

12th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms

北海道大学大学院理学研究院

加藤 幾芳

kato@nucl.sci.hokudai.ac.jp

1. はじめに

2009年6月15～19日の5日間、表記国際会議がこれまでと同じ場所、北イタリアのコモ(Como)湖畔の小さな町バレンナ(Varenna)で開催されました。これは、今回の会議の報告と報告者の感想を述べたものです。前回の会議については、今回の会議事務局メンバーの一人でもある河野俊彦(LANL)さんが、「核データニュース」No.85, (2006) 12-17に、会議の経緯などたいへん詳しく報告されていますので、是非一読されることをお勧めします。

このたびの会議では、これまでの主催者であった Ettore Gadioli 氏のリタイアを記念する特別セッションと日本の池田清美氏の特別セッションが企画されていました。日本の原子核理論を代表する一人である池田清美氏の75歳を記念し、その研究を振り返って今後の発展を議論する企画でした。そのため、今回は日本から多くの方(19名)が参加されました。会議のホームページにある Registration には参加者数を100人程度に制限するようなことが書いてありましたが、実際はもう少し多かったように思います(参加リストでは110名)。前回の会議に関する河野さんの紹介にあるように、会議場の建物は古い貴族の別荘だったものが現在はイタリア物理学会の所有になっている建物で、会場の大きさ、椅子の数から参加者数が限られることを参加して見てはじめて知りました。会場となりの部屋に会議中継用のテレビと椅子が用意されていたので、主催者側も少し多めの参加者を予想していたようです。

初めての参加だった私にとって、「核データニュース」に掲載された河野さんの記事で会議についての予習をすることが出来ただけでなく、ホテルの予約など諸々にたいへん役に立ちました。河野さんのアドバイスに従って、ホテルの予約を取ろうとしたのです

が、満室の回答が戻ってくるだけでした。そこで、大学の旅行業者にホテルの予約をお願いしたのですが Varenna と伝えただけでは理解してもらえず、地図でコモ湖を説明してはじめて分かってもらえました。しかし、紹介されたホテルは、会場の Varenna から船で対岸に行き、さらに船つき場からかなりの距離の所で、すぐに OK を出すようなところではありませんでした。ところが、出発の数日前になって、もう一度、会議主催者からの紹介ホテルにメールをしたら、直ちに OK の返事が戻ってきたのには驚くと共に、安堵するところになりました。結局、泊まったホテルは河野さんのお薦めのところで、ホテルの受付から外に出てケーブルカーを 2 つ乗り継いで、さらにエレベータで 5 階という、眺めのすばらしい部屋に泊まることができました。

会議自身、次に述べるようにたいへんすばらしい内容で、印象に残る会議でした。そのことをご紹介する前に、開催地についても一言。それを前回の河野さんの報告にある一文「あまりに快適な環境なので、リピーターが多く、何年も続けて参加されている」で代えます。



私が滞在したホテルの部屋から見たコモ湖の夜景（夜 10 時くらい）ですが、私の写真より会議の HP にある写真がすばらしいので、それを紹介します。

2. 会議の概要

会議のトピックスは、次に挙げるように原子核のすべての分野をカバーするような広い領域に渡っています：

- 1) ハドロン及び電磁氣的相互作用による核子・原子核の応答
- 2) 核子間相関

- 3) エキゾチック原子核、不安定核ビーム、ガンマ線測定器
- 4) 超重原子核
- 5) 原子核データ
- 6) 低、中間、相対論的エネルギーでの軽及び重イオン反応（観測と模型の進展）
- 7) 宇宙核物理
- 8) ハドロン医学治療
- 9) その他：核エネルギー、加速器駆動システム、核拡散防止、宇宙線被爆防止

会議期間5日間でのトークの数は91件で、会議参加者のほとんど全てが話をするというユニークな会議であると共に、たいへんへビーな会議でもありました。美しい自然に囲まれた環境とうまい料理でリフレッシュしながらでなければ、とても保たない会議でした。毎日のスケジュールは朝9時から夜7過ぎまでで、水曜日には Gadioli 氏の特別セッションでしたが、夜の9時から11時すぎまで講演がありました。

