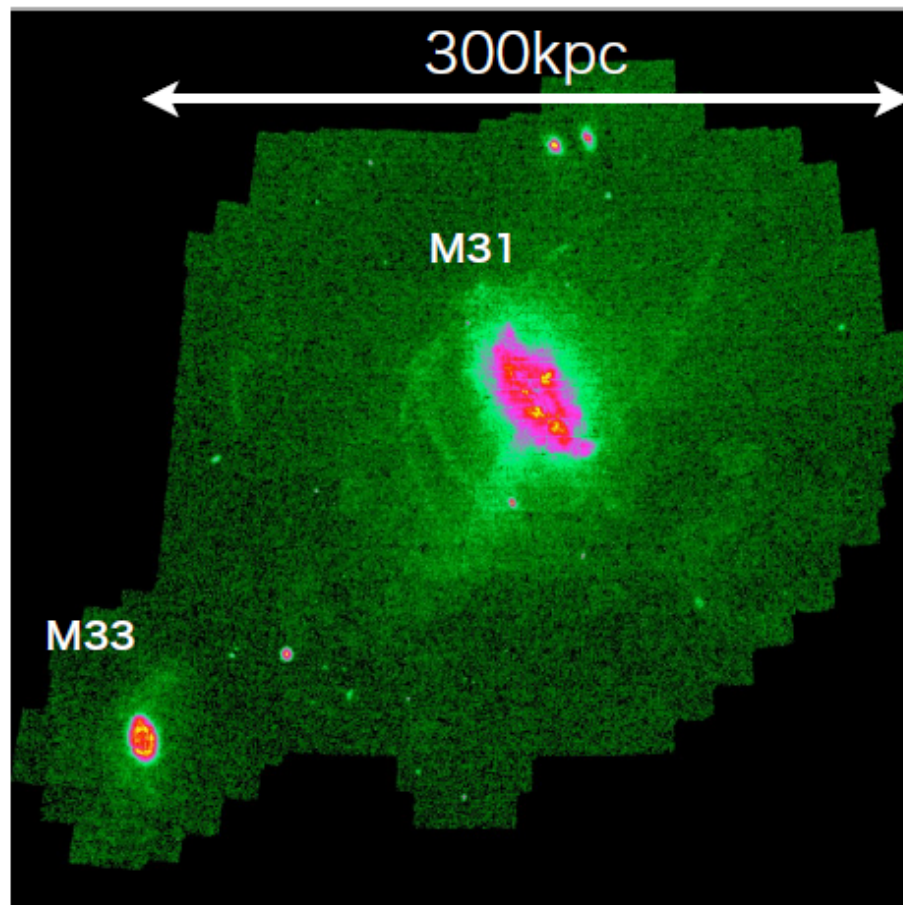


*Gilmore et al.*  
(2007)

# 局所銀河群銀河のハロー

Slide by Mikito Tanaka

## 定番のM31ハロー (今秋HSCサーベイがついに決定)



Outer Haloの構造と形成を知りたい  
→フェイントな(より昔の)ストリームの検出

これまで

- ・"4m"望遠鏡での撮像サーベイ
- ・前景の銀河系星のコンタミ大

これから

2010年代後半

- ・"8m"望遠鏡での撮像サーベイ(HSCだけ)

2020年代

- ・"8m"望遠鏡での分光サーベイ(PFSだけ)
- ・TMTでの分光 ( $\alpha$ 元素が決められれば)

