

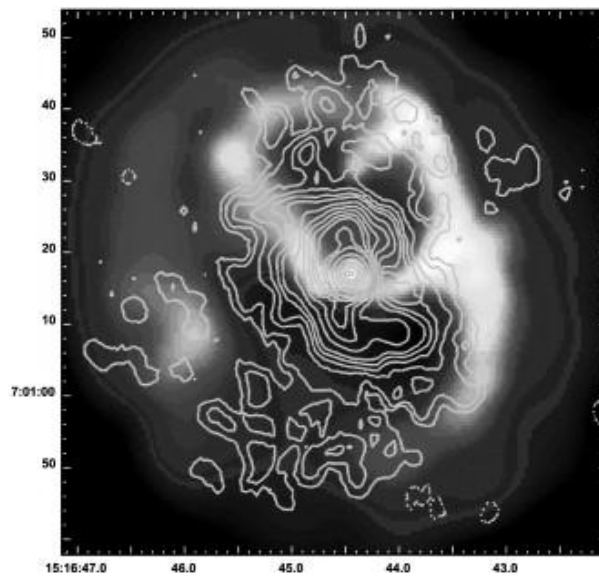
山形大学理学部・物理学科
宇宙物理グループ年次報告

平成 14 年度

Annual Report 2002

Astrophysics Group

Department of Physics, Yamamagata University



Chandra 衛星による銀河団 Abell2052 中心部の X 線 (カラー) イメージ。等高線は電波のイメージ。電波の強いところでは X 線が弱いこと、また電波のまわりを囲むように X 線が強い部分が分布している。電波銀河からのジェットによって、まわりの銀河団ガスが押し退けられている様子がわかる。(Blanton et al. 2001) 詳しくは研究トピックのページを参照。

山形大学理学部 宇宙物理グループ

宇宙は地球上では考えられないような大実験場である。いくつもの自然界の基本法則が宇宙の研究から導かれ、検証されてきた。ニュートン力学に始まって、中間子の発見、一般相対論の検証、ブラックホール、重力波、時間と空間の起源に至るまで、宇宙という実験場ほど魅力ある研究対象はない。

山形大学理学部宇宙物理グループはそのような宇宙の研究に精力的に取り組んでいる。

宇宙の構造・進化を支配している最も重要な力は重力である。しかし実際の宇宙では重力と電磁力がカップルが本質的に重要になる。電磁力とのカップルによって、角運動量輸送が促進され、天体が形成され、同時に宇宙ジェットと呼ばれる不思議な現象が起こり、超高エネルギーの宇宙線が作られ、……。このように宇宙にあでやかな彩りを添えているのが電磁力である。

近年、X線やガンマ線による観測技術が進歩し、様々な宇宙における高エネルギー現象が明らかにされつつある。中性子星・ブラックホール・銀河団はいずれもX線やガンマ線を放射している。おもしろいことに、宇宙の高エネルギー粒子のエネルギー密度は $10^{-12} - 10^{-13} \text{ erg/cm}^3$ で他の物質やビッグバン宇宙背景放射と同程度ある。このような高エネルギー粒子がなぜ作られ、どのように宇宙の進化に影響を与えるのかは宇宙研究の最前線の問題である。

我々の研究グループは、宇宙における電磁相互作用や高エネルギー粒子加速の効果を積極的に取り入れて宇宙を研究する日本でも数少ない研究グループのひとつである。

Astrophysics Group, Department of Physics, Yamagata University

The Universe offers extremely big laboratories, which cannot be thought of on the earth. Many principles are discovered and proven via studying the Universe: starting with Newtonian mechanics, discovery of mesons, general relativity, black holes, gravity wave, and the study extends to the origin of space-time. There is no more exciting laboratories than the universe.

Such studies, **Astrophysics**, is the main field of our group. In particular, we are interested in high energy / electromagnetic phenomena in the Universe.

The most important force to the Universe, amongst the known four, is the gravitational force. However, it would not only be the gravity that cause varieties of phenomena in the Universe, but it is the coupling with electromagnetic force. For instance, with the help of angular momentum transfer via electromagnetic field, stars and galaxies are formed. This process is associated with cosmic jets, the mechanism of which we yet understand.

Recently, technics for observations of high energy cosmic photons and particles are greatly improved. Many kinds of high energy phenomena in the Universe are discovered. Neutron stars, massive black holes and cluster of galaxies, all radiate X-rays and gamma-rays. Interestingly, energy density of the high energy particles is as high as other kinds of energy densities, such as hot gas, microwave background radiation, which is a fossil of Big Bang. In this way, it is an outstanding problem why so dense non-thermal particles are naturally formed and how they affect the evolution of Universe.

Astrophysics Group of Yamagata University is one of a few key institutes in Japan, specialized for these high energy phenomena in the Universe.

目次

1	今年度のサマリー	4
2	宇宙物理グループの研究分野と研究目標	6
3	構成	6
3.1	メンバー	6
3.2	グループ内係	7
3.3	フォトアルバム	7
4	研究のハイライト	8
5	教育	14
5.1	学部	14
5.1.1	講義	14
5.1.2	卒業研究(理論研究:4年)	14
5.1.3	体験入学(高校生)	15
5.2	他大学での講義など	15
5.3	大学院	15
5.3.1	講義	15
5.3.2	物理学特別演習	15
5.3.3	研究プロジェクト	16
5.3.4	談話会(物理学特別研究)	16
5.4	他大学での講義など	17
6	学内マネジメントへの寄与	17
6.1	学内各種委員	17
7	研究交流とプロジェクトの推進	17
7.1	研究会の主催	17
7.2	共同研究プロジェクト	18
7.3	公費以外の研究費	18
7.4	海外での研究交流	18
7.5	研究者の来訪: Visitor	18
7.6	学会等における委員	19
7.7	Network Services	19

8 社会的貢献: Public Outreach	19
8.1 報道	19
8.2 一般講演	19
8.3 その他の活動	19
A Publication	20
A.1 Book	20
A.2 論文 (査読あり)	20
A.3 論文 (査読なし)	21
A.4 解説記事など	21
A.5 国内の学会・研究会での報告	21
A.6 国際会議での報告	23

1 今年度のサマリー

柴田 晋平

2003年4月17日

この年のメンバーについては、滝沢元和さんが研究成果をたづさえてバージニア大学から後期より戻ってきました。そして、理工学研究科では兼任で教育学部の坂井伸之さんがメンバーに加わりました。また、今年から博士課程後期1年に高田順平君が入学しました。大学院生は全体で8名です。

今年は21世紀COEの応募にかなりの時間を使いました。応募した理由は、第一に、研究成果において世界レベルに達していること、第二に、大学法人化にともなうどうしても実学重視になる中で、基礎科学を担う理学部からCOEを出すことで、学内において基礎科学が日陰に追いやられることを少しでもくい止めようとしたこと、によるものです。しかし、予想外の収穫として、実際に調書を書く中で、そして昨年採択されたCOEの研究者と意見を交わす中で、非常にたくさんのことを学びました。これは本当に予想外の収穫でした。

学問の中で存在感をもった地方大学の研究室・学科を作るにはどうすべきかを考えました。「地方大学のあるべき姿」がよく見えてきました。そこには4つの要素があります。(1)世界トップの特徴ある研究、(2)人材養成の適切な目標設定、(3)同分野の日本の他の研究室へのサービス、(4)地域教育への貢献、成果の社会への還元のための組織、です。

漫然とただがんばるではだめでしっかりした短期・中期の目標と自己評価が必要です。これくらいの資金があれば、ポストドクをこれくらい雇うことができ、どれくらいの貢献ができて、それを世界に広めるために国際会議がひらけて、といった具体的目標を描けるようになったのも大きな収穫でした。われわれはしっかりした目標を設定できたし、予算に見合った成果を上げる見通しも持てるようになりました。

今回は、あるテーマに特化した「特定研究」的な申請を求められたため、宇宙に限ったプロジェクトを書きましたが、このような作業を学科、学部単位でもっとした方がいいと思いました。COEのお金がなくてもできることもいっぱいあり、学部や学科としての戦略や方針を持つことの重要性をつくづく感じました。COE全貌をしめすパンフレットのコピーをこの報告書の末尾に付けました。

