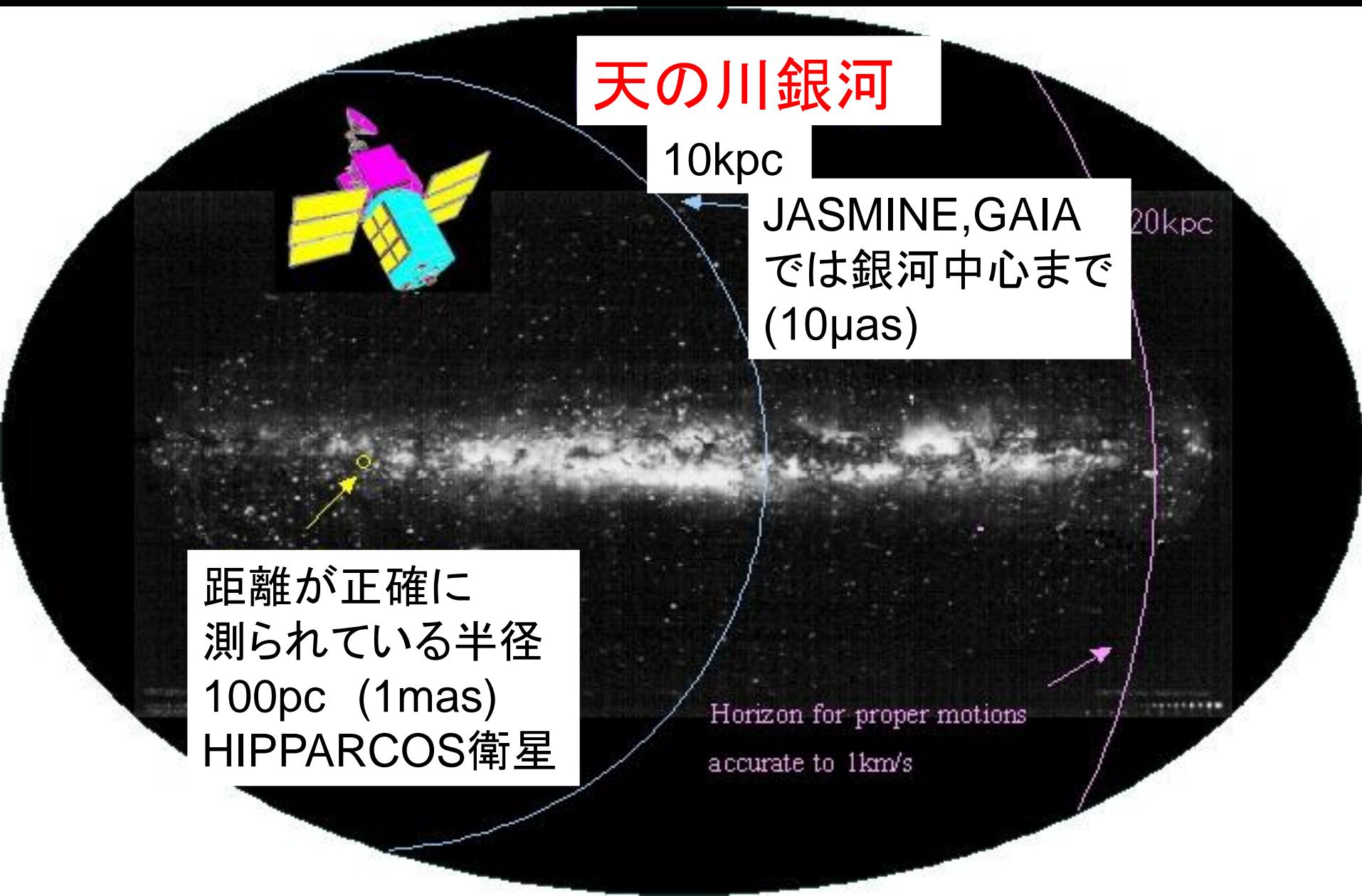


位置天文衛星Gaiaの現状とNano-JASMINEとのCollaboration

西亮一(新潟大学)

位置天文衛星による恒星の位置と距離の測定



JASMINEサイエンスワーキンググループ

小型JASMINE(+Nano-JASMINE)に関する
サイエンスアドバイスを検討。

衛星側とは独立に、コミュニティメンバー有志で
グループを形成。衛星側と密着して今後議論。

ワーキンググループ代表：梅村雅之（筑波大）

副代表：西 亮一（新潟大）(N-J主担当)

副代表：浅田秀樹（弘前大）

副代表：長島雅裕（長崎大）

Gaiaについて

★Gaia:ESAの位置天文衛星

- ・2013年12月打ち上げ
- ・2014年7月19日より本観測
- ・2022年に最終カタログ公開予定



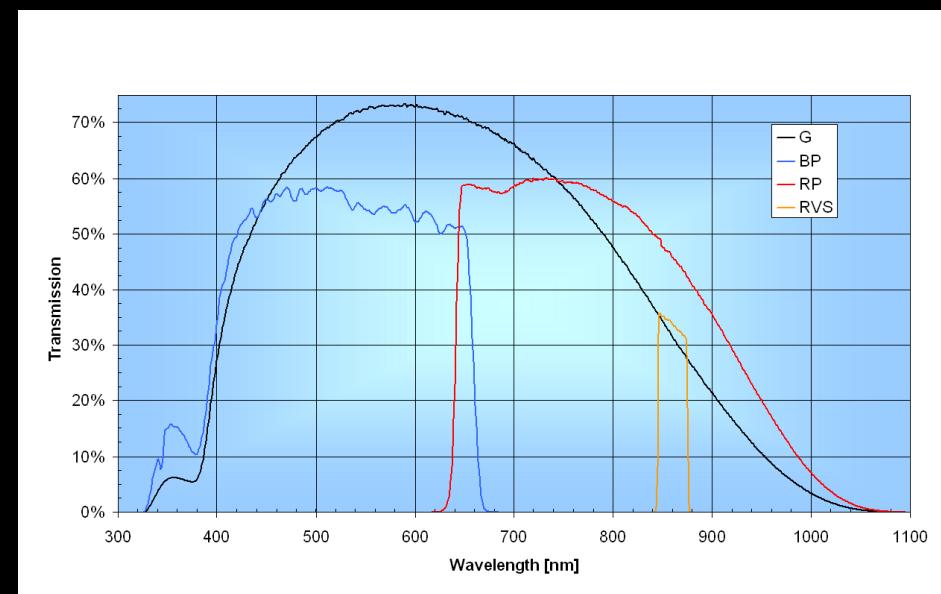
可視光で全天サーベイ(20等級までの10億個)

Gバンド($0.33 - 1.0\mu$), $6 \text{ mag} < G < 20 \text{ mag}$

* Gaiaは、明るい星が
測定できない



Nano-JASMINEが補完！
* 最終的に2つのカタログを
マージしたアーカイブを作成予定



Gaia launch and orbit

(credit: EADS Astrium)

5 - 6 years of (almost) continuous observation

Lissajous orbit around L_2
~1 orbit correction per month

~1 month transfer orbit to L_2

L_2 , $a = 1.01$ AU

Soyuz/Fregat launch from Kourou (French Guyana)

