

50kg級技術実証衛星「ひばり」 - 形状可変姿勢制御と重力波対応天体観測 -



○俵 京佑（東工大），針田 聖平，河尻 翔太，松下 将典，吉井 健敏，太田 佳，古賀 将哉，渡邊 輔祐太，
菊谷 侑平，林 雄希，小池 毅彦，新谷 勇介，谷津 陽一，河合 誠之，松永 三郎

概要 東工大松永研・河合研は合同で50kg級技術実証衛星「ひばり」を提案する。ひばりは、超小型衛星のための新しい姿勢制御方式である「形状可変姿勢制御」を軌道上実証することを目指している。この方式は従来の超小型衛星システムでは実現の難しかった、姿勢制御の迅速性と安定性の両立という相反する要求を満足することができると期待されている。さらに、ひばりでは新姿勢制御方式を利用した科学ミッションも提案する。具体的には、紫外線観測による重力波対応天体の位置決定をいち早く行い、地上にアラートを出して精密な追観測を行うことを計画している。

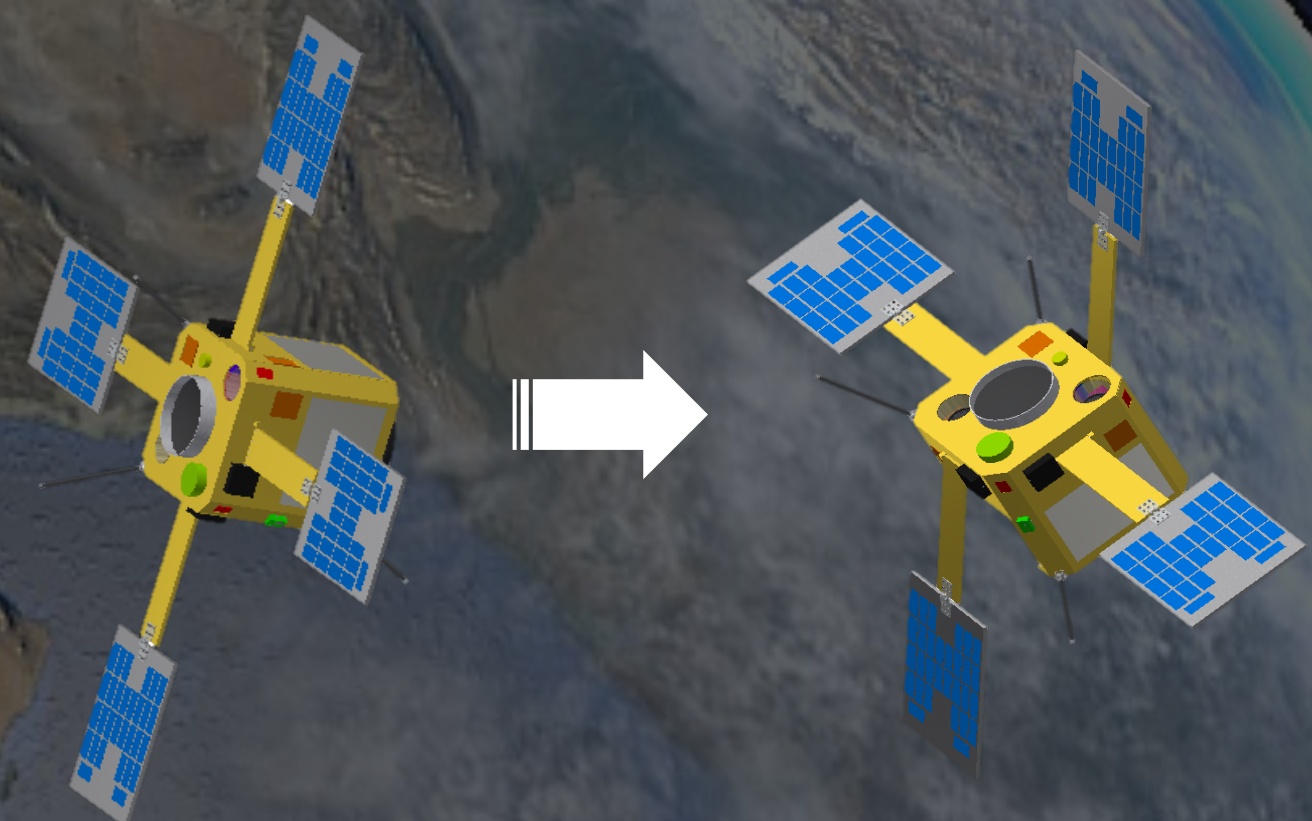
1. 形状可変式姿勢制御の軌道上実証

従来手法の問題点

- ◆RWは迅速性に乏しい
- ◆CMGは安定姿勢制御に適さない
- ◆RWとCMGと共に搭載することは超小型衛星への体積制限のため実現困難

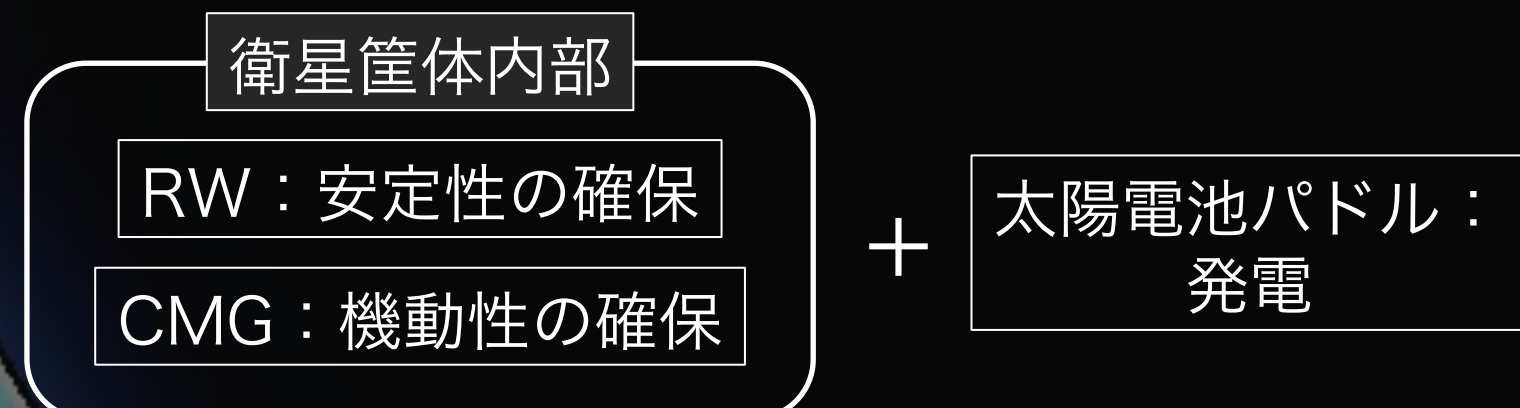
形状可変姿勢制御

衛星構造の一部を駆動することによる反動を姿勢制御に利用する。超小型衛星は本体質量の小ささにより、この姿勢変更効果を比較的容易に大きくすることができる。姿勢変更角度に制限があるものの迅速な姿勢制御を行うことができる。パドルの慣性モーメント増大による安定性向上も期待される。

