

f. ASTRO-F プロジェクトチーム

II -4-f-1

「ASTRO-F」の開発

教授	松本敏雄	教授	村上 浩	教授	中川貴雄
名誉教授	奥田治之	客員教授	芝井 広	助教授	紀伊恒男
助教授	松原英雄	助教授	片坐宏一	助手	金田英宏
助手	松浦周二	助手	山村一誠	助手	和田武彦
研究支援推進員	成田正直	招聘職員(研究員)	塩谷圭吾	招聘職員(研究員)	巻内慎一郎
招聘職員(研究員)	臼井文彦	宇宙航空研究員	河村晶子	宇宙航空研究員	馬場 肇
		学振特別研究員	長谷川直	学振特別研究員	石黒正晃
		外国人客員研究員	Chris Pearson	助手	大西 晃
助教授	橋本正之	教授	名取通弘	助手	奥泉信克
教授	田島道夫	助教授	曾根理嗣	助教授	廣瀬和之
助手	高橋慶治	助教授	峯杉賢治	教授	斎藤宏文
教授	山本善一	助教授	山田隆弘	教授	二宮敬虔
助教授	橋本樹明	技術職員	廣川英治	助教授	石井信明
技術職員	中部博雄	助教授	山川 宏	研究支援推進員	井上浩三郎
技術職員	志田真樹	総合技術研究本部	澤井秀次郎	宇宙利用推進本部	度會英教
宇宙利用推進本部	油井由香利	通信総研	藤原幹生	西はりま天文台	上水和田典
東大・理	尾中 敬	東大・理	高橋英則	東大・教養	上野宗孝
東大・教養	土井靖生	名大・理	川田光伸	名大・理	平尾孝憲
名大・理	渡部豊喜	国立天文台	松尾 宏	名古屋市科学館	野田 学
		外国人客員助教授	Y. S. Park	カウンオン大	S. M. Kwon

第21号科学衛星「ASTRO-F」は従来にない感度と角分解能で、赤外線領域での天体サーベイを行うことを目的とする衛星である。口径約70センチの液体ヘリウム冷却望遠鏡と、赤外線カメラ（IRC: Infrared Camera）、遠赤外サーベイヤー（FIS: Far-infrared Surveyor）の二つの観測装置を搭載している。「ASTRO-F」では機械式冷凍機（2段スターリングサイクル冷凍機）を世界で始めて搭載し、従来の軌道赤外線望遠鏡よりも少量の液体ヘリウムで長期の観測期間（1年以上）を実現する。2003年度当初に、望遠鏡支持構造に不具合が発見されたため、2003年度にはこの不具合の改修、及びバス部の総合試験を実施し、二つの観測装置については性能評価とそれに基づく改良を行なった。また打上げロケットの製造を開始した。

打上げ後の観測計画についても、多くの天文研究者の協力を得て、前年度に引き続きとりまとめを行なった。ESA及び韓国、英国、オランダの研究機関と共同で、データ解析ソフトウェアの開発も開始した。

II -4-f-2

「ASTRO-F」搭載遠赤外サーベイヤー (FIS: Far-infrared Surveyor) の開発

教授	松本敏雄	教授	村上 浩	教授	中川貴雄
名誉教授	奥田治之	客員教授	芝井 広	助教授	紀伊恒男
助教授	松原英雄	助教授	片坐宏一	助手	金田英宏
助手	松浦周二	助手	山村一誠	大学院学生	白簇麻衣
大学院学生	鈴木仁研	共同利用研究員	M.A. Patrashin	大学院学生	井上 周
名大・理	川田光伸	名大・理	渡部豊喜	名大・理	平尾孝憲
国立天文台	松尾 宏	宇宙利用推進本部	油井由香利	名古屋市科学館	野田 学
東大・総合文化	土井靖生	通信総研	藤原幹生	通信総研	廣本宣久
共同研究学生	村上紀子	共同研究学生	小沢啓太	共同研究学生	今村哲生

「ASTRO-F」に搭載されるFIS (Far-infrared Surveyor) は、遠赤外線領域での全天サーベイ観測を行うことを主な目的としている。このサーベイ観測の特徴は、従来のサーベイ観測よりも感度・角分解能を画期的に向上させようとしていることである。そのために、遠赤外線検出器としてGe:Ga 2次元アレイ検出器、極低温で動作する低雑音エレクトロニクス、各種光学系の開発が行われた。また、分光観測を行うためのフーリエ分光器の駆動機構、光学系の開発が平行して進められた。

