


## FFAST 編隊飛行を使った広天 走査X線観測衛星開発の現状

常深 博 (阪大理), 國枝 秀世 (名大理), 森 浩二  
(宮崎大), 伊藤 真之 (神戸大), 尾崎 正伸 (ISAS),  
河野 功 (誘導制御G/JAXA), 他 FFASTチーム

宇宙科学シンポジウム2011年1月7日(宇宙研)  
S3-07



- P3-140 FFAST高精度フォーメーションフライト制御系(第2報) ○河野 功, 山元 透, 巳谷 真司 (JAXA), 常深 博 (大阪大), FFASTチーム
- P3-141 FFAST 検出器衛星搭載 SD-CCD の性能評価 ○森浩二, 青山翔一 (宮崎大学), 常深博, 上田周太郎, 繁山和夫, 穴吹直久, 中嶋大, 林田清 (大阪大学), 尾崎正伸 (ISAS/JAXA), 他 FFAST WG
- P3-142 FFAST焦点面検出器(SD-CCDカメラ)用駆動/信号処理回路 ○中嶋大, 藤川真里, 森秀樹, 常深博, 穴吹直久, 林田清, 能町正治 (大阪大学), 尾崎正伸 (ISAS/JAXA), 國枝秀世, 古澤彰浩 (名古屋大学), 鶴剛 (京都大学), 森浩二 (宮崎大学), 伊藤真之 (神戸大学), 他 FFAST WG
- P3-143 FFAST 望遠鏡衛星搭載硬X線望遠鏡の開発 ○古澤彰浩, 宮澤拓也, 松本浩典, 國枝秀世 (名古屋大), 森英之 (JAXA), 小賀坂康志 (科学技術振興機構), 常深博 (大阪大), 伊藤真之 (神戸大), 岡島崇 (NASA/GSFC), 粟木久光 (愛媛大), 他 FFASTチーム
- P3-144 FFASTによる硬X線走査観測のシミュレーション ○岸本彰治, 伊藤真之 (神戸大), 常深 博, 中嶋 大, 穴吹直久 (大阪大), 國枝秀世, 古澤彰浩 (名古屋大) 尾崎正伸 (ISAS), 森 浩二 (宮崎大), 河野 功, 巳谷真司, 山元透 (誘導制御G/JAXA) 他 FFAST WG
- P3-145 FFAST 焦点面検出器のエレクトロニクス開発 ○穴吹直久, 中嶋大, 内田裕之, 小松聖児, 林田清, 常深博 (大阪大学), 藤永貴久, 尾崎正伸 (ISAS/JAXA), 青山翔一, 村吉拓, 森浩二 (宮崎大学), 他 FFAST WG

## FFASTメンバーリスト

- 常深 博、林田 清、中嶋 大、穴吹直久、能町正治「阪大理」
- 池田博一、尾崎正伸、馬場 彩「JAXA宇宙科学研究本部」
- 河野 功、山元 透、巳谷真司「JAXA研究開発本部」
- 小賀坂康志「(独)科学技術振興機構」
- 平賀純子「理化学研究所」
- 國枝秀世、古澤彰浩「名大理」
- 鶴 剛、上田佳宏「京大理」
- 伊藤真之「神戸大」
- 森 浩二「宮崎大工」
- 岡島 崇「GSFC」



- 二衛星の編隊飛行による観測
- FFASTの狙う編隊飛行する二衛星の性能
- 狙う科学目標とその実現性とシミュレーション
- 検出器開発の現状
- FFASTの硬X線ミラーとASTRO-HのHXT
- これまでの研究開発の状況
- まとめとこれからの展望

## FFASTの編隊飛行による観測

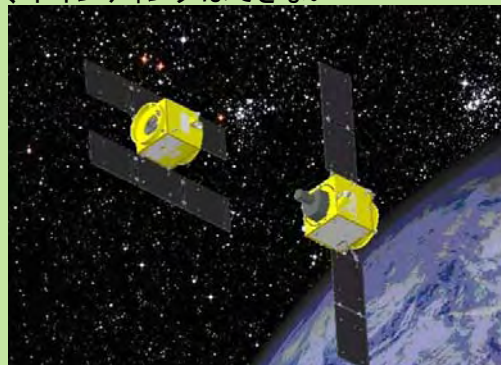
- おりひめ・ひこぼしに始まる[編隊飛行技術](#)を伸ばす(P3-140河野他)
  - 条件1: 二衛星の距離を一定(20m)に保持する
  - 条件2: 二衛星ともにLEOで、ケプラー軌道である
- ⇒視野は二衛星の位置で決まり、ポインティングはできない