さて、世界の研究動向においてはXMM NewtonやChandra X線望遠鏡が大きな影響を与えています。銀河団に存在すると思われていたCooling flow(銀河団ガスが冷えて重力中心に落ち込んで行く不安定性)が実際はそう簡単なものでないことがわかってきました。滝沢さんのバージニアでの研究もこのことに関するもので、詳しくはこの報告書の研究ハイライトに書かれています。銀河団中心のバースト的現象(活動銀河核:これは結局ブラックホールですが)などのために中心から持ち上がってくる空洞、ジェットに押し広げられた空洞が見えてきました。そしてそれらが流れを乱し、Cooling flowがかき消されると共に、加熱だけでなく粒子加速も起こっているようです。このあたりは私たちの研究室の得意領域なので今後の研究の発展が期待できます。

Chandraのかに星雲の観測も画期的のものでした。解析に直接手を染めている森さん(Penn State)もしばしば山形を訪問し理論モデル作りに協力いただいています。まだ、決定的な結果は出ていませんが、来年の報告書を楽しみにしててください。かに星雲の偏光も理論の重要なテーマであり、検証が電磁気研の観測で行われるのも楽しみです。

今年から、坂井伸之さんが教育学部から兼任で大学院教育に参加していただいています。また、研究でも共同研究が始まっています。坂井さんの成果は、(1)パルサーにおける一般相対論的效果(特に慣性系のひきずりの効果)がパルサー粒子加速に対して大きな影響をもっていることを示したこと、(2)初期宇宙に形成されるモノポールが一つの膨張する宇宙になり、それが我々から見るとブラックホールに見え、これが新しいブラックホールの起源(MACHOsなども)となることを示したことです。これらの研究のまとめはこ

の文章の末尾に坂井さんの言葉で書いていただいていますので、ご覧ください。

博士課程後期1年(DC)に初めて今年から学生を受け入れました。今年度の我々が行った国内の学術講演21件中の20%が彼の寄与であることは非常に高く評価されるべきと思います。われわれの研究が大いに進んだと言えます。高田君はパルサーにおける電場形成からガンマ線の放射の1次元モデルを完成し、さらに2次元モデルへ拡張しています。今後、パルサーからのガンマ線観測と比較できる強力なモデルを作ること为目标に研究を続けています。

日本のX線望遠鏡「あすか」はすでに落下してしまいましたが、その最後のころの観測データから非熱的なスペクトルを示す超新星残骸が見つかりました。この超新星残骸はG330.2+1.0と呼ばれる天体で、修士2年の山口君が解析し、この結果を得ました。超新星残骸は普通、衝撃波による熱化したプラズマによる熱制動放射+特性X線のスペクトルを示します。非熱的なスペクトルを示す超新星残骸はごくわずかで、銀河宇宙線が超新星による衝撃波であるとする仮説の検証のために欠かせないものです。従って、この結果はどのようにして衝撃波が粒子を加速し、なぜ、ある天体のみが熱的でなく非熱的な放射をするのかを調べる貴重な観測になりました。現在、出版に向けてがんばっているところです。一方、XMM Newtonによる観測提案も検討しています。

雑誌の購読料が予算のほとんどを占め、研究費を圧迫していることは毎年述べています。若干の改善が今年ありました。それは、図書館のオンライン契約が増えたことです。いままでおこずかいで購入していたNatureはオンラインで見ることができるようになったので購読を中止しました。また、費用がかかるためあきらめていたMonthly Notices of Royal Astronomical Societyのオンライン使用が可能になりました。この結果、主要雑誌である、ApJ, MN, AAがオンラインで見ることができるようになりました。

パブリックアウトリーチについては、今年も「小さな天文学者の会」の協力を得て、普及活動、地域教育支援事業を実行できました。坂井さんも一般講演を行いました。年度末に、2号館の改修工事に付随して屋上に4mの天体観測ドームと2基のスライディングルーフが設置されました。この運用は来年(2003年度)の課題です。

坂井伸之さんからの報告を以下に添えます。

1. 一般相対論的電磁気学方程式の再定式化とパルサー磁気圏への応用

パルサーの電磁現象についてはこれまで多くの研究があるが、中性子星の表面重力は極めて大きいにも関わらず、重力の効果は殆ど考慮されることはなかった。そこでまず、一般相対論的電磁場(アインシュタイン-マクスウェル)方程式を再定式化し、宇宙物理学的応用に適した形に書き下した。次に、それをパルサー磁極領域における粒子加速問題に適用して解析を行った。その結果、重力の効果(慣性系の引きずり)による粒子のダイナミクスや加速条件の変化は無視できないことが明らかになった。

2. 初期宇宙の相転移におけるブラックホール形成

力の統一理論によると、宇宙初期には真空の相転移が起こり、磁気モノポールが多数生成したと考えられる。1996年に坂井は、ヒグス場の真空期待値がプランク質量程度のときモノポールは「粒子」として存在できず、膨張して「宇宙」になること、そしてこれを外側から見るとマイクロなブラックホールに見えることを示した。今年度は、現在観測されるブラックホールの起源の探求として、ヒグス場が別のスカラー場と結合するハイブリッドモデルでモノポールのダイナミクスを調べた。その結果、膨張するモノポールはやはりブラックホールになり、モデルパラメーターを適切に選ぶとその質量は天体スケール(例えば太陽質量程度)になることが明らかになった。つまり、現在正体不明の天体MACHOsやその他のブラックホールが、初期宇宙に形成されるモノポールによって説明される可能性がある

2 宇宙物理グループの研究分野と研究目標

宇宙物理学 宇宙における高エネルギー粒子(宇宙線)の加速およびX線・ガンマ線などの非熱的な電磁波の放射のメカニズムを解明する。また、非熱的成分の宇宙進化への影響を明らかにする。これらの研究の基礎となる電磁流体力学・プラズマ物理学の研究をおこなう。

Key words: 粒子加速、宇宙電磁気学、プラズマ物理学、高エネルギー天文学

非線形現象の理論研究 宇宙における自己重力系や電磁流体的効果はきわめて非線形的であり、その結果として円盤やジェットが形成されたり、衝撃波が形成されりとさまざまな構造が形成される。磁力線の再結合なども重要な非線形の構造形成の過程である。それらの構造形成の機構を解明するとともに、粒子加速との関係を明らかにする。

Key words: 自己重力系、構造形成、粒子加速、衝撃波、磁気リコネクション、ダイナモ

星間物質の物理・化学 宇宙の進化の中で有機物を含むさまざまな物質が作られる。星間空間における物質の形成メカニズムを明らかにする。また、星間空間における星や惑星の形成機構を解明する。

Key words: 星形成、分子形成、宇宙空間の化学反応、星間ダスト

主な対象天体 惑星磁気圏、オーロラ、磁気圏境界層、パルサー磁気圏、パルサー星雲、超新星残骸、銀河磁場、銀河団、星間分子雲、暗黒星雲

宇宙物理学の教育研究と普及活動 宇宙物理学の将来の発展のために次世代への教育普及は重要な役割を果たす。また、多くの市民からの当該分野への支持が必要である。本研究グループでは宇宙物理に関する教育と社会貢献には力を入れて活動する。

