

# 論文内容要旨 (和文)

平成 14 年度入学 大学院博士後期課程 地球共生圏科学専攻 先生園達科学講座

氏名 鈴木 利治



論文題目 MAPMT を用いた硬 X 線偏光度検出器の開発及び気球実験による性能評価

軟 X 線や硬 X 線天文学では、エネルギー、時間、イメージの 3 つ情報を取得して天体の物理を明らかにしてきた。一方、軟 X 線や硬 X 線はもう一つ偏光という重要な情報を持っているが、偏光の観測は OSO8 衛星 (2.6keV と 5.2keV に感度を持ち、軟 X 線の偏光情報を取得できる衛星) 以来、25 年以上進展がない。OSO8 は、かに星雲を始めとする 10 数個の天体の偏光観測を行ったが、かに星雲 (約 20% の偏光を検出) 以外は、有為な結果を出せなかった。これは軟 X 線領域では主要な天体からの X 線が数% 以下しか偏光していなかったためである。その結果から、軟 X 線領域では 1% の偏光度を有為に見出す検出器でなければ物理的な結果を出すことが非常に困難である事が認識され、観測に 25 年間のブランクが空き、現時点でも具体的なミッション計画が出ていない。しかし硬 X 線領域では全く状況が異なっている。なぜなら硬 X 線領域での偏光観測は一度も実現された事がなく、硬 X 線領域でどの程度の偏光度が存在するかが分からないためである。実際、硬 X 線領域では熱的な輻射過程よりも非熱的な輻射過程が優勢になる。通常熱的な放射過程では無偏光の電磁波が放射されるが、非熱的な輻射過程であるシンクロトロン輻射では、電磁波は最大 80% まで偏光する。つまり軟 X 線領域よりも硬 X 線領域の方が偏光度が高いと考えられる。そして硬 X 線領域での偏光観測が実現すれば、超新星残骸の磁場構造、パルサーの輻射メカニズムの同定、ガンマ線バーストのセントラルエンジンの解明、AGN ジェットの輻射メカニズム、アクリーションディスクの構造、ブラックホールの時空の歪みの検出等の研究が大いに発展すると期待される。また硬 X 線領域であれば、気球による観測が可能であり、衛星に比べて比較的安価に実験が行える。以上の理由から、硬 X 線領域での偏光観測を切り開くため、気球搭載用の感度の高い偏光度検出器を開発を進めてきた。我々の検出器はコンプトン散乱を原理とする検出器であり、セグメント化したプラスチックシンチレーターと CsI (TI)、及びマルチアノード光電子増倍管 (HAMAMATSU H8500) により構成されている。入射硬 X 線がプラスチックシンチレーターに入るとコンプトン散乱を起し、散乱された硬 X 線は周りの CsI (TI) に吸収される。それぞれの結晶はセグメント化されているため、その散乱位置と吸収位置が良い精度で同定され、硬 X 線の散乱方向が精度良く決定できる。コンプトン散乱には、入射 X 線の偏光方向に対して垂直な方向に散乱され易いという性質があるため、散乱方向が取得されれば偏光情報を取得できる。我々はこのプロトタイプ硬 X 線偏光度検出器を気球に搭載し、ISAS/JAXA、大阪大学の協力を得て、検出器の安定動作とバックグラウンドに対する特性を調べるため 2004 年 6 月に気球実験を行った。本実験では、検出器を上空で安定に動作させることに成功し、高度 38.5km において二時間程度のレベルフライトを達成した。また、一本のプラスチックシンチレーターと一本の CsI (TI) シンチレーターがヒットするようなコインシデンスイベントを抜き出すようなイベントセレクション解析を行うことで、バックグラウンドを大幅に除去できることが分かった。さらに約 10 分間という短い時間ながら検出器の視野にかに星雲を捕らえることができた。中心のプラスチックシンチレーターと一本の CsI (TI) とのコインシデンスレートは、カニ星雲を観ていた場合とカニ星雲を観ていなかった場合 (バックグラウンド) では、それぞれ、0.024Hz と 0.023Hz であった。観測を終えた検出器を無事回収することができたので、検出器の性能を更に試験するため、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) においてビーム実験を行った。この実験では偏光した 80keV の X 線を検出器の中心付近に入射させ、各検出器の回転角に対する性能を評価した。その結果、実験データとシミュレーション結果は良い一致を示しており、モジュレーションファクターは 60% 程度だった。また、シミュレーションにおいて全体に 60~200keV の X 線を入射させた場合、モジュレーションファクターは 40% 程度、検出効率は 22% 程度となった。

(10pt 2,000字程度 2頁以内)

# 論文内容要旨 (英文)

平成 14 年度入学 大学院博士後期課程 地球共生圏科学専攻 先生園発達科学講座

氏名 鈴木 利治



論文題目

Development of Hard X-ray Polarimeter employing MAPMT and  
the Estimation of its Performance through a Balloon-borne Experiment

