

氏 名	劉 征
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1927 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 資 源 工 学 専 攻
学位論文題目	Studies on Data Fusion of Nondestructive Testing (非破壊評価におけるデータ融合に関する研究)

論文調査委員 (主 査) 教 授 花 崎 紘 一 教 授 英 保 茂 教 授 芦 田 讓

論 文 内 容 の 要 旨

材料や構造物の破壊試験の評価分野において、単一の試験法では得られる情報が不足することがあるが、種類の異なる複数の試験法からのデータを集積すれば、新たな信号処理や画像処理など人工知能化の情報処理が可能になり、総合的な情報を得ることができる。本論文は、種類の異なるセンサを用いた複数の非破壊試験方法から得られる測定データを互いに融合し、必要な情報を強調することにより試験材内部の傷やクラックを特徴付けることのできる実際的手法についての研究を遂行し、その結果をまとめたものであり、7章で構成されている。

第1章は緒論であり、非破壊検査と評価分野におけるデータ融合の研究の現状と背景およびその重要性を述べている。さらに、現在までに世界の研究者が行った研究の概要を紹介し、この論文の構成を説明している。

第2章では1次元多周波数渦流探傷法のインピーダンスデータと虚部データについてのデータ融合に関して議論している。ここでは、データをドベシウェーブレットによる変換領域で融合しており、これにより内部傷も表面傷も共に信号が強調され、S/N比が改善されることを検証している。

第3章では、2次元画像データの融合についてラプラシアン、Ratio of low-pass, Steerable Pyramid、ウェーブレットなどの多重解像度解析法の議論している。これらの方法の特徴を比較するために、それぞれの方法により標準的な画像に対して融合を行った結果を示し、比較的新しい手法であり、角度抽出に有用な特性をもっている Steerable Pyramid が、他の方法よりも画像情報の抽出に優れていることを述べている。また、多重周波数渦流探傷データを用い、種々異なる結合のルールを適用して融合して得た知見について論じている。さらに、異なる試験法のデータ融合の例として、衝撃傷を受けた複合板の渦流探傷試験によって得られたデータと赤外線サーモグラフィによる温度分布データを取上げて検討している。これらの融合で相補的な情報が得られ、非破壊評価技術として優れた手法となり得ることを確かめている。

第4章では、2枚の画像のそれぞれの主な特徴を結合する画像融合の空間的な方法について議論し、ラプラシアンとウェーブレットに基づく方法を研究している。例として傷の範囲を調べるために赤外線サーモグラフィの画像に対して、先ず固定閾値処理を適用し、次にこの範囲を渦流探傷のCスキャン画像と合成させている。この結果に閾値処理を行なって得られる画像から、傷の範囲を同定することが出来ることを示している。第5章では、データ融合の前処理の問題を論じている。特に、複数の融合される画像におけるそれぞれのピクセルを、試験材中の該当する物理的位置に一致させるレジストレーションの問題に焦点を当てた議論をしている。非破壊試験の方法によってはハードウェアの構成を考慮することでこの問題を解決することが可能な場合もあり、たとえば、多重周波数渦流探傷試験では、同じ位置で複数の周波数を適用してから次の位置へプローブを移動させることにより実現可能である。しかし、そうでない場合には、ソフトウェアによる拡大、変形、回転などのレジストレーションの変換が必要となってくる。この章では、回転の問題を解決する Steerable Pyramid に基づく新しい方法について述べ、粗から密へのレジストレーションの手順を提案し、この方法によれば、異なる方向の特徴を効果的に抽出することができ、角度の異なる方向から採取されたデータの融合に有力であることを明らかにしている。

第6章では、材料の超音波検査のための3次元可視化の方法について検討している。これは、C (x-y 平面) スキャンとD (x-z 平面) スキャンからデータを集積してひとつの可視データとするという意味で、一種のデータ融合であると考えられる。2枚の画像によって提供されるx軸の情報を融合する必要がある、可視化のためには、データは適切な形式にレジストレーションされなければならない。3次元画像では、傷とともに試験材全体を含めた可視化が評価や判定に役立つ。また、拡大、縮小、回転といったハンディなソフトウェア機能は試験材内部の傷を理解する上で有力であることを確かめている。

第7章は結論であり、本論文で得られた結果を要約し、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、非破壊試験において、種類の異なる複数の試験方法から得られる測定データの融合により、必要な情報を強調し、試験体内部の傷やクラックを特徴付けるための実際的手法に関する研究結果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 多周波数渦流探傷法のデータ融合に関しては、ドベシウエーブレットによる変換領域で融合することにより、S/N比が改善され、内部傷も表面傷も共に信号が強調されることを示した。

2. また、データの融合に有効と考えられるいくつかの多重解像度解析法を用いて、画像データの融合を比較した結果、回転変換に有用な特性を持っている Steerable Pyramid 法が必要な画像の情報を最も多く抽出出来ることを見出している。実例として渦流探傷試験と赤外線サーモグラフィを取上げ、この手法によるデータ融合で相補的な情報が得られることを検証している。

3. データ融合に必要な2枚の画像の主な特徴を結合する画像融合の空間的な方法について議論し、例として傷の範囲を調べるために赤外線サーモグラフィの画像に対して、先ず固定しきい値処理を適用し、次にこの範囲を渦流探傷のCスキャン画像と合成させ、この結果にしきい値処理を行なって得られる画像から傷の範囲を同定することが出来ることを示している。

4. データ融合の前処理の問題に焦点を当て、画像中のピクセルを試験材中の該当する物理的位置に一致させるレジストレーションの問題について議論し、有効な方法を見出している。すなわち、試験法によってはハードウェアの構成を考慮することで問題解決が可能であるが、そうでない場合には、ソフトウェアによる拡大、変形、回転などの画像処理変換を用いてレジストレーションしなければならないことに言及し、Steerable Pyramid に基づく新しい方法を用いたレジストレーションによれば、異なる方向の特徴を効果的に抽出することが出来るため、データの物理的位置を精確に一致させることが可能であることを明らかにしている。

要するに、本論文は、材料や構造物の非破壊試験において、複数の異なる方法の試験を実施し、それぞれから得られるデータを融合することにより、精度よく試験体の評価を行なうための合理的な技法を提案したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年1月31日、論文内容とそれに関した事項について試問を行なった結果、合格と認めた。