

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650075

研究課題名(和文)非均質マルチエージェントシステムの競合状況におけるノルムの獲得と維持に関する研究

研究課題名(英文) Study on norm emergence and its stability in conflict situations of heterogeneous agent network society

研究代表者

菅原 俊治 (Sugawara, Toshiharu)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：70396133

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では競合状態の秩序をノルムとしてプログラム(エージェント)が習得する手法を提案し、その性質を調べた。このために競合状態を利得行列(戦略の選好と学習報酬)付きのマルコフゲームを用い、競合解消できない行動選択では競合が残る定式化と、一時的には損しても効率的に競合から離脱するノルムを学習できるか調査した。その結果、(1)ノルムを獲得できるが、その質と安定性は利得行列に影響する、(2)少数の異質のエージェントがノルムの学習自体は阻害しないものの、一度確立されたノルムを壊す現象がある、(3)エージェントにネットワーク構造を導入し、ノルムの変動と局所的なノルムの収束があることを確認した。

研究成果の概要(英文)：We proposed the learning method in which agents produce norm in the society for effective conflict resolution and investigated the characteristics (convergence, stability, etc.) of the norm. For this purpose, we expressed conflict situations using a Markov game with a variety of payoff matrices that indicate agent's attitudes to situations and rewards as the result of behavior. We also represent the conflict situations that are never resolved unless one of agents gives up the best action (so this may result in the temporal penalty). Using our proposed method, we could find that (1) norms could emerge but its efficiency of resolution and stability is strongly affected by the payoff matrices in agents; (2) we often observed the phenomenon in which the established norms are broken by a few anomaly of agents that have strong attitude to conflicts; and finally (3) inconsistent norms often coexist in the agent network whose structure has the small-world property.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：社会規範 非均質エージェント 分散処理 複雑ネットワーク 強化学習

1. 研究開始当初の背景

近年インターネットとその活用方法の高度化からクラウドやサービスコンピューティングなど、ネットワーク側に主要な計算機資源とサービス要素を置き、それらを組合せて社会・経済・科学計算・教育などのネットワークサービスを実現しようという試みがあり、これは今後とも継続すると考えられる。これは世界的な試みで、先進国が競って拡大を狙う分野であるが、そのサービスの適合性、効率性、拡張性、耐障害性などは基礎となる重要技術である。

投入した計算機やソフトウェアの資源と電力などの資源を有効に活用する高効率性や、社会発展・変化に伴う拡張性の実現ためには、サービス要素やタスク（以下単にタスクと呼ぶ）を適切な計算機に割当てが必要であり、さらにその割当法自体も日々変わる要求タスクの内容に追従する必要がある。これまで、割当て方法についてはプログラムに組み込み、その優先順位や対象をあらかじめ決めていた。しかし変化するタスクの内容、絶え間なく開発されるサービス、さらに技術革新に伴う計算機能力の向上により固定的な方法は短時間でその利点は減じる。

個々のタスクを統合しサービスを実現する手法は、マルチエージェントシステム（以下 MAS と呼ぶ）としてモデル化される。そこでのタスクの割当法あるいは優先順位の規則は、ノルムとして一般化できる。今後の情報をベースとした社会経済の発展を考慮すると、適切なノルムをシステム自ら獲得し、それを維持あるいは変化に合わせて適応するアルゴリズムが不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の学術的な意味は、競合、したがって両者が満足する解は存在しない状況下で、ノルムを獲得することであり、ノルムが獲得できれば、非常に低コストかつ容易に競合状態を抜け出すことができる。これまでこのような研究は、協調可能であり両者が得をする合意点が明らかに存在する場合にのみ行われてきたが、これは技術的に容易である。しかし、実際の応用の場面では、両者が損をしない明らかな合意点がある場合は少なく、どちらかが何らかの我慢をすることで、社会の効率性や公平性を保ち、最終的には自らも最悪の状態を回避していると言える。このような競合状態に対するノルムをエージェントが自律的に獲得・修正し、それを安定的に維持する研究はこれまでは無い。これは技術的に難しい課題であるが、応用範囲は格段に広がる。本研究では、社会性を重視し、自らが最善でない行動を発現するが、結果として長期的には自分にとっても受理可能な状態を導き出す能力をエージェントに与えることを目的とする。

