

セキュアデバイス研究センター（客員部門） （川人光男研究室）

Email: kawato@atr.jp

http://www.cns.atr.jp/~kawato

（研究分野）

計算論的神経科学；脳を創る事によって脳を知る，また逆に脳を創れる程度に脳を知るアプローチ，視覚運動制御の計算理論及びそのリハビリテーション医学への応用，小脳，大脳基底核のモデル，ヒト型ロボット，脳活動推定アルゴリズムの開発，脳情報の解読と制御，ブレインマシンインタフェースの開発，脳情報解読とニューロフィードバックを用いた操作脳科学の創始。

（研究テーマ）

1) 計算論的神経科学

内部モデルとは，脳の外に存在するある対象の入出力特性をまねることができる脳内の神経回路のことである。私たちは，運動学習により運動器官の内部モデルが小脳に獲得されるという仮説をたて，実験的に証明してきた。小脳内部モデルは感覚運動統合だけではなくヒトの認知機能にとっても重要であると考えられている。小脳や大脳基底核の学習を，計算論的なモデル，脳イメージング，神経生理学者との共同研究によって理解する事を目指している。また，感覚運動学習の計算モデルをリハビリテーションの現場に応用する事を目指して（右下の外骨格ロボットなど），慶應大学医学部の信濃町に分室を配置している。

2) ヒト型ロボットの研究

脳を創る事によって脳を知る，また逆に脳を創れる程度に脳を知るアプローチのために，超高性能多自由度のヒト型ロボットを用いて，さまざまな問題を解決すると共に，計算神経科学のモデルをロボット制御に実装していく。米国サルコス社と共同開発したCB-i（右上）は主要な関節に油圧駆動を用いて，関節の柔らかさを実現し，51の自由度と，多種類のセンサ（視聴覚，前庭器官，関節角度，アクチュエータの力センサ）をそなえ，超高性能な姿勢制御と，CPGに基づく歩行を可能にしている。3次元視覚パターン認識の発達，サルスの脳とインターネット接続しての歩行などの課題を研究する。

3) ブレインマシンインタフェースと操作脳科学

ブレインマシンインタフェースは，身体を介さない新たな情報伝達手段と言える。ATRではfMRIとMEGを統合したり，fNIRSとEEGを統合して，階層ベイズ推定により，脳活動を逆推定する手法を開発してきた。また，機械学習の手法を利用して，脳活動から情報を抽出するデコーディング技術を開発してきた。脳情報を解読し，実時間でそれを脳にフィードバックする事によって，これまで不可能だった脳情報の実験的操作が可能になる。このような因果関係を実証する事のできる新しいアプローチ，操作脳科学を構築する事を目指している。

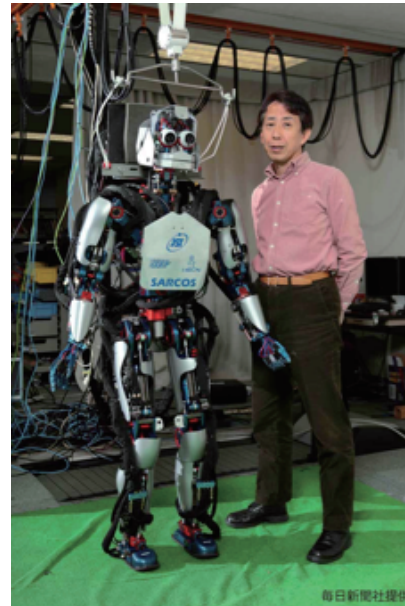


図1 新規に開発した，51自由度を持つヒューマノイドロボットCB-i

Fig.1 Computational Brain -interface



図2 外骨格ロボット

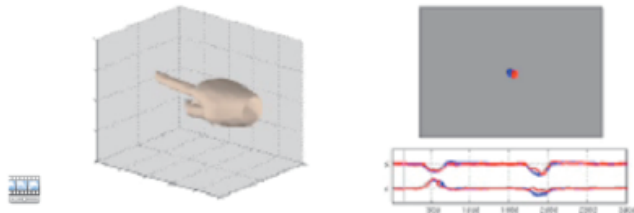
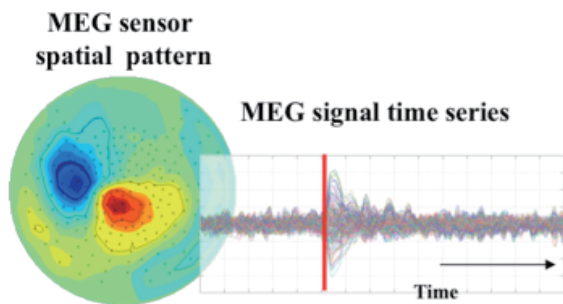
Fig.2 Exoskeleton Robots for Rehabilitation

Secure Device Research Center (Guest Chair)

(Mitsuo Kawato Group)

(Research Field)

Computational neuroscience; understanding the brain by creating the brain, and understanding the brain to the extent that we can create the brain, computational models of visuo-motor integration and its application to rehabilitation, computational models of the cerebellum and basal ganglia, humanoid robots, inverse solutions to estimate cerebral cortical activities, decoding and control of brain information, brain machine interface, pioneering works in manipulative neuroscience by integrating brain decoding and real-time neurofeedback.



Toda A, Imamizu H, Kawato M, Sato M: Reconstruction of two-dimensional movement trajectories from selected magnetoencephalography cortical currents by combined sparse Bayesian methods. *NeuroImage*, 54, 892-905 (2011).

(Current Topics)

1) Computational neuroscience

We aim to understand the brain to the extent that we can make humanoid robots solve tasks typically solved by the human brain by essentially the same principles. I postulate that this 'Understanding the Brain by Creating the Brain' approach is the only way to fully understand neural mechanisms in a rigorous sense. Internal models are neural networks within the brain that mimic input-output transformation of some dynamical processes in the external (to the brain) world. We postulated that the cerebellum acquires internal models of motor apparatus through motor learning. It is now generally accepted that cerebellar internal models are important not only for sensory-motor integration, but also for human cognitive functions.

2) Humanoid robots development

Brain functions cannot be studied dealing with only the brain. We also need to reproduce bodies and surrounding environments. Then, it is obvious that robotics research is very much related. In the past, this scientific objective of robotics to elucidate information processing of human intelligence has not been emphasized. Furthermore, on the contrary, this objective was even hidden, made implicit or neglected. We have developed a humanoid robot CB-i for computational neuroscience research. CB-i possesses 51 degrees of freedom, hydraulic actuators for the main joints and have many sensors (vision, audition, vestibular, joint angle and actuator forces).

3) Brain machine interface and manipulative neuroscience

Brain machine interface is a revolutionary new interface that can connect brains and ICT network directly while bypassing sensors and muscles. It has much promises in future medicine and ICT applications, but it will also play a central role in revolutionarily advance systems neuroscience. Current system neuroscience is a correlation study while molecular biology can examine cause-and-effect relationships. I argue that the major reason for this difference is that essential information can be experimentally manipulated in molecular and cellular neuroscience while it cannot be manipulated at the system level. I propose a new experimental paradigm, manipulative neuroscience, to overcome this difficulty and allow us to prove cause-and-effect relationships even at the system level.