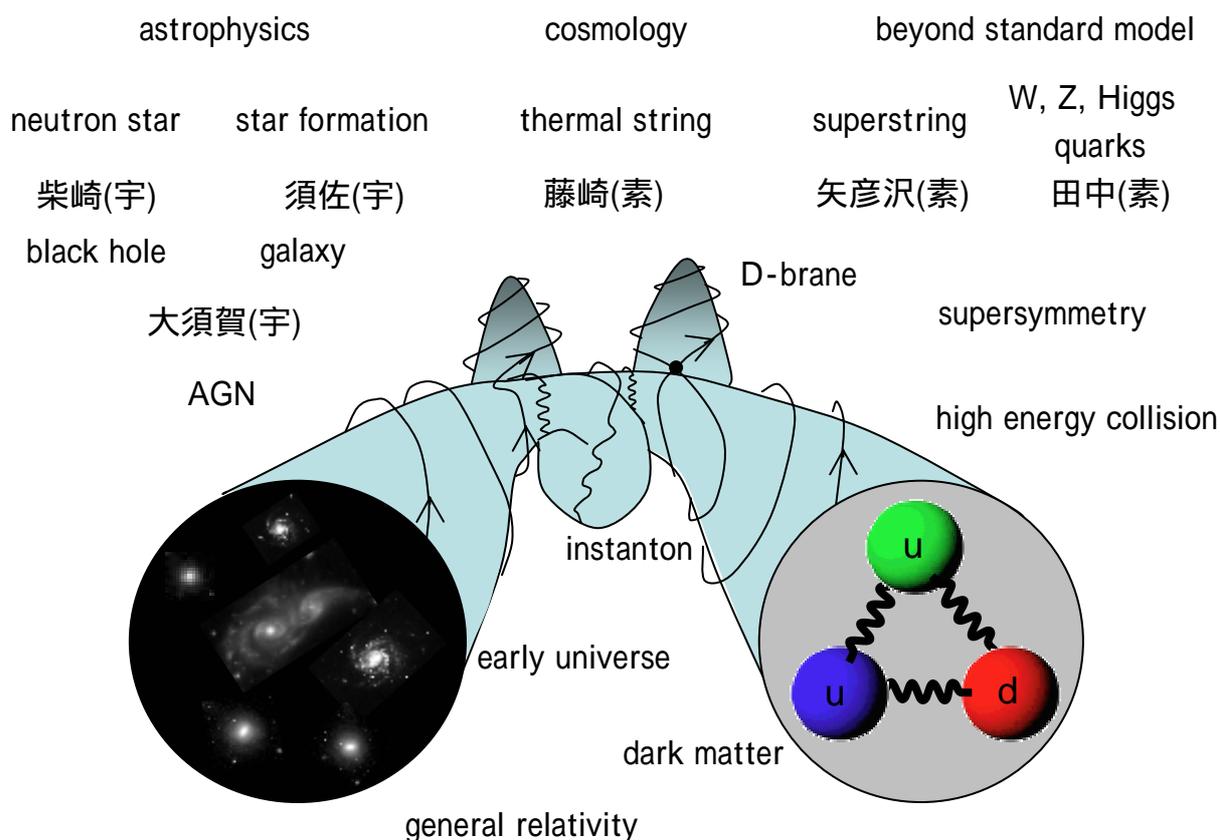


# 理論物理学研究室

素粒子物理と宇宙物理の理論、対象、テーマ、人。

いろいろと興味ある問題がたくさんあります。

いつでも、誰でも、質問・議論に来てください。



first star formation	牧(宇D1)
PopIII accretion disk	内山(宇M2)
galaxy formation	米谷(宇M1)
-ray burst	佐藤(宇M1)

gauge/string duality	知崎(素D1)
de Sitter-black hole	関和(素D1)
grand unification	若林(素D1)
QCD, proton	川嶋(素D1)
QED, atom	松浦(素D)
lepton, CP-violation	立花(素M2)
Yang-Mills theory	三宅(素M1)
quantum field theory	秦(素M1)

