

社会的適応行動の動的モデリングと工学応用 —コオロギの喧嘩行動を対象として—

青沼 仁志*・長尾 隆司**・太田 順***・川端 邦明****・浅間 一*****

*北海道大学 電子科学研究所 北海道札幌市北区北 12 条西 6 丁目
 **金沢工業大学 人間情報システム研究所 石川県白山市八束穂 3-1
 ***東京大学大学院 工学系研究科 東京都文京区本郷 7-3-1
 ****理化学研究所 知能システム研究ユニット 埼玉県和光市広沢 2-1
 *****東京大学 人工物工学研究センター 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
 * Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University, Kita-12 Nishi-6, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido, Japan
 ** Human Information System Laboratories, Kanazawa Institute of Technology, Hakusan, Ishikawa, Japan
 *** Department of Precision Machinery Eng., The University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan
 **** RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama, Japan
 ***** RACE (Research into Artifacts, Center for Engineering), The University of Tokyo, Kashiwanoha 5-1-5, Kashiwa, Chiba, Japan

* E-mail: aon@ncp8.es.hokudai.ac.jp
 ** E-mail: nagao@his.kanazawa-it.ac.jp
 *** E-mail: ota@robot.t.u-tokyo.ac.jp
 **** E-mail: kuniakik@riken.jp
 ***** E-mail: asama@race.u-tokyo.ac.jp
 キーワード：昆虫 (insect), 行動選択 (behavior selection), 神経修飾 (neuromodulation), フェロモン (pheromone), 社会適応 (social adaptation).
 JL0012/07/4612-0903 ©2007 SICE

1. はじめに

生物の多様性は生物の進化を反映している。動物は進化の過程で、環境への適応機構として脳神経系を獲得し、複雑に変化する環境に適した行動をとることができるようになった。動物の適応的行動選択の仕組みを学ぶことは、無限定環境下における人工物の制御をはじめとした工学の発展には欠かせない。

動物は、ひとつの適応機構として群や社会を作ることがある。その中で、個体が複数集まると個体間に相互作用が生じ行動の選択が起こる。私たちは、昆虫の社会的行動を題材にして、社会の構築メカニズムの生物学的解明とモデル構築、社会適応のメカニズム解明、社会（ネットワーク）構築の設計原理の解明を目指している。本解説では、クロコオロギを題材にして、オス同士の喧嘩行動におけるコオロギ脳内の神経作用物質の働きと攻撃性についての神経行動学的な知見を述べる。さらに、その知見からコオロギの行動モデルと神経生理モデルを構築し、計算機シミュレーションと生物学実験を繰り返すことで社会的適応行動の発現機構を明らかにしようとしている例について述べる。

私たちは、社会的適応行動を、他個体との相互作用に基づく適応的な行動選択と定義している。群や社会における適応的行動選択の発現メカニズムを解明することにより、群ロボットの制御機構をはじめとした自律分散型の制御機構の新しいアイデアを提案できると考えている。

2. 研究対象としての昆虫の脳

脳は動物の運動や行動を制御する中枢として機能している。適応的行動選択の神経機構を明らかにするには、脳における制御機構について細胞レベルや神経回路レベルで明らかにする必要がある。神経作用物質とは、神経伝達物質・修飾物質そして神経ホルモンなど、神経系の働きに作用す

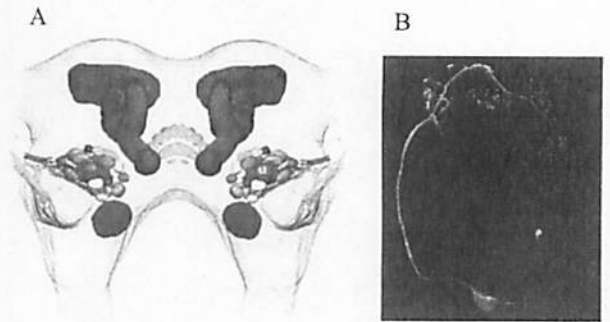


図1 コオロギの脳の模式図 (A) と化学情報処理にかかわる神経細胞 (B)

