

IV. 原子核理論グループ

教授 香村俊武
助教授 初田哲男
講師 宇根 司、橋本幸男
技官 堂井 真
大学院生 13名

【1】ハドロン多体系の理論的研究

香村と堂井はグループをつくって、ハドロン多体系の研究を進めた。簡単なモデルに基づき、ペーテ・サルピーター方程式に現れる相対時間の問題を究明した。又、香村は、V. Gillet (フランス、サクレイ研究所)、J. da Providencia (ポルトガル、コインブラ大)らとともに、原子核を相対論的ハドロン多体系として扱う微視的理論を発展させた。負のエネルギー状態につめている核子を考慮しない相対論的平均場近似では、ハートレーフォック状態が不安定になる。不安定性のない理論を完成するため有限核について負のエネルギー核子を考慮して繰り込みを実行する処方を得た。この方法を用いて、反核子の束縛エネルギーなどを計算し、繰り込みの結果、密度依存の斥力型核子間有効相互作用が生じることを示した。さらに、相対論的平均場近似解を基底にして、核内二核子相関を取り入れて、自己無撞着一粒子波動関数を導く定式化を行い、平均場では大きすぎた1-s分離が妥当な値となることなどを示した。核子交換(Fock)エネルギーにおけるRPA相関の寄与を解析し、核の重心運動励起効果は相対論的補正により打ち消される機構を解明した。時間依存の平均場方程式に基づき、一粒子—空孔励起が多粒子—多空孔励起へ移行する機構を解明する研究を進めた。

堂井は、核子—中間子描像に基づき、原子核及び原子核流の構造について研究した。佐藤透、大坪久夫(以上、大阪大学)、森田正人(城西国際大学)と共に、特に、2、3核子系のミュオン粒子捕獲反応に、中間子交換流がどのように寄与するかを調べた。さらに、ミュオン粒子捕獲率における核子の誘導擬スカラー結合定数依存性は、ミュオン粒子原子の超微細構造により大きく異なることを見いだした。また、核子の第2種流の大きさを決定づける誘導擬テンソル結合定数の値を定量的に評価する研究を進めた。

【2】QCD物性

初田は、量子色力学(QCD)に基づいて、ハドロンの構造と、その媒質効果について研究した。まず、Su. H. Lee (Yonsei Univ.), G. Miller (Univ. of Washington)と協力して、中間子の中のクォーク・グルオンの分布関数(特に横分布関数)をQCD和則を用いて解析し、それらが真空のクォーク凝縮と密接に関連していることを明らかにした。また、塩見浩之と協力して、原子核媒質中で、軽いベクトル中間子(オメガ中間子とロー中間子)がどのようにその性質を変えるかをハドロンの有効理論を用いて調べ、ベクトル中間子にたいする波動関数の繰り込みの効果が、質量の現象と直接関係していることを見出した。さらに、この研究を、桑原仁史と共に媒質中の ϕ -中間子に応用して、同様の質量減少をみつけた。我々の予言しているこの現象は、INS, KEK, CEBAS, SACRAY, RHICなどでレプトン対の観測を通じて検証すべく実験が計画されている。さらに、今年度から格子QCDの数値実験に基いた核子の構造関数の研究を青木慎也、堂井真と共に開始した。我々は、特に将来RHICなどで測られることが計画されている陽子の横スピン分布に焦点をあてている。このほか、超流動・超伝導体中の渦糸の慣性質量およびマグナス力の微視的導出を、Hatsuda-Thouless-Yahikozawa-AoらのTopological Landau-Ginzburg理論に基づいて行なった。

【3】原子核の回転運動

宇根は、基底回転バンドから回転整列を伴う励起回転バンド（S-バンド）への転移を多体論的に記述することを目的として、丸森寿夫（東京理科大）らと共に「自己無撞着集団座標の方法」（SCC法）の新しい定式化を提案した。回転のみを唯一の集団運動の自由度としてSCC法によって規定された基底回転バンドの状態を出発点として利用しつつ、新しい定式化は回転する原子核の内部状態が回転整列によって不安定化していく効果を正しく取り込むこと、即ち、S-バンドへの転移の萌芽がどのように発生し成長してくるかを調べることを可能にする。大学院生の小野田昭と共に数値計算を行って、この新しい定式化の有効性を定量的に調べつつある。また、奇々核の回転スペクトラムにおいて励起エネルギーがその励起状態の角運動量 I の偶奇性によってギグザグする現象（シグネチャ依存性）の解析を、大学院生の鷹尾弘樹と共に、粒子-回転子模型に基づいて行った。この課題は原子核実験の古野興平グループとの共同研究として進められ、シグネチャ依存性がどのような機構で生ずるか、その基本的要因を分析した。特に、陽子と中性子へのコリオリ相互作用の寄与の量子力学的干渉効果が I の偶奇性に依存することを明らかにした。

【4】原子核集団運動の非線型理論

橋本は、坂田文彦、岩澤和男（東大核研）及び大学院生の成井昭夫、菊山康宏らと共同で、時間依存ハートレーフォック（TDHF）相空間の構造を調べている。原子核の分裂・融合等のように形が大きく変化する大振幅集団運動に際しては、核の内部構造が激しく変化する。その過程は、平均場描像では、核子の配位の変化で表わされる。問題は、自己無撞着である原子核の大振幅集団運動がどのような配位をどのような機構で移ることによって実現されるかである。我々は、密度依存有効相互作用（スキルム力、BKN力）を用いたハートレーフォック（HF）及びTDHFのコードを開発し、核子の色々な配位について、核の全エネルギーが四重極変形の大きさと共にどのように変化するかを調べた。これにより、各配位に対応した局所的に安定な状態が多数見出された。これが、TDHF相空間内の多数の極小点に対応すると考えられる。そこで、これらの極小点の周囲の構造を調べるために、四重極変形を拘束条件にした系のRPA計算を進めている。モデル計算（SU(3)3レベルモデル）では、極小点をはじめ鞍点や変曲点の分布を確認した。さらに、“TDHF軌道からの冷却法”のコードを開発した。これによって、大振幅運動のTDHF軌道がどのような配位変化（極小点の影響）を伴いながら時間発展していくかを明らかにできる。核の回転運動の影響も取り入れた実際的なコードも開発中である。

