

福来正孝 (ふくぎた・まさたか) 専門分野: 天体物理学

IPMU 主任研究員

天體物理學的宇宙論の理論的及觀測的研究を二十年來行ってきた。1988年頃より理論的研究と併行して其時点で入手可能な觀測データを用いたFriedmann Universeの検証の仕事を始めたが、宇宙論の検証に耐える觀測データは僅少で宇宙論を實証科學として意味あるものにする爲には、宇宙論的に意味を持得る觀測の必要性を痛感した。之は今迄のものと根本的に質と規模の異った觀測の必要性を意味するものであり、それ故に觀測に着手した。

丁度この時期にアメリカの友人よりdigital sky survey計画（其后最大の出資者の名を冠しSloan Digital Sky Survey: SDSSと名付けられた）への参加を打診されたので、宇宙論に興味を有する日本人の天文家のグループを作り経費を「文部省特別推進研究」として獲得して参加する事にした。従って日本のグループは同計画当初のデザイン時期からの参加であり特に測光觀測の準備—デザインと機材の建設—に寄與してきた。私自身は十年以上に亘り此計画の遂行の爲働いてきたが1999



年の觀測開始以後は、宇宙論と銀河天文學の解析を中心に行っている。現段階に於いてSDSS計画は當初の目標を達成したものと認知されているが、就中最も重要なのは Λ CDMに基づく宇宙論の検証とその中味の精密化である。更にSDSSに據って取得されたデータは今後何十年に亘り精密な天文科學の研究に用ひられるであらう。

現在私の行っている主要研究課題は、宇宙に存在するエネルギーを目録化し各項目間の収支の無撞着性を調べ上げる事である。この仕事は今迄に爲された觀測情報を総合編纂するものであると共に、各天體物理過程の現在の知識を一つの見方で統合しやうとするものであり、無撞着性の試験は我々の知識の限界を探る事を目標としている。

井上邦雄 (いのうえ・くにお) 専門分野: 実験物理学

IPMU 主任研究員

かつてのカミオカンデがあった場所では、液体シンチレータ1000トンを使って、特に反電子ニュートリノに検出感度の優れたカムランドが実験を続けています。このカムランドで、私はニュートリノとニュートリノを応用した研究を行っています。

カムランドは約180km離れた原子炉からやってくる反ニュートリノを観測し、ニュートリノが減少する証拠を見つけました。これは、太陽から来るニュートリノがなぜ予想よりも少なく観測されるのかを解明することになります。また、ニュートリノが減ったり増えたりを繰り返す「ニュートリノ振動」のはっきりした証拠も観測し、ニュートリノ質量2乗差の精密測定に成功しました。ニュートリノの伝搬が理解できたことで、通常は観測できない天体中心をニュートリノで

観測できるようになったのです。

さらにカムランドは、地球内部起源の反電子ニュートリノ観測を世界で初めて試み、「ニュートリノ地球物理学」を創出しました。今後は、よりエネルギーの低い太陽ニュートリノを観測し、太陽の内部も解明したいと考えています。



神保道夫 (じんぼう・みちお) 専門分野: 数学

IPMU 主任研究員

統計物理学や場の理論において、イジングモデルや1次元のスピンの系、2次元共形場理論など、厳密に解けるモデルが知られており、可積分系と呼ばれます。これらは特殊ですがしばしば数学的に深い構造を持ち、またトイ・モデルとしても有用です。ソリトン方程式と呼ばれる厳密解を豊富にもつ一群の微分方程式系もその例で、古典可積分系といいます。研究対象はこれらの可積分系と、その背後にあって対称性を統制している無限次元リー代数や量子群などの代数的な構造です。

これまでの研究成果は、①2次元イジング模型の相関関数と、線形微分方程式のモノドロミー保存変形、②ソリトン方程式の変換群の研究、③量子群の定式化とヤン・バクスター方程式への応用、④可解格子模型

の状態空間の研究と相関関数の積分表示、⑤楕円型量子群の研究などです。

現在の関心は④の続きで、1次元量子スピン系の相関関数を純代数的に記述することです。



Our Team

梶田隆章 (かじた・たかあき) 専門分野: 実験物理学

IPMU 主任研究員

おもに大気ニュートリノとニュートリノ振動の研究をしてきました。素粒子の「標準模型」を超えてより深く宇宙とミクロの世界の自然法則を理解しようとするときに、ニュートリノの小さい質量とそれに関連する物理が非常に大切な情報を与えてくれると考えられています。そこで、これらの情報を最大限に引き出すために、今後もニュートリノの研究を行っていきます。今後は、①茨城県東海村で現在建設中の大強度陽子加速器 (J-PARC) でニュートリノを生成してスーパーカミオカンデで観測するT2K実験での未発見の振動モードの観測と、②スーパーカミオカンデで観測される大気ニュートリノを用いて、加速器を用いたニュートリノ振動実験では得られないニュートリノ振動の効果の観測などを行う予定です。また、将来のより大規模な



