

氏名(本籍)	むらの けいこ (東京都)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第5268号
学位授与年月日	平成22年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	Energy dependence of nucleon-nucleon potentials from Lattice QCD (格子QCDから求める核子間ポテンシャルのエネルギー依存性)

主査	筑波大学教授	理学博士	金谷和至
副査	筑波大学教授	理学博士	青木慎也
副査	筑波大学教授	理学博士	石橋延幸
副査	筑波大学准教授	理学博士	石塚成人

論文の内容の要旨

現在実験的に確認されている物質の基本構成要素(素粒子)はクォークとレプトンであり、その基本法則も、強い相互作用を記述する量子色力学(QCD)と電弱相互作用を記述するワインバーグ・サラム理論を組み合わせた素粒子標準理論により与えられる。強い相互作用によりクォーク3個が結合して、陽子や中性子などの「核子」を形成する。核子は相互に「核力」と呼ばれる力を及ぼし合う。核力により核子が複数個結合して形成されるのが、原子核である。湯川秀樹は、核力の本質が、「中間子」と呼ばれる、当時まだ発見されていなかった粒子を核子間で交換する現象であることを発見し、ノーベル賞を受けた。核子間の距離が近くなると多数の中間子が交換されるようになり、湯川理論では記述できなくなるが、核子・核子散乱データなどの解析により、ごく近距離では「斥力芯」と呼ばれる強い反発力になることがわかっている。斥力芯により、原子核は潰れずに有限の大きさを保つことが出来る。また、超新星は、重力崩壊により超高密度になった星が、斥力芯で反発されて爆発する現象と考えられている。超新星爆発により、星の内部で合成された重い元素が宇宙に広く散らばり、地球のような惑星が誕生する。このように、核力と斥力芯の解明は、物質の安定性から元素創成や宇宙進化の解明まで、我々の自然理解の根幹に係る重要課題である。

現在の素粒子標準理論によると、中間子も、クォークと反クォークが強い相互作用により強く結合して形成される複合粒子である。従って、核力は、原理的にQCDから導かれるべきものであるが、核力は、クォーク3個からなる核子が複数個ある系においてクォークと反クォークからなる中間子を多数個交換する複雑な現象であり、QCDにより直接記述することは極めて困難であった。近年、格子QCDの発展により、核子や中間子の様々な性質をQCDから直接導くことが出来るようになった。特に、筑波大学の青木慎也教授らのグループにより、核力と斥力芯をQCDから導くことが初めて行われた。

著者は、青木教授らによる核力ポテンシャルの計算方法を研究し、局所ポテンシャル展開の有効性を検証するために、動的クォークを含まないクエンチ近似の場合に、核子エネルギーを変えたときに、ポテンシャルの結果がどの程度安定かを調べた。エネルギーを与えるために、反周期的境界条件を課した計算を実行した。得られた結果は、遠距離で大きな乱れがあるものであったが、著者はその原因が励起状態の混入にあることを示し、その効果を取り除く解析方法を開発した。励起状態を取り除いた結果、エネルギーが45MeV

の核子間ポテンシャルと、従来の 0 MeV の核子間ポテンシャルとが、良く一致することを示した。また、解析を角運動量がある場合に拡張し、中心力ポテンシャルもテンソル力ポテンシャルも、同様に 45MeV までエネルギー依存性を持たないことを示した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文で著者は、クエンチ近似の場合に、核子間エネルギーが 45MeV までは、局所ポテンシャル展開の最低次で核子間ポテンシャルを矛盾無く定義できることを示した。これは、格子 QCD による核子間ポテンシャルの計算が、このエネルギーまでは、十分信頼できる事を示している。ここで開発された解析方法をより現実的な動的クォークがある場合に拡張することに原理的困難はなく、今後展開が予定されている動的クォークを持つ QCD による核力の研究に、重要な寄与をしている。理論的、実用的両方の面で極めてレベルの高い研究である。本論文の内容は数名での共同研究を含むが、本論文で取り上げられた研究は村野氏が中心となって行ったものであり、著者の独創性が十分発揮されている。

以上、本学位論文は、格子 QCD による核力の定量的な理解へ向けての系統的研究において、重要な位置を占めるものであり、さらなる発展の契機ともなる、水準の高い研究である。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。