

# 移動知研究の将来展望—身体図式，身体像を中心とした展開—

○太田 順 (東京大学), 浅間 一 (東京大学), 高草木 薫 (旭川医科大学, 東京大学)  
村田 哲 (近畿大学), 近藤 敏之 (東京農工大学)

## Future direction of mobiligence research

### - mobiligence centering on the concept of body schema and body image -

○Jun OTA (Univ. of Tokyo), Hajime ASAMA (Univ. of Tokyo),  
Kaoru TAKAKUSAKI(Asahikawa Medical Univ., Univ. of Tokyo), Akira MURATA(Kinki Univ.),  
and Toshiyuki KONDO (Tokyo Univ. of Agriculture and Technology)

Abstract: The *Mobiligence* program was a five-year program started from 2005 to 2009 from MEXT. In this report, the research methodology and main results in the program are first discussed, and then one of the future directions is presented from the viewpoint of research subject and research methodology.

## 1. 緒言

文部科学省特定領域研究「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)」プログラム(領域代表: 浅間一東京大学教授)が2005年~2009年の5年間行われた[1]. 本報では, まず, 移動知研究の方向性, そこで得られた成果についてまず述べる. さらに, 同分野の将来的研究対象と方法論について考察を加える.

## 2. 移動知研究の方向性と成果

人間, 動物, 昆虫などの, 様々な環境において発現す適応行動は, これらの生物が生存する上で, 最も基本的で必須な機能である. この適応的行動能力は, 脳や身体の損傷によって損なわれることが知られているが, そのメカニズムについて未知の部分が多かった. そこで移動知特定領域研究では, これら生物の適応的行動の発現機構の解明を目指した. ここでは, これらの生物が動くことで生じる, 「脳」と「身体」と「環境」の動的な相互作用によって適応的に行動する知が発現するという作業仮説に基づいており, この考え方を「移動知」(*Mobiligence*)と呼んでいる. 神経生理学, 生態学などの生物学の方法論と, システム工学, ロボティクスなどの工学の方法論を融合させ, 動的な生体システムモデルを構成するという, 生工融合による構成論的・システム論的アプローチによって, その解明を行った. 具体的成果としては, (A)上肢到達運動課題を対象とした他者の模倣や動機づけの意味, 脳波と機能的電機刺激を用いた感覚フィードバックによる機能修復の意義を検証した. (B)脳内各々の神経部位で処理される情報のシステム論的な役割を明らかにするとともに,

環境の変化に対して適応的な行動をとる機能を持った機械システム「柔らかな機械」の設計原理を明らかにした. (C)個体間相互作用に伴う多重フィードバック・フィードフォワード構造の情報処理と情報伝搬の曖昧さが社会適応行動の発現と社会構造の構築・維持に重要であることを明らかにした. (D)身体と場との相互作用によって表出する陰的制御則という考え方を提案し, 様々な生物の運動制御系を陰的制御という観点で解釈できることを示した.

## 3. 移動知研究の将来展望

移動知プロジェクトで扱った研究対象ならびに研究方式の観点から, その将来展望について述べる.

### 2.1 研究対象

移動知プロジェクトにおいては, 研究対象は多様なものに渡っており, 広く生物の適応機能について議論することができた. この多くの成果に共通して著者らが感覚として得たポイントは, 適応機能は身体ならびにその脳内表現としての身体性が重要な位置を占めている, という, ある意味当然のことである. つまり, 適切な身体性の獲得が適応的な知覚, 運動, 認知, 行動に重要な役割を担っていると考えられる. 逆に言えば, 現代社会において増大している障害, すなわち姿勢制御, 歩行等の運動機能の障害に代表される身体運動機能の障害や, 自閉症, 統合失調症, 認知症などに随伴する社会的行動機能の障害は, 身体性の欠如が大きな原因であるとも解釈できる.

身体性についての議論は心理学, 生理学の分野で盛

んに行われているが、ここでは、Gallagher の文献[2]に沿って説明する。そこでは、身体性は、身体図式 (body schema) と身体像 (body image) より構成されると考えている。身体図式は、筋骨格系からの固有感覚と、それに基づいて生成する運動の連関についての意識下の機能である。身体像は身体に関する主観的理解であり、身体知覚 (body percept), 身体情緒 (body affect), 身体概念 (body concept) を含む。この身体像は、運動主体感 (sense of agency) や身体保持感 (sense of ownership) という自己意識、自己と環境の分離、自己他者識別なる概念をも含む。ここまでの議論で、身体性なるものは脳内のある単一の部位に対応するものではなく、様々な機能に対応するいくつかの要素が相互作用的に機能していると考えられる。結果として、身体性に関するメカニズムの解明は総合的、統合的にならざるを得ず、移動知プログラムで指向した構成論的アプローチならびにその発展形が有力なものとなる。

