



# 立教大学

理学部物理学科

大学院理学研究科物理学専攻

# 研究案内 2015

# 立教大学理学部物理学科の構成

立教大学理学部物理学科には3つの研究室があります。素粒子論と宇宙物理学の理論を研究する理論物理学研究室、原子核・原子を研究する原子核・放射線物理学研究室、宇宙と地球を研究する宇宙地球系物理学研究室です。主な研究対象が素粒子・原子核と宇宙・地球に、研究手法が理論と実験・観測に大別されているというわけです。この冊子では、物理学科構成メンバーの研究を紹介します。

## 理論物理学研究室

### 原子核・放射線物理学研究室

### 宇宙地球系物理学研究室

#### 理論物理学研究室

江口徹	小林努
田中秀和	疋田泰章
原田知広	横山修一郎

#### 原子核・放射線物理学研究室

小泉哲夫	栗田和好	立花隆行
家城和夫	村田次郎	榎園昭智
平山孝人	洞口拓磨	

#### 宇宙地球系物理学研究室

北本俊二	亀田真吾	Dmitry Khangulyan
田口真	星野晶夫	中川直子
内山泰伸	吉岡和夫	<b>実験技術員</b> 須賀一治

# 理論物理学研究室

## 江口徹

特任教授

数理物理学研究センター長



## 超弦理論とブラックホール

居室 4号館3階4319

専門分野 素粒子論・数理物理学

研究テーマ

・超弦理論, 超対称ゲージ理論, ブラックホール

2015年度担当科目

数理物理特論1, 素粒子特論2

オフィスアワー 月曜 14:00-16:00

最近の論文・著書等

・T. Eguchi

"Lattice Gauge Theory and the Large N Reduction" in Ken Wilson Memorial Volume, World Scientific Publication 2015.

・T. Eguchi, H. Ooguri and Y. Tachikawa, "Notes on the K3 surface and the Mathieu Group M24", *Exper. Math.* 20:91-96, 2011

私は超弦理論の力学や超対称ゲージ理論の厳密解など素粒子の基礎理論を主要な研究テーマとしていますが、これらの研究を通じて宇宙の創成やブラックホールの謎などを解明する事が長期的な研究目標です。我々は一体どこから来たのか、ブラックホールの中では一体何が起きているのか、これらは最も難しい現代物理学の難問ですが、超弦理論はこの10数年程の発展でこうした問題にある程度答えることができるようになってきました。特に、ある種の(超対称性を持つ)ブラックホールに関してはその量子状態を数え上げることによって、ベッケンシュタインとホーキングが予想したブラックホールのエントロピーの値を導出することが出来るようになりました。これは、BPS状態と呼ばれるブラックホールが持つ特定の状態が、超対称性によって理論の変形から守られるためその数が不変に留ま

り、正確な計算が出来るためです。このため理論のBPS状態の構造を調べる事は重要な問題となります。私は3年前にK3曲面とよばれる空間上にコンパクト化した弦理論を調べてそのBPS状態がある特別な離散群(マシュー群)の対称性を持つという不思議な事実に気づきました。この現象は現在マシュー・ムーンシャインと呼ばれて研究者の関心を呼んでいます(日本学術振興会、科研費ニュース2013年度vol.4参照)。これはいわば最も小さなブラックホールの持つ対称性に相当しますが、大きなブラックホールの持つ対称性がどうなるかはまだ分かりません。こうした問題を調べるには、数理物理的な手法が役に立つ場合が多く、12年度から始まった立教大学の数理物理センターの活動が大いに助けになるものと期待しています。

# 田中秀和 素粒子現象の理論的研究

教授



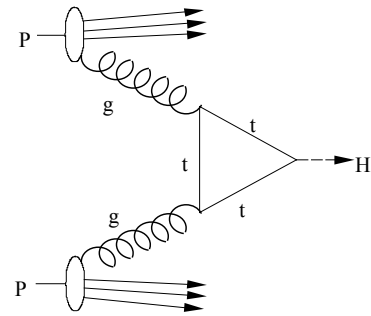
居室 4号館3階4324  
専門分野 素粒子物理学  
研究テーマ  
・クォーク・グルーオン系の物理  
2015年度担当科目  
物質の科学1,理論物理学講義2/5,波動と量子など  
オフィスアワー 水曜4限  
アカデミックアドバイザー 2年生

最近の論文・著書等  
・ TMD Parton Distributions based on Three-Body Decay Functions in NLL Order of QCD  
H. Tanaka, PTEP vol. 2015 (2015) 043B03,

物質の基本構造について現時点までに分かってきたことは、「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」という物質像です。これは「素粒子の標準理論」とよばれ、物質や宇宙の現象を理解するための最も基礎となる理論体系の一つです。

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ます。例えば、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ます。もし、ヒッグス機構が正しいとすると、ヒッグス粒子が存在するはずですが、2012年7月にCERNのLHC加速器でヒッグス粒子らしき粒子が発見されたとの報告がありました。現在、この粒子の性質について詳細な検証が行われています。

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ます。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や、宇宙進化との関係を探る研究などと共に、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ます。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す。



陽子と陽子の衝突におけるヒッグス粒子(H)生成過程の一例

# 原田知広 一般相対論とその宇宙物理学・宇宙論への応用

教授



居室 4号館3階4331  
専門分野 宇宙物理学  
研究テーマ  
・ブラックホール物理学,重力崩壊,自己相対解,時空特異点,重力波,原始ブラックホール  
2015年度担当科目  
物理数学1,宇宙物理概論,理論物理学講義1(相対論),物理入門ゼミナールなど  
オフィスアワー 水曜14:00-15:00  
アカデミックアドバイザー 2年生

最近の論文・著書等  
・ Tomohiro Harada, Chul-Moon Yoo, Tomohiro Nakama and Yasutaka Koga, "Cosmological long-wavelength solutions and primordial black hole formation," Phys. Rev. D91 (4/2015) 8, 084057 (25pp).  
・ Tomohiro Harada and Masashi Kimura, "Black holes as particle accelerators: a brief review," Class. Quant. Grav. 31 (11/2014) 243001 (invited, 17pp).  
原田知広, 椎野克, 「時空特異点とトポロジー〜宇宙の因果〜」数理解科学第53巻1号(2015年1月号)「特集:「科学における〈時間〉」—ありふれた存在を多角的に捉える—」32頁-37頁,(サイエンス社,東京,2015年1月)

一般相対論に代表される重力法則は、宇宙の誕生から現在そして未来への進化を記述し、高密度物質からなる中性子星の重力場を記述し、光さえも出られないブラックホールを記述し、さらに時空のゆがみの伝播としての重力波を記述します。一般相対論は、単に理論的に美しいだけでなく、重力に関する観測事実を極めて精密に説明することが実証されており、宇宙物理学・宇宙論の様々な状況において非常に重要な応用を持っています。最近の観測技術の進展は宇宙が加速膨張していることを発見し、近い将来には重力波の直接検出が可能となります。さらに、他の物理学や数学と関連した幅広い研究がなされています。ワームホールやタイムマシンなどを物理学として扱うこともできます。そうした様々な研究が有機的に結びついた総体が、現代の「一般相対論」分野です。

現在私は宇宙初期に形成される原始ブラックホールに関する研究を進めています。原始ブラックホールは現在の観測によって初期宇宙を知る手がかりとなる貴重な存在です。近年、Einstein方程式を一般的な状況で数値的に解くことが可能になりました。我々は、これまでばらばらに行われていた数値結果を比較するため

の定式化を行ってそれらを統一的に理解することに成功し、原始ブラックホール形成条件として我々が提案した解析公式が一般的に適用可能であることを示しました。

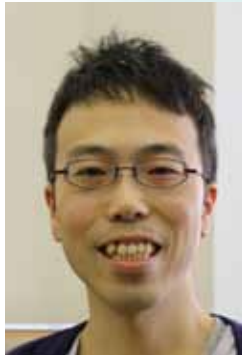
私の研究室では、一般相対論・宇宙物理学・宇宙論全般に広く興味を持って研究を行っています。卒業研究生・大学院生は、多彩なテーマの中から、相談の上でテーマを設定し研究を進めています。

$$\tilde{\delta}_{c,\min} \simeq \frac{3\Gamma}{3\Gamma + 2} \sin^2 \left( \frac{\pi\sqrt{\Gamma - 1}}{3\Gamma - 2} \right)$$

Harada, Yoo and Kohri, PRD88, 084051 (2013) で導かれた、原始ブラックホール形成条件の解析公式

# 小林努 宇宙論 – 宇宙進化史の理論的研究

准教授



居室 4号館3階4328  
専門分野 宇宙論・一般相対論・宇宙物理学  
研究テーマ  
・インフレーションなど初期宇宙の物理  
・ダークエネルギー・一般相対論の拡張  
2015年度担当科目  
統計力学 1/2, 理論物理学講究 3, 重力特論など  
オフィスアワー 水曜4限 / アカデミックアドバイザー 3年生

最近の論文・著書等

・"Generalized Galilean Genesis," S. Nishi and T. Kobayashi, JCAP 1503 (2015) 03, 057 [e-Print: arXiv:1501.02553 [hep-th]]  
・"Galilean Creation of the Inflationary Universe," T. Kobayashi, M. Yamaguchi, J. Yokoyama, e-Print: arXiv:1504.05710 [hep-th], JCAP accepted  
・"The most general second-order field equations of bi-scalar-tensor theory in four dimensions," S. Ohashi, N. Tanahashi, T. Kobayashi, M. Yamaguchi, e-Print: arXiv:1505.06029 [gr-qc], JHEP accepted