昆虫の脳には、複数の細胞から構成されたモジュール構造やユニット構造があり、これらのネットワークの動作が運動や行動の発現には重要である。

る物質の総称である。神経作用物質が脳のどの領域や細胞でどのようなタイミングで働くのかを知ることで脳における行動の制御機構の一端を理解することができる。

昆虫は、身体が脊椎動物に比べ小さく、微小な脳神経系は、わずか 10^6 個程の細胞からなる (図1)。にもかかわらず、優れた感覚受容機構、情報処理機構、運動発現機構をもち環境に適応している。脊椎動物の脳がおよそ 10^{12} 個の細胞から構成されていることを考えると、昆虫の脳は遙かに少ない細胞から構成されていることがわかる。脳を構成する個々の細胞は、生理学的にも形態学的にも同定が可能である。細胞の同定可能性は、行動制御の神経機構を明らかにする上で大きな利点で、このような脳をもつ昆虫を研究対象として扱うことで、特定の行動制御機構について特定の細胞の機能と関連づけて議論することもできる。

3. コオロギの喧嘩行動

昆虫には、発音や化学物質を用いてコミュニケーションをするものが多い。たとえば、秋の夜長に耳にするコオロ

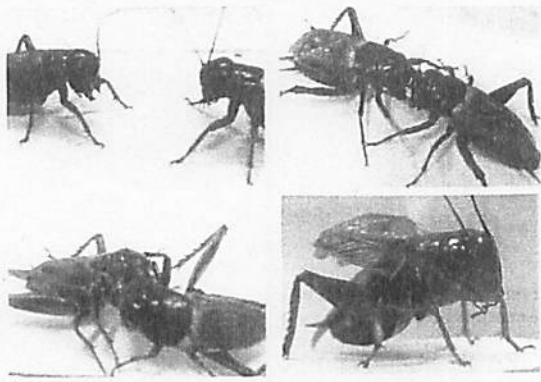


図2 クロコオロギ (*Gryllus bimaculatus*) の喧嘩行動
威嚇から噛み付き合いへ激しい喧嘩に発展する。

ギの鳴き声は、オスのコオロギがメスを呼ぶための発音行動である。その鳴き声に引かれてメスがやってくると、オスは求愛をはじめ、メスに受け入れられたら交尾が可能となる。コオロギは近づいてきた他個体の性別を知る手がかりとして相手の体表を覆うワックスに含まれる化学物質を使っている。この化学物質はおもに炭化水素から構成された成分で、オスのものであれば喧嘩行動、メスのものであれば求愛行動を解発する（発現させる）ことから、この体表化学物質を体表フェロモンとも呼んでいる。

オスの体表フェロモンは、同種のオスに対して喧嘩行動を解発する（図2）。オス同士は、お互いの存在に気づくと1) 互いに触角を激しく打ち振るわせ、2) 脚を踏ん張り前傾姿勢で威嚇を始め、3) どちらも引かなければ大顎を開き相手に突進し、4) 噛みつき合いの喧嘩を始める、5) どちらかが退くことで決着が着き、勝者のオスは闘争歌を発しながら敗者を追い払う。このコオロギの喧嘩は始まってから数秒程度で終決してしまう行動である。

4. コオロギの攻撃性と社会的経験

昆虫のフェロモン行動は本能行動、すなわち生得的な行動のひとつである。フェロモン行動は一般的に“Hard-wired”と呼ばれ、特定のフェロモン刺激に対して常に同じ行動のOn/Offはあるが行動の可塑性はないとされてきた。ところが最近、昆虫のフェロモン行動の中でも、以前の経験により引き続き起こる行動が修飾されることが明らかになってきた。そのひとつに体表フェロモンにより解発される、オスのコオロギ同士の喧嘩行動があげられる。喧嘩の結果、2匹のオスの間には優劣関係（社会的順位）が形成される。喧嘩に負けたオスは、負けてから30分から1時間ほどは、再び別のオスに遭遇し相手の体表フェロモンを受容しても喧嘩行動は示さず、相手を回避するようになる。これは、経験学習のひとつと考えることができる。

