



〈研究紹介〉

簡易型機構の研究

宇宙科学研究所 樋口 健

1. はじめに

近年産業の分野では機械と電気が融合したメカトロニクスが発展し、宇宙構造物においても知的適応構造物は構造や機構とロボティクスとの境界を無くしつつある。構造あるいは機構の高機能化は、制御との境界領域の研究となってきた。現に構造物の変形や振動を能動的に制御することによって構造の軽量化や、収納性・指向精度等の大幅な向上が図られている。通常、小型・軽量化のためには機械的部分をできるだけ電氣的なものに置き換えているが、これは機械的部分が小型・軽量化しにくいことを物語っている。したがって、高機能化するために電気や制御等他の研究領域と融合させたり集積度を上げたりするのは当然の成り行きであるし、また今後ともその方向で研究が発展して行かなければならないが、構造や機構の高

機能化とは一般に複雑化する方向にある。そこで、構造や機構そのものを単純化できるよう検討してみる必要がある。これは機械的要素の精密化ではなく、ある意味では大雑把で良いから機械的要素を簡単にしようとする試みである。これは制御を積極的に取り入れて精密化しようとする潮流に一見逆行するように思われるが、単純化した機械的要素を制御することによりむしろシステムの高機能化が促進されて行くものと考えている。また、これは簡単なものを数多く集めて群全体として機能する自律分散型システムにも通ずるものがある。

以下、簡易型の機構または構造に関する研究の一端を簡単に紹介する。

2. 大型構造物建造のためのドッキング装置

ドッキングは、精密な姿勢制御・速度制御等を行ってソフトドッキングを行うことが搭乗員・搭

載物の安全や構造設計などの点から望ましい。しかし、全てのドッキングが精密な制御を要するとは限らないであろう。例えば、大型宇宙構造物建造の手段としてバーシング／ドッキングを行う場合、精密な制御を行うには結合する多くの部材に制御機器やスラスト燃料などを備えなければならず、しかも、長大な部材の端点を制御するには構造が柔軟なゆえ長い時間を要する。そこで、相対的な位置・回転・運動方向の大きな誤差を許容し、しかも比較的少ない制御でドッキングできるよう、開花のメカニズムを応用した簡易型高機能ドッキング機構を試作した（図1）。

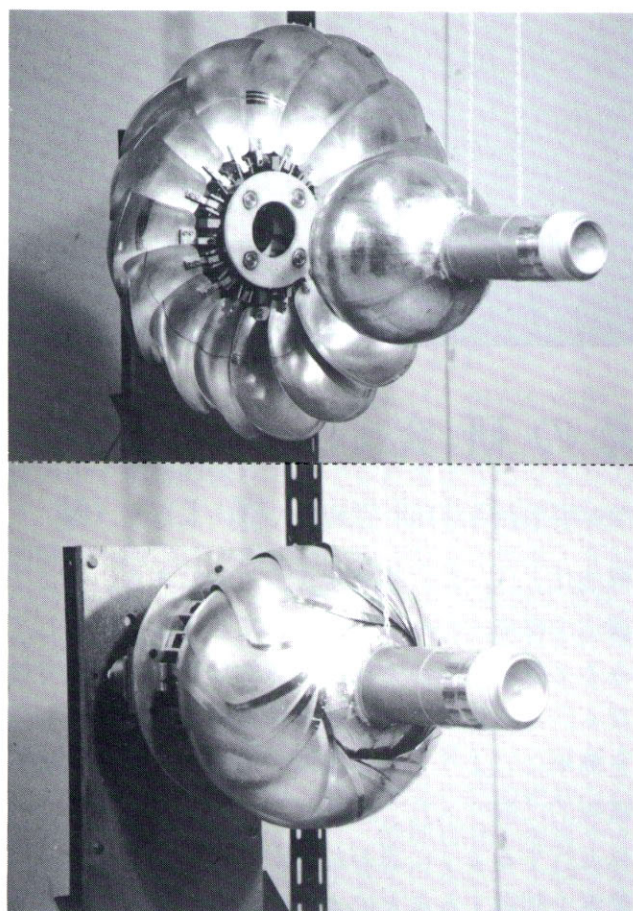


図1 簡易型高機能ドッキング機構

チェイサ側の花卉は球殻から切り出した曲面であり、根元のピン結合まわりに1自由度で回転する単純な機構である。花卉は互いに重なり合うよう円環状に配置されているため、原理的には花卉1枚の駆動によって全ての花卉を駆動でき、駆動源の故障に対する冗長性がある。機構が単純で信頼性があり、制御も簡素化できる。殻構造である

花卉は軽量高剛性であるがまた適度な弾性のためある程度は衝撃を軽減できる。ターゲットの球状部分をチェイサ花卉で覆い囲むようにして掴むので、相対的な位置・運動方向の誤差を大幅に許容でき、回転方向の誤差には原理的に制約がない。ターゲット形状は単純な球形であるため、チェイサ側はこれと多少異なった形状・寸法のターゲットでも許容でき、ドッキング機構の共通部品化が図れる。結合後ロックすれば球面ペアで結合された構造物としても利用できる。構造が円環状なので中央部を貫通路や配線・配管に使える。さらに、ドッキング機構の部分だけを本体から切り離して遠隔バーシング装置とし、その後引き寄せて構造物を建造することもできよう（図2）。

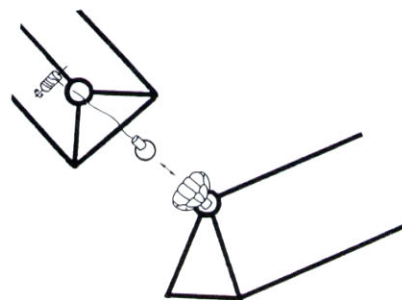


図2 遠隔バーシング／ドッキング

3. リニア超音波モータの試作

宇宙展開構造物のような適応構造物のアクチュエータには、通常は電磁式の回転型モータを利用しているが、回転運動を直線運動に変換する機構と、所望の速度やトルクを得るための減速器とが必要である。また、電磁式モータは磁場を発生するため、磁気センサに影響を及ぼしたり、逆に周りの磁気の影響を受けたりする可能性がある。さらに、伸縮部材の固定には専用のロック機構が必要である。したがって、アクチュエータだけでなくその周辺の機構も考えるとかなり大掛かりなものになる。ところで、最近急速に利用が広まってきた、圧電セラミックスの振動を用いた回転型超音波モータは、(1)低速高トルク特性である、(2)磁界を利用しない、(3)自己保持能力があるのでロック機構が要らない、(4)高応答である、(5)静粛である、(6)部品点数が少なく且つ機構が単純なので軽

