

臨界点近傍におけるスピノダル分解

九大理 川 崎 恭 治

動的臨界現象の研究で得られた最も基本的な概念は、所謂 Critical slowing-downである。これまでの研究では主として、輸送係数の種々の異常性や空間的非局所性又は時間的記憶効果としてこの問題がとらえられて来た。所で、この緩和時間が長くなると云う事から期待されるもう一つの側面として、臨界現象が非平衡状態そのものの研究に重要な役割りを果たし得る点を強調したい。最近化学反応系が非平衡状態の研究に有用な場を提供しているが、これらは何れも反応速度がおそい事を利用している。この点から化学反応系と臨界現象をくらべてみると、前者では非平衡に関与し得る自由度が非常に長波長のモードに限られるのにくらべて、後者ではかなり巾広い範囲の波長のモードが関与し得る。この事が具体的にどのような形であらわれてくるかは今後の研究にまたねばならないが、一つだけ云えることは、Chemical Turbulence の問題を除外すれば、反応系ではゆらぎの重要性が臨界現象にくらべて非常に小さいと考えられることである。最近 Critical slowing-down を利用して 2 成分溶液においてスピノダル分解の観測がなされたが¹⁾、研究会ではこの問題に対する筆者と太田隆夫氏の理論的研究を紹介した。詳細は後程、Progress 誌その他に発表予定で、又、太田隆夫氏が非線型非平衡統計力学の研究会でも研究の一部を紹介するので、ここでは概略だけ述べる事にする。スピノダル分解は元来合金やガラス、高分子溶液等、時間変化がゆっくりおこる系に対して研究されて来ており、その最も進んだ理論的取扱いは Langer 等によって進められている²⁾。この理論の出発点は秩序変数 $S(\mathbf{r})$ の確率分布関数に対する Stochastic Equation である。この方程式は S に対する自由エネルギー Φ を含むが、もし Φ が S について 2 次であればよく知られた Cahn, Hilliard, Cook 等の線型理論が得られる。しかし一般に Φ は S について 4 次の項も含むので問題は非線型になる。この型の問題は統計物理や場の理論でなじみの困難な問題で、今は立ち入らないが Langer 等によって色々な近似が工夫されて居り、これに対応する Exchange 型の Kinetic Ising モデルについての計算機実験も種々試みられている。しかし固体のスピノダル分解の理解は、これらの問題が完全に解決さ

れたとしてもまだ十分ではない。と云うのは出発点にとった stochastic なモデルが現実
にどれ程対応しているかは決して自明ではない。例えば結晶格子の歪みや異った相で格
子定数が異なる効果がかかなり重要であると考えられて居る。²⁾ 一方液体ではこの様な問題は
ない代りに余分な非線型効果を考慮する必要がある。これは空間的にはなれた 2 点に生
じた秩序変数のゆらぎの間には液体の速度場を媒介とした長距離相互作用が働くからで
ある。この効果も含めた Stochastic Equation が 4 年程前に筆者によって導かれたが、³⁾
現在の研究はこれに基づいて居る。この研究の第 1 の問題点は、線型領域であらわれる
負の拡散係数のくりこみの問題であった。即ち平衡点での光散乱の実験を説明するのに
本質的役割をはたした長距離相互作用が今の場合、簡単なdecoupling近似ではくりこみに
関与しなくなり、結果は任意にとった波数の cut-off に依ると云うunphysicalな結果にな
る。この問題は、quenchしてからの時間にくらべて速くおこるプロセスはすべて局所平
衡になっていると考えて解決され、又結果は実験結果をよく説明している。次に非線形
領域であるが、ここでは上の結果に基づいた簡単なモデルについてHartree 近似を用いた
時のゆらぎのスペクトル強度の計算が成された。ここで長距離相互作用は丁度プラズマ
乱流の様に短波長のゆらぎを長波長のゆらぎに移すのに本質的な役割りを果たすことが
わかった。より詳しくは「非線型・非平衡」研究会での太田氏の報告を参照されたい。

最後に、スピノダル分解の様な現象は合金、ガラス、古典液体に限らないと思われる
ので、特に実験の方々の将来計画の一つのテーマとして御考慮戴ければ幸いである。

参 考 文 献

- (1) W. I. Goldburg and J. S. Huang, In "Physics of Non-Equilibrium Systems" ed. T. Riste (1975)
- (2) J. S. Langer, M. Bar-on, and H. D. Miller, Phys. Rev. **B11** (1975) 1417 及びその引用文献。 J. W. Cahn, In "Critical より初等的取扱いに対するレビューは Phenomena in Alloys, Magnets, and superconductors", eds. Mills, Ascher and Jaffee (McGraw-Hill, 1971)
- (3) K. Kawasaki, In "Synergetics" ed. H. Haken (Teubner, Stuttgart, 1973)