

氏 名 田野倉 葉子

学位（専攻分野） 博士（学術）

学 位 記 番 号 総研大甲第 802 号

学位授与の日付 平成 1 6 年 9 月 3 0 日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学 位 論 文 題 目 Generalization of Akaike's Power Contribution

論文審査委員 主 査 助教授 佐藤 整尚
教授 樋口 知之
教授 Peng Hui（中南大学）

論文内容の要旨

経済変動や資本市場の価格変動、船体運動などといったシステムにおいて、その変動の制御や変動に応じた戦略の立案といった問題に取り組むためには、そのシステムにおける変数間の関係を検出することが必要不可欠である。こういった構造の記述は容易ではないが、経験から得られたいくつかの変動特性が報告されている例も少なくなく、変動特性を検出する方法の確立は重要となる。本論文では、検出法のひとつである赤池のパワー寄与率（赤池 1968）の一般化を提案している。

赤池の概念は、フィードバックシステム解析に多変量自己回帰モデルを導入し、ノイズ成分間の無相関性を仮定することで各変数におけるパワースペクトルを各変数からのノイズの寄与に分解した。これにより各変数の変動の原因を検出し、変数相互間の影響の度合いを定量的に評価できることになり、ノイズ源の検出に有効な手段となっている。しかしながら、ノイズ成分間の無相関性を前提としているため、系列間の高い相関がしばしば見受けられる経済システムや金融時系列などには適用が困難であった。本論文では、ノイズ成分間の一般次数の相関（2変量間の相関のみならず多変量間の相関）をモデル化することによってノイズの一般の分散共分散行列を分解し、各変数におけるパワースペクトルをさまざまな成分から同時に入るノイズの寄与に分解している。これにより、赤池のパワー寄与率を拡張して、新たな一般化パワー寄与率を定義している。この結果、ノイズ成分間の相関が高いシステムの解析にもパワー寄与率の適用が可能となり、さまざまな成分からの共通ノイズの寄与によって変量間の複雑な相互関係を簡潔に表現することに成功している。

本論文は7章からなり、英文で記述されている。第1章では赤池のパワー寄与率の導出がなされ、研究の背景が説明されている。第2章ではノイズの2成分間の相関をモデル化してノイズの分散共分散行列を分解し、拡張パワー寄与率を定義している。これにより、ノイズの2成分からと単一の成分からの寄与による変数間の相互関係が表現され、ノイズの単一の成分からの影響である赤池のパワー寄与率の安定性を示している。第3章では、適用例として、船体運動の解析と、比較的、ノイズ間の相関が高い例である金融市場の解析を提示している。しかしながら、拡張パワー寄与率が適用可能な例は多くなく、変数の次元が高い場合はさらに適用が困難であるという指摘がなされている。また、2つの変数間の相関だけを考慮するのは十分とはいえない。そこで、以上の問題を踏まえ、第4章では、2変量間の相関のみならず多変量間の相関も考慮した一般次数の相関のモデル化に基づく、ノイズの分散共分散行列の新しい分解を提案している。これにより一般化パワー寄与率を定義している。すなわち、各変数におけるパワースペクトルをさまざまな成分から同時に入るノイズの寄与に分解し、各変数の変動原因の検出とその影響の度合いを定量的に評価している。シミュレーションによって一般化パワー寄与率の適用においても赤池のパワー寄与率の安定性が示され、多様な分野における赤池のパワー寄与率の適用結果がさらに補強あるいは改善できることが主張されている。第5章では、この手法の有効性を検証するためにさまざまなデータに適用し、変数間の変動に関する新しい情報の抽出に成功している。自動操舵による船体運動と同じ船舶の手動操舵による船体運動の解析の比較では、自動操舵における縦方向の変動と舵角の制御の重要性が検出され、手動操舵では顕

著な変動特性が存在しないことを示している。また国際的な株価の連動性に焦点を当てた株価指数データの週次と日次の解析比較では、共に日本の株価指数の独自性がわかった。また、国によって、影響が大きい共通のノイズの成分からのノイズの存在が示唆されている。株式・債券・為替の日本の3市場の分析では、債券と為替市場はそれぞれ自身固有の変動からの寄与が大きく占め、3市場間には顕著な関係が見受けられなかったという結果になっている。日本の株式市場指標の分析では、ファンダメンタルズの指標のひとつであるBP（株主資本/株価）のTOPIXへの強い寄与が確認されている。アメリカのマクロ経済データの解析では、鉱工業生産指数の影響が重要であることが検出され、しばしば言及される株式市場と金利の相互関係は長期的には検出されてはいない。