量コンパクトである、(7)潤滑が不要である、など優れた特長を持つ。そこで、宇宙適応構造物用リニアアクチュエータとして超音波モータを2種類試作した。

3-1. 進行波型リニア超音波モータ

ステータレールの一端の圧電セラミックスに正弦波状の電圧を掛け、他端の圧電セラミックスに適度なインピーダンスを負荷すると、ステータレールに進行波が発生する。これにスライダを押し

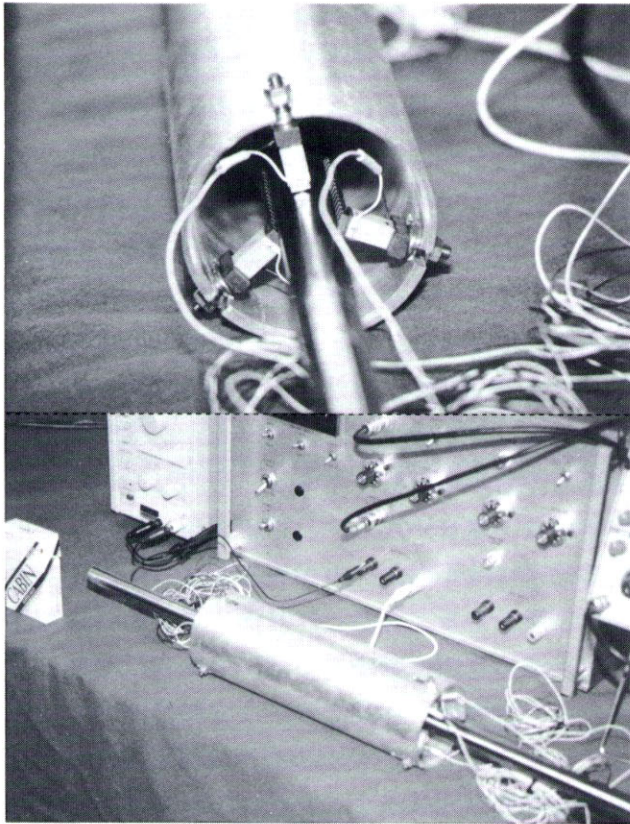


図3 進行波型リニア超音波モータ

つけるとスライダが駆動される。試作器では、歯付きステータレール3本を円筒ケース内に、120度間隔で配置し、スライダを3方向から支持した(図3)。スライダ保持力はステータレール固定ボルトの締め込み量で調整できるため、1つのケース内に駆動部・保持力調整部を取められ、スライダに特別な加工や機構を持たせる必要がなく、単なるパイプという簡単な形状にすることができ、また、スライダ長さに制約がない。駆動方向の切り替えは、励振側と吸振側との圧電セラミックスの役割を入れ替えることにより行う。

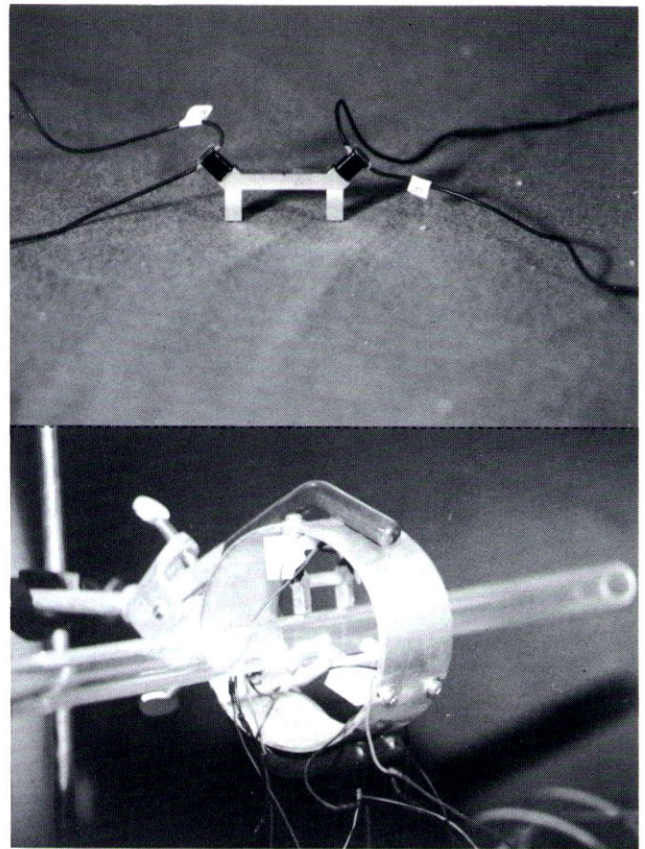


図4 π 字型リニア超音波モータ

3-2. π 字型リニア超音波モータ

π 字型超音波アクチュエータ3個を円筒ケース内に配置し、進行波型と同様スライダを3方向から支持する(図4)。駆動方向の切り替えは、 π 字型超音波アクチュエータ肩部の2個の圧電セラミックスに印加する正弦波電圧の位相を反転させることにより行う。

4. テザー衛星伸展初期のテザーの挙動

テザー衛星システムは、収納動作中に不安定になる恐れがあるため収納動作には十分な運動解析と制御がなされなければならない。しかし、今後のさまざまなテザー衛星システムの利用形態によってはテザー自身の剛性が無視できない場合もあるため、張力によって必ずしも張って伸展するとは限らず、伸展動作中の絡みにも留意しなければならない。特に伸展初期においては重力傾斜力は極めて微小であり、リールに巻き付けられたテザーの初期巻き癖が張力による伸展制御に影響すると考えられる。そこで、母衛星にエクステンションブームを、子衛星にスラストを取付ける方法が

