

大阪大学核物理研究センターにおける理論研究グループ



研究室紹介

土 岐 博*

Theory group in Research Center for Nuclear Physics

Key Words : Cyclotron Laser Electron Photon Pion Quark Nuclear Physics Supernova

1. 核物理研究センターは全国共同利用施設

大阪大学核物理研究センター(RCNP)は大型の原子核物理の実験施設を保有しており、その全ての装置は全国・海外の原子核研究者に開放されています。全国共同利用であるということで、日常的にその全ての活動をコミュニティーに報告する必要があります。報告する機会として、年2回の物理学大会の折、日本学術会議での研究連絡会議の折にその活動の内容を報告します。さらには運営の最高決定機関は運営委員会であり、コミュニティーにより選出される外部委員が半数と内部委員が半数により構成されています。センター長は全国の原子核コミュニティーの研究者から運営委員会で議論され決定されます。その他、全ての人事や予算などの重要案件が審議されます。

このように書くと非常に民主的に運営されているのは良いが、新しい事柄についての決定に時間がかかり、動きが鈍いのではないかと思うかもしれませんが、物理学の世界的な競争の中で、センターとして世界最先端の設備を装備しなければユーザーを失うことになり、その存続に問題が生じます。その厳しさがコミュニティーの協力関係を生み出しており、センター長の積極的な新事業に対する取り組みに対してコミュニティーは非常に協力的に働きます。

2. 原子核物理の伝統

大阪大学は1931年に長岡半太郎を初代総長として設立されました。その長岡が1903年に原子核の土星モデルを提案し、原子の中に原子核が存在することを理論的に予言しています。阪大創立の際に助教授として招聘された湯川秀樹は原子核を形作っている相互作用はその当時知られていた素粒子である陽子と電子の間の質量を持っている新しい粒子である中間子の交換により生じるという中間子理論を提案しました。その中間子が宇宙線の中に見つかり、この理論が評価されて湯川は1949年にノーベル賞を授与されました。このように原子核物理の曙が大阪大学を発祥の地に行っていることに加えて、1937年には日本で初めての原子核を変換することが可能な加速器であるサイクロトロンが菊池正士の手により完成しています。実験の面でも日本を引っ張る形で原子核物理が大阪大学を中心として展開されています。このように原子核物理の伝統があることから、全国からの要請で大阪大学に原子核物理の研究センターが設置されており、常に全国の原子核研究者がセンターに集まって原子核物理の最前線の研究がなされています。

3. 核物理研究センターの大型装置

核物理研究センターは原子核研究の全国共同利用施設として1971年に創立されました。大学内に2台のサイクロトロンを中心とする研究施設を擁しています。2段で順次加速されることにより陽子やヘリウム原子核が400MeVくらいに加速されます。これらの粒子が原子核(ターゲット)に衝突されて、原子核の性質を実験的に調べています。RCNPのサイクロトロン施設の特徴は超高分解能のデータを得ることが出来ることです。この特徴を生かした画期的な



* Hiroshi TOKI
1946年12月生
1974年大阪大学大学院理学研究科博士課程修了
現在、大阪大学核物理研究センター・核物理理論研究部門、センター長、理学博士、原子核物理理論
TEL 06-6879-8900
FAX 06-6879-8899
E-Mail toki@rcnp.osaka-u.ac.jp

実験データが出ています。最近のパイ中間子の役割を浮き彫りにしたデータは非常に話題を呼んでいます。

さらにはSPring8に2～3GeVの光を発生する電子光ビーム装置を保有しています。このエネルギーの光は核子などの素粒子のクォーク構造を調べるのに適しています。最近では5つのクォークからなる粒子の兆候を得ました。世界的にこのデータに注目が集まっています。さらには、新しい粒子が幾つも見つかるものとの期待のもとで実験研究が進められています。

これらの装置以外にも大塔コスモ低バックグラウンド実験所で2重弱ベータ崩壊や暗黒物質探索の実験が行われています。さらにはサイバーメディアセンターとの協力で大型のスーパーコンピュータを全国共同利用しており、原子核物理の大型計算がなされています。

4. 核物理理論研究グループ

核物理研究センターは全体で17人の教員を抱えている研究センターです。全国共同利用のための大型装置を抱えており、その運転・保守・発展のために教員のほとんどを実験研究者とする必要があります。しかし、超ミクロの世界の理解のためには実験研究

に加えて理論研究においてもリーダーシップを取るべく理論研究者を必要としています。10年前に始めて理論の教授を採用し、現在は教授と助教授の2名を核とする核物理理論研究部門が存在しています。

理論研究室には上記の教授・助教授に加えて博士号を有するポストドクターが5名ほど研究に従事しています。さらには理学研究科に属する大学院学生が10名くらいと外国人学生が5名(中国1名, 韓国3名, オランダ1名)くらいを育てながら理論研究している研究グループです。

