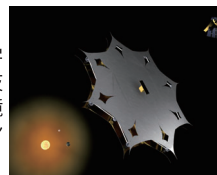


# P1.70 スターシェード技術実証衛星「Euryops」のミッション検討

○中村壮児, 設樂翔一, 宮崎康行 (日本大学)



## 概要

将来のハビタブルプラネット直接観測ミッションに向けたスターシェードによる天体観測技術の実証, 及びSSPS等に代表される先進的な宇宙構造物ミッションの実現を目指しSDMT(Self-Deployable Membrane Truss: 自己展開膜面トラス)の宇宙実証を行う, スターシェード/SDMT技術実証衛星「Euryops (Exozodiacal Disk Survey Using Occulter Composed of SDMT)」のミッション検討状況を紹介します。本ミッションは望遠鏡衛星とオカルタ衛星の2機の衛星を用いるミッションであり, 2025年度までの打ち上げを目指し, 現在概念設計を行っている段階である。ミッション実現のために, 工学・理学分野に関わらず, 国内外の様々な方々との連携を望んでいる。

## 1 ミッション背景

### ▶ 我々が目指すゴール (将来ビジョン)

本ミッション当該分野である宇宙構造物分野及び惑星科学分野において, 我々は近年の国内外プロジェクト動向に鑑み, 最終目標を以下のように定めている。

### 宇宙構造物分野: 先進宇宙構造物ミッションの実現

- SSPS, 大口径アンテナ・レーダー等に代表される先進的な宇宙構造物ミッションを実現することで, 現存する地球のエネルギー問題や, 地球環境, 通信インフラ等の問題を解決し, 人々の暮らしを豊かにする。
- スターシェードを用いた系外惑星観測等の宇宙構造物を用いた高度な理学ミッションを実現することで, 宇宙科学に革新的な成果をもたらす, 理学分野研究の進展及び, 新たな研究分野の創出に貢献する。

### 宇宙科学分野: ハビタブルプラネット直接観測ミッションの実現

- ハビタブルプラネットの発見及び直接法によるその表層や大気等の詳細な観測(特徴づけ)によって, 地球外生命の痕跡を発見する。
- 惑星系の多様性や形成過程について, 統計的な理解を深め, 惑星系形成理論を確立する。これにより, 太陽系の起源ないしは地球の起源を解明する。

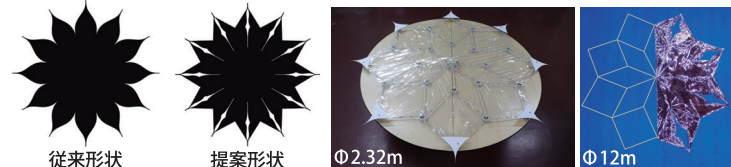
### ▶ 自己展開膜面トラス(Self-Deployable Membrane Truss: SDMT)

自己伸展性を有するバイコンベックスプームを用いた自己展開膜面トラス構造は, アクチュエータを用いらないことによる簡単な展開方式, 円筒上のハブにブームを巻き付けることによる高い収納効率, ラッチ機構による展開後の剛性の確保・維持が可能など, モジュール化が可能で大型化が容易といった特徴があり, 大型展開反射鏡アンテナや薄膜太陽電池アレイ等の大型軽量展開構造への適用が検討されている。

### ▶ スターシェード

近年の太陽系外惑星の観測の多くは間接観測によるものであり, 惑星の表層や大気組成等の詳細な観測(特徴づけ)は難航している。この問題を解決するためには直接観測が必要であるが, 恒星が惑星に対して非常に明るいため, その光が惑星の観測を阻害してしまうという問題がある。解決策の1つとして提案されているのが, スターシェードである。スターシェードとは, 恒星と宇宙望遠鏡の間に数 $\mu\text{m}$ 級の遮蔽物(オカルタ)を置き, 恒星の光を遮ることによって, 惑星の直接観測を可能にするシステムである。

我々は, オカルタの形状や構造に対する要求に着目し, オカルタにSDMTを適用することを検討している。オカルタの形状は, 光の回折を極力抑えるための花弁形状が提案されていたが, SDMTを適用するために外形が直線状の新しいオカルタ形状を2018年に提案し, 地上モデルでの展開, 組立試験を行っている。



### ▶ 超小型衛星によるSDMTを用いたスターシェード技術実証

我々は最終目標を達成するために, 超小型衛星によるSDMT軌道上展開実証, 及びスターシェードによる天体観測技術実証が必要であると考えている。実証するにあたってスターシェードシステム全体のサイズが小さくなるため, オカルタ性能の劣化, 及び望遠鏡の感度と分解能の低下が予想される。このため, ある程度の広がりを持つ恒星周りの天体として系外デブリ円盤を観測しようと考えている。