2002年度までに、FISフライトモデルがASTRO-Fクライオスタットに収められ、衛星システムと組み合わせた状態でFISの全機能の動作が確認された。2003年度には総合試験、単体の性能向上に向けた改修、再組み立て・動作試験を行った。またフーリエ分光器などのコンポーネントについても、機械環境試験・極低温環境試験などを成功裏に完了した。

II -4-f-3

「ASTRO-F」遠赤外線サーベイヤー (FIS) の観測シミュレーション

教授	中川貴雄	客員教授	芝井 広	助手	山村一誠
助手	金田英宏	外国人客員助教授	Y.S. Park	カンウォン大	S.M. Kwon
ソウル大	H.M. Lee	ソウル大	W.S. Jeong	韓国天文台	S.J. Pak
ソウル大	J.J. Sohn	ソウル大	S.H. Oh	ソウル大	D.C. Kim

「ASTRO-F」に搭載される遠赤外線サーベイヤー (FIS) の詳細仕様の決定、予想される性能の評価、さらに観測データ整約プログラムの開発のための疑似データ作成などを目的として、FISで得られると予想される観測結果を計算機上でシミュレートするソフトウェアを開発した。特に2003年度には、より現実的な赤外線天体の分布をシミュレーションにとりこむことができた。

II -4-f-4

「ASTRO-F」遠赤外線全天サーベイのデータ処理システムの構築

教授	中川貴雄	助手	山村一誠	助手	金田英宏
宇宙航空研究員	河村晶子	宇宙航空研究員	馬場 肇	招聘職員 (研究員)	巻内慎一郎
外国人客員研究員	C.P. Pearson	ロンドン大学インペリアルカレッジ	M. Rowan-Robinson		
ケント大学	G.J. White	ケント大学	S. Serjeant	ケント大学	高木俊暢
サセックス大学	S. Oliver	サセックス大学	R.S. Savage	SRON研究所	Do Kester
外国人客員助教授	Y.S. Park	カンウォン大	S.M.Kwon	ソウル大学	H.M. Lee
ソウル大学	D.C. Kim	ソウル大学	W.S. Jeong	ソウル大学	S.H. Oh

「ASTRO-F」に搭載される遠赤外線サーベイヤー FIS によって行われる全天サーベイ観測データは、データ処理パイプラインシステムによって統一的に処理された後、遠赤外線天体カタログとして世界中の天文学者に公開され、研究に用いられる。このデータ処理システムの開発は、国際協力の枠組みの中で進められており、2001年度か

ら具体的な活動を行っている。2003年度は、検出器データの補正と較正、点源天体の抜き出しなどについてこれまで検討してきたアルゴリズムを、統一的なデータインターフェースの元の実装する「パイプラインモジュール」の開発を行った。2003年12月には、これまでに開発されたモジュールを持ち寄り、ソフトウェア第一次噛み合わせ試験を集中的に行った。この際に、データ構造やインターフェースに起因する不具合の多くを修正することが出来た。開発は2004年度も続けられ、打ち上げまでに衛星から取得したデータを自動的に処理、解析するシステムを完成させる予定である。

II -4-f-5

「ASTRO-F」搭載赤外線カメラ (IRC : Infrared Camera) の開発

教授	松本敏雄	教授	村上 浩	教授	中川貴雄
客員教授	芝井 広	助教授	松原英雄	助教授	片坐宏一
助手	和田武彦	宇宙利用推進部	度會英教	西はりま天文台	上水和典
大学院学生	石原大助	大学院学生	金 宇征	大学院学生	藤代尚文
東大・理	尾中 敬	東大・総合文化	上野宗孝	東海大・工	若木守明

「ASTRO-F」に搭載される赤外線カメラ (IRC) は、近赤外線から中間赤外線をカバーする3チャンネルより構成される。近赤外線領域では 512×412 素子のInSbアレイ検出器、中間赤外線では 256×256 素子のSi:Asアレイ検出器を用い、従来にない広視野かつ高角分解能によって、広域サーベイ観測を行う。

2003年度は、前年度の試験（衛星システム及び相模原キャンパス地上系との一次噛み合わせ試験、及びその後の単体試験）で明らかになった幾つかの問題を解決するための改修及び性能評価を行った。具体的には、まず単体ハードウェアレベルの緊急課題である中間赤外線長波長チャンネルの視野面積の目標値（10分角）の回復に向けた改修・近赤外線波長チャンネルの分光素子の改修・結像性能の向上のための改修、等を行うと共に、衛星搭載電気系についてもハード・ソフト両面から改良を施した。