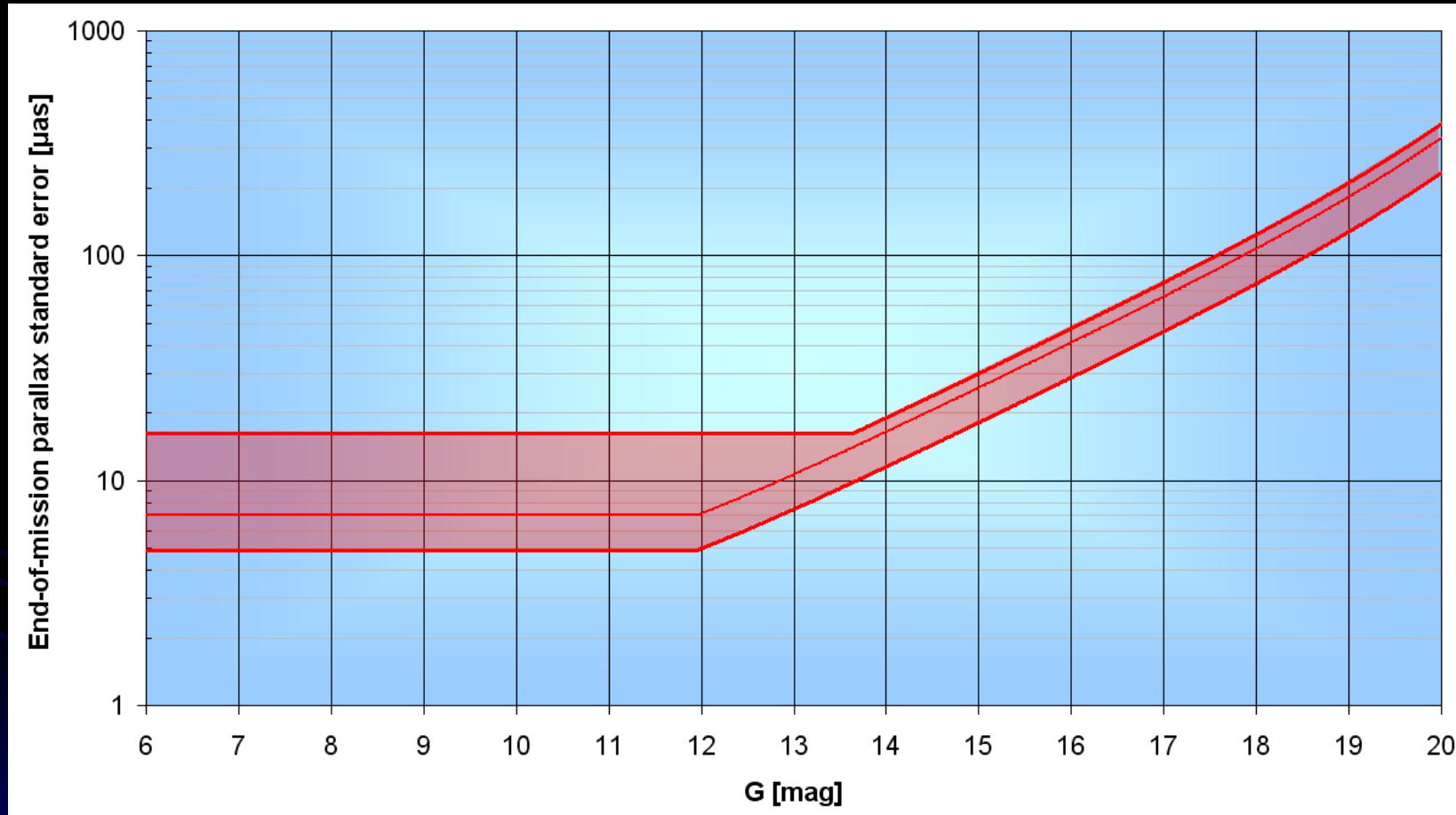
Earth-Moon barycentre, $a = 1$ AU

Sun - Earth line



Gaia: expected astrometric accuracy

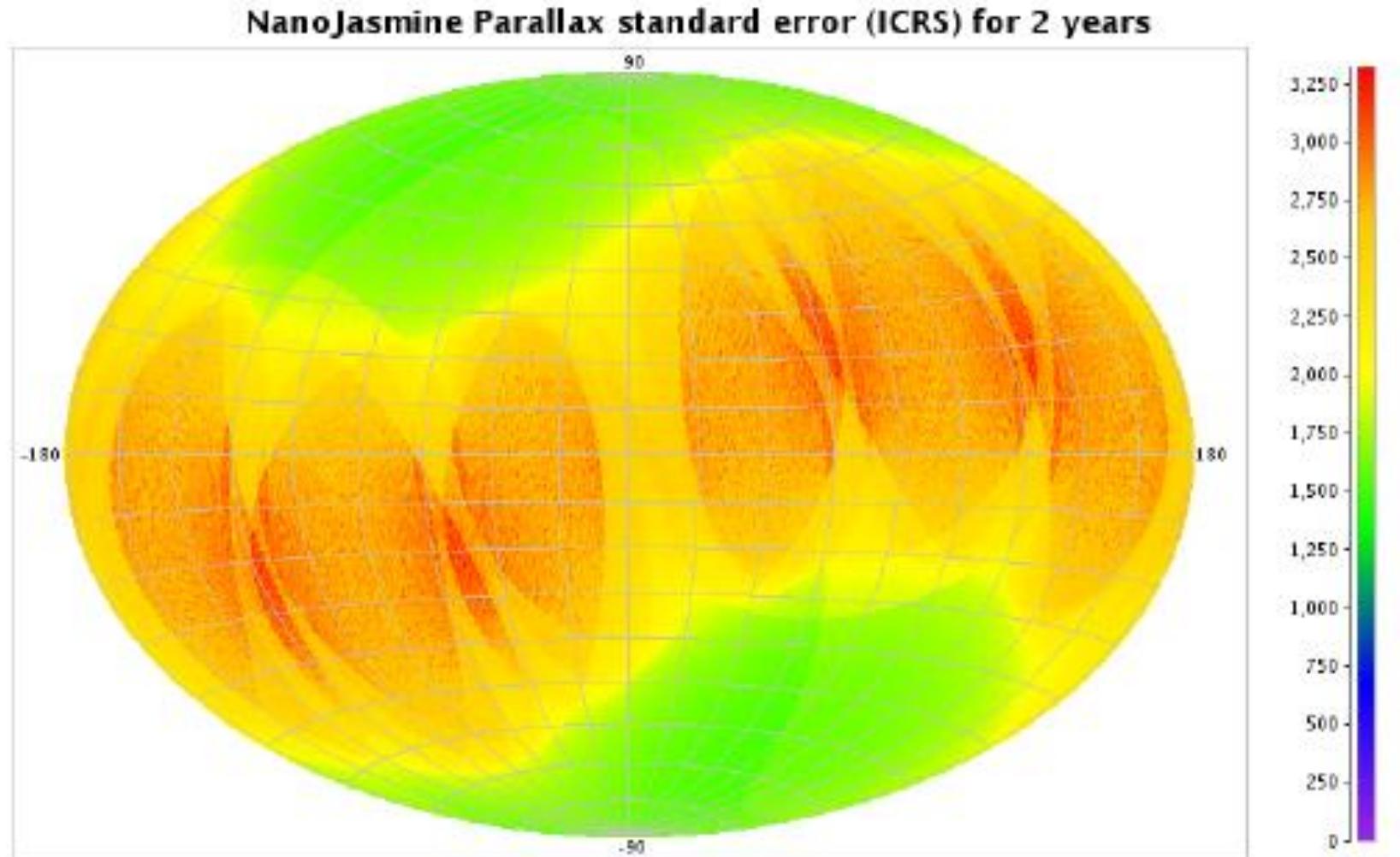
約5年間のミッション期間終了後の年周視差の最終精度



The predicted errors vary over the sky... (∴ 場所により観測回数が異なる)

