

平成21年 3月31日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700231
 研究課題名(和文) 複素ネットワークインバージョンによる逆問題解法および正則化法に関する研究
 研究課題名(英文) Solution and regularization of inverse problems using complex-valued network inversion
 研究代表者
 小川 毅彦 (OGAWA TAKEHIKO)
 拓殖大学・工学部・准教授
 研究者番号：50297090

研究成果の概要： 逆問題解法のための複素ネットワークインバージョン法および正則化法に関する基礎的な検討を行い、さらに実際の逆問題への適用を検討した。まず複素ネットワークインバージョンに正則化法を適用し、逆問題の各種不良設定性の緩和動作を示した。具体的には複素写像の逆推定問題を取り上げ、解の収束性や分離能力などを検討して有効性を示した。さらに、実際の逆問題の1つである画像復元問題に適用し、ネットワーク構成や前処理法などの検討を行い、複素ネットワークインバージョン法の適用範囲を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	600,000	0	600,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	240,000	3,140,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：逆問題，ニューラルネットワーク，複素ニューラルネットワーク，複素ネットワークインバージョン，不良設定性，正則化法，汎化能力

1. 研究開始当初の背景

様々な工学分野において、逆問題の解法の必要性が高まってきており、特に数理学の分野で解法が研究されてきた。ニューラルネットワークの分野においても、多層型ニューラルネットワークを用いた逆問題の解法としてネットワークインバージョンが提案され、画像処理や医用信号解析などへの応用が検討されてきた。従来のネットワークインバージョンによる解法は、実数領域の入出力お

よび荷重をもつ通常が多層型ニューラルネットワークのための解法である。しかし、医用信号解析や画像復元などにおける周波数領域での信号処理において、複素領域での逆問題が考えられる。そこで、複素数を扱うことのできる複素多層型ニューラルネットワーク上で逆問題を解くための、複素ネットワークインバージョン法の提案を行った。

一般に逆問題においては、問題の不良設定性により観測された結果に対する原因が一

意に特定できない場合が存在する。この不良設定性の逆問題に対し、様々な近似や条件を与える正則化の手法が研究されてきた。また、通常のネットワークインバージョンに対する正則化の手法についても検討が行われてきた。複素ネットワークインバージョンにおいても同様に不良設定性の問題が生じるが、まだ正則化法の検討は行われておらず、複素領域に拡張された正則化法の早急な確立が必要であった。

また、複素ネットワークインバージョン法および正則化法による逆問題解法の枠組みの確立のためには、理論的・実験的な検討だけでなく実際の問題に応用してその有効性を示す必要がある。そのため、複素ニューラルネットワークの適用によって効果が得られると予測される周波数領域での画像処理問題等に実際に応用して、その適用可能性および問題点を検討する必要があった。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、複素ネットワークインバージョンに基づく逆問題解法ネットワークに適用する正則化法の、理論・定量的な枠組みを確立することを目的とする。具体的には、Tikhonov の正則化法に基づき、複素ネットワークインバージョンの出力誤差汎関数に正則化項を加える場合の、入力側に得られる解の収束性を検討する。

(2) また、複素ネットワークインバージョンを実際の問題に応用して有効性を示すことを目的とする。その1つとして画像処理問題が考えられる。複素ニューラルネットワークは、複素数の実部と虚部の位相関係を学習・推定することができるために、位相関係に特徴のある問題に応用することが効果的であると考えられる。そこで、このような問題に複素ネットワークインバージョンを適用し有効性を検討する。

以上のように、本研究では複素逆問題解法のための複素ネットワークインバージョンの正則化法の理論的・定量的な枠組みの確立とその効果の確認を目的とする。さらにその結果を踏まえて、実際の問題に応用して効果を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 最初に、逆問題解法のための複素ネットワークインバージョンに関する理論的検討およびシミュレーションによる検討を実施する。ここでは、複素ネットワークインバージョンにおける不良設定性の問題および正則化法に関する基礎的検討を中心に行う。計算機シミュレーションに関しては、データ作成の効率化や多数回のシミュレーション実行、結果検討の迅速化のために、汎用数値解析プログラムと連携したプログラムを作成

し、データ作成から結果検討までを一括して行う統合シミュレーション環境を構築することで、効果的に研究を行う。

(2) 続いて、最初に検討した複素ネットワークインバージョンに関する理論的検討およびシミュレーションによる検討をさらに進め、複素ニューラルネットワークの構造による正則化への影響についての検討を実施する。ネットワーク構成の検討については、実数領域のネットワークインバージョンにおける理論と密接な関係があると思われるため、それらとの比較を行うことによって、効果的に研究を行う。ネットワークの構成の検討については、理論検討だけでなくシミュレーションによって多数のデータを集める。シミュレーションの結果については、様々なパラメータや構成についてのデータをまとめることにより、結果検討や考察を容易にすることで、効果的に研究を行う。

(3) 最後に、これまでに検討した逆問題解法のためのニューラルネットワークと正則化法を、実際の逆問題である画像復元の問題に適用した場合の効果について検討を行う。扱う画像については、スペクトルの位相関係が重要となる画像の処理を考える。ネットワーク構成の検討については、既に申請者らが研究してきた画像復元問題に対する検討を元にする。計算機シミュレーションに関して、画像処理では典型的な処理については汎用数値解析プログラムの関数を用いるとプログラム開発が容易かつ迅速にできるようになる。そのため、入出力画像の前処理に汎用数値解析プログラムの関数を利用できるように検討を行う。