II -4-f-6

「ASTRO-F」搭載赤外線カメラ (IRC) による全天サーベイ運用モードの開発

教授	松本敏雄	教授	村上 浩	教授	中川貴雄
客員教授	芝井 広	助教授	松原英雄	助教授	片坐宏一
助手	和田武彦	西はりま天文台	上水和典	大学院学生	石原大助
大学院学生	金 宇征	大学院学生	藤代尚文	東大・理	尾中 敬
				東大・総合文化	上野宗孝

「ASTRO-F」に搭載される赤外線カメラ (IRC) は、特定の天体の方向に望遠鏡を10分間ほど指向させて撮像観測を行う目的で設計されており、遠赤外線サーバイヤー (FIS) と同時に全天サーベイ観測を行うことは容易ではない。そこで中間赤外線での全天サーベイ観測を可能にするために、中間赤外線アレイ検出器 (256×256 素子のSi:Asアレイ) 中のある1行256素子に対してのみ撮像時よりも速い周期でサンプリングを繰り返す、という新しい動作方法を開発した。さらに検出器の構造と特性に基づき動作方法を最適化し、低読み出し雑音かつ安定した出力を得ることに成功した。また、実際に移動する光源を検出する室内実験を行い、この観測方法で検出される点源の位置と明るさを精度良く評価できることを実証した。

II -4-f-7

「ASTRO-F」搭載SiC望遠鏡の開発

教授	松本敏雄	教授	村上 浩	教授	中川貴雄
教授	小野田淳次郎	教授	八田博志	教授	向井利典
教授	名取通弘	助教授	峯杉賢治	助教授	佐藤英一
助教授	横田力男	助手	金田英宏	助手	奥泉信克
招聘職員(研究員)	塩谷圭吾	東大・理	尾中 敬	東大・工	青木隆平
		総合技術研究本部	石川隆司	客員教授	芝井 広

「ASTRO-F」には、SiC素材の軽量かつ高性能な、有効径690mmの赤外線望遠鏡が搭載される。望遠鏡はそれ自身からの赤外線輻射を抑えるため、6K以下に冷やされるが、このような極低温での鏡面の熱変形量をいかに小さく抑えられるかが、開発のポイントとなる。その一方で、ロケット打ち上げ環境の激しい振動に曝されても、光学的なずれを生じないような頑丈な望遠鏡が必要となる。2002年度に、低温での振動試験によって望遠鏡の主鏡支持部に不具合が生じていたことが分かった。今年度は、主鏡支持部の改修、接着方法の改善を行い、再度、宇宙研の大型冷却試験装置を用いて、望遠鏡を液体ヘリウム温度まで冷やし、干渉計を用いて低温での面検試験を行った。その後、低温での振動試験に臨んだが、再び、主鏡支持部に不具合が発生した。その原因を追求すべく、各種要素試験やFEMモデル解析などを精力的に行い、問題解決への糸口を掴んだ。鏡支持部の改修、設計変更が進められ、来年度の試験に臨む準備が整った。

II -4-f-8

遠赤外線Ge:Gaアレイ検出器の開発

客員教授	芝井 広	教授	中川貴雄	助教授	紀伊恒男
助手	金田英宏	助手	松浦周二	大学院学生	白旗麻衣
大学院学生	井上 周	大学院学生	鈴木仁研	共同利用研究員	M.A. Patrashin
東大・総合文化	土井靖生	名大・理	川田光伸	名大・理	平尾孝憲
名大・理	渡部豊喜	通信総研	藤原幹生	通信総研	廣本宣久
共同研究学生	阿部博史	共同研究学生	五十部優	共同研究学生	田畑浩平

「ASTRO-F」に搭載されるFIS (Far-Infrared Surveyor) の検出器として、長波長側 (110~200ミクロン) を受け持つ圧縮型Ge:Gaアレイ検出器と、短波長側 (40~110ミクロン) を担当する非圧縮型の2種類のGe:Gaアレイ検出器を開発してきた。圧縮型Ge:Gaアレイ検出器については、15段に積み上げたGe:Ga素子を一様に圧縮するという機構が開発のポイントとなる。2002年度までにASTRO-F用の長波長遠赤外線アレイの製作を行った。今年度は詳細な性能測定を行うとともに、キャビティの詳細な電磁波解析を行って、高い効率を達成するような設計が可能であることを示した。一方、非圧縮型Ge:Gaアレイ検出器としては、読み出し回路をGe:Gaにインジウムを用いて直接にバンプするという構造 (ダイレクト・ハイブリッド構造) が開発のポイントとなる。2002年度までにASTRO-F用短波長遠赤外線アレイの開発に成功していたが、2003年度はフライトモデルの詳細動作試験を行った。両アレイとも、遠赤外線感度やノイズ特性などを調べ、数多くの改良を施し、衛星搭載用のアレイ検出器として、十分な性能をもつことを実証できた。またSPICAをはじめとする将来の赤外線衛星に応用可能な技術についての目途をつけた。

