

V. 物性理論グループ

小寺武康、高田 慧、高山 一、宗田敏雄、久保 健、有光敏彦、田上由紀子、平島 大、根本幸児、今野理喜男

【1】量子スピン系の理論的研究

(1) ハルディン問題とストリング秩序[論文1-3]

1次元 $S = 1$ 反強磁性ハイゼンベルグ系でのハルディン状態の特異な性質は理論的実験的に興味のある現在進行中の問題であるが、我々はKennedy-Tasakiの非局所ユニタリー変換の拡張をおこない、ストリング秩序（隠された反強磁性秩序）の研究をおこなった。

a) 1次元 $S = 1/2$ 系での非局所ユニタリー変換とストリング秩序

先に、我々の導入した $S = 1$ 系での変換を $S = 1/2$ 系への拡張をおこない、梯子模型（論文1）と反強磁性（ J_1 ）と強磁性（ J_2 ）の交代する模型（スピンパイエルス系；論文2）に適用して、ある極限（ J_2 無限大）において $S = 1$ 反強磁性ハイゼンベルグ系に連続につながる相でストリング秩序が存在することを明らかにした。また、変換された系ではストリング秩序は3個の強磁性型の局所秩序パラメーターで現されること、又局所秩序パラメーターの存在することから、第一近似としてダイマー状態を正確に表現する、ベア-近似型の変分関数がストリング秩序相を有効に表現しうることを示した。

b) ストリング秩序パラメーターの変分計算と少数対角化による数値計算

a) で説明した後者の模型と変分関数を用いて2種類のストリング秩序パラメーターの計算をおこない、少数対角化による数値計算との比較をし、両者が J_2/J_1 の広い領域で非常に良い一致を示した（論文3）。また、ダイマー相が $S = 1$ ハルディン相につながる同じユニバーサリティークラスに属することを明らかにした。ここで用いた変換と変分関数がダイマー状態を含む磁氣的無秩序の相に対して有効であることから、他の1次元の $S = 1/2$ の系や電子系への応用を現在考えている。

(2) 一次元 $S = 1$ -X X Z 模型[論文4, 5]

このスピン模型はHaldane gap問題に関連して詳しく研究されてきたが、有限温度での性質はほとんど調べられていなかった。我々は有限温度における相関関数を量子転送行列法を用いて計算し、XY, Haldane, Neel各相における相関関数の温度依存性を明らかにした。Haldane相では、すべてのスピン成分についてのストリング相関関数の相関距離が $T=0$ で発散するが、Neel相ではz成分のもののみ発散することが具体的に示された。相関距離の温度依存性から、Ising的な領域では2種類の異なる励起状態が相関関数の振舞いを決定していることが明らかになった。これらの励起状態の性格については、なお一層の研究が必要である。

(3) 量子スピン系におけるフラストレーション効果

フラストレーションの最も強く働いているスピン系として、局所的な連続縮退のために古典的な基底状態に非常に大きな縮退がある系が考えられる。近年このような系における量子効果に関心が集まっている。このような系の最も簡単な例である Δ 鎖とよばれ

る系について励起状態と比熱を計算した。その結果、強いフラストレーションによって分散のない低励起状態が出現し、異常な比熱のピークが低温で現れることが分かった。この研究は次年度に継続する。

【2】 関連の強い電子系の理論的研究

(1) 二次元 $t-J$ 模型における反強磁性相のドーピングによる消滅[論文6]

La系等酸化物高温超伝導体で実験的に観測される反強磁性相のドーピングによる消滅を研究する目的で、 $t-J$ 模型に基づき、低次元ハイゼンベルグ模型での近藤-山地のグリーン関数方法の改良をおこない、研究した。この方法は有限温度では長距離秩序のない短距離秩序中でのスピン波を絶対0度では長距離秩序中でのスピン波を記述するもので、高橋による修正されたスピン波近似と類似のものであるが、修正されたスピン波近似と異なって、有限温度でも回転対称性を保存していることと、ドーピングのある $t-J$ 模型に容易に拡張できる特徴を有している。結果は数%のドーピングでの反強磁性の消滅を示しており、実験事実を説明できることを示した。

