

氏 名	岩田学				
学 位 の 種 類	博 士 (社会工学)				
学 位 記 番 号	博 甲 第 7683 号				
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 25 日				
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当				
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科				
学位論文題目	リンクの重みの異質性と協力の進化				
主 査	筑波大学	准教授	Ph. D. in Economics	TURNBULL Stephen John	
副 査	筑波大学	教授	工学博士	山本 芳嗣	
副 査	筑波大学	教授	博士 (学術)	秋山 英三	
副 査	筑波大学	助教	博士 (理学)	佐野 幸恵	
副 査	筑波大学	助教	博士 (工学)	鬼頭 朋見	
副 査	筑波大学	准教授	博士 (工学)	山口 佳樹	

論 文 の 要 旨

本論文では、プレーヤー間のリンクの重みの不均一性（異質性）が協力行動の進化に与える影響について分析している。ここで「リンクの重み」はプレーヤー間の付き合いの量や頻度を含意する。また、「協力行動の進化」は協力行動が集団内に広がり定着することを意味する。

社会システムや生態系における社会集団において協力行動は重要な役割を果たす。それゆえ様々な分野の研究者が協力行動の形成・維持のメカニズムの解明に関心を示してきた。進化ゲーム理論の分野では、近年、協力行動の進化を可能にする有力なメカニズムとして、直接互惠、間接互惠、群淘汰・多段淘汰、ネットワーク互惠が提案されてきている。これらのうち、本論文で注目しているのはネットワーク互惠である。ここで、ネットワーク互惠とは、集団構成員の間のネットワーク構造の制約や偏りによって促進される協力者同士の相互扶助のことである。

以上を踏まえ、本論文では、一次元のレギュラーネットワークと二次元の格子ネットワーク上での囚人ジレンマゲームの計算機シミュレーションを行い、プレーヤー一人が持つ複数のリンクの重みの不均一性による協力進化の可能性を検証している。また、少数ノードの局所的振る舞いの解析から、リンク重みの不均一性による協力進化が如何なる条件下でどのように促進されるのかを分析している。

分析の結果、主に、次のことを明らかにしている：(1) ある程度のリンク重みの不均一性が協力進化を促進するという、(2) 不均一性に対する協力率の変化はいくつかの閾値を境に段階的に起こること、(3) 不均一性による協力進化を可能にする二つのメカニズム（協力の拡大と保持）とそれらが働く条件が存在し、局所的分析で導出した値に一致するという。

本論文の構成は次の通りである。第1章では既存研究が概観され、本研究の位置づけが行われている。第2章では、一次元のレギュラーネットワーク上での囚人ジレンマゲームに関する計算機シミュレーションの分析を行っている。第3章では、二次元の格子ネットワーク上での計算機シミュレーションを行い、第2章で導いた主要な結果との比較を通じて、次元の変化に対する頑健性と相異点を検証している。第4章では研究の総括と展望が述べられている。

審 査 の 要 旨

【批評】

本研究では、社会集団において、局所的相互作用が協利行動の進化に与える影響を分析している。特に、集団構成員のリンク重みに不均一性が存在するときに、その不均一性が協利行動の進化に与える影響を、1次元と2次元のシンプルなネットワークを対象として、計算機シミュレーションを用いて詳細に分析している。リンク重みの不均一性が協利行動の進化に与える影響については、計算機シミュレーションを用いた先行研究がいくつかあるが、不均一性による協利進化の可否についてシミュレーション結果から示すにとどまっているものがほとんどだった。一方、本研究は、リンク重み以外の非対称性を極力排除したモデルを用いて、パラメータ空間全域にわたる計算機シミュレーションを徹底的に行うことで、リンク重みの不均一性が協利進化に正の効果を与える条件を初めて明らかにしている。また、大規模集団に関する計算機実験の結果を提示するだけにとどまらず、その結果を、ネットワークの局所的な振る舞いの数理的解析から説明することにある程度成功している。このようなアプローチの適用は、本研究に特徴的なものとなっており、大規模集団の振る舞いのより深い理解を可能にしているという点で重要である。

論文の記述は整理されているとは言えず、改善の余地がある。また、シミュレーションのパラメータ（総回数、収束期間、初期状態への依存度など）の根拠をもっと注意深く議論することが望ましい。局所的解析から一般的結果への拡張にも、さらに意欲的に取り組むことが望ましい。しかし、様々な角度から頑健性のチェックを詳細に行っており、本研究の結果の信頼性は高く、集団構成員の間のリンク重みの不均一性がネットワーク互恵にもたらす影響に関して、十分な貢献をしていると言える。

【最終試験の結果】

平成28年2月4日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（社会工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。