

論文の内容の要旨

論文題目 共進化モデルを用いた不良品回収制度分析のための
社会シミュレーションに関する研究

氏 名 渡辺 哲朗

近年、工業製品の不良品回収（リコール）とそれに伴う製品事故は、世界的な問題となっている。不良品回収の実施の有無は、事業者の意思決定に一任されているため、社会の安全のためには、不良品回収を促進できるような制度設計が重要となる。不良品回収に関する従来の研究は経験的アプローチによるものが大半であるが、現代社会の複雑性や多様性に対応するにはもはや不十分であり、未知の事象に対する考察を可能とする予測的アプローチが不可欠である。

このような背景を踏まえ、本研究では、事業者と消費者の複雑な意思決定や関係性を考慮した予測的アプローチにより、安全な社会を実現するための不良品回収制度の改善に向けた知見を得ることを目的とする。より具体的には、不良品回収に関する社会シミュレーションモデルの構築を行う。そして、構築したモデルを用いたシミュレーション実験を行い、モデルの検証を実施すると共に、不良品回収にまつわる性質や傾向を分析し、不良品回収制度の改善に資するような予測や示唆を得ることを目指す。

本論文は全11章から構成される。本論文は、「社会シミュレーションモデルの構築・拡張」と、「モデルの検証のためのシミュレーション実験・結果分析」という2ステップのセットを繰り返しながら進行してゆく形式を取る。以下、章立ての区分に従う形で、本論文のあらましを記載する。

第1章は序論であり、本研究の社会的背景と、関連する従来研究の概要とその問題点を示した上で、本論文の目的と構成を明らかにした。

第2章では、事業者エージェントと消費者エージェントで構成される階層型共進化モデルを提案し、同モデルによる社会シミュレーション全体のフローやエージェント設計、確率モデルなどについて構築を実施した。また、エージェントの意思決定とその効率的な学習の実現の手法として、新規手法として論理値型GPを提案した。これらを用いることにより、本研究における社会シミュレーションの基礎モデルを構築した。

第3章では、第2章で構築した基礎モデルによるシミュレーション実験を実施し、その有用性の検証を実施した。実験の結果、事業者エージェント群と消費者エージェント群が、相互作用を及ぼし合いながら共進化を行いつつ収束してゆくことが示された。また、本論文の提案手法である論理値型GPと、従来手法である実数値型GPとを比較した結果、本シミュレーション実験における論理値型GPの優位性が示されたと共に、本シミュレーション実験のように進化計算を用いた他のマルチエージェントシミュレーション実験に対しても、論理値型GPが有効である可能性が示唆された。さらに、製品事故への補償に対する制度の改善が、より安全な社会を実現する可能性を持っているという示唆を得ることができた。

第4章では、第3章までに構築・検証を行った基礎モデルに対して、価格競争モデルを導入し、より現実社会を反映できるようにモデルの拡張を行った。具体的には、販売される製品の売価を可変とし、それに合わせる形で多目的進化計算を適用した。さらに、多目的最適化の応用として、事業者エージェントに対する多目的好感度を新規手法として提案した。これらにより、製品売価が多様かつ可変である経済状況下における社会シミュレーションを可能とするよう、基礎モデルの拡張を実施した。

第5章では、第4章にて拡張したシミュレーションモデルの検証を行うべく、シミュレーション実験を実行した。実験の結果、第4章で新規に導入した手法は、いずれも導入目的どおりに機能していることが確認できた。また、第4章でのモデル拡張によって基礎モデルの基本的な性質が破壊されていないことが確認された。さらに、目移りしすぎて損をしてしまった消費者エージェントのクラスタが創発し、これらを多く相手にした事業者エージェントは不良品回収を積極的に実施していたが、結果的にあまり儲からなかった、といった実験結果が得られた。

第6章では、クラスタリングの手法と製品売買の追跡とを組み合わせた新たな分析手法の提案を行った。また、提案した分析手法を用いて、第4章までの拡張モデルによるシミュレーション実験とその結果分析を行い、社会的に好ましくない事業者エージェントに制裁を課すための制度改善の方策や、社会的に救済されることが望ましい事業者エージェントを援助するための制度改善の方策など、第5章までの実験と結果分析では得られなかった角度からの様々な知見を得た。さらに、優先的に保護されることが望ましい消費者エージェントクラスタを見出し、これらの保護が消費者エージェント自身の救済と悪質な事業者エージェントへの制裁の一石二鳥になりうる、ということも明らかにした。

第7章では、第6章までに構築・検証を行った拡張モデルに対して、消費者の金銭感覚の多様性を考慮し、現実社会の実態へとより近づけるべく、さらなるモデル拡張を実施した。具体的には、消費者エージェントの金銭感覚を表現するための新規手法として、金銭重要度を提案した。また、金銭重要度を用いることによって、各消費者エージェントから見たときの事業者エージェントの金銭感覚考慮好感度を規定した。さらに、

実数値GAの手法を用いた金銭重要度の進化の方法について定めた。

第8章では、第7章にて更に拡張されたモデルを用いた社会シミュレーション実験を実施し、拡張モデルの機能検証と、結果分析を行った。実験の結果、金銭重要度が目的通りに機能し、消費者エージェントの金銭感覚の多様性を考慮したシミュレーションを実現できた確認された。また、事業者エージェントと消費者エージェントの共進化の作用を受けて金銭重要度が進化し、消費者エージェントは製品事故から自らの身を守るような進化を遂げる様子が観測された。さらに、実験結果の分析の結果として、不良品回収の促進のためには、まず不良品回収自体のイメージを改善し、「不良品回収は、社会に必要な信用すべきアクションである」という認識を社会に広められるような制度改善が重要になり得る、という示唆を得ることができた。

第9章では、事業者エージェント間で不良品回収プロセスの巧拙に差があることを想定した実験を行い、不良品回収に対する消費者からの評価の差が、事業者および消費者の行動や、事業者の販売成績に与える影響について、考察を行った。実験の結果、不良品回収を上手く行うことで消費者からの信頼を得られることが、事業者エージェントの製品販売を有利に進める効果をもたらし、事業者が不良品回収の際の消費者への対応を適切に行えるような、不良品回収の発信方法などに関する制度改善が有効になりうる、という示唆を得ることができた。

第10章では、第9章までの議論を踏まえ、本論文全体に対する考察を実施した。従来研究には見られなかった本論文の独創的貢献として、不良品回収制度の改善にあたっては、事業者の行動への制約のみならず、消費者の行動や認識についても十分に考慮することが重要になり得るということを示した。また、ミクロレベルでのエージェント挙動の分析や、エージェントのクラスタ創発の原因究明については不十分にならざるをえない状況であることを、本研究の課題点として示した。

そして第11章では、本論文の結論として、本研究の達成事項と貢献についてまとめた。

こうして、本論文では、事業者エージェントと消費者エージェントによる共進化モデルを用いた、不良品回収制度の分析のための社会シミュレーションモデルを構築した。本論文により、不良品回収制度の改善を考える際に、事業者と消費者の複雑な関係性や意思決定要因を考慮した予測的アプローチをとることが可能となった。