

(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	--

平成 2 5 年 1 2 月 1 2 日

学位（博士）論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 電子情報工学専攻 平成 2 3 年度入学 学籍番号 11834102 氏名 山田 尚人 印
主指導教員 氏 名	生嶋 健司
論 文 題 目	超音波誘起電磁応答を利用した磁気測定と非破壊検査への応用
<p>論文要旨（2000 字程度）</p> <p>本論文は、超音波によって誘起された電磁気応答を通して対象物の磁気特性の測定を実現し、非破壊検査の応用へ向けた磁化分布および磁束密度分布の画像化を実現したものである。</p> <p>第一章「序論」では、これまで非破壊検査技術として一般に利用されている技術について紹介した。続いて、超音波によって誘起された電気・磁氣的応答（超音波誘起電磁応答：ASEM 応答）の概要および本研究の目的、論文の構成について述べた。</p> <p>第二章「音響誘起電磁(ASEM)法」では ASEM 応答について定式化し、検出信号の特徴を予想した。基礎的な理論背景として、ギブスの自由エネルギーから導出される圧磁効果の基本方程式および、磁気双極子放射から予想される ASEM 応答の考察について記した。また、ASEM 応答の検出方法および検出プログラムの概要についても述べた。</p> <p>第三章「強磁性体における ASEM 応答」では強磁性体における ASEM 応答の理論背景の検証実験および、磁気測定を利用した画像化実験について記した。具体的には、（1）十分磁化が配向しているフェライト(SrO/6Fe2O3)に対する ASEM 応答の理論的考察の検証、（2）2 次元磁気イメージングの実演、（3）断層磁気イメージングの実演、（4）ステンレス鋼材の金属脆化検査の実演、について述べた。（1）では、理論的予測どおり、超音波誘起電磁応答は強磁性多結晶の非ゼロ圧磁テンソルを介して放射された磁束密度の近接場成分であることが確認された。（2）においては、常磁性体と強磁性体の 2 次元画像を取得し、十分な磁気コントラストで強磁性体を選択的にビ</p>	

ックアップできることを確認した．さらに純鉄において，残留応力によって発現する磁化を検出し，鋼材の残留応力検査への応用可能性が示唆された．次に（３）では，超音波の透過性を生かした断層イメージングを実演した．本実験では超音波エコー法との同時取得が可能であることを確認されており，断層イメージングにおいても十分な磁気コントラストを実現することが確認された．エコー法によって発見された異物に対して，その磁気特性を判別する手段に応用できることを示した．（４）については，オーステナイト系ステンレス鋼の脆化検査への応用を実証した．常磁性であるオーステナイト系ステンレスは応力印加により，塑性変形を引き起こし，強磁性体マルテンサイト相へ転移することが知られている．このマルテンサイト転移が金属脆化の原因であるといわれている．つまり，マルテンサイト転移による磁性を測定することは，オーステナイト系ステンレス鋼材の脆性を傷やクラックが生じる前に診断することにつながる．そこで，著者はこのマルテンサイト転移によって誘起される磁化が ASEM 法によって可視化できることを実演した．さらに，ノイズの多い現場環境（製造現場）においても測定が可能であること，および脆化のリアルタイム計測も実演した．

第四章「ASEM 応答の磁気ヒステリシスとその応用」では，強磁性体における複数の独立パラメータを有する磁気ヒステリシスを ASEM 法により取得した．磁気ヒステリシス特性は古くから探傷試験の一手法として応用されているが，非接触法である超音波検査を通して測定可能であることを立証した意義は極めて大きい．著者は，ASEM 応答の磁場依存性が微分圧磁係数のヒステリシス特性に相当していることを見出した．ASEM 応答で取得する磁気応答は，試料内部に生じる本質的な磁束密度であり，漏洩磁束法で一般的に測定されている試料外へ漏れた磁場でない．したがって，試料内部の欠陥発見に対して従来方法より有効であることが示唆される．さらに，著者は，強磁性体の欠陥周辺で変化する磁束密度分布を観測することに成功した．これらの結果から，ASEM 法が“非接触測定”という超音波検査の利点と“欠陥拡大検出効果”をもつ漏洩磁束法の利点を併せ持つ非破壊検査方法であることを示した．特に，高温材料，表面形状が複雑な材料などに効果を発揮するものと期待される．

第五章「高感度化へ向けた取り組み」では，ASEM 法の検出感度を改善するための二つの手法を記した．検出感度を本質的に向上する方法（超伝導量子干渉素子の導入）と変調技術を用いる方法（振幅変調連続超音波による周波数ドメイン測定）を試みた．特に，振幅変調した連続超音波励起により，パルス法に比べて 100 倍以上の感度改善が実現され，本手法の実用化に対して有望となる大きな改善を行った．

第六章では本研究のまとめおよび今後の展望について記した．