

中野藤生

- 2) M. J. Stephen and J. P. Straley: Rev. Mod. Phys. **46** (1974) 617.
- 3) S. Kai, N. Yoshitsune and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **38** (1975) 1789.
- 4) S. Kai, K. Yamaguchi and K. Hirakawa: J. J. appl. Phys. **14** (1975) 1385.
- 5) S. Kai, M. Araoka and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **39** (1975) 849.
- 6) S. Kai, K. Yamaguchi and K. Hirakawa: J. J. appl. Phys. **14** (1975) 1653.
- 7) S. Kai, N. Yoshitsune and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **40** (1976) 267.
- 8) S. Kai and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **40** (1976) 301.
- 9) S. Kai, M. Araoka, H. Yamazaki and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **40** (1976) 305.
- 10) その他 S. Kai and K. Hirakawa: Solid State Comm. に 2 篇 to be published. 邦文としては九州大学工学集報に数篇あり。

準定常状態の相転移に関する考察

名大・工 中 野 藤 生

Onsager の理論¹⁾ が橋爪²⁾ および Onsager-Machlup³⁾ によって改善されたところによると、条件付確率分布関数 (2 時刻) は

$$P_2(\alpha|\alpha'; \Delta t) = \exp \left[-\frac{1}{2k} \left\{ \Phi(\dot{\alpha}) + \Psi(\mathbf{x}) - \frac{d}{dt} S(\alpha) \right\} \Delta t \right] \quad (1)$$

のように表される。 $\alpha \equiv (\alpha_1, \alpha_1, \dots, \alpha_n)$ は粗視的状态量のセットを表し、その時刻 t における値であり、 α' は同じく $t + \Delta t$ における値である。 $\dot{\alpha}$ は $d\alpha/dt$ のセットを表す。 $\mathbf{x} = \partial S / \partial \alpha$ は α に熱力学的に共役な力のセットである。 $S = S(\alpha)$ はエントロピー。定常状態であると、 P_2 は Δt のみの関数である。 α_i がエネルギー密度や粒子密度などであれば、 $\dot{\alpha}_i$ は本質的にはエネルギー流 (熱流) や粒子流の流束を表す。この場合については以前にも述べた³⁾。この場合には (1) の最大問題あるいは、

$$\Phi(\dot{\alpha}) - \mathbf{x} \cdot \dot{\alpha} = \text{最小} \quad (2)$$

の問題の解答は

$$\mathbf{x} = \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\alpha}} \quad (3)$$

となるとは限らないことはその際論じたところである³⁾。Onsager のように¹⁾、 Φ が $\dot{\alpha}$ の 2 次関数で、

$$\Phi = \frac{1}{2} \dot{\alpha} \cdot \mathbf{R} \cdot \dot{\alpha} = \frac{1}{2} \sum_{i,j} R_{ij} \dot{\alpha}_i \dot{\alpha}_j \quad (4)$$

であると、(3) は α と $\mathbf{x}$ との 1 次関係を与え、(3) は完全な解答になるが、(3) が一義的な関係を与えないことが起る

のである。1 図のようになる場合には (以後適宜 $n=1$ の場合について記述する) $J-X$ 関係が定まらない領域が存在する。最小原理 (2) によれば、OABC に沿って進むべきこと (等面積法則) が導かれる。これは熱平衡の統計熱力学と同様の論理である。この同様性はさらに深く成立っており、OA と進むときは A' まで行過ぎ、CB と進むときは B' まで行過ぎる。

