

International Conference on Statistical  
Properties of Nuclei

August 23-27, 1971

State University of New York at Albany

塚田 甲子男(原研)

この会議は終始Wigner がlead した感がある。会議の力点は resonance parameter の higher order の correlation の search と、もう一つ intermediate resonance の解明にあつたように思う。前者はMetha 等が立役者であり、後者はFeshbach である。round table discussionでも終始Feshbach が intermediate resonance について発言していた。

§1. Introductory Session

J.Humblet (Univ of Liege): low energy compound nuclear reaction の unitarity を持込む試みを行なつた。

§2. Analysis of Resonance Reaction Experiment

U.N.Singh et al. (SUNYA and Columbia Univ): Nevis Synchrocyclotron での $^{19}\text{F}$  と  $^{27}\text{Al}$  の neutron total cross section の高分解能測定の結果を、Wigner & Eisenbud の R-matrix formalism で解析し、一般的なよい一致を得た。

B.A.Robson et al. (Australian National Univ.):

$^{12}\text{C}(n,n)^{12}\text{C}$  の解析に R-matrix theory と Feshbach theory が適用された。R-matrix theory ではquadrupole residual interactionをもつ particle-rotator model でよく全断面積の値が reproduce された。Feshbach theory では余り良い一致が得られなかつた。

E.Bilpuch (Duke Univ.):

Duke Univ の high resolution charged particle cross section の見事を結果が紹介された。 $\text{Ti}(p,p)$  反応 ( $E_p \sim 1\text{MeV}$  辺) で  $110\text{eV}$  の中の共鳴が観測さ

れた。

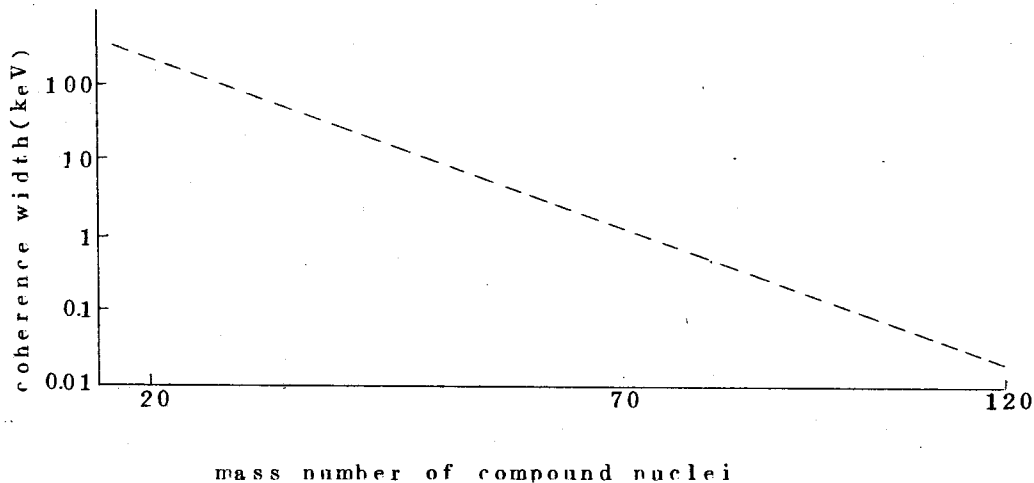
E. Sheldon et al. (Lowell Tech. Inst.):

$^{31}\text{P}(\alpha, P_0) ^{34}\text{S}$  反応 ( $E_p = 3.25 \sim 5.50 \text{ MeV}$ ) で観測された共鳴の断面積が比較的狭い band に分布し、そのエネルギー依存性が統計理論と一致する。

### § 3. Statistics of Resonance Parameters (Part I)

K.A. Eberhand et al. (Nunich Univ.):

