

# 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 —

東京大学 ○浅間 一

## Emergence of Adaptive Motor Function through Interaction between Body, Brain and Environment - Understanding of Mobiligence by Constructive Approach -

○Hajime ASAMA, The University of Tokyo

Abstract: A new program entitled *Emergence of Adaptive Motor Function through Interaction between Body, Brain, and Environment – Understanding of Mobiligence by Constructive Approach* - started in 2005, as a MEXT Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas. In this keynote presentation, the outline of the program is introduced. Its objective is to elucidate the mechanism of adaptive motor function by constructive approach in collaboration with biology and engineering, which must be emerged through dynamic interaction between body, brain and environment, derived by mobility.

### 1. はじめに

平成 17 年度より、文部科学省科学技術研究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—」[1]がスタートした。本特定領域は、5 年間のプロジェクトである。平成 17 年度は計画班で研究が開始されたが、平成 18 年度および平成 20 年度から 2 年間行う研究を公募する予定である。すでに本研究領域に関連した計測自動制御学会誌「計測と制御」の特集号が発刊されたが[2]、本キーノート講演では、本特定領域研究の領域代表として、その概要について述べる。

### 2. 移動知研究の目指すもの

われわれ人間は、未知の環境においても適応的に行動することができる。すべての動物は、様々な形態の移動行動（遊泳、飛翔、歩行など）、リーチング、捕獲などの腕・手の動作行動、他の個体に対する社会性行動などを、多様で複雑な環境において適応的に行うことができる。これらの機能は、動物が生存する上で最も基本的で、必須な知的機能（生存脳機能[3]）である。

このような適応的行動は、脳疾患によって損なわれることが知られている。パーキンソン病は、典型的な適応的運動機能障害の例であるし、うつ病や自閉症も社会的な適応機能障害であると考えられることができる。

近年、高齢化や社会環境の変化によって、このような適応的行動障害を持つ人の割合が急激に増加しており[4]、それに対する取り組みが急務となっている。しかしながら、このような適応行動がどのようなメカニズムで発現するかについてはほとんど明らかになっていない。移動知研究は、まさにこのような生物の適応的行動がどのようなメカニズムで発現するのかを解明することを目的としている。

### 3. これまでの取り組み

移動知研究は、北村新三先生（神戸大学副学長）が領域代表をされた、科学技術研究補助金重点領域研究「創発的機能形成システムのシステム理論」（平成 7～9 年度）[5]に端を発する。生物が有する創発的機能を人工的に実現するにはどうすればよいか、その設計論に関しては、重点領域研究期間内に十分な成果を得ることが必ずしもできなかったのではないかとの思いがあり、同重点領域研究に参画していたロボティクス関連研究者が中心となって、重点領域終了後も議論を続けていた。

その後、東北大学電気通信研究所での研究プロジェクト（代表：矢野雅文（東北大）、他）や、平成 14 年度日産科学技術振興財団「移動知の発現システムの構築と制御メカニズムに関するワークショップ」（代表：太田 順（東大））などで議論を重ね、平成 15 年 1 月からは、計測自動制御学会システム・情報部門調査研究会「身体・脳・環境の相互作用による適応的運動機能の発現に関する調査研究会」を発足させ、動物が有する適応機能のメカニズム解明に向け、生物学と工学の研究者と一緒に議論を行ってきた。その成果に関しては、これまでの国内外の学会での OS などを通じて発表を行っている。

### 4. 移動知研究のコンセプトと概要

我々は、動物が有する適応的行動能力は、「動く」ことによって得られると考えている。静止している状態では、「脳」と「身体」と「環境」の相互作用は比較的少ないが、一旦動きはじめると、身体を動かすための信号が、脳から身体に活発に出力され、また身体と環境との相互作用が生まれ、身体を通じて大量の感覚情報が脳に入ってくる。

従来のロボティクスは、まず知覚（センシング）、次にそれに基づく行動計画、行動（アクチュエーション）という流れ

ばかりが注目されてきたが、そもそも行動しなければ、知覚情報はほとんど得られない。行動によって知覚、認知し、それが行動を生むという連関で適応的行動の知を捉える必要がある。我々は、このように、動くことで「脳」と「身体」と「環境」の動的な相互作用が生じ、それによって適応的行動能力が発現するのではないかと考えており、このような考え方を、**移動知(Mobiligence)**と呼んでいる。

これまでの神経生理学などの生物学の研究によって、神経回路や、そこで働く神経修飾物質などに関して、多くことが明らかになってきた。その知見の多くは、動物実験など、解析的手法によって得られたものであるが、生物学における既存のアプローチでは、動物が静止した状態での脳単体の機能しか観測することはできない。すなわち、このアプローチでは、我々が注目している、動いている状態での脳と身体と環境の相互作用に関して観測することはできない。パーキンソン病の例では、これまでの脳生理学の研究によって、黒質緻密部の異常、ドーパミンの低下などの生理学的知見が得られているものの、それがどのようなメカニズムで歩行運動障害を引き起こしているのかについてはいまだ謎となっている。

