

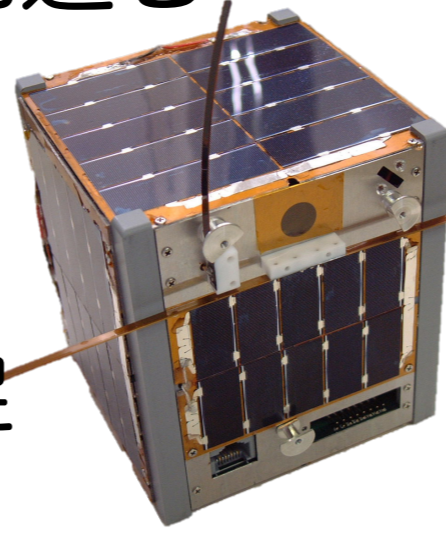
CubeSatによる天体観測の提案 中性子星パルサーのX線偏光観測

早藤 麻美¹、湯浅 孝行¹、玉川 徹^{1,2}
岩切 渉¹、野田 博文¹、榎戸 輝揚^{3,1}

1. 理研、2. 東理大、3. 京大

CubeSatでサイエンス

- ☆ CubeSatとは10cm角を基本単位(1U)とする1~6Uの超小型衛星
- ☆ 標準化された放出機構と低価格、短い開発期間
- ☆ 打上数の増加に伴い共通システム系の標準モジュール化進む
- ☆ 大学衛星として始まり近年は商業目的が多い
- ☆ 科学的な天体観測利用は未開拓
 - ★ 現代の観測機器は高性能でCubeSatではスペース・電力不足
 - ★ X線の場合、集光に焦点距離が必要
 - ★ 姿勢制御が困難だった (近年は技術向上で解決)