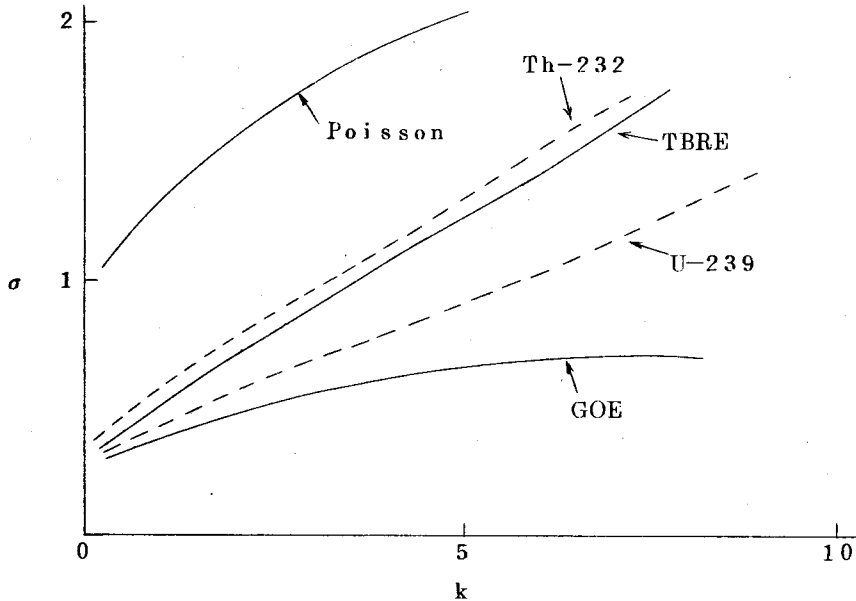
簡単な統計モデルで複合核の coherence width を計算し  $20 \text{ MeV}$  辺の実験値と比較し、よい一致を得た。



O. Bohigas et al. (Orsay):

level spacing の分布の理論的モデルをテストするためウランおよびトリウムについて調べた。Mehta & Des Choizeav が最近与えた  $k$ -th neighbour spacing distribution の域を基に、 $k \geq 2$  についても Gaussian Orthogonal Ensemble (GOE) の予測が正しいかどうか分布の standard deviation  $\sigma$  について検討した。結果は  $k > 1$  では GOE より broader であつた。最近、French et al. および Bohigas et al. によつて random matrix の new ensemble が導入された。これは  $N \times N$  hamilton matrix の matrix element の間の correlation を考慮したもので、two body random hamiltonian ensembles (TBRE) と呼ばれるものである。これによると  $k=0$  では GOE と TBRE とは一致するが、 $k \geq 1$  では一致せず、

TBREに入れた correlation の影響はGOE分布をbroadにすることである。ウランおよびトリウムの実験結果はTBREに近い値が得られている。



H. Camarda et al. (Columbia Univ):

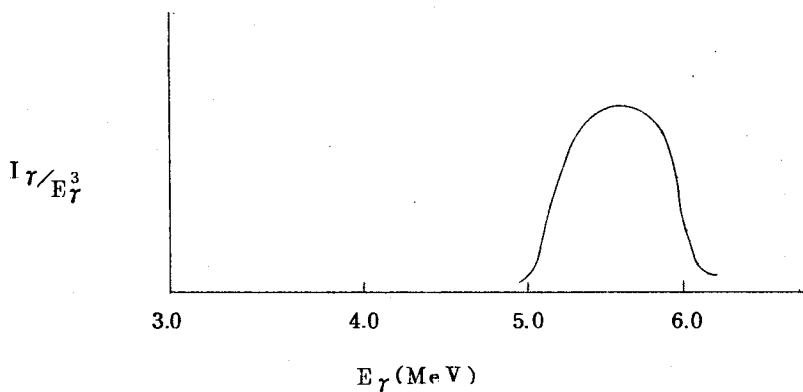
1968年測定したeven W isotope の高分解能データを使つて、 $E_n \leq 15\text{keV}$  の範囲で level position の分布の statistical model prediction との比較を行なつた。Dyson & Methaが導入した statistic  $\Delta$  (level count N vs E の level fitting straight line より of mean square deviation) および  $\text{Cov}(S_j, S_{j+1})$  ( $S_j$ : adjacement nearest neighbour spacing) がこのため用いられた。 $\langle \Delta \rangle$  や  $\Delta$  の variance は Dysons circular ensemble theory に基く prediction とよい一致を示した。 $\text{Cov}(S_j, S_{j+1}) \approx -0.27$  データが correlated model と一致するか uncorrelated model と一致するかを見るためには  $[\Delta + \text{Cov}(S_j, S_{j+1})]$  が sensitive test となるが, probability of finding  $\leq$  the experimental  $[\Delta + \text{Cov}(S_j, S_{j+1})]$  は correlated model と uncorrelated model とで夫々 0.103 および 0.002 となり correlated model の方を support した。