(2) Hubbard模型

a) Line graph上のHubbard模型[講演1, 15]

この模型では基底状態が強磁性状態であり、金属強磁性を与えうる模型として知られている。この系の強相関極限における帯磁率を高温展開で9次まで求め強磁性発現の条件をもとめたが、この研究は次年度に継続する。

b) ∞ 次元Hubbard模型[講演34]

高温超伝導に関連して関心をもたれているこの模型の動的性質をセルフコンシステントな2次摂動理論を用いて研究した。電荷および磁気感受率を計算することにより、系の挙動が温度上昇にともないフェルミ液体的挙動からインコヒーレントな挙動へ移ることを具体的に示した。また、強相関系における次元性の効果について考察した。

(3) 強相関電子系における電子格子相互作用[講演19, 33]

高温超伝導体の超伝導特性の解明を目指して、強相関電子系における電子格子相互作用とその超伝導に及ぼす効果について研究した。

(4) 擬二次元電子系に於ける三次元効果の理論的研究[論文7: 講演8]

酸化物超伝導体にみられるような擬二次元導体において、面間hoppingの効果をもつスピン揺らぎに対するSCR理論を用いて研究した。その結果、帯磁率の温度変化および反強磁性転移温度が三次元性に強く依存することが明らかになった。

(5) 重い電子系

a) URu₂Si₂のメタ磁性[論文8]

重い電子系の磁化過程を結晶場の中で $J=4$ の基底状態が実現している場合について研究した。SU(3)近藤模型の厳密解を用いてこの問題を取扱い、URu₂Si₂のメタ磁性の起源を議論した。

b) 重いフェルミオンの理論の電気伝導への応用[講演7]

重い f 電子の s 伝導電子の散乱による電気抵抗を計算し、それが s 電子の f 電子の散乱による電気抵抗より大きく、 $T=0$ の近くで T^2 に比例し、 $T>T_{coh}$ では $T^{1-(g+K)}$ に比例し、 $T>>T_{coh}$ では $T^{-(g+K)}$ に比例することを示した。ここで、 g は有効相互作用の結合定数で $2(V_0\rho)^2$ で与えられ、 K は $g[1-(\sin kFa/kFa)^2]$ である (a : 格子定数、 k_F と ρ : s 電子のフェルミ波数と状態密度、 V_0 : s-fクーロン相互作用の s 波部分)。

【3】低温物理学の多体問題的研究

(1) 希釈 ^3He - ^4He 溶液の超流動[講演12]

2 個の ^3He 原子間の相互作用を、 ^3He - ^4He 溶液中の ^4He による ^3He の逆流効果を考慮して計算した。その効果は主に相互作用の p 波に効いている。接触ポテンシャルの斥力の s 波の部分波は ^3He 原子間の交換相互作用に寄与し、1 フォノンの直接交換相互作用は s 波と p 波の引力に効いている。すべての引力への寄与は、5%の希釈 ^3He - ^4He 溶液では p 波の部分が支配的で、p 波の超流動が s 波のものより優勢で、1.3%の溶液ではそれが逆になっている、ことを示した。

(2) BCC固体 ^3He の相転移[講演13]

BCC固体 ^3He において常磁性相と高磁場相を分つ相分離曲線上で転移が途中で1次から2次に変わる転移点の温度 T_{c3} と磁場 H_{c3} の大きさ求めるため、多体スピン交換相互作用を取り入れた磁場エネルギーを、分極率と磁場とスピンのなす角度の余弦を変分することにより求めた。

