

機関番号：12601

研究種目：特定領域研究

研究期間：平成 17 年度～平成 21 年度

課題番号：17075005

研究課題名（和文）フェロモン行動を行う昆虫の社会性発現機構の構成論的理解

研究課題名（英文）Constructive Approach to the Understanding of Social Behavior of Insects with pheromone

研究代表者

太田 順 (OTA, Jun)

東京大学・人工物工学研究センター・教授

研究者番号：50233127

研究成果の概要（和文）：動的モデリング技術に基づく生物の社会的適応行動解明を目指して、コオロギの喧嘩行動と集団との関係について解析を行っている。コオロギに関する様々な階層のコオロギのモデリング手法について述べ、その妥当性について議論した。結果として、さまざまな階層におけるコオロギの動的モデルを構築し、シミュレーション等で評価を行った。喧嘩行動を行うコオロギの内部構造について仮説的知見を与えることができた。

研究成果の概要（英文）：Individual interaction among crickets was simulated by constructing an artificial cricket model. Using simulations of artificial cricket models with multi-layers, we investigated the principle mechanism underlying social interaction. Cricket models are created with various layers. Simulation results indicate the effectiveness of the proposed models. Future studies will deal with thorough collaboration with biological studies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 17 年度	25,200,000	0	25,200,000
平成 18 年度	25,900,000	0	25,900,000
平成 19 年度	25,900,000	0	25,900,000
平成 20 年度	30,299,780	0	30,299,780
平成 21 年度	18,000,000	0	18,000,000
総計	125,299,780	0	125,299,780

研究分野：工学／総合領域

科研費の分科・細目：電気電子工学・システム工学／情報学・生体生命情報学

キーワード：移動知、コオロギ、群行動、自己組織化、数理モデル、微分方程式

1. 研究開始当初の背景

自然界における生物は、程度の差こそあれ他個体との相互作用により社会を形成し、協調・競合しながら生存している。これを個体の視点から眺めた場合、複雑かつ多様な環境において適応的に振るまえる機能を有してい

ると言える。このような社会性や適応性を生み出しているメカニズムを解明することは非常に重要である。

ここでは、生物の社会性を以下の視点からとらえる。(a) 他者との相互作用による経験に基づき自身の振るまい（行動パターン）を変

更できる機能（これをここでは社会性と考える）を有する個体が存在する。(b)複数の個体が共通の場に存在することで相互作用が生じ、各個体が経験を積むことより振るまいパターンが異なってくる。(c) その結果、個体群としての大域的秩序が形成される。

上記問題の解明のためには、個体自身の構造ならびに振るまいができるだけ単純である方が望ましいとの立場をとる。そのためここでは昆虫に注目する。これは、人間の神経細胞が約1000億個存在するのに対して昆虫の神経細胞がおよそ100万個程度であり、行動とその基盤となる神経活動を関連づけて議論しやすいからである。昆虫の社会性については、たとえば社会性昆虫と呼ばれるアリやミツバチが、社会的階層を備えており、個体間で分業し、それぞれの個体の協力によって種を維持する社会を構成していることは有名である。また、コオロギ[1]やカイコガ[2]などは、雄が雌を獲得するためにフェロモンを用いて他個体と相互作用し、社会を構成している。

2. 研究の目的

オスクロコオロギの喧嘩行動を題材として、相互作用するコオロギ集団のモデル化および解析を行う。これより、生物の社会適応行動の基盤を明らかにすることを目指す。ここでは、動的モデリング技術を用いたアプローチにより、コオロギ群の相互作用を、神経生理レベルから行動レベル、群挙動レベルまで一貫して議論し、それらの機構の解明を目指している。

3. 研究の方法

具体的な実験方法を以下に示す。

- (1) 3~4日隔離したコオロギを、実験容器に仕切り板を隔ててそれぞれ1匹ずつ入れ、15 (min) 放置し、コオロギを落ち着かせる。
- (2) 仕切り板をはずし、一回目の接触をさせ

