



Title	EXPERIMENTAL STUDY ON ORDERING OF NEARLY IDEAL TWO-DIMENSIONAL HEISENBERG ANTIFERROMAGNETS
Author(s)	小山, 晋之
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1851
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・（本籍）	こ	やま	くに	ゆき
学 位 の 種 類	工	学	博	士
学 位 記 番 号	第	6 4 8 3	号	
学位授与の日付	昭 和 59 年 3 月 24 日			
学位授与の要件	基礎工学研究科 物理系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当			
学 位 論 文 題 目	二次元ハイゼンベルグ反強磁性体をめぐる秩序化の実験的研究			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長谷田泰一郎 (副査) 教 授 中村 伝 教 授 山田 安定 助教授 松浦 基浩			

論 文 内 容 の 要 旨

2次元Heisenberg反強磁性体をめぐる秩序化をプロトンNMRの測定，SQUIDを用いた自発磁化，帯磁率測定等により実験的に研究した。

極めて2次元性，Heisenberg性の良い反強磁性体 $\text{Cu}(\text{HCOO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ について臨界現象を調べた。自発磁化の臨界指数 β が非常に広い温度範囲 $10^{-3} < \epsilon < 8 \times 10^{-1}$ ($\epsilon = 1 - T/T_N$, T_N は反強磁性転移点)で0.22と求められた。この原因はいわゆるクロスオーバー効果のためとは考えられない。この指数値は今までに知られているユニバーサリティ・クラスの指数とは矛盾する値である。0.22という値はCanting相互作用を有する $\text{Mn}(\text{HCOO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{Cu}(\text{HCOO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ においても臨界点からやや離れた温度域での指数として観測された。この値は2次元Isingと3次元系の指数の中間の値であり，新しいユニバーサリティ・クラスが存在を示している可能性がある。

$\text{Mn}(\text{HCOO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は2種類の不等価な面——強く反強磁性的に結合したA面とほとんど常磁性的なB面——が交互に重なった構造をした反強磁性体である。この2種類の部分格子の帯磁率をproton NMR法により T_N 以上の温度で直接分離観測した。A部分格子の帯磁率は $2 \cdot T_N$ 付近の温度にブロードな山を示し，B部分格子の帯磁率は T_N 直近までCurie則に従うことが観測された。A部分格子の自発磁化は2つの異なった臨界指数を示した。クロスオーバー点 $\epsilon^* \simeq 2 \times 10^{-2}$ の外側では $\beta = 0.23$ ， T_N に近い温度域では $\beta = 0.30$ が求められた。帯磁率の臨界指数 $\gamma = 1.74$ と自発磁化の指数 $\beta = 0.30$ はそれぞれ2次元Ising，3次元Isingという異なったユニバーサリティ・クラスにおける指数に非常に近い。この結果はスケーリング則，ユニバーサリティとは矛盾する結果である。

$\text{Mn}(\text{HCOO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の温度-磁場相図を比熱・帯磁率測定により決定した。外部磁場によりスピ

ンの対称性が Heisenberg から XY へ実効的にクロスオーバーすることをネール点の異常上昇と比熱の対称性の変化により実験的に示した。

ランダム希釈系 $\text{Mn}_{1-x}\text{Zn}_x(\text{HCOO})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ において相転移が3つの連続した相転移に分裂することを帯磁率，比熱測定により観測した。

論文の審査結果の要旨

本論文は二次元ハイゼンベルグ反強磁性体 ($2\text{D}-\text{H}-\text{AF}$) のモデル系となる層状化合物，蟻酸銅二水，二ウレア化物 (CuFUH) および蟻酸マンガン二水化物 ($\text{MnF}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) とそのランダム希釈系 ($\text{MnZnF}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を対象として，近年二次相転移の基本則として定着しつつあるスケーリング則や普遍性を改めて実験的に再検討することを目的として，秩序化過程の詳細な研究を行っているものである。手段としては，NMR を中心にして，臨界点近傍では，SQUID による磁化と帯磁率の高感度高精度同時測定を，ランダム希釈系については更に，中性子回折と比熱測定を利用している。

まず CuFUH について，面間相互作用，イジング (I) 対称性が夫々 H 型交換相互作用の 10^{-6} , 10^{-5} 倍と小さく，既存のモデル系の中では最も $2\text{D}-\text{H}$ 性の優れた AF であることを詳細な実験から立証した。この系では，有限温度 ($T_N = 15.5\text{K}$) で相転移が起り自発磁化が発生するが，その $T=0$ における推定値は飽和値の50%と異常に小さいことと，自発磁化の成長過程は， $\epsilon (= |1 - T/T_N|)$ にして $1 \sim 10^{-3}$ という広い温度域で，これまでに知られていない新しい臨界指数 $\beta = 0.22$ で記述されるという異常を見出した。

又 $\text{MnF}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ については，有限温度 ($T_N = 3.7\text{K}$) で相転移し自発磁化が現れるが，自発磁化の生長指数 β と帯磁率の発散指数 γ として，同じ臨界温度領域 ($5 \cdot 10^{-4} \leq \epsilon \leq 10^{-2}$) で夫々 1.7 および 0.30 を得た。これらの値は夫々 $2\text{D}-\text{I}$ および $3\text{D}-\text{I}$ の普遍性クラスの値に等しいもので，臨界揺動が T_N の上下で非対称になっていることを実験的に動かし難いものとして示した。

更にランダム希釈系 $\text{MnZnF}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ においては，転移点が鋭さを失いながら低温側にズレるという従来の一般的傾向と異って，鋭い三つの転移点に分裂するという全く新しい事実を発見している。

これらの諸結果は，いずれも既存のスケーリング則や普遍性の法則では理解出来ないもので，従来は考慮されていなかったが，上述の系いずれにも内在する量子揺動や反対称相互作用等が，相転移現象に重要な効果を与えることを，始めて具体的な形で示したものである。相転移現象一般のより普遍的な法則の完成に重要な鍵を与えたものであって，その功績は大きく博士論文として価値あるものと認める。