

P-026

JASMINEにおける国産検 出器を搭載した場合の観 測データの再検討

矢野太平 (国立天文台)

他JASMINE チーム

本資料の概要

- 新たな検出器の搭載が検討されている。この新たな検出器におけるJASMINEの観測等級HwとI、Jとの関係や、Gaiaなど他の高精度な位置天文観測データが出てきていることを踏まえて、観測領域の天体がどの程度明らかにされてきているかなどを確認する。

1 新検出器における観測帯域での等級への変換式詳細化

2 GaiaEDR3 のデータとの比較

3 APOGEEによるNSDのJASMINEでの観測可能性

JASMINE

- 赤外線による超高精度位置天文観測
- 星の位置、距離と運動を測定し、天の川銀河の中心核構造と形成史を明らかにする。



観測波長

- 赤外線での位置天文観測衛星JASMINE は、これまでTeledyne のHgCdTe 検出器(H4RG) を候補として検討を進めてきたが、国立天文台において地上用に開発が行われてきた国産のInGaAs 近赤外検出器を宇宙用化し、JASMINEへの搭載をベースラインとする。
- Teledyne HgCdTe 検出器 : 1.1 μm から1.7 μm
- 国産 InGaAs 検出器 : 1.1 μm から1.6 μm
- JやHなどからHwへの変換式が必要だが、その変換式をより詳細に調べる。

各種カタログでのI,J,KとHwの 関係

- 銀河中心方向での赤外観測データであるVVV, 2MASS, Siriusといったカタログの各フィルタにおいてJASMINEでの観測バンドであるHwはどのようになるのかの検討をおこなった。

VVV, 2MASS, SIRIUSの各種 filter

VVVのfilterについて、Jバンドfilter、Hバンドfilterそのものの透過率データ、量子効率のデータ、大気吸収のデータが与えられている。それぞれをプロットしたのが左図。

ESO

<http://www.eso.org/sci/facilities/paranal/instruments/vircam/inst.html>

によりfilter情報を取得

青：Jバンドfilter透過率

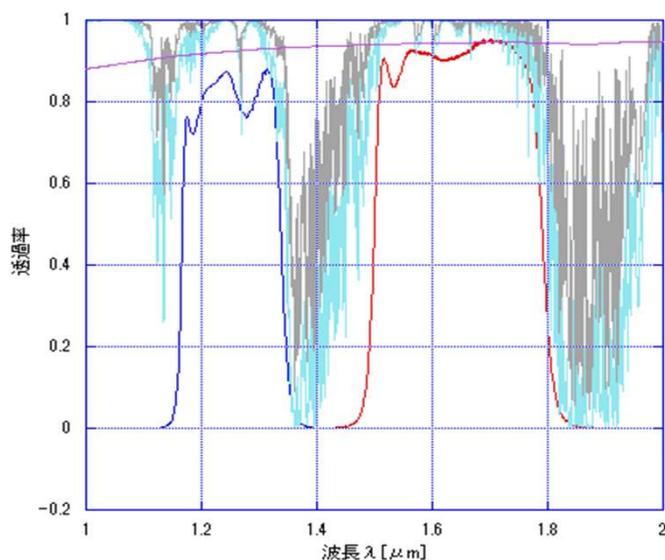
赤：Hバンドfilter透過率

紫：量子効率 (QE)

灰：大気透過率 PWV=1mm, sec z=1

水色：大気透過率 PWV=3mm, sec z=2

PWV : precipitable water vapor



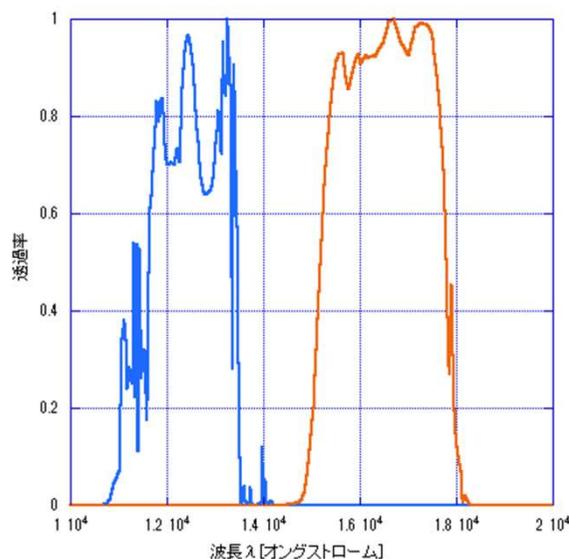
2 MASS の透過率として与えられているデータ (ピークで規格化) は量子効率、大気吸収率がすでに含まれている。

(Cohen et al.2003)

https://old.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/doc/sec6_4a.html#rsr

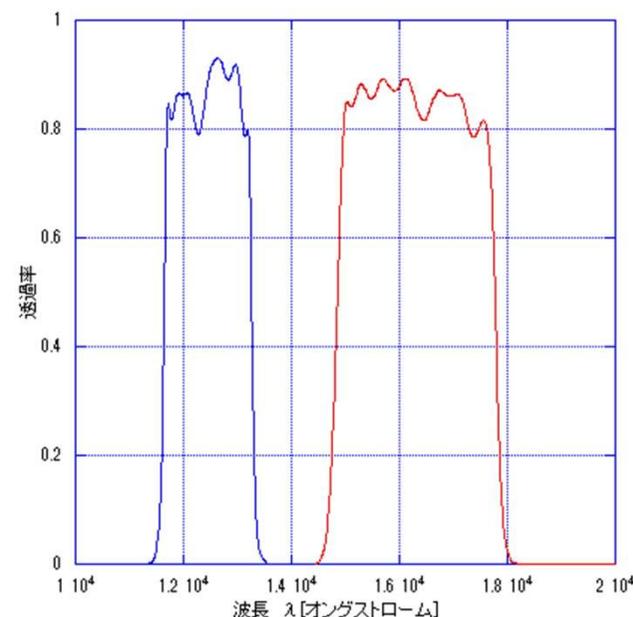
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003AJ...126.1090C/abstract>

したがってこのデータを用いてスペクトル積分を行う。



SIRIUSフィルタとなるが、データであたえられているのは純粋にフィルタの透過率のみあり、大気吸収やQEはふくまれていない。

<http://www-ir.u.phys.nagoya-u.ac.jp/~irsf/sirius/tech/index.html>



フィルタ毎の変換式Hw

◎使用データ

ESO IRスペクトラルライブラリを使用した。

http://www.eso.org/sci/observing/tools/standards/IR_spectral_library.html

吸収の取り扱い

$A_v=0\text{mag}, 15\text{mag}, 30\text{mag}, 45\text{mag}, 60\text{mag}$ を与える事で様々な吸収を受けた天体を検討。