【4】コンプレックス系 (特にスピングラス) の統計物理学的研究

スピングラスは強磁性相互作用と反強磁性相互作用とがランダムに入り混ざった磁性体であり、従来知られている強磁性相転移とは異なる新しいタイプの相転移の存在が期待されているが、その秩序相の特性などまだ解明されていない基本的な問題が山積している。我々は主に二つの理論模型、すなわち、相互作用が無限レンジである平均場模型と短距離相互作用のスピングラス模型とを種々の数値解法を駆使して詳細に調べた。

(1) スピングラスナイーブ平均場理論[学位論文1: 論文9]

イジング S K 模型のレプリカ法による解析から予言された自由エネルギーの多重谷構造などの新しい概念、描像を定量的に検証する目的で、その状態方程式が S K 模型のものに比べて数値解析上の安定性が高いナイーブ平均場模型を詳しく解析してきた。今年度の研究成果は、S K 模型とナイーブ平均場模型を内挿する模型である m 重二項スピン模型について、レプリカ非対称解による定式化に成功し、その表式から、自由エネルギーの非自明な構造 (多谷構造) を支配する拡散方程式 (Parisi 方程式) がすべての m に対して共通であること、従って、S K 模型について見いだされた特異なスピングラス特性はどの平均場模型にも共通すること、を明らかにした。また、ナイーブ平均場模型の状態方程式の数値解析からこの模型の完全な相図が定量的に確定された。

(2) 短距離相互作用型スピングラスにおける異常長緩和現象のシミュレーション[論文10: 講演9, 21]

a) 二次元および三次元±J イジングスピングラス[学位論文3: 論文11, 12: 講演10, 22, 27]
スピングラスにおいては、対応する強磁性体(すべての相互作用=+J)の転移温度 T_0 以下の'Griffiths相'とよばれる領域では、局所的にフラストレーションがないところに形成されるクラスターのため、異常長緩和現象が発生していると考えられている。この機構を解明するため、標記の模型についてモンテカルロシミュレーションを行ない、スピン自己相関関数 $q(t)$ に対して、 $q(t)=Q((t/\tau)^A)$ のスケーリング則がよく成り立つことを見出した。このとき、 $Q(z)\sim e^{-z}$ の近似が成立するので、 $q(t)$ の緩和は引き延ばされた指数関数とみなすことができる。また指数 A は、二次元系においては、低温側で温度に比例し、 T_0 でクロスオーバー的に変化して高温側で $A=1$ に近づく。三次元系においても、そのスピングラス転移温度に近づかない高温領域で、ほぼ同様の振舞いが見られた。これらの物理的意味付けについては継続して研究中である。

b) 三次元±J ハイゼンベルグスピングラス[学位論文4: 論文13: 講演11, 23, 28]

ハイゼンベルグスピン系と見なされるスピングラス物質において観測されている現象は、イジングスピングラスと見なされる物質で観測されるスピングラス現象とほとんど区別できないほど類似している。その説明として、通常は無視されるほど小さい磁気異方性でもスピングラス現象が観測される温度領域では本質的な役割を演じているとする見方が現在なされているが、これを検証するまず第一歩として、等方的な三次元±J ハイゼンベルグスピングラスについて、その異常長緩和現象に焦点を絞り、詳しく調べた。ここでも主にシミュレートした量はスピン自己相関関数 $q(t)$ である。その結果、 $q(t)$ には有限サイズ効果が顕著に見られ、そのとき $q(t)$ はほぼデバイ型緩和を示し、緩和時間は L^3/T に比例すること(L は系のサイズ、 T は温度)が明らかになった。また、有限サイズ効果が無視できるデータからは、 $q(t)$ は $T=0$ へ向けての臨界緩和を示すことが明らかにされた。但し、 $q(t)$ のデバイ型緩和からの補正因子である t のべき関数の指数が T によって大きく変化するなど、通常の系での臨界緩和と異なる側面が観測されており、より詳しい解析を続けている。

