

## II. 研究活動

### 1. 総合研究

#### 科学衛星及び観測ロケットによる宇宙科学研究

我が国の宇宙観測事業は1955年東京大学生産技術研究所で始められたペンシルロケットの開発に端を発する。同事業は1964年に新設された東京大学宇宙航空研究所に引き継がれ、さらに17年後の1981年全国大学共同利用機関として発足した宇宙科学研究所がこれを引き継ぎ発展させてきた。2003年10月、宇宙3機関統合により独立行政法人・宇宙航空研究開発機構が発足し、宇宙科学研究本部が科学衛星及び観測ロケットによる宇宙科学研究を担っている。

ペンシルロケットは1957年から始まった国際地球観測年（IGY）では電離層の観測に応用されるまでに発展し、1970年には我が国初の人工衛星「おおすみ」の打上げに成功した。「おおすみ」打上げから現在に至る34年間に26機の衛星、探査機を打ち上げてきた。1986年には国際ハレー彗星観測計画に参加し「さきがけ」、「すいせい」をハレー彗星と会合させることに成功し、我が国の宇宙科学が米国、ソ連（当時）、欧州と並んで世界の舞台で認められる契機を作った。ハレー彗星探査を機に開発されたM-3S-II型ロケットはその後の我が国の科学衛星の質を格段に向上させた。例えば、1987年の「ぎんが」、1993年の「あすか」はX線天文学の分野で、1989年の「あけぼの」は極域現象の観測で、また1991年の「ようこう」は太陽物理学の分野でそれぞれ世界をリードする成果を上げ、我が国の宇宙科学の地位を確かなものにした。これらの実績を背景に、1992年には米国と共同で「GEOTAIL」を打ち上げ1990年打上げの工学実験衛星「ひてん」で実証した二重月スウィングバイ技術を適用して磁気圏尾部の本格的観測を実現し大きな成果を上げた。また、1995年には、宇宙開発事業団、通産省（当時）と共同で開発した多目的宇宙実験用プラットフォーム（SFU）をH-II型ロケットで打ち上げ、赤外線による天文観測、宇宙工学実験等に大きな成果を上げ1996年にはスペースシャトルにより回収することに成功した。一方、月・惑星の研究グループからの強い要請もあってさらに大型のロケットM-V型の開発が進められてきたが、1997年にはスペースVLBI用の大型展開アンテナを搭載した「はるか」を軌道に上げ、初の宇宙VLBIの実現に成功した。翌、1998年には火星探査機「のぞみ」が打ち上げられ、これに続く「MUSES-C」、「LUNAR-A」さらには宇宙開発事業団等と共同で準備中の「SELENE」と並んで我が国の宇宙科学も月・惑星探査へと大きなステップを踏み出そうとしている。M-Vロケットは天文衛星にも更に大きな前進をもたらすことが期待されており、X線分野の「ASTRO-E」、わが国初の本格的赤外線天文衛星「ASTRO-F」、次期太陽観測衛星「SOLAR-B」と世界の先端を走る科学衛星の準備が進められてきた。残念ながら、2000年2月の「ASTRO-E」の軌道投入は失敗に終わり、期待に応える事が出来なかった。しかし、その後、軌道投入失敗の原因究明が直ちになされ、M-Vロケットの信頼性回復の努力が精力的に続けられてきた結果、2003年5月に「MUSES-C」を打ち上げることができるまでになった（注：「MUSES-C」は予定通り5月9日に打ち上げに成功し、「はやぶさ」と命名された）。さらに衛星打ち上げスケジュールの見直しがなされ、「ASTRO-E2」の再挑戦とともに、開発中の衛星の打ち上げ延伸が認められている。

観測ロケット実験は衛星や探査機計画に比して迅速に観測を実現できる長所を持っている。この長所を生かして例年数機のロケット実験が実施されているが、打ち上げ場も鹿児島宇宙空間観測所のほかノルウエーのアンドーヤ実験場等も必要に応じて使用されている。2000年12月には昼間側のカस्पオーロラを中心を狙ってSS-520-2号機がスピッツベルゲン島ニューオルスンから打ち上げられ、大きな科学成果が得られている。

我が国の宇宙科学事業は90にあまる研究機関と500人を上回る研究者の主体的な参加に基礎を置いて発展して現在に至っている。科学観測計画は全国の宇宙科学研究者からの提案を宇宙理学委員会で審議し決定する手順が取られている。宇宙理学委員会は研究所内外それぞれ半数ずつの研究者からなる委員で構成されており、計画の審議のみならず、実行経過、成果についての評価も行われている。さらに、我が国の宇宙科学が適正な方向性をもって発展するよう宇宙科学の長期計画についても同委員会で適時検討が行われている。

現在では、我が国のほとんどすべての衛星、観測ロケット、大気球観測計画は何らかの国際協力を含んでいる。先に述べた国際ハレー彗星観測計画をはじめ、国際磁気圏観測計画、国際太陽観測計画等の大きな国際的な枠組みの一角を担う国際協力から、外国の研究者との共同研究によって搭載機器を開発するものまで、さまざまな形態の

