

論文内容要旨

質量数 A に対して約 $60 A^{-\frac{1}{3}}$ MeV の励起エネルギーをもつ巨大共鳴の報告がなされてから、はや5年になろうとしている。以来電子散乱、陽子、 α 粒子等の非弾性散乱がいろいろな中重核でおこなわれ、この新しい巨大共鳴の性質がだんだんあきらかになってきた。すなわちこの共鳴が $\Delta T=0$ のE2共鳴で、総和則 (Energy Weighted Sum Rule) のかなりの部分をにうほど強いということである。さらに最近の研究では、 $45 A^{-\frac{1}{3}}$ MeV のM1, M2, $53 A^{-\frac{1}{3}}$ MeV のE2, $105 A^{-\frac{1}{3}}$ MeV のE3, $130 A^{-\frac{1}{3}}$ MeV のE2等の巨大共鳴の報告もされている。一方においては、理論的にも様々な巨大共鳴の存在が予想されている。しかし、巨大共鳴の研究をしようとする時最大の障害になっているのがその反応特有のbackgroundである。すなわち予想する共鳴の数が多くなるほど、またその分布の幅がひろがればひろがるほど共鳴とbackgroundとの区別がつかなくなり、定量的、定性的な議論が不可能になってくる。例えば ^{208}Pb では8~11 MeVにいくつかの微細構造があり、photo-reactionと電子散乱等で観測されているが、これらの微細構造の下のbackgroundをどうとるかで2つの観測での対応のさせかた——multipolarityがかわってくる。よって本研究の目的は、最も巨大共鳴領域の研究がなされている核のひとつ、 ^{208}Pb の電子散乱実験をおこない、可能なかぎり正確にradiation tailをさしひくことと、tailをさしひいた散乱断面積をE1, E2, E3による散乱の寄与と、さらに高いmultipoleからの寄与に分解して、E1, E2 (E0), E3の共鳴がどのように分布しているかをみることである。

従来使用していたradiative correction, radiation tailの式には次のような問題があった。まず、internal radiationのpeaking approximationがエネルギー損失が大きくなるに従って悪くなること、次にinternal及びexternal radiationのtailの式は一つのphotonの発生のみを考えていて多重光子発生の効果を無視していること、散乱槽の窓の通過によるエネルギー損失を無視していること等である。そこでinternal radiationのtailの式はエネルギー損失40 MeVでも±2%以内の誤差で使用できる近似式を採用した。また、external radiation tailへの多重光子発生の効果は、この効果が大きい領域——すなわち比較的エネルギー損失の小さい領域——で拡散方程式を満足するように採り入れた。internal radiation tailも、エネルギー損失が小さい領域でexternalと同様のふるまいをするので、同じ方法で多重光子発生効果を入れる。さらに散乱槽の窓の影響も考慮してunfolding procedureにより放射補正をおこなった。250 MeV 25°の、放射補正前、補正後のスペクトラムを図1に示す。この方法によると、弾性散乱ピークと第一励起状態のピークの間でスペクトラムはほぼ統計誤差以内で0になり、また高励起エネルギー側でも約20 MeVの領域にわたってスペクトラムが0になる。

このことは、従来指摘されていたような輻射補正の問題点——弾性散乱ピークの近傍、及び高励起エネルギー側で輻射補正後のスペクトラムが負になるという問題をほぼ解決、改善したことを示している。全スペクトラムは、約3%以内の精度で輻射補正された。

さて、図1に示されているように、輻射補正をおこなった後のスペクトラムは、あきらかな、約1.1 MeV、1.4 MeV、2.2 MeVの共鳴以外に、ほぼ連続的に分布する散乱断面積を残している。これは破線で示されているようなFermi-Gas模型による準弾性散乱の断面積分布とは異なる分布をしている。