10 kpcの恒星の距離を10%の精度で

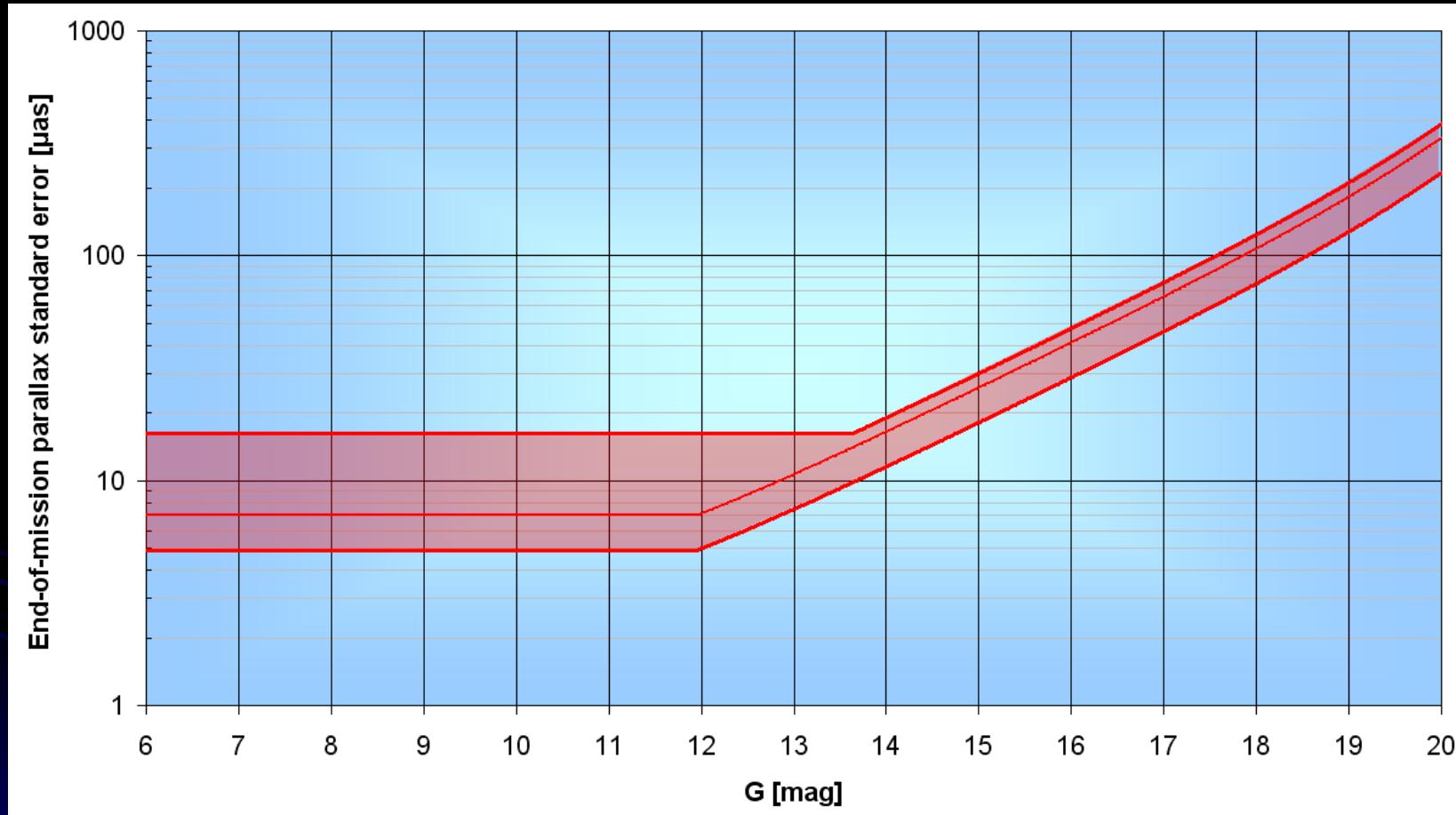
星の場所と精度(年周視差)



Plot 3. - Standard Error Plot for the Parallax

Gaia: expected astrometric accuracy

約5年間のミッション期間終了後の年周視差の最終精度



The predicted errors vary over the sky... (∴ 場所により観測回数が異なる)

10 kpcの恒星の距離を10%の精度で

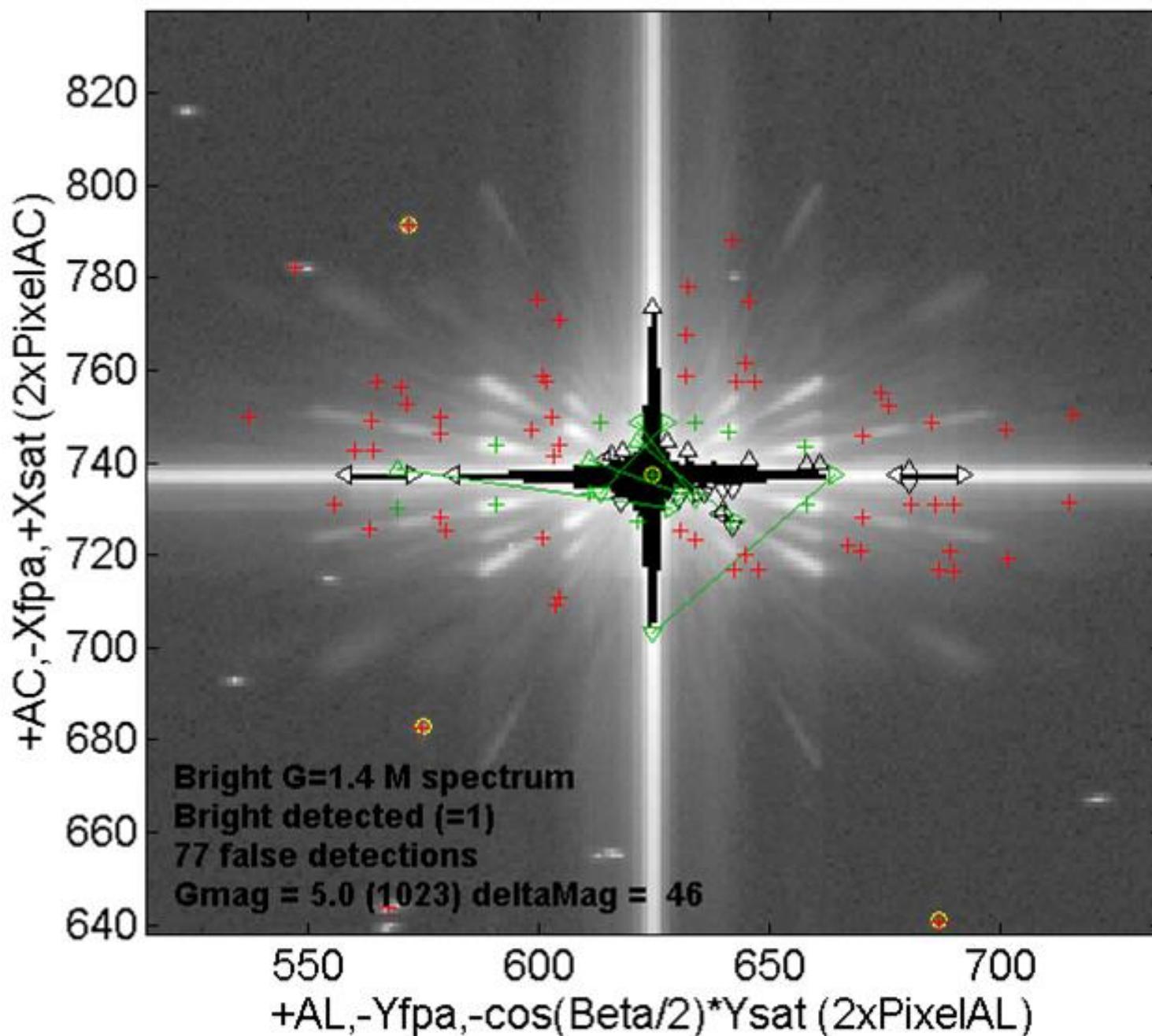
Gaia カタログリース予定

打ち上げ(L): 2013年12月 + 経過月数

- L+22m positions, G-magnitudes, proper motions to Hipparcos stars, ecliptic pole data
- L+28m + first 5 parameter astrometric results, bright star radial velocities, integrated BP/RP photometry, (astrophysical parameters)
- L+40m + BP/RP data, some RVS spectra, astrophysical parameters, orbital solutions for short period binaries
- L+65m + variability, solar system objects

2016年夏に
延期

Output_1_0.190_60.000_M_1.4_+0.00_+0.00\ - Param#3



JASMINE

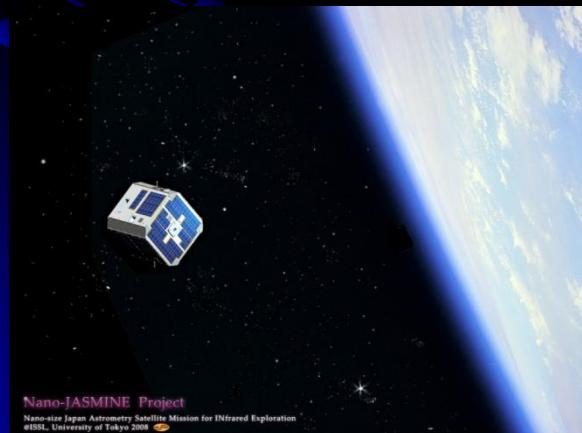
(赤外線位置天文観測衛星)

