



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 2016

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	中山優
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	福原哲哉	実験技術員 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

2016年度担当科目

数理物理特論1

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 素粒子反応の理論的研究

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

2016年度担当科目

物質の科学1, 量子力学1, 理論物理学講義2, 波動と量子など

オフィスアワー 水曜3限

アカデミックアドバイザー 2年生

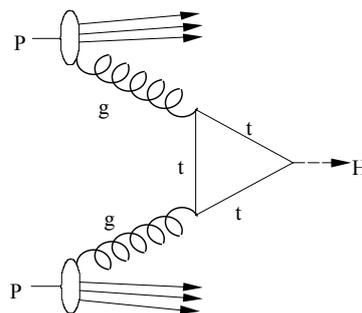
最近の論文・著書等

・ "Schwinger-Dyson Equation in Minkowski Space beyond the IE Approximation" S. Sasagawa and H. Tanaka, arXiv:1602.04291 (2016)

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。素粒子の標準理論が正しいとすると、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が発見されました。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、宇宙進化との関係性を調べる研究などと共に、現在知られている素粒子が自然界で引き起こす現象を理論的に調べ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, 自己相似解, 時空特異点, 重力波, 原始ブラックホール

2016年度担当科目

統計力学1, 統計力学2, 理論物理学講義1(相対論)など

オフィスアワー 火曜12:15-13:15

アカデミックアドバイザー 4年生

最近の論文・著書等

・ Mandar Patil, Tomohiro Harada, Ken-ichi Nakao, Pankaj S. Joshi and Masashi Kimura, "Infinite efficiency of collisional Penrose process: Can overspinning Kerr geometry be the source of ultra-high-energy cosmic rays and neutrinos?," Phys.Rev. D93 (5/2016) no.10, 104015 (28pp).

・ 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).

・ 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、ついに2016年2月には重力波の直接検出の成功が発表されました。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

2016年度担当科目

物理学1, 宇宙物理学概論, 理論物理学講究3(宇宙物理学)など
オフィスアワー 月曜2限 / アカデミックアドバイザー 1年生

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、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。

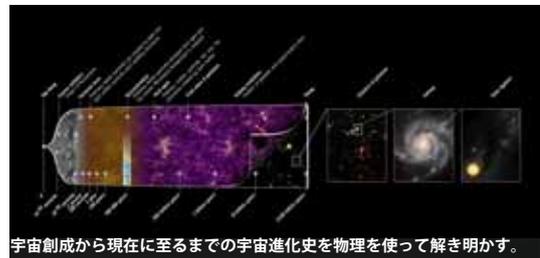
宇宙の加速膨張とダークエネルギーも、私が興味を持っている研究テーマのひとつです。Ia型超新星の観測によって現在の宇宙が加速膨張していることが明らかになり、その発見に対し2011年にノーベル物理学賞が与えられました。これは、現在の宇宙のエネルギー密度の大部分が正体不明のダークエネルギーなるもので占められていることを示唆します。なに

最近の論文・著書等

- ・ "Instability of hairy black holes in shift-symmetric Horndeski theories" Hiromu Ogawa, Tsutomu Kobayashi, Teruaki Suyama Phys.Rev. D93 (2016) 064078 [arXiv:1510.07400]
- ・ "Primordial non-Gaussianities of gravitational waves beyond Horndeski" Yuji Akita, Tsutomu Kobayashi Phys.Rev. D93 (2016) 043519 [arXiv:1512.01380]
- ・ "Reheating and Primordial Gravitational Waves in Generalized Galilean Genesis" Sakine Nishi, Tsutomu Kobayashi, JCAP 1604 (2016) no.04, 018 [arXiv:1601.06561]

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。



中山優 臨界現象・共形場理論・ホログラフィー

准教授



居室 4号館3階4333
専門分野 場の量子論・超弦理論

研究テーマ

・共形場理論に基づく臨界現象・量子重力理論の理解

2016年度担当科目

量子力学2, 数理物理特論2, 物理学演習3, 物理入門ゼミナール, 理論物理学講究5(数理物理学)