3 構成

3.1 メンバー

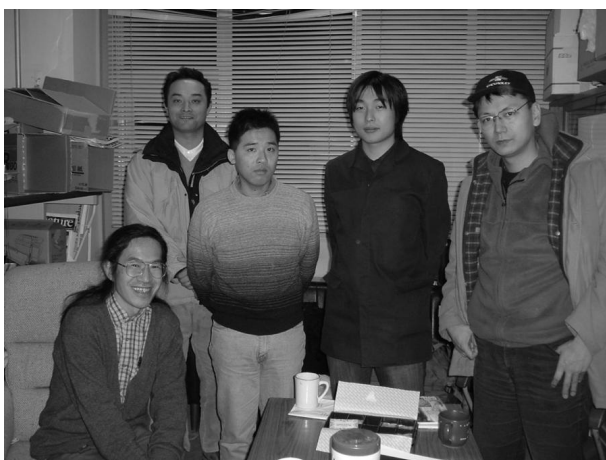
スタッフ	3名(併任2名)
(学部、理工学研究科)	
教授	柴田晋平
助教授	渋谷仙吉
助手	滝沢元和
(理工学研究科)	
助教授	梅林豊治
(総合情報処理センター)	
助教授	坂井伸之
(教育学部)	
大学院学生	8名
博士課程1年	高田 順平
修士課程2年	佐藤 岳洋、増田 祐輔、山口 康広、和田 智秀
修士課程1年	石川 広志、源川 巧、中村 雄史
学部	10名

卒業研究生	山本 陽介、伊藤 岳広、盛合 裕介、金井 陽子、山崎 靖広、佐藤 雅朗、中田 洋平、白木 良乃 (以上、柴田・滝沢担当) 安積 康彦、根本 寛尚 (以上、渋谷担当)
留学生	0名
学部研究生	0名
大学院研究生	0名

3.2 グループ内係

係	担当者
談話会	柴田
コンピュータ	滝沢、山口、源川
ホームページ係	滝沢、和田
お茶菓子	佐藤、中村
Nature 購入	和田 (本年度をもって終了)

3.3 フォトアルバム



(左から) 柴田、大野 (山形短大)、滝沢、岡部 (東北大)、服部 (東北大)



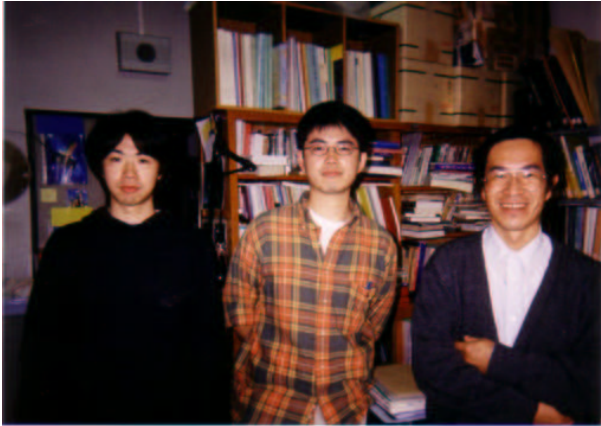
(左から) 柴田、榎田 (京都大)、谷森 (京都大)、金井、高田、山口



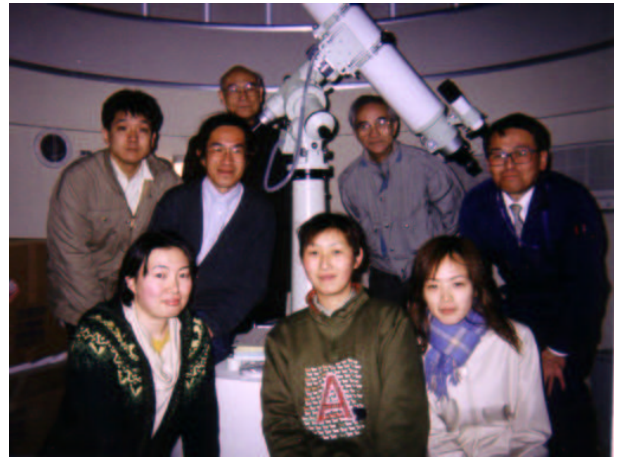
(左から) 源川、佐藤、高田



(左から) 滝沢、中村、源川、石川



(左から) 中村、森 (Penn. State U)、柴田



(左から) 坂井、柴田、須貝*、鈴木*、土田*

(左から) 川岸*、古川*、白石*(物理3年)

*印 = 小さな天文学者の会

4 研究のハイライト

Chandra 衛星による銀河団 Abell 3112 中心部の観測

滝沢元和

銀河団の中心部では銀河団ガスの密度が比較的高いため、放射冷却時間が宇宙年齢よりも十分に短くなりうる。そのため冷えたガスが中心へと流れ込むいわゆる冷却流 (cooling flow) 仮説が唱えられてきた。X 線放射率から見積もると、銀河団によっては毎年 $100 - 1000$ 太陽質量ものガスが冷えていることが予想されている。もしこのようなことが銀河団の一生にわたって続いているとすれば、それは銀河 $1 - 10$ 個分のガスが今までに冷えていることになる。これらが星になればそれこそ銀河が $1 - 10$ 個できているということになる。しかしその一方で、X 線放射率に見合うだけの冷えたガスが見つかっていないことや、星形成活動が活発化しているわけでもないことから、放射冷却を補うだけの加熱や熱輸送がおきているのではとも疑われていた。そのような加熱源の有力な候補が銀河団中心に位置する電波源 (AGN、ローブ、ジェットなど) である。実際、Chandra 衛星による高分解観測により、Hydra A, Perceus, Abell 2052 などで中心電波源と銀河団ガスが相互作用している様子が見えてきている。Abell 3112 は $z = 0.0746$ に位置する銀河団で、中心に強力な電波源 PKS 0316-444 をもっている。また EXOSAT や ROSAT による撮像観測からは $\sim 400 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ という強い cooling flow が存在すると信じられており、cooling flow と電波源の相互作用を探るのに適した天体といえる。今回、我々は Chandra 衛星を用いて Abell 3112 の中心部の銀河団ガスの物理状態を調べた。

大局的には、Abell 3112 の X 線輝度分布は極めて滑らかかつ対称的で、特に下部構造はみえない。その一方、中心ごく近傍の約 20 kpc では中心から南西と南東方向にフィラメント状の構造が延びており、これは VLA (1.4GHz) で見付けられた電波ローブの位置とほぼ一致する。 $\sim 200 \text{ kpc}$ よりも内側では、中心に向かって温度の減少と重元素量の増加が見つかった (図 1 参照)。しかし、温度の低下は 2 keV 程度で止まっており、 1 keV よりも低温のガスはほとんど存在しない。二次元の温度と重元素量のマップも調べてみたが、接線方向の構造は特に検出できなかった。また、放射冷却時間と、Spitzer の熱伝導率を仮定した熱伝導時

間を比較したが、200kpc より内側の温度低下がみえるところではほぼ全域で熱伝導時間のほうが短かった。

X線イメージと電波イメージとの比較から、電波ローブを取り囲むように銀河団ガスが超過していることがわかり、電波ローブと cooling flow との相互作用が示唆される。考えられるシナリオは二つある。一つは、電波ローブの膨張によってもともとあった銀河団ガスがローブの周囲に押し退けられたというものである。もう一つは、浮力によってローブが浮かび上がっていくときに、より中心部のガスをひきつけてきたというものである。後者の場合には、ローブを囲むガスは、周りのガスに比べて低エントロピーでより重元素に富むことが予想される。残念ながら今回のデータでは統計が足りないため、どちらのシナリオが良いかは判定できなかったが、将来より良い統計の観測によって明らかになるかもしれない。

上に述べたように、中心電波源はたしかに cooling flow と相互作用しているようだが、温度低下がおこっているのはもっと大きな領域である。従って、中心電波源が cooling flow の大域的構造を決めているとは考えにくい。その一方、今回の観測では 1keV 以下の低温成分は見つからず、何らかの加熱もしくは熱輸送が cooling flow 領域ではたらいていることを強く示唆する。もっともらしいのが熱伝導であるが、Spitzer の値だと効きすぎて温度勾配はほぼ完全にならされてしまう。しかし実際には温度勾配は存在しているので、磁場等の何らかの機構によって抑制されているのであろう。その他の可能性として中心 AGN 周辺で加速された宇宙線陽子が拡散して cooling flow を温めているかもしれない。この場合、宇宙線陽子は銀河団ガス中の陽子と相互作用してガンマ線を出す。これについては将来のガンマ線観測で手がかりが得られるかもしれない。