国際協力が進行している。先に述べた「GEOTAIL」では、米国が打ち上げロケットと観測機の一部を提供し、我が国が衛星を開発した。また、欧州が打ち上げた赤外線宇宙天文台（ISO）計画では米国（NASA）と共同で第2受信局の支援を行い観測研究に参加した。なお、1998年7月に打ち上げた「のぞみ」には米国をはじめとする5カ国からの搭載機器を受け入れていたが、残念ながら火星周回軌道に投入することができなかった（その原因究明が宇宙開発委員会の調査部会にて行われ、現在開発中の衛星計画の開発に反映されている）。現在開発中の衛星計画もほとんどすべてが国際協力により遂行中である。「ASTRO-E2」には米国提供の検出器、「SOLAR-B」にも米・英提供の検出器が搭載される予定であり、「ASTRO-F」のデータアーカイブについて韓国との協力が計画されている。また、欧州宇宙機関（ESA）との初めての大型国際協力により未知の惑星・水星を多角的・総合的に探査しようとする「BepiColombo」計画も検討されている。

現在、宇宙科学の分野において運用または開発中の主なプロジェクトの研究活動は以下の通りである。

#### 2003年度 観測ロケット・科学衛星

##### (1) 運 用

ロケット	発射年月日 時分	到達高度 (km)	目 的	担当機関	備 考
M-V-5	15.5.9 13:29		第20号科学衛星 (MUSES-C) の打上げ	04	鹿児島宇宙空間観測所※
S-310-33	16.1.18 0:30	141.0	電離層下部に見られる大気発光の波状構造の解明	04, 52, 60	〃

##### ①第12号科学衛星 (EXOS-D)

極地方の夜空を彩るオーロラは、磁気圏と電離圏とを結び付けるメカニズムの一つとして重要であると考えられてきた。オーロラの発光に寄与しているのは数キロから数十キロ電子ボルトに加速された電子であるが、この加速のメカニズムの解明を目的に計画され打ち上げられたのが第12号衛星 (EXOS-D、あけぼの) である。遠地点高度10,500km、近地点高度275km、軌道傾斜角75度の軌道に1989年2月に投入され現在まで15年余りにわたって観測を続けている。当初の主テーマであったオーロラ粒子の加速機構の解明に加え、極域からの重イオンの宇宙空間への流出、赤道上空に局在したプラズマ波動強度、プラズマ圏の構造、放射線帯粒子の研究等に重要な貢献をした。この衛星には磁場、電場、プラズマ計測関連の7個の計測器のほかにオーロラ撮像、放射線モニターが搭載されている。東北大学、東京大学、京都大学をはじめ多数の大学の研究者、大学院学生がプロジェクトに参加して、衛星の運用、データ処理に当たっている。また、国立極地研究所は長年にわたり南極昭和基地の衛星受信設備を運用して貴重な南半球極域データの取得を行ってきたが、2002年度にて終了した。国外ではカナダの研究グループが参加しており、搭載機器の提供のほかにカナダ国内の衛星受信局におけるデータ受信を行って北半球での受信率の向上に貢献してきたが、2003年9月以降は特別キャンペーン対応に移行することになった。最近では、ISTP計画の実現によりGEOTAIL衛星を始め多数の衛星が磁気圏の各所に配備されて来た。これらの衛星との共同観測を始め、日本も参加している北極圏のEISCATとの共同観測も精力的に進められており、今後もあけぼの衛星の重要な寄与が期待されている。

担当機関・大学：04, 14, 20, 23, 24, 27, 35, 36, 37, 40, 45, 47, 48, 52, 56, 57, 60, 62, 64, 68, 74,  
188

##### ②第14号科学衛星 (SOLAR-A)

「ようこう」は、1991年8月30日の打ち上げから10年3ヶ月にわたり連続して、太陽の高温コロナとそこで発生するフレア等の高エネルギー現象をX線・ガンマ線で観測してきた。2001年12月15日（日本時間）、食深度の深い日食に遭遇したことを発端として衛星姿勢制御にトラブルが発生、バッテリー電力を喪失して科学観測を中断、観

測の再開を目指すぎりぎりの試行も実を結んでいない（2004年4月23日をもって運用を終了）。2003年度には前年度に引き続き、10年有余の観測データを集大成した永久保存用のアーカイブデータづくりに努力を傾注し、これをほぼ完了した。

「ようこう」搭載の合計4種類の観測装置の観測成果を以下にまとめる。1) 軟X線望遠鏡は日米協力により製作された斜入射反射鏡で、0.1-3keVのエネルギー帯のX線で太陽コロナを角分解能約3秒角で撮影する。約600万枚の鮮明なX線像を撮影し、太陽コロナの激しく変動する姿を明らかにした。2) 硬X線望遠鏡はフーリエ合成型の「すだれコリメータ」を用いたもので、15-100keVのエネルギー帯のX線を4バンドに分け、太陽フレアを約5秒角の角分解能で撮影する。硬X線望遠鏡が捉えた太陽フレアの総数は3,100個を超え、その形状とともにスペクトルの変化が詳しく解析され、太陽フレアの発生機構、超高温プラズマと磁場との相互作用などに関して多くの研究成果が得られた。3) エネルギースペクトルを観測する装置としてブラッグ分光計（日英米協力により製作）と広帯域X線ガンマ線分光計が搭載され、上記の2つの撮像望遠鏡とともに太陽フレアの研究に広く用いられた。「ようこう」の全ての観測データは広く世界の研究者に提供され、数多くの研究成果がひきつづき出版されている。

