

Study on Non-Scanning Ultrasonic Nondestructive Testing

(走査を要しない超音波非破壊検査法に関する研究)

学位論文内容の要旨

非破壊検査法 (NDT) は、その性質を変化させることなく物質や製品の性質を試験するテスト法で、それには構造や部材、材料等の本来の姿を、それらの有用性を変更・破壊することなく決定するための、種々の無侵襲計測技術が含まれる。中でも超音波試験法は、今では種々の試験材の内部欠陥を非破壊的に試験する最も代表的な方法となっている。近年の高速電算機の出現とデジタル信号処理技術の発展により、コンピュータトモグラフィのように、一見何もないものの中から対象を見出すことが出来るようになってきている。この傾向は非破壊検査分野にも認められ、見ただけではそれからどのような情報が得られるのか想像困難な生データから、有意な情報を取り出そうとして研究が進められている。すなわちこの分野で現在行われている研究では、強力な雑音の下で微弱な信号に含まれている情報を、高速電算機と信号処理技術を用いて出来るだけ明瞭な形で取り出そうとしている。超音波による NDT における信号処理技術は従来欠けていたもので、これからの改良に向けて展望の開けた、必須の研究分野である。本研究は、パルス圧縮システムを用いる超音波 NDT の中の、走査を必要としない新しい方法と、そのための信号処理技術に関するもので 6 章から成っている。

第 1 章は序論で、超音波 NDT の背景と、技術課題について述べている。

第 2 章は、本研究で提案する走査を必要としない新しい超音波 NDT の基本原理について述べている。また、この方法により得られる信号の標的経路の伝播時間に基づいて、標的の位置を効率的に決定する簡便な初等幾何学的方法を提案している。

第 3、4 章では、NDT の実時間信号処理用を念頭に新たに開発した、いくつかの

信号処理方法とアルゴリズムについて述べている。開発したすべてのアルゴリズムおよび信号処理法は、実験的にその妥当性を検証して、提案した方法の適用可能性を確認している。

第3章は、その係数をシステムの応答関数の一部に基づいて設計する、新しい逆フィルター設計方法について述べている。この新しい設計法による逆フィルターによって、システム雑音が低減できることを明らかにしている。さらに、空隙中における複数の小標的を検出する実験に適用して、その有効性を確認している。

第4章では、システムの擬似雑音ピークを除くために新たに開発した一致ピーク強調法 (Coincident Peak Enhancement : CPE) と同期移動平均法 (Synchronous Moving Average : SMA) および、その他の雑音低減法について述べている。また、逆フィルター法をも含めて、これらの雑音低減法を適用して金属薄板中の複数の小孔を検出する実験を行い、それらの有効性を確認している。

第5章では、天文学の分野で画像処理に有効な CLEAN アルゴリズムとして知られる信号処理法をもとに、それをパルス圧縮システムによる非破壊検査の分野用に適宜改変した新しいアルゴリズムを提案し、それにより接近した複数の反射ピークがサイドローブのない明瞭な分離ピークとして分離検出できることを実証している。

第6章は結言で、本論文を総括している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 場 良 次

副 査 教 授 馬 場 直 志

副 査 教 授 伊 達 惇

学 位 論 文 題 名

Study on Non-Scanning Ultrasonic Nondestructive Testing

(走査を要しない超音波非破壊検査法に関する研究)

非破壊検査法 (NDT) は対象を無侵襲的に検査する方法で、それによって検査対象の姿をその有用性を破壊することなく決定できる。その主要技術はX線、光波や超音波などの波動を利用する種々の無侵襲計測技術で、中でも超音波試験法は種々の試験材の内部欠陥を非破壊的に試験する最も代表的な方法となっている。一方近年の高速電算機の出現とデジタル信号処理技術の発展により、コンピュータトモグラフィーのように、一見何も見出せないデータの中から対象を見出すことが出来るようになって来ている。この傾向は超音波による非破壊検査法にも認められ、従来の方法では有用な情報を得ることが出来なかったような劣悪な信号対雑音比のデータからも情報を取り出そうとして、種々の研究が進められている。すなわち、強力な雑音の下で微弱な信号に含まれている情報を、高速電算機と信号処理技術を用いて出来るだけ明瞭な形で取り出そうとしているのがこの分野における近年の研究動向である。超音波によるNDTの信号処理技術は従来欠けていたもので、今後重点的に研究努力を集中する必要がある分野である。

本論文は、このような分野のパルス圧縮システムを用いる超音波非破壊検査法に関するもので、走査を必要としない新しい方法とそのための信号処理技術について行った研究をまとめたもので、6章から成っている。

第1章は序論で、超音波NDTの背景と、技術課題について述べている。

第2章は、本研究で提案する走査を必要としない新しい超音波NDTの基本原則について述べている。また、この方法により得られる信号の標的経路の伝播時間に基づいて、標的の位置を効率的に決定する簡便な初等幾何学的方法を提案している。

第3、4章では、NDTの実時間信号処理用を念頭に新たに開発した、いくつかのアルゴリズムと信号処理方法について述べている。開発したすべてのアルゴリズムおよび信号処理法は、実験的にその妥当性を検証して、提案した方法の適用可能性を確認している。

第3章では、その係数をシステムの応答関数の一部に基づいて設計する、新しい逆フィルター設計方法について述べている。この新しい設計法による逆フィルターによって、システム雑音が低減できることを明らかにしている。さらに、空隙中における複数の小標的を検出する実験に適用して、その有効性を確認している。

第4章では、システムの雑音ピークを除くために新たに開発した一致ピーク強調法 (Coincident Peak Enhancement : CPE) や同期移動平均法 (Synchronous Moving Average : SMA) および、その他の雑音低減法について述べている。また、逆フィルター法をも含めて、これらの雑音低減法を適用して金属薄板中の複数の小孔を検出する実験を行い、それらの有効性を確認している。

第5章では、天文学の分野で画像処理に有効で CLEAN アルゴリズムとして知られる信号処理法をもとに、それをパルス圧縮システムによる非破壊検査の分野用に適宜改変した新しいアルゴリズムを提案し、それにより接近した複数の反射ピークがサイドローブのない明瞭な分離ピークとして分離検出できることを実証している。

第6章は結論で、本論文を要約している。

以上を要するに本論文は、超音波非破壊検査法において、従来法とは異なり全く走査を必要としない新しい手法と、そのための信号処理方法とを新たに提案し、その有効性を実証したもので、応用物理学及び計測工学に貢献するところが大きい。よって著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。