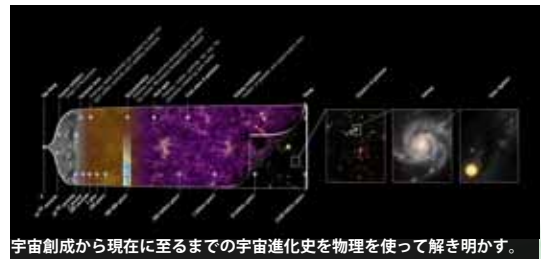
宇宙はどのようにして始まったのか？ 宇宙はどのようにして始まっているのか？ 宇宙はどのように進化して現在の姿になったのか？ 物質の起源は？ 私が専門とする宇宙論は、このような根源的な問いに物理学の言葉で答えることを目指している研究分野です。

私は、特に初期宇宙の物理過程に興味を持って研究しています。初期宇宙には、インフレーションと呼ばれる急激な加速膨張期があったことが確実視されています。これによりビッグバン宇宙論の諸問題が解決されますし、星や銀河などの構造の「種」となる初期揺らぎを量子論的な過程を通して生成することもできるのです。しかし、何がインフレーションを引き起こしたのか、その具体的機構の特定には未だいたっていません。超弦理論など素粒子論と初期宇宙の物理とのつながりも重要で興味深い研究テーマです。私は、インフレーション宇宙を記述する最も一般的な理論を構築することで、誕生間もない宇宙におけるさまざまな物理現象の解明を進めています。最近では、インフレーション宇宙がミンコフスキー時空から創生されるという初期特異点のない斬新なモデルを具体的に構成することに成功しました。

宇宙の加速膨張とダークエネルギーも、私が興味を持っている研究テーマのひとつです。Ia型超新星の観測によって現在の宇宙が加速膨張していることが明らかになり、その発見に対し2011年にノーベル物理学賞が与えられました。これは、現在の宇宙のエネルギー密度の大部分が正体不明のダークエネルギーなるもので占められていることを示唆します。なに

ものかわからない「なにか」がある、ということだけが分かっているのです。この研究テーマは、宇宙全体のような大スケールを支配する重力の理論は、そもそも本当に一般相対論なのか？ という問いに拡がっていきます。私は、一般相対論を超えて拡張された重力理論を探索し、その可能性をさまざまな角度から検討・検証しています。

宇宙に関する根源的な疑問を理論物理学の立場から追いかけていたい人、紙とペンやコンピュータで計算することが大好きな人はぜひ研究室の扉を叩いてみてください。



# 疋田泰章 超弦理論とゲージ / 重力対応

助教



居室 4号館3階4326  
専門分野 素粒子論・超弦理論  
研究テーマ  
・重力の効果の強い背景における超弦理論  
・ゲージ・重力対応の検証と応用  
2015年度担当科目  
量子力学 1/2, 物理学演習 2/3, 物理ゼミナール, コンピュータ実験 1  
オフィスアワー 月曜昼休み

最近の論文・著書等

・"高いスピンのゲージ理論によるAdS/CFT対応の理解に向けて," 疋田泰章, 日本物理学会誌 68, 378-381 (2013).  
・"Extended higher spin holography and Grassmannian models," T. Creutzig, Y. Hikida and P. B. Rønne, JHEP 11, 038 (2013).  
・"Higher spin AdS3 holography with extended supersymmetry," T. Creutzig, Y. Hikida and P. B. Rønne, JHEP10, 163 (2014).

超弦理論は、自然界にある物質や相互作用などを統一的に取り扱うことのできる、知られている唯一の理論です。特に、量子重力を矛盾なく記述することができるため、宇宙初期やブラックホール内部など、重力の効果が強くなる領域を調べるのに必要な道具立てとなっています。ビッグバンよりも先の宇宙があるかどうか、ブラックホールに吸い込まれた後どうなるかなどの問いに答えるためには、一般相対論を超えた超弦理論による理解が必要です。

超弦理論は「点」のかわりに、一次元空間方向に広がった「ひも」を基本要素とする理論です。ひもには様々な振動モードがあり、一つ一つのモードが異なる粒子に対応します。特に、閉じたひもの振動モードの一つは重力場に対応します。私は、重力の効果の強い背景における超弦理論の解析を通して、量子重力の性質を理解したいと考えています。

超弦理論は、曲がった空間上の超弦理論と、重力を含まない低次元のゲージ理論と対応である、ゲージ / 重力対応を自然に導きます。ゲージ / 重力対応では、片方の理論で取り扱いの難しい領域が、もう片方の理論では解析の容易な領域に対応することがあります。この性質を利用して、ゲージ理論の強く結合した領域を、古典重力理論で解析するという研究が多くなされています。特に、クォーク・グルーオン・プラズマの粘性の実験値をうまく説明できたことは、超弦理論と実験を結びつける初めての例として非常に注目を集めました。また、ゲージ理論は重力理論と比べるとより理解されているため、ゲージ理論を用いて量子重力の理解を得るという方向がさらに重要だと考えています。

ゲージ / 重力対応自体も推測の域を脱していき、まだまだ検証の必要なものとなっています。ゲージ / 重力対応の検証と応用両方の側面で行く予定です。



閉じたひもは余剰次元も含めた時空全体を動き回り、振動モードの一つは重力場に対応します。開いたひもはある平面上に束縛され、振動モードは物質要素や重力以外の力に対応するものを含みます。

# 横山修一郎

# 初期宇宙論・宇宙大規模構造形成の理論研究

助教



居室 4号館3階4326

専門分野 宇宙論

研究テーマ

・インフレーション理論, 宇宙マイクロ波背景輻射, 宇宙大規模構造, 原始重力波

2015年度担当科目

物理学演習 1/4, コンピュータ実験 1/2, 物理数学 2, 流体力学

オフィスアワー 金曜日休み

近年の宇宙観測の進歩はめざましく、誕生直後の宇宙の様子さえも詳細に議論できる時代が来ています。一方、現在標準的な宇宙進化のシナリオである膨張ビッグバン理論に基づけば、初期の宇宙は非常に高温で高密度であったと考えられます。そのような初期の宇宙では何が起きていたか？を物理的に考える際には素粒子理論も必要となります。2012-13年にかけたヒッグス粒子発見の話など、近年の素粒子理論の発展にもめざましいものがあります。私は、このような時代背景のもと、「進展著しい宇宙観測に基づき、素粒子理論とも整合性のとれた初期宇宙モデルの構築を目指す」研究を中心に進めています。

例えば、超ひも理論や超対称性理論などに基づく、初期の宇宙にはヒッグス粒子と似た性質を持った「スカラー場」が多数存在していた可能性があることが指摘されています。私は、このスカラー場が多数存在していた痕跡を宇宙大規模構造の観測からいかにして探し出すか、そして次世代の超高精度観測による検証可能性などについての研究を行っております。またこのような初期宇宙に存在していたスカラー場が現在の「暗黒物質」の源となっている可能性も指摘されております。この初期宇宙におけるスカラー場の存在の検証が暗黒物質の正体解明にもつながる可能性があり、暗黒物質にも興味を持って研究を進める予定です。さらにはこのスカラー場がある条件の下で現在まで存在していたら、もう一つの宇宙の謎である「ダークエネルギー」の正体にも迫ることができる可能性があり、こちらも興味深いテーマであると考えています。

