

学位論文題名

地理的移動性のある選択的プレイ状況における、  
戦略の創発と相互協力達成条件に関する  
コンピュータ・シミュレーション研究

学位論文内容の要旨

本論文は、囚人のジレンマ研究における最新の展開のひとつである選択的プレイ・パラダイムをもとに、プレイヤー選択の側面を相互作用結果の社会的距離へのフィードバックとしてモデル化することで、強制的プレイ・パラダイムにもとづく従来の社会的ジレンマ研究の限界を乗り越える、新たな展開をめざしたものである。

本研究で想定されている囚人のジレンマのプレイヤーは、一定のトラス平面状を移動しながら、他プレイヤーとの距離に応じて——近くにいるプレイヤーとは高確率で、また遠くのプレイヤーとは低確率で——囚人のジレンマをプレイする。この方法により、従来の選択的プレイ——相手を選択する——の側面と、格子モデルで用いられていたローカル相互作用（まわりの相手とのみ相互作用を行う）の側面とを同時に扱うことが可能となっている。この結果、従来の格子モデルを用いて研究されてきた局所的多数派形成のインプリケーションの分析を更に進めて、動的な集団形成過程一般のインプリケーションの分析にまで拡大する可能性が拓かれることとなった。本論文で報告されている一連のコンピュータ・シミュレーションは、この可能性を現実化するための試みである。

第1章では、囚人のジレンマに関する従来の研究の流れを概括し、そこから新たに生まれてきた選択的プレイモデルと格子モデルとが、地理的移動性モデルに統合されることを明らかにしている。

第2章では、本論文で紹介される一連のコンピュータ・シミュレーションで用いるプログラムの構成と、その主要な特徴について説明されている。まず、プレイヤーの移動ルールが説明されている。プレイヤーは一度起動されると複数の相手と距離に応じて囚人のジレンマをプレイし、その結果、協力してくれた相手に近づき、非協力をとった相手からは遠ざかるかたちで合成されたベクトルに従って画面上を移動する。次に、画面上の空間的距離を、本研究においては社会的距離として論じるとする提案がなされた。この際、空間距離を社会距離として論じることに伴う問題点が議論され、その問題を基本的には社会心理学者がバランス理論として扱ってきたのと同じ方法で処理する旨が議論されている。その後、地理的移動を導入したコンピュータ・シミュレーションにおける戦略「進化」モデルにおける「進化単位」ないし「遺

伝子」の作り方についての説明をはじめ、プログラムの詳細についての説明が提出されている。

第3章からは、地理的移動モデルを用いたコンピューター・シミュレーションが紹介されている。第3章ではまず、通常 TFT と呼ばれる応報戦略が他の戦略に比べよい成績をあげ、進化的に安定した ESS 状態を形成するという従来の知見を、地理的移動の存在しないモデルを用いて再確認した。ただし、地理的移動が存在しないが従来の格子モデルに近い状態である、相手選択の範囲が小さな条件では TFT の進化が見られなかった。これに対して地理的移動が導入された条件では、全てのプレイヤーが TFT を採用するようになり、相互に協力し合う密度の濃い集団が形成されることが明らかにされた。また形成される集団の大きさは、相手選択の範囲の大きさに対応しており、相手選択範囲が大きいほど大きな集団が形成されることが明らかにされた。

第4章と第5章では、限定交換状況と一般交換状況とを区別し、一般交換状況における内集団ひいき的行動の適応論的基盤を扱ったシミュレーションが報告されている。まず第4章で紹介されたシミュレーションでは、内集団ひいき戦略（カテゴリーを共有する成員に対して無条件で協力し、共有しない成員に対して無条件で非協力する）はカテゴリーを共有する成員による全面非協力戦略により駆逐されることが示されている。この結果は、次の第5章において紹介されるシミュレーション結果を解釈する際の出発点を提供する意味を持つものである。

第5章で紹介されている一連のシミュレーションは、本研究中で最も中心的位置を占めており、以下の結果を明らかにしている。前回自分に対して協力してくれた相手への直接的な返報が可能である限定交換状況においては、第3章でのシミュレーションの結果をほぼ再生しており、地理的移動可能状況において、TFT にもとづく相互協力集団の成立が見られたが、相互協力集団の成立にカテゴリーへの反応傾向が全く役割を果たしていないことが明らかにされた。つまり、限定交換状況で成立する相互協力集団は TFT の原理により維持されている集団であり、そこにおいては集団の成員であること自体は何の意味も持っていないことが示された。一般交換状況においては、地理的移動が存在しない状況では協力率はかなり低いレベルで終始しており、内集団ひいき的行動も認められなかった。これに対して地理的移動が導入された状況においては、内集団成員に対して協力している成員に対してのみ協力する戦略が増加し、その結果集団内部において一般交換が成立している状況、すなわち特定のカテゴリーを共有する集団内部で全員が一方的に他成員に自分の資源を提供している状況が生み出された。

第6章で紹介されているシミュレーションは、地理的移動モデルを用いたシミュレーションを使って、ノイズを伴う囚人のジレンマ状況で有効な戦略についての論争に一石を投じることが目的としたものである。1984年のアクセルロッドの研究以来、囚人のジレンマ研究においては TFT の有効性が一般に広く受け入れられてきたが、近年、囚人のジレンマにおけるプレイヤーの行動がノイズを伴う場合には、学習原理を応用した PAVLOV 戦略が有効であるとされるにいたっている。地理的移動モデルを用いたシミュレーションの結果、最も一般化した戦略は TFT でも PAVLOV でもなく、相互協力の場合にのみ協力を続け、それ以外の場合（例えば相手が協力していても自分は非協力を取った場合や、相互非協力的の場合）には非協力をとる戦略（論文ではこの戦略には名前がつけられず戦略8と呼ばれている）であることが示された。ノイズの存在しない地理的移動状況では、戦略8を採用することでほぼ全員が協力する状態が達成さ

