

審査の結果の要旨

氏名 内田 誠

本研究は、複雑な大規模ネットワークを対象として、そのモデルを推定するという問題に取り組んだものである。全9章で構成されている。以下に各章の概要を示す。

第1章では、緒言として研究の背景について述べている。はじめに、複雑な大規模ネットワークとしてモデル化されるシステムを分析する際の、モデル推定の役割と重要性について述べ、ネットワークのモデル推定に対する従来のアプローチの課題と限界を指摘している。また、従来の課題を解決するという本研究の目的を設定し、ネットワークの機能に基づくアプローチによるモデル推定という提案手法の方向性を示している。

第2章では、ネットワーク科学における先行研究を概観している。特に、複雑ネットワークのモデル化およびモデル推定に関する研究について、ネットワークの構造および機能という側面からまとめている。手法等の詳細を付録Aで補完し、資料的価値も高い。従来のネットワークのモデル推定の手法は主として構造のみに基づくものが主流であったことを指摘し、機能に着目するという本研究の位置づけと新規性を既存研究との比較により明確に述べている。

第3章では、構造の統計的指標とネットワークの可視化に基づくネットワークのモデル推定手法を体系化している。従来のネットワーク可視化手法では不十分な点を指摘し、新たな可視化の手法を提案し体系に加え、これまでのモデル推定手法を拡張した上で体系化した点に意義がある。また、体系化したモデル推定の手法を二つの実ネットワークに対して適用し、ネットワークの分析とモデル推定を行っている。結果として、構造に基づくモデル推定手法では、未知のネットワークに対してそのモデルの手がかりを与えるものの、不十分な点が残ることを指摘した。

第4章では、ネットワークの機能モデルを考え、そのダイナミクスに基づいてネットワークをクラスに分類し、それをモデル推定に利用する方法および方法論を提案している。はじめに、機能モデルとして所与の初期条件に対するスピン相互作用モデルを考え、初期条件を機能に対する入力、その後の時間発展的な

ダイナミクスを出力として求める。提案手法は、このときの入出力パターンをネットワークモデルに対して求め、パターンのクラス分けとそのクラスをモデル推定に利用するという独創的なものである。また、入出力の関係のパターンが四つの基本的なクラスに分けられることを発見し、パターンが生じる要因とその普遍性を、システムの固有モードに着目して理論的な側面から分析している。

第5章では、第4章で提案したモデル推定の手法を、6種類の実ネットワークについて適用している。それらのネットワークから発現する機能によるパターンをリファレンスであるネットワークモデルからのパターンと比較することによってモデル推定が可能になることを示している。一方、推定が不十分である点も指摘している。

第6章では、第5章の結果において不十分である点がネットワークモデルに起因することを論理的に述べ、新たなネットワークモデルを構築するとともに、提案するモデル推定法の高度化を試みている。構築したネットワークモデルは、これまで再現できていなかった実ネットワークにおける構造の特徴を適切に再現するものである。また、既存のネットワークモデルでは生じない新たな機能クラスが現れることを示している。

第7章では、提案手法の構成要素である機能モデルを高度化し、人工市場シミュレーションにおけるエージェントの存在環境の推定への応用を試みている。その結果、エージェントの相互作用および意思決定のためのより複雑な機能モデルに展開した場合でも、提案手法によるモデル推定は有効であることを確認している。

第8章では一連の結果について考察し、第9章で結語して本研究の結論および課題と展望について述べている。

以上のように、複雑な大規模ネットワークのモデル推定という問題に対して、機能に基づく新たなアプローチを導入することで、機能の分析に適するモデル推定の方法および方法論を提案し、その有効性と応用可能性を示している。提案手法は、独創的、かつ革新的なものである。また、実ネットワークに対する有効性も示されている。以上により、本研究は、高い工学的価値を有すると判断される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。