

別刷

# 設計工学

社団法人 日本設計工学会誌

2005年 第40巻 第9号

---

( P. 444 ~ P. 450 )

バーチャルゾウリムシによる移動ロボットのバイオミメティック制御

辻 敏夫, 平野 旭, 鈴木 芳代

Biomimetic Control of Mobile Robots based on Virtual Paramecia

Toshio TSUJI, Akira HIRANO and Michiyo SUZUKI

***jsde***

社団法人 日本設計工学会

## 解説

## バーチャルゾウリムシによる移動ロボットのバイオミメティック制御\*

## Biomimetic Control of Mobile Robots based on Virtual Paramecia

辻 敏夫\*\* 平野 旭\*\* 鈴木 芳代\*\*  
 (Toshio TSUJI) (Akira HIRANO) (Michiyo SUZUKI)

## 1. はじめに

近年、人間と協調して作業を行うロボットが注目され、ヒューマン-ロボットシステムのさまざまな可能性が模索されている。たとえば、有害物質で汚染された工場や瓦礫に埋まった災害現場といった人間が立ち入ることができない危険な環境においては、作業を行うロボットを人間が操縦するという手動制御方式が一般に採用されている。この場合、人間はカメラなどの情報から現場の状況を判断してロボットを遠隔操作し、危険を伴うことなく作業を行うことができる。しかしながら、必ずしも現場の状況が完全に把握できるとは限らず、作業遂行が困難になる場合も多い。ロボット自身が、あたかも生き物のように状況を判断し、自律的に作業を行ったり、操作者に適切な情報を伝え指示を仰いだりすることができれば、より高度な作業を行うことも可能となるだろう。では、時々刻々と変化する環境に適応し、危険を回避しながら作業を遂行する能力をロボットに付加するには、どうすればよいだろうか。

本稿では、「生物から学ぶ」というアプローチに注目する。ヒトに代表される生物は一般に高い適応能力を有し、未知の環境に対しても適切な行動をとることができる。このことは、高等生物だけでなく、細菌や原生動物といった下等生物にも当てはまる。ある種の原生動物は、高等生物が生活できない深海や高温環境でも生存可能であるが、これは体の器質的な頑強さとは異なり、優れた環境適応能力による場所が大きい。原生動物は、細胞表面に備わったセンサにより、化学物質や温度といった環境からの多様な刺激を感知することができる。種々の刺激の情報は統合・処理され、刺激に応じた方向転換や前