【5】散逸場の量子論(Non-Equilibrium Thermo Field Dynamics, NETFD)による非線形非平衡統計力学(特に量子系確率過程)の研究

我々で独自に開発した、非平衡系過渡現象を扱う新しい場の量子論の体系(NETFD)の整備と拡充を、ここ10年ほど一貫して行なっている。この度、NETFDの体系を拡張して、量子系の確率微分方程式(Langevin方程式、および確率的Liouville方程式)を系統的に構成することに成功した。系統的とは、対応した量子系のFokker-Planck方程式と無矛盾の形でしかも、確率的Liouville方程式がSchroedinger方程式、Langevin方程式がHeisenberg方程式となるカノニカル演算子法が実現したという意味である。

量子系のLangevin方程式は、レーザー理論の展開で実質的に使われ始めたが、そこには原理的な問題もいくつか指摘されていた。例えば、「揺動力演算子に関わるKMS条件のため、量子系では白色雑音は許されないのではないか?」、「Langevin方程式は、Heisenberg表示の式であるが、この表示で果たして揺動力の特徴付けができるだろうか?」等である。我々の体系では、これらの問題点が解決し、古典系で知られている確率過程

の概念が、自然な形で量子系に拡張されることが分った。さらに、近年、数学者の間で盛んに研究されている、非可換量に関する伊藤公式の研究に、多大の影響を与えつつあることを申し添える。

(1) 確率的微分方程式の一貫した体系建設[論文14, 15 : 講演2-4, 6, 17, 31, 32]

量子系の確率的Liouville方程式の時間発展演算子により導入された Heisenberg方程式が、対応した量子系のLangevin方程式を与えるように、時間発展演算子の一般形を求めることに成功した。この認識は量子系ばかりでなく、古典系でも知られていなかった新しいものである。この認識を突破口に、量子系確率微分方程式の体系に対する、カノニカル演算子法が実現することを発見した。

(2) 非線型相互作用が系の緩和に与える影響[論文16 : 講演18]

「注目している系内の相互作用が、その系の緩和に与える影響を如何に取入れるか?」という基礎的な問題がある。従来減衰理論を用いて議論されてきたが、この問題をLangevin方程式によって扱うことができるかどうかは、解決されていなかった。我々は、厳密に解けるモデルにNETFDの体系を応用し、Langevin方程式として(とくに、揺動力の相関として)どの様な形で系内相互作用の影響が取入れられるのかを、明らかにした。もちろん、減衰理論で導出された一般化されたFokker-Planck方程式と無矛盾の結果を与えるものとして、Langevin方程式が得られている。

【6】散逸系のカオスの研究

(1) 結合カオス系

a) Time-delayed写像の方法[学位論文2 : 論文17-19]

結合カオス系とは、カオス的時間発展を起し得る非線形素子が多数存在し、互いに相互作用を及ぼし合っている系であり、系全体としてきわめて多様な動的挙動を示す。このような結合系のあるものに限っては、その時間発展と等価なものが素子1個の時間発展として記述できることを見つけた。これがTime-delayed写像の方法であり、具体的には、非線形の時間発展に加えて、Nステップ前の情報がfeedbackされるような写像であり、このときのNが結合系の素子数に対応する。

b) 結合Logistic写像系における秩序とカオス[学位論文2 : 論文20, 21]

拡散型の結合をした一次元Logistic写像系の時間発展を数値的に追いかけて、種々の特徴的な時間空間パターンを解析した。系の固有なパラメータはLogistic写像素子における非線形性の強度 α と素子間の結合強度 ε である。適当な α と ε の領域では、結合系のパターンとして自己相似性をもった周期倍分岐過程が見られたが、その際の定常パターンが時間発展の初期条件パターンに強く依存することなどを明らかにした(論文20)。さらに、素子1個としてはカオスになる α 領域において、系全体としては結合効果のため空間的に周期的な定常解であるような'パターン選択'状態(論文21)、時間発展の過程で一方向への運動が自発的に生じる'進行波'状態など、系に固有な多くの非線形定常状態の特性を詳しく解析した。