考えられるが、システムを出来るだけ簡単化するためにスラストを取付けない場合、繰り出しに必要な張力が重力傾斜力から得られるためのエクステンションブーム展開長さを検討するため、初期巻き癖があるテザーの伸展初期の挙動を調べた。

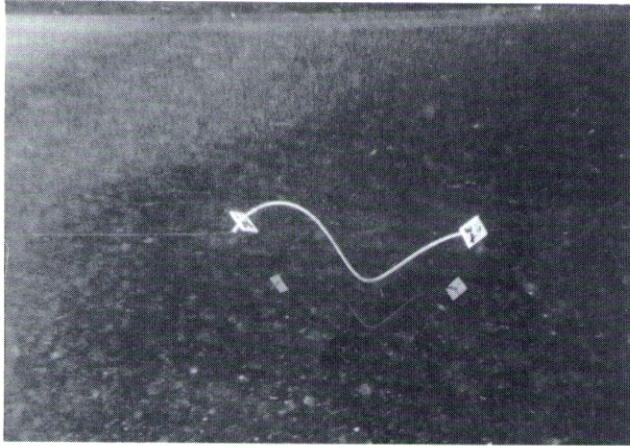


図5 初期巻き癖のあるテザーの伸展
(張力が小さい場合)

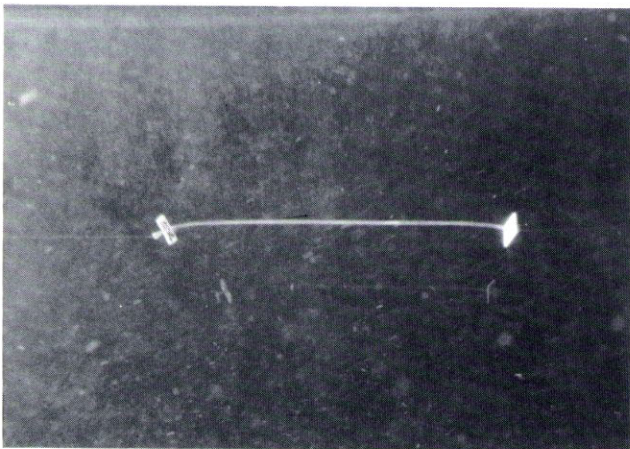


図6 初期巻き癖のあるテザーの伸展
(張力が大きい場合)

リールから繰り出されたテザーの形状は、曲げ変形であるリール状初期巻き癖が捩れ変形となって螺旋形状になる(図5)。したがって、テザー衛星伸展の際も、テザーは初期巻き癖のために、伸展初期には単なる湾曲ではなく螺旋形状をしていると考えられる。これはテザーの絡みの原因になる。しかし、ある張力以上では捩れずに曲げ変形となる張力の下限値の存在は有限変形理論を用いて全ポテンシャルエネルギーを計算することにより説明される。つまり、テザーが螺旋形状にならない張力が得られる長さまでエクステンションブー

ムを展開する。また、伸展初期の巻き癖の解放に伴う全体形状の伸びと張力との間には時間依存性があり、テザー衛星伸展の際もこの巻き癖のクリープ現象を利用して、張力を制御すると同時に張力がかかった状態での持続時間も制御することによりテザーの伸展を進めることもできよう。

5. 月面における振動輸送

月面上での鉱物資源の効率的輸送手段として、振動輸送方法が考えられる。現在地球上で実用されている振動輸送装置の特長として、(1)構造が簡単であるため故障が少なく保守が容易、(2)衝撃や温度変化にも耐えられる、(3)粉塵のような粉粒体から1個数百kgの固体まで運搬可能、(4)高湿、飛散性、付着性の材料の輸送にも適する、(5)輸送中に選別、混合、冷却、乾燥、整列、分離、研磨、計量、充填などの複合作業が可能、(6)水平輸送ばかりでなく垂直輸送も可能、(7)振動源が電磁式の場合は機械的摺動部分が全く無いので潤滑が不要、(8)共振式は所要動力が少なく、また、大きな基礎工事也不要、など数多くある。一方、(1)硬い物を輸送すると騒音が出る、(2)精密機器や壊れやすい物の輸送には不向き、(3)長距離輸送に不向き、という短所もある。しかし、月面上での鉱物資源等の短距離輸送用振動輸送では、(1)騒音は問題にならない、(2)機械的摺動部分がなく潤滑が要らないことは真空中での使用には大きな利点である、(3)重力加速度が地球上より大幅に小さいので少ない動力で済む、などの利点が多い。このように、月面における振動輸送も、大雑把ではあるが単純で且つ機能的な装置の例となる。

6. おわりに

ここに紹介した研究は、平成5年3月まで著者が勤務していた東京電機大学理工学部産業機械工学科において行われたものである。今後は宇宙科学研究所において、宇宙における工学としてより実態に即した方向に軌道修正しつつ発展させて行くことが課題である。(ひぐち・けん)

お知らせ



★シンポジウム

科学衛星・宇宙観測シンポジウム

日 時 平成5年7月7日(水)～9日(金)
場 所 宇宙科学研究所本館2階会議場

問合せ先：宇宙科学研究所研究協力課
共同利用係
0427(51)3911 (内線 2234, 2235)

★平成5年度一般公開

日 時 7月24日(日) 午前10時～午後4時30分
場 所 宇宙科学研究所
(神奈川県相模原市由野台3丁目1番1号)
公 開 ・ロケット、衛星の試験設備等
・磁気圏観測衛星 GEOTAIL
・X線天文衛星「あすか」
・開発試験中のM-Vロケット他
他に、映画会、ミニミニ宇宙学校等も実施します。

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(7月・8月)

7月						8月							
1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	25	30
M-3S II-8 SA+KM接手破壊試験 (日産) 2, 3段接手強度試験 (ISAS)													
M-V (ISAS) 後部筒及びスリッパ強度試験							NF開頭試験 (ISAS)						
MUSES-B 熱 試 験 (ISAS)													
							S-520-17 CN-SJ取付板 コネクタ取付, 配線, 処理 S-520-19 (NEC) MT-135-58, 59 噛み合わせ 第2次大気球実験 (SBC)						

