

I V. 原子核理論グループ

教授 香村俊武
講師 宇根 司、橋本幸男
技官 岩沢和男
大学院生 11名

【1】ハドロン多体系の動的集団状態遷移の場の理論的研究（香村俊武）

原子核をハドロン多体系として扱い、動的集団状態遷移の場の理論研究を進めた。

まず、有限核について定常的準安定状態を相対論的平均場理論で記述するために、平均場近似スレーター行列式状態に負エネルギー核子を取り込む繰り込み法を開発して、原子核の静的性質を解明した。負エネルギー核子をも中間子場の源として考慮して、ハートレーフォック計算に取り込むと、核子の束縛エネルギーが小さくなる。この結果を理解するために、原子核が正エネルギー核子からなる描像で、正エネルギー核子間の中間子交換力が核子一反核子励起型の真空偏極により受ける補正を計算した。核内では真空偏極のため中間子の質量と結合定数が変化して、核子間の中間子交換力は結合定数が小さく、到達距離が長くなる。真空偏極は核子密度に比例する。このため、真空偏極による中間子交換力の補正は、二核子系では極めて小さいが、核内では顕著になり、媒質効果として現れる。真空偏極補正を取り入れた中間子交換力を真空偏極関数について展開すると、補正項は斥力型の核子間有効三体、四体、五体力になる。陽子一原子核散乱に寄与する中間子交換力は核子一核子散乱から得られる核力と異なり、補正を受けて弱くなる。このように核内の中間子交換力に真空偏極効果補正を導入すると、相対論的原子核散乱の実験結果を説明できる。

次に、ハドロン多体系の動的集団状態遷移を場の理論に基づいて定式化した。上述の準安定平均場状態で表される複数の Hartree 極値状態の間の動的集団状態遷移を扱う。それぞれの極値状態について、中間子の平均場が決まる。これらの状態間の遷移について、中間子の平均場が線形に変化すると考え、変化する中間子場を状態遷移を推進する主中間子場と名づけ、これを扱う。この近似で、遷移の過程における中間子平均場が決まり、それに連れて、遷移に寄与する核子の一粒子状態が決まる。核が状態遷移を起こす間に、これら核子の一粒子準位が交差し、状態が変わる。状態遷移推進主中間子場と核子系との相互作用に関する Hamiltonian を開発して、動的集団状態遷移の基本的かつ典型的な特性を解明した。この系は状態遷移の過程でエネルギーの高い中間状態を経るため、多体系の集団運動のトンネル現象の本質を表している。この理論を拡張して、準安定な平均場状態間の遷移において集団運動がとる道筋の領域をより広く扱うことができる。このようにして、乱雑位相近似 (RPA) 以上の高次補正項が関与する状態遷移の機構を解明した。系の状態変化の時間発展性、遷移確率や崩壊幅などの性質を解明した。

【2】原子核の回転運動（宇根 司）

回転を古典論で扱う 3次元クラッキング模型を射影後変分法の視点から検討する仕事を引き続き進めている。射影後変分法は、回転対称性を破った内部状態から角運動量の固有状態への射影を行って対称性を回復させた後で、内部状態について変分をとる量子論である。射影後変分法からも、いくつかの条件の下で、3次元クラッキング模型での個別粒子運動をきめる方程式と類似した一連の方程式が得られることを示した。さらに、これらの一連の方程式の論理的構造を分析し、3次元クラッキング模型との重要な相違点を明らかにした。

【3】原子核集団運動の非線型理論（橋本幸男）

橋本は、津久間秀彦（広島大）・坂田文彦（茨城大）と協力して集団運動の構造変化を時間依存ハートレーフォック（TDHF）の相空間内で統一的に記述する方法を研究している。原子核の集団運動の振幅が増加するにつれて内部粒子の運動も変化し、集団運動の性質が変化していく。この動的な過程は、TDHF相空間内ではTDHF軌道の性質の変化として捉えられる。特に、周期軌道の”族”を連続的に追跡していくことによって”分岐現象”を見つけることができる。周期軌道の分岐現象は相空間の構造変化に対応するため、分岐を引き起こす自由度を特定しつつ相空間の構造変化を説明することができる。平行して、モデルハミルトニアンを用いて、固有状態の空間においてもTDHF相空間の分岐構造に対応した”量子論的な分岐現象”が存在することを示した。この”古典-量子対応”を利用し、多自由度のTDHFにおいても分岐現象を手がかりにして固有状態の構造変化を探る理論的な枠組みを検討しつつある。