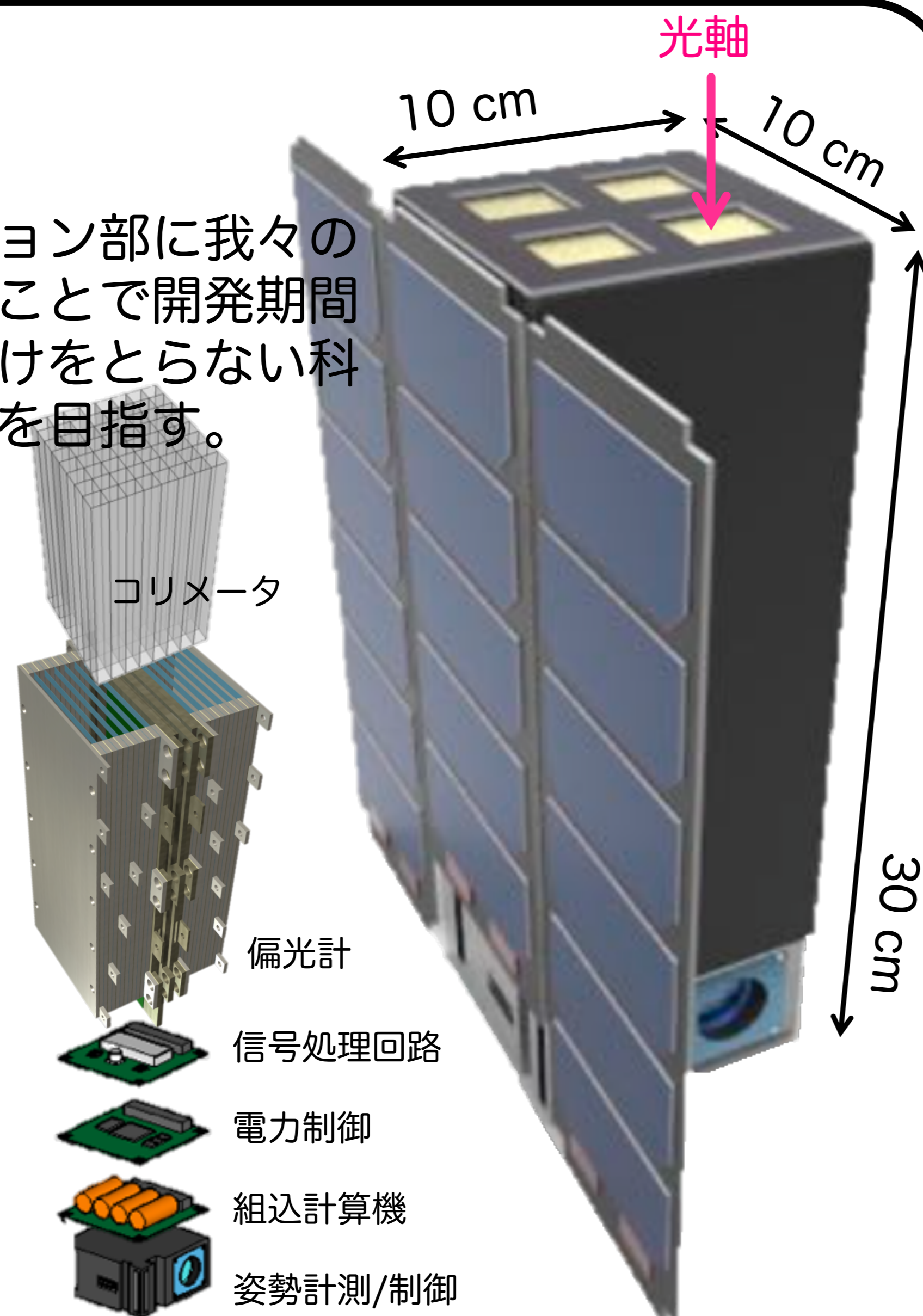
XI-IV (2003年打上げ)
東京大学 中須賀研究室

条件を満たしつつ新しいサイエンスが可能な検出器があるなら、
技術が向上した今 CubeSat を利用しない手はない

計画概要

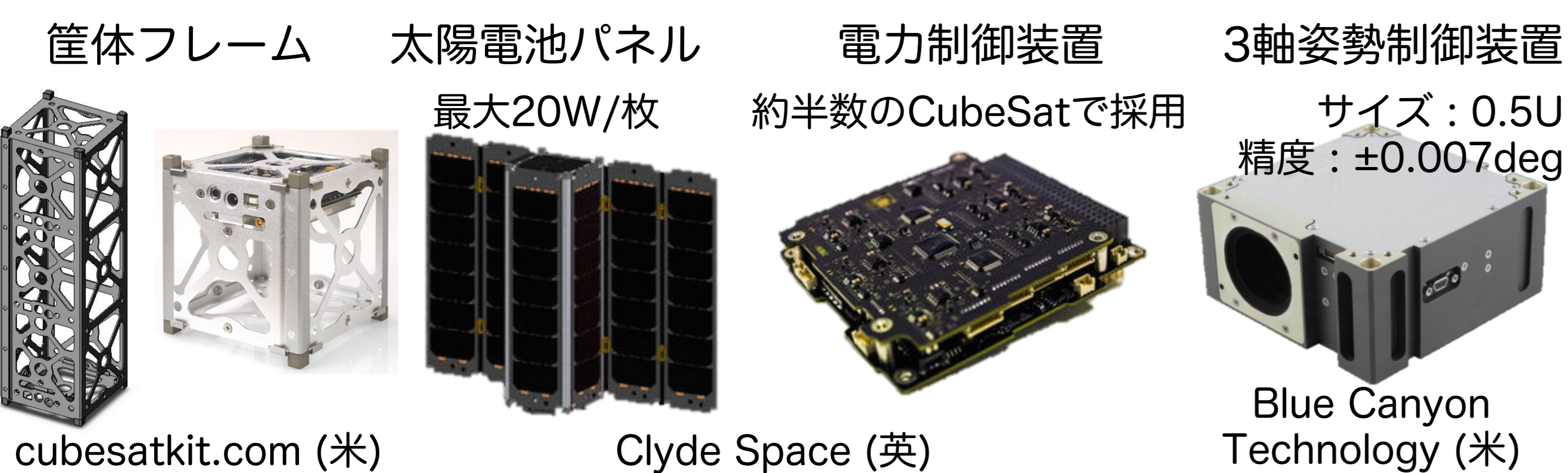
衛星バス部に市販品、ミッション部に我々の地上実証済み技術を利用することで開発期間を短縮しつつ、大型衛星に引けをとらない科学的・技術的成果を得ることを目指す。

- ☆ 3Uサイズ (10x10x30cm³)
- ☆ 重量 ~5 kg
- ☆ 開発期間 ~5年
- ☆ 軌道寿命 数ヶ月~1年
- ☆ 有効観測時間 >100キロ秒
- ☆ 3軸姿勢制御
- ☆ ポインティング観測
- ☆ X線集光ミラーなし
- ☆ 観測天体はひとつ



