

V. 原子核実験グループ

教授 古野興平、三明康郎、八木浩輔¹⁾
助教授 青木保夫、青木孝義、石原豊之、田岸義宏、李 相茂
講師 新井一郎、栗田和好、小松原哲郎、竹内雄三
助手 佐甲博之、静間俊行、西村俊二
准研 呂 駿²⁾
技官 加藤純雄
大学院生 46 名

【1】重イオン核分光学および加速ビームの境界領域への応用

(1) ^{124}Ba 第一励起状態の寿命測定(内山浩志³⁾、静間俊行、小松原哲郎、古野興平)

バリウム(Ba)やキセノン(Xe)のアイソトープのうち、陽子数 Z も中性子数 N も偶数の原子核(偶偶核)における 2^+ 第一励起状態の励起エネルギーの実験値は、原子核構造における相互作用ボソン模型(IBM)理論による計算値と比較的良く合うことが分かっている。最近寿命測定技術が進歩し、励起エネルギーに加えて 2^+ 第一励起状態からの γ 線放射に対する換算遷移確率 $B(E2)$ の実験値も蓄積されている。 ^{124}Ba の実験値として、過去に二つのデータが報告されているが、そのうち一方は近隣の原子核の $B(E2)$ が示す系統性から大きく外れていた。もう一方は系統性には一致するものの実験の詳細が報告されておらず、二つの実験値の食い違いを正す必要があった。そこで本研究では、反跳距離法(Recoil Distance Method)と微分崩壊曲線法(Differential Decay Curve Method)を用いて ^{124}Ba の 2^+ 第一励起状態の寿命を精密に測定した。その結果、 ^{124}Ba の $B(E2)$ は近隣の原子核と系統的に良く一致し、Ba アイソトープの $B(E2)$ は中性子数 N の減少とともに比較的滑らかに増加することが明らかになった。この傾向は IBFM-2 理論で説明できるが、より精密には実験データは僅かながらボソン数の奇偶性によって $B(E2)$ が変化しており、核子空間からボソン空間へのマッピングに際してパウリ効果の評価を再検討する必要があると思われる。

(2) ^{134}Ce のイラストバンドに於ける g -factor の測定(橋本奈美⁴⁾、斎藤武彦⁵⁾、呂 駿、静間俊行、小松原哲郎、古野興平)

$A \sim 130$ 領域の偶偶核では、陽子と中性子が共に $h_{11/2}$ の起動にフェルミ面を持つため、イラストの回転整列バンド(s-band)の配位として陽子2準粒子配位 $(\pi h_{11/2})^2$ と中性子2準粒子配位 $(\nu h_{11/2})^{-2}$ の二通りがあり、これらの内部配位を持つバンドが同じ程度の励起エネルギーで現れる。高スピンバンドの内部配位は準粒子ルシアン計算から推定することも出来るが、 $A \sim 130$ 領域では $(\pi h_{11/2})^2$ 及び $(\nu h_{11/2})^{-2}$ バンドと基底回転バンドとの交差エネルギーが接近して準粒子ルシアンからの推定が困難である。一方 g -factor は $(\pi h_{11/2})^2$ 配位と $(\nu h_{11/2})^{-2}$ 配位とで符号が異なるから、これを測定すれば s-band の配位の識別が出来る。

^{134}Ce において、これまでに上のような二つの s-band が報告されている。一つは励起エネルギー 3209 keV $I^\pi = 10^+$ 状態から始まるバンドであり、もう一つは 3719 keV $I^\pi = 10^+$ 状態から始まるバンドであるが、それ

1 研究担当副学長を勤めると共に、高エネルギー原子核実験の研究に参加した。

2 1996年7月 退職

3 大学院物理学研究科、修士課程2年

4,5 大学院物理学研究科、博士課程3年

ぞれのバンド交差エネルギーからは配位の区別はできない。3209 keV 10^+ 状態はその半減期が 308 ns で、この場合には時間積分型の摂動角相関によって g -factor を求めることが可能であり、実際 $g = -0.187$ という実験値が報告されている。この結果はこのバンドの配位が $(\nu h_{11/2})^{-2}$ すなわち中性子2準粒子であることを強く示唆する。ところがもう一つの 3719 keV 10^+ 状態の g -factor の測定値は $g = -0.3$ である。この実験値が正しいとするとこのバンドも中性子2準粒子配位になるが、ほぼ同じ励起エネルギーの所にこの様な配位があるとは殻模型軌道からは考えにくい。さらにこのバンドの交差エネルギーは近隣の同様な性質を持つバンドと比較すると $(\pi h_{11/2})^2$ とする方が系統性に良く一致する。この矛盾を解決するために、3719 keV 10^+ 状態の g -factor の再測定を行った。

問題の 10^+ はその寿命が 5.8 ps であるから、摂動角相関法を適用するには少なくとも 1000 T の高磁場を必要とする。この様な磁場として高速重イオンが磁化された強磁性体の中を通過する際、過渡的に受ける微視的磁場を利用できることが分かっている。従って実験は原子力研究所のタンデムと超伝導加速器から得られる 538 MeV の ^{127}I のビームを用いて行った。その結果、 g -factor の符号は正であり、陽子2準粒子配位としてよいことが明らかになった。

(3) ^{132}Ba , ^{134}Ce , ^{131}Cs における $\Delta I = 1$ バンド(古野興平、呂 駿、小松原哲郎、静間俊行)

最近、質量数 $A \sim 130$ 領域の原子核の高スピン状態に多くの磁気双極子バンド ($\Delta I = 1$ band) が報告されている。これらのバンドの特徴は、カスケードの $\Delta I = 1$ 遷移の強度がクロスオーバー E2 に比べて大きく、 $J = dI/d\omega$ で定義される Dynamic moment of inertia が典型的な変形核の基底回転バンドに比べて約 1/3 程度と小さく、またカスケード $\Delta I = 1$ 遷移の E2/M1 混合比の符号が負である。この様なバンドが報告された当初は、オブレート変形の集団的回転によるものと考えられたが、最近では非軸対称変形核が主軸以外の軸の周りに回転するとして斜軸回転モードが提案され、原子核の集団運動における議論の対象になっている。我々は今までに質量数 $A \sim 130$ 領域の原子核の高スピン状態に関する系統的な研究を続けているが、その中から特に ^{134}Ce , ^{132}Ba , 及び ^{131}Cs 核に新たな $\Delta I = 1$ バンドを特定し、その性質に関する詳しい解析を進めている。

(4) 韓国との国際共同研究(古野興平、小松原哲郎、呂 駿、静間俊行、C.B. Moon⁶⁾)

テルル(Te)やアンチモン(Sb)の領域は陽子に対して閉殻に近いので、低い励起状態は球形核に特徴的なスペクトルを示し、一方で高励起・高スピン状態には非常に明確な回転的スペクトルが現れる事が昨年共同研究で明らかにされた。これは $h_{11/2}$ の様な所謂 high- j intruder orbital によるものと、 $\pi(g_{7/2}^2 \otimes g_{9/2}^{-2})$ の様な $2p - 2h$ 励起に基づく集団性などが考えられる。昨年度に引き続き、加速器センターのクリスタルボールを用いて $^{116,113}\text{Te}$ 及び ^{121}Xe の高スピン状態に関する実験を行った。

(5) 加速器による放射性同位元素の分析(長島泰夫⁷⁾、関 李紀⁸⁾、石原豊之、古野興平)

昨年度、我々が開発した分子パイロットビーム法は充分実用になることが確かめられ、特に ^{36}Cl に対して $^{12}\text{C}_3^-$ 3 分子パイロットビームが加速器の制御に有効である事が分かり、 ^{36}Cl 分析の実用化の目途が立った。これに続いてオーストラリア大陸の地下水中に含まれる ^{36}Cl の定量分析のテストを行い、 $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl} = 10^{-13}$ まで分析可能であることを確かめた。現在加速器のより安定な動作と測定値の再現性を高めることに努力している。

6 韓国、湖西大学助教授

7 筑波医療技術短期大学 教授

8 化学系 講師

[2] クラスタグループ (李相茂、新井一郎、富田成夫)

(1) フラーレンイオンの内部エネルギー分布 (三浦崇、内田一也、富田成夫、李相茂)

フルーレンの崩壊する過程としては中性 C_2 分子放出が主なものであり、特に C_{60}, C_{70} はその高い対称性からその他のフルーレンに対して安定であることが知られている。この高い安定性から、近年 C_{60}^+, C_{70}^+ を用いたガスおよび物質表面への散乱実験が多くなされてきている。フルーレンイオンのビームを用いた実験では、そのビーム粒子の持つ内部エネルギーは実験結果を定量的に考察する際に重要な役割を果たす。しかし、フルーレンイオンの内部エネルギーはその生成法によって大きく異なることが知られており、プラズマタイプイオン源を用いた場合については未だ十分な知識は得られていない。我々はプラズマタイプイオン源を用いて得られるフルーレンイオンビームの内部エネルギー分布についてその崩壊レートを測定することにより研究を行なった。

図 1 にイオン源から得られた質量分布を示す。フルーレンイオンのピークは C_{70}^+ から C_{32}^+ まで C_2 間隔に広く分布し、イオン源内の崩壊過程としては C_2 放出が主過程であることを暗示している。次に図 2 に典型的なエネルギースペクトルを示す。図から明らかにフルーレンイオンは C_2 放出過程を経て崩壊している事がわかる。このようにして得られた強度から崩壊確率を出し、各フルーレンに対しその加速電圧依存性を調べた。

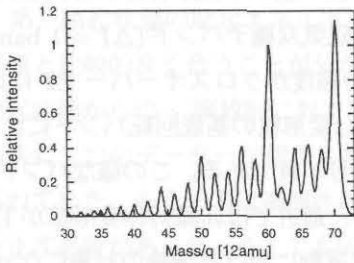


図 1: Typical mass spectrum of fullerenes.

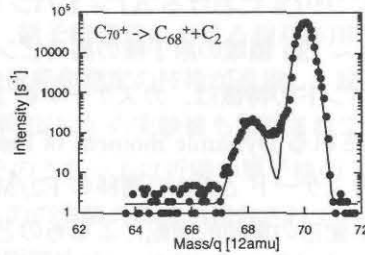


図 2: Energy spectrum of C_{70}^+ . Solid line represents a fitted Gaussian curve.