オフィスアワー 月曜昼休み

アカデミックアドバイザー 3年生

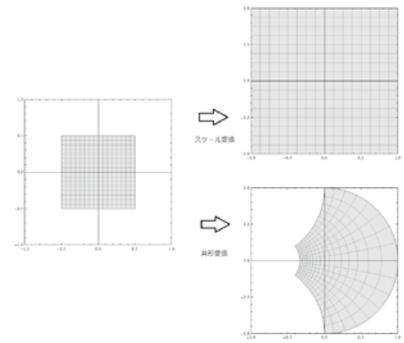
最近の論文・著書等

- ・ Y. Nakayama "Bootstrapping critical Ising model on three-dimensional real projective space," Phys. Rev. Lett. 116, 14, 141602 (2016)
- ・ Y. Nakayama and Y. Nomura, "Weak gravity conjecture in the AdS/CFT correspondence," Phys. Rev. D 92, no. 12, 126006 (2015)
- ・ Y. Nakayama and H. Ooguri, "Bulk Locality and Boundary Creating Operators," JHEP 1510, 114 (2015)

ミクロな量子系からマクロな重力理論まで自然界には階層構造が備わっています。一見すると極小の物理と極大の物理にはなんの関係もなさそうです。しかし、現代物理学の柱であるくりこみ群の考え方や量子場の理論と重力理論を統一した量子重力理論、例えば超弦理論によれば、両者は普遍的な性質によって支配されていることがわかってきています。この新しい宇宙観は、20世紀に開発された「臨界現象の普遍性」をさらに推し進めた現代物理学の最先端のテーマになっています。

ここ数年、私の研究テーマの柱の一つは「スケール不変である場の理論は共形変換で不変であるか？」という疑問でした。海岸線の形状、ローマンブロッコリー、そして株価の変動。私たちの世界は、拡大・縮小して眺めてもその性質を保ち続ける「スケール不変性」という性質を持った現象で満ち溢れています。スケール不変な相対論的量子場の理論は「共形不変性」と呼ばれるより大きな対称性を持つと信じられてきました。この信仰は一体正しいのでしょうか？私はこの長年の疑問に、超弦理論に立脚して決着をつけたいと思っています。

スケール不変な理論は共形不変であると認めると、近年開発された「共形ブートストラップ」という強力な手法によって、3次元の臨界現象をはじめ多くの物理学の難問が「解けて」しまいます。臨界現象は「共形仮説」によって単なる「スケール仮説」とは比較にならないくらい強い制限に縛られているのです。私は、この手法によって、QCDやプラストレーションをもった磁性体の相転移、そして、量子スピンの量子相転移などへ新しい視点から非摂動的な知見を与えることに成功しました。今後の課題として、この共形不変性の背後に潜むくりこみ群の性質を超弦理論の観点から見直すことで、量子重力の根源的な構造を明らかにしたいと思っています。



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

2016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 木曜3限

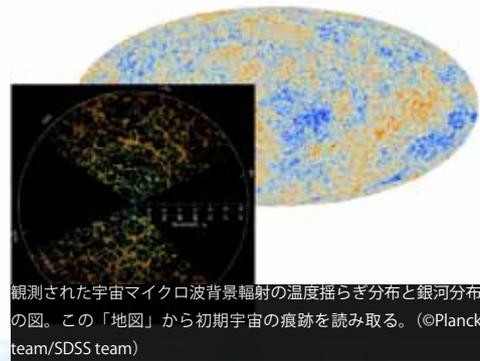
近年の宇宙観測の進歩はめざましく、誕生直後の宇宙の様子さえも詳細に議論できる時代が来ています。一方、現在標準的な宇宙進化のシナリオである膨張ビッグバン理論に基づけば、初期の宇宙は非常に高温で高密度であったと考えられます。そのような初期の宇宙では何が起きていたかを物理的に考える際には素粒子理論も必要となります。2012-13年にかけたヒッグス粒子発見の話など、近年の素粒子理論の発展にもめざましいものがあります。私は、このような時代背景のもと、「進展著しい宇宙観測に基づき、素粒子理論とも整合性のとれた初期宇宙モデルの構築を目指す」研究を中心に進めています。