最近の論文・著書等

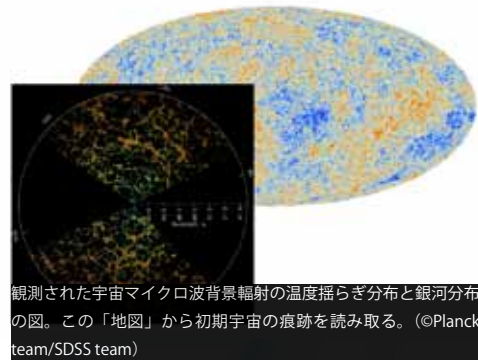
・「インフレーションと BICEP2」

横山修一郎・市来浄興、天文月報 2014年12月号

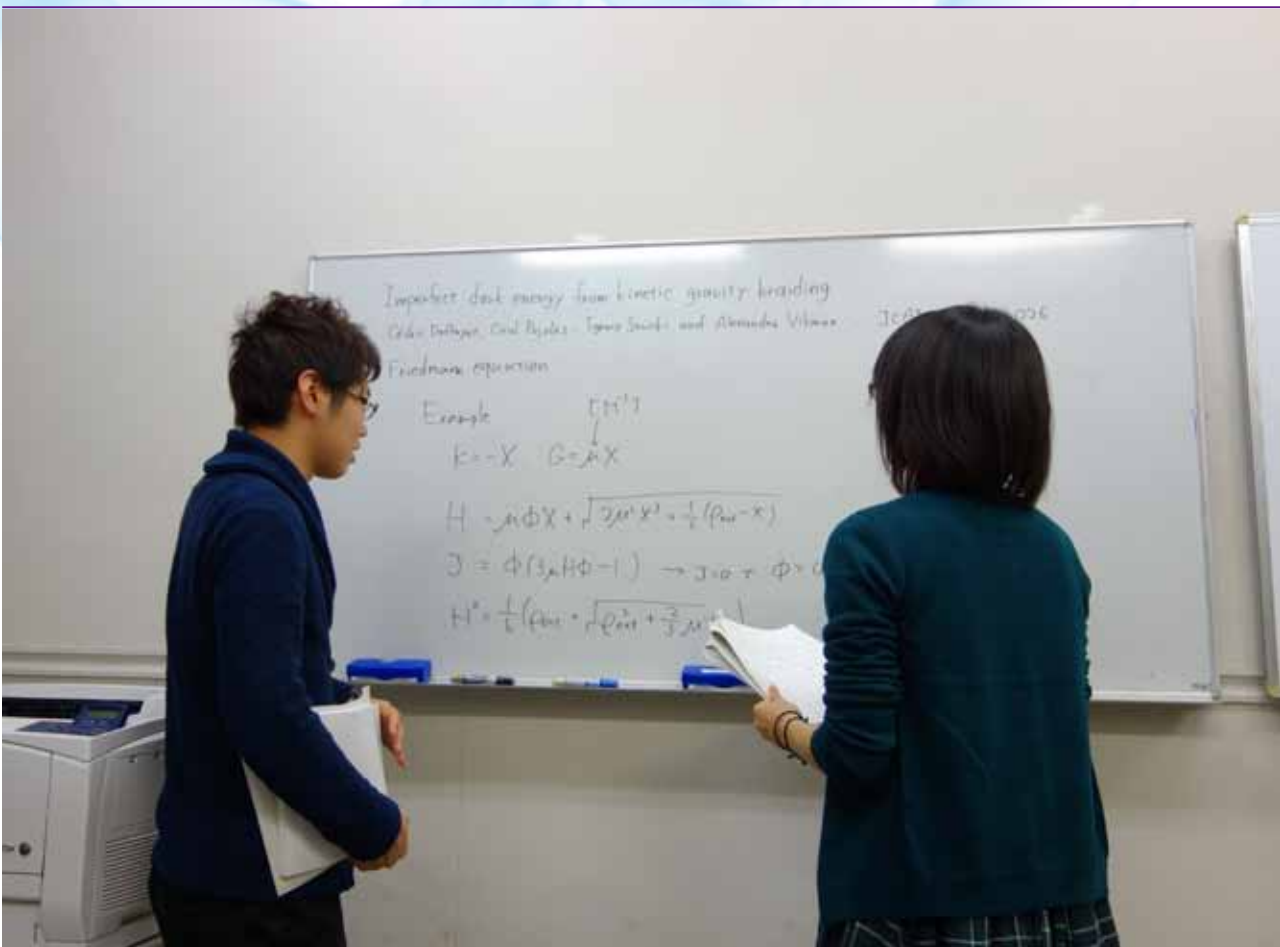
・“Anisotropic CMB distortions from non-Gaussian isocurvature perturbations”, Atsuhisa Ota, Toyokazu Sekiguchi, Yuichiro Tada, Shuichiro Yokoyama, JCAP 03 (2015) 013

・“Can a spectator scalar field enhance inflationary tensor mode?”, Tomohiro Fujita, Jun'ichi Yokoyama, Shuichiro Yokoyama, PTEP (2015)043E01 他

我々の宇宙はどのようにして始まったのか？そして、現在の宇宙の構成要素は何か？という謎の解明とともに、地上の加速器実験だけでは到達できない高エネルギーでの素粒子理論の検証という点においても初期宇宙の研究は重要な位置にあると考えられます。



観測された宇宙マイクロ波背景輻射の温度揺らぎ分布と銀河分布の図。この「地図」から初期宇宙の痕跡を読み取る。(©Planck team/SDSS team)



$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$



# 原子核・放射線物理学研究室

$$F = k \frac{Qq}{r^2}$$

## 小泉哲夫 低エネルギー領域の原子分子衝突実験

教授



居室 13号館6階C609

専門分野 原子分子物理学

研究テーマ

- ・イオン移動度によるイオンの構造分離
- ・低速多価イオンと原子分子の反応

2015年度担当科目

原子分子物理学, 物理入門ゼミナール, 物質の科学1

オフィスアワー 火曜3限/アカデミックアドバイザー 2年生

最近の論文・著書等

- ・ Absolute detection efficiency of a tapered microchannel plate for Ne<sup>+</sup> ions, S. Matoba, G. Ishikawa, S. Moriya, K. Takahashi, T. Koizumi, and H. Shiromaru, Rev. Sci. Instrum. 85 (2014) 086105.
- ・ Mobilities of Li<sup>+</sup>-attached Butanol Isomers in He Gas, K. Takahashi, K. Saito, T. Koizumi, S. Matoba, T. M. Kojima, H. Tanuma, and H. Shiromaru, J. Chem. Phys. 139(2013) 084317.
- ・ Transfer ionization processes in charge transfer reactions between slow-moving highly charged ions and atoms, Yusuke Nakajima, and Tetsuo Koizumi, Physica Scripta T156 (2013) 014035.

我々の世界は原子分子からできています。世の中で起こる様々な現象もミクロにみれば、原子や分子がお互いに接近してきて相互作用を起こすというこの積み重ねです。この様な一つ一つの原子分子の“衝突”過程を素過程といいますが、原子衝突の研究とは素過程を通して世の中で起こっていることを理解しようとするものといえるでしょう。原子衝突の研究で取り扱う衝突エネルギーは上は数 MeV から、下は熱エネルギー領域までと非常に広い範囲にわたっています。対象となる粒子も、電子・光子・原子・分子・それらのイオンと多彩です。これらの粒子が衝突すると相手から電子を奪ってしまうとか、相手とくっついてしまうとか、実に様々な現象が起こります。これは我々の世界の多様性を反映しているのですが、この多様性が原子衝突研究の魅力の一つでしょう。

さらに原子衝突の研究成果は広い分野に応用されています。宇宙空間での分子形成、核融合プラズマ、レーザー発振、化学反応、生体への放射線作用などの分野で原子衝突のデータが必要とされています。我々はその中でも低エネルギー領域（数十 meV ～ 数 keV）でのイオンと原子・分子・クラスターとの衝突過程に興味を持って実験を行っています。この領域は物理と化学の境界領域といえるでしょう。最近では、分子の構造異性体（分子式が同じでも構造が異なる分子）をイオン移動度の精密測定で分離できることを示しました。低エネルギー原子衝突の実験は比較的小型の装置で行えるものが多く、学部4年や修士課程の学生でも、実験の全体を把握でき、中心になって実験を進めることが可能です。研究に興味のある方の参加を期待しています。



13号館C609にあるイオン移動度実験装置

# 家城和夫 原子核物理：安定線から離れた核の反応・構造

教授



居室 4号館1階4140

専門分野 原子核物理学

研究テーマ

- ・中性子過剰核の構造・反応
- ・宇宙における元素合成過程

2015年度担当科目

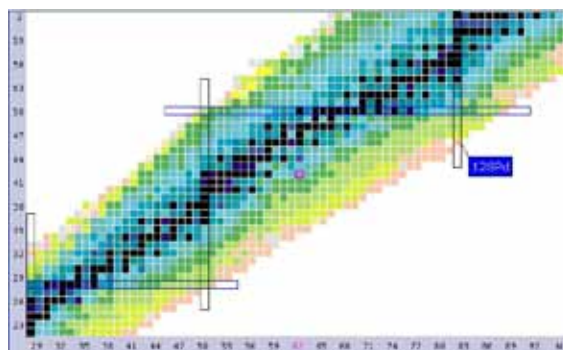
なし(研究休暇)

最近の論文・著書等

- ・ Different mechanism of two-proton emission from proton-rich nuclei  $^{23}\text{Al}$  and  $^{22}\text{Mg}$ , Phys.Lett. B 743, 306 (2015) Y.G.Ma, et al.
- ・ Determining the  $7\text{Li}(n, \gamma)$  cross section via Coulomb dissociation of  $^8\text{Li}$  Phys.Rev. C 88, 065808 (2013) R.Izsak, A.Horvath, et al.

