

# 博士學位論文

内容の要旨および審査の結果の要旨

第 2 号

京都産業大学

## は し が き

本号は、学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条の規定による公表を目的とし、昭和56年3月31日に本学において博士の学位を授与した者の論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は、学位規則第5条第1項（いわゆる課程博士）を示す。

## 目 次

1. 外 山 政 文	
論文内容の要旨 .....	1
論文審査の結果の要旨 .....	3

氏名・(本籍)	外 山 政 文 ( 奈 良 県 )
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	甲理第1号(文部省への報告番号甲第2号)
学位授与の日付	昭和56年3月31日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	Intermediate $\Delta(1236)$ Resonance Effects in the Backward $p-d$ Elastic Scattering
論文審査委員	主査 教授 坂本吉之(理学博士) 副査 教授 岡村誠三(工学博士) 副査 教授 井上雄二(理学博士)

### 論 文 内 容 の 要 旨

中間エネルギー領域での陽子の重陽子による弾性散乱には、次の二つの特徴がある。

- (1) 散乱微分断面積は散乱角が後方になるにつれて大きくなる。
- (2) 後方散乱角での微分断面積のエネルギー依存性は、二個の核子と一個の $\Delta(1236)$ 共鳴の質量  
和に対応する入射陽子の運動エネルギー $T_p = 0.65$  GeV近傍で特異な現象を示す。  
なかでも、特徴(2)は散乱過程の中間状態に $\Delta(1236)$ 共鳴が関与することを示唆するものとして興味ある現象である。

今までに、これらの現象を説明するために提唱された理論的模型は、次の二種類に大別される。

- (a)  $t$ -channel でアイソスピン $1/2$ を持つ $N_d, N_r$ 軌跡上の粒子交換模型。
- (b)  $s$ -channel で一個の $\pi$ 中間子交換を持つ triangle diagram, およびこれを double-triangle diagram に拡張した模型。

これらの模型は特徴(1)をだいたい説明し得るが、模型(a)は中間状態での $\Delta(1236)$ 共鳴を調べるのには不適當である。また、通常、模型(b)では、 $p-p-d-\pi$  vertex および $\pi-\pi-N-N$  vertex にそれぞれ $p+p-d+\pi^+$ 反応,  $\pi-N$ 散乱の実験から得られる情報を用いている。

それで、申請論文では、中間状態での $\Delta(1236)$ 共鳴を含む2-loop diagram が表す不変散乱振幅を相対論的場の量子論での手法を用いて計算し、 $p-d$ 後方弾性散乱における中間状態での $\Delta(1236)$ 共鳴の効果を調べることを目的としている。このため、次のような取り扱いに基づき問題の定式化が成されている。

- (i) 中間状態での  $\pi + N \rightarrow \Delta(1236) \rightarrow \pi + N$  部分系を Rarita-Schwinger の propagator に虚数質量部分を含ませたもので取り扱う。これは申請論文の主旨である。
- (ii) 2-loop に対応して現れる八重積分を任意の一般ローレンツ系で行う。これにより、triangle diagram に対応する振幅の計算法が、2-loop diagram に対応する振幅の計算に正しく適応かつ拡張できる。
- (iii)  $p-d-n$  vertex に急激に減少する vertex 形状因子を仮定し、これを導入する。これは  $p-d-n$  vertex の off-mass-shell の効果を考慮するためであるが、2-loop diagram に対応する振幅の計算を可能にする重要な仮定でもある。
- (iv) 2-loop に対応して現れる八重積分を実行した後、内線の四個の核子に対し on-mass-shell 近似を使う。この近似は重陽子の結合エネルギーが核子の質量に比べて小さいことから妥当である。この結果、Rarita-Schwinger の propagator の取り扱いが非常に簡便になる。さらに、この近似によって核子および重陽子のスピンの和に関する計算が簡略になる。

以上の取り扱いに依り、2-loop diagram に対応する不変散乱振幅を質量中心系での全エネルギーの二乗  $s$  と  $p-d$  間の四元運動量移行の二乗  $u$  とを用いて表している。そして散乱角  $\theta_{c.m.} = 168^\circ$  および  $180^\circ$  での散乱断面積をエネルギー範囲  $0.3 \text{ GeV} \leq T_p \leq 1.5 \text{ GeV}$  で計算し、 $p-d$  後方弾性散乱における  $\Delta(1236)$  共鳴の効果を調べている。その結果は次のようである。