コオロギの攻撃性について、孵化後の発達段階での生活環境、特に他個体との相互作用が影響することもわかって

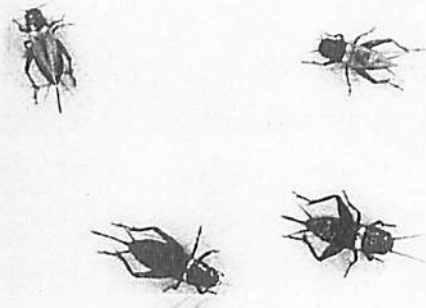


図3 集団コオロギ（上）とインターネットコオロギ（下）
それぞれ、左がメスのコオロギで右がオスのコオロギ。

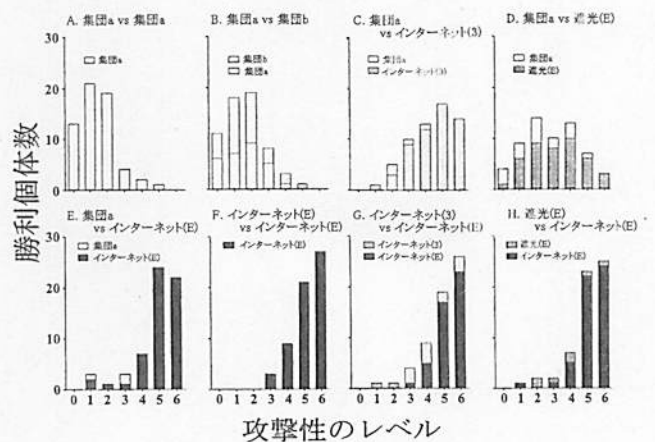


図4 生育環境が攻撃性に及ぼす影響

それぞれの環境下で育てたオス同士を戦わせたときに勝った個体が示した最も高い攻撃性を示した。

いる。コオロギは孵化後7、8回の脱皮を繰り返し成虫になる。コオロギを集団で飼育した場合と、隔離して単独で飼育した場合では、隔離して飼育したコオロギは発育が早く、体色は黒く身体は大きく育つ。ところが、集団で飼育すると体色は薄茶色で、隔離個体に比べて身体は小さく育つ（図3）。集団コオロギ同士の喧嘩は短時間で終わる穏やかなものが多いのに対し、隔離コオロギ同士では、激しい攻撃性を長時間保持する個体が多く現れる。隔離コオロギは、集団コオロギに比べて明らかに攻撃性も活動性も高い。同じように隔離したコオロギでも隔離の期間が長いものほど高い攻撃性を示す。興味深いことに、透명한飼育ケースで卵から隔離飼育したコオロギ（インターネットコオロギ）は、他のコオロギに比べて異常なまでの凶暴性を示すことがわかっている（図4）。

動物の行動発現は、概日リズム、異種感覚情報などの内的または外的な状況など、さまざまな環境要因に依存して変容し調節されるが、コオロギを使った研究から、社会的な経験も行動発現を変容させるひとつの重要な環境要因であることが示された。

5. コオロギの喧嘩経験後にみられる行動選択の脳内機構

コオロギの喧嘩行動について行動学的な知見を解説した。この章では、喧嘩に負けたオスが喧嘩行動から回避行動へと行動を切り替える際の脳の神経機構について述べる。先に述べたとおり、喧嘩に負けたオスは、喧嘩終結後30分から1時間程度、他のオスに対して回避行動を示す。この行動の選択機構には、神経修飾物質の一酸化窒素(NO)が関与することがわかってきた。神経修飾物質とは、複数のシナプスに作用して情報伝達を調節する物質である。神経伝達物質とは、神経細胞のシナプス終末から分泌され、シナプス後細胞に信号を伝える化学物質である。具体的にはアセチルコリン、グルタミン酸、GABAなどその他多くの化学物質が知られている。

NOは細胞内の酵素の働きでアルギニンというアミノ酸から合成される生理活性物質である(図5)。生体内でNOは不対電子をもつ分子(フリーラジカル)として存在するので化学的な活性に富み、周囲に酸素や金属イオンがあれば速やかに反応して効力を失う。NOは生体内で寿命が数秒から10数秒程度で、およそ100~200 $\mu\text{m}/\text{sec}$ の速度で細胞膜を自由に透過しながら3次元的に拡散すると考えられている。NOの標的は細胞内の可溶性グアニル酸シクラーゼ(sGC)と呼ばれる酵素で、NOにより活性化されGTPからcGMPの合成を始める。cGMPは細胞内の Ca^{2+} 濃度を調節し細胞の生理状態を変化させる働きがあり、このような細胞内での情報伝達を担う物質をセカンドメッセンジャーと呼ぶ。このように、NOはcGMPを介して神経伝達物質の放出量を調節する²⁾。

