

論文審査の結果の要旨

氏名 山本直希

本論文は7章からなる。第1章は、イントロダクションであり、本研究に至った着想が述べられている。第2章は、研究の背景となるカラー超伝導の物理の基礎がまとめられている。第3章ではモデルに依存しない Ginzburg-Landau 理論に基づき QCD 相構造の解析がなされ、ハドロン相とカラー超伝導相の連続性が示された。また、連続性に関連して、相構造上に新しい臨界点が現れることを初めて具体的に示し、QCD の軸性アノマリーとの関連を議論した。更に、QCD の有効模型である Nambu—Jona-Lasinio 模型を用いて、上記の連続性が具体的に確かめられた。特にこの模型のラグランジアンにおける従来の相互作用項は、軸性アノマリーを記述する上で不十分であることを指摘し、新たに高密度領域でも正しくアノマリーを表現する相互作用項を導いた。第4章では、有効ラグランジアン及び QCD 和則を用いて、励起モードとしての Nambu-Goldstone 粒子とベクトル粒子に対して、有限密度における一般化された質量公式の導出がなされた。第5章では、QCD のトポロジカルな励起としてインスタントンのダイナミクスを考え、上記の連続性の基礎付けを行った。第6章は、ある条件を満たす有限の体積において、低密度ハドロン物質と高密度クォーク物質の分配関数に関する等式を証明し、このハドロン相とカラー超伝導相の間に双対性があることを示した。また、関連して様々な和則を導いた。

QCD 物質の相構造は、物性物理学的見地から見た QCD の中心課題であるが、論文申請者は、非常に一般的に相構造のパターンを見出し、そのメカニズムを理論が持つ対称性とその動的破れから見事に示した。高密度 QCD 物質の非摂動的側面を様々な角度から解析した、非常に重要な結果である。

なお、本論文の第3章は、阿武木啓朗・Gordon Baym・初田哲男・橘基らとの共同研究、第4章（付録 B を含む）は、Gordon Baym・初田哲男・橘基らとの共同研究、第6章（付録 C を含む）は、金澤拓也・Tilo Wettig との共同研究であるが、いずれの章も論文提出者が主体となって計算、解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。