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。

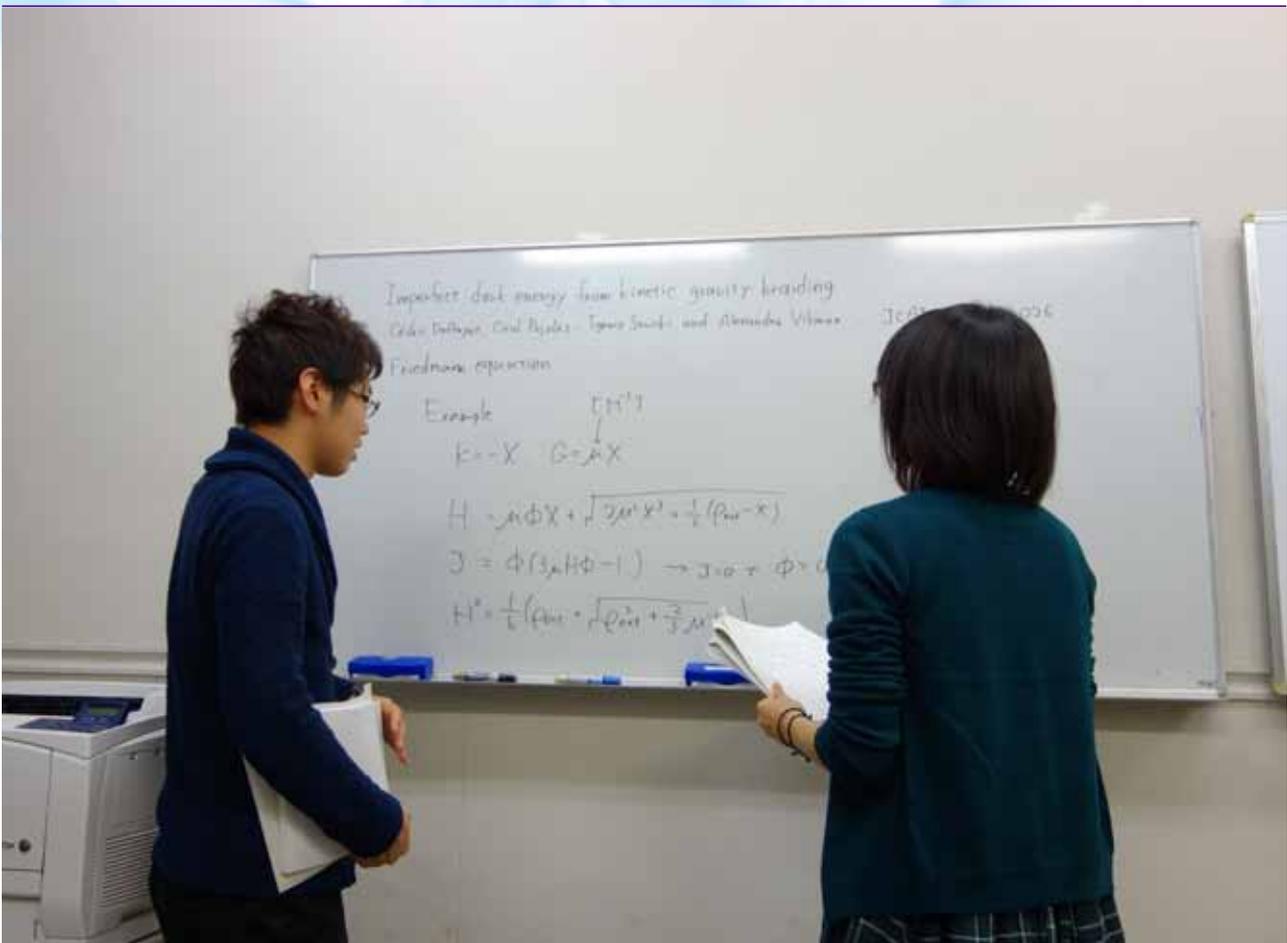
最近の論文・著書等

- ・ "Constraining higher-order parameters for primordial non-Gaussianities from power spectra and bispectra of imaging survey", Ichihiko Hashimoto, Atsushi Taruya, Takahiko Matsubara, Toshiya Namikawa, Shuichiro Yokoyama, PRD 93 (2016) 103537
- ・ "Halo/Galaxy Bispectrum with Equilateral-type Primordial Trispectrum", Shuntaro Mizuno, Shuichiro Yokoyama, PRD 91 (2015) 123521
- ・ "Primordial black holes as biased tracers", Yuichiro Tada, Shuichiro Yokoyama, PRD 91 (2015) 123534 他