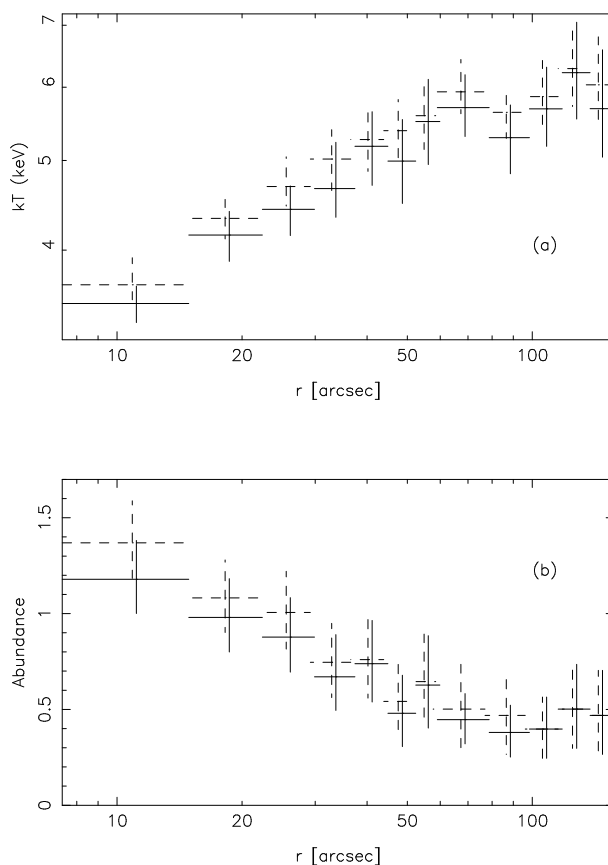


図 1: 温度 (a) と重元素量 (b) の動径方向の分布。実線と破線はそれぞれ、吸収をフリーパラメータにした場合と我々の銀河系での測定値に固定した場合の値。

パルサー磁気圏における電子・陽電子ペア生成の効果の粒子シミュレーションによる研究

山形大学理工学研究科 数理物理学講座
物理学専攻 宇宙物理研究室
和田 智秀

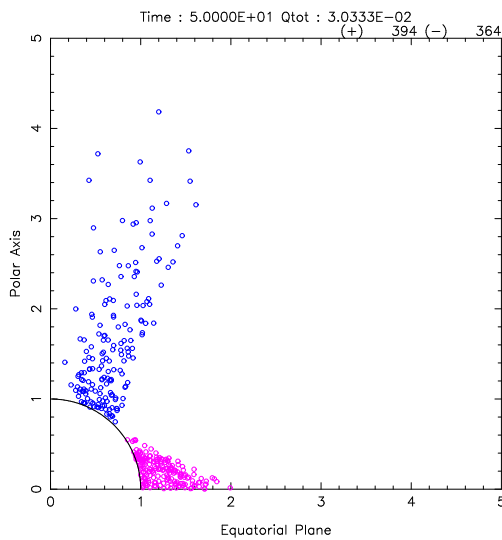


図 2: KPM モデルの再現

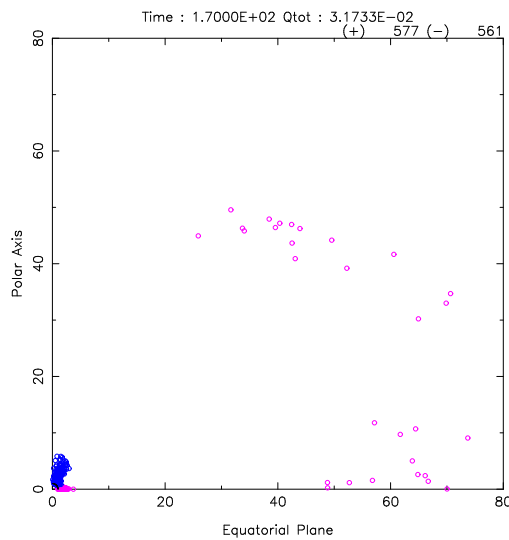


図 3: 試験的な対電荷の導入後の磁気圏

パルサー磁気圏における最も基本的なモデルが Goldreich P., Julian W. H., 1969, ApJ, 157, 869(以後 GJ) によって与えられた。この GJ モデルでは星の周りに完全分極したプラズマがあり、全てのプラズマが星と *isrorotation* であると仮定をすることで星の周りの電荷密度 ρ_{GJ} を導いている。これらの問題を解決するため、Jackson, E. A., 1976. *Astrophys. J.*, 206, 831. は星の周りが真空の状態から、星から放出された電荷によってどのようなプラズマ大気が形成されるか思考実験を行った。有限な距離で閉じるような電流のループと電荷の曲率放射によるエネルギーの散逸を考えることによって星の周りのプラズマ大気の構造を提案している。しかしこのモデルは真空電場についての思考実験からの予想であり、形成されたプラズマ大気によって変化する電場に対して Jackson モデルの解が保たれるかどうかは不明である。

Krause-Polstorff J., Michel F. C., 1985a, *A&A*, 144, 72(以後 KPM) はパルサー磁気圏を真空状態から組み立てる際に生じる、プラズマ大気がどのように構成されるか、元の真空電場はどのように変形されるかという問題について数値実験によって調べた。彼らは磁化軸と回転軸のそろった *aligned rotator* を考え、電荷分布の構造を調べた。その結果、KPM モデルから得られた解は一つの符合の電荷からなる極上方のドーム、赤道面のディスク、さらにその間に電荷のない真空の *gap* を持つ静的な構造が形成されるというものであった。この解では定常な粒子加速が起こっていることは示されなかった。

KPM モデルは解を構築する際の手法としてプラズマの運動を解いていないこと、曲率放射などの散逸や沿磁電場の強い領域があるにもかかわらず電子陽電子対生成を考慮した場合を考慮していないという問題を持つ。

その後も Michel は計算機の能力があがるたびに同様の計算を行い、静的な解を主張し続けている。彼らの研究の最新の結果である Ian. A. Smith., F. C. Michel & P. D. Thacker., 2001, *MNRAS*, 322, 201-217

においては彼らの計算の検証を行うとともに、GJ モデルは彼らの静的な磁気圏解へ落ち着くこと、また電子陽電子対生成は彼ら解の力学的安定性を壊すことがないということを示した。彼らの主張によれば、定常な粒子加速の機構はパルサーの回転軸と磁化軸の傾きをもたらすものであり、aligned rotator はエネルギー放射を行わないということ結論した。

そこで我々は曲率放射による散逸と運動方程式を解くことによって aligned rotator モデルについての三次元粒子シミュレーションを行い、電子陽電子対生成の効果を含まない aligned rotator の解は KPM によって提案されるような静的な磁気圏解であることを確認した。しかしこの構造が電子陽電子対生成の効果を検討したときに保たれるのかどうかは不明である。そこで最初のステップとして KPM モデルと同じく安定解に対して電子陽電子対となる電荷をわずかな量挿入し、それによって磁気圏の構造がどのように変化するかを調べた。結果として負電荷のドームと、正電荷のディスクの成長があり、赤道面からは磁力線を横切って星から離れていく粒子が現れた。電荷の雲の成長により gap 内の沿磁電場は減少した。

今回得られた結果は対電荷の挿入によって変化する電場によって電子陽電子対生成の割合までも変化するということが考慮されていない。今後はさらに広い磁気圏を正確にシミュレートするような大規模な実験が必要である。この結果は今後のより現実的な電子陽電子対生成の効果を検討したモデルを構築していくための出発点となるだろう。

銀河団内における非熱的粒子のエネルギースペクトルの進化と加速過程について

増田 祐輔

近年、観測の精度等の向上により Coma Cluster 等の銀河団の銀河団内媒質 (ICM) からの非熱的起源と考えられる放射の有意な証拠が増えてきた。観測された、高エネルギー領域におけるこれらのエネルギースペクトルは冪 (べき) 型であり、これらのスペクトルを再現するような物理的コンディションの探求は宇宙物理の一つのテーマである。

