

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 25日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300056

研究課題名（和文） 超多数マルチエージェントシステムの能力を引出す交渉プロトコル・戦略の研究

研究課題名（英文）

On negotiation protocol/strategy exerting capabilities in large-scale multi-agent systems.

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

研究成果の概要（和文）：

本研究では、交渉プロトコル、特に契約ネットや市場モデルをベースとしたタスク割当て問題を題材に、大規模なマルチエージェントシステムにおける効果的なタスク割当て手法を提案・評価した。市場や入札をベースとした割当てでは、特に大規模になると特定の「良い」タスクに集中し、その結果全体としての効率が下がる傾向がある。しかし、この状況は全体の負荷度合いに依存し、効率が下がる時と上がる時がある。ここでは、phantom taskを導入し、それにより近隣の負荷度合いを推測しながら、適切な選択・落札戦略を決定する方式を提案した。

研究成果の概要（英文）：

We proposed the negotiation method, especially the effective task assignment method, in large-scale autonomous multi-agent systems based on contract net protocol and market-based allocation. In task assignment by the market- and bid-based approaches, agents will concentrate on a few specific "good" tasks for their selections. Thus, if the systems are large, the system's efficiency often falls as a result. However, this performance degrade highly depends to the degree of the system's workload. We introduced the concept of phantom tasks that are used to estimate the local workloads, and proposed the method in which agents decide their allocation strategy depending on the estimated workload.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2012年度	2,200,000	660,000	2,860,000
年度			
年度			
総計	6,600,000	1,980,000	8,580,000

研究分野：総合領域

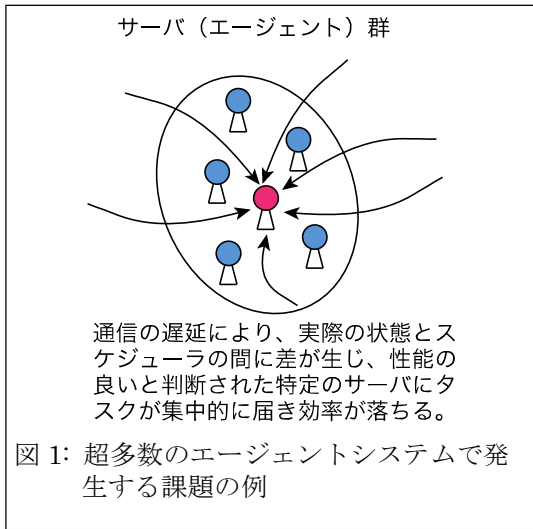
科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：マルチエージェントシステム、負荷分散、契約ネットプロトコル、学習、大規模分散システム、分散処理

1. 研究開始当初の背景

現在、インターネットのような開放環境で多数のプログラム（エージェント）が協

力や何らかの相互作用をしながらサービスを実現するアプリケーションが増えてきている。たとえば、自動取引（電子商取引、サブ



ライチェーン管理など)やグリッドコンピューティング、クラウドコンピューティングなどがある。今後、このような相互に連携するシステムとその応用は増加すると考えられる。しかし、超多数のプログラムが相互に干渉しあう状況で、そのシステムの性質や効率化手法については十分に解明されていない(図1参照)。全体の能力を引き出すには、計算機の性能やプログラムの特徴を考慮し、適切にタスクを割り当てる新技術が必要である。

一方、マルチエージェントシステム分野では、適切なエージェントにタスクを割り当てる交渉プロトコルの研究が重要テーマの一つである。たとえば、契約ネットワーク(以下、契約ネットと略す)は、長く研究され、また多くのシステムで活用されている。契約ネットとは、(a) マネージャ・エージェントがタスクを広報する、(b) 広報を受けた契約者エージェントはそのタスクを適切な条件とともに入札する、(c) マネージャ・エージェントが、最適な入札者を選択しタスクを依頼する、というプロトコルであり、市場モデルに近く直感的にも理解しやすい。さらに情報経済学とも結びついたオークションプロトコルも提案されている。

これらの応用として、交通システムのスケジューリング(TRACONET[1]など)、MITで開発された Federated system[2]である Medusa、Calana 市場と呼ばれるグリッドシステムのスケジューリング方式 [3]などがある。他の広域分散システムのスケジューラにおいても、オークションや契約ベースのプロトコルを採用したものも多い。計算機の能力が個々に異なり、求めるタスクも多様でその発生も変化するオープンな環境で効果的な割当を目指すには自然な流れと考える。エージェントは、このような研究背景のもと、プログラムやシステムのメタフ