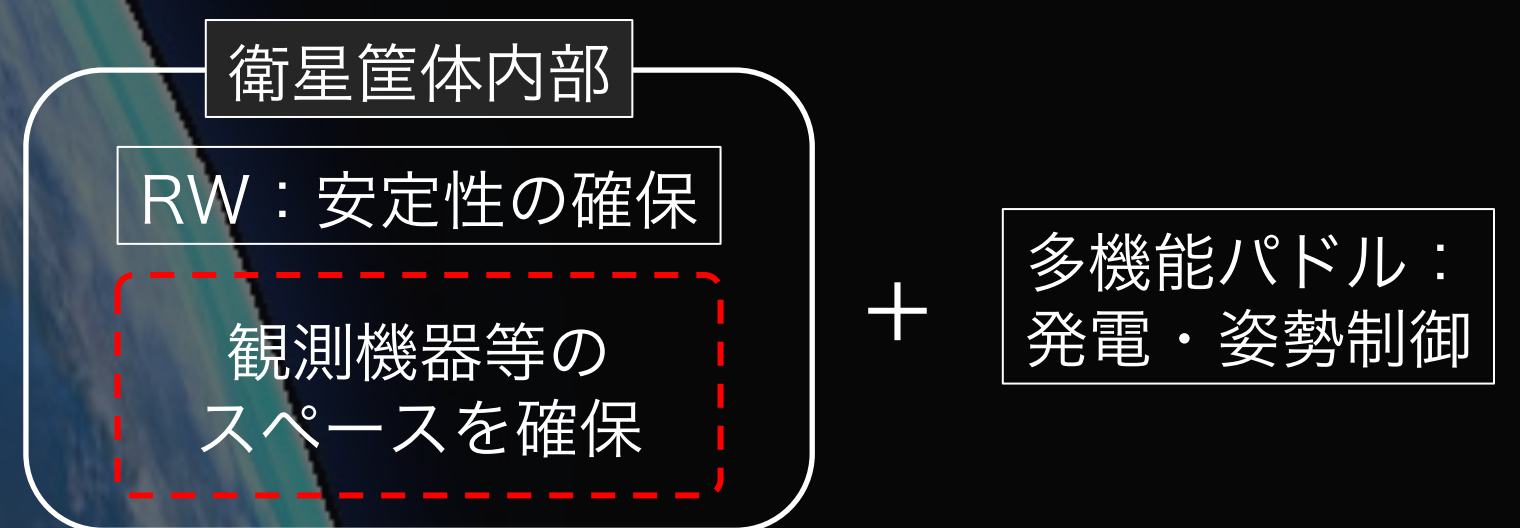


形状可変姿勢制御の概念図

従来手法

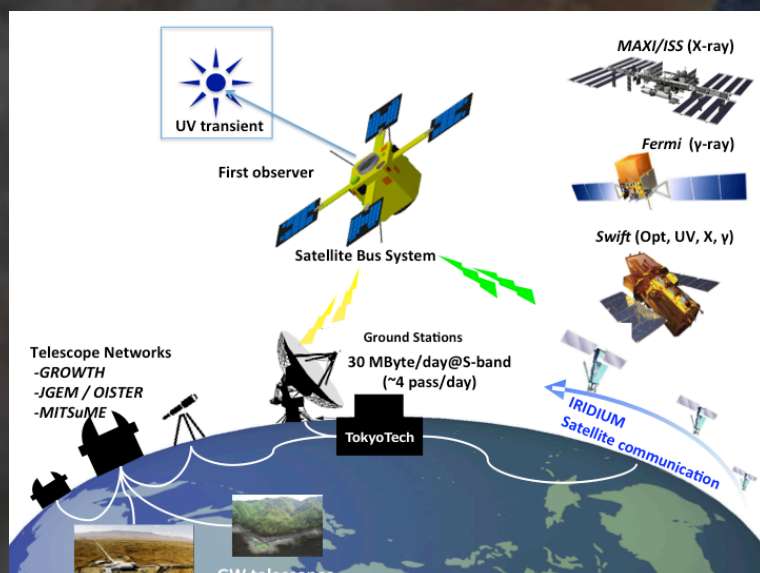


提案手法



2. 近紫外線における時間領域天文学の開拓

現在、短時間現象に焦点をあてた「時間領域天文学」という新しい学問が形成されつつあり、米国においては今後10年間の重点科学領域と認識されている。すでに電波、赤外線・可視光、X線、ガンマ線、ニュートリノなどの手法での監視体制が構築されつつあるが、紫外線のみが未だ未開拓の状態にある。我々はこの紫外線領域を世界に先駆けて切り拓くべく、超小型衛星によるサーベイ観測実現をめざす。



観測シーケンス

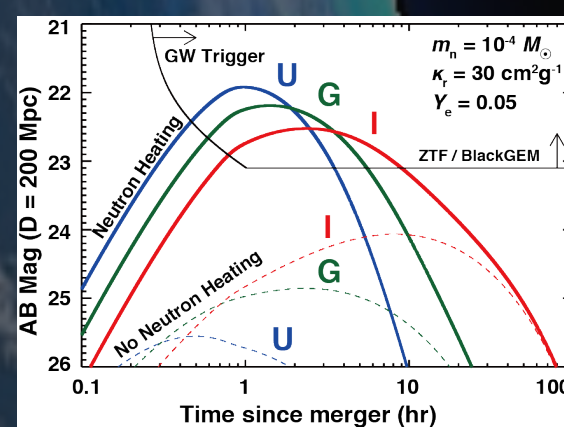
- ◆ GW検知をトリガーとしたUV観測
- ◆ オンボード天体測量
- ◆ 地上への位置速報
- ◆ 光学/IR観測