# 研究紹介

藤崎晴男

1. 専攻: 素粒子論・宇宙論を中心とする理論物理学

2. 研究課題: 超弦熱力学・共形場理論を中心とする素粒子論

3. 研究内容

- i) Newton 以来300年の蓄積のある理論物理学は、Einstein の "物理学の幾何学化" の精神に沿って統一されようとしている。このことは単に自然界の4つの型の基本的相互作用〈強・電磁・弱・重力相互作用〉の量子論での統一可能性を意味するのではなく、古典論〈マクロ物理学〉と量子論〈ミクロ物理学〉を同時に視野にとらえることの重要性を示唆している。超弦理論は4つの基本的相互作用を記述する統一理論の候補として有望視されている。その最大の特徴は古典論の対称性をそこなわない量子化が臨界時空次元で実現することにある。そこでは因果律およびユニタリー条件の他に、双対性が本質的役割を果たす。
- ii) 超弦理論は無次元の基本パラメーターは含まず、全ての物理現象を2次元曲面の相対論的・量子論的幾何学に還元して記述する。任意パラメーターとしては、相対論の要請からの光の速さと量子化にともなう "最短の長さ" が基本的に残る。通常の質点系の量子化とは著しく異なり、Planck 定数や Newton 重力定数は重力の量子論に特徴的な Planck 長を通じて登場する。このことは Heisenberg 不確定性関係そのものの拡張とその背後にある新たな対称性の存在を示唆している。昨今大流行の Dirichlet p-brane パラダイムの本質はここにある。
- iii) マクロ現象としての熱効果をミクロ論理である場の量子論の形式で直接取扱うことのできる処方箋が梅沢博臣達により開発され、TFD 形式の名の下に、通常の場合の理論のみならず弦模型および超弦模型にも適用され、くりこみ可能性の熱的安定性に基づく着実な成果が報告されている。
- iv) 我々はすでに TFD 閉弦模型において、双対性の熱的安定性を陽に示すとともに、有限温度での超対称性の破れは Hagedorn 温度以下では漸近的に無視しうることを、熱的ゆらぎ効果は量子論的ゆらぎ効果を抑止し発散の次数を下げ、かつ解析領域を拡大する機能をもちうることを、およびその機能には臨界温度が存在することなどを明らかにした。
- v) 我々はさらに TFD 閉弦模型において、有限温度でもモデュライ不変な宇宙項を構成し、熱的相反性による解析領域の拡大を陽に示した。とくに低エネルギー極限での自己エネルギー振幅について考察し、有限温度でもモデュライ不変な振幅を建設した。さらに低エネルギー定理と因子分解性の帰結として自己エネルギー振幅の宇宙項による表現を陽に導いた。
- vi) 我々はひきつづきボソニック閉熱弦模型での TFD 宇宙項の相転移を検討し、カノニカル相、ミクロ・カノニカル相、双対ミクロ・カノニカル相および双対カノニカル相の存在を確認すると同時に、自己双対温度は分岐点特異性を形成することにより最大臨界温度を設定していることを示した。
- vii) 我々は新たにヘテロティック閉熱弦模型において、有限温度でもモデュライ不変な TFD 次元正則化法を開発し、熱的相反性を満たす TFD 宇宙項を陽に構成した。とくに相転移について考察し、カノニカル相、自己双対ミクロ・カノニカル相および双対カノニカル相が存在するにもかかわらず、自己双対温度は特異点を形成

せず、最大臨界温度の値は双対 Hagedorn 温度にまで上昇しうることを示した。

- viii) 我々はすでに通常の4次元真空時空でのブラックホール熱力学をマイクロ・カノニカル・アンサンブル法で記述し、最も実現性の高い多体 Kerr-Newman 型ブラックホール分布は全系の質量・荷電・角運動量が1コのブラックホールに集中した非熱平衡状態であることを確認し、マイクロ・カノニカル最大臨界温度の存在可能性とその物理的意味につき考察した。
- ix) 我々はさらに反 de Sitter 真空時空でのブラックホール熱力学をマイクロ・カノニカル・アンサンブル法で考察し、Kerr-Newman 型ブラックホール多体系は任意の有限温度で熱平衡分布を実現しマイクロ・カノニカル臨界温度は存在しないことを示した。
- x) 我々はひきつづき通常の4次元真空時空でのディラトン結合型ブラックホール熱力学をマイクロ・カノニカル・アンサンブル法で検討し、最も実現性の高い多体ブラックホール分布はモデルの詳細によらず全系の質量・荷電・角運動量が1コのブラックホールに集中した非熱平衡状態であることを示した。
- xi) 今後の課題としては、超弦相転移を一般的枠組で議論し、臨界温度、臨界時空次元ならびに古典論時空次元そのものの熱力学的意味を調べる。この過程で熱的ゆらぎと量子論的ゆらぎとが共存する系での最も一般的な形での不確定性関係が確立される。そのときには、マイクロな場の量子論とマクロな熱力学との幾何学的対応関係が解明され、温度概念のみならず "最短の長さ" の時空幾何学的起源がはじめて理解される。こうして Einstein の意図した "物理学の幾何学化" は熱的效果をも含めて古典論と量子論との幾何学的対応関係の統一的記述により完成する。

我々の研究目的は、超弦熱力学・共形場理論に基づき "物理学の幾何学化" を確立し、宇宙の根本法則を解明することである。

採録人名辞典:Who's Who in the World; Who's Who in the 21st Century; Outstanding Intellectuals of the 20th Century; Eminent People of Today

#### 補: Fuj. School OB 現況等

- イ) 塚原周信君 … 理学博士(立教大学) [素粒子理論]・京都能開短大助教授
- 武藤重治君 … 理学博士(立教大学) [素粒子理論]
- 故・梁成吉君 … 理学博士(立教大学) [素粒子理論]・筑波大学教授
- 近匡君 … 理学博士(立教大学) [素粒子理論]・成蹊大学工学部教授
- 中川弘一君 … 理学博士(立教大学) [素粒子理論]・星薬科大学助教授
- 阿野成晃君 … 理学博士(立教大学) [素粒子理論]
- ロ) 関口真木君 … 理学博士(筑波大学) [素粒子実験]・(元)東京大学助教授
- 鈴木貴君 … 理学博士(筑波大学) [素粒子理論]・広島工大助教授
- 加藤英之君 … 理学博士(都立大学) [素粒子理論]・New York Univ. 研究員
- 近松健君 … 理学博士(筑波大学) [素粒子実験]・宮城学院女子大助教授
- 野崎真利君 … 理学博士(東京大学) [素粒子理論]
- 小林博和君 … 理学博士(筑波大学) [素粒子実験] (見込)
- 道正新一郎君 … 理学博士(東京大学) [原子核実験]・理研研究員
- 田代徹君 … 東京大学大学院生 [計算物理]
- 中村庸介君 … 筑波大学大学院生 [素粒子理論]

