



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Simulation Study of the Spin-chirality Decoupling Phenomena in Heisenberg Spin Glasses  |
| Author(s)    | Dao, Xuan Viet  |
| Citation     | 大阪大学, 2010, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/57988">https://hdl.handle.net/11094/57988</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

【68】

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | ダオ スアン グァン<br>DAO XUAN VIET   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(理学)  |
| 学位記番号      | 第 23598 号   |
| 学位授与年月日    | 平成22年3月23日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>理学研究科宇宙地球科学専攻   |
| 学位論文名      | Simulation Study of the Spin-chirality Decoupling Phenomena in Heisenberg Spin Glasses<br>(ハイゼンベルグスピングラスにおけるスピナーカイラリティ分離現象の数値シミュレーションによる研究) |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 川村 光<br>(副査)<br>教授 小川 哲生 教授 菊池 誠 准教授 谷口 年史<br>准教授 湯川 論   |

#### 論文内容の要旨

Spin glasses (SG) are material whose magnetic ordered state at low temperature is a frozen disordered state instead of a periodically ordered one as is the case for ferromagnets or antiferromagnets, and is characterized by frustration and randomness. The ordering of SG been studied quite extensively as a typical example of “complex system” and continues to give an impact on surrounding areas. Many of real SG magnets, including the well-studied canonical SGs, *i.e.*, dilute magnetic alloys such as CuMn, AuFe and AgMn, are *Heisenberg-like* magnets possessing only weak magnetic anisotropy. Experimentally, while the existence of a finite-temperature SG transition and of a thermodynamic SG state in real Heisenberg-like SG material has been established, the true nature of the SG transition and of the SG ordered state has not fully been understood yet.

Theoretically, an isotropic Heisenberg model, rather than the strongly anisotropic Ising model, is expected to be a realistic model of most of real SG magnets. An interesting quantity playing an important role in recent studies on these Heisenberg-like SGs is the “chirality”, which is a multispin variable representing the handedness of the noncollinear or noncoplanar structures induced by frustration. Although all authors now seem to agree that the 3D Heisenberg SG exhibits an equilibrium phase transition at a finite temperature, no consensus has still been reached concerning

the nature of this transition, especially whether the chirality order occurs separately or simultaneously with the standard spin order. Indeed, a chirality scenario of experimental SG transition was proposed based on a “spin-chirality decoupling” assumption for the 3D isotropic Heisenberg SG, *i.e.*, the glass order of the chirality takes place at a temperature higher than the standard spin-glass ordering temperature. In view of the importance of understanding of the ordering properties of the 3D Heisenberg SG, and of testing the validity of the chirality scenario, I numerically investigate in this thesis the possible spin-chirality decoupling phenomena in isotropic Heisenberg SG models by extensive Monte Carlo simulations.

The thesis consists of the two parts. First, I study directly the ordering of the fully isotropic Heisenberg SG model in three dimensions. I find that the spin-glass transition occurs at a temperature about 10~15% below the chiral-glass transition temperature. Thus, the 3D Heisenberg SG exhibits the spin-chirality decoupling. Next, aimed at understanding the possible spin-chirality decoupling phenomena in the 3D Heisenberg SG from a wider perspective, I also study the ordering of the 1D isotropic Heisenberg SG with long-range power-law interactions by extensive Monte Carlo simulations. Note that the exponent  $\sigma$  describing the decay of the power-law interaction effectively corresponds to the dimensionality  $d$  of the short-range model. I find that the 1D long-range model exhibits the spin-chirality decoupling phenomena in the parameter range  $0.85 \lesssim \sigma \lesssim 1.0$ , while some other types of ordering behaviors are realized at smaller or larger values of  $\sigma$ . On the basis of our numerical results, implications to the real spin-glass ordering are discussed.

#### 論文審査の結果の要旨

スピングラスは、強磁性相互作用と反強磁性相互作用が共存競合し、フラストレーションとランダムネスで特徴づけられる一連の磁性体のことを指す。その磁気秩序化はしばしば通常の磁性体とは大きく異なった性質を示すため、スピングラス転移とスピングラス秩序相の本質を巡っては、30年以上にわたり磁性、統計物理解分野で活発な研究が続けられてきた。多くのスピングラス磁性体は、磁気異方性が弱いハイゼンベルグ型の磁性体であるが、その理論モデルとしては、Edwards-Anderson によって提案されたモデルが標準的なモデルとなっている。ハイゼンベルグ Edwards-Anderson モデルの秩序化については、直接磁性を担う“スピン”とフラストレーションによって実現する非平面状のスピン構造の掌性を表す多スピン量である“カイラリティ”の秩序化が分離し互いに異なった温度で起きるのではないかという“スピン-カイラリティ分離現象”が過去の研究から理論的に提案されており、その可否を巡って、近年活発な論争が行われている。

Dao Xuan Viet 君は、モンテカルロ法による大規模数値シミュレーションにより、ハイゼンベルグスピングラスの秩序化の問題に数値的立場から取り組み、扱う系のサイズ、平均するサンプル数、平衡化する最低温度といった諸点で、過去の計算を凌駕するシミュレーションを行うことに成功した。その結果、3次元ハイゼンベルグ Edwards-Anderson モデルでは、カイラリティの秩序化温度が10~15%程度スピンの秩序化温度より高温に位置すること、即ち提案されていた“スピン-カイラリティ分離現象”が確かに起きていることに対する数値的証拠を得た。同時に、関連したモデルとして、べき型の長距離相互作用を有する1次元ハイゼンベルグスピングラスモデルについてのモンテカルロシミュレーションを新たに行い、スピン-カイラリティ分離が起きるか否かの条件を、より広いパラメータ条件から検討することも併せて行った。これらの研究成果は、スピングラスの秩序化の研究に関して重要な新発見を与えるものとして評価される。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。