

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	複雑ネットワークの成長モデルの構築とその応用
Title(English)	
著者(和文)	三浦航
Author(English)	Wataru Miura
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9419号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高安 美佐子,小野 功,樺島 祥介,出口 弘,寺野 隆雄
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9419号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	知能システム科学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (理学)
学生氏名： Student's Name	三浦 航		指導教員 (主)： 高安 美佐子
			指導教員 (副)：
			Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「複雑ネットワークの成長モデルの構築とその応用」と題し、全五章から構成されている。

第一章「序論」では、複雑ネットワークの優先的成長モデルに関する既存研究と、モデル構築に必要な凝集現象の既存研究及び数理的背景を概観し、本研究における研究手法の特徴について述べる。また、本研究の目的が、1) 既存の成長モデルを含む、凝集現象と非線形な優先的接続に基づいた、複雑ネットワークの一般的成長モデルの構築と、2) 企業間取引ネットワークという、現実のネットワークへのモデルの応用であることを述べる。

第二章「ノードの凝集を考慮した一般的成長モデルの構築」では、まず、ノードの生成・消滅・凝集を考慮し、非線形な優先的接続の効果を取り入れた、一般的な複雑ネットワークの成長モデルを構築する。モデルを特徴付けるパラメータに関する説明を行い、本章では線形な優先的接続を行う場合について、扱うことを述べる。次に、本研究のモデルと、既存の成長モデルとの対応関係について述べる。既存の成長モデルを、本研究の一般的成長モデルが含んでおり、パラメータを一致させることで、既存モデルの統計的性質を再現できることを示す。本章で構築した成長モデルは、様々なパラメータを含んでいるが、それぞれのパラメータの場合について、マスター方程式を導出して理論的・数値的に解き、またシミュレーション結果と解が一致することを確認することにより、各パラメータの性質を明らかにする。

第三章「ノードの凝集を考慮した非線形な優先的成長モデル」では、前章で構築した一般的成長モデルの、非線形な優先的接続が行われる場合について述べる。特に優先的接続の指数が 1 より大きくなる場合は、ゾルーゲル転移という特異的な現象が起こることを指摘し、まず凝集現象の既存研究について俯瞰し、ゾルーゲル転移が起こる数理的条件を確認する。次に非線形な優先的成長モデルのシミュレーションを行い、優先的接続の指数を変化させることで、複雑ネットワーク上でもあるノードにリンクが集中する、ゾルーゲル転移が起こることを確認する。さらにモデルのマスター方程式から、ゾルからゲルへのリンクの流れを部分モーメントとして計算し、ゾルーゲル転移が起こる条件式について求め、優先的接続の非線形性とゾルーゲル転移の関係性について明らかにする。既存の凝集現象で知られている、凝集効果だけではなく、系への注入効果によっても、ゾルーゲル転移が起こることを述べる。

第四章「複雑ネットワークの成長モデルの応用」では、前章までで構築し、統計的性質を定量的に明らかにしてきた成長モデルを、現実のネットワークに応用することを試みる。応用対象のネットワークとして企業間取引ネットワークを挙げ、まず、企業間取引ネットワークの既存研究について概観する。次に用いるデータの説明を行い、企業間取引ネットワークを構築した後に、このネットワークの統計的性質として、度数分布、年齢分布、年齢と度数の関係、優先的接続性などを明らかにする。その上で、本研究の成長モデルが、ある特定のパラメータの下で、こうした企業間取引ネットワークの統計量を再現できることを示す。さらに、成長モデルに足りない点として、複雑ネットワークの 2 リンクの構造を、再現することを挙げる。現実のネットワークに対して、2 リンク構造の特徴を抽出する、HITS アルゴリズムの解析を行い、オーソリティ・ハブ度の非対称性を観測する。その後、共引用行列と書誌結合行列の計算をすることにより、この非対称性の原因が建設業の大企業と、その下請けの関係性に起因していることを明らかにする。また、建設業だけの優先的接続の指数を推定し、強い非線形性が現れることを確認する。これら観測された建設業の統計的性質をモデルに導入し、成長モデルの改良を行うことで、2 リンク構造の特徴である、オーソリティ・ハブ度の分布を再現できることを確認する。

第五章「結論」では、本論文の研究成果を要約し、今後の展望を述べる。

以上を要するに、本論文では、既存の成長モデルに新たに凝集の効果と、非線形な優先的接続を組み込んで、既存の成長モデルを含む、一般的な成長モデルを構築する。またモデルが非線形な優先的接続の効果により、ゾルーゲル転移を起こすことを確認し、マスター方程式の数理的考察から、この転移が既存の凝集現象とは異なるベキ指数を持ちうることを確認する。さらに、この成長モデルを現実のネットワークに適用し、現実のネットワークの特性と矛盾しないような、一般性の高い数理モデルであることを確認する。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	知能システム科学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(理学)
学生氏名 : Student's Name	三浦 航		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	高安 美佐子	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The thesis consists of five chapters.

In the first chapter, the background of growth model of complex network and the aims of this study are presented. The aims of this study are 1) construction of a general growth model of complex network based on effect of coagulation and non-linear preferential attachment, and 2) application of the model to real network.

In the second chapter, a growth model of complex network considering creation, annihilation and coagulation of nodes with preferential attachment is introduced. This model includes existing growth models and realizes statistical properties of such models under specific parameter sets. The master equation of the model is introduced and solved theoretically and numerically.

In the third chapter, statistical properties of the model with non-linear preferential attachment are shown. Especially, if the exponent of preferential attachment is larger than 1, a gel node that gathers almost all links emerges, which is similar to phenomenon known as sol-gel transition. Based on coagulation studies, by calculating partial moment from the master equation, the power law exponent at the transition point is derived.

In the fourth chapter, the model is applied to a real network. In this thesis, the business relationship network among Japanese firms is considered as a real network and analyzed precisely. The growth model realizes statistical properties of the real network under a specific parameter set. The network structure between 2 links is shown as further analysis of the network. By improving the model, this structure is also realized.

The fifth chapter summarizes the thesis and discussions for future research and development are presented.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).