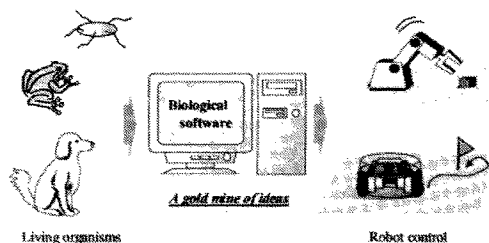


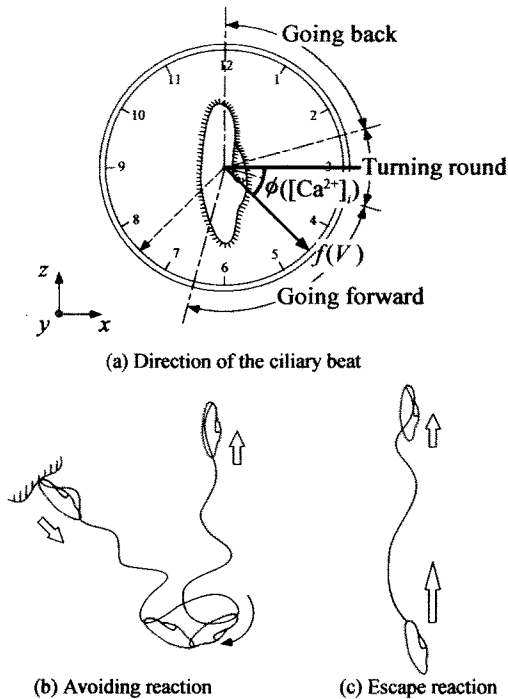
Fig. 1 Biomimetic control of robots

進といった運動が実現できるよう、繊毛や鞭毛などのアクチュエータが制御される。

このような生物の優れた環境適応メカニズムをコンピュータのソフトウェアとしてモデル化し、生物模範型の人工システムを実現しようという試み(図1)が提案されており<sup>1)</sup>、特に、生命の基本体である単細胞生物に着目した生命体モデルの研究が盛んに行われている。この単細胞生物の情報処理プロセスをモデル化した例としては、大腸菌の内部処理のメカニズムを部分的に再現したBray and Lay<sup>2)</sup>やHauri and Ross<sup>3)</sup>のモデル、細胞内の化学反応に基づいて細胞全体のふるまいをシミュレートすることを目指した富田らのE-CELL<sup>4)</sup>などがある。著者らのグループでも、大腸菌の内部処理過程を化学反応式に基づいてモデル化し、その挙動をコンピュータ上で再現した<sup>5), 6)</sup>。さらに、大腸菌の情報処理のアルゴリズムを移動ロボットのCPUに実装することで、生物の環境判別能力を人工的に再現することに成功した<sup>7)</sup>。

現在は、より高度な情報処理メカニズムを有するゾウリムシに着目し、そのコンピュータモデルの構築を行っている<sup>8), 9), 10)</sup>。本稿では、ゾウリムシのコンピュータモデル「バーチャルゾウリムシ」を紹介し、このモデルを用いて小型移動ロボットのバイオミメティック制御(生物模範型制御)を試みた例<sup>9), 10)</sup>を紹介する。

\* 原稿受付 2005年5月6日  
 \*\* 広島大学大学院工学研究科  
 (〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1)

Fig. 2 Reaction of *Paramecium*

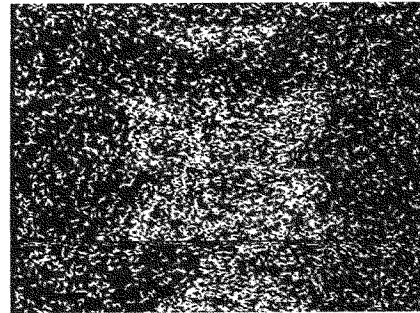
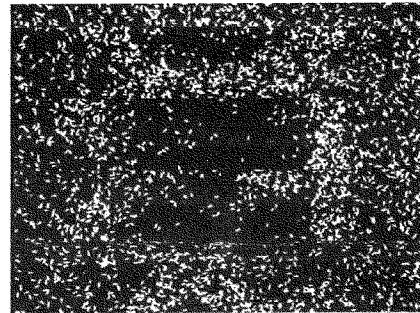
## 2. ゾウリムシ

### 2.1 特徴

ゾウリムシは、長さ約 $250\mu\text{m}$ 、幅約 $50\mu\text{m}$ の楕円球状をしており、細胞表面に様に生えている繊毛の運動によって水中を遊泳する。繊毛が水を打つ運動を繊毛打といい、細胞表面にほぼ垂直な平面内で動く有効打と、打ち直しのために円錐面を描く回復打の2種類がある<sup>11)</sup>。ゾウリムシは、後方に水を押し出す有効打によって推進力を得る。

ゾウリムシの有効打と運動の関係を図2(a)を用いて説明する<sup>11)</sup>。ゾウリムシの前方をアナログ時計の12時の方向にセットして考えると、繊毛は通常、4時半方向に有効打を打っている。ゾウリムシは、この有効打によって前進力と進行方向左回りの回転力を得る。また、腹部付近の繊毛の動きなどによって体の前後軸に垂直に力が加わるため、ゾウリムシは左螺旋を描きながら遊泳する。

刺激を受容すると繊毛の有効打方向が変化する。例えば、図2(b)のように前方から障害物にぶつかると、有効打方向が12時方向に近づき一時的に後退する。これを回避行動(Avoiding reaction)という<sup>11)</sup>。

(a) Response to the low concentration of acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.02%)(b) Response to the high concentration of acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.2%)Fig. 3 Chemotactic responses to acetic acid<sup>12), 13)</sup>

逆に、後方から捕食者などの触手を感知すると、有効打方向が6時方向に近づくことで、その場から速度を増して逃げる。これを逃避行動(Escape reaction)という<sup>11)</sup>。この刺激に対する行動を走性といい<sup>11), 12), 13)</sup>、ゾウリムシは光・温度・化学物質などに対する走性を示す。