アーとして、現在のネットワークを中心とした自律分散システムの概念と相性がよく、そのモデルの抽象度の高さから、潜在的に幅広い応用が期待される。交渉プロトコルもその中であって、タスクや資源の割当てを抽象的に表現したものである。

これまでの広域分散システムの研究では、タスクのコストや各計算機の能力をある程度既知とし、各計算機は予め設定されたスケジューラの制御下にあるとして研究を進めている。しかし、開放環境で、しかも多数のエージェントで構成されるシステムにおいて、このような情報や構成を仮定できるとは限らない。さらに、広域分散システムでは、関連するエージェント数が増加するにつれて、些細な通信遅延が全体の効率に大きく影響することが事前研究で分かってきた。大規模なマルチエージェントで発生するこれらの課題や、その解決に必要なシステムの特性についても、これまでの国内外の研究を考慮しても十分に解明されていない。

2. 研究の目的

超多数(数千から一万以上)のエージェントが相互干渉するマルチエージェントシステムにおいて、各エージェントが自律的に判断・動作しながらも適切な相手にタスクを割当て、結果として計算機資源の潜在能力を十分に引出し、全体の効率を向上させる交渉プロトコル戦略を提案することが本研究の目的である。

これまでの研究で、タスクの形式を単純化した上で、多数のエージェントが相互に干渉する場合の効率特性を調べてきた。この研究から以下の知見が得られている。

- (1) 最終的にタスクを割り当てる際に、最適なエージェントだけを選択していても効率化は実現できない。割当ての決定に適度な揺らぎを導入すると、全体の効率をかなり向上できる。
- (2) 効率をもたらす適切な揺らぎの度合いは、近隣のエージェントの負荷に大きく依存する。さらに本結果を利用し、交渉プロトコルに入札値から周辺状況を判断して割当て戦略を決定する方法を導入し、格段に効率を向上できた。

しかし、実応用では、タスクは複雑であり、しかも多様なものが時間的変化とともに現れる。エージェントの能力も機器の更新などにより変化する可能性がある。そのために、一般的な状況でも同様の効果が得られるように、プロトコルの提案・改変をする必要がある。

そこで本研究では、より一般的なタスクとその出現モデルを採用し、それに基づくシミュレーション環境の作成と、系の能

力を引出す戦略を考案する。

3. 研究の方法

本研究提案で想定する環境は、多様なタスクが現れること、時間とともにその出現の種類、場所ともに変動すること、処理を行うエージェントの能力も変化する可能性があること、など実世界のアプリケーションを考慮している。このような環境でも、それぞれに最適な交渉戦略は存在する。したがって、システム全体の能力を引き出すには、各エージェントが周囲の状況を自ら把握し、それに合わせた最適交渉戦略を自律的に選択する能力が必要である。その実現のために、特に以下に焦点をあてた。

- (a) エージェントによる周囲の状況判断：適切な交渉プロトコルや割当て戦略を選択するために、周囲の状況、特に、負荷とその分布の状態を許容できる範囲で正確に推測する手法を考案しなくてはならない。
- (b) 交渉戦略の効果：交渉戦略、特にタスクの割当て戦略(落札戦略)がもたらす効果を調査し、各状況における最適戦略を解明する。(a)と合わせて効率向上の基礎となる。
- (c) 変化の認知：得られた交渉戦略が変動環境でも十分な効果が得られるように、シミュレーションに多様な状況を導入し、提案戦略への影響と効果を検証する。たとえば、(i) 負荷の急激な変動への追従性、(ii) タスク発生の局所性への適応性、(iii) 戦略に従わないエージェントの存在、などが考えられる。
- (d) エージェント間のネットワーク構造と交渉戦略がもたらす効率化の解明：ネットワークの構造は、委託できるエージェントの数、広報距離と遅延のトレードオフに依存し、全体効率に大きな影響を与える。ネットワークの特徴量と効率の関係を探る必要がある。これらの項目を順に、年次ごとに進める。

4. 研究成果

平成22年度は、多数のエージェントが存在し相互に影響し合う環境で、複数のサブタスクから構成されるタスクを対象とした契約ネットの効率特性や各種統計量の特徴抽出を試みた(研究の方法(a)(b)に対応)。このために、シミュレーション環境の構築と、様々な変動する環境において、各エージェントの局所的観点から、周囲が如何に観測できるかの調査を目的とした。

