

# 「きぼう」の地球観測の現状と今後の利用について

**2010年9月28日**

**宇宙航空研究開発機構**

**Part1: きぼう(JEM)の概要**

**Part2: きぼうの地球観測分野での活用の現状**

**Part3: 今後のきぼうの活用について**

# 「きぼう」の実験環境

## 1. 様々な用途に対応できる視野を確保

上を向けば天体観測、下を向けば地球観測など、広大な視野を様々な用途に活用。

## 2. 豊富なリソースを提供

- ・排熱 : 最大3kW／1実験ポート
- ・電力 : 最大3kW／1実験ポート
- ・通信 : 最大10Mbps

## 3. 大型ペイロードが取付け可能

- ・搭載可能重量:  
最大2,500kg／1実験ポート

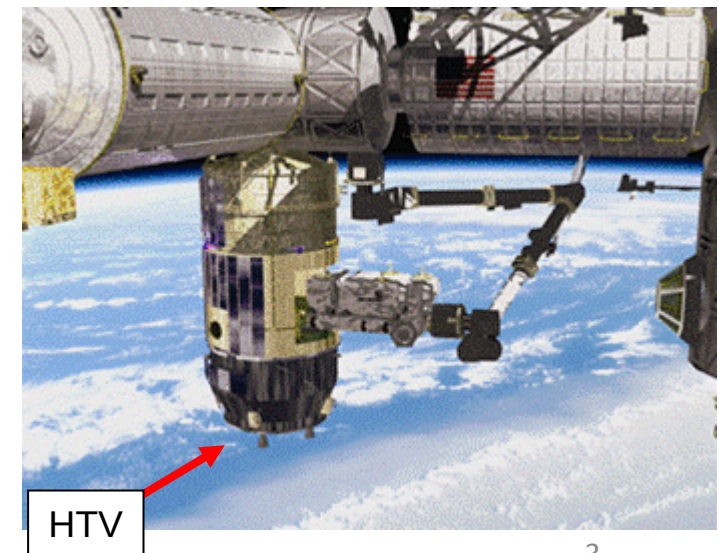
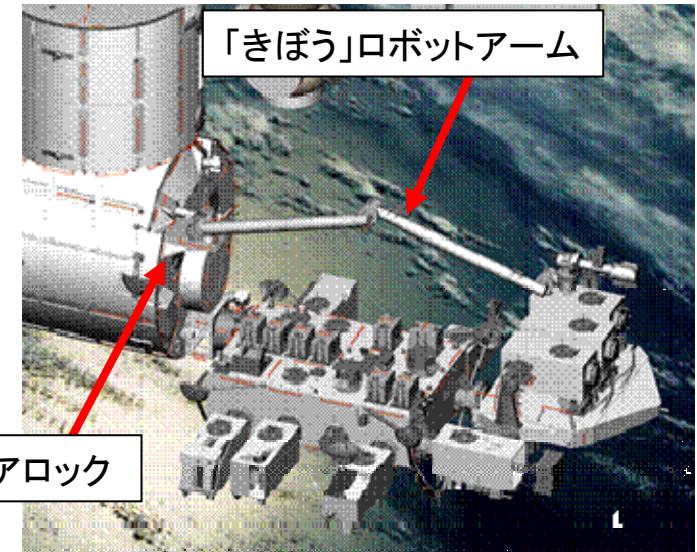
## 4. 多様な手段による実験装置の輸送

船外プラットフォーム用実験装置は、宇宙ステーション補給機 (HTV) やスペースX社の開発しているドラゴン (Dragon) により、また船内輸送品は、プログレス等でも輸送可能

## 5. 柔軟な軌道上ペイロード交換機能

2つのペイロードハンドリング機能

- ・「きぼう」ロボットアーム (JEM RMS)
- ・「きぼう」エアロック (船外活動に頼ることなく、船内と船外の間で機器の出し入れが可能)





S129E009271

# Part2: きぼうの地球観測分野での活用の現状

## 現在～2010年まで(第1期利用)

「SMILES」(中低緯度のオゾン層を診断するセンサ)を船外プラットフォームに設置し、情報を収集・発信を開始。

## 2011年～2013年(第2期利用)

### ➤ 2期利用ポート共有ミッション(MCE 2011年打上げ)

公募により、以下のミッションを選定。

- ・サイエンスの観点

- ⇒地球超高層大気撮像観測(IMAP)

- スプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ (GLISM)

- ・将来の応用技術開発の観点

- ⇒船外ハイビジョンカメラ搭載(地球直下を観測)

MCE:Multi mission Consolidated Equipment

IMAP :Ionosphere,Mesosphere,upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping)

GLIMS :Global Lightning and Sprite Measurement Mission)

