

日本機械学会 IIP 部門分科会

「知的システム分科会」 東北大学 石黒研究室見学会 報告書

開催日時: 2011年1月25日 13:30 – 16:00  
開催場所: 東北大学 青葉山キャンパス 電気・情報系1号館5階  
参加者: 研究紹介: 石黒 章夫 先生(東北大学)  
参加者(敬称略): 秋葉(東芝)、鈴木(工学院大学)、古性(日産)[主査]、  
佐々木(日産)[幹事]

研究紹介「自律分散制御のロボットへの適用」

東北大学大学院工学研究科電気・通信工学 教授 石黒 章夫

### 研究紹介

あたかも生命を持つかのような生き生きと振舞うロボットを提案して注目を浴びている石黒先生から、研究の背景をご紹介頂いた。

従来のロボットの多くはすべての可動部を含む全体の運動方程式に基づき制御を一括して計算している。この中央集権型制御は、センシングの誤差やロボット自身の変化(例えば荷物を載せたロボットでは質量や慣性モーメントが変化)に対応しようとするとその代償としてぎこちない動きとなることがあった。それに対し生命の動きは滑らかであり、かつロバスタであることが多い。この生命のなめらかさ・ロバスタ性の本質を追求している過程で自律分散制御に導かれ、あたかも生命であるかのような振る舞いを示すロボット研究を加速させることになった。



自律分散制御は複数の同一モジュールから構成されており、これらのモジュールは自律機能と協調機能を併せ持っている。機能は非常にシンプルであるが、この骨格を導くために実際の生命観察は重要であると石黒先生は説明している。現在、研究室が作り出したロボットのひとつにアメーバロボットがあるが、これは真正粘菌と呼ばれる実際の生命体の観察を通じて構成された。ロボット研究室の中に生命体を培養する装置があり、これは他の研究室に見られないユニークなものとなっている。

自律機能と協調機能はシンプルであるにも関わらず、その動きは実際の生命体を連想させるものである。原始的なアメーバと言えども捕食行動をし知的生命体と言えるものであるが、その中にあるものは複数の核(真正粘菌は多核細胞)のシンプルな自律機能と協調機能でしかないかもしれない。分散制御の持つ一見原始的な骨格のなかに知的システムのヒントがあると石黒先生は説明する。アメーバロボットやへび型ロボットはその形態が主目的ではなく、あくまで知的なシステムを実現していくことが石黒研究室の目的である。

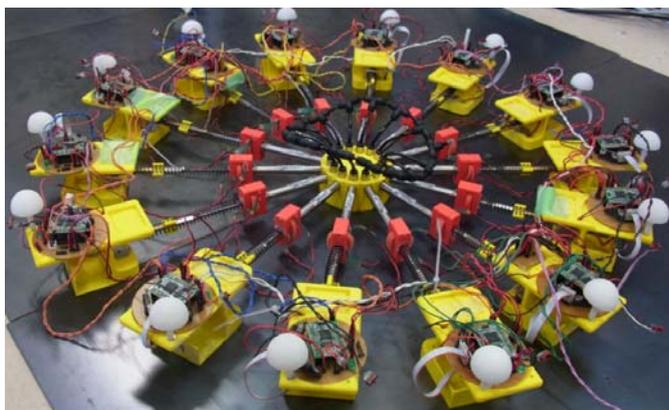
今後、参考とする生命の範囲を広げていき、自律機能・協調機能をどのように組み合わせていくべきか研究を深めていく。

### ディスカッション

- ・歩行時に人は足の運びや手の振りを意識しない。移動・バランス等を全体の運動方程式を解かないで実現するメカニズムとして自律分散システムに着目し研究を進めている。(石黒先生)  
→セントラルパターンジェネレータ等、この方面が活発になっています。全体の運動方程式が複雑になるほど、未知の寄生要素や外乱にロバスタになるためにはより保守的な制御となり、結果としてぎこちない制御となっていく感があります。全体の運動方程式を解きながら制御を実現していくとなると、複雑なメカニズムになるほどその実現は困難となることが予想されます。(参加者)
- ・現在、アメーバやへび等、一見奇妙な生命を題材に研究を進めていますが、その究極的な目標として未知の環境に柔軟に対応できるロボットを実現していくことを考えています。(石黒先生)