評議員及び運営協議員について

評議員及び運営協議員は、次のとおりです。任期(平成5年5月1日～平成7年4月30日)

評議員 (50音順)

(20人)

氏 名	職 名 等
有馬 朗人	法政大学(工学部)教授
井口 洋夫	岡崎国立共同研究機構長
岩崎 俊一	東北工業大学長
大久保忠恒	上智大学理工学部長
小田 稔	理化学研究所理事長
金森順次郎	大阪大学長
木村 逸郎	東海大学(工学部)教授
古在 由秀	国立天文台長
志村 令郎	京都大学(理学部)教授
末松 安晴	東京工業大学長
菅野 卓雄	東洋大学(工学部)教授
関口 忠	東京大学名誉教授
西原 春夫	前早稲田大学長(現法学部教授)
西村 純	神奈川大学(工学部)教授
野村 民也	宇宙開発委員会委員
星合 孝男	国立極地研究所長
増本 健	東北大学金属材料研究所長
山野 正登	宇宙開発事業団理事長
山本 草二	上智大学(法学部)教授
吉川 弘之	東京大学長

運営協議員 (50音順)

(21人)

氏 名	職 名 等
(所外)	
内田 豊	東京大学(大学院理学系研究科)教授
加藤寛一郎	東京大学(工学部)教授
木村 磐根	京都大学(工学部)教授
小平 桂一	国立天文台(光学赤外線天文学研究系)教授
中澤 清	東京工業大学(理学部)教授
原島 文雄	東京大学生産技術研究所長
藤原 俊隆	名古屋大学(工学部)教授
蓬茨 靈運	立教大学理学部長
安田 靖彦	早稲田大学(理工学部)教授
八坂 哲雄	N T T無線システム研究所主席研究員
(所内)	
岩間 彬	宇宙推進研究系研究主幹
奥田 治之	共通基礎研究系研究主幹
辛島 桂一	宇宙輸送研究系研究主幹
清水 幹夫	惑星研究系研究主幹
田中 靖郎	企画調整主幹
鶴田浩一郎	太陽系プラズマ研究系研究主幹
西田 篤弘	対外協力室長
西村 敏充	衛星応用工学研究系研究主幹
廣澤 春任	宇宙探査工学研究系研究主幹
横野 文命	宇宙圏研究系研究主幹
松尾 弘毅	システム研究系研究主幹



★内之浦のシュミットがとらえたオ
リオン大星雲
(表紙写真～撮影：栄楽正光氏)

現在KSCの栄楽氏がシュミット・カメラによって全天のカラー・サーベイを精力的に行っています。1992年12月29日の16時35分40秒(UT)から180秒露出で表紙写真のような傑作が出現しました。細い線になっているのは静止衛星です。シュミット・カメラは恒星の日周運動に同期して動いているので、静止衛星が線になるというわけです。なお栄楽氏は1画角について30秒と180秒の2種類の露出で撮りつづけており、1200画角を撮り切るには数年の歳月がかかる見込みとのこと。頑強な意志と身体で、眠気をおしてこの意義深い作業に奮闘する栄楽氏に声援を送りましょう。

(的川泰宣)

★第12回宇宙科学講演と映画の会開催される

宇宙科学講演と映画の会が、5月9日(日)午後2時から千駄ヶ谷「津田ホール」において開催された。

この行事は、本研究所が創設された日(4月14日)を記念して毎年行われているもので、本年は、棚次教授の「スペースプレーンのエンジンの将来」西田教授の「地球の尻尾をしらべる」の講演と宇宙科学啓発ビデオ第2巻「母なる太陽」が上映された。

当日は心配された空模様も何とか持ち堪え、西村前所長、宮寫文部省研究機関課課長補佐をはじめ、約460人の来場者があり、会場はほぼ満席と

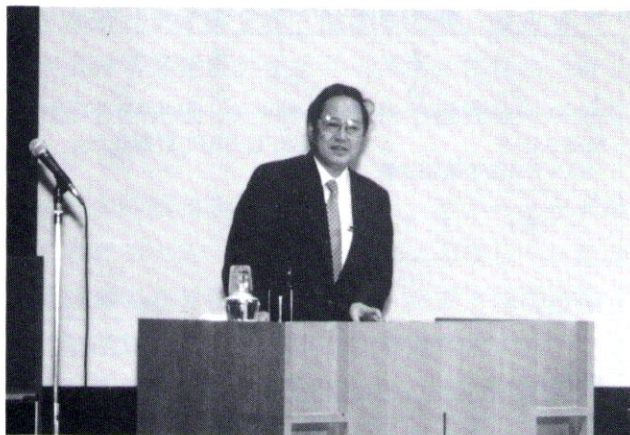


講演中の棚次教授

なった。

アンケート結果から、来場者のうち男性が77.4%、年齢20才以上30才未満の者が41.8%、職業別では学生が43%で一番多かった。また、講演の理解度については、「よく分かった」62.7%、「やや難しかった」33%、「ほとんど分からなかった」4.3%であった。

講演後の質疑応答も核心を突くものが多く、西村前所長が答弁に登場するなど、盛況裡のうち午後5時30分に無事終了した。(風間勝昭)



講演中の西田教授

★EXPRESS Progress Meeting

日独共同による回収型カプセル衛星開発計画であるEXPRESS Progress Meetingが4月末ドイツにおいて開催された。“Progress Meeting”とは、プロジェクトのマイルストーンとなる会議である。数回のDesign Reviewの間に打ち合わせを行うために設けられている会議で、プロジェクト開始以来何回か開かれてきており、当初3月末に予定されていたものが、一月遅れで開かれたものである。今回は、ドイツ側で行う順番であり、ERNO社のあるブレーメンで行われた。日本側は、宇宙研、USEF、通産省、メーカー等総勢20数名の参加があり、日本側の熱意を感じさせるものであった。