ニュートリノ振動実験に向けた超大型ニュートリノ測定器の開発も重要な研究テーマです。

スタブロス・カサネバス 専門分野: 実験物理学

Stavros Katsanevas

IPMU 主任研究員

研究対象としているのは①超対称性、②ニュートリノ物理学、③宇宙素粒子物理学、④新しい光検出器、⑤スマートセンサーのための分散型データ取得システム、などです。

これまで10～15年かけて研究してきた主な成果は以下の通りです。

- ①LEP (高エネルギー電子・陽電子衝突装置) 実験における主要なモンテカルロ超対称性事象発生プログラムについての論文の第一著者 (SUSYGENと超対称性の現象論についての論文)
- ②CERNからGran Sassoへ照射するニュートリノビームの設計における論文の共著者
- ③高感度で空間・時間の高分解能を備えた新しいハイブリッド型光検出器の設計と実現



- ④ニュートリノ実験 (OPERA) においてインテリジェントセンサー (情報処理機能をもつ検出器) のための超大型分散型データ取得システムの設計。

数年前から、科学政策についての活動としてヨーロッパにおける宇宙素粒子物理学の研究計画の連携活動 (network ASPERA) に尽力してきました。そして研究の面では、陽子崩壊の検出やニュートリノ物理学、宇宙物理学のための超大型100万トン級検出器の開発にも力を注いできました。

河野俊丈 (こうの・としたけ) 専門分野: 数学

IPMU 主任研究員

研究領域は数学の位相幾何学で、おもに3次元多様体、組みひも群と結び目理論、配置空間とモジュライ空間の幾何学などです。空間内に描かれたループのホモトピー類のなす群は基本群と呼ばれ、その空間の幾何構造を反映しています。基本群は一般に非可換で、この群を空間上の微分形式を用いて幾何学的に理解することが、研究の出発点です。

組みひも群は、平面内の相異なる点の動きを記述していますが、組みひも群の対数微分形式の反復積分を用いた表現の構成の研究の過程で、私は、共形場理論におけるKZ方程式のモノドロミー表現と量子群との関連を見いだしました。また、これを発展させて曲面の写像類群の共形ブロックの空間への作用を組み合わせ的に表現し、ウィッテンによってチャーン・サイモ



ンズゲージ理論を用いて提唱された3次元多様体の位相不変量のヘーガード分解による記述を与えました。最近の研究成果は、共形ブロックの空間の多変数超幾何関数による積分表示、結び目全体の空間や配置空間のループ空間などの無限次元空間のホモロジー群の代数構造にわたっており、特に後者は弦理論とも深く関わっています。

中畑雅行 (なかはた・まさゆき) 専門分野: 実験物理学

IPMU 主任研究員

最も興味をもっている研究は、ニュートリノによる素粒子物理学、ニュートリノを用いた天文学、宇宙暗黒物質の正体の解明、そして大統一理論の検証です。スーパーカミオカンデによる大気、太陽、加速器ニュートリノの研究で、ニュートリノが質量をもち飛行中に種類を変えてしまうことが分かりました。私は特に太陽ニュートリノの精密観測を進め、ニュートリノの質量や、「混合」といった素粒子の性質を探りたいと思います。超新星爆発がわれわれの銀河で起これば、スーパーカミオカンデは約1万事象ものニュートリノ現象を捕らえることができ、超新星爆発のメカニズムの詳細を探ることができるはずです。また、宇宙初期に始まる超新星爆発からのニュートリノ（超新星背景ニュートリノ）を捕らえられれば、宇宙の星形成の歴史



を探ることができます。宇宙のエネルギーと物質の20%は「暗黒物質」と呼ばれる謎の粒子です。地下での低バックグラウンド実験によって、その正体を解明したいと思っています。素粒子の究極理論である大統一理論が正しければ、陽子の崩壊が観測されるはずです。陽子崩壊を発見して大統一理論を検証したいと思っています。

