

衛星フライト品のインテグレーション, 及び初期電気性能試験を実施している.

II -4-h-8

小型衛星用軽量型分離機構の維持設計と検証試験

助教授	岩田隆浩	副主任開発部員	佐々木健	開発部員	中澤 暁
		研究員	中村良介	グループ長	高橋道夫
				プロジェクトマネージャ	滝澤悦貞

「SELENE」の2機の小型衛星のための伸展スプリング式軽量型分離機構について, 維持設計を行っている. ピギーバック衛星「 $\mu$ -Lab Sat」による軌道上検証試験の結果を解析して, 分離特性に関する設計値を確認した. 引き続き, フライト品の製作を行って, 環境試験ならびに環境付加後の地上分離特性試験を実施している.

i. ASTRO-E II プロジェクトチーム

II -4-i-1

「ASTRO-E II」の開発

教授	井上 一	教授	長瀬文昭	教授	國枝秀世
教授	満田和久	教授	高橋忠幸	教授	上杉邦憲
教授	川口淳一郎	教授	齋藤宏文	教授	田島道夫
教授	二宮敬虔	教授	的川泰宣	教授	山本善一
客員教授	村上敏夫	助教授	堂谷忠靖	助教授	山崎典子
助教授	石井信明	助教授	加藤隆二	助教授	橋本樹明
助教授	橋本正之	助教授	廣瀬和之	助教授	水野貴秀
助教授	峯杉賢治	助教授	山川 宏	助教授	山田隆弘
助教授	曾根理嗣	客員助教授	林田 清	助教授	澤井秀次郎
助手	藤本龍一	助手	上田佳宏	助手	尾崎正伸
助手	前田良知	助手	中澤知洋	助手	大西 晃
助手	坂井真一郎	助手	高橋慶治	助手	田村隆幸
技術職員	加藤輝雄	技術職員	志田真樹	技術職員	太刀川純孝
技術職員	中部博雄	技術職員	本田秀之	技術職員	廣川英治
技術職員	前田行雄	臨時職員	井上浩三郎	臨時職員	水野 康
金沢大・理	米徳大輔	埼玉大・理	田代 信	東大・理	牧島一夫
東大・理	国分紀秀	都立大・理	大橋隆哉	都立大・理	石田 学
都立大・理	石崎欣尚	立教大・理	北本俊二	東工大・理工	河合誠之
東工大・理工	片岡 淳	青山大・理工	吉田篤正	青山大・理工	山岡和貴
名大・理	山下廣順	名大・理	田原 讓	名大・理	小賀坂康志
名大・理	田村啓輔	名大・理	古澤彰浩	京大・理	小山勝二
京大・理	鶴 剛	京大・理	松本浩典	阪大・理	常深 博
広大・理	深沢泰司	愛媛大・理	栗木久光	他「ASTRO-E II」チーム	

第23号科学衛星「ASTRO-E II」は, 世界で初めてX線マイクロカロリメータを搭載するX線衛星で, 従来のX線CCD検出器に比べて20倍近く高いエネルギー分解能を達成している. また, X線望遠鏡の他に硬X線検出器を搭載し, 0.2-600キロ電子ボルトという広帯域でこれまでにない高い感度のX線・軟ガンマ線観測を目指す. 2003年度には, 一次噛み合わせ試験, 姿勢軌道制御系評価試験, 各サブシステムの単体環境試験, 観測機器の較正などを行った. 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, 機械的および電氣的インタフェー