衛星バス系

軌道上実績のある商業部品を積極的に利用。大部分を「買って組み立てる」ことで信頼性を保ちつつ開発期間を短縮化、ミッション部である偏光計に専念することが可能。



ミッション部 ~X線偏光計~

- ☆ NASAの小型衛星計画 PRAXyS用にNASA・Iowa大・理研で開発してきたTime Projection Chamber型X線偏光計の技術をそのまま利用し小型化。
- ☆ X線が光電吸収される際の光電子の放出角度分布が入射したX線の偏光方向に依存する性質が原理 [Black+07]
- ☆ 1光子ごとに光電子をイメージング、放出方向を決定
- ☆ 検出効率を優先し、天体のイメージング能力はない
- ☆ 有感体積 3x6x10cm³の偏光計を2台搭載 (ジメチルエーテル1/4気圧)
- ☆ 2-8 keVに感度、検出率は~40%@3keV



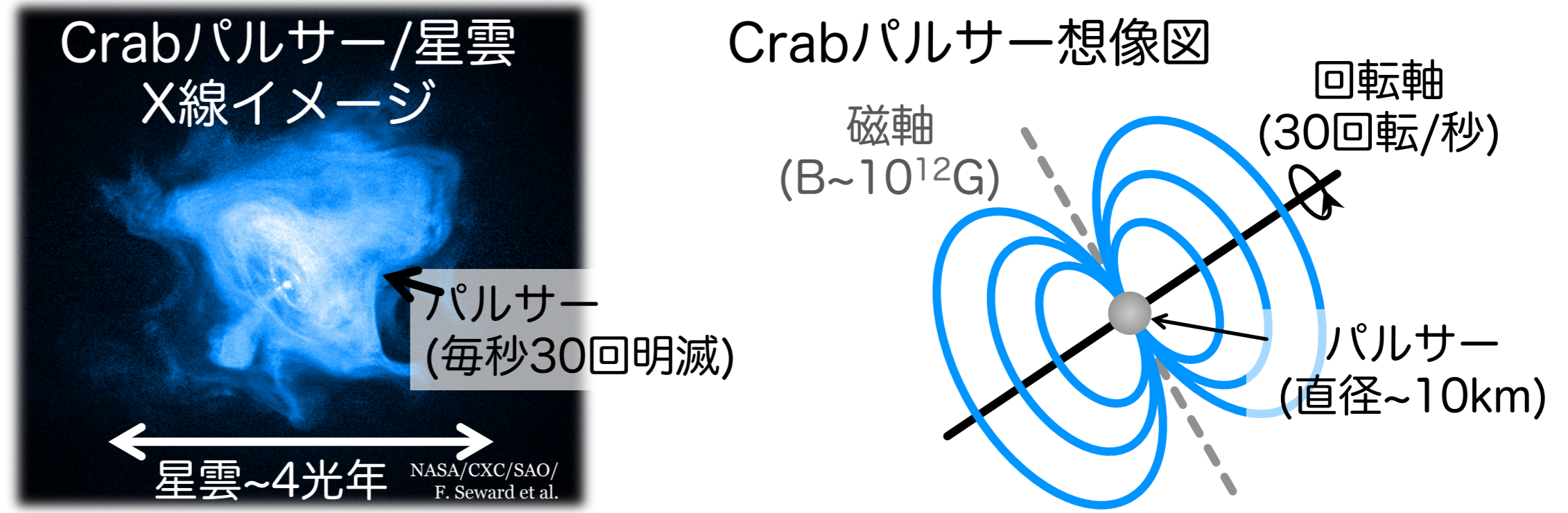
$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto \cos^2 \phi$$

SP8にて偏光検出能力
実証済みTPC偏光計
[Hayato+14ほか]

