

Nano-JASMINEプロジェクトの現状

小林行泰、郷田直輝、矢野太平、丹羽佳人(国立天文台)、
原拓白、中須賀真一、酒匂信匡（東大）、山田良透（京大）、チームnJ

Nano-JASMINEは我が国初の位置天文観測衛星である。重量35Kgの超小型ながら、口径5cmの金属望遠鏡に完全空乏型のCCDを搭載し、Hipparcos衛星とほぼ同等の位置決定精度を実現する予定である。超小型ながら高い姿勢制御能力をもち、超小型ゆえの新たな技術課題にも挑戦し、きわめてユニークな衛星プロジェクトである。プロジェクトの概要と観測結果である位置天文観測カタログの詳細について報告する。

現在、Nano-JASMINEフライトモデルは、ほぼ完成し
打ち上げ待機中である。

右図、図1 はNano-JASMINE衛星のフライトモデルであり、
嵯サイズ、50cm立方、重量35kg、口径5cmの望遠鏡搭載の
超小型衛星である。2014年 Alcantaraより打ち上げの予定。

打ち上げられた、あるいは打ち上げられることが確定的な世界の
位置天文衛星は、以下の3機があり、これが現在の世界の三大位
置天文衛星と言える。
位置天文衛星は、年周視差の測定で天体までの距離、を測定、天
球上の位置、さらには視線速度を測定する。

- HIPPARCOS 世界初の位置天文衛星。観測期間1989-
1993 望遠鏡口径290mm 衛星重量1140kg
- Nano-JASMINE 望遠鏡口径5cm 2014年打ち上げ予定

