

# 山崎研究室

山崎 雅人 教授    渡邊 真隆 助教

## 1 研究室の概要

本研究室は、素粒子理論の中でも特に**超弦理論**、**量子場の理論**、**量子重力**や関連した**数理物理**を研究しています。

超弦理論や量子場の理論における数理的な研究を得意とし、最先端の数学を駆使して物理学を切り開くと同時に、物理学から新しい数学を生み出してきました。

また、狭い意味での素粒子理論にとらわれることなく、**分野の垣根を超えた研究**に果敢に挑戦し、**幅広い研究テーマ**を扱ってきました。その研究領域は素粒子現象論、格子ゲージ理論、宇宙論、量子情報、統計力学、物性理論に及びます。また純粋数学の研究も行い、東大数理科学研究科の学生も研究室に所属しています。

## 2 最近の研究テーマの例

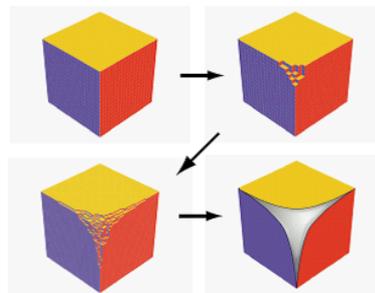
本研究室の研究テーマは多岐にわたりますが、ここではその一部を紹介します。

### 【超対称場の理論の数理】

超弦理論においてDブレーンを考えると超対称場の理論が得られますが、これらの理論から得られる数学的構造を超弦理論の双対性などを絡めて物理的に研究し、新しい物理/数学を生み出します。特に、位相的場の理論の代表例であるチャーン＝サイモンズ理論やその一般化について一連の研究があるほか、超対称場の理論から得られる結び目/多様体の不変量、幾何の数え上げ不変量、可積分系、頂点作用素代数などについて研究してきました。また、場の理論そのものを数学的に定式化しようとする研究や、場の理論をスーパーコンピューターで解こうとする研究もおこなっています。

### 【量子重力の基本原則と宇宙論的帰結】

超弦理論は量子重力の理論でもあり、ホログラフィーやブラックホールの情報喪失問題、量子重力についての沼地予想などを精密に議論する舞台となっています。また、こうした量子重力効果の手がかりを実験/観測から探る研究もおこなっており、超弦理論と素粒子現象論/宇宙論の橋渡しを目指しています。



図：量子重力において創発する空間を現した結晶融解の統計力学模型。数学的にはカラビ＝ヤウ空間の数え上げ不変量を与える。

【**一般化された対称性**】近年対称性の概念が拡張されており、高次対称性、部分系対称性、また群からフージョン圏に一般化された圏論的対称性やそれらの組み合わせについて場の理論/格子系の双方において研究を行ってきました。またこうした対称性についての一般論をクォークの閉じ込めや物質の相の分類に応用する研究もおこなっています。

### 【量子シミュレーション、古典/量子機械学習】

現在及び将来の量子コンピューターの応用として、量子場の理論や量子スピン系のシミュレーションやそのためのアルゴリズムを開発し、実機も用いています。また素粒子実験の新物理探索や超弦理論の真空探索のためにGPUを用いて古典/量子機械学習を行なっています。

## 3 今後の展開

超弦理論の世界は研究の進展が早く、私自身の将来の研究も未知のところがありますが、物理学の基本原則や根源的な問題にはほとんど変化がないのもまた事実であり、基礎に戻って粘り強く考えることも重要です。新たに研究室に参加される皆さんと一緒に、そのような研究のプロセスを楽しんでいけたらと思っています。

[ホームページ, YouTube]

<https://member.ipmu.jp/masahito.yamazaki/index.shtml>

<https://www.youtube.com/@masahito.yamazaki>