### デブリ円盤観測の科学的目的と予想される成果

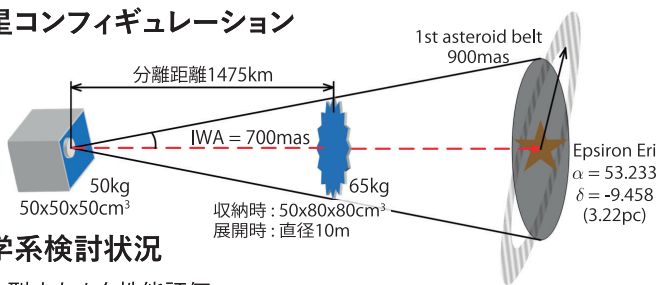
- ダストの鉱物学的性質の調査  
惑星の材料物質や形成過程などを明らかにすることができる。
- 円盤構造の調査  
円盤の構造は形成された惑星の重力的影響を反映しているため, 惑星を検出できる可能性がある。
- 円盤輝度の調査  
赤外線輝度との比較によってダストサイズの推定範囲を絞り込むことができる。円盤の光が系外惑星観測の妨げになるため, 円盤の輝度を事前に評価しておけば, 将来の系外惑星直接観測ミッションにおける観測リスクを低減することができる。

デブリ円盤の中にも惑星を持つことがわかっていくF,G,K型恒星周りのデブリ円盤は特に関心が高い。またサブペイロードとしてSSO-GTOに投入されるときを考えたときに観測のための制御・推進系要求が現実的なものが望ましい。これらの条件を満たすものとして, エリダヌス座イプシロン星惑星系のデブリ円盤を観測対象に選択した。

## 2 ミッションリスト

分野	ミッション	目的
工学	SDMT軌道上展開実証 スターシェードによる天体観測技術実証	SDMTが宇宙で展開することの証明 ダンパ機構・ラッチ機構技術等の獲得 スターシェードの工学的な課題の解決
理学	エリダヌス座イプシロン星惑星系デブリ円盤観測	円盤構造, ダストサイズ, 鉱物学的性質調査(円盤画像・偏光度・輝度データの取得) 系外惑星観測ミッションのリスク低減

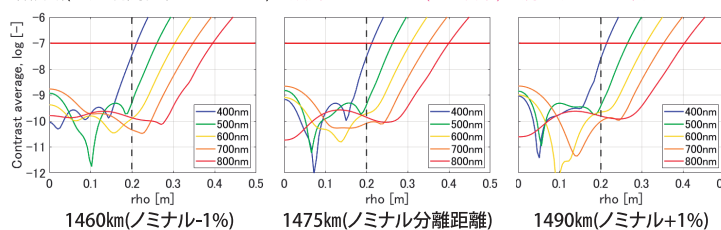
## 3 衛星コンフィギュレーション



## 4 光学系検討状況

### ▶ 小型オカルタ性能評価

直径10m, ペタル12枚, 可視光領域, 望遠鏡-オカルタ間分離距離1475km付近において, 暗領域(望遠鏡開口径+マージン)で設計コントラスト( $10^7$ 以下)を満たすことを確認した。



### ▶ 望遠鏡の構成・性能と必要露光時間

フィルタ	光学系効率	露光時間 [s]
B (438nm)	0.28	551
V (545nm)	0.42	575
R (641nm)	0.37	796
s-polarized	0.10	137
p-polarized	0.10	137
総露光時間 [s]		2196

口径	19cm
分解能	0.7" (0.3 Stability)
観測波長	B,V,Rバンド + 偏光観測
S/N	>5
イメージセンサ	Sony IMX253 (4112x3008)
ピクセルサイズ	3.45 $\mu\text{m}$
読み出しノイズ	~2.41 e-/pixel
暗電流	1.2 e-/pixel sec
焦点距離	1m

50kg級(50x50x50cm<sup>3</sup>)衛星に搭載することを想定し, 各パラメータを設定。観測対称(円盤)の表面輝度を22mag/arcsec<sup>2</sup>と想定し, 撮像・観測に必要な露光時間計算を行った。

## 5 オカルタ構造系検討状況

トラス配置, 膜収納, ノード部(保持解放・ラッチ・ダンパ機構)設計を行い, 質量解析・収容解析から超小型衛星サイズに収まることを確認した。また超小型モデルでの微小重力実験を2020年8月に行う予定であり, 無重力化での展開デモンストレーション, 各機構の健全性確認, および外形の形状精度測定を実施する予定である。

構成部品	質量 [kg]
ブーム	2.28
膜	7.60
ハブ	1.01
ベースプレート	7.76
ダンパ機構	1.41
ラッチ機構	6.00
保持開放機構	1.68
その他(接着剤等)	1.64*
合計質量 [kg]	29.4

\*マージン0.4kgを含む

## 6 軌道・フォーメーションフライト検討状況

ピギーバック衛星で実証することを考慮し, SSOから軌道遷移が可能な, 地球周回のフォーメーション軌道設計した。また, 軌道遷移, 観測に必要な $\Delta v$ コストを概算した。加えて光学性能から, フォーメーションフライト制御に対する要求を洗い出した。現在, 必要 $\Delta v$ を達成する推進系, 及び制御要求を満たす制御系の設計に取り掛かっている。

フェーズ	$\Delta v$ コスト [m/s]	望遠鏡	オカルタ
軌道遷移	303.3	185.2	
観測	153.8	153.7	
マージン	45.7	33.9	
合計	502.8	372.4	