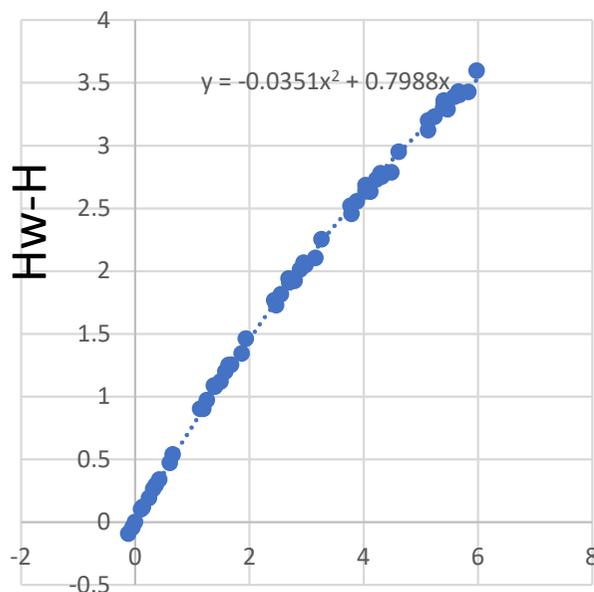
吸収係数

AJとAKから線形補間する。 $A(\lambda) = \{(\lambda - 1.2) A_k + (2.0 - \lambda) A_J\} / (2.0 - 1.2)$

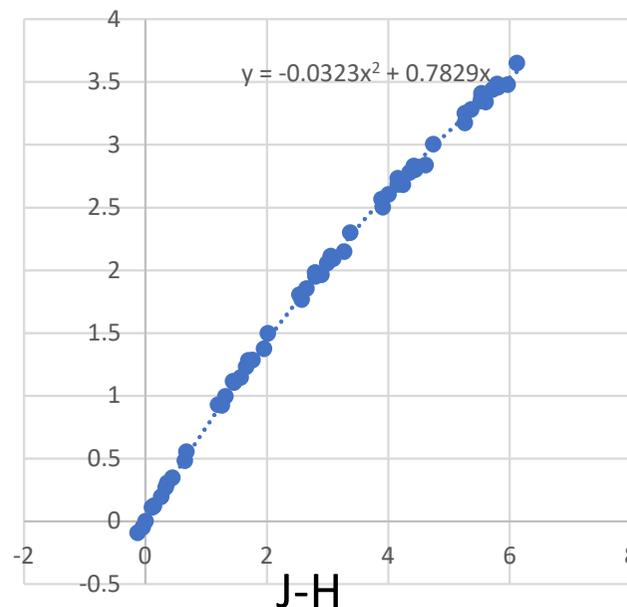
◎作業内容

VVV, 2MASS, SiriusのJ,Hフィルタを用いてそれぞれにおいてHwを見積る。それぞれのフィッティング関数を最小2乗法にて導出（最小2乗はエクセル使用）。フィッティング曲線的前提条件は2次式、原点を通る(定数項なしの2次式)曲線とした。

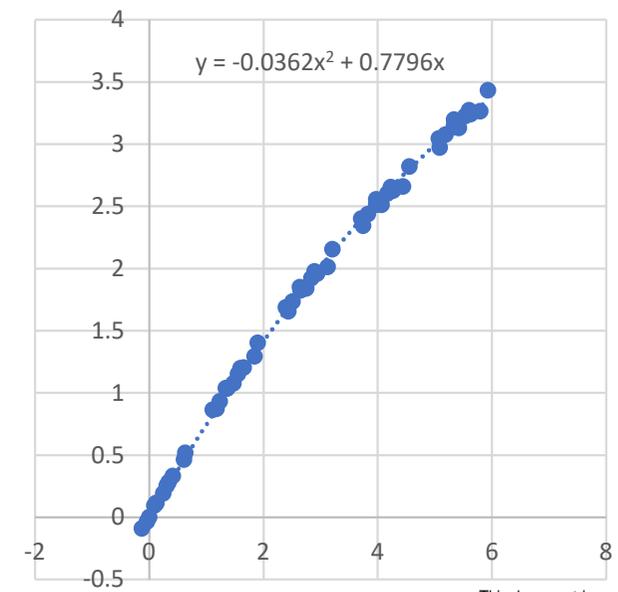
VVV filter



2MASS filter



Sirius filter



フィルタ毎の変換式Hw

- 前スライドよりHwを見積る。VVV, 2MASS, SiriusのJ,Hフィルタで求めたそれぞれのHw変換式は以下の通り。

| | | |
|---------|--------------------------------------|----------------|
| VVV: | $Hw^2=0.7988J+0.2012H-0.0315(J-H)^2$ | $\sigma=0.033$ |
| 2MASS: | $Hw^2=0.7829J+0.2171H-0.0323(J-H)^2$ | $\sigma=0.035$ |
| Sirius: | $Hw^2=0.7796J+0.2204H-0.0326(J-H)^2$ | $\sigma=0.063$ |