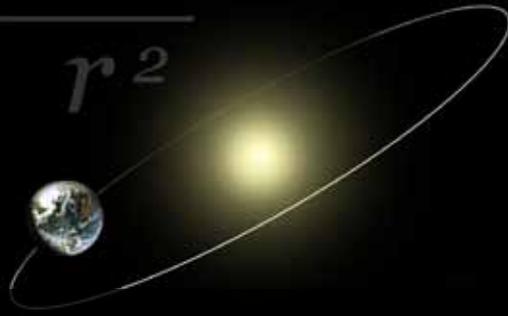
我々の宇宙はどのようにして始まったのか？そして、現在の宇宙の構成要素は何か？という謎の解明とともに、地上の加速器実験だけでは到達できない高エネルギーでの素粒子理論の検証という点においても初期宇宙の研究は重要な位置にあると考えられます。



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

2016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⁺ ions, S. Matoba, G. Ishikawa, S. Moriya, K. Takahashi, T. Koizumi, and H. Shiromaru, Rev. Sci. Instrum. 85 (2014) 086105.
- ・ Mobilities of Li⁺-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。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

2016年度担当科目

物理学概論, 力学2, 原子核概論, 基礎物理学演習2

オフィシアワー 火曜昼休み

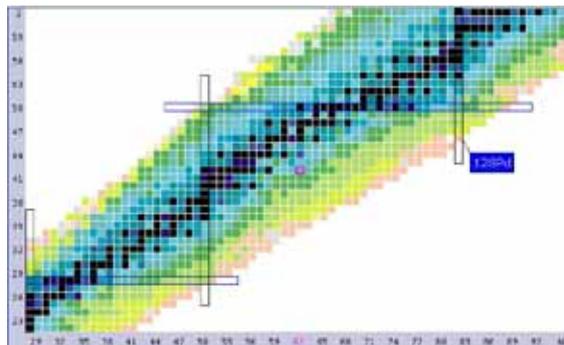
アカデミックアドバイザー 1年生

最近の論文・著書等

- ・ "Measurement of proton-induced target fragmentation cross sections in carbon", Nucl.Phys. A946, 104, (2016)
K.Matsushita, T.Nishio, S.Tanaka, M.Tsuneda, A.Sugiura and K.Ileki
- ・ "Investigating nuclear shell structure in the vicinity of 78Ni: Low-lying excited states in the neutron-rich isotopes 80, 82Zn", Phys.Rev. C 93, 024320 (2016), Y.Shiga, 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β崩壊やα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ました。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) により新しい同位元素の発見などの進展があり原子核物理の一つのフロンティアとなっています。

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使い元素合成過程や不安定核構造等に関する実験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の開発を中心に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) ¹²⁸Pd 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 表面物理学：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

2016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, 自然科学の探究

オフィシアワー 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 TiO2(110) surfaces by slow positron impacts. T. Tachibana, T. Hirayama, and Y. Nagashima, e-Journal of Surface Science and

Nanotechnology 13, (2015) 261.

- ・ 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 TiO2(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様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

2016年度担当科目

エレクトロニクス

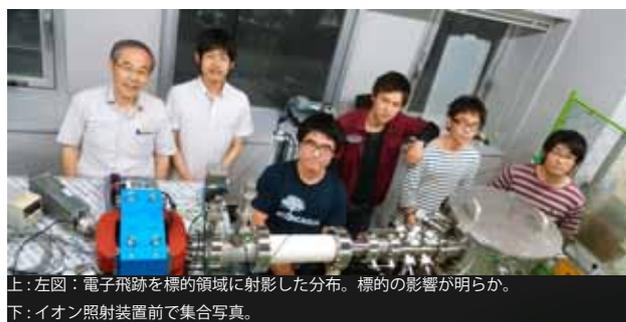
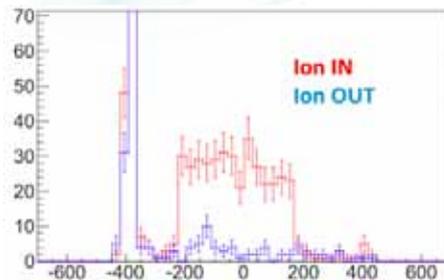
最近の論文・著書等

