

研究室だより

東京大学工学部原子力工学科
「放射線計測学研究室」

(東京大学工学部) 井口 哲夫

当研究室は、東大・工・原子力工学科の中でも、従来より核データに関連の深い研究を好んで進めて参りました。ただし、研究テーマの変遷を追ってみますと、数年前までは、核データの精度評価を目的とした積分実験やベンチマークテスト、或いはドシメトリー手法の開発（特に共分散効果の検討）といったようなオーソドックスかつ正攻法的な内容が主であったように思います。さて、今はどうかというと、核データの工学応用指向という点では同じですが、「量子（ビーム）工学」という言葉をキーワードに、できるだけ斬新さ、即ち次世代技術の活用を感じさせる研究方向を模索している段階と言えます。

まず、平成3年度版東大・工・原子力工学科の学科案内から、当研究室の紹介記事を引用してみますと；

本研究グループでは、あらゆる種類の量子ビームや放射線がもたらす情報を計測評価するソフトウェア／ハードウェアの開発設計及びその応用に関連する広範な研究教育を行なっている。現代科学に係わる量子ビーム発生源は極めて多岐に渡り、各種の大型／小型加速器、原子炉、核融合実験装置、放射性同位元素、環境／宇宙放射線などからの量子ビームを計測する工学は、量子ビーム利用・制御のための情報処理工学として重要な位置を占めている。主な研究テーマ例を挙げると、

(1) 量子ビーム測定システムと新手法の開発・設計研究

- ・量子画像計測手法（二次元／三次元量子ビームCT等）
- ・次世代型デジタル信号処理（インテリジェント計測）
- ・量子ビーム加速器／核燃焼プラズマ診断計装設計
- ・計測データの統計的解析及び情報抽出手法

(2) 量子ビーム応用計測の開発研究

- ・量子ビーム励起レーザーシステム
- ・光ファイバーセンサーを用いた光学式量子ビーム計測
- ・量子ビームを用いた高度物性分析手法

(3) 量子ビームの挙動評価及び安全評価

- ・量子ビーム利用施設及び構成機器における照射線量評価

- ・媒質中の量子ビーム輸送に関する実験と解析
- ・量子ビーム取り扱いのための安全評価手法

となっています。研究室のスタッフは、平成4年度現在、中沢正治教授と筆者、高橋助手、細野技術官の教職員4名の他、大学院生10名（博士課程：5名、修士課程：5名、このうち4名が留学生）及び学振研究員1名から構成されています。なお、当研究室のキャッチフレーズは『量子をみる、きく、感じる！』で、この研究分野を『情報量子工学』と呼ぶことにしております。

次に、最近手掛けております具体的な研究内容で、何となく核データに関連のあるトピックスを紹介してみましょう。

(1) 核励起レーザーの放射線計測への応用

核反応によってエネルギーを供給し、レーザー発振を起こさせる核励起レーザーの原理を放射線計測に応用する研究を進めています。これまで、市販の $^3\text{He-Ne}$ ガスレーザー管を東大弥生炉で照射し、 $^3\text{He}(n, p)\text{T}$ 反応を介したエネルギー供給によるレーザー光増幅実験に成功した他、放電管のレーザー発振開始電圧の入射放射線線量依存性（放射線トリガー型レーザー発振モードと命名）を利用した中性子検出系のアイデアを出しております。さらに、これらの研究は、原子炉計装制御システムの光化という観点から、シンチレーション光ファイバーセンサーや光通信用希土類ドープファイバーの放射線効果を利用した放射線分布センシング技術の開発研究への展開を図っております。また、本研究の一環として、 γ 線レーザーの発振機構についても予備的な研究に着手しており、放射光の核共鳴ブラッグ散乱や NEET (Nuclear Excitation by Electron Transition) による原子核励起法の適用可能性を調査検討しているところです。

(2) ^3He 核スピン偏極のレーザー制御による原子炉制御棒システムの概念検討

^3He 核スピン偏極をレーザーで制御し、中性子吸収断面積を変化させて、原子炉制御棒システムを構成するというアイデアは、1988年の核データ国際会議(水戸)において、Bowman(LANL) が提唱したのですが、当研究室で彼の方式（ $^3\text{He-Ne}$ レーザーでまずRb原子を偏極させ、Rb から ^3He へのスピン移行散乱を利用）を定量的に検討してみたところ、 $\text{Rb} \rightarrow ^3\text{He}$ へのスピン移行の時定数が余りに遅く、実用上無理であることが判明しました。そこで、 ^3He の核スピンを直接偏極させる方式を調査した結果、仏グループが Ar^+ レーザー励起の Nd^{3+} レーザー光を用いて、 ^3He 核スピン整列の可能性を示していることが分りましたので、現在、この方式の適用可能性について、理論解析と基礎実験を進めており、簡単なシミュレーション計算では有望そうな結果を得ております。

(3) 核融合反応生成物プラズマ診断法の研究

磁場及び慣性閉じ込め核融合反応より生成する中性子、 γ 線、荷電粒子挙動に関連する物理の解明とそれらを診断・制御に応用するための手法の開発研究を進めています。これまでに、核燃焼プラズマから発生する中性子総量の絶対測定法の高精度化、高エネルギー分解能中性子スペクトロメトリーを用いたイオン温度診断システムの開発、核融合実験炉を対象とした中性子計測システムの概念設計、常温核融合反応検証のための高機能型高感度中性子発生量モニターの設計・試作等を行い、現在、実機での適用性試験、設計のより詳細化、計測要素の試作研究に移りつつあります。

(4) 軽イオンビーム核反応を用いた元素分析法の開発

近年急速に実用化が進展しつつあるイオンビーム元素分析技術の一つとして、軽イオン核反応二次粒子分光、即ち軽イオンビームをターゲット物質に打ち込み、核反応で生成される二次的な中性子、 γ 線等の高エネルギー分解能スペクトロメトリーにより、ターゲット内微量軽元素の定量やプロファイル推定を行う技術の確立と高度化を目指して、バンデグラフ加速器を用いた基礎実験、ターゲットチェンバー・検出器系等のハードウェア設計、データ解析のためのソフトウェア開発を進めております。

この他、これまでの研究経緯を踏襲した高速デジタル波形解析を基本とする新しい放射線計測システムの開発（従来のアナログ方式よりも高度の信号解析が可能となり、検出システムの高分解能化や高計数率化等によって、核物理実験法にも大きな発展が見込まれます）、核融合炉ブランケット内放射線挙動の実験解析（阪大オクタビアングループとのLi球を用いたトリチウム増殖能に関する中性子増倍材（Pb、Be）及び反射材（C）効果の共同実験やハブリッド核融合炉ブランケットの最適設計）、核融合炉材料照射試験のための中性子ドシメトリー研究（FFTF/MOTA 材料照射実験を対象に、日米間のドシメトリー断面積ライブラリーや解析コードの相互比較、ドシメトリー精度の相互チェック、ドシメトリー手法の開発等）、弥生炉を用いた遮蔽実験解析（EPT ゴム、TiH₂等の使用済み燃料用キャスク新材料の中性子遮蔽・吸収特性試験）も行っております。

以上のように、当グループの研究遂行に当っては、核データセンターやシグマ委員会の各ワーキンググループから提供される有形・無形の情報を大いに活用させていただいており、この紙面をお借りして改めて感謝する次第であります。また、研究室スタッフ一同の好奇心旺盛かつ研究テーマに好き嫌いが無いという性格を反映して、今後どういう方向へ展開していくか当人達もよくわかりませんが、今まで以上に情報交換や研究協力にてご支援を賜わることができれば幸甚に思います。