

# 論文内容要旨 (和文)

平成 14 年度入学大学院博士後期過程

地球共生圏科学専攻 共生圏発達科学講座

氏名 高田 順平



## 論文題目

Electrodynamical Study on Particle Acceleration and High-Energy Emission in Pulsar Magnetosphere

(パルサー磁気圏における粒子加速、及び高エネルギー放射に関する電気力学的研究)

## <内容>

本論文では、これまで観測されている $\gamma$ 線源の中でも常に明るく輝いている天体、パルサーが持つ磁気圏内での粒子加速、それに伴う高エネルギー放射の理論的研究を行う。

パルサー磁気圏における粒子加速は主に、加速領域が星表面上、磁極付近に存在するという polar-cap model と、外部磁気圏に存在するという outer-gap モデルを用いて議論されてきた。その中で、Romani & Yadigaroglu (1995) による outer-gap モデルを用いた三次元現象論的モデルでは、観測される光度曲線を説明することに成功している。しかし、この現象論的研究内では

- 空間電荷密度が Goldreich-Julian 電荷密度からずれたことによる磁力線に沿った電場の発生、
- その電場による、電子・陽電子の磁力線に沿っての加速、それに伴う $\gamma$ 線放射、
- $\gamma$ 線と低エネルギー粒子との電子・陽電子対生成、

という複雑に絡み合っている電気力学現象を正確に解いてない。特に、加速電場の大きさとして真空 gap で計算された結果を仮定している一方、観測を説明するために gap 内では Goldreich-Julian 電流密度をつくる電子・陽電子数密度も仮定されていた。よって、仮定された物理量が電気力学的に矛盾していないかは自明ではない。

一方、Hirotani & Shibata (1999) によって、outer-gap 内の電気力学現象を解く研究が始まった。しかし、これまでは磁力線に沿った一次元モデルであったゆえ、磁場を横切る方向の構造を無視しており、そのため、光度曲線を計算することはできなかった。よって、この Hirotani & Shibata の一次元電気力学モデルと Romani 等の三次元現象論的モデルを結びつけることで、パルサー磁気圏における粒子加速機構のより詳しい理解が得られると考えられる。

以上の理由をもとに、一次元電気力学モデルを、磁力線を横切る構造も取り入れた二次元モデルに拡張する。特に、 $\gamma$ 線の放射方向や、対生成の起こる位置を子午面内で正しく計算し、より現実的な状況を扱えるようにする。そして、加速電場の分布、電流分布、そして、パルサー磁気圏内の outer-gap の位置を正しく解く。そして観測と比較するために、 $\gamma$ 線スペクトルを計算する。

本論文によって主に以下の結果が得られた。

1) まず、粒子による遮蔽効果のため、加速電場の強さは電流の増加と共に小さくなることを示す。そのため、加速された電子・陽電子によって放射される $\gamma$ 線のエネルギーも電流の増加と共に小さくなる。このことで、従来の現象論的研究で仮定された加速電場の大きさは、電気力学的に矛盾していることが明らかになった。

# 論文内容要旨 (英文)

平成 14 年度入学大学院博士後期過程

地球共生圏科学専攻 共生圏発達科学講座

氏名 高田 順平



## 論文題目

Electrodynamical Study on Particle Acceleration and High-Energy Emission in Pulsar Magnetosphere

## <内容>

We study acceleration of particles and  $\gamma$ -ray emission in pulsar magnetosphere. Polar-cap model and outer-gap model, the accelerations of which are, respectively, located near the stellar surface and in the outer magnetosphere, have been proposed up to now.

Romani & Yadigaroglu (1995) demonstrated that the three-dimensional geometry of the outer-gap explains main features of the observed light-curves. However, this geometrical model has not solved electrostatics in the gap.

Hirovani & Shibata (1999) solved the accelerating electric field self-consistently with the radiation and pair-creation processes. This electrostatic model has explained observed  $\gamma$ -ray spectrum. However, because the model is one-dimensional along a magnetic field line, the model can not calculate the light-curve.

To obtain a more plausible model, in this thesis, we extend the one-dimensional electrostatic model into a two-dimensional one with trans-field structure. Specifically, we consistently solve the electrostatics with taking into account the emission direction of the  $\gamma$ -rays and the pair-creation position in the meridional plane.

We obtained following results.

- 1) The strength of the acceleration field decreases as the current increases because of a screening effect of the particles.
- 2) Position of the inner boundary of the outer-gap shifts toward the stellar surface as the current increases.

# 学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成16年2月16日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主 査 柴田 晋平 (印)  
副 査 櫻井 敬久 (印)  
副 査 佐々木 実 (印)  
副 査 \_\_\_\_\_ (印)

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 高田 順平

## 2. 論文題目 (英文の場合は、その和訳を併記すること。)

Electrodynamical Study on Particle Acceleration and High-Energy Emission  
in Pulsar Magnetosphere (パルサー磁気圏における粒子加速、及び高エネルギー  
放射に関する電気力学的研究)

## 3. 学位論文公聴会

開催日 平成 17 年 2 月 4 日  
場 所 24番教室

## 4. 審査年月日

論文審査 平成 17年 2月 1日 ~ 平成 17年 2月 7日  
最終試験 平成 17年 2月 1日 ~ 平成 17年 2月 7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	高田 順平
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は、強く磁化し高速に回転する中性子星（パルサー）に関するものである。パルサーの発見自身に、そして、パルサーを利用した重力波の放出の検証にそれぞれノーベル物理学賞が与えられた。パルサーに残された最大の問題はパルサー磁気圏における高エネルギー粒子およびその粒子が出すガンマ線放射の機構の解明である。この論文が目的とするのはまさにこの問題である。</p>			
<p>本論文では従来にはない次の問題解決に成功している。</p>			
<p>(1) 加速電場の形成、加速粒子からのガンマ線の発生、ガンマ線からの電子・陽電子対プラズマの生成、対プラズマによる加速電場の抑制、という全物理過程を連立して、しかも、磁場を横切った方向の構造も陽にとりいれて、解くことに世界で始めて成功した。モンテカルロ法を取り入れた数値シミュレーションを実行している。</p> <p>(2) (1)の方法によって、初めてペラパルサーからの観測スペクトルを理論的に求めることに成功した。</p> <p>(3) まもなく軌道上に打ち上げられるガンマ線天文台GLASTの観測と精密に比較できる理論モデルへの道を開いた。</p>			
<p>これ以外に、観測との詳細を理論的に検討し多くの知見を得ている。</p>			
<p>(結果の一部はすでに海外の専門誌に2編の論文として出版されている。)</p>			
<p>以上のように、本論文は世界に先駆けた新しい知見を得ており、学位論文として優れた内容を持っている。よって、学位論文審査結果を合格と結論する。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>最終試験は、天文学の基礎的知識、物理学とくに高エネルギー物理学の基礎的知識、計算機による解析手法および宇宙物理学的な研究能力全体について審査され、いずれも高い能力を示したので、最終試験は合格と結論する。</p>			