

## 自己評価報告書

平成 23 年 3 月 31 日現在

機関番号：15401  
研究種目：新学術領域研究  
研究期間：2008～2012  
課題番号：20115010  
研究課題名（和文） 生物行動のシステム工学的解釈とバイオミメティック・センサ・システムの提案  
研究課題名（英文） Interpretation of biological behavior from a systems engineering point of view and its application to biomimetic sensor systems  
研究代表者  
辻 敏夫 (Tsuji Toshio)  
広島大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号：90179995

研究分野：人工生命体，ニューラルネット，マン・マシンシステム

科研費の分科・細目：

キーワード：(1) 生物模倣型センサシステム， (2) 化学受容， (3) 刺激応答，  
(4) 線虫の神経-筋モデル， (5) マウスの嗅神経系モデル，  
(6) バイオアッセイシステム， (7) 呼吸波

## 1. 研究計画の概要

近年，環境中に存在する化学物質が生物に与える影響を定量評価するためのセンサシステムの必要性が指摘されている．これに対して，本研究では，感覚入力に対する応答を行動出力（運動）によって評価することが比較的容易な線虫，げっ歯類（マウス，ラット）および小型魚類（ゼブラフィッシュ，メダカ）を対象とし，生物の神経情報処理メカニズムに学んだ環境センシング技術を創出するための以下5項目を達成目標としている．

(1) 化学物質に対する生物行動モデルの構築とシミュレーション

① 線虫の神経-筋モデルを用いて刺激応答の神経情報処理メカニズムを探る

② マウスの嗅神経系モデルと行動実験とによりニオイ識別に有効な選択的注意メカニズムを探る

(2) 生物の情報処理メカニズムに基づくバイオミメティック・センサ・システムの開発

③ 線虫の刺激応答メカニズムを応用して移動ロボットの環境適応制御を実現する

④ マウスのニオイ識別アルゴリズムを実装したニオイセンサシステムを開発する

⑤ 小型魚類（ゼブラフィッシュ等）を「生きたセンサ」として用いたバイオアッセイ（水質検査装置）システムを開発する

## 2. 研究の進捗状況

達成目標の各項目に対する研究成果を以下に報告する．

① 線虫の実神経構造に基づく神経-筋モデルを構築し，生物実験では技術的に計測が困難な線虫身体の力学特性を推定するアル

ゴリズムを考案し，コンピュータシミュレーションにより線虫特有のくねり運動を再現した．また，「咽頭筋のポンピング運動（嚥下・咀嚼）」に着目して放射線応答を調べた．その結果，放射線照射直後の運動性が線量依存的に低下すること，この運動低下が照射後数時間で完全に回復することなどを発見した．

② 生物と同様に神経活動に基いたニオイ識別手法を開発するために，ニオイ分子のグラフ構造を入力とするラット嗅球の糸球体の神経活動予測モデルを構築した．また，神経活動に基いたニオイ識別アルゴリズムとして，嗅覚系における選択的なアテンション機能に着目し，解剖学的な嗅覚系のマクロ構造に基づき嗅神経回路モデルを構築した．

③ ①項で構築したモデルに基いて，線虫の化学走性メカニズム（ピルエット機構と風見鶏機構）を再現するモジュラーロボットの製作を進めている．

④ ②項で構築した嗅覚系モデルを用いてニオイの感覚を定量化する方法を開発するために，モデルが予測した神経活動とヒトの感覚の関連を実験的に検討し，ヒトの感覚を予測する新たなモデルの構築を進めている．

⑤ 小型魚類から呼吸波と呼ばれる呼吸に同期する生体電気信号を計測するシステムを構築した．また，呼吸波の周波数成分の時間変化から水質の汚染を判別するシステムの構築に成功した．さらに，計測システムを用いて，呼吸波のパワースペクトルの空間分布から魚の位置・速度の推定に成功した．