### ➤ 2期利用ポート占有ミッション(CALET 2013年打上げ)

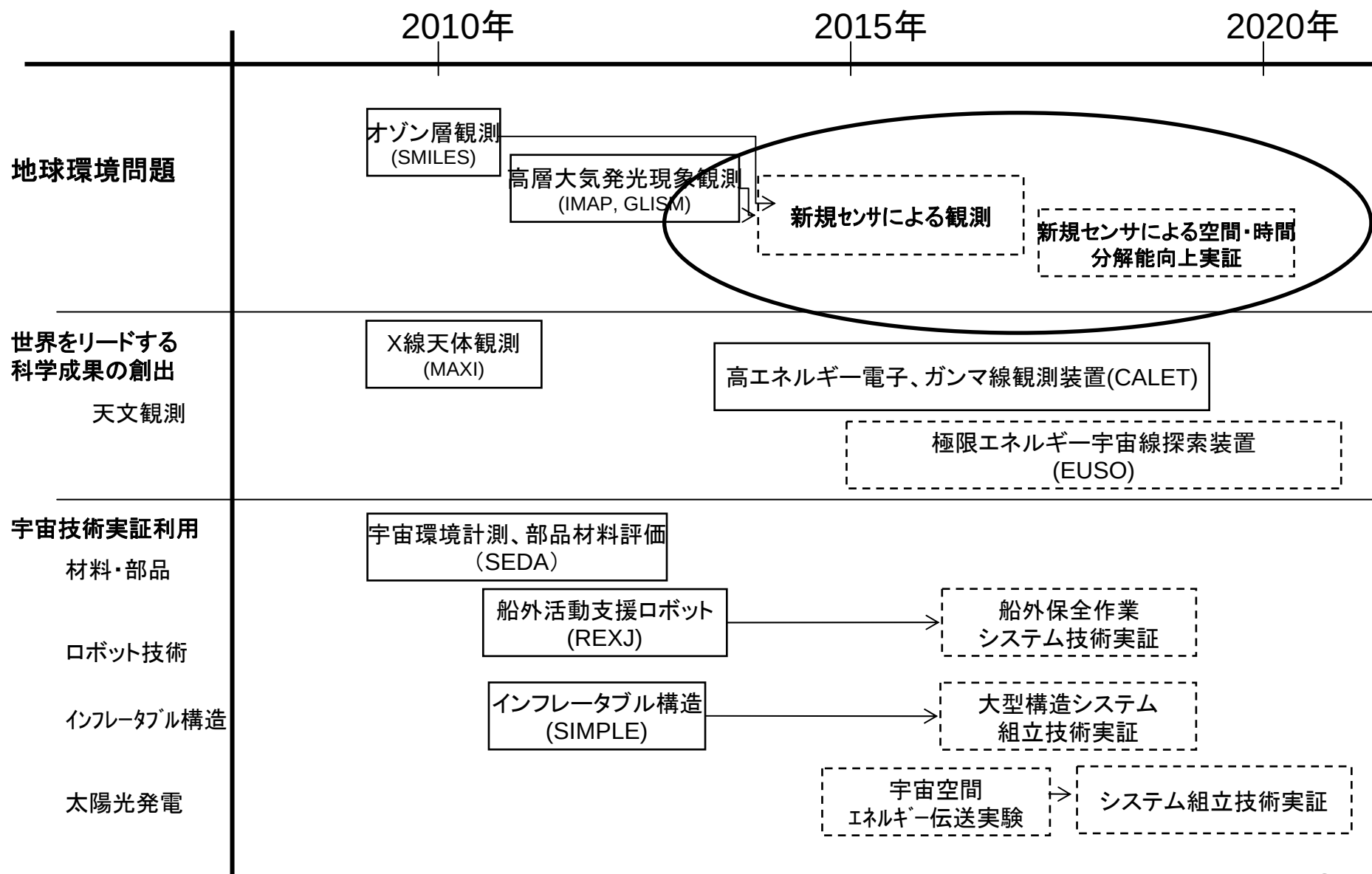
- ・小型赤外カメラ搭載検討を開始

CALET :Calorimetric Electron Telescope

高エネルギー電子、ガンマ線観測装置



# 「きぼう」船外プラットフォーム利用の計画



# 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ ( SMILES )

## 1 ミッション目的

成層圏大気微量気体成分のグローバルな時空間分布の観測のため、4K級機械式冷凍機と超伝導センサを用いた世界で初めての軌道上観測を行った。これにより成層圏オゾンおよびオゾン破壊関連物質の高感度測定による成層圏化学への貢献を目標とする。

具体的には

- ・塩素・臭素系物質などの微量成分の高感度測定  
→ これまでの衛星観測で説明できなかった化学過程の実証
- ・数値モデルの精緻化と確かな将来予測  
→ オゾン層回復などの、より高精度な将来予測に貢献

