

**HYPER-ADAPTABILITY**

2019 年度～ 2023 年度

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）

# 身体-脳の機能不全を克服する 潜在的適応力のシステム論的理解

Hyper-adaptability for overcoming body-brain dysfunction:  
Integrated empirical and system theoretical approaches

公募 2 期

領域略称名：超適応

<https://www.hyper-adapt.org>





Jun Ota

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) 複合領域

## 身体-脳の機能不全を克服する潜在的適応力のシステム論的理解

領域略称名：超適応(領域番号8102)

設定期間：令和元(2019)年度～令和5(2023)年度

領域代表者：太田 順(東京大学 大学院工学系研究科 人工物工学研究センター 教授)

Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (Research in a Proposed Research Area)

### Hyper-adaptability for overcoming body-brain dysfunction: Integrated empirical and system theoretical approaches

Abbreviation: Hyper-adaptability (Project Number: 8102),

Research Term of Project: FY2019–2023

Head Investigator: Jun Ota (Professor at RACE, School of Engineering, The University of Tokyo)

## 本領域の目的

未だかつてない速度で超高齢化が進む日本では、加齢に伴う運動機能障害や高次脳機能の低下、さらには認知症、意欲の低下、気分の障害、ひいては、極度の身体・脳機能の低下(フレイルティ)などが喫緊の問題となっている。健康な生活を脅かすこれらの多くの深刻な問題の背後には、加齢や障害によって変容する脳-身体システムに、我々自身が上手く「適応」できないという共通の問題が存在している。

人の身体、脳は例えば、「脊髄の損傷で片手が麻痺しても、脳が発達の過程で喪失した同側運動野からの制御を再度活性化して、麻痺した手を通常とは異なる神経経路で制御する[Isa, 2019]」等の高い冗長性を有している。

このような事実を踏まえて、我々は「超適応」の解明が上述の「共通の問題」を解決に導くと考えている。これは、従来の身体運動科学が扱ってきた「通常の適応」とは明らかに異なる。

脳機能への障害に対する神経系の超適応原理を脳神経科学とシステム工学の密な連携によってアプローチし、急性/慢性の障害及び疾患やフレイルティの原理を包括的に理解することが本領域の目的である。

## Purpose of the Research Project

With coming of a super-aging society in Japan, we are facing the urgent problems of sensory-motor impairments, declining higher-order brain functions, cognitive impairment, loss of motivation, and mood disorders caused by aging, and in turn extreme decline of bodily and neurological functions. All of these problems have a common source: inability to adapt appropriately to a brain-body system changed with aging and impairments.

The human body has a high degree of redundancy. For example, “when a hand is paralyzed by a spinal cord injury, the ipsilateral motor cortex immediately joins its control by reactivating its pre-existing neural pathway, which is normally suppressed and preserved in the course of development” (Isa, 2019).

In light of such facts, we believe that clarifying the brain’s “hyper-adaptability” may resolve the abovementioned issues.

The goal of our research project is to elucidate the neural and computational principles of hyper-adaptability in which the brain manages impairment of brain functions by linking neuroscience with systems engineering in order to comprehensively understand acute/chronic impairments and disorders, and the principle of frailty.





## 本領域の内容

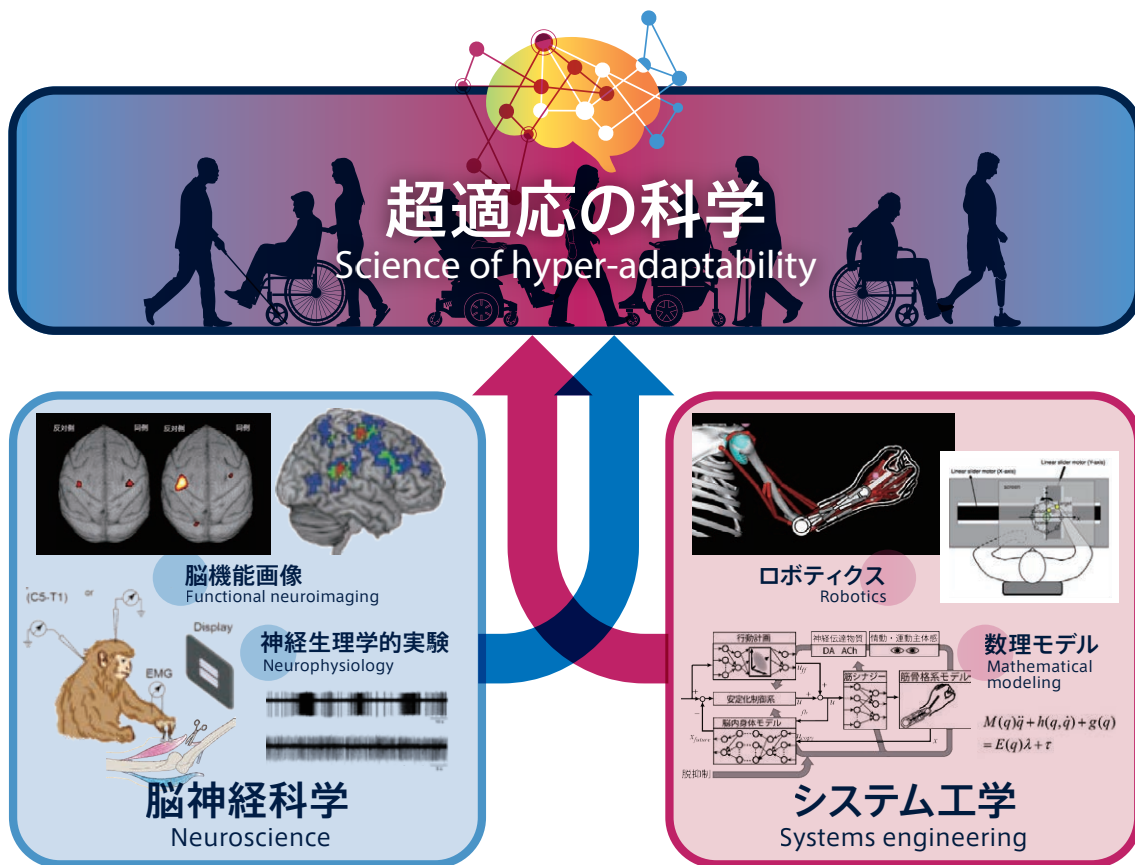
人は急性／慢性障害及び疾患や高齢化に伴うフレイルティの場合に、普段抑制されている神経ネットワークの脱抑制や、進化や発達の過程で喪失していた潜在ネットワークの探索・動員等により、新たな神経ネットワークを作り直す。我々は、この機能代償の過程を「生体構造の再構成」と呼び、超適応を可能にする具体的な神経実体と考える。この再構成された神経ネットワークをうまく活用して運動機能を実現するためには、これを利用して、現状の脳・身体を正しく認知し、適正な運動制御のための新しい制御系を獲得する必要がある。このためには、積極的に意欲をもって、高コストな新規ネットワークを駆動し、認知－予測－予測誤差処理の計算を反復しながら、このネットワークの利用を強化する必要がある。このような新たな制御空間で再び行動を適正化するための学習サイクルを、「行動遂行則の再編成」と呼び、超適応を可能にする神経計算原理と考える。

上記の一連の仮説を検証するためには脳神経科学の知見が必須である。しかしながら実験解析的なボトムアップアプローチのみでは、神経ネットワークのシステムの挙動により発現する超適応の解明が困難である。そこで本領域では、システム工学の構成論的数理モデル化技術と脳神経科学を融合した学際的アプローチを展開する(次頁図参照)。その融合技術基盤として、「ウィルスベクターや光・化学遺伝学的方法論、脳刺激法等の介入脳神経科学手法に、ロボット工学・Virtual Reality 技術によって感覚・運動情報を時間・空間的に統制できる実験系を融合することにより、脳活動と機能との因果性の検証を実現する」ロボティック介入脳神経科学法と、「これまでの精緻な脳神経科学研究により得られた各領域の機能に関する知見を組み入れたモデルを構成し、その内部パラメータや領域間の関係をニューラルネットワーク等の柔軟な関数近似器で記述したり、統計的手法によりモデルの構造を推定したりするグレイボックスモデリングを行う」機能推定可能な脳情報デコーディング法という2つの新たな解析法を採用する。

## Content of the Research Project

When a person experiences acute/chronic impairment or disorder due to aging, the brain reorganizes neural networks by disinhibiting pre-existing neural network that is normally suppressed and searching for latent but available network that has long been unutilized through course of evolution and development. We call this process of functional compensation as "reconstruction of neural structure", i.e. a neural entity that achieves hyper-adaptability. In order to implement practical functions to this reconstituted neural network, the network should acquire a new control policy of motor effectors based on precise recognition of the present states of the brain and the body. Here, the brain has to activate the new network by repeatedly performing neural computations and updates the network based on prediction error. We call this learning cycle in a new control space as "reconstitution of sensorimotor control rules", i.e. neural computation principle that enables hyper-adaptability.

