

国際会議「ビーム冷却と関連科学」

片山武司(原子核科学研究センター)

「ビームを冷やす?ビームを液体ヘリウムに浸すのか?ビームが超伝導状態にでもなるのか?」会議のテーマをみて、多くの方がそのようなことを想像されるかもしれない。この、まったくポピュラーではない「ビーム冷却」を主題とした国際会議を開催した。米国、ドイツ、スイス、ロシアなどから約70名の外国人研究者が(当初参加予定の中国からの研究者は中国科学院の判断でSARSが克服されるまで海外の国際会議出席は禁止となり、キャンセルしてきた)また約50名の日本人研究者が参加し、5月19日から23日まで山中湖畔のホテルマウント富士を会場として議論が繰り広げられた。素粒子・原子核物理学、原子・分子物理学分野でユニークな研究手法となっている「ビーム冷却」に携わっている研究者が一堂に会した。この会議の様子は5月19日のNHKの夜のニュースでも放映され、またNHK解説委員が5月20日朝の「おはよう日本」のコラムでとりあげ、3分間にわたり会議の意義や「ビーム冷却」について解説した。朝の人気ドラマ「こころ」の直前だったので、全

国の多くの方がこの解説をきいたと思われる。「ビーム冷却」という、聞きなれない学問分野が現代科学で重要な役割を果たしているらしいという印象を多くの方にもっていただいたかと思う。しかし、この生番組で、解説委員の相方となった男女2名のアナウンサーの後日談によれば、まったく中身が理解できなかったそうで、「こんなにわからないと、さっぱりして気持ちがいい」といったそうである。解説委員は図を用いて丁寧かつ正確に説明したのだが、「ビーム冷却」を短時間で印象的に理解してもらうのは難しい。したがってここでも、まず「ビーム冷却」について分かり易く簡単な解説をしなければならぬ。

近年の素粒子・原子核の実験的研究では、自然界には通常存在しないか、あるいは稀少にしか存在しない反粒子を用いた研究から大きい発見がなされてきた。たとえば陽電子と電子の衝突実験により第4番目のクォーク(チャームクォーク)の存在が確証されたJ/ψ粒子の発見(1976年ノーベル賞)、反陽子と陽子衝突で自然界の弱い相互作用を媒介するウイ-

ークボソンを発見した実験(1984年ノーベル賞)などが典型的な例である。また最近の原子核物理分野では安定な原子核に比較して、中性子や陽子が極端に過剰になっている不安定な原子核の研究により原子核構造の研究が急速に進展している。こうした実験では、反粒子や不安定原子核を大量に生成、収集し高品質化し、粒子との衝突回数を高めることにより、測定装置にかかる対象事象の頻度が多くなり新発見につながるようになる。たとえば反陽子は陽子ビームを30GeVほどに加速してベリリウムなどの標的に衝突させて生成する。このように2次粒子として生成された反陽子ビームは生成反応過程により、角度もエネルギーも大きくばらついており、また生成される数も少ない。別の言葉で表現すると生成された反陽子は位相空間上の密度が極端に小さく、したがってそのまま粒子と衝突させても衝突回数は小さく、実験にならない。いかにして2次ビームの位相空間密度を高めるか、これが実験の成否を握る。

1966年ノボシビルスク研究所のブドケル博士は、生成された反

陽子を品質のよい電子ビームと等速度で並走させれば反陽子の過剰なエネルギーが電子ビームに吸収され、反陽子が高品質化するととの提案を行った。反陽子ビームと電子ビームが熱平衡に達し、反陽子の温度が電子に移行して、反陽子の温度が下がる。これを電子冷却と呼ぶ。他方 1968 年欧州原子核研究機構 (CERN) のファン・デル・メル博士は円形蓄積リングにまず生成された反陽子を貯め、周回する反陽子ビームの乱雑さの信号を検出し、それに電氣的補正を加えることにより反陽子ビームの位相空間密度を増すことができるとの考えをあきらかにした。これをストカスティック冷却と呼ぶ。どちらの考えも、1970 年代半ばに実験的に証明され、それ以降「ビーム冷却」は加速器を用いた研究には不可欠なコンセプトとなっている。温度を下げることはなにも反粒子にかぎったことではなく、イオンビームを冷却しトラップすることにより超精密実験が可能となっている。最近の研究成果では本物理学専攻の早野教授らが CERN で行った、反陽子と陽電子から構成される反水素原子の大量生成がある。これは 200MeV のエネルギーを持つ反陽子を減速、冷却し、1meV まで高品質化して、陽電子とともにトラップすることにより成功した例である。

