

WISH

超広視野初期宇宙探査衛星計画の進捗

WISH ワーキンググループ
山田 亨^{1、○},岩田 生²、諸隈 智貴³、矢部 清人⁴、常田 佐久²、東谷 千比呂⁵、大藪 進喜⁶、和田 武彦⁷、松原 英雄⁷、太田 耕司⁴、河合 誠之⁸、児玉 忠恭²、小宮山 裕²、池田 優二⁹、岩村 哲¹⁰ ほか

I: 東北大学 2: 国立天文台 3: 東京大学 4: 京都大学 5: UC Riverside 6: 名古屋大学 7: JAXA/ISAS 8: 東京工業大学 9: フォトコーディング 10: MRJ

科学目標

ビッグバンからの
およそその時間

現在の宇宙

30万年

5億年

10億年

20億年

90億年

135億年

再イオン化の完了(イオン化された銀河間空間)

再イオン化の始まり(中性水素が優勢になる)

最初の恒星・銀河形成開始期

暗黒時代

星形成と銀河形成の始まり

現代天体物理学の大変革期

最新の観測結果による発見

宇宙は再イオン化した

宇宙は暗黒時代に突入した

宇宙は最初期の銀河を形成し始めた

宇宙は最初の恒星を形成し始めた

宇宙は最初の星系を形成し始めた

宇宙は最初の生命を誕生させた

*地上では実現できない非常に広くかつ深い近赤外撮像サーベイによる初代銀河(z~15まで)の探索

*多数回観測から遠方Ia型超新星を検出し、宇宙の膨張史を探ることにより、「ダークエネルギー」の性質の解明

*近赤外線サーベイによる、星質量集積史、星形成史などの「銀河形成・進化史」の解明

*ガンマ線バースト残光の観測による遠方宇宙での星形成の研究

*その他、太陽系内天体、系外惑星、星形成、銀河系、銀河団など多様なユニークなサイエンスがスペース近赤外サーベいで可能(2009年4月 WISH サイエンスワークショップ、2010年3月サイエンスミーティング)

仕様

主鏡口径 : 1.5m

視野 : ~1000平方分

Pixel Scale: 0.15"

検出器 : 32 2k x 2k HgCdTe

波長 : I-5μm

軌道 : Sun-Earth L2

ロケット : HII-A

打ち上げ時期 : 2010年代後半

Mission Lifetime: L2で5年間

Survey Plan

of FiltersLimiting Mag.AreaDays*

Ultra Deep Survey528 AB100 deg²1,500

Ultra Wide Survey3-425 AB1,000 deg²50-70

*サーベイに要する日数には50%のオーバーヘッドを含む

主体となる Ultra Deep Survey に加え、遠方クェーサールの探索などを行う Ultra Wide Survey を展開する。これらのほか、Narrow-band Filter を用いたサーベイなどを組み込むことを検討する。サーベイ中に WISH が指向できる方向にガンマ線バーストが発生した場合はフォローアップを実施する。

WISH のユニークネス

サーベイの深さ

WISH では、冷却された光学系により、地球上望遠鏡では到達できない深さのサーベイを実現できる。宇宙最初期の銀河を検出するためには、Ultra-Deep Survey で実現する 28AB 等級の達成が必要である。これは、ESA で検討されている Euclid よりも 2 等程度深い。1-5μm の波長範囲を、このような深さで、100 平方度もの天域についてサーベイするミッションは他には提案されていない。

Zodiacal Light = 3x Ecliptic Pole

十分に光学系が冷却された状態での積分時間あたりの予想限界等級。3μm までのどのバンドでも、20 時間未満で 28AB 等級にまで到達することが可能。

サーベイの広さ

2μm 10h exposure VISTA 2,835sq' JWST/NIRCam 9.3sq'

MOIRCS 28sq' HAWK-I 56.3sq' WISH 840 sq' 27.6 AB

FoV / Shot (arcmin²)