非熱的な高エネルギー放射の起源としては、はじめは Bowyer & Berghöfer(1998)、Fusco-Femiano *et al.*(1999) などにより極端紫外・硬 X 線領域における非熱的放射の起源として、相対論的電子と宇宙マイクロ波背景放射との逆コンプトン散乱に求めるものが提案された。逆コンプトン散乱を高エネルギーの非熱的エネルギースペクトルの起源とした場合の単純な見積もりは観測によるファラデー回転から示唆される磁場強度と比べて更に低い磁場強度を与えてしまう。次に、Enblin, Lieu, & Biermann(1999)、Sarazin & Kempner(2000) などにより硬 X 線領域における非熱的制動放射が提案された。しかし、これらの提案は、非熱的制動放射機構が単純に高エネルギーのエネルギースペクトルの起源となるには効率が悪く、短期の現象の起源としかなりえないと結論付けられた。

高エネルギー粒子の起源の一つとしては、フェルミ加速などに基礎を置き、Fokker-Planck 方程式を解くことによってエネルギースペクトルを再現するような可能な物理コンディションについて探った。

Petrosian(2001) の指摘に基いて、放射している電子についてのスペクトルを得て、それを生み出すために可能な加速の話について述べた。これから、バックグラウンドの熱的電子の加速によるエネルギースペクトルの再現は難しく、多量のエネルギーのインプットを必要とすることが分かった。定常的なエネルギースペクトルを仮定した場合に、銀河団内銀河などからの定常的な相対論的電子でのエネルギーのインプットを仮定した場合には、ICM から放射などによりエネルギーが大きな割合で逃げない限り、それが観測から与えられるよりもはるかに flat なスペクトルを再現してしまう。

同じく、他の場所で加速された電子の ICM とのインタラクションに起因する冷却スペクトルによる連続的な放射は、同様の欠点を持つ。最も有り得るシナリオは、何回かの断続的なエネルギーの注入と加速が時間的に進化するようエネルギースペクトルを形成するようなモデルであると思われる。

X線天文衛星 ASCA による超新星残骸 G330.2+1.0 の観測的研究

山口 康広

宇宙から地球に常に降り注いでいる宇宙線は、地球上の加速器ではとても作り出せないほどの高いエネルギーを持つものも存在する。この高エネルギー宇宙線の銀河系内での発生源として考えられているのが、超新星残骸 (SNR) の衝撃波面における一次のフェルミ加速である。すなわち、SNR が周りの星間物質と衝撃波を形成して伝播するとき、このガス流に凍結された磁場に散乱されてランダム運動をする荷電粒子は、衝撃波面を往復するたびにエネルギーを増加させるというメカニズムである。この現象は ASCA による SN 1006 の X 線観測により、そのシェルから超高エネルギーの電子と星間磁場との相互作用によるシンクロトロン放射と思われるスペクトルが検出された (Koyama et al. 1995) ことによって観測的証拠を得た。これがきっかけとなり X 線シンクロトロン SNR 探しが始まり、X 線天文学の発展にともないいくつか発見された。しかしその数はまだまだ少なく、大多数の SNR では確認されていない。なぜ一部の SNR で非熱的放射が卓越するのか、その原因の解明が望まれている。本論文は、SNR G330.2+1.0 を ASCA で観測したところ、そのシェルからシンクロトロン放射と思われるスペクトルを検出したので、これを報告し議論するものである。本研究はいまだ謎が多い SNR による衝撃波加速、ひいては高エネルギー宇宙線の発生メカニズムを解明する手がかりとなることが期待できる。

SNR G330.2+1.0 の ASCA による観測は 1999 年 9 月 11 日から 12 日にかけて行われた。電波と X 線で SNR シェルの位置関係は良く一致した。しかし、電波では西側のシェルより東側のシェルの方が明るい、X 線では逆に東側より西側の方が明るく、光度が逆相関の関係にあった。hardness ratio map からは西側は比較的 hard で、東側と中央部分は比較的 soft であることが分かった。X 線で明るい西側のスペクトルからは輝線は見られず、放射は photon index が 2.7 ± 0.4 の power law モデルで最も良く表された ($\chi^2 = 38.7$, dof=39)。電波強度が大きい東側シェルや中央部分でもはっきりとした輝線は見られなかったが、今回の観測では統計が十分無く、議論は難しい。これらの領域はシンクロトロンではなく熱的放射が検出されている可能性も考えられる。なお GIS の視野内に明るい点源が検出されていたが、バックグラウンドの活動銀河核 (AGN) と考えて矛盾はない。

電波観測の経験則である $\Sigma - D$ relationship を X 線シンクロトロン SNR と普通の SNR とを区別してプロットしたところ、X 線シンクロトロン SNR は $\Sigma - D$ relationship よりも左下に位置する傾向が見られた。しかし $\Sigma - D$ relationship は磁場強度や星間物質密度などが複雑に絡んでくると思われるのでこの解釈は難しい。

SNR は電波領域の放射がシンクロトロンによるものである、電波-X 線のシンクロトロン広域スペクトルを作成したところ、可視光～紫外線の領域にべきの折れ曲がりがあることが分かった。この折れ曲がりには、加速がまだ途中であるか、高エネルギーの電子は加速の系からすぐに逃げ出してしまうために最大エネルギーが頭打ちになっているか、または高エネルギー電子はシンクロトロン放射などのエネルギー損失の効果を受けやすいために数が減ってしまったために起こると考えられる。まずそれぞれの効果について、折れ曲がりのエネルギーと各パラメータの関係式を導出した。次に電子の分布関数を折れ曲がりのある power law に仮定し、磁場と折れ曲がりエネルギーを求める式を導出した。さらに熱放射フラックスの最大値を観測されたシンクロトロンフラックスで与え、熱制動放射のエネルギー密度の式と Sedov 解を連立させて SNR 年齢と星間物質密度の不等式を導出した。これらをすべて連立させて SNR のパラメータに制限を与えたところ、西のシェルのシンクロトロン放射領域が SNR 全体の 2% の体積を占めているとすると、磁場強度 $B = 23 \mu\text{G}$ 、SNR 年齢 $T < 7200$ 年、星間物質密度 $n_{ISM} < 0.20$ 等のパラメータが得られた。ここで星間物質密度は銀河平均より明らかに低い。これが小さいと熱制動放射が弱く、かつシェルの速度が減速しにくいために加速がより進むので、非熱的放射が熱的放射を上回った直接の原因であると考えられる。このことは他の X 線シンクロトロン SNR についての論文でも度々指摘されてきたことであり、

