

## 論文要旨

## 論文題目

非線形時系列の解析に関する研究  
A Study on analysis of nonlinear time series

経済時系列データの分析には、多くの興味深い点が存在する。特に重要なのは、経済時系列データの背後にある経済システムの構造、および経済システム全体の動向を分析することである。そのためには、経済理論や分析者の持つ知識、経験などが利用されなければならない。複雑かつ多様な要因が互いに絡み合う経済システムに関して、それを包括的に表現する実用的なモデルを構築することは、容易なことではない。しかしながら、何らかの形で経済システムを表現する基本的で実用的なモデルが得られれば、それを利用することによって分析を進めることができるため非常に有用となる。これまでに様々な時系列解析手法が試みられているが、実証研究の結果によると、経済時系列データは非線形性を有している場合が多いと検証されている。そのため、非線形モデルの解析は重要な問題となる。しかし一般に非線形性といっても、その範囲広くなるため、どのようなモデルを用いるかによっても大きく成果が変わる。現在、工学的な手法を経済時系列解析に用いるケースが増えており、ニューラルネットワーク、遺伝アルゴリズム、カオス理論等を用いた解析法などがよく利用されている。

本研究では、非線形時系列解析のための工学的な手法を提案し、その有効性をコンピュータシミュレーションで検証することである。対象の非線形時系列は経済時系列を想定し、分散変動過程雑音を有する汎用的な非線形モデルとする。

計量経済モデルでは、経済関係の不確実性を誤差項の分散で捕らえていて、この誤差分散をモデル化することにより、対象となる経済時系列を模擬することが可能となる。為替レートや資産市場における収益のボラティリティは時間とともにかなり変化する傾向にあり、また多くの観測されたマクロ経済時系列でもこのような分散の動きをモデル化する必要があることが認識されるようになってきた。そのようなモデルの1つが Engle(1982) によって提案された ARCH モデルである。

本論文では、対象とする非線形時系列データを ARCH 過程誤差が加わったボルテラ級数と呼ばれる級数表現に基づくボルテラフィルタを用いて生成する。このボルテラフィルタは工学的には、非線形モデルで表される通信チャネルの等化、エコーキャンセラ、画像強調、エッジ抽出やアンシャープマスキングなどに応用される汎用的なモデルである。

本論文は7章により構成されていて、以下に各章の概略を述べる。

第1章では、本論文の序論として本研究の背景と目的を述べ、本研究の位置づけを行っている。

第2章では関連研究として、時系列解析、経済時系列の特徴、分散変動モデル、ニューラルネットワーク、RBF ネットワーク、相関アルゴリズムを概説する。

第3章では、ARMAX モデルに有色雑音を加えた時系列に対して、RBF ネットワークを用いて推定を行う。その際に学習アルゴリズムは RLS アルゴリズムを用い、通常手法よりも収束速度が速いことを検証し、有色雑音に対しても良好に推定できることを示す。

第4章では、2次のボルテラ級数モデルに ARCH 誤差過程雑音を加わった対象信号に対して、相関アルゴリズムである ECLMS アルゴリズムを用いて、ARCH 誤差過程雑音を的確に推定および分離し、原信号生成過程と雑音生成過程をそれぞれ独立して推定する。コンピュータシミュレーション結果より、既存手法よりも精度の高い推定作業が行えることを検証する。

第5章では、第4章で提案した2次のボルテラ級数モデルを高次ボルテラ級数モデルへ拡張し、より広い範囲の非線形時系列への対応を図る。この推定システムでは、ニューラルネットワークを用いて、その学習過程に相関アルゴリズムを取り入れ、ARCH 誤差過程雑音を分離する。的確な雑音成分分離により原信号の推定を行い、コンピュータシミュレーションにより、その有効性を検証する。

第6章では、より広い非線形性を模擬できる、ボルテラフィルタの再帰形モデルに対して相関アルゴリズムを適用し、ARCH 誤差過程雑音を分離して、原信号過程を推定する。的確な雑音成分分離により、再帰形構造を有するモデルに対しても適用可能なことを、コンピュータシミュレーションにより検証する。

第7章では、本論分の総括を行っている。

氏名 安里肇

(様式第 5-2 号)

