

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	複雑ネットワークの生成過程における不安定性の解明とその応用
Title(English)	
著者(和文)	後藤隼人
Author(English)	Hayato Goto
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10692号, 授与年月日:2017年11月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高安 美佐子,寺野 隆雄,樺島 祥介,小野 功,青西 亨
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10692号, Conferred date:2017/11/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

複雑ネットワークの生成過程における不安定性の解明とその応用

東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻
後藤隼人

本論文は、「複雑ネットワークの生成過程における不安定性の解明とその応用」と題し、全6章から構成される。

第1章「序章」では、様々な自然現象や社会現象にみられているベキ分布が生成されるメカニズム及び、複雑ネットワークを生成するモデルに関する既存研究を紹介した。そして、企業データ研究に応用された複雑ネットワーク研究を概観することで本研究の目的を明らかにし、本論文の序章とした。

第2章「大規模企業データとその性質」では、本論文で使用した22年分の時系列情報をもつ日本企業約100万社のデータを様々な視点から統計的に解析し、企業間取引ネットワークの生成過程を理解する上で重要な性質を示した。具体的には、複雑ネットワークのスケールフリー性を再現する際の重要なルールの一つである、ノードの新規参入時の優先的接続確率を創業企業のデータを用いて解析し、その時間依存性を検証した。さらに、先行研究の企業間取引ネットワークの生成モデルにおいて考慮されているノードの素過程である、新規参入・消滅・凝集をそれぞれ創業・倒産・合併と見なし、これらの発生比率の経年変化を観測した。

第3章「企業合併の統計解析とそのシミュレーション」では、企業間取引ネットワークにおける企業間の合併を凝集過程として捉え、スモールコフスキーが導入した不可逆な凝集方程式に着想を得ながら、22年分の時系列情報を持つ日本の企業合併約4万件のデータを解析した。そして、企業間の合併確率が、合併企業と被合併企業それぞれの取引先社数のベキ乗の積で決まる重力型の非線形な関係式で近似できることを見出し、さらに大企業による選択的かつ集中的な合併性向が過去22年間で強まっていることを明らかにした。同時に、合併前後の企業群の規模を比較することで、企業の系において質量保存則が成り立つことを示した。次に、推定した合併確率を、先行研究の企業間取引ネットワークの生成モデルに組み込んでシミュレーションを行うことで、企業間取引ネットワークの統計的性質を再現できることを示した。そして、合併確率のパラメータを複数用いてシミュレーションを行い、それらネットワークの生成過程を観測することで、ほとんど全てのリンクと接続するノード(ゲルノード)が系に出現したり削除されたりするような不安定性が、パラメータサイズに依存して出現することを数値的に示した。

第4章「複雑ネットワークの生成過程における不安定性の解明」では、ノードの生成・消滅・凝集の素過程を踏まえた複雑ネットワークの生成過程における不安定性を、ゾルゲル転移現象に着目して解析した。具体的には、次数の確率密度の時間発展を考慮したマスター方程式を立て、ネットワークがゲル化する転移点を解析基準としてこれを解くことで、ノードの生成過程および凝集過程における優先的選択の強さに依存するネットワークのゲル化条件を解析的に求めた。同時に、膨大な組み合わせのパラメータセットを用いてシミュレーションを行うことにより、ネットワークの動的な挙動を特徴づける相図を作成し、導出された解析解の妥当性を示した。さらに、企業間取引ネットワークを想定したシミュレーションを行うことで、各モデルパラメータの経年変化が企業間取引ネットワークにもたらす不安定性について議論した。

第5章「企業連鎖倒産現象への応用」では、10年分の時系列情報をもつ企業連鎖倒産約5万件のデータを解析することで、企業間の連鎖倒産確率が、最初に倒産した企業と連鎖倒産した企業それぞれの取引先社数のベキ乗の積で決まる重力型の非線形な関係式で近似できることを見出した。そして、推定した連鎖倒産確率を、先行研究の企業間取引ネットワークの生成モデルに組み込んでシミュレーションを行い、最初の倒産から連鎖して倒産した企業群のサイズ分布が再現できることを示した。さらに、分岐過程の平均場理論を用いて企業間取引ネットワークの臨界性を連鎖倒産の視点から議論し、連鎖倒産がネットワーク全域に広がる可能性が低いことを示した。

第6章「結論」では、本論文をまとめるとともに、今後の展望を述べた。