

H18/B06 生物における環境調和型適応システムの解明と工学応用(1節 共同プロジェクト研究の理念と概要, 第4章 共同プロジェクト研究)

| | |
|-----|---|
| 雑誌名 | 東北大学電気通信研究所研究活動報告 |
| 巻 | 15 |
| ページ | 201-203 |
| 発行年 | 2009-08 |
| URL | http://hdl.handle.net/10097/48420 |

生物における環境調和型適応システムの解明と工学応用

[1] 組織

代表者：高草木 薫

(旭川医科大学)

対応者：矢野 雅文

(東北大学電気通信研究所)

分担者：

伊藤 宏司 (東京工業大学総合理工学研究科)

石黒 章夫 (名古屋大学工学研究科)

浅間 一 (東京大学人工物研究センター)

伊藤 聡 (岐阜大学工学部)

細田 耕 (大阪大学大学院工学研究科)

土屋 和雄 (同志社大学工学研究科)

大須賀公一 (京都大学情報学研究科)

野村 泰伸 (大阪大学基礎工学研究科)

木村 浩 (京都工芸大学)

青沼 仁志 (北海道大学電子科学研究所)

神崎 亮平 (東京大学 大学院情報理工学系)

川端 邦明 (理化学研究所分散適応ロボティクス研究ユニット)

倉林 大輔 (東京工業大学理工学研究科)

藤井 輝夫 (東京大学生産技術研究所)

辻田 勝吉 (大阪工業大学工学研究科)

近藤 敏之 (東京農業工業大学工学研究科)

稲瀬 正彦 (近畿大学医学部)

北澤 茂 (順天堂大学医学部)

柳原 大 (東京大学大学院総合分化研究科)

中階 克己 (近畿大学医学部)

森 大志 (山口大学農学部獣医)

中西 泰三 (順天堂大学医学部)

青井 信也 (京都大学工学研究科)

杉本 靖 (京都大学工学研究科)

松山 清治 (札幌医科大学)

花川 隆 (国立精神神経センター)

研究費：物件費 5 万円，旅費 69 万 5 千円

[2] 研究経過

技術立国としての日本を支える工学研究とその技

術を、「人間と環境との調和」のためのシステム作りのアルゴリズムに生かすため、本プロジェクトでは、生物・医学・工学・情報科学など様々な異分野の研究者による自由な議論とこれに基づく新たな生工連携の共同研究を行った。

“人間や動物が環境と調和するための仕組み”を理解するためには、生物側における 3 つのレベルでの研究を遂行する必要がある。第一は、環境変化に対して生存を可能にする動物の身体恒常性維持のメカニズムである。これは、運動・感覚などの体性神経機能や循環・呼吸などの自律神経機能に相当する。第二のレベルは、自己内外の環境認知のメカニズムである。内臓感覚や外界環境情報に対しての認知や記憶、そしてその情報への価値の評価という高次脳機能がこれに相当する。そして第三のレベルは、社会やコミュニティの中から自己のアイデンティティを確立するメカニズムである。これは、対人関係や社会適応の仕組みであり、さらに社会を創造する仕組みを包含する。環境はリアルタイムに変化するため、我々は常に時間と空間の持つパラメータ変化に対して適応的な行動を発現しなければならず、そのためには、“脳と身体と環境の相互作用”が重要な役割を担う。多くの脳神経系の疾患（パーキンソン病や認知症など）や筋・骨格系の障害（運動器疾患など）、そして、自閉症などの社会的コミュニケーション障害では、上記の何れかのレベルにおける適応障害が出現する。従ってまた、脳や身体に機能異常がない場合であっても、社会環境の変化に対して適応障害（うつ症状・心身症など）が誘発される。本研究プロジェクトでは、生物の持つ適応的な行動発現のメカニズムを参考にしながら、環境調和型適応システムの解明とその工学応用を目指した。この研究は、生物およびロボットに共通する適応行動発現の数理的・生物的原理の解明と、2) 人間が調和しやすい環境デザインの創造、そして、3) 上記の適応障害を克服のための工学的手法の考案、などにつながる。

本プロジェクト研究に参加している研究者を主体とした科研費特定領域研究「身体・脳・環境の相互作用による適応的運動機能の発現」が別途遂行中である（平成 17 年度から 21 年度の 5 カ年間）。これ

ら研究や、本プロジェクトの研究成果の一部は、平成20年12月18-19日、東北大学電気通信研究所の研究会にて発表された。

プログラム：

12月18日(木)

14:00-17:50

1. ヘビに見る移動知
井上康介氏 (茨城大学)
2. Influence of motor imagery on force field adaptation
Dr. Nabeel Anwar (東京工業大学伊藤研)
3. コオロギの闘争行動発現に関わる神経機構
佐倉緑氏 (北海道大学)

12月19日(金)