平成 15 年 8 月 6 日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 宮 城 隼 夫

副査 氏名 山 下 勝 己

副査 氏名 Mohammad R. Asharif



## 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します

記

申請者	専攻名 総合知能工学専攻 氏名 安里 肇 学籍番号 [REDACTED]		
指導教官名	宮城 隼夫		
成績評価	学位論文	合格 不合格	最終試験 合格 不合格
論文題目	非線形時系列の解析に関する研究		
審査要旨（2000字以内）			
<p>これまで、種々の経済時系列解析手法により、多くの研究機関等がその分析結果を公表してきた。的確な予測結果を示すものもあれば、まるで、予測できない場合も数多く存在する。最も重要なのは、経済時系列データの背後にある経済システムの構造、および経済システム全体の動向を分析することである。そのためには、経済理論や分析者の持つ知識、経験などが利用されなければならない。それを利用するためのツールとして各種分析モデルの研究は非常に重要となる。</p> <p>複雑かつ多様な要因が互いに絡み合う社会経済システムに関して、それを包括的に表現する実用的なモデルを構築することは、不可能に近い。しかしながら、何らかの形で、特定の経済データだけでも表現し得る、実用的なモデルが得られれば、それらを利用することによって、分析を進めることができる。これまでに様々な時系列解析手法が試みられているが、実証研究の結果によると、経済時系列データは非線形性を有している場合が多いと検証されている。そのため、非線形モデルの解析は重要な問題となる。</p>			

次頁へ続く

本論文では、非線形時系列解析のための工学的な手法をいくつか提案し、その有効性をコンピュータシミュレーションにより検証している。

まず最初に、非線形時系列生成過程を NARMAX と仮定し、その生成過程の同定を行うためのシステムをリカレント RBFN を用いて構築している。システムは各部をモジュール化し構成しているため複数入力にするなどの拡張が容易に行え、また、サンプル数の少ない時系列を想定しているため学習アルゴリズムとしては RLS 法を使用し、収束速度および精度の向上を図っている。通常の予測システムを実際の経済時系列等に適用する場合は、複雑な要素が影響しあっているため、1入力1出力系の生成過程では表現することが難しいと考えられるが、この手法ならば、多入力系への拡張が比較的スムーズに行えると考えられる。

次に、相関アルゴリズムを非線形系へ拡張し、ARCH 誤差項を有する非線形時系列の推定問題に適用している。この結果、より広い範囲のモデルを対象に係数推定が行えるようになった。非線形系としては一般的に知られているボルテラ級数モデルを用いている。従来の最尤法では、未知システム係数と分散変動型雑音の生成過程係数を一括して推定しなければならず精度の高い推定は困難となるが、提案法では対象時系列の雑音部分を相関アルゴリズムで除去しながら対象システムの係数を推定している。シミュレーションの結果より ARCH 過程の誤差成分を良好に分離できていることが分かる。この雑音信号の正確な分離により、モデルの推定精度が向上し、より正確に係数を推定することが可能となっている。また、計量経済モデルにおいては除去された雑音生成過程自体も非常に重要なものであるため、その ARCH 生成過程の推定も最尤法により行っている。この場合、雑音系列のみを推定するため、全体で推定するパラメータ数も減りモデル自体も簡単になるため良好な推定結果が得られている。

さらに、相関アルゴリズムをニューラルネットワークに適用することにより、非線形推定法へと拡張し、ARCH 誤差項を有する非線形時系列の推定問題に適用している。この結果、より広い範囲のモデルを対象に推定作業が行えるようになったと考えられる。なお、非線形系としては一般的に知られている高次のボルテラフィルタを利用して解析を行っている。シミュレーションの結果より ARCH 過程の誤差成分を良好に分離できていることが分かり、この雑音信号の正確な分離により、対象モデルの推定精度が向上し、より正確にシステムを推定できることが検証されている。

最後に、相関アルゴリズムを、再帰形のボルテラ級数モデルに適用して、ARCH 誤差項を有する非線形時系列の推定問題に利用している。この結果、より広い範囲である再帰形のモデルを対象に推定作業が行えるようになり、対象モデルの推定精度が向上し、より正確に推定できることが検証されている。

以上のように、本論文には工学的に価値のある新しい研究成果が示されており、また、上記の者は専門分野及び関連分野の十分な知識を有することも確認できたので、学位論文及び最終試験とも合格とする。