## 素粒子反応の理論的研究

スタッフ 田中秀和  
大学院生 立花繁人 (M2)  
川嶋一裕 (D1)  
若林裕也 (D1)

物質は何で出来ているのだろうかという古代からの素朴な疑問に対して、人類は現時点までに、「物質はクォークとレプトンで出来ており、それらの間の相互作用はゲージ粒子とよばれる粒子によって媒介されている」という物質像にまでたどり着いた。これは「素粒子の標準理論」とよばれているが、物質界や宇宙の現象を理解するための最も基礎的な理論体系の一つである。この標準理論の知識は、原子核物理学や宇宙物理学の基本的な知識ともなってきたので、更にその重要性を増してきている。

しかし、標準理論が物質の究極の姿を全て説明してくれるわけではなく、もっと深いレベルでの構造の反映であろうと考えられている。例えば、従来の標準理論では質量を持たない粒子として取り扱われていたニュートリノは、近年の研究から質量を持っているであろうと考えられるようになってきた。また、素粒子の質量の起源と考えられているヒッグス機構や素粒子の世代についても、多くの不明な点が残されている。

このような物質構造の研究は、理論的な研究と実験的な検証とによって進められている。理論的な研究としては、素粒子の標準理論が成立する起因をより深く理解するための統一理論の構築の試みなどと共に、複雑な素粒子反応がどこまで標準理論によって説明可能かを探る試みが挙げられる。素粒子の標準理論の枠組みは、学部 4 年次生でも（ちゃんと勉強すれば）理解できる体系であり、この分野は卒業研究で取り組むことも可能である。

以上の観点より、現在次のような研究を行っている。

### (1) 標準理論の検証

ニュートリノの質量を考慮した素粒子の標準理論は、現在実験との比較に於いて非常に良い精度で成り立っていることが知られているが、どこまでの精度で成立しているかは明らかではない。これを調べるためには、素粒子反応の精密測定が必要であるが、その結果を評価するためには、標準理論の精密計算を行い測定結果と比較する必要がある。

しかし、素粒子反応の精密計算は計算量が膨大になるものが多く、手計算で行うには限界がある。そこで、現在、高エネルギー加速器研究機構や他大学と協力をして、素粒子反応過程の理論計算の自動計算化を行い、標準理論の精密計算を行っている。

## (2) ハドロンの内部構造と高エネルギーハドロン散乱における強い相互作用の効果

原子核を構成する陽子や中性子などの強い相互作用をする粒子(ハドロン)は、クォークと強い相互作用を媒介するグルーオンの複合体と考えられているが、その内部構造は非常に複雑であり、未だに全貌は明らかではない。

例えば、陽子の持つスピンはクォークのスピンのみでは説明できないし、ハドロン間の相互作用はクォークやグルーオンのレベルで完全に理解できているわけではない。このように、強い相互作用の基本法則は理解されつつあるが、その複合体であるハドロンや原子核を標準理論で理解するためには、更なる研究が必要である。

ハドロンの内部構造の探索は、主にハドロン散乱反応を用いて行われる。実験的には、終状態に多数のハドロンが生成される複雑な現象の解析が必要であり、理論的に厄介なことは、強い相互作用は単純な結合定数の有限次数での展開では不十分であることが知られている。

そこで、強い相互作用による多粒子生成の機構を解明と、その知識を用いてハドロンの内部の構造やハドロン散乱現象の理論的研究を行っている。

## (3) 素粒子の標準理論を超える試み

素粒子の標準理論には、素粒子の質量、相互作用の強さ、相互作用を支配する対称性などの起源についての理論的に色々な疑問が内包されている。また、現在の標準理論の枠組みは、超高エネルギー領域では破綻をきたすことが示唆されており、現在実験が行われているエネルギーよりも高いエネルギー領域には新たな物理法則が存在しているであろうと考えられている。また、宇宙初期などを考える時には、素粒子の標準理論だけでは不十分であることが示唆されている。

これらの問題を解決するために様々な統一理論が提唱されているが、その中でも有望な超対称性を持つ統一理論についての研究を行うと共に、「次世代の超高エネルギー加速器では何が起こりそうか？」について理論的な研究を行っている。