9:30-12:00

4. カイコガの定位行動に関わる脳内神経回路網のモデル化による同定
千葉龍介氏 (首都大学東京)
5. 長距離移動するチョウ、アサギマダラの生態と飛翔メカニズム
平井規央氏 (大阪府立大学)

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度の研究成果は、上記報告会において詳しく述べられた。

井上康介氏による研究では、陸生動物の中でもっとも多様な環境に適応することができるヘビの適応能力を生工融合的・構成論的手法により解明することを目指した。脊髄神経系モデルを用いて、シミュレーションおよびロボットにおいてヘビの蛇行の適応モデルを構築した。次に、身体のメカニズムに着目し、動物の筋と同様の力学特性を実現するためにマッキベン型空気圧アクチュエータを利用したヘビ型ロボットを構築し、その運動特性を解析した。本研究結果は、環境変化に対して生存を可能にするための適応的な行動発現のメカニズムを生工融合的・構成論的手法により明らかにするものである。

佐倉緑氏の研究では、コオロギの闘争行動発現に関わる神経機構の解明を目指した。本研究では、コオロギオス個体の攻撃行動を引き起こす感覚情報について、種々の感覚器の除去および感覚の遮断を行なって調べた。その結果、攻撃行動を発現する感覚入力経路は、触角を介するものとそれ以外の少なくとも2つあること、また、闘争経験に基づいた攻撃行動から逃避行動への行動切替えには、触角からの感覚入力に関与していることが明らかとなった。ま

た、一連の闘争行動におけるNOとOAの役割を調べるため、NOシグナルやOAシグナルを阻害する行動薬理学的実験を行なった。その結果、NOやOAが個体の攻撃性の調節や闘争経験に基づく行動切替えに関与することが示唆された。本研究結果は、社会適応の仕組みを神経生理学的・薬理的視点から明らかにするものである。

千葉龍介氏の研究では、カイコガの定位行動に関わる脳内神経回路網のモデル化による同定を試みた。オスのカイコガはフェロモンを触覚で感知すると一連の定位行動を示すが、これは触覚からの刺激がLPL-VPC領域に伝わりその領域の神経回路網で処理され脚のモータニューロンへ信号が伝わることにより生成されていると考えられる。本研究では、LAL-VPC領域の神経回路網を工学的手法により推定した。推定した神経回路網による行動出力と行動実験により観察した行動出力を比較・評価し、定位行動とリセット効果がモデル化した神経回路網により獲得可能であることがわかった。本研究結果は、自己内外の環境認知を実現する脳神経回路メカニズムを工学的立場から明らかにするものである。

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究プロジェクトでは、「生物の持つ適応的な機能」に焦点を当て、「そのメカニズムの理解」と「工学的構成論」に関する研究や議論が活発に行われてきた。その結果、行動主体が、どの様に未知の環境に一定の評価を下し、どの様な行動のシナリオを生成するのか、というプロセスを確立するためには、行動主体が状況に依存した行動目標と拘束条件を自ら生成し、独自の行動文脈を創発することが必須となることが明らかとなった。また、動物の持つ適応的な機能を理解・構築するだけでは、生物、特に、人間と環境の調和をもたらす仕組みを作り上げることは困難であり、新たに「どの様に、人間に調和する環境を創生すべきか？」という疑問に対する解答が必要となった。本研究プロジェクトでの研究成果により「人間と環境の調和を創生の仕組み」を理解するばかりで無く、この背景に存在する「人間が実現してきた文明の創造のアルゴリズム」の解明にもつながると考えられる。

実環境に実時間で対応できるシステムが存在しない現在では、真の意味で情報を創発する本研究の推進は、新たな科学技術を創成すること、そして、情報処理システムのブレイクスルーにも繋がる。加えて、本研究の成果は、運動障害患者の病態解明や新規治療法の考案、そしてリハビリテーションなど医療分野への応用が期待できる。

