

【15】

氏 名 (本 籍)	し　　お　　やす　　ひろ 志　　波　　康　　博 (東京都)
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	博 甲 第 45 号
学 位 授 与 年 月 日	昭和 55 年 1 月 31 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 5 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	物理学研究科 物理学専攻
学 位 論 文 題 目	Dynamic Coupled-Mode Theory of the Isotropic-Nematic and Nematic-Smectic A Phase Transitions in the Liquid Crystal (等方性液体相—ネマティック液晶相およびネマティック液晶相—スメクティック A 液晶相転移における臨界揺動の動的振舞いについての考察)
主 査	筑波大学教授 理学博士 高 野 文 彦
副 査	筑波大学教授 理学博士 沢 田 克 郎
副 査	筑波大学教授 理学博士 宮 本 米 二
副 査	筑波大学助教授 理学博士 高 田 慧

論 文 の 要 旨

多くの有機物質では、液体から固体に移る中間でいくつかの相転移を示し、その中間の状態ではいろいろな物理的性質に異方性が現われる。たとえば構成分子の向きがそろって配向秩序をもったり (nematic相)、さらに分子の位置がある方向に層状配列をする並進秩序をもっており (smectic A 相)、これらの相はなおかつ流動性を示すので、液晶状態と呼ばれている。

これらの相の間の転移は、2 次相転移に極めて近く、臨界揺動がおきることが確かめられており、多くの実験的、理論的研究が行なわれている。しかしこの転移の動的側面についての理論的研究は、最も簡単な分子場近似に留まり、2 次相転移のもっと詳しい理論に基づいた解析は数少ないのが現状である。

この論文は、2 次相転移の動的現象を詳しくとり扱っているモード結合理論を用いて、等方性液体と nematic 相の転移 (I—N 転移と略記)、および nematic 相-smectic A 相 (N—S A 転移) の動的性質を調べ、従来の簡単な理論と比較する。

論文は 4 章に分けられている。第 1 章は歴史的背景など問題の紹介にあてられ、第 2 章では I—N 転移をとり扱う。まず従来の分子場理論とその結果が紹介され、その後に著者の理論が展開される。まず秩序パラメータとして、分子の配向を表わすベクトルを用い、これの横成分のゆらぎと、流れを表わす運動量密度を巨視変数にとり、これらの分布関数に対する kinetic equation をモード結

合理論を用いて導出する。この方程式に対して、動的スケーリング則を用いて配向秩序の緩和を調べた結果、液晶では線型緩和に比べると非線型緩和は小さいことが示され、線型効果のみを考える従来の分子場近似がよい結果を与えていることの裏づけを与えたことになる。さらにkinetic equationを解くことにより、ゆらぎの時間的、空間的相関関数を求め、とくにずり粘性率が転移点近傍で対数的に発散することを示している。

第3章以下ではN-S A転移について論じている。この転移における秩序変数は分子の密度波であり、したがって振幅と位相の2つの独立変数をもっている。このことから、この転移がヘリウム4の超流動-常流動転移と類似しているという考え方があるが、この考え方の当否を念頭におきつつ議論する。まず密度波のゆらぎと流れの速度場に対するkinetic equationをモード結合理論を用いて導出する。これらの各変数に対する輸送係数の表式を求めてみると、転移点近傍では非線型結合からの寄与は無視できることが示される。したがってヘリウム4との類似性は否定されることになる。

最後の第4章では、この転移における秩序変数である密度のゆらぎと、両相を通じて存在する配向秩序のゆらぎとの結合について議論している。そのためN-S A相転移を記述するGinzburg-Landau型の自由エネルギーの表式を求め、それからゆらぎの時間変化に対するkinetic equation（いわゆるtime dependent Ginzburg-Landau方程式）を導出する。この方程式を解いて、粘性係数、弾性定数などの転移点近傍での振舞いを調べ、いずれもが臨界異常発散を示すことが結論されている。そしてこの結果は、従来の現象論的な取り扱いの結果と定性的に一致していることが示されている。

審 査 の 要 旨

液晶転移の従来の理論的研究は、分子場近似や現象論による簡単なものが多く、さらに進んだ理論が望まれていた。この論文はこのことに本格的にとり組み、従来の理論の基礎づけを与えたことで高く評価される。

なお論文にも述べられているが、このとり扱いかいの問題点として、ここで用いた動的スケーリング則が正しいためには静的スケーリング則が成り立っていないけれども、これが正しいかどうか、また巨視変数がこの論文でとったもので十分かどうか、またここで用いた数学的近似がよい近似であるかどうかなどがある。これらの点については、なお一層の理論的研究および精密な実験的研究が必要であるが、この研究はこの方向へ向かって本格的な一歩をふみ出した点で意義深いものと思われる。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。