スの確認を行った。その後、衛星を組み立て、衛星全体としての動作確認を行った。この時、電気的な動作確認のみならず、光学ベンチの伸展試験も行ない、機械的な動作も確認した。「ASTRO-E」の時に問題になった、姿勢制御機器からの機械振動による観測機器への影響に関しては、特に念入りに調査を行った。その結果、振動レベルは大きく減少しており、観測に影響のないレベルであることが確認できた。「ASTRO-E II」では、高い姿勢制御精度が要求されるため、姿勢軌道制御系の性能を地上試験で十分評価しておくことが重要である。その目的で姿勢系評価試験を行ない、ほぼ仕様通りの性能が出ていることを確認した。これらの試験を通して、いくつか改善すべき項目が明らかになったが、それらを取り込むことで、総合試験に向けた準備をほぼ整えることができた。一方、観測機器については、各種較正実験を行ない、打ち上げ後観測データの解析に必要な較正データをほぼ取得することができた。これらの試験と並行して、科学作業グループで「ASTRO-E II」の観測天体の選定作業を開始した。科学作業グループには、観測装置の開発に携わった研究者の他に、国際学界をリードする立場の研究者を日米欧から何人か迎えて、最大の科学成果が得られるような観測天体を幅広い見地から選べるよう工夫している。

#### II -4-i-2

##### 「ASTRO-E II」搭載X線望遠鏡XRTの開発

名大・理	山下廣順	名大・理	田原 譲	名大・理	小賀坂康志
名大・理	田村啓輔	名大・理	古澤彰浩	名大・理	柴田 亮
名大・理	田中 武	名大・理	内藤聖貴	都立大・理	石田 学
都立大・理	早川 彰	都立大・理	井上智暁	都立大・理	林 篤志
都立大・理	清水智央	教授	國枝秀世	助手	前田良知
NASA/GSFC	見崎一民	大学院学生	幅 良統	大学院学生	伊藤 啓
大学院学生	森 英之	大学院学生	飯塚 亮	大学院学生	伊藤昭治
大学院学生	井上裕彦	大学院学生	岡田俊策	大学院学生	横山裕士

NASAゴダード宇宙飛行センター

2005年打ち上げ予定のX線天文衛星「ASTRO-E II」に、口径40cm、焦点距離4.75m/4.5mの5台のX線望遠鏡(X-Ray Telescope, XRT)を搭載する。ウォルターI型を円錐近似した光学系を採用し、母線長さ100mmの極めて薄い(180・m)反射鏡を多数同心円上に並べて大面積が得られるようにした。その結果、一台あたりの重量がわずか20kgという軽量で、有効面積は300cm<sup>2</sup>を超える開口率を達成した。結像部をにうこの望遠鏡本体部分と、迷光防止用取り付けられた前置型コリメータが組み合わされ、光学系全体を形成する。また、望遠鏡の結像性能は熱はずみに敏感なので、最前部にX線透過型サーマルシールド、側面部にはヒーター・多層断熱材を組み合わせた低電力温度制御機構を導入している。

望遠鏡本体は米国 NASAゴダード宇宙飛行センター、プリコリメータは宇宙科学研究本部、サーマルシールドは名古屋大、熱計装全般は NEC東芝スペースシステムで開発・製作を行っている。

#### II -4-i-3

##### 「ASTRO-E II」搭載X線分光装置XRSの開発

教授	満田和久	助教授	山崎典子	助手	藤本龍一
特別研究員	古庄多恵	都立大・理	大橋隆哉	都立大・理	石田 学
都立大・理	石崎欣尚	NASA/GSFC	R. Kelley	他「ASTRO-E II」XRSチーム	

2005年打ち上げ予定の「ASTRO-E II」に搭載されるX線分光装置(X-Ray Spectrometer, XRS)は、世界で初めて衛星に搭載されるX線マイクロカロリメータであり、絶対温度60ミリ度という極低温で動作させることにより、6キロ電子ボルトのX線に対して半値全幅で6電子ボルトという極めて優れたエネルギー分解能を実現する。そのために、機械式冷凍機、固体ネオン冷凍機、超流動液体ヘリウム冷凍機、断熱消磁冷凍機の4段の冷凍機を有している。XRSは日米国際協力により開発され、X線検出器部(検出器、断熱冷凍機、液体ヘリウム冷凍機)と信号処理回路は米国、固体ネオン冷凍機、X線検出器部と固体ネオン冷凍機を収めるデュワー、機械式冷凍機、X線強度を

