

氏 名 金城 敬太

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大甲第 1340 号

学位授与の日付 平成 22 年 3 月 24 日

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

学位論文題目 影響変数を伴う関係データの分析と応用についての研究

論文審査委員 主 査 准教授 市瀬 龍太郎
教授 井上 克巳
教授 大山 敬三
准教授 孫 媛
助教 小林 哲郎
客員教授 相澤 彰子

今日、ウェブやソーシャルネットワークなどにおいて、さまざまな「関係」が注目されている。

関係は、実世界の実体をノードとして、ノード同士をつなぐリンクで表現することができる。すなわち、関係は二つのノードとリンクで定義される。ただし、関係は単独で存在しているのではなく、他のノードやリンクに付随する変数（これを「内部」変数とよぶ）や、関係によって構成されるネットワーク全体に付随する変数（これを「外部」変数とよぶ）に対して相互に影響をあたえている。ある会社組織でいえば、構成員同士のつながりがツリー構造かネットワーク構造かといった違いにより個々の人の生産性（内部変数）が異なり、さらに組織全体の生産活動（外部変数）も異なる。このような内部もしくは外部にある変数を、本研究では「影響変数」と呼ぶ。この変数は既知であり観察可能なものとする。

本研究では、関係と影響変数との関連の分析を試み、それを人や集団に関する課題に応用して有効性を確認した。人や集団に関連した具体的な課題としては、A.既知の関係と影響変数の間が相互に作用しているかという、仮説の検証、B.明示的に関係が与えられていない状況のもとで、影響変数を説明する関係を獲得、C.関係と影響変数が動的に変化している状況で影響変数の変化を説明する関係を抽出、という3つが想定される。

本研究ではまず影響変数を伴う関係データに関する問題群を整理して、上記の人や集団に関する課題を位置づけ、各課題に対する具体的な問題と解法を検討した。

Aの課題では、商品に対する信頼と新聞や友人などの情報源に対する信頼を影響変数として、これらが「XはYの情報源である」という関係に依存していることを検証した。統計的な検定を可能にするためにネットワーク自己相関モデルを利用した。その結果、商品に対する信頼に情報源に対する信頼が寄与していることや、情報源同士の信頼も、互いに情報源であるという関係に基づいて相互に依存していることがわかった。以上により、関係と影響変数の相互作用について統計的に検証することができた。この具体的な課題を通じて、本研究で利用した手法が関係の影響の検証に有効であることが示せた。

つぎにBの課題については、熟達者によるチェロ演奏のタスクを影響変数として与え、それを実現する筋肉の協調関係を抽出する問題を扱った。この課題でははじめに、筋肉の動きの特徴を抽出するために、時系列モデルと情報量規準を利用した筋電波形のセグメンテーションを行った。次に抽出された筋肉の動きの時区間関係を扱うために帰納論理プログラミングを利用した。実際に獲得した協調関係は、チェロの演奏に関する既存の知見とも一致した結果となった。これにより、関係が明確でないものから、背景知識を用いて新たに影響変数を説明する関係を抽出する手法を示すことができた。また、関係に関する制約などが既知である場合に、本手法による帰納論理プログラミングの適用が有効であることがわかった。また派生的に時系列データのセグメント方法についても開発しその有効性を確認した。

最後にCの課題については、不況の際の景気認識を影響変数、集団同士でのクチコミを関係として、景気認識の変化に対応したクチコミ関係の抽出を行った。方法としては景気認識が大きく変化した時点を特定し、次に帰納論理プログラミングを利用してリンクやノ

ードの時間的な依存関係を扱う背景知識を導入したうえで、その前後の関係の差分を抽出した。その結果、どの時点でクチコミが大きく変化をしているのか、変化の前後でどのような層の間でコミュニケーションの変化が起きたかといったことがわかった。これらは既存の手法では得られなかった知見である。これにより、関係と影響変数が動的に変化するなかで、影響変数に対応した関係をみつけるという新たな問題を解くことができた。

3つの課題を通じて、それぞれで提示した方法が、A.関係の影響変数への効果の検証や、B.影響変数に応じて未知の関係を獲得すること、そしてC.関係と影響変数が動的に変化する、といった人や社会に共通みられる一連の課題に対して有効であることがわかった。