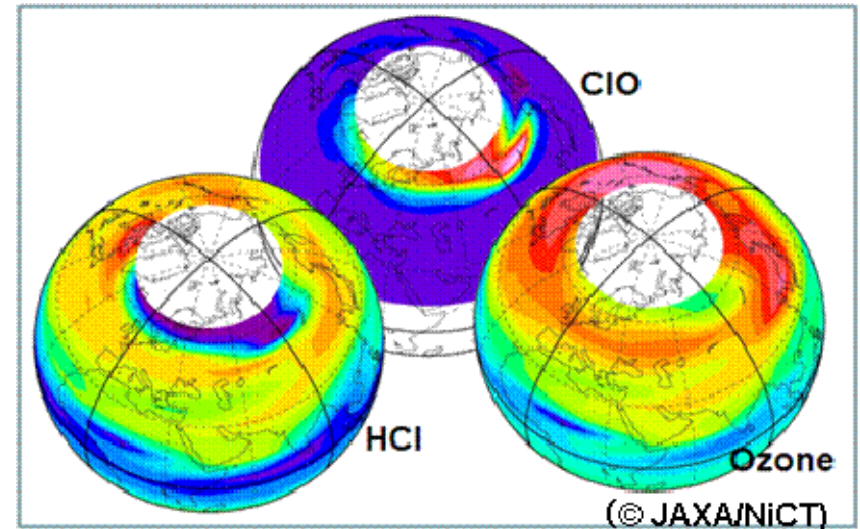
## 2. ミッション概要

1周回(90分)の周回軌道に沿って高度10~60km、北緯65°~南緯38°を360km間隔で大気中の分子から放射されたサブミリ波を観測し、分子スペクトルを検出。

## 3. 実施体制

研究代表者: 京都大学 塩谷雅人

参加機関: JAXA/INICT



今年(2010年)1月23日のSMILES観測データにより、ヨーロッパおよびロシア上空で成層圏オゾンが減少していることが判明した。これは、高緯度側の大気が中緯度側に流れ出したことによる。この大気は一酸化塩素(ClO)が多いことからオゾン破壊が進みやすく、塩化水素(HCl)が少ないことは高緯度側からの空気であるという目印である。この大気中でオゾンとの化学反応が活発化した結果、中緯度域の一部でオゾンが破壊されて減少した。

このような現象は、従来の地球観測衛星ではClOなどの微量成分の検出が困難であったため、把握が難しかったが、SMILESでは、その高感度を生かして、オゾンそのものの減少だけでなく多面的な観測結果を出すことができた。

# HREP -HICO and RAIDS Experiment Payload- Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean (HREP-HICO) Remote Atmospheric and Ionospheric Detection System ((HREP-RAIDS)

## 1 ミッション目的

HREPは米国国防省の予算によりNaval Research Laboratory等が開発したペイロード。

### (1)Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean (HREP-HICO)

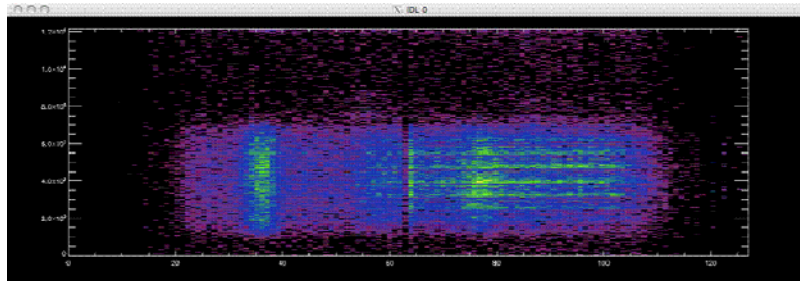
沿岸海洋の特性把握のため、季節ごとの世界各地の沿岸海洋画像から以下のデータを取得する。