喧嘩経験による行動選択にかかわるNOの働きを調べるために、コオロギの脳内のNOやcGMPの産生を薬理的に操作して行動変化を観察した(図6)。2匹のオスのコオロギを喧嘩させる15分前に、あらかじめNO合成酵素の働きを阻害する試薬L-NAMEを頭部に注入し、コオロ

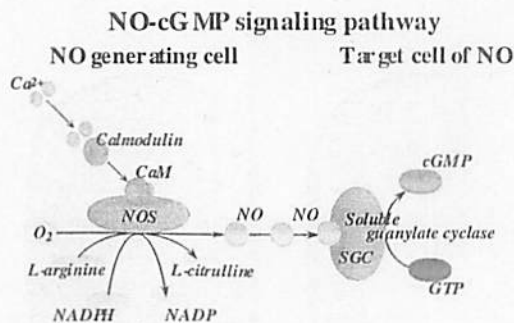


図5 細胞内におけるNOとcGMPの合成系

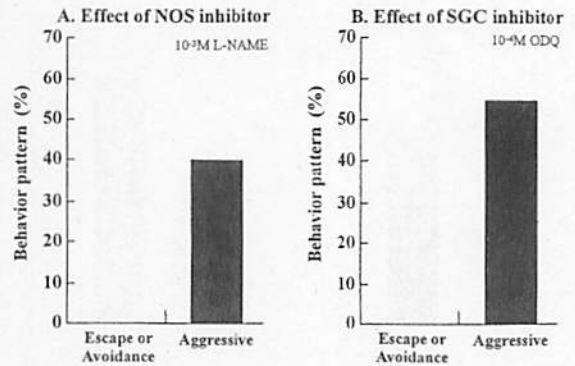


図6 NO合成酵素阻害剤L-NAMEとSGC阻害剤ODQの効果

A: L-NAMEを頭部に注入すると最初の喧嘩で負けた個体でも再びオスに出会うと喧嘩を始める。B: ODQを頭部に注入した場合でも似たような効果があった。

ギが落ち着いたところで2匹を同時に行動観察用のアリーナに移すと、両者は即座に喧嘩を始める。勝敗がついたら、それぞれ別の容器で15分隔離し、再び同じ容器に移すと、1回目で敗者になっても再び攻撃を仕掛ける個体が増加する。似たような結果は、sGCの活性を阻害しても現れる。このことから、脳内のNO/cGMPシグナル伝達系が喧嘩経験後の行動選択の神経機構に関与することが示唆されている²⁾。

ところで、コオロギの攻撃性には体液中の生体アミンであるオクトパミン(OA)がホルモンとして関与していることが知られている³⁾。ホルモンとは、特定の器官から血液中に放出され、血流によって標的器官に運ばれて特定の機能を引き起こす物質である。喧嘩の直後に体液中のOA量を計測すると、喧嘩前に比べて増加することから、OAは、攻撃性に関与すると考えられている。一方、脳内の生体アミンの濃度は喧嘩直後、逆に減少することがわかった。組織中の生体アミンは高速液体クロマトグラフィー法により解析できる。脳内のNO/cGMPシグナル系と生体アミンの系がどのような関係にあるのか調べるために、NO供与剤を使って脳を刺激すると、OAやドーパミン(DA)などの生体アミンの脳内レベルが減少することがわかってきた。神経系において生体アミンは神経修飾物質や神経ホルモンとして機能していることから、NOは、OAやDAなどの生体アミンの放出量を調節(神経修飾)することが示唆された。

6. 社会的適応行動のモデル化

NOや生体アミンをはじめとした、さまざまな神経伝達物質や神経修飾物質が脳で使われ、行動プログラムの抽出と選択機構にかかわっていることが示された。しかし、これまでの研究は、その一端を垣間見ているにすぎず、その全貌を明らかにするには従来の生物学的なアプローチで進

