

Title	Numerical Analyses of Mechanism behind Variant Selection in L10-type Ferromagnetic Alloys under External Field
Author(s)	上島, 伸文
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/34428
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (上 島 伸 文)	
論文題名	Numerical Analyses of Mechanism behind Variant Selection in $L1_0$ -type Ferromagnetic Alloys under External Field ($L1_0$ 型強磁性合金の外場下におけるバリエント選択の数値的解析によるメカニズム解明)
論文内容の要旨	
<p>本論文ではミクロな異方性がマクロに発現する際の組織形成のメカニズムについて解析を行い、その支配因子を報告した。さらなる材料作製プロセスの改善には、その組織形成のメカニズムを明らかにする必要があり、マクロな磁気異方性が大きく磁気記憶媒体の材料として期待されている$L1_0$型強磁性合金をモデル材料として、計算機実験による定量的モデル解析によって、その組織形成のメカニズムを明らかにした。</p> <p>第1章は序論であり本研究の背景と目的、概要について述べた。</p> <p>第2章では組織形成の支配因子として磁気エネルギー項に着目し、その各エネルギー因子の組織形成に及ぼす影響について調べた。その結果、本研究で対象とした材料作製プロセスに関しては局所磁化の相互作用が組織形成に及ぼす影響は無視でき、外場と磁化の相互作用、結晶磁気異方性の二つによるエネルギーのみを考慮すれば十分であることが分かった。</p> <p>第3章では単純化したモデルを用いて化学的自由エネルギー、界面エネルギー、磁気エネルギーの三要素のみによる組織形成を調べた。その結果この場合でも磁場下でバリエントの選択的形成が起こることを見出した。</p> <p>第4章では変態の際に生じるひずみについても考慮したモデルを用いて、その変態ひずみによる影響を調べた。その結果、変態ひずみが選択的形成を促進していることが分かった。さらなる数値的解析によって、界面エネルギーが選択的形成の支配因子であり、その界面エネルギーの寄与が変態ひずみによって増加していることが分かった。</p> <p>第5章ではその増加の原因について解析を行った。その結果、変態ひずみによって粒の分布が変化し、界面エネルギー一駆動による選択的形成が起こりやすくなるという機構を示した。</p> <p>第6章では選択的形成の最初期段階である、核生成および初期の粒成長に着目し、その段階で磁場印加によってどのような変化が生じ、選択的形成に寄与しているのかを調べた。その結果、核の数や大きさのみが磁場印加によって変化したと考えると実験結果を説明できず、核の配置を考慮する必要があることを示した。</p> <p>第7章ではこれまで単純化のために用いていた二次元的拘束条件を三次元的拘束条件に拡張して、どの程度理解が可能であるのかを調べた。その結果、全体的な選択的形成の支配因子は二次元的拘束条件と三次元的拘束条件で変化せず、これまでの議論はある程度は三次元的拘束条件下においても適用可能であることを示した。</p> <p>第8章では、各章の結果、考察を総括した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (上 島 伸 文)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	准教授	吉矢 真人
	副 査	教授	掛下 知行
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	安田 秀幸 (京都大学大学院工学研究科)
	副 査	准教授	福田 隆
	副 査	教授	浅田 稔
	副 査	教授	菅沼 克昭
	副 査	教授	平田 勝弘
	副 査	教授	南 埜 宣俊

論文審査の結果の要旨

材料のマクロな異方性は構造材料、磁性材料等の様々な応用がある。その材料レベルでのマクロな異方性はミクロな結晶レベルでの異方性が起源である。しかしながら、結晶に異方性があるからといって、必ずしもマクロに異方性が発現するわけではない。それは、材料組織形成が異方性によって支配されることはまれであり、他の熱力学的因子によって材料の組織形成が支配されるためである。異方性をマクロレベルで発現させるためには、その組織形成過程を理解し制御する必要がある。本論文ではその高い結晶磁気異方性から磁気記憶媒体の材料として期待されている $L1_0$ 型強磁性合金をモデル材料として、計算機実験による定量的モデル解析によって、その組織形成および異方性の巨視レベル発現のメカニズムを解明している。

第 2 章ではマイクロマグネティクス計算を用いて、磁気エネルギーの各項の組織形成への寄与を報告している。その結果、バリエーション選択を起こすような磁場強度の範囲内では、磁化の相互作用によるエネルギーの組織形成への寄与はほぼ無視できることを明らかにしている。

第 3 章では単純化したモデルを用いて化学的自由エネルギー、界面エネルギー、磁気エネルギーの三要素のみによる組織形成を調べ、この場合でも磁場下でバリエーションの選択的形成が起こること示している。

第 4 章では変態の際に生じるひずみについても考慮したモデルを用いて、変態ひずみを考慮した方が、選択的形成が促進されることを明らかにしている。また、さらなる数値的解析によって、界面エネルギーが選択的形成の支配因子であり、その界面エネルギーの選択的形成への寄与が変態ひずみによって増加しているという、エネルギー間の相互作用の重要性を指摘している。

第 5 章ではその増加の原因について解析を行い、変態ひずみによって粒の分布が変化し、粒が均質かつ微細になることによって、界面エネルギー駆動による選択的形成が起こりやすくなるという機構を示している。

第 6 章では組織形成の最初期段階である、核生成および初期の粒成長に着目し、磁場印加によって生じる変化、また、それらの変化のうち選択的形成に寄与している因子を明らかにしている。核の数や大きさのみが磁場印加によって変化したと考えると実験結果を説明できず、核の配置を考慮する必要があることを指摘している。

第 7 章ではこれまで単純化のために用いていた二次元的拘束条件を三次元的拘束条件に拡張して、どの程度理解が可能であるのかを調べている。選択的形成の支配因子は二次元的拘束条件と三次元的拘束条件で変化せず、これまでの議論は三次元的拘束条件下においても適用可能であることを示している。

以上のように、本論文はミクロな異方性がマクロに発現する際の組織形成のメカニズムを明らかにし、優先バリエーションの存在比のみならず、その配置の重要性を指摘している。ここで得られた知見は異方性発現のための組織制御技術の向上に大きく貢献すると期待され、学術的意義は高い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。