来年の打ち上げに向けて、一層中身の濃い、真剣味を増した会議内容となった。次回のDesign Reviewに向けて、たくさん宿題を背負いこんだ会議であった。(安部隆士)

★SFUフライトモデルの総合試験

昨年初冬に宇宙開発事業団筑波宇宙センターへ総合試験のため搬入されたSFUフライトモデルは、現在までのところ順調にスケジュールを消化している。昨年末からこの5月末迄に実施された総合試験の主な項目は以下の通りである。すなわち、アライメント測定、軌道変換推進機（QCT）・姿勢制御用推進機（RCS）の機能試験、熱真空試験、電磁適合性試験、音響試験、H-II型ロケットとの結合荷重解析のためのモーダルサーベイ試験である。今までの試験の結果、数多くの極く小さな不具合と、二、三の検討・処置を必要とする不具合が報告されている。これらの不具合の処置は、現在進められている総合試験ののち、種子島のH-II型ロケット射場での最終総合試験に供されるまでの期間に対処される予定である。対H-II型ロケットモーダルサーベイ試験を終えた今は、熱真空試験と並んで長期試験（準備期間も含めて）となるスペースシャトルとの結合荷重解析のためのモーダルサーベイ試験を実施している。

写真1は、熱真空試験を終えた直後のSFUフライトモデルとスペースチャンバーで、SFU上部手前の円板状の物がシャトル回収用の把手、側面鏡状の平面は熱制御用材料のセカンドサーフェスミラーである。写真2に音響試験室にセットされたSFUフライトモデルを、写真3に対H-II型ロケットモーダルサーベイ試験状況を示す。写真3では、SFU全体は振動試験装置上に設置されており、SFUの左手側、半円板の付いた突起がトラニオンと呼ばれるシャトルとの結合部で、その下にシャトルからヒドラジン凍結防止用電力の供給を受けるコネクタ（ROEU）が見える。SFU本体の下にある円錐状の部分が、H-IIロケットで同時打ち上げ予定のGMS-5衛星との分離機構（PAF）で、右側の銀色筒状のものが赤外線望遠鏡（IRTS）である。（清水幸夫）

★「ようこう」が見つけた活動領域の高温成分

「ようこう」は、打ち上げ後1年9ヵ月を経過したが相変わらず順調に飛翔を続けている。太陽

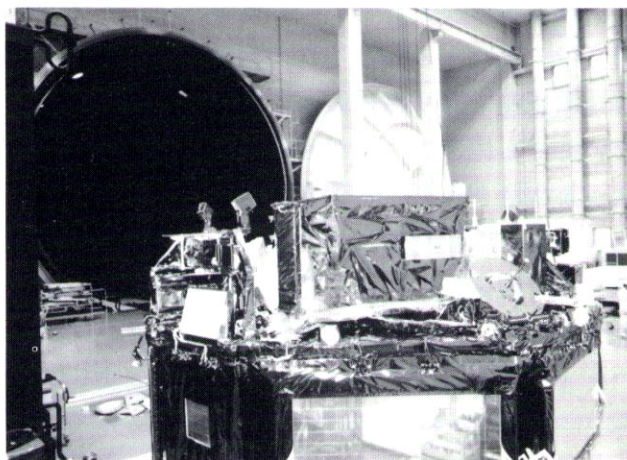


写真1

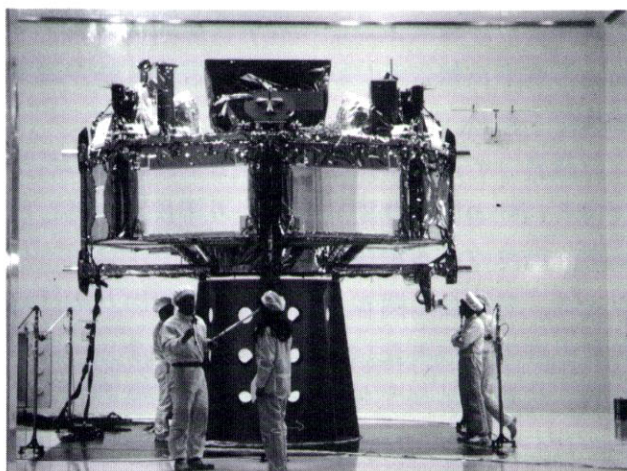


写真2

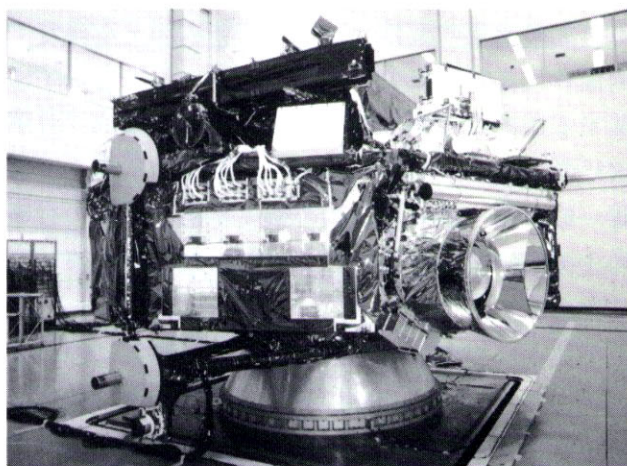


写真3

活動は極小期へ向かって下り坂で、大きなフレアを始めとする単発の現象は数が少なくなったが、逆にコントラストがついて観測がしやすくなっているともいえる。1年半以上の連続観測によ

り活動領域の性質も明かになってきた。ブラック分光器（BCS）の硫黄イオンから放射される軟X線輝線観測により活動領域中でフレアが起きていない時でも恒常的に4百万度を越える高温のプラズマが生成されていることが明らかとなってきた。BCSで観測される高温ガスの温度の時間変化を軟X線望遠鏡でとらえた軟X線画像と一緒に見てみると、この高温成分は規模の小さいフレアのような活動（マイクロフレアとかナノフレアと

か呼ばれている）の重ね合わせから成り立っていることが判った。それぞれの活動現象では1千万度を越えるプラズマが造られているのだが、ある瞬間をとって見ると、あるものは放射により冷えつつあったり、あるものはちょうど加熱されているところだったり、平均すると4百万度ぐらいになる。通常の1～2百万度の静穏太陽のコロナを生成する機構とは別の加熱が活動領域に働いている。（渡邊鉄哉）