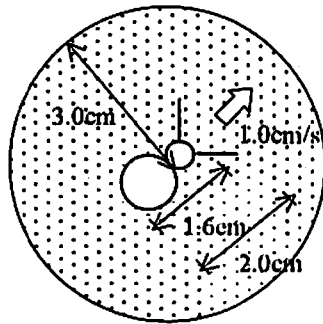


図7 人工コオロギの形状とパーソナルフィールド

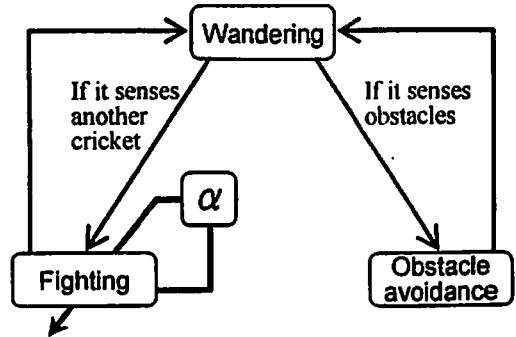


図8 人工コオロギの行動モデル

めるには限界がある。そこで、私たちは、従来の生物学的なアプローチにシステム工学的な手法を取り入れて、構成論的に動物の行動選択の神経機構を理解し、さらにはその成果を工学的応用へと発展させようとしている。そこで、つぎにコオロギの喧嘩行動と、集団の中でのコオロギの行動選択機構について生物学的な知見を基に動的モデルを作成し考察する⁴⁾。

これまで解説してきたように、オスのコオロギを2匹同じ容器に入れると喧嘩をはじめ、容器に入れるコオロギの数を増やし、個体密度を上げると、ある密度（中密度と呼ぶ）では1匹だけが攻撃性が高い優位な個体となる。さらに密度を上げると、全体的に攻撃性が下がり、群の中での喧嘩行動が現れなくなる。このコオロギの集団の中での適応的行動について行動モデルを構築した。モデル生成にあたり、密度に伴い行動が変容するように、個々の行動から集団構造が自己組織化される過程を説明するモデル構築をめざした。そこで、人工コオロギを構成するにあたり、まず、コオロギの観測機能と運動機能のモデル化（図7）を行った。

人工コオロギのセンサー機能については先端の触角と交差した障害物を検知し識別できるものとした。これはコオロギの触角による機械感覚情報の検知機能をモデル化している。さらに、センサー機能により個体の体長よりやや広い範囲で規定されるパーソナルフィールド内に侵入した他個体を検出できるようにした。これは、触角による化学情報のうち、体表フェロモンの感覚情報を検知する機能をモデル化したものである。運動機能については、ある瞬間に±90°の範囲内で向きを変えることができ、現在の向きに一定速度で移動できるものとしている。行動モデルとしては、彷徨(wandering)、回避(obstacle avoidance)、喧嘩(fighting)の3種類の基本状態から構成される有限状態機械モデル(図8)を採用した。

コオロギは、他者との接触経験により行動を変えるため、最低ひとつの内部状態変数が必要であると考えた。ここでは、コオロギの回避傾向度合い(弱気度合い)を内部状態変数として採用した。すなわち、喧嘩をしている際に、各ステップにおいて、確率 P で自分の負けを認め、確率 $1-P$

で喧嘩を続行するものとする。この確率 P を、コオロギの弱気度合いを表わす唯一の状態変数 α によって決定する。具体的には、以下のようにする。

$$P = \alpha(0 \leq \alpha \leq 1) \quad (1)$$

この α を以下の式に基づいて更新する。

$$\alpha_{n+1} = (1 - \omega)\alpha_n + \epsilon_{lose}\eta_{lose} - \epsilon_{win}\eta_{win} \quad (2)$$

ただし、

$$\eta_{lose} = \begin{cases} 1 & \text{負けたとき} \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases}, \quad \eta_{win} = \begin{cases} 1 & \text{勝ったとき} \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases}$$

$\omega, \epsilon_{win}, \epsilon_{lose}$: 設計パラメータ

なお、(2)式の右辺第一項は時間の経過と共に回避傾向度合いが減少する(攻撃的になる)忘却項、第二項は喧嘩に負けた際に弱気度合いが増加する項、第三項は喧嘩に勝った際に弱気度合いが減少する項である。このアルゴリズムを計算機環境に実装し、(1)、(2)式の更新則の検証を行った。具体的には、128×128(pix)、256×256(pix)、512×512(pix)のフィールドサイズをそれぞれ高、中、低密度とみなし、それぞれに人工コオロギを4個体放した場合の各個体の行動変容をシミュレートした。設計パラメータを適切な値にチューニングした時の結果を図9に示す。