本研究の提案者は、これまで大規模なエージェントシステムでの負荷分散や分散協調手法についての実績があり、AAMAS などの当該分野の重要国際会議でも毎年主著として発表を行うなどの実績がある。これまでのシステムの最適化の一手法であるタスク割当を根本的に自動化することを目標とし、その第一のハードルとして、本研究課題を提案するものである。

3. 研究の方法

クラウドやサービス指向システムは、インターネット上に広域に広がる分散システムであり、多数の利用者からの多様な要求に対してサービスを提供する。特に背後に人間や企業などの組織が介在する場合、実世界での現象（流行やイベントなど）に左右され、大きな波となってサービスの要求に現れる。このようなサービスの集中と常に変動する状態に対応するには、事前に決めたアルゴリズムにより優先順位をつけて処理するのではなく、変化に柔軟に対応しながら社会全体として効率を上げる仕組みが必要である。それには CPU の負荷状態から、人間社会の緊急度や提供するサービスレベルによる順序、エネルギー効率化の指標などを勘案するべきであるが、これは容易ではない。

マルチエージェントシステムでは、この状況を社会学・経済学的手法であるゲーム理論や進化ゲームで培われた成果を取り入れ、全体での社会効率性に着目している。特に、社会的な秩序や効率性のためにノルムと社会規則の研究がある。たとえば、図 1 のように高速道路の合流では到着順に入るといふもので、暗黙のうちに相互に守ることが期待でき自分も守ることで利得を公平化し、社会秩序を保つものである。なお社会規則はトップダウン的なルールを、ノルムは自然発生的に発現したボトムアップルールとする（分野ごとに若干の定義の違いがある）。たとえば、上述した「デザイン時にシステムに組込む優先順位」はトップダウン的であり、社会規則の範疇に入る。変化する社会では予め社会規則は決められない。そこで、エージェントが自ら社会のために獲得するノルムに注視する。

本研究には 2 つのチャレンジ性があると考える。第一は、競合状態におけるノルムの発現に取り組む点である。上記のような実世

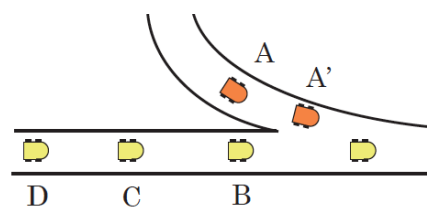


図 1:競合状況での調整の例

界あるいは実応用を考えると、ノルムが必要な局面は競合が発生したときである。しかし、これまでのノルムの発現の研究は協調可能なゲームに限られていた。このような局面でのノルムの発現や獲得は比較的容易である。しかし、協調が不可能、つまり誰かが一時的にも損をする可能性がある局面で、それを自ら選択することを発現させるアルゴリズムは極めて困難である。たとえば図1は、競合状態の直感的な例でもある。高速道路の合流では基本は走行順(たとえばA'とB)になるが、たまたま走行車と合流車が同時になった場合(AとB)、どちらかが速度を落とし、譲る必要がある。ネットワーク上の社会・経済活動ではこのような競合状態が数百・数千の間で発生しする。実際にサービスの要求は冪分布に従うという知見があり、一時的にも極めて負荷の高い状態となり、そのたびに競合解消の交渉プロトコルを使うのは現実的ではない。ノルムはこのような状況で、情報交換なしで競合を解消でき、その効果は絶大である。

第二のチャレンジは、多様な価値観をもつエージェントが混在すること(非均質性)にある。実際に、エージェントは、人間や会社の代理としてインターネット上で動作するものであり、それぞれの優先順序や重要度は異なる。特に実装やルールの与え方により利己的なもの、協調性のあるもの、優柔不断なものなど様々な性質を持つエージェント生成されるが、これの混在がノルムの維持に影響することが、我々の事前実験から分かってきた。このような非均質社会全体を安定に到達させることも容易ではない。本研究では、それぞれのタイプに応じて整合性のあるノルムの形成を目的とする。

本研究は以下の方針で進めてきた。まず、自律エージェントが競合状況下でのノルムを自律的に獲得し、それを維持させる(守り続けさせる)のが基本的なアプローチである。ノルムとは、それぞれ独立して習得するものだが同様な学習が各エージェントでも起こり、相互にそれを守ることが期待され、実際に守ることにより社会システムの向上(公平性、効率性などの観点から)が得られるものである[1]。競合状況は、誰かが「損をする」あるいは「妥協する」ことを意味しており、目先の利得だけからではこのような行為を自ら選択するノルムを獲得ことはない。この克服するには、将来の利得へ結びつけるようなモデルを自ら獲得させ、それに基づく学習方法の探求の研究が必須となる。