調節するためのフィルターホイール，電源は日本が担当する．2003年度には製作を終了し，単体試験，衛星一次噛合せ試験を行なった．機械式冷凍機は寒剤の寿命を延ばすために「ASTRO-E II」で新たに搭載したものである．同等品による寿命の評価を行ない，軌道上での長時間使用に耐えうることを実証した．また冷凍機の振動レベルの評価を行ない，センサーの性能への影響を検討した．X線強度を調整するためのフィルタについてはフライト品を製作，フィルタ特性の評価を行なった．「ASTRO-E II」ではフィルターホイールに新たに検出器校正用の鉄線源とカルシウム線源を搭載するが，プロト品の線源やパッケージを用いて線源搭載に問題がないことを実証した．入手が困難なカルシウム線源については米国から提供を受け，フライト品パッケージへの詰め替え作業を行なっている．デュワーのゲートバルブは軌道上で火工品によって開放するが，デュワー内を地上で長期間真空引きを行なった後の開放となるために，Oリングの融着が懸念される．そこでプロト品を用いて開放までのプロセスを模擬した上で開放試験を行ない，問題がないことを実証した．また，米国側で製作を行なったXRS検出器部を日本に輸送，デュワーへの組み込みを行ない，衛星総合試験に向けての準備を進めている．

## II-4-i-4

## 「ASTRO-E II」搭載X線CCDカメラXISの開発

助教授	堂谷忠靖	客員助教授	林田 清	助手	尾崎正伸
特別研究員	村上弘志	立教大・理	北本俊二	工学院大	幸村孝由
京大・理	小山勝二	京大・理	鶴 剛	京大・理	松本浩典
阪大・理	常深 博	阪大・理	鳥居研一	阪大・理	並木雅章
愛媛大・理	栗木久光	マサチューセッツ工科大学		他「ASTRO-E II」XISチーム	

X線CCDカメラ (X-ray Imaging Spectrometer, XIS) は、「ASTRO-E II」搭載X線望遠鏡の焦点面検出器のひとつで，合計4台が搭載される．XISは，X線CCDを用いた撮像型検出器で，高い位置分解能と広い視野，適度なエネルギー分解能を兼ね備えている．XISカメラのベース部とアナログ回路部はマサチューセッツ工科大学が担当し，カメラのボンネット部とデジタル信号処理系は日本側が担当している．2003年度はフライトモデルを完成し，一次噛み合わせ試験を始めとする各種試験を行なった．2003年度前半に，マサチューセッツ工科大学で製作されたカメラのベース部と日本側製作のボンネット部を結合し，最終的なカメラを完成させた．また，一次噛み合わせ試験に先立ち，XISのすべてのコンポーネントを結合させた動作試験を行ない，仕様通りの動作を確認した．さらに，カメラを真空槽内で冷却し，軌道上に近い温度環境でペルチェ素子による冷却性能試験を行ない，CCDの動作温度である-90℃が十分達成できることを確認した．これらの試験により，総合試験に向けた準備をほぼ整えることができた．

## II-4-i-5

## 「ASTRO-E II」搭載硬X線検出器HXD-IIの開発

教授	高橋忠幸	助手	中澤知洋	特別研究員	久保田あや
大学院学生	渡辺 伸	大学院学生	佐藤悟朗	大学院学生	小林謙仁
大学院学生	田中孝明	大学院学生	三谷烈史	大学院学生	大貫宏祐
大学院学生	田村健一	東大・理	牧島一夫	東大・理	国分紀秀
広大・理	深沢泰司	埼大・理	田代 信	阪大・理	能町正治
金大・理	村上敏夫	金大・理	米徳大輔	理 研	寺田幸功
				青山大・理工	山岡和貴