⇒アロング軌道

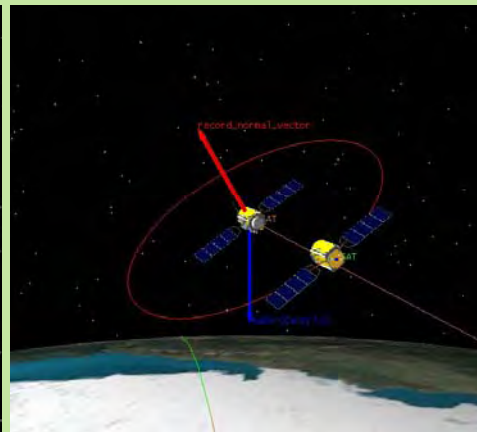
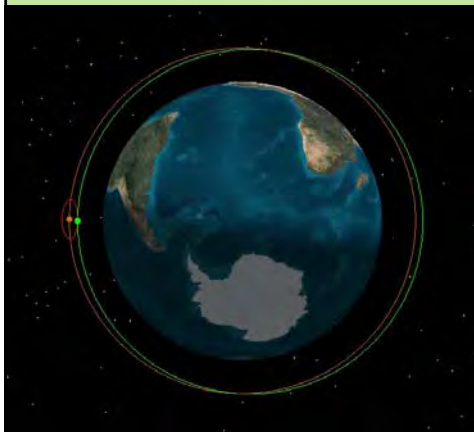
広い天空を走査観測  
(全天の1/2から2/3)

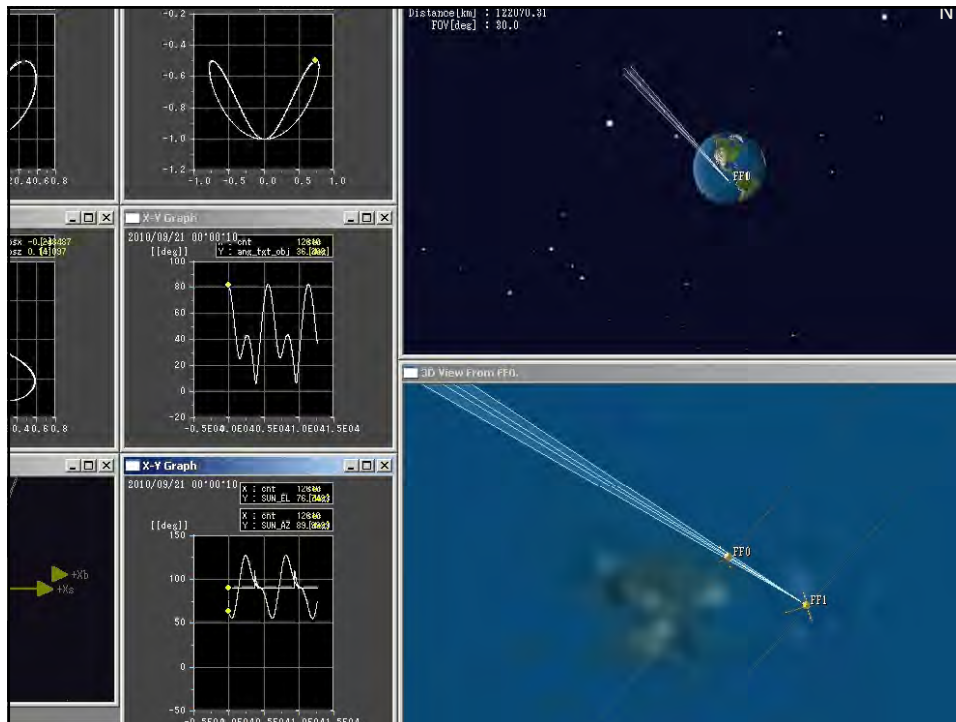
⇒レコード盤軌道

狭い天空を走査観測  
(全天の1/10から1/100)