これまでノルムの創発は、分野の知識を論理式などで表現し、各エージェントが自ら適切な行為を相手の立場も含めて推論し求める研究が主流であった(たとえば[2])。しかし、競合状況下で発生するような一時的にも否定的な事実を受け入れるのは、このアプローチと相性がよくない。ま

たゲーム理論と学習アルゴリズムを合わせたアプローチもあるが(たとえば[3])、協調条件下(つまり双方とも得をする選択肢がある)が仮定されている。

そこで本研究ではこれらと異なるアプローチをいくつか選択し、比較検討を行う。その後、上記のモデルに基づいてシミュレーション環境を構築し、同時に各モデルに対応した学習手法を実装する。各モデルと学習手法の組み合わせによって、ノルムの獲得の成否を確認する。その際に考慮すべき点として、エージェントは人間や会社の代理であり、それぞれ個別の優先度を持つと言える。優先度やそれに反した結果に対する許容度などに応じて獲得できるノルムは異なり、またその維持の成否や方法も異なる。当初は、画一的なエージェントによる社会(homogeneous society)を仮定し、獲得されたノルムの性質の解析に絞る。

次年度では、シミュレーションを改良しながら実装を完成させ、さらに前年度から開始していた実験を継続する。その後、特に多様なエージェント(heterogeneous society)から構成された非均質社会を対象とし、それによる生成ノルムの性質とその変化を調査する。ここで研究の工夫点は、サービスを要求する側と実行する側が相互に学習することである。この結果は、将来、エージェント群による効果的かつ効率的なインターネットサービスの実現に必須な知見となる。

最終年度は、これまでに求めた結果をまとめ、さらに高度化する。また上述1)-3)のモデルとそれに付随した学習方法、ならびに適切なエージェントへの優先度の与え方などから、その効果を成果としてまとめ、これを対外的に発表する。

- [1] P. H. Young, "The economics of convention," *Journal of Economic Perspectives*, 10 (2), pp. 105-122, 1996.
- [2] J. Vazquez-Salceda, H. Aldewereld, and F. Dignum, "Norms in multiagent systems: from theory to practice," *Computer Systems and Engineering*, 20(4), pp. 225-236, 2005.
- [3] S. Sen and S. Airiau, "Emergence of Norms Through Social Learning," *IJCAI-07*, pp. 1507-1512, 2007.

4. 研究成果

平成23年度(初年度)には、まず学習のモデルと方式について基本検討を行った。その結果、確率ゲームと進化ゲームを融合したモデルを考案した。各エージェントの個々の競合は確率ゲーム(あるいはマルコフゲーム)として表現する。これをエージェントが進化ゲームのように繰り返すが、競合は常に不特定の相手との間で起こるという点で違いがある。これは、動的にサービスを構成するサービス指向モデルでは、サービス要素を動的に組み立てるものの、常に同じ相手と協

力するわけではないことを表現している。

また、このモデルに基づいて上記の状況を自動車エージェントの判断におけるゲームとして考案した。その例にもとづいてシミュレーションを作成し、実験を行った。同じ戦略（利得行列）を持つ均一エージェントが二つのグループに分かれ、競合し、どちらかのグループ全員が直近の損がある（たとえば、所要時間がかかるなど）ものの社会的には効率的な結果を導き、その影響で最終的には直近で損をしたエージェント達にも利益のある行動選択を社会規則としてのノルムの獲得（学習）できる可能性を示した。また、その学習したノルムを学習しながら使い続けたときのきその規則の安定性についても調査した。この結果、学習はできるもののその安定性には、エージェントの戦略によって大きな違いがあることが分かった。

平成24年度は、昨年度の結果を踏まえ、確率ゲームと進化ゲームを融合したモデルを採用し、さらなる実験として異なる価値観・戦略（異なる利得行列）を持つエージェントのノルムや習慣規則の学習可能性と安定性への影響を中心に調査した。大多数がノルム形成可能な利得行列を持つとき、少数のノルムを形成しないエージェント（以下非協調的エージェントと呼ぶ）の混入は学習可能性には大きく影響しないことがわかった。しかし、一度形成され、全体がほぼ同じ行動を示したとき、少数の非協調的エージェントは、共に行動した相手のノルムを壊す可能性があることが分かった。また、そのような非協調エージェントに対する頑健性が、利得行列の内容に大きく依存することが分かった。特に、自分のマイナスに疎いおらかなエージェントの組織では、このような非協調エージェントはノルムを破壊しやすいことがわかった。他方、自分のマイナスに対し、ある一定の意思を示すエージェントの社会では、非協調エージェントによる混乱に対し頑健性があることが分かった。