#### § 4. Statistics of Resonance Parameters (Part II)

B.W. Thomas (Harwell):  $^{169}\text{Tm}$  における reduced neutron width と partial radiation width との間に著しい correlation があると云う Bollinger 達の結果を否定した。

R. Moreh et al. (Negev): ( $\gamma, \gamma'$ ) 反応より得られた bound level よりの partial radiation width の分布が Porter-Thomas 分布と consistent である。

E. D. Earle et al. (Chalk River, ORNL):  $180 < A < 208$  における thermal と fast neutron capture につづく  $\gamma$  ray 放出の際の 5.5 MeV  $\gamma$  ray の異常を  $^{205}\text{Tl}(n, \gamma)^{206}\text{Tl}$  で調べた。anomaly は大部分の S-wave resonance にあり s-wave capture のあとの E-7 transition に基く。



S. F. Mughabaghab (BNL): valency neutron model で  $^{58}\text{Ni}$  の partial radiation width を計算して  $\Gamma_\gamma = 10.4 \text{ eV}$  を得た。これは Garg et al. の実験値  $\Gamma_\gamma = 9.0 \text{ eV}$  for the  $^{58}\text{Ni}$  bound level と一致する。

G. E. Mitchell et al. (Duke Univ.): 陽子捕獲の場合の fragmented analog state の decay の channel correlation effect について調べた。 $^{54}\text{Cr}, ^{64}\text{Ni}$  について neutron width の enhancement はないが, elastic と inelastic width, elastic と individual  $\gamma$  ray channel の間の correlation が見出された。

#### § 5. Average Resonance Parameter

H. Vonach et al. (Munich Tech. Inst.): Rh~U の 28 elements につい

て,  $E_n = 2.8 \text{ keV}$  の平均全断面積を測定し, 4S giant resonance の splitting ( $A=145$  と  $A=180$ ) を再確認した。

A.G.Drentje (Groninger Univ.):  $2.0 - 2.3 \text{ MeV}$  で  $\text{Mg} + \alpha$  の散乱を観測し, background で compound elastic scattering が 50% 以上 contribute している事を確認。

C.N.Newstead et al. (Saclay): Optical potential の spin-spin term  $V_{ss}$  は, S-wave neutron strength function  $S_0$  の spin dependence に現れ, 特に high spin nuclei で著しい筈である。  $S_0$  の spin dependence をしらべるため, Saclay の LINAC を使つて  $^{143}, ^{145}\text{Nd}$ ,  $^{147}, ^{149}\text{Sm}$ ,  $^{165}\text{Ho}$  の共鳴を調べた結果,  $1 V_{ss} \leq 0.5 \text{ MeV}$  興味のある点は, 或る核ではその interaction は repulsive であり, 他は attractive である。