- ー 深浅測量・海底地形の計測
- ー 葉緑素の観測・海水透明度の計測
- ー 植生観測等

### (2)Remote Atmospheric and Ionospheric Detection System (HREP-RAIDS)

熱圏および電離圏の主要成分の解明を行うため、以下のデータを取得する。

- ー 高度350 kmまでの電子密度
- ー 昼および夜の中性粒子密度の組成
- ー 昼間の熱圏温度の分布成層圏大気微量気体成分のグローバルな時空間分布の観測



RAIDSの極端紫外光(EUV)による軌道1周回の撮像図

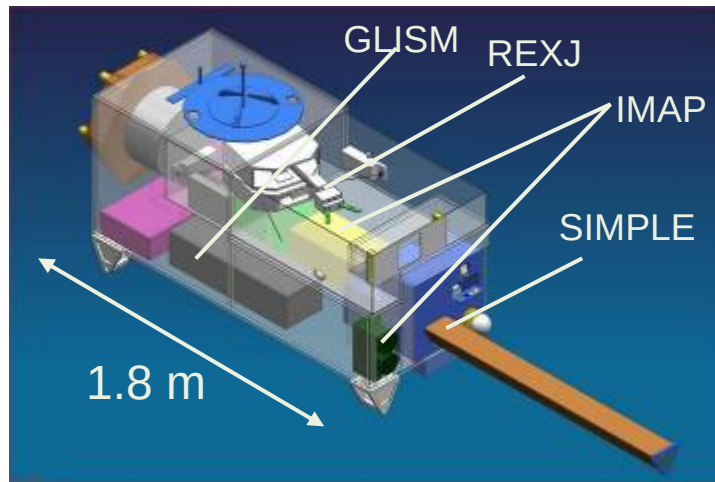


HICOの沿岸海洋撮像図



# 船外プラットフォーム 2期利用ミッション

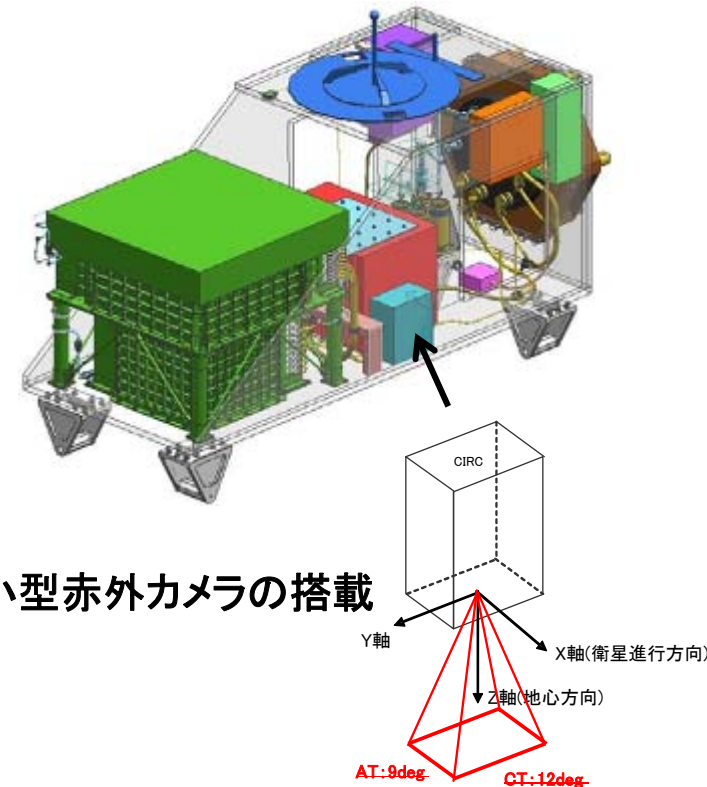
## ポート共有ミッション



### MCE Multi mission Consolidated Equipment

- SIMPLE: On-Orbit Demonstration of Space Inflatable Structure
- REXJ: Robot Experiment on JEM
- ISS-IMAP: ISS Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapper
- JEM-GLIMS : Global Lightning and Sprite Measurement

## ポート占有ミッション



### 小型赤外カメラの搭載

### CALET (Calorimetric Electron Telescope) 高エネルギー電子、ガンマ線観測装置

# 地球超高層大気撮像観測(IMAP)

## 1. ミッション目的

地球超高層(80km以上)領域における、大気光とプラズマ共鳴散乱光の2つの光学現象を可視、近赤外、極端紫外の3つの波長域で1年間にわたり観測し、地球大気と宇宙空間の境界領域において発生する擾乱を季節変動も含めて測定することにより、まだ明らかになっていない超高層領域におけるエネルギーと物質の輸送過程を解明する。

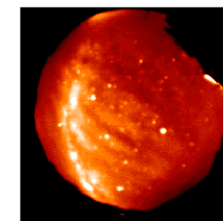
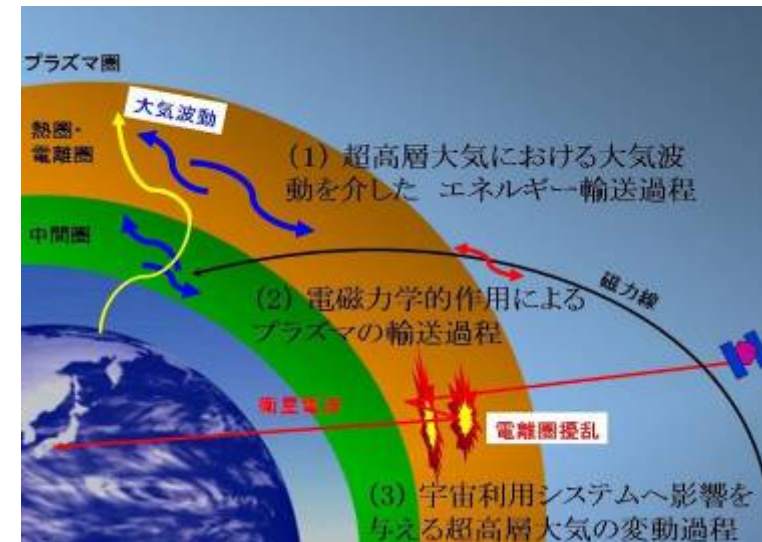
## 2. ミッション概要

可視近赤外分光撮像装置(サイズ:25×25×60cm、質量:15kg)による国際宇宙ステーション直下の分光撮像と、極端紫外光撮像装置(サイズ:26×28×30cm、質量:10kg)による地球縁方向の撮像を行い高度80kmから20,000kmに広がる地球中間圏、電離圏、プラズマ圏の光学的観測を行う。観測期間は1年以上。

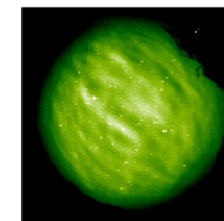
## 3. 実施体制

研究代表者: 京都大学大学院 齊藤 昭則

参加機関: 東京大、東北大、名古屋大学、JAXA/ISAS など

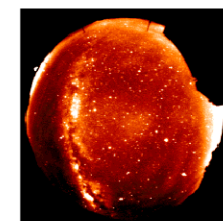


大気光(OH帯)