硬X線検出器 (Hard X-ray Detector II, HXD-II) は、「ASTRO-E II」のミッション機器のひとつとして開発が行われており，10-600キロ電子ボルトの宇宙硬X線の観測を目的とした装置である．HXDは「井戸型フォスウィッチカウンタ」と呼ばれ，バックグラウンドを非常に低くおさえる工夫をした日本独自の検出器である．井戸型フォスウィッチカウンタではシールド部を井戸型に加工し，その中に検出部を埋め込む構造になっており，小さな検出部が，そのほとんどの立体角をアクティブなシールドによって囲まれるために，従来のものに比べてバックグラウンドを

除去する性能が圧倒的にすぐれている。ガンマ線の吸収効率の高いBGOシンチレータによって作られた井戸型のフォスウィッチカウンタは、検出器の下部方向からやってくるバックグラウンドのガンマ線を判定するばかりではなく、コリメータ（筒状の部分）でコンプトン散乱され、僅かなエネルギーをそこで失ってからGSOシンチレータで残りのエネルギーを失ったようなガンマ線をも判定することができる。これは、従来の金属でできたコリメータを使っていた場合には、取り除くことができなかったバックグラウンドである。この検出装置の井戸型のコリメータの底、信号検出用GSOシンチレータの前には、厚さ2ミリのシリコン半導体検出器がおかれ、10キロ電子ボルトから60キロ電子ボルトまでのエネルギー範囲をカバーする。HXD-IIは、HXDの再製作版で、HXDを製作したチームが引き続き製作にあたっている。このHXD-IIによって、日本は、独自のガンマ線天文学に初めて踏み出すことになる。2003年度は、HXD-IIのセンサー開発、組み立てを終え、各種試験を行うとともに較正実験を行った。

## II -4-i-6

## 「ASTRO-E II」搭載X線望遠鏡XRTの較正

名大・理	山下廣順	名大・理	田原 讓	名大・理	小賀坂康志
名大・理	田村啓輔	名大・理	古澤彰浩	名大・理	柴田 亮
名大・理	田中 武	名大・理	内藤聖貴	都立大・理	石田 学
都立大・理	早川 彰	都立大・理	井上智暁	都立大・理	林 篤志
都立大・理	清水智央	教授	國枝秀世	助手	前田良知
NASA/GSFC	見崎一民	大学院学生	幅 良統	大学院学生	伊藤 啓
大学院学生	森 英之	大学院学生	飯塚 亮	大学院学生	伊藤昭治
大学院学生	井上裕彦	大学院学生	岡田俊策	大学院学生	横山裕士

NASAゴダード宇宙飛行センター

宇宙科学研究本部の30m X線ビームラインを用いて、X線望遠鏡（XRT）のフライト品の地上較正試験を押し進めている。2003年度には5台中3台までの較正試験が終了し、一台あたりの有効面積として、5キロ電子ボルトで300cm<sup>2</sup>以上が達成できていることを確認した。結像性能は、全光量の半分が含まれる直径（Half Power Diameter）にして1.8分角であり、前X線天文衛星「あすか」に搭載された望遠鏡（3.5分角）より倍程度向上している。また、視野以上に広がった天体の観測の妨げとなる視野外からの迷光成分を約一桁以上低減させたことを実証した。

## II -4-i-7

## 「ASTRO-E II」搭載X線分光装置XRSの較正

教授	満田和久	助教授	山崎典子	助手	藤本龍一
特別研究員	古庄多恵	大学院学生	竹井 洋	都立大・理	大橋隆哉
都立大・理	石崎欣尚	都立大・理	森田うめ代	宮崎大・工	山内 誠
宮崎大・工	山本幹生	NASA/GSFC	R. Kelley	NASA/GSFC	C. Kilbourne