In order to verify the hypotheses described above, knowledge of neuroscience is essential. However, with only the "bottom-up" approach relying on experiments and analyses, it would be difficult to clarify hyper-adaptability that is manifested by systematic behavior of a neural network. Therefore, we apply an interdisciplinary approach that integrates the mathematical modeling technology of systems engineering with neuroscience (see figure on page 4). We adopt two new analytical approaches: (a) Robotic-interventional neuroscience, i.e. combinatory use of well-controlled robotic technologies and biological approaches of viral vector, optogenetics, chemogenetics and brain stimulation. This allows verification of cause-effect relationship of neural activity and its generated functions and behaviors. (b) Function-oriented neural encoding, which constitutes a model that may incorporate any knowledge of brain functions into gray-box modeling or hypothesizes the structure of a model based on statistical methods.



領域の全体構成図  
Whole constitution of the project

## Keyword

**超適応**：現在用いている既存の神経系では対応しきれない脳や身体への障害に対して、脳が、進化や発達の過程で使われなくなった潜在的機能等を再構成しながら、新たな行動遂行則を獲得する過程を表すもの。

**Hyper-adaptability**: Capability of central nervous system (brain and spinal cord) to manage impairment of sensory, motor and cognitive functions including ageing-related ones, by reactivating and recruiting pre-existing, latent but available network with being implemented by new computational principles and practical functions.



## 期待される成果と意義

本領域では以下の成果と意義が期待できる。

- 1) 超適応の単なる現象論の記述を超えて、これを発動する神経メカニズムの解明と数理モデル化による「超適応の科学」という学問分野の体系化
- 2) 電気生理・脳イメージング・行動データなどのマルチモーダルな情報を統合して機能を記述できる数理モデル化手法（グレイボックスモデル）の構築
- 3) 構造変化や行動遂行則変化を統合した生存適応原理を説明可能とする理論構築

また、領域終了後に想定できる波及効果として「高次脳機能障害（認知症に代表される脳変性疾患や脳卒中）への新しい対処法の提案」や「高齢化に伴うフレイルティの0次予防法の提案」等が考えられる。

## Expected Research Achievements and Scientific Significance

- 1) Systematization of “science of hyper-adaptability” by elucidating its underlying neural mechanisms and through its computational modelings
- 2) Construction of mathematical modeling (gray-box model), which can describe brain functions by integrating multi-modal experimental data such as electrophysiology, brain imaging, and behavior.
- 3) Construction of a comprehensive theory that can explain adaptation principle from its neural entity to its neural computation principle.

### キックオフシンポジウム & 公募研究説明会

#### 「身体－脳の機能不全を克服する 潜在的適応力のシステム論的理解」 領域概要説明

東京大学  
大学院工学系研究科 人工物工学研究センター  
教授 太田 順



# 01 項目群

損傷や加齢に伴う大規模脳領域での脱抑制機構に関して、モノアミン修飾系に着目し、光遺伝学による因果性解析などを通して、「生体構造の再構成過程」を解明する。

**01 group** focuses on the monoamine system for brain disinhibition during neural damage and aging. Our group studies the “reconstruction of neural structure” through causality analysis such as using optogenetics.

## A01

### 生体構造の再構成による超適応機構の解明と潜在適応力低下防止への挑戦

研究代表者 伊佐 正 京都大学 大学院医学研究科 教授  
研究分担者 内藤 栄一 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 室長  
研究分担者 相澤 秀紀 広島大学 大学院医系科学研究科 教授  
研究分担者 浅田 稔 大阪大学 先導的学際研究機構 特任教授  
研究分担者 中野 英樹 京都橘大学 大学院健康科学研究科 准教授



*Elucidation of the hyper-adaptation mechanism by reconstruction of bio-structure and challenges for prevention of decline in latent adaptive capacity*

#### Principal investigator:

Tadashi ISA Professor, Kyoto University

#### Funded co-investigators:

Eiichi NAITO Director, CiNet

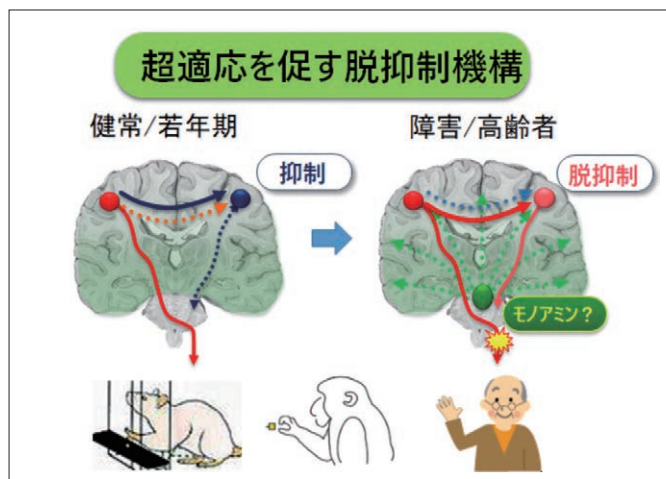
Hideki AIZAWA Professor, Hiroshima University

Minoru ASADA Specially Appointed Professor, Osaka University

Hideki NAKANO Associate Professor, Kyoto Tachibana University

中枢神経損傷や加齢による機能低下の際を代償するための超適応の基盤として広汎な神経回路の脱抑制があり、その背後にモノアミン汎性修飾系が関与するという我々の仮説

To compensate for the damage to the central nervous system or dysfunction with aging, the subjects may actively exert the disinhibitory mechanism in the large-scaled neural network. We hypothesizing that the diffusely projecting monoaminergic system underlies such disinhibition.



## B01

### 生体構造の再構成に関わる潜在回路に基づく超適応メカニズムのモデル化

研究代表者 近藤 敏之 東京農工大学 大学院工学研究院 教授  
研究分担者 千葉 龍介 旭川医科大学 医学部 准教授  
研究分担者 宮下 恵 東京農工大学 大学院工学研究院 助教



*Systems modelling of hyper-adaptation mechanism for reconstruction of neural structure*

#### Principal investigator:

Toshiyuki KONDO Professor, Tokyo University of Agriculture and Technology

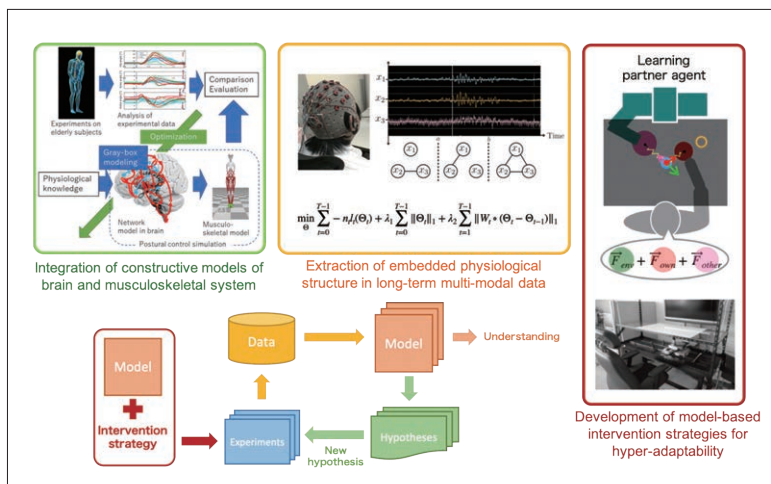
#### Funded co-investigator:

Ryosuke CHIBA Associate Professor, Asahikawa Medical University

Megumi MIYASHITA Assistant Professor, Tokyo University of Agriculture and Technology

構造変化を伴う超適応のモデル化に向けたシステム工学的アプローチ

Systems engineering approach toward modeling of hyper-adaptability with structural change.



## 02 項目群

脳の「生体構造の再構成過程」を、身体変容である急性・慢性の筋再配置による筋や筋シナジー変化を基に解析し、数理モデル化する。

**02 group** analyzes the changes in muscle synergy by acute and chronic tendon transfer, and constructs a mathematical model for the "reconstruction of neural structure".

### A02

#### 身体変容への超適応の神経機構の解明

研究代表者 関 和彦 国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 部長

*Hyper-adaptability to altered musculoskeletal system:  
cortical and subcortical mechanism*

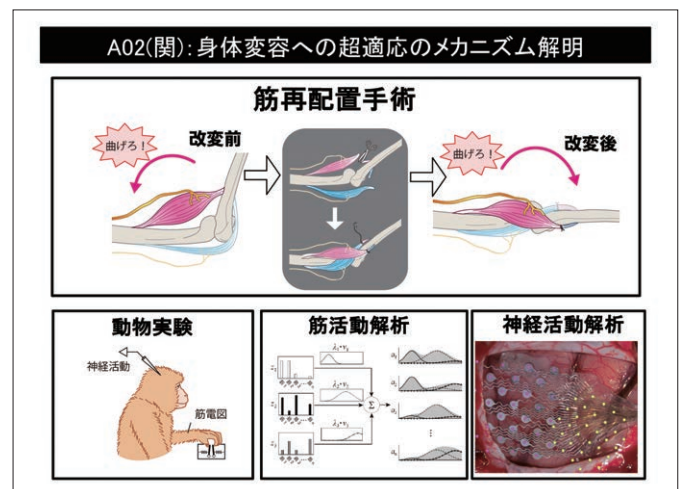
**Principal investigator:**

Kazuhiko SEKI  
Director, NCNP



関 和彦  
Kazuhiko SEKI

上：筋再配置手術の概念図。筋再配置のような経験したことのない運動中の感覚予測誤差に対する脳の超適応過程を、神経細胞活動記録や筋電図記録（下左）、筋電図解析（シナジー解析）（下中央）、皮質活動記録（下右）などを通じて解明する。  
Top: Conceptual diagram of muscle relocation surgery. We will evaluate the process of hyper adaptation by recording muscle activities (lower left), muscle synergy analysis (lower middle), and the cortical activity (lower right).