計画シリーズ

---Japan Astrometry Satellite Mission for INfrared Exploration---

国立天文台JASMINE検討室(郷田教授)の資料から

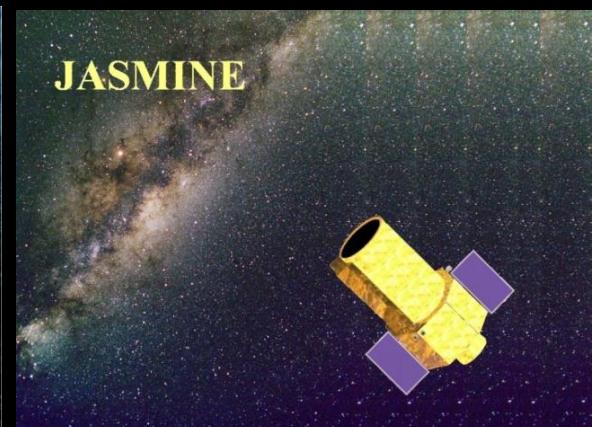
Nano-JASMINE

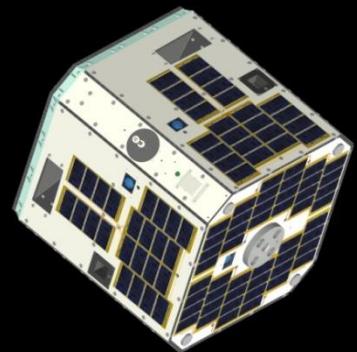


小型 JASMINE



中型JASMINE





Nano-JASMINE計画

超小型衛星を用いた日本初のスペースアストロメトリ

* 主鏡口径5cmの望遠鏡、約50cm立方、質量35kg 程度の衛星

* ヒッパルコスと同程度の精度で全天サーベイ

zw-band(中心波長0.8ミクロン) 年周視差の誤差 $3\text{mas}@zw=7.5$
固有運動の精度向上(ヒッパルコスカタログと組み合わせ)

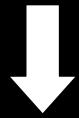
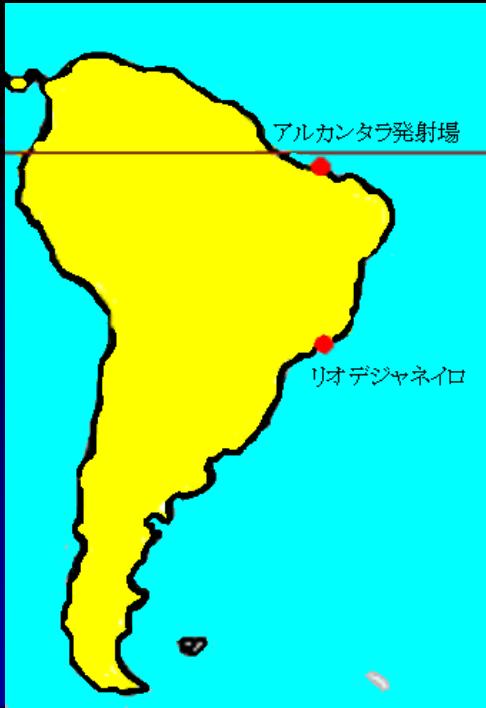
$\sim 0.1\text{mas/year}$

* ヒッパルコスでは見られなかったバルジ星(数千個)を含む、
z-bandの新しい絶対座標系カタログ

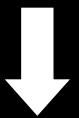
* 恒星の定期的なモニター： 恒星物理、変光星

打ち上げ

Nano-JASMINEがウクライナのサイクロンー4ロケットを用いて2011年8月にブラジルアルカンタラ発射場から打ち上げ予定



2012年2月に
打ち上げ延期



2015年12月以降



サイクロンー4ロケット

© SDO Yuzhnoye

Nano-JASMINEの優位性？

- 2013年12月Gaia打上
- 2022年Gaia最終カタログ
- 2015年末以降Nano-JASMINE打上
- 2018年頃 Nano-JASMINE最終カタログ
ファーストカタログは良くて同時期
⇒観測時期の優位性はない
- GaiaはG-band観測 $G > 6\text{mag}$
⇒(肉眼で)夜空に見えているような星は観測されない。
⇒Nano-JASMINEで明るい星を観測すれば、Gaiaで
観測出来ない星について独自性を発揮できる。