## 研究室見学

複数のロボットのデモが行われた。いずれも自律分散システムであり、複数のモジュールに搭載されている同一のロジックは非常にシンプルであるにも関わらず、全体としての動きは生命を連想させるものであった。



### 真正粘菌をモチーフとした大自由度アメーバロボット

真正粘菌に存在する複数の核がモジュールのモデルとなっており、それら複数のモジュールは Real-timing Tunable Spring ; RTS を介して1つに結ばれている。また、各モジュールは床と接触しており、この接触の摩擦係数と前記 RTS のスティッフネスが制御要素である。これら制御要素は近傍のモジュールのみでなく、離れたモジュールからも長距離の作用を受けるように構成される。各モジュールに実装された同一のロジックは非常にシンプルであるにもかかわらず、システム全体の、あたかもアメーバのように動く姿は生命の神秘に触れるようでもあり感動的であった。

### へび型ロボット

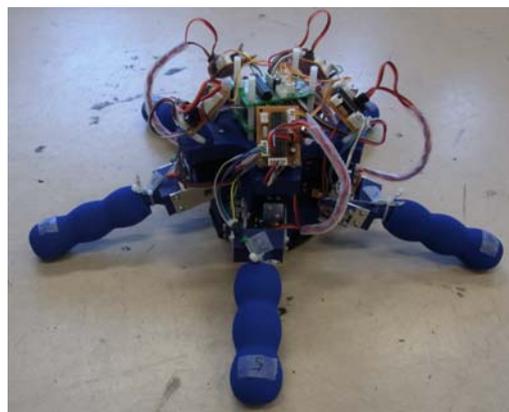
複数のモジュールが線上に連結し、全体としてへびのような形態を有するロボット。各モジュールは床面に垂直な軸を関節として繋がっており、この回転のフリクションが制御要素である。このフリクションもモジュールの自律分散によって制御されており、全体として現れる行動形態は生物そのものであった。

### 4足ロボット

一見すると普通の4足ロボットと思われる形態を持ちながら、驚くことに運動方程式を解かないで4つの足の自律分散制御により移動を実現している。2足歩行ロボットに繋がっていくことを予感させるものである。

### 魚のひれロボット

ひれを構成している小骨がモジュールとして存在し、それらがひれを動かすロボット。この小骨の自律分散制御もシンプルな構成であり、また、ひれの動きも推進力を発生させると予感させる出来である。

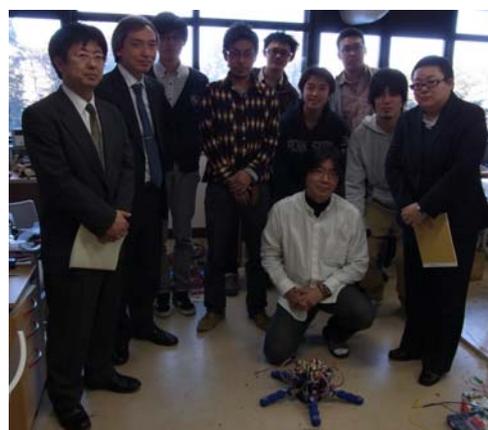


### クモヒトデロボット

5本の足から構成され、それらは胴体を動かす足としても、進行方向の障害物を探知する触覚としても機能する。移動している最中に障害物にたどり着くと、最初に触覚であった足が胴体を動かし、最初胴体を動かしていた足が触覚として移動方向を切り替える。5本の足はモジュールとして同一のロジックが搭載され、そこには特別の切り替えロジックが存在している訳ではないから不思議である。

## まとめ

アメーバやへびのような奇妙な生命を実現する試みの奥に、我々にとって真に必要なロボット＝未知な環境にも柔軟に対応できるロボットを実現していこうとする石黒先生および研究室の熱意が理解できました。人間は確かに脳を持っていて、意識的に手や足を動かすことができると同時に、歩行時にはそれらを意識しないで動かしています。このメカニズムには制御の分散化＝自律分散制御があるのではないかと、すると自律分散はどう構成されるべきかをまず明らかにしていくべきではないかと石黒研究室の研究原点となっています。セントラルパターンジェネレータによる歩行メカニズムが脚光を浴びていますが、それと同時に自律分散という根源的な原理を探求する研究の進め方に共感しました。



(文責 古性)