(2) 連続カオス系[講演5, 16, 24, 30]

カオスのトポロジカルな側面に焦点を当てて、ストレンジ・アトラクターのフラクタル構造を明らかにすることを目標に、周期倍分岐の研究を行っている。局所交差数なる概念を導入すると、周期倍分岐をしている軌道のパワー・スペクトルから簡単にそのトポロジカルな構造（交差数や周期倍分岐前後の軌道の絡み数）が抽出できることを示した。さらに、その理論的考察に記号力学（symbolic dynamics）の手法を用い、テンプレートの構造と周期倍分岐に関わる新しい普遍性（universality）を発見した。

局所交差数とは、各周期倍分岐において新たに加わる交差数のことである。つまり、一つ前の周期軌道に由来する交差は、勘定に入れないのである。局所交差数は、各周期軌道のパワー・スペクトルのピーク的位置より直接与えられることが理論的に示され、さらに、一つの周期倍分岐のシリーズにおける局所交差数の満たすべき漸化式が得られた。この漸化式は、物理系によらず任意の周期倍分岐のシリーズで成立するものである。力学軌道のトポロジカルな性質が、実験結果として直接引出せたことは、特筆に値する。以上の不偏的性質は、記号力学の言葉で非常に明快に説明されるが、さらにテンプレートの構造としてトポロジカルな特徴が捕らえられることを発見した。

<論文>

1. S. Takada, H. Watanabe: Nonlocal Unitary Transformation and Haldane State in $S=1/2$ Antiferromagnetic Ladder Model. J. Phys. Soc. Jpn. 61(1) 39-42(1992).
2. S. Takada: Nonlocal Unitary Transformation and String Order in $S=1/2$ Heisenberg Chain with Bond Alternation. J. Phys. Soc. Jpn. 61(2) 428-432(1992).
3. K. Hida, S. Takada: String Order Parameters in the Haldane Gap Phase of the Spin-1/2 Alternating Heisenberg Chain. J. Phys. Soc. Jpn. 61(5) 1879-1881(1992).
4. K. Kubo: Spin correlations in the $S=1$ XXZ chain. Phys. Rev. B46 866(1992).
5. K. Kubo: Spin correlations in the $S=1$ XXZ chain. in 'Computational Approaches in Condensed-Matter Physics', eds. S. Miyashita, M. Imada and H. Takayama, Springer (Berlin 1992) p.173.
6. H. Shimahara, S. Takada: Fragility of the Antiferromagnetic Long-Range-Order and Spin Correlation in the Two-Dimensional t - J Model. J. Phys. Soc. Jpn. 61(3) 989-997(1992).
7. R. Konno: The Crossover Effect from the Two Dimensional Character on the Neel Temperature Dependence of the Inverse Staggered Susceptibility. Prog. Theor. Phys. 87 1335(1992).
8. R. Konno: Theory of Magnetization Process in the Singlet-Doublet f -Level Energy Scheme. Prog. Theor. Phys. 89 51(1993).
9. K. Nishimura, K. Nemoto: Phase Diagram of the Naive Mean Field Model for Spin Glasses. J. Phys.: Condens. Matter 4 5561-5572(1992).