- ・ The SCRIT electron scattering facility project at RIKEN RI beam factory
T. Ohnishi, K. Kurita et al. Phys. Scripta T166 (2015) 014071

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はいない。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世界に先駆けて開始したところである。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方々ははじめ新たな物理学進展の瞬間に臨みたいと思う人をおおおいに歓迎する。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の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) を通して宇宙の成り立ちを理解することである。

・ Nuclear physics at the SCRIT electron scattering facility
T. Suda, K. Kurita et al. Prog. Theor. Exp. Phys. (2012) 03C008



上: 左図: 電子飛跡を標的領域に射影した分布。標的の影響が明らか。
下: イオン照射装置前で集合写真。

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・余剰次元の探索

2016年度担当科目

コンピュータ実験1, 現代物理学序論, 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

「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！

最近の論文・著書等

- ・日本経済新聞 2016年6月5日朝刊 「5次元世界そこにあるかも」
- ・Newton 2016年1月号「特集 高次元『特別インタビュー1』」
- ・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



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

2016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

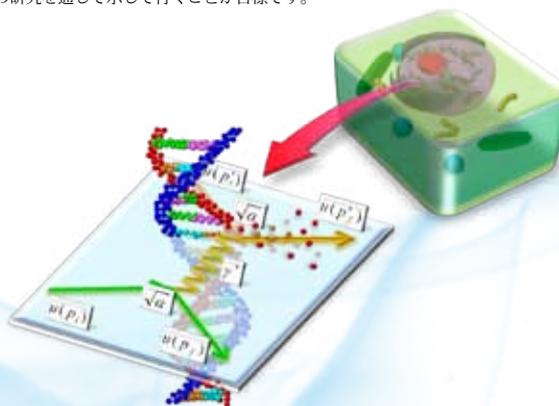
オフィスアワー 水曜5限

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

2016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 TiO₂(110) surfaces by slow positron impacts." T. Tachibana, T. Hirayama, and Y. Nagashima, e-J. Surf. Sci. Nanotech., 13 (2015) 261-262.
- ・"TiO₂(110) 表面上における陽電子消滅誘起脱離" (解説記事) 立花隆行, 陽電子科学, 5 (2015) 15-19.
- ・"TiO₂(110) 表面における陽電子消滅誘起脱離の観測" (解説記事) 立花隆行, 表面科学, 36 (2015) 620-624.
- ・"Increase in the positronium emission yield from polycrystalline tungsten surfaces by sodium coating" Hiroki Terabe, et al., Surf. Sci., 641 (2015) 68 - 71.

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放出(脱離)することがあります。この現象はビームと固体表面の相互作用に現れる最も基礎的な反応であり、その過程を理解することは原子や分子の動的反応を解明する上で極めて重要です。立教大学には、レーザープラズマ真空外光源、ECR型多価イオン源、低エネルギー電子線源などの複数のビーム源があり、現在これらを利用して研究を進めています。

また、東京理科大学のグループと共同で電子の反粒子である陽電子と固体表面の相互作用に関する研究も進めています。陽電子は電子と出会うと対消滅を起こしますが、陽電子が固体に入射した場合には固体内の電子とはすぐには消滅せずに、陽電子が好む元素周辺に集まった後に対消滅するという性質を持っています。この性質により、陽電子ビームを照射すると固体表面の特定の元素を選択的に脱離させることが可能であることが最近になって分かりました。現在は詳しいメカニズムを調べている最中ですが、この現象を応用すれば将来的には物質表面を原子レベルで加工する技術に新しい手法を提案できるのではないかと期待しています。