これらの実験データからイオン源から得られるフルーレンイオンの内部エネルギーについて考察を行なうと、その分布は Evaporative Ensemble の考え方を導入することにより、説明することができた。この時の内部エネルギー分布を C_{44}^+ から C_{68}^+ までについてグラフにしてみると図 3 のようになる。これらの内部エネルギー分布は安定であるものほど広い分布を持つことになっており、明らかに熱平衡の時のものとは違っている。

これらのことから、プラズマタイプイオン源のアーク放電の物理的状態は evaporating ensemble の初期状態と酷似していることがわかった。これらの成果は Z. Phys. D に投稿され、すでに受理されている。

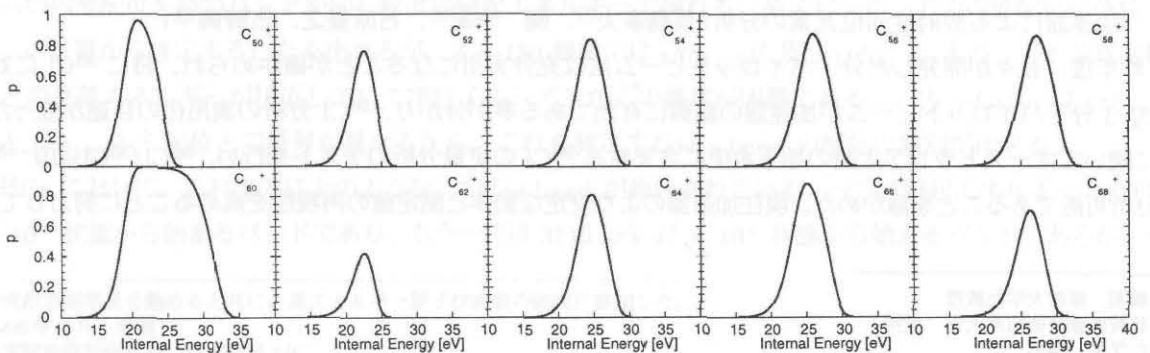


図 3: Resultant internal energy distribution for C_{50}^+ to C_{68}^+ .

(2) 希ガス原子イオンとフラーレンガスターゲットの衝突

(三浦崇、内田一也、佐々木玄、富田成夫、李相茂)

一般的に C_{60} の衝突励起による解離(Collision-Induced Dissociation)の研究では数eVから数keVまでの C_{60} イオンビームをガス原子ターゲットに入射する実験が多くなされている。この種の衝突は散乱生成物が前方角度に集中して散乱するため反応全体を大まかに探ることができるが、散乱角度分布などをおさえて詳しい解析をすることは極めて困難である。我々は衝突の角分布を測定するために軽い原子を C_{60} に入射する実験を行なった。

図1に実験のセットアップを示す。数keVに加速した He^+ 、 Ne^+ 、 Ar^+ そして Xe^+ ビームを C_{60} ガスターゲットに入射して散乱粒子の角分布を測定した。10keV以下で加速した希ガス原子イオンを高電圧パルスと多重スリットを用いたパルス化装置で数十nsのパルスビームにした。フラーレンガスターゲットは C_{60} の分子線を散乱平面に垂直に導入することで得られ、広範囲に渡る散乱角分布の測定が成功した。散乱粒子はMCP(マイクロチャンネルプレート)で検出され、飛行時間測定から粒子識別した。

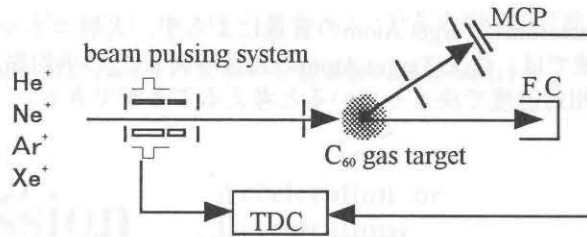


図1 原子イオンと C_{60} の散乱実験装置の概念図

飛行時間測定から入射イオンは C_{60} 内の炭素原子と準弾性散乱することが分かった。そして角分布から衝突微分断面積を導出した。図2の実線は数keV領域での原子・原子散乱のシミュレーションでよく使われるモリエールポテンシャル(電子遮蔽の効果を取り入れ、さらにD. J. O' Connor and R. J. MacDonaldによって補正されたもの[Radiation Effects 34(1977)247])を使い古典論で軌道計算した結果である。 $He^+ + C$ の断面積の大きさを計算結果に合わせることで他のイオンの結果も計算値と比較できる。これらの断面積がラザフォード散乱断面積(図の点線)と比較して小さいのは、電子遮蔽効果でおおよそ説明できている。しかし、 $He + C$ の結果が計算結果と著しく一致することに対し、入射原子の電荷 Z が大きくなるにつれて、特に前方散乱で実験結果と計算結果が大ききずれてきている。このずれはそれぞれの散乱衝突径数の違いに関係していると思われ、希ガス原子と C_{60} 内の炭素原子の多体クーロン相互作用を示唆していると考えられる。

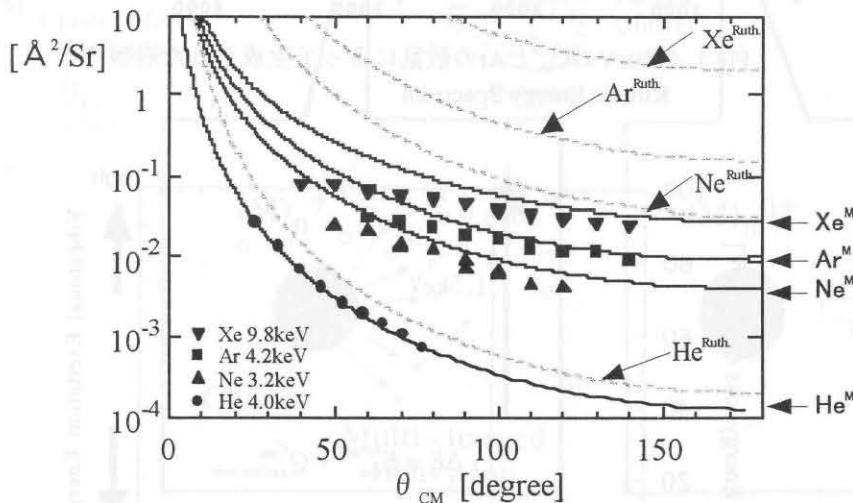


図2 プロットは He 、 Ne 、 Ar 、 Xe と C_{60} の中の炭素原子との散乱微分断面積を示す。実線はモリエールポテンシャルを用いた計算結果、点線はラザフォード散乱の断面積を示す。実験室系での衝突エネルギーは図中に示されている。

原子との散乱によって引き起こされるフラーレンのFragmentation、Charge Stripping等の現象は近年広く研究されるようになってきているが、それらのメカニズムは未だによく理解されていない。我々は、フラーレンのFragmentationのメカニズムを探るために、崩壊片のEnergy loss及び、Energy SpectrumにおけるTarget Atomの質量依存性という観点で実験をおこなった。

実験は、ファルマシア-アップジョン筑波総合研究所において、数KeVのC₆₀⁺と希ガス原子との散乱の際に生成されるフラーレンの崩壊片のKinetic Energy Spectrumを0°方向において測定した。Target AtomとしてはAr、Xeを用い崩壊片のkinetic Energy Spectrumの入射エネルギー依存性、及びTarget Atomの質量依存性を調べた。

Target Atomとの散乱によって生成されたイオンとして、C₅₈⁺~C₃₈⁺、C₂₃⁺、C₁₉⁺、C₁₅⁺等を観測した(fig.1)。すべてのFragmentsは一度励起され、C₆₀^{*}という中間状態から崩壊していると仮定し、その崩壊片のParentであるC₆₀^{*}のKinetic Energy Lossを崩壊片のVelocityから導いた。するとEnergy lossは約1.5keV前後でPeakを持つことがわかった(fig.2)。

また、崩壊片のEnergy SpectrumはTarget Atomの質量によらず、入射エネルギーで決まることがわかった。このエネルギー領域では、C₆₀とTarget Atomの通過時間とC₆₀の平均振動周期と同程度であり、C₆₀へのエネルギーの付与は相対速度で決まっていると考えられることができる。

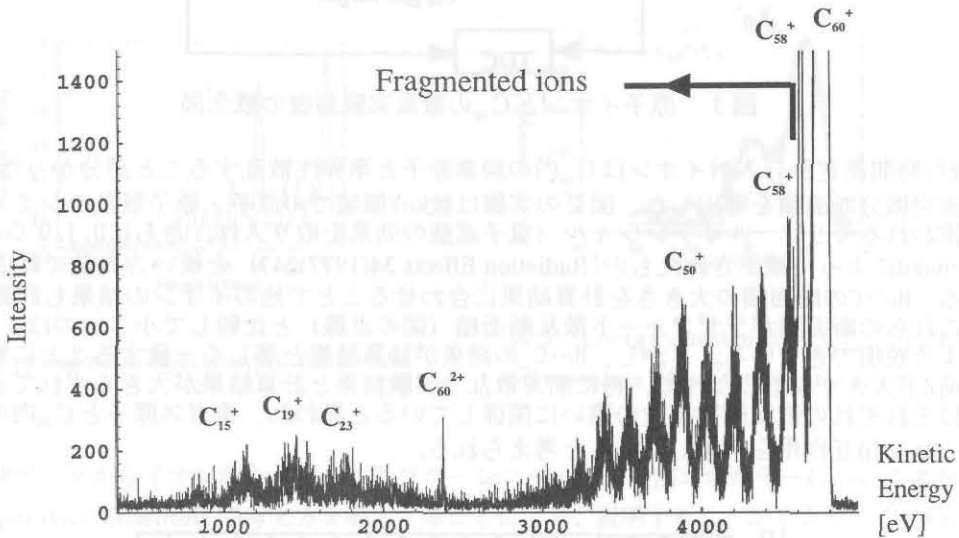


Fig.1 4770eVのC₆₀⁺とArの散乱によって生成された崩壊片の Kinetic Energy Spectrum

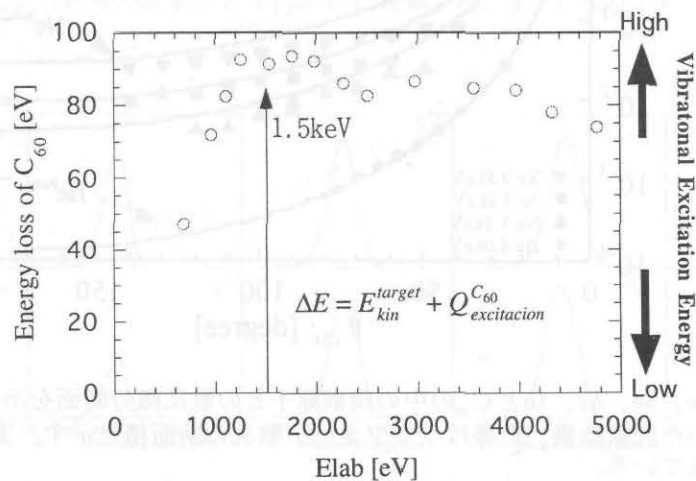


Fig.2 崩壊片のParentとなるC₆₀⁺のEnergy loss

(4) 多価電荷大クラスター分裂実験装置 (李 相茂、鄭 春均、富田 成夫、新井 一郎)