る。

- (3) 喧嘩の勝敗がつき、さらに30 (s) 経過した後に仕切り板をおろし、再び15 (min) 隔離する。ここで、喧嘩行動を示さず、回避行動を示したペアは次の実験には使用しない。
- (4) 負けた方の個体はそのままにし、勝った方の個体を実験容器ごと(a)一回目に対戦した優位なコオロギ (Familiar dominant), (b) 未対戦の優位なコオロギ (Unfamiliar dominant), (c) 喧嘩経験のないコオロギ (Naïve), (d) 未対戦の劣位なコオロギ (Subordinate) が入った容器と交換し、対戦相手を代え二回目の接触をさせる。

この実験で、一度負けた個体が対戦相手に応じて行動に違いが生じるかを調べる。

4. 研究成果

4.1 行動実験

4.1 1回目の接触

個体が生じた行動のうち、75%のペアが喧嘩行動を示したが、21%の個体は回避行動を示した。また、残りの4%のペアは5 (min) 経過しても接触せず、反応を示さなかった。

2回目の接触

一回目の接触時に負けた個体が、対戦相手を変えたときに示した行動を Fig. 3 に示す。

(a) vs. Familiar dominant (N=17)

82%のペアは一回目に負けた個体が、即座に回避行動を示し、対戦相手は、回避した個体を追いかけてまわす威嚇行動を示した。また12%のペアは再び喧嘩行動を示した。残りの6%のペアは5 (min) 経過しても接触せず、反応を示さなかった。

(b) vs. Unfamiliar dominant (N=22)

59%のペアは一回目に負けた個体が、即座に回避行動を示し、対戦相手は、回

避した個体を追いかけてまわす威嚇行動を示した。また 27%のペアは再び喧嘩行動を示した。残りの 14%のペアは 5 (min) 経過しても接触せず、反応を示さなかった。

(c) vs. Naïve (N=10)

80%のペアは一回目に負けた個体が、即座に回避行動を示し、対戦相手は、回避した個体を追いかけてまわす威嚇行動を示した。また残りの 20%のペアは再び喧嘩行動を示した。

(d) vs. Subordinate (N=14)

86%のペアは先に他個体の存在に気づいた個体が先に回避行動を示した。このとき、このペアは喧嘩行動は行わなかったが、残った個体は逃げた個体を追いかけて、威嚇行動を示した。残りの 14%のペアは再び喧嘩行動を示した。

4.1.3 結果の考察

以前の対戦経験の違いで、行動が変化しているかどうか調べるために (a) vs. Familiar dominant と (b) vs. Unfamiliar dominant を比べると、行動に有意な差は見られなかった ($P=0.169$)。また、対戦相手の優位さの違いに応じて行動が変化しているかどうか調べるために、(b) vs. Unfamiliar dominant, (c) vs. Naïve, (d) vs. Subordinate を比べると、どの行動に対しても有意な差は見られなかった (b-c: $P=0.425$, b-d: $P=0.142$, c-d: $P=1.000$)。すなわちクロコオロギは、(i) 以前喧嘩で勝った相手・負けた相手の識別はしていない。また (ii) 対戦相手の優位さの識別もしていないことがわかった。すなわち、負けコオロギが他個体と接触し、喧嘩・回避行動の選択を行う際、他者情報を用いていないと解釈できる。

4.2 クロコオロギの神経整理モデル化

個体間相互作用を考慮にいれたモデルの

構築とともに、このモデルを用いて複数個体環境下での計算機実験を行った。個体間相互作用の影響を考慮にいれたモデルとして、具体的に感覚入力感受性の状態 S を式(1)のように設定した。

$$\frac{dS}{dt} = -\rho S + aA - bF_m \quad (S \geq 1.0) \quad (1)$$

ここで、 A は OA 量を示し、 F_m を接触による効果として、ステップ上の入力が 15 秒程度持続するように設定した。また、各係数パラメータは、生物学実験において、15 分おきに三回喧嘩行動を選択し、全てに勝ったコオロギの三回目の喧嘩後の OA 量を測ったデータに合わせて設定した。シミュレータ上において設定されたパラメータは、それぞれ $\rho=0.8, a=2.0, b=1.0$ とした。このときのコオロギエージェントの内部状態をモデル化できた。実験では高頻度で他者と接触することで、コオロギエージェントがどのような行動選択をする状態になるか調べた。接触頻度は高密度環境を再現した時のコオロギの接触回数を参考に 15 秒間隔に 50 回連続で他者と接触する状態とした。