Our Team

野尻美保子 (のじり・みほこ) 専門分野: 理論物理学

IPMU 主任研究員

暗黒物質の存在は宇宙の大域的な観測によって確立し、それが未知の素粒子からなるという証拠も集まっています。一方、いわゆる素粒子の「標準模型」では、暗黒物質を説明することはできません。また、暗黒物質の存在を説明しようとすると、素粒子模型を大きく拡張しなければならないのではないかと考えられています。

「暗黒物質とは何か」だけでなく、「それがなぜ宇宙に存在するか」も大きな問題です。暗黒物質は宇宙初期の高温の粒子と粒子の衝突から生まれ、宇宙が高速で膨張する中で消えずに残ったというのがひとつの説です。この説を確認するためには、実際に素粒子どうしを高エネルギーで衝突させるのが有効です。2008年から始まるLHC実験は、高エネルギーの陽子を今ま



での7倍のエネルギーで衝突させ、そこで起こる反応を調べることができる実験です。この実験は、標準模型では唯一未発見のヒッグス粒子や、暗黒物質をはじめとする未発見の粒子を探索することを目標の一つとしています。

最近のおもな研究は、この暗黒物質とLHC実験に関係しています。また、理論と実験との共同研究を重視し、国際的なワーキンググループなどにも関わっています。IPMUを広く海外の実験や理論の研究者の集まる場にしたいと思います。

野本憲一 (のもと・けんいち) 専門分野: 天文学

IPMU 主任研究員

私の主たる研究対象は、超新星と呼ばれる、ある種の星の一生の最後に起こる大爆発です。この爆発の研究は、星や銀河の進化、中性子星・ブラックホールの形成、重元素の起源の解明につながります。また、地上では実現できないような極限的状况での現象なので、現在の物理学の適用限界を超えるような進展も期待されます。現在のテーマは次の3つです。

①Ia型超新星による宇宙論：Ia型という超新星を観測すると、宇宙膨張の加速と暗黒エネルギーと呼ばれる謎の斥力源の存在を調べることができます。どの星がどのような機構でIa型超新星爆発を起こすのかを明らかにして、超新星を使った精密宇宙論と暗黒エネルギー研究の進展に貢献します。

②宇宙の第一世代星の進化・爆発と、宇宙の化学進



化：重元素を含まない星の進化・元素合成の理論と、銀河初期に誕生した星の化学組成の観測から、第一世代星の正体と宇宙初期の化学進化の解明を進めます。

③ガンマ線バーストとそれに付随する極超新星の研究：巨大爆発を引き起こすようなブラックホール・中性子星からのエネルギー放出機構、極超新星の巨大爆発による元素合成と衝撃が、宇宙初期の天体の形成・進化に与えたと思われる影響を解明します。

大栗博司 (おおぐり・ひろし) 専門分野: 理論物理学

IPMU 主任研究員

自然界には階層構造があって、より微細な世界の現象を調べていけば、自然の基本的な姿が明らかになるとされてきました。しかし最近になって、この自然界の階層構造は 10^{-35} メートル（いわゆるプランクスケール）で打ち止めになると考えられるようになりました。時間や空間ですらプランクスケール以下には存在せず、何かまだよくわからないより基本的な構造から創発されなければなりません。超弦理論は、一般相対性理論と量子力学を融合し、素粒子の「標準理論」を基本原理から導き出すために必要なすべての材料を含んでいるので、プランクスケールの物理現象を記述する数学的枠組みの最有力候補とされています。私は、この超



弦理論を使って、高エネルギー物理学、天体物理学、宇宙論に関連した問題を解き明かすための理論的手法の開発に取り組んでいます。

斎藤恭司 (さいとう・きょうじ) 専門分野: 数学

IPMU 主任研究員

単位円周の長さは 2π という最も古い数学の対象です。よく知られるように単位円 C は二次方程式 $x^2 + y^2 = 1$ で与えられ、複素数 $z = x + iy$ を使えば $\oint_C dz/z = 2\sqrt{-1}\pi$ となります。このような積分を周期積分、その値を周期と呼びます。理由は不定積分 $\int dz/z$ の逆関数が $2\sqrt{-1}\pi$ を周期とする指数関数だからです。また、この周期積分は A_1 型のリー環により記述できます。次に円周 C のかわりに定義方程式が三、四次の曲線上の複素積分を考えると、2つの基本周期をもつ楕円積分が現れ、その不定積分の逆関数が楕円関数となります。これらの周期積分は位数2のリー環 A_2 、 B_2 、 G_2 で記述されます。このように周期積分を通して深い数学構造が次々に現れるのは面白いことです。

