氏名	竹内正樹
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	学 術
学位授与番号	博乙第３４５６号
学位授与の日付	平成１２年　３月２５日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第４条第２項該当)
学位論文の題目	３次元異方的ＸＹモデルの応用
論文審査委員	教授　川端親雄　　教授　田中　豊　　教授　垂水共之

学位論文内容の要旨

本研究で用いたMonte Carlo法の多量の乱数のアルゴリズムと検定について調べた。２次元 Heisenberg-XY model に対して標準的な Metropolis法 による Monte Carlo simulationの方法についてフローチャートと主要プログラムを記述し論じた。また３次元 Heisenberg-XY modelについてはMonte Carlo stepを進めspinのconfigurationを求めそれから各plaquetteのvorticityを計算しvortex(＋)とanti-vortex(−)を図示した。そして vortex loopを求めるプログラムを開発してvortex loopsの温度依存性について研究した。さらに３次元XYモデルが銅酸化物高温超伝導体にとって有効なモデルであることを論じ，３次元 Josephson-Junction Arrays モデル(XY モデル)に電流のないときの異方性 coupling ratio $\alpha = K_{\perp}/K_{//}$と臨界温度Tcとの関係やいろいろな α の値における臨界電流Icと臨界温度Tcとの関係をMonte Carlo simulationによって求めた。また３次元/XY Anisotropic Josephson-Junction Arrays モデルにおいて内部磁場$H_{\perp}$を導入し高い異方性$\alpha \ll 1$についてある電流Iのもとで磁場$H_{\perp}$がどのように臨界温度Tcに影響を与えるか詳細に調べた。

また同じモデルについてvortex loopや 臨界温度Tcや臨界電流Icについての研究を行った。異方性αについて$0<\alpha<0.1$の場合と$\alpha>0.1$の場合では２つのclusterに分かれることも判明し３次元性と準２次元性の違いを明らかにし３次元性と準２次元性のcrossover点を求めることができた。またMonte Carlo simulationによって 求めた α についてのすべての臨界温度 Tc と 臨界電流 Ic のデータがある変換によって１つの「universal line」に乗ることも立証した。

論 文 審 査 結 果 の 要 旨

自然現象のメカニズムの解明には大きく分けて理論的な解析と実験的な分析がある。自然界には複雑な現象が多く理論的にも実験的にも厳密な解は得られない。そこで解明すべき現象をモデル化して模擬実験から複雑な現象のメカニズムを明らかにする，その一つがモンテカルロ法によるシミュレーションである。この手法は現象のモデル化が重要であり研究の成否の分かれ目であるが本論文は２次元Kosterlitz-Thouless(KT)相転移を発展させた３次元異方的XYモデルが銅酸化物高温超伝導体にとって有効なモデルであることを論じ，３次元Josephson-Junction Arrays モデル(XY-モデル)の面内と面間の相互作用比(coupling ratio) $\alpha = K_{\perp} / K_{//}$と臨界温度Tcとの関係やいろいろな α の値における臨界電流Icと臨界温度Tcとの関係をモンテカルロシミュレーションによって求め近似理論曲線とも一致をしていることを示している。 また３次元Anisotropic Josephson-Junction Arrays モデルにおいて垂直方向の内部磁場$H_{\perp}$を導入し銅酸化物高温超伝導体の特徴である高い異方性$\alpha \ll 1$について平面方向の電流Iのもとで垂直方向の磁場$H_{\perp}$がどのように臨界温度Tcに影響を与えるか詳細に調べている。

さらに同じモデルのvortex loopsと臨界温度Tcや臨界電流Ic等についての相関性の研究を行っている。異方性αについて$0 < \alpha < 0.1$の場合と$\alpha > 0.1$の場合では２つのclusterに分かれることから銅酸化物高温超伝導体の特性である準２次元性を明らかにしながら３次元性と準２次元性のcrossover点を求めている。 またモンテカルロシミュレーションによって求められた αのすべての臨界温度Tcと臨界電流Icの諸数値が １つの「universal line」に乗ることも実証し，物理実験データとよく一致をしていることを示した。以上のような点から本研究は銅酸化物高温超伝導体のメカニズムを解明するための現象理論の発展に大きく寄与した。

研究内容を総合的に吟味した結果，本論文は博士学位論文に値するものと認定する。