今回の国際会議では加速器分

野でビーム冷却を研究している人達と、それを用いて物理研究を行っている人達が合同で会議を開くことにした。すでに過去 35 年ほど「ビーム冷却」研究には歴史があり冷却物理、技術も大きく発展した。またそれにより達成された研究成果も素粒子・原子核物理のみならず、冷却により実現した極低温状態の原子や分子と電子との相互作用の研究など、多方面にわたる成果がある。今回の会議ではそれらの研究の到達点をレビューするとともに、今後の研究の方向を探るため多くの研究者が参加したわけである。新しいアイデアがいくつも提案された。ミュオン粒子を冷却して蓄積リングに大量にため、そのミュオン粒子が崩壊する時に生成されるニュートリノを次世代ニュートリノファクトリーとするアイデア、不安定原子核を十分

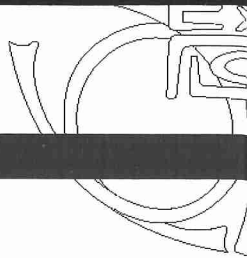
冷却して電子と衝突させ不安定原子核の構造を精密に決定しようとする提案、反水素原子の超精密スペクトロスコーピーから CPT の破れの検証実験、極低温になったビームが蓄積リングのなかで 3 次元的に結晶化し、その形状を保ったままリング内を周回する可能性、などなど、ビーム冷却を機軸とするユニークな研究方向が熱っぽく議論された。

なおこの会議は文部科学省平成 15 年度国際シンポジウム開催経費、理化学研究所「理研コンフェレンス」として採択されサポートされた。国際会議で用いられた講演者の電子ファイルやプログラムは下記 web site にあるので興味のある方はご覧いただきたい。

<http://www.riken.go.jp/lab-www/beamphys/cool03/index.html>



「ビーム冷却の現状、到達点そして今後」について講演する米国のローレンスバークレイ国立研究所のアンドリュー・セスラー教授



「はやぶさ」、小惑星 1998SF36 へ！

佐々木 晶 (地球惑星科学専攻)

5月9日、宇宙科学研究所の小惑星探査機 MUSES-C が内之浦町の鹿児島宇宙空間観測所より打ち上げられ、「はやぶさ」と命名された。太陽系の小天体の探査は、日本の探査機ではハレー彗星探査以来である。ハレー彗星探査では日本は「さきがけ」「すいせい」の2機の探査機を打ち上げたが、彗星との接近距離は「すいせい」で15万kmもあり、彗星の詳細な観察はヨーロッパのGIOTTOに譲った。「はやぶさ」は、2005年6月15日に小惑星1998SF36に接近してその周囲に5ヶ月間滞在する。2回小惑星表面に接地してサンプルを採取し、最終的に2007年6月10日に地球へ送り届ける計画である。これまで月以外の天体からサンプルが持ち帰られたことはない。「はやぶさ」計画により、小惑星のサンプルが回収・分析が行われれば科学的価値は非常に高いだけでなく、日本が宇宙分野で残す価値の高い足跡の1つになることは疑いない。

サンプル採取のほかに、「はや

ぶさ」は分光カメラ、近赤外分光計、X線分光計で小惑星を観察する。さらに「ミネルバ」という小型観測機(ローバ)を小惑星表面に放出して、カメラにより表面状態を細かく観察する。私はこの探査機で、ローバと分光カメラのグループに加わり開発・機器試験などに参加してきた。特に、宇宙風化作用という、小惑星表面の反射スペクトルが時間とともに変化する過程に興味を持っている。カメラによる表面の詳細な観察で、新しいクレーターなど若い表面の「色」の違いを調べることから、1998SF36のような小さな天体(大きさは長径600m短径300mの楕円体と考えられている)で宇宙風化作用が進行しているかどうか分かる。