担当機関：02, 04, 07, 12, 16, 21, 24, 31, 33, 34, 36, 37, 39, 42, 52, 54, 61, 62, 70, 74, 151, 152, 153, 154, 158, 160, 163, 164, 166, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 180, 181, 184, 186, 192, 195

### ③磁気圏観測衛星 (GEOTAIL)

磁気圏観測衛星ジオテイル (GEOTAIL) は、1992年7月24日に米国フロリダ州ケープカナベラルからデルター-II ロケットで打ち上げられた日米共同プロジェクトの衛星である。その研究目的は地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスおよび磁気圏の高温プラズマの起源と加熱・加速過程を明らかにすることであり、特有の軌道計画が実行された。即ち、1994年11月までの2年余りの期間は、月との2重スウィングバイ技術などを駆使してアポジーが常に磁気圏尾部に来るように制御され、210Reまでの広範な磁気圏尾部をくまなく探査した。その後、磁気圏サブストームなどの研究のため、アポジーを30Reに下げて現在に至っている。なお、ペリジーは9-10Reで、この近地球軌道は昼間側の磁気圏境界面や前面衝撃波とその上流域などの観測にも適したものになっている。

搭載されている観測装置としては日米双方から合計7個、即ち、磁場計測装置、電場計測装置、2組（日米各1組）のプラズマ計測装置、2組（日米各1組）の高エネルギー粒子計測装置およびプラズマ波動観測装置がある。日本側が主任研究者の観測装置にも部分的に米国NASAから提供されたものも含まれているので、観測装置の約1/3が米国製、残りの2/3が日本製である。さらに、日本製の観測装置にはヨーロッパ（ドイツ、ESA）提供のものも一部に含まれている。日本側の観測装置は、宇宙科学研究所を中心に、東京大学、京都大学、早稲田大学、立教大学、名古屋大学、金沢大学、富山県立大学、愛媛大学等の研究者の協力のもとに開発された。衛星運用やデータ解析には観測装置開発に携わったメンバー以外も多数参加し、数々の研究成果が得られている。これまでに出版されたGEOTAIL関連の原著論文数は約600編（外国人の筆頭著者も含む）である。

打ち上げ後11年半を経過したが、(当初からの計画に従って) 衛星の運用管制は宇宙科学研究所が責任をもち、データ受信は日米双方で順調に行われている。米国JPL/DSNで受信されるデータ（搭載のデータレコーダーに記録された24時間連続データ）はNASAゴダード宇宙飛行センターで一次処理され、そのKey Parameter Dataは世界の研究者に公開されている。又、高時間分解能のプラズマ及び磁場データは宇宙研ホームページのDARTSで一般公開されている。さらに、米国のウインド、ポーラーの両衛星、ESAのクラスター衛星等とのISTP共同観測も精力的に行われている。

担当機関：02, 04, 05, 06, 14, 18, 19, 20, 23, 24, 27, 35, 38, 40, 48, 52, 60, 62, 64, 73, 74, 157, 161, 162, 164, 165, 168, 172, 184, 185, 190, 193

### ④第16号科学衛星 (MUSES-B)

第16号科学衛星「MUSES-B」は、スペースVLBIに必要な各種工学実験を行い、その後、世界との共同によりスペースVLBI観測を行うものである。「MUSES-B」は1997年2月12日打ち上げに成功、「はるか」と命名され、近地

点引き上げにより観測軌道に入った後、8 mアンテナの副鏡、主鏡展開を同年2月28日に完了し、搭載観測系のチェックの後、臼田10mテレメトリ局との電波天文用2wayリンクに成功した(3月20日)。

初の「はるか」と地上電波望遠鏡とのスペースVLBI観測干渉実験は同年5月7日に成功した。引き続き、初の撮像実験により、観測データの相関・合成を行い、電波画像づくりに成功した。

1.6GHz、5 GHz帯では、望遠鏡総合感度(G/T)は所定の性能を実現している。

22GHz帯は、フィードと受信機との間に損失がある。このため22GHz帯は試験観測とし、1.6GHz、5 GHz帯を公開科学観測に使っている。

活動的な銀河核の形態を観測して、巨大ブラックホールが源と見られる核の輝度、プラズマジェット形成・加速と消長、偏波観測による磁場との関連、これらの形態の時間変化を明らかにし、このメカニズムを解明している。すでに700を超える観測が行われた。NASAとの5年の共同運用期間が終了して、国内のトラッキング局を使っての観測運用を行なって当初の目標を実現した。1999年度中に「はるか」の不調による観測中断があったが復旧して観測続行したが、2003年中も姿勢制御の問題から観測を休み、立ち上げのためのモニター運用をおこなった。

