

§ 2. 仁科記念賞について

仁科記念賞は、原子物理学とその応用の分野で、最近数年間にきわめて優れた業績をあげた研究者に贈られるもので、功成り名を遂げた老大家ではなく、比較的若い現役の研究者を対象としています。

毎年、約400人の国内専門家に候補者の推薦を依頼し、財団の選考委員会が審査し、1乃至3件を決定します。

仁科記念賞の意義は既に我国の学界において確立され、物理学関係では最も重要な賞としての高い評価を得ています。

1994年度は第40回仁科記念賞を下記の3件6氏の研究に対して贈呈しました。

研究題目 アンダーソン局在およびメソスコピック系における量子輸送現象の理論

受賞者 学習院大学理学部教授 川 畑 有 郷

推薦理由

30年来の謎であった半導体の負の磁気抵抗効果を理論的に解明した。

通常の金属を磁場中に置くと、その電気抵抗は磁場のない時に比べて増大する。それは磁場によって電子にローレンツ力が働き、電流が真っ直ぐ流れなくなるからである。ところが半導体はかなり多くの不純物を含む場合（例えばSiに0.001%位のSbを含む場合）、その電気抵抗は磁場の下では減少するという現象が1950年代に佐々木亘氏等によって発見され、その後の実験的研究によって多くの半導体で一般的に起こる現象であることがわかってきたが、その説明は永い間なされていなかった。川畑氏は当時（1980年ごろ）盛んであった2次元のアンダーソン局在に対する理論を3次元系である半導体に適用し、負の磁気抵抗効果にたいする明快な説明を与え、その後のこの分野の発展に大きな寄与をなした。

電子は波動の性質を持っているから、不純物で散乱された電子の波がもとの位置に戻ってきてもとの波と強め合い、その場所では大きな振幅をもち、遠方では小さな振幅となるような現象が起こる。これがアンダーソン局在であり、電気抵抗の起

源となっている。ところが磁場をかけると、磁場は電子波の位相を変化させ、波の強め合いや弱め合いが弱くなり、電子波の局在性が弱くなって電流が流れ易くなる。これが電気抵抗減少の原因である。川畑理論はこのような効果を正しく計算にとりいれて、実験結果を極めてよく説明することに成功した。このような効果は2次元では大きくても、3次元では小さいと考えられていたにもかかわらず、それが負の磁気抵抗効果の原因であることを突き止めた点に川畑理論のオリジナリティーがある。

川畑氏はその後も電子波の干渉が本質的役割をはたすメソスコピック系での電子の振舞について、独創的な理論を次々に発表してこの分野の研究で指導的役割を果たしている。

研究題目 クーラーリングを用いた電子-分子イオン衝突の精密研究

受賞者 東京大学原子核研究所助教授 田 辺 徹 美

推薦理由

要旨：

田辺氏は東京大学原子核研究所に電子冷却装置付きイオン蓄積リング（クーラーリング）の建設を提唱し、その設計・試作に中心的役割を果たし、世界の粒子加速器技術の進歩に貢献してきたが、最近数年間には、このクーラーリングを適用して電子-イオン衝突過程の研究を実施し、一連の先駆的な成果を挙げた。殊に、電子-分子イオン衝突における再結合過程の典型例として、 HeH^+ 分子イオンの解離性電子捕獲過程をとりあげ、従来知られていた零近辺の衝突エネルギーにおける解離性再結合過程のほかに、約20 eVに衝突エネルギーの極大値を持つような共鳴的電子捕獲過程が大きな寄与をすることを世界に先駆けて発見し、原子分子過程研究分野の進歩に大きな影響を与えた。またこの種の研究の成果は、オーロラなど上層大気中での現象を対象とする地球物理の分野や、星間分子の振舞を解析する宇宙物理の分野にとっても重要な意義がある。

