

§ 6. 仁科記念財団の活動 —1995年度—

1. 仁科記念賞

本年度は下記2件3氏の研究に対して贈呈しました。

受賞者 東北大学大学院理学研究科教授 佐藤武郎

研究題目 超低温における量子的分離現象の実験的研究

推薦理由

液体⁴He 中に安定に溶かし得る³He の濃度は、0.1K では約6%以内に限られ、それ以上を溶かそうとしても、ほぼ純粋な³He の相が析出してしまう（相分離）。佐藤氏は飽和濃度を僅かに上回る過飽和混合液を用意すること、及び過飽和の度合いを実験的に制御することに成功した。そして、過飽和度がある臨界値に達したときに相分離が起こることを、0.1K から0.4mK にわたる温度範囲で確認した。しかも10mK 以下では臨界値が温度によらず一定となることを発見した。

これは「エネルギー障壁をトンネル効果で通過することによる量子核形成現象が実証された」ことを示している。

量子核形成現象は、物性論から宇宙論に到るまで、超低温領域における一次相転移の引金として普遍的重要性を有するものであり、その実験的検証は、物理学の広範な分野における種々の理論的考察に対して実験的根拠を与えるものである。従つて、佐藤氏の実験の基盤的意義は極めて大きいと言える。

受賞者 大阪大学大学院工学研究科教授 川上則雄

筑波大学物理学系教授 梁 成吉

研究題目 共形場理論に基づく1次元電子系の研究

推薦理由

ある種の結晶では分子が鎖状につながった構造を持ち、この鎖に沿って電子がよく流れる一次元の導体を形成する。このような一次元電子系の理論的研究は1950年

朝永によって始められた。その後1973年に上に述べたような結晶が現実に発見され、一次元電子系の研究は理論、実験にまたがる一つの大きな分野に成長していった。

実験では、超伝導¹⁾をはじめ CDW²⁾、SDW³⁾、スピニ・パーエルス転移⁴⁾などの興味ある現象が見つかった。一方理論では、まず朝永によって、一次元系では電子は互いに独立に運動するのではなく、集団で運動することが指摘されていたが、ラッティンジャーはこの問題をさらに詳しく調べた。その後ハルデンは他の一次元系（磁性体等）でも同様の特異な振舞がみられることを予測し、これらをひっくり返してラッティンジャー流体と名付け、この振舞が一次元系の普遍的な性質であると主張した。そこでラッティンジャー流体の性質を解明することが理論物理の大きな課題となった。朝永やラッティンジャーの得た結果は電子間の相互作用に特別の形を仮定し、かつそれが弱い時に成り立つものであったが、現実には電子間相互作用はかなり強いものであるし、また酸化物超伝導体（二次元系とみなせる）もラッティンジャー流体に属するのではないかという予測もあって、強い相互作用の場合の研究が盛んに行われるようになった。しかし殆どが有限系（数十個の電子からなる）についての数値計算⁵⁾であって、精度の点からも確かな結論の出せるものではなかった。

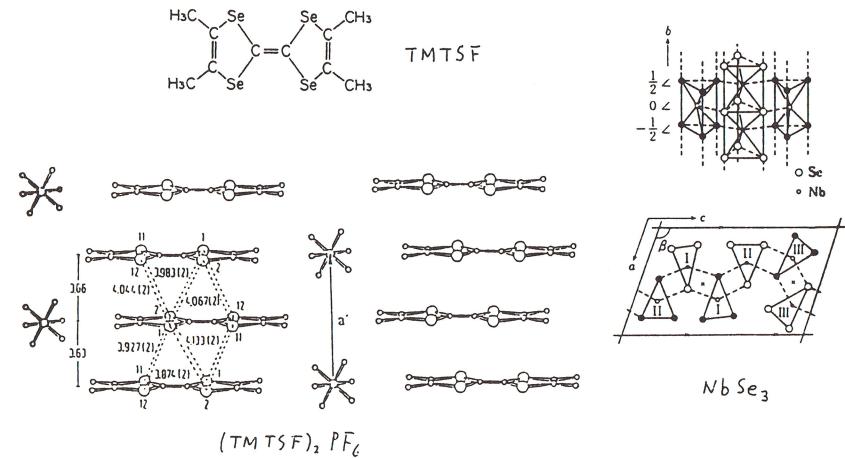
川上氏と梁氏は共形場⁶⁾の理論の助けをかりて、電子間相互作用については特別な形（ハーバード・モデル⁷⁾といわれる）を仮定するが、その強さがどんなときでも成り立つ厳密な（近似を含まない）答えを見いだした。それによるとこの系（ハーバード・モデル）は相互作用がどんなに強くてもラッティンジャー流体であることが示された。そしてこの系の示す性質を特徴づける量（臨界指数⁸⁾といわれる）が相互作用の関数として正確に求められ、いくつかの臨界指数の間に簡単な関係が成り立つことを見い出した。超伝導に対応する臨界指数は、相互作用が強いとき CDW や SDW に対応するものより大きく、この系は超伝導にはならず、なるとすれば CDW か SDW であると結論された。