私はこれらの周期積分を高次元化する積分形式としての原始形式を圏論的に構成するために、無限ルート系と無限次元リー環を研究しています。その研究過程



で生まれた平坦構造（フロベニウス構造）と平坦座標という概念は、不思議なことに物理におけるストリング理論のミラー対称構造を記述する言語のひとつにもなっています。原始積分による周期写像の逆写像の平坦座標成分である原始保型形式の決定は、今後の重要課題です。

Our Team

佐藤勝彦 (さとう・かつひこ) 専門分野: 宇宙物理学

IPMU 主任研究員

素粒子的天体物理学・宇宙論の研究を進めています
が、特に星のコアの重力崩壊や超新星ニュートリノ、また
宇宙初期のインフレーションに興味をもっています。

現在進めている研究は、①超高エネルギー宇宙線の
銀河間空間での伝播と観測の非等方性、②超新星やガン
マ線バースト源エンジンのモデルとしての星のコア
の磁気自転重力崩壊、③そこからの重力波やニュート
リノの放出、④超高密度物質における相転移、特に中
性子星の内部や超新星コアにおける原子核バスタ層、
⑤非一様宇宙における元素合成、などです。

これまでの主な研究成果は、①超新星コアにおいて
ニュートリノが閉じ込められてフェルミ縮退を起こ
すというニュートリノのトラッピング理論の提唱、②
初期宇宙における加速度的膨張モデル（インフレーシ



ン)の提案、およびインフレーションによる磁気単極
子過剰生産問題の解決 (M. Einhornと共同)、③インフ
レーションモデルでの宇宙の多重発生モデルの提唱 (M.
Sasaki, H. Kodama, K. Maedaと共同)、④ニュートリノやア
クシオンなど弱い相互作用粒子の質量や寿命に対する
宇宙論、天体物理学からの制限を先駆的に示したこと
などです (M. Kobayashiや H. Satoなどと共同)。

デイビッド・スパーゲル David Spergel 専門分野: 天体物理学

David Spergel

IPMU 主任研究員

私の専門は天体物理学理論で、近傍の恒星系の惑星
探索から宇宙の姿の研究まで幅広く興味をもっています。

過去数年間は主としてWMAP衛星による研究に力
を注いできました。WMAPは2001年6月30日に打ち
上げに成功し、以来、得られた観測結果は一連の論
文として発表されています。WMAP2003として知ら
れる論文は、現在SPIRESに収録されている全論文の
うち引用数第4位を誇っています。私の関わっている
CMB (宇宙背景放射) プロジェクトでWMAPに次ぐもの
はAtacama Cosmology Telescope (ACT) と国際共同
研究であるSouthern Cosmology Surveys を通じた観
測です。

私はプリンストン大学で地球型惑星の直接撮像を可
能とする新しい技術の開発を行っているグループの一



員です。

私はさらにプリンストン理論物理学センターの一員
であり、このセンターでは2008年と2009年に「ビッグ
バンおよびその彼方」という研究プログラムに焦点
を当てています。また、私は新設された数物連携宇宙
研究機構 (IPMU) に参加しております。

ヘンリー・ソーベル

Henry W. Sobel

IPMU 主任研究員

専門分野: 実験物理学

物理学における私の関心は、保存則の検証と基本的な粒子間相互作用の研究です。これまでは、ニュートリノの研究と核子崩壊の探索に的を絞ってきました。また、宇宙物理学と宇宙線に対しても特別な関心を抱いています。現在はスーパーカミオカンデによる実験の継続と、長基線ニュートリノ振動実験 (T2K) の準備が研究活動の中心です。

T2Kという現在建設中の多数の検出器を用いる実験は、電子ニュートリノの出現によりゼロでない値をもつニュートリノ混合角 θ_{13} を検出できる初めてのニュートリノ振動実験になることが期待されています。この実験では、ミューオンニュートリノの消滅確率が最大となるエネルギーで電子ニュートリノ相互作用を検出するように最適化されています。そして、ニュートリノの混合行列に現れる唯一小さな値をもつ混合角の正体を検証することが目的です。

さらに、この実験により精密にミューオンニュート



リノ消滅を測定し、大きな値をもつ混合角 θ_{23} が完全に最大値にはなっていないことを初めて証明できるかもしれません。実験の第2段階では、増強されたビームと遠方検出器を用いてレプトンCP対称性の破れを確認できる可能性があります。2009年に予定されているこの実験の第1段階では、スーパーカミオカンデが標的兼遠方検出器となります。ビームの照射の前に完全に再建されたスーパーカミオカンデの較正をすませ、理解しておかなければなりません。