<学位>

1. 理学博士：加藤彰彦
「Nuclear Medium Effects on Boson Exchange Interaction」
2. 理学修士：鷹尾弘樹
「粒子-回転子モデルによる奇々核の解析」
3. 理学修士：四本宏二
「変形平均場における一粒子運動の古典力学的性質」

<発表論文>

1. S.Kinpara and T.Kohmura,
Relativistic Calculation of Two-Body Correlations in Finite Nuclei,
Prog.Theor.Phys. 91(1994), 127.
2. S.Kinpara and T.Kohmura,
Relativistic Calculation of Two-Body Correlations in Closed Nuclei,
Prog.Theor.Phys. 93(1995)
3. T.Hatsuda, Su H. Lee and G. Miller,
Transverse quark distribution in mesons - QCD sum rule approach -;
Phys. Rev. Lett. 72(1994) 2345.
4. T.Hatsuda, R. J. Furnstahl,
Comment on: ``Nucleon-nucleon scattering lengths in QCD sum rules'
Phys. Rev. Lett. 72(1994) 3128.
5. T.Hatsuda and T. Kunihiro,
QCD phenomenology based on a chiral effective lagrangian;
Phys. Rep. 247(1994) 221.
6. T.Hatsuda, N. Kodama and M. Oka,
H dibaryon in the QCD sum rules;
Nucl. Phys. A580(1994) 445.
7. T.Hatsuda and H. Shiomi
Vector mesons in nuclear medium-an effective Lagrangian approach-
Phys. Lett. B334(1994) 281.
8. T.Hatsuda and M. Ishii
Hadronic screening masses and the magnetic gluon condensate at
high temperature;
Phys. Lett. B338 (1994) 319.
9. 初田哲男、塩見浩之
QCD相転移と媒質効果：ベクトル中間子は軽くなるか？
日本物理学会誌、49巻、No.12、(1994) 1002-1004.
10. T.Marumori, F. Sakata, T. Une, T. Tanaka and A. Onoda
A Possible Microscopic Description of Nuclear Collective Rotation in
Band-Crossing Region--Occurrence Mechanism of s-Band --
Prog.Theor.Phys. 93(1995), 335-355.
11. H. Tsukuma, F. Sakata, T. Marumori, K. Iwasawa, H. Itabashi, Y. Hashimoto
and T. Tanaka,
Quantum Nonlinear Resonance,
Prog.Theor.Phys. 91(1994), 1135-1147.
12. F. Sakata, T. Kubo, T. Marumori, K. Iwasawa and Y. Hashimoto,
Nonlinear Resonance in the Time-dependent Hartree-Fock Manifold,
Phys. Rev. C50(1994), 138-147.
13. K. Iwasawa, F. Sakata, Y. Hashimoto and J. Terasaki,
New Algorithm for Hartree-Fock Variational Equation,
Prog.Theor.Phys. 92(1994), 1119-1135.

<口頭発表>

1. 加藤彰彦、香村俊武
「中間子交換力における核内媒質効果」 日本物理学会（山形大 1994年9月）
2. 香村俊武
「物質の秩序形成」 基研研究会「ハドロン束縛多体系の相対論的取り扱い」
（京大基研 1995年1月）
3. 香村俊武
「エキゾチック原子におけるPP偏極」
4. 金原 進、香村俊武
「Relativistic Study of Two-Body Correlations in Nuclei」
日本物理学会（神奈川大 1995年3月）
5. T. Hatsuda,
Leading Problems in QCD Sum Rules;
Invited lectures at Fifth Spring School on
Medium and High Energy Nuclear Physics (Kin-San, Taiwan, May 12-14, 1994).
6. T. Hatsuda,
Off-shell rho-omega mixing;
Invited talk at First International Symposium on
Symmetries in Subatomic Physics (Taipei, Taiwan, May 16-18, 1994).
7. T. Hatsuda,
Hadron structure and QCD phase transition;
Invited talk at Nishinomiya Yukawa-memorial symposium on Theoretical
Physics. (Nishinomiya, Japan, Oct. 27-28, 1994).
8. T. Hatsuda,
Vector Mesons in Nuclear Medium;
Invited talk at Quark Matter '95 (Monterey, Jan. 8-13, 1995).
9. 丸森寿夫、坂田文彦、宇根司、小野田昭、田中武志
「バンド交差領域における原子核集団回転運動の微視的記述の試み」
日本物理学会第50回年会(1995年3月)
10. 成井昭夫、橋本幸男、坂田文彦、岩澤和男
「励起ハートレーフォック状態とRPA」 日本物理学会第50回年会(1995年3月)
11. 堂井真
「 ^3He におけるミュー粒子捕獲反応」
日本物理学会（山形大学1994年9月）
12. 堂井真
「Bethe-Salpeter 方程式」
基研研究会「ハドロン束縛多体系の相対論的取り扱い」
（京大基研1995年1月）