10. K. Hukushima, H. Yoshino, K. Nemoto, H. Takayama: Relaxational dynamics in 2D Ising and 3D isotropic Heisenberg spin glasses. in 'Computer Aided Innovation of New Materials II', eds. M. Doyama et al. Elsevier (1993) pp.403-306.
11. K. Nemoto, K. Hukushima, H. Takayama: Anomalous Phase in the 2D EA Ising Spin Glass. in 'Computational Approaches in Condensed-Matter Physics', eds. S.Miyashita, M.Imada and H.Takayama, Springer (Berlin 1992) p.242.
12. K. Hukushima, K. Nemoto: Monte Carlo Study on the Spin Dynamics of the 2D $\pm J$ Ising Spin Glass. J. Phys.: Condens. Matter 5 1389-1398(1993).
13. H. Yoshino, H. Takayama: Monte Carlo Simulations on Slow Dynamics in 3-Dimensional $\pm J$ Heisenberg Spin Glass. Europhys. Lett. 22(8) 631-636(1993).
14. T. Saito, T. Arimitsu: Quantum Stochastic Heisenberg Equation. Mod. Phys. Lett. B6 1319(1992).
15. T. Arimitsu, T. Saito: A Unified Framework of Stochastic Differential Equations for Quantum Systems. Vistas in Astronomy 37 99-102(1993).
16. T. Saito, T. Arimitsu: Quantum Stochastic Equations for Non-Linear Damped Oscillator. Mod. Phys. Lett. B7 623-631(1993).
17. F.H. Willeboordse: Time-Delayed Map Phenomenological Equivalency with a Coupled Map Lattice. J. Bifurc. Chaos 2(2) 721-725(1992).
18. F.H. Willeboordse: Time-Delayed Map Extension to n-Dimensions. Chaos Soliton Fractal 2(4) 411-420(1992).
19. F.H. Willeboordse: Time-Delayed Map as a Model for Open Fluid Flow. Chaos 2(3) 423-426(1992).
20. F.H. Willeboordse: Selection of Windows, Attractors and Self-Similar Patterns in a Coupled Map Lattice. Chaos Soliton Fractal 2(6) 606-634(1992).
21. F.H. Willeboordse: Pattern Selection at High Nonlinearity in a Diffusively Coupled Logistic Lattice. Phys. Rev. E47(2) 1419-1422(1993).

< 著書 >

1. 長岡洋介、安藤恒也、高山 一： 岩波講座・現代の物理学 18 「局在・量子ホール効果・密度波」 岩波書店 1993年2月 (高山：「密度波」を分筆)。
2. S. Miyashita, M. Imada, H. Takayama: Computational Approaches in Condensed-Matter Physics (Springer Proceedings in Physics 70). Springer (Berlin 1992).

< 学位論文 >

博士論文

1. 西村耕二: Theory of the Naive Mean Field Model for Spin Glasses. (1993年1月)
2. Frederick H. Willeboordse: Order and Chaos in Coupled Logistic Maps. (1993年1月)

修士論文

3. 福島孝治: Dynamical Properties of Ising Spin Glasses. (1993年2月)
4. 吉野 元: Dynamics of the Heisenberg Spin Glass Model. (1993年2月)