この目的のために、Javaによるシミュレーション環境を構築した。本期においては実験に必要な部分として、構造を持つタスクを扱える契約ネットのシミュレーション環境

の構築を目標とし、実装を進めた。この環境をベースに、構造を持つ場合について、状況ごとの効率特性を調査した。またこの調査の結果に基づいて、逆に戦略を変更することで効率が上がることを確認した。これにより、適切な交渉プロトコルや割当て戦略を選択するために、周囲の状況、特に、負荷とその分布の状態を許容できる範囲で正確に推測できる可能性を示すことができた。また、これらの結果を国際会議および論文として投稿、発表を行った。

平成23年度は、平成22年度および基礎検討段階で提案したphantom taskを利用して、周囲の状況を推定して適切なエージェントにタスクを割り当てる研究を進めた(研究の方法(a)(b)(d)に相当)。このためのシミュレーション環境を修正し、追加作成した。また合わせて、組織構造として階層構造を導入し、これに学習を加えることで効率的な割り当てが可能になることを示した。さらに、エージェントに割り当てられたタスクに対する報酬を学習させ、チーム編成に対する役割を自律的に学習させることで、効率化が可能なことを示唆した。

Phantom taskとは、実際にタスクの実態はないが、それが存在するとしてエージェントに割り当てのメッセージを送り、入札を得るものである。その入札状況を解析することで、周囲のエージェントの状態を推定する。実際に処理すべきタスクはないので、特に大きな負荷は発生しない(若干の通信コストがかかるが、現状の高速ネットワーク環境では軽微なものと考えられる)。この評価のためのシミュレーション環境については、実装をほぼ終え実験を部分的に開始し始めた。

エージェント間に構造(エージェントネットワーク)を導入し、割り当て学習と共に構造の変更を行い、全体として効率化をねらった。これまで学習を行い割り当てに適切なエージェントを同定する手法は提案されていた。しかし、大規模なマルチエージェントシステムでは、ここの独立した学習が行き過ぎ、タスクの集中が起こり結果として全体のリソースを有効利用できないという課題があった。本研究では、エージェントネットワークを合わせて変えることで、集中にも対応できる構造と変化させた。またこのほかに、自己の役割を学習させる手法も導入した。

平成24年度は、本研究で提案してきたphantom taskを活用した周囲の状況の推定法を柔軟化し、これまで特定のサイズ(仕事量)を仮定していたタスクだけでなく、広く使えるように拡張し(研究の方法(c))、さらにタスクの割当てを通してネットワークを構成していることを確認した(研究の方法(d))。この提案手法を、作成したシミュレーションを活用して評価を行い、既存より(状況によるが、

平均して)15%程度の性能向上が得られることを確認した。また組織構造として階層構造を導入し、これに学習と再編を行わせる手法を、昨年度の結果に加え、評価を行った。これとは逆に、昨年度提案した「エージェントに割り当てられたタスクに対する報酬を学習させ、チーム編成に対する役割を自律的に選択させる手法」という役割学習について、エージェントの能力(リソース)を既知とせず、学習を並行指せる手法として拡張した。本期で特に重要な知見は、最後の役割学習をより詳しく分析し、この学習過程を通じて自律的な組織化(グループ化)が発生していることを確認したことである。これは、特に構造を持たない様なエージェント間のつながり経験を通して重み(繋がり)の強さを学習させることで、システム全体の効率化を実現できることが分かった。これは、特に大規模なマルチエージェントシステムにおいて発生する過学習の弊害や集中化を防ぐだけでなく、メッセージや判断処理に必要な時間を格段に減らしながらも、かなりの効率を得られる可能性があり、重要な示唆となった。

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 27 件)