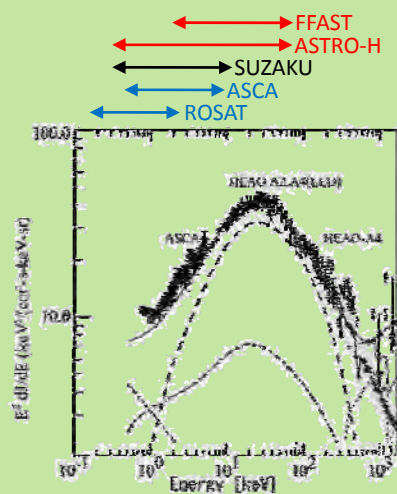
レコード盤軌道は、  
二衛星の距離一定の軌道





## FFASTの狙う科学目標とその実現性

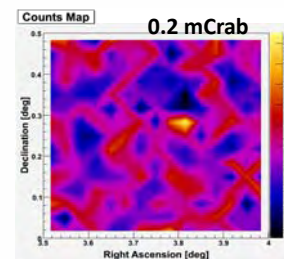
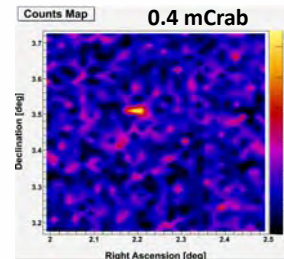
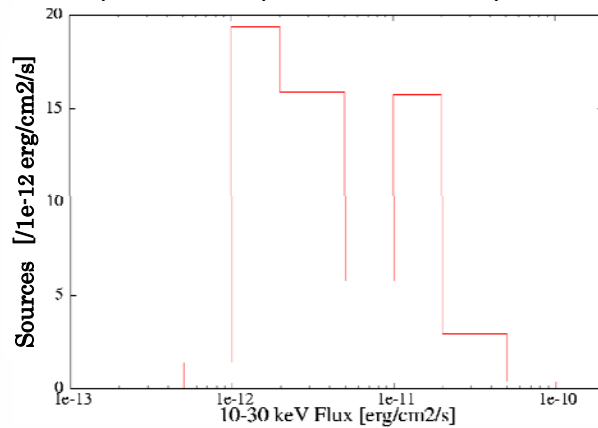
- あすかやさすざくなどのX線望遠鏡は10keV以下を観測する。
- 宇宙X線の主要部分は10--100keV領域(硬X線)にある。
- これまで硬X線の観測は集光系を使わないものが主流であった。
- 硬X線の集光系を使った狭い領域の深い観測は、ASTRO-HのHXIが行う。
- 硬X線の集光系を使った広い領域の浅い観測は、FFASTが行う。
- AGNと銀河の共進化が注目されているが、AGNのLxの進化を調べるにはFFASTなどの観測が不可欠になる。



Sreekumar, P., et al., 1998

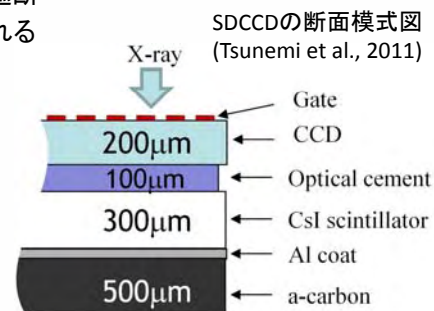
## FFAST観測のシュミレーション

レコード盤軌道により、狙いを付けた領域の観測から未知のAGNを110(1年)から360(2年)検出できる(P3-144 岸本ほか)。



## SDCCDの開発の現状

- シンチレータと裏面照射型CCDとを密着させて硬X線までカバーする
- CCDで検出できない硬X線はシンチレータで検出する
- 動作原理(Miyata et al., 2003)はすでに気球実験SUMITで確認済み
- シンチレータとCCDとの完全密着を達成した (P3-141 森ほか)
- 入射面にはAlコートで可視光の完全遮断
- 動作温度はCsIで-60°C以上に制限される
- TDIモードでの動作で、等価的なフレーム時間は3sec(アロング軌道) 6 - 12sec(レコード盤軌道)となる
- Binning手法はMAXI-SSCで使用済み



## SDCCD開発とSXIのCCD開発

- SDCCDで使用するCCDはSXIで使用するものと本質的には同じである。入射面処理、シンチレータを接着することなどが異なる。
- 冷却方法やデータ処理方法はほぼ同じシステムを使う。
- 現在は、SXIのためのASICやFPGAの開発を進めているが、これはSDCCDシステムの開発にそのまま応用できる。(P3-142 中嶋ほか P3-145 穴吹ほか)
- FFASTではTDIを採用するが、HOCの画素数を可変にして対応
- 以上の開発は、三プロジェクトが密接に関連している

超小型衛星開発 ⇔ ASTRO-H SXI 開発 ⇔ FFAST開発  
 P7-033(内田ほか) P2-016(上田ほか) P3-140 ~ 145  
 P7-034(穴吹ほか) P7-007(森ほか) P7-011(藤川ほか)  
 P7-081(小松ほか)