Nano-JASMINEはどこまで明るい星 を観測できるのか

- zw=7.5magを基準の観測等級としている。
- zw=4.6magでサチる。

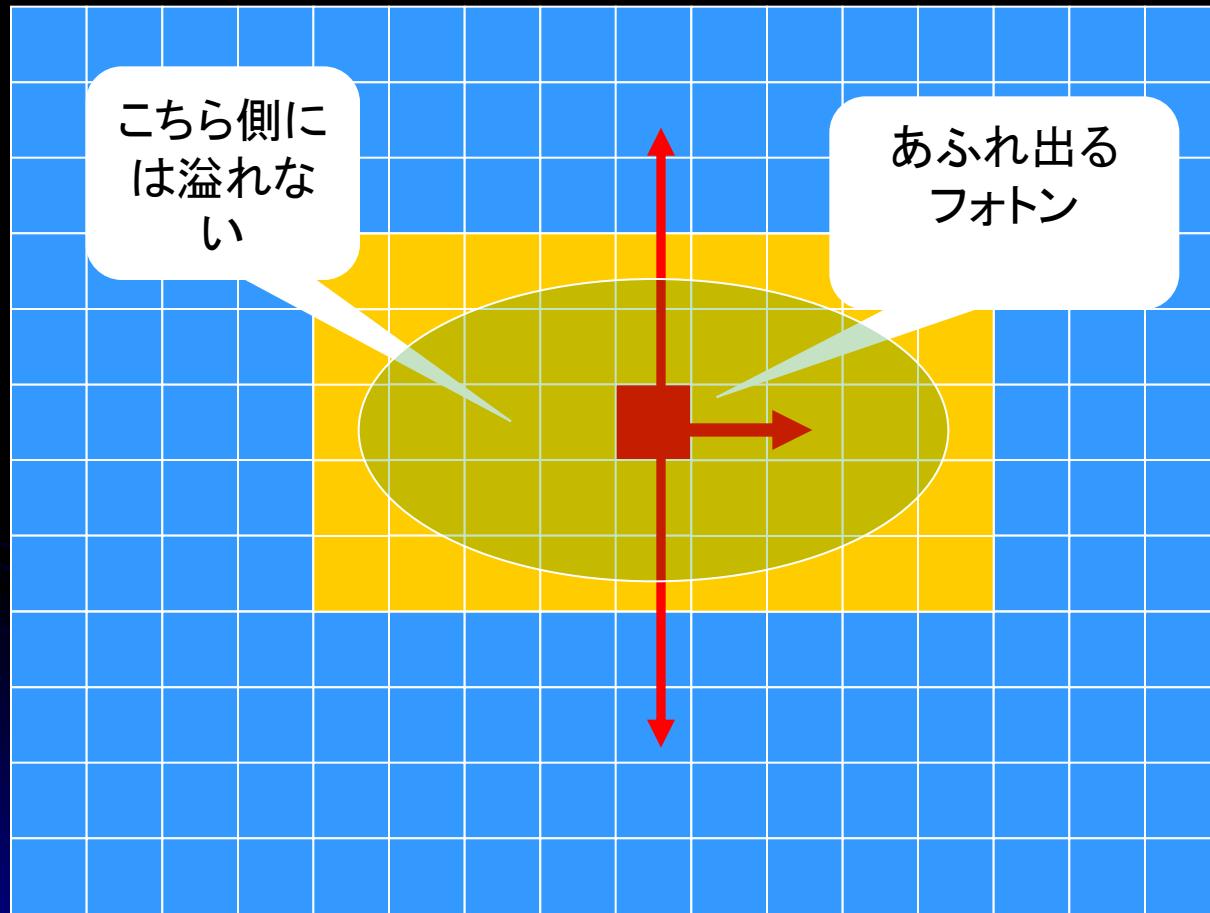
⇒zw=4.6magまでは問題なく観測できる。

⇒それ以上の明るい星zw<4.6magについては？

明るい星の観測方法

- 溢れたフォトンはさけて溢れていない領域を用いて位置測定を行う。

溢れるフォトンはどこへ？



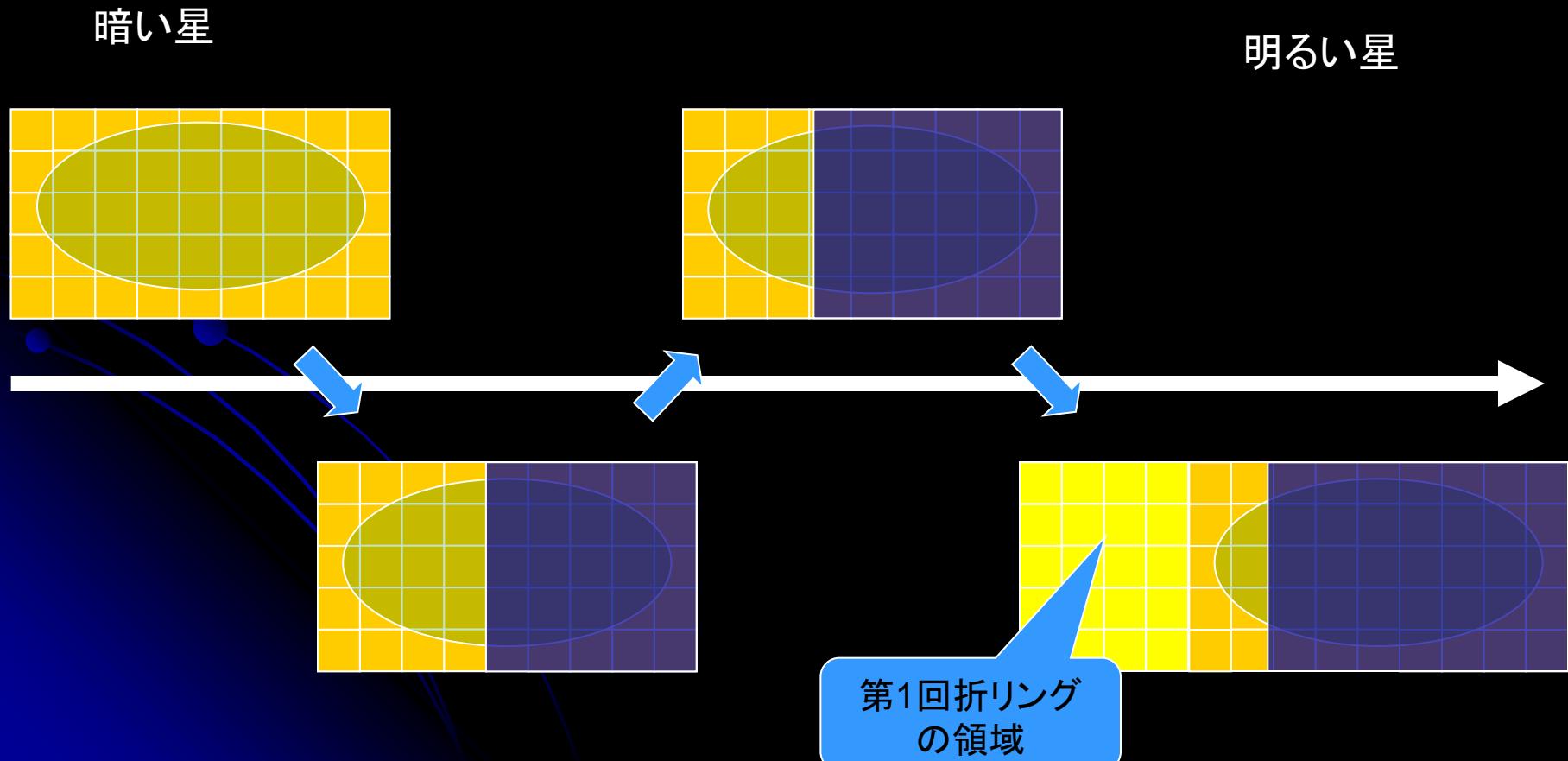
パラレル転送

←

シリアル転送

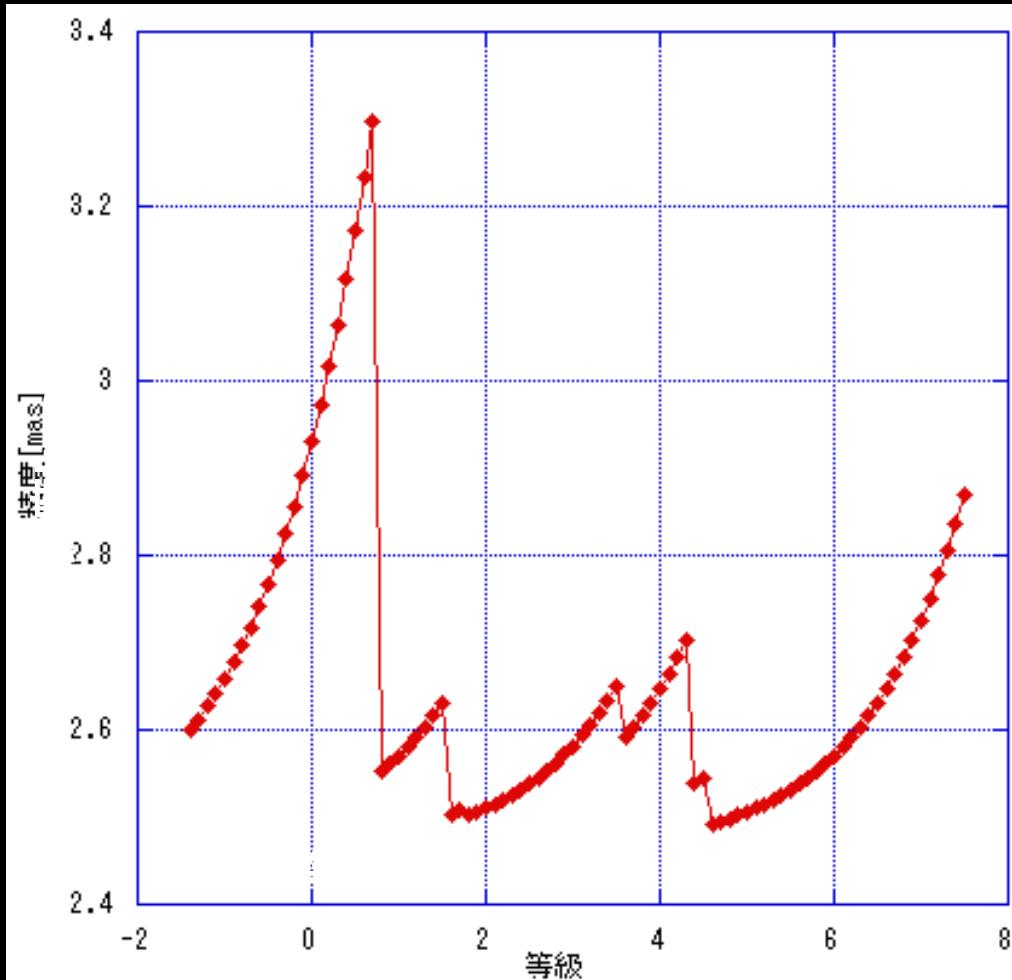
観測方法

- 明るくなるに従い、測定領域を変更
- 第1回折リングまで測定に用いる(第2リングは用いない)



観測可能等級と精度

- 星の明るさと観測精度との関係(2年観測後)
 - -1.5mag まで測定可能
精度は $-1.5\text{mag} \sim 7.5\text{mag}$
の星に対して $2.3 \sim 2.8\text{mas}$



Gaia CU9 Plenary meeting

- 2014年7月7–9日(Wien, Austria)

CU: Coordination Unit (in DPAC)

DPAC: Data Processing and Analysis
Consortium

The DPAC CU9 is responsible for providing access to the Gaia data to the scientific community through the Gaia archive. (Validation, Visualization)

- Nano-JASMINEとのCollaboration Session

概要(郷田, 国立天文台)

データ解析(山田, 京大)

サイエンス(西)(日本のGaia user としても)

NJ Science member

Ryoichi Nishi (Niigata Univ.)

Mina Okuyama (Niigata Univ.)

Noriyuki Matsunaga (Tokyo Univ.)

Tomoya Hirota (NAOJ / VERA)

Yoshifusa Ita (Tohoku Univ.)

Hiroki Onozato (Tohoku Univ.)

Shunsuke Hozumi (Shiga Univ.)

Imai Hiroshi (Kagoshima Univ.)

Handa Toshihiro (Kagoshima Univ.)

Hitoshi Yamaoka (Kyushu Univ.)

