

## 立教大学学術推進特別重点資金(立教SFR)

## 個人研究

## 2012年度研究成果報告書

研究代表者	所属・職名	氏名
	理学部・教授	北本 俊二
研究課題	新しいX線検出器「マイクロカロリメータ」の人工衛星搭載のための開発研究	
研究期間	2012年度	
研究経費	600千円	
研究の概要(200~300字で記入、図・グラフは使用しないこと)		
<p>我々は、いまだかつて無い高性能のX線検出器「マイクロカロリメーター」を2014年に打ち上げる人工衛星「Astro-H」への搭載に向けて開発している。極低温(~50mK)で動作させる「マイクロカロリメーター」は、非分散でありながら大変高いエネルギー分解能を持ち得る。例えば銀河団を観測すれば、その起源や進化の研究に加えて、宇宙に存在するダークマターに関する情報も取得できる。この研究では、そのための準備として、実験室で達成できている性能を、人工衛星に搭載した後も発揮できるように、電子回路の開発、改良と性能試験、および、冷凍のためのデュワーの性能試験と開発、改良を行い、人工衛星での観測に備える。</p>		

キーワード(研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[ X線 ] [ 超高エネルギー分解能 ] [ 冷凍機デュワー ]

**研究成果の概要** (図・グラフ等は使用しないこと。)

本研究課題による1年間の研究は、現在実験室で達成できている「マイクロカロリメーター」の性能を、2014年に打ち上げ予定の人工衛星で十分に発揮できるように、搭載機器の試験と改造を行い、それを実証する事が目的である。この研究そのものが科学的な成果というよりは、地道なノイズ対策や工夫、あるいは、機械構造上の確認と動作の信頼性を確保するための研究である。その結果、衛星打ち上げを成功させ「マイクロカロリメーター」が十分な性能を出すことができ、大きな科学的成果が期待できるようになる。そしてまた、現実的な性能を知る事で、衛星打ち上げ後の観測計画の材料を得ることができる。ここでは、次の2項目に焦点を当てて研究を行った。

**1. 信頼性の高い、冷却デュワーの設計の決定**

冷却デュワーは観測するX線を導入する窓を持つ真空容器である。打ち上げ前は真空を保持するために、アルミニウム製のドアにより封じ切られているが、打ち上げ後、衛星が軌道に乗ってからそのドアを開放し、宇宙からのX線を検出器に導入する仕組みである。打ち上げ時に、真空保持が破れると、検出器がすべて機能しないことになる。設計上、十分な力で閉じているが、実際のモデルで、打ち上げの振動衝撃を模擬した振動衝撃試験を実施し、その時に真空漏れがないことを確認する必要があった。そこで、JAXA/ISASにて、必要スペックとして設定されている、3方向への20G加振を正弦波掃引として行った。また、衝撃試験としてやはり、JAXA/ISASにて、1000Gの衝撃を与え、その間の真空保持と機能維持を確認した。

ドアの内側には、X線は透過するが、可視光や赤外線は透過しない薄いフィルターを取り付ける。このフィルターを保護することが非常に重要な課題である。上記のように、軌道に乗ってからアルミ製のドアを開放するのであるが、軌道上でも、衛星の周回する領域は、デブリや残留大気あるいは、衛星そのものが出すアウトガスにより真空度は高く無い。従ってドアを開放した後は、この薄いフィルターによりデュワーの気密を保つ必要がある。すなわち、気密性のあるフィルター構造が必用である。ところがドアが閉じている間、ドアとフィルターの間が封じ切られてしまうと、構造物表面から出てくるアウトガスにより、真空を保つことができなくなる。そのために、地上試験中から、衛星打ち上げ後軌道上でドアを開放するまでの間に、フィルターの内外に差圧が生じ、差圧によりフィルターが破損する可能性がある。今回のデュワーでは、この差圧を生じないように、フィルターの外と内をつなぐ開閉可能な電磁弁を持ち、さらに、差圧を測定する真空計(差圧計)を持つ設計としている。

冷却デュワーの工学モデルには、7月に、電磁弁を冗長を保つために2系統、および差圧計を一つ取り付けた。その後、冷却デュワーの各種試験では電磁弁を開状態に保ち、差圧をモニタし続けている。すでに9カ月は動作を確認している。しかしながら、差圧計の精度が不足している事は承知していたが、加えて、原点のドリフトが存在する事ははっきり