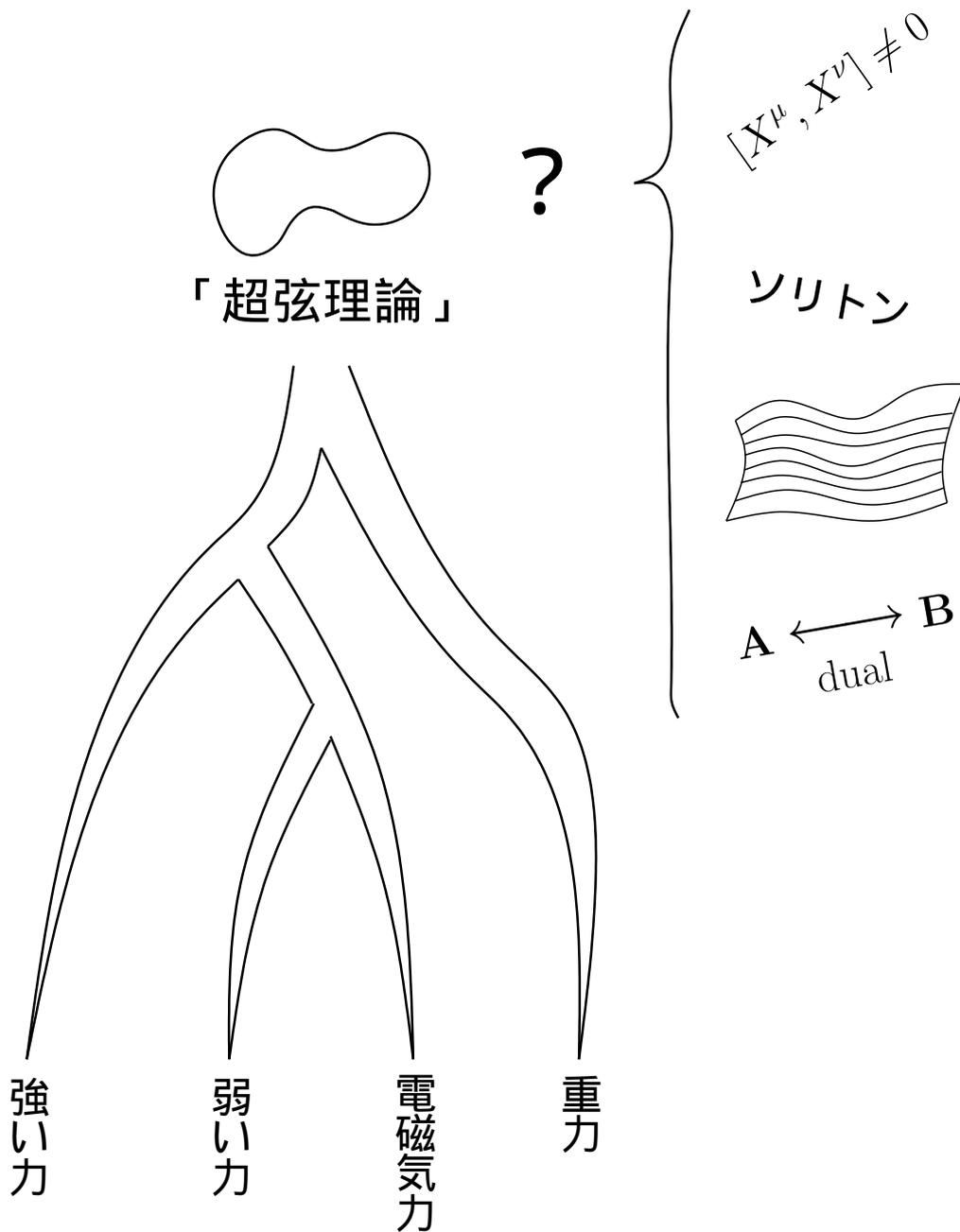
## 最近の発表論文

1. Three-Gluon Decay Function Using Space-Like Jet Calculus Beyond the Leading Order  
共著者： T. Sugiura, T. Munehisa, K. Kato  
Prog. Theor. Phys. 105(2001), pp.827-843
2. GRACE/SUSY Automatic Generation of Tree Amplitude in MSSM  
共著者： J. Fujimoto, T. Ishikawa, M. Jimbo, T. Kaneko, K. Kato, S. Kawabata,  
T. Kon, M. Kuroda, Y. Kurihara, Y. Shimizu  
Comput. Phys. Commun. 153(2003), pp.106-134
3. QCD event generators with next-to-leading order matrix-elements and parton  
showers  
共著者： Y. Kurihara, J. Fujimoto, T. Ishikawa, K. Kato, S. Kawabata, T. Munehisa  
Nucl. Phys. B654(2003), pp.301-319
4. Space-Like Jet Calculus for Single Gluon Radiating Processes  
共著者： T. Sugiura, T. Munehisa, K. Kato  
Prog. Theor. Phys. 109(2003), pp.981-993
5. Initial State Parton Evolution beyond the Leading Logarithmic Order of QCD  
Prog. Theor. Phys. 110(2003), pp.963-973  
单著

# 素粒子の統一理論としての「超弦理論」

矢彦沢茂明、知崎陽一 (D1)

今、超弦理論が新しい局面を迎え、  
脱皮しようとしています。



素粒子論とは物質を構成している基本粒子とその相互作用及び時空・宇宙の構造を研究する学問分野です。広い意味では、素粒子論は今までに知られた個々の自然法則や原理を、現在未解決な問題を手がかりにして、より簡潔な形で理解することを目指しています。ベータ崩壊に代表されるような弱い相互作用、ハドロンを構成しているクォークやグルオンの強い相互作用、一般相対性理論によって記述される重力、そして電磁気力、これら四つの力とその力を感じる物質を量子論と矛盾なく統一的に記述する理論として、現在最も有望な理論が「超弦理論」です。この理論の素朴な見方は、まず振動している紐を考えて、その各振動モードを「素粒子」とみなし、次にそれが分裂したり結合したりする過程を考えることです。この見方からゲージ場や重力場の導出などの重要な性質が導けます。しかし、真空の構造や紐の多体問題等を調べるにはそのような素朴な摂動論的な描像だけでは不十分であり、非摂動論的な見方が必要になってきます。上で、「超弦理論」として「」を付けたのは、非摂動論的な見方及び定式化においては素朴に紐を基本要素とする見方を離れる必要があるかも知れないからです。紐という見方をしないで定式化され、ある極限をとると従来の超弦理論が再現されるといった可能性もあります。さらに、時空というものの捉え方自体が変わっていくこともあるでしょう。

