

氏名・(本籍)	むら 村	た 田	とある 徹
学位の種類	理	学	博 士
学位記番号	理	第 3 6 7 号	
学位授与年月日	昭和 4 7 年 1 1 月 2 9 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
最終学歴	昭和 3 4 年 3 月 早稲田大学第一理工学部応用物理学科卒業		
学位論文題目	$^{26}\text{Mg}(p, p)^{26}\text{Mg}$ 反応による ^{27}Al 励起準位		
論文審査委員	(主査) 教授	森田 右	教授 石松 敏之 助教授 宇井 治生 助教授 庄田 勝房

論 文 目 次

第 I 章	序 論
第 II 章	核構造と共鳴現象
第 III 章	研究の目的
第 IV 章	実験方法
第 V 章	実験結果
第 VI 章	実験結果の解析
第 VII 章	考察と結論

論文内容要旨

第Ⅰ章 序 論

複合核過程による核反応につき概観し、本研究のデータ解析に用いる核反応断面積公式の導入とRマトリックスによる共鳴核反応の形式論につき述べた。

第Ⅱ章 核構造と共鳴現象

共鳴現象を核構造の立場から考察し、本研究に関連あるNilssonモデル、ドアウエイ状態、アイソバリックアナログ状態等につき共鳴エネルギー、共鳴巾を中心に論じた。

第Ⅲ章 研究の目的

中重核のアイソバリックアナログ共鳴については、これまでに多くのデータが集積され、その励起機構について実験、理論ともに明確にされているが、s-dシェル核についてはアナログ準位の明確な対応がなされているものが少ない。更にs-dシェル核についてはNilssonモデルのような集団運動モデルが一般に適用されるが、この様な歪んだ核についてはアナログ準位励起の様子が球形核のそれとは異ると考えられ、その機構を調べることは興味ある問題である。又、これ等の核につきアナログ準位の対応が得られれば、陽子により励起されるエネルギーの高い複合核状態での核の歪み等の集団運動パラメータが決定され、その構造解明の手がかりが得られよう。又、アナログ準位以外の共鳴準位がNilssonモデルによりどの程度説明しうるかを調べることも興味ある問題であろう。

以上の観点より $^{26}\text{Mg}(p,p)^{26}\text{Mg}$ 反応による ^{27}Al 励起準位の研究を行った。

第Ⅳ章、第Ⅴ章 実験方法及び実験結果

バンデグラフ型加速器により加速された陽子を ^{26}Mg ターゲットに照射し、重心系での散乱角度 90.0° 、 125.3° 、 165.6° で ^{26}Mg による陽子の弾性散乱断面積の測定を行った。この測定の入射陽子エネルギー範囲は実験室系で1.2MeVから3.0MeVで、そのエネルギー分解能は約2.5keV、測定エネルギーステップは約1.5keVである。

断面積の絶対値は共鳴準位の存在が認められなかったエネルギーの低い部分での計数値をクーロン散乱と剛体球散乱の断面積の計算値に規格化して定めた。

この断面積測定の見誤差は4~5%である。結果を第1図に示す。この図には約34本の共鳴ピークが認められる。

第Ⅵ章 実験結果の解析

測定された断面積には多くの共鳴構造が認められ、しかも、かなり接近して同じ軌道角運動量の準位が励起される傾向があるため、普通に用いられる単準位断面積公式で解析することは困難である。しかし、一般の多チャンネル準位の断面積公式には各チャンネルの共鳴パラメータが含まれてお

り、弾性散乱断面積のみではそれ等をすべて決定することは出来ない。しかし、本測定のエネルギー範囲では $(p \cdot p')$, $(p \cdot \alpha)$ 反応があまり大きくないと考えられ、関与するのは $(p \cdot r)$, $(p \cdot p)$ 反応のみとみなしうる。従って、この解析では全巾 Γ と陽子巾 Γ_p のみを共鳴巾のパラメータとした多準位断面積公式を R マトリックス理論より導いた。この際、同じスピンパリティの準位は同じ reduced width の比を有すると仮定した。この仮定は単チャンネルの場合には正確な断面積を与える。以上の如く導いた多準位断面積公式の計算コードを作成し実験結果の解析を行った。この計算コードでは共鳴エネルギー E_R 、共鳴準位のスピン J 、軌道角運動量 l 、共鳴巾 Γ 、 Γ_p を入力パラメータとして計算を行うが、同時に計算に考慮することの出来る準位数は最大 27 本である。