本論文はそれらを支持する結果となった。

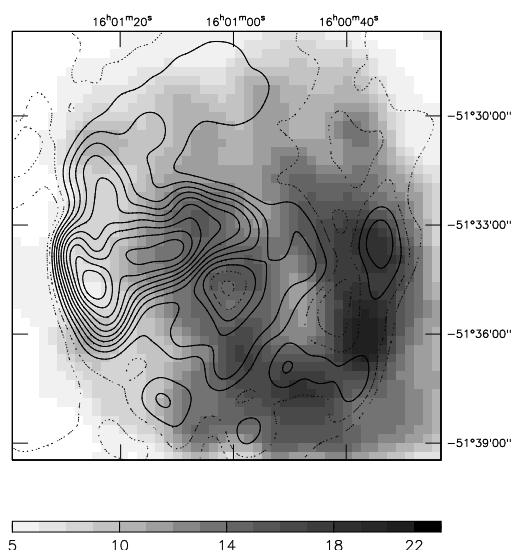


図 4: SNR G330.2+1.0 の GIS 0.7 - 10 keV (グレースケール) と MOST 843 MHz (等高線) のイメージ。

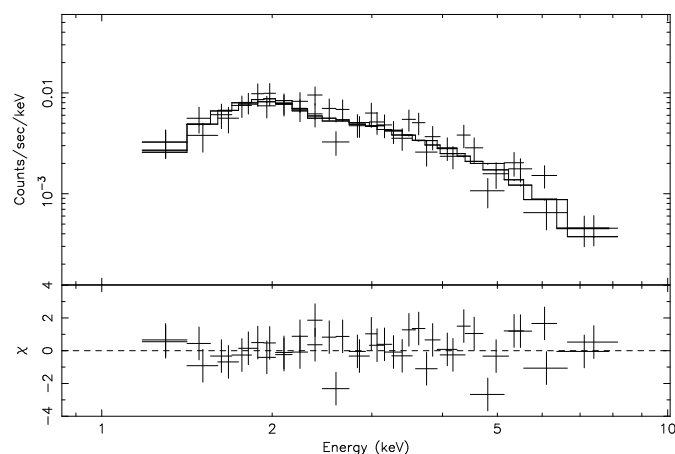


図 5: 西の shell のスペクトル。モデルは power law に星間吸収をかけたもの。

銀河団における cooling flow モデルの研究

佐藤岳洋

銀河団の重要な構成要素の1つとして高温のガスの存在が X 線観測により明らかになっている。この高温ガスは熱制動放射によりエネルギーを放射している。このガスがエネルギーを失って冷却される時間は宇宙年齢より長いので銀河団ガスの大部分では冷却はあまり重要でない。しかし、半径数 kpc 内の銀河団中心部ではガスは高密度であるので、宇宙年齢で冷却可能と予測される。よって、周囲との温度差により圧力勾配が生じるので中心部にガスが流れ込むことになる。しかし、その流れ込みで予測される量の冷えたガスが中心部では観測されていないため、この理論と合わないことになってしまう。

これはおそらく放射で失ったぶんを補うだけのエネルギーがどこからか与えられているのであろう。これにより冷却が抑えられていると推測される。エネルギーを補うための熱源の可能性として、1つは、中心部の AGN からの加熱がある。AGN から高エントロピーの泡が上昇していることが観測からも発見されている。この可能性をとりいれたモデルを検証すると、中心部の冷却まで少なくとも約 280 Myr かかることが見積もられる。

別の可能性として、周辺からの熱伝導がある。この可能性をとりいれたモデルを検証すると、いくつかの銀河団がそのモデルに適合する。しかしながら熱伝導のほかにも何か熱源が必要と考えられる銀河団も存在する。また熱伝導はガスを熱的安定状態にする要素も持っていることが予測される。

5 教育

5.1 学部

5.1.1 講義

対象学生	担当者	講義名・課題など	コマ数
教養 1 年後期	柴田	教養セミナー ガリレオが見た宇宙・見なかった宇宙	1
物理 2 年前期	柴田	力学	1
物理 2 年前期	柴田	力学演習	1
物理 3 年前期	柴田	計算物理学	1
物理 3 年後期	柴田	現代天文学入門 (天文学:教育学部を兼ねる)	1
教養 1 年後期	渋谷	ダイナミックなプラズマ宇宙	1
教養 1 年後期	渋谷	波動とエネルギーの世界	1
物理 3 年前期	渋谷	連続体力学	1
物理 3 年前期	渋谷	物理数学 D	1
物理 2 年後期	滝沢	力学演習	1
教養 1 年前期	梅林	情報処理学 (農学部生物生産学科)	1
教養 1 年後期	梅林	情報処理学 (理学部生物学科)	1
物理 2 年通年	梅林	電磁気学 A (2 年生通年)	2
教養 1 年後期	坂井	力学と解析力学 (物理学 A)	1
教育 1 年前期	坂井	自然科学の数学	1
教育 2 年前期	坂井	情報数学 CI (内容は統計学)	1
教育 2 年後期	坂井	電磁気学 / 物理学概論 B	1
教育 2 年後期	坂井	理科実験	2
教育 3 年前期	坂井	現代物理学 A / 原子物理学	1

5.1.2 卒業研究 (理論研究:4 年)

対象学生	指導教官	課題・テキストなど
柴田滝沢研	柴田	Introduction to PLASMA PHYSICS by F. F. Chen (前期) プラズマの粒子シミュレーション実習をし、報告書としてまとめた。
柴田滝沢研	滝沢	教科書：宇宙物理学 (高原文郎)、 演習問題を解いてまとめのレポートにした。
渋谷研	渋谷	プラズマ物理学 (F.F. Chen) 宇宙空間物理学 (大林辰蔵)
渋谷研	根本、安積	物質と場の対立に関する観測論的考察

坂井研	坂井	一般相対論と宇宙の進化の研究：膨張モデルの数値シミュレーション 一般相対論と時空構造：相対性理論の直感的解釈方法 (M1 と合同ゼミ) ・長沼伸一郎「一般相対性理論の直感的方法」通商産業研究社 ・Kolb & Turner「The Early Universe」Addison-Wesley
-----	----	---

5.1.3 体験入学 (高校生)

対象	実施者	課題など	実施日
体験入学生	柴田	宇宙は膨張している (実習)	9月18日
体験入学生	大学院学生全員	パネル展示:研究紹介	9月18日

5.2 他大学での講義など

対象	担当	内容
放送大学	柴田	天文と宇宙入門 I (集中)
東北芸術工科大学	渋谷	科学史 (前期)

5.3 大学院

5.3.1 講義

対象	担当	講義内容
理工修士2年(前期)	柴田	宇宙物理学
理工修士1年(前期)	渋谷	スペースプラズマ物理学
理工修士1年(前期)	梅林	天体物理学
教育修士1年(前期)	坂井	量子物理学特論
教育 / 理工修士1年(後期)	坂井	宇宙物理学特論 / 相対論的宇宙論

5.3.2 物理学特別演習

対象	担当	講義内容
理工修士1,2年	柴田、滝沢	テキスト輪講 <i>Fundamental Astronomy by Karttunen, H. et al.</i>
理工修士1,2年	梅林	テキスト輪講 <i>The Physics of Astrophysics, Volume II Gas Dynamics by F.H.Shu</i>

5.3.3 研究プロジェクト

学生氏名	指導教官	研究テーマ
高田 順平	柴田	パルサー磁気圏の粒子加速とガンマ線放射
佐藤 岳洋	滝沢	銀河団における cooling flow モデルの研究
増田 祐輔	滝沢	銀河団内における非熱的粒子のエネルギースペクトルの進化と加速過程について
山口 康広	柴田	X線天文衛星 ASCA による超新星残骸 G330.2+1.0 の観測的研究
和田 智秀	柴田	パルサー磁気圏における電子・陽電子ペア生成の効果の粒子シミュレーションによる研究
石川 広志	滝沢	銀河団のダイナミクスの数値シミュレーション
源川 巧	柴田	RXTE による PSR 1937+21 の観測的研究
中村 雄史	柴田	かに星雲の3次元モデル

5.3.4 談話会 (物理学特別研究)

日付	講演者	講演題目
4月19日	柴田 晋平	パルサー星雲：かに星雲のモデル
4月26日	高田 順平	パルサー磁気圏のアウトギャップモデル
5月10日	佐藤 岳洋	「銀河団内ガスの加熱過程」
5月17日	増田祐輔	高エネルギー粒子の起源としての SNR
5月24日	和田 智秀	パルサー磁気圏の粒子シミュレーションと電子陽電子対生成
5月31日	山口 康広	ASCA observation of X-ray nonthermal shell SNR G330.2+1.0
6月14日	源川 巧	PSR 1937+21 の観測と その意味 (RXTE 解析に向けて)
6月19日	榎田 淳子、谷森 達 (京都大学)	カンガルーによる PSR 1706-44 の TeV 線の観測
6月19日	高田 順平	Outer gap model for PSR 1706-44
7月5日	中村雄史	Crab Nebula Dynamics I(Kennel and Coroniti model)
10月3日	森 浩二 (Penn St. Univ.)	Chandra X線望遠鏡で見たかに星雲
10月16日	滝沢 元和	Chandra 衛星による銀河団 Abell 3112 中心部の観測
10月23日	嶺重慎(京都大学 基研)	ブラックホール物理最新の話から (仮題)
11月6日	山口 康広	ASCA による超新星残骸 G330.2+1.0 の観測 (新たな非熱的 SNR)
11月13日	佐藤 岳洋	Kaiser & Binney Cooling flow model
11月20日	増田 祐輔	Cluste における電子の加速と非熱的放射に関して
11月27日	和田 智秀	対生成の効果を考慮したパルサー磁気圏の数値実験
12月4日	源川 巧	RXTE による解析方法および PSR B1937 + 21 の観測
12月11日	中村雄史	Crab Nebula の 2次元イメージ化