[4] 成果資料

1. K. Takakusaki, Forebrain control of locomotor behaviors. *Brain Research Reviews*, 57, 192-198, 2008
2. H. Yamada, S. Tanno, K. Takakusaki, T. Okumura. Intracisternal injection of orexin-A prevents ethanol-induced gastric mucosal damage in rats. *Journal of Gastroenterology*, 42, 336-341, 2007.
3. K. Takakusaki, N. Tomita, M. Yano. What are substrates normal and abnormal gait? *Journal of Neurology*, (in press)
4. S. Shibuya, T. Takahashi, S. Kitazawa. Effects of visual stimuli on temporal order judgments of unimanual finger stimuli. *Experimental Brain Research*, DOI 10.1007/s00221-006-0829-4, 2007.
5. K. Yamamoto, M. Kawato, S. Kotosaka, S. Kitazawa, Encoding of movement dynamics by Purkinje cell simple spike activity during fast arm movements under resistive and assistive force fields. *Journal of Neurophysiology*, 97, 1588-1599, 2007.
6. M. Kagohashia, T. Nakazato, K. Yoshimia, S. Moizumia, N. Hattori, S. Kitazawa, Wireless voltammetry recording in unanesthetised behaving rats. *Neuroscience Research*, 60, 120-127, 2008.
7. A. Suzuki, A. T. Ivandini, K. Yoshimi, A. Fujishima, G. Oyama, T. Nakazato, N. Hattori, S. Kitazawa, Y. Einaga. Fabrication, Characterization, and Application of Boron-Doped Diamond Microelectrodes for in Vivo Dopamine Detection. *Analytical Chemistry*, 79, 22, 8608-8615, 2007.
8. S. Aoi, K. Tsuchiya. Self-stability of a Simple Walking Model Driven by a Rhythmic Signal. *Nonlinear Dynamics*, 48, 1-16, 2007.
9. S. Aoi, K. Tsuchiya. Gait Transition from Quadrupedal to Bipedal Locomotion of an Oscillator-driven Biped Robot. *International Journal of Advanced Robotic Systems* (in press)
10. S. Aoi, H. Sasaki, K. Tsuchiya. A Multi-legged Modular Robot That Meanders: Investigation of Turning Maneuvers Using its Inherent Dynamic Characteristics. *SIAM Journal on Applied Dynamical Systems*, (in press)
11. H. Kimura, Y. Fukuoka, A.H. Cohen. Biologically Inspired Adaptive Walking of a Quadruped Robot. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 365 (1850), 153-170, 2007.
12. Z.G. Zhang, H. Kimura, Y. Fukuoka. Self-Stabilizing Dynamics for a Quadruped Robot and Extension Towards Running on Rough Terrain. *Journal of Robotics and Mechatronics*. (in press)
13. Y. Sakurai. How can we detect ensemble coding by cell assembly. *Representation and Brain*. (in press)
14. Y. Sakurai. Brain-machine interface to detect real dynamics of neuronal assemblies in the working brain. *Complex Medical Engineering*, 407-412, 2007.
15. N. Mikuni, T. Oakada, J. Taki, R. Matsumoto, N. Nishida, R. Enatsu, T. Hanakawa, A. Ikeda, Y. Miki, SI. Urayama, H. Fukuyama, N. Hashimoto. Fibers from the dorsal premotor cortex elicit motor-evoked potential in a cortical dysplasia. *Neuroimage*, 34, 12-18, 2007.
16. Yamamoto A, Miki Y, Urayama S, Fushimi Y, Okada T, Hanakawa T, Fukuyama H, Togashi K. Diffusion tensor fiber tractography of the optic radiation: analysis with 6-, 12-, 40- and 81-directional motion probing gradients; a preliminary study. *American Journal of Neuroradiology*. 28, 92-96, 2007.
17. Mikuni N, Okada T, Nishida N, Taki J, Enatsu R, Ikeda A, Miki Y, Hanakawa T, Fukuyama H, Hashimoto N. Comparison between motor evoked potential recording and fiber tracking for estimating pyramidal tracts near brain tumors. *Journal of Neurosurgery*. 106. 128-133, 2007.
18. Yamada M, Namiki C, Hirao K, Hanakawa T, Fukuyama H, Hayashi T, Murai T. Social cognition and frontal lobe pathology in schizophrenia: A voxel-based morphometric study. *Neuroimage*, (in press)
19. Sawamoto N, Honda M, Hanakawa T, Aso T, Inoue M, Toyoda H, Ishizu K, Fukuyama H, Shibasaki H. Role of the striatum in cognitive slowing in Parkinson's disease. *Neurology*, (in press)
20. Aso T, Hanakawa T, Matsuo K, Toma K, Shibasaki H, Fukuyama H, Nakai T. Subregions of human parietal cortex selectively encoding object orientation. *Neuroscience Letters*, (in press).
21. T. Takei, K. Seki. Role of primate spinal neurons in controlling precision grip. *Neuroscience Research*. (in press).
22. Ott S. R., Aonuma H., Newland P.L. and Elphick M.R. Nitric oxide synthase in crayfish walking leg ganglia: segmental differences in chemo-tactile centers argue against a generic role in sensory integration. *J. Comp. Neurol.*, 501, 381-399, 2007.
23. Watanabe T., Kikuchi M., Hatakeyama D., Shiga T., Yamamoto T., Aonuma H., Takahata M., Suzuki N. and Ito E. Gaseous neuromodulator-related genes expressed in the brain of honeybee *Apis mellifera*. *Develop. Neurobiol.* (in press)
24. Ikeno H, Nishioka T, Hachida T, Kanzaki R, Seki Y, Ohzawa I, Usui S. Development and application of CMS based database modules for neuroinformatics. *Neurocomputing* (in press).
25. Kanzaki R. How does a microbrain generate adaptive behavior? *Brain IT 2006* (Elsevier) (in press)
26. Daisuke Kurabayashi, Katsunori Urano, Tetsuro Funato. Tetsuro Funato: Emergent Transportation Networks by Considering Interactions between Agents and their Environment. *Advanced Robotics* (in press)