

## JAXA 宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター 講演・見学会 議事録

1. 日時 : 平成 25 年 3 月 13 日 9:00~18:30
2. 場所 : 宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター (茨城県つくば市千現 2-1-1)
3. 出席者: (敬称略) 板垣純司、池ノ谷秀行、大山光男、奥村貞雄、角間弘志、神戸良雄、菊山紀夫、木村孝枝、齋藤雅彦、芝崎誠、清水進、中村隆彌、中山佳則、新井田有慶、濱田賢祐、山崎宏、吉武進也、渡邊喜夫、小平宗男、辻栄一 (以上金属)、栗原良一(原子力・放射線)、森口尚基、(航空宇宙)、木元晋作、高橋孝治(機械)、佐伯恵一、松尾満(衛生工学)、高橋渉、前川英洋(電気・電子)、正木幸一 (化学)、狩野恭子 (生物工学)、  
参加者 30 名

### 4. 筑波神社参拝並びに梅林見学

東京を 9 時に出発、途中休憩をはさみ筑波梅林に 11 時頃到着、丁度満開に咲き誇っている紅白の梅林を三々五々鑑賞し、健脚メンバーは筑波神社に参拝、その後バスに戻り各自バス内で昼食をとり、12 時 20 分に JAXA に向かって出発、13:20 に筑波宇宙センターに到着、見学・講演に臨んだ。

### 5. 筑波宇宙センターの内容;

#### (1) 御挨拶: 宇宙航空研究開発機構

理事 加藤 善一 様

歓迎のご挨拶を戴き、JAXA で行っている研究開発のミッション並びに現状について、日本の宇宙開発を担い宇宙工学の基礎的研究にも力を入れているなど概要を丁寧にご説明戴きました。

#### (2) 「筑波宇宙センターの概要説明」:

筑波宇宙センター 所長 宮路 雄二 様

筑波宇宙センターの開設は1972年(昭和47年)宇宙開発事業団の施設として開設、日本の宇宙開発利用の中核センターとして、ロケット・人工衛星の開発推進、宇宙環境模擬試験、国際宇宙ステーション(ISS)の開発と運用利用、宇宙飛行士の養成・訓練などが行なわれ、職員数は 728 名(2012.4.1)でこの他に招聘科学技術者、非常勤関連会社社員、派遣社員など約 2000 名が働いている。ここでの予算は 99%が国からの費用で賄われている。

研究開発機構全体の組織は ①宇宙輸送ミッション本部〔筑波〕、②宇宙利用ミッション本部〔筑波〕、③有人環境利用ミッション本部〔筑波〕、④研究開発本部〔筑波・調布〕、⑤宇宙科学研究所〔相模原〕、⑥航空科学研究所〔調布〕、⑦航空プログラムグループ〔調布〕、⑧月・惑星探査プログラムグループ〔相模原〕、⑨情報収集衛星システムグループの各部門で構成され、これに対して横断的に専門技術研究組織が各プロジェクトへの技術協力する体制をとっている。

筑波宇宙センターの活動は基礎技術基盤研究として、宇宙エネルギー利用システムの研究、部品コンポーネントの研究開発、太陽電池セルの信頼性向上、小型衛星による新規機器・部品の軌道上技術実証などをおこなっている。また総合環境試験としては人工衛星の振動試験、人工衛星の熱真空管試験、電波系システム・センサ・アンテナの電波試験、人工衛星、電子機器の磁気試験などによって、ロケット・衛星のプロジェクト支援を行っている。

宇宙空間という特別な環境を利用して、地球・天体の観測や宇宙での実験・研究などを行う国際宇宙ステーション計画(ISS)は 15 カ国が協力する国際プロジェクトであり、日本として初の有人実験施設となる「きぼう」で参加している。「きぼう」は JAXA が開発した宇宙実験棟であり、国際宇宙ステーション(ISS)の中で最大の実験棟である。この国際宇宙ステーションは地球周回で 45 分おきに昼夜が変わるので、筑波宇宙センターは眠らない体制で対応している。国際宇宙ステーション(ISS)は、2009 年から 6 名の宇宙飛行士の常時滞在が始まり、長期滞在の宇宙飛行士の食糧や衣類、各種実験装置などを補給する輸送業務として、日本は「こうのとり」(HTV: H-II Transfer Vehicle)で ISS への補給を担っている。「こうのとり」は、H-II B ロケット(写真-1 参照)により打ち上げられた無人の宇宙船で、食糧や衣類、各種実験装置など最大 6 トンの補給物資を地上約 400km 上空の軌道上にある国際宇宙ステーションに送り届け、補給が済むと用