1月8日	河合誠之(東京工業大学)	HETE-II による 線バースト観測
1月15日	石川広志	SPH 法の妥当性について
1月22日	高田順平	線パルサーの2次元 Outer-Gap model(1)—1次元モデルから2次元モデルへ—
2月12日	岡部信広、服部誠(東北大学)	銀河団プラズマにおける磁場発生メカニズムと熱伝導抑制
2月26日	柴田晋平	相対論的な遠心力風・ジェット形成理論のゆきづまり
3月10日	郡司修一	偏光 X 線天文学の重要性と技術的なチャレンジ
3月10日	高田順平	パルサーアウトバーギャップからの放射 + カンガルーの PSR1706 の観測の解釈

5.4 他大学での講義など

対象	担当	内容
東京工業大学大学院理工学研究科	柴田	宇宙電磁気学(集中)
東京都立大学理学研究科	柴田	物理学特別講義 I (集中)

6 学内マネジメントへの寄与

6.1 学内各種委員

氏名	委員の名称
柴田	自己評価委員会、アドバイザー教官、地域連携協議会委員、年次報告会世話人(学科内)
渋谷	交通対策委員(委員長)、図書(学科内) 理学部親交会委員(レクリエーション委員兼)
滝沢	情報処理委員(後期)
梅林	総合情報処理センター運営委員会、同 整備計画専門委員会、同 予算配分作業班、同 小白川地区運営委員会、ネットワーク運営委員会、教養教育委員会情報処理教育専門部会、入学者選抜に係る電算処理業務担当責任者、TOPIC(東北学術研究インターネット)運用責任者、大型計算機センター山形大学連絡所責任者
坂井	総合情報処理センター小白川地区委員会(全学)、入学試験委員会、情報処理委員会(教育学部)、カリキュラム委員(情報教育コース)、2年生担任

7 研究交流とプロジェクトの推進

7.1 研究会の主催

研究会の名称	山形大学の運営者	日時など
--------	----------	------

該当なし

7.2 共同研究プロジェクト

プロジェクトの名称	参加者	期間など
日豪科学協力事業協同研究(日本学術振興会) 超高エネルギーガンマ線天体の日豪共同研究	柴田	2003.4.1-2005.3.31 研究代表者 森正樹(東京大学宇宙線研究所)
日本学術振興会、重点研究国際協力事業共同研究(日独) 「宇宙の構造と化学進化の研究」 The Study of Structure and Chemical Evolution of the Universe	柴田、滝沢	2000 September 1st - 2003 August 31st: 研究代表者井上 (ISAS) Trumper(MPI)

7.3 公費以外の研究費

名称	受けた者	金額	課題名など
天文学振興財団国際研究集会参加助成	滝沢元和	120 千円	国際会議「The Riddle of Cooling Flows in Galaxies and Clusters of Galaxies」への旅費補助
科学研究費補助金(若手研究(B))	坂井伸之	800 千円	初期宇宙における非一様時空の進化とその観測的検証

7.4 海外での研究交流

氏名	渡航先	期間	目的
Shibata, S.	Pusan 大学, Daegu 大学, Korea	2002.11.17-21	大学間交流(留学生、研究)の促進のための友好訪問
滝沢元和	University of Virginia	2001.9.1-2002.8.31	文部科学省在外研究員

7.5 研究者の来訪: Visitor

氏名	目的	期日
櫛田 淳子、谷森 達(京都大学)	カンガルーによる PSR 1706-44 の TeV 線について共同研究(柴田、高田)	6月19-20日
森 浩二(Penn St. Univ.)	かに星雲について柴田と共同研究	10月2-4日
小島康史(広島大学)	パルサー磁気圏の磁場構造について共同研究(柴田)	10月23-24日
岡部信広、服部誠(東北大学)	銀河団プラズマにおける磁場発生メカニズムと熱伝導抑制について共同研究(滝沢・柴田・大野)	2月12日
佐藤夏雄(国立極地研究所)	講演	11月16日

7.6 学会等における委員

氏名	名称、内容
柴田晋平	日本天文学会天文教材小委員会委員委員長 2003年1月-2004年12月

7.7 Network Services

ホームページ <http://astr-www.kj.yamagata-u.ac.jp>

ftp サーバ <ftp://ksirius.kj.yamagata-u.ac.jp>

8 社会的貢献: Public Outreach

8.1 報道

(記者発表) なし

(テレビ新聞雑誌掲載など)

NHK ニュースにて、ALMA 講演会の模様紹介 (2002年12月14日)

NHK この人に聞くにて、宇宙を中心にした啓蒙活動についてインタビュー (2002年12月18日)

朝日新聞にて、観測会紹介 (2003年1月18日)

YBC ラジオにて、星空散歩のイベント紹介 (2003年1月24日)

星ナビ (月刊誌)、研究室および小さな天文学者の会を4年生の金井さんがリポート

8.2 一般講演

講演者	題目	日付	場所
柴田晋平	ブラックホールへの道 I	2003.11.10	南陽市 山形県天文同好者 集会
坂井伸之	超新星ニュートリノ検出の科学的意義	2003.2.8	山形市霞城公民館

8.3 その他の活動

滝沢元和: ISAS ビデオ宇宙に飛び出せシリーズ「X線で輝く灼熱の宇宙」制作協力 (データ提供、出演)

渋谷仙吉: 山形サイエンスラボ (YSL) 監事, 物理同窓会の講演会

小さな天文学者の会との共催で以下の事業を行なった。(いっしょに事業実施に貢献した会のみなさんにこの場を借りて感謝いたします。)

日付	事業名	場所
6月11日	部分日食観測会	市内7箇所
7月6日	七夕講演会「銀河紀行」	山形大学理学部大講義室
7月14日	望遠鏡を作って、観る	山形県産業科学館
7月19日	星空観察会	第8小学校
8月2日	望遠鏡を作って、観る	天童市小路子ども会
8月24日	望遠鏡を作って、観るの指導者研修	ソニー科学教育研究会(山形大会)
9月8日	星座教室	第七小学校, (於, 大首根小グラウンド)
10月5日	星座教室	鈴川小学校
11月16日	望遠鏡を作って、観る	天童市長岡小学校 4年生
12月14日	公開講座「アンデスの巨大望遠鏡」	山形大学理学部大講義室
1月25日	冬の星空散歩	山形大学 大学会館屋上
3月29日	望遠鏡を作って、観る	山形大学理学部/教育学部研修室

各事業において従事者のための講習会を開催しているが詳細は省略。

Appendix

A Publication

A.1 Book

なし

A.2 論文(査読あり)

Hirovani K., Shibata S., "Gamma-ray Emission from an Outer-Gap Accelerator: Constraints on Magnetospheric Current, Magnetic Inclination, and Distance for PSR 1055-52", 2002, *Astrophys. J.*, 564, 369-378

Shibata S., Miyazaki J., Takahara F., "On the Electric Field Screening by Electron-Positron Pairs in the Pulsar Magnetosphere II", 2002, *Mon. Not. R. astron. Soc.*, 336, 233-240

Ohno H., Takizawa M., Shibata S., "Radio Halo Formation through Magneto-turbulent Particle acceleration in Clusters of Galaxies", 2002, *Astrophys. J.*, 577, 658-667

Zharikov S. V., Shibanov Yu. A., Koptsevich A. B., Kawai N., Urata Y., Komarova V. N., Sokolov V. V., Shibata S., Shibasaki N., "Subaru optical observations of the old pulsar PSR B0950+08", 2002, *Astrn. Astrophys.*, 394, 633-639

Sakai N., Shibata S., "General Relativistic Electromagnetism and Particle Acceleration in Pulsar Polar Cap", 2003, *Astrophys. J.*, 584, 427-432