このように両氏の研究は、多くの人が求めようとしていたハーバード・モデルの臨界指数を解析的に求めたというだけではなく、一般にラッティンジャー流体を取り扱

うミクロな理論⁹⁾を確立した点で大きなインパクトを持っている。現在取扱われている一次元電子系は非常に簡略化したモデル（朝永・ラッティンジャー・モデル、ハーバードモデル等）であって、これをより現実のものに近づける努力が今後進められるであろうし、また他の系（量子ホール系の edge 状態等）も一次元電子系に帰することができる。これらは当然ラッティンジャー流体と期待されるから、これらの研究にとっては両氏の仕事は出発点となる基本的なものである。実際両氏もこの方向に重要な寄与をなしつつあるところである。

- 1) 最初に $(TMTSF)_2PF_6$ という有機物質に圧力をかけたもので発見された。その T_c は約 1K である。TMTSF の構造式は図参照。
- 2) Charge density wave の略。電子密度の濃いところと薄いところが縞状になった状態。TTF・TCNQ, NbSe₃, K_{0.3}MoO₃ などで発見されている。
- 3) Spin density wave の略。電子のスピンの上を向いたところと下を向いたところが交互になった状態。圧力をかけない $(TMTSF)_2X$ ($X = PF_6$, ClO₄, NO₃) で発見された。古くは一次元系ではないが金属 Cr で SDW が観測された。
- 4) 隣り合った原子が互いに近づきあい、そのスピンが互いに逆向きになって打ち消しあい、結晶全体のスピンが消失した状態への転移。
- 5) 数値計算ではすべての電子の行動を計算する。電子数が多くなければ計算は不可能となる。実際にほしいのはマクロな数の電子のときの全電子についての平均であり、それを求めるうまい方法がないとき数値計算に頼ることが多い。
- 6) ある範囲での場の様子が、範囲をたとえば 2 倍にしても相似に見えるような場のことを言う。
- 7) 2 つの電子が非常に近くに来たときだけ力が働くようなモデル。
- 8) たとえばある瞬間にある場所で電荷の縞状が現われたとすると、そこから遠くにゆくとその縞はだんだん薄れてわからなくなる。またある場所で超伝導状態が現れたとすると遠くにゆけば超伝導の強さはだんだん弱くなる。一般に距離 r 離れると強さは $1/r^\alpha$ に比例して減少するのがラッティンジャー流体の場合である。この α を臨界指数という。

9) 基本法則に基づいてそれから導かれる理論。対照的なのは現象論で、これにはなんらかの直感、洞察が含まれる。現象論はいつかはミクロな理論で基礎づけられなければならない。



2. 仁科記念講演会

本年度は次の記念講演会を開催しました。

a. 1993年ノーベル物理学賞受賞者 Joseph H. Taylor 教授（プリンストン大学）を招いての講演会

講演題目 Binary Pulsars and Relativistic Gravity

（東京会場）

日 時 1995年4月5日（水）午後3時～5時（開場2時半）

会 場 東京大学理学部化学教室講堂（5階）

主 催 仁科記念財団

東京大学大学院理学系研究科

（京都会場）

日 時 1995年4月11日（火）午後3時半～5時（開場3時）

会 場 京都大学基礎物理学研究所大講演室