中性子星パルサーの粒子加速

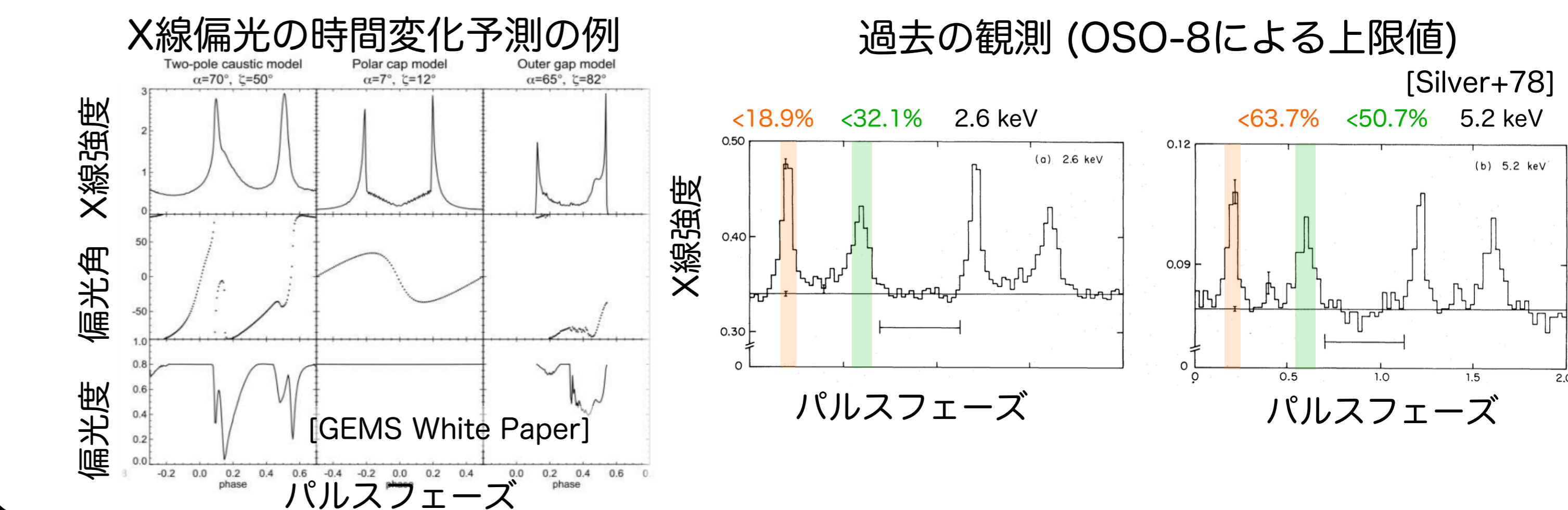
回転駆動型中性子星パルサー

- ☆ ~10太陽質量の星の最終形態のひとつ
- ☆ 高密度、強磁場、高速回転が特徴
- ☆ 単極誘導で発電、誘導気電極で荷電粒子が加速
- ☆ 例えばCrabパルサーでは電子が数100TeVまで加速され得る
- ☆ 加速機構・磁場構造などの基本的性質が未解明



