

## 2. 産業の振興(1/6)

### 【成果】

- 「きぼう」の開発・運用には約650社、「こうのとり」の開発・運用には約400社の日本企業が参画。ISS計画への参画がもたらす産業振興効果は“ものづくり”大国ニッポンを支える中小企業にまで浸透。その結果、高い安全性と信頼性を要求される大規模システムの設計・解析・統合技術など、企業における高度かつ裾野の広い有人宇宙技術の習得に繋がり、宇宙産業基盤の向上・維持・成熟に貢献。
- 特に、「こうのとり」は、打上げ手段であるH-IIBロケットとともに、年間約1回の打上げにより日本の宇宙産業のアンカーテナンシーとなっている。
- 参画企業は、世界レベルの技術力をアピールして企業ブランドを向上させると共に、習得した技術やノウハウ等をベースに、関連事業への展開、同技術の海外への輸出など新たなビジネスを拡大。
  - 「こうのとり」で開発したISSへの接近技術は、米国の民間輸送機にも採用され、「こうのとり」の近傍通信システムの製作を請け負った日本企業は、米国輸送機「シグナス」の開発企業から約60億円で受注するとともに、JAXAはシグナス運用の訓練やオペレーション支援を受託。
  - 米国の民間ISS補給機「シグナス」や「ドラゴン」のドッキング方式として、「こうのとり」のランデブー・キャプチャー技術が採用され、JAXAはシグナス運用の訓練やオペレーション支援を受託。また、安全評価の支援作業を行っている。
  - その他、アポジエンジンやISS用リチウムイオン電池などで日本企業の海外受注につながっている。
  - ソフトウェアの安全評価手法は、自動車業界、航空機業界等の非宇宙産業へも適用されている。