$$\delta(i) = \text{data}(i) - \text{fitting}(i)$$

$$\sigma = \sqrt{\langle \delta(i)^2 \rangle - \langle \delta \rangle^2}$$

それぞれのカatalogにおけるHwへの変換式を導出した。ただし、それぞれの式の違いは小数点2位以下のみである。

GaiaEDR3 との比較

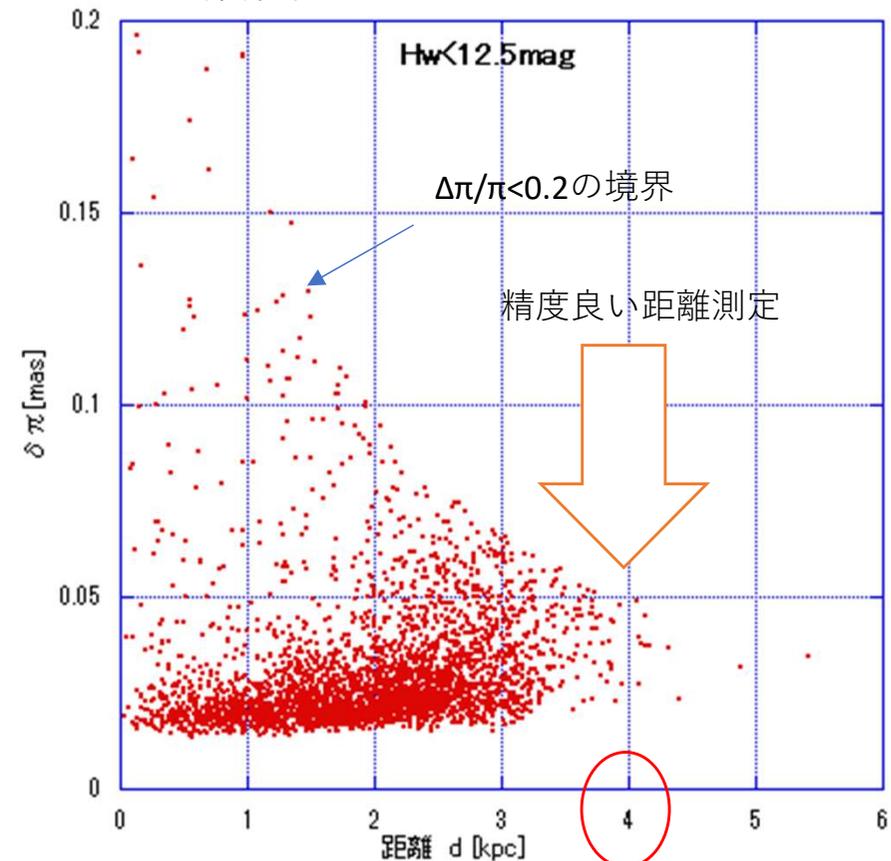
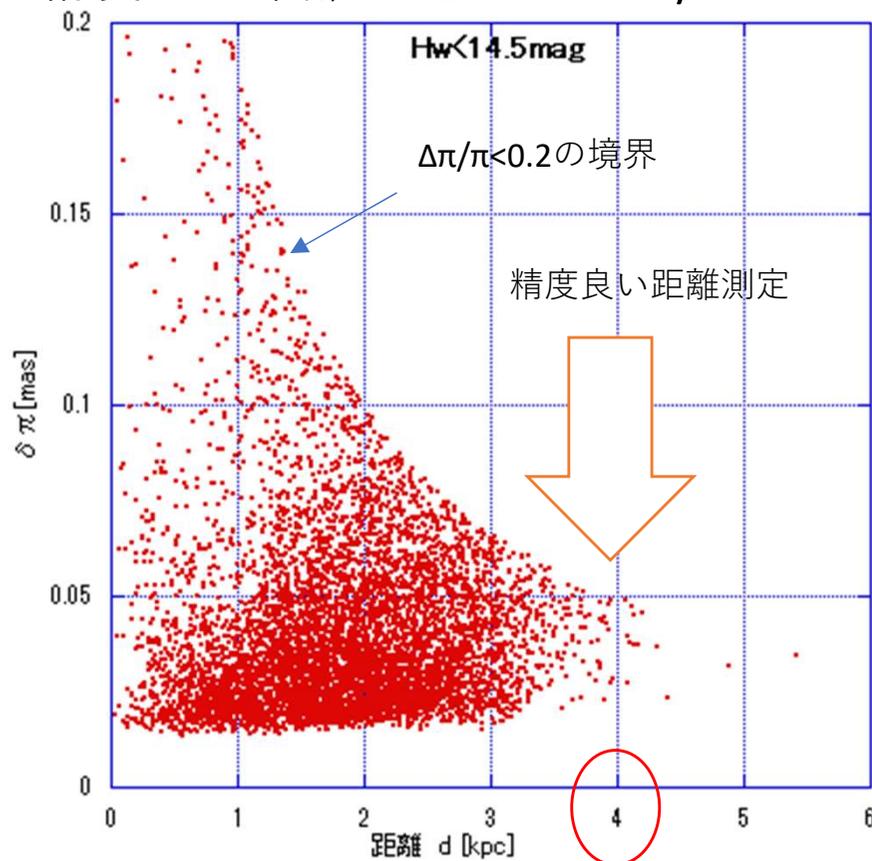
- GaiaではGaiaEDR3もreleaseされた。
- GaiaEDR3でどこまで観測されているか、我々のこれまでの検討と無矛盾なのかを検討する。