初日の午前中、FARIR の反陽子を用いた実験とその理論の報告 (Lenske) に始まり、最近強化再開された n_TOF の実験計画 (Vlacheudis)、J-PARC の First Beam についての話 (Tanaka) につづいて、LHC (Herrera Corral)、AGS (Pinsky) での実験の報告があり、最近の実験観測の現状と今後の計画を知ることができました。午後の話に、LUNA での $^{15}\text{N}(p,\gamma)^{16}\text{O}$ の実験で反応率の新しいデータが得られたとの報告 (Mazzocchi) がありました。

2日目(火)は大立体角磁気スペクトロメーターPRISMA と大ガンマ線測定器の組み合わせで、多粒子移行反応の高精度・高効率測定の実験報告 (Corradi, Rudolph) からスタートしました。午前中は不安定核と LHC の話題でしたが、そのあとの話、励起 $^{18}\text{Ne}(1^-, 6.15 \text{ MeV})$ からの diproton decay の観測 (Rapisarda) にも興味を持たれました。また、核表面における dineutron 相関の可能性について理論的分析 (En'yo) についても報告されました。午後のセッションではストレンジネスの自由度を考慮した核物質の理論的研究 (Hartnack)、AGATA の実験 (Farnea, Recchia) 等の話の後、 ^{12}C の α クラスタ構造に関連した話題が取り上げられました。この春の日本物理学会で原子核理論の新人賞を受賞した船木さんの ^{16}O における α 凝縮状態に関する話は迫力的でした。夜は恒例のワインパーティでした。

3日目(水)は午前中だけで、午後は何もなく、夜は Gadioli 氏の特別セッションでした。午前中の話題は粒子線治療に関する話題で、アメリカ、ドイツ、フランス、イタリアなど各国での研究の現状が紹介され、核データ、シミュレーションなど11件のトークがありました。報告の中で、国際宇宙ステーションでの実験観測プロジェクト MATROSHKA の解析に PHITS が用いられ、好評を得ているという話 (Sihver) がたいへん印象的でした。また、イタリアの若い研究者がこの分野でたいへんアクティブで、特に女性研究者が多いように感じました。これらの話題が取り上げられたのは、河野さん

の報告にもあるように前回の会議も同様で、これまでの主催者の Gadioli 氏の考えによることを知り、納得しました。

夜の特別セッションと翌日の池田デーについては、次の節で述べることとして、最後の 5 日目の報告を先に紹介したいと思います。

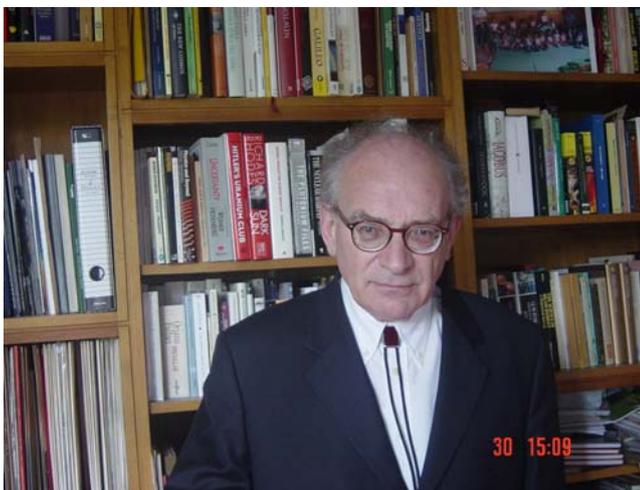
5 日目(金)の午前のセッションは、パイ中間子の光学ポテンシャルの系統性(Peterson)、媒質効果と光学ポテンシャルの表面ピーク(Arellano)など核反応の話が続き、午前中だけで 11 件の報告がありました。私に関心を持った話は、元素合成の核反能率の理論的評価を行うアプローチとしての Multi-channel algebraic scattering formalism の話(Canton)でした。この枠組みの適用として、ハイパー核の分光学的研究についての話を聞くことができました。また、 ${}^8\text{He}(p,t){}^6\text{He}$ についての新しい実験結果の話(Lapoux)に強い関心を持って聞いていましたが、特に新しい点はありませんでした。午後も 8 件の報告で、最後まで、気が抜けない会議でした。最後のセッションで、仁井田さんが QMD に基づくシミュレーションによる多くの核反応を記述することができることを紹介されました。

