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
助手　　北川　尚
技官　　岩沢和男
大学院生　１１名

【１】ハドロン多体系の理論的研究（香村俊武）

ハドロン多体系の研究を進めた。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。負エネルギー核子を取り込む平均場近似スレーター行列式状態にこの繰り込み法を用いて、反核子の束縛エネルギーなどを計算した。負エネルギー核子をも中間子場源として考慮すると、核子の束縛エネルギーが小さくなることを見つけた。この結果を理解するために、原子核は正エネルギー核子から成るという描像で、正エネルギー核子間の中間子交換力が負エネルギー核子から受ける補正を計算した。核子ー反核子型の真空偏極により、核内核子間の中間子交換力は補正を受け、結合定数が小さく到達距離が長くなることを導いた。繰り込まれた真空偏極関数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くて、核内でのみ顕著になり、媒質効果として現れる。真空偏極補正を取り入れた湯川型中間子交換力を真空偏極関数について展開すると、斥力型の核子間有効三体、四体、五体力になる。陽子ー原子核散乱における中間子交換力が二核子系の中間子交換力に比べて弱くなっているのはこの真空偏極補正の効果であることを指摘した。さらに、時間依存の平均場方程式に基づき、一粒子ー一空孔励起が多粒子ー多空孔励起へ移行する機構を解明する研究を進めた。

【２】ＱＣＤ物性（初田哲男）

初田は、量子色力学（QCD）に基いたハドロンの構造とその媒質効果についての研究、及び摂動論の収束性とその改良の研究を行なった。まず、知久氏と、有限温度でのカイラル対称性の回復に伴う動的臨界現象としての２光子ピークの存在を線形σ模型に基いて提唱した。八木沢氏・北川氏とは、QCDのクォーク質量差に起因するアイソスピン対称性の破れによってΣ-Λ混合が誘動されることに注目し、その混合角をQCD和則の方法で研究した。浅川氏（名古屋大学）・Lee氏（Yonsei Univ.）とは、カイラル対称性の部分的回復に伴う媒質中での中間子のスペクトル変化が、特にK*中間子において顕著である可能性を提唱し、媒質中でのQCD和則を用いてその定量的評価を行なった。田中氏・国広氏（龍谷大学）とは、通常は漸近展開であるところの摂動級数を収束級数に変える改良法を研究し、特に非調和振動子の波動関数が大きく改善される事を示した。

【３】ＱＣＤ物性と核子多体系（北川　尚）

北川は酒見（東京工業大）らと協力し、高エネルギーlepton-hadron散乱実験におけるsemi-inclusive反応（散乱されたleptonと生成されるhadronを同時に計測する）によって、核子内部の構造についての情報が、従来までのinclusive反応（散乱されたleptonのみを観測する）よりも効率的に得られることを示した。その解析の際に必要となるfragmentation関数についての共同研究体制を整えている。また、谷垣（東北大）、佐川（会津大）らと協力し、陽子が過剰である炭素同位体の9Cの磁気能率の異

常についての研究を進めている。 単純な殻模型計算ではその異常な実験値が説明できず、cluster模型では説明できる事から、何らかの高次の配位混合が原因であると考えられ、殻模型での枠内でそれらの効果を取り入れた計算を行っている。

【４】原子核の回転運動（宇根 司）

励起回転バンド(S-バンド)と交差する直前で、基底回転バンドがどのように不安定化していくのかについて、宇根は多体論的記述を引き続き進めた。diabatic(透熱的な)準粒子の表現を用いると、回転整列した２準粒子状態の最低励起エネルギーは核スピンが増大していくと直線的にゼロに近づく。このゼロ点に近づく領域がS—バンドと交差する領域であり、ここでは、乱雑位相近似(RPA)を超えた大振幅運動の理論で記述することが必要である。小振幅のとき最低励起エネルギーの回転整列RPAモードにつながるような大振幅運動モードを自己無撞着集団座標(SCC)の方法を用いて定義し、diabatic 準粒子表現における残留相互作用によって規定されるこのモードの振舞いを調べることによって基底回転バンドの内部平均場が不安定化していく過程を調べる。昨年度までに、この定式化に基づく数値計算プログラムが振幅の４乗項までの近似でできたので、まず、モデル的ハミルトニアンを用いて大振幅運動モードが交差直前では不安定化することを確かめた。さらに、不安定化を発生させる主な要因の分析を進めた。大振幅運動モードの組成は、振幅が増大すると、他の内部励起RPAモードを取り込んで変化していく。この組成変化が不安定化の機構において本質的な役割りをすることなどを明らかにした。