## FFASTの望遠鏡とASTRO-HのHXT

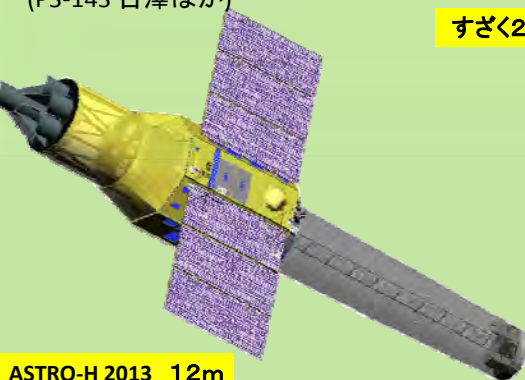
**X線衛星は~~長~~くなる**

FFASTは焦点距離20mを実現する

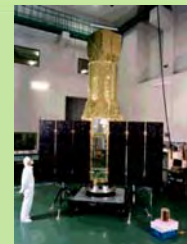
(P3-143 古澤ほか)

すざく2005 4.5m

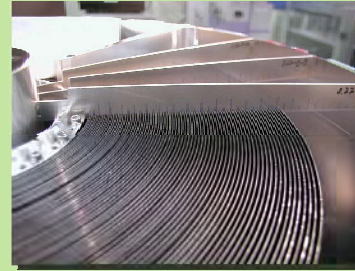
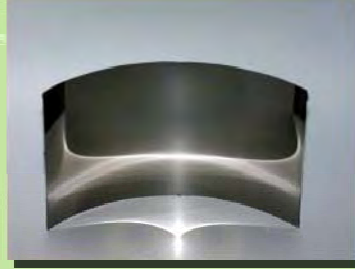
あすか1993 3.5m



ASTRO-H 2013 12m



FFAST/XRT proto-type (SUMIT balloon experiment)



D40cmxH30cm、f8m  
(FFAST mirror: D45cmxH40cm, f20m)

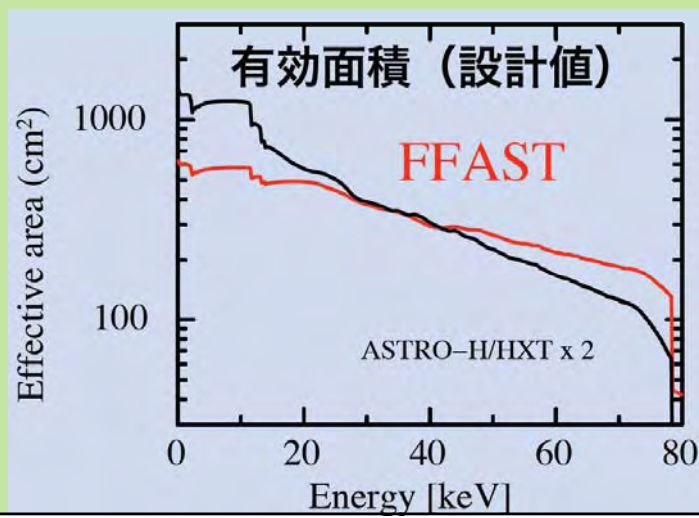
1000~2000 thin foil mirror



Comparison of super mirror  
between FFAST and ASTRO-H

20m

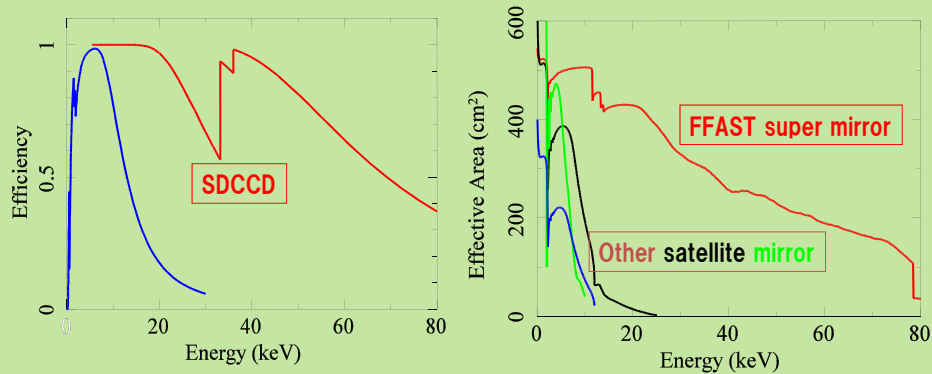
12m



## Super mirror has good performance

Multi-layer technique extends the effective energy range up to 80keV. Performance is confirmed by the balloon experiment (SUMIT).