Key technologies

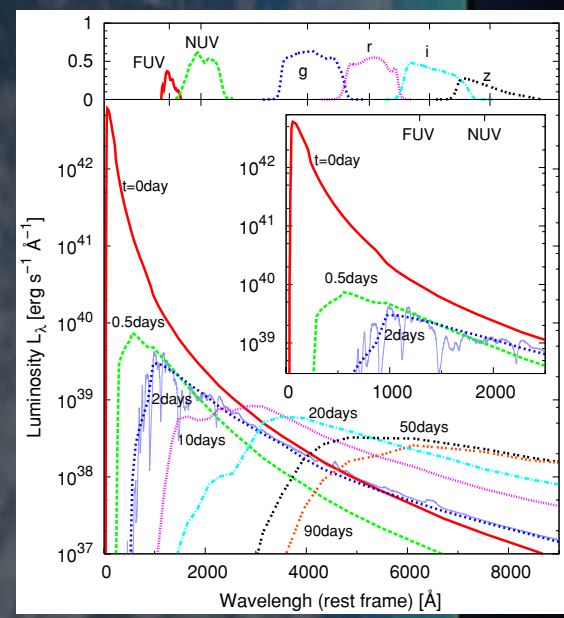
- 速報のための常時通信回線 (UP/DOWN)
- 広域観測のための高速姿勢制御

観測ターゲット

- 重力波源 (NS-NS合体) : 紫外線即時観測は中性子星内の状態方程式の解明やNS連星合体時のr-process元素合成のメカニズム解明の鍵をにぎる。
- 超新星ショックブレイクアウト: 大質量星が燃え尽き重力崩壊する間際の恒星の進化は謎につまれている。超新星爆発が光球を突き抜けた瞬間の閃光を捉えることで、恒星進化や超新星爆発メカニズムを解明する極めて重要な情報を得られる。
- ニュートリノイベント: 紫外線は放射源の特定にきわめて強力。重力崩壊型超新星であれば、確実にショックブレイクアウトを検知できる。
- 超大質量BHでの潮汐破壊現象
- AGNの時間変動



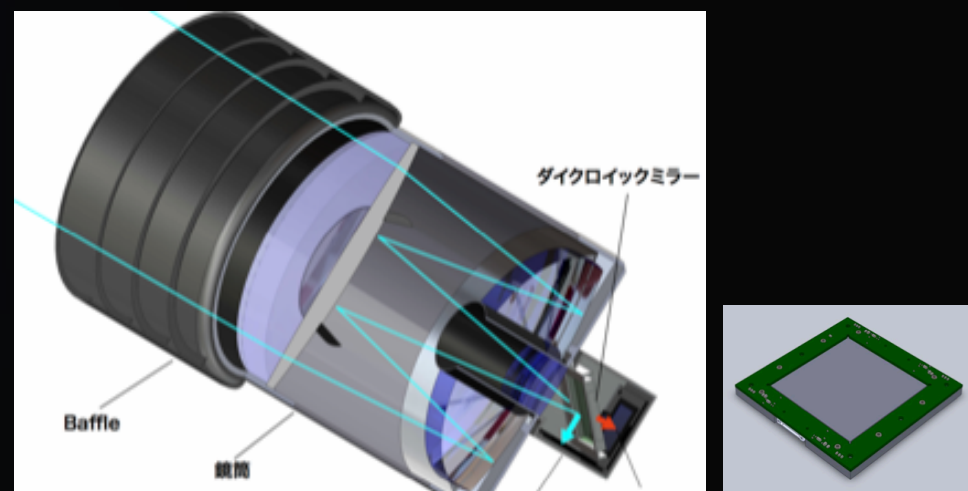
重力波からの紫外放射



ショックブレイクアウトの放射モデル

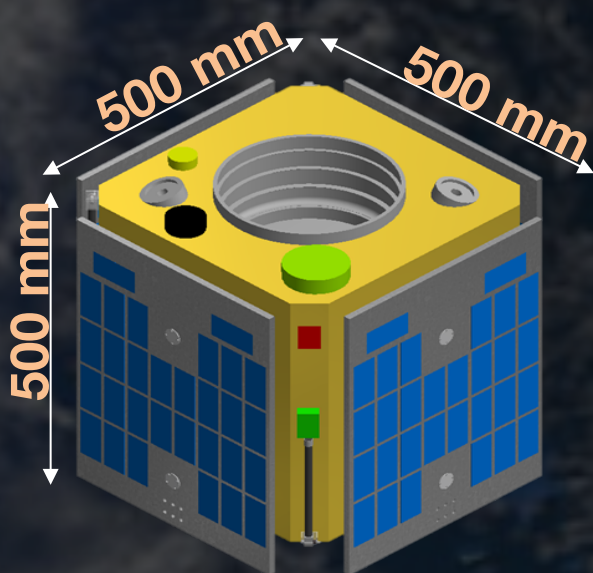
ミッション要求

Wave length	NUV (200 ~ 300 nm)
Detection limit	> 22 mag
Limited time	1 hour
Survey area	100 degree ²
Number of cycle	2 cycle
Alert time limit	30 minutes
Detection rate	1 GW source / yr = 0.1 SN shock breakout/day