科研費重点領域「多自由度系としての原子集団及び原子のトンネル現象」(平成8~10年度)の「クラスター分裂」班として発足したプロジェクト研究であり、初年度は金属クラスター源と初段の高分解能質量分析器の建設を順調に行なった。金属クラスター源は世界最高水準を行くフライブルグ大学製を導入し、クラスターサイズ $N = 100 \sim 1000$ 可変、強度 $10^{12}/\text{sec}$ の性能をもつ。そしてJEOL社の高分解能質量分析機 ($\frac{M}{\Delta M} = 10^4$) を購入し、加速器センター第2測定室に設置した。

更に、現在「クライオスタット超伝導型 ECR イオン源」の開発設計に取り組み始めている。これは Xe^{+20} , $100\mu A$ の性能が見込まれ全装置が完成する平成10年度には金属クラスターと ECR の多価イオンビーム交差法(図1)により $N=5000$, $q=+18$ のクラスター分裂の観測が可能となる。こうしてクラスターの量子液滴から固相への相転移に伴うクラスター分裂実験の展望が開ける。

Cluster Fission

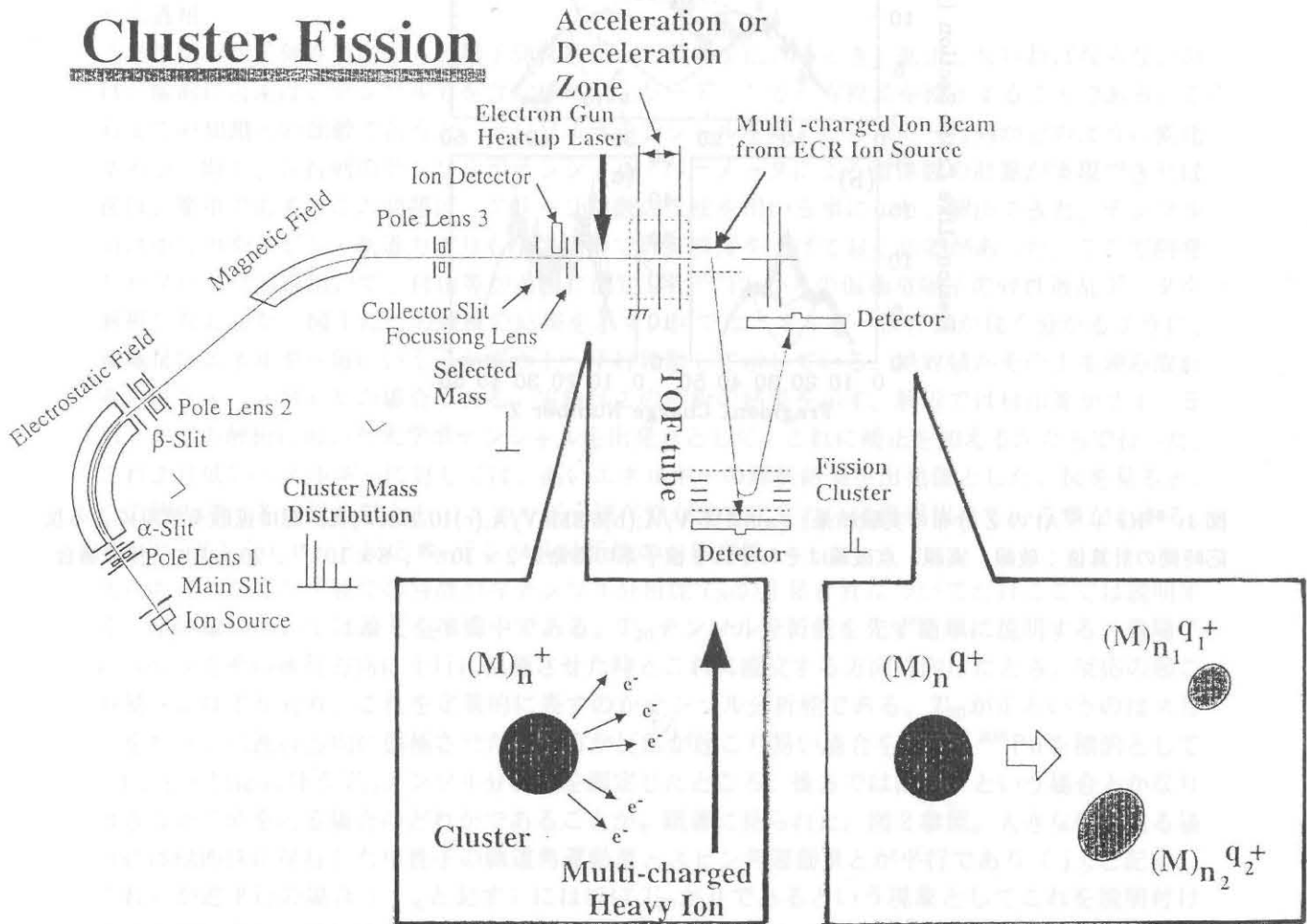


図1: クラスター分裂の概念図

(X.Liu, 李相茂、三浦崇、栗田哲郎、佐々木玄)

中重核領域における Fission-like 反応の機構と反応時間の問題は 1970 年代より多くの実験と理論計算があるにも係わらず、未だ決着がついていない。我々は理研のリングサイクロトロンでの 8.5 MeV/A ^{84}Kr ビームを用いて ^{27}Al ターゲットに当て、カウンターテレスコープによる分裂片と 3π phoswich カウンターによる陽子、 α 粒子の同時測定による実験を行ない結果を 5.8 MeV/A と 10.6 MeV/A の既存の実験結果と比較した。

今回の実験による重要な新しい発見は、従来質量対称分裂片は核分裂反応と現象論的に捉えられていることに対し、 α 粒子との相関によりこれが大部分深部非弾性散乱であると結論されたことである。図 1(a) に 8.5 MeV/A 領域の Z 分布が拡散モデルによる計算で反応時間 8×10^{-21} 秒であることが確かめられた。またこの反応時間は他の入射エネルギーでも同等な値を取ることが確認された。(図 1(b),(c))。

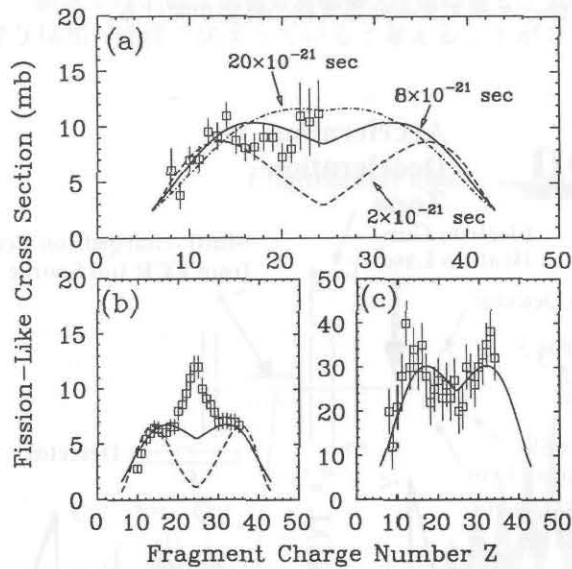


図 1: $^{84}\text{Kr} + ^{27}\text{Al}$ の Z 分布の実験結果。(a) 8.5 MeV/A, (b) 5.8 MeV/A, (c) 10.2 MeV/A。線は拡散モデルによる反応時間の計算値；破線、実線、点破線はそれぞれ 2 核子系の寿命が 2×10^{-21} 、 8×10^{-21} 、 20×10^{-21} 秒の場合。

【3】 スピン偏極核反応実験（青木保夫、田岸義宏）

（1）偏極重陽子を用いた ^{208}Pb からの弾性散乱と（d、p）反応

昨年度で、モデルに依存しない光学ポテンシャルの作り方という手法の開発は終了した。今年度はこれを重陽子へ適用すべく拡張した。その拡張された手法を過去に加速器センターで測定された偏極重陽子の弾性散乱の解析に適用した。この実験結果の非常に特徴的な点の一つは、テンソル分析能が特異なエネルギー依存性を示す事であり、この特異なエネルギー依存性は過去の手法では再現出来なかったが、今回開発した手法では無理無く再現できた点にある。

一方これとはほぼ独立に ^{208}Pb を標的とした（d、p）反応の実験を行い微分断面積とベクトル及びテンソル分析能の測定を行った。この実験の結果、これまで知られていなかったテンソル分析能 T_{20} にj依存性と呼ばれる原子核の励起状態の性質に関連した振舞いを見出した。原子核反応の分野でj依存性と呼ばれる現象は微分断面積の後方での振舞い、ベクトル分析能の符号及び今回我々が見出したテンソル分析能と3種類に増えた。この3種のj依存性の中で、我々の見いだしたテンソル分析能のj依存性だけが他の手法に依存せずに実験値だけで、 $j = \ell + 1/2$ 又は $j = \ell - 1/2$ という二つの可能性のどちらかを断定的に決めることができるという特徴がある。

1-1) 重陽子弾性散乱へのモデルに依存しない光学ポテンシャルの拡張とその $^{208}\text{Pb}(d,d)$ 反応への適用

光学モデルを核子弾性散乱から重陽子弾性散乱へと視野を広げるとき、拡張しなければならないのは、端的に言えば、テンソル力を含む様にシュレーディンガー方程式を拡張することである。これまでの知識との比較で言うと、テンソルポテンシャルを変えたときにS行列がどのように変化するか、即ち、S行列のテンソルポテンシャル・パラメータによる微係数の計算が実現できれば後は、簡単である。この問題は、グリーン関数の手法を用いる事により、解決できた。テンソル力は中心力やスピン・軌道力よりも小さいので計算精度を上げておく必要があった。ここで開発したプログラムを用いて、村山等が過去に測定した ^{208}Pb からの偏極重陽子の弾性散乱データを解析しなおした。図1にこの解析の結果を示す。図ではエネルギー依存性が良く分かるように、偏極量はエネルギー毎にいくらかずつ上へ平行移動して示している。絶対値がそのまま読み取れるのは21.5 MeVの場合である。実線はこの解析の結果を示す。解析では村山等が21.5 MeVでの解析に用いた光学ポテンシャルを出発点として、これに補正を加えるかたちで行った。これより低いエネルギーに対しては、高いエネルギーの解析結果を出発値とした。図を見ると、この解析では各種観測量とそのエネルギー依存性が非常にきれいに再現出来ている事がわかる。