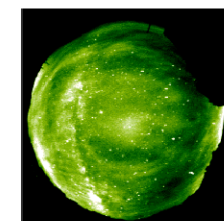


大気光(酸素原子)

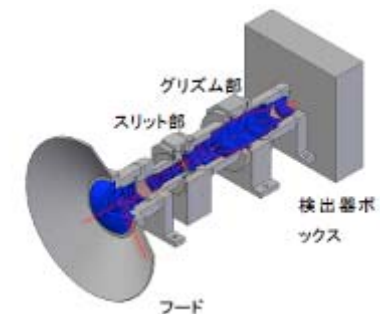
可視近赤外分光撮像装置



大気光(OH帯)



大気光(酸素原子):夏期



# スプライトおよび雷放電の高速測光撮像センサ(GLIMS)

## 1 ミッション目的

- (1) 高高度放電発光現象・雷放電の全球分布とその変動を求める
- (2) スプライト水平構造の観測と対応する雷放電進展の時間・空間分布の差の観測
- (3) 高高度放電発光現象の分光観測によるイオン生成の直接観測と電子エネルギーの特定
- (4) 雷放電・スプライトとガンマ線放射生起時間の差と放電過程の特定

## 2. ミッション概要

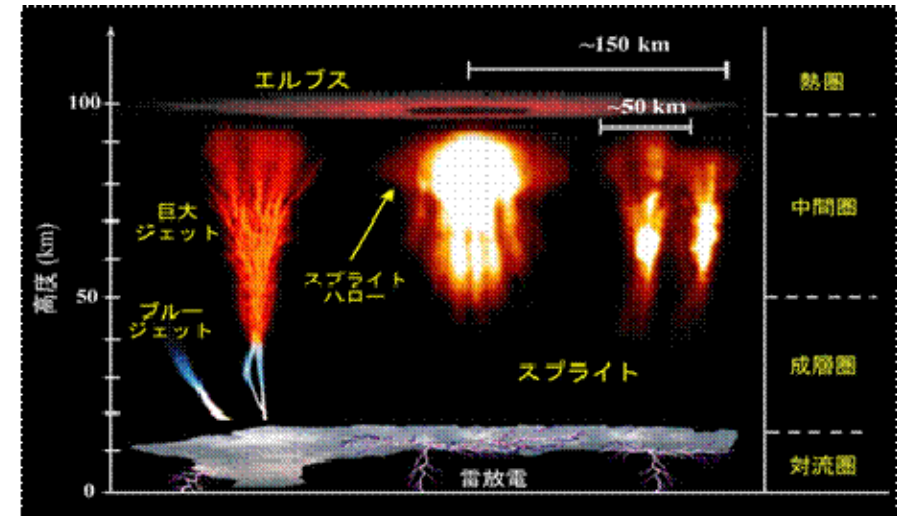
スプライト・雷放電高速測光撮像センサ(CMOSカメラ×2台 フィルタフォトメーター×6台, VHFセンサ×2台, VLFレシーバ×1台 総質量:約25kg)を設置し, 地球の夜側における雷放電およびスプライト現象を観測する。(観測期間1年以上)

## 3. 実施体制

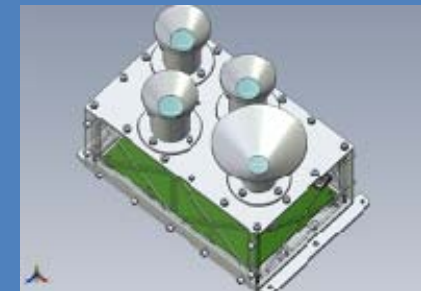
研究代表者:大阪大学大学院 牛尾 知雄

参加機関:北大, 東北大, JAXA/ISAS,

津山高専, 大阪府立大など



CMOSカメラ



フォトメータ



# 民生品ハイビジョンビデオカメラ

## 1. ミッション目的

「きぼう」日本実験棟および国際宇宙ステーション船外カメラシステムへの民生品ハイビジョンカメラの適用可否を確認するため、耐放射線特性に優れるCMOSカメラを搭載した民生品ハイビジョンカメラシステムの曝露環境での宇宙実証を行う。

今回実証する製品そのものを今後の標準曝露搭載カメラとするものではないが、民生品カメラの曝露環境搭載検証手順を確立することにより、他の製品についても曝露搭載カメラとする評価が可能となる。

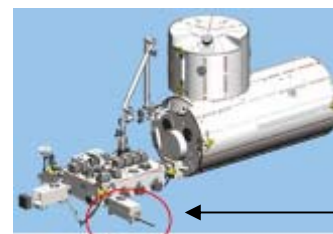
取得した撮影動画データは民生品CMOSカメラの技術評価目的以外に広報・教育等の用途にも利用する。

## 2. ミッション概要

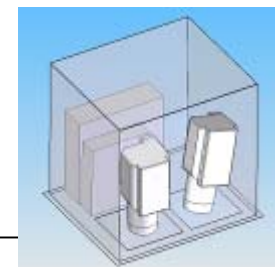
民生品CMOSハイビジョンビデオカメラ2台を搭載し内1台を使用して高度400kmから国際宇宙ステーション直下の地球表面(画面内範囲200km×350km)を動画撮影する。1回の日本上空通過により日本列島が写る時間は1～4分間。民生品CMOSカメラの寿命評価のため1年間に亘って撮影データを取得する。