★(財)宇宙科学振興会役員会開催

5月19日午後、霞が関の霞山会館で(財)宇宙科学振興会の評議員会並びに理事会が開催され、平成4年度事業報告及び収支決算報告他2件の議案が承認された。

評議員会では、4月1日付けで全評議員30名が改選されたので、今期（2年）の議長を互選した結果、林友直氏が推薦された。

また、理事会は関本忠弘理事長所用のため、河村龍馬理事が理事長指名により議長となり、理事23名、監事2名（うち委任状8名）出席のもと審議が行われた。

同財団の平成4年度の主な事業としては、①宇宙理学及び宇宙工学に従事する若手研究者に対する研究助成金の交付、②宇宙科学に関する海外で開催される研究集会等参加の助成、③宇宙科学に関する国内研究集会等の開催に対する助成、④宇宙科学に関する知識の普及・啓蒙活動事業（宇宙研一般公開・講演と映画の会・宇宙学校等の行事の支援、宇宙科学啓発ビデオの複製・頒布等）が実施された。

平成5年度の事業計画及び収支予算案については、去る3月12日及び17日に評議員会及び理事会がそれぞれ開催され、平成4年度とほぼ同規模の事業計画と予算が承認されている。

なお、平成5年度より同財団では賛助会員の募集を開始する。これは、同財団の趣旨に賛同する法人を対象とし、事業活動の一層の充実をはかるものである。年会費は1口10万円、詳細については同財団事務局へ。☎0427-51-1126

★宇宙研ビデオ第2巻「母なる太陽」頒布中

宇宙科学啓発ビデオシリーズ第2作目の「母なる太陽」が完成し、(財)宇宙科学振興会にて好評頒布中です。

特に太陽観測衛星「ようこう」がとらえたX線によるダイナミックな連続映像は、激しく活動する太陽の姿を見事に写し出し、感動と同時に宇宙への知的好奇心をそそるものがあります。

また、教師・保護者の方々のための解説書がついており、太陽観測の歴史や観測方法から、黒点やプロミネンスなどの現象をわかりやすく解説すると共に、科学者たちが太陽の謎にどう取り組んでいるかを紹介するなど、小学生から社会人に至るまで多くの方々にご覧いただきたい作品です。VHSカラー28分 定価 3,300円(税込)送料 510円

問合わせ・申込先 (財)宇宙科学振興会

☎0427-51-1126

なお、第1巻「宇宙をさぐる—ロケット・人工衛星—」も在庫が多少ありますので、併せてお求めください。



インドの宇宙開発

的 川 泰 宣

インドの宇宙開発の中核機関であるISRO（インド宇宙研究機関）は1969年に創設され、3年後に宇宙委員会と宇宙庁が設立された。宇宙庁の年間予算は約40億ルピー、うち25%が宇宙科学に割かれている。また宇宙庁の職員数は16000人で、うち宇宙科学に携わる科学者・技術者は10000人。

1. ロケットの開発

宇宙開発に関わる各部門は、表のようにそれぞれのセンターを持っている。ロケット開発はヴィクラム・サラバイ宇宙センター、衛星開発は衛星センターである。エンジンの開発は、特に推進系が液体推進センターで行われ、地上燃焼試験がスリハリコタ宇宙センターで実施されている。宇宙科学はインド各地のいくつかの研究所で行われている。

インドは外国からの技術援助を仰ぎながら、まずSLV (Satellite Launch Vehicle) 型という人工衛星打ち上げロケット（4段式）を開発したが、その後地球周回の低軌道（LEO）に150kgのペイロードを投入することのできるASLV (Augmented SLV) 型ロケットを1987年から使い始めた。実用衛星INSATもこのロケットで打ち上げる。また現在、極低軌道に約1トンを投入することができるPSLV (Polar SLV) 型ロケットの開発を進めている。将来は静止軌道に2.5トンを乗せるGSLV (Geosynchronous SLV) 型ロケットを開発する。ロケットの製作には企業の占める割合が大きく、

特に近年では企業への移管を積極的に進めている。科学技術庁傘下の多くの研究所は、推進剤やコントロール・システムの開発に関わる基礎研究の分野で、宇宙庁からの予算を使って宇宙計画に参画している。

2. 衛星計画

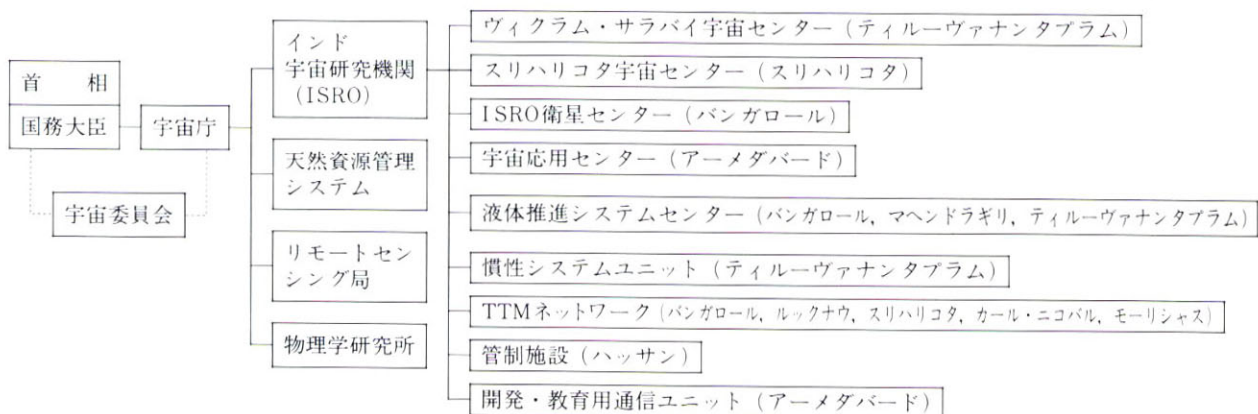
当面は、リモートセンシング衛星（IRS）と科学衛星（SROSS）に重点を置いている。バンガロールにある衛星センターは、実用・科学のすべてにわたって衛星開発の中心機関で、衛星の設計・製作・テストのためのすべての設備がある。衛星はすべて国が製作するが、予算は（たとえばINSATは）宇宙庁・科学技術庁・通信庁が分担している。