Takumi Nagayama (NOAJ / MizusawaVLBI)

Other Members

Activities of NJ Science team

- Meetings (After the decision of launch delay)
8 / 2013, 12 / 2013, 6 / 2014
- Essential strategy is to use
“Bright stars $m < 6$ ”
- Discussion with VERA / VLBI group of Japan

Nano-JASMINE catalogue

- 2015? launch
 - 2016? First catalogue
 - 2018? Final catalogue
-
- Zw-band $-1.5 \text{ mag} < m < 8 \text{ mag}$
 - Observational accuracy: a few mas
0.01mag
 - Proper motion:
0.2 ~0.3 mas / y (First catalogue)
0.1 mas / y (Final catalogue)

Several Targets of Nano-JASMINE

- Statistical Programs (with Gaia)
 - Nearby clusters
 - Galactic Disk
 - Motion of sun, Q parameter
 - (Massive) Star Forming Regions
- Individual Systems ($m < 6\text{mag}$)
 - Double and Multiple Stars
 - Distances of Exoplanet Host Stars
 - Relative position and velocities of maser spots
 - Pre main sequence stars, AGB stars

Hiades and Pleiades

HIPPARCOS:

Hyades (Perryman et al., 1998)

$$d = 46.34 \pm 0.27 \text{ pc}$$

Age: 625 My

Pleiades (van Leeuwen and Hansen-Ruiz, 1997)

- $d = 116.1 \pm 3.1 \text{ pc} \longleftrightarrow 132 \text{ pc}$ (MS fitting)

Age: 120 My

Fundamental parameters: Gaia

Massive stars (motion and activity): NJ

Galactic Disk

- Oort constants and Galactic Rotation,
Solar motion to the Local Standard of Rest
Gaia + NJ (nearby ($d < 100\text{pc}$) stars)
- Evolution of Toomre's Q parameter
 - Q parameter evolved via dynamics of disk
velocity dispersion of various stars
(various age)
essentially Gaia (+NJ)

Double and Multiple Stars (Planets)

There are many bright binaries and planet host stars.

Ex: Polaris

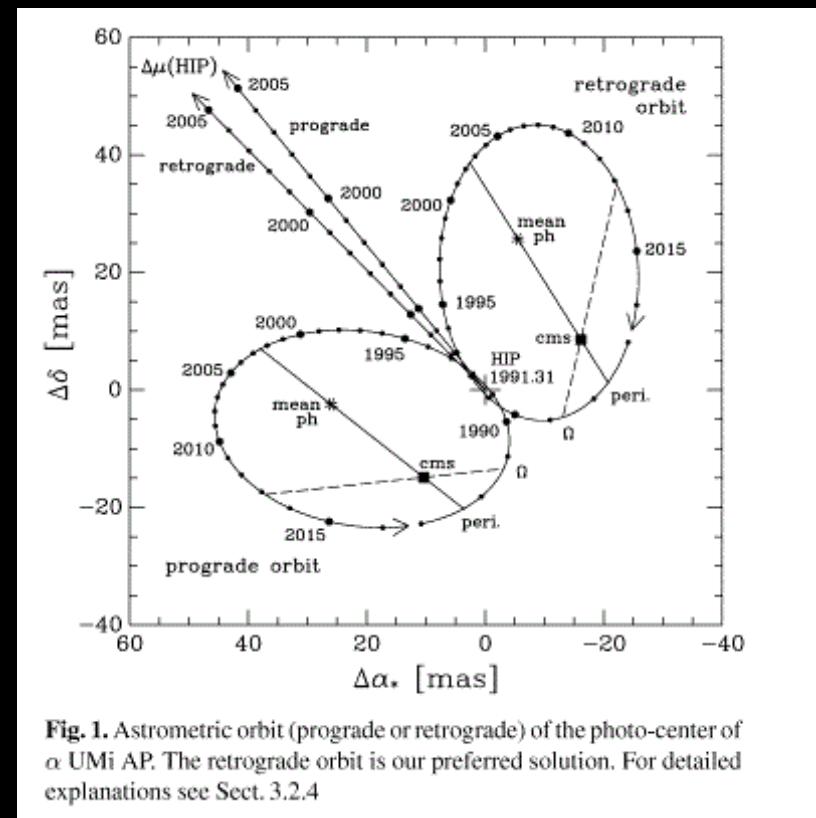


Fig. 1. Astrometric orbit (prograde or retrograde) of the photo-center of α UMi AP. The retrograde orbit is our preferred solution. For detailed explanations see Sect. 3.2.4

Orion and Monoceros region (Also Gould Belt Objects)

Nearby Massive star formation region

Orion A GMC

Orion B GNC

Monoceros GMC

There are many massive stars (luminous)

Orion OB1 association etc.

Study with VERA (Japanese VLBI)

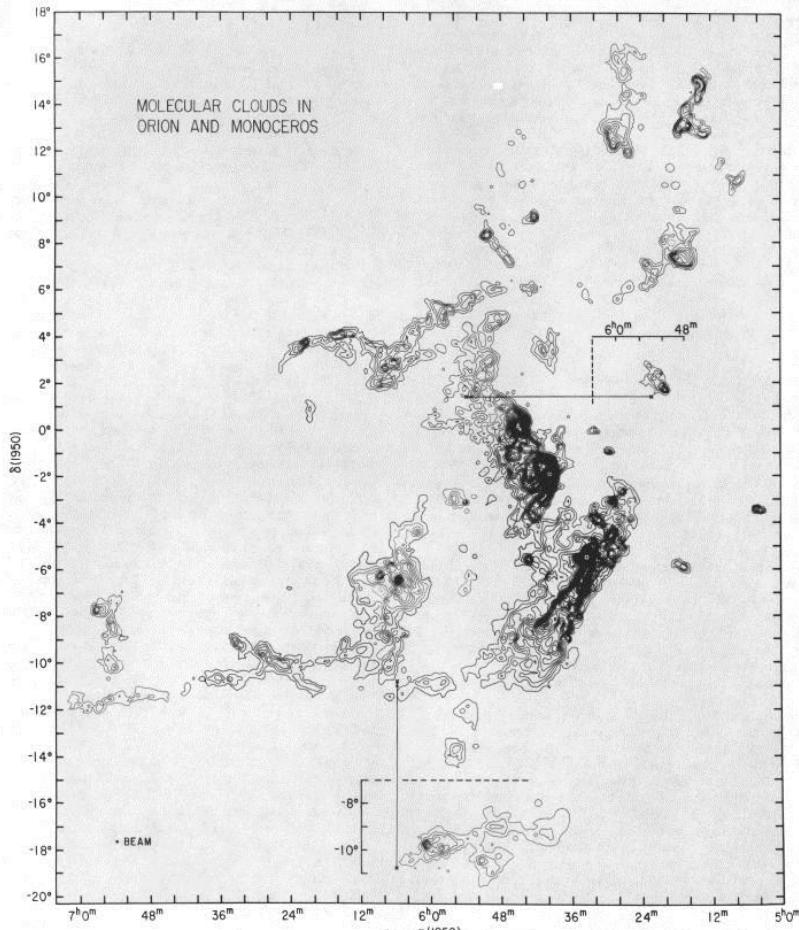


FIG. 2.—Contour map of integrated intensity of CO emission (W_{CO}) in the velocity range of -10 to 20 km s^{-1} . (Along the Galactic plane, CO emission was found at higher velocities, presumably from unrelated clouds more distant than the Orion clouds. These clouds are discussed elsewhere.) The lowest contour level is at 1.28 K km s^{-1} with subsequent levels at $3, 5, 7, \dots$ times this value. The peaks of emission from the Orion Nebula and from NGC 2023 and 2024 (see Fig. 3) are designated by crosses. Two clouds, shown here in insets (see § III and also Figs. 3–5), that overlap other clouds in the survey lie at the positions indicated by arrows.