#### ⑤第18号科学衛星 (PLANET-B)

第18号衛星 (PLANET-B) は1992年に開発がはじまり、1998年7月4日に地球を周回する軌道に打ち上げられ「のぞみ」と命名された。この後、同年12月に地球軌道を離脱、1999年10月に火星に到着する予定であったが、地球軌道離脱時のエンジン不調により火星軌道投入は2003年12月に延期された。「のぞみ」は惑星間空間を飛翔して、惑星間空間のプラズマ、磁場、紫外線、ダスト等の観測を行っていたが、2002年4月に発生した太陽フレアの直撃を受けて電源系の一部に不具合が生じ、観測を中断した。2002年12月には予定通り、地球スウィングバイを行い、2003年6月の再度の地球スウィングバイを経て、火星への巡行軌道にのったが、2003年7月以降に鋭意努めてきた電源系の回復作業が成功せず、同年12月、火星周回軌道投入を断念することになった。その後、直ちに宇宙開発委員会の調査部会にて原因究明が行われた。

なお、「のぞみ」の科学目的は火星上層大気構造・組成・運動を調べることであり、特に重点を置いていたことは、火星大気と太陽風の相互作用とその結果として起きる火星大気の宇宙空間への散逸を調べることであった。その目的のために14の機器が搭載され、国内の大気研究者、プラズマ研究者、固体惑星の研究者が機器の開発に当たってきた。また、このうち4個の機器は米国、カナダ、ドイツ、スウェーデンによって提供され、1個の機器はフランスとの協力によって開発が行われた。

担当機関：04, 05, 06, 14, 20, 23, 24, 26, 29, 35, 36, 37, 40, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 57, 60,  
62, 64, 68, 74, 155, 172, 182, 183, 188

#### ⑥第20号科学衛星 (MUSES-C)

「MUSES-C」は工学実験衛星シリーズの3機目として、今後の太陽系探査において重要となる目標天体からのサンプル回収ミッションに必要な技術の修得と実証を目的としており、2003年5月9日、M-V-5号機によって鹿児島宇宙空間観測所から打ち上げられ、「はやぶさ」と命名された。「はやぶさ」は小惑星1998SF36 (Itokawa) を目標天体としており、太陽系探査機用主推進系としての電気推進系(運用時間が16,000時間を越えるイオン・エンジン・システム)、自律航法(小惑星への接近・ランデヴー・着陸における自律的誘導制御)、サンプリング技術(小惑星表面からの資料採取、収納、密閉)、及び脱出速度以上の超高速による地球大気圏再突入技術等が具体的な実験目的である。更に「はやぶさ」は上記工学実験に加え、CCDカメラ、X線スペクトロメータ、赤外分光計、LIDAR等による小惑星のその場観測を行う予定である。「はやぶさ」は2003年6月末に搭載のイオン・エンジンの稼働を開始し、2004年5月の地球スウィングバイに向け順調に航行中である。

なお、「MUSES-C」は国内各大学、研究機関との協力のみならず、米国NASAとの密接な協力によって進められている。これには、DSNによる追跡支援、再突入カプセルのARCにおける試験、各科学観測に関する日米協力等が含まれている。さらに再突入カプセルの回収場所として豪州のウーメラ地区が選ばれ、豪州との協力に関する協議が行われている。

搭載されている撮像カメラ、近赤外分光器、蛍光X線分光器によって恒星、超新星、木星、土星などの観測が行われ、これらの機器が正常に動作していることが確認された。また地上からの観測が進み探査対象の形に関する情報も得られた。これらの情報をもとに小惑星現地での各機器による観測戦略が練られつつある。

さらに、この計画によって持ち帰られるであろうサンプルの分配、分析、保管の体制と施設の検討が行われている。

担当機関：04, 09, 11, 17, 18, 23, 24, 29, 31, 32, 36, 41, 44, 46, 48, 50, 52, 55, 56, 58, 59, 60, 63, 64, 75, 164, 167, 171, 173, 189

## (2) 開 発

### ①第17号科学衛星 (LUNAR-A)

第17号科学衛星「LUNAR-A」は、月震計及び熱流計を搭載したペネトレータを月面に貫入させ、月震及び熱流率を計測する事により月の起源及びその後の進化に関する知見を得る事を目的として研究開発が進められてきた。

2003年度は、フライトモデルと同一部品、材料及び工程で製作されたペネトレータの再認定（貫入）試験を実施し、2004年度夏期の打ち上げに向けて準備を継続していたが、年度末に母船推進系の20Nスラスタのバルブがリコール対象となったため、2004年度夏期打ち上げを順延し、打ち上げ時期に関しては、再検討する事とした。

担当機関：04, 22, 26, 52, 64, 68, 72, 178, 187, 197

### ②第21号科学衛星 (ASTRO-F)

第21号科学衛星「ASTRO-F」は、我が国で初めての天体赤外線観測衛星である。1995年には小型宇宙プラットフォームによって軌道赤外線望遠鏡 (IRTS) が打ち上げられ、4週間という短期間ではあったが、銀河系内外の拡散状赤外線放射の観測に成功した。この実験的な観測で得られた技術と経験を生かして、本格的な赤外線観測衛星として計画されたのが「ASTRO-F」である。

