

玉垣さんの切り開いた原子核のクラスター構造研究

大久保茂男 (大阪大 RCNP)

クラスター模型は 1937 年ドイツの Wefelmeier らに始まる。1947 年に殻模型, ついで 1952 年に集団運動模型が提唱されると, α 粒子模型は根拠を欠くとして Blatt-Weisskopf の本で厳しく批判された。Perring ら (1956) につづき, Wildermuth ら (1958) の論文「The “cluster model” of atomic nuclei」が出るが, “cluster” とは “generalized shell model” のことと記述されている。殻模型・集団運動模型による研究が核物理の世界的主流となり, 日本でも豊田利幸らによる ^8Be の現象論的クラスター模型研究の論文は, 1955 年 Physical Review に掲載拒否されていた。玉垣良三 (1932-2015) は 1959 年京大・小林稔 (1908-2001) 研での核力研究の大学院時代を終え北大に移り, 湯川秀樹 (1907-1981) の薫陶をうけた田中一 (1924-) とともに厳しい逆風の時代状況の中で湯川核力にもとづき原子核を理解するという正攻法でクラスター研究を始めた。Blatt-Weisskopf の批判は大変な衝撃だったと直接お聞きしたことがある。

量子論・原子核物理の開拓者ニールス・ボーア (N. Bohr, 1885—1962) が心臓麻痺で世を去る 1962 年, 下田屋・玉垣・田中の日本で最初のクラスター研究の本論文「Interaction between Alpha Particles」が, 湯川が 1946 年に創刊した Prog. Theor. Phys. (27 (1962) 793) に発表された (同名のレター論文は PTP 25 (1961) 853)。この研究でその後世界をリードすることになる日本のクラスター構造研究が北大で玉垣・田中によって切り開かれた。論文は共鳴群法 (RGM) を変分的に解き, 位相差解析から知られていた ^8Be の α - α 間の現象論的ポテンシャル (図 1 点線): (1) 短距離 ($R < 2$ y (fm)) での斥力芯, (2) 外部領域 ($R = 2 \sim 5$ fm) での角運動量依存性を持つ強い引力, がパウリ原理を考慮して湯川中間子論の核力から微視的に導きだされることを示した (図 1 実線)。斥力芯がパウリ原理に起因することを初めて示した。

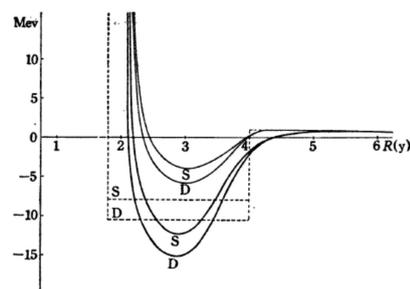


図 1

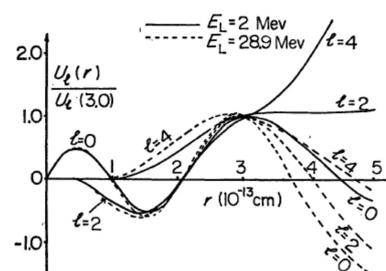


図 2

最も知られる 斥力芯の解明 (構造的斥力芯) と 内部振動の発見 (玉垣・田中, PTP 34 (1965) 191) は 33 歳の時である。 $\alpha + \alpha$ の RGM 方程式を厳密に解き, エネルギーによらず 2fm 付近に現れる波動関数の 内部振動 の最外部節 (図 2) がパウリ原理による斥力芯に対応することを示した。 構造的斥力芯 の発見である。これは核力の斥力芯の起源が複合性によるパウリ原理によるとの理解に発展した。(PTP 大槻・玉垣・和田 1964 ; 大槻・玉垣・安野 1965, 町田・並木 1965)。内部振動と斥力芯の起源が本論文 1968 PTP

Suppl. Extra No. 小林稔還暦記念号でリダンダント解（パウリ禁止状態）との直交性によることが明らかにされた。（パウリ原理の効果の本質が禁止状態との直交であるとの発見は斎藤栄による半微視的クラスター模型,直交条件模型(1968)の定式化へとつながる。）論文は内部振動の盛衰とクラスター構造と殻模型構造の関係を看破し,Perring, Wildermuth らの調和振動子模型での“クラスター模型”と殻模型の「同等性」の実体が内部振動にあることを見抜いた。内部振動の振幅が大きく外部振幅と同程度のときには殻構造,内部振動が抑制され外部振幅が大きい場合に $\alpha+\alpha$ 構造のような (internally strong and externally weak binding) のクラスター構造が形成,という論理の発見である。これはその後の日本のクラスターグループによる「クラスター構造と殻構造の包括的理解」の研究へと発展する。この $\alpha+\alpha$ の研究はその後の核力と微視的模型によるクラスター構造研究の方法論・研究のパラダイムをあたえるものとなった。

1967年35歳で基研に移動,クラスター土曜ゼミを組織し,Brinkのクラスター模型を日本に紹介し京大核理論グループのBrink模型による ^{20}Ne 領域の α クラスター研究を育てた。1969年 $\alpha+\alpha$ での発見を発展させ,3 α ,4 α 系で基底状態には殻構造,励起状態にはクラスター構造が出現する理由が,パウリ原理が基底状態では構造的斥力芯を溶かし平均場の殻構造を成長させ(殻模型ではhealing),励起状態では斥力を強くしクラスター構造を成長させる,という殻構造・クラスター構造形成におけるパウリ原理の2重性にあることを発見した(PTP 42 (1969) 748)。クラスター間相互作用について斎藤栄・岡井末二らとパウリ原理・禁止状態の役割について,また東崎昭弘らと重い系 $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ の分子共鳴と相互作用について,微視的視点から一貫した研究を続けた。さらに基研長期研究計画「 α 粒子的4体相関と分子的構造」を組織し,日本のクラスター研究の組織的展開に大きな寄与をし,1972年[PTP Suppl. No.52]「Alpha-Like Four-Body Correlations and Molecular Aspects in Nuclei」を中心になって纏めた。1977年[PTP Suppl. No.62]「Microscopic Methods for the Interactions between Complex Nuclei」を著した。この間多くの若手研究者を育て,世界を牽引する日本のクラスター研究の黄金時代を切り開いた[1,2]。玉垣らの切り開いたクラスター構造研究はsd殻までの包括的研究(池田清美ら PTP suppl. No.68, 1980)さらにfp殻・重い領域のクラスター研究(大久保茂男ら PTP suppl. No.132, 1998)へと発展していった。

クラスター模型を殻模型,集団運動模型に並ぶ核模型として確立し世界をリードした日本のクラスター研究を牽引した玉垣は勇氣ある開拓者・先駆者として歴史に刻まれるであろう。湯川と同じく歌人でもあった玉垣の論文には論理的美しさがある。屹立たる先見性,クラスター構造(と殻構造)のレーズンデートルを湯川核力とパウリ原理の基本から解明する哲学の根底には京都学派の独創性の美学があるように思われる。

- 1) 宇田川猛,日本物理学会誌(特集:湯川・朝永生誕100年記念) 61 (2006) 933.
- 2) 大久保茂男,素粒子論研究(学問の系譜—アインシュタインから湯川・朝永まで) 112 (2006) F28; 池田清美,素粒子論研究(同) 112 (2006) F14.