研究対象は強い相互作用が関与する全ての物理現象です。現在の理論体系では強い相互作用はクォークとグルオンが構成粒子である量子色力学が支配しています。この力学は取り扱いが非常に困難であり、通常は膨大な数値計算を行うことでその解を得ています。そのクォークとグルオンの織り成す物理現象として、核子(陽子や中性子)やパイ中間子が生じます。さらには最近の大発見である5つのクォークからなる粒子の構造もこの研究対象です。これを総称してクォーク核物理と呼びます。最近の研究は核物理研究センターでその兆候が発見されたペンタクォークに集中しています。クォークの閉じ込めがこの新しい粒子に重要な働きをしていることが分かってきました。さらには、クォークがもっと沢山含まれている原子核、即ちクォーク核の研究にまでも発展しています。当然、その極限の存在形態としてクォーク星が予言されます。これらの理論研究の成果はすぐに研究センター内の実験プロジェクトに反映されます。

次のレベルで重要なのは核子が複数個集まってできる原子核の構造の研究です。クォーク核物理で解明された核子や中間子の相互作用で原子核が構成されています。原子核の構造に関する実験データは数多く存在しており、すでに多くのことが解明されています。現代的な問題としてはクォーク核物理と原子核物理の統一的な理解と考えています。それは原子核を形作るのに重要な役割を果たしているはずのパイ中間子(湯川粒子)が陽に取り扱われていないことに起因しています。しかし、最近の超高分解能の実験結果はパイ中間子の重要性を浮き彫りにしており、そのデータを説明し、さらにはパイ中間子を陽に含む原子核理論の構築が現在の最大の研究テーマになっています。

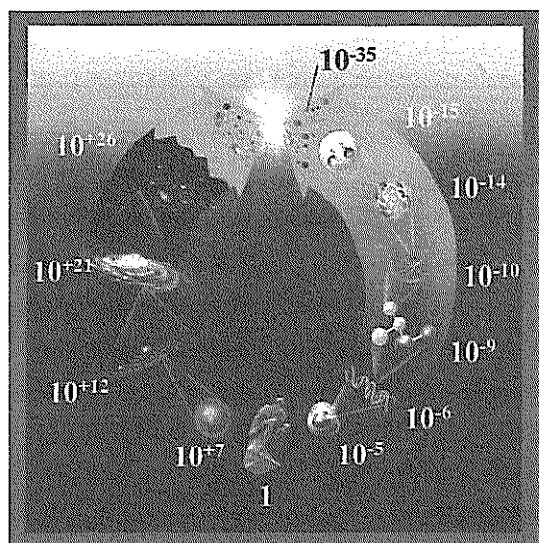


図1 人の大きさを1に取った時の原子核の大きさ(10^{-15})や宇宙の大きさ(10^{26})が比較されている。超ミクロの物理は超マクロの物理に大きく関連している。

さらには、強い相互作用のからむ物理で重要な研究領域は星の物理です。星は重力がもっとも重要な働きをしています。重力のみだと星は崩壊してしまいます。崩壊を止めるには原子核反応でエネルギーが放出されることが必要で、その外向きのエネルギーが重力による内向きの運動と均衡して星が安定に存在することが可能になります。生物が生命活動しているのと同じように星も生命活動をしています。太陽より10倍くらい以上の大きな星の最後は超新星爆発という壮絶な爆発で終焉します。この物理の理解には原子核の詳細な情報を必要とします。この研究分野を天体核物理と呼んでおり、理論グループの一つの興味深い研究テーマになっています。

5. まとめ

現在の原子核物理は強い相互作用が支配する全ての現象を対象としています。クォークが複数個集まって核子や中間子などを形成します。核子が複数個集まって原子核が作られます。それらが多数集まると

星が形成されます。これらの全ての現象が我々の研究対象です。大学院の学生が入ってきた時にはこれだけの広い研究対象の中で何を研究しても良いことを伝えます。まさしく超ミクロの世界であるクォーク核や原子核を理解し、超マクロの現象である超新星爆発やビッグバンを記述する研究活動をやっています。

最後に、我々は宇宙から降り注ぐ放射線の中で生命活動を営んでいます。生命体はこの放射線とうまく共存し、又ひょっとして活用しているかもしれません。そんな研究も可能なように自然環境の分布を持つ中性子ビームラインを作りました。ナノサイエンス・ナノテクノロジーにも放射線の効果が影響を与えることも気にする時が来るかもしれません。現在では、IC業界はそれが問題になる段階にまでなっています。

分野の違う多くの人たちがこの文章を読まれているものと想像します。是非、我々の研究センターに足を運んでくださることを期待しています。

この記事をお読みになり、著者の研究室の訪問見学をご希望の方は、当協会事務局へご連絡ください。事務局で著者と日程を調整して、おしらせいたします。

申し込み期限：本誌発行から2か月後の月末日

申し込み先：生産技術振興協会 tel 06-6395-4895 E-mail seisan@maple.ocn.ne.jp

必要事項：お名前、ご所属、希望日時(選択の幅をもたせてください)、複数人の場合はそれぞれのお名前、ご所属、代表者の連絡先

著者の都合でご希望に沿えない場合もありますので、予めご了承ください。