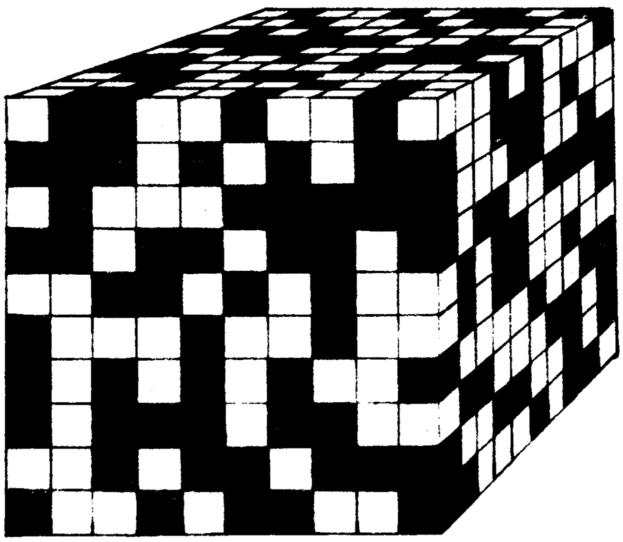
2相ランダム抵抗網のコンダクタンス

弓削善夫
（東京農工大学農学部農業生産工学M2）

不均質材料の伝導機構は興味ある問題であり，2相系物質の電気伝導，熱伝導などについても数多くの成果が得られている[1)]。不均質材料は非常に不規則で，高度に無秩序な幾何学的配置を持つために，これらの伝導機構を考えるには統計的方法を用いなければならない。

近年，大型計算機の出現に伴って，不均質材料の伝導を全く古典的なランダム抵抗網のコンダクタンスの計算問題として，取扱う試みがされ始めてきた[1) 2)]。最近，筆者が行った，同様な問題の計算機実験を次に報告する。

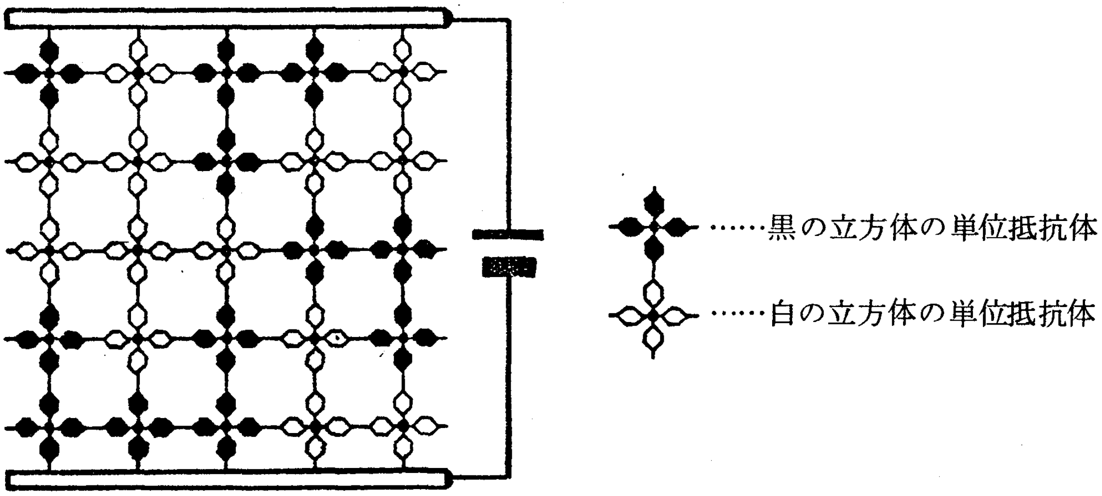
2相不均質材料の3次元ランダムモデル[2)]を図－1に示す。これは第1相を表わす黒の単位立方体と第2相を表わす白の単位立方体を，乱数を用いてランダムに 30×30×30 の立方体状に積み重ねたものである。第1相の体積分率をPとすれば，第2相の体積分率は1－Pとなる。



図－1　2相不均質材料のランダムモデル

次にこのモデルの黒，白の立方体をそれぞれの相に対応する，異ったコンダクタンスを持った単位抵抗体で置き換えると，図－2の3次元抵抗網が得られる。この抵抗網の上下に完全導体の電極板をつけ，単位電位差を与えた場合の電流値を計算すると，系全体のコンダクタンスが求められる。第1相の伝導度をK_1とし，第2相の伝導度をK_2とすれ