近年、双対性、Dブレーン、行列模型、時空の非可換性をキーワードとして少しずつ「超弦理論」に進展が見られ、私も非摂動論的な「超弦理論」の定式化に大いに興味をもって研究しています。また、時空に現れる宇宙初期の特異点やブラックホールの特異点の解消にも興味を持っています。なぜ「時空」は4次元なのか？ 宇宙項はなぜ小さいのか？ なぜ電子の質量は約  $9 \times 10^{-31} \text{kg}$  なのか？ といった問に答えられる日が来るかも知れません。

研究においては非常に柔軟な発想や思考が必要です。素粒子論を契機として、物性論、宇宙論、ブラックホールの物理、数理物理、統計物理、情報理論 ... 等にも興味を持っています。今までに、超弦理論以外にも、膜 (membrane) の理論、位相場の理論、超流体中の量子渦、宇宙紐のダイナミクス、Dインスタントン、時空の特異点、情報計量等々も研究してきましたが、それらはいずれも深いところで「超弦理論」と結びついています。

最近3年間の発表論文：

1. 「行列模型と弦理論」、  
矢彦沢茂明、立教 SFR 講究録 No.1 (2004) 85
2. “Information metric on instanton moduli spaces in nonlinear  $\sigma$  models”,  
S. Yahikozawa, Physical Review **E69**(2004) 026122
3. “Stability of the shell of D6-D2 branes in an N=2 supergravity solution”,  
K. Maeda, T. Torii, M. Narita and S. Yahikozawa,  
Physical Review **D65** (2002) 024030
4. “The excitation of a charged string passing through a shock wave in a charged Aichelburg-Sexl spacetime”,  
K. Maeda, T. Torii, M. Narita and S. Yahikozawa,  
Nuclear Physics **B598**(2001) 115

# 高エネルギー天体物理学の理論的研究

柴崎徳明

研究対象はX線やγ線といった高エネルギーの光子を放射する天体現象である。具体的には、X線星、パルサー、活動銀河核、宇宙ジェット、ガンマ線バーストなどである。これらの天体現象においては、極限的な星である中性子星やブラックホールが重要な役割を演じていると考えられる。天体現象を理論的に調べることで、およびその結果をもとに中性子星やブラックホールの性質を明らかにすることが研究の目的である。最近では、次のような研究課題に取り組んでいる。

## 1) マグネター

X線・ガンマ線を繰り返し爆発的に放射する天体である。中心星は1000兆ガウスという超強磁場をもつ中性子星である。X線・ガンマ線のエネルギー源は磁場のエネルギーそのものと考えられる。しかし、爆発的なエネルギー解放のメカニズムはまだ分っていない。中性子星の内部にある量子化された磁束管が表面層にストレスを与え、星震を起こすためと考え調べている。さらに、中性子星誕生の際、このような超強磁場が生じる原因についても研究を進める予定である。

## 2) パルサーグリッチ

パルサーグリッチとは、電波パルサーでパルス周期が突然変化する現象である。中性子星外殻の回転速度が突然変化するのだからである。その原因は中性子星の内部にあるとする説が有力である。超高密度の内部は超流動、超伝導の状態にあると考えられる。そこで現在、超流動渦糸や量子化された磁束管の振る舞いを調べている。グリッチを通して中性子星内部の性質と構造を明らかにしたいと考えている。

## 3) パルサー風とパルサーネビュラ

Be星と連星系を組んでいるパルサーがあり、この系からX線やγ線が観測されている。Be星風とパルサー風の衝突による衝撃波の形成、衝撃波での粒子加速、相対論的な電子・陽電子によるシンクロトロン放射およびコンプトン散乱というシナリオでX線・γ線の放射を調べ、パルサー風の性質について重要な知見を得ることができた。

現在はこの研究を発展させ、ガンマ線バーストや活動銀河核にみられる宇宙ジェット  
の性質について研究している。

#### 4) マイクロクエーサー

大量のX線を放射するX線連星でブラックホールを含むものがある。相手の星から  
流れ出た物質がブラックホールに落ち込む際、その一部がジェット状に放出されること  
がある。これは活動銀河核の小型版でマイクロクエーサーとよばれている。電波、赤外  
線、X線の放射を手がかりに、宇宙ジェットの放出メカニズムに迫りたいと考えている。

### 過去3年間の発表論文

Analytical Studies on the Structure and Emission of the SS 433 Jets

H. Inoue, N. Shibazaki and R. Hoshi 2001, *Publ. Astron. Soc. Japan* 53, 127-132.

Discovery of X-Ray Emission from the Crab Pulsar at Pulse Minimum

A. F. Tennant, N. Shibazaki, et al. 2001, *Astrophys. J.* 554, L173 - L176.

Vortex Configurations, Oscillations and Pinning in Neutron Star Crusts

M. Hirasawa and N. Shibazaki 2001, *Astrophys. J.* 563, 267 - 275.

Subaru Optical Observations of the Old Pulsar PSR B0950+08

S. V.,Zharikov, Yu. A. Shibanov, A. B. Koptsevich, N. Kawai, Y. Urata,  
V. N. Komarova, V. V. Sokolov, S. Shibata, N. Shibazaki 2002,  
*Astronomy and Astrophysics*, 394, 633-639