### 2.2 化学物質に対する応答と電気生理現象

さまざまな刺激のうち、特に化学物質に対しては敏感に反応する。前方から危険要素である除草剤(2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid)などの忌避物質を感知すると、機械的な刺激を感知した時と同様に後退し、後方から感知した場合には速度を増してその場から逃げる<sup>14)</sup>。化学物質に対する応答はさらに多様で、周囲の環境よりも快適な化学物質(誘引物質)領域に進入すると加速遊泳する。そして、快適な領域から外れたことを感知すると回避行動を起こすため、結果として誘引物質に対して集積する行動を示す。

図3は、図の中央に酢酸を滴下した数分後の個体分布の写真である<sup>12), 13)</sup>。図3(a)は0.02%の酢酸に対する応答、(b)は0.2%の酢酸に対する応答で、白

い点がゾウリムシである。同じ化学物質でありながら、濃度が低い領域には集積し、濃度が高い領域に対しては回避行動をとっていることがわかる。ゾウリムシにはpH6.5の環境が最も居心地が良いらしく、そこからpHの高いところへ行っても低いところへ行っても必ず回避行動を起こしてpH6.5の領域へ戻ることが確認されている<sup>11)</sup>。現時点では図3の集積応答がpHを手がかりに物質領域を認識したのか、特定のイオンに反応したものは不明であるが、適確な環境判別能力には驚かされる。

以上のようなゾウリムシの情報処理能力は、電気生理現象により実現されていると考えられる。ゾウリムシの電気生理現象は、内藤やEckertら生理学研究者によって1970年代から80年代にかけて精力的に行われ、数々の優れた研究成果が報告されている<sup>15), 16)</sup>。本研究では、それらの知見をもとにゾウリムシの情報処理アルゴリズムをモデル化し、バーチャルゾウリムシを構築した<sup>9), 10)</sup>。

### 3. バーチャルゾウリムシ

本章では、ゾウリムシの電気生理現象とバーチャルゾウリムシについて説明する。

ゾウリムシは、イオンを透過させない細胞膜に、細胞内外でイオンの出し入れを担うイオンチャネルやイオンポンプが散在した構成になっており、電気生理現象には、主に $\text{Ca}^{2+}$ と $\text{K}^+$ が関係している<sup>11)</sup>。イオンポンプなどによって、細胞内の $\text{Ca}^{2+}$ 濃度は環境よりも低く、 $\text{K}^+$ 濃度は高く保たれる。この細胞内外の各イオン濃度差により、環境と細胞内で電位差を生じる。環境を基準とした細胞内の電位を膜電位(Membrane potential)といい、特に刺激を受けていないときの膜電位は約 $-30[\text{mV}]$ で、静止膜電位(Resting potential)という<sup>11)</sup>。

ゾウリムシが環境中の刺激を感知すると、イオンチャネルが開くし、細胞内外でイオンの流入が起る。すると膜電位は、静止膜電位レベルよりも大きく上昇または下降する。この変化のうち、前者を脱分極、後者を過分極という<sup>17)</sup>。一般的に、脱分極が起こると回避行動(図4(b))、過分極が生じると逃避行動が生じる(図4(c))。このような刺激情報処理のプロセスを感覚・内部処理・運動プロセスの3つに分け、バーチャルゾウリムシを構築する<sup>8), 9), 10)</sup>。

#### 3.1 感覚プロセス

環境の $\text{K}^+$ 濃度と $\text{Ca}^{2+}$ 濃度によって決まる静止膜電位 $E_{\text{rest}}$ は、Goldman-Hodgkin-Katzの式から計算で

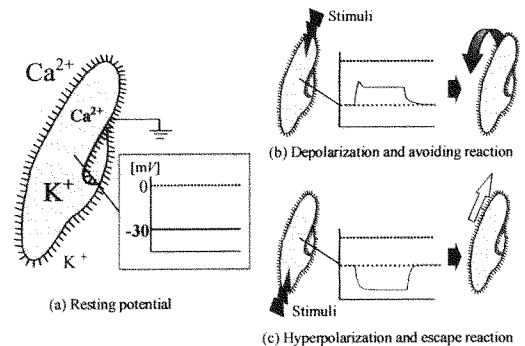


Fig. 4 Membrane potential of *Paramecium*

きる<sup>11)</sup>。

$$E_{\text{rest}} = \frac{a_{\text{Ca}}E_{\text{Ca}} + a_{\text{K}}E_{\text{K}}}{a_{\text{Ca}} + a_{\text{K}}} \quad (1)$$