1-2) (d、p) 反応 T_{20} テンソル分析能のj依存性

先にも述べたこの実験での特徴的なテンソル分析能 T_{20} のj依存性についてだけここでは説明する。全体像については論文を準備中である。 T_{20} テンソル分析能を先ず簡単に説明する。重陽子のスピンをその進行方向に平行に偏極させた時とこれに直交する方向に向けたとき、反応の起こり易さには差が有り、これを定量的に表すのがテンソル分析能である。 T_{20} が正というのはスピンをビームの進行方向に偏極させた時の方が反応が起こり易い場合を言う。 ^{208}Pb を標的として（d、p）反応に伴う T_{20} テンソル分析能を測定したところ、後方ではほぼ0という場合とかなり大きな正の値をとる場合のどちらかであることが、顕著に見られた。図2参照。大きな値を取る場合には標的核に移行した中性子の軌道角運動量とスピン角運動量とが平行であり（ $j_{>}$ と記す）、これらが逆平行の場合（ $j_{<}$ と記す）にはほぼ T_{20} が0であるという現象としてこれを説明付けることが出来た。これを T_{20} のj依存性と呼んでいる。さて、重陽子はS状態とD状態とが混じり合った状態として理解されている。 T_{20} テンソル分析能は重陽子のこの内部構造に密接に関係し、S状態だけでは非常に小さな値しか生じないが、D状態が寄与すると大きな値を取り得る。

直接計算してみると、D状態の寄与は、 $j >$ の場合には大きく逆の $j <$ の場合には小さい。図3参照。この説明は直感的でなく分かり難いが、形式的にはこの反応に関与する重陽子のD状態が核反応に寄与するときの角運動量の係わり方を記述するラカー係数を用いて説明することもできる。もっと簡単には角運動量のベクトル模型でも説明ができる。

参考論文

T. Murayama, Y. Tagishi, T. Sakai, M. Tomizawa, H. Nishikawa and S. Seki, Nucl. Phys. A486(1988) 216.

Y. Aoki, K. Hirota, K. Koyama, M. Masaki, K. Miura, Y. Mukouhara, S. Nakagawa, N. Okumura and Y. Yagishi, Nucl. Phys. A599(1996) 417.

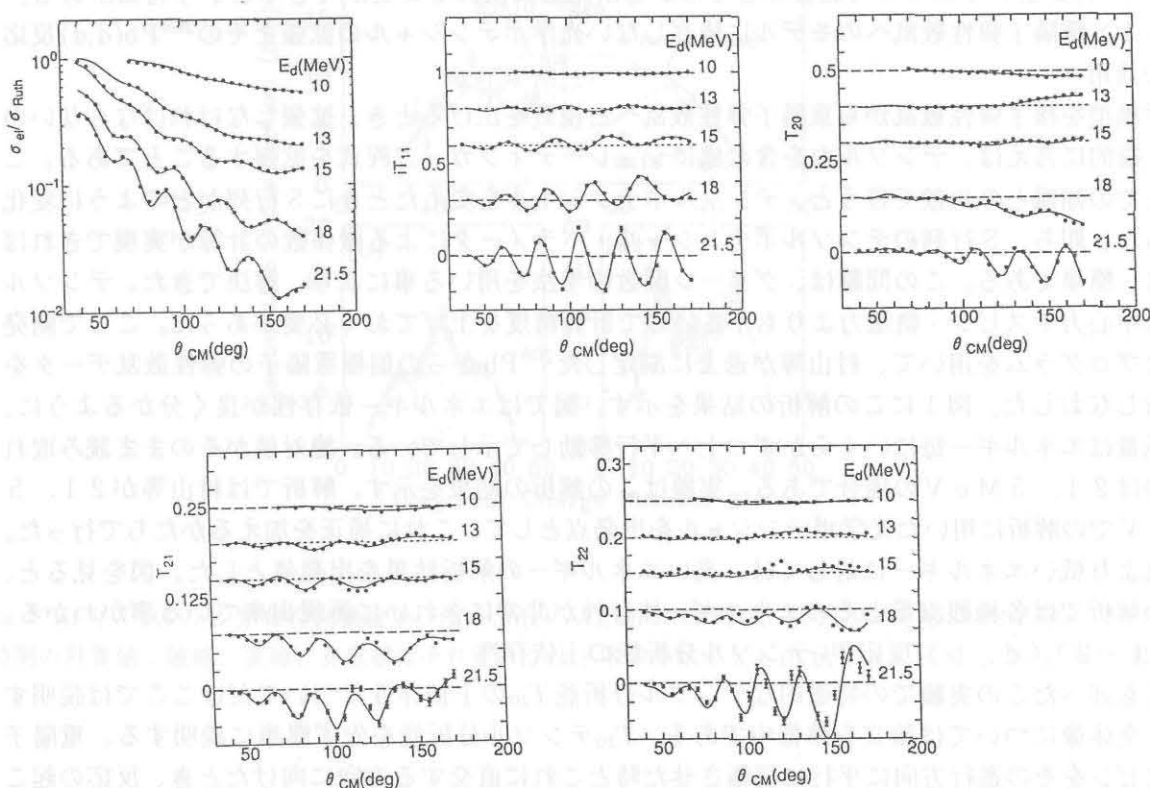


図1 ^{208}Pb による偏極重陽子の弾性散乱の実験値と計算値の比較。微分断面積以外のデータはエネルギー依存性が見やすい様に、少しずつずらしてある。点で示してあるのが実験値であり、実線は計算値である。本文中で、 T_{20} の特異なエネルギー依存性と述べたのは、 T_{20} の平均的な値が、エネルギーにより正になったり負になったりしている事を指している。

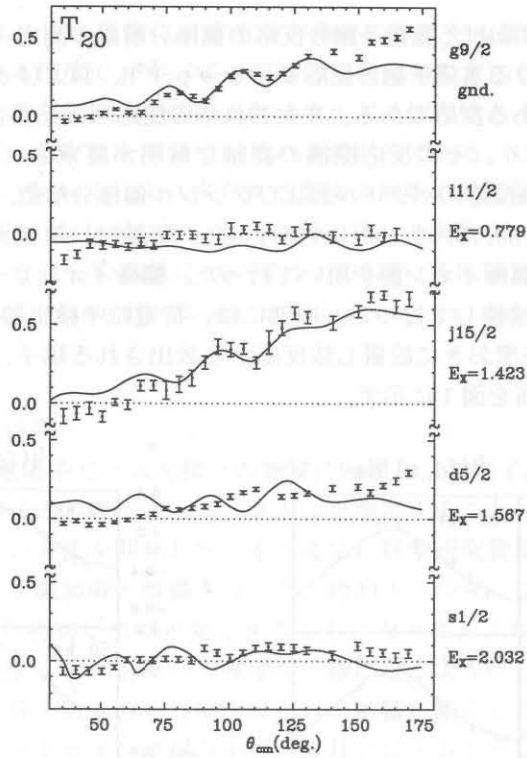


図2. $Pb(d,p)$ の T_{20} の実験値とDWBAによる計算値。 $g_{9/2}$, $j_{15/2}$, $d_{5/2}$ は $j_{>}$ 。 $i_{11/2}$ は $j_{<}$ 。 $j_{>}$ は後方で大きな値をとっている。

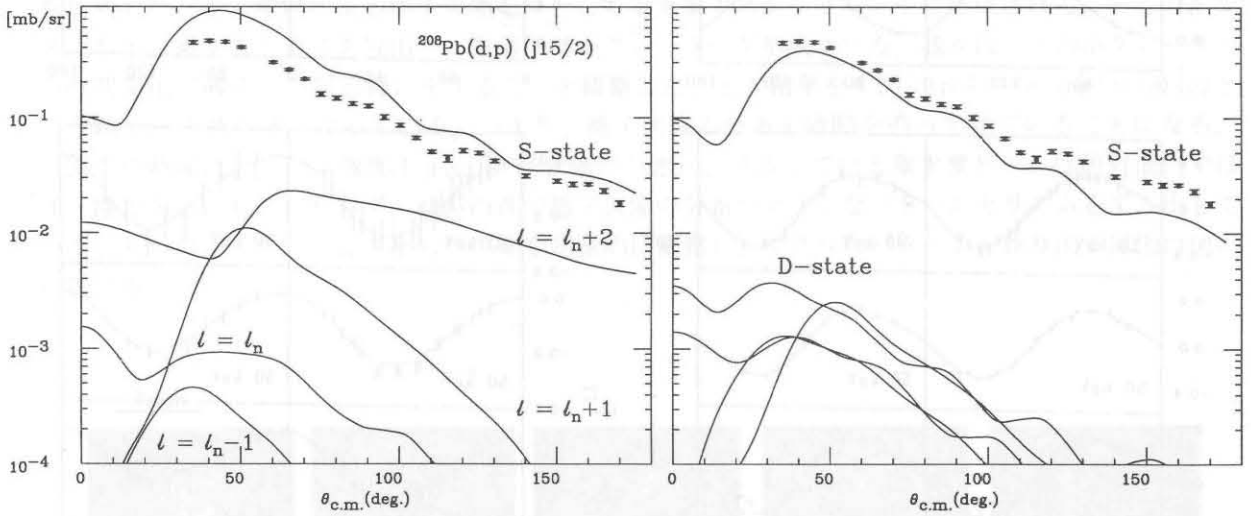


図3. S状態とD状態の微分断面積。左図は $j_{>}$ の場合。後方でS状態とD状態 ($l=l_n+2$) の微分断面積の比が1:3程度になっている。右図は $j_{<}$ の場合。D状態は2桁小さい値となっている。

(2) 低エネルギー領域における重陽子融合反応の偏極分解能の測定

低エネルギー領域における重陽子融合反応 $d + d \rightarrow p + {}^3\text{H}$ 、および $d + d \rightarrow n + {}^3\text{He}$ 反応は少数核子系の物理として大変興味ある反応である。またこれらの反応は、元素合成および核融合エネルギーとしても重要な核反応であり、その反応機構の詳細な解明が要求されている。今回我々は、初めて $D(d, p)T$ 、および $D(d, n){}^3\text{He}$ 反応のベクトルおよびテンソル偏極分解能、 iT_{11} 、 T_{20} 、 T_{21} 、 T_{22} の測定を入射重陽子エネルギー、30, 50, 70, 90, 100 keVで行った。実験は、筑波大学加速器センターイオン源室において、Lamb-Shift型偏極イオン源を用いて行った。偏極イオンビームの入射系の下流に今回新しく設計製作した散乱槽を接続して行った。内部には、荷電粒子検出器として9個の半導体検出器を散乱角35度から150度まで15度おきに設置し核反応から放出される陽子、 ${}^3\text{H}$ 、 ${}^3\text{He}$ 粒子を測定した。得られた偏極分解能の角度分布を図1に示す。