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

2016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。2015年度より ^{132}Xe 安定核を用いた実験を行っており原子核内部構造が非常に精度良く測定できることが実証されました。本年度は電子・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 実験に参加している立教大学グループ



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

2016年度担当科目

電磁気学1, 宇宙地球系物理学概論, 宇宙物理学序論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

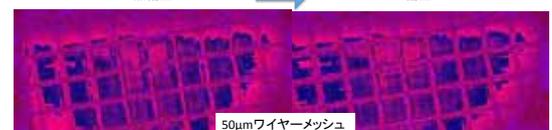
・“MAXI observations of long-term variations of Cygnus X-1 in the low/hard and the high/soft states”

Sugimoto, Juri; Mihara, Tatehiro; Kitamoto, Shunji; Matsuoka, Masaru; Sugizaki, Mutsumi; Negoro, Hitoshi; Nakahira, Satoshi; Makishima, Kazuo, 2016, PASJ, 68S, 17S.

・“New multiwavelength observations of the Of?p star CPD -28° 2561”
S. Hubrig, M. Schoeller, A. F. Kholtygin, H. Tsumura, A. Hoshino, S. Kitamoto, L. Osinkova, S. R. Ignace, H. Todt5 and I. Ilyin, 2015, MNRAS, 447, 1885-1894 他

宇宙にはブラックホールと恒星が連星系をなしており、恒星のガスがブラックホールに流れ込み降着することで、X線で輝いている天体があります。また、ブラックホールに中性子星が置き換わって同じようにX線で輝いている天体もあります。これらの天体では、いろいろな時間スケールでX線の強度変動や、エネルギースペクトルの変動を示します。これらの変動は物質がブラックホールや中性子星に降着する様子を知る手がかりとなります。研究室では、人工衛星を使い、X線でこれらの天体を観測することで、ブラックホールや中性子星に物質が降着する様子を研究しています。

X線望遠鏡の技術は進み、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、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、理論的には、同口径の望遠鏡では可視光に比べてX線は遥かに高い角度分解能（回折限界）を持つことができます。しかし、技術的に大変難しく、未だ誰も達しできていません。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、天体の大きさやある程度の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。



組み上げたX線望遠鏡で撮像した写真のサンプル。4m離れたところに置いたワイヤメッシュ(直径50μm)とヘチマの茎(ただし、可視光で撮像しています)で、左が能動光学による補正なし、右が補正あり。可視光では、ほぼ理論限界の分解能です。X線による撮像は本年の目標です

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

2016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7など

オフィシアワー 火曜昼休み/アカデミックアドバイザー 3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。金星探査機「あかつき」は2015年12月7日に金星周回軌道投入に見事成功しました。「あかつき」搭載中間赤外カメラ(LIR)は日々新たなデータを地上に送り続けています。それらのデータを使って金星大気ダイナミクスの新たな描像を追求しています。

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、地球の成層圏から惑星大気を観測する気球搭載望遠鏡を開発しています。現在地上にある大型望遠鏡が高度30kmの成層圏に浮かんでいる様子を想像してみてください。私たちはそのような惑星観測の近未来を描いています。

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、南極に行ってみたい人、是非私たちの研究室をのぞきに来てください。

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2015年12月7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

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

2016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

オフィシアワー 火曜4限/アカデミックアドバイザー 2年生

宇宙のどこかで超高エネルギーに加速された粒子が地球に降り注ぎ、「宇宙線」として観測されています。1912年の宇宙線の発見以来、その起源は長い間、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。宇宙線のような高エネルギー粒子は、星形成やブラックホールから射出される相対論的ジェットなど、宇宙の諸相で重要な役割を果たしています。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。

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を重点的に進めています。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。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これまでの主要成果であり、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、ナミビア共和国に設置されている大気チェレンコフ望遠鏡により、宇宙からの超高エネルギーガンマ線を観測するH.E.S.S.グループに2016年度から参画はじまりました。より高いエネルギーのガンマ線を観測することで、高エネルギー粒子加速現象を探る