GaiaEDR3でどの距離あたりまで測定できているか

GaiaEDR3&2MASSマッチングデータ

銀河中心領域半径0.7度円内

精度よく距離測定できる $\Delta\pi/\pi < 0.2$ のデータを抽出

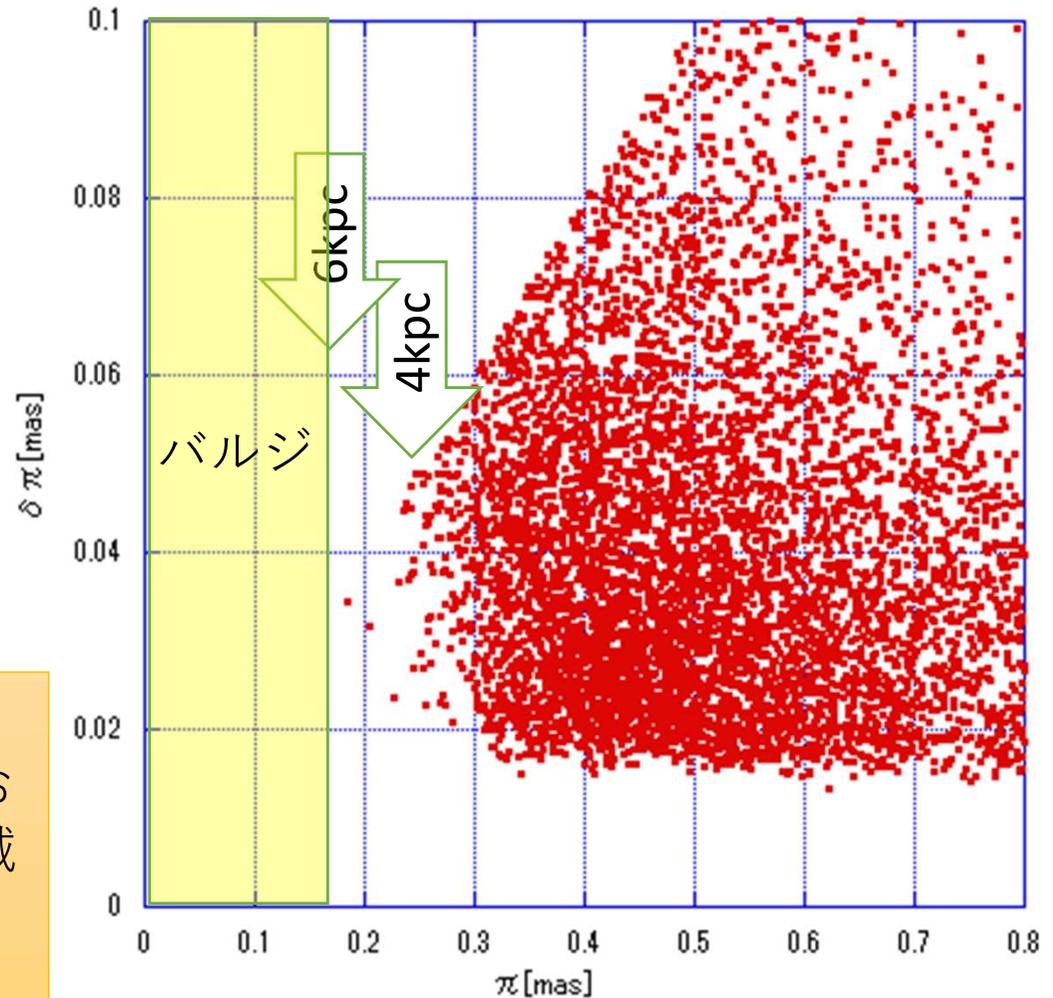


$d < 4$ kpc程度まで距離測定ができています。

精度よく観測されるバルジ天体は存在するか

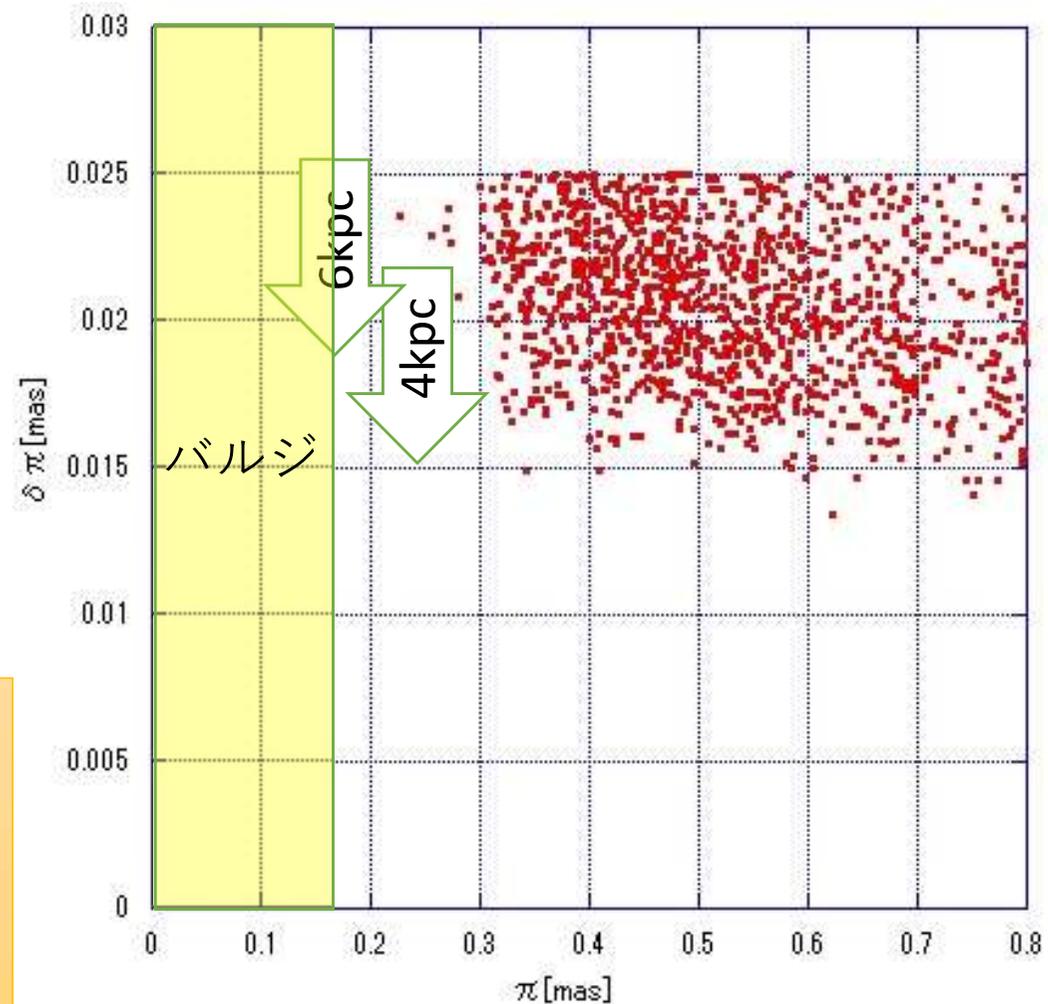
JASMINIE観測領域全体
精度よく距離測定できる
 $|\Delta\pi/\pi| < 0.2$ のデータを抽出

