

小林 亮

広島大学大学院理学研究科
教授

環境を友とする制御法の創生

§ 1. 研究実施体制

(1) 小林グループ

① 研究代表者: 小林 亮 (広島大学大学院理学研究科、教授)

② 研究項目

- ・ 1次元運動におけるダイナミックフログラフの構築
- ・ スナガニの脚歩行/走行における歩容遷移のモデルの構築
- ・ エコーロケーションによるコウモリの飛行軌道設計モデルの構築
- ・ 粘菌の適応的ロコモーションの数理モデルの構築
- ・ 手応え制御の枠組みに関する考察
- ・ 多脚歩行の数理モデルの構築

(2) 石黒グループ

① 主たる共同研究者: 石黒 章夫 (東北大学電気通信研究所、教授)

② 研究項目

- ・ ミミズやイモムシなどの蠕動運動に内在する自律分散制御則の数理モデル構築
- ・ ムカデなどの超多脚歩行に内在する脚間協調メカニズムの数理モデル構築, ならびに検証用のロボットプラットフォームの設計・製作
- ・ 手応え制御に基づく4脚動物の CPG モデルの再考
- ・ 全方向移動可能とするヘビのロコモーションの考察
- ・ コオログが示すマルチモーダルロコモーションの生物行動学的考察
- ・ 手応え制御に基づく2脚歩行の CPG モデルの再考
- ・ 手応え制御に基づくクモヒトデの腕内・腕間協調メカニズムの再考

(3) 青沼グループ

① 主たる共同研究者: 青沼 仁志 (北海道大学電子科学研究所、准教授)

② 研究項目

- ・ 節足動物(コオロギ, ムカデ)を使った歩行から遊泳へのロコモーションパタンの遷移について行動学実験と解析
- ・ コオロギ, ムカデ, クモヒトデの筋骨格系の解剖学的形態観察
- ・ 節足動物のロコモーションに関わる神経細胞の活動の電気生理学計測
- ・ コオロギの遊泳の誘発について身体と環境との相互作用についての解析
- ・ 動物の手応え制御の実験的解析
- ・ 動物の運動発現における陰制御と陽的制御の抽出について考察

(4) 大須賀グループ

① 主たる共同研究者: 大須賀公一 (大阪大学大学院工学研究科、教授)

② 研究項目

- ・ 生物の電気生理実験による神経細胞発火観察(青沼グループとの協働)
- ・ 昆虫の外部観察と内部観察による生物の構造の理解と制御構造との関係理解
- ・ 陰陽制御の概念の明確化
- ・ 陰陽制御理論の構築
- ・ 手応え制御に適した人工的線状腕の設計を試作
- ・ 手応え制御理論の構築

§ 2. 研究実施の概要

工場で働くロボットアームが高速で正確な動きを達成している一方で、動物のように未知の環境下をタフに動き回ることができる移動ロボットは、現在のところ存在しない。それは何故か？ 我々は、伝統的なロボットの「制御法」にいくつかの根本的な問題があることが原因だと考えている。それは、環境との相互作用を望ましくないものとする思想、陽的制御への過度の依存、中枢制御への偏向である。これらはすべて、制御理論のセントラルドグマとも言うべき枠組みを、そのまま移動ロボットの制御に導入したことに起因しており、いわば制御理論における「成功体験の呪縛」が困難な状況をもたらしているとも言える。本プロジェクトでは、これまでの我々の研究に立脚して、現在の閉塞状況を打破するために目指すべき制御法の指針を、次の3つに集約した。

- (1) 手応え制御: 環境との相互作用をリアルタイムに評価しながら、利用できるものは積極的に利用する。
- (2) 陰陽制御: 陽的制御(書かれた制御則)と陰的制御(身体と環境のダイナミクスから表出する制御則)の適切な結合により、環境適応的な制御を実現する。
- (3) 階層制御: 自律分散制御と中枢制御が適切に組み合わせられていて、大自由度を持つ身体を無理なくリアルタイムで制御できる。

我々は、これらを統合した制御法を「環境を友とする制御法」と名付け、その創成を目指す。動物たちは進化の果てに、未知で複雑な環境下を動き回る術を獲得しているので、まず我々は動物に学ぶことから始める。そのために、動物たちの運動と制御のしくみを数理モデルによって記述し、上記の3つの視座を通して解釈する。その知見をもとに、新しい制御理論と、動物並みに動き回ることのできる移動ロボットを創出することを最終的な目標とする。

プロジェクトのアウトラインにそって、平成26年度は以下のような研究を行った。陰陽制御においては、陽的制御と身体が渾然一体となって機能する。それゆえ生物の中に陰陽制御を見定めるには、動物の身体の構造をよく知る必要がある。初年度はコオロギやムカデなどの節足動物、クモヒトデを対象として、その身体構造をX線マイクロCTを用いて詳細に観察することから始めた(図1)。これによって、神経や筋骨格系の配置が3次元データとして取得でき、生理学実験も非常にやりやすくなる。またこれと並行して、ムカデやコオロギの歩容実験を行い、基質の条件次第で、様々なタイプの歩容が出現することを明らかにした。理論面では、様々な動物の脚歩行/走行の数理モデル化を行い、手応え制御の作業仮説のもとに歩容の生成や遷移について解析を行った。また、実機による検証を行うために、モジュール数を変えることで様々な脚数のロコモーションを実現できるロボットを製作した(図2)。

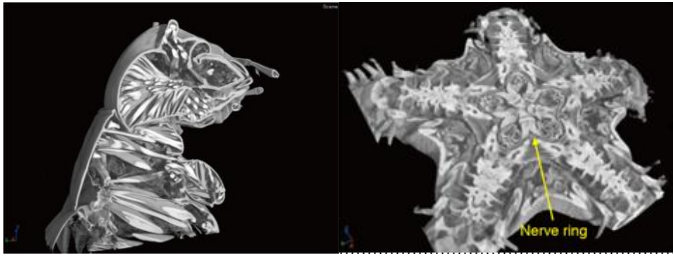


図1: コオロギ(左)とクモヒトデ(右)の X 線マイクロ CT 像

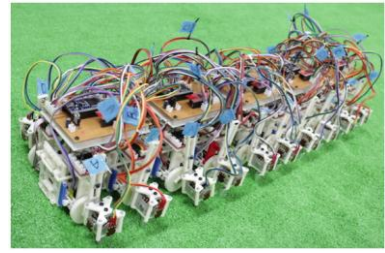


図2: モジュール型多脚ロボット