【4】原子核の励起バンドの構造（岩沢和男）

集団的秩序運動の具体例である原子核の回転バンドについて、核運動量変化に伴う構造変化を詳細に解析した。その結果、原子核 Cr48 において基底状態バンドで起きる Backbending 現象は、通常理解されているシナリオでは説明できず、3つの準位が関与する準位交差現象に支配されていることが分かった。また、バンド構造の変化の量子古典対応を理解するため、SU3 model に対して、量子状態を全て求めた。更に近似的量子数、伏見分布を用いてモデル空間における「量子力学的バンド構造」を定義することができた。一方、TDHF 空間に求められた様々な周期軌道をそれぞれ追跡し「半古典的バンド構造」を見いだした。こうして得られたバンド構造には強い類似性が存在し、周期軌道の分岐現象にほぼ対応して量子状態の構造変化が現れることが明確になった。

<学位>

1. 理学博士：田中敏晶
On Convergence Conditions of the Order Dependent Mapping
2. 理学修士：下地和希
原子核における非対称性の微視的理論
3. 理学修士：近角真平
核物質の動的シミュレーションによる研究
4. 理学修士：長谷川義記
デルタ展開法の一次元散乱問題への適用

<発表論文>

1. T.Kohmura,
Relativistic Nuclear Scattering and Meson Exchange Interactions,
International Workshop on Exciting Physics with New Accelerator
Facilities, p. 173, ed. H. Toki and S. Date, World Scientific (1998).

2. H.Tsukuma, Y.Hashimoto, F.Sakata, K.Iwasawa,
Bifurcation Structure of Eigenstates and Periodic Trajectories
in TDHF Phase Space,
Prog.Theor.Phys.100 (1998), 1203-1221.

3. T.Tanaka, K.Iwasawa and F.Sakata
Backbending phenomenon in ^{48}Cr ,
Phys.Rev.C 58 (1998) 2765-2776

4. Suenori CHIKU
Resummed Perturbation Theory and Soft Modes in Chiral
Transition at Finite Temperature;
Progress of Theoretical Physics Supplement 129 (1998) 91-96

5. S. Chiku and T. Hatusda
Optimized perturbation theory at finite temperature;
Physical Review D58 (1998) 076001

<口頭発表>

1. 宇根 司
3D-cranking model based on the method of VAP、
「ガンマ線分光のフロンティア」研究会
(日本原子力研究所、東海村、1998年7月23-24日)

2. 橋本幸男
"Bifurcation Structure in Quantum System",
Workshop on Microscopic and Macroscopic Theories of Non-linear Dynamics in
Finite and Nuclear Systems(茨城大学、1998年9月4日-6日)

3. 橋本幸男、香村俊武、丸山政弘
"核子・中間子多体系の動的変化の模型"
日本物理学会(秋田大学 1998年10月6日)

4. S.Chiku
Optimized perturbation theory at finite temperature、
5th International Workshop on Thermal Field Theories and Their Application
Regensburg (Germany) 10 August 1998

5. 知久季倫
有限温度でのデルタ展開とその最適化条件、
日本物理学会(秋田大学 1998年10月3日)

6. S.Chiku

Optimized Perturbation Theory at Finite Temperature,
The 1998 YITP-Workshop on QCD and Hadron Physics
京都大学基礎物理学研究所 1998年10月16日

7. 高橋和孝, 飯田晋司(龍谷大)、

QCD Dirac Operator の準位統計と Thouless energy、
日本物理学会(秋田大学、1998年10月3-6日)。

8. K.Takahashi and S.Iida,

Chiral Random Matrix Theory and Effective Theories of QCD、
KEK-Tanashi International Symposium on
Physics of Hadrons and Nuclei
(Dec.14-17,1998, Univ. of Tokyo)