

# 頂点代数、因子化代数とその応用

ミハイル・カプラーノフ Mikhail Kapranov

Kavli IPMU 主任研究員

中島 啓 なかじま・ひらく

Kavli IPMU 主任研究員

2018年7月17日から21日にかけて、ワークショップ「頂点代数、因子化代数とその応用」が、B. Feigin（モスクワHSE、京都大学）、M. Kapranov（Kavli IPMU）、中島（Kavli IPMU）を組織委員として、Kavli IPMUで開催されました。

頂点代数は、2次元の共形場理論を理解するための、基本的な代数的な構造です。AGT 予想によって弾みをつけられ、近年では2次元と4次元の場の理論をつなげる研究が盛んに行われています。特に、頂点代数と4次元の微分可能多様体の幾何とのあいだをつなぐ深い関係が見えつつあります。

同時に、頂点代数は因子化代数の特別な場合であり、後者は何次元でも意味をもち、場の量子論の数学的な記述を与えます。また、因子化構造と因子化ホモロジーは、純粋数学において局所から大域への橋渡しをする「積分」の定式

化をする数学的な言語となります。さらに、アフィン・リー代数や量子群の表現論を研究するための重要なツールにもなっています。2次元と4次元の因子化構造のあいだに見えつつある関係は、発展が期待される将来有望な分野であり、数学と物理の両者にとって重要です。この研究集会は、これらの分野の専門家と若い研究者を、日本と海外から集めて行われました。S. GukovとB. Feiginの講演は、頂点代数と微分可能4次元多様体のあいだの興味深い関係について、行われました。特に、コセット構成といった頂点代数における古典的な構成に、4次元トポロジーのplumbingや、カービー移動といった視点から、新しい意味付けが与えられました。

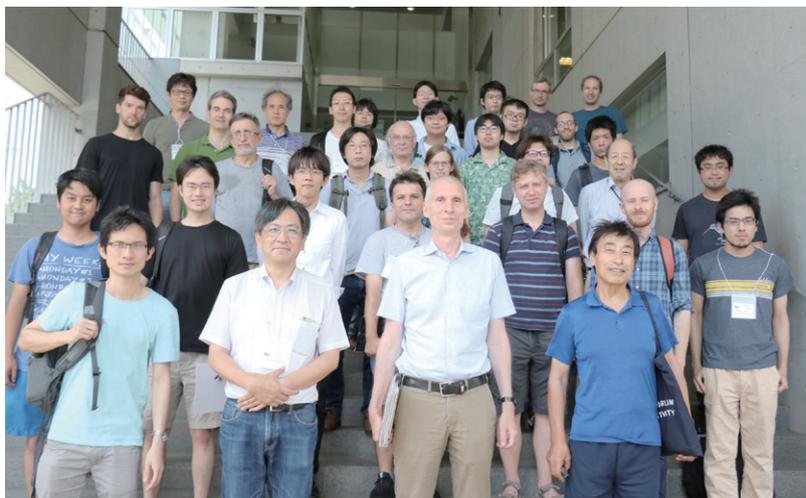
荒川の講演は、随伴多様体の概念に基づいた、頂点代数の新しい「幾何学化」に関するもので、自然な頂点ポアソ

ン代数と通常のポアソン多様体が現れます。また、このアプローチでは、4次元の場の理論におけるクーロン枝の数学的な解析とも関係がつけられます。A. Bravermanは、この問題のうちのいくつかにおいて、より広く、概念的で圏論的な枠組みについて説明しました。桑原の講演は、トーリック超ケーラー多様体のカイラル化に関するもので、あるポアソン多様体から頂点代数を作るという逆方向について、試みるものです。

D. Gaitsgoryは、捻れD加群の圏のあいだの圏同値として理解される、量子化されたLanglands対応への、頂点代数を用いたアプローチについて講演しました。S. Raskin, L. ChenとD. Yangの講演では、Langlands対応への応用に重要な役割を持たせつつ、頂点代数、アフィン・リー代数、量子群の関係のいくつかの側面についての講演がなされました。