X-ray and Gamma-Ray Emission from the PSR 1259-63 / Be Star System

K. Murata, H. Tamaki, H. Maki, and N. Shibazaki 2003,  
*Publ. Astron. Soc. Japan* 55, 473-481

## 2003年度の口頭発表

「Vortex Configurations, Oscillations and Pinning in Neutron Star Crusts」  
Seminar at Ioffe Physical Technical Institute, St. Petersburg (2003, September 11)

「SGR・AXP 研究の現状」  
研究会「高エネルギー宇宙物理学の理論的研究」(2003 11/26-28, 大阪大学レーザー核融合研究センター)

「X-ray and Gamma-Ray Emission from the PSR 1259-63 / Be Star System」  
N. Copernicus Astronomical Center, Torun (2004 March 17)

# 原始銀河形成の理論的研究

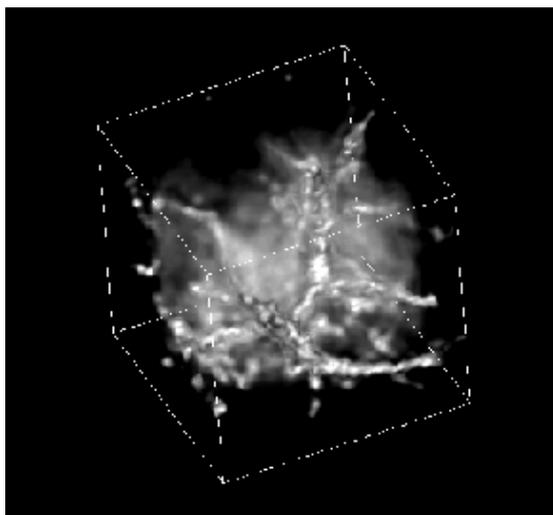
スタッフ：須佐

D1：牧 M2：内山

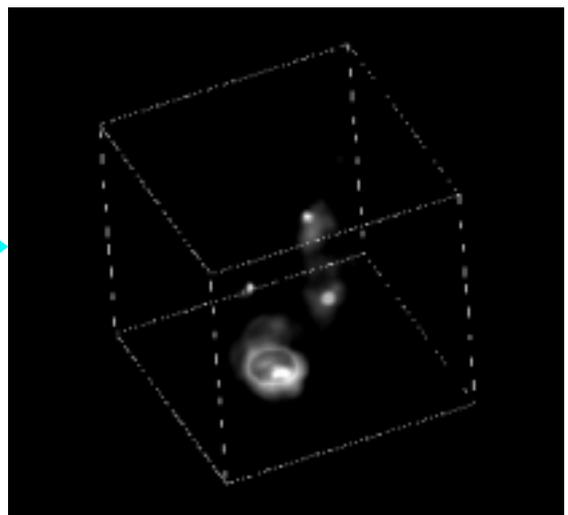
内容: 宇宙における現象を理論的な方法で調べている。最近の主たる研究テーマは、以下の2つである。

## 銀河形成論

銀河形成の問題は宇宙物理に現れるかなり多くの物理（重力、放射冷却、輻射輸送、化学反応、星の進化、超新星爆発）を含む複雑な問題である。特に銀河形成期においては、非常に強い紫外輻射場が満ちており、この輻射場が銀河のもととなる気体状物質の冷却／加熱に重要な役割を果たす。この問題を取り扱うためには輻射輸送方程式を正しく取り扱うことが不可欠である。最近の研究ではこの問題を3次元の輻射流体シミュレーションの手法によって研究している。下の図は最近行った銀河形成シミュレーションの結果の一例である。



銀河形成前の宇宙の密度揺らぎ



揺らぎが成長して銀河となる。

## 第一世代天体形成論

宇宙で最初にできた天体はどのような質量をもち、どのような条件下で形成されるのかを調べている。特に「First Star」と呼ばれる宇宙最初の星がどのような質量をもつのかはその後の宇宙の進化を大きく左右するためにきわめて重大な意味を持っている。当講座ではこの問題について、現在の星形成領域で知られている理論的、観測的知見を用いて詳しく研究している。このうち大学院生の牧は First Star に持ち込まれる磁場の量について詳しく解析している。

## 過去 3 年間の査読つき論文

1. "The Effects of Radiative Transfer on the Reionization of an Inhomogeneous Universe"  
Taishi Nakamoto, Masayuki Umemura, and Hajime Susa  
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 321, 593, 2001 March
2. "A shock Heating Model for Chondrule Formation in a Protoplanetary Disk"  
Akira Iida, Taishi Nakamoto, Hajime Susa, and Toshitsugu Nakagawa  
Icarus, Volume 153, 430, 2001
3. Criteria for the formation of Population III Objects in the Ultraviolet Background Radiation  
Tetsu Kitayama, Hajime Susa, Masayuki Umemura, and Satoru Ikeuchi  
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 326, 1353, 2001 October
4. On the Maximal Size of Chondrules in Shock-Wave Heating Model  
Hajime Susa and Taishi Nakamoto  
Astrophysical Journal Volume 564, L57, 2002 January 1
5. 連続体・多粒子系融合型超並列計算機システム  
朴、牧野、須佐、梅村、福重、宇川  
ハイパフォーマンスコンピューティング 88 - 10 2001 55 - 60
6. A shock-wave heating model for chondrule formation: effects of gas flows on silicate particles  
Hitoshi Miura, Taishi Nakamoto, and Hajime Susa  
Icarus, Volume 160, 258, 2002
7. Heterogeneous Multi-Computer Systemにおける重力効果を含む宇宙輻射流体計算  
朴、牧野、須佐、梅村、福重、宇川  
情報処理学会論文誌 Vol.43, No. SIG6 (HPS 5), pp.219-229, 2002年9月
8. Quasar Microlensing - Direct Probe to Substructures around Galaxies  
Atsunori Yonehara, Masayuki Umemura and Hajime Susa  
PASJ Volume 55, 1059, 2003, December 25
9. Formation of Dwarf Galaxies during the Cosmic Reionization  
Hajime Susa and Masayuki Umemura  
Astrophysical Journal Volume 600, 1, 2004 January 1
10. Dissipation of Magnetic Flux in Primordial Clouds  
Hideki Maki and Hajime Susa  
Astrophysical Journal accepted