- GAIA 位置決定精度 $10\mu\text{as}$
望遠鏡口径1400x500mm主鏡x2 打ち上げ予定
2013/10/21
総重量 2030kg



図1: Nano-JASMINEフライトモデル

世界の位置天文カタログ

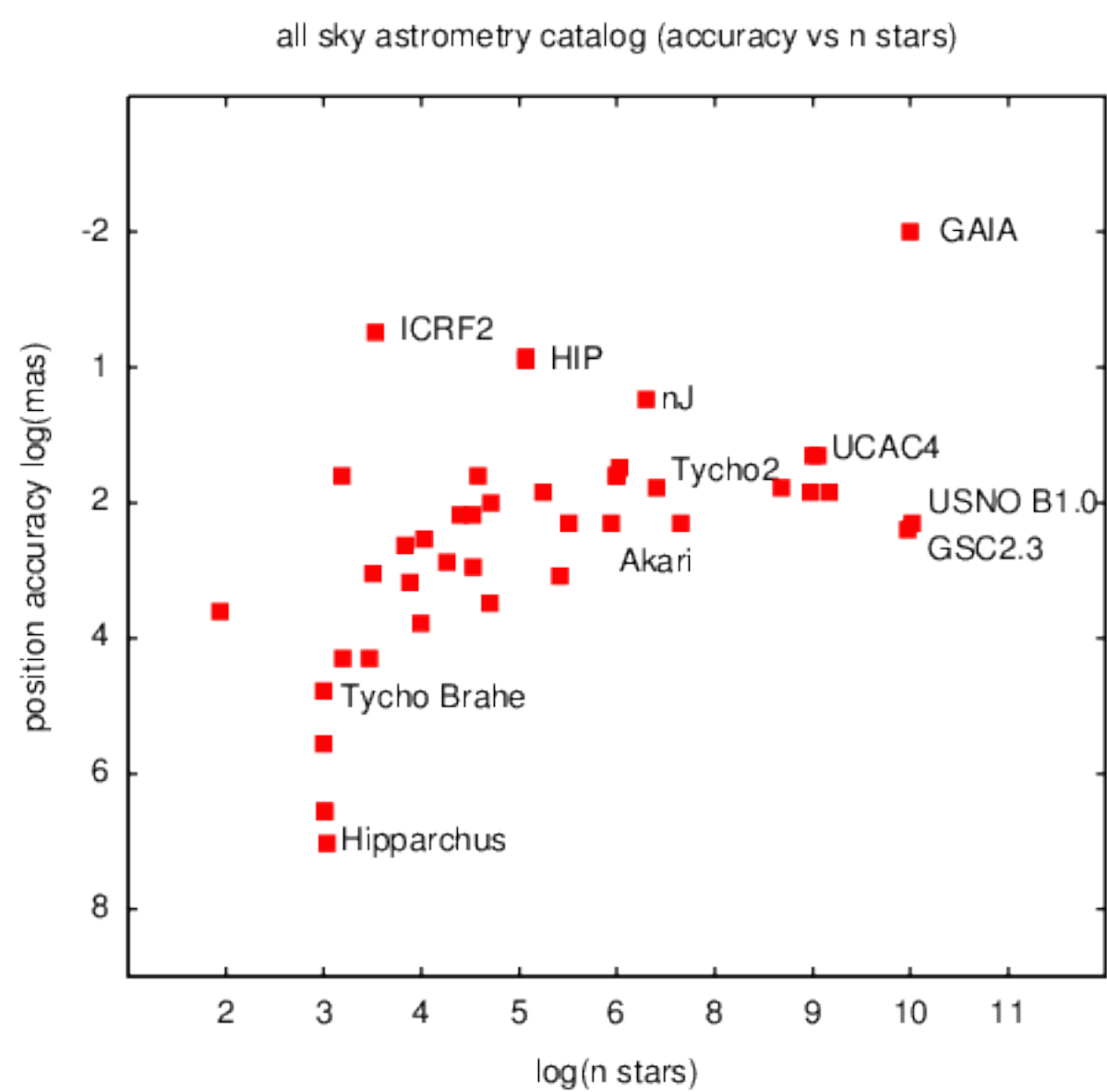


図 2 星数 vs. 精度

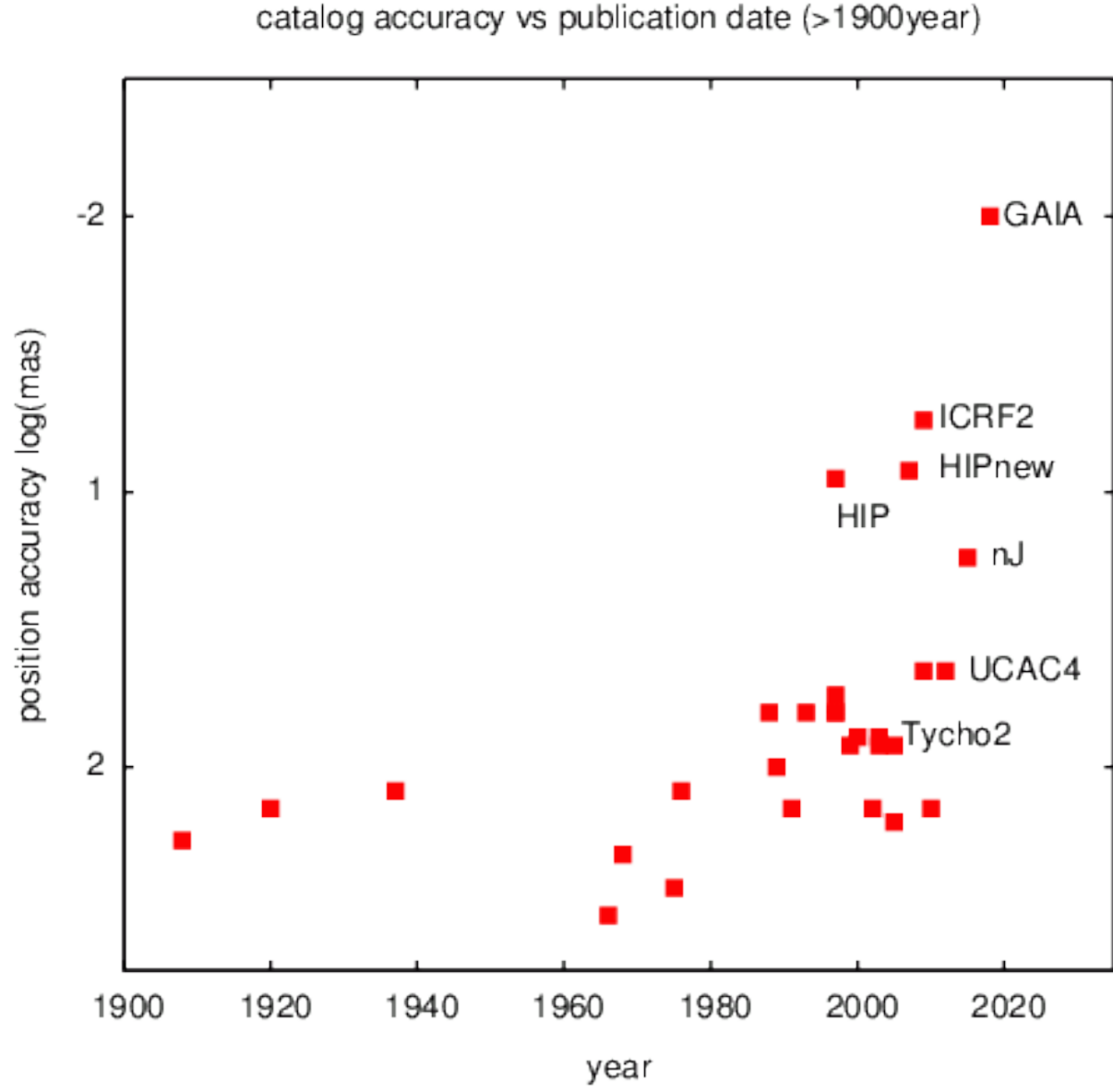


図 3 発行年 vs. 精度

右上図、図2と図3は世界の位置天文カタログの位置測定精度と観測星数を比較した
ものであり、将来発行されるであろうnano-JASMINEカタログの価値を知ること
ができる。図2は観測総数と位置測定精度を比較したもの、図3はカタログの発行
年と位置観測精度を比較したものである。精度の面で衛星による位置観測が極めて
すぐれていることが見てとれる。(図中で、Hipparcosは紀元前のHipparcosの観
測、Tycho Braeは望遠鏡発明以前の可視観測の限界を達成したTychoのカタログ、
ICRFはVLBIによるクエーサーのカタログ、USNOとGSCシュミット望遠鏡による
写真をベースにしたカタログ、UCAC4は最新のCCD観測によるもの、HIPとHIP2、
Tycho、Tycho2はHipparcos衛星による観測結果である。)

図4はUCAC4カタログをベースに評価してnano-JASMINE衛星が観測する星
(メインカタログ掲載される予定の星)の数分布を示したもので(観測される星は
ほぼすべて既知の星である)、Hipparcosカタログ、Tychoカタログの掲載のもの
とどちらにも掲載されていない星数を示す。ちなみに、Tychoカタログは
Hipparcos衛星搭載のガイダーのデーターを利用したものである。

