

量子クラスターで読み解く物質の階層構造

Clustering as a window on the hierarchical structure of quantum systems

領域ニュース

vol.3 2019/2/15 発行



領域ニュースでは、各計画研究や公募研究でどのような研究を行うのかを紹介していきます。

計画研究 A01 班「クォーク階層とハドロン階層を繋ぐ動的機構」



研究代表者 志垣賢太（広島大学・理学研究科・准教授）

新学術領域研究「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」では、クォークからハドロン、原子核、原子、分子に至る物質の階層構造を貫く共通法則と普遍性を見出し、さらに普遍性からのずれとして現れる各階層の多様性とその機構の解明を目指しています。計画研究 A01 班では、この階層構造の最基本層であるクォーク層とすぐ上のハドロン層を繋ぐ動的な機構を究明し、自然界の最小スケールの階層間隙の探求を担います。

クォークは物質の最も基本的な構成要素（素粒子）ですが、同じく素粒子である電子などと異なり、単独で取り出せないという不思議な性質があります。代表的なハドロンである陽子や中性子は3つのクォークから成り、陽子や中性子を原子核として繋ぎ止める役割を果たすハドロンであるパイ中間子はクォーク1個と反クォーク1個から成ります。クォークは常にこのようにいくつかの決まった集まり方で存在しているのです。我々の知る限り、例外は3つだけ。138億年前のビッグバンから10万分の1秒間以内に存在した火の玉宇宙、宇宙の彼方に漂うクォーク星の内部、そして我々が進める粒子加速器による高エネルギー原子核衝突実験です。世界最先端の技術で原子核同士をほぼ光速で衝突させ、ビッグバンを瞬間的に小規模ながら実験室で再現し、クォークをハドロン中への閉込めから解放して、両階層を動的に繋ぐことができるのです。(図1)

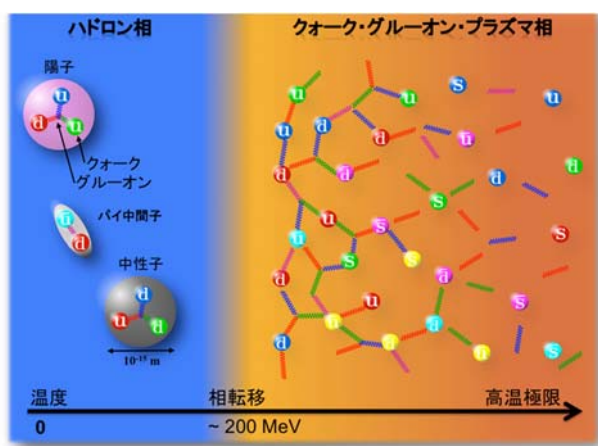


図1：ハドロン相とクォーク・グルーオン・プラズマ相（元京都大学基礎物理学研究所・前澤祐氏による）

A01 班はスイスのジュネーブ郊外に位置する欧州合同原子核研究機構（CERN）において世界最高エネルギーの粒子加速器 LHC を用いて世界 41 国による国際共同実験研究 ALICE（図2）を推進し、高エネルギー原子核衝突（図3）によりクォークがハドロン中への閉込めから解放された「クォーク・グルーオン・プラズマ相」を生成して、自由になったクォークの振舞いや、それらが再びハドロンへ戻る過

程の動的な機構を解明します。この階層間隙では、物質質量の99%の起源とされるカイラル対称性の破れに変化が期待され、「ものの重さ」の不思議にも迫ります。また、様々な種類のクォークの間に働く力の系統的な測定や、セミ階層クラスターと深く関係する新奇ハドロンなど、他の実験手法では実現できない極限状態からの特徴的で稀な事象の情報を獲得します。現在、2021年からのLHC加速器第3期運転に向け、ALICE実験の検出器高度化、新規検出器導入、データ収集系高速化などを推進し、従来にない高精度高統計で広い運動学領域を覆う新段階の測定によって、これらの物理目標実現へと進んでいます。

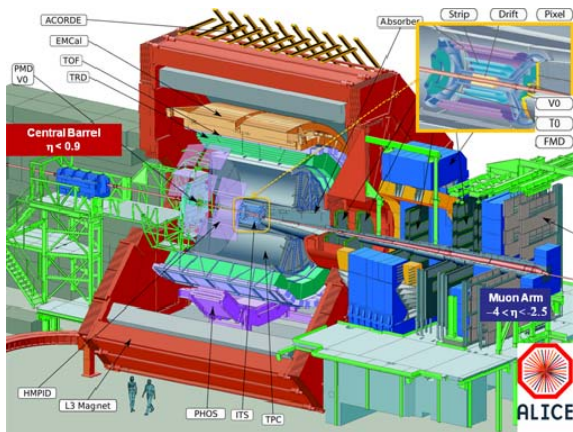


図2：ALICE 実験検出器概観

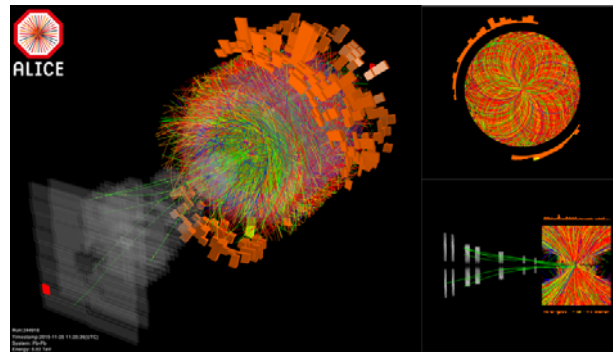


図3：ALICE 実験で観測される高エネルギー原子核衝突事象の一例

お知らせ

- 第1回「クラスター階層セミナー」を開催します。
 “Identifying resonant behavior using wave packet dynamics”, Prof. J. Tostevin (Univ. of Surrey, UK) 2019年2月22日(金) 14:00-15:30. 東京工業大学大岡山キャンパス 南5号館 503CD 会議室
<http://be.nucl.ap.titech.ac.jp/cluster/symposium/102.html>
- 新学術領域「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」スクールを開催します。
 日程：2019年3月7日 10:30-9日 12:35、大阪大学吹田キャンパス 荒田記念館
 詳細は以下のホームページをご覧ください。関心のある研究者の方、学生の参加を歓迎いたします。
<http://be.nucl.ap.titech.ac.jp/cluster/symposium/86.html>
- 「レクチャーシリーズ」を開催しています。
 第三回：Takamasa Momose (The Univ. of British Columbia),
 場所：京都大学 理学部6号館2階272号室 (2019年2月19-20日)
 学術セミナー 「反水素原子の高分解能分光とCPT対称性」(2月19日 15:00-17:00)、
 講義 “極低温分子・クラスターの分光とダイナミクス”(2月20日 9:30-15:00)、
<http://be.nucl.ap.titech.ac.jp/cluster/symposium/87.html>
- 第四回：Evgeny Epelbaum 氏 (Ruhr-Universitat Bochum), Chiral Effective Field Theory に関するセミナー・講義、日程：2019年3月19-25日、場所：東北大、京大、理研 (詳細は以下を見てください)。
<http://be.nucl.ap.titech.ac.jp/cluster/symposium/>