## 編集

Proceedings of " THE PHYSICS OF GALAXY FORMATION" in Tsukuba, Japan  
Eds. Masayuki Umemura and Hajime Susa ASP Conference Series Vol 222, 2001

## 2003 年度の主な口頭発表

### 【国際会議】

1. Joint Seminar Japan-Italy (2003) Dec. 1-6, 2003  
“Effects of early reionization on the formation of galaxies” Hajime Susa
2. Joint Seminar Japan-Italy (2003) Dec. 1-6, 2003  
“Dissipation of Magnetic Flux in Primordial Clouds” Hideki Maki and Hajime Susa

### 【国内会議】

1. 日本物理学会・宇宙線シンポジウム 2003年9月  
招待講演「Dark Ageの天体形成とWMAP」 須佐 元
2. ミリ波・サブミリ波で拓く深宇宙 - ALMA時代の宇宙論 - 2004年1月、国立天文台  
招待講演「銀河形成の理論とALMA」 須佐 元
3. Galshop 2004 2004年1月、国立天文台  
"Cosmic Reionization History and Galaxy Formation" Hajime Susa
4. 日本天文学会秋季年会 2003年9月  
「宇宙の第一世代星形成における磁場の散逸」 牧 秀樹
5. 日本天文学会春季年会 2004年3月  
「早期再電離とCDMサブストラクチャー問題」 須佐 元

## サブルメント

“Star formation in the primordial gas” R. Nishi et al.  
Progress of Theoretical Physics Supplement Series No.147

## 日本語解説記事

天文月報 2003年2月号 「銀河形成における背景紫外輻射場の役割」 須佐 元  
天文月報 2003年12月号 「宇宙物理における輻射輸送問題」 須佐 元

## 公開講演会

「最新の宇宙像 最初の銀河」2003年12月 於 立教大学 須佐 元

## 最近の卒業研究のテーマ

「膨張宇宙のパラメータ決定」2002年度  
「第一世代天体形成の条件」2002年度  
「銀河形成の条件」2003年度  
「銀河中心の巨大ブラックホール形成」2003年度

# 活動銀河中心核・ブラックホール降着流の理論的研究

スタッフ：大須賀

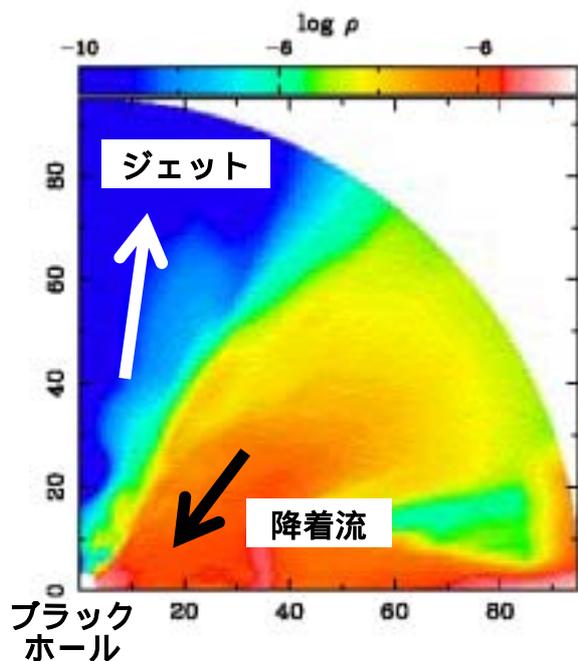
内容：理論宇宙物理学．宇宙における天体現象を，数値シミュレーションを用いた理論的な方法で研究している．主な研究テーマを以下に記す．