### B02

#### 身体変容への超適応のモデル化

研究代表者 小池 康晴 東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

研究分担者 船戸 徹郎 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 准教授

*Modeling of hyper-adaptability to altered  
musculoskeletal system*

**Principal investigator:**

Yasuharu KOIKE  
Professor, Tokyo Institute of Technology

**Funded co-investigator:**

Tetsuro FUNATO  
Associate Professor, The University of Electro-Communications

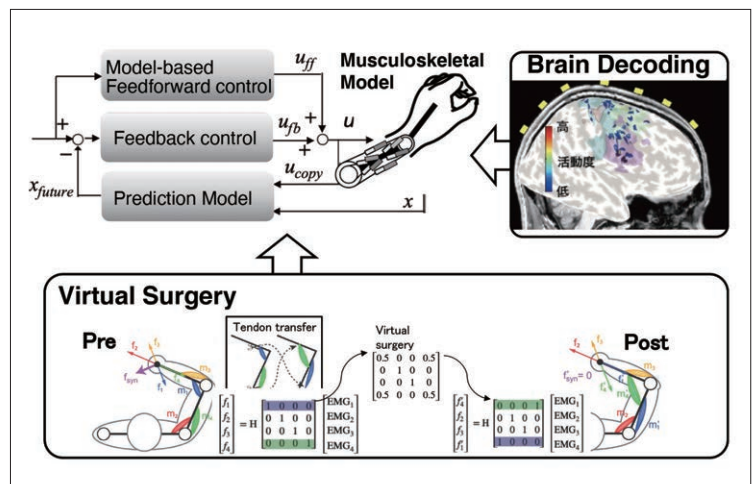


小池 康晴  
Yasuharu  
KOIKE



船戸 徹郎  
Tetsuro  
FUNATO

シナジーの再構成・学習過程のモデル化  
Model of the reconstruction/learning process of synergies.



## 03 項目群

身体認知・意欲が運動学習に与える影響を調べることで「行動遂行則の再編性」のメカニズムに迫る。身体認知に介入して再編成を促進する技術を開発し、ロボティック介入リハビリテーションに応用する。

**03 group** approaches the mechanism of the “reconstitution of behavioral principle” by examining the effects of cognition and motivation on motor learning. Our group develops a technology to intervene in body cognition to promote reorganization, and applies it for robotic-interventional rehabilitation.

### A03

#### 超適応を促す身体認知・情動機構の解明

研究代表者 今水 寛 東京大学 大学院人文社会系研究科 教授  
研究分担者 筒井 健一郎 東北大学 大学院生命科学系研究科 教授

#### *Mechanisms of body cognition and emotion inducing hyper-adaptability*

**Principal investigator:**  
Hiroshi IMAMIZU  
Professor, The University of Tokyo  
**Funded co-investigator:**  
Ken-Ichiro TSUTSUI  
Professor, Tohoku University

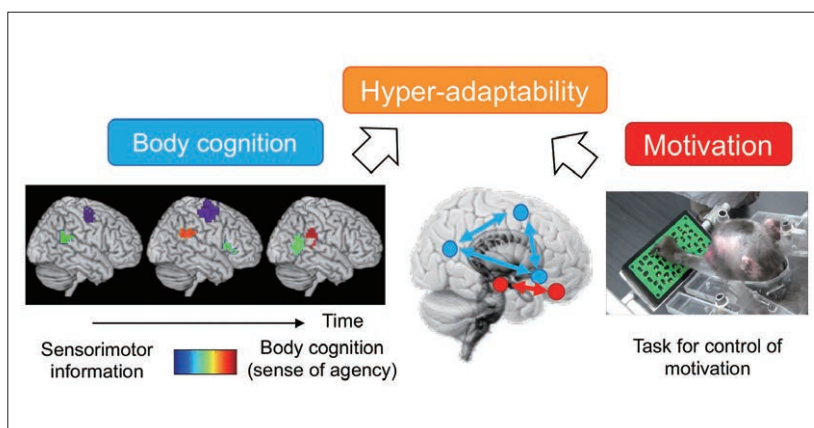


今水 寛  
Hiroshi  
IMAMIZU



筒井健一郎  
Ken-Ichiro  
TSUTSUI

身体認知と意欲が、超適応を促進するメカニズムの神経科学的理解  
Understanding neural mechanisms in which body cognition and motivation facilitate “hyper-adaptability”.



### B03

#### 認知・情動に着目した超適応現象のシステム論的理解と実現

研究代表者 浅間 一 東京大学 大学院工学系研究科 教授  
研究分担者 井澤 淳 筑波大学 システム情報系 准教授  
研究分担者 温 文 東京大学 大学院工学系研究科 特任准教授  
研究分担者 安琪 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授



浅間 一  
Hajime ASAMA



井澤 淳  
Jun IZAWA



温 文  
Wen WEN

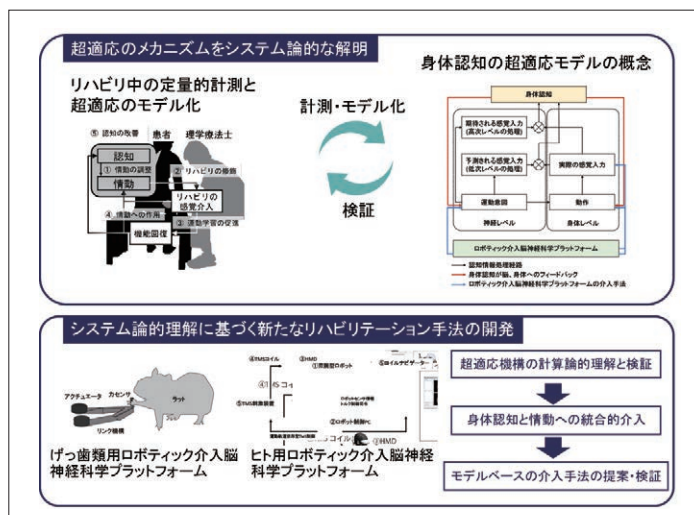


安琪  
Qi AN

#### *Systematic understanding and realization of hyper-adaptive phenomena focusing on cognition and emotion*

**Principal investigator:**  
Hajime ASAMA  
Professor, The University of Tokyo  
**Funded co-investigators:**  
Jun IZAWA  
Associate Professor, University of Tsukuba  
Wen WEN  
Project Associate Professor, The University of Tokyo  
Qi AN  
Associate Professor, The University of Tokyo

認知・情動に着目した超適応現象のシステム論的解明と理解、およびそれに基づく新たなリハビリテーション手法の開発  
Systematic understanding and realization of hyper-adaptive phenomena focusing on cognition and emotion, and proposal of novel rehabilitation based on hyper-adaptive phenomena.





## 04 項目群

パーキンソン病等の神経変性疾患等による神経伝達物質の異常に着目し、「行動遂行則の再編成」メカニズムを解明する。

**04 group** focuses on the neurotransmitter abnormality caused by neurodegenerative diseases such as Parkinson's disease, and approaches the mechanism of "reconstitution of behavioral principle".

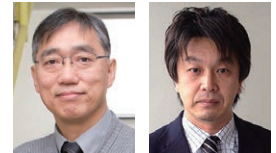
### A04

#### 神経伝達物質の異常に伴う超適応を誘発する脳活動ダイナミクスの変容

研究代表者 高草木 薫 旭川医科大学 医学部 教授  
研究分担者 花川 隆 京都大学 大学院医学研究科 教授

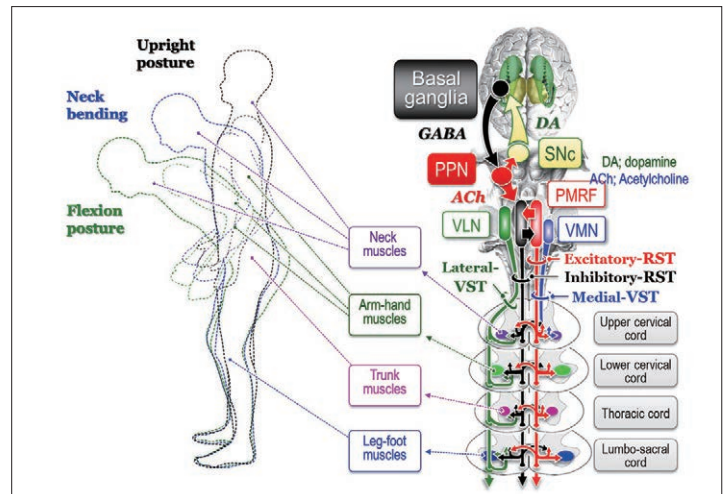
##### *Alteration of brain dynamics as underlying mechanisms of hyper-adaptability in neurotransmitter disorders*

**Principal investigator:**  
Kaoru TAKAKUSAKI  
Professor, Asahikawa Medical University  
**Funded co-investigator:**  
Takashi HANAKAWA  
Professor, Kyoto University



高草木 薫  
Kaoru TAKAKUSAKI  
花川 隆  
Takashi HANAKAWA

ドーパミン作動性コリン作動系および脳幹下行路の機能から見たパーキンソン病の姿勢変化の仮説メカニズム  
Hypothetical mechanism of postural change in Parkinson's disease based on functions of dopaminergic and cholinergic systems, and brainstem descending tracts.



