

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 荻野 孝浩

論 文 題 目 ゲージ・重力対応に基づくバリオン励起状態の解析

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 酒井忠勝

委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教 授 博士(理学) 棚橋誠治

委 員 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 博士(理学) 清水裕彦

委 員 名古屋大学大学院多元数理科学研究科

准教授 博士(理学) 栗田英資

論文審査の結果の要旨

素粒子に作用する 4 つの基本的な相互作用のうち、強い相互作用を支配するのが量子色力学(QCD)である。これはクォークおよびグルーオンにより記述される非可換ゲージ理論の一種である。クォークの束縛状態であるハドロンに関する物理を QCD から解析的に導き出すことは、ゲージ群の非可換性ゆえに、非常に困難であった。

この問題を解決する強力な道具立てと期待されているのが、弦理論における反ド・ジッター/共形場理論(AdS/CFT)対応である。というのも、AdS/CFT 対応を用いることにより、非可換ゲージ理論における強結合物理が古典的な重力理論により記述可能となるからである。特に AdS/CFT 対応に基づき、QCD におけるカイラル対称性の破れを明快に説明するモデルが提案され、その理論的な予言は実験結果をうまく再現することが知られている。しかしながら、このモデルの未解決問題の一つとして、記述可能な励起バリオン状態がある一群に限定されることが知られていた。

主論文の目的はこの問題を解決し、ハドロン物理をより系統的に記述するための枠組を定式化することである。AdS/CFT 対応において、バリオンは弦の多体状態として記述されることが知られていた。しかしながら、これまでの解析ではそれをある種のソリトン解で近似していた。核子やデルタバリオンなど、一部のバリオンに対してこの近似は有効であったが、一般には成り立たない。申請者は、本来の弦の多体状態としてのバリオン描像に立ち戻り、以下に述べるような近似のもとでこの多体系の解析を行った。

まず、本来カラーの自由度は 3 であるのに対し、カラー自由度を無限大とみなす。これにより、弦の間の相互作用が無視でき、多体弦の束縛状態を求める問題が単純化する。次に、曲がった時空における弦の量子化を実行するために、時空の曲率の効果を、平坦時空からの摂動として採り入れた。以上のような近似のもと、これまで考慮されなかった弦の状態を構成要素として含む一般のバリオン状態を系統的に記述する理論的枠組を初めて構築することに成功した。

この結果に基づき、申請者は一般的な励起バリオンに関する質量公式を求めた。特に核子とその励起状態に対応する弦の配位を同定し、その質量 M とスピン J に関して、質量公式を $J=J(M)$ の形に書き直した。これまでは、レグジュ軌道として知られる、 J を M の 2 乗の線形関数として表すのが標準的だったのに比べ、主論文は J を M の 2 次関数として理解すべきことを示した。さらに、この公式は核子とその励起状態に関する実験結果と矛盾しないことを確かめた。

申請者は、AdS/CFT 対応に基づくハドロンモデルを拡張し、これまで理解不可能だった励起バリオン状態を系統的に記述する枠組を構築した。この理論からの予言は実験結果を再現するだけでなく、核子のレグジュ軌道に関して別の視点を与えた点で、非常に高く評価できる。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を与えるに相応しいと認められる。