また、上記の条件で $\text{time}=300$ より接触させた。構築したモデルにより、コオロギエージェントは 1 度目の喧嘩以降、接触頻度が高いことから触角からの感覚入力感受性が下がり、喧嘩行動を選択しない。再び喧嘩行動を選択出来る状態になったのは、他者との接触がなくなった直後からであった。この結果は、クロコオロギの行動観察で見られた密度による行動の変容という生物学的な現象の基礎となるものと捉えることができる。

つづいて群レベルの挙動変容について確認するために、4 個体のコオロギエージェントが存在する環境で 4000 [sec] 行い、アグレッシブな個体が何個体存在するか計数した。計算機実験の環境は人工コオロギの大きさを

考慮に入れ、実際の環境と条件が等しくなるように設定した。高密度、中密度、低密度は各環境の大きさはそれぞれ 100×75[pixel], 200×150[pixel], 400×300[pixel]とした。喧嘩行動を選択する条件は OA が 0.5 且つ, S が 1.0 より大きい値を取るときとした。また、接触による抑制効果を接触後から 30[sec]と設定している。なお、試行回数は各環境下で 50 回行った。

計算機実験の結果は高密度環境では全ての個体がアグレッシブな状態にならず、中密度環境では 0 もしくは 1 個体がアグレッシブになるという結果となった。また、低密度環境においては 1 個体あるいは 2 個体のコオロギがアグレッシブな状態となり、密度が低くなるにつれアグレッシブな個体が増えていくという生物学での知見を定性的に再現することを確認した。

この結果により、触角からの感覚入力感受性を導入したモデルは個体レベルで見せる行動の変容と群レベルで見せる行動の変容を同時に説明可能なモデルであることが確認できた。

4.3 生育環境の影響による成長のモデル化

脊椎・無脊椎動物の多くで、幼齢期の隔離などによる社会的経験の欠如が、将来的な攻撃性を過剰に発達させると報告されている。ヒトも例外ではなく昨今“キレル子ども”などとして注目されている。このような攻撃性発達の詳細な研究は数種の脊椎動物でのみ行われてきた。一方、無脊椎動物研究の利点は神経系がシンプルかつ個体差が少ないことであり、コオロギ研究によって攻撃性の種間共通の知見の解明が期待される。

さて、生物の攻撃性は主に餌・雌といった資源競争に必要である。つまり攻撃性の変化は、例えば、採餌競争の結果である体重の時間発展に写像されていると考えられる。そこ

で本研究は体重の成長に着目した。まず隔離の実験から相互作用すなわち喧嘩の無い成長関数を構築した。これは Logistic 関数によってよく表された。集団飼育の平均成長曲線を描くと、隔離との差が相互作用の効果が表れていることが分かる。

喧嘩は Bonabeau のモデルがよく研究されており、これを拡張して用いた。Bonabeau モデルは勝敗によって増減する強気度 h があり、この h が以後の勝敗に影響するモデルである。コオロギは喧嘩で勝つと一定時間次の喧嘩にも勝ちやすくなるため、妥当である。 h は勝つと“+1” 負けると“-F” され、勝ち負けの効果比が“1:F” となるよう F で調整できる。 h の減衰率、つまり忘却率は生物実験から算出した。また、生態学的知見から、強気度の高い個体ほど採餌効率が高くなるよう設定した。以上のモデルを用い、今回は勝ち負けの効果比“1:F” に関して定性的解析を行った。隔離と集団の母集団から同じだけ個体数を集めた実際の体重分布より、集団では体重分布の分散が大きく、平均が小さくなることが分る。一方“F=0.5” と“F=2” で計算を行った。この結果および方程式系の解析的研究から、生物の知見に合うのは $F > 1$ が必要であることが分かった。つまり、コオロギは勝ちよりも負けを重視するということが確認された。展望として、“1:F” の F を、ダイナミクスを持った関数にした上で、定量的評価を行うことが期待される。

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 6 件)

1. Masatoshi Ashikaga, Mika Kikuchi, Tetsutaro Hiraguchi, Midori Sakura, Hitoshi Aonuma and Jun Ota: Foraging Task of Multiple Mobile Robots in a Dynamic Environment Using Adaptive Behavior in