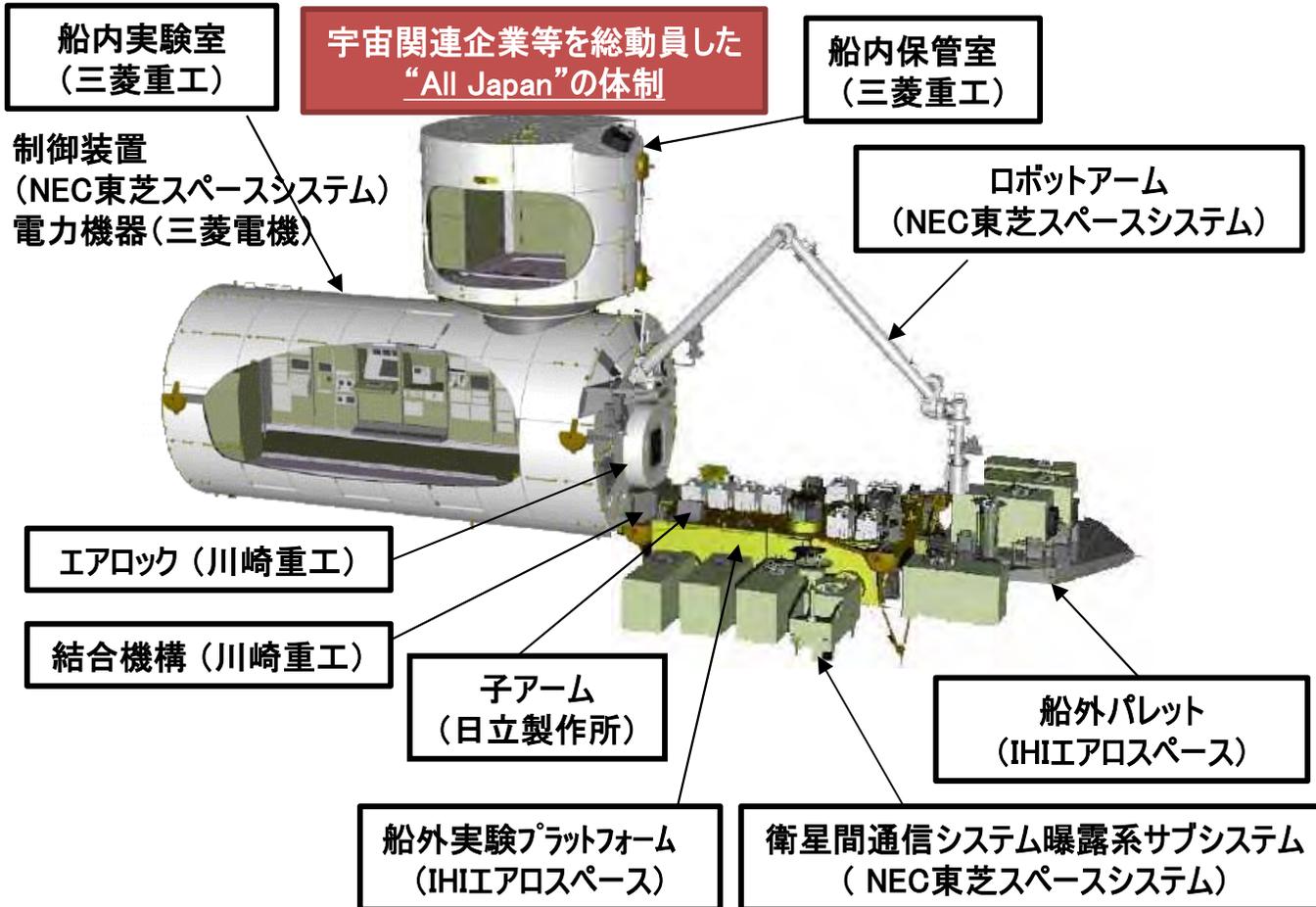
### 【今後の課題】

- 将来においても我が国宇宙産業が有人宇宙分野における国際的な競争力を持ち続けるためには、2020年以降のISSやそれに続くプログラム等により、日本の有人宇宙技術基盤の維持・向上、技術の継承、人材の継続的な育成が必要。
- 今後多くの国の参画が予想される国際宇宙探査において我が国宇宙産業が中核的な位置付けを獲得するためには、唯一の軌道上実験施設である「きぼう」をテストベッドとして活用し、宇宙探査に向けた新たな技術を産業界とともに実証・習得していく必要がある。

## 2. 産業の振興(2/6)

### ■ 多くの日本企業が関わる「きぼう」日本実験棟の開発・運用

- 日本実験棟「きぼう」の開発及び運用に関わった企業数は、国内約650社(※)。
- 「きぼう」の開発・運用への参画は、企業における高度かつ裾野の広い有人宇宙技術の習得に繋がり、結果、産業基盤の維持と成熟に大きく貢献。
- 参加企業は、技術力を国内外にアピールでき、海外企業との新たなビジネスチャンスの獲得や将来の国際共同プロジェクトにおけるポジション担保にも繋がる。



#### 支える中小企業の技術例

←プラズマ浸炭処理技術を活かし、軽く強く、耐食性が優れるボルト。200回以上の繰り返し締め付け・緩めにも焼き付きを起こさない。  
ISS-きぼう結合チタンボルト(榊田中・大阪市)

←アルミニウムやステンレスを0.01ミリ単位で加工。送風口に取り付ける羽の角度を1枚ずつ微調整し適音に。  
船内実験室の空調設備 (川西航空機器工業(株)・兵庫県)

←国際宇宙ステーション関連部品などのマーキングや超精密溶接 (東成エレクトロビーム(株)・東京都)

↑タンパク質結晶生成装置・溶液結晶化観察装置内 CCDカメラ(竹中システム機器(株)・京都府)

アルミ合金180kgから4.8kgまでの、  
高品質かつ高精度な切削加工  
ステーション骨組(榊瑞木製作所・愛知県)

※該当企業ホームページ情報及び報道内容による

# 2. 産業の振興(3/6)

## ■ 「こうのとりのり」開発・運用で我が国の宇宙技術は世界トップレベルへ到達

- これまで蓄積されてきた国内宇宙企業の先端技術を結集し、国家基幹技術として開発。国内約400社が開発・製造・運用に参画。
- 2009年～2016年に合計7機を打上げ予定。定期的な製造・運用は、アンカーテナンシーとして参加企業の技術基盤維持にも寄与。
- 2011年のスペースシャトル退役後は、大型船外機器、船内実験ラックを輸送できる唯一の手段であり、ISS全体の運用を支える重要な役割を担う。
- 将来、軌道間輸送の技術として、国際宇宙探査や低軌道輸送サービス等に生かせる。