途を終えた実験機器や使用後の衣類などを積み込み、大気圏に再突入する。一連の補給作業には、国際宇宙ステーション

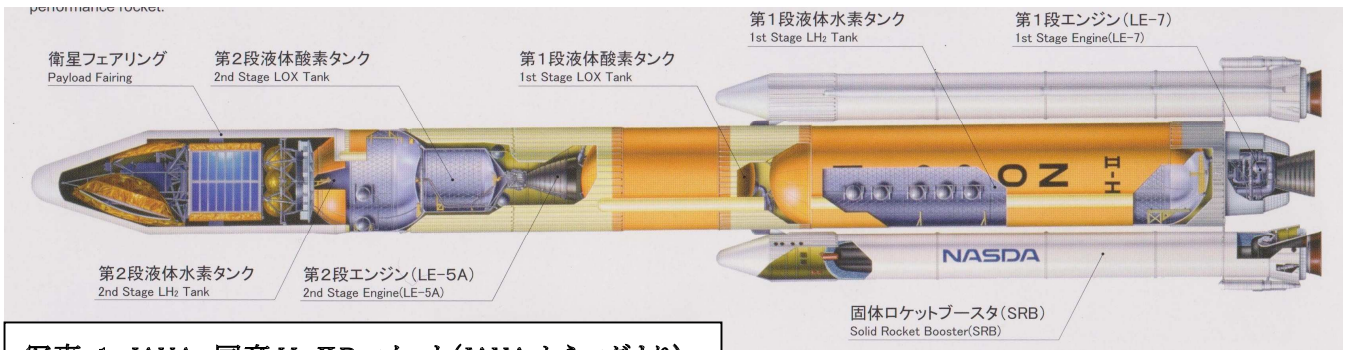


写真-1 JAXA 国産 H-II B ロケット(JAXA からログより)

ョンとのランデブやドッキングも行われる。これには優れた安全性が要求され、日本は技術試験衛星 VII [おり姫・ひこぼし]で培ったランデブ技術を基に、H-II/H-IIA ロケットの開発で得られた機体設計技術などを日本の実験棟「きぼう」の有人安全技術などにも適用するなどして、低コストで信頼性の高い輸送手段としての実用化をめざした。

こうしたことを実現するために ISS の開発、運用、利用及び宇宙飛行士の養成・訓練等による衛星間通信実験第 1 局の開設や人工衛星のデータ解析、ALOS-2 [だいち] 熱真空試験等、人工衛星の開発・試験・追跡管制・データ利用等を行ってきている。施設としては閉鎖環境適応訓練設備や宇宙ステーション試験棟「きぼう」のロボットアーム操作性評価試験や「THV」、「きぼう」の運用も管制室で制御している。

宇宙ステーションの外気温度は上下温度差が 200 度ある。この宇宙空間と同じ条件の φ13m の大型チャンバーを地上で作成し、その環境で 24 時間宇宙空間と同じ条件下での耐久性等の試験を行うことを実現している。

また、将来研究テーマとして「いぶき」によって地球濃度の研究や地球温暖化の観測、準天頂衛星の追跡、イプシロンロケットの開発、そして宇宙航空医療など今後、人類に宇宙をどう役立たせるかの研究をしている。

同施設には 1 年間で約 22 万人 (2011 年度) が訪れ、年間 2 回実施される春、夏の特別公開日にも約 1 万人を超える入場者があるとのこと。

そして、概要説明の後、紹介ビデオによって「筑波宇宙センターは眠らない」を鑑賞した。

### (3) 講演

講師：宇宙航空研究開発機構 有人宇宙環境利用ミッション本部

HTV プロジェクトチーム ファンクションマネージャ フライトディレクター 麻生 大 様

演題：国際ステーション補給機「こうのとり」(HVT)～世界最先端のランデブ技術～

#### 1. HTV とは その概要

我が国が開発・運用している宇宙ステーション補給機「こうのとり」(H-II Transfer Vehicle: HTV)は、国際宇宙ステーション (ISS) へ補給物資を運ぶための無人の宇宙船で、全長 10m、幅 4.4m で大型バス 1 台分の大きさである。

室内は 4 つのパーツ、①補給キャリア与圧部、②補給キャリア非与圧部、③電気モジュール、④推進モジュール(写真参照)、となっている。運搬する補給物資は実験装置、小型機器、船外搭載物質、ISS への船内補給品(実験ラック、飲料水、衣料など)を搭載、その内部は 1 気圧に保たれ、ISS に結合中はクルーが内部に乗り込んで荷降ろしを行う。