宇宙科学研究所は、今年10月1日に宇宙開発事業団、航空宇宙技術研究所と統合して新たに、JAXA「宇宙航空研究開発機構」という組織になる。その中で科学衛星が生き残っていくためには、厳しい競争を通り抜ける必

要がある。もともと東京大学附属の組織であった経緯もあり、宇宙科学研究所の科学衛星には、以前から東京大学の研究者が多く参加してきた。日本の「宇宙の科学」を発展させていくためには、我々は、これまで以上に積極的に、科学衛星探査に関与・協力をしていくべきであろう。

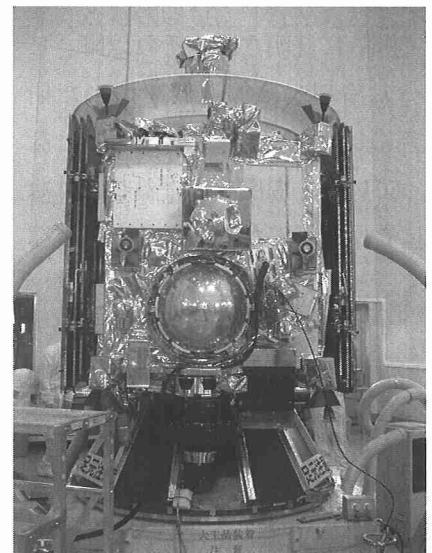


図 打ち上げを待つ小惑星探査機「はやぶさ」。中央の丸いものは、サンプルリターン用の大気突入カプセルである。宇宙科学研究所・鹿児島宇宙空間観測所のクリーンルームにて佐々木撮影。



あとがき

新しく広報誌の担当となり、いつになくじっくりと原稿を読ませていただきました。今号は、宇宙と生物のお話を中心になっています。私は化学を専門としているので、普段接しているものと全く異なる話題で、非常に楽しく読むことができました。私は分子のサイズ、～数 nm (10^{-9} m) に思いを馳せることが多いのですが、土居先生の宇宙のお話、近くといっても 70 億光年！その差 10^{34} 倍です。改めて、理学の幅の広さを感じます。加藤先生のインタビューで、聞き手の軍司さんが最後に、「偶然飛び込んだ分野がまさに加藤先生の天職だった。」とまとめておられますが、広報誌を読みながら、「自分が今と異なる分野にいたら」なんて考えてみるのもリフレッシュにはいいかもしれません。しかし、カワゴケソウといい、珍渦虫といい、変わった生き物がいるものですね。

さて広報誌は、博士課程の学生によるインタビューからなる「研究室探訪」など、広い読者に受け入れられる紙面作りを目指しています。「こんな話題を取り上げてほしい」など、ご意見、ご要望をどんどんお寄せください。あわせて、11 月には第 4 回目の公開講演会が予定されています。こちらも毎回、最先端の研究成果を幅広い聴衆の方々に聞いていただきたいと企画しております。是非足をお運びください。

編集担当 田中健太郎 (化学専攻)

第 35 巻 2 号 2003 年 7 月 22 日発行

編集:

田中健太郎 (化学専攻) kentaro@chem.s.u-tokyo.ac.jp
牧島一夫 (物理学専攻) maxima@phys.s.u-tokyo.ac.jp
佐々木晶 (地球惑星科学専攻) sho@eps.s.u-tokyo.ac.jp
武田洋幸 (生物科学専攻) htakeda@biol.s.u-tokyo.ac.jp
柴橋博資 (天文学専攻) shibahashi@astron.s.u-tokyo.ac.jp
鈴木和美 (庶務掛) ksuzuki@adm.s.u-tokyo.ac.jp
岸真千子 (庶務掛) kishi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

HP 担当:

名取 伸 (ネットワーク) natori@adm.s.u-tokyo.ac.jp
HP & 表紙デザイン
田中一敏 (ネットワーク) kazutoshi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

印刷 三鈴印刷株式会社