3. 特別セッション

3.1. Session in honor of Prof. Gadiori

1982 年以来、Varenna 国際会議の開催者の一人として、Gadioli 氏はプロシーディングスの Editor を務めてきました。この会議のタイトルが「核反応機構」ですが、そのカバーする領域はほとんどの原子核研究に渡っていることをはじめに述べました。この会議のそのような性格は、30 年にわたって、イタリアの核物理を牽引されてきた Gadioli 氏の物理と関わっていることを、このセッションからも知ることができました。

Ettore Gadioli 氏のご専門は核反応で、統計過程から直接過程にわたる広いスコープで理論・実験的研究をされて来られたそうです。1970 年ころまでは特に軽い核の準位密度や核反応における統計ゆらぎの研究、その後、1980 年までのおよそ 10 年間は Griffin のエキシトン模型の改良と陽子やパイ中間子入射反応への適用することを行って来たとのことでした。そこでの基本的関心は入射粒子と標的との相互作用で引き起こされる全ての反応を包括的に記述することを追及することであり、それは原子核物理の学際的分野、すなわち医学的診断・医学治療・ドシメトリー・環境保全・個人の安全保障・天体物理



(Astrophysics)・宇宙物理 (Space Physics)・工学研究などの応用に用いられる幅広い計算を可能にすることでもありました。さらに、その後の 10 年は α 粒子入射反応の研究で、核子間の相互作用に加えて、アルファ粒子-核子間相互作用の微視的考察に基づく分析を行って来たそうです。1990 年ころからは、 ^{12}C や ^{16}O など重イオン入射反応の研究に進展し、エキシトン模型に代わりボルツマン・マスター方程式を用いた研究を行って来ました。理論だけではなく、実験研究にも携わり、複雑な反応現象の解明に多くの努力を注がれてきたそうです。

このセッションでは Gadioli 氏のほかに、この会議の Chairman をされている Los Alamos の Chadwick 氏が Gadioli 氏の話に先立って、Gadioli 氏の前平衡過程の研究の紹介と Los Alamos での研究を紹介されました。また、Gadioli 氏の話の後、Greinner 氏が超重原子核、超中性子過剰核の話をして、原子核物理の研究対象の拡大と今後の研究展望を語りました。かなり熱が入り、話は夜の 11 時近くまで続き、私はホテルの門限に間に合わせるため、途中退席せざるを得ませんでした。

3.2. Ikeda Day

会議 4 日目は朝から丸 1 日、Ikeda 氏（呼びなれている池田さんと書かせていただきます）のこれまでの業績を振り返り、関連した研究の現状を今後の課題を考える機会でした。

最初は Brink 氏の話で、たいへん丁寧に、これまでの池田さんの研究を紹介されました。準備にずいぶん時間を費やされたのではないかと思います。午前の前半は、池田さんの GT 及びハイパー核分野の仕事に関連して、Gamow-Teller 遷移 (Fujita)、新しい 2 核子間相互作用 USDA および USDB を用いた sd-shell 模型計算 (Richter)、ストレンジネスを含む原子核 (Mares)、ハイパー核におけるクラスター構造 (Yamada) の話がありました。午前後半は、池田さんの親しい友人で、重イオン物理の実験を推進してこられた Siemssen 氏が Ikeda-diagram についての話をされ、続いて、Horiuchi 氏が Shell 的構造の基底状態からクラスター構造への変化の研究について、その歴史と最近の進展について話をされました。同じセッションで、Kawabata 氏が実験研究の立場から、モノポール遷移の強い状態として ^{11}B , ^{12}C , ^{13}C の原子核におけるクラスター構造状態が観測できることを示し、最近の ^{24}Mg



核についてのアルファ非弾性散乱実験の報告を行いました。また、Masui氏が理論の立場から、酸素の同位体について、連続状態を取り入れた Cluster Orbital Shell Model での計算結果を紹介しました。