平成25年度は、さまざまな利得行列を導入し、異種エージェント社会を実現し実験を行った。また、エージェント社会にネットワーク構造を導入した。これらの結果と前年度までの完全グラフの場合と比較を行った。この結果、平均次数を高め設定したBAネットワークでは、完全グラフと同様に収束し、Generous agentとselfish agentでは、安定的に推移するものの、self-centered agentsではその規則が安定期と優位性が交代する交代期とを長期にわたり繰り返すことがわかった

（図2参照）。また、CNN (Connecting Nearest Neighbor)ネットワークや次数の小さいBAネットワークでは、全体でのノルム（Convention）としての収束はせず、(1) それぞれの地域に応じた固有の局所ノルムが発生すること、(2) 常に優位となる立場と不利を強いられる対等でない関係が発生することがわかった。これらの結果を国際会議で発表するとともに、さらに拡張した内容を投稿し採択されている。

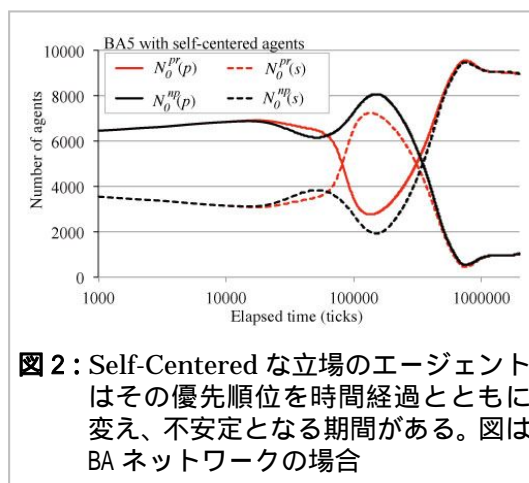


図2: Self-Centered な立場のエージェントはその優先順位を時間経過とともに変え、不安定となる期間がある。図はBAネットワークの場合

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16件)

Toshiharu Sugawara, "Emergence of Conventions for Efficiently Resolving Conflicts in Complex Networks," *Proceedings of 2014 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT-14)*, IEEE Computer Society Press, Warsaw, Poland, Aug. 11-14, 2014. (採録決定済み) 査読有

Toshiharu Sugawara, "Emergence of Conventions in Conflict Situations in Complex Agent Network Environments," *Proceedings of the 13th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS2014)*, pp. 1459-1460, Paris, France, May 5 - 9, 2014. 査読有

URL:<http://aamas2014.lip6.fr/proceedings/aamas/p1459.pdf>

Chihiro Kato and Toshiharu Sugawara, "Decentralized Area Partitioning for a Cooperative Cleaning Task," *Proceedings of the 16th International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA-2013)*, pp. 470-477, Dunedin, New Zealand, Dec. 3-6, 2013. 査読有

DOI: 10.1007/978-3-642-44927-7_36

Yuki Hirahara, Fujio Toriumi, and Toshiharu Sugawara, "Evolution of Cooperation in Meta-rewards Games on Networks of WS and BA models," *Proceedings of DOCMAS 2013* (held in conjunction with the 2013 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT-13)), IEEE Computer Society Press, Atlanta, USA, Nov. 17-20, 2013. 査読有

DOI: [10.1109/WI-IAT.2013.165](https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2013.165)

Yuta Kazato, Kensuke Fukuda and Toshiharu Sugawara, "Towards classification of DNS erroneous queries," *Proceedings of the Asian Internet Engineering Conference 2013 (AINTEC2013)*, pp. 25-32, Chiang Mai, Thailand, Nov. 13-15, 2013. 査読有

DOI: [10.1145/2534142.2534146](https://doi.org/10.1145/2534142.2534146)