- (I)  $\Delta(1236)$  共鳴の共鳴幅  $\Gamma_r$  を自由な  $\Delta(1236)$  のそれに等しいと仮定し  $\Gamma_r = 0.12 \text{ GeV}$  とした場合、 $\pi-N-\Delta$  vertex 形状因子のパラメータ  $a_\Delta$  を  $2.5 m_\pi$  から  $5.0 m_\pi$  に、 $p-d-n$  vertex 形状因子のパラメータ  $\lambda^2$  を  $9.98 \alpha^2$  から  $18.02 \alpha^2$  ( $\alpha^2 = m_{\epsilon_B}$ ) に採ると  $T_p = 0.65 \text{ GeV}$  付近で微分断面積は極大となる。この半値幅は入力として用いた  $\Gamma_r$  の約3倍である。ここで用いた  $\lambda^2$  の値は  $p-d-n$  vertex 形状因子においた仮定 (iii) を満足している。
- (II)  $\Gamma_r$  の値を自由な  $\Delta(1236)$  共鳴の共鳴幅より少し大きい  $0.15 \text{ GeV}$  と仮定した場合、 $a_\Delta = 1.4 m_\pi$ 、 $\lambda^2 = 65.02 \alpha^2$  に採ると  $T_p = 0.65 \text{ GeV}$  付近での微分断面積のエネルギー依存性が正しく再現できる。このとき用いた  $\lambda^2$  の値は  $p-d-n$  vertex 形状因子においた仮定 (iii) を満足している。

上の計算結果により、散乱微分断面積のエネルギー依存性についての特徴(2)は中間状態での  $\Delta(1236)$  共鳴に起因するものであり、 $0.3 \text{ GeV} \leq T_p \leq 1.3 \text{ GeV}$  領域では、 $\Delta(1236)$  共鳴を含む散乱機構が運動量移行の大きい後方弾性散乱過程に重要な役割を演じていると結論している。

参考文献1(a), (b), (c))は、 ${}^6\text{Li}$  原子核は  $d+\alpha$  および  $t+\tau$  のクラスター構造を持つと仮定し、準弾性散乱  ${}^6\text{Li}(e, e'd){}^4\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}(e, e'\alpha){}^2\text{H}$  および  ${}^6\text{Li}(e, e'\tau){}^3\text{H}$  をそれぞれ  $d-\alpha$  および  $t-\tau$  終状態相互作用を考慮して統一的に説明したものである。

参考論文2は、入射運動量  $800\text{MeV}/c$  の  $K^\pm$  中間子の  $^{12}\text{C}$  原子核および  $^{40}\text{Ca}$  原子核による弾性散乱微分断面積を Glauber 模型およびアイコナル近似を用いて計算し、これらの模型および近似の妥当性を調べたものである。

参考論文3は、入射エネルギー  $162\text{MeV}$  の  $\pi$  中間子の  $^{12}\text{C}$  原子核による非弾性散乱微分断面積を Glauber 模型に基づいた distorted-wave impulse 近似で計算したもので、distortion の効果を考慮するのに弾性散乱の振幅を用いているところに特色がある。

## 論文審査の結果の要旨

原子核内の  $\pi$  中間子の自由度と関連し、原子核散乱および反応過程の中間状態での  $\Delta(1236)$  共鳴は中間エネルギー核物理像の確立において注目されている現象である。

申請論文は、最も簡単な原子核である重陽子による陽子の後方弾性散乱において、中間状態での  $\Delta(1236)$  共鳴の効果を相対論的場の量子論での手法を用いて調べたものである。

後方散乱角で測定された  $p-d$  散乱微分断面積のエネルギー依存性を説明するために、散乱過程の中間状態に  $\Delta(1236)$  共鳴を考慮した 2-loop diagram によって表される不変散乱振幅を計算している。ここで中間状態での  $\Delta(1236)$  共鳴、すなわち  $\pi+N \rightarrow \Delta(1236) \rightarrow \pi+N$  部分系を Barita-Schwinger の propagator に虚数質量部分を含ませたもので取り扱っている。これによって、 $\pi+N \rightarrow \Delta(1236) \rightarrow \pi+N$  部分系に  $\pi+N$  散乱の実験から得られる情報を使う計算とは異なり、 $\Delta(1236)$  共鳴の質量や共鳴幅、また  $\pi-N-\Delta$  vertex など  $\Delta(1236)$  共鳴に関する情報を入力として中間状態での  $\Delta(1236)$  共鳴の効果がこの散乱にどのように現れてくるかを調べることが可能になっている。

2-loop diagram に対応する不変散乱振幅を一般ローレンツ系で計算しているので、triangle diagram に対応する振幅の計算が 2-loop diagram に対応する振幅の計算に正しく拡張できている。

入射エネルギーが  $0.3\text{GeV}$  から  $1.3\text{GeV}$  の範囲で測定された後方散乱角での微分断面積のエネルギー依存性が妥当な値のパラメータを用いて説明できることを示し、このエネルギー範囲では中間状態での  $\Delta(1236)$  共鳴が運動量移行の大きい  $p-d$  後方弾性散乱過程に重要な役割を果たしていることを見いだしている。

申請論文で用いている散乱振幅の計算法はより重い原子核の関与する散乱反応過程における中間状態での  $\Delta(1236)$  共鳴の効果を調べる手立てを与えるものである。

なお、参考論文は、電子、 $\pi$  中間子、 $K$  中間子の原子核散乱、反応についての意義ある研究であり、申請者のすぐれた学力、豊富な知識を示している。

以上の諸結果は、中間エネルギー物理学に多くの知見を加えるものであって、申請者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することをも示している。

よって、外山政文の申請論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。