

# フォーカスウィーク：新しい不変量と壁越え

大栗博司 おおぐり・ひろし

IPMU主任研究員

戸田幸伸 とだ・ゆきのぶ

IPMU准教授

ドメニコ・オルランド Domenico Orlando

IPMU博士研究員

スザンネ・レッフエアト Susanne Reffert

IPMU博士研究員

今年は場の量子論の生誕80周年に当たります。場の量子論とは、電磁場のような「場」の自由度に量子力学の原理を適用しようとするもので、素粒子物理学の基礎となる考え方です。しかし、数学としては未完成の理論です。ヤン-ミルズ理論と呼ばれる場の量子論の数学的定式化は、ポアンカレ予想、リーマン予想、P対NP問題などと並んで、クレイ数学研究所の7つのミレニアム問題の1つとして出題されています。

場の量子論の数学的定式化は完成していませんが、物理学者の近似的結果のいくつかは数学的な予想となり、現代数学の発展に大きな影響を与えてきました。これは、1990年以降のフィールズ賞受賞数学者の4割近くが、量子論に関連する数学の研究に深くかかわっていることからわかります。逆に、このような数学の成果は、場の量子論や超弦理論の研究に強力な道具となりました。数学者と物理学者の交流を促進することで新しい数学を創造することを目標の1つとするIPMUは、場の量子論に関連する数学を重要な研究分野と捉えています。

物理学者は、場の量子論の計算を、場の自由度を表す無限次元の空間の上の積分と考えますが、これは数

学的な定義にはなっていません。しかし、超対称性を持つ場の量子論のある種の計算では、この計算が有限次元の空間の上の積分に帰着することがあり、そのような場合には数学的な理解が可能になります。今回のフォーカス・ウィークでは、こうした有限次元積分で計算される「量子不変量」を研究している最先端の数学者と物理学者を集結させました。フォーカス・ウィークの題名にある「壁越え」とは、理論のパラメータを変えていくと、ある種の相転移が起こって、一定であるはずの量子不変量の値が変わってしまうという、数学的にも物理学的にも深い内容を持つ現象を指します。量子不変量は、数学においては、高次元の幾何の分類問題に新しい見方をもたらしています。また、物理学においては、超弦理論の低エネルギー有効理論の導出、ブラックホールの量子状態の分析、そしてゲージ理論の強結合現象の理解など、理論物理学の最先端の話題に重要な役割を果たしています。

この分野の急速な進歩を反映して、今回の会議は3ヶ月と言う短い準備期間で緊急に開催されました。IPMUの数学者1名と物理学者3名からなる組織委員会は、世界各地から気鋭の研究者11名を講演者として



「インフルエンザの時代の会議」

招聘し、そのうち数学者は7名、物理学者は4名でした。会議では数学者と物理学者とがうまく交流できるように様々な工夫をしました。たとえば、各講演者には約2時間の講演を依頼し、最初の1時間は幅広い聴衆に向けた解説を、そして10分間の休憩をはさんで残りの1時間で最新の研究結果の発表をお願いしました。この講演形式はとても好評で、数学者と物理学者の交流に大きく貢献したと思います。招聘講演者の1人は、会議の後で次のような感想を送ってきました：「2時間の講演で前半は一般向け、後半は専門向けとするアイデアは素晴らしいと思いました。私自身、前半の部分から多くのことを学びました。」

このほかに、若手研究者の講演を公募し、その中から数学者4名、物理学者4名が選ばれて、各々45分間の講演を行いました。参加者総数は66名で、そのう

ち数学者が32名、物理学者が34名と、まさに分野の「壁を越えた」数物連携を象徴する会議となりました。

今回のフォーカス・ウィークは、新型インフルエンザの世界的流行の中で行われたので、参加者の健康管理のために万全の対策をしました。会場の2つの入り口では消毒用アルコールによる手の洗浄をお願いし、医療用マスクを700個用意して、会議の冒頭の挨拶ではマスクの正しい使い方を指導しました。また、参加者全員の朝晩の体温確認のほかに、会場の出入り口に赤外線カメラを設置し、昼食前に参加者全員の検温をしました。参加者はユーモアを持って協力してくださり、ガブリエル・ガルシア・マルケスの小説の題名\*をもじって『インフルエンザの時代の会議』と呼ぶ人もいました。

\* コレラの時代の愛