この解析により観測された 34 本の共鳴を再現することが出来たが、この計算では入射陽子ビームエネルギーの拡がり ΔE_p を無視したので共鳴巾が ΔE_p 程度の準位に対しては、計算に使用した Γ の値は実際に比してかなり大きく、 Γ_p は逆に小さな値をとっている。ただし、次章で述べる準位に対しては ΔE_p の補正を行った。

断面積の計算結果を第 1 図に実線で示した。又、この解析で得られた共鳴パラメータを第 1 表に掲げた。

第七章 考察と結論

この様にして得られた ^{27}Al の励起準位は ^{27}Mg のアナログ準位 (アイソバリックスピン $T=3/2$) と ^{27}Al の基底状態と同じアイソバリックスピン ($T=1/2$) を有する準位とから成立していることとなる。従って、これ等 $T=3/2$ と $T=1/2$ の準位構造はそれぞれ ^{27}Mg と ^{27}Al の低励起準位構造を説明する核モデルにより解釈されると考えられよう。これ等の構造は Nilsson モデルにより説明されることが多い。従って、この測定で得られた ^{27}Al の励起準位構造を、共鳴巾の比較的大きな準位を中心に、Nilsson モデルにより考察することを試みた。

まず、核の歪みがない場合につき $T=3/2$, $T=1/2$ 状態に対するポテンシャルを求め、その単一粒子準位を計算した。これ等ポテンシャルの深さは $T=3/2$ と $T=1/2$ の基底準位の陽子束縛エネルギーを再現するように定め、その共鳴より単一粒子準位を得た。この結果 $E_p = 1 \sim 3 \text{ MeV}$ では $T=3/2$ 準位として $1f_{7/2}$ と $1d_{3/2}$ が、 $T=1/2$ 準位として $2p_{3/2}$ が得られた。

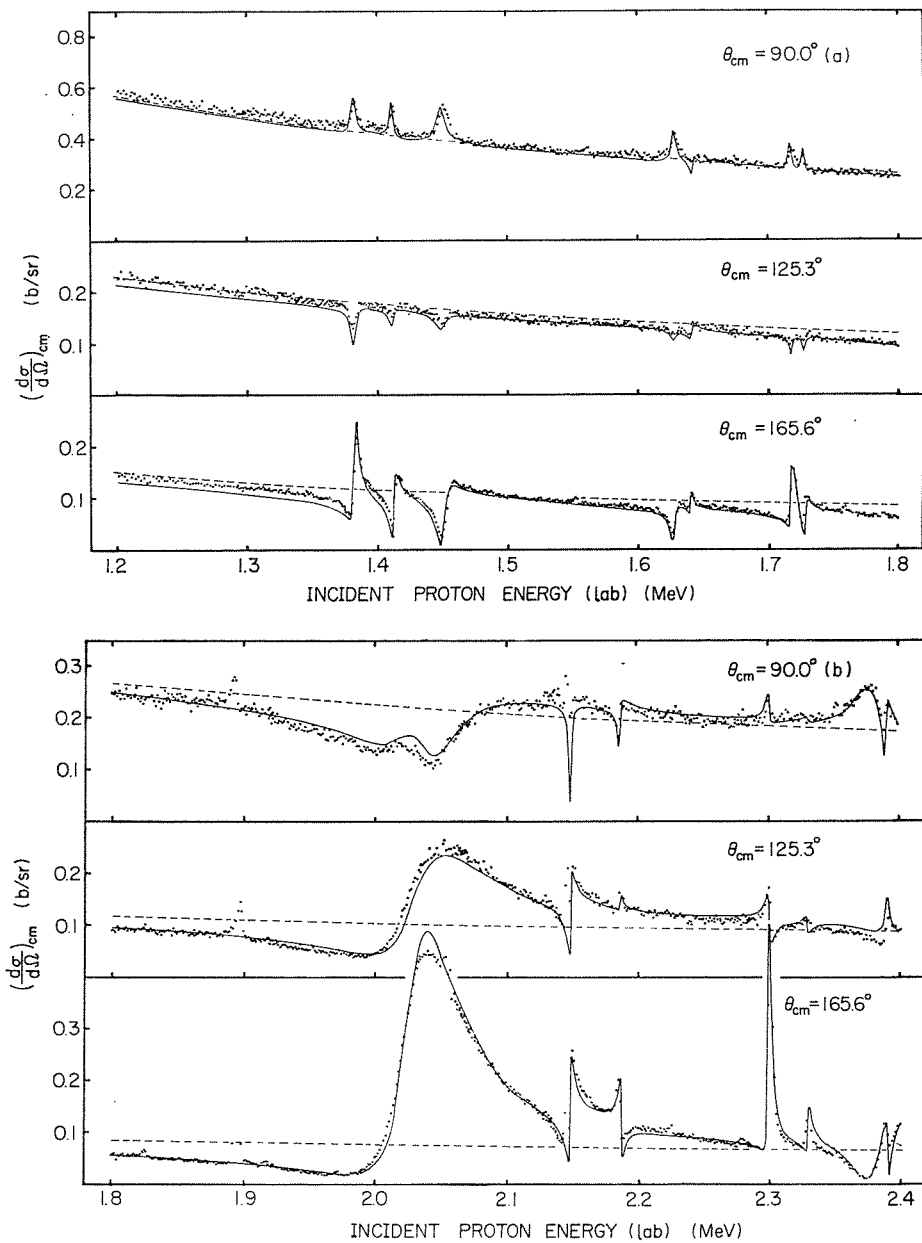
次に、これ等準位を基に核が歪んだ場合の Nilsson 軌道を求めた。Nilsson モデルで使用するパラメータは上述のポテンシャル散乱の計算結果と矛盾なく定めた。このパラメータは、一般に、 ^{27}Mg , ^{27}Al の低励起準位構造の説明に使用されているパラメータとも良い一致を示した。