以上を通じた本研究の意義は、影響変数を伴う関係についての統一的な問題の枠組みを設定して人や集団における主要な課題に対して適用可能な方法を提案し、実験や実データの分析を通じて、これまでは獲得が困難であった知見が得られるような方法を示したことにある。

博士論文の審査結果の要旨

本論文では、実世界の実体どうしの中に存在する「関係」に注目し、「関係」を分析するための新しい枠組を提案して、実際の課題への適用を通して有効性を検証している。

提案する枠組では、実世界の実体をノードとして、ノードどうしをつなぐリンクで「関係」を表現する。そして、このような関係のネットワーク表現に対して、「影響変数」と呼ぶ観察可能な変数を導入することで、現実の問題に即した「関係」の分析を可能にする。たとえば会社組織の人間関係について、上司と部下という階層構造が中心であるか、同僚どうしのネットワーク構造が中心であるかが、個人や組織全体の生産性に影響を及ぼす場合を考える。このような場合に、影響変数として生産性の指標を明示的に指定した上で分析を行うことで、従来の方法ではわかりにくかった人間関係の変化点を捉えたり、生産性と人間関係との対応を詳細に探ったりすることが可能になる、というのが本論文の主張である。

第1章では、上記のような「影響変数を伴う関係データ」に関する問題を整理して、従来研究との対応を示している。また、特に人や集団に注目して、(A) 関係の影響変数への効果の検証、(B) 影響変数を説明する関係の獲得、(C) 時系列でデータが与えられる場合に、影響変数の変化を説明する関係の抽出、の3つのタイプの問題を課題としてあげている。

第2章から第4章では、これらの課題への応用を通して、提案する枠組の有効性を確認している。

第2章では、商品および新聞や友人などの情報源に対する信頼を影響変数として、これらが「XはYの情報源である」という関係に依存することを検証している。検証には、ネットワーク自己相関モデルに基づく統計的な検定を用いている。その結果、商品に対する信頼に情報源に対する信頼が寄与していることや、情報源どうしの信頼も相互に依存していることを示し、これにより、提案手法が関係の影響の検証に有効であることを確認している。

第3章では、熟達者によるチェロ演奏のタスクを影響変数として、それを実現する筋肉どうしの協調関係を抽出する問題を扱っている。はじめに、筋肉の動きの特徴を抽出するために、時系列モデルと情報量規準を利用した筋電波形のセグメンテーションを行っている。次に、抽出された筋肉の動きの時区間関係を背景知識として組込むために、帰納論理プログラミングを導入している。実際に獲得した協調関係は、チェロの演奏に関する既存の知見とも一致することを確認し、帰納論理プログラミングを用いた提案手法が、影響変数の背後にある関係の抽出に有効であることを示している。

第4章では、不況の際の景気認識を影響変数、集団どうしでのクチコミを関係として、景気認識の変化に対応したクチコミ関係の変化を抽出している。まず、景気認識が時間的に大きく変化した時点を特定し、次に、帰納論理プログラミングに時間的な依存関係を扱う背景知識を導入した上で、クチコミ関係の変化点前後での差分を抽出している。その結果、景気認識の変化時点において生じたコミュニケーションの変化を捉えることに成功し、提案手法によって、既存の手法では得られなかった知見が獲得できることを示している。

第5章では、影響変数を伴う関係の分析について、論文中で提示した新たな枠組を評価し、実験や実データの分析結果に基づき、汎用性や課題を整理している。

第6章では、結論と今後の展望について述べている。

上記のように本学位請求論文は、「影響変数」を明示的に導入することで、時間変化を含む複雑な「関係」の分析が行えることを示すとともに、帰納論理プログラミングで背景知識を記述することで、従来の統計分析にとどまらない柔軟な分析が可能であることを示した点で、研究分野の発展に貢献するものである。また、人や集団に関する具体的な課題を通して、社会調査と人工知能技術の融合に向けた方向性を示した点でも意義があるとみとめられる。

以上に基づき、審査委員会は本論文が学位論文としてふさわしい内容であると結論づけた。