「ASTRO-F」は液体ヘリウムで冷却された口径70cmの望遠鏡を搭載し、焦点部には、近・中間赤外線カメラと遠赤外線サーベイ装置を備え、広い波長域 (2-200 $\mu$ m) にわたる赤外線サーベイ観測を行う。これによって、宇宙の始まりに星や銀河がどのように生まれ進化してきたか、また、銀河系の中で星がどのようにして生まれたか、さらに太陽系外の惑星系の誕生の様子など、天文学研究の最重要課題の解明を目指す。このミッション目的達成のため、上記カメラには大規模赤外線アレイを用い、また遠赤外域でも、国内で開発した高感度検出器の多素子アレイを利用することにより、従来の観測に比べて桁違いに高い検出能力を実現している。また、観測天体の実体をよりよく理解するのに必要な分光データを得るため、分光器 (近、中間赤外グリズム、遠赤外フーリエ分光器) も備えている。一方、冷却系には2段のStirling冷凍機を採用することにより搭載液体ヘリウム量の削減をはかり、大口径の望遠鏡を搭載しつつも衛星を軽量化することに成功した。衛星総重量は960kgに抑えられており、M-V ロケットによって太陽同期の極軌道に投入できるものになっている。この衛星は、極低温冷却に加えて、数秒～数十秒角という高角分解能をめざし、また、データ量も膨大なものになるため、姿勢制御系、通信系、データ処理系などに技術的な飛躍が求められている。衛星、望遠鏡、観測機器の開発は、宇宙研を中心に、名古屋大学、東京大学、国立天文台、情報通信研究機構等のグループにより進められている。また、遠赤外サーベイ観測データの解析はESA及び韓国との国際協力のもとに進められている。

2003年度には望遠鏡支持機構に不具合が見つかり、原因究明と改修を行った。また衛星本体のフライトモデルの最終組立て、及び試験を実施している。

担当機関：04, 24, 31, 36, 44, 51, 52, 64, 156, 159, 179, 191, 194, 196

### ③第22号科学衛星 (SOLAR-B)

第22号科学衛星「SOLAR-B」は我が国3機目の太陽観測衛星である。1999年度より開発研究に着手、2000-01年度にプロトモデルの試作及び試験、2002年度には構造モデル試験、熱モデル試験を実施するとともに、フライトモ

デルの設計・製作が開始された。2003年度には衛星システムの詳細設計審査（CDR）を実施し、良好な審査結果を受けて衛星構体と全てのコンポーネントの製作を進めた。打上げは2006年度夏季を想定している。

この衛星は、太陽コロナの成因すなわち加熱機構を解明するとともに、「ひのとり」（ASTRO-A）及び「ようこう」（SOLAR-A）が明らかにした太陽コロナの活発な磁気活動現象をこれを駆動する太陽内部の磁場・速度場の生成と浮上にまで遡って理解し、もって天体磁気活動・宇宙プラズマの振る舞いの素過程を明らかにすることを目的とする。本衛星には、可視光域で光球（太陽表面）の磁場・速度場を角分解能0.2秒角でベクトル的に精密測定する可視光・磁場望遠鏡、角分解能1秒角でコロナを観測するX線望遠鏡、コロナと光球の境界層の分光プラズマ診断を行う極紫外線撮像分光装置、の3つの高性能望遠鏡が搭載され、これらからのデータを総合的に解析して太陽内部とコロナとを一体のシステムとして研究することを可能とする。3つの望遠鏡はいずれも世界最先端の観測装置であり、日米英の国際協力で製作される。すなわち、可視光・磁場望遠鏡では望遠鏡部を日本側が、焦点面検出器を米国NASAが担当する。X線望遠鏡の場合はNASAが望遠鏡部を、日本側がCCDカメラを担当する。また、極紫外線撮像分光装置では、NASAが光学部品及びメカ部品を提供し、英国PPARCが装置全般の組み上げ、日本側は対衛星インタフェースを担当する。また、衛星運用へのESAの参加をめぐる協議が続けられてきたが、ESAがノルウェイのスバルバル局を提供する形で「SOLAR-B」計画に参加することが決定した。国内では国立天文台を筆頭として、京都大学、名古屋大学、東京大学、（独法）情報通信研究機構等、全国の太陽物理学研究者のほとんどを網羅する「SOLAR-B」機器製作チーム、同科学チームが組織されている。

担当機関：04, 07, 08, 21, 24, 31, 33, 36, 37, 42, 52, 54, 61, 62, 70, 153, 158, 166, 169, 170, 172, 173, 174, 177, 180

#### ④第23号科学衛星（ASTRO-E II）

第23号科学衛星「ASTRO-E II」は、2000年（平成12年）2月10日に打ち上げに失敗した、我国5番目のX線天文衛星「ASTRO-E」の再製作機である。「ASTRO-E II」は、0.2から600キロ電子ボルトという広いエネルギー範囲にかけて、これまでにない感度と高いエネルギー分解能を誇る、高性能軌道X線天文台である。特に、X線マイクロカロリメータは、世界で初めて天文衛星に搭載される検出器であり、絶対温度0.06度まで冷却した極低温検出器を用いて、従来に比べて20倍近く高いエネルギー分解能を実現している。また、軟X線領域で大きな有効面積をもつX線CCDカメラと硬X線領域で過去最高の感度を誇る硬X線検出器の組合せは、広帯域のX線・軟ガンマ線放射を探るのに極めて強力な観測手段となっている。

