

機関番号：12608

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510128

研究課題名 (和文) 内部モデル原理による共生・自律多主体複雑系の統一モデル化とその応用

研究課題名 (英文) Unified Modeling of Symbiotic and Autonomous Multi-agent System Based on Internal Model Principle and its Applications

研究代表者

木嶋 恭一 (KIJIMA KYOICHI)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授

研究者番号：10134826

研究成果の概要 (和文)：

本研究の基礎となる基盤研究(C) (2004-2007 年度) の敵対・紛争の数理モデルとシミュレーションモデルを抜本的に進展させて、共生と自律の振幅について内部モデル原理に基づくプロトタイプモデルを構築した。

まず、数理モデリングアプローチにより、ハイパーゲーム、ドラマティックモデルを含む広範囲の数理的アプローチに対して、例えば、ゲーム理論は客観的内部モデルを仮定することを指摘するなど、内部モデル原理の視点から体系化を行い、モデル化の骨格を飛躍的に革新した。

次に、シミュレーションアプローチにより ランドスケープモデルと敵対分析プログラムを融合して、革新的な自律と共生の振幅のプロセスを記述する革新的なソフトウェアを開発した。

さらに、PSM: 問題構造化手法) 実際の問題を構造化し、それらを特徴づける基本構造とパラメータを明らかにした。

以上により、自律と共生の折り合いに対して、数理的モデル・シミュレーションモデル・問題構造化手法 の内部モデル原理による統合という着想を定着させ、そのプロトタイプを完成させ、合わせて3年間の研究の出発点として、企業間関係・国際関係など幅広い問題状況に対して、自律と共生を記述するだけでなく、共生の達成の処方箋を提供できるように周到な計画を行った。

研究成果の概要 (英文)：

By extending the previous research on mathematical and simulation modeling of confrontation and conflict supported by Grant-in-Aid for Scientific Research (C) from 2004 till 2007, the present research project successfully constructed prototype modeling of symbiosis and autonomy of co-opetition agents based on the internal model principle.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科／細目：社会・安全システム科学／社会システム工学・安全システム

キーワード：内部モデル、共生、自律的主体、複雑系

### 1. 研究開始当初の背景

・安全安心で心豊かな社会の実現には、個人から国家まで様々な意思決定主体が、自律性を持ちつつ共生してゆくメカニズムの解明がきわめて重要である。ここで、共生 (symbiosis) とは、多様な価値観を持った複数の自律的な決定主体が、多様な関係をもちながら調和を保って共存することと定義。そのため、(1) 多主体間の接近度 (結びつきの強さ) に関連する側面と、(2) ある主体の存在が他の主体にとって「利益と損害を与えるのか」という関係の「質」に関する側面に注目。

・これまでの主なアプローチ・モデルには、ドラマモデル、ゲーム理論、ハイパーゲーム、コーペティション、モデル問題構造化手法 (PSM)、エージェントベースシミュレーションがある。

・従来の研究では、自律と共生に向けられている関心はきわめて不十分である。たとえばゲーム理論に基づくコーペティション (バリー・J. ネイルバフら) の概念は、幅が不十分であるだけでなく、処方的な提言までは至っていない。

・それに対して、本研究は、共生と自律を中心に、敵対から協力まで多主体間の多様で幅広い関係を、「内部モデル」という共通概念に基づき、数理・シミュレーション・構造化の諸モデルを統一的・包括的にあつかった、自律的主体の共生への統一的・包括的モデリングアプローチを提案するものであり、きわめて斬新な取り組みである。

・内部モデルとは、各決定主体が主観的に構築する環境に関する解釈モデルを意味する。応募者が主張する内部モデル原理とは、「各主体は、自らの内部モデルに基づき意思決定を行うが、その過程で他者との非整合性が対立・敵対状況を生み、それを動的に書き換えることで学習・相互理解を進める」とする行動原理である。