## 3. 実施体制

JAXA



「きぼう」船外実験プラットフォームのポート共有実験装置に搭載



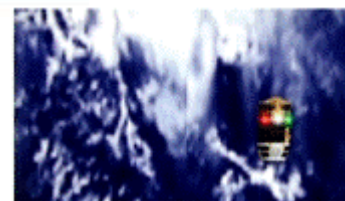
COTS HDTV-EF  
(民生品ハイビジョンビデオカメラ 2台搭載)



撮影画像  
予想イメージ

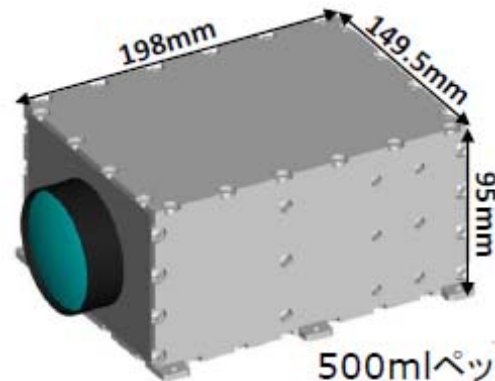


(日本列島撮影イメージ)

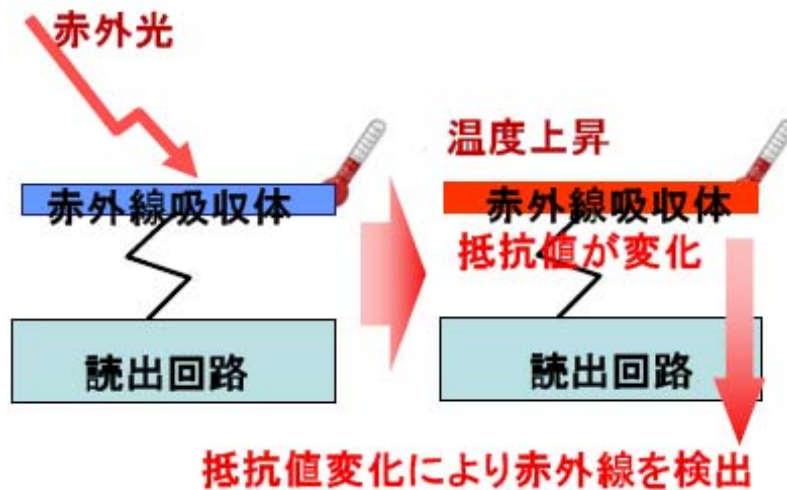


(HTV接近イメージCG)

# 小型赤外カメラ



500mlペットボトルを  
2本並べた程度のサイズ



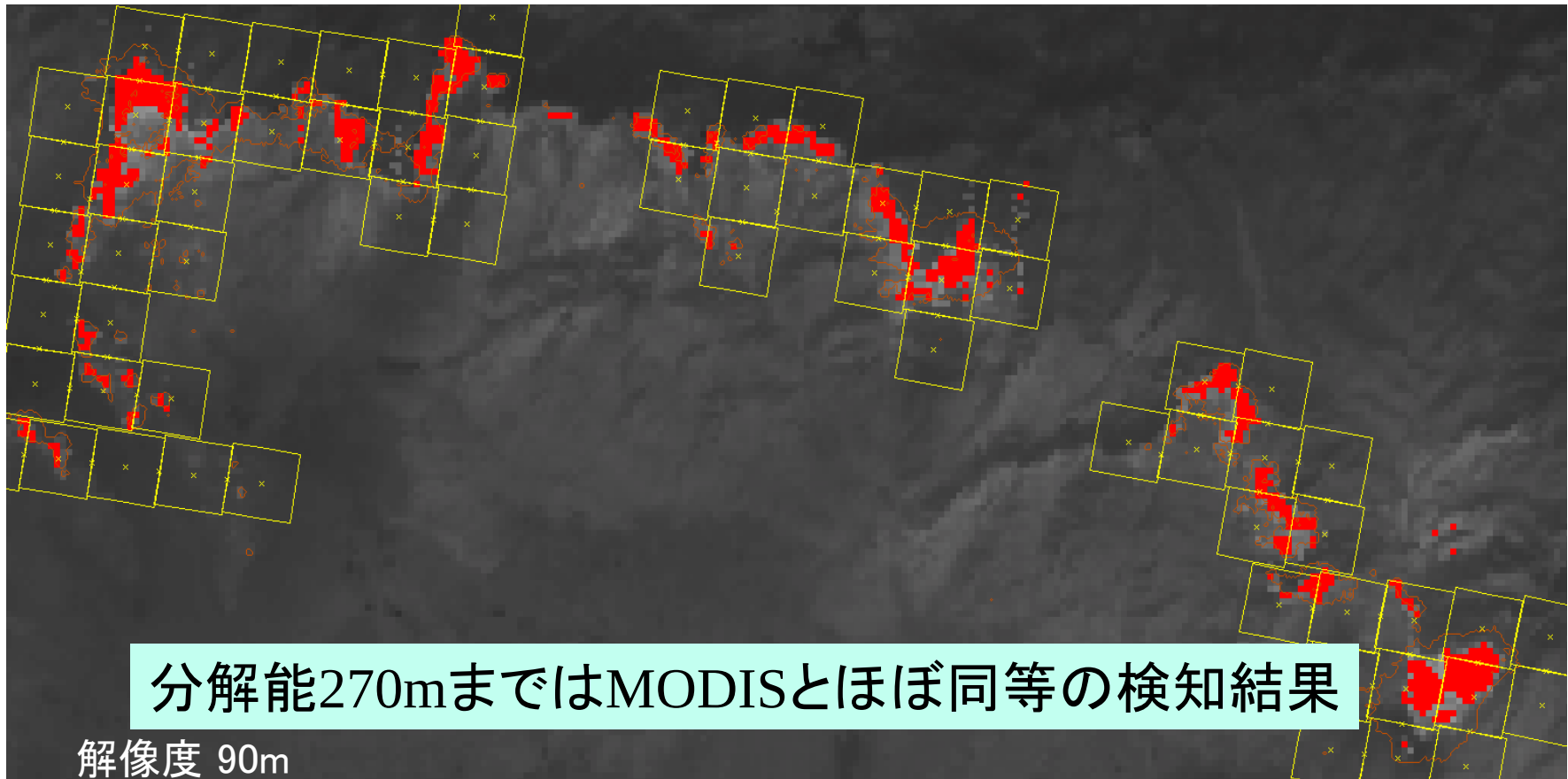
- 原理: マイクロボロメータ
  - 赤外線吸収体の温度変化による抵抗変化により赤外放射量を測定
- 特徴
  - 非冷却センサ....(安価)
  - 小型軽量・低消費電力
  - 大フォーマット (640x480)