### B04

#### 姿勢制御における神経伝達物質の作用を考慮した超適応モデリング

研究代表者 太田 順 東京大学 大学院工学系研究科 教授  
研究分担者 四津 有人 東京大学 大学院工学系研究科 准教授

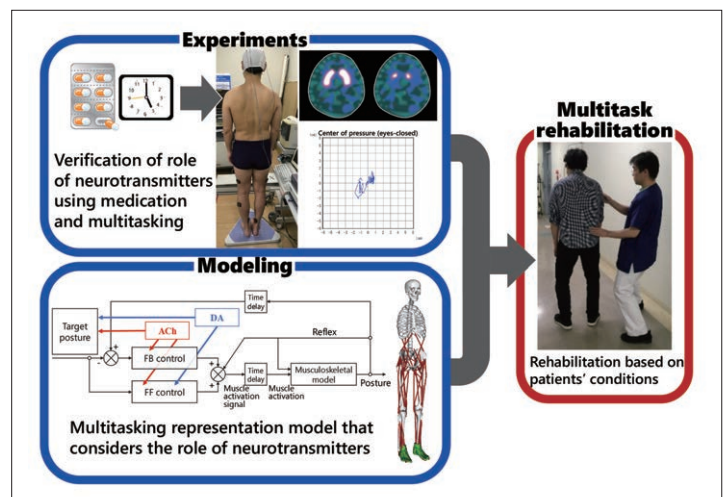
##### *Modelling of hyper adaptability in human postural control considering the role of neurotransmitters*

**Principal investigator:**  
Jun OTA  
Professor, The University of Tokyo  
**Funded co-investigator:**  
Arito YOZU  
Associate Professor, The University of Tokyo



太田 順  
Jun OTA

投薬・マルチタスクを利用した神経伝達物質の役割の検証  
およびマルチタスク表現モデルの開発  
Verification of the role of neurotransmitters using medication and multitasking and the development of a multitasking representation model.



# A05 公募班 (第2期)

A05 | Subscribed Research Group - Second Term

## A05-01

### 超適応現象を適切に強化する閉ループ脳刺激法

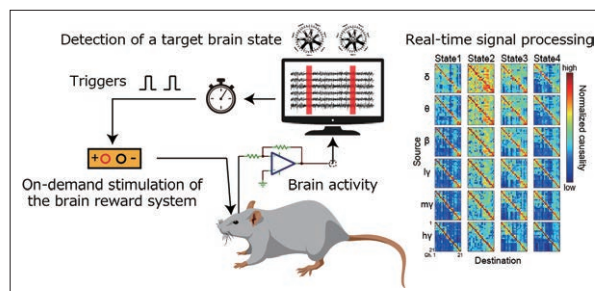
*A closed-loop brain stimulation for reinforcing hyper-adaptability*



研究代表者  
**竹内 雄一**  
北海道大学  
大学院薬学研究院 准教授  
Yuichi TAKEUCHI  
Associate Professor,  
Hokkaido University

標的脳状態の実時間検出をトリガーにした報酬系脳領域刺激により、脳の適応的再構成を強化する。

A closed-loop control of brain network reorganization by time-targeted stimulation of the brain rewarding system.



## A05-02

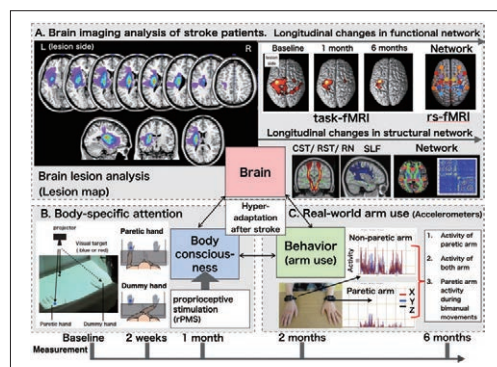
### 脳卒中患者の上肢回復過程における 使用行動－身体意識－脳の変容機構の包括的理解

*Comprehensive understanding of the mechanism of adaptive changes in brain, body consciousness and arm use underlying upper limb recovery in stroke patients*



研究代表者  
**出江 紳一**  
東北大学 医工学研究科 教授  
Shin-ichi iZUMI  
Professor, Tohoku University

脳卒中患者の上肢回復過程における使用行動－身体意識－脳の変容機構の包括的理解  
Comprehensive understanding of the mechanism of adaptive changes in brain, body consciousness and arm use underlying upper limb recovery in stroke patients.



## A05-03

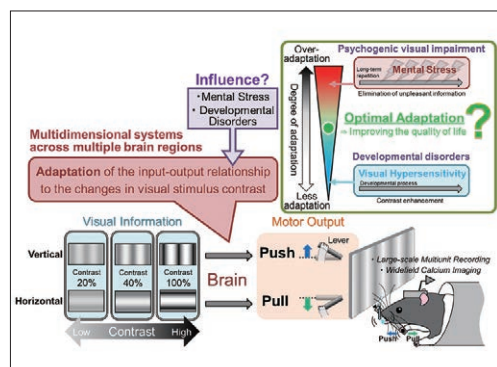
### 外部環境への適度な適応を実現する神経回路の解明

*Elucidation of neural circuits for optimal adaptation to the external environment*



研究代表者  
**木村 梨絵**  
東京大学  
大学院医学系研究科 特任助教  
Rie KIMURA  
Specially Appointed Assistant  
Professor, The University of Tokyo

ストレス負荷や発達障害の特性によって、視覚刺激のコントラスト変化に対する入力-出力変換の適応がどのように修飾されるかを明らかにすることで、外部環境への“適度な適応”の神経基盤の理解を目指す。  
Our study aims to understand the neural basis of optimal adaptation to the external environment by clarifying how the adaptation of the input-output relationship to the changes in visual stimulus contrast is influenced by mental stress and developmental disorders.



## A05-04

### 適応行動を司る脳の単一学習則の提案と神経基盤検証

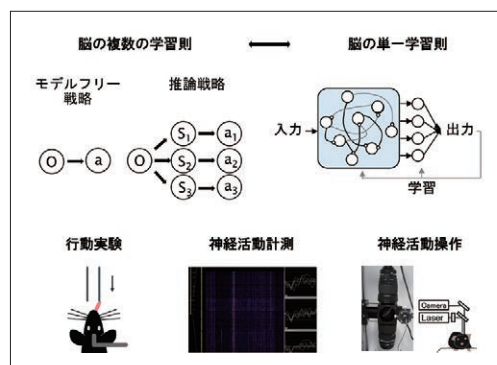
*Neural substrate of unified learning theory for adaptive behavior*



研究代表者  
**船水 章大**  
東京大学 定量生命科学研究所 講師  
Akihiro FUNAMIZU  
Lecturer, The University of Tokyo

脳の学習則仮説の提案 (上) と マウスの行動実験・神経活動計測・神経活動操作による仮説の検証 (下)

Hypotheses of learning theories in the brain (top) and animal experiment of mouse behavioral task, neural recording and neural manipulation for investigating the hypotheses (bottom).





## A05-05

### 幼少期の多様な経験に基づく過剰な神経回路形成による加齢後の適応能力の拡大

*Enhanced neuronal circuits for vocal learning with extensive experiences during development*



研究代表者

杉山(矢崎) 陽子

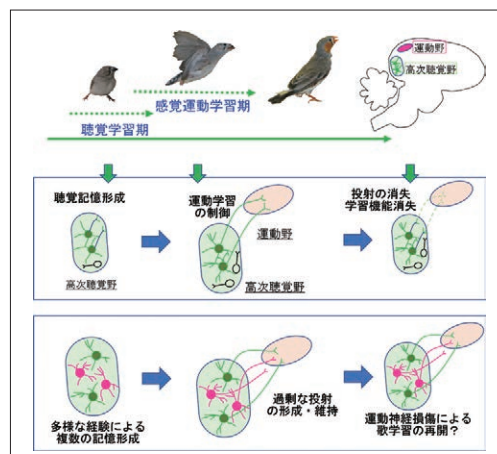
沖縄科学技術大学院大学 臨界期の神経メカニズム研究ユニット 准教授／東京大学 ニューロインテリジェンス国際研究機構 特任准教授

Youko YAZAKI-SUGIYAMA

Associate Professor, The Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University / Project Associate Professor, The University of Tokyo

キンカチョウは発達期に親の歌を聴いて覚え、模倣することで歌を学ぶが、これに関わる神経回路は複数の歌を学習することで成長後も従来消失する回路が維持される。本研究では、この多様な学習による神経回路の維持メカニズムを明らかにする。

Like humans learning to speak, zebra finches learn to sing from auditory experiences of tutor. We found neuronal projections from "tutor's song memory neurons" retained in the adults which had extensive song learning. Here in this project, we will elucidate how extensive learning retain the neuronal circuits for song learning.