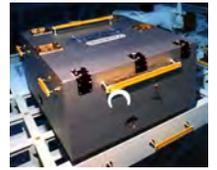
「こうのとりのり」のみが輸送可能な物資



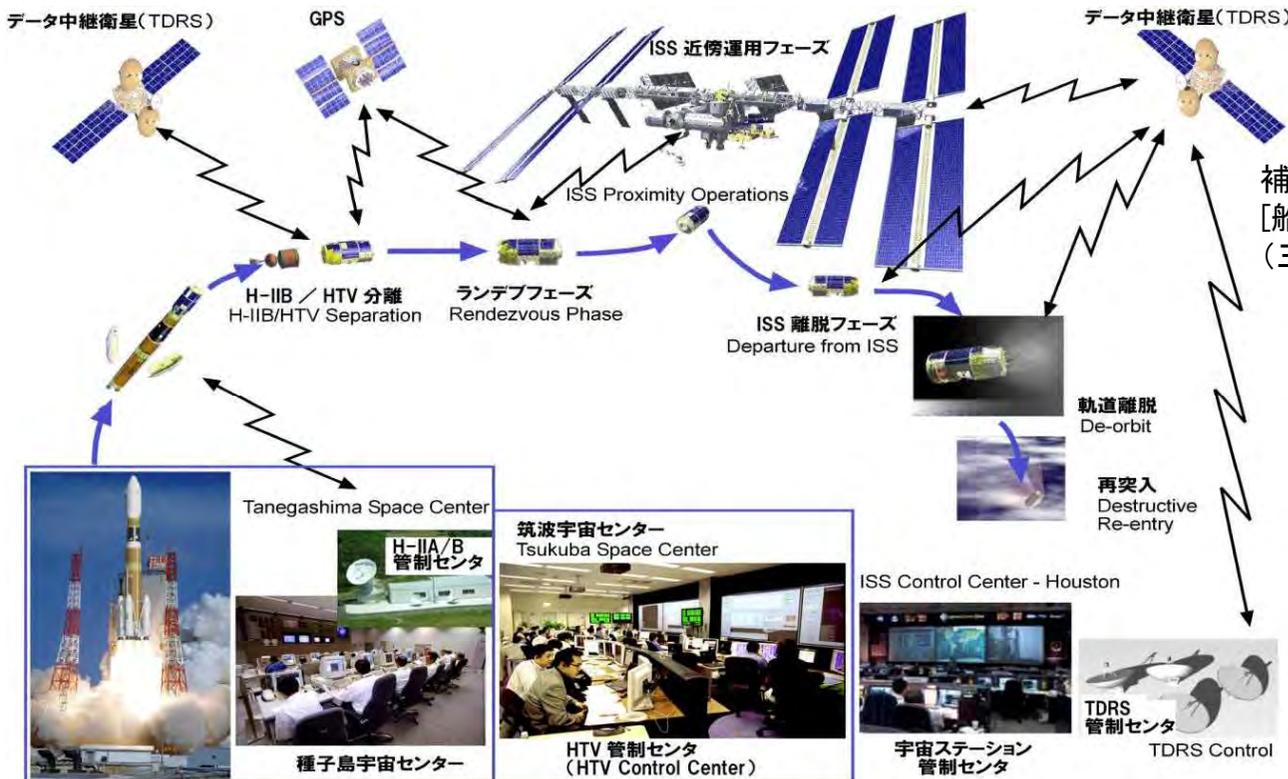
船内実験ラック



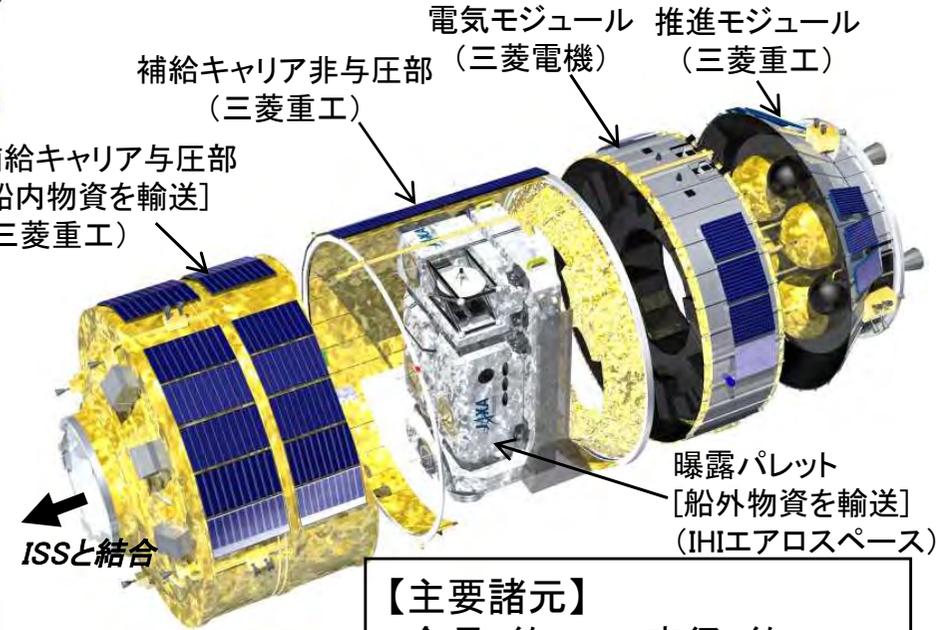
大型船外実験装置



大型船外機器 (ISSシステム補用品)



(運用概念図)



**【主要諸元】**

- ・全長: 約10m, 直径: 約4.4m
- ・質量: 約10.5トン(補給品除く)
- ・補給品搭載能力: 最大6トン

(機体概要)

## 2. 産業の振興(4/6)

### ■ ISS計画で習得した技術が海外受注につながった例

#### ● 「こうのとりの近傍接近システム（通信装置）」

- 三菱電機が「こうのとりの」用に開発した安全にISSにドッキングさせるための近傍通信システムが、米オービタルサイエンス社の宇宙貨物輸送機「シグナス」(右図)に採用されている。  
(<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2009/1022-a.html>)
- 受注総額は約60億円(6,600万米ドル)で、2010年から2014年にかけて9機分を順次納入する予定。

#### ● 米国民間輸送機（シグナス）のランデブー運用支援

- HTVで開発したランデブー・キャプチャー技術は、ISSに併進しながら徐々に接近し、距離10mの真下からゆっくりと上昇し、ISSのロボットアームによって捕獲する技術。従来の方式と比べてISSへの衝突の危険性が低く、安全性が高い。
- 「こうのとりの」技術実証機(1号機)の成果を受け、米国の民間ISS補給機「シグナス」や「ドラゴン」のドッキング方式として採用された。
- 「シグナス」は、HTVで開発した近傍接近システムを使用するため、JAXAはシグナス運用の訓練やオペレーション支援を受託した。また、安全評価の支援作業を行っている。(右図)  