シミュレーション結果から、実際のコオロギが密度に伴ってみせる行動変容が人工コオロギにおいても実現できていることがわかる。設計パラメータを種々に変更した際の結果より「密度による行動の変容」を発現する条件に関して以下の考察ができる。

- 提案モデルにおける喧嘩時の個体の意思決定時には他個体の状態を利用しない、いわゆる「がまん比べ」モデルとなっている。そのような単純なモデルにおいても、密度による行動の変容を再現できることがわかった。
- ϵ_{lose} の方が ϵ_{win} より大きな値をとる必要がある。このことは勝負に負けたコオロギの内部状態変化の方が大きいことを意味しており、生理学実験において、負

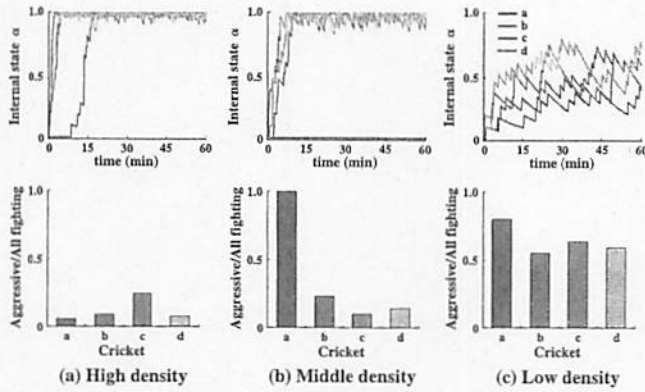


図9 人工コオロギによるシミュレーション結果
 上図は α の値の時間応答を、下図は各個体が他個体と遭遇した際に、最初から回避行動をとらなかった回数の割合を表わしている。

けたコオロギの体内組成の変化の検出をする重要性を示唆している。

7. 知覚情報取得から行動までのフローを表現する神経構造モデリング

前節で述べたように、コオロギの喧嘩経験による行動選択の神経機構には、脳内の神経修飾物質である NO や OA のような生体アミンなどが関与することがわかっている。これらの生理学的な知見を包括的に矛盾なく説明できる神経修飾モデルの構築を試みている⁵⁾。図10は神経修飾物質の効果に基いた適応的行動選択モデルについて提案している。

提案した神経修飾モデルでは、NO濃度の拡散方程式モデル、cGMPならびにOA量の微分方程式モデル、OA量(レベル)から行動生成への閾値モデルを直列に組み合わせ一連の反応系をモデル化した。このモデルでは、OAレベルにより行動選択が操作されるとの仮説から、閾値(この場合0.5)よりOAレベルが高い場合に喧嘩行動をとり、低い場合に回避行動を選択することとした。シミュレーションにより、コオロギが接触し、喧嘩が始まると脳内のNOレベルが上昇するとともにcGMPレベルも上昇する効果を再現し、cGMPレベルの上昇とともにOAレベルが減少する効果も再現した。また、喧嘩行動での負け経験を記憶する機構として、喧嘩行動の後に勝者には一定レベルのOAが上昇する効果、敗者には喧嘩時間に比例してOAレベルが下降する効果を取り入れた。これにより、図11に示すように勝者、敗者それぞれに関する内部状態量の過渡応答