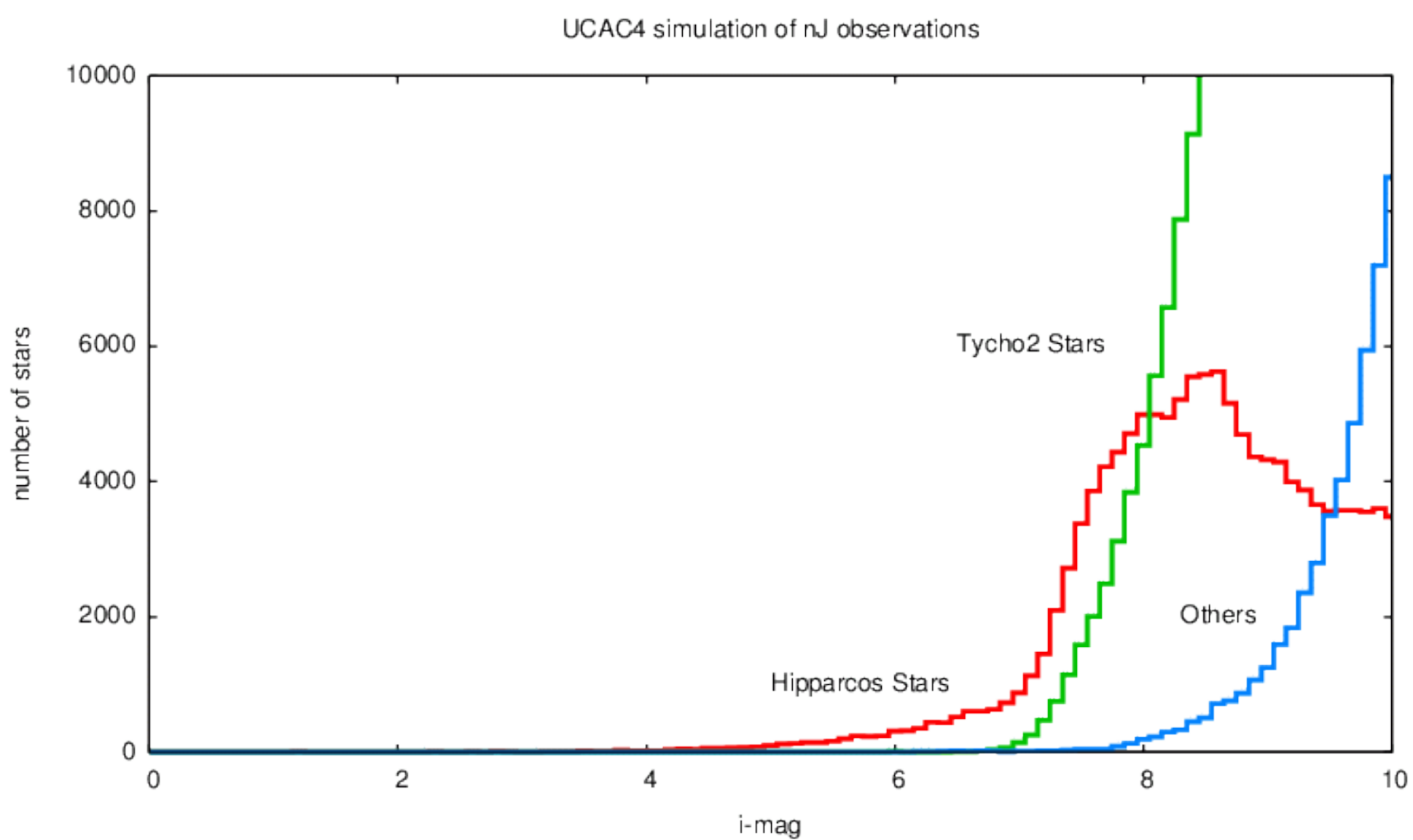


図 4:nJの観測星数の等級分
布とHipparcos観測星の割合



図 5: Alcantara 打ち上げ場の工事の様子
Alcantara HPより

nano-JASMINE 年表