## (1)活動銀河中心核の形成・進化論

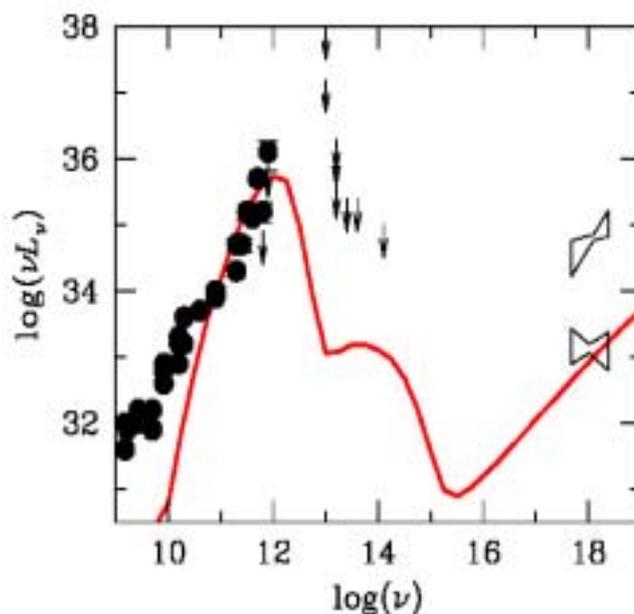
宇宙で最も明るく激しい活動を示す天体の一つである銀河の中心部は“活動銀河中心核”と呼ばれ，そこには超巨大ブラックホールが潜んでいると考えられている．星や銀河はもちろんのこと，全宇宙の進化に大きな影響を及ぼすこの天体は，宇宙最大級の光源である為，その研究においては重力や流体に加え，光と物質の相互作用を正しく取り扱う必要がある．この為，輻射流体力学を用いて活動銀河中心核の構造や形成・進化過程の研究を行っている．更に研究を発展させる為，大規模数値シミュレーションによるアプローチを推し進めている．観測データとの詳細な比較による理論の検証も行う．

## (2)ブラックホール降着流の理論的研究

ブラックホールとそれを取り巻くガス降着流は，活動銀河中心核をはじめ，宇宙ジェットやガンマ線バースト等，宇宙における高エネルギー天体のエネルギー源と考えられている．その研究は，これらの天体現象の謎を解き明かすばかりでなく，銀河中心の超巨大ブラックホールや銀河の成長・進化を解き明かす鍵として近年重要視されている．輻射輸送，輻射流体力学，磁気流体力学を駆使して，このブラックホール降着流の研究を行っている．下図は結果の一例である．



多次元輻射流体シミュレーションで得られたブラックホール周囲のガス降着流とジェット．



磁気流体計算に輻射輸送計算を組み合わせ解いた輻射スペクトル(実線)．他の記号は銀河系中心の観測データ．

## 過去 3 年間の査読つき論文

1. "Spectral Energy Distribution in Supercritical Disk Accretion Flows through Photon-trapping Effects"  
**K. Ohsuga**, S. Mineshige, and K. Watarai  
*Astrophysical Journal*, 596, 429-436 (2003)
2. "Spectra from a Magnetic Reconnectionheated Corona in Active Galactic Nuclei"  
B. F. Liu, S. Mineshige, and **K. Ohsuga**  
*Astrophysical Journal*, 587, 571-579 (2003)
3. "Does the Slim-Disk Model Correctly Consider Photon-Trapping Effects?"  
**K. Ohsuga**, S. Mineshige, M. Mori, and M. Umemura  
*Astrophysical Journal*, 574, 315-324 (2002)
4. "Formation of Obscuring Walls by the Radiation Force from Circumnuclear Starbursts and the Implications for the Starburst-Active Galactic Nucleus Connection"  
**K. Ohsuga** and M. Umemura  
*Astrophysical Journal*, 559, 157-166 (2001)
5. "Circumnuclear obscuration of the Circinus galaxy by starburst-radiation supported Wall"  
**K. Ohsuga** and M. Umemura  
*Astronomy and Astrophysics*, 371, 890-894 (2001)
6. "Implication for the Super-critical Accretion Flow in the Narrow-line Seyfert 1 Galaxy PKS 0558-504"  
Y. Haba, Y. Terashima, Kunieda, H. and **K. Ohsuga**  
Submitted to *Astrophysical Journal Letters*

## 2003 年度の国際研究会での研究発表

1. "Radiative Effects in Black-hole Accretion Flows"  
**K. Ohsuga**, S. Mineshige  
The Interplay among Black Holes, Stars and ISM in Galactic Nuclei
2. "Spectral Energy Distribution of Three-dimensional Magneto-hydrodynamical Accretion Flows"  
**K. Ohsuga**, Y. Kato, S. Mineshige  
Physics of Active Galactic Nuclei at all Scales
3. "Rapid Growth of Super-massive Black holes: "Hidden" Super-Critical Accretion"  
K. Watarai, **K. Ohsuga**  
Physics of Active Galactic Nuclei at all Scales
4. "Spectra of Three-dimensional Magnetized Accretion Flows"  
**K. Ohsuga**, S. Mineshige, Y. Kato  
Stellar-Mass, Intermediate-Mass, and Supermassive Black Holes

5. "Relaxation Oscillations of Luminous Accretion Disk in Microquasar: Spectral Evolution and Observational Implications"  
K. Watarai, **K. Ohsuga**, S. Mineshige  
Stellar-Mass, Intermediate-Mass, and Supermassive Black Holes

## 2003年度の国内研究会での研究発表

1. 3次元磁気降着円盤の輻射スペクトルとその時間変動  
大須賀 健、嶺重 慎、加藤 成晃  
日本天文学会
2. マイクロクエーサーのスペクトル進化：電子散乱の効果  
渡会 兼也、大須賀 健、嶺重 慎  
日本天文学会
3. Photon-Trappingを考慮した超臨界降着流の輻射スペクトル  
大須賀 健，嶺重 慎，渡会 兼也  
日本天文学会
4. Radiative Effects in Black-hole Accretion Flows  
大須賀 健，嶺重 慎  
16回理論天文学懇談会シンポジウム
5. Photon-Trappingを考慮した超臨界降着流の輻射スペクトル  
大須賀 健，嶺重 慎，渡会 兼也  
「ブラックホール天文学の新展開」研究会