ば，系全体のコンダクタンスは，統計的にK_1，K_2およびPにのみ依存することになる。



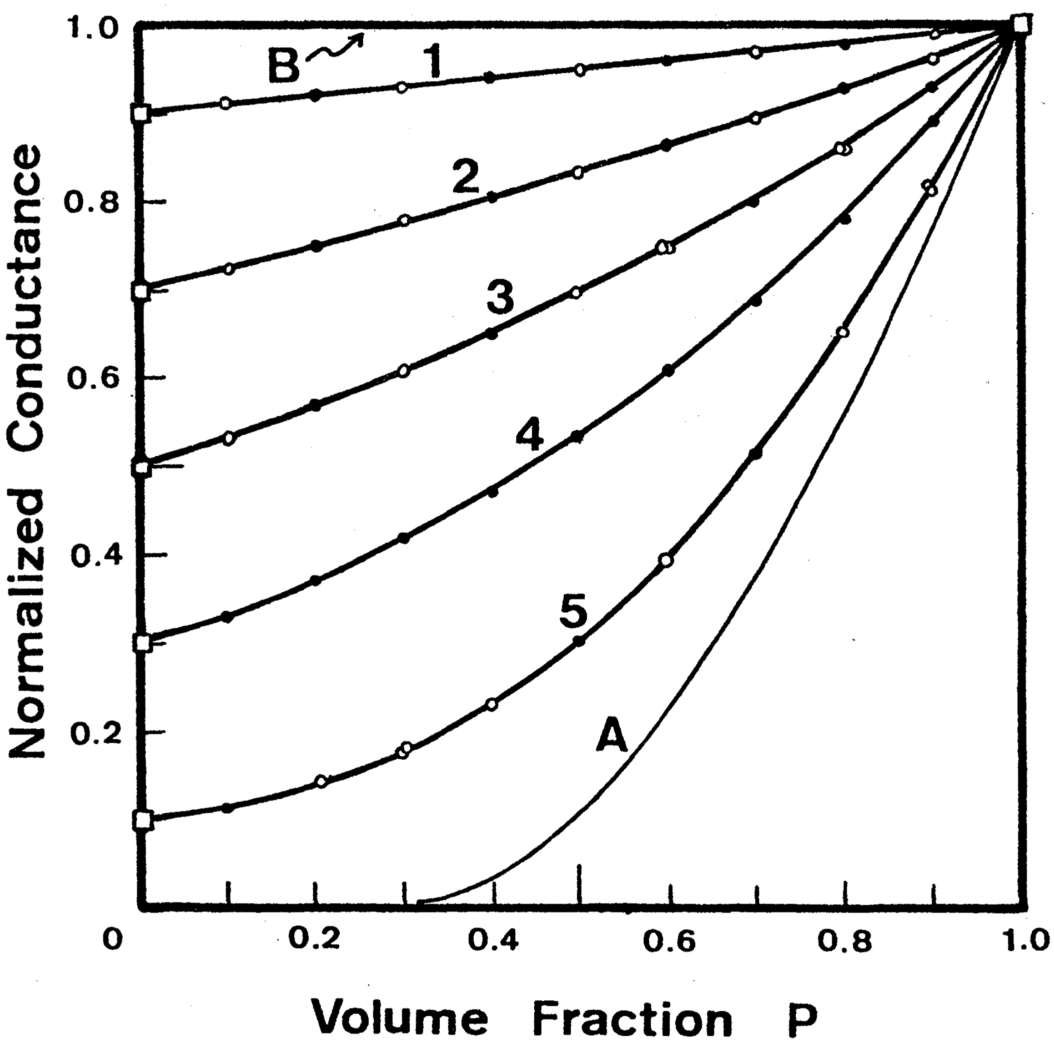
図－2　ランダム抵抗網の断面図

実際の数値計算は非常に複雑な抵抗網を解くために，反復法（SOR法）によらねばならなかった[2]。計算機実験としては，代表的なK_1とK_2の比を5例選び，それらの計算結果を図－3に示した。なお，コンダクタンスは正規化してある。また，このモデルで第2相の伝導度K_2を0とした場合のコンダクタンスについては，すでにその結果が報告されている[1)2)]。図－3には，これを曲線Aで示した。また，$K_1=K_2$の場合はPに関係なく水平線Bになる。

注目すべき事は，等しいPについての異なる配置を持つ2つの試料のコンダクタンスが，ほとんど等しい値を示すことである。これはランダム抵抗網の全体のコンダクタンスが，統計的にきわめて安定な量であることを示している。また，予備実験として行った，$8\times8\times8$のモデルの場合についてもほとんど同じ数値を得ている。この様な小さいモデルにおいても，すでに統計的法則性がかなりはっきり現われる事は非常に興味深い。

図－3に示すこれらの結果は電気伝導率だけではなく，熱伝導率，粘性率，拡散率などの移動現象に関連した諸物性にも関係するものであろう。

なお，一般の2相系材料は完全な無秩序とはいえない。何らかの規則性，すなわち統計的異方性，近接・遠隔秩序および秩序無秩序転移などを考慮しなければならない。しかし，完全な無秩序材料を理解することは，多くのより複雑な場合の伝導機構を知るための出発点になるものと思われる。



図－3　体積分率と抵抗網のコンダクタンス
1：$K_2/K_1=0.9$，　2：$K_2/K_1=0.7$，
3：$K_2/K_1=0.5$，　4：$K_2/K_1=0.3$，
5：$K_2/K_1=0.1$，　A：$K_2/K_1=0.0$，
B：$K_2/K_1=1.0$，
□…厳密解　●…ほとんど重なった点

謝　辞

本研究にあたって，プログラミング，計算方法等について御指導，御激励をして下さった東京農工大学農学部鬼塚宏太郎先生に深く感謝いたします。

参 考 文 献

1) S. Kirkpatrick : Percolation and Conduction, Rev. Mod. Phys., 45 (1973) 594.

2) K. Onizuka : Computer Experiment on a 3D Site Percolation Model of Porous Materials-Its Connectivity and Conductivity, J. Phys. Soc. Japan, 39, 2 (1975) 527.