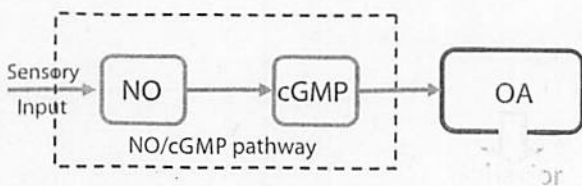


図10 NO/cGMP—OA—行動の連鎖に関するモデル

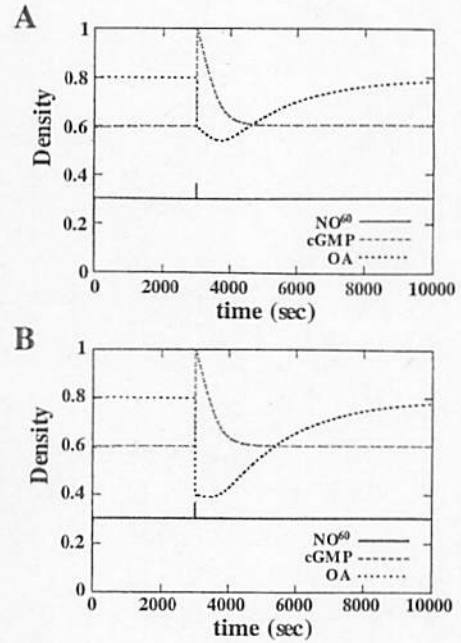


図11 内部状態の過渡応答

A: 勝者の内部状態量遷移の例。B: 敗者の内部状態量遷移の例。

が得られている。勝者のOAレベルは常に閾値以上に推移しており、喧嘩行動を選択する状態を維持している。また、敗者はOAレベルが閾値以下に推移している状態がしばらく続き、回避行動を選択する状態であることを示している。

これは前節までに述べたコオロギの喧嘩行動における生物学的知見と矛盾していない。また、同じモデルでNOの生成を抑制した状態についてシミュレーションを行ったところ、喧嘩経験の記憶時間が短くなる結果を得ており、このことも生物学的知見に矛盾しない。つまり、モデルを構築するために用いたデータ以外も同一モデルで再現できた。このことから、図10の構造は実際のコオロギの内部構造を説明するモデルのひとつとして考えることができる。

8. 群ロボット系の行動制御への展開

コオロギの社会的適応行動の神経機構モデルを提案してきたが、ここから工学的な応用への提案のひとつとして、群ロボット系への応用について解説する⁶⁾。

コオロギの集団が「密度に伴って行動を変容する」適応的な意義は何か。そこにはどのような合理性が内包されているのか仮説構成をし、そのようなコオロギの社会的適応行動をロボットに代表される人工物の設計問題に展開したいと考えている。生物集団の順位形成過程のモデルについては、すでに多くの先行研究がなされているが、5章で提案したモデルの特徴は、空間内の個体密度に応じて相互作用の量が規定され、順位階層が明確に形成される場合、されない場合が生じる自由度の高い構成になっているということである。動的環境下における対移動量作業効率を重

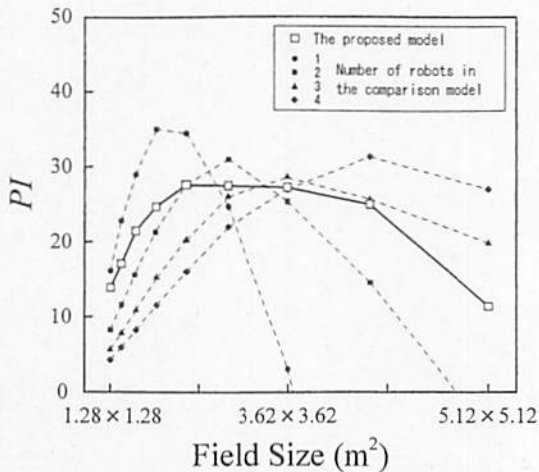


図12 作業環境広さと評価値との関係

視したロボット群の餌あさり問題という設定を行った。この問題に対して、ロボットの動きの悪さの度合いを前章の α に対応させることで、作業空間の広さ(ロボットの密度)のバリエーションに応じて、適正台数分のロボットのみが活動的になり、対移動量作業効率の良いロボットの行動則が設計できることを示している。図12はシミュレーション結果であり、提案手法は、活動的なロボット台数を固定する手法(これを比較手法と呼ぶ)と比較して、作業環境の広さのバリエーションに応じて良好な対移動量作業効率を得ていることがわかる。すべての作業環境に対して平均すると39%程度比較手法と比べて良好な値が得られていることがわかる。これより提案アルゴリズムの有効性を示している。

9. まとめ

現存する生物は、長い進化の歴史を生き抜いてきた。さまざまな環境に適応し、また社会までも形成した。このような生物の適応機構を理解することで、私たちは生物そのものを理解するばかりではなく、この世界に存在しうる設計を学び取ることができる。本解説では、コオロギの喧嘩行動と、集団におけるコオロギの振る舞いを題材に、神経行動学的な研究から始まり、生物学的なアプローチにシステム工学的なアプローチを取り入れることで生物が進化の過程で獲得した設計を抽出し、工学応用への提案を見いだした例について紹介した。具体的には、生物の社会的適応行動を解明することを目指して、コオロギの「密度に伴う行動の変容」発現メカニズムを、行動モデルの観点と、内部状態モデル(神経生理モデル)の観点から検証し、ロボット群の餌あさり作業への適用により、そのメカニズムの工学的応用への方向性を示すことができた。