物質の世界は分子-原子-原子核-核子-クォークという階層性をもっており、それぞれの階層に多様性があります。陽子と中性子の多体系としての原子核は現在では6000~7000種類あるとされていますが、そのうち安定なものは250種類ほどしかなく、大部分は $\beta$ 崩壊や $\alpha$ 崩壊ですぐに壊れてしまう不安定な原子核です。最近、加速器を用いて人工的に不安定原子核をビームの形で作り出し、その性質を調べるという手法が使えるようになり、安定核で知られていた性質とはかなり異なった様相が徐々に明らかになってきています。日本でも不安定核研究のための強力な実験施設(RIBF 理化学研究所)が稼動を始めており、原子核物理の一つのフロンティアとして新しい同位元素の発見などの大きな進展が期待されています。

不安定原子核には中性子数が陽子数に比べて多い核が多く存在し、ハロー構造など特異な構造をもつことがわかってきています。また、宇宙のなかで重い元素がどのようにつくられてきたかを調べる上では、このような中性子が過剰な原子核が重要な役割を果たしています。これらの核は反応で中性子を放出して壊れやすいので、このような原子核の性質を調べるためには中性子測定が一つの鍵となりますが、電荷をもたない中性子の精密な検出にはいろいろな工夫が必要です。我々はこれまで Neutron Wall と呼ばれる大型の中性子検出器を米国のミシガン州立大学で国際協力により建設し、実験するなどの研究を行ってきました。現在は、更に高性能な3次元位置検出の中性子検出器、 $\gamma$ 線検出器の開発を目指して研究を進めています。



核図表の一部(存在が確認されている原子核の分布。横軸：中性子数、縦軸：陽子数)  $^{128}\text{Pd}$ をはじめ45種類の原子核が最近のRIBFの実験で発見された。

# 平山孝人 表面における電子的励起・崩壊過程の実験的研究

教授



居室 13号館6階C609

専門分野 表面物理学・原子分子物理学

研究テーマ

- ・希ガスクラスターの電子的励起過程の観測
- ・希ガス固体における電子遷移誘起脱離過程の実験的研究

2015年度担当科目

物理学実験1, 物理計測論, 物理入門ゼミナール, 理学とキャリアなど  
オフィスアワー 月曜3限 / アカデミックアドバイザー 3年生

最近の論文・著書等

- ・ Comparative study of ion desorption from clean and contaminated  $\text{TiO}_2(110)$  surfaces by slow positron impacts. T. Tachibana, T. Hirayama, and Y. Nagashima, e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, accepted for publication.

- ・ レーザープラズマ光源を用いた希ガス混合凝縮層からの光励起脱離の観測, 岩渕あづさ, 立花隆行, 平山孝人, J. Vac. Soc. Jpn. 58, (2015) 165.
- ・ Positron-annihilation-induced ion desorption from  $\text{TiO}_2(100)$ , T. Tachibana, T. Hirayama, and Y. Nagashima, Phys. Rev. B89, (2014) 201409(R).
- ・ 希ガス固体におけるイオン衝撃脱離, 立花隆行, 平山孝人, 日本物理学会誌 67, (2012) 767-71. 他

私は以前からさまざまな様態の希ガスを対象とした研究を行ってきました。希ガス原子は「不活性ガス」と呼ばれることが示す通り、それ自身単体で安定に存在する単原子分子です。希ガス原子中の電子は許されている全ての軌道を占めていて、他の原子などと結合するための余っている手(結合手)を持たず、原子や固体といった全く違う状態でもその電子的性質はかなり似通っている事が知られています。そのため、原子数が最小の極限である孤立した原子、および最大の極限である固体、またその中間であるクラスター(有限個の原子が集まった粒子)という3つの状態を「電子的励起過程」という一つのキーワードで統一的に理解することが可能であると考えています。

私の研究室では、希ガスクラスター・希ガス固体の二つの相について電子的励起過程がどのように起こるのか、また励起状態がどのように移り変わっていくのかを明らかにするための実験的研究を行っています。原子が数十個~数千個集まった粒子であるクラスターに電子を衝突させ、跳ね返ってきた電子のエネルギーを測定することで、クラスター中でどのような励起過程が起きたのかを知ることができます。このような測定をクラスターの原子数(サイズ)を変えて行なうことで、たかだか100個程度の原子しかない粒子でも「固体」の性質を示すことが明らかになりました。また希ガスの固体表面に低エネルギーの電子・光・イオンを入射することによって飛び出してくる(脱離)粒子の持つ質量やエネルギーなどの情報から、固体表面においてどのような励起過程やその崩壊過程が起きているのか、また固体からどのような過程を経て粒子が飛び出してくるのかを知ることができます。



光電効果を用いた低エネルギー電子銃。光電陰極にLaB6単結晶、光源に半導体レーザーを用いることにより、エネルギー分析器を使わずに0.15eV程度のエネルギー分解能の実験が可能となる。



# 栗田和好 究極の物質の探求

教授



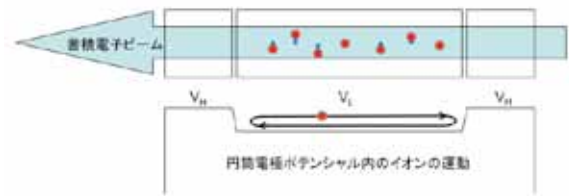
居室 13号館地階CB05  
専門分野 原子核実験  
研究テーマ  
・不安定核構造  
・QCD物理  
2015年度担当科目  
物理入門ゼミナール、物理の学び方、物理学実験2、ハドロン物理学など  
オフィスアワー 金曜5限(春)、火曜昼休み(秋)  
アカデミックアドバイザー 3年生

## 最近の論文・著書等

- ・ Nuclear physics at the SCRIT electron scattering facility  
T. Suda, K. Kurita et al. Prog. Theor. Exp. Phys. (2012) 03C008
- ・ First demonstration of electron scattering using a novel target developed for short-lived nuclei ,T. Suda, K. Kurita et al., Phys. Rev. Lett. 102, 102501 (2009)

現在の宇宙に分布する元素の存在比がどのようにして作り出されてきたのかは完全に理解されていない。この元素合成のプロセスをより深く理解するには様々な原子核同士の反応断面積を正確に測定する必要がある。我々はそのために、連携大学院を結んでいる理化学研究所とともに同研究所の不安定核ビームを用いた反応実験を行っている。理化学研究所は世界でも有数の不安定核ビームを用いた実験が可能な研究所である。とくに、我々がこれまで開発してきた SCRIT 法は不安定核を浮遊ターゲットとして電子散乱実験を世界で初めて可能にする手法で、この手法を用いて不安定核内部の構造の探求が間もなく開始される予定である。修士、博士論文を書くトピックとしては格好のテーマであり、研究者を目指す学生の皆さんをはじめ新たな物理学進展の瞬間に臨みたいと思う人を大いに歓迎する。なお、学部4年生の理化学研究所での実験参加も可能である。

我々はまた、PHENIX 実験に参加して宇宙初期の物質状態であったと考えられる QGP の性質の理解と陽子スピン構造の解明に力を注いでいる。その目的はハドロンとその間に働く強い相互作用の基礎理論である量子色力学 (QCD) を通じて宇宙の成り立ちを理解することである。



蓄積電子ビームによる3次元イオントラップの模式図。ビーム軸方向は円筒型電極電位が、それと垂直な方向には負のクーロンポテンシャルが、閉じ込めに寄与する

# 村田次郎 時空対称性の精密検証

教授



居室 13号館6階C607  
専門分野 原子核・素粒子物理学  
研究テーマ  
・基本相互作用のもつ対称性の研究・標準模型を超える物理の探索  
・近距離での重力の研究・余剰空間次元の探索  
2015年度担当科目  
コンピュータ実験1/2、現代物理学序論、原子核概論、原子核物理学、放射線計測特論など  
オフィスアワー 金曜昼休み / アカデミックアドバイザー 1年生

## 最近の論文・著書等

- ・ コズミックフロント「重力の神秘」NHK-BS 2014年11月
- ・ ガリレオ X 「世界は本当に三次元か？」BS フジ 2013年10月
- ・ 高エネルギーニュース「余剰次元探索を目指した近距離重力実験」2014
- ・ 『『余剰次元』と逆二乗則の破れ』講談社ブルーバックス 2011
- ・ 日経サイエンス 2013年1月号「余剰次元を探る」
- ・ Newton 2013年7月号「『見えない次元』を探し出せ！」
- ・ "A review of short-range gravity experiments in the LHC era", Class. Quantum Grav. 32 (2015) 033001

「時間と空間」、そして「物質と力」という物理学の究極の性質を明らかにする事を目標に、実験的な研究を行っています。時間反転対称性の破れ探索実験と、余剰次元の探索実験という、私たち自身が発明した装置を用いる事で他人には真似の出来ない研究を進めています。

巨大加速器実験による探索は高エネルギー化によって信号を増幅する正攻法ですが、私たちは小さな信号を超精密計測によって小さいまま雑音から見つける、アイデア勝負の小規模実験での挑戦を行っています。時間反転対称性はノーベル賞を獲得した小林・益川模型によってわずかな破れが予想されていますが、その破れではこの宇宙に物質に比べて反物質が非常に少ない説明が出来ません。私たちは、この矛盾を解決しうる、超対称性理論などが予想する大きな時間反転対称性の破れの探索を、カナダのバンクーバーにある TRIUMF 研究所にて世界最高精度で進めています。「時間に特別な向きがあるかどうか」という問いに対して、最も厳しい答えを持っているのは我が研究室なのです。

一方、画像処理技術を駆使する事で物体の位置をピコ精度で観測する技術を開発し、それを用いた独自の手法で我々の4次元時空を超える、超弦理論などが要求する一方で実験的には未発見の、余剰次元の存在を重力の逆二乗則の検証という方法で探索しています。これまでに時間反転の装置を応用した新たな実験で、時空の歪みを利用した原子核スケールでの逆二乗則の検証を初めて成功させた他、ミリメートルでの余剰次元の存在に対して明確な答えを出すことに成功しました。

現在は、時間反転対称性を前人未到の超高精度で新たに検証し、余剰次元のミクロンスケールでの探索に挑戦しています。面白い事は何でも挑戦する、そんな研究室で世界を舞台に楽しく研究しています！



