

パターン形成と統計力学

九大・理 川 崎 恭 治

以前に秩序化過程についての解説をかいた折に宇宙の誕生についても触れた事がある¹⁾ 今回の研究会は宇宙の誕生と云うよりもより現実的な天体現象に重点がおかれていたが、何れにしても非線型問題を扱わねばならない点では共通である。では物性物理の中の非線型問題が天体現象等他の分野の非線型問題にどんな寄与をなし得るであろうか。よく云われるように一般に非線型問題は線型問題におけるような解くための一般的な処方箋は存在しない。たしかにソリトンやカオス等のような新しい見方も現われてはいるがそれで片付く問題の範囲は極く限られている。又当然計算機がこれから益々重要な研究手段になってくる。しかしシミュレーションの結果を並べただけでは本当の理解には程遠い。又自由度の数が多すぎて計算機的能力をこえる場合を扱わねばならない事も往々にある。この様な状況の下では非線型問題をうまく取扱うことができた具体例をできるだけ多く積み重ね、これらの経験から学ぶ事も大変有効ではないかと思う。現在の物性物理はその守備範囲が非常に広く且つ良質の実験的情報があり又多くの場合問題が非線形である(線形の物性物理は基本的には一時代前に終わった)ためにこの様な目的にとっては甚だ好都合であると思われる。

ところで物性における非線型問題と一口に云っても数多いがその中でこの研究会の趣旨に多少とも近いのは秩序化過程の問題であろうと思う。ここで問題にするのは、体系が熱力学的に安定でない状態に陥った時にそれが安定な状態に移行する過渡的な状態で示す多彩な振舞であって典型的な非線型・非平衡統計力学の問題である。線型安定性で理解できる場合(高分子混合物のスピノダル分解の初期過程)もあるがこれはむしろ例外で殆どの場合非線型場の難題に直面する。研究会ではこの問題の最近の発展を概観し、Ostwald ripeningについての徳山、榎山等との共同研究³⁾について話した。これらの問題については初等的なものまで含めて既に多くの解説¹⁾やレビュー²⁾があるので詳細はそちらにゆづる。標題にかかげたパターンは次のようにしてでてくる。秩序状態が基本的に縮退しているので(対称性が自発的に破れる仕方が異なるので)、一様な秩序状態に落ちつく途中でいくつかの縮退した秩序状態が共存することになる。これらは domain wall や渦糸等トポロジカルな欠陥の集合で表わされる。これをパターンと称している。(物性では texture と呼ばれる。)宇宙論でも最近では宇宙ひもと称するトポロジカルな欠陥が役割を果たしていると云われているが、物性ではこれと同類のひもが現実に存在しその生成、消滅、運動等が実際にみえている(例えばネマチック液晶の disclination loop 等。液晶のトポロジカルな欠陥については文献 4 に美しい写真入りの解説がある)。この様なトポロジカルな欠陥はその安定性故に時間変化がおそい。そこでこの様な場合には、非線形場の問題を、そこに含まれるトポロジカルな欠陥の運動におとして考えるのが大変有効である。これは統計物理の常套手段である自由度の縮約の一例である。ところで勝手に与えた非線型系で常にこう云う事が出来るかと云われれば、それはわからない。問題は縮約した後に残る自由度(slow variables)をどうして探すかで、ここに系の特徴が現われる。強いて、一般的な規則をと

云われれば(1) (近似的な) 保存量及び(2)対称性の自発的破れに結びついた自由度 (domain wallの位置等)がある時にはこれらは立派な slow variables であるが、それ以外では個々に探すしかない(例えば第3積分等)。これには経験を積むしかない。

最後にふれた Ostward ripening とは一樣に混った混合物(合金, 溶液等)が2つの異った組成をもつ相に分離する時におこる過程の一つで研究会での伊東氏の話とも関連がある。もし元々片方の成分の量が多い時には他方の成分をもった相は球状に相分離をおこす。この析出物の成長過程や大きさの統計が重要な問題になっている。この理論の基礎方程式には成長及び縮少しつつある球の間のクーロンのダイナミックな相互作用が入ってくる。この点で重力系と似ている様であるが実際の取り扱いはかなりちがう。伊東氏が云われる様にこれらの問題の間に何等かのアナロジーがあれば大変興味深い。

References

- 1) 川崎恭治 日本物理学会誌 32 No.12 (1983) 919; 物性研究 43 No.5 (1985) 181; パリティ 2 No.1 (1987) 1; 第1回湯川シンポジウム(西ノ宮, Nov. 1986)(to be published by springer)
- 2) J. D. Gunton, M. San Miguel, and P. S. Sahni ; in Phase Transitions and Critical Phenomena Vol. 8, C. Domb and J. L. Lebowitz, eds. (Academic Press, New York, 1983); K. Binder, Rep. Prog. Phys 50(1987) 783
- 3) K. Kawasaki, in the Proceedings of the 19th Yamada Conference on Ordering and Organization in Ionic Solutions (Kyoto, Nov, 1987), N. Ise and I. Sogami, eds. (World Scientific, 1988)
- 4) D. Demus and L. Richter, Textures of Liquid Crystals Verlag Chemie (Weinheim, 1978)

凝集現象に於けるスケーリング理論

神戸大・理 早川 尚 男

凝集は、対象を天体現象に限定しても星間塵、小惑星の形成、星の生成、銀河形成等各スケールに重要な役割を果している。ここでは自己重力が厳しく効かない星間塵形成を例に取り、其処で現われるフラクタル性、スケーリング則に就て論じる。

最も簡単な併合成長過程は次の様な描像に基づくであろう。十分に thermalize された系を考える。A と B の2種の粒子の併合確率は衝突確率に比例するとすると

$$K_{AB} \propto C_{AB} \sim \langle v_{AB} \rangle \sigma_{AB} \quad (1)$$

但し K_{AB} , C_{AB} は各併合、衝突確率、 v_{AB} は A B 間の相対速度、 σ_{AB} は衝突断面積である。thermalize