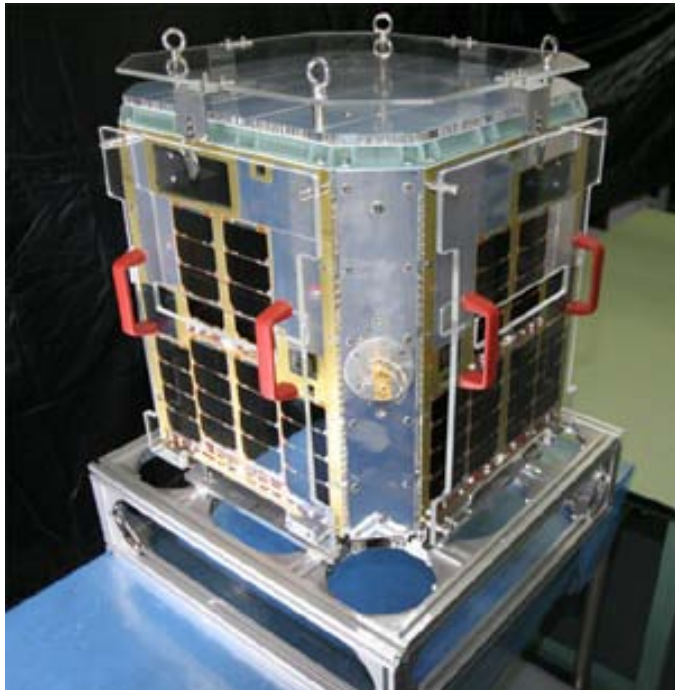
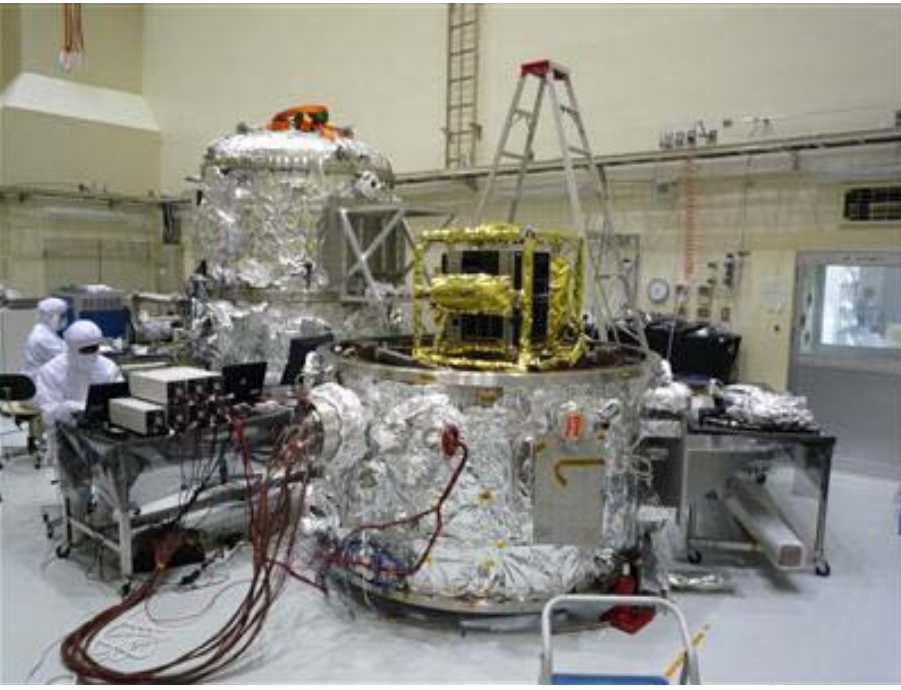
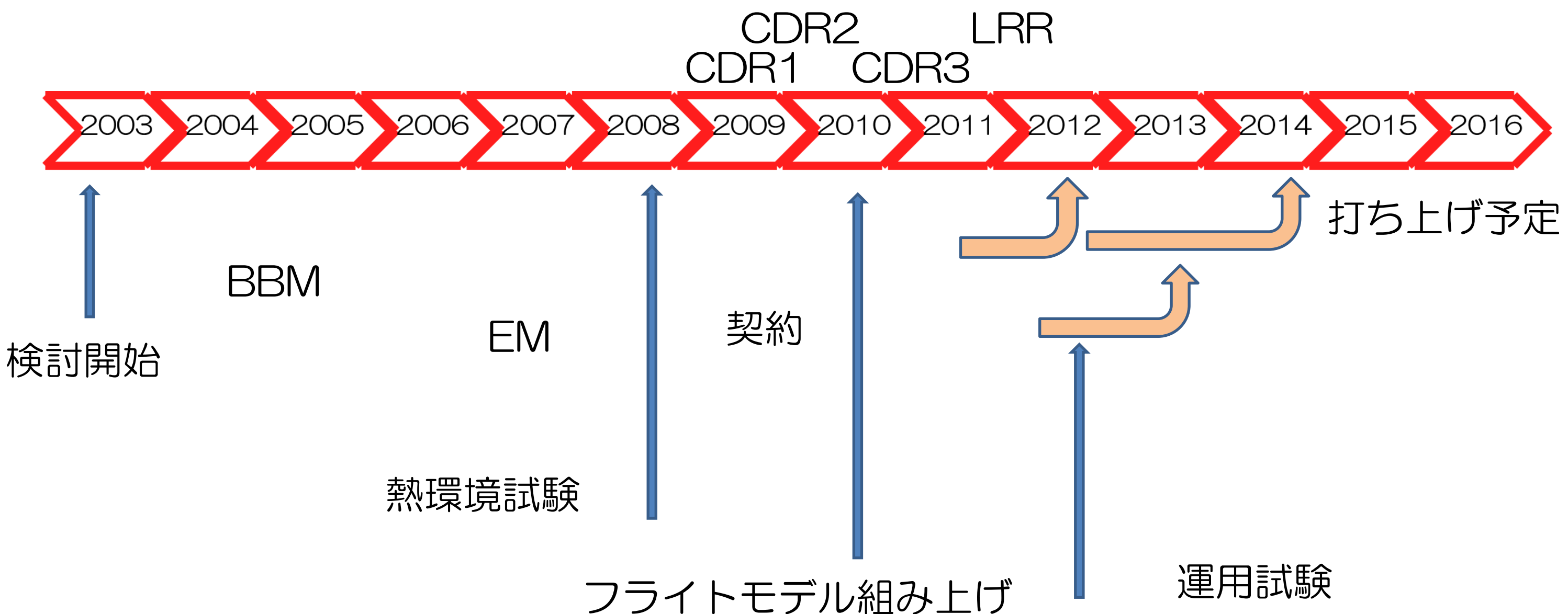