大学院生を中心とした余剰次元探索実験 Newton-IVh の研究チーム

# 洞口拓磨 医学物理学

特任准教授



居室 13号館6階C605/12号館2階B219

専門分野 生物物理学・医学物理学・原子核物理学・放射線生物学・放射線計測学・医療統計学・保健物理学

研究テーマ

- ・医療系原子核反応データ研究
- ・物理学に基づいた放射線生物学効果の研究

2015年度担当科目

前期課程特別研究, 修士論文指導, 前期課程輪講, 後期課程特別研究指導, 放射線計測演習

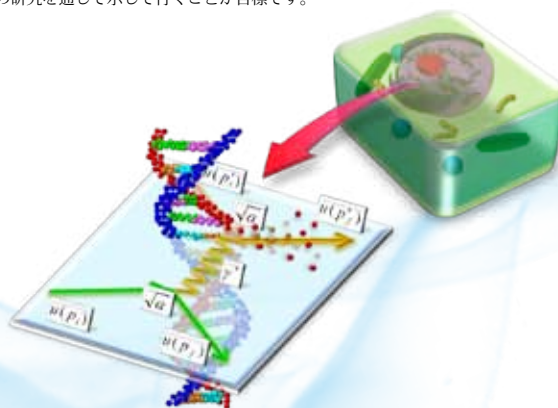
オフィスアワー 水曜5限

近年、陽子線や炭素線を用いた粒子線治療と呼ばれる高精度放射線がん治療が非常に注目を浴びています。そのような急速に進歩する先進医療の現場では、新しい技術への対応が急務であり、**物理学の素養を持ったより汎用性の高い医学物理士という新しい職種が極めて重要視されるようになってきました。**基礎科学出身者の経験を活かした明確な社会貢献という意味でも、新しいキャリアパスとして広く認知されてきています。

医学物理学は、医学と物理の融合のように捉えられるかもしれませんが、放射線が生物に与える影響は、放射線の入射に始まる物理過程から化学過程・生化学過程・生物過程を経て、ようやく臨床的影響を垣間見ることができます。このように医学物理学を学習・研究するためには、**実に多くの学問分野にまたがった広い視野と深い知識が必要です。**一方で、**従来の領域だけに偏らず医学というキーワードの元に新しい研究領域を構築していく**ことを両立しなければなりません。

私の研究室では、医学物理学の観点から放射線生物作用の実験的・理論的理解や粒子線治療に直結した原子核反応データ測定を中心に、基礎物理学的手法によって研究を展開しています。放射線はがん治療や診断に利用される一方、放射線による被ばくはがん誘発の可能性を持っています。放射線の生物作用は基本的に同じはずであり、物理学のような基礎科学の公平な視点から首尾一貫したメカニズムを解明することも医学物理学の役目です。また、研究活動を通して、医学物理士として医療現場で活躍するための教育も行っています。

立教大学では、がんプロフェッショナル養成基盤推進プランの元、医学物理教育に力を注いできました。私の研究室は、理学部物理学科を土台とする医学物理研究室としては全国に例はありません。**社会に貢献するという視点が、単に応用という言葉では片づけられないほどの基礎科学の積み重ねを要求している**という事実を医学物理学の研究を通して示して行くことが目標です。



# 立花隆行 固体表面上における脱離ダイナミクス

助教



居室 13号館6階C606

専門分野 表面物理, 原子分子物理

研究テーマ

- ・陽電子消滅誘起脱離
- ・レーザープラズマ光源を用いた光励起脱離, 他

2015年度担当科目

物理学実験1, 理科実験

オフィスアワー 木曜昼休み

最近の論文・著書等

- ・"Comparative study of ion desorption from clean and contaminated TiO<sub>2</sub>(110) surfaces by slow positron impacts." T. Tachibana, T. Hirayama, and Y. Nagashima, EJSNT, (2015) accepted for publication
- ・"Increase in the positronium emission yield from polycrystalline tungsten surfaces by sodium coating." Hiroki Terabe, Shimpei Iida, Takashi Yamashita, Takayuki Tachibana, Bernardo Barbiellini, Ken Wada, Izumi Mochizuki, Akira Yagishita, Toshio Hyodo, Yasuyuki Nagashima Surf. Sci., (2015) accepted for publication
- ・「レーザープラズマ光源を用いた希ガス混合凝縮層からの光励起脱離の観測」岩淵あづさ, 立花隆行, 平山孝人, J. Vac. Soc. Jpn. 58, (2015) 165.

電子、光子、イオンなどのビームが固体試料に衝突すると、多様な形でエネルギーの移行が起こる結果として、固体表面を構成する原子や分子が真空中に脱離（放出）します。この現象はビームと固体の相互作用に現れる最も単純な表面反応であり、その過程を理解することは固体表面にある原子や分子の動的応答を解明する上で重要です。現在、凝縮性固体表面で起こる脱離現象を様々な方法で調べています。

また最近では、電子の反粒子である陽電子が引き起こす脱離反応にも興味を持っています。陽電子は電子と出会うと共に消滅してしまう性質を持っています。この様な陽電子を固体に衝突させると、電子-陽電子消滅が引き金となって表面にある分子の解離や脱離が誘起されます。この現象は古くから理論的研究によって予想はされてはいましたが、観測することがとても難しいために実験的研究はほとんど進んでいませんでした。それに対して私の研究グループでは最近、測定装置の改良を重ねることで世界に先駆けて陽電子消滅誘起イオン脱離の現象を捉えることに成功しました。現在はその脱離現象を詳しく観察することで、陽電子と固体表面との相互作用を調べています。



陽電子消滅誘起イオン脱離観測装置

# 榎園昭智 原子核反応を用いた宇宙初期の探索

助教



居室 13号館6階C606

専門分野 原子核物理

研究テーマ

- ・短寿命不安定原子核の電荷密度分布の精密測定
- ・高エネルギー原子核衝突事象 (QGP) の研究

2015年度担当科目

物理学実験1, 理科実験

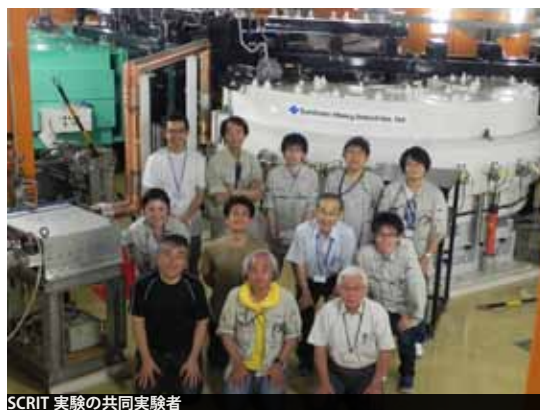
オフィスアワー 木曜昼休み

最近の論文・著書等

- ・“Nuclear physics at the SCRIT electron scattering facility” Toshimi Suda et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 03C008 (2012)
- ・“Charged kaon interferometric probes of space-time evolution in Au+Au collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV” S. Afanasiev et al., Phys. Rev. Lett. 103, 142301 (2009)

その目標運動量分解能である  $\Delta p/p \sim 10^{-3}$  をほぼ達成しました。本年度はいよいよ電子・短寿命不安定核散乱実験を本格的に開始し、世界で初めてその原子核内部構造を明らかにします。

ビッグバンで始まった宇宙がどの様に発展し、物質を形成して現在の宇宙・銀河を形作ったか？この疑問に答えるためには宇宙初期に存在したと考えられている素粒子だけの世界・クォーク・グルーオンプラズマ (QGP) の研究が欠かせません。私たちの研究室では米国ブルックヘブン国立研究所にある相対論的重イオン加速器を用いた PHENIX 実験に参加し、高エネルギー原子核衝突から生み出される約 4 兆度にも達する QGP の研究を行なっています。原子核衝突で出来る QGP の大きさはフェムトスケールなので普通の観測手法では到底測定は不可能ですが、衝突から放出される同種二粒子の量子統計的な干渉効果を観測することでフェムトスケールの測定が可能となり、私達は更にこの測定量をイメージング解析することで QGP のより詳細な時間・空間の描像を観測することに成功しました。さらに私たちの研究室では理化学研究所において不安定核・電子散乱実験 (SCRIT) グループに参加し、短寿命不安定原子核の電荷分布を世界で初めて測定することに取り組んでいます。これは宇宙発展の過程でより大きな原子核がどの様に形成されていったかを知るための非常に有用な見知となります。我々は東北大学と共に散乱電子スペクトロメータの開発に取り組んでおり、2014年度にはテスト実験において



SCRIT 実験の共同実験者



# 宇宙地球系物理学研究室



## 北本俊二 X線で宇宙を解明

教授



居室 13号館6階C613

専門分野 X線天文学・X線観測装置の開発

研究テーマ

・X線天体の観測、X線干渉計・能動光学X線望遠鏡の開発

2015年度担当科目

電磁気学1, 宇宙地球系物理学概論, 宇宙地球系物理学講義1, 宇宙放射線特論

オフィスアワー 金曜3限

最近の論文・著書等

“New multiwavelength observations of the Of?p star CPD -28° 2561”

S. Hubrig, M. Schoeller, A. F. Kholytgin, H. Tsumura, A. Hoshino, S. Kitamoto, L. Oskinova, S. R. Ignace, H. Todt and I. Ilyin, 2015, MNRAS, 447, 1885-1894