平原悠喜, 鳥海不二夫, 菅原俊治, "WS モデル・BA モデルのネットワーク上でのメタ報酬ゲームにおける協調の進化," エージェント合同シンポジウム (JAWS2013) 予稿集, 日本ソフトウェア科学会、電子情報通信学会、人工知能学会、情報処理学会共催, 南紀白浜, Sep. 17 - 20, 2013. 査読有

Toshiharu Sugawara, "Task Allocation Strategy Based on Variances in Bids for Large-Scale Multi-Agent Systems" *Proceedings of the 9th International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (IFIP AIAI 2013)*, IFIP Advances in Information and Communication Technology Series, Vol. 412, pp. 110-120, Springer, Sep. 30 - Oct. 2, 2013. 査読有 DOI: [10.1007/978-3-642-41142-7_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41142-7_12)

Masashi Hayano, Dai Hamada and Toshiharu Sugawara, "Role and Member Selection in Team Formation Using Resource Estimation," *Proceedings of the 7th International KES Conference on Agents and Multi-agent Systems - Technologies and Applications (KES-AMSTA 2013)* (published as *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Vol. 252), pp. 125-136, IOS Press, May 27-29, 2013. 査読有

DOI: [10.3233/978-1-61499-254-7-125](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-254-7-125)

Kazuki Urakawa and Toshiharu Sugawara, "Reorganization of Agent Networks with Reinforcement Learning based on Communication Delay," *Proceedings of 2012 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT-12)*, pp. 324-331, IEEE Computer Society Press, Macau, Dec. 4-7, 2012. 査読有

DOI: [10.1109/WI-IAT.2012.105](https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2012.105)

Dai Hamada and Toshiharu Sugawara, "Two-Sided Parameter Learning of Role Selections for Efficient Team Formation," *Proceedings of the 15th International Conference on Principles and Practice of*

Multi-Agent Systems (PRIMA-2012), LNCS (LNAI) 7455, pp. 122-136, Kuching, Malaysia, 9 月, 2012. 査読有

DOI: [10.1007/978-3-642-32729-2_9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32729-2_9)

上野祐輝, 菅原俊治, "エージェントの複数系統集団における言語の相互世代学習とその特徴," *情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用 (TOM)*, 情報処理学会, Vol. 5, No. 3, pp. 32-40, 9 月, 2012. 査読有 URL: https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_it

Dai Hamada and Toshiharu Sugawara, "Deciding Roles for Efficient Team Formation by Parameter Learning," *Proceedings of the 6th International KES Conference on Agents and Multi-agent Systems - Technologies and Applications (KES-AMSTA 2012)*, LNCS 7327, pp. 544-553, Dubrovnik, Croatia, June 25-27, 2012. 査読有

DOI: [10.1007/978-3-642-30947-2_59](https://doi.org/10.1007/978-3-642-30947-2_59)

Ryota Katayanagi and Toshiharu Sugawara, "Efficient Team Formation based on Learning and Reorganization and Influence of Communication Delay," *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT-2011)*, pp. 563-570, Pafos, Cyprus, Aug.31-Sep.2, 2011. 査読有

DOI: [10.1109/CIT.2011.18](https://doi.org/10.1109/CIT.2011.18)

萬屋賢人, 菅原俊治, "渋滞緩和エージェントモデルによる渋滞緩和の提案と評価," *情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用 (TOM)*, Vol. 4, No. 4, pp. 1-9, 情報処理学会, 2011. 査読有

URL: https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=79184&item_no=1&page_id=13&block_id=8

Toshiharu Sugawara, "Emergence and Stability of Social Conventions in Conflict Situations," *Proceedings of the 22nd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-11)*, pp. 371-378, Barcelona, Spain, July 16 - 22, 2011. 査読有

DOI: [10.5591/978-1-57735-516-8/IJCAI11-071](https://doi.org/10.5591/978-1-57735-516-8/IJCAI11-071)

Toshiharu Sugawara, "Emergence of Norms for Social Efficiency in Partially Iterative Non-Coordinated Games," *Proceedings of the 10th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS2011)*, pp. 1193-1194, Taipei, Taiwan, May 2 - 6, 2011. 査読有

URL: <http://www.ifaamas.org/Proceedings/aamas2011/papers/B26.pdf>

〔学会発表〕(計 14 件)

洪澤亮介, 菅原俊治, "コミュニティの影響力を考慮した拡張型 Collective Learning によるスモールワールドネットワーク上のノルムの収束について," 社会システムと情報技術研究ウィーク (社会における AI 研究会, 人工知能学会), ニセコ甘露の森, Mar. 2-5, 2014.