写真-2 「こうのとり」概要 JAXA の HP

与圧部には大型の 1.27m 四方のハッチが装備、大型の実験ラックを ISS へ輸送できる唯一の宇宙船となっている。

補給品運び出した後は、不要品を搭載し、大気圏に突入、その落下地点は海上のある地点を選定している。

補給キャリア非与圧部には、側面の開口部から曝露パレットが収納され、船外物資(船外実験装置など)が搭載されている。大型の船外物資をISSへ柔軟に輸送できるのは「こうのとり」だけである。

曝露パレットは、船外実験装置やISSのバッテリーを輸送するための荷物台で、I型:「きぼう」の船外実験装置の運搬で、船外実験プラットフォームに取り付けられる。船外実験装置を2~3個は搭載可能でバッテリーは6個搭載が可能。

電気モジュールは、誘導制御、通信、電力などの電子機器を搭載し、自律的あるいは地上からの指令に従って「こうのとり」の航法、制御を行う。また、「こうのとり」各部への電力供給を行う機能を持っている。

推進モジュールは、4基の推進剤タンクに搭載された推進剤をスラスタに供給し、軌道変更や姿勢制御のための推力を発生させるもので、「こうのとり」には合計32基のスラスタが設置されている。

昨年10月に10cm角程の実験用小型衛星、日本の大学などの3機(和歌山大学・東北大学、福岡工業大学、明星電気)とNASAの2機が「きぼう」から星出晃彦宇宙飛行士によって宇宙に放出されるなど実験も行っている。

「こうのとり」は、H-II B ロケットの先端に搭載されて、種子島宇宙センターから打ち上げられるが、発射チャンスは1日1回、種子島の軌道面上の瞬間に行われる。「こうのとり」のミッションスケジュールは打ち上げてから6日間で国際宇宙ステーションに近づき、46日間滞在し56日で分離し大気圏に再突入する。(宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機(HTV3)に搭載した再突入データ収集装置(i-Ball:NASAとの共同作業)は、日本時間9月14日午後2時27分、「こうのとり」3号機とともに大気圏に再突入し、午後3時03分頃、西経129.017度、南緯51.867度(チリ西方沖の南太平洋)に着水したことが確認されている。)



写真-3 ISSの「きぼう」外観



写真-4 「きぼう」の内部(展示場)

打ち上げ後、H-II B ロケットから分離される高さは地上から200kmと低いため角速度が速く1日16週地球を回ることになる。宇宙ステーションは400kmの軌道上で廻っているので、その位相を合わせ追いつくために先ず300kmの軌道に上げて位相差を考えて、国際宇宙ステーションの下に行って12km下につける。

GPSの信号を用いてISS下方約500mの位置に移動し、レーザーレーダ(RVS)を使って、「きぼう」(写真-3参照)に設置された反射板(リフレクタ)を目標にISSに接近する。最終的に、ISSの下方10m付近の領域内で停止し、ランデブセンサ航法での接近速度は1分間に1~10m程度で、接近中にISSのクルーは接近の一時停止、一旦後退、接近中止などのコマンドを送信することができる。「こうのとり」がISSに対して相対的に停止したことが確認されると、「こうのとり」のスラスタが停止され、ロボットアーム(SSRMS)で把持される。その後、ISSの「ハーモニー」(第2結合部)の地球側の共通結合機構(CBM)に結合され、ISSに係留される。

この近辺はスペースデブリ[宇宙ゴミ]の10cm以上のものが15,000個もあるのでこれらを避けながら行なわれる。



下から接近する方式は、途中で宇宙船が壊れても、ISS に衝突しないように考慮した近づき方をとっている。これまでアメリカのスペースシャトルは ISS の軌道上を前から近づき、ロシアは後ろから近づいてドッキングしていた。この場合何かあると衝突の危険があるため、下からの接近の仕方は JAXA が始めて実現したもので、この方式が世界の標準になりつつある。

接近する場合の制御の仕方は、H-IIB ロケットから分離すると、「こうのとり」は自動的にサブシステムを起動し、筑波宇宙センター(Tsukuba Space Center: TKSC)にある HTV 運用管制室(HTV Mission Control Room: HTVMCR)との通信を開始する。また、同時に分離後、自動的に NASA のデータ中継衛星(Tracking and Data Relay Satellite: TDRS)との通信を確立して、「こうのとり」の状態を地上で確認し、その後 ISS に向けて徐々に近づく。ISS と直接通信が可能な近傍域通信領域(ISS から 23km の距離)に到達して、近傍通信システム(PROX)との通信を確立。PROX と双方向に通信を行いながら GPS の信号を用いて ISS に近づき、ISS の後方約 5km の地点に ISS に対して相対的に停止する。ISS への結合(近傍運用)「こうのとり」は、ISS の下方(地球方向)から徐々に接近し、最後は ISS のロボットアーム(Space Station Remote Manipulator System: SSRMS)で把持され、ISS に結合される。

