

## 20XX年宇宙の旅：クォークから原子核，そして宇宙へ

この宇宙に存在する物質を構成する原子核は、どこからきたのか？ なぜ安定に存在でき、今後どのように進化していくのか？ これらの謎に、素粒子理論に直接基づく第一原理計算で答えようという挑戦が今、始まっている。

原子核は陽子や中性子など、バリオンとよばれる粒子から構成されている。バリオンは複数のクォークからなる複合粒子である。クォーク（およびその相互作用をつかさどるグルーオン）の力学は量子色力学（QCD）で記述されるため、原子核の性質は究極的にQCDによって支配される。

しかし、原子核ではバリオン多体系の素励起・集団運動としてkeVからMeV程度のエネルギースケールの現象が観測されるのに対し、QCDが扱うクォーク多体系の典型的スケールはGeV程度である。従来、両者は別々の階層の物理として取り扱われ、それぞれの発展に計算科学が大きな役割を果たしてきた。バリオン多体系の階層では、核子の自由度と核力に基づき、量子多体問題を第一原理的に解く手法が成果をあげている。クォーク多体系（ハドロン）の階層では、格子QCDとよばれるQCDの非摂動的な定式化・第一原理計算手法が、ハドロン単体の性質の計算で成功をおさめている。このようにそれぞれの階層で研究が進

展する一方で、両階層のミッシングリンクをつなぐことは、過去数十年来、見果てぬ夢であり続けてきた。

近年、この2つの階層の架け橋となる核力を含むバリオン間力について、格子QCDにおける導出の定式化が発見された。格子QCD数値計算でバリオン間力を第一原理的に決定するという挑戦も始まっており、クォークから原子核までを統一的に理解することが可能になりつつある。

さらに、バリオン間力のなかで実験的に未解明な部分が大きいハイペロン力（ストレンジクォークがかかわるバリオン間力）や、3つのバリオンの間に働く3体力は、宇宙の極限環境や爆発現象で実現しうる超高密度状態において、力のバランスを左右する。したがって、格子QCDによるこれらの力の決定は、星の進化の終着点における超新星爆発や中性子星・ブラックホールの形成、連星中性子星の合体、これら爆発的現象と深くかかわる宇宙の元素合成など、様々な現象の謎を解き明かすうえで大きな役割を果たすであろう。

20XX年、クォークから原子核までの俯瞰図が得られたとき、これらの謎はどのような解決をみているのだろうか。そして、どのような新たな謎が待ち受けているだろうか。

土井琢身（理研）、会誌編集委員会