れる。但しノイズの存在する状況では、相手選択範囲が小さいときには PAVLOV による相互協力が達成され、また相手選択範囲が大きいときには戦略 8 が採用されるが、必ずしも全員協力状態が達成されるとは限らないことが明らかにされた。これに対して地理的移動性が存在しない場合には、戦略 8 が採用されるが全体の協力率が極めて低くなることが明らかにされた。

# 学位論文審査の要旨

主査	教授	山岸俊男
副査	教授	瀧川哲夫
副査	助教授	亀田達也
副査	助教授	野宮大志朗

## 学位論文題名

### 地理的移動性のある選択的プレイ状況における、 戦略の創発と相互協力達成条件に関する コンピュータ・シミュレーション研究

本論文は、一般に囚人のジレンマないし社会的ジレンマ問題と呼ばれる、混合動機状況での相互協力の発生と、集団形成との関係を扱ったものである。従来の囚人のジレンマ研究ないし社会的ジレンマ研究は特定の2者間の関係を前提としており、相互作用相手の選択の余地が与えられていなかった。これに対して近年、囚人のジレンマ・プレイヤーに相手選択と関係からの離脱の選択を与えることのインプリケーションに関心が向けられ、選択的プレイ・パラダイムにもとづく新たな研究が開始された。またほぼ同時期に、相手選択および関係からの離脱の選択は与えられていないが、相互作用の範囲が限定されている格子空間における戦略進化の研究が、生物学を中心として進められた。本論文で新たに導入され、そのインプリケーションが検討されている「地理的移動性」モデルは、囚人のジレンマ研究におけるこれら2つの最新の研究の橋渡しを試みたモデルであり、この分野での研究に新たな可能性を拓くユニークで野心的な研究として評価される。

第1章では囚人のジレンマに関する従来の研究がいくつかの観点からレビューされており、本論文が従来の研究の批判的検討の上に基礎づけられたものであることが理解される。

第2章では地理的移動性モデルの概要が説明された後、第3章以降の研究で用いられるコンピュータ・シミュレーションについての説明がなされている。モデル及びプログラムの説明は適切になされている。

第3章では渡邊氏が開発し研究に導入した地理的移動性モデルを用いて、従来の研究で報告されているTFTの有効性を再検討しているが、そこで報告されているシミュレーション研究の結果は、TFT戦略の有効性に関する従来の結論を再確認すると同時に、集団形成がTFT戦略の有効性を一層確実なものにしていることを明らかにした点で新たな貢献をなすものと評価される。

第4章と第5章では、限定交換状況と一般交換状況とを区別し、一般交換状況における内集団ひいき的行動の適応論的基盤を扱ったシミュレーションが報告されている。これら2章で報告されている各種のシミュレーション結果の中でも最も重要だと考えられる結果は、一般交換状況において、地理的移動が存在しない状況では協力率はかなり低いレベルで終始しており内集団ひいき的行動も認められなかったのに対し、地理的移動が導入された状況においては、内集団成員に対して協力している成員に対してのみ協力する戦略が増加し、その結果集団内部において一般交換が成立している状況、すなわち特定のカテゴリーを共有する集団内部で全員が一方向的に他成員に自分の資源を提供している状況が生み出されたという結果である。これらの結果は、限定交換状況においてのみではなく一般交換状況においても、相互協力集団が自発的に形成されることを明らかにした点、および、限定交換状況における相互協力集団形成においては何の役割も果たさない社会的カテゴリーが、一般交換状況においては大きな役割を果たすことを明らかにした点で、本研究の生み出した重要な貢献であると評価される。

第6章で紹介されているシミュレーション研究は、地理的移動モデルを用いたシミュレーションを使って、ノイズを伴う囚人のジレンマ状況で有効な戦略についての論争に一石を投じることを目的としたものである。研究の結果は、地理的移動性の有無と選択範囲の大きさによってTFT及びPAVLOVの相対的有効性が変化することを示している。またTFTやPAVLOVなどの従来その有効性が確認されていた戦略とは異なる、本研究で戦略8と呼ばれる戦略が地理的移動性のある場合に比較的有効であることが発見された。これらの結果は、地理的移動＝集団形成が適応的戦略の形成に与える重要性を示すものであり、今後の研究に大きなインパクトを与えるものと評価される。

論文全体を通しての評価としては、広い文脈における本研究の位置付け及びインプリケーションについての議論が望まれる点が散見されているが、全体的には、地理的移動モデルの有効性と重要性を明らかにした点で大きな貢献がなされたとする評価が、委員会の全員により確認された。また個別の貢献としては、限定交換と一般交換において社会的カテゴリーの果たす役割の違いを明らかにした点、および地理的移動による集団形成が可能な状況における、従来の研究で指摘されてこなかった戦略の重要性を明らかにした点などに、個別研究としての貢献が存在していることが指摘された。以上の貢献を評価し、囚人のジレンマ研究における新しいアプローチを打ち出した本論文に対し、本審査委員会は博士（行動科学）の学位を授与されるにふさわしいものであるとの結論に達した。