この Nilsson 軌道と核の回転運動とが合成して生ずる K バンド準位と観測された比較的中の大きな 4~5 本の共鳴準位との比較を準位の粒子巾につき行い、これ等共鳴準位の構造につき考察した。この結果、このモデルでは核の歪み δ は 0.12 程度が実験結果を比較的良く説明することが解った。この値は ^{27}Al の低励起状態の説明に用いられている $\delta = 0.25 \sim 0.3$ より小さく、むしろ ^{27}Mg のそれに近い。

$\delta = 0.12$ に対する K バンド準位構造をコリオリ相互作用 (RPC) も考慮して計算したがある共鳴

準位については実験と理論との対応が認められるが、このモデルで実験結果を明確に説明することが可能であることは結論されてない。

最後に $^{26}\text{Mg}(d,p)^{27}\text{Mg}$ 反応による ^{27}Mg 準位のエネルギー及び中性子巾とこの研究により得られた共鳴準位のエネルギー及び陽子巾との比較を行い、 ^{27}Mg のアナログ準位の推定を行った。



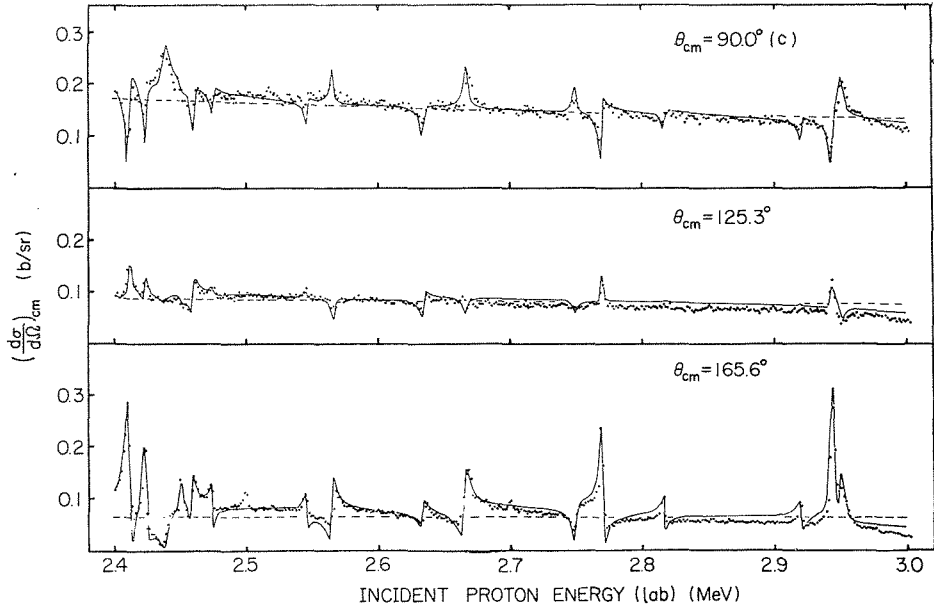
第1図 ^{26}Mg による陽子の弾性散乱断面積

黒丸；実験値，実線；多準位公式による計算値，点線；(クーロン+剛体球)散乱の計算値

(a) $E_p = 1.2 \sim 1.8 \text{ MeV}$

(b) $E_p = 1.8 \sim 2.4 \text{ MeV}$

(c) $E_p = 2.4 \sim 3.0 \text{ MeV}$ (次頁)