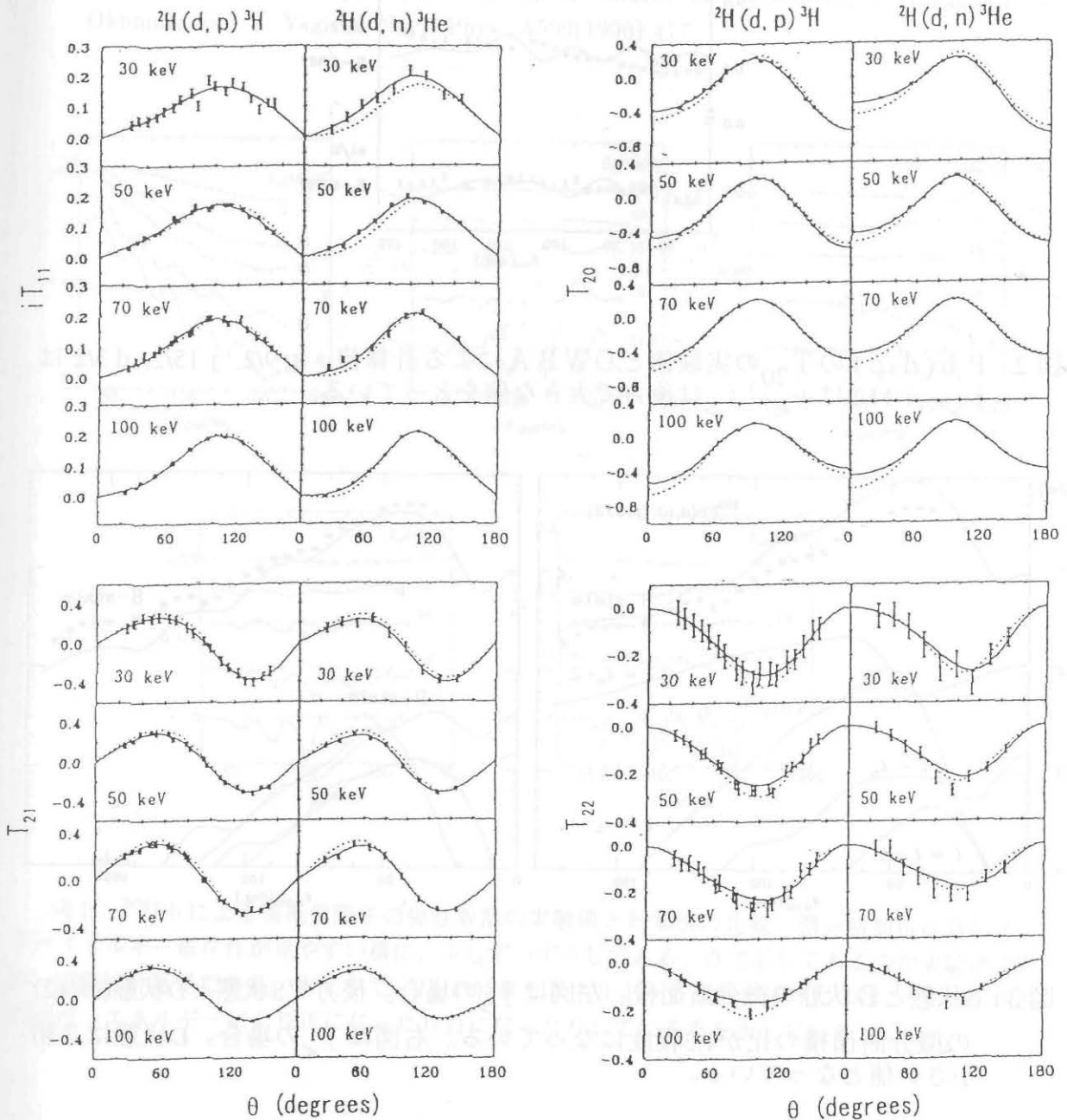
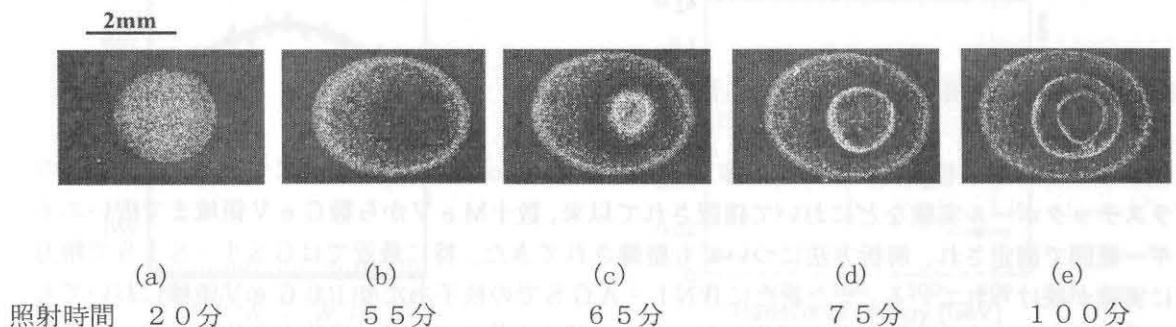


図1 $D(d, p)T$ 、 $D(d, n){}^3\text{He}$ 反応における入射エネルギー、30, 50, 70, 100 keVでの iT_{11} 、 T_{20} 、 T_{21} 、 T_{22} 。実線は、Legendre fits、点線は、既存の遷移振幅パラメーターからの計算値。

入射エネルギー70 keV以上でD(d, n)³He反応に対する前方角でのベクトル偏極分解能はD(d, p)T反応に比べて若干小さな値を示している程度で、すべての偏極分解能に対してD(d, p)TとD(d, n)³He反応の間に差がほとんど見られない。また偏極分解能の入射エネルギー依存性も小さい。これは、微分断面積の角度分布が大きなエネルギー依存性を示しているのと対照的である。これらの実験データは、現在求められている遷移振幅パラメーターから得られる偏極分解能の計算値との比較を行った。T₂₀およびiT₁₁の前方角では実験値からかなりずれている。今回の我々の実験データを含んだ新しいパラメーターのサーチが必要である。これらの結果については、1997年1月に神戸で開かれたThe 7th RCNP International Workshop on Polarized ³He Beams and Gas Targets and Their Application で口頭発表を行った。

(3) 注入重陽子の照射効果の研究

低エネルギー(約100 keV)の重陽子ビームを種々の物質に照射し、重陽子融合反応、D(d, p)T反応、からの反応陽子数および反応陽子のエネルギースペクトルを測定することによって、物質中での注入重陽子の拡散現象を調べる新しい方法を開発した。本年度は、科学研究費萌芽の研究補助金交付により占有の散乱槽を設計製作し、実験装置の整備を行った。標的ホルダーに冷却水を外部から巡回できるようにし標的温度を0℃から約80℃まで可変できるようになった。入射ビームを上下左右に高周波で偏向することによって標的面上で照射ビーム強度が一樣になるようにした。偏向電磁石を設置することによってイオン源から直接入射してくる中性ビームの影響を無くした。2月にこれらの装置全体の部品が完成し、これらをビームラインに組み上げ、3月にビームトランスポートのテストを行った。続いて検出器のテストを行い注入重陽子拡散に関する系統的な実験を始めた。注入重陽子拡散実験と平行して、単結晶シリコン中でのイオンビーム照射によるパターン形成現象について系統的な測定を始めた。我々は、重水素イオンをシリコン単結晶中に注入し続けると、注入量がある臨界値に達したところで注入された重水素はガスとなって放出される事を始めて観察した。クレーターができる臨界注入量に達していない試料を加熱した場合にもパターン形成現象が観察された。照射後の試料を加熱したとき、照射による格子欠陥を核として重水素ガスがシリコン中に形成される。そして、ガス圧が十分高まるとガスを放出し、表面には小クレーターが形成される。我々は、この小クレーターの時間変化に興味深い振る舞いをする事を観察した。その結果を下図に示す。(a) (b) (c) (d) (e)という順で注入量が多くなっている。つまり、格子欠陥の分布を時間を追って見ていることになる。(図中の時間は、ビーム強度1 μA、直径3 mmのとき)。注入している重水素ビームは照射面内ではほぼ一様であるにもかかわらず、結晶内部で格子欠陥の分布がマクロなパターンとリズムを生み出していることが分かった。今後これらの現象を定量的に観察し、マクロなパターンを作り出す原因は何かを調べる



【4】高エネルギー原子核実験（八木浩輔、三明康郎、新井一郎、栗田和好、西村俊二、佐甲博之、加藤純男）

(1)高エネルギー重イオン衝突実験（八木浩輔、三明康郎、栗田和好、西村俊二、佐甲博之、加藤純男）

a) CERN-WA98 実験

高温・高密度の物質状態を作りだしクォーク・グルオンプラズマ (QGP) の検証実験をすべく、欧州共同原子核研究所の世界最高エネルギーを誇る重イオン加速器 (CERN-SPS) を利用した 158 A GeV 鉛+鉛衝突実験をおこなった。

我々筑波大グループは、WA98 実験において粒子識別した (正・負) の荷電粒子を同時測定するために、スタート検出器 (時間分解能 ~ 28 ピコ秒) を設置すると同時に、新たな正荷電粒子用磁気スペクトロメータの建設を進めてきた (図 1)。そして、1996 年秋に実験を実施し、最終的にテラ・バイトにも及ぶ膨大な量のデータを収集することに成功した。この正荷電粒子用磁気スペクトロメータは、2 枚のパッド型飛跡検出器 (位置分解能 2 mm)、2 枚のストリーマ型飛跡検出器 (検出効率 95% 以上) および飛行時間測定器 (時間分解能 ~ 84 ピコ秒以下、図 2) から構成され、高位置分解能、高運動量分解能、高時間分解能を特長とする。一方、負荷電粒子用磁気スペクトロメータの解析においても、我々の飛行時間測定器に関する技術・解析方法が活かされている。これにより、正・負・中性電荷 ($\pi^{+/-0}$, $K^{+/-}$, p, p-bar, d, γ 等) のスペクトルの同時測定を可能とした。

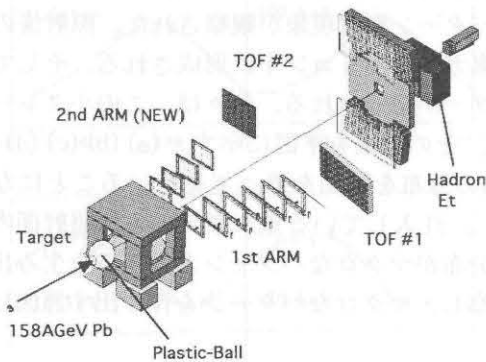


図 1 : WA98 スペクトロメータ

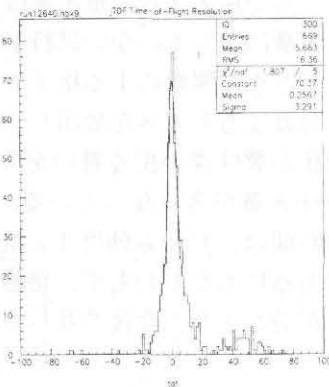


図 2 : TOF 時間分解能 ($\sigma \sim 84$ psec)

b) 158 A GeV 鉛・鉛衝突における流体力学的解析

高エネルギー原子核衝突における流体力学的振る舞い (Collective Flow) について、Bevalac のプラスチックボール実験などにおいて確認されて以来、数十 MeV から数 GeV 領域まで広いエネルギー範囲で測定され、解析方法についても整備されてきた。特に最近では GSI・SIS で精力的に実験が続けられている。また新たに BNL・AGS での核子あたり 10 GeV 領域においてもその重要性を示唆する実験結果が報告され、人々の関心を集めている。流体力学的振る舞いは QCD 相転移時に系の状態方程式のソフトニング (圧力勾配の低下) を知る手がかりを与え、流体力学的振る舞いのエネルギー依存性から、QCD 相転移の有無を検出しようと考えられている。