2003年度には、7月から11月にかけて一次噛み合わせ試験を行なった。一次噛み合わせ試験では、各サブシステムのフライトモデルを持ち寄り、サブシステム間での機械的および電気的なインタフェースの確認が行われた。その後、衛星を組み立て、衛星全体としての動作試験が行われた。この動作試験では、電気的な動作のみならず軌道上で行われる光学ベンチの伸展試験も行なわれ、すべての試験を無事終了することができた。一次噛み合わせ試験の結果、細かな改善箇所がいくつか見つかり、次年度の総合試験に反映されることとなった。

一次噛み合わせ試験の前後、6月から7月および12月から1月にかけて、姿勢軌道制御系の性能評価試験を行なった。「ASTRO-E II」では高い姿勢制御精度が要求されているため、姿勢軌道制御系の性能を地上試験で十分調べておくことが重要である。試験の結果、仕様通りの性能が達成できていることを確認した。

一次噛み合わせ試験終了後は、各サブシステム毎に単体環境試験を行なった。また、観測機器については地上較正試験を行ない、打ち上げ後の観測データの解析に必要な各種較正データを取得した。上記試験はいずれも問題なく終了しており、総合試験開始の準備をすべて整えることができた。

「ASTRO-E II」搭載観測装置の開発は、20を越える国内の研究機関・大学と米国の三つの研究機関・大学が協力して進めている。そして、「ASTRO-E II」の科学的成果を最大限に引き出すため、観測装置の開発に携わった研究者に日米欧の何人かの国際学界をリードする研究者を加えて科学作業グループを作り、観測計画や運用方針の検討を進めている。

担当機関：01, 03, 04, 05, 10, 13, 15, 24, 25, 28, 30, 43, 48, 52, 53, 54, 64, 65, 66, 67, 69, 73, 74, 167, 172, 198

### 科学衛星打上げ及び観測ロケットの研究

1955年以来東京大学生産技術研究所で行われていた観測ロケットの研究開発と、これによる宇宙観測は、1964年東京大学宇宙航空研究所に移され、その後科学衛星と大気球の計画を加えた宇宙観測特別事業として各種専門委員会による研究・開発の計画立案と実施により多大の成果を挙げて来た。さらに、同事業は、1981年東京大学宇宙航空研究所を発展的に改組して発足した文部省直轄の宇宙科学研究所に引き継がれた。これに伴い、研究施設としての鹿児島宇宙空間観測所（KSC）、能代ロケット実験場（NTC）、三陸大気球観測所（SBC）、宇宙科学資料解析センター（SDAC）は、すべて東京大学から宇宙科学研究所に移管された。なお、2003年10月1日の宇宙3機関統合に伴い、KSCは鹿児島宇宙センター・内之浦宇宙空間観測所（USC）、NTCは宇宙推進技術共同センター・能代多目的実験場（NTC）へと管理替えとなり、SDACは宇宙科学情報解析センター（CPIS）と名称が変更された。

本所において開発されたミューロケットは逐次改良を重ねつつ、ほぼ年1機の科学衛星打上げを通じて、宇宙科学研究の支柱となっている。KSCにおけるロケットの打上げ実験は、漁業問題による1967年4月から約1年半にわたる休止期間以降、夏期（8、9月）及び冬期（1、2月）の2期に行われてきたが、1997年度に打ち上げ期間の拡大が図られた。

1990年度からは、新世代ミューロケットM-V型の研究開発が開始された。M-V型は、M-3SIIまでの逐次改良による性能向上と異なり、1990年中期以降における科学探査の要請に答えるべく、全段新規設計になるより大規模の新機体である。

M-V型は、補助ブースタを廃した純然たる3段式固体ロケットで、直径2.5m、全長31m、全備重量は139トンとM-3SII型の約2倍、その衛星打上げ能力は低地球軌道に約1.8トンに達する。M-V-1号機の飛しょう実験は、スペースVLBI実験衛星である第16号科学衛星「はるか」（「MUSES-B」）を搭載して、1997年2月12日に成功裡に行われた。1998年7月4日には、M-V-3号機によって火星探査機である第18号科学衛星「のぞみ」（「PLANET-B」）を打ち上げ、同年12月20日火星遷移軌道に投入した。また、2000年2月10日X線天文衛星である第19号科学衛星「ASTRO-E」を搭載したM-V-4号機を打ち上げたが、第1段ロケットに異常を生じたため、衛星を軌道に乗せることができなかった。また5号機は2003年5月9日に小惑星探査機である第20号科学衛星「はやぶさ」（「MUSES-C」）を打ち上げた。なお、6号機は赤外天文衛星である第21号科学衛星「ASTRO-F」を、7号機は太陽観測衛星である第22号科学衛星「SOLAR-B」を打ち上げる予定である。さらに、失われた「ASTRO-E」に代わるX線天文衛星としての「ASTRO-E2」を8号機によって打ち上げる予定である。2号機は2004年度に月ペネトレータを搭載した第17号科学衛星「LUNAR-A」を予定であったが、「LUNAR-A」搭載推進系のバルブ（輸入品）のリコール対応のため、打ち上げは延期となった。