## A05-06

### 全脳運動適応回路の解明

*Whole-brain motor adaptation circuits*



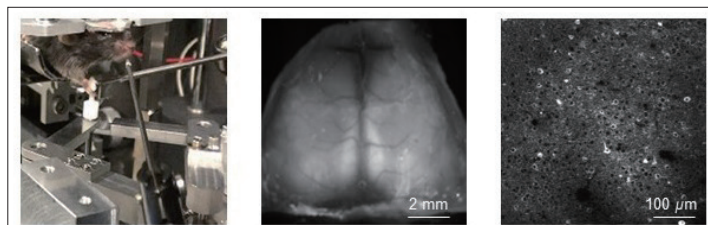
研究代表者

松崎 政紀

東京大学 大学院医学系研究科 教授

Masanori MATSUZAKI

Professor, The University of Tokyo



マウス前肢運動適応課題 (左)、運動課題中の全脳 1 光子カルシウムイメージング (中央)、運動野 2 光子カルシウムイメージング (右)

Left, mouse forelimb motor adaptation task. Middle, one-photon calcium imaging of the whole dorsal neocortex during a motor task. Right, two-photon calcium imaging of the motor cortex during the motor task.

## A05-07

### ヒト高次運動機能の超適応:皮質脳波コネクティクスによる脳切除後の潜在回路の解明

*Mechanism of Hyper-Adaptivity of the human premotor area: electrophysiological connectomes analysis with electrocorticogram*



研究代表者

松本 理器

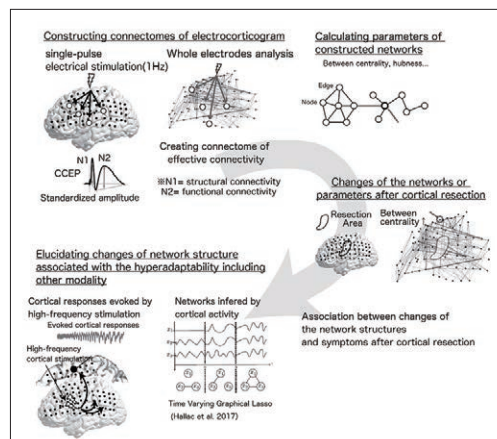
神戸大学 大学院医学研究科 教授

Riki MATSUMOTO

Professor, Kobe University

皮質皮質間誘発電位を用いた皮質脳波コネクティクス

Electrophysiological connectome analysis using cortico-cortical evoked potential.



## A05-08

### 恐怖記憶に起因する不適応状態からの超適応を誘起する脳領域間ネットワーク動態の解明

*Inter-regional network dynamics enabling hyper-adaptation from a fear-memory induced maladaptive state*



研究代表者

宮脇 寛行

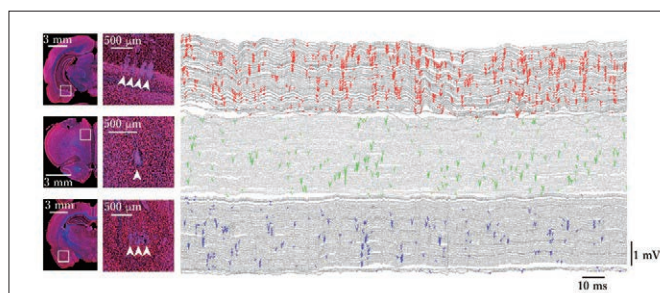
大阪市立大学 大学院医学研究科 助教

Hiroyuki MIYAWAKI

Assistant Professor, Osaka Metropolitan University

腹側海馬、扁桃体、前頭前野からの多領域同時・大規模電気生理学記録

Simultaneous multi-regional large-scale electrophysiology in the ventral hippocampus, amygdala, and prefrontal cortex.



## A05-09

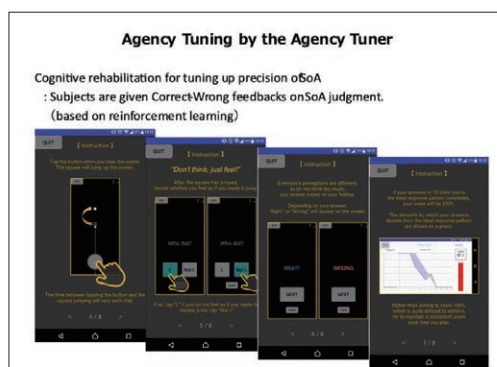
### 主体感 (Sense of Agency) の精度向上のための 認知リハビリテーションの開発と臨床応用

*Research on developing a cognitive rehabilitation method for neurological and psychiatric diseases thorough improving precision on the sense of agency*



研究代表者  
**前田 貴記**  
慶應義塾大学 医学部 講師  
Takaki MAEDA  
Lecturer, Keio University

Agency Tuning by the Agency Tuner.



## A05-10

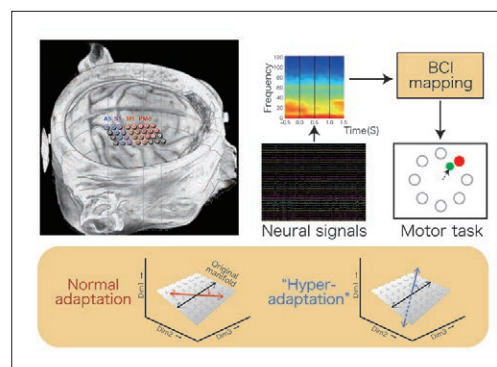
### 「超適応」を引き起こす神経回路の生成と解明

*Adaptive mechanisms for perturbations in the neural manifold*



研究代表者  
**武井 智彦**  
玉川大学 脳科学研究所 准教授  
Tomohiko TAKEI  
Associate Professor, Brain Science  
Institute, Tamagawa University

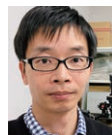
ブレインコンピュータインターフェースを用いた神経適応メカニズムの推定  
Estimation of adaptive neural mechanism using brain-computer interface.



## A05-11

### 脳梗塞慢性期に超回復を誘導するための脱抑制の時空間的制御

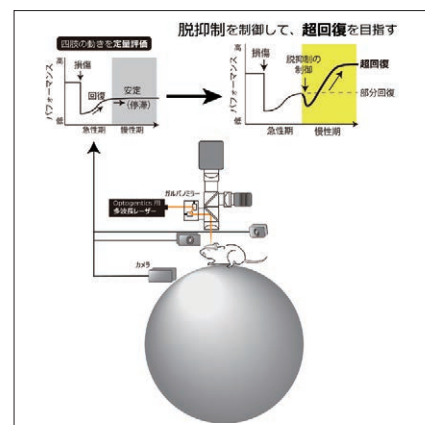
*Spatio-temporal modulation of disinhibition for super-recovery from motor dysfunction in the chronic phase of stroke*



研究代表者  
**尾崎 弘展**  
同志社大学  
大学院脳科学研究科 特定准教授  
Hironobu OSAKI  
Program-Specific Associate Professor,  
Doshisha University

齧歯類マウス的大脑皮質運動野梗塞モデルを用いて、自由行動下の四肢の動きと関連する神経活動を計測し、長期間持続する脱抑制を適切に制御することで、通常の回復を凌駕する「超回復」の誘導を試みる。

Using a motor cortex infarction model of rodents, we will monitor limb function and associated neural activity. We will try to induce 'super-recovery' from motor dysfunction by controlling sustained disinhibition of neural activity, cord injury.



## A05-12

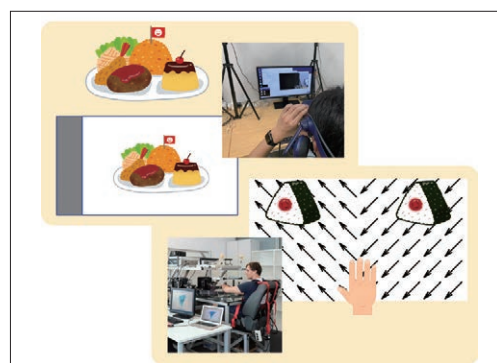
### 空間認知の超適応的変容

*Hyper adaptive changes in spatial recognition*



研究代表者  
**大須 理英子**  
早稲田大学 人間科学学術院 教授  
Rieko OSU  
Professor, Waseda University

- ① AR により注意が多く配分される右空間へ、実視空間をシフトさせる。
  - ② ロボットインターフェースにより、左空間への動作を誘導する。
- 1) AR shifts the visual space to the right where more attention is allocated.  
2) The robotic interface guides the hand movement to the left space.

