

話 題 (II)

「原子核の準位密度」専門家会議報告

(東北薬大) 佐藤 憲 一

昨年11月15日から3日間にわたりイタリアのENEA (ボローニャ)においてSpecialists' Meeting on Nuclear Level Densities がOECDとENEAの共催で開かれた。この会議は原子核の反応断面積の正確な評価に必要な準位密度研究の近年の発展を整理し、今後の研究の方向を探るため2年前のNEANDC会議でその開催が決定された。出席者は当初の30名程度という予定通り13カ国から33名、日本からは佐藤1名であった。

原子核の準位密度の研究はベーテ以来50年以上の歴史をもつが大部分の仕事は平均場近似を用いた理論的アプローチ、または現象論であった。近年ようやく残留相互作用も含めた微視的アプローチがなされるようになってきた。

会議では(1)全準位密度 (TLD) および(2)部分準位密度 (PLD) に関する報告が理論の面からそれぞれ9件と、現象論と応用の面からそれぞれ4件および1件なされ、最終日に(1)と(2)のワーキンググループに分かれて集約および今後の課題に関する討論を行った。以下簡単に口頭発表の概要を紹介するが、今報告の後半にプログラムをまとめてあるので参照願いたい (共同研究のものは発表者で代表)。また、今回の会議のProceedingsはENEAより出版される予定なので、詳細はそちらを見ていただきたい。

第1日目(11月15日)は冒頭の主催者の挨拶に引き続き、全準位密度(TLD)への理論的アプローチの報告が行われた。Ignatyukは殻構造、対相関、集団運動も取り入れて量子統計的にTLDを求めることの重要性を強調した。GrimesはFrenchらのスペクトル分布法を用いて現実的な1粒子準位と残留相互作用からTLDを求めるモーメント法について述べた。最近では、全空間でモーメントの高次項まで求めるやり方より、あらかじめ励起エネルギー等で多数の部分空間に分け各々の空間で低次のモーメントだけ求める方が計算上の困難も少なく、良い結果が得られることがわかってきた。これは後述の佐藤らの方法へも支持を与える。近年比較的軽い核(Mg, Siなど)では、モーメント法の計算結果と合うようにGilbertとCameronによるTLD(GC式)やBack Shifted Fermi Gas Model(FGM)によるTLD(BSFGM式)のパラメータを決めるということなされているとのことであった。Bloomはcollective vectorsとLanczos Algorithmを用いたアプローチがTLDの計算に有効であることを示した。MainoはCollective Enhancement Factor(CEF)を相互作用するボソン模型(IBM)に基づいて評価した。ManfrediはIBMを念頭においてFrenchらのスペクトル分布法をボソン系へ応用し、そのスペクトルはフェルミ系と似た振舞いをすることを示した。Rohrは熱中性子による共鳴データの解析からパラメータの系統性を示し、その格子模型による解釈を与えた。また、低励起エネルギー領域で準位間隔がポアソン分布に従う核も見つかっている。Pudduは分配関数の汎関数表示から出発して通常の平均場近似からのゆらぎを

取り入れる処方Static Path Approximationを与え、その重要性を計算結果で示した。この手法を用いて、変形核でCEFが自然に現れることや球形核でも変形へのゆらぎによりTLDの増加が起こることが示せることを、Bertschらが最近報告している。Egorovはアクチノイド核のTLDを低エネルギーで組合せ計算、それより高いエネルギーでは量子統計的計算で求め、ほぼ実験データを再現することを示した。

夜は主催者側の招待による盛大な晩餐会が催された。3時間以上も座って食べ続けるのはうれしい驚きであった。

第2日目(11月16日)は部分準位密度(PLD)への理論的アプローチ、現象論及び応用の発表がなされた。部分準位密度とは通常エキシトン(粒子+空孔)数も指定した準位密度のことで、これは前平衡反応の解析に必要でありEricsonとWilliamsによるFGMタイプのもの(EW式)がよく使われてきたが、会議では最近の発展について報告された。また、全てのエキシトン数についてPLDの和をとればTLDが得られる。

Bisplinghoffは前平衡反応での α 放出スペクトルが、簡単なPLD計算から、大半の α は親核のフェルミ準位より上の3核子と下の1核子が強く結合して放出されるものとしてよく再現できることを述べた。また、重イオン入射での α 放出スペクトルは、スピン依存なPLDを用いることで再現出来ることを示した。Blannは前平衡中性子放出スペクトルに見られる構造が、現実的な1粒子準位から計算したPLDを用いるとかなり良く再現されることを示し、残りの不一致は残留相互作用に起因する可能性を示唆した。彼の用いたMollerとNixによる1粒子準位は、これまでのSeegerらのものよりかなり優れているとのことであった。Hermanは現実的な1粒子準位を用い、対相関を考慮した組合せ計算を行い、PLDへの対相関の影響およびスピンとパリティへの依存性を調べた。佐藤はエキシトン数で分割した乱雑行列の方法により、残留相互作用を考慮したPLDが、現実的な1粒子準位から作ったPLDと残留相互作用の二次モーメントを入力とする方程式を解いて得られることを示し、閉殻核でのPLDとTLDの計算結果を与えた。FuはEW式に対相関を取り入れた表式を与えたが、通常のTLDを再現するようにPLDへの拡張を行うのは結構難しいとのことであった。Koningは多段階直接過程の取扱いは、”乱雑さ”をどこで導入するかで、FKK(Feshbachら)とTUL(Tamuraら)およびNWY(Nishiokaら)には質的な相違があり、それがPLDに反映されること。また、物理的には後者が好ましいことを論じた。

