

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	廣井孝介	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 徹哉
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士	中嶋 敦
		慶應義塾大学教授	博士（工学）	磯部 徹彦
		慶應義塾大学教授	工学博士	太田 英二
		物質・材料研究機構主幹研究員	博士（工学）	間宮 広明
(論文審査の要旨)				
<p>学士（工学）、修士（工学）廣井孝介君提出の学位請求論文は「磁性ナノ粒子集合体における磁気秩序の発現に関する研究」と題し、6章から構成されている。</p> <p>磁性ナノ粒子集合体の磁氣的性質は磁性ナノ粒子を応用する上で重要な意味を持つ。高密度に集積したナノ粒子集合体は粒子間相互作用に由来する協力現象に起因してスーパースピングラスと呼ばれる磁気秩序を発現するものと考えられているが、さらに相互作用が強い極限での磁気挙動は十分に理解されていない。本研究では、γ-Fe_2O_3とFeのナノ粒子を用いて粒子間隔を系統的に変化させた試料を作製し、粒子間相互作用の強さとナノ粒子集合体中に発現する磁気秩序の関係を詳細に調べ、磁気秩序発現条件の検討、および相互作用が強い極限で発現する磁気秩序の特定を行っている。</p> <p>第1章では、現在考えられている磁性ナノ粒子の応用と従来の研究でこれまで明らかにされていない問題点を説明し、本研究の目的を記している。</p> <p>第2章では、ナノ粒子の磁性と粒子間相互作用による磁氣的協力現象などに関する基礎的な知識および近年の報告について記している。</p> <p>第3章では、平均粒径11 nmのγ-Fe_2O_3をSiO_2でコートしたコアシェルナノ粒子を用いて、γ-Fe_2O_3ナノ粒子間の距離が均一に制御されたナノ粒子集合体を作製し、スーパースピングラスの発現に必要な粒子間双極子相互作用エネルギーの大きさを見積もっている。14 nm以下の粒子間距離では超常磁性とは異なるスーパースピングラス特有のエイジング現象が観測されることより、スーパースピングラスの発現に必要な粒子間双極子相互作用エネルギーの大きさは粒子の異方性エネルギーに対して7~12%程度であると見積もっている。</p> <p>第4章では、Fe/Au共凝集ナノ粒子集合体を作製し、Feナノ粒子とAuナノ粒子の混合比を変化させることで、Feナノ粒子間相互作用を系統的に制御した集合体の磁気挙動を調べている。Fe/Auナノ粒子集合体ではFeナノ粒子密度が約5 vol%を超えるとスーパースピングラス的な磁気挙動が出現することから、スーパースピングラスの発現には粒子間双極子相互作用エネルギーが粒子の異方性エネルギーの12%以上であることが必要であると見積もっている。この比率はSiO_2でコートしたγ-Fe_2O_3ナノ粒子集合体で見積られる値とほぼ等しいことから、粒子の種類に依存しないスーパースピングラスの発現条件が存在する可能性があることを指摘している。また、Feナノ粒子のみで構成される最も粒子間相互作用の強い集合体は、高温で強磁性へ転移したのち低温でスピングラスに転移するリエントラントスピングラスと類似の二段階転移を示すことを見出している。</p> <p>第5章では、Feナノ粒子集合体中で生じる高温側の磁気転移を詳細に特徴付けるため、薄層状に粒子を堆積させた試料に対する交流非線形磁化率の測定結果を解析している。線形磁化率に発散的挙動が見られる温度近傍で高調波磁化率にも臨界挙動と考えられる特徴的なピークが観測され、それより見積られる臨界指数は強磁性転移で報告されている値と非常に近いことを見出している。以上よりFeナノ粒子集合体の高温側で生じる磁気転移は強磁性転移であると同定している。</p> <p>第6章では、本研究で得られた知見を総括し、今後の展望を記している。</p> <p>以上要するに、本研究は、磁性ナノ粒子集合体において磁気秩序が発現するための条件、および双極子相互作用が強い極限における超強磁性秩序の発現を初めて明らかにしたもので、磁性ナノ粒子を用いた磁気応用分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>				
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（機能デザイン科学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>			