第6章はこれまでのまとめとして、周波数ごとに解析を行うことで変数間の関係の推移が観察できることなど、一般化パワー寄与率の適用によりさまざまな角度から解析を行うことができることを主張し、さらに広い分野での適用が期待できるとしている。今後の課題としては、分解可能性の条件が明らかにされていないこと、他のいろいろな分野への適用、また得られた知見を生かした応用などが挙げられている。

最後の章では、膨大な変量のシステムにおける変動特性の検出法として、直接データを扱う代わりにAICによるカテゴリカルデータ分析法（坂元 1985）の適用を試みている。カテゴリカルデータ分析法は、最適説明変数とその最適なカテゴリーを同時に自動的に探索できることが特徴である。近年大きな発展を遂げている人工知能の諸分野における類似の手法、特に連続変数のカテゴリー化の研究との比較により、この手法の長所および短所を明らかにし、今後の研究の方向性を考察している。実際の適用例として、1000を超える上場銘柄数を抱える株式市場の銘柄の株価とさまざまな銘柄特性の関係を扱っている。その結果、複数の銘柄特性を観察することが望ましいこと、および、投資期間が長くなるほど、最適な説明変数が安定する傾向が見受けられ、特に、企業のファンダメンタルズの説明力が大きくなることを導き出している。

論文の審査結果の要旨

赤池のパワー寄与率は多変量時系列モデルで記述可能な動的システムの周波数分析のために広く用いられている。しかしながら、モデルに含まれる多変量白色ノイズの分散共分散行列で、非対角成分である共分散項がゼロであると仮定して理論展開を行っている。このため、共分散項が対角成分である分散項と比べて十分に小さく、無視できるような場合にしか適用できない。本論文では、より多くの場合に適用できるように、パワー寄与率を拡張、一般化することに成功している。

論文は7章からなる。第1章では、研究の背景及び赤池のパワー寄与率の詳解がなされている。第2章では、多変量時系列モデルに含まれるノイズを2変量間の相関を用いてモデル化し、ノイズの分散共分散行列を各変量に固有のノイズと任意の2変量に関係するノイズに分解することにより、拡張パワー寄与率を定義している。これにより、2変量に関係するノイズと単一の変量にのみ関係するノイズからの寄与の区別が可能になった。また、ノイズ間の相関が無いという仮定の下で計算される赤池のパワー寄与率の安定性も示すことができた。第3章では、船体運動の解析および、同時相関が高いと想定される金融市場解析の結果を示している。しかしながら、2変量間に共通するノイズを考える拡張パワー寄与率は変量の次元が高い場合は適用が困難であることより、第4章では、3変量以上に同時に関係するノイズも取り入れた一般化パワー寄与率を提案している。第5章では、自動操舵による船体運動と同じ船舶の手動操舵による船体運動の解析の比較を一般化パワー寄与率により行い、自動操舵における縦方向の変動と舵角の制御の重要性を検出し、手動操舵では顕著な変動特性が存在しないことを示している。また国際的な株価の連動性に焦点を当てた株価指数の週次データ及び日次データの解析では、日本の株価指数がパワー寄与率の観点からは他国の指数に対して独自に変動していることが分かった。株式・債券・為替の日本の3市場の分析では、債券と為替市場はそれぞれ自身固有の変動からの寄与が大きく占め、3市場間には顕著な関係が見受けられなかった。日本の株式市場指標の分析では、ファンダメンタルズの指標のひとつであるBP（株主資本/株価）のTOPIXへの強い寄与が確認された。アメリカのマクロ経済データの解析では、鉱工業生産指数の影響が重要であることが検出され、しばしば言及される株式市場と金利の相互関係は長期的には検出されなかった。第6章ではパワー寄与率に関するまとめと今後の研究方向が示されている。第7章では東証1部上場株式の変動を説明するための質的な要因分析を行っており、第1章から6章までとは異なった視点で時系列データを扱う可能性についてふれている。

本論文で扱われたパワー寄与率の拡張、一般化は、統計科学への貢献が高く、また、実際のデータに適用することで有用性も確かめている点が評価できる。関連する学術論文は、第一著者としての英文論文1本が掲載済みである。また国際会議で2回、国内の学会で1回口頭発表している。このうち国際会議での報告2回はいずれも審査つきのものである。

これらの結果、田野倉葉子氏の博士申請論文は博士(学術)を授与するのに十分な内容を備えていると判断した。