衛星の分野も、最近では企業への移管を意識的に進めている。

科学衛星（SROSS: Stretched Rohini Satellite Series）は科学用の唯一のミッションで、すでに1987, 88, 92年に、ASLV型ロケットで打ち上げられた。93, 95, 98年にも打ち上げの予定がある。トラッキングはハッサンで行っている。たとえば92年に打ち上げたSROSS-C衛星（106kg）の搭載機器は、①赤道上空電離層のプラズマ検出器、②γ線バースト検出器（20～3,000keV）である。

近未来の科学ミッションとして「PSLV型ロケットが完成すればX線ペイロードを、またGSLV型ロケットができれば、水星に行きたい」とは、ISRO長官のU.R.Rao氏の見解。

（まとがわ・やすのり）



Societyの国から北極圏へ

中 島 俊

5月10日から13日迄、ロンドンのRoyal Aeronautical Society本部で開催された第12回空力減速システムシンポジウムに出席。会場は隣接する近代的なホテルとは対照的な歴史を感じさせる建屋であったが、内部はいわゆるソサエティを意識させる造りで、なかなか良い感じのものであった。シンポジウムの出席者は約60名。雛田先生によれば、世界でパラシュートを研究テーマにしている人々は大体この程度との事。このシンポジウムに出席するのは初めてであったが、前回あたりからグライディングパラシュートの研究発表が増えて来たらしい。誰も同じような事を考えるもので、我々と同様の事を計画しているグループが2～3見受けられた。会議にはレスター大学のコックレル教授（既に退官された様子）等、顔見知りの方々も出席しておられ、宇宙研からの出席者と旧交を温めておられた。

最終日に発表後、バッキンガム宮殿方面に向った他の方々と別れ空港に直行。夕方の便でオスロ着。翌朝オスロからエベンス経由でアンデネスに到着した。エベンスからは20人乗りのデハビランド・ツィンオッター。眼下の海は今まで見た事の無いような景色で、島は多いが直ぐ深くなっているのか、色の変化が急であった。アンデネスから迎えの車でアンドーヤロケット打上基地に到着。来年2月打上予定のS-310-22号機に関し打合せを行った。既に2機のS-520ロケットをここから打ち上げており、担当の技術者から、誰々先生はどうしているか、足を折った彼はどうしているか等の話が出るなど和気あいあいの打合せとなった。実験場の技術者は全体で20人程度か。かなりコンパクトにやっているなどの印象を受けた。打合せ後、基地内を案内してもらった。2～3年後に、自前の200 kg程度の極軌道衛星を打ち上げ予定との事であったが、その発射整備塔の建設予定地は未だ何等整備もされておらず、間に合うのか気に

なった。

週末はこの辺りで最大の町トロムソで過ごしたが、雪におおわれた台地状の山々、映画で見たような気がするずんぐりとした漁船等が印象に残った。レストランで、英語のメニューが無いので、少し英語が話せるウェイトレスおすすめのフラットな魚を注文したら、カレイかヒラメを予想していたのに、タラの切り身が出て来たのにはまいった。

トロムソから航空機でキルナに行く予定であったが、航空会社が倒産したとの事で急きょナルビクまで航空機で行き、そこから列車でキルナに行く事になった。雛田先生から話はうかがっていたが、ナルビクからスウェーデン国境迄の景色は見事で、列車はフィヨルドの崖沿いに進み、車外の景色に見とれてしまった。稜線を越すと今度は一変して冬景色。湖はまだ凍結しており、ノルウェー側との気候の差に驚いた。鉄鉱石の生産地キルナと不凍港ナルビクの関係は、小学校の教科書で学んだような気がするが、今回まさにそれを体験した事になる。

キルナでエスレンジを訪問。ここでは「あけぼの」、「JERS-1」等の追跡管制を請負ってやっており日本との関係は密の様子。エスレンジの所長や、鹿児島県のISTSで会った事のあるマルカス氏他とエスレンジに於ける宇宙研の気球実験の可能性に付き話合った。エスレンジでは、CNESがロシアと共同で計画中の火星探査システムの気球に関する実験が今年末に実施されるとの事で、今後宇宙研の計画にも協力して下さるとの事であった。

エスレンジを夕方に発ち、ストックホルム経由で帰国。帰国後すぐにS-310-22号機の会議が開催され、私の報告を基に質疑応答。さっそくFaxによるアンドーヤとの連絡調整が始まった。

（なかじま・たかし）

SETI ～宇宙に天国を探す～

宇宙生命 (8)

地球外の生命を探すのは難しい。太陽系内であれば出かけて探査ができるが、太陽系外であればお手上げに近い。分光観測などで生命がありそうな環境の情報はわかるが、生命があるという決定的証拠を太陽系外にみいだすことはできないだろう。ところが、高度な技術文明では可能性がある。文明活動にともなう現象が捕えられるからである。さらに、その文明が交信を求めていると格段に容易となる。

1959年、ココーニとモリソンは、地球の通信技術を使えば星間通信ができることを指摘した。その通信チャンネルとして、銀河に浮かぶ中性水素原子の出す波長21センチメートルの電波が目安としていいということを主張した。ありとあらゆるチャンネルを探し尽くすというのは非現実的だからである。翌1960年にアメリカ国立電波天文台のフランク・ドレイクがおこなったオズマ計画では、2個の太陽型星が選ばれ、21センチ線で探査が行われた。

オズマ計画以降も地球外文明探し、SETI(Search for Extra-Terrestrial Intelligence)は実行されてきているが、もちろん発見されていない。近年ではアメリカ合衆国の活動が高い。オハイオ州立大学のクラウドスからディクソン、ハーバード大学のホロビッツ、カリフォルニア大学バークレー校のボイヤーの、マイクロ波での探査活動である。この他に、フランス、アルゼンチン、オーストラリアでも活動が続いている。