WISH は地上望遠鏡の最新の近赤外カメラ(MOIRCS, HAWK-I, VISTA)よりも深く、JWST/NIRCam よりも 100 倍近い広さの視野をもつユニークな装置である。

開発・検討の進捗

光学系・望遠鏡

3枚鏡+平面鏡によるドーナツ型の視野をもつ光学系を予定しており、全角視野1度の全面にわたりストレール比>0.9を達成している。

inner edge of FoV outer edge of FoV

K-band (2.2um)

optical design by Dr. Y. Ikeda (photocoding)

主鏡保持検討 WISHの主鏡は100Kまで冷却されるため、低温でも变形を抑えられるよう保持する必要がある。

クランプ式保持のモデル

接着式保持のモデル

クランプによる機械的保持と接着剤を用いた保持の2種類を検討した。接着式ではパッドの素材と鏡との熱膨脹係数の違いから冷却時に大きな負荷がかかることがあった。クランプ式の場合、現時点では30MPa(マージン込み)の負荷がかかっているが、鏡の構造や保持方法の最適化により改善が可能とみており、さらなる検討を要する。

ゴースト解析 現在検討しているフィルタ交換機構では光路上に複雑な形状の構造物が入るため、ゴーストの懸念がある。焦点面からの逆光線追跡により、ゴーストの有無を検討したところ、一部の配置ではゴーストの可能性があったことが分かった。多くの場合主鏡、副鏡のパッフルで防げる見込みであり、バッフリングの検討が今後必要である。

望遠鏡構造材検討 望遠鏡構造は常温での打ち上げから100Kまでの運用までに対応し、低温下で主鏡をはじめとする光学系にストレスを与えないことが求められる。現在、WISHの望遠鏡構造部品として炭素強化プラスチックの候補素材の選定、物性評価を進めている。

システム検討

基礎的系统検討としての以下の項目を実施した:

システム要求分析 衛星構造の検討(フェアリング収納性)、軌道方式の検討、観測指向要求、運用要求の分析、通信方式の検討

システム解析、設計 電力解析、姿勢要求、指向精度解析、観測領域解析等を行い、衛星形状、質量配分等を検討

サブシステム設計 電源系、データ処理系、通信系、姿勢制御系、推進系等の検討

内部擾乱解析 フィルタ交換機構の駆動による擾乱を評価。簡易的な解析では最大40秒間程度指向安定性を満たさない可能性がある。駆動速度低減、配置検討などを要する。

通信方式: 運用時のデータ生成量とあわせ方式ごとのトレードオフを検討し、Xバンド(8.5GHz)が適すると結論した。

指向安定性: <0.07 arcsec/ 300秒を要求。バス部とミッション部の熱歪みのためStar Trackerのみでは実現が困難であり、焦点面上のFine Guide Sensorが必要。

マネージャ解析: ガンマ線バーストのフォローアップなどの突発現象への対処のため180度/10分を要求しているが、これを実現するにはリアクションホイールの強化、衛星慣性モーメントの低減等の対策を要する。

データ処理系: データ発生レート4.5Mbps。3局以上での24時間運用が必要であり、データの圧縮を行うことが望ましい。

これらの検討結果はミッション提案書に反映する予定である。

フィルタ交換機構試作

WISH detector position, pattern 2D (8 DETECTORS)
Effective FoV
検出器

多数のフィルタを入れ替えながら観測を行う必要がある。各検出器ブロックに対しフィルタを割り当てるフリップ式交換機構を検討しており、試作品を制作して、振動試験、耐久試験を実施している。詳細はP3-072(諸隈ほか)を参照のこと。

冷却試験チャンパー内に収められたフリップ式フィルタ交換機構試作品

コミュニティ会議国際会議など

2010年3月に国内でのサイエンスミーティングを開催し、サイエンスケース的具体化、ミッションデザインへの反映を行った。また、SPIE や COSPAR などの国際会議において WISH について発表を行い、国際的認知度の向上を図った。さらに、衛星コンポーネントの開発における国際協力の可能性の具体的な検討も始めている。

<http://wishmission.org>

<http://wishmission.org>