$a_{\text{Ca}}$ ,  $a_{\text{K}}$ は、細胞表面に存在する各種イオンチャネルの総和を1とした時の $\text{Ca}^{2+}$ チャネルと $\text{K}^+$ チャネルの存在割合、 $E_{\text{Ca}}$ および $E_{\text{K}}$ は、平衡電位とよばれる細胞内外のイオン濃度差に基づく電位差である<sup>11)</sup>。 $\text{Ca}^{2+}$ や $\text{K}^+$ 濃度が変わると平衡電位が変わり、静止膜電位も変化する。ゾウリムシは、環境が急激に変化したときのみ刺激を受容するので、この静止膜電位の変化率を刺激量と定義し、イオンチャネルの開閉率を決定する。

#### 3.2 内部処理プロセス

イオンチャネルが開くとイオンの流入が起り、脱分極または過分極が生じる。これは、高等生物の神経細胞と同じ仕組みである。そこで、ヤリイカ神経細胞の膜電位変化をモデル化したHodgkin-Huxleyの方程式<sup>18)</sup>を参考にゾウリムシの膜電位変化を計算する<sup>8), 9), 10)</sup>。

$$V(t) = \frac{1}{C_m} [-I_{\text{Ca}}(t, V) - I_{\text{K}}(t, V) - I_{\text{leak}}(t, V)] \quad (2)$$

ここで、 $V(t)$ は膜電位、 $C_m$ は膜容量、 $I_{\text{Ca}}(t, V)$ は $\text{Ca}^{2+}$ 電流、 $I_{\text{K}}(t, V)$ は $\text{K}^+$ 電流、 $I_{\text{leak}}(t, V)$ はその他のイオンに関する電流である。また、この膜電位変化によって流入した $\text{Ca}^{2+}$ 濃度 $[\text{Ca}^{2+}]_i$ も算出する<sup>8), 9), 10)</sup>。

#### 3.3 運動プロセス

ゾウリムシの運動は、有効打の方向 $\phi$ と繊毛を打つ頻度 $f$ によって決まる(図2(a))。有効打の方向 $\phi$ は細胞内に流れ込んだ $\text{Ca}^{2+}$ 濃度 $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 、繊毛を打つ頻度 $f$ は膜電位 $V$ に依存して変化する<sup>11), 19), 20)</sup>。そこで、情報処理プロセスで計算した $[\text{Ca}^{2+}]_i$ と $V$ とから、有効打の方向 $\phi$ と頻度 $f$ を次式で計算する。

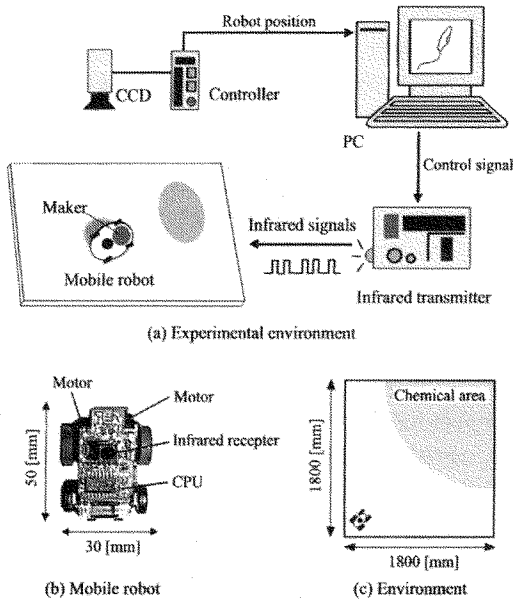


Fig. 5 Mobile robot control system

$$\phi([Ca^{2+}]_i) = \begin{cases} A_\phi \log [Ca^{2+}]_i & ([Ca^{2+}]_i \leq C_\phi) \\ A'_\phi \log [Ca^{2+}]_i & ([Ca^{2+}]_i > C_\phi) \end{cases} \quad (3)$$