おおよそ4kpc程度まで観測されており、精度よく測定されるバルジ領域の天体は存在しない。



精度よく観測されるバルジ天体は存在するか

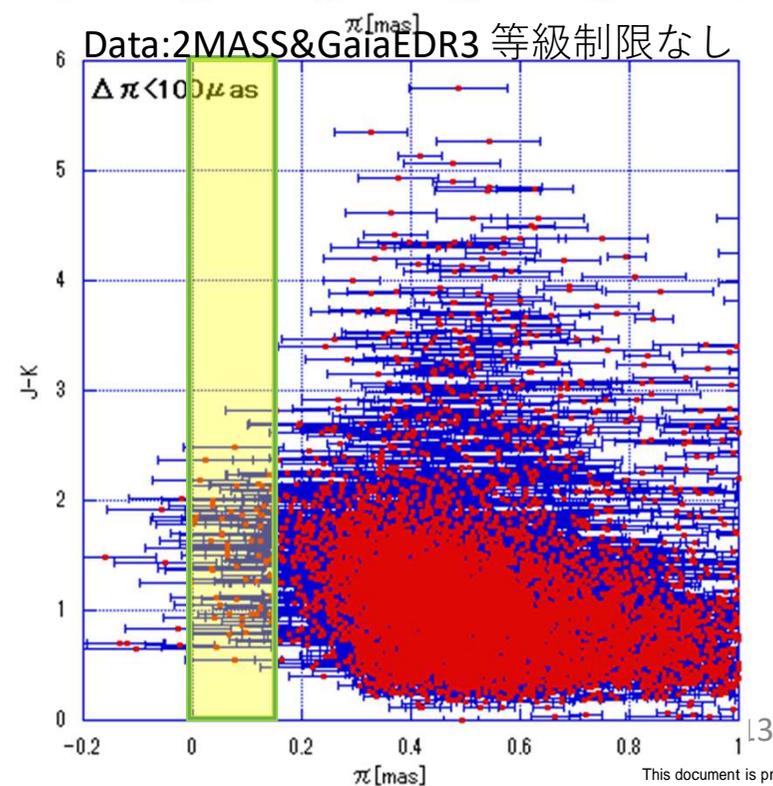
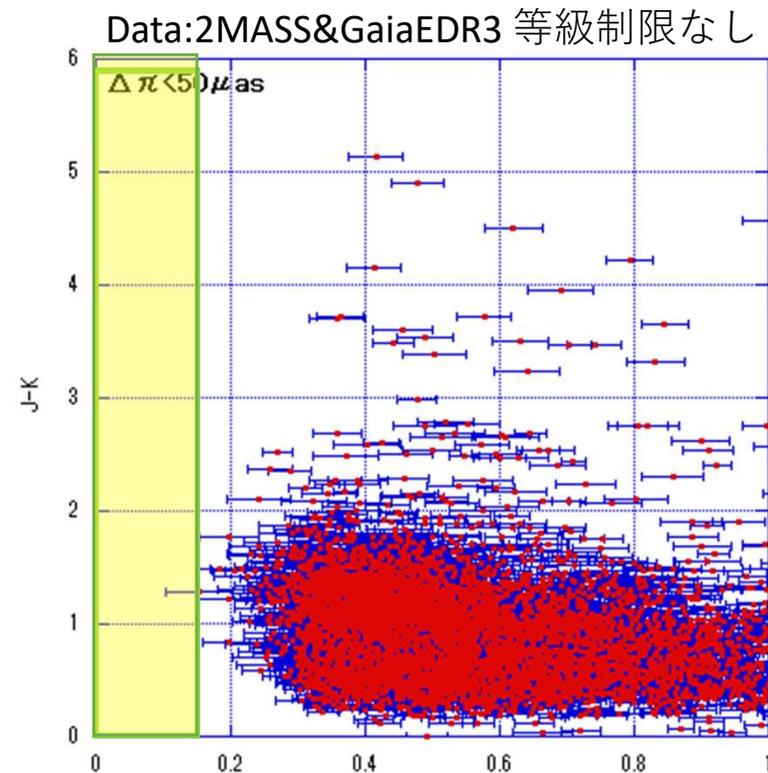
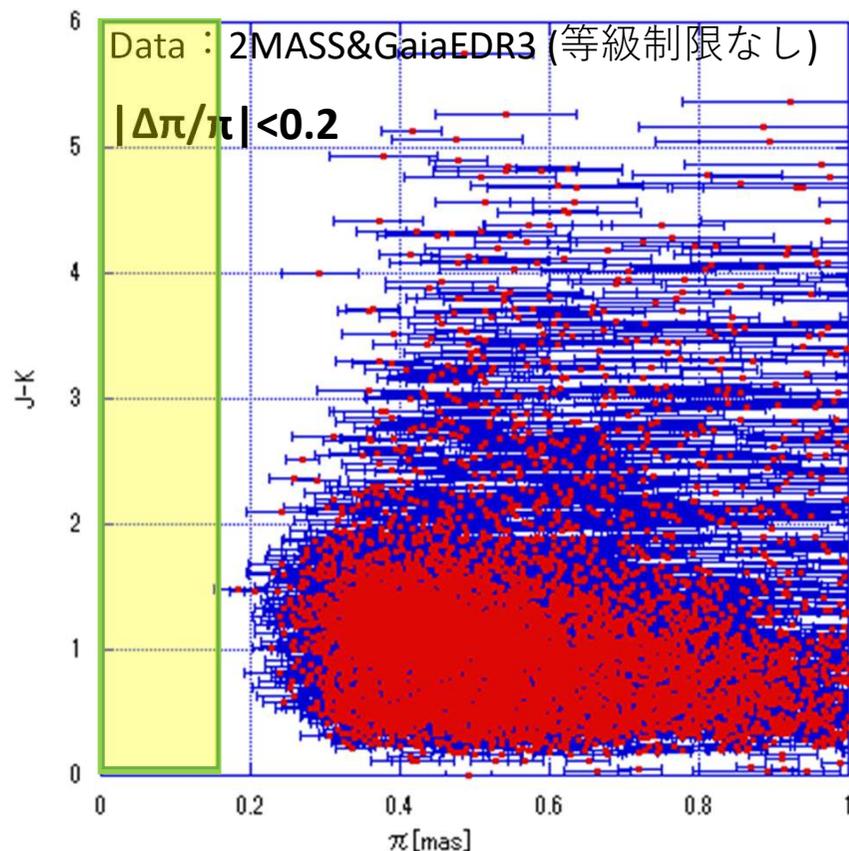
JASMINIE観測領域全体
精度よく距離測定できる
 $\Delta\pi < 25\mu\text{mas}$ のデータを抽出



精度よく測定されるバルジ領域の天体は存在しない。

年周視差とJ-K(選別)

2MASS&GaiaEDR3 JASMINE全観測領域において、年周視差 π vs J-Kに対し $|\Delta\pi/\pi| < 0.2$ なるものを選別した(左図) また、 $\Delta\pi < 50\mu\text{as}$ の選別(右上)、 $\Delta\pi < 100\mu\text{as}$ (右下)を記した。



精度よく年周視差が求められる $|\Delta\pi/\pi| < 0.2$ (左図)、あるいは $\Delta\pi < 50\mu\text{as}$ (右上)において、バルジ天体($\pi < 0.16\text{mas}$)は存在しない。 $\Delta\pi < 100\mu\text{as}$ では若干天体があるが、エラーバーの大きさからして偶然に $\pi < 0.16\text{mas}$ に入っている可能性が高い。

APOGEEでNSDが観測された天体はJASMINEで観測されるか

Schönrich et al.(2015)において、銀河中心においてNSDの回転がしめされた。右図。

このデータで、JASMINEで観測される天体が本当に存在するかを調べる。

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 812:L21 (5pp), 2015 October 20

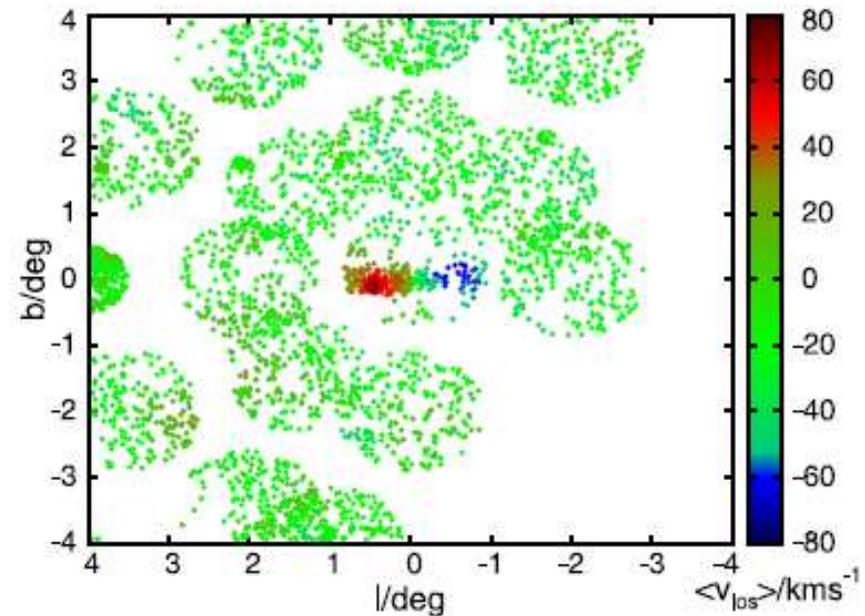


Figure 1. Overview of APOGEE stars (colored dots) near the Galactic center in Galactic longitude l and latitude b . Colors represent the mean line-of-sight velocity v_{los} of each star and its closest 29 neighbors. Note the division into plates/fields and the clear dipole structure in v_{los} around the Galactic center.