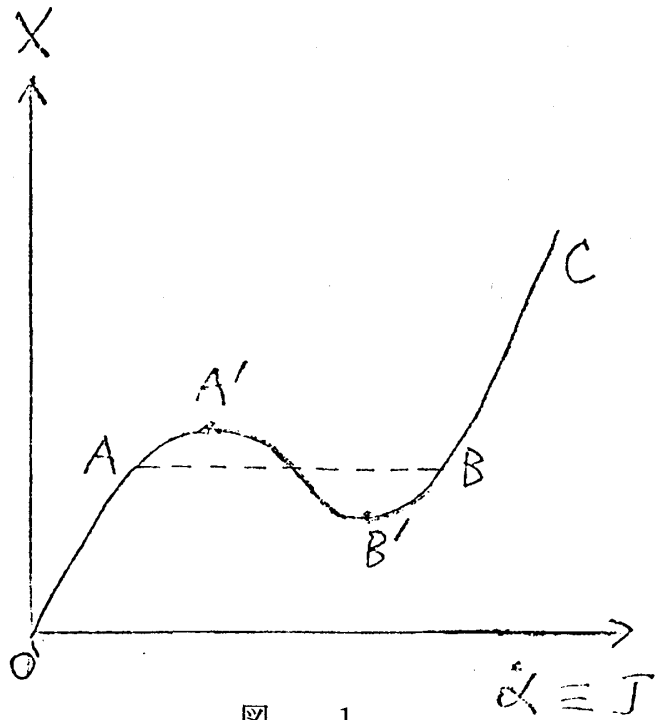


図 1

1 図は電流—電圧関係について
いえば、S 字形関係 (通常縦軸を

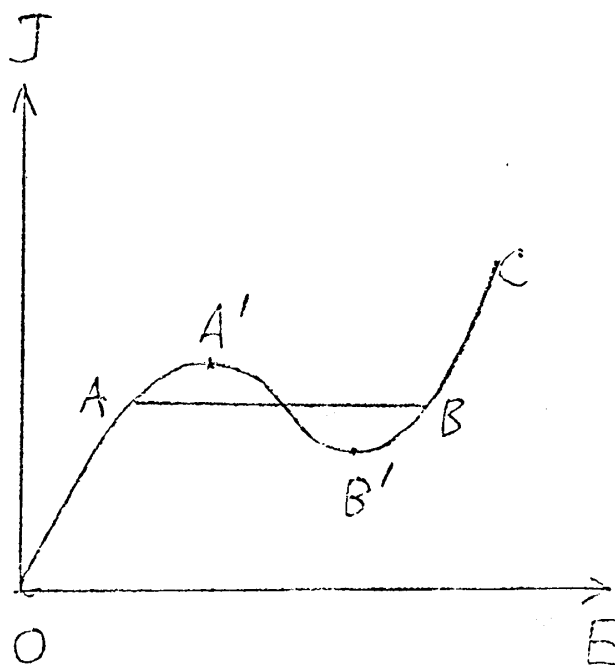
J , 横軸を E (電場) または V (電圧) とする) である (半導体の不安定性の問題) がその問題では N 字形関係の場合も現れる。 $\dot{\alpha}_i$ がベクトル性の量で、運動量密度などである場合がこれに該当している。その場合、 $\dot{\alpha}_i$ は力の密度を表し、 X_i は流速を表す。いわば、対応が先の場合とは逆転して、 $\dot{\alpha}_i$ が E , X_i が J とみなされることになる。したがって 1 図に該当するような $\Phi(\dot{\alpha})$ が出現する場合には、2 図のような $J-E$ 関

係が導かれる (N 字形) ことになる。2 図についても、最小原理 (2) は等面積法則を導くが、OA は A' まで、CB は B' まで行過ぎることが可能である。

(4) が成立つと仮定すると、(2) は、

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} R_{ij} \dot{\alpha}_i \dot{\alpha}_j - \sum_i X_i \dot{\alpha}_i = \text{最小} \quad (5)$$

と書き表される。i, j 等の番号を格子点もしくは空間の各点 (連続的) のようにみなすと、(5) はまたしても熱平衡の統計力学に類似である。 $\dot{\alpha}_i$ をスピン σ_i とみなし X_i を磁場とみなしてみたら分る。この類似性に立脚して、規格改正 (Renormalization) を行うことにする。そうすると、スピン系において 3 図のような M-H 図 (M は磁化, H は磁場) が導かれるので、1 図または 2 図に描かれるような定常状態の相転移が導かれる。



2 図

参 考 文 献

- 1) L. Onsager, Phys. Rev. 37 (1931) 405, 38 (1931) 2265.
- 2) N. Hashitsume, Prog. Theor. Phys. 8 (1952) 461.
L. Onsager and S. Machlup, Phys. Rev. 91 (1953) 1505, 1512.
- 3) 中野藤生, 物性研究 22 No.5 (1974), 506. Prog. Theor. Phys. 51 (1974) 1279.