我々の参加するCERN-WA98実験では世界最高エネルギー158 AGeVまで加速した鉛の原子核を用いた衝突実験を1994年より行って来た。WA98実験は異なるラピディティ領域で全方位角を覆った検出器群と直接光子を測定することを目的とした光子検出器、荷電粒子を測定する磁気スペクトロメータから成り立っている。その中でターゲット領域(陽子ラピディティ: $-0.5 \sim 0.5$)の全方位角を覆うプラスチックボールの解析は、流体力学的振る舞いの解析に欠かせない反応平面を定義する重要な役割を果たす。プラスチックボールは2種類の減衰時間の異なるプラスチックシンチレータから一つの高電子増倍管に信号を送り、薄いシンチレータから dE/dx をその後ろの厚いシンチレータから E (エネルギー) の情報を引き出し、粒子の識別を行う事が出来る。そこでまず、プラスチックボールで測定された陽子、重陽子等の粒子識別方法の改良を行った。そして流体力学的振る舞いの情報をより多く含むと考えられるエネルギー $50 \text{ MeV} \sim 300 \text{ MeV}$ の陽子を選び出した。ビーム軸に対して垂直平面上での横運動エネルギー分布から方位角方向の偏り(軸)をイベント毎にもとめ、その軸に対して放出された重粒子のエネルギーの方位角方向の分布を調べると、明らかな非一様性を観測することができた(図1)。更に、非一様分布の程度を異なる衝突係数の事象毎に求め、衝突係数依存性を見ると、周辺衝突では小さく、中間で最大、中心衝突ではまた小さくなる傾向を確認できた(図2)。これは明らかに集団運動であり、数GeV領域の重イオン衝突において流体力学的振る舞いの証拠として捉えられた現象である。CERNのエネルギー領域では初めて観測することに成功した。この結果を日本物理学会(1997年春)において報告し、CERN-SPS領域の高エネルギー原子核衝突の新しい見解を与えるものとして、今後の解析に期待が寄せられている。

その後、こうして求められた反応平面を元に他の検出器で測定した様々な粒子との相関を調べることで更に詳細な反応のメカニズムを探る研究を始めた。プラスチックボールで決定した「フロー方向の方位角 ϕ 」に対して正荷電粒子用磁気スペクトロメータで測定したミッドラピディティ領域付近の陽子 ($y \sim 2$)、パイ中間子 ($y \sim 3$) の運動量分布(図3)、および二粒子相関(図4)を測定したところ、非常に興味ある物理現象を観測した。(1) 陽子の横運動量分布は、反応平面上において ϕ と同方向に緩やかな、逆方向には急激な減少傾向を示す。(2) 一方、パイ中間子は、反応平面垂直方向に対し同方向、逆方向ともに緩やかな減少傾向を示す。(3) パイ中間子の二粒子相関関数から求めた発生源の大きさを表すパラメータには大きな違いが見られなかったが、カオシティ変数 (λ) は統計誤差が大きいものの2~3倍程度もの違いが観測された。以上の解析は、CERNエネルギー領域においては初の試みでありこれまでの低いエネルギー領域の現象とは異なった様相を示しており、人々の注目を集めている。西村が、本件について平成9年3月にインドで行われたICPA-QGP97の国際会議において緊急に招待講演を行って報告した。

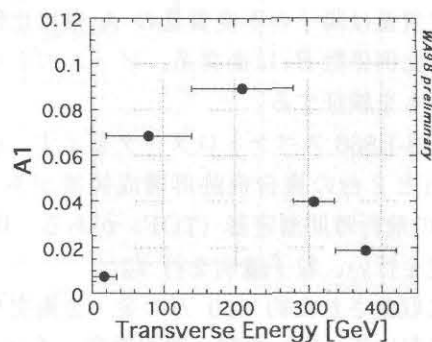
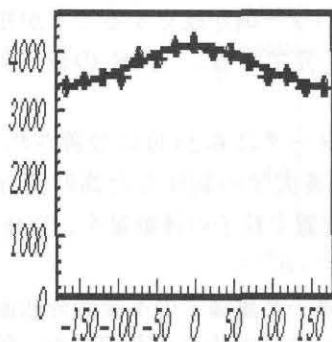


図1：フロー角に対する重粒子の方位角分布

図2：非一様分布の程度の衝突径数依存性

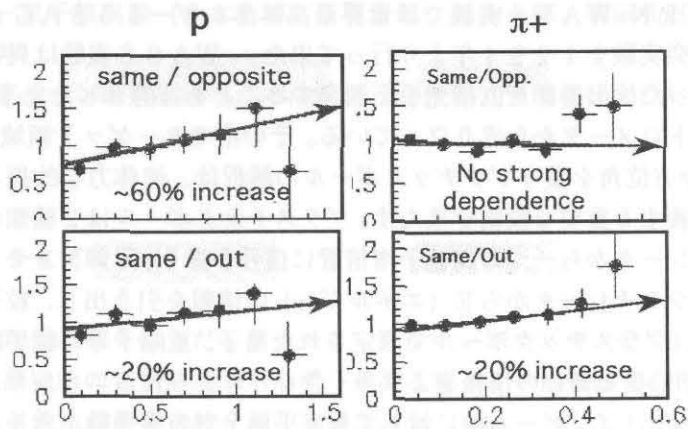


図3：陽子（左）、 π^+ （右）のフロー逆方向（上）、同方向（下）に対するフロー垂直方向の収量比の横運動量依存性

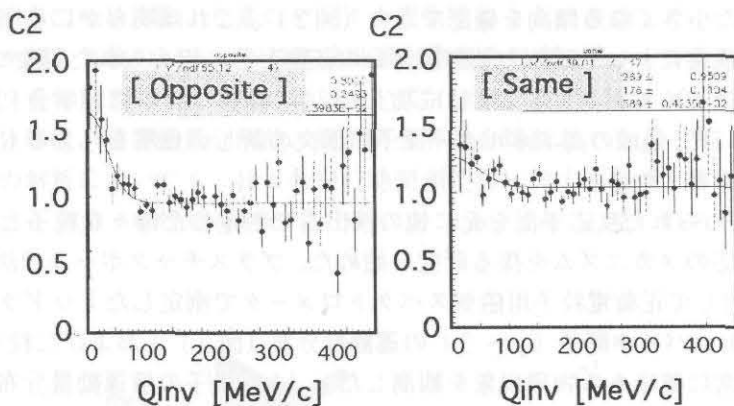


図4：フロー逆方向（左）、同方向（右）における $\pi^+\pi^+$ 二粒子相関関数

c) AGS-E866 実験における重陽子生成の研究

アメリカ合衆国のBNL研究所のAGS-E866実験において12 AGeV/cの金・金衝突で創り出される高温・高密度状態からの重陽子の生成機構を探求した。

Bevalacエネルギー領域（2 AGeV/c以下）での原子核・原子核衝突からの質量数Aを持つ軽い原子核の不変質量は陽子の不変質量のA乗に比例するという、パワー則が成立することが知られている。この比例係数 B_A は衝突系、ビームエネルギーに依らず一定である。AGSの金・金衝突においてこれらを検証する。

図1にAGS-E866スペクトロメータを示す。前方スペクトロメータは6-24度に設置される。2台の二極磁石と2台の複合飛跡再構成装置があり、最後方に筑波大学の制作した高時間分解能（ ~ 76 psec）の飛行時間測定器（TOF）がある。複合飛跡再構成装置で粒子の運動量を、TOFで飛行時間の測定を行い、粒子識別を行う。

1994年に収集された約500万の金・金衝突事象を解析し、陽子と重陽子の不変微分断面積を $y-m_t$ 平面において、中心衝突、周辺衝突、インクルーシブ事象についてそれぞれ求めた。陽子と重陽子の不変断面積の m_t スペクトルを比較し、パワー則のテストを行った。 $m_t - m_0 < 0.6$ [GeV/c²]において、重陽子の m_t スペクトルと陽子の二乗の m_t スペクトルの形が統計誤差の範囲で一致した。

B_A は $0.8 < y < 1.4$ の範囲で一定であった。この結果 AGS の金・金衝突においてもパワー則が成立することが検証された。

次に中心衝突、周辺衝突、インクルーシブ事象の B_A を Bevalac、CERN-SPS の重陽子のデータと比較した(図2参照)。Bevalacの全ての衝突、CERN-SPSのp+A衝突について一定なのに対しAGSの金・金の中心衝突の B_A は1/10にすぎない。またAGSの B_A は周辺衝突から中心衝突になるにつれ、急激に小さくなる。この現象をコアレスセンスモデルを用いて研究した。このモデルは運動量空間で p_0 以内の距離にある核子が融合して軽い原子核が生成されるというもので、パワー則を説明する。従来のモデルでは核子の融合は、運動量が近いという条件のみに基づいており、 B_A が一定になるが、金・金の中心衝突のように核子の空間的な広がりが大きくなると、空間的距離の長い核子が融合しにくくなるために B_A が小さくなると考えられる。そこで B_A から、非相対論的なモデルを用いて重陽子の生成位置の広がり(ソースサイズ)を反応に参与した核子(participant)数の関数として求めた。ソースサイズは3-10 fmとなり、またparticipant数の1/3乗に比例する。これは重陽子生成時のバリオン密度が一定であることを示唆し、重陽子生成はソースサイズの指標となることが示された。この研究は1997年春の日本物理学会で報告された。