### 3. 現在までの達成度

#### ① 当初の計画以上に進展している

達成目標①②⑤項に関しては、当初予定していた研究期間終了時の目標を、現時点でほぼ達成している。特に、⑤項に関しては当初の目標であったバイオアッセイシステムの構築だけではなく、生体電気信号を用いて魚の遊泳行動を計測するというこれまでにない新しいシステムの構築に成功した。③④項については、現在取り組んでいる課題であり、その進展も順調である。

### 4. 今後の研究の推進方策

生物の神経情報処理メカニズムに学んだ環境センシング技術を創出するために、これまでに構築した生物の化学受容モデルや神経情報処理モデルをハードウェアに実装する。具体的には、線虫の化学走性モデルを用いて、現在構築中のモジュール型ロボットの移動制御を行う（達成目標③項に対応）。また、マウスのニオイ識別アルゴリズムをニオイセンサに実装し、ヒトのニオイ感覚が予測できる新たなセンサシステムの構築を目指す（達成目標④項）。

### 5. 代表的な研究成果

（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8件）

1) Z. Soh, T. Tsuji, N. Takiguchi, H. Ohtake, An Artificial Neural Network Approach for Glomerular Activity Pattern Prediction Using the Graph Kernel Method And the Gaussian mixture functions, *Chemical Senses*, 査読有, 2011, in press

2) 寺脇 充, 曾 智, 平野 旭, 辻 敏夫, 小型魚類の生体電気信号を利用したバイオアッセイシステムの提案, 計測自動制御学会論文集, 47巻, 査読有, 2011, pp.119-125

3) 滝口 昇, 生物由来制御アルゴリズムの工学的応用に関する研究, *生物工学会誌*, 88巻, 査読有, 2010, pp.108-113

4) Tsuji, T., Suzuki, M., Takiguchi, N., and Ohtake, H, Biomimetic control based on a model of chemotaxis in *Escherichia coli*, *Artificial Life*, Vol.16, 査読有, 2010, pp.155-177

5) Suzuki, M., Sakashita, T., Yanase, S., Kikuchi, M., Ohba, H., Higashitani, A., Hamada, N., Funayama, T., Fukamoto, K., Tsuji, T., and Kobayashi, Y. Effects of ionizing radiation on locomotory behavior and mechanosensation in *Caenorhabditis elegans*, *J. Radiat Res.*, Vol.50, 査読有, 2009, pp.119-125

〔学会発表〕（計11件）

1) Suzuki, M., Sakashita, T., Hattori, Y., Tsuji, T., and Kobayashi, Y. (2010). Effects of ionizing radiation on pharyngeal pumping in *Caenorhabditis elegans*, 4th East Asia *C. elegans* Meeting, 11-14 Jul. 2010, Tokyo Japan.

2) 辻 敏夫, 生体のしくみに学ぶものづくりー生体メカニズムとロボット技術のマッチング, 日本機械学会中国四国地区特別講演会 (招待講演), 2010年3月25日, 広島

3) 寺脇 充, 曾 智, 平野 旭, 辻 敏夫, 無拘束・非接触生体電気信号計測に基づく小型魚類の状態判別法, 第30回バイオメカニズム学術講演会, 2009年11月14~15日, 北海道

4) Suzuki, M., Sakashita, T., Hattori, Y., Yanase, S., Kikuchi, M., Funayama, T., Yokota, Y., Tsuji, T., and Kobayashi, Y., The video-based quantitative evaluation of IR-induced effects on locomotory behavior in *Caenorhabditis elegans*, 17th International *C. elegans* Meeting, 24-28 Jun. 2009, Los Angeles, U.S.A.

5) Soh, Z., Tsuji, T., Takiguchi, N., and Ohtake, H, Neuro-based olfactory model for estimation of sensory characteristic of mice, The 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 21-26 Feb. 2009, Bangkok Thailand

〔その他〕

ホームページ

<http://www.molecular-ethology.jp/>