

理学博士有馬朗人君の「原子核の力学的模型と電磁相互作用の

理論的研究」に対する授賞審査要旨

原子核は、核子と総称される陽子と中性子とが核力と呼ばれる強い相互作用を通して結合した量子力学的多体系であるので、その理論的取扱いは極めて困難である。従ってそれぞれの原子核に応じて適切な近似法を工夫したり、重要な自由度を強調する模型を組み立てることにより、その基本的特徴を理解するという手法がとられている。有馬君の研究の特色は、そのような方向で現象の本質を見通し、抜群の洞察力をもって複雑な対象の背後にある対称性を探り出して強力な群論的手法を活用する点にある。具体的な研究業績は、多くの原子核の特徴をうまくとらえた Mayer-Jensen の殻模型（一九四九年）に基づいて種々の工夫を加えることによって新しい分野を拓いてきたものであり、大別して次の四テーマに分類することができる。

一、原子核における配位混合と電磁相互作用

殻模型は、ちょうど原子模型と同じく、核子が幾つかの殻あるいは軌道をエネルギーの低い方から順に占めてゆくとして構築されたものである。再び原子の場合と同じくある殻が完全に占められて閉殻を作ると、その閉殻は不活性となり、閉殻の外の殻にある核子が主として外場と相互作用を行うことになる。このような考えでは、核磁気モーメントは、そのスピンとパリティから決定される1粒子値 (Schmidt 値) で与えられるはずであるが、多くの原子核

ではずれが見られる。殻模型という簡単化された模型では取り入れられていない相互作用、いわゆる残留相互作用、を有馬君は堀江久現関東学院教授との共同研究で調べた結果、芯のスピン偏極と呼ばれている特殊な配位混合が重要であることを見出した。これは上記の不活性な閉殻中の核子が励起されて閉殻外にとび出した配位を考えることであり、この励起は、例えば ^{40}Ca という核では $1+$ という励起子に対応することになる。この考えにより上述の Schmidt 値からのずれを説明できることが示された。

その後、有馬君はこの問題について系統的な研究を行い、重い核では中間子による交換流の効果、すなわち核子間で交換される中間子の電磁相互作用、が重要であることを結論している。また同様な考えを他の電磁相互作用、すなわち電磁モーメント、遷移強度、電子散乱における形状因子などに応用して、これらの問題の分析の基礎を築いた。

二、 ps 殻原子核の構造

殻模型において陽子と中性子とがともに閉殻を形成している原子核は特に不活性となるが、その時の陽子数、中性子数を魔法数と呼ぶ。魔法数をこえると核子は外殻を占め始めるが、特に 1^6O をこえると ^{40}Ca までは sd 殻を占めることになる。この ps 殻に関する計算は複雑であるが、有馬君は種々の対称性を利用してエネルギー準位、磁気モーメント、遷移モーメントなどの計算を世界に先駆けて実行し、その結果は次に述べるようなテーマの下地となった。

三、軽い原子核のアルファ・クラスター構造

質量数 20 くらいまでの軽い原子核に対しては、アルファ粒子(^4He)を構成単位とするアルファ粒子模型が有効

であることが知られている。有馬君は、殻模型の立場からこの模型を見直し、両者の関係の解明とその融合を試みた。融合模型を用いて、特に ^{20}Ne のエネルギー準位、アルファ崩壊幅、アルファ移行反応等の詳しい研究を行った。これはその後のこの分野における一つの頂点として、現在でもよく引用される標準的理論となった。

四、相互作用するボゾン模型

一九七五年に有馬君は Ischello エール大学教授との共同研究において、原子核の集団運動をスピン 0 の s ボゾンとスピン 2 の d ボゾンの相互作用によって表現する模型を提唱した。これは殻外の核子対をボゾンとして扱うものであり、s ボゾンは超伝導における Cooper 対に相当するものである。この模型は、四重極型の変形を基本自由度とする Bohr-Mottelson 模型に核の有限性を加味したものであるともいえるが、群論的考察に主眼が置かれている。核の対称性は一つの群により表現されるが、励起状態では対称性が減るのでその対称性は初めの群の部分群により表現される。どのような部分群に移るかは核の励起の様式に依存する。このことを具体的に例示すると、

- 1) $U(6) \supset U(5) \supset O(3)$
- 2) $U(6) \supset SU(3) \supset O(3)$
- 3) $U(6) \supset O(6) \supset O(3)$

1) は四重極型表面振動、2) は変形核の回転、3) は球形核から変形核への遷移領域の構造に対応している。

この模型はその後、大塚東大助教授、Tani-ウィットマン研究所教授たちとの協力により、陽子型のボゾンと中性子型のボゾンを含む模型へと発展し、殻模型による理論的基礎づけも明らかになりつつある。またこの模型は実験家に

も使ひやすへ、その結果いくつかの予言も実験的に確かめられ、その予言能力は高く評価されている。

有馬君はこのよちな研究業績によつて、仁科記念賞、ドイツのフンボルト賞、アメリカのフランクリン・インスティテュートのメダルなどを受賞しており、原子核理論における世界的指導者の一人である。

主要論文

- 一、原子核における配位混合と電磁相互作用
- A. Arima and H. Horie: Configuration Mixing and Magnetic Moments of Nuclei, Prog. Theor. Phys. 11 (1954) 509.
- A. Arima, K. Shimizu, W. Bentz and H. Hyuga: Adv. in Nucl. Phys. Nuclear Magnetic Properties and Gamow-Teller Transitions, vol. 18 (1988) p. 1.
- 二、sd殻原子核の轉動
- T. Inoue, T. Sebe, H. Hagiwara and A. Arima: The Structure of the sd Shell Nuclei I, Nucl. Phys. 59 (1964) 1.
- A. Arima, S. Cohen, R. D. Lawson and M. H. Macfarlane: A Shell-Model Study of the Isotopes of O, F and Ne, Nucl. Phys. A108 (1968) 94.
- 三、軽原子核のトランゾン・トランスター轉動
- A. Arima, H. Horiuchi, K. Kubodera and N. Takigawa: Clustering in Light Nuclei, Adv. in Nucl. Phys. vol. 5 (1972) p. 345.
- M. Ichimura, A. Arima, E. C. Halbert and T. Terasawa: Alpha-Particle Spectroscopic Amplitudes and

the SU(3) Model, Nucl. Phys. A204 (1973) 225.

図 相互作用の極限

- A. Arima and F. Iachello: Interacting Boson Model of Collective Nuclear States I. The Vibrational Limit, Ann. of Phys. 99 (1976) 253.
- A. Arima and F. Iachello: Interacting Boson Model of Collective Nuclear States II. The Rotational Limit, Ann. of Phys. 111 (1978) 201.
- T. Otsuka, A. Arima, F. Iachello and I. Talmi: Shell Model Description of Interacting Bosons, Phys. Lett. 76B (1978) 139.
- F. Iachello and A. Arima: The Interacting Boson Model, Cambridge Univ. Press, New York (1987).

全論文録 | 図〇録