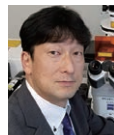




## A05-13

### 人為的シナプスコネクと神経再編の環境制御による超適応機構の解析と創出

*Creation of hyper-adaptability by synthetic synaptic organizers and micro-environmental control of neural reconstruction*



研究代表者

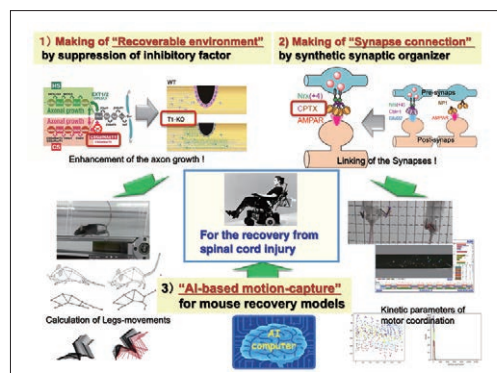
武内 恒成

愛知医科大学 医学部 教授

Kosei TAKEUCHI

Professor, Aichi Medical University

脊髄損傷後の超回復を目指して、細胞外再生環境を制御と人為的シナプスコネクによる回復 AI モーションキャプチャで解析する。AI-based motion capture for Hyper-adaptability from inducing synapse connection and regulation of extracellular matrix, in order to amelioration to spinal cord injury.



## A05-14

### 脳卒中超回復者の脳再構成を静的・動的磁場で誘発される脳波変調で解明する

*Brain reorganization in stroke patients with hyper-recovery by measuring EEG modulation induced by static and dynamic magnetic fields*



研究代表者

美馬 達哉

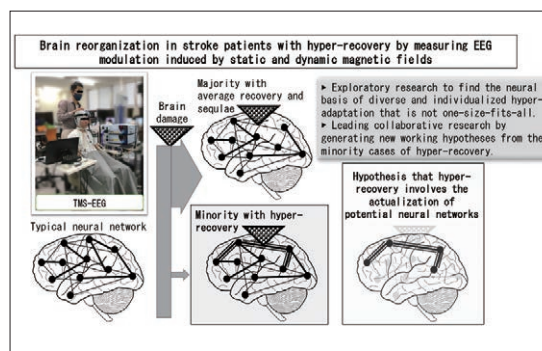
立命館大学

大学院先端総合学術研究科 教授

Tatsuya MIMA

Professor, Ritsumeikan University

脳卒中超回復者の脳再構成を静的・動的磁場で誘発される脳波変調で解明する。Brain reorganization in stroke patients with hyper-recovery by measuring EEG modulation induced by static and dynamic magnetic fields.



## A05-15

### 上肢喪失時における脳の超適応

*Brain adaptation after limb loss*



研究代表者

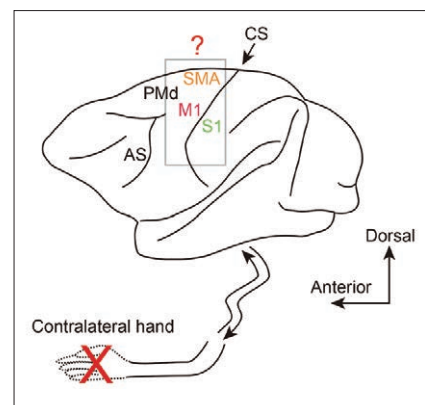
南部 篤

生理学研究所 教授

Atsushi NAMBU

Professor, National Institute for Physiological Sciences

上肢を事故によって失ったサルを用いて、大脳皮質運動野・感覚野における適応的变化を調べる。Adaptive changes in the somatomotor and somatosensory cortices will be investigated in monkeys who lost their upper limb by accident.



## A05-16

### 脳損傷後に大脳両半球で生じる適応機構

*Adaptive mechanism occurring in both hemispheres after unilateral brain damage*



研究代表者

肥後 範行

産業技術総合研究所

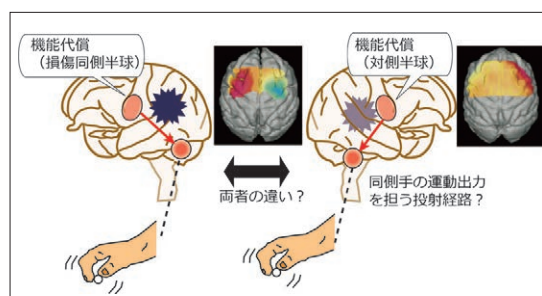
人間情報インタラクション研究部門

研究グループ長

Noriyuki HIGO

Group Leader, AIST

内包梗塞後の巧緻動作回復過程で生じる大脳皮質の活動変化とその背景にある神経投射変化。Changes in cortical activity and neural projections in macaques during recovery of manual dexterity after infarction in the posterior internal capsule.



## B05 公募班 (第2期)

B05 | Subscribed Research Group - Second Term

### B05-01

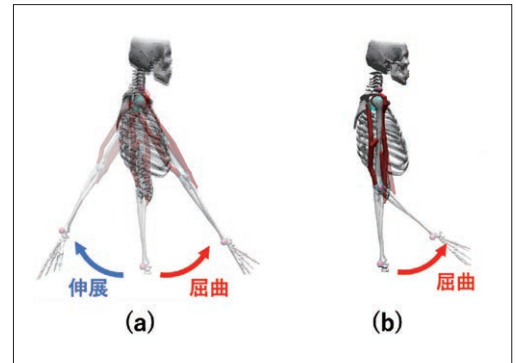
#### 筋シナジーの発現に向けた筋骨格モデルにおけるモジュラリティの運動学習

*Motor learning of modularity in musculoskeletal models toward the emergence of muscle synergy*



研究代表者  
**林部 充宏**  
東北大学  
大学院工学研究科 教授  
Mitsuhiro HAYASHIBE  
Professor, Tohoku University

筋骨格モデルの運動制御課題におけるモジュール層の有無による汎化学習能力の検証  
Verification of the generalization learning ability by employing modular architecture in a musculoskeletal model based motor control task.



### B05-02

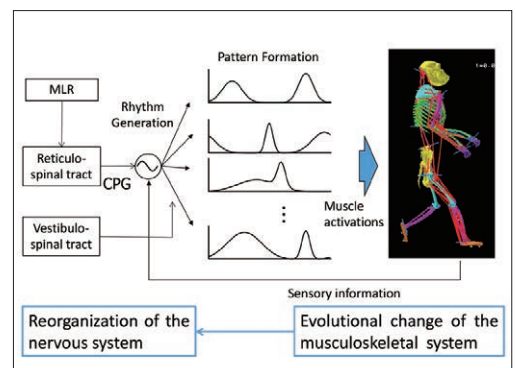
#### 二足歩行運動の超適応メカニズムの神経回路モデル

*A neural network model for hyper-adaptability of bipedal locomotion*



研究代表者  
**荻原 直道**  
東京大学  
大学院理学系研究科 教授  
Naomichi OGIHARA  
Professor, The University of Tokyo

神経筋骨格モデルに基づく二足歩行シミュレーションによる超適応メカニズムの解明  
Elucidating the mechanism underlying the hyper-adaptation of bipedal locomotion through forward dynamic simulation based on a neuro-musculoskeletal model.



### B05-03

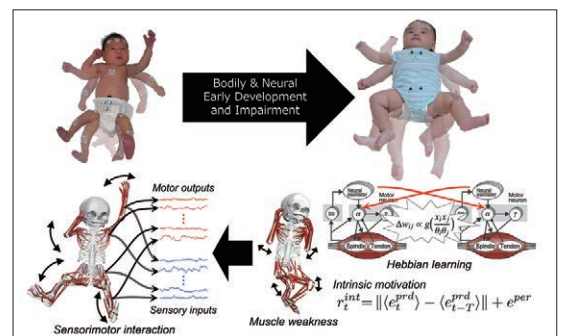
#### 発達初期の身体・神経系変容に対する感覚運動情報構造の超適応

*Hyper-adaptation of bodily and neural sensorimotor information structures in early developmental stage*



研究代表者  
**金沢 星慶**  
東京大学  
大学院情報理工学系研究科  
特任助教  
Hoshinori KANAZAWA  
Research Assistant Professor,  
The University of Tokyo

発達初期に生じる感覚運動ダイナミクスと関連する学習、行動創発および障害モデル  
Sensorimotor dynamics and related learning model, behavioral model, and functional impairment models in the early developmental stage.



### B05-04

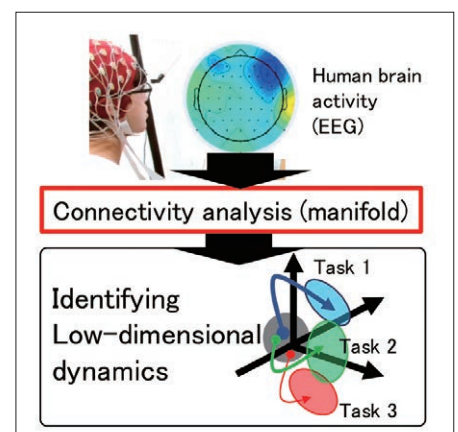
#### 超適応を可能とする両側運動関連領域における低次元脳機能結合の解明

*Low-dimensional functional connectivity across bilateral motor-related areas for hyper-adaptability*



研究代表者  
**南部 功夫**  
長岡技術科学大学  
大学院電気電子情報工学専攻 准教授  
Isao NAMBU  
Associate Professor,  
Nagaoka University of Technology

冗長な機能結合ダイナミクスが低次元空間に表現されている仮説の検証  
Hypothesis of redundant functional connectivity is represented in the low-dimensional space.