$$f(V) = (IE_{rest}(t) - V(t) + f_0)^\beta \quad (4)$$

ここで、 $A_\phi$ 、 $A'_\phi$ は織毛打方向を決定する係数、 $C_\phi$ は織毛打方向が3時方向を向くときの $[Ca^{2+}]_i$ である。一方、 $f_0$ は通常時の織毛打頻度、 $\beta$ は定数である。単位時間あたりの織毛打頻度から駆動力を計算し、有効打方向 $\phi$ を用いて進行方向に対する推進力を計算する。さらに、腹部で発生する特殊な織毛の動きを考慮し、ゾウリムシの運動状態を計算する<sup>9), 10)</sup>。

#### 4. 移動ロボットのバイオメテック制御

前章で説明したバーチャルゾウリムシを用いて、小型移動ロボットのバイオメテック制御を試みた。

##### 4.1 制御システムの構成

移動ロボット制御システムを図5 (a)に示す。使用する移動ロボット(DQ-04 : TAKARA)は、長さ約50 [mm]、幅30 [mm]の二輪独立駆動型である(図5 (b))。この移動ロボットにはセンサ類の実装が困難であるため、環境計測の手段として画像処理システムを採用した。1800 [mm]×1800 [mm]のフィールド上にグローバル座標系を設定し、天井に設置したCCDカメラで移動ロボットに取り付けた半

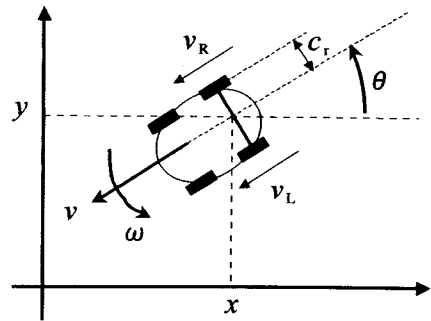


Fig. 6 Kinematic model for the mobile robot

径30 [mm]の円形マーカーの動きを撮影する。そして、画像処理装置(CV-2000 : KEYENCE)を用いてパターンマッチングを行い、マーカーの位置座標を計測する。予め環境の仮想的な化学物質濃度を位置座標の関数として用意しておき、移動地点における化学物質の濃度を計算しゾウリムシモデルへ入力する。バーチャルゾウリムシは、この入力をもとに3.1, 3.2, 3.3節で説明した情報処理を行い、環境に応じた運動を決定する。

次に、ゾウリムシモデルが決定した運動をコマンド化して、RS232Cシリアルインターフェースから赤外線送信機に伝え、その動きを実現するための赤外線信号を移動ロボットに送信する。移動ロボットは赤外線受光部で制御指令を受信し、2つの後輪モータの回転方向と速度を独立に制御することで環境に応じた運動を実現する。次節では、この移動ロボットの制御を行うための運動モデルについて説明する。

##### 4.2 移動ロボットの運動モデル

DQ-04は前後に二対の車輪を持つ四輪ロボットで、後輪がそれぞれ独立に制御可能である。この左右の後輪の回転方向と速度によってロボットの運動を決定する。ここで、図6に示す後輪駆動型移動ロボットの運動モデルを考える<sup>21)</sup>。

まず、 $v_L$ および $v_R$ を左右の車輪の並進速度(回転速度と半径の積)、 $2c_r$ を車軸の長さ、 $(x,y)$ をロボットの位置座標、 $\theta$ をx軸に対する移動ロボットの前後軸の傾きと定義する。すると、移動ロボットの進行方向への前進速度 $v$ と回転角速度 $\omega$ からなる制御入力 $u$ は次のように表せる<sup>21)</sup>。

$$u = \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2c_r} & -\frac{1}{2c_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_L \\ v_R \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここで、状態 $p$ 、座標変換行列 $G$ を

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

とすると、移動ロボットの状態方程式は、以下の式で記述できる。

$$\dot{p} = Gu \quad (7)$$

したがって、バーチャルゾウリムシによって算出された移動ロボットの目標速度 $u$ を実現するのに必要な $v_L$ および $v_R$ に対応する制御信号をDQ-04に送信することで、バイオミメティック制御が可能となる。なお、本システムでは、ゾウリムシの遊泳速度とロボットの移動速度の比率は1:1000に設定した。