データはAPOGEE

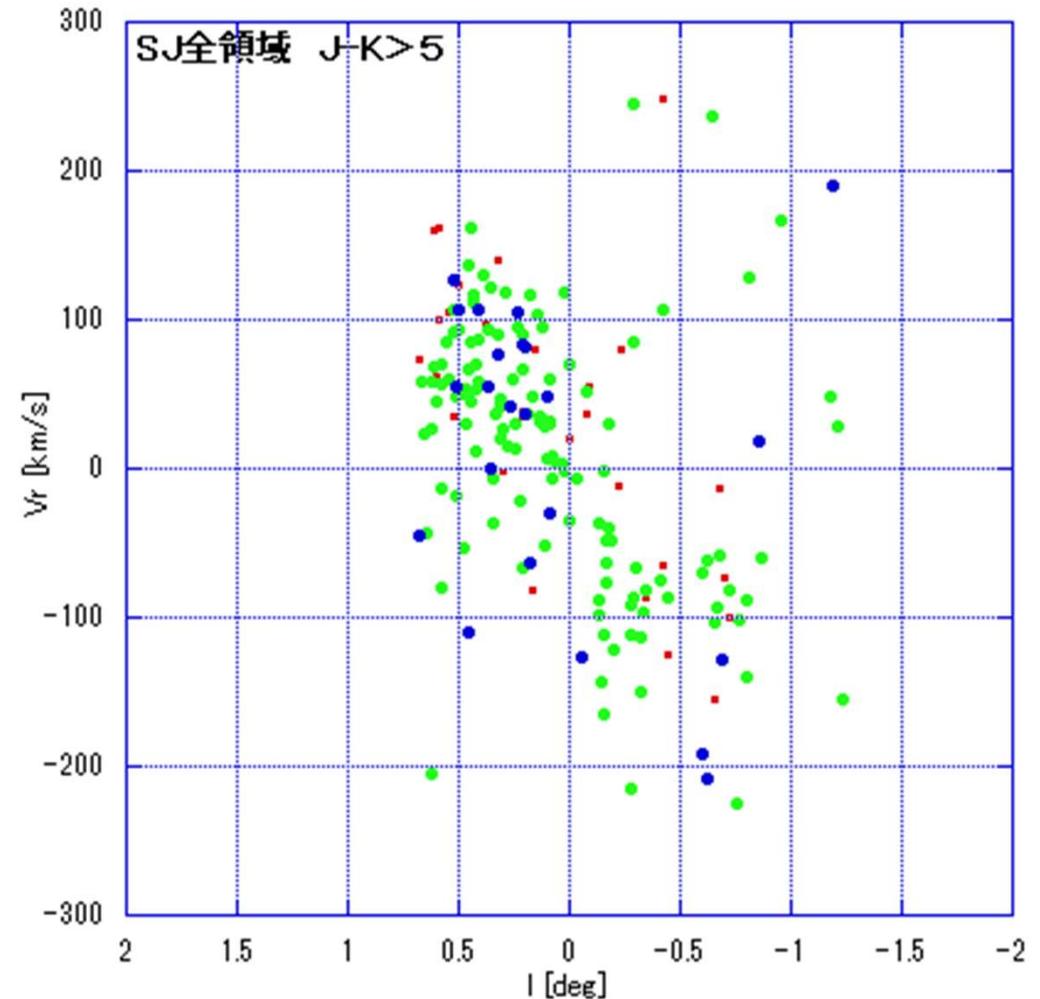
データのヘッダー情報は

https://data.sdss.org/datamodel/files/APOGEE_ASPCAP/APRED_VERS/ASPCAP_VERS/allStar.html

JASMINE領域でのAPOGEEでの天体の運動と個数

- APOGEE
- SJ全領域抽出
- J-K>5 抽出
($A_k > \sim 3$ に相当)
- 等級制限なし 179
- $H_w < 14.5\text{mag}$ 147
- $H_w < 12.5\text{mag}$ 23

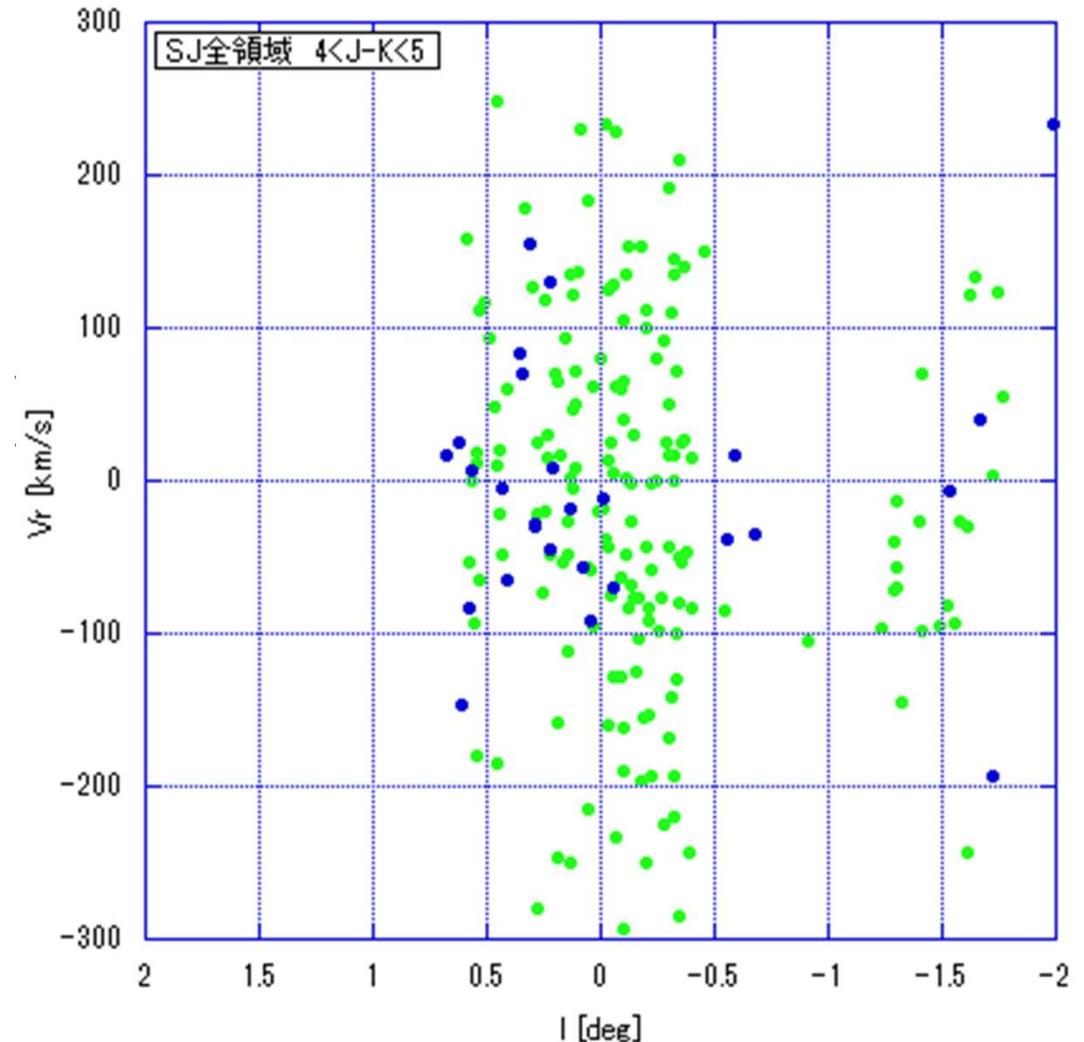
クリアに回転成分が見られる。そうした天体は $H_w < 12.5\text{mag}$ では少数だが、 $H_w < 14.5\text{mag}$ までとるとAPOGEEで観測されているほとんどの天体を網羅する。