宮下裕貴, 菅原俊治, "報酬推定と信頼度を考慮したエージェントシステムのグループ編成について," 社会システムと情報技術研究ウィーク (人工知能と知識処理研究会, 電子情報通信学会), ニセコ甘露の森, Mar. 2-5, 2014.

Xue Zhang and Toshiharu Sugawara, "Efficient Channel Division and Information Sharing Using Reinforcement Learning for Cooperative Multi-agent Systems," 人工知能と知識処理研究会技術研究報告, 信学技報, AI2013-21, pp. 13-18, 電子情報通信学会, 九州大学, Nov. 28-29, 2013

早野真史, 菅原俊治, "大規模な環境におけるリソースの同定学習とチーム編成の効率化について," 人工知能と知識処理研究会技術研究報告, 信学技報, AI2013-20, pp. 7-12, 電子情報通信学会, 九州大学, Nov. 28-29, 2013

平原悠喜, 鳥海不二夫, 菅原俊治, "スモールワールドモデルのソーシャルメディアにおける協調の進化," FIT2013 予稿集, 電子情報通信学会/情報処理学会, 鳥取大学, Sep. 4-6, 2013.

坂本裕紀, 菅原俊治, "家庭におけるスマートメーターを活用した電力需要学習に基づく売買取引手法の提案" 人工知能と知識処理研究会技術研究報告, 信学技報, Vol. 113, No. 113, AI2013-2, pp. 7-12, 電子情報通信学会, 早稲田大学, July 4, 2013.

加藤千紘, 米田圭佑, 菅原俊治, "バッテリー制限付きマルチロボットによる継続的な巡回清掃のための領域分割法の提案," 社会システムと情報技術研究ウィーク (知識ベースシステム研究会, 人工知能学会), ルスツリゾート, Mar. 10-13, 2013.

米田圭佑, 加藤千紘, 菅原俊治, "マルチロボット巡回清掃における強化学習を用いた行動計画法の提案と評価," 第 87 回情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会, 武雄市民会館, Feb. 27-28, 2013.

坂本裕紀, 菅原俊治, "家庭におけるスマートメーターを活用した電力制御・売買手法の提案," 情報処理学会全国大会, 5S-8, 東北大学, Mar. 6-8, 2013.

浦川一紀, 菅原俊治, "遅延観測に基づいた階層型組織の再編成手法とその評価," 社会システムと情報技術研究ウィーク, (人工知能と知識処理研究会技術研究報告), 信学技報, Vol. 111, No. 474, pp. 13-18, 電子情報通信学会, 定山溪, March 11-13, 2012.

上野祐輝, 菅原俊治, "幼児エージェントモデル集団における世代学習とその特徴," 第 87 回情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会, Vol.2012-MPS-87, No.22, 指宿市民会館, March 1-2, 2012.

佐藤大樹, 菅原俊治, "強化学習を用いたチーム編成の効率化モデルの提案と環境変化に対する評価," 情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会, Vol. 2011-MPS-85, No. 28, 室蘭工業大学, Sep. 15-16, 2011.

菅原俊治, "マルチエージェントシステムにおける効率的な競合解消のための社会的慣習の獲得学習の一実験", 第 7 回ネットワークが創発する知能研究会 (JWEIN'11) 第 52 回数理社会学会 (JAMS52) 合同大会, 松本, Sept. 5-7, 2011.
上野祐輝, 菅原俊治, "幼児期の学習モデルを利用した語彙の獲得と世代学習の効果と特徴," 第 25 回人工知能学会全国大会 (JSAI2011), 1G1-4, いわて県民情報交流センター, 盛岡, June. 1-3, 2011.

〔図書〕(計 1 件)

Iyad Rahwan, Wayne Wobcke, Sandip Sen and Toshiharu Sugawara (Eds.), *PRIMA 2012: Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, LNCS/LNAI 7455, Springer, September, 2012.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅原 俊治 (SUGAWARA TOSHIHARU)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号 : 70396133

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

栗原 聡 (KURIHARA SATOSHI)
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授
研究者番号 : 30397658

廣津 登志夫 (HIROTSU TOSHIO)

法政大学・情報科学部・教授
研究者番号 : 10378268

福田 健介 (FUKUDA KENSUKE)

国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・准教授
研究者番号 : 90435503