(<http://www.orbital.com/Antares-Cygnus/2009-2011/>)



米国民間補給機がISSへ接近するイメージ



トランスポンダ



ダイプレクサ



安全評価管理



オペレーション

## 2. 産業の振興(5/6)

### ■ ISS計画で習得した技術が海外受注につながった例

#### ● 「このとり」のアポジエンジン

- IHIエアロスペースは、HTV3号機以降に搭載する500Nスラスタ(HBT-5)と120N RCSスラスタ(HBT-1)を開発。世界初のモノメチルヒドラジンを燃料とするスラスタで、従来の輸入スラスタと比較して幅広い作動範囲で熱安定性を達成するなど、運用性を向上させた。
- JAXAとのスラスタ開発をもとに開発した静止軌道投入用の500Nの推力を有するアポジエンジンは、世界最高性能の燃費を誇り、54台の輸出実績と33台の打上げ実績を持つ。海外顧客からも高い評価を得ている。  
(<http://www.ihico.jp/ia/product/satellite.html>)



アポジエンジン(左)と元になった500Nスラスタ(右)

#### ● 国際宇宙ステーション用リチウムイオン電池

- 株式会社GSユアサの100%出資会社GSユアサリチウムパワー社は、国際宇宙ステーション用のリチウムイオン電池を受注した。2016年以降、順次軌道上の現行品と換装される予定。
- 同電池は、H-IIBロケットや人工衛星・HTV等で開発された宇宙用リチウムイオン電池の同等品で、現在ISSに使用されているニッケル水素電池と比べ質量・体積ともに約3倍の高エネルギー密度を実現している。
- 高い信頼性とISSの厳しい安全要求を満たした大容量(200Ah)リチウムイオン電池の「このとり」での実証実績は、本電池を受注することにつながった。( [http://www.gs-yuasa.com/jp/nr\\_pdf/20121130.pdf](http://www.gs-yuasa.com/jp/nr_pdf/20121130.pdf) )