## B05-05

### 部分ダイナミクスの再利用を行う運動学習モデルの筋シナジー再構成への拡張

Application of motor learning model for partial relationship reuse to reconstruction of muscle synergy



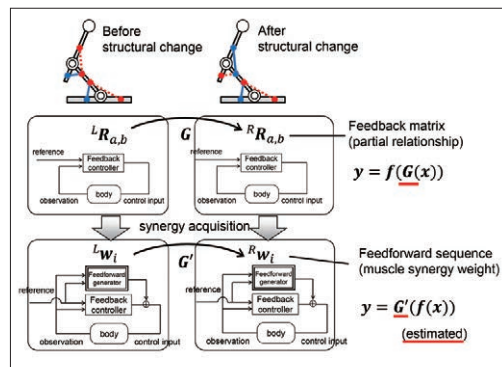
研究代表者

小林 祐一

静岡大学  
工学部機械工学科 准教授

Yuichi KOBAYASHI  
Associate Professor,  
Shizuoka University

フィードバック制御器をもとにした知識の再利用（上段）とフィードフォワード制御における筋シナジーの再利用を行う運動学習モデル Motor learning models of information reuse based on feedback controller (top) and models of muscle synergy reuse based on feedforward controller (bottom) .



## B05-06

### 眼と身体の新しい関係への適応の階層的説明

Hierarchical understanding of adaptation to a new relationship between the eye and the body



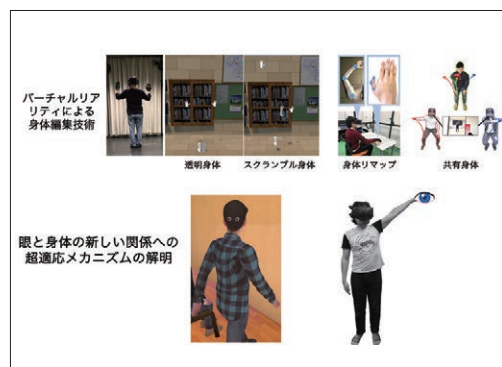
研究代表者

北崎 充晃

豊橋技術科学大学  
大学院工学研究科 教授

Michiteru KITAZAKI  
Professor, Toyohashi  
University of Technology

バーチャルリアリティを用いることで、透明身体、スクランブル身体、身体部位リマッピング、共有身体など身体を編集することが可能である。これを発展させ、眼と身体の新しい関係を作り出し、通常とは異なる環境に人がどう適応するかを説明することを目的とする。 It is possible to edit the body, such as transparent body, scrambled body, body part remapping, and shared body using virtual reality. We aim to create a new relationship between the eyes and the body, and to elucidate how humans adapt to unusual environments.



## B05-07

### ヒト静止立位の微小転倒に伴する脳波応答に基づく姿勢制御脳内メカニズムの解明

Supraspinal mechanisms of the human upright postural control based on the EEG dynamics associated with micro-falls



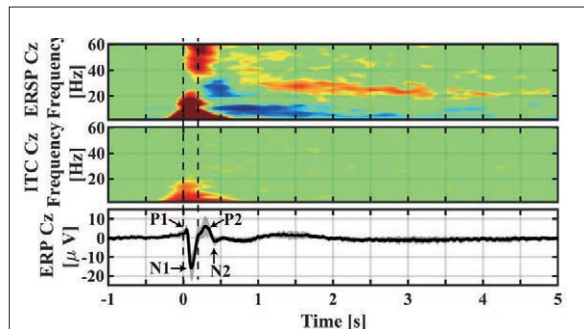
研究代表者

野村 泰伸

大阪大学  
大学院基礎工学研究科 教授

Taishin NOMURA  
Professor,  
Osaka University

ヒト直立姿勢の床面後方移動外乱に対する脳波事象関連スペクトル摂動と誘発電位 Event Related Spectral Perturbation and evoked potential of EEG in response to support-surface perturbation during human quiet stance.



## B05-08

### 超適応としての高次脳機能:無限定環境へのプロアクティブ・アウトリーチ原理の探究

Higher brain functions as hyper-adaptability: an exploration of the principle of proactive outreach to an indefinite environment



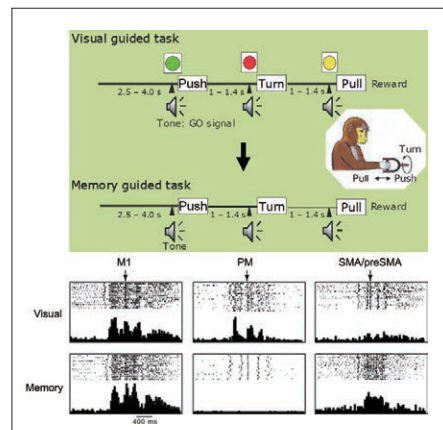
研究代表者

坂本 一寛

東北医科薬科大学  
医学部 准教授

Kazuhiro SAKAMOTO  
Associate Professor,  
Tohoku Medical and  
Pharmaceutical University

運動前野 (PM) と補足運動野・前補足運動野 (SMA/pre SMA) を区別する順序行動課題 (上) と神経活動 (下)。第一次運動野 (M1) は何の運動時も活動するが (下左)、運動前野は視覚誘導性課題 (上・上段) で活動するのに対し、補足運動野・前補足運動野は記憶誘導性課題 (上・下段) で活動。このような活動の違いを説明する学習モデルを構築する。 Sequential movement task (top) and neural activities (bottom) distinguishing the premotor area (PM) and supplementary motor area/pre-supplementary motor area (SMA/preSMA). The primary motor cortex (M1) is active during any movement (bottom left), but the PM is active during a visually guided task (top, top row), whereas the SMA/preSMA is active during a memory guided task (top, bottom row). We plan to develop a learning model that accounts for these differences in activities.





## B05-09

### ニューロフィードバック注意機能訓練における脱抑制回路の多様性と運動制御への寄与

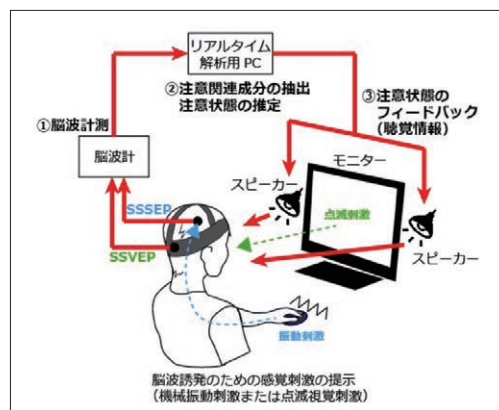
*Individual differences in suitable neural circuits for attention control and its effect on motor control*



研究代表者  
**櫻田 武**  
成蹊大学 理工学部 准教授  
Takeshi SAKURADA  
Associate Professor,  
Seikei University

感覚刺激に誘発される低次感覚野応答を利用した注意機能訓練のためのニューロフィードバックシステム

Neurofeedback system for attention training based on steady-state somatosensory evoked potentials and steady-state visual evoked potentials.



## B05-10

### 探索的適応を生み出す脳内ネットワーク:メタ強化学習に基づく脳機能モデリング

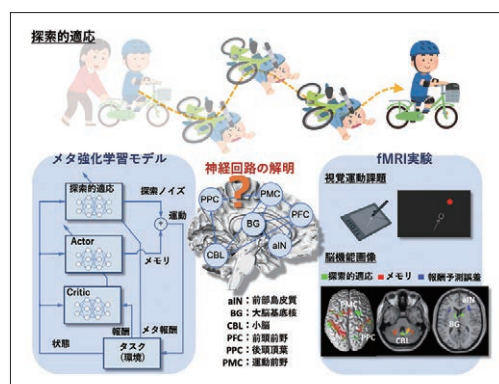
*Brain mechanisms for generating exploratory adaptation: Modeling the brain function based on meta-reinforcement learning*



研究代表者  
**植山 祐樹**  
防衛大学校 機械工学科 准教授  
Yuki UHEYAMA  
Associate Professor, National  
Defense Academy of Japan

本研究では探索行動に基づく適応過程を「探索的適応」と定義し、超適応を実現する脳機能の一翼として捉え、計算モデルおよびfMRI実験によってその機序を明らかにする。

We define the adaptation process based on exploratory behavior as "exploratory adaptation" that forms super adaptation and aim to elucidate its mechanism from computational models and fMRI experiments.