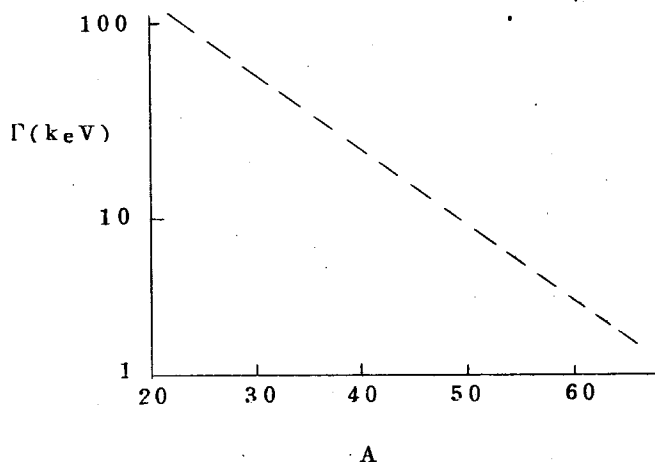
		Opt. model cal.		exp.	
	$V_{ss}$	$S_0(J-)\times 10^4$	$S_0(J+)\times 10^4$	$S_0(J-)\times 10^4$	$S_0(J+)\times 10^4$
$^{143}\text{Nd}$	-0.1	9.03	2.59	$8.4 \pm 4.3$	$4.1 \pm 2.2$
$^{145}\text{Nd}$	0.1	0.55	2.26	$0.64 \pm 0.34$	$1.70 \pm 2.75$
$^{147}\text{Sm}$	0.5	2.36	5.04	$3.09 \pm 1.90$	$5.04 \pm 3.40$
$^{147}\text{Sm}$	0.3	3.77	5.48	$3.28 \pm 1.80$	$7.18 \pm 2.40$
$^{165}\text{Ho}$	-0.25	2.42	1.35	$2.50 \pm 0.50$	$1.45 \pm 0.3$

## § 6. Nuclear Level Density

C.Coceva et al. (Euratom): s-wave neutron capture で励起された二つの J の series から spin cut-off parameter  $\sigma$  を求めた。  $^{177}\text{Hf}$  および  $^{179}\text{Hf}$  について Geel の LINAC で測定  $^{179}\text{Hf}$  では,  $430 \text{ eV}$  以下で 93 個の共鳴が観測され, 85 の spin が assign され,  $\sigma = 3.51 \pm_{-0.44}^{+0.86}$  Dyson と Mehta の “least square”  $\Delta_3$  と “energy” Q statistics が計算され, level position が Wigner spacing distribution よりも correlated であることがわかった。  $^{177}\text{Hf}$  については, 105 個の共鳴が  $300 \text{ eV}$  以下で観測され, 99 個の共鳴の spin が assign された。最近, 井出野と大久保が  $^{177}\text{Hf}$  の共鳴が一定の interval 離れた位置に著しい選択性をもつて現れる事を示した。井出野等は  $J=3$  と  $J=4$  の mixture で  $4.4 \text{ eV}$  の characteristic spacing を見出したが, conceva 等は この correlation は  $J=3$  では現れるが,  $J=4$  では現れない事を示した。同じような correlation の欠除は  $^{179}\text{Hf}$  の二つの series でも見出された。井出野等によつて見出された correlation が

definite  $J$  の level の series のみに現れることは、これが“of physical relevance”であることを suggest している。

D. Kopsch et al. (Karlsruhe):  $F \sim Co$  の 13 個の中性子全断面積を 0.8-1.4 MeV の範囲で 1-80 keV の分解能で測定し、standard fluctuation theory で平均の level density と width を決定した。A=40 辺を除いて (d, p), (d,  $\alpha$ ) 反応の測定と一致し、また  $^{29}Si$ ,  $^{56}Mn$ ,  $^{60}Co$  の例外を別として intermediate structure が観測された。



### § 7. Decay of the Compound Nucleus

江尻等 (Niels Bohr Inst.): 変形領域の複合核の decay における K-quantum number の役割をしらべた。Yb( $\alpha$ , xn $\gamma$ ) ( $E_\gamma=20-24$  MeV) で  $\beta$ -band ( $k=0$ ) と ground band との yield ratio と、K-isomer band と ground band との yield ratio を比較すると、後者の方が大きく、又  $E_x \equiv E_\alpha + Q$  と共に速かに増加する。普通の統計モデルでは考慮されていない K-selection rule や K-band structure は変形領域の複合核の decay で重要な役割を演ずる。

J. C. Bell et al. (Manchester Univ):  $^{209}Bi(^{12}C, xn)$  反応での neutron emission と fission の competition を調べた。excitation function は Huizenga & Vandenbosch の prediction と一致した。但し saddle-point moment of inertia は rigid-body value の 2.2 倍であつた。又、fragment 当りの  $\gamma$  ray の数は angular momentum が yrast line にそって quadrupole cascade で専ら落ちてゆくことを示す。