T. Creutzig、川節、西中の講演では、許容レベルのアフィン・リー代数から来る頂点代数のさまざまな側面について、議論されました。A. Linshawは、W代数のパラメータ付き頂点代数の特殊化としての実現について講演しました。

高次元も含めた因子化構造の様々な応用については、E. Cliff, J. Francis, B. Hennion, Q. Ho, Y. Kremnitzer, V. Schechtmanの講演の中で紹介されました。AGT予想への数学的な側面で活躍するHall代数との関係については、E. Vasserotにより議論されました。



# IGM2018: 銀河間物質で紐解く宇宙再電離史

キーガン・リー Khee-Gan Lee

Kavli IPMU 講師

2018年9月18日から4日間、“IGM2018: 銀河間物質で紐解く宇宙再電離史” (Revealing Cosmology and Reionization History with the Intergalactic Medium) が、Kavli IPMU で開催された。本研究会の目的は、銀河間物質の研究に携わる理論家と観測家を一同に集め、宇宙論と再電離の相互関係を議論することである。招待講演者の専門分野は、マイクロ波背景放射 (CMB)、高赤方偏移銀河観測、quasar とその吸収線、21 cm線等、多岐にわたっている。日本を含め、アジア、欧州、北米から100名を超える参加者があった。

近年の進展の中で、興味深いのはCMBによる電子散乱の観測に基づく中性水素の再電離時期の推定が、従来考えられてきた時期よりも低い赤方偏移 ( $z = 7.7$ ) で起きているらしいと最新の結果で見えてきたことである。この結果は、最遠方の quasar を背景とする銀河間物質が直接再電離の時期を探索することを意味しており、実際 Fred Davies (UCSB) は、再電離時期に期待される中性水素の吸収線の形状が最遠方の quasar で見えていることを観測により示した。この観測結果は、再電離時期の中性水素の進化過程を直接検出できる可能性を示しており、Xiaohui Fan (Arizona) は、遠方 quasar ( $z > 7$ ) の野心的な探索計画を発表した。

再電離が完了したと考えられる  $z = 5.5$  付近では、Gunn-Peterson Troughと呼ばれる銀河間物質の状態を詳しく研究する試みも発表された。George Becker (UC

Riverside) はすばる望遠鏡、Hyper-Suprime Cam の狭帯フィルターを使い、銀河間物質で完全に吸収された領域の探索を行った結果、Lyman-alpha 輝線天体が他の領域よりも少なく、Laura Keating (CITA) が指摘していたように、紫外背景放射が一様でなく、再電離後期で取り残された領域があることが示された。

再電離の影響は、さらに低い赤方偏移帯でも温度と圧力の関係においてその痕跡が見つけられる。Elisa Boera (UC Riverside) は、銀河間物質の温度の特徴を Lyman-alpha forest の power spectrum ( $z \sim 4-5$ ) から測定し、Michael Walther (UCSB) は、120億年に渡る power spectrumの進化 ( $z \sim 0-5$ ) を示した。銀河間物質を使った、宇宙論パラメータの制限の発表もあった。まず、Andreu Font-Ribera (UCL) による、

銀河間物質によるバリオン音響振動と宇宙初期の膨張史の review があり、Nathalie Palanque-Delabrouille (CEA Saclay) は、銀河間物質による 1D power spectrum によるニュートリノ質量の制限 ( $z \sim 2-3$  data) と warm dark matter、sterile ニュートリノの制限 ( $z \sim 4-5$  data) を発表した。本会議の議論の場において、銀河間物質を使って宇宙論を語るには、銀河間物質の再電離と再加熱の歴史を正確に理解することが最優先であることが明確になった。

参加者の中から、普段はめぐり会うことのない多方面の専門研究領域の scientist による垣根を越えての議論がとて有意義であったという声が聞かれた。全体として、本会議は大成功であった。