**【その後の展開を考えて】**

一番欲しいのはTMTクラスの地上望遠鏡(またはJWSTクラスの宇宙望遠鏡)での可視の広視野撮像カメラ。

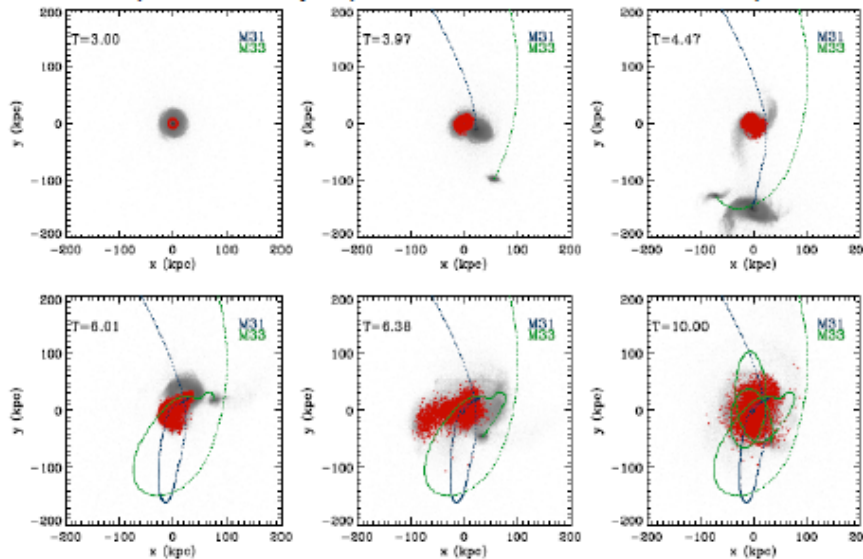


# 局所銀河群の構造・進化

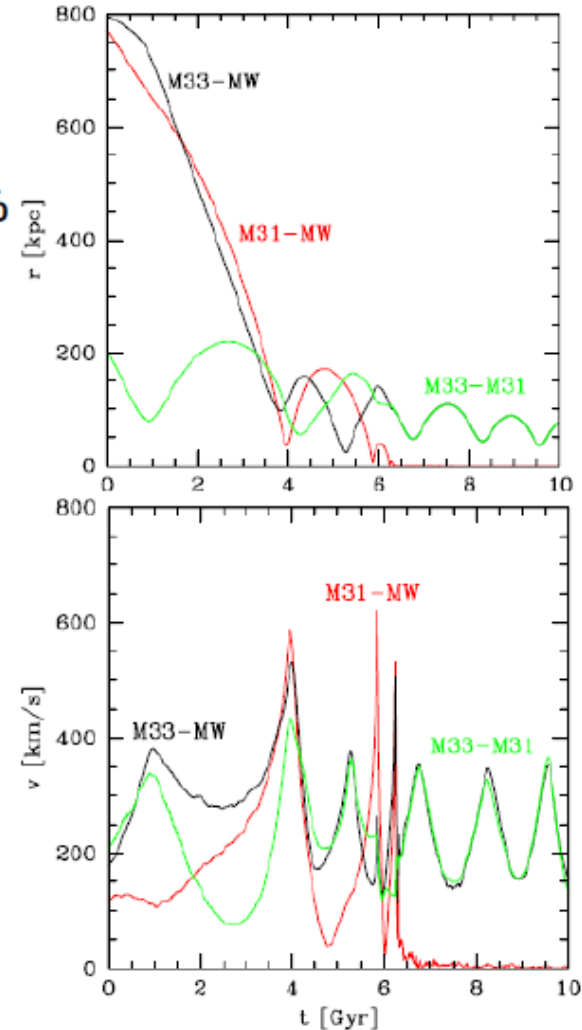
Slide by Y. Komiyama

## LG銀河の固有運動測定

- LGの今後のシミュレーション
  - M31とMW: 5.86Gyr後にmergeする
  - M33: M31/MW systemを周回するが、9%の確率でMWにdirect hit
  - Sun: 銀河中心から遠くに飛ばされる(10~50kpc)。M33に入る確率も(~20%)



Van der Marel et al. 2012



# 局所銀河群の構造・進化

Slide by Y. Komiyama

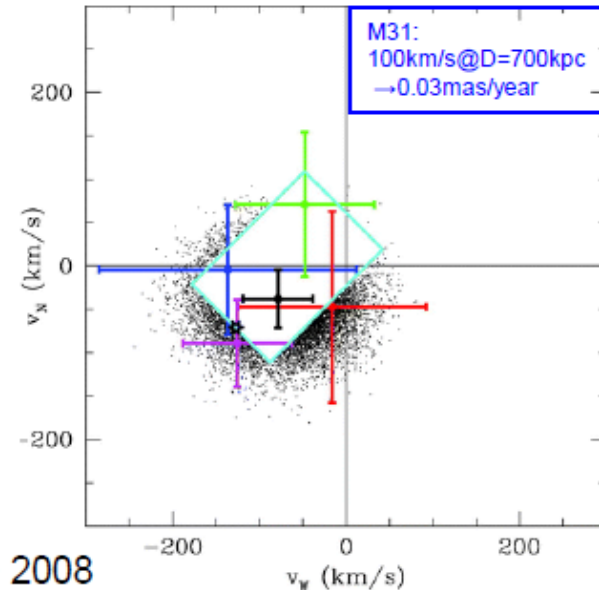
## LG銀河の固有運動測定

### • TMTの場合

- K-band回折限界:  $0''.018$
- 1pixel =  $0''.009$  の観測装置があると、
  - Centroid determination  $\sim 1/100$  pixel  $\sim 0.09$  mas
  - M31に期待される固有運動( $0.03\text{mas/year}$ )をなんとか観測可能
  - さらにTime Intervalを長く取れば精度は上がる
- 星の明るさ:  $-4 \sim 0$  mag
- M31で $20 \sim 24\text{mag}$ 程度で十分

#### 課題:

1. PSFの安定性(分割鏡の影響?)
2. Diffraction Limit で視野を稼げるか?
3. Reference (QSO)をどうやって確保するか? HSC?



Van der Marel+ 2008