予定です。

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。

最近の論文・著書等

- ・ "An Extremely Bright Gamma-ray Pulsar in the Large Magellanic Cloud" Ackermann, M., et al. (including Uchiyama, Y.) Science, 350, 801-805, 2015
- ・ "Detection of the Characteristic Pion-Decay Signature in Supernova Remnants" The Fermi-LAT Collaboration (Y. Uchiyama as a corresponding author), Science 339, 807, 2013



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

- ・はやぶさ2による小惑星の可視分光観測, 含水鉱物探索
- ・月惑星着陸探査用その場元素分析装置の開発
- ・系外惑星の紫外線輻射量観測の検討
- ・プロキオン/LAICAによる地球コロナ観測

2016年度担当科目

熱力学, 物理入門セミナー, 宇宙地球系物理学概論, 物理学実験(生)

オフィスアワー 水曜5限/アカデミックアドバイザー 4年生

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

最近の論文・著書等

- ・ S. Kameda, H. Suzuki, T. Takamatsu, Y. Cho, T. Yasuda, M. Yamada, H. Sawada, R. Honda, T. Morota, C. Honda, M. Sato, Y. Okumura, K. Shibasaki, S. Ikezawa, S. Sugita, Preflight calibration test results for optical navigation camera telescope (ONC-T) onboard the Hayabusa2 spacecraft, Space Science Review, in press.
- ・ Kameda, S.; Suzuki, H.; Cho, Y.; Koga, S.; Yamada, M.; Nakamura, T.; Hiroi, T.; Sawada, H.; Honda, R.; Morota, T.; Honda, C.; Takei, A.; Takamatsu, T.; Okumura, Y.; Sato, M.; Yasuda, T.; Shibasaki, K.; Ikezawa, S.; Sugita, S., Detectability of hydrous minerals using ONC-T camera onboard the Hayabusa2 spacecraft, Advances in Space Research, Volume 56, Issue 7, p. 1519-1524 (2015) 他

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 銀河団ガスの観測的研究と観測装置開発

助教



居室 13号館 6階 C606

専門分野 X線天文学, 極低温検出器

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

2016年度担当科目

基礎物理実験, 物理学実験2

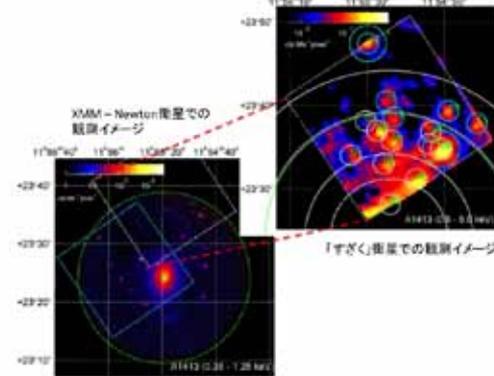
オフィスアワー 火曜 10:30-12:00

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、137億年という途方もなく長い時間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になっています。

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。本学では次世代のX線検出器を用いた地上での分光システムを構築して分光観測の新領域を開拓することを目指し開発を進めています。



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点として注目している。

福原哲哉

助教



居室 13号館6階C606

専門分野 惑星物理学

研究テーマ

- ・地球型惑星の気象力学に関する研究
- ・地球型惑星および小惑星表面の熱物性に関する研究
- ・惑星探査機および地球観測衛星搭載の熱赤外カメラの開発

2016年度担当科目

基礎物理実験

オフィスアワー 木曜昼休み

2015年12月7日に日本の金星探査機あかつきが軌道投入に成功しました。あかつきは捉える波長が異なる複数の観測カメラを用いて金星の大気を観測し、謎の多い金星の気象を解明することを目的としています。我々の研究グループが開発した中間赤外カメラ(LIR)はそのうちの1台です。LIRは熱放射を捉えて対象の温度を画像化する「サーモグラフィ」で昼夜の区別なく観測できることが強みです。高度6.5km付近の金星の雲頂の温度分布と時間変化を観測・解析することで、雲頂付近の大気を力学的に解明していきたいと考えています。

あかつきと同じカメラは小惑星探査機はやぶさ2にも搭載されています。小惑星は自転に伴って(昼夜が交互に繰り返されることで)表面の温度が著しく変化します。温度変化の程度(温まりやすさ、冷めやすさ)は表面の状態に依ります。はやぶさ2に搭載された中間赤外カメラで表面温度の時間変化を観測することで表面の状態を推定し、他の観測機器の観測結果ともあわせて小惑星の起源にまで迫りたいともくろんでいます。