動物の行動が、どのような仕組みで選択され、発現するのか、分子や細胞のレベルから個体の行動レベルにおいて研究する分野を神経行動学と呼んでいる。神経行動学研究の

方法論と、システム工学研究で使われる方法論を融合させ、行動レベルや神経生理レベルのモデルを構築し、計算機シミュレーションと生物学実験を繰り返す研究の方法論を私たちは、構成論的神経行動学(Synthetic Neuroethology)と名付けた。今後さらにこのような生物学とシステム工学の融合が進み、生物のさまざまな適応機構を理解することで、多様な工学的な応用へと伸展していくことが期待できる。謝辞：本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「身体・脳・環境の相互作用による適応的運動機能の発現—移動知の構成論的理解—」(領域番号454)によって行われた。(2007年8月29日受付)

参考文献

- 1) D.S. Bredt and S.H. Snyder: Nitric Oxide, a novel neuronal messenger, *Neuron*, 8, 3/11 (1992)
- 2) H. Aonuma, M. Iwasaki and K. Niwa: Role of NO signaling in switching mechanisms in the nervous system of insect, *Proc. SICE Ann. Conf. CD-ROM*, 2477/2482, ISBN 4-907764-22-7 (2004)
- 3) S.A. Adamo, C.E. Linn and R.R. Hoy: The role of neurohormonal octopamine during 'fight or flight' behaviour in the field cricket *Gryllus bimaculatus*, *J Exp Biol.*, 198, 1691/1700 (1995)
- 4) 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様な振る舞いのモデル化, 第18回自律分散システム・シンポジウム資料, 189/194 (2006)
- 5) 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 -, *J Rob Mech.*, 19-4, 388/394 (2007)
- 6) M. Ashikaga, M. Kikuchi, T. Hiraguchi, M. Sakura, H. Aonuma and J. Ota: Foraging task of multiple mobile robots in a dynamic environments using adaptive behaviors in crickets, *J Rob Mech.*, 19-4, 466/473 (2007)

[著者紹介]

青沼 仁志 君



1998年北海道大学大学院理学研究科博士課程修了, 博士(理学). 98年 Res. Associate, Southampton 大学(英国), 99年 JSPS 海外特別研究員 Southampton 大学, 2001年北海道大学電子科学研究所助手, 03年同助教授, 07年同准教授. 日本動物学会, 日本比較生理生化学会, 国際神経行動学会の会員.

長尾 隆司 君



1975年大阪大学基礎工学部卒業. 77年北海道大学理学部教務職員, 実験生物センター助手, 助教授. 94年金沢工業大学助教授, さきがけ研究21「知と構成」領域研究員兼任(〜97年10月). 2000年金沢工業大学人間情報システム研究所教授. 日本動物学会, 日本比較生理生化学会の会員. 博士(理学).

おお なた じゅん 君 (正会員)



1989年新日本製鐵(株). 91年東京大学工学部助手. 同講師, 助教授を経て. 2007年より東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻准教授. この間96~97年Stanford大学Center for Design Research 客員研究員, 群知能ロボットと移動知の研究等に従事. 博士(工学).

かわ ぼん くに あき 君 (正会員)



1997年理化学研究所基礎科学特別研究員. 2000年理化学研究所工学基盤研究部研究員. 同分散適応ロボティクス研究ユニット, 同先端技術開発支援センター専任研究員等を経て07年9月より, 同知能システム研究ユニットユニットリーダー. 博士(工学). 移動知, 移動ロボット, 自動計測装置知能化等に関する研究に従事.

あさ しま はじめ 君 (正会員)



1984年3月東京大学大学院工学系研究科修士課程修了. 86年9月理化学研究所化学工学研究室研究員補. 同副主任研究員を経て, 2002年11月東京大学人工物工学研究センター教授. 07年よりIEEE Robotics and Automation Society AdCom member. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門部門長, 工学博士(東京大学).