

未知なる法則・理論を求めて旅しています！



かわむら よしはる
川村 嘉春

YOSHIHARU KAWAMURA

講座・職名：素粒子・宇宙物理学講座・教授

略歴：'85 名古屋大学理学部物理学卒業，'87 金沢大学大学院理研究科修士課程修了，'90 金沢大学大学院自然科学研究科博士課程修了，学術博士，'90～'99 信州大学理学部物理学助手，'99～'06 信州大学理学部物理科学科助教授，'06～現在 現職

専門分野：素粒子の標準模型を超える物理の探究，超対称性大統一理論，余剰次元に関する物理，超弦理論

キーワード：超対称性，力の大統一，余剰次元，超弦理論

ホームページ：<http://azusa.shinshu-u.ac.jp/~haru/>

連絡先：haru@azusa.shinshu-u.ac.jp

趣味：テニス，旅行

現在の研究テーマ：余剰次元と超弦理論に関する物理

1. 現実的な大統一理論の構築

大統一理論とは、重力を除く3つの力（強い力，弱い力，電磁気力）を統一的に記述する理論で，未完成です。ここで，強い力とは陽子や中性子などを構成しそれらを束縛する力，弱い力とは原子核などを崩壊させる力です。

自然界は根本的に単純であってほしいという願望もありますが，力の大統一により無関係に見える様々な現象や性質を統一的に理解することが可能になります。よって，大統一理論は素粒子の標準模型を超える物理として有望視されています。ただし，問題点がいくつかあります。例えば，一般に陽子崩壊を予言します。しかし，現在までに確認されていません。また，標準模型を導出するためにパラメータの値の間にきわどい微調整が要求されます。これは不自然です。

現実的な理論を構成するために必要な物理的概念の一つとして，超対称性が注目されています。超対称性とは，ボソンと呼ばれる粒子とフェルミオンと呼ばれる粒子を入れ替える変換のもとでの対称性です。超対称性は未だ実証されていませんが，魅力的です。

2. 余剰次元に関する物理の探究

Q．なぜ，余剰次元なのか？

一言で答えるならば，「そこに山（解決できない難問）があるから」です。つまり，我々が認識している3次元空間と時間の世界をもとにした理論では理解できない問題がいくつもあり，枠組みの拡張が有効ではないかと推測されます。また，余剰次元の導入により，異なる法則の間に関連性が生じ物理法則の整理整頓が実行されると期待しています。さらに，究極の理論の有力候補である超弦理論の定式化には余剰次元が必然的に導入されます。ここで，超弦理論とは超対称性を有する弦（1次元的に広がりを持つ基本的な物体）に関する理論です。

Q．なぜ，確認されていないのか？

余剰空間のサイズが小さすぎるからとか，余剰次元方向には移動できないからといったもっともらしい説が提案されていますが，真相は未だに不明です。我々の時空は，高次元時空中に埋め込まれた膜のような世界であるとするブレーン世界のシナリオが盛んに研究されています。その一例として，次のページの図1の中の片方の M^4 が我々の4次元時空を表しているような模型が考えられます。余剰次元の存在を明らかにするために「どのようにすれば検証できるのか？」を探る必要があります。余剰次元（ S^1/Z_2 など）導入して，現実的な大統一理論を構築するという試みを現在行っています。

未知の法則の探求

究極の物理法則（この世の中を基本的なレベルで支配している法則）が存在するに違いないと信じて、それを追い求めています。なぜ、その存在を信じているのかというと、前例がいくつもあるからです。例えば、電磁現象で登場する「クーロンの法則」「レンツの法則」「電磁誘導の法則」などが、統一的に理解できることを大学で学びます。それに、感動する人もいるはずです。法則がより基本的な法則や原理により束ねられるのを知るのは物理学の醍醐味の一つだと思います。Why don't you join us?

$$\partial_{\mu} F^{\mu\nu} = \mu_0 J^{\nu}, \quad \partial_{\mu} \tilde{F}^{\mu\nu} = 0$$

マクスウェル方程式：電磁場が従う方程式で電気現象と磁気現象を統一的に記述する電磁気学の基礎方程式

基本的な概念の把握

実は基本的な概念の多くは、よくわかっていません。例えば「質量の起源は何か?」「時間とは何か?」「空間とは何か?」「基本的な粒子・構成要素は何か?」「電荷とは何か?」「なぜ電子が存在するのか?」などなど、えっこんなこともわかっていないの?と思われるかもしれませんが、本当なのです。

基本的な粒子・構成要素が従う方程式はきっと美しいはずです。待てよ。「方程式の美しさとは?」この問いは後回しにして、方程式の美しさを理解し、感動するのも物理学の醍醐味の一つだと思います。Why don't you join us?

$$(i\hbar\gamma^{\mu}\partial_{\mu} - mc)\psi = 0$$

ディラック方程式：電子が従う方程式で特殊相対性理論と量子論を融合した相対論的量子力学の基礎方程式

身の回りは謎だらけ

エネルギーに換算して宇宙全体の96パーセントは正体が不明です。そのうち、74パーセントはダークエネルギーと呼ばれている未知のエネルギーで22パーセントはダークマターと呼ばれている未知の物質です。宇宙の始まりも謎です。やはり、宇宙は神秘的ですね。

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}g^{\mu\nu}R + \Lambda g^{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T^{\mu\nu}$$

アインシュタイン方程式：重力場が従う方程式で時間や空間を力学的な対象とする一般相対性理論の基礎方程式

方程式の美しさ

「方程式の美しさとは?」に対する漠然とした回答として、方程式や理論が有する対称性と関係があると思います。ここで、対称性とはある変換に対して、系が不変に保たれる性質のことです。対称性が高いほど、美しいと感じますよね。物理学において対称性の果たす役割は重要で、系の特徴（保存量、相互作用の形、粒子の分類）を把握するのに有効です。また、未知の理論を構築する際に指導原理になることがあります。様々な物理的な概念とそこから導かれる性質・特徴を通して自然の摂理に触れるのも物理学の醍醐味の一つではないでしょうか。Why don't you join us?

意識をタイムスリップ

大学に入った頃、これらの基礎方程式の意味を早く知りたい。その美しさを早く理解したいと思ったものです。現在、これらの方程式を統一するより基本的な法則およびより基本的な方程式を発見したいと思っています。きっと、最高に美しいに違いないと信じて！その旅の途中で（ガリレオ先生のような明晰な頭脳は持ち合わせていないけれども）、しばしばつぶやいています。「サッパリわからないが、実に興味深い！」

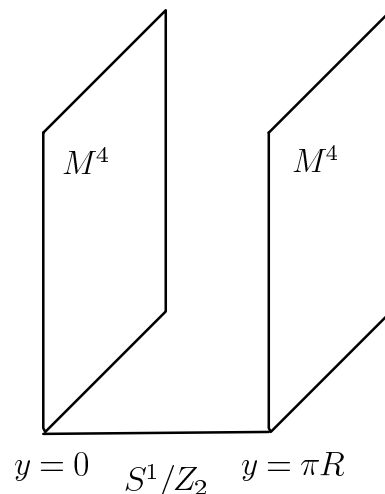


図1