378

© American Astronomical Society • Provided by the NASA Astrophysics Data System

Maddalena et al. 1986

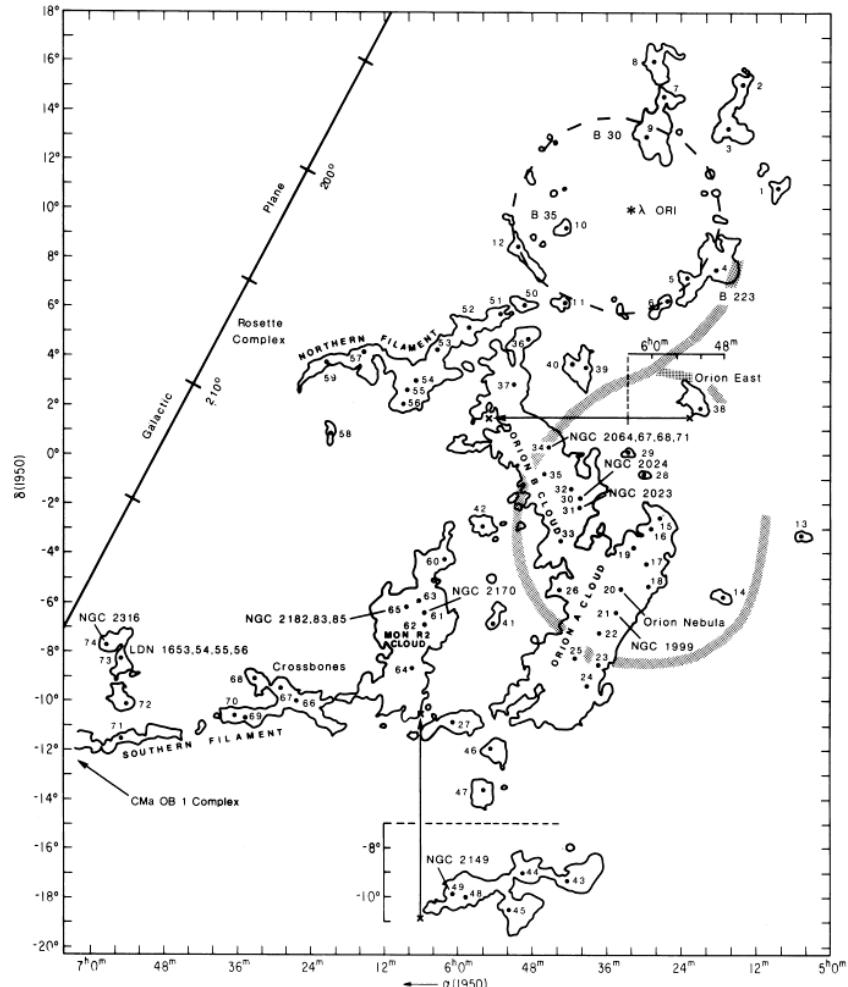
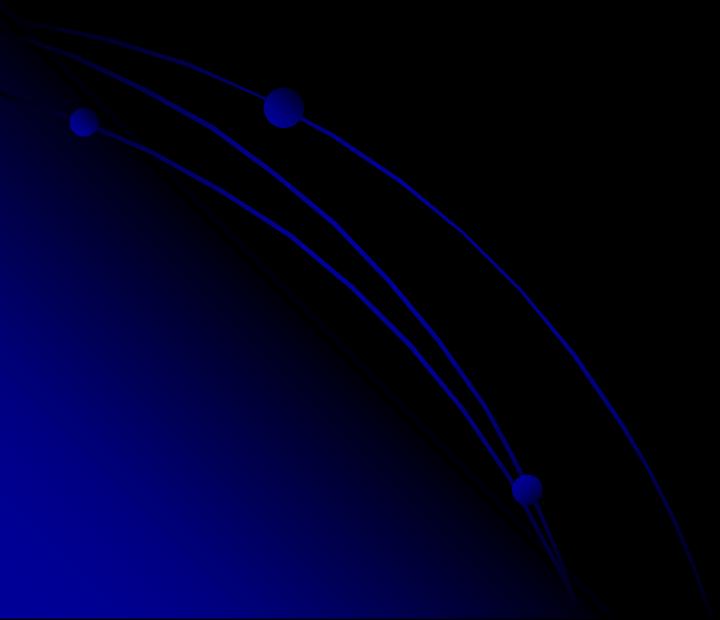


FIG. 3.—Schematic diagram of the molecular clouds: the lowest contour from Fig. 2. Dots with numbers, corresponding to those in Table 1, indicate locations of emission peaks. Some NGC numbers indicate the optically prominent objects coincident with CO peaks. The extent of UV emission from Barnard's loop is indicated by the shaded arc (from O'Dell, York, and Henize 1967; Isobe 1973). The dashed line roughly indicates the extent of the λ Ori ring of clouds.

379

© American Astronomical Society • Provided by the NASA Astrophysics Data System

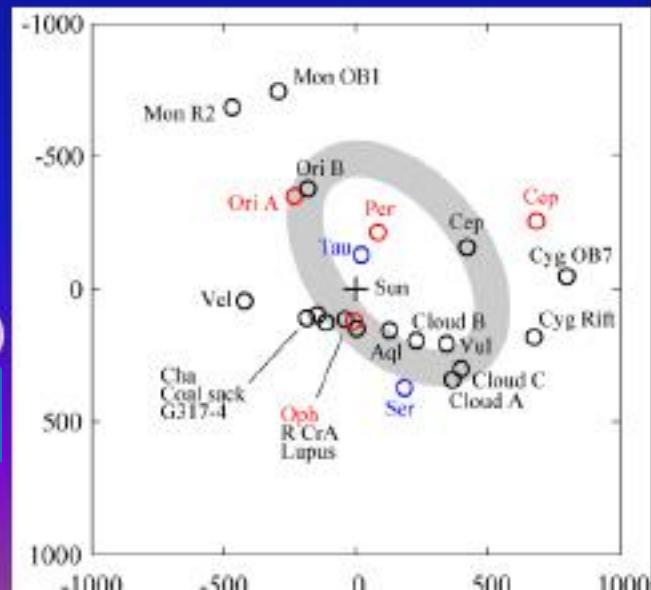
Structure of molecular clouds and stellar motion with radio VLBI observations



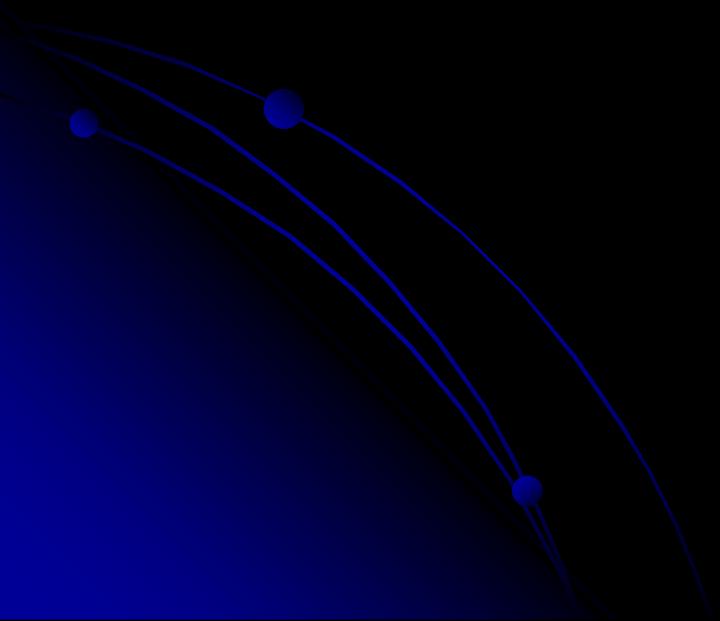
VERA / VLBI project for nearby star formation region (maser sources)

- Some Results
 - Orion; Hirota et al. 2007, Kim et al. 2008,
Sandstrom et al. 2007, Menten et al. 2007
 - Perseus; Hirota et al. 2008a, 2011
 - Cepheus; Hirota et al. 2008b,
Moscadelli et al. 2009,
Dzib et al. 2011
 - Ophiuchus, Taurus, Serpens
 - VLBA large project (Loinard et al.)
- Distances are detected with 1-10 % error