### 2. 研究の目的

個人、集団、組織 (企業) あるいは国家などの多様な価値観を持った複数の決定主体が、自律性・主体性を維持・主張しながら共生する状況を記述・解析・支援するために、「内部モデル」原理に基づき数理モデル・シミュレーションモデル・問題構造化手法 (PSM) の3手法を統合したアプローチを開発するとともに、現実への適用を行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) 意思決定主体間の敵対・非協力・自律・共生・協力という幅広い範囲の問題の構造と過程を統一的に明らかにするために、構造を定式化する数理モデル、問題の動的過程を記述・予測するシミュレーション手法、価値観の折り合いを支援する問題構造化手法 (PSM) の3つの手法を、内部モデル原理を共通の基盤概念として統合する。

(2) それにより、交渉、コミュニケーションおよび相互理解・学習が共生と自律に折り合いをもたらすメカニズムを明らかにし、共生の実現を支援する具体的な提言を行う。

各年度計画として、以上の研究方法を以下のようにブレークダウンした。

初年度 (平成 20 年度) は、今後の研究体制を確立するとともに、これまでの基盤研究 (C) (平成 17-19 年度) の成果に基づき、本格的なモデル化のプロトタイプを完成させる。平成 21 年度はプロトタイプの適用と概念の操作化を本格的に行い、最終年度 (平成 22 年度) には 3 つのアプローチを統合するとともに、それに基づき具体的な提言を作成する。

### 4. 研究成果

[2008 年度の実績]

本研究の基礎となる基盤研究 (C) (2004-2007 年度) の敵対・紛争の数理モデルとシミュレーションモデルを抜本的に進展させて、共生と自律の振幅について内部モデル原理に基づくプロトタイプモデルを構築した。

・ (数理モデリング) ハイパーゲーム、ドラマティックモデルを含む広範囲の数理的アプローチに対して、たとえば、ゲーム理論は客観的内部モデルを仮定することを指摘するなど、内部モデル原理の視点から体系化を行い、モデル化の骨格を飛躍的に革新した。

・ (シミュレーション) ランドスケープモデルと敵対分析プログラムを融合して、革新的な自律と共生の振幅のプロセスを記述する革新的なソフトウェアを開発した。

・ (PSM: 問題構造化手法) 実際の問題を構造化し、それらの特徴づける基本構造とパラメータを明らかにした。

・ 以上により、自律と共生の折り合いに対して、数理的モデル・シミュレーションモデル・問題構造化手法の内部モデル原理による統合という着想を定着させ、そのプロトタイプを完成させ、合わせて 3 年間の研究の出発点として、企業間関係・国際関係など幅広い問題状況に対して、自律と共生を記述するだけでなく、共生の達成の処方箋を提供できるように周到な計画を行った。

[2009 年度の実績]

初年度で構築した数理・シミュレーションモ

デル・PMSの3手法のプロトタイプを用いて、具体的な共生と自律のジレンマを対象に解析した。その結果、得られた構造と変数の特徴を解析し、自律から敵対関係を創発させるメカニズムの特殊性とモデルの普遍性をバランスさせ、プロトタイプを改善し、より精緻で応用範囲の広い数理的およびエージェントベース・シミュレーションモデルを開発した。

[2010年度の実績]

プロトタイプの結果と現実との突き合わせにより、最終的な統合モデルを開発した。このモデルは、状況の条件、当事者の特性および行動ルールを柔軟に設定できるパラメトリックなモデルとすることができた。その結果、開発した革新的な「共生と自律を記述・予測するエージェントベース・シミュレーションモデル」を具体的な現実の文脈に適用し、共生実現の処方箋を導くことができた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ①Takafumi Nakamura, Kyoichi Kijima, System of system failures: Meta methodology for IT engineering safety, *Systems Research and Behavioral Science*, 26, pp29-47, 2009, 査読有
- ②Karin Löffler, Hugo Tschirky, Kyoichi Kijima, Embedding enterprise science into SSM for improving innovation systems in technology-based companies, *Systems Research and Behavioral Sciences*, 26, pp675-687, 2009, 査読有
- ③Jerome Galbrun, Kyoichi Kijima, A Co-evolutionary Perspective in Medical Technology: Clinical Innovation Systems in Europe and in Japan, *Asian Journal of Technology Innovation*, 17, pp195-216, 2009, 査読有
- ④Norimasa Kobayashi, Kyoichi Kijima, Optimal Structure of Set-valued Solutions of Normal-form Games and Coordination, *Journal of Systems Science and Complexity*, 22, pp63-76, 2009, 査読有
- ⑤ Pri Hermawan, Kyoichi Kijima, Conflict analysis of Citarum River Basin pollution in Indonesia: A drama-theoretic model, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 18(1), pp16-37, 2009, 査読有

