

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	後藤隼人	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	高安美佐子	教授	青西亨	准教授
	審査員	寺野隆雄	教授		
		樺島祥介	教授		
小野功		准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

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べき分布を生成するメカニズム及び、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、本研究の目的を明らかにしている。

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100万社のデータを解説している。まず、当該データが日本企業の8割以上をカバーすることを述べ、年間売上高、従業員数、取引先社数が他のデータベースに基づく既存研究と矛盾ないことを確認している。また、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重視されている4つの指標、「新規参入(創業)発生比率」・「消滅(倒産)発生比率」・「凝集(合併)発生比率」及び、新規に企業が参入する際、既存企業のもつ取引次数のべき乗に比例して新規参入企業と取引が開始する「優先的接続性の強さ」の経年変化等を観測することで、企業間取引ネットワークが時間的に変化する特徴を解析し、抽出している。

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過程の方程式に着想を得ながら、22年分の時系列情報をもつ日本企業のデータに含まれる企業合併約4万件のデータを統計解析している。その結果、企業間の合併確率が、合併企業・被合併企業それぞれの取引先社数のべき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、大企業による選択的かつ集中的な合併傾向が過去22年間で強まってきていることを明らかにしている。また、合併直前直後の企業群の規模を比較することで、質量保存則に対応する大きさの保存則が成り立つことを示している。次に、推定した企業合併確率を先行研究の複雑ネットワークの生成モデルに組み込み、前章のデータ解析結果から推定したモデルパラメータを用いてシミュレーションを行っている。その結果、企業間取引ネットワークの統計的性質を再現する複雑ネットワークが生成可能であることを示している。さらに、前章のデータ解析結果を踏まえ、過去から現在までのモデルパラメータでシミュレーションを行い、生成されるネットワークの形状の時間発展を計測している。その結果、大企業間の合併が起こりやすい近年のパラメータ領域は、独占的にリンク数を持つノード(ゲルノード)が出現し、そのゲルノードの消滅(倒産)などに伴って、システムが非定常に振動するような不安定なパラメータ領域に近いと述べている。

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モデルについて、次数に関する確率密度の時間発展を記述する非線形マスター方程式を導入し、理論解析によって系がゲル化するパラメータ領域を明らかにしている。並行して、膨大な組み合わせのパラメータセットを用いてモデルの時間発展のシミュレーションを行い、システムの動的な挙動を特徴づける相図を作成することで、導出された解析解の妥当性を確認している。さらに、第3章で解明した大企業による選択的かつ集中的な企業合併傾向が今後さらに強まることで、将来、現実の企業間取引ネットワークが不安定なパラメータ領域に至る可能性があることを指摘している。

第5章「企業連鎖倒産現象への応用」では、まず、10年分の時系列情報を持つ日本企業の連鎖倒産事例約5万件のデータを統計解析し、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のそれぞれの取引先社数のべき乗の積に比例する傾向があることを報告している。次に、本論文で開発した複雑ネットワークの生成モデルにこの連鎖倒産確率の効果を導入し、シミュレーションを行っている。その結果、シミュレーションによるひとつの倒産企業から連鎖して倒産した企業の総数の分布が、現実のデータから観測された連鎖倒産企業数の分布と矛盾しない結果を得たと述べている。また、現状の連鎖倒産に関するパラメータでは、連鎖倒産が企業間取引ネットワーク全体に及ぼすほど大きく広がる可能性がないということを理論解析及びシミュレーションによって精査している。

第6章「結論」では、本研究を総括すると共に、今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文では、日本企業の取引関係を複雑ネットワーク科学の視点から解析し、データから観測された重力型の相互作用を基に企業間取引ネットワークの統計的性質を再現する複雑ネットワークの生成モデルを構築し、系の不安定領域を解明すると共に、モデルの応用として連鎖倒産現象に適用している。本研究で得られたモデルとそのシステムの不安定性の解明は、様々な複雑なシステムの理解へと繋がり、理学としての貢献が大きい。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として、十分価値があると認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。