安価で多数の衛星に搭載可能  
ISSで実証+将来400万画素化で、  
ISS+衛星2機でほぼ毎日観測可能

|       |                                            |
|-------|--------------------------------------------|
| 寸法    | < 10cm x 15cm x 20cm                       |
| 質量    | < 3kg                                      |
| 画素数   | 640 x 480                                  |
| 空間解像度 | < 200 m @600 km<br><u>~ 115 m @ 350 km</u> |
| 消費電力  | <20W                                       |



# 森林火災検知 (カリフォルニア森林火災)



- : Results of wildfire detection using thermal infrared data only
- : Results using MOD14. (1km resolution)

# Part3: 今後のきぼうの活用について

## 「きぼう」利用の目指すべき姿

- ◆ 「きぼう」利用の目指すべき(在るべき)姿について以下の状態を想定する。
- ◆ 第3期及び2016年以降を含め、以下を今後の方向性検討の前提とする。

- 1) 「きぼう」の利用成果が、具体的な形で社会の役に立っている。
  - 社会的問題解決等を通じた社会への貢献
  - 我が国の科学・技術の発展や産業基盤の強化への貢献
  - 教育・文化利用や有償利用など多様なニーズへの対応
- 2) 将来の宇宙開発利用(有人活動、地球・天体観測、新たなミッション等)に向けた技術の蓄積・実証の場として活用されている。
- 3) 「きぼう」が国際的なプレゼンス確保や国際協力の推進に貢献している。

## 「地球圏観察・診断ステーション」活用のための留意点(1/2)

### ■強み

- ・ISS内(船内実験プラットフォームを含む)では、宇宙飛行士による実験装置の柔軟な操作(観測対象の選択、軌道上交換・修理)が可能である。
- ・ISS内には、ハイビジョンカメラが搭載され、また、高感度カメラの搭載が予定されている。
- ・軌道高度は330km～440kmと地球観測衛星に比べて低高度であり、地表の85%、居住地の95%がカバーされる。
- ・船外プラットフォーム用実験装置は、宇宙ステーション補給機(HTV)やスペースX社の開発しているドラゴン( Dragon)により、また船内輸送品は、プログレス等でも輸送可能である。
- ・NASA Kuバンドの通信容量は150Mbps→300Mbpsへの増強計画が有る。(時期未定) 2015年頃で10Mbps(常時)は可能となる。(軌道上のレコーダを使用)
- ・電力等のサービスが提供されるため、標準ペイロード質量500Kgのかなりの部分をセンサ部へ割り当てることが可能である。
- ・能動熱制御システムを活用することで、良好な温度環境が提供可能である。

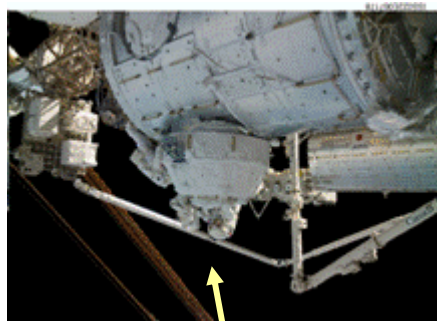
## 「地球圏観察・診断ステーション」活用のための留意点(2/2)

