

Title	A NEW CLUSTER APPROXIMATION TO THE ISING AND HEISENBERG SPIN SYSTEMS : DILUTION EFFECT AND ROLE OF THE SECOND NEIGHBOR INTERACTION
Author(s)	Mano, Hiroshi
Citation	大阪大学, 1976, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1024
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	真野博史
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 3564 号
学位授与の日付	昭和 51 年 3 月 25 日
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	イジング及びハイゼンベルグ・スピン系に対する新しい クラスター近似—希釈効果と第 2 隣接相互作用の役割—
論文審査委員	(主査) 教授 金森順次郎 (副査) 教授 西山 敏之 教授 中村 伝 (基礎工) 教授 伊達 宗行 助教授 三輪 浩

論文内容の要旨

磁化の表式のクラスター展開と密度行列の近似的縮約とに基礎を置く新しいクラスター近似を提案した。密度行列を縮約する際に、確率変数が導入され、その確率分布はセルフコンシステントに決定される。この近似は、より大きなクラスターを取り扱うことによって、系統的に改良され、又、すべての磁気的原子の濃度範囲において満足のいく結果を与えることが出来る。2-サイト以上の近似は、配位数以上のより詳細な結晶構造を反映する。

まず、最隣接相互作用のみを持つ希薄イジング及びハイゼンベルグ・スピン系に、この近似を適用し、臨界濃度、キュリー温度、帯磁率、自発磁化を計算した。3-サイト近似で得られた結果は、高濃度領域においては高温展開により得られる結果と、低濃度領域においては濃度展開により得られる結果とよい一致を示している。我々の理論より求められたキュリー温度の濃度依存性は、イジング模型とハイゼンベルグ模型とに対し、明らかな相異を示している。しかし、臨界濃度の値は、これら2つの模型に対し同一となり、この値は、サイト・パーコレーションの問題において求められている値と一致している。

次に、第2隣接相互作用をも含むイジング・スピン系の熱力学的性質を調べた。非磁気的原子を含まない場合のキュリー温度の第1及び第2隣接相互作用の比に対する依存性に関しては、我々の結果は、展開法によって得られた結果とよい一致を示している。正方格子の場合について詳細な議論を行った。第2隣接相互作用が反強磁性的である場合、その値の絶対値が増大するにつれて、キュリー温度は減少していき、厳密に決定された、強磁性的基底状態が消失する境界において消失する。又、この第2隣接相互作用が反強磁性的である場合には、キュリー温度以下の温度において比熱の山が現れてき、強磁性的基底状態が消失する近傍においては、系は、キュリー温度以下の温度で第1種

の相転移を示す。

系が非磁気的原子で希釈された場合、弱い第2隣接相互作用に対応した現象が得られた。キュリー温度は、臨界濃度近傍で、裾を引き、臨界濃度の値は、相互作用のおよぶ範囲のみに依存する。この場合、低温において、自発磁化のかなりの減少、比熱の山等、弱い第2隣接相互作用に起因する現象が現れる。

論文の審査結果の要旨

磁性体の磁性原子を磁気モーメントをもたない非磁性原子で置換して行くときの磁性の変化は、かなり以前から理論上の問題として研究されており、また近年実験的にも興味ある問題として注目されている。ふつう磁性原子と非磁性原子は与えられた格子上にランダムに分布する場合を考えるが、たとえば強磁性体の場合その相転移温度は磁性原子の濃度とともに減少し、ある臨界濃度で絶対零度に一致し、以下の濃度では強磁性は消失することが期待される。このような希釈効果を全濃度領域で論じることができる理論は現在のところ存在しない。真野君の研究は、この希釈効果を全濃度領域で取扱うことのできる新しい近似理論を提案し、いくつかの興味ある結果を見出している。

真野君はイジングスピン模型と量子力学的なハイゼンベルグスピン模型の両方を考え、相互作用は第2隣接格子点間にも働くとする。その理論は少数のスピンからなるクラスタのみを正しく取扱ういわゆるクラスタ近似の部類に入るが、第1に希釈効果も議論することが可能で、しかも系統的にクラスタの大きさを大きくすることによって近似を高める理論形式を与え、第2にクラスタ外のスピンを確率変数として取扱うという新しい近似法を提案しているのが特色である。クラスタ外のスピンの値の確率分布を平均磁化と結びつけることにより、平均磁化を *self-consistent* に決定する方程式を得る。真野君は最初磁性原子の濃度が1である通常のスピン系について、この近似から得られる結果を今迄の理論と比較して、この近似が合理的なものであることを示している。つぎに希釈系に応用し、臨界濃度が格子の幾何学的条件のみによって決定され相互作用定数の値によらないこと、イジング系とハイゼンベルグ系の相違、比熱のふるまいと第2隣接相互作用との関係等について合理的と思われる結果を与え、問題に新しい見通しを与えた。

真野君の研究は理論研究としては新しいアイデアに基づく興味ある試みでありまた今後の実験研究に対してもいくつかの示唆を与えている。全体として非常に有用な近似理論を作り上げたといつてよいので、理学博士の学位論文として十分価値あるものと認められる。