4. 研究成果

逆問題解法のための複素ネットワークインバージョン法および正則化法に関する基礎的な検討を行い、さらに実際の逆問題への適用を検討した。

(1) まず、複素ネットワークインバージョンに正則化法を適用し、逆問題の各種不良設定性の緩和動作を示した。具体的には複素写像の逆推定問題を取り上げ、複素ネットワークインバージョンを用いて、実際に解の存在性・一意性・安定性の3つのうち1つが満足されない不良設定逆問題を作成し、その問題を正則化法等によって解決できることを示した。具体的な問題として、基本的かつ汎用的な例題である複素写像の逆推定問題を取り上げ、解の収束性や分離能力などを検討した。また、検討結果に基づき、複素ネットワークインバージョンに正則化法を導入した場合の不良設定性の緩和動作および、解の収束性や分離能力についての確認のために計算機シミュレーションを行った。その結果として、不良設定性を有する逆問題に対して、

複素ネットワークインバージョンと正則化法が有効であることを示した。

(2) さらに、実際の逆問題の1つである画像復元問題に適用し、ネットワーク構成や前処理法などの検討を行い、複素ネットワークインバージョン法の適用範囲を示した。対象とする画像としては、まずグレースケールのビットマップ画像を取り上げ、実際の問題への適用を視野に入れてネットワーク構成や入出力画像の前処理などの検討を行った。その結果として、画像スペクトル領域における画像復元問題に対して、複素ネットワークインバージョンが適用可能であることを示した。

以上の通り、本研究では逆問題解法のための複素ネットワークインバージョン法および正則化法の有効性と、実際の逆問題への適用可能性という成果が得られた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① Seisho Fukami, Takehiko Ogawa and Hajime Kanada, “Regularization for Complex-Valued Network Inversion”, Proc. of the 47th of SICE Annual Conference, pp.1237-1242, 2008, 査読有。
- ② Nanae Sekiguchi, Takehiko Ogawa and Hajime Kanada, “Inverse Estimation of Joint Angles of Robot Arm by Network Inversion”, Proc. of the 46th of SICE Annual Conference, pp.991-995, 2007, 査読有。
- ③ Kenji Okubo, Takehiko Ogawa and Hajime Kanada, “Impact Perforation Image Processing using a Self-Organizing Map”, Proc. of the 46th of SICE Annual Conference, pp.1099-1103, 2007, 査読有。
- ④ Kouta Miyazato, Takehiko Ogawa, Hajime Kanada and Shigeru Yoshizawa, “A BER Worst Pattern of Waveform Discrimination Using 2-7 Code Neural Networks”, Proc. of the 46th of SICE Annual Conference, pp.1104-1107, 2007, 査読有。
- ⑤ Takehiko Ogawa, Syoichi Tanaka, Hajime Kanada, Hideaki Kasano, “Impact Perforation Image Processing Using a Neural Network”, Proc. of the SICE-ICASE International Joint Conference, pp.3762-3765, 2006, 査読有。

[学会発表] (計6件)

- ① 深見斉正, 小川毅彦, 金田 一, 複素ネットワークインバージョンによる不良

設定逆問題の解法, 情報処理学会第71回全国大会講演論文集 vol.2, pp.161-162, 2009年3月12日, 立命館大学。

- ② 大久保賢司, 小川毅彦, 金田 一, 自己組織化マップを用いた衝撃貫通画像の分類と評価, 情報処理学会第71回全国大会講演論文集 vol.2, pp.159-160 2009年3月12日, 立命館大学。
- ③ 深見斉正, 小川毅彦, 金田 一, 複素ネットワークインバージョンにおける正則化, 電子情報通信学会 総合大会 D-2-11, 2008年3月20日, 北九州学術研究都市。
- ④ 宮里航太, 小川毅彦, 金田 一, 吉澤 滋, 2-7 符号ニューラルネット波形弁別の BER ワorstパターン, 電子情報通信学会 総合大会 C-7-9, 2007年3月22日, 名城大学。
- ⑤ 高根和也, 小川毅彦, 金田 一, 複素ネットワークインバージョンのための動的な正則化法, 第34回知能システムシンポジウム, pp.51-55, 2007年3月15日, 同志社大学。
- ⑥ 田中正一, 小川毅彦, 金田 一, 追加学習を用いた多層型ニューラルネットワークによる衝撃貫通画像処理, 第34回知能システムシンポジウム, pp.47-50 2007年3月15日, 同志社大学。

[図書] (計1件)

- ① Takehiko Ogawa, Complex-Valued Neural Networks: Utilizing High-Dimensional Parameters (Editor: Dr. Tohru Nitta), Chapter 2: Complex-Valued Neural Network and Inverse Problems, Information Science Reference, Hershey New York (an imprint of IGI-Global), pp.27-55, 2009.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川 毅彦 (OGAWA TAKEHIKO)

拓殖大学・工学部・准教授

研究者番号: 50297090

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし