

論文審査の結果の要旨および担当者

| | | | |
|------|---|-----|---|
| 報告番号 | ※ | 甲 第 | 号 |
|------|---|-----|---|

氏 名 南川 拓哉

論 文 題 目

Chiral variant and invariant components of the nucleon mass with
quark-hadron crossover in neutron stars

(中性子星におけるクォーク・ハドロン・クロスオーバーと、核子質量の
カイラル依存・非依存成分)

論文審査担当者

| | | | | |
|-----|-----------------|-----|--------|------|
| 主 査 | 名古屋大学大学院理学研究科 | 教 授 | 博士(理学) | 原田正康 |
| 委 員 | 名古屋大学大学院理学研究科 | 教 授 | 理学博士 | 野尻伸一 |
| 委 員 | 名古屋大学大学院理学研究科 | 教 授 | 理学博士 | 河野 浩 |
| 委 員 | 名古屋大学素粒子宇宙起源研究所 | 准教授 | 博士(理学) | 中澤知洋 |

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

原子核を構成する核子(陽子・中性子)等のハドロンは、基本粒子であるクォークとグルーオンから構成されている。核子質量の生成機構の解明は、ハドロン物理学における重要課題となっている。

ハドロン質量起源の候補には、右巻きと左巻きのクォークを独立に変換させるカイラル対称性の自発的破れを引き起こすクォーク凝縮由来の質量と、主にグルーオン凝縮により生成される「カイラル不変質量」がある。これらの核子質量に占める割合、及び、別の起源の有無は未解明である。

申請者は、高密度状態では、カイラル対称性の部分的回復が期待され、その部分的回復に伴ってカイラル対称性の自発的破れによる質量が減少するのに対し、カイラル不変質量は通常状態とほぼ同じであることに着目した。まず、カイラル不変質量と中性子星内部で実現されている核物質の状態方程式を、核子に対して両方の質量の効果を含むハドロン有効理論を用いて構成した。また、太陽質量の2倍を超える超重量中性子星内部での実現が期待される超高密度クォーク物質の状態方程式を、クォーク自由度を含む有効理論を用いて構成した。そして、標準原子核密度の2倍以下では核物質の状態方程式、5倍以上ではクォーク物質の状態方程式、中間密度領域では2つを内挿した状態方程式を用い、統一的な状態方程式を構成する新しい手法を提案した。さらに、構成した状態方程式を用いて中性子星の質量・半径関係式を求め、観測データと比較し、カイラル不変質量が核子質量の50~90%を占めることを明らかにした。

申請者はまた、内挿領域におけるクォーク凝縮を求める方法を提案した。具体的には、内挿により得られた状態方程式で、クォーク質量の変化に対する応答からカイラル凝縮の密度依存性を決定する手法を構成した。そして、このカイラル凝縮がハドロン物質中からクォーク物質中へと緩やかに減少していくことを示した。超高密度クォーク物質中で存在するダイクォーク凝縮の密度依存性を求め、核物質ではゼロであった凝縮が、内挿領域で徐々に現れることを明らかにした。

以上のように、申請者は、カイラル有効理論に基づいて得られた核物質とクォーク物質の状態方程式を内挿し統一的な状態方程式を初めて構成した。そして、中性子星の観測から得られる制限と比較し、核子質量の大半がカイラル不変質量であることを明らかにした。また、内装領域でのクォーク凝縮の密度依存性を決める新しい手法を構築した。これらの成果は、核子質量の起源に関する情報を中性子星に関するマクロな物理量から得る手法を与えるものとして価値が認められる。参考論文は、軸性異常の効果が状態方程式に与える影響を解析したものであり、価値があると認められる。よって、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。