【５】原子核集団運動の非線型理論（橋本幸男）

原子核の集団運動を記述するうえで、時間依存ハートレーフォック（ＴＤＨＦ）の方法は時間に依存した平均場の運動を表現する簡単かつ有用な方法である。ＴＤＨＦの方程式は連立した非線形方程式であり、通常、その解は数値的に求められる。多自由度で非線形であるために、これらの解は複雑な振る舞いをするが、小振幅の極限では線形近似である乱雑位相近似（ＲＰＡ）がよい近似となる。そこで、振幅の大きな領域（大振幅集団運動）での系の振る舞いを理解するために、基準振動の周期性に着目しＴＤＨＦ周期軌道の大域的な性質を明らかにする試みを進めている。ポイントは２点あり、一つ目は、実際にＲＰＡにつながるような周期軌道群をＴＤＨＦ相空間内に作り出すこと。二つ目は、その周期軌道の安定性を評価することである。これらは、ＲＰＡの拡張にもなっている。その定式化のために、モノドロミー行列の方法を採用し、それを数値的に解く方法を開発した。この方法を簡単なモデルハミルトニアンに適用して実際に周期軌道群を求め、それらの安定性を評価した。その結果、主要な周期軌道について、それらの分岐現象を含めた大域的な性質が明らかになった。また、このモデルハミルトニアンに対しては対角化によって固有値・固有波動関数が簡単に求まるので、上述の古典的な周期軌道群がそれらの量子力学的な性質にどのように対応しているかを明らかにしつつある（岩沢氏、茨城大・坂田氏、広島大・津久間氏との共同）。

【６】原子核の励起バンドの構造（岩沢和男）

岩沢は、原子核研究所理論部研究員の田中武志と共に、原子核における励起バンドを求めている。その為に、Gogny 有効相互作用を用いた新たな Cranked HFB 計算プログラムを開発した。このプログラムには、我々が既に開発した新たな計算方法である状態参照法を組み込んである。この方法は、任意の状態を参照しながらそれと最も構造の似た自己無撞着状態を求める事を可能にする。また、連続的に用いることで yrast に落ち込む事なく、励起バンドを求めて行く事ができる。72Ge に対して、CHFB 計算を実行した。その結果、基底状態は Spherical であり、第一励起状態は基底状態からの2準粒子励起状態として得られた Oblate 変形状態であった。yrast は4本のバンドからなり、更にそれぞれのバンドからの2準粒子励起 CHFB 状態を6個求め、各々を通る励起バンドを求めた。

その結果、Mottelson-Valatin 効果は全体の傾向を支配してはいるものの、部分的にはそれとは逆の傾向を持つバンドが存在する事を新たに発見した。また、対相関の発生に伴うバンドの分岐現象を発見した

<学位>

1. 理学博士：永田　毅
   「Vacuum Polarizations and Negative Energy Nucleon States in Nuclei」
2. 理学修士：知久季倫
   「線形σ模型による有限温度でのスカラー中間子」
3. 理学修士：八木沢直彦
   「ＱＣＤ和則によるΣ^0-Λ混合角」

<発表論文>

1. T. Nagata, A. Kato and T. Kohmura,
   N－N Vacuum Polarizations and Meson Exchange Interactions in Finite Nuclei
   Nucl. Phys. A601 (1996), 333.

2. T. Kohmura, T. Nagata and M. Nakano,
   Vacuum Polarization and Meson Exchange Interactions in Finite Nuclei
   Proc. 14th International Conference on Particle and Nuclei (1996), 683,
   World Scientific.

3. T. Nakano and T. Kohmura
   Effective Meson Masses in Nuclear Matter Based on a New Evaluation of Vacuum Polarization
   Proc. 14th International Conference on Particle and Nuclei (1996), 704,
   World Scientific.

4. T. Hatsuda,
   Adiabatic Effective Action for Vortices in Neutral and Charged Superfluids;
   Int. J. Mod. Phys. B10 (1996) 1875 (with M. Hatsuda, M. Sato and S. Yahikozawa).

5. T. Hatsuda,
   Light Vector Mesons in Nuclear Matter;
   Prog. Theor. Phys., 95 (1996) 1009. (with H. Shiomi and H. Kuwabara)

6. T. Hatsuda,
   UA(1) symmetry restoration in QCD with Nf flavors;
   Phys. Rev. D54 (1996) 1871. (with Su H. Lee)

7. T. Hatsuda,
   What thermodynamics tells us about QCD plasma;

Phys. Rev. D55 (1997) 4488. (with M. Asakawa)

8. T. Hatsuda,
Tensor charge of the nucleon in lattice QCD;
Phys. Rev. D (1997) in press. (with S. Aoki, M. Doui and M. Kuramashi)

9. T. Hatsuda,
Optimized perturbation theory for wave functions of quantum systems;
Phys. Rev. Lett. (1997) in press. (with T. Tanaka and T. Kunihiro).

10. T. Hatsuda,
Tensor charge of the nucleon on a lattice;
Australian J. of Physics, 50 (1997) 205.

11. A. Ozawa, M. Fujimaki, S. Fukuda, S. Ito, T. Kobayashi, S. Momota, T. Suzuki, I. Tanihata, K. Yoshida, H. Kitagawa, G. Kraus, and G. Muenzenberg,
Measurement of the beta-decay brancing ratio of 17Ne into the first excited state of 17F,
submitted to J. Phys. G、October, 1996

12. H. Kitagawa,
Gluon distribution function function using bag model and QCD sum rule,
RIKEN Accel. Prog Rep. 29 (1996) 39

13. A. Onoda, T. Une and J. Terasaki
A Step toward Large-Amplitude Description of the Ground Band around Band Crossing,
Prog. Theor. Phys. 97 (1997) 553-557

14. Y. Hashimoto, K. Iwasawa, F. Sakata and A. Narui,
A Numerical Study on the Structure Change of Collective Motions,
Prog. Theor. Phys. 95 (1996), 883-900.

