

氏名	吉 光 浩 二 よし みつ こう じ
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 216 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学位論文題目	強誘電的相転移の理論的研究
論文調査委員	(主 査) 教授 松原武生 教授 富田和久 教授 松田博嗣 教授 浅井健次郎

論 文 内 容 の 要 旨

吉光浩二の申請論文は二部からなっている。その第一部は、いわゆる秩序—無秩序型強誘電体と呼ばれる一群の物質の、キューリ点近傍において観測される誘電分散の異常についての研究に関するものである。強誘電体の複素誘電率を、種々の周波数についてキューリ点を含む広い温度領域で測定することは、二次相転移をめぐる臨界現象との関連において最近特に興味を持たれ、多くの物質に対して実験が遂行されてきた。申請者は集積した実験結果を整理し、多様な実験事実が従来出されていた理論によって必ずしも説明できないことに注意して、新しい現象論を提案することによって、一つの統一的な解釈を試みている。この現象論によれば、すべての秩序無秩序型強誘電体の誘電分散は、緩和時間の分布を特徴づける一つのパラメーターと、キューリ点近傍における静的誘電率の発散とを組合せることによってうまく説明できること、しかも新しい現象論は、従来考えられていた Debye-Mason 流の単一緩和時間に基づく理論、および Hill-Ichiki の特殊な連続的緩和時間分布の仮定に基づく現象論の結果を特別の場合として含むことを申請者は証明した。そして1968年頃までに発表されたすべての実験結果を調べて、現象論に現われるパラメータの値を各物質について決定し、理論の有用性を示した。さらにこの現象論を微視的理論によって基礎づける意図の下に、代表的強誘電体 KD_2PO_4 の一つの模型について、電気分極の緩和現象の統計力学的理論を展開している。 KD_2PO_4 の強誘電性は、水素結合に関与している D 原子の秩序無秩序転移によって生ずると考えられているが、D 原子の可能な二つの配置を仮想的スピンの二つの向きに対応させることによって強誘電体の quasi-spin 模型を作ることができる。このスピン系の動的振舞を非可逆過程の統計力学的手法によって取扱い、交流電場下の電気分極の挙動を調べるのであるが、申請者は多体問題的な困難をさけて、少数のスピン・クラスターが残りのスピンの平均の場の中にあるとして近似計算を遂行した。こうして導かれた誘電分散に対する答は実験事実と定性的に似ているが、定量的に非常にちがったものであった。申請者はそこで取扱いを一般化し、最終的解答をうることは難しいにしても、一般化することによって導かれる結果の大勢を予測し、実験事実と一致した結論に到達するために必要な模型

の改良, 近似の向上などについて議論している。

申請論文の第二部は変位型強誘電体の相転移を格子力学の見地から研究したものである。結晶格子の不安定性によって非極性構造から極性構造への相転移がおこり, 自発分極を生ずるのが変位型強誘電体であるが, その際不安定化に伴ってある種の格子振動の基準振動数が0になるといういわゆるソフト・モードの出現が観測される。この現象に関する理論および実験の数は既に非常に多いが, 今までの研究には, 何故特別の物質にこのような現象がおこるのか, どのような原子間力がその原因になっているかについての考察が殆んどなされていなかった。申請者はこの問題を取上げ, ABO_3 型結晶の格子振動の基準振動数を, イオン間のクーロン力および単距離反撥力の大きさをパラメーターとして計算し, ソフト・モードが現われる条件をイオン間の相互作用の組合せの中で決定することを試みている。具体的な計算は $SrTiO_3$ について実行し, その際数値上のデータはこの物質の格子振動に関する論文として標準的文献とされている Cowley の論文にあげられたものを基準に選んで, 各種のイオン間の相互作用が基準振動のそれぞれにどんな効果を及ぼしているかを詳細に解析している。こうして強誘電的ソフト・モードおよび反強誘電的ソフト・モードの出現に, クーロン相互作用と短距離反撥力がそれぞれどのような役割を果たすかという点, および ABO_3 型格子の不安定性についての一つの特徴が明らかにされたとしている。

論文審査の結果の要旨

強誘電体のキュリー点近傍において複素誘電率が測定周波数および温度の関数としてどのような異常性をもつか詳しく調べられるようになったのはこの数年の間である。これに関する実験が数多くわが国においてなされたのには, 申請者が本論文の第一部で提案した現象論があずかって大いに力があつたと思われる。すなわち実験家に測定結果を整理する一つの目標を与えたからであり, 本論文の中にも多くの実験結果が現象論に基づいてよく整理され, 理論の主要な第一段階の役目を充分果たしたと見ることができる。特に第一部で注目される部分は, 現象論を緩和時間の分布の様子と関連させて, 強誘電体の異常誘電分散について一つの明快な描像を与えた点で, 重要な知見を新たに加えたものである。また現象論をより微視的な立場から理解する目的で, KD_2PO_4 のモデルについて遂行された誘電分散の統計理論の計算は, その目的を予想通りには達成しなかったが, 実際の物質でどのようなことが起っているかについて, いろいろの示唆を与える点で有益である。さらに最近の精密な実験によって明らかにされているように, 強誘電体の誘電分散に関する初期の実験結果は, 物質によっては追試によって再現できないことがある事実に対し, 申請者は結晶資料中に生ずるわずかな温度の不均一性がキュリー点近傍で見かけの緩和時間の分布を作り出す可能性を指摘して一つの注目すべき理論的解釈を与えている。

本論文の第二部では, 非常に簡単な計算で $SrTiO_3$ 結晶の強誘電的ソフト・モード, および $110^\circ K$ で現われる構造変化に伴うソフト・モードに対するイオン間相互作用の役割を分析して見せ, 何故にこの型の結晶において性質のちがった二種類の相転移がおこりうるのかについて, 今まで気づかれていなかった一つの因子を指摘している。これは近年次々と見出されている格子の不安定性に関連した相転移の理論的解釈に重要な知見を加えるもので, 今後の研究に益するところが少なくない。

以上を要するに, 本論文の研究は固体物理学, 特に強誘電体の研究に重要な寄与をなしたものと云うこ

とができ、また参考論文はいずれも申請者が物性物理学におけるすぐれた学識と研究能力を持っていることを示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。