The super mirror designed for FFAST is 45cm dia. 93kg whose physical dimension is identical to that developed for ASTRO-H.



## FFASTの二衛星に必要な形状

NECにおける熱、電力解析の結果

### 望遠鏡衛星

光軸を検出器衛星に向ける。光軸周りは太陽指向とする。

望遠鏡の熱歪を抑える熱設計、独立した通信確保、などからSAP(900W)を増やした

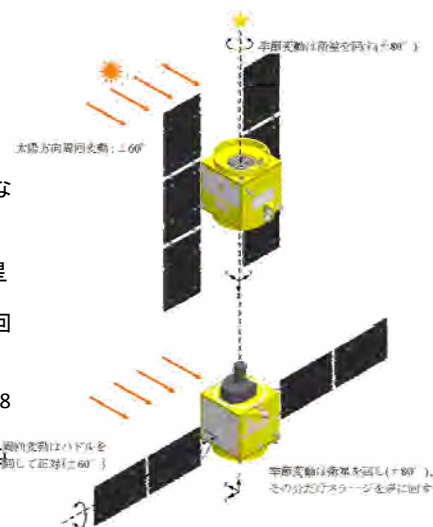
一部において、十分な温度マージンの取れないもの(50℃上限で43℃)がある

### 検出器衛星

光軸を望遠鏡衛星に向ける。光軸周りは、星の移動方向とSDCCDの電荷転送方向に揃える。冷却は機械式冷凍機を採用する。一軸回転のSAP(1350W)が必要である。検出器も一軸回転機構が必要になる可能性が大きい。

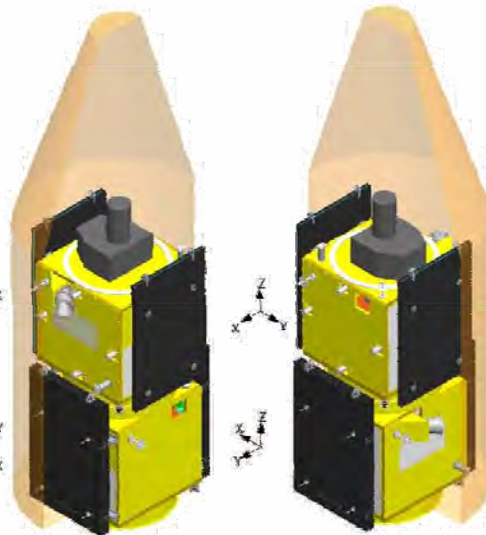
視野変更、軌道維持のために1Nスラスター(8基)が必要である。

一部において、十分な温度マージンの取れないもの(50℃上限で44℃)がある



## 二衛星をタンデム収納

- 上段に検出器衛星、下段に望遠鏡衛星を搭載する。
- 要求軌道は、550kmの円軌道、軌道傾斜角31度である
- 現状では、二衛星ともに300kg程度で、ロケットの能力範囲内である。しかし、標準バス荷重としては200kgとなっているので、検出器衛星の軽量化が必要である。
- 今後は、観測中の低温最悪条件、打上げ～観測軌道投入、姿勢異常時などについて、それぞれのフェーズで熱的に成立することを確認する必要がある。
- 衛星の運用条件で発熱の変化する機器の具体的運用を想定した熱検討を実施する。



## まとめとこれからの展望

- 二基の衛星による広い領域の硬エネルギー走査観測から、隠れたブラックホールの探索から宇宙進化の解明に寄与する
- 硬X線領域における集光系を使った初めての広域探査計画である
- SDCCDはASTRO-HのためのCCD開発と表裏一体として進めている
- FFASTの検出器のデータ処理は、超小型衛星計画、ASTRO-Hとともに共通に開発を進めた
- 硬X線望遠鏡の構造などは、ASTRO-Hとほぼ同じであり、共通に開発を進めている
- 必要な編隊飛行技術はJAXAのこれまでの技術を元に、十分達成可能なもので、順調に開発を進めている。
- 共通系については、重量、構造、電力、熱などの基本的な項目の検討は完了しており、問題点などが明確になっている。今後は、初期運用などいろいろな場合を想定した運用の検討を行う。
- 第三号小型科学衛星を目指して鋭意準備中である。