また、アメリカで進められているDUSELという地下深部に設置される研究施設の建設計画に加わるようになりました。この計画で私がもっとも関心をもっているのは、次世代核子崩壊検出器建設の可能性についてです。

杉山 直

(すぎやま・なおし)

専門分野: 天体物理学

IPMU 主任研究員

私が現在研究しているのは、主として観測に基づく宇宙論、特に宇宙の構造形成で、いちばん興味をもっているのはマイクロ波宇宙背景放射 (CMB) の温度の非等方性です。

私の現在の研究対象は、①宇宙初期の恒星と銀河形成による宇宙の再電離、②21cm波の揺らぎおよび原始磁場の発達とその観測データのもつ意味、③ダークエネルギーおよびダークマター観測の手がかり、④高エネルギー天体物理学などです。

おもな研究成果としては、①密度および温度のパワースペクトルを計算するためのゲージ不変な定式化においてのボルツマンコードの組み込み、②冷たいダークマターのパワースペクトルをフィットするための



有用な公式を提案、③CMBの温度揺らぎの生成に関する詳細な物理過程の包括的研究 (Wayne Huと共同で)、④CMBの揺らぎにより宇宙の空間的曲率を測定する可能性を指摘 (Marc Kamionkowski およびDavid Spergelと共同で)、⑤准解析的銀河形成に基づく現実的な銀河形成シナリオの展開 (Andrew Benson、Adi NusserおよびCedric Laceyと共同で) などがあります。

Our Team

土屋昭博 (つちや・あきひろ) 専門分野: 数学

IPMU 主任研究員

1960年代後半に位相幾何学の研究から数学の研究を始めました。そのころ、微分位相幾何学の発展の最終局面に遭遇したこともあり、球面のホモトピー同値全体の作る群を構造群とする球面束の特性類を完全に決定することに成功しました。

1980年代後半に共形場理論の数学的基礎付けの研究を始めて、現在に至っています。共形場理論は、1980年代初めにロシアの3人の物理学者によって、2次元統計物理学における臨界現象を記述する理論として展開されました。その後、素粒子論における超弦理論との関係も明らかにされ、多くの数学者や物理学者により現在まで研究が続けられています。



私が展開した共形場理論では、2次元場の量子論が無次元代数の表現論、D-加群、Moduli空間の理論など、現代数学の考え方や方法と密接に関連し合って展開され、その結果、現代数学に新しい観点と方向を与えることになりました。

現在も共形場理論の基礎づくりの研究を行っており、超弦理論の数学的展開への応用をめざして研究を続けています。

柳田 勉 (やなぎだ・つとむ) 専門分野: 理論物理学

IPMU 主任研究員

現在の素粒子物理学は、標準模型と呼ばれているゲージ対称性を基礎とした理論によって完璧に記述されています。しかしそこには、いくつかの謎が存在します。現在、その中でも、標準模型の柱のひとつであるヒッグス粒子の謎に注目して研究しています。標準模型によれば、このヒッグス粒子の質量は約100GeV程度でなければなりません。ところが、ヒッグス粒子のようなボソン場は、量子補正により非常に大きな質量をもってしまう。おそらく、その質量はプランク質量 (10^{19} GeV) ぐらいになるのが自然です。もちろん、補正前の質量と補正項が打ち消し合って100GeV程度の質量が残ったと考えることはできますが、この考えはあまりにも不自然に思えます。このヒッグス粒子の質量の問題は、超対称性と呼ばれるボソン場とフェルミオン場を入れ替える対称性を仮定すれば解決できます。この対称性があれば、ボソン場とフェルミオン場



の質量は等しくなります。一方、フェルミオン場の質量には大きな量子補正は生じないことが知られています。だから、超対称性のおかげで、ボソン場の質量には大きな補正は生じないことになります。もちろん、この超対称性は破れていなければなりません。その破れを1000GeV程度とすれば、100GeV程度のヒッグス粒子の質量を説明することは自然に思えます。

上記のような考えを標準模型に適応して、ヒッグス粒子の質量に上限値、約130GeVが存在することを示しました。私は、この予言が今年から始まるLHC実験で確かめられるだけでなく、超対称性理論が予言する多くの新粒子がこの実験で発見されることを期待しています。