宇宙用リチウムイオン電池

## 2. 産業の振興(6/6)

### ■ 地上の他産業分野への展開例 ～ソフトウェアの安全評価技術

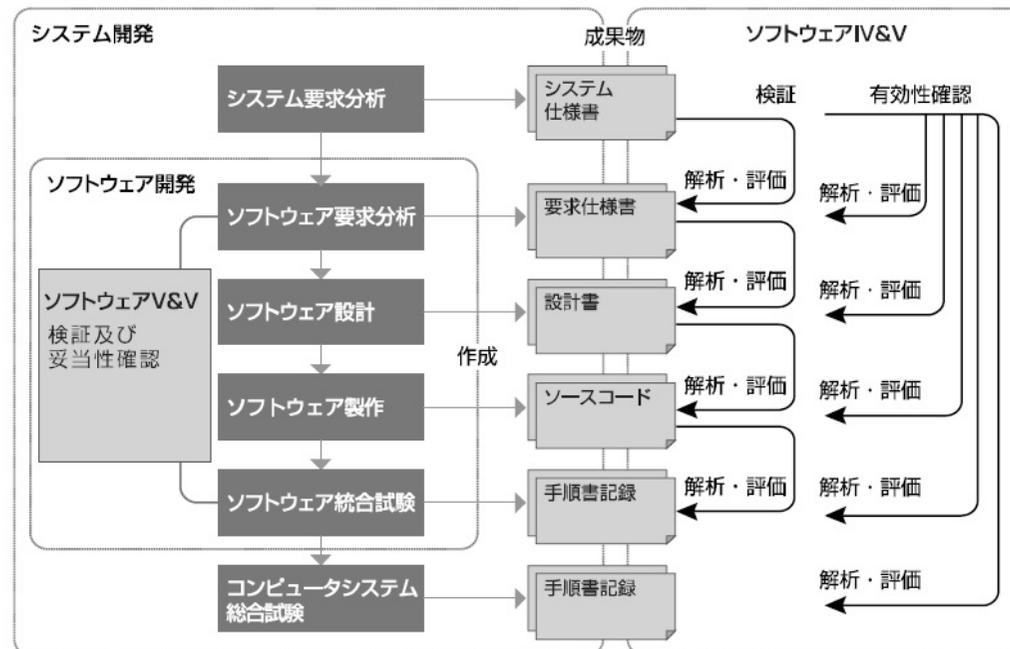
#### ● ソフトウェアの安全評価技術が航空機や自動車開発に活用 ～安心・信頼性向上への貢献～

##### ➤ 宇宙産業:

JAXAは、独立検証評価技術(IV&V技術)をH-IIA/H-IIIB/イプシロンのロケット及び衛星のソフトウェアにも適用し、開発手戻りの低減、運用段階での高い信頼性・安全性の確保を実現した。

##### ➤ 地上産業:

宇宙分野で培ったIV&V技術が、航空機業界や自動車業界に展開され活用されている。また、JAXAのIV&V技術解説書は、ガイドブック及びハンドブックとして産業界に配付され、多くの業界で使用されている。更に、経済産業省の「製品・システムにおけるソフトウェアの信頼性・安全性等に関する品質説明力強化のための制度構築ガイドライン」に繋がり、産業界における高信頼ソフトウェアの検証・評価のルール作りに貢献。