“ASTRO-H White Paper - Accreting Pulsars, Magnetars, and Related Sources” Kitamoto, S. et al. 2014, arXiv1412.1165K

“Challenge to High Precision X-ray Telescopes for Astronomical Usage”

S. Kitamoto, in “International Workshop on Atomically Controlled Fabrication Technology”, Feb. 5-6, 2014, Nakanoshima Center Osaka University, Osaka. 他

O型やB型といった早期型星が、予想外にX線で明るい天体である事が発見されたのは1982の事です。それ以降、観測が進むとともに、理論的なX線放射機構も研究されてきました。2000年代に入り早期型星のいくつかから、再び予想外にも数百から1キロガウスという表面磁場が検出されました。今、早期型星のX線放射機構と磁場の関係を明らかにする事は、謎解き問題として大変興味ある問題です。そして、その結果は、星の進化あるいは内部構造の考え方にも影響を与えるかもしれません。我々は、たくさんの早期型星のX線エネルギースペクトルを観測調査する事で、磁場との関係を明らかにしようとしています。

X線望遠鏡の技術が進み、1999年に米国のチャンドラ衛星が打ち上げられるに至り、0.5秒角の角度分解能を達成しました。そして、可視光の望遠鏡の分解能と肩を並べる事ができました。しかしながら、同口径の望遠鏡では、可視光に比べてX線は遥かに高い理論的な角度分解能(回折限界)を持つことができます。しかし、現実的には、技術的に大変難しく、未だ誰も達していません。我々は、二つの方法で、高い分解能を持つX線望遠鏡の開発に挑戦しています。一つは、能動光学を用いる方法です。これは、「すばる望遠鏡」等で用いられている技術で、鏡の形状をコンピューターで制御することで、高い分解能を達成しようとする技術です。もう一つは、X線干渉計です。天体からある波長のX線を2箇所の鏡で受け止め合成し干渉させた場合、干渉の度合いは、2箇所の鏡の間隔と天体の見かけの大きさにより決められます。従ってX線干渉計は普通の意味での撮像はできませんが、天体の大きさや大雑把な形状

を測定する事ができます。X線干渉計を天体観測に応用しようとしているのは、今では世界中で我々だけです。そして、夢は世界に先駆けてX線干渉計を実現しブラックホールの大きさを測定する事です。



X線ビームスプリッターの特性測定の実験。真空槽を高エネルギー加速器研究機構へ持ち込んで実験をしている。

# 田口真 光で探る惑星大気

教授



居室 13号館6階C603

専門分野 惑星大気物理学

研究テーマ

- ・惑星大気ダイナミクスの研究
- ・惑星探査用光学センサー、気球搭載望遠鏡の開発

2015年度担当科目

力学1, 基礎物理学演習1, 宇宙地球系物理学講義など

オフィスアワー 火曜昼休み/アカデミックアドバイザー 1年生

地球の大気中には様々な発光現象が起こっています。地球以外の惑星の大気には未知の現象も多くあることでしょう。光は障害物がない限り光速で進み続け、遠く離れた場所に発光源の情報を届けてくれます。私たちの研究室では光を使った惑星大気の研究を行っています。2010年5月に打ち上げられた金星探査機「あかつき」はいよいよ2015年末に金星周回軌道に再投入されます。「あかつき」搭載赤外カメラ(LIR)によって得られる金星赤外画像は金星大気ダイナミクスの研究に大きな進展をもたらすと期待されています。

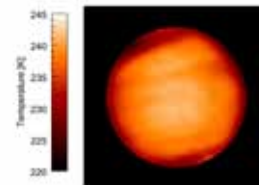
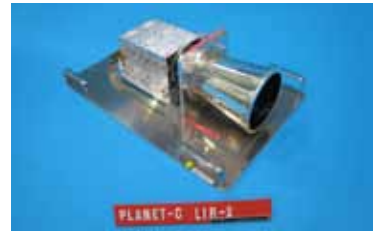
惑星の大気にもオーロラや大気光(大気中の化学反応によって発生する微弱な光)、雷など地球大気と同じような発光現象があります。しかし、惑星は遠く離れているので、詳しく調べるためには大型望遠鏡を使うか、探査機を飛ばして惑星に近づかなければなりません。また、微弱な光をとらえるためには、明るい光学系と高感度のCCDや光電子増倍管といった光検出器が必要になります。私たちはそれらの光学技術を結集して、気球を利用して地球の成層圏に望遠鏡を浮かべて惑星大気を観測をする、言わば空に浮かぶ天文台の開発を進めています。来年夏季に木星大気の研究を目的として、北極域での気球実験を計画しています。

北極や南極で見られるオーロラは言葉で言い表せないほど美しく神秘的な発光現象です。オーロラや大気光には、それらが生じる場所の物理状態に関する情報が含まれています。私たちの研究室では、高性能干渉計を使った超高層大気の流れや温度の観測やアイスランドと南極昭和基地でのオーロラ観測によって得られたデータに基づいて、地球の超高層大気や磁気圏の研究を進めています。

宇宙や自然が好きで、惑星探査機に自分の観測装置を載せてみたい人、南極に行きたい人、是非私たちの研究室をのぞきにきてください。

最近の論文・著書等

- ・ Taguchi, M. and T. Fukuhara, Satellite-borne image sensors using an uncooled micro-bolometer array, J. Jpn Soc. Infrared Science & Technology, 23, 30-37, 2013.
- ・ Taguchi, M. et al., Characteristic features in Venus' nightside cloud-top temperature obtained by Akatsuki/LIR, Icarus, 219, 502-504, 10.1016/j.icarus.2012.01.024, 2012.



「あかつき」搭載 LIR (上) によって2010年12月9日に得られた金星赤外画像 (下)。

# 内山泰伸 X線ガンマ線で探る宇宙の高エネルギー現象

准教授



居室 4号館2階4203

専門分野 高エネルギー天文学

研究テーマ

- ・宇宙線加速の研究
- ・超新星残骸、パルサー星雲の研究
- ・大気チェレンコフ望遠鏡、光検出器の開発

2015年度担当科目

電磁気学2, 宇宙地球系物理講義9, 情報処理など

オフィスアワー 金曜4限/アカデミックアドバイザー 2年生

議論的になってきましたが、まだ決着のつかない問題です。最近では、宇宙線陽電子が10ギガ電子ボルト以上の高エネルギーで余剰に存在することがわかり、暗黒物質との関わりが注目されています。また、ブラックホールから射出される相対論的ジェットでは、宇宙線のような高エネルギー粒子が重要な役割を果たしていますが、その生成機構はよくわかっていません。私は宇宙の様々な天体において観測される高エネルギー粒子の加速・生成に興味を持って研究を進めています。

現在は国際フェルミ研究チームの一員としてフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡を用いた超新星残骸の研究に重点を置いています。超新星残骸の衝撃波は、最も有力な銀河宇宙線の起源として注目されている天体です。衝撃波統計加速(フェルミ一次加速)というメカニズムによって、ベキ関数型のエネルギースペクトルを持つ高エネルギー粒子が加速されると考えられています。フェルミ加速は宇宙で普遍的な重要性をもち、その機序を理解する上で、超新星残骸は最も良い実験場であると私は考えています。最近の主要成果としては、超新星残骸からのパイ中間子崩壊ガンマ線の証拠を得たことがあげられ、この研究成果は米国サイエンス誌に掲載されました。

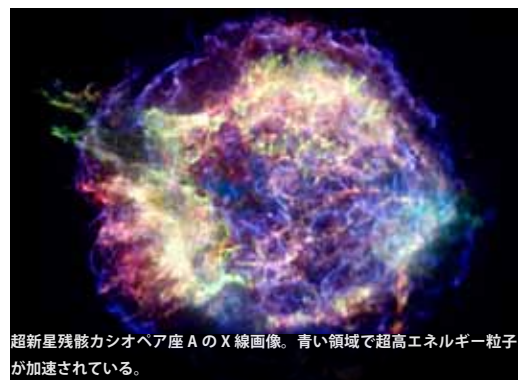
また、日本が主導する次期国際X線衛星ASTRO-H(2015年度に打ち上げ予定)の開発

最近の論文・著書等

- ・ "Detection of the Characteristic Pion-Decay Signature in Supernova Remnants" The Fermi-LAT Collaboration (Y. Uchiyama as a corresponding author), Science 339, 807, 2013
- ・ "Fermi-LAT Discovery of GeV Gamma-ray Emission from the Vicinity of SNR W44" Y. Uchiyama, S. Funk, H. Katagiri, et al. ApJ 749, L35, 2012

に参画するなど、ガンマ線観測と並行してX線観測によって高エネルギー粒子加速現象を探求することも行っています。

宇宙は驚異的な高エネルギー現象に満ちていて、私たちに様々な謎を提示しています。謎解きに興味がある方は私の研究室の扉を叩いてください。



超新星残骸カシオペア座AのX線画像。青い領域で超高エネルギー粒子が加速されている。

# 亀田真吾 地球から惑星系へ

准教授



居室 13号館6階C602

専門分野 惑星物理学

研究テーマ

- ・水星大気・固体表面・磁気圏の相互作用
- ・月惑星着陸観測用その場元素分析装置の開発
- ・はやぶさ2を使った小惑星の可視分光観測・含水鉱物検出
- ・プロキオン/LAICAを使った地球コロナの観測
- ・系外惑星の紫外線輻射量観測の検討