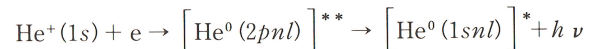
研究内容の概要：

電子冷却装置付きイオン蓄積リング（クーラーリング）：

イオンビーム蓄積リング (ion storage ring) のなかを周回するイオンの、運動エネルギーと進行方向を揃えることをビームの冷却 (cooling) とよぶ。ビームの冷却によって、蓄積されるイオンの寿命は長くなり、強度の高いビームを微小な寸法に絞り込むことが可能となり、また加速用の高周波電圧との同期性が高められ、イオンビームの質が著しく改善される。このため、ビーム冷却は加速器技術のなかで重要な課題の一つとなっている。イオンの周回路の一部で、エネルギーと方向の揃った電子ビームをイオンと平行に走らせることによってビーム冷却を行う方法は電子冷却とよばれる。田辺氏は早い時期から電子冷却法を核研重イオン蓄積リングに適用する研究を提唱し、装置の設計・製作・調整の仕事に中心的な寄与をした。

電子-イオン合流ビーム実験：

速度の異なる電子ビームとイオンビームを平行に走らせて、その間の衝突現象を研究する方法は合流ビーム法 (merging-beams method) と呼ばれ、従来から行われている。しかしながら、単一行路ビームを用いる方法では、衝突するイオンがどういう電子状態・振動状態にあるかを確認し難く、また、生起確立 (有効断面積) の小さな現象は観測し難い。そこで、クーラーリングを用いて合流ビーム実験を行えば、電子ビームを良質で強度の高いイオンビームと極めて多数回遭遇させることができるわけで、単一行路ビームを使う従来の実験では得られなかった優れた条件が得られる。まず、クーラーリングで十分に長い時間周回させて、イオンの量子状態が基底状態に落ちついてから衝突を行わせればよい。また、十分に多数回 (100万回近くも可能である) 衝突領域を通過させることにより、従来観測することの出来なかった有効断面積の小さな現象を検出できる可能性が生まれる。また、衝突エネルギーの分解能も格段に改善される。田辺氏は He^+ の2電子性再結合 (dielectronic recombination)

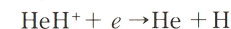


の研究に初めてクーラーリングを応用して、これらの特徴を確認した。

分子イオンの解離性再結合の研究：

分子イオンが電子を捕獲して中性分子となり同時に中性の原子 (または分子) に

解離する過程を解離性再結合 (dissociative recombination) とよぶ。例えば HeH^+ の解離性結合は次のように表される。



田辺氏は図1のような装置を用い、合流ビーム実験を行った。ビーム合流部の長さは約1.5mで、これがリング全長に占める割合は1.9%である。イオンと電子の相対速度を変化させながら、HeとHとが同時にやってくる場合の信号を検出する

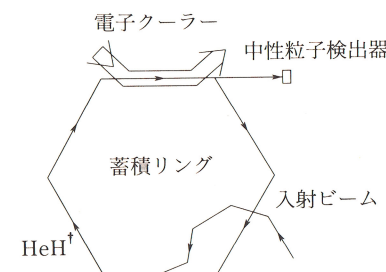


図1 電子-分子イオン合流ビーム衝突実験に使われたイオン蓄積リング、電子クーラーおよび中性粒子検出器の概念図。

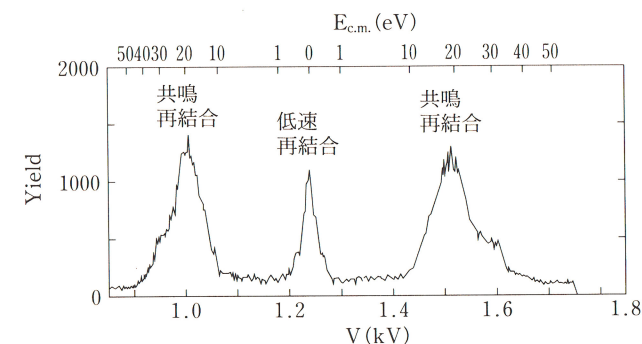


図2 解離性再結合で作られる中性粒子の収率と電子のエネルギーとの関係図。上の横軸 $E_{c.m.}$ は重心エネルギーを表す。イオン入射後 0.92-1.47 秒間に起こった衝突に相当する。