<講演>

1. 久保健: 「line graph上の Hubbard model の高温展開」 科研費重点領域研究会「計算物理学—物性研究における新展開—・第2班 相関の強い電子系」, 1992年5月 東京工業大学
2. T. Arimitsu: "A Unified Framework of Quantum Stochastic Differential Equations" 'Intern. Conf. on Field Theory and Collective Phenomena' 1992年5月 PERUGIA (イタリア)
3. T. Arimitsu: "A Unified Framework of Quantum Stochastic Differential Equations" 'Invited Talk at University of Salerno' 1992年6月 SALERNO (イタリア)
4. 有光敏彦、斎藤 健: 「量子系確率微分方程式の体系」 研究会「非平衡系の統計物理」 1992年7月 筑波大学
5. 本池 巧、金野秀敏、有光敏彦: 「連続系における 2^n 分岐周期軌道と記号力学の関係」 同上
6. T. Arimitsu: "A Unified Framework of Stochastic Differential Equations for Quantum Systems" 'Intern. Symp. on Quantum Physics and the Universe' 1992年8月 東京
7. T. Soda: "Application of Heavy Fermion Theory to Electric Conductivity" 'Intern. Conf. on Strongly Correlated Electron Systems', 1992年9月 仙台
8. R. Konno: "Behavior of the Neel temperature and the staggered susceptibility from two-dimensional systems to three-dimensional systems" 同上
9. K. Hukushima, H. Yoshino, K. Nemoto, H. Takayama: "Relaxational dynamics in 2D Ising and 3D isotropic Heisenberg spin glasses" 'Intern. Conf. on Computer Applications to Materials and Molecular Science and Engineering' 1992年9月 横浜
10. 福島 孝治、根本 幸児、高山 一: 「イジングスピングラスの緩和則」 日本物理学会分科会 1992年9月 東京大学教養学部
11. 吉野 元、福島 孝治、根本 幸児、高山 一: 「3次元±Jハイゼンベルグモデルのダイナミックス」 同上
12. 宗田敏雄: 「稀釈 ^3He - ^4He 溶液の超流動 — ^3He 原子の背景の ^4He によるbackflow効果を取り入れて」 同上
13. 宗田敏雄: 「BCC固体の常磁性相からHigh Field相への転移は一次か、二次か？」 同上
14. 久保 健: 「理論の立場から」 (磁性シンポジウム招待講演) 同上
15. 久保 健: 「line graph上の Hubbard model の高温展開」 同上
16. 本池 巧、有光敏彦、金野秀敏: 「 2^n 分岐中の周期軌道とパワースペクトル」 同上
17. 有光敏彦、斎藤 健: 「量子系確率微分方程式の体系 I」 同上
18. 斎藤 健、有光敏彦: 「量子系確率微分方程式の体系 II」 同上
19. 徳光昭夫、平島 大: 「Ud-摂動に基づくd-pモデルの電子状態」 同上

20. 根本 幸児：「2次元±J模型の磁化分布」 同上
21. 福島 孝治、吉野 元、根本 幸児、高山 一：「スピングラスにおけるKohlrash則」 研究会「凝縮系におけるスローダイナミクス」 1992年11月 京都大学基礎物理研究所
22. 福島 孝治、根本 幸児、高山 一：「±Jイジングスピングラスの緩和則」 科研費重点領域研究会「計算物理学－物性研究における新展開－」第3・4班研究会 1992年11月 筑波大学
23. 吉野 元、高山 一：「ハイゼンベルグスピングラス模型のダイナミカルスケーリングと有限サイズ効果」 同上
24. 有光敏彦：「2ⁿ分岐のユニバーサリティー（局所交差数）」 第2回「非線形反応と協同現象シンポジウム」 1992年12月 分子科学研究所
25. 根本幸児：「±Jスピングラス模型の基底状態」 科研費重点領域研究会「計算物理学－物性研究における新展開－」 1993年1月 滋賀県守山
26. 田上由紀子：「ある差分方程式」 非線形数理シンポジウム 1993年2月 早稲田大学
27. 福島孝治、根本幸児、高山 一：「3次元±Jイジング模型の自己相関関数」 日本物理学会 第48回年会 1993年3月 東北大学教養部
28. 吉野 元、根本幸児、高山 一：「3次元±JハイゼンベルグモデルのダイナミクスII」 同上
29. 宗田敏雄：「2次元面に吸着した、³He-⁴He溶液の超流動と固体³He-⁴Heの理論的考察」 同上
30. 本池 巧、有光敏彦、金野秀敏：「連続系の2ⁿ分岐周期軌道と記号力学」 同上
31. 有光敏彦、斎藤 健：「位相空間法による量子力学的確率微分方程式 I -- Schroedinger表示」 同上
32. 斎藤 健、有光敏彦：「位相空間法による量子力学的確率微分方程式 II -- Heisenberg表示」 同上
33. 徳光昭夫、平島 大：「Ud-摂動に基づくd-pモデルの電子状態II」 同上
34. 平島 大：「無限大次元ハバード模型の動的性質」 同上