### 4.3 制御実験

前節までに説明したバイオミメティック制御システムを用い、バーチャルゾウリムシに基づく移動ロボットの制御実験を行った。1800[mm]×1800[mm]のフィールド上に、点(900, 900)[mm]を中心とする半径500[mm]の円領域を設定し、この円の内部を定濃度の化学物質領域とした。移動ロボットのバッテリー残量が、走行能力に影響を与えるため、実験ごとに十分に充電を行った。

まず、忌避物質領域に対する移動ロボットの軌跡を図7(a)に示す。軌跡上の点は、移動ロボットの位置座標を2[sec]ごとにプロットしたものであり、図中の円弧内の領域が忌避物質領域である。移動ロボットは忌避物質領域を感知すると一時的に後退し、方向転換を行うことでこの領域への進入を回避

している様子が分かる。次に、誘引物質領域に対する移動ロボットの軌跡を図7(b)に示す。軌跡上の点は、位置座標を0.5[sec]ごとにプロットしたものである。プロットした点の間隔に注目してみると、誘引物質領域への進入によって移動ロボットが速度を増していることが分かる。以上のことから、忌避物質領域に対しては逃避行動を行い、誘引物質領域では速度を増すといったゾウリムシの基本的な応答が実現されていることが確認できる。

次に、誘引物質領域への集積現象の一例を図7(c)に示す。まず、誘引物質領域を感知すると図7(a)と同じく加速する。図中、aからbでは誘引物質領域から外れたことを感知し、後退している(回避行動)。その後、後退しながら誘引物質領域に進入したため、後退が終わると勢いよく領域外へ飛び出してしまっているが、cで領域から外れたことを感知すると、再び回避行動を行い誘引物質領域に戻っている。再度、領域から外れたdでも、同様に回避行動をとっていることが分かる。これより、ゾウリムシの誘引物質領域に対する集積アルゴリズムが有効に機能していることが確認できた。

## 5. おわりに

本稿では、高等生物同様に電気生理現象を有するゾウリムシのコンピュータモデル「バーチャルゾウリムシ」を用いた移動ロボットのバイオミメティック制御の一例を紹介した。著者らの研究グループでは、ゾウリムシのほかにも線虫(*C. elegans*)を取り上げ、その神経回路モデルを開発中である<sup>22), 23)</sup>。

線虫は、約1000の細胞からなる細長い微生物でヘビのように体をくねらせて進む。体の構造は単純だが、筋や神経系など動物としての基本的な構造を

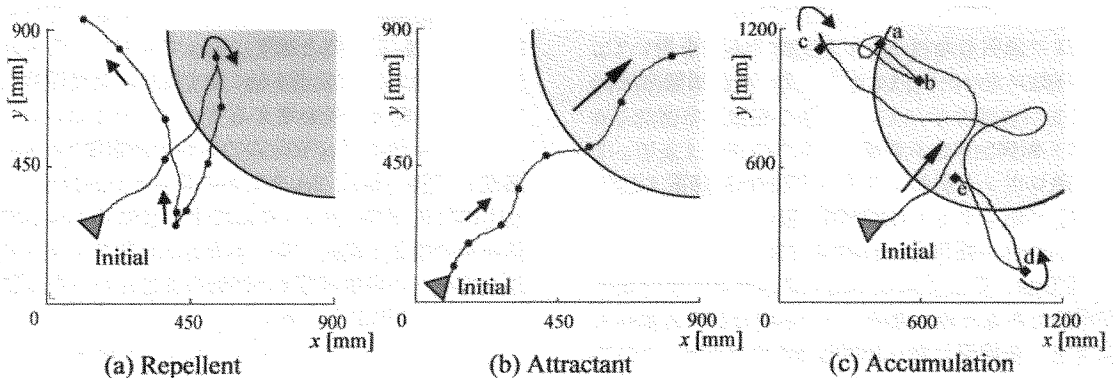


Fig. 7 Trajectories of the mobile robots

有しており、さまざまな刺激を処理して、刺激に応じた行動を実現することができる。今後は、多細胞生物を対象として、体の構造や形状に応じた制御方法の違いを考察する予定である。そして、生物の巧みな環境探索能力や適応能力の源である生物メカニズムが、機械設計や人工物制御のソフトウェアとしてどこまで利用可能であるかを検証するとともに、生物に学んだソフトウェアと最新のロボット技術を組み合わせることにより、「生物を超えた」人工システムの設計にも取り組めればと考えている。