## 2.2 研究方法

移動知プログラムでは、生理学的知見に基づいた生物の適応行動モデルを構成論的に実現し、そのモデル (ホワイトボックスモデル) の振る舞いから、生物の新しい理解や新たな実験仮説を導くという方法論を採用した (Fig.1(a))。しかしながら、行動データをどのようにモデルに反映させるかについては研究者依存であったため、実生物の多様な振る舞いとモデルのギャップ解消が課題であった。例えば、文献[3]で紹介した研究において、コオロギの生理学的知見と行動学的知見を統合するモデル研究を行ったが、コオロギの生理学的知見については多大なデータを用いたものの、行動学的知見としてはコオロギの振る舞いや集団現象より特徴的なものを研究者がアドホックに抽出したものをを用いていた。この恣意性の部分に改善の余地が残されている。

一方、今日のリハビリ等の臨床医療では、患者の振る舞いの分析と医学的知見から治療方式を決定する現象論的アプローチが一般的である (Fig.1(b))。患者の振る舞いからの情報抽出には統計学的モデル (ブラックボックスモデル) を利用可能であるが、生理学的知見を詳細に反映したものになりにくい側面もある。

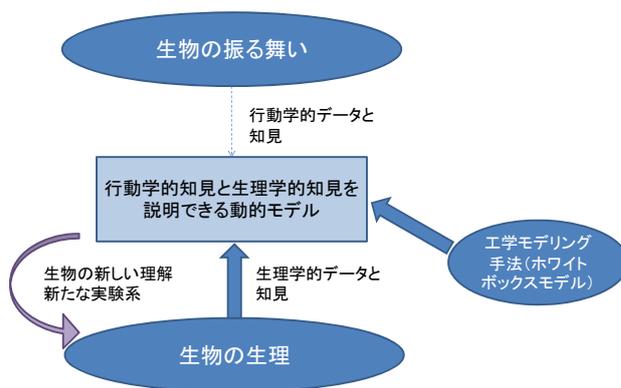
新しい方向性としては、生理学的データ/生理学的知見の組み合わせと振る舞いデータ/行動学的知見の組み合わせを有機的に結合した統合動的モデルの構築を目指す方法 (Fig.1(c)) が考えられる。これより、生工連携型研究と現象論的研究の両方のスパイラルの有機的協同による生工連携型の研究方法論の確立が可能となる。その結果、生理機構と行動を密に連携させた生物現象の理解、モデルを援用した斬新な治療法の立案、治療に関する確固たるエビデンスの充足、治療支援のための人工物設計等が期待できる。

## 3. 結言

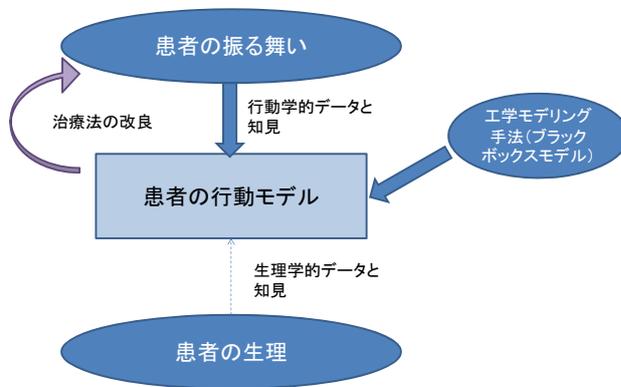
文部科学省特定領域研究「移動知」で得られた成果について述べた。今後の研究対象、研究方法論について考察した。

## 参考文献

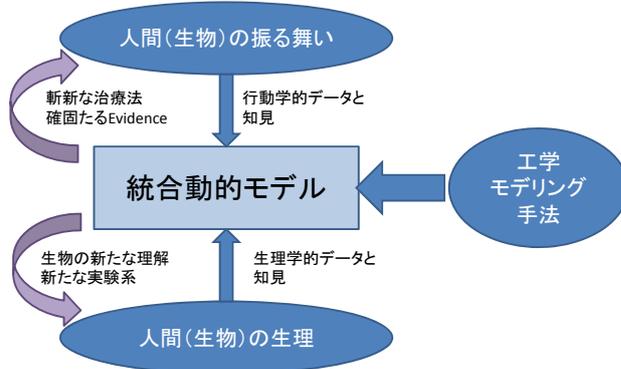
- [1] <http://www.race.u-tokyo.ac.jp/~ota/mobiligence/index.html>
- [2] S. Gallagher, How the body shapes the mind, Oxford, 2006.
- [3] 太田 順, 青沼仁志, 第2章 行動選択—コオロギは集団内でどのように振る舞うか?, シリーズ移動知第4巻 社会適応, オーム社, 29/72 (2010).



(a) Mobiligence-based approach



(b) Phenomenology-based approach



(c) Integrated approach

Fig.1 Research methodology