



Title	Some inverse problems for wave equations of various types in layered media
Author(s)	永安, 聖
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46502
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 ^{なが}永 ^{やす}安 ^{せい}聖

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 19997 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当

理学研究科数学専攻

学 位 論 文 名 Some inverse problems for wave equations of various types in layered media

(層化された媒体に於ける、様々な波の方程式に対する幾つかの逆問題)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 西谷 達雄

(副査)

教 授 松井 昭孝 教 授 土井 伸一 助教授 杉本 充

論 文 内 容 の 要 旨

本論文で扱っている問題の大きなテーマは、層化された媒体に対する非破壊検査の数学的モデルである。非破壊検査とは、媒体の内部を調べるための方法の一つである。通常、観測者が観測できるのは媒体の表面付近であり、媒体の内部を直接観測することはできない。そこで、媒体の表面付近に人工的に衝撃を起こす。すると、その衝撃によって媒体内を波が伝わっていく。その波のうち、媒体の表面に跳ね返ってくるものを観測することによって、直接観測することはできなかった媒体内部の情報を推測する。これが非破壊検査である。

この非破壊検査の数学的モデルに関し、本論文では特に次の三つの場合について考察した。但し、各媒体は半空間を占めているものとした。

- (1)媒体が2層からなり、媒体を伝わる波が波動方程式で記述されている場合。
- (2)媒体が2層からなり、媒体を伝わる波が弾性方程式で記述されている場合。
- (3)媒体が多層からなり、媒体を伝わる波が1次元波動方程式で記述されている場合。

ここで、波動方程式とは、波の伝播を記述する方程式の中で最も基本的な方程式である。故に、一般に「波」に関する研究を行う際に、まず波動方程式を用いて考察を行うことは自然である。一方、弾性方程式とは、特に地震波の伝播を記述する方程式である。波動方程式が単独の方程式であるのに対し、弾性方程式は連立の方程式であること等の理由により、弾性方程式の場合の考察は、波動方程式の場合のときよりもより複雑となる。

(1)、(2)、(3)、それぞれの場合に対し、観測者は、半空間の境界付近の情報は直接観測できるとして、衝撃により生じる波の境界上での観測データから、半空間の内部の情報を推測することを試みた。得られた結果は次の通りである。

(1)観測データが特別なものでなければ、半空間の境界に近い方の層の幅は再構成することができる。半空間の境界から遠い方の層の情報については、物理空間の次元が2以上であれば、波の速度・インピーダンスを共に再構成することができる。一方、物理空間の次元が1のときは、インピーダンスは再構成できるが、波の速度は同定できない。

(2)(1)の場合とほぼ同様の結果を得る。即ち、観測データが特別なものでなければ、半空間の境界に近い方の層の幅は再構成することができる。半空間の境界から遠い方の層の情報については、波(縦波・横波)の速度・密度を共に

再構成することができる。

(3)各層のインピーダンス・「層の幅とそこでの波の速度との比」が、観測時間に応じて順々に再構成できる。しかしながら、層の幅自身や波の速度自身を同定することはできない。

証明には、扱った方程式の具体的な解表示を用いた。2層の場合の解表示については、既存の結果の中で与えられている。しかしながら、本論文での問題は、微分方程式の解を求める問題ではなく、微分方程式の解の一部から微分方程式の係数を求める問題である。そのため、解の表示を与えるだけでは留まらない、更なる考察を要した。

論文審査の結果の要旨

物体の内部の状況を外部から観測されるデータのみから推測するという工学的な要請に由来する問題（逆問題）に対して、その数学的な理論の裏づけを与える研究が近年国内外において盛んに行われている。内部の状況が観測データに反映することを正当化する問題（順問題）とは異質の困難さがあり、非常に挑戦的かつ魅惑的な研究領域となっている。

本論文ではこのうち、地表近くでの地震波の観測データから地中の奥深くの断層の様子を探索する問題の、数学的モデルを扱っている。具体的には、半空間に2種類以上の媒体があり、これらの媒体の接合面は半空間の境界と平行であるとする。また、半空間の境界に接している方の媒体を進む波の速さや半空間での境界条件は与えられているが、それ以外の媒体を進む波の速さや各媒体間の接合条件は未知であるものとする。このとき、半空間の境界付近で人工波を起こし、その境界に到達する波の観測データからこれら未知の情報を決定する手順を、数学的に与えている。

このモデルに関しては、先行するいくつかの結果が知られているが、層の接合条件を未知の係数として決定する問題設定は本論文独自のものであり、実際の地中探査の立場からも自然である。この点において、本論文における成果はこの分野に新たな視点を与える重要なものである。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。