#### 謝辞

日頃から多くのご助言を頂いている大阪大学大学院工学研究科 大竹久夫先生、広島大学大学院先端物質科学研究科 滝口昇先生、および本研究を遂行する上で多大なるご協力を頂いたハワイ大学客員教授 内藤豊先生に深く感謝します。また、バーチャルゾウリムシの開発に積極的に取り組んでくれた本学卒業生、橋上幸治君、後藤武志君、五嶋俊貴君に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 大竹久夫：生きものたちのソフトウェア，共立出版，1998.
- 2) D. Bray and S. Lay : Computer Simulated Evolution of a Network of Cell-Signaling Molecules, *Biophysical Journal*, Vol. 66, pp. 972-977, 1994.
- 3) D. C. Hauri and J. Ross : A Model of Excitation and Adaptation in Bacterial Chemotaxis *Biophysical Journal*, Vol. 68, pp. 708-722, 1995.
- 4) M. Tomita, K. Hashimoto, K. Takahashi, T. S. Shimizu, Y. Matsuzaki, F. Miyoshi, K. Saito, S. Tanida, K. Yugi, J. C. Venter, and C. A. Hutchison III : E-CELL: software environment for whole-cell simulation, *Bioinformatics*, Vol. 15, No. 1, pp. 72-84, 1999.
- 5) 諸星知広，辻敏夫，大竹久夫：細菌細胞の運動制御モデルと走化性シミュレーション，計測自動制御学会論文集，Vol. 34, No. 11, pp. 1732-1738, 1998.
- 6) 辻敏夫，橋上幸治，金子真，大竹久夫：遺伝的アルゴリズムによるバーチャル・バクテリアの走化性発現，電気学会論文誌C，電子・情報・システム部門誌，Vol. 122-C, pp. 201-207, 2002.
- 7) 辻敏夫，坂根彰，福田修，金子真，大竹久夫：バクテリアの走化性モデルに基づく移動ロボットのバイオミメティック制御，日本機械学会論文集（C編），Vol. 68, No.673, pp. 171-178, 2002.
- 8) 平野旭，辻敏夫，滝口昇，大竹久夫：機械刺激に対するゾウリムシの膜電位変化のモデル化，計測自動制御学会論文集，Vol. 41, 2005 (in press).
- 9) 平野旭，鈴木芳代，辻敏夫，滝口昇，大竹久夫：ゾウリムシの走化性メカニズムに基づいた移動ロボットの制御，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演2004講演論文集，1A1-L1-23, 2004.
- 10) 平野旭，鈴木芳代，辻敏夫，滝口昇，大竹久夫：ゾウリムシモデルによる移動ロボットのバイオミメティック制御，第17回バイオエンジニアリング講演会講演論文集，pp.339-340, 2005.
- 11) 内藤豊：単細胞動物の行動，東京大学出版会，1990.
- 12) 堀田康夫：www.w-nature.com/zouri3.htm
- 13) 堀田康夫：ゾウリムシ，科学技術映像祭 科学教育部門 科学技術長官賞，2000.
- 14) N. Takiguchi, T. Tajima, K. Asayama, T. Ikeda, A. Kuroda, J. Kato, H. Ohtake, and H. Kaneko : Behavioral Responses of the Ciliated Protozoan *Paramecium caudatum* to 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid and Its Analogues, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol. 93, No. 4, pp. 416-420, 2002.
- 15) Y. Naitoh : Ionic Control of the Reversal Response of Cilia in *Paramecium caudatum*, *J. gen. physiol.*, Vol. 51, pp. 85-103, 1968.
- 16) H. Macheimer and A. Ogura : Ionic Conductances of Membranes in ciliated and Deciliated *Paramecium*, *J. physiol.*, 296, pp. 49-60, 1979.
- 17) 赤澤堅造：生体情報工学，東京電気大出版局，pp. 36-37, 2001.
- 18) A. L. Hodgkin and A. F. Huxley : A Quantitative Description of Current and Its Application to Conduction and Excitation in Nerve, *The Journal of Physiology*, Vol. 117, pp.500-544, 1952.
- 19) Y. Naitoh and H. Kaneko : Reactivated Triton-Extracted Models of *Paramecium*: Modification of Ciliary Movement by Calcium Ions, *Science*, Vol. 176, pp. 523-524, 1972.
- 20) 杉野一行，内藤豊：ゾウリムシの遊泳軌跡の測定法，生体の科学，医学書院，39巻，5号，pp.