そこで、E1、E2、E3が強く励起される、5点の測定スペクトラムを、各channelごとに、E1、E2、E3による寄与、さらに高いmultipoleからの寄与に分解した。すなわち実験で得られた各channelの散乱断面積のq-依存性を再現するように、E1、E2、E3、……のq依存性成分の和の係数を決めた。高いmultipoleからの寄与としては、E4、E4+E5、E4+E5+E6の3つの場合を考えた。ここで異なるmultipole間の相対比は、それぞれの総和則を同じ割合で占めるように決めた。すると後2者の場合で、得られたE1、E2、E3成分の大きさに有意な差がみられなかった。各成分のq依存性としては、Goldhaber-Teller模型を使用したDWBA計算結果をもちい、 $\Delta T=1$ のモードが考えられるE1、高励起側のE2については、一つにはGoldhaber-Teller模型のq-依存性を考え、一つにはJensen-Steinwedel模型のq-依存性を考えた。図2に結果を示す。J-S模型を採用した場合と、G-T模型を採用した場合とでは、成分比がかなり違っているが、E1、E2、E3の大きな山が分布する励起エネルギーの位置はほとんどかわらない。(γ , n) 反応で解析されているGiant Dipole Resonance(E1)の遷移の分布を破線で示した。E1、E2、E3の2.6 MeVまでの遷移の強さと、総和則(EWSR)との比較が表1に示されている。1.8 ~ 2.6 MeVのE2の共鳴は、他の実験や理論的予想からも $\Delta T=1$ と考えられる。それでも残りのE2成分は $\Delta T=0$ のEWSRの13.5%を占める。そこで(d, d')の実験解析から予想されるように、1.25 ~ 1.5 MeVの共鳴をEOと考えた。表1のEWSRには、4.1 MeVのE2、2.6 MeVのE3からの寄与が加算されている。

E1の遷移確率を9.5 ~ 2.6 MeVで和をとると、J-S模型、G-T模型のq-依存性によるとそれぞれ6.48、6.84 fm²となり、(γ , n)の散乱断面積から計算した値6.3 ± 4.2 fm²とほぼ一致する。

E2、E3の遷移確率はJ-S模型、G-T模型の場合で約2倍異なる。理論的予想では、2.6 MeVまでで $\Delta T=0.1$ のE2、 $\Delta T=0$ のEO、 $\Delta T=0$ のE3のEWSRのほぼ100%近くが占められる。このことはG-T模型の解析結果と一致する。

²⁰⁸Pbの巨大共鳴の特徴は、9 ~ 11 MeVに鋭いピークをもつ微細構造がみられることである。いままで、これらの構造が(e, e'), (p, p'), (γ , n) 反応でみられることか

らE 2であるといわれてきた。確かにこの領域には、E 2の巨大共鳴があるが、我々の解析では、これらの微細構造はE 1, E 2, E 3の複合として考えられる。

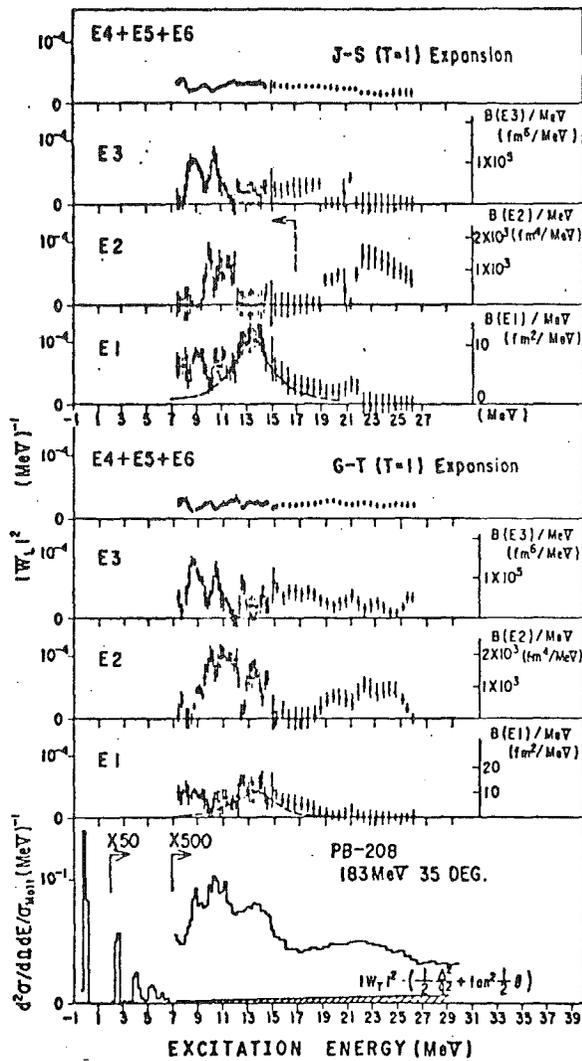
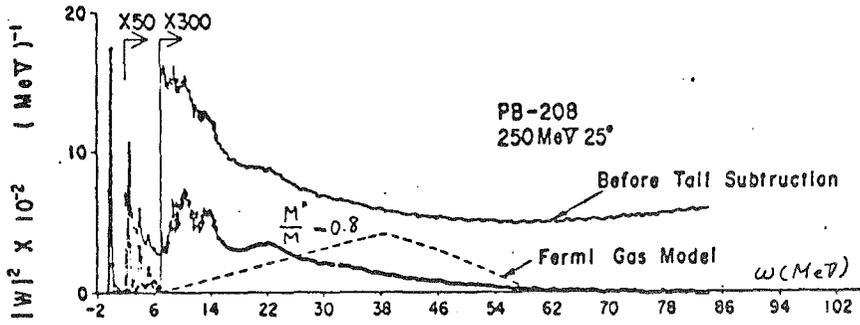
以上、本研究であきらかになった事をまとめると次のようになる。