R.A.Gough et al. (Texas A & M Univ.):  $^{209}\text{Bi}(^{12}\text{C}, xn)$ ,  $^{207}\text{Pb}(N, xn)$ ,  $^{205}\text{Tl}(^{12}\text{O}, xn)$  反応の excitation function を測定し, 函数の中が反応により変動する事を観測したが, これは yrast curve の slope が  $N=126$  の近くで中性子数の函数として変動し, 所謂 "yrast trapping" をおこすためである。

Y.Eyal et al. (Weizman Inst.):  $^{18}\text{O}+^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}+^{14}\text{C}$  反応の  $^{28}\text{Al}/^{27}\text{Al}$  の比をしらべ, Bohr independence hypothesis と一致することを確認した。

G.J.Clark et al. (Harwell): プロツキング効果を利用した Ge および Mo の ( $p, p'$ ) 反応による compound nuclear lifetime の測定を発表した。技術的には丸山達が Ge の場合 plane blocking の観測したのに対し, axial blocking の観測を行い, 丸山等の結果とよい一致を示した。axial blocking にすると効果がより著しく現れる。Mo については会議では触れなかつたが,  $T=(2.0 \pm 0.6) \times 10^{-17}$  sec at  $E_p=8.0$  MeV で, 主に  $^{92}\text{Mo}(1.54 \text{ MeV})$  に基く。

$E_{lab}$ (MeV)	$^{70}\text{Ge}(1.04\text{MeV}, 2^+)$			$^{72}\text{Ge}(0.835\text{MeV}, 2^+)$		
	$R_I/R_E$	$\tau(\text{sec}) \times 10^{-17}$	$\Gamma(\text{eV})$	$R_I/R_E$	$\tau(\text{uc}) \times 10^{-17}$	$\Gamma(\text{eV})$
5.0	$0.71 \pm 0.04$	$2.2 \pm 0.4$	28	$0.60 \pm 0.04$	$3.1 \pm 0.5$	20
5.4	$0.67 \pm 0.03$	$2.4 \pm 0.4$	27	$0.51 \pm 0.04$	$3.9 \pm 0.6$	16
6.0	$0.74 \pm 0.03$	$1.9 \pm 0.4$	34	$0.93 \pm 0.03$	$0.9 \pm 0.2$	72

### § 8. Limitation of the Compound Nucleus

G.M.Temmer et al. (Rutgers Univ.):  $^{70}\text{Ge}$  および  $^{72}\text{Ge}(p, p')$  反応で各々 1 ケの  $\ell=0$  resonance を見つけ ( $^{70}\text{Ge}, E_p=5.06 \text{ MeV}$  および  $^{72}\text{Ge}, E_p=6.36 \text{ MeV}$ ), それが analog resonance である証拠をあげた。

富田他(原研):  $E_n=1.6$  および  $2.0 \text{ MeV}$  で鉄の弾性および非弾性散乱の角度分布の励起函数に現れた中間共鳴が doorway state の仮定の下に解析された。この際, open channel と compound state の間の direct coupling も考慮された。Vso を除いて reasonable な値の optical model potential parameter でかなりよく fit することが出来た。

M.Divadeenam et al. (North Carolina Univ.):  $^{207}\text{Pb}$  および  $^{209}\text{Pb}$  の doorway states の particle-vibration の解析が実験とよく一致した。

H.E.Jackson et al. (ANL): threshold photoneutron technique による  $^{57}\text{Fe}(\gamma, n)$  の測定は, M1 transition による強い p-wave component によつて特徴づけられる。

B.L.Berman et al. (Lawrence Rad.Lab.): 上と同様な technique による  $^{207}\text{Pb}(\gamma, n)$ ,  $^{57}\text{Fe}(\gamma, n)$ ,  $^{208}\text{Pb}(\gamma, n)$  の  $\gamma$ -ray width の envelope の形における doorway state の証拠が観測された。

#### § 9. Conclusion on the Conference

E.Wigner 司会の L.Bolinger, J.Rainwater, H.Feshbach, K.J. Le Conteur, S.C.Cohen (最後の一人の名前は不明) による Round Table Discussion があつた。専ら Feshbach が議論の中心となつたが、我々の doorway state の話も取りあげられた。