2015年度担当科目

力学2, 基礎物理学演習2, 理科実験(物理), 宇宙地球系物理概論など  
オフィスアワー 水曜5限/アカデミックアドバイザー 1年生

最近の論文・著書等

- ・ Y. Cho, S. Sugita, S. Kameda (他 8名), High-precision potassium measurements using laser-induced breakdown spectroscopy under high vacuum conditions for in situ K-Ar dating of planetary surfaces, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, Vol. 106, pp. 28-35 (2015), doi: 10.1016/j.sab.2015.02.002.
- ・ [特許] 対向面内所定位置における対向面間距離測定装置及び方法、及びそれらを用いた高平面度加工方法, 特許第 5472575 号 発明者 亀田真吾、2014

太陽系には8つの惑星があります。その中でも水星、金星、火星、木星、土星は、発見者が記録に残っていないほどの昔にその存在を確認されています。20世紀後半から多くの探査機が打上げられ、これらの惑星に到達し多くの情報が得られてきました。

現在、日本とヨーロッパが協力し、水星探査計画を進めています。私の研究グループはこの計画の中で大気光観測器を担当しています。水星大気の成因については20年以上議論が続いています。太陽光、太陽風、微小隕石の衝突によって地表から物質が放出されることで大気が形成されると考えられていますが、観測された量、分布を説明することはできていません。私達は地球からでも観測できる大気中のナトリウムに注目し、ハワイ・ハレアカラ観測所で水星ナトリウム大気光の観測に取り組んでいます(図参照)また、惑星表面の元素組成分析器 LIBS の検討を行なっています。惑星の組成は惑星形成過程を考えるためには欠かせない情報となります。その他に検討を行っている観測器では、パルスレーザを岩石に照射しプラズマ発光を分析することで元素組成を知ることができます。光を使うため対象から離れていてもよく、移動が困難な惑星着陸機に必要な装置です。この観測器を月や火星着陸機に搭載したいと考えています

また、2014年に打ち上げられたはやぶさ2やプロキオンに搭載した装置の開発は、

立教大学の学生が積極的に性能試験に参加して進められました。地球を遠く離れる探査計画にも学生の時から関わられる時代になっています。と言っても、これはもちろん簡単なことではありませんが、自分自身を試す大きなチャンスです。意欲のある方の参加を期待しています。



水星ナトリウム大気分布 左が太陽方向  
太陽光圧によって大気が反太陽方向に伸びている

# 星野晶夫 X線天文学: 銀河団ガス・高温プラズマの観測的研究と装置開発

助教



居室 13号館6階C606

専門分野 X線天文学・低温検出器開発

研究テーマ

- ・X線による銀河団の観測的研究
- ・低温検出器を用いた計測システム開発

2015年度担当科目

基礎物理実験, 物理学実験2

オフィスアワー 火曜 10:30-12:00

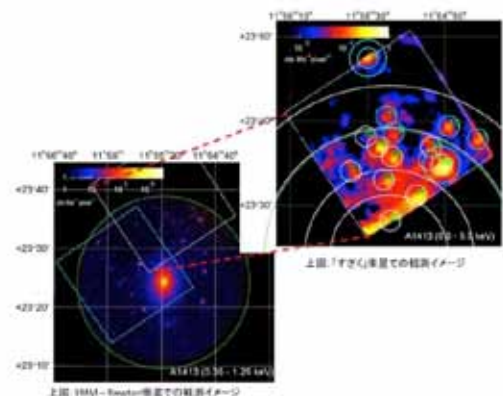
最近の論文・著書等

- ・ "Development of Adiabatic Demagnetization refrigerator for X-ray Microcalorimeter Operation", A.Hoshino et al., J. Low Temp. Phys. 167, 3-4, 554-560 (2012).
- ・ "X-Ray temperature and Mass Measurements to the Virial Radius of Abell 1413 with Suzaku", A. Hoshino, et al., Publ. Astron. Soc. Japan 62, 371-389 (2010).

今日の宇宙に見られる大規模構造は、主にシミュレーション計算により、宇宙誕生初期に存在したわずかな密度ゆらぎが元になって、ダークマターやガスが重力収縮、衝突、合体を繰り返しながら、宇宙の年齢をかけて形成されてきたと考えられています。一方、中高温銀河間物質と呼ばれる10万~100万度の温度をもつ物質の6~8割近い大部分が、宇宙の大規模構造に沿って分布していると予想されていますが、未だ存在が確認されていません。このような、宇宙の大規模構造形成史を観測的に解明することは、現代の観測天文学に課せられた最も基本的な課題の一つです。

宇宙最大の自己重力系である銀河団の中心部は、大規模構造のなかでも最も物質密度が高く1000万度近い高温ガスで満たされて強くX線を放射し、これまで詳しく観測されてきましたが、質量としては銀河団全体の半分にもなりません。宇宙の大規模構造という観点ではむしろ、質量の大半を占め、さらには大規模構造と接続する銀河団外縁部は、ガスが落ち込みながら成長を続けている構造進化の最前線であり、銀河団ガスの加熱過程をさぐる上で最も重要な場所です。そこで私は、銀河団外縁部の物質の分布と物理状態、特にフィラメント構造からガスが銀河団に落ち込んで加熱される様子を観測的に明らかにすることを目的として日本のX線天文衛星「すざく」を用いた観測的研究をすすめてきました。

現在は、日本で打ち上げを予定している「ASTRO-H」衛星の開発に参加しながら、次世代のX線検出器を用いた地上での分光システム構築によって実験室での高温プラズマの高精度分光を開拓することを目指しています。



銀河団 Abell 1413 の X 線イメージ 緑色の円は銀河団の中心からおおよそ 300 万光年の距離にある銀河団の "端"。宇宙の大規模構造との接続領域。

# 吉岡和夫 人工衛星を用いた宇宙空間物理学に関する観測的研究

助教



居室 13号館6階C606

専門分野 宇宙空間物理学

研究テーマ

- ・宇宙空間のプラズマおよび中性大気の観測的研究
- ・人工衛星に搭載する光学観測装置の開発

2015年度担当科目

基礎物理実験

オフィスアワー 水曜昼休み

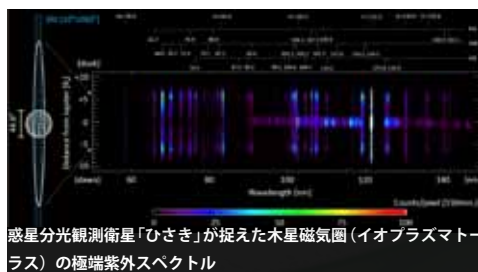
最近の論文・著書等

- ・ I. Yoshikawa, K. Yoshioka, G. Murakami, A. Yamazaki, F. Tsuchiya, M. Kagitani, T. Sakanoi, N. Terada, T. Kimura, M. Kuwabara, K. Fujiwara, T. Hamaguchi, and H. Tadokoro, Extreme Ultraviolet Radiation measurement for planetary atmospheres/magnetospheres from the Earth-orbiting spacecraft (Extreme Ultraviolet Spectroscopy for Exospheric Dynamics: EXCEED), Space Science Reviews 184(1-4), 237-258 (2014).
- ・ K. Yoshioka, G. Murakami, A. Yamazaki, F. Tsuchiya, T. Kimura, M. Kagitani, T. Sakanoi, K. Uemizu, Y. Kasaba, I. Yoshikawa, and M. Fujimoto, Evidence for Global Electron Transportation into the Jovian Inner Magnetosphere, Science 345(6204), 1581-1583 (2014).

強力な固有磁場に囲まれた木星周辺の宇宙空間には、相対論的エネルギーを持つ電子をはじめとする高エネルギープラズマ粒子が数多く存在し、太陽系で最大・最強の粒子加速の現場となっています。これらの粒子はどのようにしてこれほどまでのエネルギーを獲得できたのでしょうか。最新の理論研究によると、ダイナミックに変動する電磁場と荷電粒子が複雑な相互作用（共鳴加速など）を繰り返すことで、超高エネルギー電子が生成されると考えられています。しかし、これらの理論を裏付ける観測証拠は満足に得られていません。特に、効率良く粒子を加速する電磁波を励起するには、木星に向かって流れ込む電子の存在が必要とされていますが、非常に強力な木星磁場のバリアに逆らってまで電子は侵入できるのかという点は未解決でした。

私たちは2013年に打ち上げられた惑星分光観測衛星「ひさき」のデータを詳細に解析し、磁場のバリアに逆らって電子が木星に向かって流れている証拠を世界で初めて捉えることに成功しました。今後は、時間変動や太陽風に対する影響等を加味した解析を行い、木星周辺の磁気圏、ひいては太陽系全体の成り立ちの理解を目指します。また、天体を宇宙空間から観測するための装置を開発し、これまで人類が見たことのない宇宙の姿を捉えるための研究を進めていきます。

宇宙の観測には地上の大型望遠鏡の他に、ロケットや人工衛星、探査機などの飛翔体を用いる方法があります。私たちは、探査対象の選定や科学目標の設定、また宇宙空間環境に応じた最適な観測機的设计・製作、さらに観測データの科学的な解析までの全てに携わっています。宇宙に出ると、大気の影響を受けずに安定してデータを取得できるという強みがありますが、失敗の許されない搭載機器の開発には常に困難が伴います。しかし、苦勞が大きい分ミッション成功までたどり着いたときの喜びは格別です。