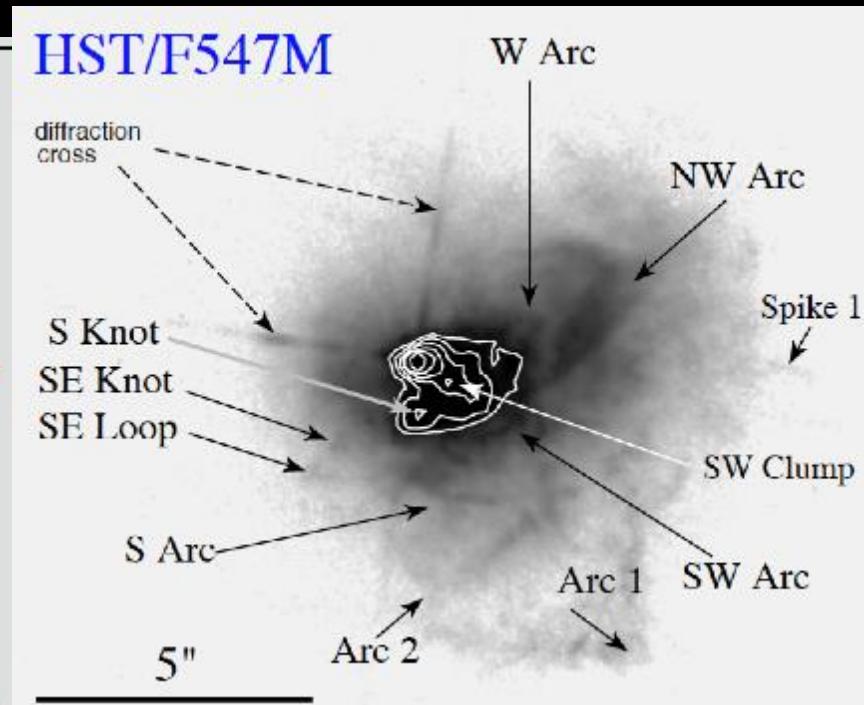
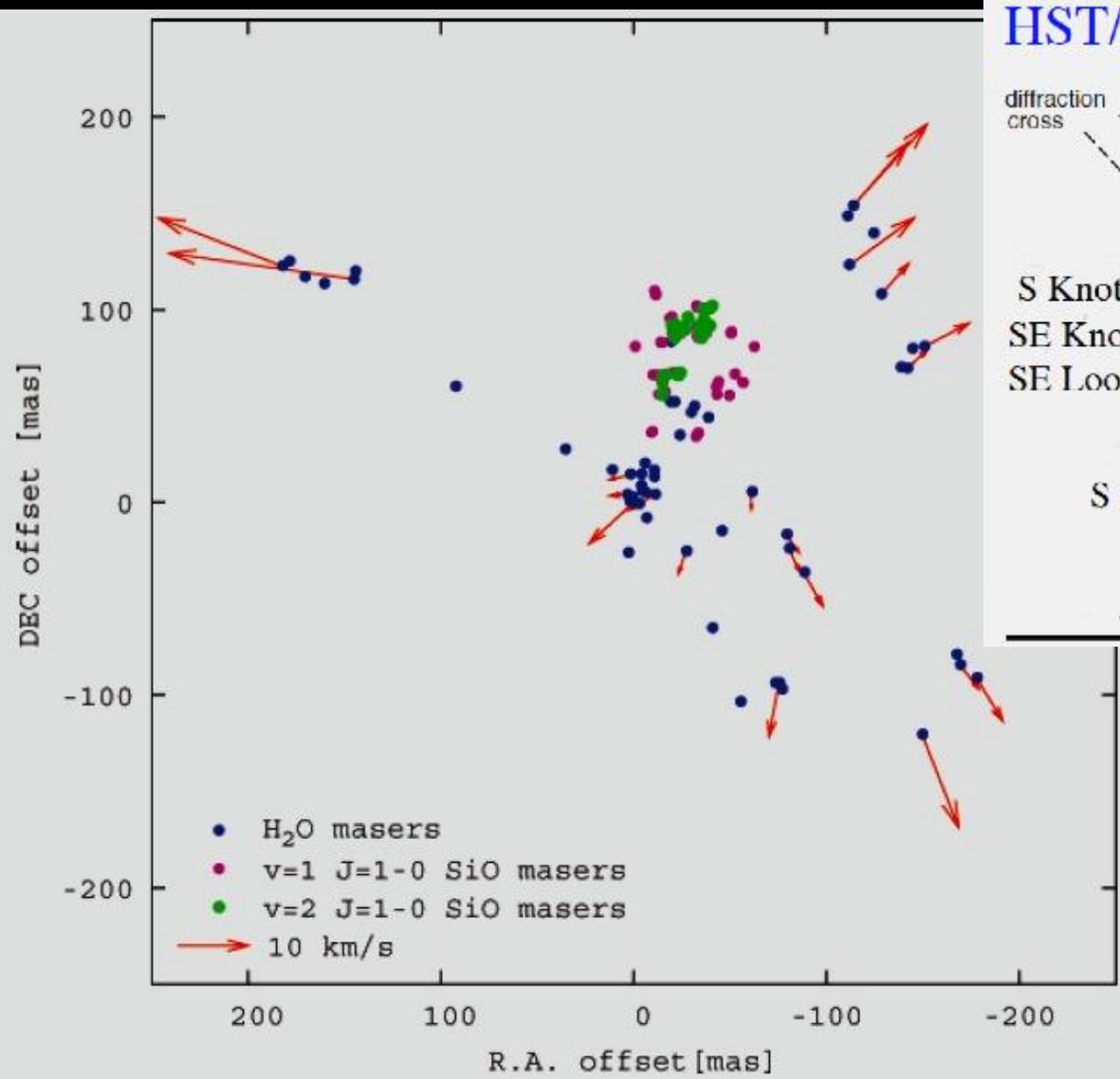
Cooperation with Gaia and NJ is important



Maser spots around evolved
Stars such as AGB stars



VY CMa (Choi et al. 2008, with VERA) (Evolved Massive Star)



Kaminski et al. 2013
ApJS, 209, 38

Where is the star
in the maser map?

Requirement

- To NJ:
 - Essentially same as Gaia
 - NJ cannot observe radial velocity (Gaia)
- Cross match (Gaia and NJ)
 - Optical / IR catalogues are important
 - Radio point-source (stellar and maser) is also useful: Cooperation with VLBI
- Position of maser sources are physically different from optical sources: relative positions and velocities are very important.

Gaia の現状

- Straylight

暗い星の精度が低下

- Basic Angle Variations

Spinに同期して振動(1mas程度)

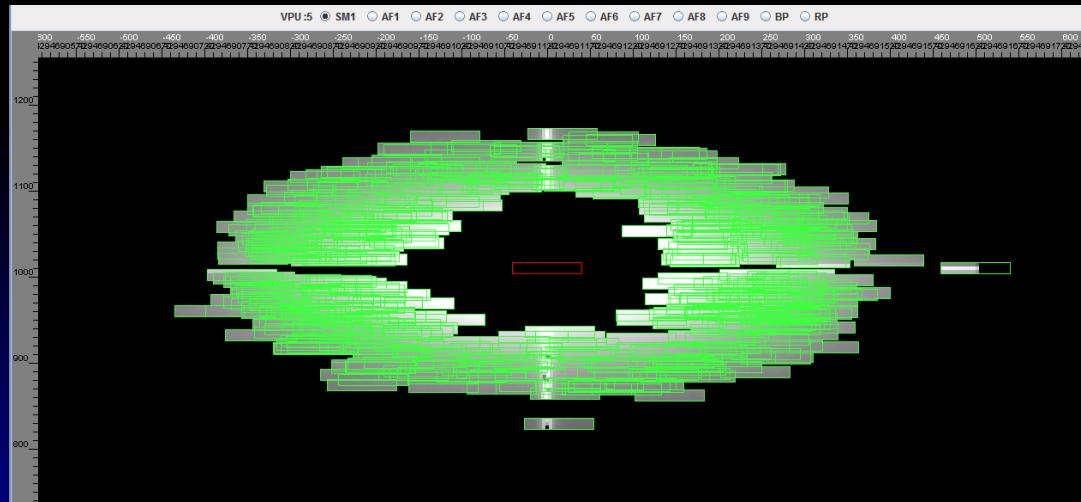
→カタログリースの延期

どこまで精度低下をおさえられるか？

Enabling Gaia observations of naked-eye stars

Martin-Fleitas et. al (2014),
Gaia Science Performance page

TDIモードで積分時間を短縮すれば3等星まで可能



サチった部分を除き
外側の光から星を
同定すればそれ以上も？

20 μas程度の精度？

もともと12等でサチる

Gaia カタログリース予定

打ち上げ(L): 2013年12月 + 経過月数

- L+22m positions, G-magnitudes, proper motions to Hipparcos stars, ecliptic pole data
- L+28m + first 5 parameter astrometric results, bright star radial velocities, integrated BP/RP photometry, (astrophysical parameters)
- L+40m + BP/RP data, some RVS spectra, astrophysical parameters, orbital solutions for short period binaries
- L+65m + variability, solar system objects

2016年夏に
延期

Nano-JASMINE catalogue

- 2015? launch
 - 2016? First catalogue
 - 2018? Final catalogue
-
- Zw-band $-1.5 \text{ mag} < m < 8 \text{ mag}$
 - Observational accuracy: a few mas
0.01mag
 - Proper motion:
0.2 ~0.3 mas / y (First catalogue)
0.1 mas / y (Final catalogue)

まとめ

- Gaiaのファーストカタログは2016年夏(7月?)
- Nano-JASMINEもその頃を目指す
- カタログが公開されたらぜひ有効利用を!
- 有効利用のための要求(cross matchingなど)?
- Nano-JASMINEサイエンス検討会に興味がある
かたはご連絡ください