他「ASTRO-E II」XRSチーム

2005年打ち上げ予定の「ASTRO-E II」搭載X線分光装置XRSの較正試験を米国NASAゴダード宇宙飛行センター（NASA/GSFC）にて行なった。XRSは衛星に搭載される世界初のX線マイクロカロリメータアレイであり、極めて優れたエネルギー分解能と高い検出効率を合わせ持つ検出器である。その性能を十分に引き出すためには、地上における較正試験が重要である。試験の結果、ほぼすべてのピクセルが6キロ電子ボルトのX線に対して6-7電子ボルト（半値全幅）という高いエネルギー分解能が実現できていることを確認した。また、エネルギースケールや単色X線に対する応答について評価を行なうことができた。これらの結果に基づいて、米国のグループと共同で検出器の応答関数の作成等を進めている。

## II -4-i-8

## 「ASTRO-E II」搭載X線CCDカメラXISの較正

助教授	堂谷忠靖	客員助教授	林田 清	助手	尾崎正伸
特別研究員	村上弘志	立教大・理	北本俊二	工学院大	幸村孝由
京大・理	小山勝二	京大・理	鶴 剛	京大・理	松本浩典
京大・理	中嶋 大	阪大・理	常深 博	阪大・理	鳥居研一
阪大・理	並木雅章	阪大・理	白庄司貴之	阪大・理	東海林雅幸
		阪大・理	勝田 哲	愛媛大・理	栗木久光

マサチューセッツ工科大学

他「ASTRO-E II」XISチーム

「ASTRO-E II」搭載XISは、CCDを用いた撮像型の検出器で、高い精度の位置情報と同時に適度な分解能のエネルギー情報も取得することができる。位置情報はピクセルの配置で決まり不定性のある余地がほとんどないのに対し、エネルギー情報を有効に活用するには精度の良い較正情報が不可欠である。2003年度は、フライトモデルを用い、(1) エネルギースケール、(2) エネルギー分解能、(3) 単色X線の輝線プロファイル、(4) 絶対検出効率、などの較正データの取得を行った。実験には大阪大学クリーンルームに設置したX線スペクトロメータ装置、および京都大学クリーンルームのX線発生装置を利用した。低エネルギー側の検出効率の測定では、比較対象とする検出器としてガス比例計数管を使用した。このガス比例計数管自身の較正は、大阪大学で開発された新たな較正法、斜入射較正法を利用して行い、低エネルギー側の較正精度の向上に成功した。

## II -4-i-9

## 「ASTRO-E II」搭載硬X線検出器HXD-IIの較正

教授	高橋忠幸	助手	中澤知洋	特別研究員	久保田あや
大学院学生	渡辺 伸	大学院学生	佐藤悟朗	大学院学生	小林謙仁
大学院学生	三谷烈史	大学院学生	田中孝明	大学院学生	大貫宏祐
大学院学生	田村健一	東大・理	牧島一夫	東大・理	国分紀秀
広大・理	深沢泰司	埼大・理	田代 信	阪大・理	能町正治
金大・理	村上敏夫	金大・理	米徳大輔	理 研	寺田幸功
				青山学院大	山岡和貴

2005年に打ち上げ予定の「ASTRO-EII」に搭載される硬X線検出器 (Hard X-ray Detector II, HXD-II) は、10-600 キロ電子ボルトの宇宙硬X線を観測する日本で最初の本格的な衛星機器である。HXDは、シールドを徹底してバックグラウンド下げることで世界最高の感度を実現し、主検出部として、シリコンダイオードとシンチレータを組み合わせることで、広い観測帯域を実現しているのが特徴である。このため、システムがやや複雑であるため、その性能を把握し、能力のすべてを発揮させるためには、地上での検出器の正確な較正実験が欠かせない。2003年度は、システム全体の組上げが行なわれたが、較正/評価試験としては、まず、組み上げ前のユニットレベルの評価を完了させた。具体的には、全てのユニットのゲインとエネルギー分解能の評価、サンプルユニットの真空・軌道上運用温度 (-20℃) での動作および性能の確認、電子回路の各チャンネルのゲインとノイズの評価を行ない、全て、要求性能を満たしていることを確認した。続いて、検出器システムが組上がった後に、全系を通しての試験を開始した。2004年1~2月に、検出器を-20℃に冷却して、総合性能を確認する1回目の試験を、24時間体制で2週間かけて実施し、全体のゲインのばらつきや、有効面積、そして地上での最終的な検出器バックグラウンドを実測した。これにより、シリコンダイオードのエネルギー下限値が、目標とする10キロ電子ボルトを十分に満たしていること、バックグラウンドも目標値を達成していることが確認され、HXD-II の広い観測帯域と高い感度が実現できることを示した。