### X00

#### 身体-脳の機能不全を克服する潜在的適応力のシステム論的理解の総括研究

*Administrative research on hyper-adaptability for overcoming body-brain dysfunction*

##### 研究代表者：

太田 順 東京大学 大学院工学系研究科 教授

##### 研究分担者：

船戸 徹郎 電気通信大学 大学院情報理工学系研究科 准教授

伊佐 正 京都大学 大学院医学研究科 教授

近藤 敏之 東京農工大学 大学院工学系研究科 教授

##### 総括班評価者：

宇川 義一\* 福島県立医科大学 名誉教授、同医学部 教授

金子 真\* 大阪大学 名誉教授、名城大学理工学部 教授

北澤 茂\* 大阪大学 大学院生命機能研究科 教授

##### 研究協力者：

内藤 栄一 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 室長

相澤 秀紀 広島大学 大学院医系科学研究科 教授

関 和彦 国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 部長

今水 寛 東京大学 大学院人文社会系研究科 教授

筒井 健一郎 東北大学 大学院生命科学研究科 教授

高草木 薫 旭川医科大学 医学部 教授

花川 隆 京都大学 大学院医学研究科 教授

千葉 龍介 旭川医科大学 医学部 准教授

小池 康晴 東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

浅間 一 東京大学 大学院工学系研究科 教授

井澤 淳 筑波大学 システム情報系 准教授

温 文 東京大学 大学院工学系研究科 特任准教授

安琪 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授

四津 有人 東京大学 大学院工学系研究科 准教授

##### Principal investigator:

Jun OTA  
Professor, The University of Tokyo

##### Funded co-investigators:

Tetsuro FUNATO  
Associate Professor, The University of Electro-Communications  
Tadashi ISA  
Professor, Kyoto University  
Toshiyuki KONDO  
Professor, Tokyo University of Agriculture and Technology

##### Advisory board members:

Yoshikazu UGAWA\*  
Professor, Fukushima Medical University  
Makoto KANEKO\*  
Emeritus Professor, Osaka University / Professor, Meijo University  
Shigeru KITAZAWA\*  
Professor, Osaka University

##### Co-investigators:

Eiichi NAITO  
Director, CiNet  
Hideki AIZAWA  
Professor, Hiroshima University  
Kazuhiko SEKI  
Director, NCNP  
Hiroshi IMAMIZU  
Professor, The University of Tokyo  
Ken-Ichiro TSUTSUI  
Professor, Tohoku University  
Kaoru TAKAKUSAKI  
Professor, Asahikawa Medical University  
Takashi HANAKAWA  
Professor, Kyoto University  
Ryosuke CHIBA  
Associate Professor, Asahikawa Medical University  
Yasuharu KOIKE  
Professor, Tokyo Institute of Technology  
Hajime ASAMA  
Professor, The University of Tokyo  
Jun IZAWA  
Associate Professor, University of Tsukuba  
Wen WEN  
Project Associate Professor, The University of Tokyo  
Qi AN  
Associate Professor, The University of Tokyo  
Arito YOZU  
Associate Professor, The University of Tokyo

\* = 本プロジェクトと一切利害関係がありません。

Advisory Board Members have no special interests with our project



# 若手の会

Young Researchers Group

本領域では、脳神経科学的アプローチによる実験解析とシステム工学的アプローチによるモデル構成の連携研究により、神経の超適応原理に迫り、急性 / 慢性疾患やフレイルティの原理を包括的に理解することを目指している。「超適応」という新しい学術領域を創設し、学問として体系化するためには、異分野融合の理念に精通して実践的に研究を推進できる若手研究者の育成が不可欠である。このため本領域では「若手の会」を組織し、若手研究者を中心としたチュートリアル講演会・ワークショップ等の定期開催、海外関連研究機関との連携による若手研究者の相互派遣による国際化促進など、領域全体でその活動を支援することで当該領域の将来を担う若手研究者の育成に当たる。

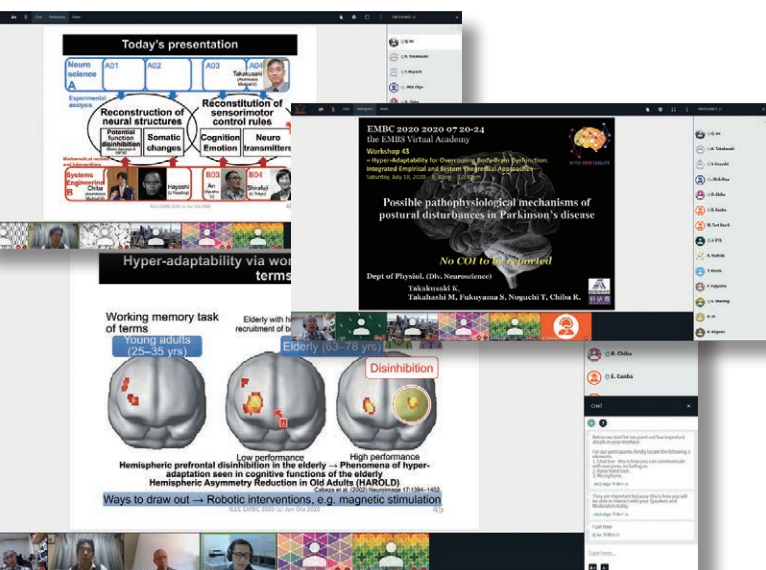
## 若手の会の活動実績

令和元年11月21日	若手の会キックオフミーティング
令和2年1月26日	超適応勉強会（東京都港区芝浦）
令和2年3月26日～27日	超適応勉強会（東京大学本郷キャンパス）
令和2年7月18日	EMBC2020 Workshop企画（オンライン開催）
令和2年	Advanced Robotics 特集号企画
令和3年6月～7月	超適応勉強会（オンライン）
令和3年9月～10月	領域内外の研究者による講演会（オンライン）
令和3年12月16日	次世代脳プロジェクトでの合同シンポジウム企画（オンライン）
令和3年12月～令和4年2月	超適応勉強会（オンライン）



## Young Researchers Group

This research area aims to understand the principles of neural “hyper-adaptability” and the principles of acute/chronic diseases and frailty through collaborative research between experimental analysis of neuroscience and model-based analysis of systems engineering. To create and systematize the new academic field of “hyper-adaptability”, it is essential to foster young researchers who are familiar with the interdisciplinary research of our area and who can promote practical researches. For this purpose, we organize the “Young Researchers Group” to support the activities of young researchers. Young Researchers Group holds tutorial lectures and workshops regularly and promotes internationalization by exchanging young researchers with overseas research institutes. With these supports, we foster young researchers who will be the future leaders of this area.



# これまでの実績

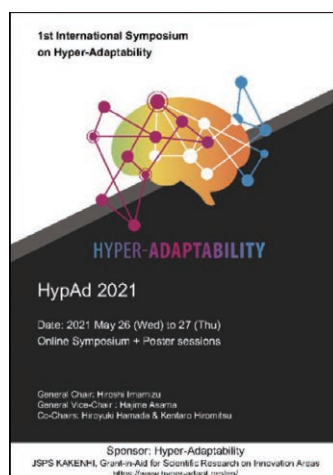
## Achievements

### 研究業績 (2022年4月1日現在)

国際雑誌論文 .....	139 篇
国内雑誌論文 .....	11 篇
国際会議 .....	60 件
国内会議 .....	111 件
書籍 .....	9 篇
報道発表 .....	15 件
受賞 .....	7 件
特許 .....	4 件

### 領域の主催行事

令和元年9月20日	キックオフシンポジウム・公募説明会 (東京大学本郷キャンパス)
令和2年3月4日~5日	第1回領域全体会議 (オンライン)
令和2年10月10日	第1回一般公開シンポジウム (オンライン)
令和3年3月5日~6日	第2回領域全体会議 (オンライン)
令和3年5月26日~27日	第1回国際シンポジウム HypAd2021 (オンライン)
令和4年3月7日~8日	第3回領域全体会議 (オンライン)

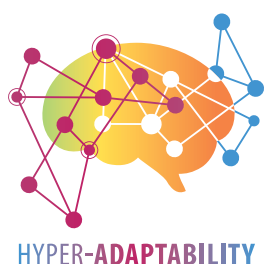




## Contents

本領域の目的-----	2
Purpose of the Research Project	
本領域の内容-----	3
Content of the Research Project	
期待される成果と意義-----	5
Expected Research Achievements and Scientific Significance	
01 項目群 (A01 × B01) -----	6
A01-B01   01 Group	
02 項目群 (A02 × B02) -----	7
A02-B02   02 Group	
03 項目群 (A03 × B03) -----	8
A03-B03   03 Group	
04 項目群 (A04 × B04) -----	9
A04-B04   04 Group	
A05 公募班 第2期 -----	10
A05   Subscribed Research Group - Second Term	
B05 公募班 第2期 -----	14
B05   Subscribed Research Group - Second Term	
X00 総括班-----	17
X00   Management Group	
若手の会 -----	18
Young Researchers Group	
これまでの実績-----	19
Achievements	

## お問い合わせ先 Contact



### 科研費新学術領域「超適応」

領域代表：太田 順（東京大学 大学院工学系研究科 教授）

領域幹事：船戸 徹郎（電気通信大学 大学院情報理工学研究科 准教授）

領域事務局 E-mail：office@hyper-adapt.org

### HYPER-ADAPTABILITY

Director: Jun Ota (Professor, The University of Tokyo)

Secretariat: Tetsuro Funato

(Associate Professor, The University of Electro-Communications)

Email: office@hyper-adapt.org



<https://www.hyper-adapt.org>