- ① 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, LNCS, Vietnam, 2013. (採択決定済み、査読有)
- ② Yoshiki Kanda, Romain Fontugne, Kensuke Fukuda and Toshiharu Sugawara, "ADMIRE: Anomaly Detection Method Using Entropy-based PCA with Three-step Sketches," Computer Communications, Vol. 36, Issue 5, pp. 575-588, Elsevier B. V., March 1, 2013. (査読有)
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366412003994>
- ③ 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)
<http://dx.doi.org/10.1109/WI-IAT.2012.105>
- ④ 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)
- ⑤ 浦川一紀, 菅原俊治, "階層型組織の再編成手法によるチーム編成の効率化とその評価," エージェント合同シンポジウム (JAWS2012) 論文集, 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, つま恋, Oct. 24 - 26, 2012. (査読有)
- ⑥ Junya Nakase, Koichi Moriyama, Kiyoshi Kiyokawa, Masayuki Numao, Mayumi Oyama, and Satoshi Kurihara, "Effective awaking interaction learning system that uses vital sensing," Proceedings of IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), PP. 104-108, 2013. (査読有)
- ⑦ Takashi Shirai, Yujiro Konaka, Junji Yano, Shigeki Nishimura, Koji Kagawa, Tetsuya Morita, Masayuki Numao and Satoshi Kurihara, "Multi-agent traffic light control framework based on direct and indirect coordination," Proceedings of 7th International Workshop on Agents in Traffic and Transportation, pp. 1-9, 2012. (査読有)
- ⑧ 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," 情報処理学会論文誌:数理モデル化と応用 (TOM), 情報処理学会, Vol. 5, No. 1, pp. 40-49, March, 2012. (査読有)
http://www.bookpark.ne.jp/cm/ipsj/select_tr ans3.asp?category2=TOM&vol=5&no=1&c ode=
- ⑨ 栗原聡, 福田健介, 菅原俊治, "センサー情報からの系列パターンマイニング," 人工知能学会誌, Vol. 27, No. 2, pp. 112 - 119, 2012. (査読有)
- ⑩ 渡辺友太, 栗原聡, 菅原俊治, "段階的推定モデルによるセンサネットワークのトポロジー推定," 情報処理学会論文誌:数理モデル化と応用 (TOM), Vol. 4, No. 4, pp. 37-48, 情報処理学会, 2011. (査読有)
<http://www.bookpark.ne.jp/cm/ipsj/search.a sp?flag=6&keyword=IPSJ-TOM0404005& mode=PDF>
- ⑪ Kensuke Takahashi, Toshio Hirotsu and Toshiharu Sugawara, "Adaptive Routing Point Control in Virtualized Local Area Networks Using Particle Swarm

- Optimizations," Proceedings of the 23rd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2011), pp. 352-360, Boca Raton, FL, USA, Nov. 7-9, 2011. (査読有)
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=6103349
- ⑫ 浜田大, 菅原俊治, "報酬に基づく強化学習を用いたチーム編成手法の提案と評価," FIT2011 予稿集 (査読付き), RF-10, 電子情報通信学会/情報処理学会, 函館大学, Sep. 7-9, 2011. (査読有)
- ⑬ R. Legaspi, D. Sodkomkham, K. Maruo, K. Fukui, K. Moriyama, S. Kurihara and M. Numao, "Time-Interval Clustering in Sequence Pattern Recognition as Tool for Behavior Modeling," Proceedings of International Workshop on Computation: Theory and Practice, online, 2011. (査読有)
- ⑭ 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)
[10.1109/CIT.2011.18](http://dx.doi.org/10.1109/CIT.2011.18)
- ⑮ 大榎啓太, 菅原俊治, "劇場における座席入札・割り当て戦略と各種利得への影響," エージェント合同シンポジウム (JAWS2011)論文集, 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, 熱海, Oct. 26 - 28, 2011. (査読有)
- ⑯ 浜田大, 菅原俊治, "報酬割当の学習に基づくチーム編成の効率化," エージェント合同シンポジウム (JAWS2011)論文集, 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, 熱海, Oct. 26 - 28, 2011. (査読有)
- ⑰ Koichi Moriyama, Satoshi Kurihara, Masayuki Numao, "Evolving Subjective Utilities: Prisoner's Dilemma Game Examples," Proceedings of the 10th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS2011), pp. 233-240, 2011. (査読有)
- ⑱ 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)
- ⑲ 高橋謙輔, 阿部洋丈, 廣津登志夫, 菅原俊治, "離散 PSO を用いた分散仮想ルータのための動的中継点制御," 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 1, pp. 25-33, Jan., 2011. (査読有)
http://www.jstage.jst.go.jp/article/tjsai/26/1/26_25/article/-char/ja/
- ⑳ 片柳亮太, 菅原俊治, "リンクの動的生成を用いたチーム編成の効率化の提案と評価," 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 1, pp. 76-85, Jan., 2011. (査読有)
http://www.jstage.jst.go.jp/article/tjsai/26/1/26_76/article/-char/ja/
- ㉑ Toshiharu Sugawara, Kensuke Fukuda, Toshio Hirotsu and Satoshi Kurihara, "Effect of Alternative Distributed Task Allocation Strategy Based on Local Observations in Contract Net Protocol," Proceedings of the 13th international conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA 2010), pp. 144-151, Kolkata, India, Nov. 12 - 15, 2010. (査読有)
- ㉒ Yuta Watanabe, Satoshi Kurihara and Toshiharu Sugawara, "Sensor Network Topology Estimation Using Time-Series Data from Infrared Human Presence Sensors," Proceedings of the 9th Annual IEEE Conference on Sensors (SENSORS 2010), pp. 664-667, Waikoloa, Hawaii, USA, Nov. 1-4, 2010. (査読有)
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?asf_arn=null&asf_iid=null&asf_pun=5678851&asf_in=null&asf_rpp=null&asf_iv=null&asf_sp=null&asf_pn=16
- ㉓ Toshiharu Sugawara, Kensuke Fukuda, Toshio Hirotsu, Shin-ya Sato, Osamu Akashi and Satoshi Kurihara, "Fluctuated Peer Selection Policy and its Performance in Large-Scale Multi-agent Systems," International Journal of Web Intelligence and Agent Systems, Vol.8, No.3, pp. 255-268, 2010. (査読有)
- ㉔ Toshiharu Sugawara, Kensuke Fukuda, Toshio Hirotsu and Satoshi Kurihara, "Adaptive Probabilistic Task Allocation in Large-Scale Multi-Agent Systems and its Evaluation," Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference 2010 (GECCO 2010), pp. 1311-1332, ACM, Portland, Oregon, July 7-11, 2010. (査読有)
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1830483.1830718&coll=DL&dl=GUIDE&CFID=21720564&CFTOKEN=30537901>
- ㉕ 速水雄太郎, 菅原俊治, "同期とグラフを用いたクラスタリング手法の提案と評価," 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.