第1表 断面積の計算に使用した共鳴パラメータ

E_R^* (NeV)	I	$J\pi$	Γ (keV)	E_R^* (MeV)	I	$J\pi$	Γ (keV)
1.383	1	3/2-	4	2.424	2	(5/2+)	<i>b</i>
1.412	1	1/2-	28	2.440	1	1/2-	<i>b</i>
1.450	1	1/2-	8	2.451	(3)		<i>b</i>
1.628	1	1/2-	4	2.460	0	1/2+	<i>b</i>
1.642	0	1/2+	0.1 ₅	2.475	2	(3/2+)	<i>b</i>
1.718	1	(3/2-)	<i>b</i>	2.500 ^{**}			
1.728	1	(1/2-)	<i>b</i>	2.546	2	(3/2+)	<i>b</i>
1.896 ^{**}				2.566	1	3/2-	<i>b</i>
2.030	1	3/2-	35	2.635	0	1/2+	<i>b</i>
2.050	0	1/2+	~60	2.667	1	3/2-	4
2.146 ^{**}				2.750	1	1/2-	<i>b</i>
2.149	0	1/2+	3	2.770	2	(5/2+)	<i>b</i>
2.187	2	(3/2+)	<i>b</i>	2.817	2	(5/2+)	<i>b</i>
2.300	3	7/2+	0.7 ₀	2.920	2	(5/2+)	<i>b</i>
2.330	(3)		<i>b</i>	2.944	2	(5/2+)	<i>b</i>
2.380	1	1/2+	28	2.951	1	3/2-	4
2.391	2	(5/2+)	<i>b</i>	(3.040)	(0)	(1/2+)	(10)
2.411	2	(5/2+)	<i>b</i>				

For narrow resonances denoted by "*b*" in column 4, the fits shown in Fig. 1 were made using the values of Γ of the same order as the spreading of the beam energy (2~3 keV) and the values of Γ_p/Γ much smaller than unity. For other resonances, fitting was made with $\Gamma_p/\Gamma \cong 1$.

* Resonance energy in the laboratory system.

** These resonances were not included in the calculation.

論文審査結果の要旨

この研究は、陽子の ^{26}Mg による弾性散乱の励起曲線を高分解能で精密測定し、 ^{27}Al の高い励起状態における共鳴準位のスピン、パリティ、準位巾などを求め歪んだ核の回転模型によって解析したものである。

実験は、バンデグラフ装置と半導体検出器を用いて3つの角度(90.0°, 125.3°, 165.6°)でエネルギー間隔1.5keVで励起曲線を測定し、約34個の共鳴ピークを観測した。これらの共鳴はかなり接近しているために多準位共鳴公式を用いなければならず、オープン・チャネルを(p, γ)と(p, p)反応だけと仮定してR-マトリックス理論から共鳴公式を導いた。そして、共鳴エネルギー E_R 、共鳴準位のスピン J 、軌道角運動量 l 、共鳴巾 Γ 、 Γ_p をパラメーターとして計算コードを作成し、実験結果を解析した結果、34ヶの共鳴の中、31ヶについて共鳴曲線を再現することができ、これらのパラメーター値を決定することができた。

これらの励起準位は、 $T=3/2$ の ^{27}Mg のアナログ準位と ^{27}Al の基底準位と同じ $T=1/2$ の状態からなっているはずであり、Nilsson模型によって説明することを試みた。まず、 $T=3/2$ と $1/2$ の基底準位の陽子束縛エネルギーを再現するように光学ポテンシャルの深さを決定し、球形核について単一粒子準位を計算し、次に核が歪んだ場合のNilsson軌道を求めた。そして、Nilsson軌道と核の回転軌道とが合成されて生ずるKバンド準位を、実験から求められた比較的巾の大きい共鳴準位と比べて、核の歪パラメーター δ が約0.12であることを結論した。この値は、 ^{27}Al の低励起状態から求められている $\delta=0.25\sim 0.3$ よりも小さいが、 ^{27}Mg のそれに近い値である。

最後に、この研究で求められた共鳴準位のエネルギーと陽子巾を、 $^{26}\text{Mg}(d, p)^{27}\text{Mg}$ 反応による ^{27}Mg 準位のエネルギーと中性子巾と比べて ^{27}Mg のアナログ準位の推定を行なった。

以上、この論文は ^{27}Al の高い励起エネルギー(9.427-11.160MeV)における準位構造について新しい知識をえ、この領域での核の歪を求め、従来研究の少なかったs-dシエル核のアナログ準位についても新しい対応を確めたものである。

よって、村田徹提出の論文は、理学博士の学位論文として合格と認める。