午後の前半は Tanihata 氏の話から始まりました。谷畑さんは不安定核の実験が始まったころの池田さんとの出会いを紹介され、池田さんとの議論の中でその後の多くの研究が進んできたことを話されました。Karataglis氏は荷電交換(p,n), (n,p)反応での不安定核の研究、特に、 ${}^6\text{He}$ 核を含む A=6 核の研究についての報告を行い、Nakatsukasa氏が本林さんに代わって（他の用で早く帰ったため）RIKENの実験研究の最近の状況を報告し、理論グループの立ち上げとその研究状況を話されました。 ${}^6\text{He}$ の理論的分析について、Kikuchi氏がクーロン分解反応の解析結果を紹介しました。そして、最後に、Toki氏が有限な原子核におけるカイラル対象性を考慮した平均場理論の最近の進展と池田さんとの共同研究について話をされました。

午後の後半は、テンソル力の話題が中心でした。核力による短距離相関をユニタリー変換で取り込む Unitary Correlation Operator Method (UCOM) の紹介 (Neff)、また、電子散乱の解析をある種のスケールリングを施した平均場理論の紹介 (Antonov) がありました。テンソル相関を取り込むように Shell Model の模型空間を拡張した新たなアプローチの紹介と軽い核へ適用した話 (Myo) でセッションが閉じられました。

そして、この日の最後のトークが池田さんでした。池田さんは京都大学を卒業して、大学院の途中で日大の助手に就職し、その後、東大（助手）を経て新潟大学の助教授、教授を勤められました。新潟大学を退職されてからは、理化学研究所に籍を置き、現在も活発に研究を続けておられます。池田さんの研究は、(1) Gamow-Teller 巨大共鳴とアイソバリックアナログ状態、(2) 原子核におけるクラスター構造、(3) ハイパー核、(4) 不安定核、(5) 原子核におけるパイ中間子の役割（テンソル力）が挙げられますが、その広さとそれぞれの課題でのきわめて大きな寄与に圧倒されます。

日大時代の藤田-藤井氏との仕事と関連して“Ikeda sum-rule”が有名であり、クラスターの研究ではその後の研究の指導原理となった“Ikeda diagram”はよく知られた業績です。また、ハイパー核物理では、クラスター模型の導入を図り、不安定核物理では中性子ハロー核での“ソフト・ダイポール・モード”を予言しました。原子核のテンソル力の問題では、パイ中間子の擬スカラー性に基づいて、1 粒子軌道のパリティ・ミキシングを指摘し、その模型化に現在も取り組んでおられます。

講演では、これらの研究を進めてこられた経緯とその考え方などに、熱く語られました。これまでも、何度か伺った話もありましたが、あらためて核心に触れた話を伺って、痛快な気分になりました。

4. おわりに

Varenna の景色のすばらしさについては、前回の河野さんの報告にもありますので、重複しないようにと思っても、やはりその感動を書かざるを得ませんでした。

この会議について感じたことで、十分述べるが出来なかったことが3つあります。1つは、イタリアの原子核物理の幅の広さと層の厚さです。この会議だけでは、カバーしきれていないかと思いますが、少なくともこの会議で若い研究者がたいへんアクティブに研究をされていることを強く感じました。2つ目は、Gadioli 氏の強い影響もあるかと思いますが、核データの分野と核物理が一緒になって議論する場が出来ていることです。日本でも千葉（敏）さんが原子力の分野と原子核物理の協力の重要性を訴えておりますが、その協力の姿を見た思いを抱きました。3つ目は、ワインパーティについてです。この企画については河野さんの報告に、すでにたいへん詳しく紹介されていますので、省きます。しかし、それを読んで行ったにもかかわらず、ワインを持参することを忘れてしまいました。次回、参加される方は、ワインあるいは日本酒でも良いそうですので、お忘れないように。また、機内持ち込みが出来ないので、その点も忘れずに。ワインパーティで、Gadioli 氏と話す機会があり、上で述べた感想や、イタリアの原子力に対する Gadioli 氏の考え方などいろいろ伺うことができ、本当に楽しいひとときでした。