JASMINE領域でのAPOGEEでの天体の運動と個数

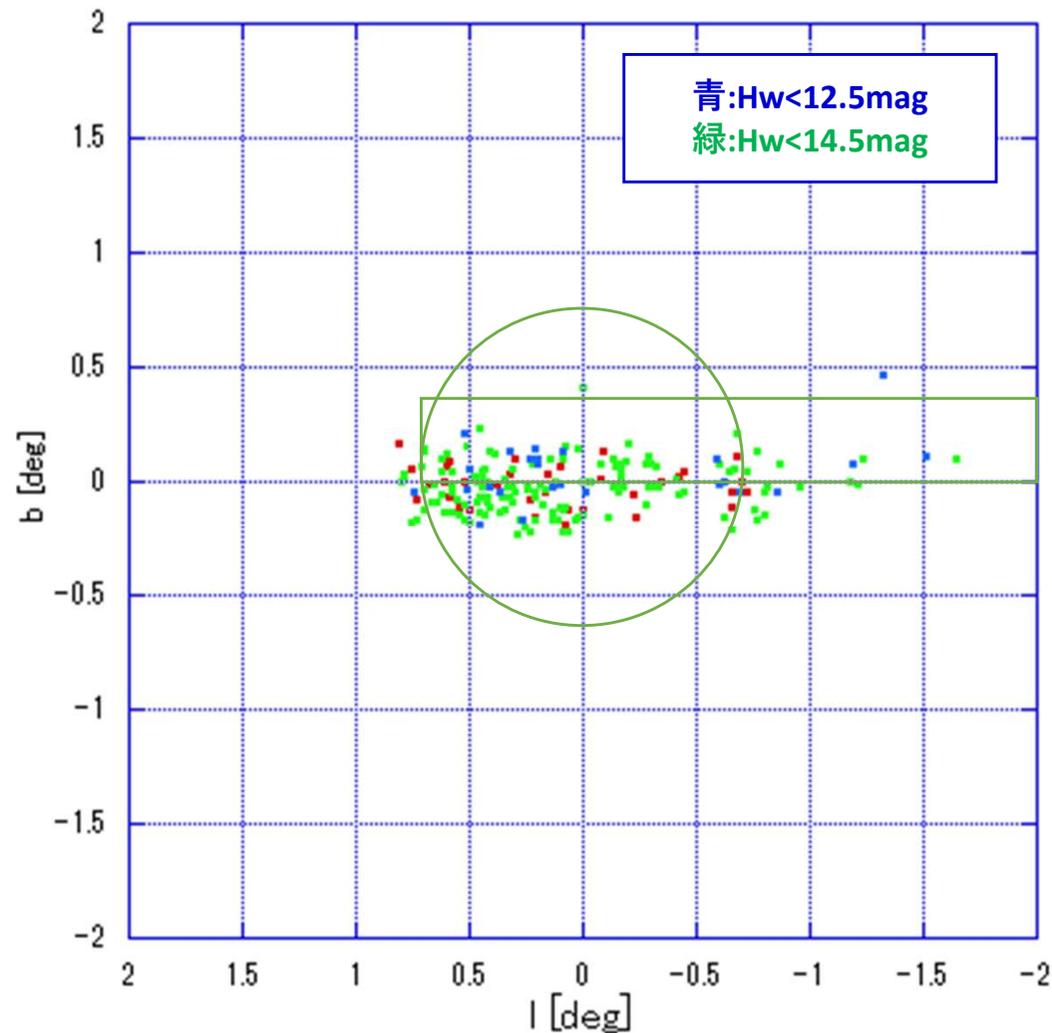
- APOGEE
- SJ全領域抽出
- $4 < J-K < 5$ 抽出
(およそ $2 < A_K < 3$ に相当)
- 等級制限なし 201
- $H_w < 14.5 \text{ mag}$ 201
- $H_w < 12.5 \text{ mag}$ 28