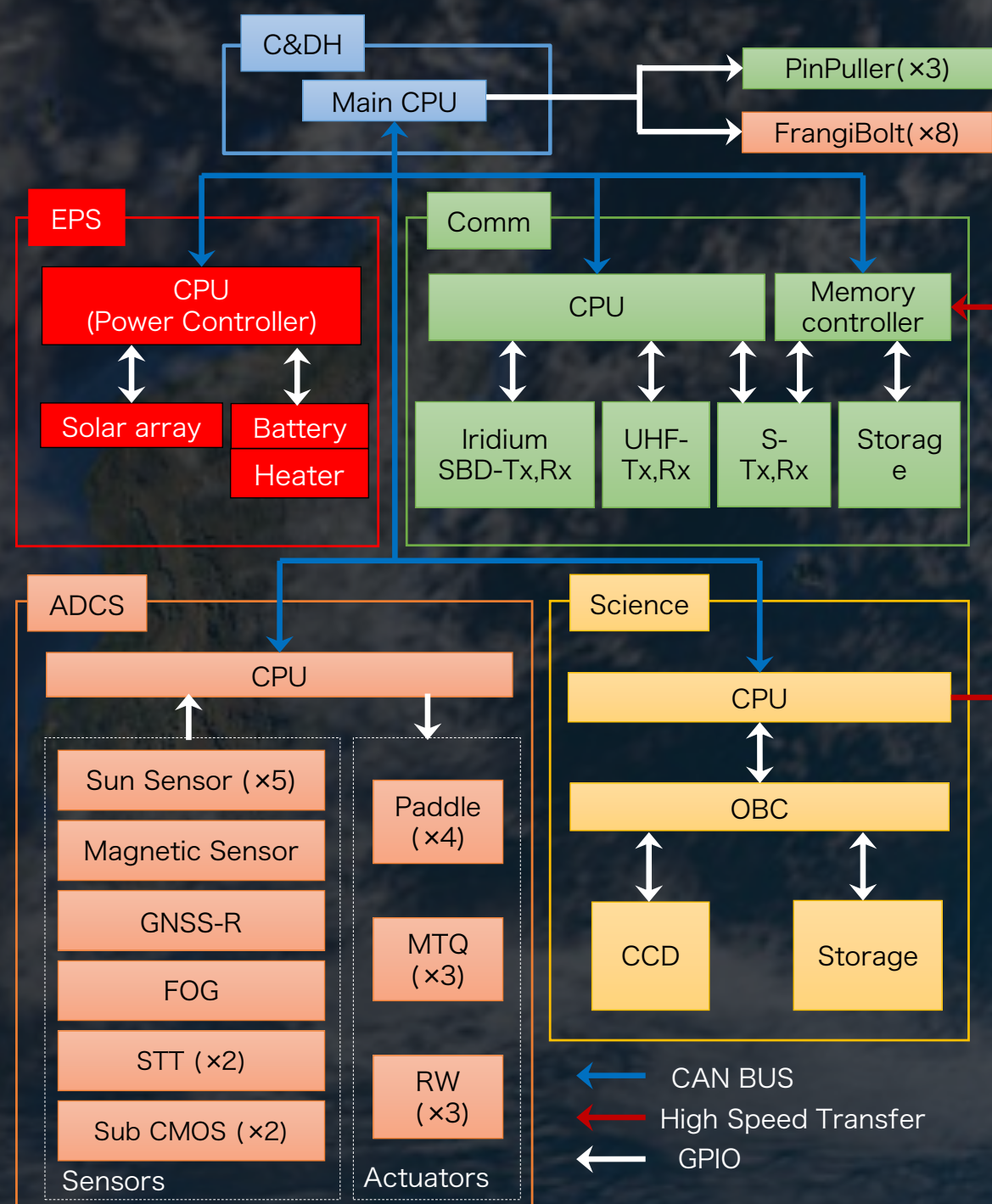


紫外線望遠鏡とUV-CCD
広視野・紫外線望遠鏡は溶融石英を用いた全長の短い特殊な光学系を採用する。紫外線用画像検出器は検出器はカリフォルニア工科大の協力で開発する。