In X-ray astronomy, various kinds of information on stellar objects have been obtained from energy spectrum, time variabilities, and images. Although the observation of polarization is also important, it has not been carried out for 25 years, because of the difficulty of developing a polarimeter with a high sensitivity. Then, we have been developing a Compton-scattering-type hard X-ray polarimeter sensitive to the energy range from 40 to 200 keV, employing segmented plastic and CsI(Tl) scintillators mounted on a flat-panel multianode photomultiplier (MAPMT). Since hard X rays penetrate more deeply into the atmosphere than typical X rays, it is possible to observe hard X rays emitted by stellar objects with a balloon-borne experiment at an altitude of  $\sim 40$  km. Such an experiment can be carried out at a lower cost than a satellite-based experiment. Therefore, we constructed a prototype hard X-ray polarimeter for balloon-borne experiment. This polarimeter consists of segmented plastic scintillators which are surrounded by segmented CsI(Tl) scintillators. These are mounted on multianode photomultiplier (MAPMT). As the incident hard X rays enter one of the plastic scintillators, it is scattered and then is absorbed by one of the CsI(Tl) scintillators. Obtaining the scattering and the absorption positions by the MAPMT, the scattering direction can be determined. Since the scattering direction depends on the polarization direction of the incident hard X rays, we can obtain the information on the polarization from the scattering direction. We carried out beam experiment to investigate the basic performance of the prototype polarimeter. Moreover, we also carried out computer simulations. We confirmed that the results by the computer simulations are in good agreement with those by the beam experiments. Finally, it was found that the prototype polarimeter can obtain a modulation factor and a detection efficiency of  $\sim 40\%$  and  $\sim 20\%$ , respectively. In June 2004, we carried out balloon-borne experiment and the detector successfully operated at 38.5 km altitude. Then the data for background at the ceiling were obtained for  $\sim 90$  minutes and the Crab Nebula can be also observed for only 10 minutes. From the results of the data analysis, we confirmed that the background can be much reduced by extracting the events with the coincidence between only one plastic scintillator and only one CsI(Tl) scintillator.

(12pt シングルスペース 300語程度)

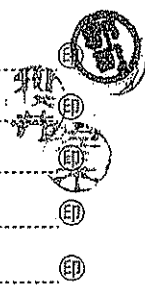
# 学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成18年2月20日

理工学研究科長 殿

## 課程博士論文審査委員会

主 査 ..... 郡司修一 .....  
副 査 ..... 櫻井敬久 .....  
副 査 ..... 佐々木実 .....  
副 査 .....  
副 査 .....



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

### 記

#### 1. 論文申請者

専攻名 ..... 地球共生圏科学専攻 .....  
氏 名 ..... 鈴木利治 .....

#### 2. 論文題目 (英文の場合は, その和訳を併記すること。)

..... MAPMTを用いた硬X線偏光度検出器の開発及び気球実験による性能評価 .....  
.....  
.....

#### 3. 学位論文公聴会

開催日 ..... 平成 18年 2月 3日 .....  
場 所 ..... 理学部2号館13番教室 .....

#### 4. 審査年月日

論文審査 ..... 平成 18年 2月 2日 ~ 平成 18年 2月 10日 .....  
最終試験 ..... 平成 18年 2月 10日 ~ 平成 18年 2月 10日 .....

#### 5. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文審査 ..... 合格 .....  
(2) 最終試験 ..... 合格 .....

#### 6. 学位論文の審査結果の要旨 (1, 200字程度)

別紙のとおり

#### 7. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

## 別紙

専攻名	地球共生圏科学専攻	氏名	鈴木利治
学位論文の審査結果の要旨			
<p>現在の X 線天文学では、エネルギー、時間、イメージの三つの情報を通して、様々な知見が得られている。さらに X 線天文学を発展させるには、偏光情報の取得が重要な鍵になるが、感度の高い偏光度検出器の開発が困難であることから、過去 25 年間に於いて有意義な観測が行われなかった。一般に硬 X 線領域においては、コンプトン散乱を原理とする検出器が有効であることが知られているので、論文提出者は硬 X 線領域での新しい天文学を切り開くため、散乱型の偏光度検出器の開発を行った。</p> <p>硬 X 線領域で本格的な天体観測を行う場合、観測条件の良い衛星や宇宙ステーションに搭載しての観測が最良であるが、その前の段階として実験用気球を使い予備実験を行うのが普通である。そして検出器の安定性やプレリミナリーな観測によって基礎性能を調べ、次のステップに進むことになる。そこで本論文提出者は気球搭載を目的としたプロトタイプ偏光度検出器の開発を行ってきた。この検出器はセグメント化したプラスチックシンチレーターと CsI(Tl)、及びマルチアノード光電子増倍管 (HAMAMATSU H8500) により構成されている。2004 年 6 月に、ISAS/JAXA、大阪大学の協力を得て、検出器の安定動作とバックグラウンドに対する特性を調べるため、論文提出者は気球実験を行った。本実験では、検出器を上空で安定に動作させることに成功している。さらに上空で取得されたデータを解析し、一本のプラスチックシンチレーターと一本の CsI(Tl) シンチレーターがヒットするようなコインシデンスイベントを精密に調べた。その結果、信号と思われるコインシデンスイベントを選択する解析を行えば、バックグラウンドを大幅に除去できることを確認している。また約 10 分間という短い時間ながら検出器の視野にかに星雲を捕らえることにも成功している。さらに論文提出者は、観測を終えた検出器を回収し、その後検出器の性能を更に試験するため、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) においてビーム実験も行った。このビーム実験で検出器が世界最高の性能を有している事も実証された。以上の実験により、開発した検出器が新しい天文学を切り開くのに大きな貢献をするという事を論文提出者は実証した。またすでに応用物理学会に論文を提出し Publish されている。以上の事から、本研究は博士論文に値すると思われるため、論文審査に合格とする。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>論文提出者は、偏光度検出器に使われているシンチレーターや光電子増倍管、電子回路やデータ収集系に関して深い知識を習得している。また天体における基礎的な物理現象や硬 X 線の発生メカニズムに関する知識も有している。以上の事から最終試験にも合格とする。</p>			