**研究成果の概要 (つづき)**

した。そこで、本研究により、2個の差圧計を取り付け、1台を差圧測定用、もう1台をドリフトのモニタ用として差圧無しの状態を取り付け比較用とすることで、温度や、履歴(ヒステリシス)等による、原点のドリフトを補正することが可能と考え、その実験検証を行った。5台の差圧計を、差圧測定用とモニタ用を順繰りにあてはめ、測定を行った。

その結果、差圧計はどれも同じ傾向のドリフトを示す事わかり、ドリフトのモニタ用として十分に使えるという見通しを得ることができた。しかしながら、ドリフトの傾向は同じでも、その大きさには個性があることが新たに明らかになった。これは、個々の差圧計を較正することで補償できると考えている。

**2. 信号処理回路ロジックの決定と改良**

信号処理回路の工学モデル(EM)は既に製作している。アナログ部はNASAが担当し、日本では我々のグループ等が中心となってデジタル部を製作してきた。これまで、デジタル部単体、あるいは、アナログ部とデジタル部を接続する試験、さらには、センサーからデジタル部までの統合的な性能試験を実施した。

デジタル回路の、EMC試験(電磁波に対する感受性と電磁波の放射特性検証試験)では、衛星搭載機器として規程されている値をほぼ満足する事を確かめることができた。NASAが担当するアナログ部との接続試験、センサーとの接続試験も実施した。そして、センサーからアナログ部を通してAD変換したデータを蓄える事ができた。このAD返還後のデータをデジタル部で処理することで、デジタル部の実際のデータによる性能試験を実施した。その結果、実験室でのセンサーからのデータの場合は、十分な性能( $\sim 5\text{eV}$  FWHM)が達成されている事を確かめることができた。一方、冷却デュワーを使い、その内部のセンサーからほぼ打ち上げ状態と同じ状態で取得したデータは、まだ、十分な性能を確認できていない。原因究明と対策を検討中である。

今回の研究の目的の一つは、信号波形処理における、高信号レイト時の対策、すなわちパイルアップ対策であったが、今回はよい改良方法を考案することができなかつた。しかしながら、衛星搭載用のロジックは、現状のままでほぼよいことを確かめることができた。

**研究発表** (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

①雑誌論文

①-1 査読論文

Mitsuda, K., Kitamoto, S. (15 番目) 他 39 名、  
**The High-Resolution X-Ray Microcalorimeter Spectrometer, SXS, on Astro-H**  
 2012, JLTP.167.795M

①-2 査読無論文

1. Seta, H. Tashiro, M. S. Ishisaki, Y. Tsujimoto, M. Shimoda, Y. Takeda, S. Yamaguchi, S. Mitsuda, K. Fujimoto, R. Takei, Y.  
**Development of the onboard digital processing system for the soft x-ray spectrometer of ASTRO-H: performance in the engineering model tests**  
 2012, SPIE.8443E.5DS
2. Takahashi, T. Kitamoto, S. (80 番目) 他 230 名  
**The ASTRO-H X-ray Observatory**  
 2012, SPIE.8443E.1ZT
3. Kitamoto, S. Sakata, K. Murakami, H. Yoshida, Y. Seta, H.  
**X-ray interferometer with an x-ray beam splitter,**  
 2012, SPIE.8443E.0XK

② 図書  
無

③ シンポジウム等  
無

④ 学会発表

- 4-1. 日本物理学会第68回年次大会 (2013,3,26-29) 於, 広島大学  
 ASTRO-H 搭載 精密軟 X 線分光装置 SXS の開発の現状 (V)  
 満田和久、北本俊二 (18 番目) 他  
 ASTRO-H 搭載 精密軟 X 線分光装置 SXS 飛翔体モデルアレイの地上較正試験  
 満田和久、北本俊二 (18 番目) 他
- 4-2. 日本天文学会 2013 年春季年会 (2013,3,20-23) 於, 埼玉大学  
 ASTRO-H 搭載精密軟 X 線分光装置 SXS の開発の現状 (IX)  
 石崎欣尚、北本俊二 (18 番目) 他