

## 【基盤研究(S)】

### 大区分B



## 研究課題名 クォークから中性子星へ：QCDの挑戦

理化学研究所・数理創造プログラム・プログラムディレクター

はつだ てつお  
初田 哲男

研究課題番号：18H05236 研究者番号：20192700

キーワード：中性子星、格子量子色力学、バリオン間相互作用、量子多体問題、高密度状態方程式

### 【研究の背景・目的】

高密度バリオン物質と中性子星の構造解明は、21世紀の原子核物理学における最重要課題の一つであり、素粒子物理学および宇宙物理学の基本問題とも密接に関係している。

特に、連星中性子星の合体事象(GW170817)が重力波と電磁波で同時観測され、この分野の新たな幕が切って落とされた。今後も期待される同様の観測により、中性子星内部の高密度物質や重元素の起源など、原子核物理の長年の課題の解決に向けた研究が急速に進むことが期待されている。

本研究は、中性子星内部における高密度バリオン物質の標準状態方程式を、格子上の量子色力学(QCD)に基づくバリオン間相互作用の第一原理計算と、精密量子多体計算を組み合わせることで構築し、クォークから中性子星を QCD で繋ぐことを目的としている。

### 【研究の方法】

本研究の代表者と分担者は、格子 QCD による核力やハイペロン力の導出手法の開発や、クラスター変分法による量子多体問題手法の開発を世界に先駆けて行ってきた。本研究では、物理点近傍でのバリオン二体相互作用の系統的計算、中性子星の内部構造に重要な  $NNN$ ,  $\Lambda NN$ ,  $\Sigma NN$  などの三体相互作用の解明を格子 QCD 計算により進め、中性子星の中心核を形成する一様バリオン物質の状態方程式を構築するのに必要な基礎データを提供する。さらに、それに基づいた精密量子多体計算により、有限温度で任意の陽子混在度を持つ中性子星の状態方程式の構築を行う。

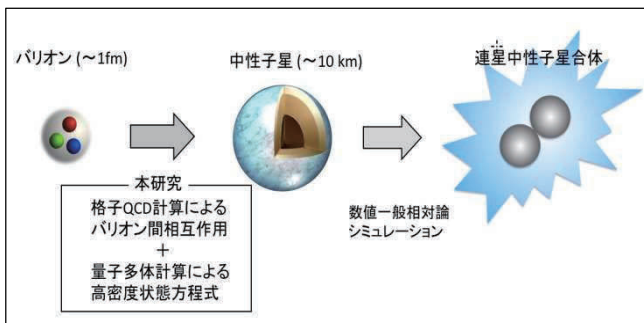


図1 クォークから中性子星合体まで

### 【期待される成果と意義】

格子 QCD 計算と量子多体計算を組み合わせ、非一様相から一様相までを広範にカバーする標準状態方程式を構築することは、数値一般相対論に基づく連星中性子星合体からの重力波解析や中性子星の構造解明に資するだけでなく、冷却原子気体や液体ヘリウムなど強相関物質科学における理論研究とも密接に関係している。さらに、加速器を用いた重イオン衝突実験で行われているバリオン間相互作用や高密度物質の研究にも直接的に関係している。このように、本研究は、QCD を軸に、宇宙核科学、物質科学、加速器科学を学際的に繋ぐという意義を持つ。

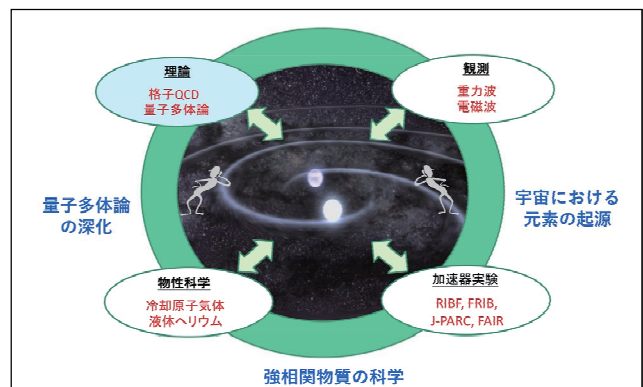


図2 本研究の学際的意義

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- G. Baym, T. Hatsuda, T. Kojo, P.D. Powell, Y. Song, T. Takatsuka, “From Hadrons to Quarks in Neutron Stars”, Rept. Prog. Phys. vol.81, 056902 (2018).
- H. Togashi, E. Hiyama, Y. Yamamoto, M. Takano, “Equation of State for Neutron Stars with Hyperons by the Variational method”, Phys. Rev. C93, 035808 (2016)

### 【研究期間と研究経費】

平成30年度～34年度  
91,600千円

### 【ホームページ等】

<https://ithems.riken.jp/>  
[thatsuda@iken.jp](mailto:thatsuda@iken.jp)