485-490, 1988.

- 21) 三平満司：非ホルモンミック系のフィードバック制御，計測と制御，Vol.36, No.6, 396-403, 1997.
- 22) M. Suzuki, T. Tsuji, and H. Ohtake：A Model of Motor Control of the Nematode *C. elegans* with Neuronal Circuits, *Artificial Intelligence in Medicine*, 2005 (in press).

辻 敏夫



1985年広島大学院工学研究科博士課程前期修了。同年同大学工学部助手。1994年同助教授を経て、2002年より同大学大学院工学研究科教授，現在に至る。工学博士。IEEE Robotics and Automation Society Best Transactions Paper Award(2004)，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門学術業績賞(2004)などを受賞。生体とロボットの運動制御，ニューラルネット，ヒューマン・インタフェースなどの研究に従事。

- 23) M. Suzuki, T. Goto, Toshio Tsuji, and H. Ohtake, A Dynamic Body Model of the Nematode *C. elegans* with Neural Oscillators, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.17, No.3, 2005 (in press).

平野 旭



2003年3月広島大学工学部第二類電気電子工学課程卒業。現在，広島大学大学院工学研究科博士課程後期在学中。人工生命体，シミュレーション生物学などの研究に従事。電気学会，情報処理学会などの学生会員。

鈴木 芳代



2003年3月広島大学大学院教育学研究科博士課程前期修了。同年4月同大学大学院工学研究科博士課程後期進学。2004年4月日本学術振興会特別研究員，現在に至る。適応制御，生命体モデルなどの研究に従事。IEEE，計測自動制御学会，電子情報通信学会などの学生会員。

## 会告

### 公開研究会・講演会(旧：教育研究事例発表会)の2回目のお知らせ 技術と社会の関連を巡って：過去から未来を訪ねる —日本設計工学会・日本機械学会共催—

標題講演会については，すでに8月号でお知らせしたとおりですが，今回は発表時間，発表方法，講演原稿等に関して詳細にお知らせします。

開催日：2005年12月10日(土)  
会場：明治大学駿河台校舎リパティタワー内講義室(東京都千代田区神田駿河台1-1)  
日程：公開研究会・講演会・高校生作品発表会 2005年12月10日(土)  
懇親会 同上

発表セッション：

☆オーガナイズセッション講演☆

「機械技術史・工学史」「技術教育・工学教育」「設計教育・CAD教育」

☆高校生による作品発表会☆

応募資格：

オーガナイズセッション：共催学会いずれかの正会員，賛助会員，学生会員，またはその共同研究者

高校生による作品発表会：会員資格の有無は問いません。

発表時間：20分(うち5分は質疑)

講演申し込み方法：

日本設計工学会のホームページ(<http://www.jsde.or.jp/>)または日本機械学会のホームページ(<http://www.jsme.or.jp/>)の講演申し込みフォームをプリントアウトし，必要事項を記入の上，講演募集の申込先(8月号をご覧ください)に申し込みください。採否につきましては9月末「採用通知」にてご連絡いたします。

講演申込締切日：2005年9月15日(木) 消印有効

原稿締切日：2005年10月31日(月)

原稿の書き方

オーガナイズセッション：A4版で4ページ，書式は日本機械学会ホームページを参照ください。フォーマットは申し込み後にも，確認の意味で送付します。

高校生による作品発表会：ポスターまたは論文。別に定めるフォーマットを申し込み後に送付いたします。

参加費

参加登録費 会員(含む共催団体)：2000円 一般：3000円  
学生会員(含む共催団体)：無料  
高校教員および生徒は無料

講演論文集 3000円

懇親会参加費 5000円