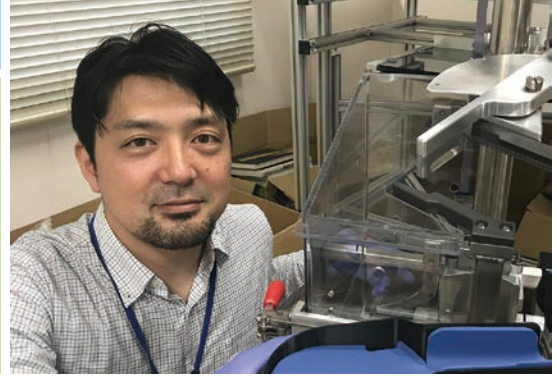


## からだの動きから 脳の仕組みを解き明かす

武井智彦 研究室



### 研究内容

武井研究室では身体運動や運動障害といった「からだ」を動かす中枢神経メカニズムを調べることで、脳が自分や周囲の状況をどのように認識しているのか、どのように行動を決定しているのかといった「脳の仕組み」を解き明かすことを目指しています。

#### 「からだ」を動かす脳の仕組み

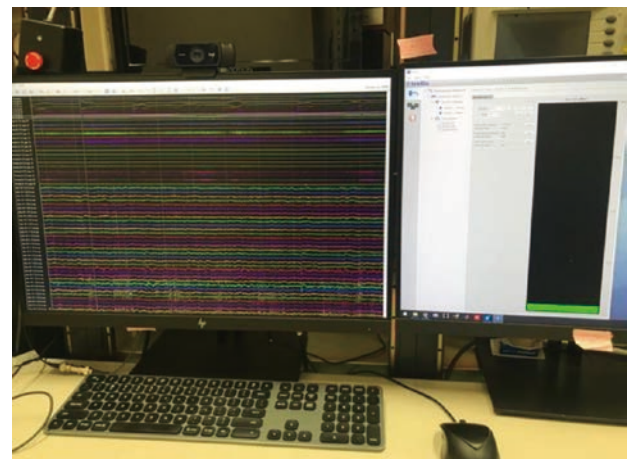
飛んでくるボールをキャッチする。車を運転していて停止線でしっかりと止まる。立ったまま腕を前に挙げても転ばないでいられる。——どれも私たちが当たり前のように行っている日常動作です。でも実はこのように一見単純な運動を行うときも、広範な脳部位が協調して働く必要があります。その証拠に脳損傷などによって脳の一部の機能が失われただけで私たちの運動は協調性を失い、これらの日常生活はとてども困難になってしまいます。

私たちが身体を動かす際に脳は様々な情報処理を行う必要があります。まず自分の姿勢や周りの環境がどんな状態なのかを正しく認識し、これらの状況に応じてどんな運動をするかを決め、その後ようやく身体を動かすことができます。しかしこれらの手順を現実世界でリアルタイムに行おうとすると非常に難しいことがわかります。例えば、初めて手にしたドローンを操作しようとしても、リモコンのレバーをどれほど倒したらどれくらい動くのか分からず、くねくねと行ったり来たりしてしまいスムーズに操作することはとても難しいことが想像できると思います。しかし、だんだん操縦に慣れてくるとドローンがどのように動くのかが予測できるようになり、自分の身体のようにスムーズに運転できるようになります。

#### 「脳を作って分解する」アプローチ

武井研究室では、動物が自分や環境を認識して円滑に身体を動かす脳の仕組みを明らかにする研究を行っています。具体的には、(1) 動物の脳から直接的に神経活動を記録したり操作したりする神経生理学的実験と、(2) 計算モデルや人工ニューラルネットワークによるシミュレーション研究とを組み合わせ、運動制御や運動障害に関わる計算理論から神経基盤までを縦断的に研究しています。

例えば、大脳皮質を冷却すると神経活動を一時的に止めることができますが、冷やす脳の部位によって異なる運動障害が現れます。これらの運動障害が一体どんな機能の欠落によるのかをシミュレーションしてみると、脳の上方にある頭頂葉の冷却では身体や環境の「現在」の状態の認識機能が障害されることがわかりました。一方、脳の前方にある運動前野を冷やすと今度は認識した現在の状態に基づいて「未来」の運動司令を生成する機能が障害されることが明らかになりました (Takei et al. 2021 Current Biology)。これらの結果は脳損傷の際に認められる臨床症状とも一致する結果でした。



多チャンネル神経活動記録の様子

このように脳と同じ機能ができるモデルを作り、それをまるで時計のように分解することで、どのような仕組みで働いているのかを明らかにする研究手法を「逆行工学的アプローチ」と呼びます。このようなアプローチを行うためには、まず脳と同じような計算機能を実現するモデルを作成する必要があります。最近では機械学習や人工知能（AI）の研究が進み、より複雑な人工ニューラルネットワークを作れるようになりました。私の研究室ではこのような機械学習の手法を取り入れて、動物と同じような行動をする「人工の脳」を作り、それを分解することで、どんな仕組みで脳が認識や運動制御をしているのかを調べています。

しかしこれらの研究はあくまでシミュレーションの結果に過ぎません。その知見が「机上の空論」とならないためにはしっかりと神経生理学な実験によって実証することが大切です。通常このような実証実験は理論研究よりも数倍の時間と労力がかかるため、あまり多くの研究者はやりたがりません。しかし、私の研究室では理論と実験の両輪を回すことではじめて本当の脳がどんな仕組みで「からだ」を動かすのかを明らかでできるということを信条にして日々研究を行っています。

## 研究体制

武井研究室は2021年9月に発足したばかりの研究室で、現在のところ准教授1名、研究員1名、事務員1名と少数で活動をしています。実験設備としては、動物を対象とした多チャンネルの神経活動記録装置、筋肉の活動を計測する筋電計、安全に手術を行うための手術設備、実験室内で様々な環境を再現するためのバーチャルリアリティ（VR）装置などが揃っています。また様々な共同研究も行っています。脳科学研究所内の協力や共



研究室での議論

同研究に加えて、動物を扱う神経生理学研究、ヒトを対象とした基礎研究、応用研究、理論研究など様々な専門分野の研究者と協力して研究を行っています。これにより様々な角度から運動制御の神経メカニズムを調べています。

今年度はVRを用いた最新の行動課題装置を導入中で、さらに研究を加速させていく予定です。「私たちはどうして色々な運動をできるようになるのか?」「運動障害時に何が起きているのか?」「ロボットを自分の身体のように動かすにはどうしたらいいのか?」といったことに興味がある方、進学、ポスドク、共同研究のご相談などいつでも受け付けていますので是非ご連絡ください。



武井准教授と正岡研究員

## 略歴

2002年京都大学総合人間学部卒業、2008年京都大学人間・環境学研究科博士課程修了、同年生理学研究所研究員、2009年国立精神・神経医療研究センター（NCNP）神経研究所研究員、2011年同室長、2014年 Queen's University, Centre for Neuroscience Studies, Postdoctoral fellow、2018年京都大学白眉センター／医学研究科特定准教授を経て、2021年9月より玉川大学脳科学研究所准教授。所属学会：日本神経科学学会、日本生理学会、Motor Control研究会、Society for Neuroscience など。