こうした制御はミッション管制室でプロエンジニア担当者がそれぞれ担当し、国際的なバイリンガルの対応と国内は日本語で対応を行っている。こうした技術者は認定制度により毎年リフレッシュしている。飛行管制官は 6 名のほか各専門分野の責任者と米国と日本の共同協力者で構成されている。

「何のための科学技術か?」の問いがある。20 年、30 年後に役立つ技術として「地球を守るため」、子供たちに受け継いで、宇宙は「第 2 の地球」として人が住む、選択肢を子供たちに与えることなどを目指している。

#### (4) 施設見学

先ず始めに正門入り口屋外に横置きされた H-II ロケット (写真-5 参照: JAXA カタログ) を見学した後、



写真-5 H-II ロケットの外観

スペースドーム〔展示館〕内で、これまで開発してきた各種の人工衛星やロケットエンジンなど展示物①人工衛星による宇宙利用の・「だいち」、「いぶき」や②有人・宇宙環境利用の「きぼう」(JEM) の内部に入れる実物が展示されている。



写真-6 地球と国際宇宙ステーション (ISS)

スペースドーム〔展示館〕内の様子  
地球を周回しているイメージの模型 (写真-6 左)、背景は各種の宇宙船の展示物  
国際宇宙ステーション (ISS) (写真-7 下)

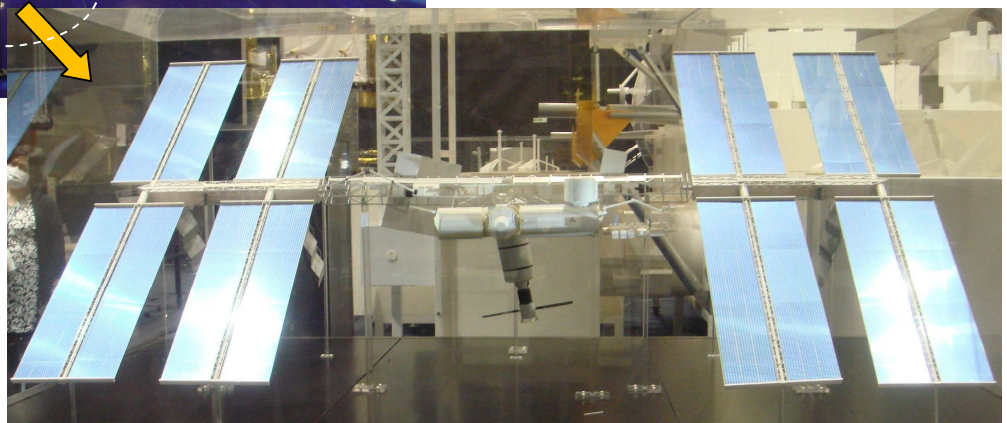


写真-7



## 国際宇宙ステーション模型

「こうのとりのHTV」③ロケット・輸送システム等保管展示された設備を見学後、環境試験設備のある熱真空環境耐久試験装置φ13mスペースチャンバーを3階から見学した。その後2班に分かれて、研究棟では基礎技術基盤研究として開発中の薄膜積層の効率良い太陽電池セルの開発内容や宇宙ステーション運用棟のVIP室から「きぼう」運輸管制室のリアルタイムの現場を見学させていただきました。

強風で砂埃の中、帰路に着き18:40に東京駅丸の内南口に無事到着しました。



写真-8 H-IIロケットエンジン



写真-9 こうのとりのHTV

## 6. 謝辞

私共、公益社団法人日本技術士会金属、航空・宇宙、化学、機械、電気電子、情報工学、衛生工学のために、貴重な時間を割いて戴き御挨拶戴きました宇宙航空研究開発機構理事加藤善一様始めの筑波宇宙センター所長宮路雄二様からセンターの概要のご説明、フライトディレクター麻生大様からはHTVに関するご講演を戴き厚く御礼申し上げます。また、見学に際し舟木特任担当者を始めとしてアシスタントの女性の皆様、現場で説明戴きました責任者の皆様に感謝申し上げます。



写真-10 宇宙航空研究開発機構講演会場での集合写真〔顧問神戸様ご提供〕