有

⑥Takafumi Nakamura, Kyoichi Kijima, A Methodology for Learning from System Failures and its Application to PC Server Maintenance, *Risk Management*, 10(1), pp1-31, 2008, 査読有

⑦Pri Hermawan, Kyoichi Kijima, Structure of Dilemmas of Negotiation: A Drama Theoretic Model, *Journal of Knowledge and Systems Sciences*, 5, pp26-35, 2008, 査読有

⑧Pri Hermawan, Norimasa Kobayashi, Kyoichi Kijima, Holistic Formal Analysis of Dilemmas of Negotiation, *Systems Research and Behavioral Science*, 25, pp1-6, 2008, 査読有

[学会発表] (計14件)

- ①Kyoichi Kijima, Service Systems Science in Global Perspective, Service Innovation International Symposium, Nov. 13, 2010, Kyoto
- ② Santi Novani, Kyoichi Kijima, Value Co-Creation Model of Service Innovation: Symbiotic Hypergame Analysis, The 54th Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences, July 20, 2010, Waterloo, Canada
- ③ Takafumi Nakamura, Kyoichi Kijima, Total System Intervention for System Failures and its Application to ICT Systems, The 54th Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences, July 18, 2010, Waterloo, Canada
- ④ Kyoichi Kijima, A Perspective of Service Systems Science, The International Conference on Service Science and Service Management, June 29, 2010, Tokyo
- ⑤Santi Novani, Kyoichi Kijima, Symbiotic Hypergame Analysis of Value Co-Creation Process in Service System, The International Conference on Service Science and Service Management, June 29, 2010, Tokyo
- ⑥ Jerome Galbrun, Kyoichi Kijima, Innovation in Medical Imaging Technology: Toward a Systemic Service Perspective, The

International Conference on Service Science and Service Management, June 29, 2010, Tokyo

⑦ Yasuo Sasaki, Kyoichi Kijima, Hypergame Modeling of Systems Intelligent Agents, The International Conference on Service Science and Service Management, June 28, 2010, Tokyo

⑧ Kyoichi Kijima, Service Innovation in Systems Sciences Perspective, The 10th International Symposium on Knowledge and Systems Sciences, Dec. 3, 2009, 香港

⑨ Jerome Galbrun, Kyoichi Kijima, Co-creating Social Value through Lead User Interactions: Experiencing Innovative Clinical Solutions in Healthcare, The 18th Annual Frontiers in Service Conference, Oct. 31, 2009, Hawaii

⑩ Takafumi Nakamura, Kyoichi Kijima, A Methodology to Prolong System Lifespan and its Application to IT Systems, The 53rd Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences, July 16, 2009, Brisbane, Australia

⑪ Jerome Galbrun, Kyoichi Kijima, Fostering Innovation System of a Firm with Hierarchy Theory: Narratives on Emergent Clinical Solutions in Healthcare, The 53rd Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences, July 16, 2009, Brisbane, Australia

⑫ Kyoichi Kijima, Service Systems Sciences as Advanced Liberal Arts, Operational Research 50, Sept. 8, 2008, York, UK

⑬ Jérôme Galbrun, Kyoichi Kijima, Growth Strategy and Hierarchy Theory: Emergence of Super-Players in the Healthcare Computed Tomography Oligopoly, The 52nd Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences, July 15, 2008, Madison, USA

⑭ Yasuo Sasaki, Kyoichi Kijima, Preservation of Misperceptions - Stability Analysis of Hypergames, The 52nd Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences, July 15, 2008, Madison, USA

〔図書〕 (計2件)

① 木嶋恭一, 勁草書房, 『合意形成学』 (猪原健弘編著), 2011, pp125-140

② 出口弘, 木嶋恭一 (編著), 勁草書房, 『エージェントベースの社会システム科学宣言-地球社会のリベラルアーツめざして』, 2009, pp37-62

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木嶋 恭一 (KIJIMA KYOICHI)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授  
研究者番号: 10134826