

氏名(本籍)	かね こ たか し (東京都)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第1,847号		
学位授与年月日	平成10年3月23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	物理学研究科		
学位論文題目	Static Quark Potential in Lattice QCD with Improved Actions (改良された作用を用いた格子QCDの静的フォークポテンシャル)		
主査	筑波大学教授	理学博士	梁 成 吉
副査	筑波大学教授	理学博士	岩 崎 洋 一
副査	筑波大学教授	理学博士	宇 川 彰
副査	筑波大学助教授	理学博士	金 谷 和 至
副査	筑波大学助教授	理学博士	吉 江 友 照

論文の内容の要旨

素粒子物理学では、陽子や中間子に代表される強く相互作用する一群の粒子をハドロンとよぶ。ハドロンは内部構造をもち、より基本的な構成子であるフォークの束縛状態として表現されている。このクォークとクォーク間の力を媒介するグルオンの力学は、量子色力学(QCD)とよばれる場の量子論によって記述されると考えられている。現在、強い相互作用の物理学における大きな目的は、QCDに基づきハドロンの諸性質を解明することにある。本学位論文では、格子上で定式化されたQCD(格子QCD)を用い、数値シミュレーションの方法を応用することにより、クォーク間の静的ポテンシャルを詳しく研究することに成功した。

格子QCDでは、連続時空が有限の格子間隔をもつ離散格子で置き換えられている。従って、格子QCDの計算結果で格子間隔を無限小にする極限(連続極限)をとることにより、連続時空上での物理量が導かれる。実際の数値シミュレーションを有効かつ効率的に行うため、現在、よりスムーズに連続極限へ移行するように格子QCDの作用を改良する方法が注目を浴びている。

本論文では、この改良された作用をもつ格子QCDを用いて、まずフォーク間の静的ポテンシャルを計算し、連続極限に伴う回転対称性の回復を示した。その結果は、改良なしの作用の場合と比較して格段に滑らかな連続極限への移行であることを明らかにした。とくに格子間隔を0.1fm程度として行われた両者の計算結果の比較は信頼性が高い。さらに、QCD特有の有限温度における相転移の転移温度を計算した。この値とポテンシャルの強さ(ストリング張力とよばれる)の比が格子間隔に依らず一定であれば、連続極限に近いスケール領域にあるとみなせる。著者はこの比を3つの格子間隔の値について計算した。計算値は誤差の範囲で一定となり、やはり改良された作用が優れた連続極限移行性をもつことを見出した。以上の結果、連続極限における転移温度の値を280MeVと見積もることができた。

次に、以上の計算を真空中でのクォーク対の生成・消滅過程を取り入れた完全なQCD(full QCD)の場合へ拡張した。ここでは、ストリング張力とロー中間子質量の比を計算し、格子QCDのグルオン場の作用、およびクォーク場の作用の改良の効果を精度良い数値シミュレーションを実行することにより解析した。この解析では、種々の改良された作用を系統的に調べている点に大きな意義がある。その結果、グルオン場の作用ばかりでなく、クォーク作用の改良もまた滑らかな連続極限の実現のために有効であるとの結論を得た。

審査の結果の要旨

格子 QCD において連続時空での物理量を高精度で得るためには、極めて小さい格子間隔をもつ格子上での数値シミュレーションが必要となる。しかし、このような計算は非常に高い計算能力と長時間計算を要求する。そこで、現在使用できる計算機を充分活用し、より信頼性の高い結果を得るための様々な工夫が望まれる。そのため格子 QCD の作用の改良の方法は、現在、たいへん有望視されており今後の発展が期待されている。著者がこの点に注目し研究を進めたことは時宜を得たものであり高く評価される。本論文では高精度の計算が実行され、その結果得られたシミュレーション・データに基づく格子 QCD 作用の改良の有効性の実証は信頼性が高く、このアプローチの将来の発展の基礎を与えるものである。また、格子 QCD の作用の改良は、数値的方法の実効的側面からばかりでなく、理論的にも場の理論の普遍性の問題と本質的に絡みたいへん重要である。以上、本学位論文で得られた結果は格子 QCD への数値的アプローチや格子場の理論に関する新しい知見を与えるものであり、当該分野の研究に寄与するところが大きいと考えられる。

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。