1992年秋、NASAは本格的な地球外文明のマイクロ波探査を始めた。これには2つの探査モードがある。〔目標探査〕は、80光年以内の距離の太陽型800星を対象に、1GHzから3GHzのバンド内を1Hz分解能で調べる。〔全天探査〕は、全天の1GHzから10GHzまでのバンドを30Hz分解能で調べる。

SETIに関してはIAF SETI委員会とIAU (国

際天文連合) 第51分科会が大きな役割をはたしてきた。前者は現実の指針作りを、後者は学問的な面を担ってきた。地球外文明が見つかった場合の行動指針が、関連国際科学組織で討議され、宣言ができあがった。「地球外知性体発見後の行動に関する原則についての宣言」なる文書である。

SETIに関係する機関や個人が署名して発効させるもので、IAFの委員長から、趣意書と宣言参加依頼が送られてきた。宣言は9条からなり、1. 確認義務、2. 宣言参加者への通報と確認体制、3. 国連・関係国際学術団体への通報、4. 公的媒体での発表、5. 確認用情報の公開、6. 継続観測・記録・利用、7. 電磁波チャンネルの場合の周波数保護、8. 合意以前の応答の禁止、9. 本宣言に対するIAFとIAUの委員会の役割、が述べられている。

半村良の「妖星伝」がとうとう第7巻をもって完結したという。この地球は何かの意志によってつくられた進化の温床であるという設定。だから動物も植物も人も殺しあい、殺伐としている。

この世はうまく興味深くできている。地球は生態系が織りなす奇跡の星だという考えがある。しかし何と言おうと、個々の生命にとって生きるとは過酷である。一方で、天国というものがあつたら3日で飽きがきてしまうのではないかと考えるものである。

オズマ計画のドレイクは、銀河の中の文明の数を推定する確率の式をつくった。文明の平均寿命が大きな未知数であり、SETIが成功するかは、この項によるところが大きい。さて、飽きのこない天国のような安定な超文明があるか。人類が見つけるのはこんな逆説的な文明ではなかろうか。残念ながら、こんなことはいくら考えてもわかるはずがない。まずは探してみる、並行して宇宙そのものを調べる、そんなところではなかろうか。

—宇宙研— 平林 久



地球を想う

柳澤正久

この3月、国際研究集会派遣研究員としての援助をいただき、年に一度の惑星研究者の集いである月・惑星科学会議（テキサス州ヒューストン）に出席する機会を得た。我々が宇宙研のレールガンを利用して行っている小惑星衝突実験の成果を発表し、同業者たちと議論してくるのが主な目的であったが、惑星科学全体にわたって最新の情報を得て、研究に役立てるばかりでなく、それを大学での地球・惑星科学教育に反映させたいという思いもあった。

惑星科学には、未知の世界に対するロマンがある。それは、また、地球をより良く理解するのに非常に役立つ。従って、この分野の研究はもちろん、世に続々と人材を送り出している大学において、惑星の世界に対する興味をかき立てながら、地球の美しさ、かけがえのなさを学生たちに教えることは、とても意義あることだと思う。それによって、彼らの人生観が豊かになるばかりでなく、どんな分野に進むにせよ、彼らは、何らかの形で、地球のことを考えてくれるようになり、各々の職業の中で環境問題を考えてくれるようになるだろう。これこそ、人類が直面しつつある地球環境問題解決へ向けての重要な一步になると思う。今回の会議でも「地球・惑星科学をいかに教育するか」というセッションの中で、この分野の教育が、地球を大切にすることを養うのに大いに役立つことが述べられていた。実際、宇宙にポツカリと浮んだ地球は、他のどの惑星の姿よりも美しい。ほどよい太陽からの距離、海、陸、大気間の絶妙なバランス。無数の生命と共に、地球自身も地震や火山噴火によってそれ自身生きていることを時々示す。良くできた星だとつくづく思う。

だが一寸待てよと考える。大気や海を汚し、動物たちを絶滅に追いやっているのも人間の身勝手なら、地球をずっと今のままにしておきたい、野生動物を保護したいと考えるのも人間のエゴでは

ないだろうか。以前、自然の流れに従って消滅していく尾瀬の湿原（草原、広葉樹林へと進化していく）を堤防を造って人為的に保護すべきかどうかの議論があったが、同様に、地球だって時々刻々変っていくものなのである。我々の呼吸している酸素は、最初からあったわけではなく、20億年ほど前に植物性プランクトンによって作られたとされている。大気の組成ががらりと変わってしまったわけで、当時としてはとてつもない環境破壊であったわけだ。それまで生息していた酸素を嫌う（我々が放射能を嫌うように）無数の生命が犠牲となり絶滅していったはずである。その後の生物進化の歴史の中でも、ある種族の出現がもともといた種を滅亡させてしまった例はいくらでもありそうである。こう考えてくると、人間という生物がはびこって、科学技術を手にし、他の生物たちを絶滅に追いやり、炭酸ガスを放出して気候を変えてしまうのも、地球進化の流れであるのとれないこともない。現在の生物にとっては好ましからざる環境の中に、新しい生命が（ロボットかも知れない）、地球はすてきだと言って現れてくるのかも知れない。人類の英知を駆使して、地球をずっとこのままにしておくこともできるかもしれないが、それは本当に良いことなのだろうか。

地球はすばらしい。と同時に無常である。といって環境問題などアホ臭いと片づけてしまうこともできない。般若心経の中に「色即是空、空即是色」という言葉がある。形あるものすべてが無常であり「空」であることを悟り、自我を断ち切り、すべてのものから解き放された心をもって、もう一度「空」なりとしたものを見るのだそうである。そのもののために奮闘努力するのだそうである。地球をそんな目で見てみたい。そんな心を一人でも多くの学生に伝えたい。そう思うこの頃である。

（電気通信大学、やなぎさわ・まさひさ）

ISASニュース

No.147

1993.6.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所（文部省） ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆ISASニュースに関するお問合わせは、庶務課法規・出版係（内線2211）までお願いいたします。