15. K. Iwasawa, F. Sakata, T. Tanaka, Y. Hashimoto and T. Marumori,
Structural Change in the Cranked HFB Bands,
Proc. International School of Nuclear Physics, 18th Cource, Sep. 16-24, 1996,
"Progress in Particle and Nuclear Physics" vol. 38, Elsevier, (in printing)

16. T. Tanaka, F. Sakata, T. Marumori and K. Iwasawa,
Band Termination of Collective Rotation: Dynamical Mechanism of Occurence,
INS--Rep.--1190, Phys. Rev. C 56 (1997) (in printing)

<口頭発表>

1. 香村俊武
「原子核による真空偏極と核内中間子交換力」
招待講演、日本物理学会、金沢 (1996年4月1日)

2. 金原 進、香村俊武
「相対論的原子核多体問題における二核子間相関」
日本物理学会、金沢 (1996年4月1日)

3. 永田 毅、香村俊武
「有限核の真空偏極と繰り込み」
日本物理学会、金沢 (1996年4月1日)

4. T. Kohmura
「Vacuum Polarization and Meson Exchange Interactions」
Invited Talk, Indiana State University, Bloomington (1996年5月20日)

5. T. Kohmura, T. Nagata and M. Nakano
「Vacuum Polarization and Meson Exchange Interactions」
Invited Talk, International Conference on Particles and Nuclei, Williamsburg (1996年5月24日)

6. M. Nakano and T. Kohmura
「Effective Meson Masses in Nuclear Matter Based on a New Evaluation of Vacuum Polarization」
Invited Talk, International Conference on Particles and Nuclei, Williamsburg (1996年5月27日)

7. 金原 進、香村俊武
「相対論的原子核多体問題における核物質と有限核」
日本物理学会、佐賀 (1996年10月9日)

8. 香村俊武
「相対論的原子核散乱と核内中間子交換力」
招待講演、QCD と原子核 研究会、福井 (1996年11月20日)

9. T. Kohmura
「Relativistic Nuclear Scattering and Meson Exchange Interactions」
Invited Talk, International Workshop on Exciting Physics with New Accelerator Facilities, Nishi Harima (1997年3月12日)

10. T. Kohmura
「Relativistic Nuclear Scattering and Meson Exchange Interactions」
Invited Talk, International Workshop on Nuclear Medium Effect via Nucleon and

induced Reactions, Kyoto (1997年3月22日)

11. T. Hatsuda,
Perturbative and Non-perturbative Nucleon Structure,
Invited lecture at KOSEF-JSPS Winter School on
Recent Developements in Particle and Nuclear Theory,
(21-28 Feb, 1996, Seoul, Korea)

12. T. Hatsuda,
Light Vector Mesons at Finite Baryon Density;
Invited talk at RHIC Summer Study '96
Brookhaven Theory Workshop on Relativistic Heavy Ions},
(8-19 July, 1996, BNL, USA)

13. T. Hatsuda,
Thermodynamics and bulk properties of QCD plasma;
Invited talk at Quark Matter '96
(July, 1996, Heidelberg, Germany)

14. T. Hatsuda,
Vector Mesons to be Detected in Nucleus;
Invited talk at International Symposium on
Non-Nucleonic Degrees of Freedom Detected in Nucleus,
(2-5 Sep., 1996, Osaka, Japan.)

15. T. Hatsuda,
Spin Structure of the Nucleon in Lattice QCD;
Invited talk at 7th French-Japanese Colloquium on
Frontier and Perspective of Nuclear Science,
(Sep. 30 - Oct. 4, 1996, Dogashima, Japan.)

16. T. Hatsuda,
Hadrons in Dense Nuclear Medium;
Invited talk at the 25th International Symposium on
Nuclear and Particle Physics with High-Intensity Proton Accelerators,
(Dec. 3 - 6, 1996, INS, Tokyo, Japan).

17. 北川　尚、酒見康寛、
Quark helicity in proton by semi-inclusive asymmetries of kaons,
日本物理学会秋の分科会、1996年10月、佐賀市

18. 北川　尚、谷垣　実、佐川弘幸、
Magnetic moment of carbon isotope,
日本物理学会第52回年会、1997年3月、名古屋市

19. K. Iwasawa, F. Sakata, T. Tanaka, Y. Hashimoto and T. Marumori,
Structural Change in the Cranked HFB Bands,
Proc. International School of Nuclear Physics, 18th Cource, Sep. 16-24, 1996,

20. K. Iwasawa, F. Sakata, T. Tanaka, Y. Hashimoto and T. Marumori,
Cranked HFB Bands の構造変化
1997年3月 日本物理学会 第52回年会