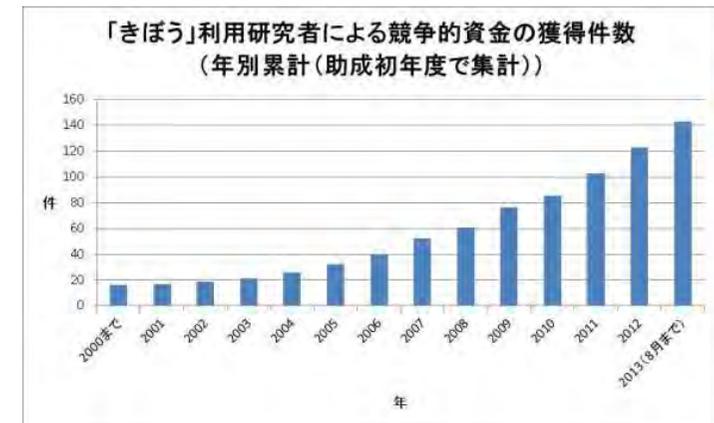
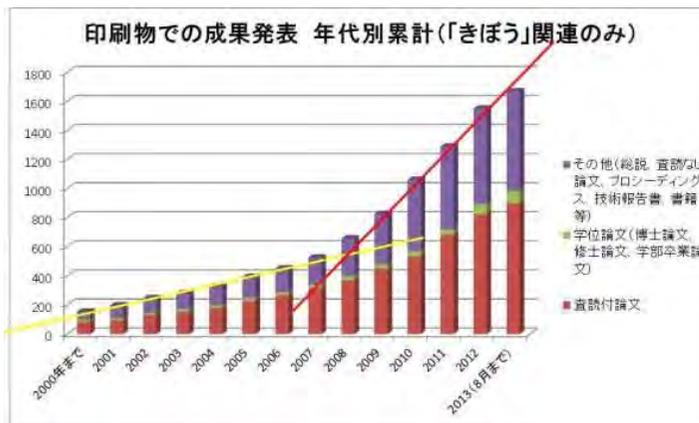
IV&Vとは、ソフトウェアの開発組織とは独立した組織が、独立した技術及び開発組織に影響を受けずに、ソフトウェアの課題や問題を洗い出し、潜在するリスクを軽減する活動

ソフトウェア独立検証と有効性確認(IV&V)のイメージ

### 3. 宇宙実験からの成果の蓄積(1/14)

#### 【成果】

- 長時間の微小重力など、宇宙環境を利用することにより、各研究分野に新たな視点やアプローチ等を提供。我が国の科学や技術の発展に貢献。
  - 2008年より船内の実験装置や船外の観測装置を順次打ち上げ、実験環境を充実化。  
〔細胞培養、植物培養、水棲生物飼育、金属・半導体結晶成長、タンパク質結晶成長、流体物理計測、X線天文観測、大気観測、地球観測 などが可能な他、無菌環境のクリーンベンチ、位相差顕微鏡、蛍光顕微鏡などの実験機器を搭載〕
  - これまでに「きぼう」船内を利用した生命科学実験や物質・物理科学実験、船外を利用した天文観測、地球観測など、2013年までの約5年間で約80件の「きぼう」利用ミッションを実施。  
〔1件の実験機会に複数の実験試料の搭載を行うなどの場合もあり、実験目的毎の集計では、「きぼう」打上前も含め、ISSでこれまでに実施した日本の実験は約450件に上る。そのうち、高品質タンパク質結晶生成実験は331件〕
- ISS計画の学術的成果は、船外のX線天文観測における科学誌NatureやScienceへの掲載をはじめ、約900件に上る査読付き論文として発表されている。特に「きぼう」の利用が開始された2008年以降、急増。また、関連する外部資金獲得件数も伸びている。



(次ページへ続く)

# 3. 宇宙実験からの成果の蓄積(2/14)

## 【成果】(つづき)

- 様々な分野において、多様な利用成果を挙げている。
  - 対流のない微小重力下で、地上よりも高品質なタンパク質の結晶ができることを利用し、宇宙で作った結晶を地上に持ち帰って解析し、得られる結晶構造から薬剤や産業用酵素などの開発に貢献(タンパク実験にはロシアも参画)
  - 重力がかからないために骨や筋肉が地上よりも顕著に減少することを利用した生命科学実験で、新たな骨粗しょう症治療薬候補の効果確認や、筋萎縮原因酵素の一つの特定など、健康長寿社会の実現に向けた貢献
  - 対流のない環境で理想的な流体现象や結晶成長現象が実現できることを利用し、地上で観測できない物理現象の原理の解明や、地上で実用化を目指す次世代半導体の作製に関わる知見の蓄積によりナノテク・材料産業に貢献
  - 船外からのX線天文観測により、X線新星の発見等で最新X線天文学へ貢献
  - 船外からの地球観測により、オゾン層破壊などの地球環境問題への貢献や、大規模災害時の状況把握などに貢献
- 特に近年、学術的成果の積み重ねにより、民間企業の参入が始まりつつある。
  - タンパク質結晶生成実験に大手製薬企業が参入。
  - 免疫研究に関して大手食品メーカーとJAXAで共同研究を開始。

