

氏名(本籍)	なか 仲	た 田	すすむ 晋(千葉県)
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第2626号		
学位授与年月日	平成13年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	工学研究科		
学位論文題目	直接法を用いた線形逆問題の正則化とその応用		
主査	筑波大学教授	工学博士	名取 亮
副査	筑波大学教授	工学博士	稲垣 敏之
副査	筑波大学教授	Ph.D.(工学)	平澤 一紘
副査	筑波大学助教授	工学博士	北川 高嗣
副査	筑波大学助教授	工学博士	櫻井 鉄也

論文の内容の要旨

本論文では、線形逆問題から派生する離散不適切問題に対する高速な直接解法の提案を行った。本論文では、逆問題のうち第1種フレドホルム型積分方程式で表される問題を対象としている。第1種フレドホルム型積分方程式は不適切問題の典型的な例で、解の存在性、一意性、および安定性が保証されていない。この不安定性を持つ問題に対する解法としては、それと近い安定な問題に置き換え、その安定な問題に対する解を近似解として用いる手法が一般的であり、これは広い意味で正則化法と呼ばれる。

広く知られた有効な手法としてTikhonov正則化法があるが、本論文では高速解法として直接法による正則化を提案している。これは、2回のQR分解により得られる解空間とデータベクトル空間の正規直交基底を用い、打ち切り最小2乗最小ノルム解の近似解を得る手法である。特異値分解の演算量は行列の数値的階数に依存しないが、本手法で用いる係数行列の分解は係数行列の数値的階数に応じた演算量であり、特に数値的階数が比較的小さい問題に対して有効となる。本手法で得られる正則化解はTikhonov正則化法と同様、精度の良い近似解を得るためには正則化パラメータを適切に選択する必要がある。最適正則化パラメータの推定法として代表的なものにGCV法L-カーブ法、Quasi-Optimal法があり、それぞれ離散不適切問題に対する有効性が示されている。直接法による正則化における最適正則化パラメータ推定法としてこの3つの方法を適用し、適切な正則化パラメータを選択する手法を示した。

直接法による正則化での係数行列の分解はピボッティング付QR分解を含む2回のQR分解により得られるが、通常の列ベクトルのノルムを規準としたピボット列選択によるQR分解では正しい数値的階数が得られない特殊な例がKahanによって示されている。これに対し通常のピボッティング付QR分解の代わりにRank Revealing QR分解を適用することにより数値的階数に応じた解空間の正規直交基底を求め、正則化解をこの解空間上で求める算法を提案した。また、直接法による正則化法の応用例として我々はプラズマ診断における可視光CTを前提とした画像再構成問題を考える。画像再構成問題は第1種フレドホルム型積分方程式に帰着される不適切問題の典型的な例の一つである。より高速な再構成アルゴリズムとして直接法による正則化を用いたアルゴリズムを提案し、その有効性を示し、正則化パラメータの選択としてGCV法を用い、これにより良好な再構成画像が得られることを示した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

新しい直接法にもとづく正則化法を提案し、その高速性を主とする有効性を示し、正則化に不可欠な正則化パラメータ決定も高速化を損なうことなく実現可能であることを示した。特殊な例ではあるが、不安定性が対角列ではなく、上三角行列に反映される場合の解決法としてランク明示型のアルゴリズムをも提案した。また実際の応用例として、画像再構成問題に適用しその有効性を検証した。基本アルゴリズムの構成から、応用にいたるまで、十分な成果と考えられる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。