- Crickets, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 19, 4, 466/473 (2007).
2. K. Kawabata, T. Fujiki, Y. Ikemoto, H. Aonuma, and H. Asama: A Neuromodulation Model for Adaptive Behavior Selection by the Cricket-Nitric Oxide (NO)/Cyclic Guanosine MonoPhosphate (cGMP) Cascade Model-, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.19, No.4, pp.388-394 (2007).
 3. Y. Ikemoto, K. Kawabata, T. Miura, H. Asama: Mathematical Model of Proportion Control and Fluctuation Characteristic in Termote Caste Differentiation", *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.19, No.4, pp.429-435 (2007).
 4. Masatoshi Ashikaga, Midori Sakura, Mika Kikuchi, Tetsutaro Hiraguchi, Ryosuke Chiba, Hitoshi Aonuma, Jun Ota, Establishment of Social Status without Individual Discrimination in the Cricket, *Advanced Robotics*, 23, 5, 563/578 (2009).
 5. Y. Ikemoto, T. Miura, H. Asama: Adaptive Division-of-Labor Control Algorithm for Multi-Robot Systems, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.22, No.4, pp.514-525 (2010).
 6. Tatsuya Mizuno, Midori Sakura, Masatoshi Ashikaga, Hitoshi Aonuma, Ryosuke Chiba, and Jun Ota, Model of a Sensory-Behavioral Relation Mechanism for Aggressive Behaviors of Crickets, *Robotics and Autonomous Systems*, to appear.
- [学会発表] (計 36 件)
1. J. Ota, H. Asama, K. Kawabata, Behavioral modeling of crickets and multi-agent robot system design", *Proceedings of 1st International Symposium on Mobiligence: Emergence of Adaptive Motor Function through Interaction among the Body, Brain and Environment (Mobiligence'05)*, Sapporo, pp.67-70, December (2005).
 2. 足利 昌俊, 平口 鉄太郎, 佐倉 緑, 青沼 仁志, 太田 順: コオロギ集団における多樣的振るまいのモデル化, 第 18 回自律分散システム・シンポジウム資料, 189/194(2006).
 3. 足利 昌俊, 菊地 美香, 平口 鉄太郎, 佐倉 緑, 青沼 仁志, 太田 順: コオロギ群の喧嘩行動を用いた移動ロボット群の採餌行動, 第 12 回創発システム・シンポジウム講演資料集, 74/77 (2006).
 4. 平口 鉄太郎, 足利 昌俊, 佐倉 緑, 菊池 美香, 太田 順, 青沼 仁志: オスコオロギの集団における行動発現のモデル化, *日本動物学会第 77 回大会予稿集*, 107 (2006).
 5. 足利 昌俊, 菊池 美香, 平口 鉄太郎, 佐倉 緑, 青沼 仁志, 太田 順: コオロギ群の喧嘩行動を規範とした移動ロボット群の採餌行動, 第 16 回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, 17/22 (2006).
 6. 足利 昌俊, 平口 鉄太郎, 佐倉 緑, 菊池 美香, 青沼 仁志, 太田 順: コオロギ群の喧嘩行動をモデルとした動的環境下における移動ロボット群の採餌作業, *計測自動制御学会第 7 回システムインテグレーション部門学術講演会 2006(SI2006)講演論文集*, 876/877 (2006).
 7. 藤木 智久, 足利 昌俊, 川端邦明, 太田 順, 青沼 仁志, 淺間一: 適応的行動選択を実現する昆虫の神経回路モデルに関する研究—複数個体環境下における行動選択モデルの検証—, *計測自動制御学会第 7 回システムインテグレーション部門学術講演会 2006(SI2006)講演論文集*, 878/879 (2006).
 8. Hiraguchi, T., Ashikaga, M., Sakura, M., Kikuchi, M., Ota, J. and Aonuma, H.: Modeling of social interaction in the male crickets, *Zool. Sci.*, 23:12, 1203 (2006).
 9. Hitoshi Aonuma, Midori Sakura, Mika Kikuchi, Tetsutaro Hiraguchi, Masatoshi Ashikaga, Jun Ota, Kuniaki Kawabata, Tomohisa Fujiki, Yusuke Ikemoto and Hajime Asama, Social experience dependent behavior selection in the cricket - from neuroethological approaches to modeling -, *Proc. 2nd International Symposium on Mobiligence*, 16-19 (2007).
 10. Kuniaki Kawabata, Tomohisa Fujiki, Masatoshi Ashikaga, Jun Ota, Hitoshi Aonuma and Hajime Asama, A Study on Neural Circuit Model of Insects for Adaptive Behavior Selection - Verification of Action Selection Model in Multi-individual Environments -, *Proc. 2nd International Symposium on Mobiligence*, 187-190 (2007).
 11. Masatoshi Ashikaga, Mika Kikuchi, Tetsutaro Hiraguchi, Midori Sakura, Hitoshi Aonuma and Jun Ota, Modeling of Socially Adaptive Behavior in Crickets, *Proc. 2nd International Symposium on Mobiligence*, 191-194 (2007).
 12. 足利 昌俊, 菊地 美香, 平口 鉄太郎, 佐倉 緑, 青沼 仁志, 太田 順: コオロ