と、図2のような結果を得ることに成功した。図2はイオンを約1秒間周回させてから、0.55秒の間衝突を行わせた結果である。 $E_{c.m.}$ (重心系エネルギー) が 0 eV

の近所に現れるピークは単一行路型の実験でも知られていた過程であるが、このほかに $E_{c.m.}$ が約 20 eV のところに極大値を持つ幅の広いピークが観測される（2つのピークが右と左に対称に現れるのは、それぞれ電子の速度がイオンの速度より早い場合とその逆の場合に相当する）。この結果は2個の電子が励起状態に上げられているような中間状態を経由する共鳴過程を表しており、世界に先駆けた発見である。この直後に同様の過程が HD^+ と H_2^+ でも存在することがドイツとデンマークの研究所から報告され、簡単な分子イオンで普遍的に起こる過程であることが明らかにってきた。

田辺氏はさらに、 HeD^+ について同様の研究を行い、特に、0 eV で現れる過程が大きな同位体効果をうけることを明らかにした。

この種の分子イオンの解離性再結合過程の研究結果は上層大気や星間空間での分子イオンの分布を研究する分野にとって重要な影響がある。

研究題目 格子量子色力学の大規模数値シミュレーションによる研究

受賞者	筑波大学物理学系教授	岩崎洋一
	筑波大学物理学系教授	宇川彰
	高エネルギー物理学研究所教授	大川正典
	京都大学基礎物理学研究所助教授	福来正孝

推薦理由

強い相互作用研究の歴史：

原子核は陽子と中性子から構成され、それらは強い力で原子核に束縛されている。この強い力の正体は1934年湯川秀樹により解明され、力は中間子と呼ばれる粒子によって媒介されていることがわかった。この時点で人々は陽子、中性子および中間子は素粒子であると考えた。しかしその後、1960年代に入り高エネルギー加速器を用いた実験が行われるようになり、これらの粒子と同程度に基本的と考えられる粒子が次々に発見された。その数は、現在数百種類が確認されており総称してハドロンと呼ばれている。ハドロンは物質の究極の構成要素と考えるには種類が多すぎる。1964年、ゲルマンとツバイクは独立に、ハドロンはクォークと呼ばれる基本

粒子とその反粒子から出来ているという理論を提案した。この提案以降、クォークを実験的に見つけようという試みがなされているが、現在に至るまで単体のクォークは発見されていない。このためにクォークはハドロンの中に非常に強い力によって閉じこめられており、単体では取り出せないと考えられている。

クォークをハドロンの中に閉じこめる強い力を記述する理論として、現在最も有力視されているのは量子色力学である。しかしこの理論の研究を解析的に行うことはできない。力が強すぎるため、電磁力のような弱い力を研究するのに有効だった摂動論という解析法が使えないのである。この困難から逃れるために、1974年ウィルソンは4次元時空を離散化し格子上に理論を定式化することを提案した（格子量子色力学）。格子上に定義された理論は自由度が有限であり、計算機上で数値シミュレーションをすることができる。ハドロンの世界を直接計算機の中に作りだし、その性質を研究しようというものである。ただし現実的な研究をするのに必要な計算量は非常に膨大なものであり、また多くのシミュレーション技法の研究開発も必要であり、興味ある研究がなされるようになったのは1980年代後半になってからである。