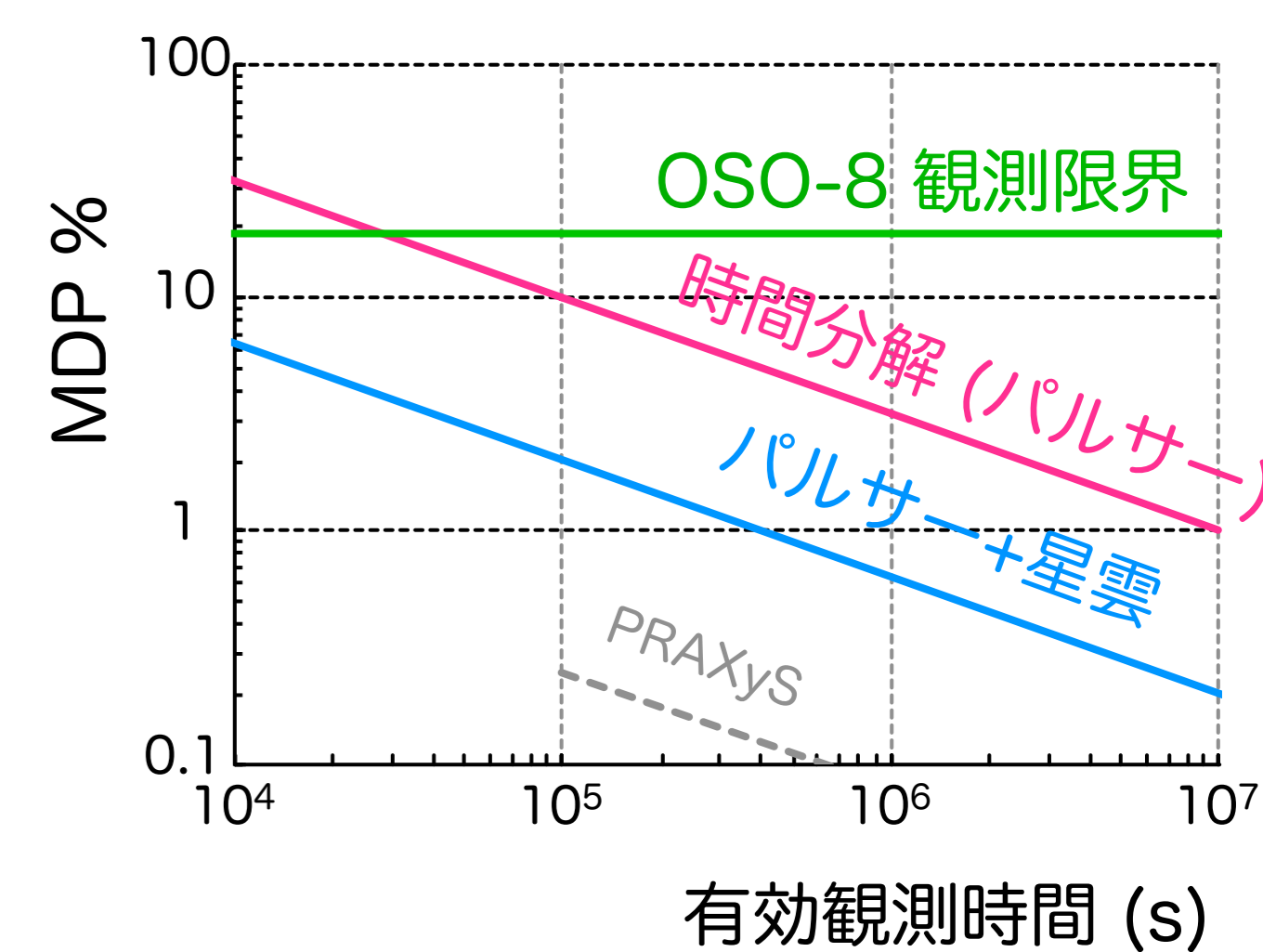
パルサーのX線偏光観測

- ☆ Crabパルサーの放射はシンクロトロン放射と考えられ、その場合磁場と垂直な直線偏光が期待される
- ☆ パルサーの自転に合わせ放射を見込む角度が変化
- ☆ 観測目標：自転周期以下の時間精度でX線偏光度・偏光角を観測
 - ★ 粒子の加速領域の特定には、X線偏光の時間変化が最大の鍵
 - ★ 偏光検出に成功すれば世界初 [Ghosh+13他]



観測可能性

- ☆ 現行のTPC偏光計の性能とCrabパルサーのX線強度で、検出可能な最小偏光度 (MDP: Minimum Detectable Polarization) を計算
- ☆ 時間分解なし (パルサー+星雲) でも2-8 keVの連続したエネルギー帯で観測が成功すれば世界初
- ☆ パルスがON (パルサー+BG放射) からOFF (星雲+BG放射) を差し引き事実上BGフリーな観測が可能
- ☆ 100キロ秒の観測でOSO-8を上回る時間分解観測を実現



CubeSatによる観測実現へ向けて

超小型X線偏光計の開発

- ☆ 電子飛跡読み出し・信号処理回路・高圧電源・低消費電力化
- ☆ 高効率X線コレクタの開発
- ☆ 高効率データ処理ソフトウェアの開発

CubeSatシステムの開発

- ☆ 機械構造・熱・電力・通信・姿勢等の衛星バス系開発
- ☆ ポインティング観測のための高精度な姿勢制御アルゴリズム
- ☆ 軌道寿命、バックグラウンド、通信レートの見積もり
- ☆ 環境試験(振動試験、音響試験、熱真空試験、EMI/EMC)
- ☆ 地上局の整備(購入・他機関との連携)、無線免許の取得

打ち上げ・観測運用

- ☆ 打ち上げ機会の確保(JAXA HTV補給船、Space-X Dragon補給船等)
- ☆ 運用(軌道放出、初期運用、定常観測運用、運用終了、大気圏再突入)