- ギ群における社会的行動選択のモデル化, 第 17 回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, 191/196 (2007).
13. 菊地 美香, 足利 昌俊, 太田 順, 長尾 隆司, 青沼 仁志: クロコオロギの喧嘩行動の修飾に関わる脳内アミン, 日本動物学会第 78 回大会要旨集, 99 (2007).
 14. 橋本素直, 千葉龍介, 加沢知毅, 神崎亮平, 太田 順: 遺伝的アルゴリズムによるカイコガ神経回路のモデル化, 第 13 回創発システム・シンポジウム講演資料集, 161/164 (2007).
 15. 矢野史朗, 池本有助, 青沼仁志, 淺間 一, コオロギの成長過程における環境条件と闘争性の関係のモデル, 第 20 回計測自動制御学会自律分散システムシンポジウム, 諏訪, pp.331-336, 1 月 (2007).
 16. S. Yano, Y. Ikemoto, H. Aonuma, T. Nagao, H. Asama, Modeling of Self-organized Competition Hierarchy with Body Weight Development in Larval Cricket, *Gryllus Bimaculatus*, Preprints of the 9th International Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS2008), Tsukuba, Japan, November (2008).
 17. 足利 昌俊, 菊地 美香, 平口 鉄太郎, 佐倉 緑, 千葉 龍介, 青沼 仁志, 太田 順: クロコオロギにおける他者識別能力の解析, 第 20 回自律分散システムシンポジウム資料, 325/330 (2008).
 18. 藤井 喬, 川端 邦明, 青沼 仁志, 鈴木 剛, 足利 昌俊, 太田 順, 淺間 一: コオロギの適応的行動選択モデルに関する研究—触角感度調節機構のモデル化—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'08 講演論文集, 2P2-I18, 1/3 (2008).
 19. 青沼 仁志, 佐倉 緑, 足利 昌俊, 藤木 智久, 藤井 喬, 川端 邦明, 太田 順, 淺間 一, 昆虫の社会的経験にもとづく行動選択のモデル化, 第 18 回インテリジェント・システム・シンポジウム, 305-310, 2008.
 20. 青沼 仁志, 太田 順, コオロギの社会的経験による行動の発現と切り替え—行動のモデル化—, 無脊椎動物神経生物学研究会, 2008
 21. 水野 達也, 佐倉 緑, 足利 昌俊, 青沼 仁志, 太田 順, ハンディキャップコオロギを用いたコオロギの内部メカニズムの解明, 無脊椎動物神経生物学研究会, 2008
 22. 藤井 喬, 川端邦明, 青沼仁志, 足利昌俊, 太田 順, 鈴木剛, 淺間 一, コオロギの適応的行動選択モデルに関する研究—触角感度調節機構のモデル化—, ロボティクス・メカトロニクス講演会'08 講演論文集, 2P1-B19, 2008
 23. 足利昌俊, 佐倉 緑, 菊地美香, 平口鉄太郎, 千葉龍介, 青沼仁志, 太田順, コオロギ群における社会的順位形成過程のモデル化, 第 21 回自律分散システムシンポジウム, 2008
 24. 水野達也, 佐倉緑, 足利昌俊, 青沼仁志, 太田順, ハンディキャップコオロギを用いたコオロギの攻撃行動発現機構のモデル化, 第 21 回自律分散システムシンポジウム, 2008
 25. 橋本 素直, 千葉 龍介, 加沢 知毅, 神崎 亮平, 太田 順, 進化的計算を用いたカイコガ LAL 神経回路ネットワークの推定, 第 20 回自律分散システムシンポジウム資料, 349-352, 2008
 26. Jun Ota, Hitoshi Aonuma, Hajime Asama, Kuniaki Kawabata, and Masatoshi Ashikaga, Modeling of Adaptive Mechanism in Crickets by Means of Constructive Approach, Workshops/Tutorials Proceedings of the 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Workshop: Mobiligence: Adaptive Motor Function through Dynamic Interactions among the Body, Brain and Environment, 54/59 (2008).
 27. 藤井 喬, 川端邦明, 青沼仁志, 鈴木 剛, 足利昌俊, 太田 順, 淺間 一, クロコオロギの行動選択機構のモデリングに関する研究—喧嘩行動実験による神経機構モデルの考察—, 第 14 回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, 35/41, 2009
 28. Kuniaki Kawabata, Takashi Fujii, Hitoshi Aonuma, Tsuyoshi Suzuki, Masatoshi Ashikaga, Jun Ota and Hajime Asama, A Neuro-modulation Model of Behavior Selection in the Fighting Behavior of Male Crickets, Proc. 3rd International Symposium on Mobiligence, 271-275 (2009).
 29. Tatsuya Mizuno, Midori Sakura, Masatoshi Ashikaga, Hitoshi Aonuma, Ryosuke Chiba and Jun Ota, Modeling of the Effects of Multi-modal Inputs on the Aggressive Behavior using Handicapped Crickets, Proc. 3rd International Symposium on Mobiligence, 332-337 (2009).
 30. S. Yano, Y. Ikemoto, H. Aonuma, H. Asama: Development of Neurotransmitter Modulation on