なお、統合に伴い、M-Vロケットは宇宙基幹システム本部の下で、M-Vプロジェクトチームが管理・打ち上げ・運用を行うこととなった。

一方、観測ロケットの分野においては、単段式のS-310、S-520の2機種が活躍している。S-520には精密姿勢制御装置内蔵回収部が搭載可能で、精密な天文観測に用いられる。なお、南極基地からはS-310が、ノルウエーのアンダーヤ基地からもS-310、S-520が打ち上げられている。さらに1997年度には高度1,000kmへの到達能力を有する2段式観測ロケットSS-520が完成、1999年度1号機の打ち上げ成功に続き、2000年12月にはノルウエーのスピッツベルゲン基地から2号機を打ち上げ、高度1,000km超の飛翔及び観測に成功した。なお気象観測ロケットとして長年活躍してきたMT-135は2000年9月の72、73号機2機の打ち上げを以て引退をした。2003年度においては2004年1月18日に電離層下部に見られる大気発光の波状構造の解明を主目的としたS-310-33号機を打ち上げ、観測に成功した。

## 観測ロケット

ロケット	直径 (mm)	長さ (m)	重量 (kg)	段数 (kg)	観測機器	高度 (km)
S-310	310	7.1	700	1	70	190
S-520	520	8.0	2100	1	70/150	430/350
SS-520	520	9.7	2600	2	60/30	800/1,000

## 科学衛星打上げ用ロケット

	直径 (mm)	長さ (m)	重量 (ton)	段数 (kg)	打上げ能力
M-V	2500	30.7	139.0	3	1800

## 大気球による科学観測

大気球を用いた科学観測事業は、1966年に東京大学宇宙航空研究所に気球工学部門が設立され、ロケット、衛星と並ぶ宇宙観測事業として活動を開始し、1981年の宇宙科学研究所への改組後も引き続き実施している。当初は、茨城県大洋村、福島県原の町より放球していたが、1971年に岩手県大船渡市三陸町に恒久基地を開設し、以後ここで定常的に気球実験を進め、今日までに346機以上の大気球を放球している。同時に、アメリカ、インド、オーストラリア、インドネシア、ブラジル、ノルウェー、カナダ、ロシア等での海外気球実験を併せて推進してきた。また、鹿児島県内之浦町より中国上海・南京方向に気球を飛ばす大洋横断気球実験および国立極地研究所と協力し、南極昭和基地より放球し南極大陸を一周させる南極周回気球実験も行っている。

2003年度の大気球実験は、次頁の表に示すように2003年8月18日から9月4日に第1次実験、9月8日から9月21日に第2次実験を三陸大気球観測所で実施した。各期の放球機数はそれぞれ4機と4機であった。科学観測としては、サブミリ波による成層圏O<sub>3</sub>、ClO、HO<sub>2</sub>観測、かに星雲からの硬X線観測、成層圏オゾンの観測であった。全ての観測は順調に行われ、大きな成果があげられた。工学の実験としては、ソーラセイル膜展開試験、柔構造体の飛翔性能試験、薄膜型高高度気球の破壊方式検証試験、画像のデジタル伝送試験、PLDを用いたコマンドデコーダ飛翔性能試験が行われた。また、硬X線観測に用いられた気球は、日本でこれまでに飛翔に成功した最大の容積の50万立方メートルの気球で直径115m、長さ160mでした。海外の気球実験としては、超伝導スペクトルメータによる宇宙反粒子の探査を目的とする南極周回気球のためのテクニカルフライトがアメリカのフォートサムナーで行われた。また、宇宙遠赤外線観測がインドとの共同実験として、インドのハイデラバッドで行われた。

表1 2003年度第1次大気球実験飛翔結果

放球日	気球名	観測項目	高度	飛翔時間	担当機関	備考
8月23日	B30-71	ソーラセイル膜展開試験	35.8km	3時間38分	04	回収
8月30日	B80-9	サブミリ波による成層圏O <sub>3</sub> , ClO, HO <sub>2</sub> 観測	33.8km	6時間13分	36	回収
9月1日	B100-8	柔構造体の飛翔性能試験	39.4km	5時間23分	04	回収
9月3日	B500-2	かに星雲からの硬X線観測	43.0km	8時間33分	04, 71	回収

表2 2003年度第2次大気球実験飛翔結果

放球日	気球名	観測項目	高度	飛翔時間	担当機関	備考
9月12日	BU5-4	飛翔性能試験（破壊試験）	39.0km	2時間47分	04	回収
9月13日	BT5-24	成層圏オゾンの観測	38.3km	2時間50分	56	
9月17日	BU5-2	搭載機器試験（画像デジタル伝送）	44.0km	3時間36分	04	
9月19日	BT5-21	搭載機器試験（PLDコマンド試験）	43.5km	5時間10分	04	

表3 2003年度海外共同気球実験飛翔結果

放球日	気球名	観測項目	高度	飛翔時間	担当機関	備考
10月1日	日米共同実験	BESS-Polar テクニカルフライト	37km	4時間	アメリカ・フォートサムナー	回収
11月24日	日米共同実験	遠赤外線サーベイ観測	33km	7.5時間	インド・ハイデラバード	回収