惑星分光観測衛星「ひさき」が捉えた木星磁気圏(イオプラズマトラス)の極端紫外スペクトル

# Dmitry Khangulyan High Energy Astrophysics: Modelling of the high energy emission

特任准教授



居室 12号館2階B225

専門分野 High Energy Astrophysics, Astroparticle Physics, Space Hydrodynamics

研究テーマ

- ・ Study of acceleration of cosmic rays in relativistic outflows via modelling of non-thermal radiation

2015年度担当科目

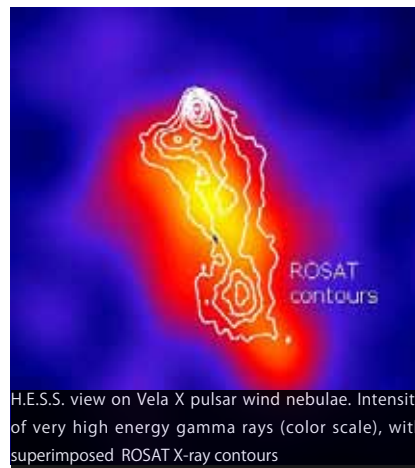
High Energy Astrophysics

オフィスアワー Monday 2pm-4pm

最近の論文・著書等

- ・ "Simple Analytical Approximations for Treatment of Inverse Compton Scattering of Relativistic Electrons in the Blackbody Radiation Field" Khangulyan et al. ApJ, 783, 100 (2014)
- ・ "Abrupt acceleration of a 'cold' ultrarelativistic wind from the Crab pulsar" Aharonian, Bogovalov & Khangulyan Nature 484, 507 (2012)

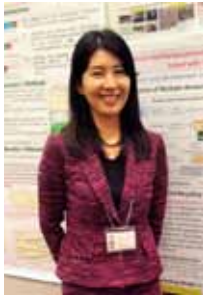
Acceleration of the cosmic rays of high and ultra high energies is one of the most fundamental topics in astrophysics. A few acceleration mechanisms are believed to be feasible scenarios for cosmic-ray production: diffusive shock acceleration, reconnection, and acceleration at parallel or weakly magnetized relativistic shocks. The actual realization of these scenarios in potential sources of cosmic rays remains questionable given the large uncertainties in the physical conditions in these sources. However, there are observational hints that two acceleration mechanisms, with very different physical properties, effectively operate in pulsar wind nebulae: a Fermi-type acceleration mechanism presumably acts at the pulsar wind termination shock, and a direct acceleration process (e.g., by an unscreened electric field at magnetic reconnection events) is required to power such phenomena as GeV gamma-ray flares detected with Fermi/LAT from the Crab Nebula. This makes studies of pulsar wind nebulae to be of great importance for cosmic-ray physics. Indeed, detailed modellings of the non-thermal emission generated in pulsar wind nebulae should reveal further evidence for this complex interplay of different acceleration mechanisms and allow constraining parameters of these acceleration processes.



H.E.S.S. view on Vela X pulsar wind nebulae. Intensity of very high energy gamma rays (color scale), with superimposed ROSAT X-ray contours

# 中川直子 Let's enjoy Scientific English !

特任准教授



**居室** 4号館2階4207  
**専門分野** 環境工学, 水資源工学, 水文学  
**研究テーマ**  
 ・ 亜臨界水反応技術を用いた資源循環の研究  
**2015年度担当科目**  
 科学英語 1,2 (物), 科学英語 1,2 (化), 科学英語 1,2 (生), 化学英語  
**オフィスアワー** 水曜昼休み

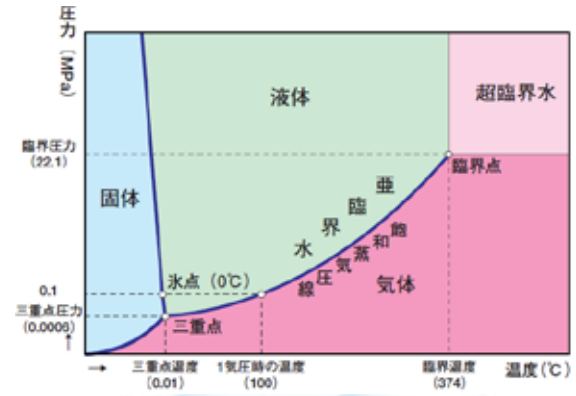
最近の論文・著書等

・ Hydrogeochemical assessment of groundwater quality during dry and rainy seasons for the two main aquifers in Hanoi, Vietnam, Nguyen, T.T., Kawamura, A., Tong, T.N., Nakagawa, N., Amaguchi, H. and Gilbuena, R.L. Environmental Earth Sciences, Vol.73, Issue 8, pp.4287-4303. (April 2015)  
 ・ Clustering spatio-seasonal hydrogeochemical data using self-organizing maps for groundwater quality assessment in the Red River Delta, Vietnam, Thuy Thanh Nguyen, Akira Kawamura, Thanh Ngoc Tong, Naoko Nakagawa, Hideo Amaguchi, Romeo Gilbuena jr., Journal of Hydrology, Vol.522, pp. 661-673 (January 2015) 他

物理学科, 化学科, 生命理学科の科学英語の授業を担当しています。グローバル化が加速化している昨今においては, 科学の分野においても, 自分が考えた新しいアイデアなどを日本国内のみならず海外にも発信し, また海外の情報を正確に入手することが重要であり, そのためには公用語である英語を駆使していくことが必要不可欠です。そこで, 科学英語の授業では, 科学の分野で必要とされる「論理的に展開する」ということを念頭におきながら, 英語の Reading, Writing, Listening, Speaking のスキル向上を図っていくよう考えています。

I think "English" is a communication tool to enable information exchange with others as well as a means to develop friendships not only in Japan but also in foreign countries. I would like to teach the Scientific English class with a positive way of thinking so that the students will share information, original ideas, and techniques with confidence when they will become scientists or engineers in the future!

また, 研究に関しては, 「亜臨界水反応技術を用いた資源循環の研究」を他大学と共同で進めています。これは亜臨界状態の飽和水蒸気 (温度 100-200℃, 圧力 1-2 MPa) の持つ強力な物理化学反応により, バイオマス廃棄物を高質の堆肥や飼料に効率的に転換できる技術です。健全な資源循環・水循環の構築を目標として, まずは海外での展開を試みています。



亜臨界水反応の原理  
 液体と気体の性質を併せ持つ亜臨界水の高速加水分解

# 須賀一治 自分達で運転する加速器を使った研究実験

実験技術員



**居室** 4号館1階4137  
**専門分野** 加速器の管理・運転  
**研究テーマ**  
 ・ 実験・測定機器の開発・保守  
 ・ 放射線管理  
**2015年度担当科目**  
 基礎物理実験, 理科実験 (物理実験)



Cockcroft-Walton 型荷電粒子加速装置  
 イオン源と高圧ターミナル

● Cockcroft-Walton 型 荷電粒子加速装置 (加速器)

4号館に『加速器』があります。稼働している装置としては理学部内で、そして立教大学内で、最大規模の実験装置です。私立大学が加速器を所有している事自体が非常に珍しいです。大学院生や卒業研究生も、自分達で加速器を運転制御して実験を行ないます。

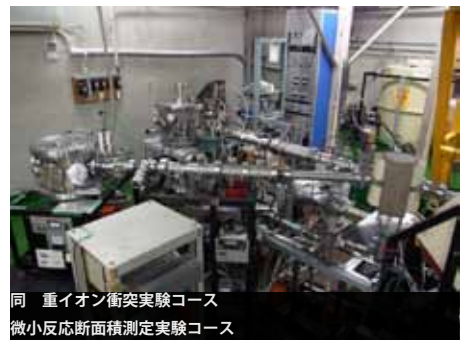
◎ 主な仕様 :

加速粒子 : p, d, He-3, He-4, C, N, O, F, Ne, Si, P, S, Cl, Ar, Kr, Xe.  
 最大加速電圧 : 300kV (重イオン加速), 200kV (中性子発生).  
 ビームライン : 0度, 40度, 90度の3コース。

◎ 最近の主な実験課題 :

- 「GSO Ce シンチレーターの Proton 発光測定」— 大学院研究実験 (小泉先生)
- 「固体金属内の原子核反応」— 卒業研究実験 (家城先生)
- 「シリコン検出器の不感層の測定」— 卒業研究実験 (栗田先生)
- 「2次電子放出を用いた重イオンの検出」— 卒業研究実験 (栗田先生) など。

◆ 放射線に関係するので, 立ち入り前に放射線教育講習や特別な健康診断を受けて, 許可された者でなければ, 加速器の「実験に参加する」事はできませんが, 加速器室内・装置の「見学」は一般の方でも可能です (実験していない日時に限る)。見学希望者は申し出て下さい。



同 重イオン衝突実験コース  
 微小反応断面積測定実験コース











立教大学理学部物理学科・大学院理学研究科物理学専攻

〒171-8501 東京都豊島区西池袋 3-34-1

<http://www.rikkyo.ac.jp/dept-phys/>