Aggression and Dominance Hierarchy in Cricket, *Gryllus Bimaculatus*, ICROS-SICE International Joint Conference 2009 (ICCAS-SICE 2009), Japan, pp.2254-2259, August (2009).

31. 矢野史朗, 池本有助, 青沼仁志, 長尾隆司, 淺間 一, 空間構造を考慮したコオロギの闘争行動モデルと固体順位の空間的分布に関する考察, 第 22 回自律分散システム・シンポジウム計測自動制御学会, 名古屋, pp.219-222 1月(2009).
32. 水野 達也, 佐倉 緑, 足利 昌俊, 青沼 仁志, 太田 順: ハンディキャップコオロギを用いたコオロギの攻撃行動発現機構のモデル化, 第 21 回自律分散システムシンポジウム資料, 243/247 (2009).
33. 藤井 喬, 川端 邦明, 青沼 仁志, 佐倉 緑, 鈴木 剛, 太田 順, 淺間 一, クロコオロギの行動選択機構のモデリングに関する研究~触角からの感覚入力感受性による群行動の変容についての考察~, 第 22 回自律分散システムシンポジウム資料, 213/218, (2010).
34. Ryosuke Chiba, Sunao Hashimoto, Tomoki Kazawa, Ryohei Kanzaki and Jun Ota, Neural Network Estimation of LAL/VPC Resions of Silkmoth using Genetic Algorithm, Proc. 2010 IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems (IROS 2010),(2010).
35. 矢野史朗, 渡邊崇之, 佐倉 緑, 青沼仁志, 淺間 一, セロトニン仮説の数学的表現と分岐解析", システム・情報部門学術講演会 2010 (SSI2010), 計測自動制御学会, 京都, pp. 2G2-2(1)-(3), 11月 (2010).
36. 矢野史朗, 渡邊崇之, 佐倉 緑, 青沼仁志, 淺間 一: "セロトニン仮説に基づく行動修飾機構を持つ競争的エージェントの社会相互作用", 第 23 回自律分散システムシンポジウム, pp.189-192 1月 (2011).

〔図書〕(計 1 件)

太田 順, 青沼仁志編, シリーズ移動知第 4 巻社会適応, オーム社, 2010.

〔産業財産権〕(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.race.u-tokyo.ac.jp/~ota/mobiligence/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

太田 順 (OTA, Jun)

研究者番号 : 50233127

(2)研究分担者

淺間 一 (ASAMA, Hajime)

研究者番号 : 50184156

川端 邦明 (KAWABATA, Kuniaki)

研究者番号 : 90301754

(3)連携研究者

千葉龍介 (CHIBA, Ryosuke)

研究者番号 : 80396936