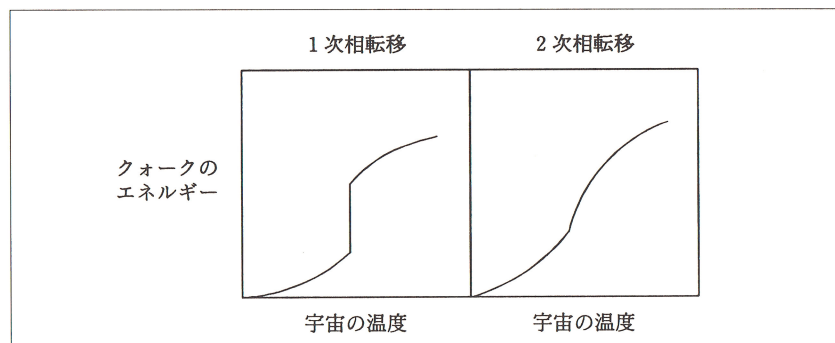
この研究の貢献：

1. ハドロン質量の計算

量子色力学が強い力を記述する正しい理論であるかどうかを検証するには、この理論を用いて実際にハドロンの性質を再現してみせる必要がある。ハドロンを特徴づける物理量の中で最も基本的なものはハドロンの質量であり、ハドロン質量の計算は格子量子色力学に課せられた大きな課題である。岩崎氏を中心とするグループは、計算機工学者とともに格子量子色力学専用の超並列計算機（QCDPAX）を製作し、ハドロン質量の計算を行った。その結果は、他の汎用大型計算機を用いた計算に比べ規模、精度共に格段に優れたものであり、世界的に高く評価されている。また、宇川、大川、福来を中心とするグループは、真空偏極の寄与を考慮に入れたハドロン質量の系統的研究を世界に先駆けて行った。これらの研究を通じて軽いハドロンの性質は量子色力学によって正しく記述されていることが明らかになってきた。

2. 有限温度相転移の研究

ビッグバンによって誕生した直後宇宙は超高温であり、そのような環境の中ではクォークはハドロンの中に閉じこめられておらず、自由に運動していた。その後宇宙が膨張し温度が約1兆度まで下がった時、宇宙は相転移を起こしクォークはハドロンの中に閉じこめられたと考えられている。問題はこの相転移が突然不連続に起こったのか（1次相転移）、それとも緩やかに起こったのか（2次相転移）であり、これによってその後の宇宙での元素合成の過程は全く違ったものとなる。現在の実験室では1兆度の世界を再現することは不可能であるが、格子量子色力学を用いれば計算機の中にそのような環境を設定することが可能である。高エネルギー物理学研究所のスーパーコンピュータを用い、この数値シミュレーションを行い、有限温度相転移が1次でないことを発見した。この成果はその後の宇宙進化の研究に大きな影響を及ぼす事となった。



§ 3. 仁科記念講演会について

仁科記念財団は、仁科博士の誕生日にあたる12月6日あるいはその近くに、定例の記念講演会をおこないます。このほかに外国の著名な物理学者を招いて行う講演会、地方で催す講演会があります。どの講演会も、最近はいろいろな大学との共同主催の形で行われています。この方式のよい点は、その学生にとって来聴しやすいだけでなく、他の大学の学生や研究者たちにも呼びかけることによって、大学間

のかべを低くする効果が得られることにあります。伝統ができあがっており、ことに定例記念講演会は社会の各分野に進んだ同窓生が顔をあわせる機会にもなります。

1994年度は次の講演会を開催しました。

第40回定例講演会（学習院大学理学部と共同主催）

日 時 1994年12月3日（土）午後2時～5時（開場1時半）

会 場 学習院大学 西5B1教室

講 演 蛋白質設計への道

学習院大学教授 生命分子科学研究所長

三 浦 謹一郎

映 画 「仁科芳雄」

§ 4. 仁科記念研究奨励金について

この研究奨励金は、(1)小規模国際研究集会の助成と、(2)わが国の若い研究者の海外での共同研究の援助にあてられています。1992年度からは(3)発展途上国の研究者の来日研究の援助も、各界からの強い要望にこたえて始められました。(1)は総経費（参加費を除く）が500万円以内のものを優先し、その申請に対して仁科記念財団から1件200万円以内の助成を行います。(2)は公募して選考します。選考の際に参考とする意見書を提出していただくため数名のかた（いままでの指導者および同僚）を応募者に指名してもらいます。滞在期間は1年、在職者のばあいは所属機関の承認が得られること、年齢が35歳未満であることが必要です。(3)は受け入れをわが国の研究者に担当していただき、入国ならびに滞在中のお世話をお願いしております。

(1) 小規模国際研究集会

1994年度は下記の小規模国際シンポジウムに対し助成しました。

a.対 象：第1回東アジア生物物理学シンポジウム

1994年5月16日～20日 兵庫県立先端科学技術支援センターにおいて