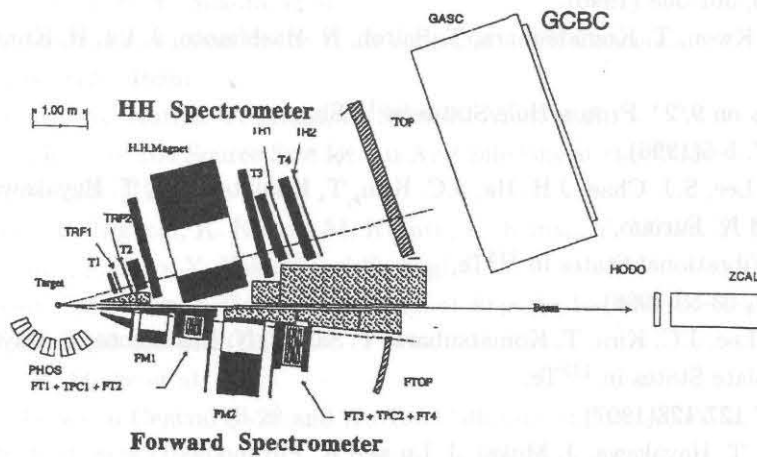


図1: AGS-E866 スペクトロメータ

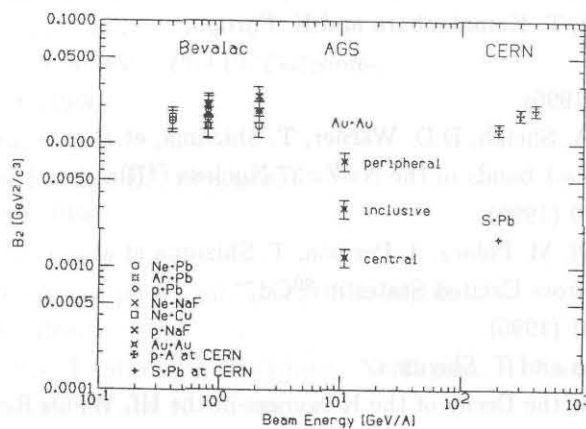


図2: B_A のビームエネルギー依存性

1. Y. Futami, K.Y. Nakagawa, T. Nakagawa, S.M. Lee, K. Furutaka, K. Matsuda, K. Yoshida, S.C. Jeong, H. Fujiwara, T. Mizota, Y. Honjo, S. Tomita, B. Heusch, K. Ieki, J. Kasagi, W.Q. Shen and T. Matsuse, Decay Mechanism of Highly Excited Nucleus Produced in the Reaction $^{84}\text{Kr}+^{27}\text{Al}$ at 10.6 MeV/nucleon, Nucl. Phys. A 607, 85-104 (1996).
2. K.Y. Nakagawa, J. Kasagi, T. Nakagawa, K. Yoshida, Y. Futami, S.M. Lee, K. Furutaka, T. Matsuse, and W.Q. Shen, Binary Decay Fragment Cross Sections and Precission Charge Multiplicity in $^{84}\text{Kr}+^{27}\text{Al}$ at 10.6 MeV/nucleon, Phys. Rev. C53, 997-1000(1996).
3. J. Lu, J. Mukai, T. Komatsubara, T. Hayakawa and K. Furuno, Collective and Quasiparticle Excitations in ^{128}Ce , Nucl. Phys. A 608, 327-349(1996).
4. J. Mukai, N. Hashimoto, T. Saitoh, M. Matsuda, T. Hayakawa, J. Lu, T. Komatsubara and K. Furuno, Level Structure of ^{78}Rb , Zeit. Phys. A356, 367-368 (1996).
5. C.B. Moon, J.U. Kwon, T. Komatsubara, T. Saitoh, N. Hashimoto, J. Lu, H. Kimura, T. Hayakawa and K. Furuno, Rotational Bands on $9/2^+$ Proton-Hole States in ^{112}Sb , Zeit. Phys. A357, 5-6(1996).
6. C.B. Moon, C.S. Lee, S.J. Chae, J.H. Ha, J.C. Kim, T. Komatsubara, T. Hayakawa, J. Lu, M. Matsuda, T. Watanabe and K. Furuno, Rotational and Vibrational States in ^{115}Te , Zeit. Phys. A357, 53-59(1996).
7. C.B. Moon, C.S. Lee, J.C. Kim, T. Komatsubara, T. Saitoh, N. Hashimoto, T. Hayakawa and K. Furuno, Noncollective Oblate States in ^{113}Te , Zeit. Phys. A357 127-128(1997).
8. T. Komatsubara, T. Hayakawa, J. Mukai, J. Lu and K. Furuno, Signature Inversion and Proton-Neutron Coupling in the Rotational Structure, *Perspectives in Heavy Ion Physics*, World Scientific 288-299(1996).
9. A. Odahara, Y. Gono, S. Mitarai, T. Shizuma, E. Ideguchi, J. Mukai, H. Tomura, B.J. Min, S. Suematsu, T. Kuroyanagi, K. Heiguchi, T. Komatsubara and K. Furuno, The β Decay of ^{88}Tc , Zeit. Phys. A354 231-232 (1996).
10. D. Rudolph, C.J. Gross, J.A. Sheikh, D.D. Warner, T. Shizuma, et al., Identification of T=0 and T=1 bands in the N=Z=37 Nucleus ^{74}Rb , Phys. Rev. Lett. 76 376-379 (1996).
11. M. Lipoglavsek, J. Cederkäll, M. Palacz, J. Persson, T. Shizuma et al., Stability of ^{100}Sn Deduced from Excited States in ^{99}Cd , Phys. Rev. Lett. 76 888-891 (1996).
12. K. Narimatsu, Y.R. Shimizu and T. Shizuma, γ -Tunneling Calculations for the Decay of the K isomers in the Hf, W, Os Region, Nucl. Phys. A601 69-88 (1996).
13. J. Cederkäll, M. Lipoglavsek, M. Palacz, J. Persson, T. Shizuma et al, First Evidence for Excited States in ^{101}Cd , Phys. Rev. C53 1955-1958 (1996).

14. M. Palacz, J. Cederkäll, M. Lipoglavsek, J. Persson, T. Shizuma et al,
In-Beam γ -Ray Spectroscopy of ^{101}Cd ,
Nucl. Phys. A608 227-242 (1996).
15. J. Persson, J. Cederkäll, M. Lipoglavsek, M. Palacz, A. Atac, T. Shizuma et al,
New Spectroscopic Data on ^{102}Cd ,
Acta. Phys. Pol. B27 171 (1996).
16. M. Lipoglavsek, M. Górsca, J. Nyberg, A. Atac, T. Shizuma et al.,
In-Beam Study of ^{102}Sn ,
Zeit. Phys. A356 239-240 (1996)
17. D. Kast, A. Jungclaus, A. Harder, K.P. Lieb, D. Rudolph, R. Schubart, T. Shizuma et al.,
First Identification and Shell Model Structure of ^{92}Rh ,
Zeit. Phys. A356 363-364 (1997).
18. Y. Akiba, K. Kurita, Y. Miake, H. Sako, et.al.,
Particle Production in Au+Au Collisions,
Nucl. Phys. A610 139c-152c (1996).
19. T. Peitzmann, T. Chujo, K. Enosawa, R. Higuchi, S. Kato, M. Kurata, K. Kurita, Y. Miake, Y. Miyamoto,
S. Nishimura, S. Sato, K. Yagi, Y. Yokota, et.al.,
Photon and Neutral Meson Production in 158 A GeV Pb-208 + Pb Collisions,
Nucl. Phys. A610 200c-212c (1996).
20. M.D. Baker, A. Kumagai, K. Kurita, Y. Miake, H. Sako, K. Yagi, et.al.,
The Centrality Dependence of the Source Size for Au-Au Collisions at the AGS,
Nucl. Phys. A610 213c-226c (1996).
21. T. Chujo, K. Enosawa, R. Higuchi, K. Kanoh, M. Kurata, K. Kurita, Y. Miake, Y. Miyamoto,
S. Nishimura, Y. Okuma, S. Sato, Y. Yokota and K. Yagi,
A gas Cherenkov Beam Counter with Timing Resolution of 30 ps for Relativistic Heavy ion Experiments,
Nucl. Instr. and Meth. A383 409-412 (1996).
22. Y. Akiba, K. Kurita, Y. Miake et al.,
Production of PHI Mesons in Central Si-28 and Au-196 Collisions at 14.6 AGeV/c,
Phys. Rev. Lett. 76 2021-2024 (1996).
23. I.G. Bearden, S. Nishimura, et.al.,
Collective Expansion in High-Energy Heavy Ion Collisions,
Phys. Rev. Lett. 78 2080-2083 (1997).
24. I.G. Bearden, S. Nishimura, et.al.,
Mid-rapidity Protons in 158 AGeV/c Pb+Pb Collisions,
Phys. Lett. B388 431-436 (1996).
25. H. Boggild, S. Nishimura, et.al.,
Coulomb Effect in Single Particle Distributions,
Phys. Lett. B372 339-342 (1996).
26. H. Boggild, S. Nishimura, et.al.,
Low pt Phenomena in A+A and p+A Collisions at Mid-rapidity,
Zeit. Phys. C69 621-626 (1996).
27. T. Komatsubara, K. Shima, T. Shizuma, H. Oshima, Y. Tajima, H. Kimura, S. Ishii, T. Takahashi, T.
Kaikura, Y. Yamato, T. Ishihara and K. Furuno,
Research Activities at the Tandem Accelerator of University of Tsukuba,
Proc. of the 6th Japan-China Joint symp. on Accelerators for Nuclear Science and their Applications,
Oct. 1996, Chengdu, China.
28. Y.R. Shimizu, K. Narimatsu, S. Ohtsubo and T. Shizuma,
Direct Transitions from High-K Isomers to Low-K bands— γ Softness or Coriolis Coupling—,

- Proc. of the Conf. on Nuclear Structure at the Limits*, (Argonne National Laboratory, July 1996) ANL/PHY-97/1(1997) 159-164.
29. W. Reviol, L.L. Riedinger, X.Z. Wang, T. Shizuma et al,
Tilted Axis Rotation in Odd-Odd ^{164}Tm ,
Proc. of the Conf. on Nuclear Structure at the Limits, (Argonne National Laboratory, July 1996) ANL/PHY-97/1(1997) 165-170.
30. M. Lipoglavsek, M. Górsca, J. Nyberg, A. Atac, T. Shizuma et al.,
In-Beam Studies of ^{98}Cd and ^{102}Sn ,
Proc. of the Conf. on Nuclear Structure at the Limits, (Argonne National Laboratory, July 1996) ANL/PHY-97/12(1997) 243-246.
31. Y. Miake and M. Sumnera,
Relativistic Heavy-Ion Collisions, Probing Quark-Gluon Plasma in Early Universe *Proc. Int. Symp. on Origin of Matter and Evolution of Galaxies*, Atami, Japan, January 18-20 (1996), World Scientific.

(学位論文(博士論文))

1. 熊谷荒太 Deuteron Production in Au+Au Collisions at 11.7 AGeV/c.
2. Liu Xin Study of Reaction Mechanisms and Dynamics for the Reaction $^{84}\text{Kr}+^{27}\text{Al}$ at $E_{\text{lab}} = 8.5 \text{ MeV/u}$.
3. 富田成夫 Distribution of Mass and Averaged Internal Energy of Fullerenes Produced in Arc-Discharge Ion Source.