## 担当機関

- |    |                         |     |   |
|----|-------------------------|-----|---|
| 01 | 青山学院大学理工学部              | 42  | 千葉大学  |
| 02 | 茨城大学                    | 43  | 中央大学  |
| 03 | 岩手大学                    | 44  | 筑波大学  |
| 04 | 宇宙航空研究開発機構              | 45  | 電気通信大学  |
| 05 | 愛媛大学                    | 46  | 東海大学工学部                                       |
| 06 | 早稲田大学理工学総合研究センター        | 47  | 東海大学航空宇宙学科                                    |
| 07 | 大阪学院大学                  | 48  | 東京工業大学理工学研究科                                  |
| 08 | 大阪市立大学工学部               | 49  | 東京水産大学  |
| 09 | 大阪大学工学部                 | 50  | 東京大学大学院工学系研究科・工学部                             |
| 10 | 大阪大学大学院理学研究科・理学部        | 51  | 東京大学大学院総合文化研究科・教養学部                           |
| 11 | 岡山大学固体地球研究センター          | 52  | 東京大学大学院理学系研究科・理学部                             |
| 12 | 鹿児島大学                   | 53  | 東京都立大学  |
| 13 | 神奈川大学工学部                | 54  | 東京理科大学  |
| 14 | 金沢大学工学部                 | 55  | 東邦学園短期大学                                      |
| 15 | 金沢大学理学部                 | 56  | 東北大学理学研究科・理学部                                 |
| 16 | かわべ天文公園                 | 57  | 東北工業大学  |
| 17 | 九州大学工学部                 | 58  | 東北大学工学研究科・工学部                                 |
| 18 | 九州大学理学部                 | 59  | 東北大学流体科学研究所                                   |
| 19 | 京都産業大学                  | 60  | 富山県立大学  |
| 20 | 京都大学生存圏研究所              | 61  | 富山大学  |
| 21 | 京都大学飛騨天文台               | 62  | 名古屋大学太陽地球環境研究所                                |
| 22 | 京都大学防災研究所               | 63  | 名古屋大学大学院工学研究科・工学部                             |
| 23 | 京都大学大学院工学研究科・工学部        | 64  | 名古屋大学大学院理学研究科・理学部                             |
| 24 | 京都大学大学院理学研究科・理学部        | 65  | 日本福祉大学  |
| 25 | 工学院大学                   | 66  | 日本大学  |
| 26 | 高知大学理学部                 | 67  | 広島大学  |
| 27 | 神戸大学工学部                 | 68  | 北海道大学   |
| 28 | 神戸大学発達科学部               | 69  | 宮崎大学工学部                                       |
| 29 | 神戸大学理学部                 | 70  | 明星大学  |
| 30 | 埼玉大学                    | 71  | 山形大学理学部                                       |
| 31 | 自然科学研究機構国立天文台           | 72  | 横浜市立大学  |
| 32 | 自然科学研究機構国立天文台水沢観測所      | 73  | 理化学研究所  |
| 33 | 自然科学研究機構国立天文台野辺山太陽電波観測所 | 74  | 立教大学理学部                                       |
| 34 | 自然科学研究機構国立天文台乗鞍コロナ観測所   | 75  | リモートセンシング技術センター                               |
| 35 | 情報・システム研究機構国立極地研究所      | 151 | Astronomical Institute                        |
| 36 | 情報通信研究機構                | 152 | Beijing Astronomical Observatory              |
| 37 | 情報通信研究機構平磯太陽観測センター      | 153 | Birmingham University                         |
| 38 | 信州大学                    | 154 | California Institute of Technology            |
| 39 | 総合研究大学院大学               | 155 | Centre National d'Etudes Spatiales            |
| 40 | 玉川大学                    | 156 | European Space Agency (ESA)                   |
| 41 | 千葉工業大学                  | 157 | European Space Research and Technology Center |
|    |                         | 158 | High Altitude Observatory                     |

- 159 Imperial College London
- 160 Institut d'Astrophysique de Paris CNRS
- 161 Institute for Space Research of the Russian Academy of Science
- 162 International Space Science Institute
- 163 Istituto ed Osservatorio Astronomico di Palermo
- 164 Jet Propulsion Laboratory
- 165 Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory
- 166 Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory
- 167 Massachusetts Institute of Technology
- 168 Max-Planck-Institut
- 169 Montana State University
- 170 Mullard Space Science Lab.
- 171 NASA Ames Research Center
- 172 NASA Goddard Space Flight Center
- 173 NASA Headquarters
- 174 NASA Marshall Space Flight Center
- 175 National Institute for Standard and Technology
- 176 Observatoire de Paris
- 177 Rutherford Appleton Laboratory
- 178 Sandia National Laboratories
- 179 Seoul National University
- 180 Smithsonian Astrophysical Observatory
- 181 Solar Physics Research Co.
- 182 Swedish Institute of Space Physics
- 183 Technische Universitat München
- 184 UC Berkely
- 185 UC Los Angeles
- 186 UC San Diego
- 187 Université Paris XI (Paris-sud)
- 188 University of Calgary
- 189 University of Chicago
- 190 University of Colorado, the Laboratory for Atmospheric and Space Physics
- 191 University of Groningen
- 192 University of Hawaii
- 193 University of Iowa
- 194 University of Kent
- 195 University of Maryland
- 196 University of Sussex
- 197 University of Texas
- 198 University of Wisconsin