回転成分がほとんど見られなくなる。

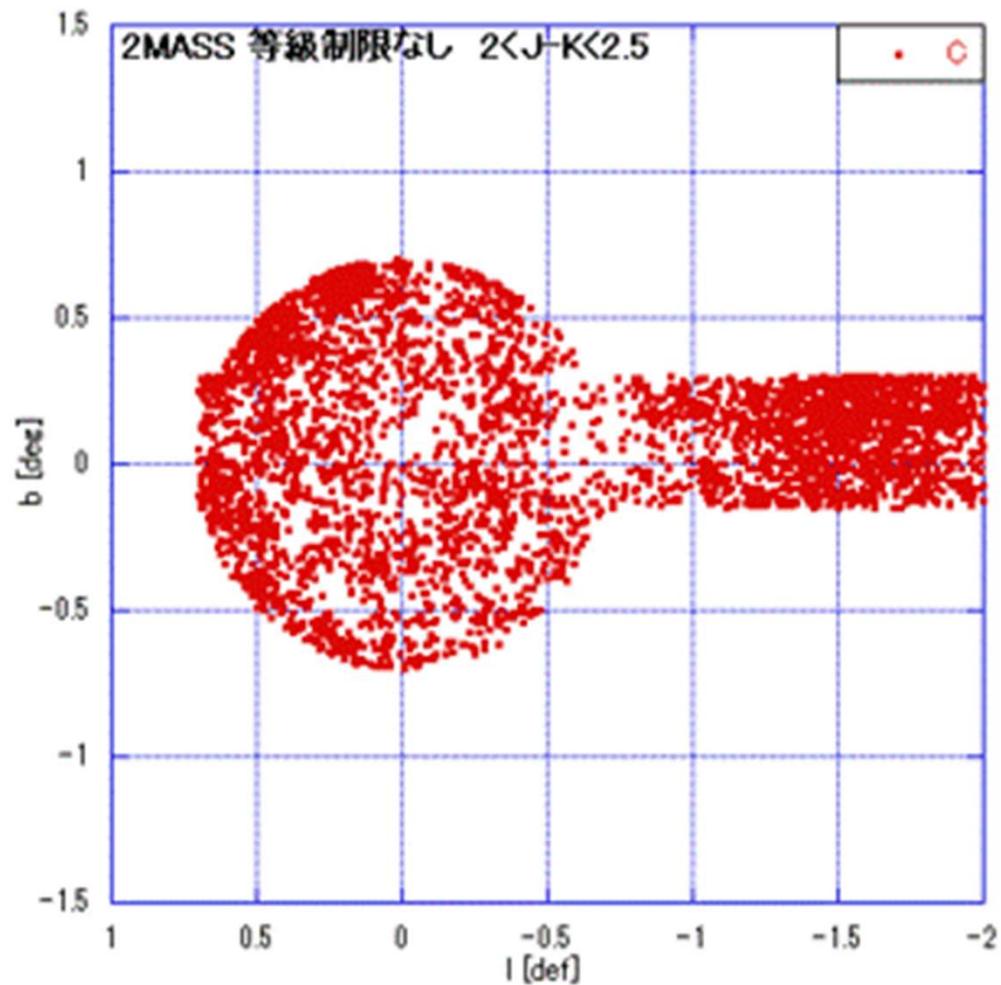


APOGEEでNSDが観測された天体は JASMINEで観測されるか

Ak>3 (J-K>5に相当)の天体をプロット (本資料のAPOGEEデータにおいてAk_wiseと記しているもの)。



J-K毎のJASMINE観測領域の 天体分布



領域1,2の等級,J-K,個数関係

J-Kの範囲毎の等級天体個数関係を示す。個数は2MASS,VVVデータを用い、 $\max(2MASS,VVV)$ で評価表において、赤は2MASS、青はVVVのデータ

領域1 銀河中心まわり半径0.7deg円

| max(2mass,VVV) | | | |
|----------------|-------|-------|-------|
| 等級 | 全体 | J-K>3 | J-K>5 |
| 12.5 | 8809 | 4188 | 241 |
| 12.6 | 9802 | 4840 | 285 |
| 12.7 | 11052 | 5567 | 350 |
| 12.8 | 12455 | 6399 | 427 |
| 12.9 | 14049 | 7379 | 544 |
| 13 | 15888 | 8497 | 669 |
| 13.1 | 17791 | 9661 | 831 |
| 13.2 | 19975 | 10928 | 1006 |
| 13.3 | 22425 | 12300 | 1200 |
| 13.4 | 25028 | 13809 | 1455 |
| 13.5 | 27880 | 15484 | 1768 |
| 13.6 | 31003 | 17260 | 2114 |
| 13.7 | 34405 | 19117 | 2521 |
| 13.8 | 38206 | 21128 | 2920 |
| 13.9 | 42233 | 23252 | 3414 |
| 14 | 46507 | 25470 | 3898 |
| 14.1 | 51276 | 27815 | 4440 |
| 14.2 | 56336 | 30280 | 5000 |
| 14.3 | 61859 | 32784 | 5598 |
| 14.4 | 67750 | 35469 | 6249 |
| 14.5 | 74126 | 39108 | 6946 |

領域2 $-2 < l < 0.7 \text{deg}$, $0 < b < 0.3 \text{deg}$

| max(2mass,VVV) | | | |
|----------------|-------|-------|-------|
| 等級 | 全体 | J-K>3 | J-K>5 |
| 12.5 | 4533 | 2444 | 131 |
| 12.6 | 5108 | 2841 | 162 |
| 12.7 | 5734 | 3257 | 204 |
| 12.8 | 6445 | 3731 | 237 |
| 12.9 | 7220 | 4295 | 283 |
| 13 | 8223 | 4914 | 358 |
| 13.1 | 9274 | 5623 | 432 |
| 13.2 | 10502 | 6324 | 510 |
| 13.3 | 11800 | 7138 | 613 |
| 13.4 | 13182 | 7996 | 737 |
| 13.5 | 14656 | 8929 | 878 |
| 13.6 | 16262 | 9884 | 1052 |
| 13.7 | 18040 | 10890 | 1223 |
| 13.8 | 20000 | 12025 | 1407 |
| 13.9 | 22088 | 13161 | 1650 |
| 14 | 24438 | 14393 | 1894 |
| 14.1 | 26951 | 15762 | 2140 |
| 14.2 | 29716 | 17090 | 2396 |
| 14.3 | 32609 | 18528 | 2699 |
| 14.4 | 35724 | 19981 | 3009 |
| 14.5 | 39184 | 21529 | 3316 |

2MASS個数と2MASS&VVVの個数

領域1：銀河中心半径0.7deg以内

領域2： $-2 < l < 0.7 \text{deg}$, $0 < b < 0.3 \text{deg}$ 以内

| 領域1 | | |
|-----|--------------|-----------|
| J-K | Hw<12.5mag個数 | |
| | 2MASS | 2MASS&VVV |
| 2 | 5110 | 5590 |
| 3 | 4186 | 4465 |
| 4 | 1677 | 1759 |
| 5 | 241 | 253 |
| 6 | 19 | 19 |
| 7 | 4 | 4 |
| 8 | 0 | 0 |

| 領域1 | | |
|-----|--------------|-----------|
| J-K | Hw<14.5mag個数 | |
| | 2MASS | 2MASS&VVV |
| 2 | 44408 | 57606 |
| 3 | 38084 | 48063 |
| 4 | 23035 | 27607 |
| 5 | 6937 | 8000 |
| 6 | 973 | 1147 |
| 7 | 57 | 79 |
| 8 | 3 | 5 |

2MASS & VVVにおいて
は、
2MASSに加え、2MASSで
観測されず、VVVのみで
観測されているものを
追加したものを。

| 領域2 | | |
|-----|--------------|-----------|
| J-K | Hw<12.5mag個数 | |
| | 2MASS | 2MASS&VVV |
| 2 | 3058 | 3336 |
| 3 | 2444 | 2576 |
| 4 | 1060 | 1115 |
| 5 | 131 | 137 |
| 6 | 10 | 10 |
| 7 | 1 | 1 |
| 8 | 0 | 0 |

| 領域2 | | |
|-----|--------------|-----------|
| J-K | Hw<14.5mag個数 | |
| | 2MASS | 2MASS&VVV |
| 2 | 25563 | 33261 |
| 3 | 21516 | 26907 |
| 4 | 13251 | 15630 |
| 5 | 3310 | 3714 |
| 6 | 373 | 441 |
| 7 | 17 | 27 |
| 8 | 1 | 2 |

$$2\text{mass} : Hw=0.7829J+0.2171H-0.0323*(J-H)**2$$

$$VVV : Hw=0.7988J+0.2012H-0.0351*(J-H)**2$$

まとめ

• 観測帯域での等級への変換式詳細化

⇒波長幅が少なくなる効果、長波長側で非線形の効果も含め、2MASS, VVVなど観測装置ごと変換式がどうなるのか、より詳細に検討し変換式を作成した。

• GaiaEDR3 など他のデータの検討

• Gaiaで観測される天体で高精度に距離測定できているのは4kpc程度である。

• Gaiaで年周視差が精度よく測定されているバルジ天体は存在しない。

• APOGEEの観測データより銀河系中心核NSDの天体はJ-K>5にもおよぶ。そうした天体もJASMINEで観測される。