(学位論文(修士論文))

1. 内山浩志 ^{124}Ba 核の第一励起状態の寿命測定
2. Zheng Jun Development of a High-Voltage Generator for a Beam Pulsing System
3. 船谷仁奈 加速器質量分析法による ^{36}Cl 測定法の開発
4. 山田直樹 CsI シンチレーターによる中性子反応断面積の測定
5. 樋口まり子 D(d,p)T 反応を利用した注入重陽子の実時間での探索
6. 樋口理子 Timing Measurement for Hadron Identification Using Pb/Scintillator Calorimeter
7. 宮本祐子 Development of a Tracking Code for a Spectrometer of WA98 Experiment.
8. 大熊靖夫 E337 KEK-PS12GeV Proton による標的核多重破砕
9. 千葉清幸 π 中間子による原子核からの η 中間子の生成
10. 鈴木篤史 E246 時間反転対称性の破れ探索におけるミュオンポラリメーターの製作
11. 中條達也 Hadron Production in Au+Au Collisions at 4 and 11 AGeV/c
12. 丸山剛生 高エネルギー原子核実験のためのインテリジェントトリガーボードの開発

(国際会議講演) (下線は講演者)

1. Y. Tagishi
「Analyzing Powers for $^2\text{H}(d,p)^3\text{H}$ and $^2\text{H}(d,n)^3\text{He}$ Reactions at Very Low Energies」
7th RCNP Int. Workshop on Polarized ^3He Beams and Gas Targets and Their Applications
(January, 1997, Kobe).
2. S. Tomita, S.M. Lee, T. Miura, T. Mizota and D.X. Jiang
「Distribution of Mass and Averaged Internal Energy of Fullerenes Produced in Arc-Discharge Ion Source」
8th Int. Symp. on Small Particles and Inorganic Clusters(ISSPIC8), July 1-6, 1996, University of Copenhagen, Denmark.

3. S. Tomita, S.M. Lee, T. Kurita, T. Miura, H. Sasaki, K. Uchida and T. Nishimura,
「Collision Induced Dissociation of C₆₀ with Noble Gas Atoms」
NAIR Workshop '97 on Cluster Science, Mar. 11-13(1997), Tsukuba Research Center Auditorium, AIST.
4. H. Sako, S. Hayashi, A. Kumagai, Y. Miake and K. Yagi
「Antiproton Production in 11.7 AGeV/c Au-Au Collisions from E866」
International symposium on Heavy Ion Physics at the AGS August 22-24, 1996, Wayne State University, in Detroit, Michigan.
5. K. Kurita, S. Hayashi, A. Kumagai, Y. Miake, H. Sako and K. Yagi
「Azimuthal Asymmetry of Particle Production in Au+Au Collisions at 10.6 AGeV/c」
Int. Symp. on Heavy Ion Phy. at the AGS Aug. 22-24, 1996, Wayne State University, Detroit, Michigan.
6. S. Nishimura, T. Chujo, K. Enosawa, K. Kurita, M. Kurata, Y. Miake, Y. Miyamoto, H. Sako, S. Sato, Y. Yokota and K. Yagi
「Hadron Measurements in WA98 Experiment」
Invited talk at the Third International Conference on Physics and Astrophysics of Quark Gluon Plasma (ICPA-QGP 97), March 17 - 21, 1997, Jaipur, India.
7. M. Kurata, T. Chujo, K. Enosawa, K. Kurita, Y. Miake, Y. Miyamoto, S. Nishimura, H. Sako, S. Sato, Y. Yokota and K. Yagi
「Flow dependence of Hadron production」
Invited talk at the Third International Conference on Physics and Astrophysics of Quark Gluon Plasma (ICPA-QGP 97), March 17 - 21, 1997, Jaipur, India.

(日本物理学会講演) (下線は講演者)

1. 広田克也, 奥村紀浩, 片瀧竜也, 山田直樹, 田岸義宏, 青木保夫,
「22 MeV 偏極重陽子による (d,d), (d,p) 反応の測定とその解析」1996年10月、佐賀大学
2. 青木保夫, 広田克也, 奥村紀浩
「10~20 MeV 偏極重陽子の ²⁰⁸Pb による弾性散乱の解析」1997年3月、名城大学
3. 片瀧竜也, 水越和満, 山田直樹, 田岸義宏,
「低エネルギー領域における ²H(d,p)³H, ²H(d,n)³He 反応の偏極分解能」1996年10月、佐賀大学
4. 富田成夫「電子衝撃型イオン源におけるフラーレンイオンの質量分布及び内部エネルギー分布」
放射線物理シンポジウム、1996年10月、山口大学
5. 三浦 崇, 佐々木玄, 内田一也, 富田成夫, 李 相茂
「コルトロンイオン源による炭素クラスタービームのパルス化」1997年3月、名城大学
6. 栗田哲郎, 富田成夫, 李 相茂, 他,
「数 keV 領域における原子フラーレン散乱-逆運動学的方法-」1997年3月、名城大学
7. 佐々木玄, 富田成夫, 栗田哲郎, 三浦 崇, 内田一也, 李 相茂
「数 keV 領域における希ガス原子フラーレン散乱実験」1997年3月、名城大学
8. 米谷公昭, 嶋山稔英, 栗田哲郎, 富田成夫, 李 相茂, 他
「低速クラスターに対するマイクロチャンネルプレート検出器の応答」1997年3月、名城大学
9. X. Liu, 李 相茂, D.X. Jiang, 三浦 崇, 栗田哲郎, 佐々木玄, 他
「Reaction Mechanisms and Time Scale for Fission-like Reaction ⁸⁴Kr+²⁷Al at E_{lab} = 8.5 MeV/A」
1997年3月、名城大学
10. 古野興平, 呂 駿, 小松原哲郎, 斎藤武彦, 橋本奈美, 内山浩志, 高橋英美, 他,
「Rotational band structures in ¹³¹Cs」1996年10月、佐賀大学
11. 内山浩志, 橋本奈美, 高橋英美, 加藤雅規, 村崎麻美, 松浦勝之, 鵜田由希, 田中長智, 佐々木康行,
静岡俊行, 小松原哲郎, 古野興平
「反跳距離法を用いた ¹²⁴Ba の 2⁺ → 0⁺ の寿命測定」1997年3月、名城大学
12. 橋本奈美, 斎藤武彦, 内山浩志, 高橋英美, 村崎麻美, 呂 駿, 小松原哲郎, 古野興平, 他
「¹³⁴Ce の 磁気モーメントの測定」1997年3月、名城大学

13. 倉田美月、絵野澤和彦、大熊靖夫、加藤純雄、栗田和好、佐藤 進、中條達也、西村俊二、
 三明康郎、宮本祐子、八木浩輔、横田幸郎、他、
 「Hadron Measurement in Pb+Pb Collisions at 158 AGeV/c from CERN-SPS-WA98 Experiment」
 1996年10月、佐賀大学
14. 佐甲博之、加藤純雄、熊谷荒太、栗田和好、林 祥子、三明康郎、八木浩輔、他、
 「Antiproton Production in Au+Au Collisions at 11.7 AGeV/c from BNL-AGS E866 Experiment」
 1996年10月、佐賀大学
15. 三明康郎、絵野澤和彦、大熊靖夫、加藤純雄、叶 健治、倉田美月、栗田和好、佐甲博之、
 佐藤 進、中條達也、西村俊二、樋口理子、宮本祐子、横田幸郎、八木浩輔、他、
 「高エネルギー原子核衝突実験 PHENIX/WA98 のための高時間分解能飛行時間測定器のデータ読み出し
 系の開発」1996年10月、佐賀大学
16. 倉田美月、石橋達平、浦沢幸子、絵野澤和彦、大熊靖夫、加藤純雄、清道明男、栗田和好、佐甲博之、
 佐藤 進、中條達也、西村俊二、樋口理子、三明康郎、三浦大輔、宮本祐子、横田幸郎、八木浩輔、他
 「WA98実験 158 AGeV/c 鉛+鉛衝突におけるハドロン生成機構のフロー依存性」1997年3月、名城大学
17. 佐藤 進、石橋達平、浦沢幸子、絵野澤和彦、大熊靖夫、加藤純雄、清道明男、倉田美月、栗田和好、
 佐甲博之、中條達也、西村俊二、樋口理子、三明康郎、三浦大輔、宮本祐子、横田幸郎、八木浩輔、他、
 「Identified Particle Measurement in Pb(158 AGeV/c per nucleon)+Pb Collision at CERN-SPS」
 1997年3月、名城大学
18. 清道明男、浦沢幸子、絵野澤和彦、大熊靖夫、加藤純雄、倉田美月、栗田和好、佐甲博之、佐藤 進、
 島田知弘、中條達也、西村俊二、林 寛、樋口理子、平野太一、三明康郎、三浦大輔、宮本祐子、
 横田幸郎、八木浩輔
 「PHENIX 実験 飛行時間測定器の鉛ガラスカロリメーターからのバックグラウンドの測定」
 1997年3月、名城大学
19. 浦沢幸子、絵野澤和彦、大熊靖夫、加藤純雄、清道明男、倉田美月、栗田和好、佐甲博之、佐藤 進、中
 條達也、西村俊二、樋口理子、三明康郎、三浦大輔、宮本祐子、横田幸郎、八木浩輔、他、
 「RHIC PHENIX 実験高時間分解能飛行時間測定器較正のためのレーザーシステムの開発」
 1997年3月、名城大学

(国内研究会講演) (下線は講演者)

1. 石原豊之、大島弘行、石井 聡、高橋 務、田島義一、木村博美、皆倉輝志、大和良弘、島 邦博、
 小松原哲郎、静間俊行、古野興平 「筑波大タンデム加速器の現状」
 第9回タンデム加速器及びその周辺装置 研究会、1996年7月、日本原子力研究所
2. 富田成夫、内田一也、三浦 崇、李 相茂、他
 「イオン源プラズマ中でのフラーレンイオンの内部エネルギー分布」
 京大基研 研究会、—原子核とマイクロクラスターの類似性と異質性—、1997年3月、京都大学
3. 栗田哲郎、富田成夫、李 相茂、他、
 「数 keV 領域における原子フラーレン散乱—逆運動学的方法—」
 京大基研 研究会、—マイクロクラスターの構造と励起—、1997年3月、京都大学
4. 三浦 崇 「数 keV 領域における希ガス原子フラーレン散乱—正常運動学的方法—」
 京大基研 研究会、—マイクロクラスターの構造と励起—、1997年3月、京都大学
5. 橋本奈美 「 ^{134}Ce の s-band の磁気モーメントの測定」
 理研シンポジウム、—ガンマ線分光が拓く 21世紀の核物理—、1996年12月、理化学研究所
6. 小松原哲郎 「質量数 $A \sim 130$ 領域の M1 バンド」
 理研シンポジウム、—ガンマ線分光が拓く 21世紀の核物理—、1996年12月、理化学研究所
7. 静間俊行 「K-forbiddenness in the Hf-W-Os Region」
 理研シンポジウム、—ガンマ線分光が拓く 21世紀の核物理—、1996年12月、理化学研究所