### ■弱み

- ・軌道は、軌道傾斜角51.6度で通過時刻が1日あたり20分ずつ早くなり、太陽による照射角度が変化する。
- ・姿勢は、±3.5度以内/90分程度で変化し、トルク平衡姿勢で飛行する。またスペースシャトルやHTVなどがISSに結合する場合には、これに応じて姿勢が変化する。  
→ただし、ペイロード側で独自の姿勢決定システムを搭載することで、0.1度以下の姿勢決定精度は達成可能である。
- ・視野は、地球を観測をする場合、ISSの他の構成要素との視野干渉が生じる場合がある。
- ・電波の送受信には、他のISS機器との干渉に留意する必要がある。特に、電波の送信にはISSパートナー間の合意が必要となる。



# ISS/きぼうにおける地球観測ミッション利用のイメージ



キューポラ



HDTV／デジタルカメラ

## ISS/きぼうの可能性

- 低高度(400km)⇒低出力レーザーの技術実証など
- 年数回、確実な打上げ機会

## キューポラ(観測ドーム)からの観測

- 宇宙飛行士による観測対象の識別  
⇒ 災害監視、速報等 災害チャータへの貢献

きぼう船外実験プラットフォーム

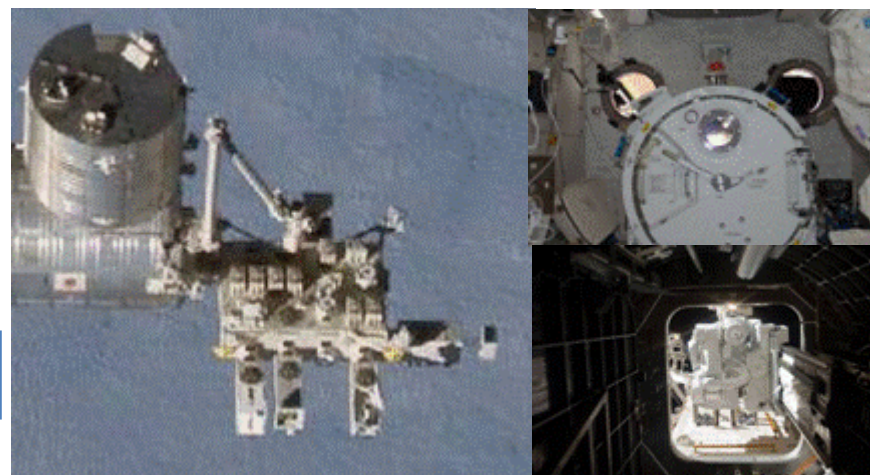
エアロック

## きぼう船外プラットフォームを利用した技術実証

- エアロック/ロボットアームを使った技術実証
- 有人支援によるチャレンジングなセンサの技術実証  
が可能(軌道上での交換、調整等)

## きぼう船外プラットフォームを利用した地球観測

- 500kg級ペイロード: 差分吸収ライダー等
- 小型衛星、地球観測衛星との連携



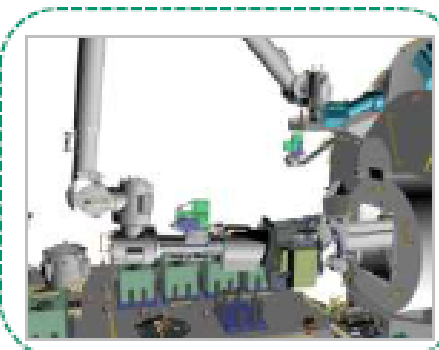
# きぼう船外利用の展開

宇宙飛行士の船外活動  
無しで船外への機器搬出  
が可能。  
容易に曝露、観測、放出  
ミッションを実現。



船内側に伸張したエアロックのテーブル

エアロックテーブルへの取付け  
or  
エアロックテーブルからの取外し  
(船内作業)



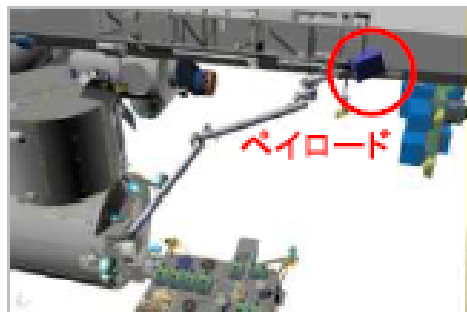
エアロックテーブル上のミッション機器及  
びアダプタを親アームにより取り外し



船外への搬出  
or  
船内への回収  
(船内からの遠隔操作)

## ミッションの実施

### 曝露ミッション



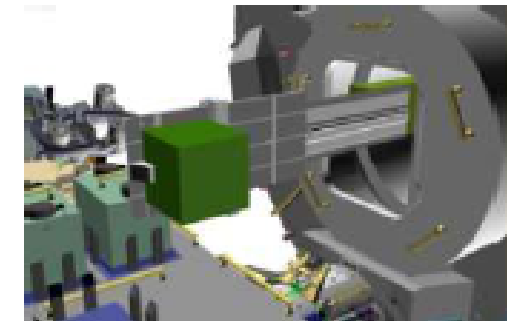
親アーム先端設置型

### 小型衛星放出 ミッション



放出機構  
放出方向

### 曝露ミッション



エアロック設置型