

論文審査の結果の要旨

氏名 峯尾 浩文

核子の内部構造を量子色力学 (QCD) に基づいて研究することはハドロン物理学の重要な課題の一つである。特に近年核子の構造関数が測定され核子内部のクォークやグルオンの運動量・スピン分布に関する多くの情報が得られるようになった。南部・ヨナ・ラシニオ (N | L) 模型は最初カイラル対称性の自発的破れの現象を簡単に示す核子場の理論として提案されたものであるが、今日では低エネルギー QCD に対するクォーク場の有効理論として用いられている。本論文は、N | L 模型の枠組みの中で、相対論的ファデーエフ方程式を使って核子の構造とその物理的性質を調べ、有限密度における核子、原子核の構造関数を計算し、EMC 効果やフェルミ運動について調べることを目的としている。

本論文は7章からなり、第1章では本研究全体の動機と背景を述べ、第2章ではN | L 模型と相対論的ファデーエフ方程式およびバリオン状態に対する頂点関数、第3章ではクォーク分布関数、第4章では核子の静的性質、第5章では原子核の構造関数について理論的考察を行い、第6章で数値計算結果を述べている。第7章はまとめと結論である。

本論文ではN | L 模型の相互作用項として、クォーク・クォーク間のスカラー及び軸性ベクトル相互作用をパラメタ r_s および r_a で特徴づけることにした。核子をクォーク・ダイクォークの基底状態として記述し、相対論的ファデーエフ方程式の積分核に静的近似を用いることによって解析的に方程式を解いた。ダイクォークとしては 0^+ , $T=0$ を持つスカラーダイクォークと 1^+ , $T=1$ を持つ軸性ベクトルダイクォークの2種類のみ限定してスピンの依存しない核子の構造関数を評価した。またパイ中間子を放出するクォークが質量殻上にあるとする仮定のもとでパイ中間子雲の効果を取り入れた。N | L 模型は繰り込み不可能な模型であるからカットオフがパラメタとして必要になる。本論文では核子中の光円錐運動量分布を評価する際、ブロードスキー・レパージュの方法によって

正則化し、核子の静的性質の評価では共変3元運動量カットオフを用いた。構造関数の陽子・中性子比、核子の磁気モーメント、軸性ベクトル定数、パイ中間子核子結合定数の計算を行い、これらの実験値を再現するようにパラメタ r_s および r_a の大きさを決定した。その結果、軸性ベクトルダイクォークが2～10%程度が混ざったときに最も良く実験値を再現することを示した。このとき、静的近似のもとではダイクォークの直接作用項がカットオフに強く依存しゴールドバーガー・トリーマン関係式が大きく破れることについて検討を加えた。本論文の後半では有限密度における核子の構造関数をスカラーダイクォークのみに限って評価した。閉じ込めのないN|Lモデルでは非物理的な敷居値が現れるが、固有時間法を用いて現象論的にその困難を回避した。核子中の光円錐運動量分布はバリオン数密度の増加とともにクォーク光円錐運動量割合 x の小さい方向に動くことを見つけた。これは核子が媒質中で大きくなることを示している。そのためEMCの比は $x \sim 0.6$ において1を下回り、実験値をおおむね再現し、EMC効果を示す傾向にあることを示した。ただし、固有時間法の欠点のため x の中間の領域で1を超えることがなく、改良の余地が残されていることを示している。

論文提出者がパラメタ r_s および r_a の大きさに関して得た結果はN|Lモデルにおける相互作用の具体的な形に関して情報を与えたものでいわゆるカラーカレント型に近いことを示している。これによって核子中の軸性ベクトルダイクォークの役割を定量的に定めたと評価される。また、まだかなり荒い近似の範囲ではあるが、EMC効果を調べることによって、原子核内の核子の構造について有意義な情報を引き出し、核物理学に着実な貢献をしたと評価される。

なお、本論文はヴォルフガング・ベンツ、石井理修、矢崎紘一との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実際の計算を行ったもので、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。