

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

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

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

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)

Research Project Number: 8102, Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (Research in a Proposed Research Area)

Term of Project: FY2019-2023

Head Investigator: Jun Ota - Research into Artifacts, Center for Engineering (RACE), School of Engineering, The University of Tokyo

本領域の目的

Purpose of the Research Project

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。

本領域の内容

Content of the Research Project

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 (図1)。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。



期待される成果と意義

Expected Research Achievements and Scientific Significance

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。

Keyword

超適応 [hyper-adaptability] 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。

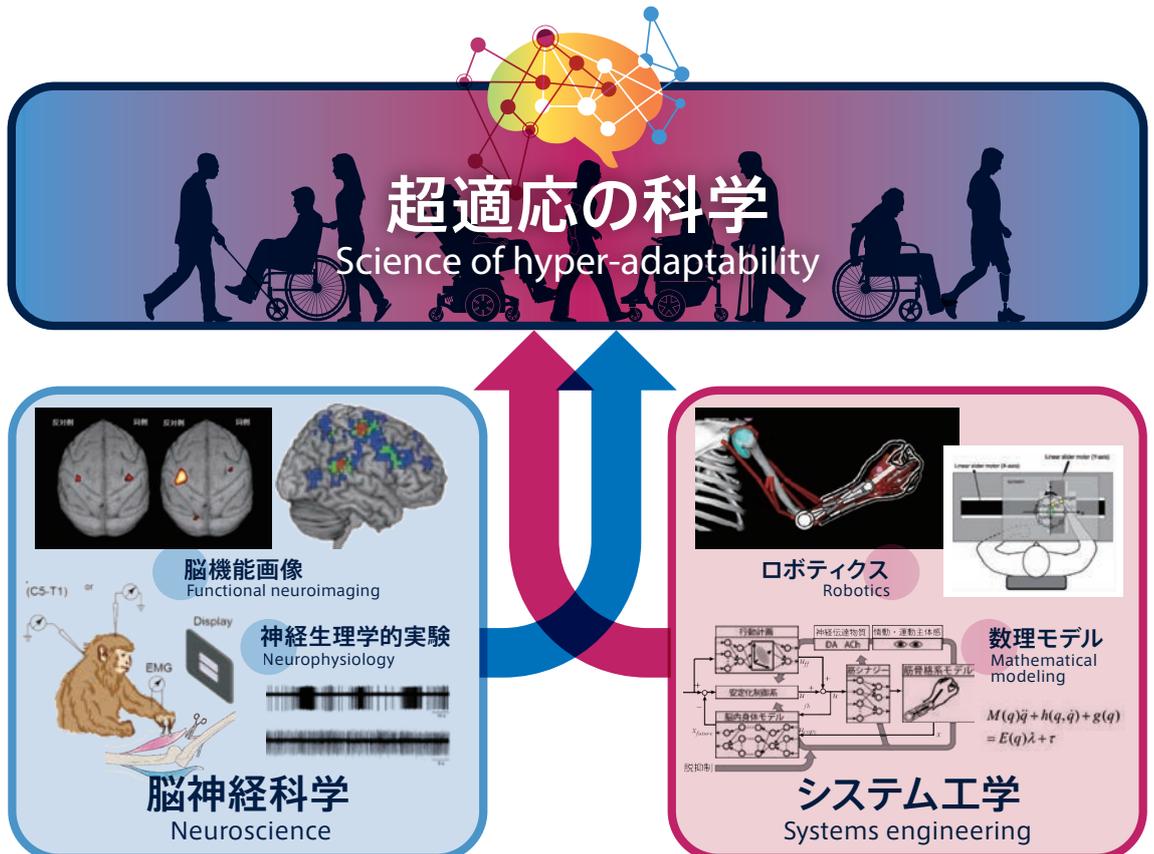


図1：領域の全体構成図
Whole constitution of the project

研究組織

Organization

総括班 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 伊佐 正 京都大学 大学院医学研究科 教授
研究分担者 近藤 敏之 東京農工大学 大学院工学研究科 教授
研究分担者 船戸 徹郎 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 准教授

研究項目 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

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

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 研究マネージャー
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



伊佐 正
A01 研究代表者

研究項目 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

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

研究代表者 近藤 敏之 東京農工大学 大学院工学研究科 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 矢野 史朗 東京農工大学 大学院工学研究科 助教



近藤 敏之
B01 研究代表者

研究項目 A02

身体変容への超適応の神経機構の解明

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

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



関 和彦
A02 研究代表者

研究項目 B02

身体変容への超適応のモデル化

Modeling of hyper-adaptability to altered musculoskeletal system

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



小池 康晴
B02 研究代表者

研究項目 A03

超適応を促す身体認知・情動機構の解明

Mechanisms of body cognition and emotion inducing hyper-adaptability

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 大学院生命科学研究所 教授



今水 寛
A03 研究代表者

研究項目 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

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

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 大学院工学系研究科 助教



浅間 一
B03 研究代表者

研究項目 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

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

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 国立精神・神経医療研究センター 先進脳画像研究部 部長



高草木 薫
A04 研究代表者

研究項目 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

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

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 茨城県立医療大学 医科学センター 准教授



太田 順
領域代表者
X00 研究代表者
B04 研究代表者

お問い合わせ先 Contacts

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 Univ. of Tokyo)
Secretariat: Tetsuro Funato (Associate Professor, The Univ. of Electro-Communications)
Email: office@hyper-adapt.org



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