Hirovani K., Harding A. H., Shibata S., "Electrodynamics of Outer-Gap Accelerator: Formation of Soft Power-law Spectrum Between 100 MeV and 3 GeV", 2003, *Astrophys. J.*,

accepted

Takizawa M., "Evolution of Hard X-ray Radiation from Clusters of Galaxies: Bremsstrahlung or Inverse Compton Scattering?", 2002, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 54, 363-371

Fujita Y., Takizawa M., Sarazin C. L., "Nonthermal Emissions from Particles Accelerated by Turbulence in Clusters of Galaxies" 2003, *Astrophys. J.*, 584, 190-202

Takizawa M., Sarazin C. L., Blanton E. L., Taylor, G. B., "Chandra Observations of the Central Region of Abell 3112" 2003, *Astrophys. J.*, submitted

A.3 論文(査読なし)

Shibata S., Miyazaki J., Takahara F., "On the Field-Aligned Particle Acceleration in the Presence of Electron-Positron Pairs", 2002, *Proceedings of the 270. WE-Heraeus Seminar on Neutron Stars, Pulsars and Supernova Remnants*, eds. Becker W., Hesch H., Trümper J., Max Planck Institute für extraterrestrische Physik, pp 155-158

Shibata, S, Tomatsuri, H., Shimanuki, M., Saito, K., Nakamura, Y., Mori, K. "Pulsar Wind Nebulae and Particle Acceleration in the Pulsar Magnetosphere", 2002, *The Proceedings of the IAU 8th Asian-Pacific Regional Meeting, Vol II.* (see also astro-ph/0207437), eds. S. Ikeuchi, J. Hearnshaw, T. Hanawa, *Astronomical Society of Japan*, pp. 357-358

Shibata, S, Tomatsuri, H., Shimanuki, M., Saito, K., Nakamura, Y., Mori, K., "The Crab Nebula: 3-dimensional modeling", 2002, *The Universe Viewed in Gamma-rays*, eds. Enomoto, Mori and Yanagita, Universal Academy Press, in press

Takizawa M., Sarazin C. L., Blanton E. L., Taylor G. B., "Chandra observations of the central region of Abell 3112", 2002, in *Workshop on Galaxies and Clusters of Galaxies*, pp 57-60

Sakai N., Shibata S., "General Relativistic Analysis of Particle Acceleration in Pulsar Magnetosphere" 2002, *Proc. 11th Workshop on General Relativity and Gravitation*, 14-18

坂井伸之、柴田晋平一般相対論的電磁気学とパルサー磁気圏の粒子加速素粒子論研究 104 巻 6 号, F19-20

Sakai N., Yokoyama J., "Hybrid Monopole Inflation and Massive Black Hole Formation" 2003, *Proc. 12th Workshop on General Relativity and Gravitation*, in press

坂井伸之「膨張するモノポールとブラックホール形成」素粒子論研究、印刷中

A.4 解説記事など

A.5 国内の学会・研究会での報告

高田 順平 (山形大理工)、柴田 晋平 (山形大理)、広谷 幸一 (NASA/GSFC), 線パルサーにおける 2 次元 Outer-Gap モデル (I), 2003.3.24-26, 日本天文学会、春季年会、東北大学、仙台

- 柴田晋平, 地球サイズの磁場構造を偏光で見る—パルサー磁気圏の偏光観測, 2003.3.19, 宇宙放射線シンポジウム「次期X線天文衛星 NeXT は何を指すか」, 宇宙科学研究所、相模原,
- 高田順平、柴田晋平, The gamma-ray spectrum of the pulsar outer-gap, 2003.3.13, 「超高エネルギーガンマ線天文学のフロンティア—TeV ガンマ線ターゲット天体とその物理—」, 東京大学、柏
- 柴田晋平, 相対論的遠心力風における加速およびジェット形成の基礎理論, 2003.2.18, 「ブラックホール天文学の新展開」, 京都大学基礎物理学研究所、京都
- 柴田晋平, かに星雲の3次元モデル, 2002.10.31 高エネルギー天文学理論研究会、東京大学、東京
- 山口康広、柴田晋平 (山形大理)、鳥居研一 (理研)、河合誠之 (東工大)、S. R. Kulkarni, ASCA による超新星残骸 G330.2+1.0 の観測 (新たな非熱的 SNR), 2002.10.7-9, 日本天文学会、秋季年会、宮崎シーガイア
- 柴田晋平、戸祭晴彦、島貫真樹子、齋藤和幸、中村雄史 (山形大・理)、森浩二 (Penn. St. Univ.), かに星雲の3次元モデル—Chandra 観測の意味するもの I, 2002.10.8, 日本天文学会、秋季年会、宮崎シーガイア
- 高田 順平 (山形大理工)、柴田 晋平 (山形大理)、広谷 幸一 (NASA/GSFC), パルサー磁気圏の Outer-Gap からの 線放射, 2002.10.7-9, 日本天文学会、秋季年会、宮崎シーガイア
- 柴田 晋平、大野 寛、 斉藤 洋子、 大野 智宙、金井 陽子、土田 淳一、山口 康広、盛合 裕介 (小さな天文学者の会), 「小さな天文学者の会」の活動と研究機関の社会貢献, 2002.10.7-9, 日本天文学会、秋季年会、宮崎シーガイア
- Shibata S., The Crab Nebula: 3-dimensional modeling, International Symposium, The Universe Viewed in Gamma-rays University of Tokyo Workshop 2002, 25-28 September 2002, Kashiwa, Japan
- Takata J., Shibata S., Hirotani K. Gamma-ray Emission from Outer-Gap of Pulsars International Symposium, The Universe Viewed in Gamma-rays University of Tokyo Workshop 2002, 25-28 September 2002, Kashiwa, Japan
- 渋谷仙吉、「物理的観測論と二人称的観測論」, 2002.6.16, 東京工業大学
- Takizawa, M., "Chandra observations of the central region of Abell 3112", October 29-31 2002, Japan-Germany Workshop on Galaxies and Clusters of Galaxies, Laforet Shuzenji, Shuzenji, Japan
- 滝沢元和、「銀河団での統計的粒子加速と電波ハロー」, 2002.10.30-11.1 高エネルギー宇宙物理学の理論的研究、東京大学
- 滝沢元和、「銀河団高温ガスでの乱流粒子加速」, 2002.12.24-26 理論天文学懇談会シンポジウム、国立天文台
- 滝沢元和、「銀河団ガス中での磁気乱流粒子加速による非熱的電波放射」, 2003.3.12 国立天文台理論天文学研究系コロキウム、国立天文台
- 滝沢元和、「Non-Thermal Particles in Clusters of Galaxies」, 2003.3.14 超高エネルギーガンマ線天文学のフロンティア、東京大学宇宙線研究所
- 滝沢元和、「Chandra 衛星による銀河団 Abell 3112 中心部の観測」2003.3.24-26 日本天文学会 2003年春季年会、東北大学

滝沢元和、「銀河団での高エネルギー粒子加速と非熱的放射」2003.3.28-31 日本物理学会第58回年次大会宇宙線分科会シンポジウム：銀河団と宇宙線、東北学院大学

坂井伸之「パルサー磁気圏における一般相対論的電磁気学と粒子加速」2002.9.14 日本物理学会、立教大学

坂井伸之「パルサー磁気圏における粒子加速と一般相対論的效果」2002.10.31 高エネルギー宇宙物理学の理論的研究、東京大学

A.6 国際会議での報告

Shibata, S., "A New Aspect of Crab Pulsar Nebula: Particle Acceleration and Heating", 2002.11.18, Daegu University 2002 International Symposium, Daegu University, Korea

Shibata, S., "A New Aspect of Crab Pulsar Nebula", 2002.11.18, Pusan National University Seminar, Pusan National University, Korea

Sakai N., "General Relativistic Analysis of Pulsar Electromagnetic Phenomena" 2000.12.13, XXI Symposium on Relativistic Astrophysics, Florence