J93-D, No.7, pp. 1226-1235, 電子情報通信学会, 1 July, 2010. (査読有)

http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j93-d_7_1226&category=D&year=2010&lang=J&abst=

- ②⑥ Toshiharu Sugawara, Kensuke Fukuda, Toshio Hirotsu and Satoshi Kurihara, "Effect of Probabilistic Task Allocation Based on Statistical Analysis of Bid Values," Proceedings of 9th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS2010), pp. 1603-1604, IFAAMAS, Toronto, Canada, May 10 - 14, 2010. (査読有)
- <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1838206.1838502&coll=DL&dl=GUIDE&CFID=21720564&CFTOKEN=30537901>
- ②⑦ 片柳 亮太, 菅原 俊治, "通信遅延を考慮する強化学習を用いたチーム編成の効率化手法の提案と評価," エージェント合同シンポジウム (JAWS2010) 論文集, 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, 富良野, Oct. 27 - 29, 2010. (査読有)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 早野真史, 浜田大, 菅原俊治, "リソース推定方法と役割学習を組み合わせたチーム編成の効率化について," 知能システム研究会 予稿集 ICS, Vol.2013-ICS-170, No.11, 情報処理学会社会システムと情報技術研究ウィーク, ルスツリゾート, Mar. 10-13, 2013.
- ② 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.
- ③ 風戸雄太, 福田健介, 菅原俊治, "DNS クエリのクラスタリングによるクエリパターンの異常検出," 情報処理学会全国大会, 3Z-1, 東北大学, Mar. 6-8, 2013.
- ④ 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.
- ⑤ 大榎啓太, 菅原俊治, "劇場における座席入札・割り当て戦略とその影響" 日本ソフトウェア科学会全国大会予稿集, 7E-1, 那覇, Sep 27-29, 2011.
- ⑥ 浜田大, 菅原俊治, "報酬配分に基づく強化学習を用いた効率的なチーム編成手法の提案," 第 25 回人工知能学会全国大会 (JSAI2011), 1F3-3, いわて県民情報交流センター, 盛岡, June. 1-3, 2011.

[図書] (計 1 件)

- ① 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

栗原 聡 (KURIHARA SATOSHI)
大阪大学・産業科学研究所・准教授
研究者番号: 30397658

(3) 連携研究者

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