Title	点ソース逆問題の直接的な数値解法に関する研究
Author(s)	山谷, 克
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/40220
DOI	
rights	
Note	

【53】

氏　　　　　名	山谷　　克（やまたに　かつ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　13145　号
学 位 授 与 年 月 日	平成 9 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻
学　位　論　文　名	**点ソース逆問題の直接的な数値解法に関する研究**
論 文 審 査 委 員	（主査） 教　授　八木　厚志 教　授　石井　博昭　教　授　川上　則雄　教　授　興地　斐男 教　授　増原　　宏　教　授　志水　隆一　教　授　河田　　聡 教　授　中島　信一　教　授　樹下　行三　教　授　伊東　一良 教　授　後藤　誠一　教　授　岩崎　　裕　教　授　豊田　順一 教　授　一岡　芳樹　教　授　萩行　正憲

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は，Poisson 方程式および拡散方程式に対する点ソース逆問題の数値的研究をまとめたものであり，以下の 7 章より構成されている。

第 1 章は序論であり，本研究の背景と目的，および本論文の構成について述べている。

第 2 章では，ソース逆問題の数値解法について従来の方法を概観している。

第 3 章では，2 次元 Poisson 方程式について，領域境界上の観測値から点ソースの位置を推定する問題を考察している。このような問題の数値解法として従来は，点ソースの位置を一旦仮定して順問題を解きその解の境界上の値と観測値を比較してその誤差を小さくするように仮定した位置を取り直す，このように順問題を繰り返し解くことにより真の位置を逐次決定していくという方法が一般的であった。これに対して本章では，新たに，調和関数を重みとする残差表示を用いる方法を提案している。各調和関数の重み付き残差からソースの存在位置についての評価が得られることに着目し，調和関数の族を適当に選ぶことにより存在領域の絞り込みが可能であることを示して，実際に関数族を選ぶためのアルゴリズムの構成ならびに適当な条件下での真の位置への収束性の証明を行っている。

第 4 章では，前章で提案した方法で多次元 Poisson 方程式について同様の問題を考察している。いくつかの数値実験例をあげて，提案方法が多次元問題にも有効であることを示している。

第 5 章では，多次元 Poisson 方程式について，領域境界上の観測値から点ソースの位置および強度を同時に推定する問題を考察している。本論文で提案している調和関数の重み付き残差表示を用いる方法を強度も未知である場合に拡張し，数値実験によりその拡張した方法の有効性を検証している。

第 6 章では，多次元拡散方程式について，全時点での領域境界上の観測値から点ソースの位置，強度，個数，発生時点を推定する問題を扱っている。前章までに Poisson 方程式について提案した方法を基に，新たに非定常方程式の逆問題について調和関数の重み付き残差表示を用いる方法を考察している。また，数値実験によりその有効性を検証している。

第 7 章では，以上で得られた知見を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文はPoisson方程式および拡散方程式に対する点ソース逆問題を数値的に研究したもので，その主な成果を要約すると次の通りである。

(1) 領域境界上の観測値から方程式中の点ソースの位置，強度，個数などを推定する問題において新たに，調和関数の重み付き残差表示を利用する方法を提案している。従来は，点ソースを一旦仮定して順問題を解き境界上の値と観測値を比較し，その誤差が小さくなるように点ソースを仮定し直す，このように順問題を解く操作を繰り返すことによって真の点ソースを逐次決定していくという方法が一般的であった。これに対し，本研究では調和関数に対する残差を求めるとその値から点ソースの存在可能領域が一つ定まるということに着目し，調和関数の族を適当に取ることにより点ソースの絞り込みが可能で最終的に真の点ソースが決定できることを示している。本論文で提案している方法は，各回の絞り込み操作でソース項の存在可能領域の減少が量的に評価できるものであり，従来の方法に比べると真のソース項との誤差評価が著しく容易になる。

(2) 本論文で提案している方法では，効率的に絞り込みを行うための調和関数の族をいかに選ぶかが重要な問題となる。2次元Poisson方程式のソース位置推定問題において，ソースが存在する領域で値が大きく変化するような調和関数を選ぶことによりこのような絞り込みについての方法を提案している。ソースの存在領域が一定の条件をみたすように前もって与えられたとすると，以下，用いる調和関数を一定の形で決めてそれに関する残差表示から点ソースの存在可能領域が指数的に絞り込まれ，最終的に真のソース位置に収束することを示している。多次元Poisson方程式のソース位置推定問題においてもこのような選び方が有効であることをいくつかの数値実験により示している。

(3) ソース項の位置，強度を同時に推定するようなより一般の逆問題になると効率的に調和関数族を選ぶことは困難になる。この問題に対し本論文では，前もって選ぶべき調和関数族を推定し，実際に残差を数値計算してその結果からより適切な族を決めてゆくという方法を提案している。このような選択を実行するための計算アルゴリズムを構成するとともにいくつかの数値実験を行ってその方法の有用性を検証している。

以上のように，本論文ではPoisson方程式および拡散方程式に対する点ソース逆問題について，調和関数の重み付き残差表示を用いる直接的な解法を提案するとともに効率的に絞り込みを行うための調和関数族の選択方法についてのアルゴリズムを考案している。また，提案方法の有効性についても理論的あるいは数値的に検証している。これらのことは，応用物理学，特に数値解析学に寄与するところが大きい。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。