OblozinskyはPLDの現象論の現状についてレビューし、特に多段階複合核過程に必要なPLDや2成分PLD、また、スピン分布などで進展がみられることを述べた。Guentherは現象論の現状についてよく整理されたレビューを行ったが、その主なものは次の通りである。GC式とBSFGM式がここ四半世紀にわたりよく使われており、パラメータを改良する最近の試みとしてはIvascuら、Zhuangら、Uenoharaらの研究などがあること。GC式やBSFGM式は中性子放出などのチャンネル幅の大きい過程にはよいが小さい過程には難しいこと。SchmidtらやIgnatyukによる改良式はより現実に近いものなのでもっとデータ解析へ応用して吟味していくのが望ましいこと。

Katariaは殻構造と対相関を取り入れた半経験的TLDを与え、特にスピン分布への対相関の

影響が低エネルギーで大切であることを述べた。Zuravlevは ^{181}W に対して殻構造，対相関，集団運動を取り入れたTLDのパラメータを実験データと合うように決めた。

第3日目(11月17日)は(1)全準位密度 (TLD) および(2)部分準位密度 (PLD) のワーキンググループに分かれて，準位密度研究の近年の発展，現状について集約し，今後の課題に関する討論を行った。詳細はレポートにまとめられたが「準位密度の研究には理論，実験両面にわたって近年大きな進歩があったが，現時点でも現象論と微視的理論の間にはギャップがあり，それを埋めるべく今後の継続的な努力が必要である。」ことが確認された。

会議終了後，シャンペンで簡単なお別れパーティを行ない閉会となった。今回の会議は30人程度の専門家会議という性格もあり，ほとんどの参加者同士が会話や議論を行うことができ今後の研究へ向けて実りあるものであったと思う。主催者側のサービスも大変行き届いたもので感心させられた。欲をいえば，残念だったのは参加を期待していた一部の人が不参加であったことである。機会があれば又訪問してみたいものである。

「原子核の準位密度」専門家会議プログラム

主催 : ENEA, OECD

年月日 : 1989年11月15日-17日

場所 : ENEA (ボローニャ)

11月15日 (水)

開会式 : ENEA計算部，核データ部，各部長

座長 G.Reffo (ENEA)

ワーキンググループの形成

セッション A : 理論的アプローチ

A.1 全準位密度 : 座長 M.Blann

9:40 Quantum statistical approaches to level density

A.W.Ignatyuk (F.E.I.P.Bondarenko, USSR)

10:20 The moment method approach to nuclear level density

S.M.Grimes (Ohio University, USA)

- 11:00 Coffee break
- 11:15 The collective vector method in nuclear and atomic physics
S.D.Bloom (LLNL, USA)
- 11:55 Interacting boson model predictions of collective effects in nuclear level densities
G.Maino (ENEA, Italy)
- 12:35 Global and local properties in boson space
V.R.Manfredi (Universita di Padova, Italy)
- 13:15 Lunch
- 14:30 Neutron resonance and single particle treatment
G.H.Rohr (CBNM, Belgium)
- 15:10 The effects of thermal and quantal fluctuations in the nuclear level density
G.Puodu (INFN, Italy)
- 15:50 Coffee break
- 16:10 Clustering in nuclei and the level density parameter
G.Rohr (CBNM, Belgium)
- 16:30 Combined method for actinide level density calculations
S.Egorov (LSR, USSR)

11月16日 (木)

A.2 部分準位密度 : 座長 J.Bisplinghoff

- 9:00 The use of level density in preequilibrium calculations
J.Bisplinghoff (Bonn University, F.R.G)
- 9:40 Nuclear structure effects, in exciton level densities
M.H.Blann (LLNL, USA)
- 10:20 Microscopic models for exciton level densities
M.Hermann (ENEA guest, Italy)
- 11:00 Coffee break
- 11:15 Exciton level densities in preequilibrium theory
K.Sato (Tohoku College of Pharmacy, Japan)
- 11:55 Pairing interaction effects in exciton level densities
C.Y.Fu (ORNL, USA)
- 12:35 Systematics in exciton level densities

- G.Giardina (INFN, Italy)
- 13:15 Lunch
- 14:30 $J\pi$ fixed exciton level densities in preequilibrium theory
K.Sato (Tohoku College of Pharmacy, Japan)
- 14:50 Fixed particle-hole nuclear level densities using saddle point approximation
S.K.Kataria (BARC, India)
- 15:10 Different types of level densities in M.S.D. reaction theory
A.J.Koning (ECN, Netherlands)
- 15:50 Coffee break

セッション B :現象論と応用

座長 S.K.Kataria

- 16:10 Exciton level density and preequilibrium models
P.Oblozinsky (SAS, Czechoslovakia)
- 16:50 Applied uses of level density
P.Guenther (A.N.L., USA)
- 17:30 Semi-empirical nuclear level densities with pairing and shell effects
S.K.Kataria (BARC, India)
- 18:00 Nuclear level density of ^{181}W from neutron spectra analysis in the $^{181}\text{Ta}(p, n)^{181}\text{W}$ reaction
B.V.Zuravlev (IPPE Obnisk, USSR)

11月17日 (金)

- 9:00 IAEA CRP meeting report
H.K.Vonach (I.R.K., Austria)
- 9:40 Working groups
- 10:45 Coffee break
- 11:00 Working groups
- 13:15 Lunch
- 14:15 Presentation of the conclusions and recommendations of the working groups, discussion and approval
- 15:30 Concluding remarks
S.D.Bloom (LLNL, USA)