図 8

超小型衛星の姿勢制御

Nano-JASMINE は超小型ながら高度な姿勢制御を行っている。擾乱（内
部+外部）に対する、対応はサイズに対するスケール則により、中型・大
型の衛星とは異なった対策が必要である。超小型では磁気トルクによる擾
乱の軽減がもっとも重要である。超小型なので、低コスト、低質量、少
スペース、少電力、外乱に弱いなど、多くの不利な点が存在する。制御に
関してもユニークな工夫がこらされている。

- 重力傾斜トルク $1 \times 10^{-9} \text{Nm}$
- 太陽輻射圧トルク $5 \times 10^{-9} \text{Nm}$
- 空力トルク $1 \times 10^{-9} \text{Nm}$
- 磁気トルク $5 \times 10^{-6} \text{Nm}$

磁気モーメント 慣性モーメントを0にすることで外部擾乱は避けられる。
測定限界で決まる。

$$\begin{aligned} \text{質量} & M \propto L^3 \\ \text{モーメント} & I \propto ML^2 \propto L^5 \\ M & \propto I^{3/5} \\ \text{重力傾斜トルク} & \frac{d\omega}{dt} \propto 1 \\ \text{空力トルク} & \frac{d\omega}{dt} \propto M^{-2/3} \\ \text{太陽輻射トルク} & \frac{d\omega}{dt} \propto M^{-2/3} \\ \text{磁気外乱} & \frac{d\omega}{dt} \propto M^{-10/9} \end{aligned}$$

図 9 各外部擾乱源とそのスケール則

打ち上げはCyclone-4

Cycone-4はウクライナ ユジノエ社が
冷戦時代のミサイルを改良した3段ロケッ
トである。実績のあるCyclone-3の改良
版で、3段目の改良搭載能力向上 制御機
能の改良がおこなわれたとされる。nJの打
ち上げは初号機での無料のサービスロー
チとなる。打ち上げ場もブラジルと共同で
ブラジル Alcantaraの整備中。打ち上げ予
定の遅れは、Alcantaraセンターの整備の
遅れによる。



図 6:Cyclone-4 想像図 ユジノエHPより



図 7:HIIA isas HPより

参考のため、Cyclone-4とHIIAとの比較を
しておく。() 内がHIIAの値。

- 長さ 41.19m (53m)
- 直径 3m (4m)
- 打ち上げ能力
 - 低地球周回軌道 5.3 ton (10 ton)
 - 静止軌道 1.6 ton (4 ton)

カタログの仕様

最後になるがnano-JASMINEカタログの仕様をまとめておく
星数 52万個(9.Xmagまで) 20万個(7.5mag 3mas) UCAC4カタ
ログ利用して評価した

HIPPARCOS星+TYCHO星+その他 図4を参照

位置決定精度は、基本的に星から検出される光子数に依存するので、該当
する星の観測回数、対象星の明るさ、system 誤差などによって決定され
る。

視差決定精度は位置決定精度+年周視差の効率などで決定される。

固有運動決定精度 nJ独自 観測期間内での決定される。また他のカタロ
グと組み合わせで決定できることも新しい観測を行った時の利点である。

観測を開始してから、およそ1年後に暫定カタログ、3年後には最終カタ
ログを出版する予定である。

.GAIAの観測できない明るい星の位置観測にも意外と面白い天文学がある

- 観測星数 520000 @<9mag 20000 @<7.5mag
- 位置精度 2-3mag @<7.5mag 3-4mas @9mag
- 年周視差精度 3-4mag @<7.5mag 4-5mas@9mag
(~0.75mas @<7.5mag ~1.2mag@9mag
Hipparcos データと結合して)
- 固有運動 2-4mas/yr @<7.5mag 3-6mag/yr @9mag
(~0.1mas/yr @<7.5mag ~0.2mas/yr@9mag
Hipparcos データと結合して)
- 観測頻度 >6回/yr