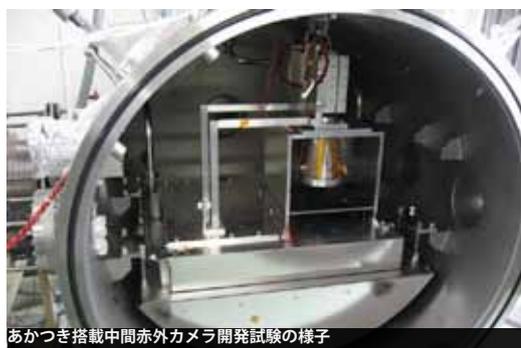
「サーモグラフィ」で地球を人工衛星から観測すれば、地球環境の熱的な状態をグローバルに監視することが可能です。近年は「超小型衛星」と呼ばれる安価な人工衛星が大学の研究室でも作られるようになりました。2014年5月24日に打ち上げられたUNIFORM衛星もその一つです。この衛星には我々が開発した宇宙用のサーモグラフィが搭載され、林野火災や火山活動の監視を行っています。これまで国家レベルの予算規模でないとできなかった観測

熱赤外カメラによる惑星リモートセンシング

最近の論文・著書等

- ・Fukuhara, T., An application to the wild fire detection of the uncooled micro bolometer camera onboard a small satellite, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Technical report, 2013, Vol.113, No. 335, 163-168.
- ・Fukuhara, T. et al., LIR: Longwave Infrared Camera onboard the Venus orbiter Akatsuki, Earth, Planets and Space, 2011, Vol. 63, 1009-1018.

が、大学で開発した人工衛星でもできる事を実証しました。今後は高価な人工衛星ではなく、安価な人工衛星を大量に打ち上げられる仕組みを作りたいと考えています。また、このような開発経験を将来の惑星探査計画(例えば火星探査)にも活かして短期間に信頼性が高い高性能な宇宙用のサーモグラフィを開発したいと考えています。



あかつき搭載中間赤外カメラ開発試験の様子

Dmitry Khangulyan

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

2016年度担当科目

High Energy Astrophysics

オフィスアワー Tuesday 3pm-4pm

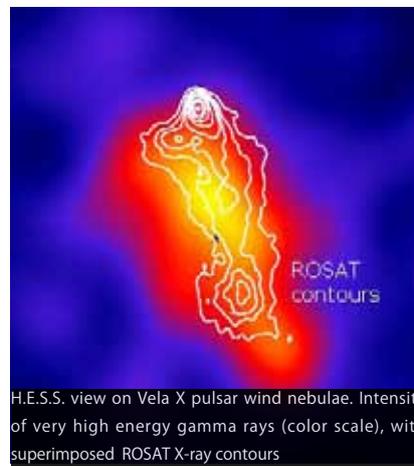
High Energy Astrophysics:

Modelling of the high energy emission

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
2016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

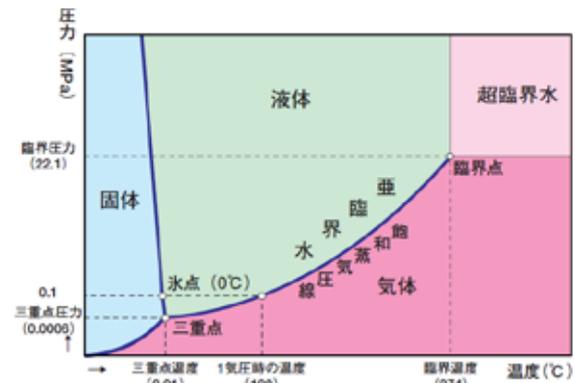
最近の論文・著書等

- 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

科学は国境のない普遍的な学問です。globalization 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、自分が考えたことを、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、そのためには共通語である英語を使いこな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かうと考えています。

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
2016年度担当科目
 基礎物理実験, 物理学実験(生命), 物理学実験(化学), [旧: 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



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

● 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。



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/>