3. 衛星諸元・システム構成



- ◆ 質量 44.1 kg
- ◆ パドルは軌道上で展開
- ◆ ロケット振動に耐えられる剛性を有することを確認 (H2A基準)



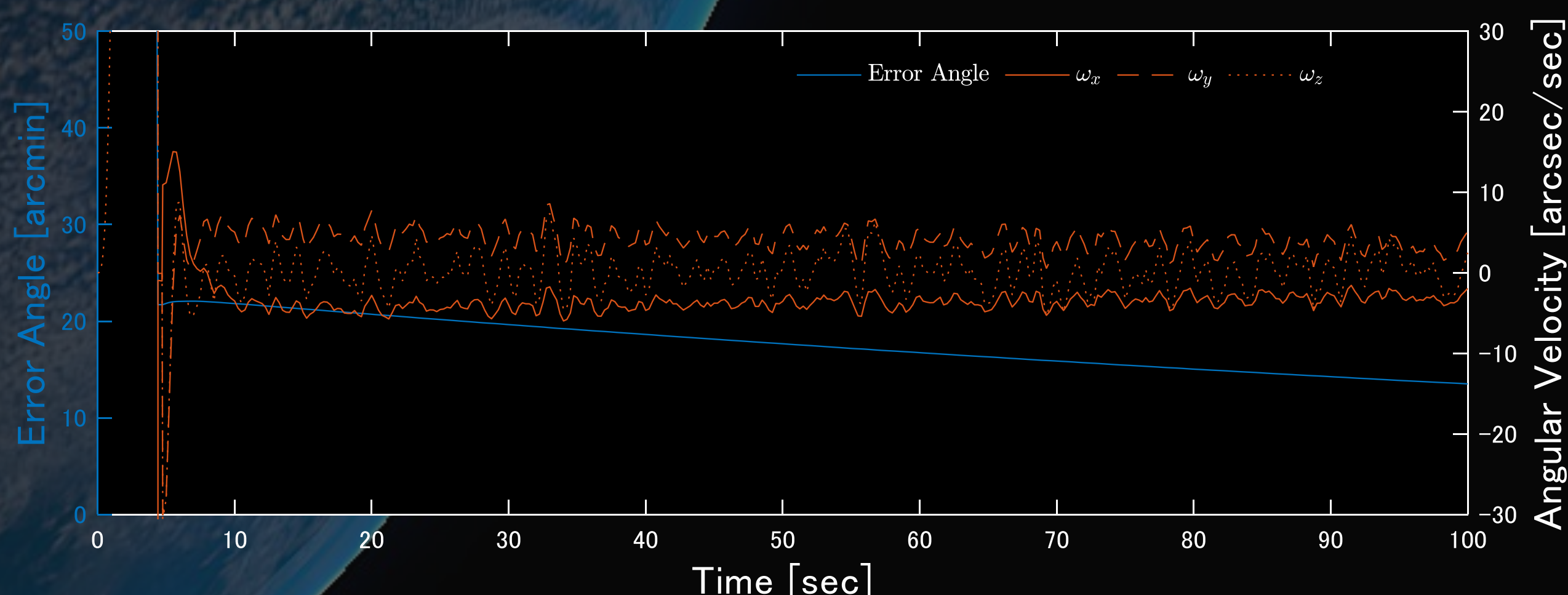
4. 姿勢制御系への要求とミッション解析

システム要求

	System Requirement	Performance
Attitude statement	15 arcsec / 10s	> 15 arcsec / 10s
Rapid attitude control	Best effort	8 degree / s
Drive angle	Best effort	40 degree

迅速性と安定性を両立させる必要

40degのRest-to-rest姿勢変更シミュレーション (太陽方向からGW源方向へ)



姿勢制御誤差角・衛星本体角速度の時間履歴

5秒程度で大角度姿勢制御を終え、直ちに安定状態へ至り各軸角速度が10 arcsec/sec以内に抑えられていることがわかる。

超小型衛星「ひばり」を提案し、シミュレーションスタディによりミッション要求を満たす見込みであることを確認できた。