## 【今後の課題】

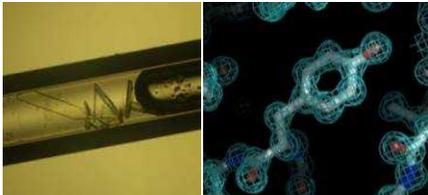
- 物理学や生命科学の分野で宇宙環境利用が有用な研究領域が見えてきた中で、今後は、体系的な成果創出や出口を見据えた成果創出が見込めるインパクトのある研究課題に重点化し、戦略的に進めていく必要がある。
- 地上の厳しい研究競争に対し、宇宙環境がブレイクスルーとなる付加価値を与えうるような研究を中心に据え、それに合致する国の科学技術政策や外部資金制度等と連携してイノベーション創出を目指していくことが必要。
- タンパク質実験では、これまでの実績の積み重ねにより、ようやく大手製薬企業等が本格的な利用に乗り出したところ。その他、材料実験や小型衛星放出等、民間利用が有望なサービスを増やしていくこととしており、民間企業の投資価値や需要にかなう十分な実験機会を継続的に提供していく必要がある。

# 3. 宇宙実験からの成果の蓄積(3/14)

## ① 創薬プロセスの加速に繋がる成果 <タンパク質結晶生成実験> (1/2)

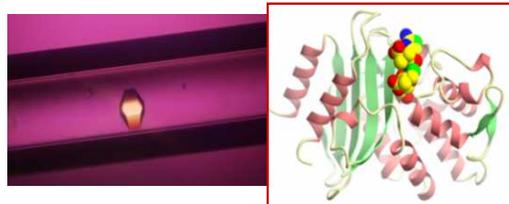
- 対流のない宇宙でタンパク質の高品質結晶を生成し、地上に回収してSPring-8等の施設を用いてその立体構造情報を取得  
⇒ 製薬企業等では、宇宙実験で得られた構造情報に基づき、薬剤候補の設計・製造、動物実験、臨床試験と展開。
- ISS建設中から10年以上の技術蓄積の結果、現在は条件が整えば約7割以上の確率で地上よりも高品質結晶が生成可能
- 地上では解明できなかった、癌関連タンパク質の構造や、筋ジストロフィー治療薬候補化合物と病原タンパク質との結合状態が、詳細に分かる精密構造データを取得
- ロシア等との間で本実験に係る相互協力を実施(日本:「きぼう」での実験機会提供。ロシア:実験試料の打上/回収)
- 大学などの利用が中心だったが、平成26年から大手製薬企業などが製品化を目指して利用を開始したところ

### 成人病の治療薬開発 (生体内の糖分解酵素の開発)



構造データ分解能: 1.0 Å  
(地上生成結晶: 1.6 Å)

### 抗生物質を分解する酵素に 対抗する新薬開発



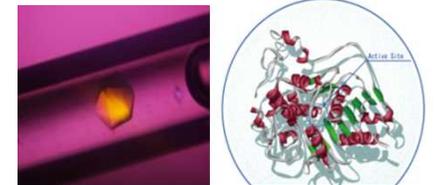
構造データ分解能: 0.89 Å  
(地上生成結晶: 0.94 Å)

### インフルエンザ特効薬開発 (どんな型のウィルスでも増殖を 抑える治療薬の開発)



【きぼう実験中、製薬企業との連携を進めている】

### ナイロン副産物(廃棄物)の 再生利用 (環境負荷の少ない分解酵素の開発)



構造データ分解能: 1.15 Å  
(地上生成結晶: 1.8 Å)

### 筋ジストロフィー治療薬開発



構造データ分解能: 1.14 Å  
(地上生成結晶: 1.8 Å)

【動物実験による有効性と安全性の検証実験実施中】

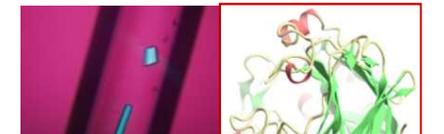
### 微小重力環境の有効性

○ 対流・擾乱の少ない「きぼう」の微小重力環境と、**日本独自の結晶生成技術**を用いて、地上では得られない高品質なタンパク質結晶を生成。タンパク質の活性部位と化合物との結合状態が判別可能な1Å以下の分解能を実現。

○ Spring-8などの地上施設を用いて結晶の立体構造を解析し、効率的な薬剤設計・触媒設計

【産業化に向けて検討中】

**非食糧系由来  
バイオエネルギー生産**  
(高活性な分解酵素の開発)



構造データ分解能: 0.96 Å  
(地上生成結晶: 1.2 Å)