- (1) 輻射補正に多重光子放出の項を入れると、従来の輻射補正にあった問題の大部分が解決でき、約3%以内の精度でradiation tailをさしひくことができる。
- (2) 比較的運動量移行が小さい場合には、従来のFermi-Gas模型では巨大共鳴領域のスペクトラムを説明できない。
- (3) 巨大共鳴領域のスペクトラムを理論計算によるq-依存性を使ってE 1, E 2, E 3等の成分に分離すると、E 1成分の大きさは(α , n)の実験結果とほぼ一致する。E 2成分は11 MeV, 2.25 MeV中心の共鳴となり、E 3成分も16 MeVに広い共鳴となってあらわれる。
- (4) G-T模型によるmultipole成分分離の結果は、 $\Delta T=1$ のE 2成分、 $\Delta T=0$ のE 0, E 3成分とも総和則(EWSR)のほぼ100%を占め、理論的予想とよく対応している。

論文第1章序では、本研究の背景、目的を記した。第2章では以降の議論に必要な基礎的理論と模型について記し、第3章には実験装置と実験経過がまとめられてある。第4章はデータの処理、特に本研究で改善された輻射補正の理論と方法が述べられてある。第5章は解析方法、解析結果であり、第6章ではそれらの考察、及び他の実験や理論の比較が記されている。第7章では結論をまとめた。

表 1.

Multipole	Mode	励起エネルギー	G-T模型によるEWSR比			J-S模型によるEWSR比		
E 0	$\Delta T=0$	125~15MeV	97	+27 -14	%	10	+20 -9	%
E 1	$\Delta T=1$	74~26MeV	156	+23 -35	%	145	+18 -30	%
E 2	$\Delta T=0$	74~125MeV	92	+14 -8	%	52	+12 -5	%
E 2	$\Delta T=1$	15~26MeV	95	+40 -13	%	41	+12 -8	%
E 3	$\Delta T=0$	74~26MeV	165	+15 -71	%	94	+14 -47	%



⊠ 2.

論文審査の結果の要旨

笹尾真実子提出の論文は ^{208}Pb 原子核の高励起状態を電子散乱の手段によって研究し、新らしい解析の方法を用いて巨大共鳴の位置・遷移の強さ・その巾等を決定し、核構造に関する重要な知見を得ようとするものである。

先ず東北大学リニアックを用いて励起エネルギー数10 MeVまでのスペクトルを運動量移行を変えて測定した。その解析にあたっては、電子散乱に伴う radiation tail による background を正確に取除くことを行った。そのために多重光子放出の効果を含む補正の式を導びき、それを用いた。この新しい式により、パラメータを動かすことなしに満足すべき結果を得た。

radiation tail を差引いた残りのスペクトルは、核励起の断面積である。これを殻模型の RPA と比較すると、RPA の E0 から E4 までの多重極励起の和と、実験のスペクトルとはよく一致することがわかった。このことは、電子散乱のスペクトルがこれ等の多重極励起(巨大共鳴)を含んでいることを示すが、問題はいかにして個々のピークに分離出来るかにある。

本論文はこの点に関し独創的な手段を用いた。先ずスペクトルをチャンネルに分け、各チャンネルについて、多重極展開を行い、E1, E2, E3, E4+E5+E6 の多重極スペクトルに分離した。これから各多重極巨大共鳴の位置・強さ・巾を直ちに読みとることができる。

その結果、E1 巨大共鳴は光核反応と矛盾しない、1.35 MeV に巾 4 MeV で存在すること、E2 の isoscalar は 1.08 MeV に巾 3.2 MeV で E2 の isovector は 2.25 MeV に巾 6 MeV で存在すること、問題の E0 共鳴は 1.35 MeV に巾 2 MeV で、isoscalar の E3 は 1.6 MeV に巾 6 MeV で存在することが明らかとなった。以上の共鳴の強さは総和則を殆んど満たしていることが示された。

本研究は最近活発に行われているこの方面の研究をリードするものであり、笹尾真実子提出の論文は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示している。よって本論文は、理学博士の学位論文として合格と認める。