我々はそのような問題に対し、生物学の研究者と工学の研究者が一体となり、生物学で得られた神経生理学モデルに基づき、工学の動的なシステムのモデリング手法を応用することで生体システムモデルを構成するという、構成論的・システム論的アプローチによって移動知発現のメカニズムを明らかにしていきたいと考えている。具体的には、生理学的解明(生物学)、モデル生成と人工システムによる実験(工学)、モデルの検証(生物学)、原理の解明・応用(工学)という、生物学と工学の融合プロセスによって研究を推進する。ここで、構成論的アプローチとは、対象をモデル化し、それをシミュレータやロボットなど、システムとして人工的に構成して、実験的に動作させその挙動を解析することで、対象を理解したり、仮説を生成、検証するアプローチを言う。

移動知研究では、適応的行動能力の中でも、(1) 環境の変化に適応させ、認知するメカニズム、(2) 環境に対して身体を適応させるメカニズム、(3) 他者ならびにその集合体としての社会に適応させるメカニズム、という三つの適応機能に注目して研究を行うとともに、移動知生成の普遍的な共通原理の解明に迫りたいと考えている。計画班においては、具体的な例題として、腕のリーチング動作における環境認知・適応メカニズムの解明、歩行動作における身体適応メカニズムの解明、昆虫における社会性行動の適応メカニズムの解明などに取り組むとともに、力学的な観点から移動知の共通原理を探る。また公募によって、さらに多様な対象に関する適応メカニズムを取り上げつつ、その普遍的な基本原理を明らかにしたいと考えている。図1に移動知研究の枠組みを示す。

## 5. おわりに

平成17年度より開始した、文部科学省科学技術研究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—」(略称:移動知)の概要について述べた。

移動知研究は、生物学分野の研究として、生物の持つ様々な適応的行動のメカニズムを解明することのみならず、医療分野における運動障害の新治療法の発見、リハビリ支援システムの開発などにおいて、また工学分野における知的人工システムの設計原理の導出において、大きな貢献を果たすと考えている。さらには「移動知」という新しい研究分野を開拓し、生工融合型の研究組織を立ち上げ、生物学研究を行える工学研究者、工学研究を行える生物学研究者の育成を図りたいと考えている。

## 謝辞

本講演内容は、これまでに、移動知関連の研究会などを通して、本特定領域研究の計画班のメンバーと議論してきた内容そのものである。紙面の制約上、個々の研究者のお名前を列記することはできないが、すべての移動知研究計画班メンバーに、この場を借りて御礼申し上げる。

## 参考文献

- [1] <http://www.arai.pe.u-tokyo.ac.jp/mobiligence/>
- [2] 計測と制御「特集:移動知:能動的な移動機能がもたらす創発的知能」, 計測自動制御学会, vol. 44, no. 9, (2005).
- [3] 高草木 薫, 浅間 一: 移動知: 行動からの知能理解—構成論的観点と生物学的観点から, 計測と制御, vol. 44, no. 9, pp. 580-589, (2005).
- [4] 厚生労働省 HP.
- [5] 北村新三: 文部省科学研究費補助金研究の成果の概要と評価「創発的機能形成のシステム理論」, (1998).

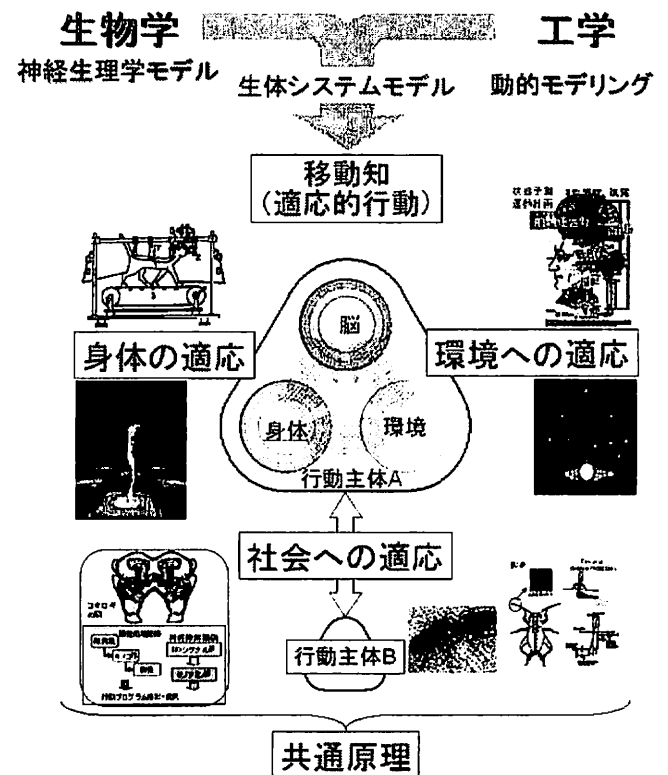


図1 移動知研究の枠組み