## II -4-i-10

## 「ASTRO-E II」データ解析ソフトウェアおよびパイプライン処理システムの開発

助手 上田佳宏 都立大・理 石崎欣尚 理研 寺田幸功  
京大・理 松本浩典

「ASTRO-E II」のデータ解析ソフトは大きくわけて、天文分野での標準的なデータ形式であるFITSフォーマットにテレメトリデータを変換する部分（mk1stfits）と、較正情報を用いて生データを物理量に変換する部分（critical ftools）からなる。後者のソフトウェア群は、NASAゴダード宇宙飛行センターと協力して、「HEADAS」とよばれる解析ツールのパッケージに組み込まれ一般ユーザに供されることとなる。そこには観測計画を立てるために必要な検出器シミュレータも含まれる。2003年度は、ソフトウェアの開発、HEADASへの変換、FITSフォーマットの整備などの作業を行なった。またこれらのソフトを用いて衛星データを自動処理するためのパイプライン・プロセッシングの第一版を開発し、地上データを用いてテストを行なった。

j. SOLAR-B プロジェクトチーム

## II -4-j-1

## 第22号科学衛星「SOLAR-B」の開発

教授 小杉健郎 国立天文台 常田佐久 他「SOLAR-B」チーム

2006年度夏季の打上げを目指して、「SOLAR-B」フライトモデルの詳細設計を終了し、搭載品の製作を進めた。「SOLAR-B」は、0.2秒角の分解能で光球面のベクトル磁場を測定する可視光磁場望遠鏡、コロナの構造とその変動を約1秒角で観測する軟X線望遠鏡、コロナ域のプラズマ診断/速度場診断を行う極紫外線撮像分光装置の3つの観測機器を搭載し、コロナと光球とを結びつけて観測することで太陽大気における磁気活動現象の総合的な研究を進め、超高温コロナの形成、太陽磁場/コロナ活動の起源、天体プラズマの素過程を解明する。これらの観測機器はいずれも日米または日英米の国際協力で製作している。衛星運用・データ解析には、欧州宇宙機関（ESA）がノルウェイ宇宙センターのスバルバード局を提供して参加することが決まった。

## II -4-j-2

## 「SOLAR-B」搭載可視光磁場望遠鏡（SOT）の開発

教授 小杉健郎 国立天文台 常田佐久 国立天文台 一本 潔  
国立天文台 末松芳法 国立天文台 清水敏文 他「SOLAR-B」チーム

日米国際協力で「SOLAR-B」搭載可視光望遠鏡の開発を進めている。国立天文台のSOLAR-B室メンバーを主力部隊とする日本側が望遠鏡の光学系部の開発を担当し、米国（NASA, Lockheed Martin Advanced Technology Center, High Altitude Observatory）側が焦点面検出器部の開発を担当している。有効口径50cmのグレゴリアン焦点望遠鏡にチップチルト鏡によるコリレーショントラッカ機能を備え、回折限界分解能0.2秒角を達成する。焦点面検出器はベクトル磁場及び速度場の精密測定を実現すべく、2系統のフィルタグラフ系と1系統のスペクトロポラリメータ系を並列し、光球面で太陽磁場の基本エレメントのひとつひとつを分解して追跡することができる。これだけの性能を誇る衛星搭載太陽望遠鏡は前例がなく、さまざまな新規開発事項に直面しつつも開発は順調に進んでいる。