

(様式 11)

平成 2 6 年 2 月 2 0 日

学 位 論 文 審 査 要 旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員	主査	生嶋 健司	印
	副査	鵜飼 正敏	印
	副査	香取 浩子	印
	副査	三沢 和彦	印
	副査	森下 義隆	印

学位申請者	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
申請学位	博 士 (工学)
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
論文審査要旨 (2000 字程度) 本論文は、超音波により対象物の磁気特性の測定を実現し、特に、非破壊検査の応用に向けた技術開発に関する研究を記述したものである。 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されている。さらに、本研究により開発される超音波誘起電磁応答 (ASEM 応答) の概要と他の計測方法との比較、および本研究の目的・論文構成について記述されている。 第二章「音響誘起電磁(ASEM)法」では ASEM 応答について基礎的な理論付けと定式化が為されている。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 応答の考察がされている。また、ASEM 応答の検出方法・装置および検出プログラムの概要についても記述されている。 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議論されている。具体的には、(1) 十分磁化が配向しているフェライト (SrO/6Fe ₂ O ₃) 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、である。(1) では、理論的予測どおり、超音波	

論文審査要旨

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ている。(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ピックアップできることが確認されている。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ている。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が実演されている。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ている。(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が実証されている。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。申請者はASEM法によってマルテンサイト相が可視化されることを実演した。さらに、ノイズの多い現場環境(製造現場)におけるその場観察も実演されている。これらの成果は、原著論文および国際会議プロシーディングにおいて国内外に発表されている。

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法により取得されている。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。申請者は、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であることを見出し、超音波による保磁力の評価法を確立した。さらに、申請者は、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も成功している。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“欠陥拡大視効果”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が示されている。これらの成果は、既に学会等では発表されており、論文査読中である。

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方法を記している。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。

申請者の開発した超音波電磁応答による磁気測定は、従来技術とは全く異なる視点でのアプローチであり、産業界でも既に注目され、産学共同研究が開始されている。これらの理由から、本論文は博士の学位論文として優れたものと認められた。