II -4-f-9

宇宙放射線環境における遠赤外線Ge:Ga検出器の応答特性の研究

教授	中川貴雄	客員教授	芝井 広	助手	金田英宏
助手	松浦周二	助手	高島 健	共同利用研究員	M.A. Patrashin
大学院学生	白旗麻衣	大学院学生	鈴木仁研	東大・総合文化	土井靖生
				通信総研	藤原幹生

高感度な遠赤外線検出器である外因性半導体Ge:Ga素子は、衛星環境のような極低温の低背景放射環境では、複雑な過渡応答特性を示すことが知られている。さらに応答特性は、宇宙放射線に曝されることによって大きく変化するため、問題がより深刻化する。このため、我々は、軌道上で照射される放射線の影響を実験室レベルで確認するために、ガンマ線源を用いて、デュアー外部から、Ge:Ga検出器に対して放射線を照射し、応答特性の変化を調べてきた。今年度は、放射線医学総合研究所のHIMACを用い、100 MeVのプロトンビームを遠赤外線アレイド検出器に照射させた。試験に用いた検出器は、ASTRO-F/FIS用に開発されたバックアップ品（短波長側検出器）およびエンジニアリング品（長波長側検出器）である。これにより、軌道上での検出器の振る舞いを予測する基礎データを取得することができた。

II -4-f-10

極低温トランジスタの基礎開発

教授	松本敏雄	教授	村上 浩	教授	中川貴雄
助教授	紀伊恒男	助手	金田英宏	助手	松浦周二
共同利用研究員	M.A. Patrashin	客員教授	芝井 広	名大・理	川田光伸
名大・理	平尾孝憲	名大・理	渡部豊喜	通信総研	藤原幹生
通信総研	廣本宣久			名古屋科学館	野田 学

高感度の赤外線センサーを実現するためには、赤外線センサーを極低温に冷却する必要がある。この場合に問題となるのが、センサー信号を増幅するためのプリアンプである。プリアンプはセンサー自身に位置的に近い方が望ましい。そのためには、プリアンプも極低温で動作することが望ましい。しかし、極低温で動作する電子回路は今まではほとんど開発されてこなかった。

我々はシリコンのMOSFETが絶対零度近くの極低温下でも原理上は動作することに着目し、様々な種類のMOSFETを極低温下で性能測定した。その結果、ゲート面積が適度に大きいMOSFETは極低温下でも正常に動作しかつ低雑音であることを確認した。さらに絶対温度4 Kから2 Kに冷却したときに新たに長い時定数が生じて問題になることがわかったが、実験の結果、Bi-CMOSプロセスを用いた特殊な構造のMOSFETが2Kでも素性の良い特性を示すことを発見した。

2003年度には、このプロセスを用いて作成されたフライトモデルの詳細性能評価試験を行い、ASTRO-F 観測の要求を満たしていることを実証した。

II -4-f-11

「ASTRO-F」観測スケジューリング方針の検討

招聘職員（研究員）	白井文彦	助教授	松原英雄	助手	山村一誠
教授	中川貴雄		NASA・ゴダード宇宙飛行センター		向井浩二

「ASTRO-F」は冷却望遠鏡を搭載しており、太陽光や地球光の影響を回避する必要があり、観測に対する制約が多い。そのため、限られた衛星のリソースを最大限に活用して効率的な観測を行うには、事前に衛星運用のスケジュールを綿密に計画しておく必要がある。そこで、現状でサイエンスグループから提案されているプロポーザルのポインティング数を評価し、実現可能な数に調整するための試算を行った。また、具体的な運用計画を立案するための自動スケジューリングソフトウェアの検討を行い、ゴダード宇宙飛行センターで開発された「TAKO (Timeline Assembler, Keyword-Oriented)」をもとにして開発を進めるという方針を決定した。