

霊長類の脳機能のデジタルツインを開発 精神・神経疾患の病態解明や個別化治療に期待

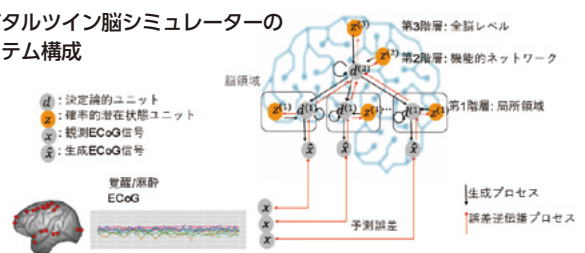
現実世界の物やプロセスをコンピューター上でモデル化する「デジタルツイン」の実用化が進んでいます。モデル化の対象となるのは、産業用機械や飛行機など多岐にわたり、最近ではヒトの臓器のデジタルツインが循環器の治療や手術前シミュレーションで利用されています。精神・神経疾患は個人差が大きいため、個別化治療への適用が期待されていますが、複雑な構造と機能を持つ脳での開発は困難とされていました。

国立精神・神経医療研究センターの高橋雄太室長らの研究チームは、霊長類であるマカクザルの脳活動をリアルタイムでシミュレーションし、覚醒状態を正確にモニタリングする「デジタルツイン脳シミュレーター」を開発しました。具体的には、脳の3つの階層における潜在的な脳活動をモデル化し、大脳皮質で生じる電気活動「皮質脳波 (ECoG)」信号を予測して生成。さらに、予測と観測の誤差に基づいて、潜在状態をリアルタイムに推測して予測を更新する「データ同化技術」により、その時点の

脳の状態を反映させた高精度なシミュレーションを可能にしました。

研究チームは、麻酔時の潜在状態変化を引き起こす薬物投与シミュレーションで、モデルの生成するECoG信号が麻酔時や覚醒時の特徴を十分に表現していることを確認。さらに、覚醒度の変化に重要な役割を果たしている脳の機能的ネットワークを発見しました。今後は、脳活動と感覚信号を統合的にモデル化し、精神・神経疾患における情報処理の変調を包括的に再現する研究を進めることで、精神・神経疾患における病態解明や個別化治療の開発が期待されます。(TEXT:中條将典)

デジタルツイン脳シミュレーターのシステム構成



3つの階層における潜在的な脳活動を表すモデルを作成し、モデルが生成したECoGとマカクザルで観測したECoGの誤差をモデルにリアルタイムにフィードバックすることで、麻酔時や覚醒時の高精度なシミュレーションを可能にした。

火星の表層レゴリス粒子が水を安定吸着 モデルで解明、長期的な水の保持に寄与した可能性

火星は次なる有人探査の目標として注目されており、探査時のエネルギー確保や生命維持の観点から、利用可能な火星表層の水分布を把握する必要があります。火星が、以前の海を持つ温暖で湿潤な環境から現在の寒冷で乾燥している環境に変遷したメカニズムを解明することは、生命が存在するための条件を探る上で非常に重要です。

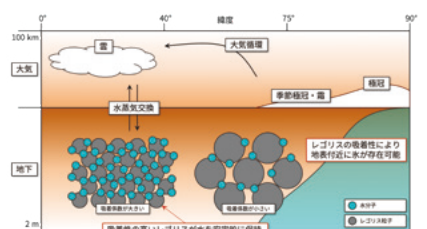
従来の研究では、火星の地下水分布を推定する際に、火星表面を覆う堆積層である「レゴリス」の物理特性が全球的に一樣であると仮定していました。しかし、実際には不均一である可能性が示唆されています。また、これまでの室内実験によりレゴリスの吸着係数が保水能力に大きく影響することもわかっていました。

今回、東北大学大学院理学研究科の黒田剛史助教らの研究チームは、レゴリスの吸着性などの物理特性が緯度によって不均一であることを考慮した「地中水拡散モデル」を開発し、火星全球気候モデルに実装しました。このモデルにより、地下2メートルまでの水分布を

推定し、吸着性の高いレゴリス粒子が豊富な吸着水を安定的に保持していることを明らかにしました。また、中・高緯度においては、同粒子が地表付近に氷を保持し、地中水蒸気の拡散速度を低下させる役割を果たすことも発見しました。この働きが、火星での長期的な水の保持に寄与した可能性があります。

今回の研究成果は、世界各国で進行中の火星探査プロジェクトにおいて、地下水マップの作成に大いに貢献することが期待されます。また、この地中水拡散モデルを火星の形成初期から現在に至るまでの時間的、地表からマントル付近に至るまでの空間的範囲に拡張することで、火星表面から失われた水の行方を解明することが見込まれます。(TEXT:JST広報課 中川実結)

火星表層の地中水拡散モデルおよび結果の概略図



中・低緯度ではレゴリスの吸着係数が大きく、水を地中に安定的に保持する。中・高緯度では吸着係数が小さいが、水はレゴリスに吸着して氷として地表付近に存在している可能性がある。

創発的研究支援事業 (FOREST)

研究成果

研究課題「オーファンGPCRのリガンド発見と新たながん治療の創生」

研究課題「植物ロボットの研究」

暗闇で自ら発光して泳ぐクラゲ型ロボット 生物由来の材料で高いエネルギー・低環境負荷を実現

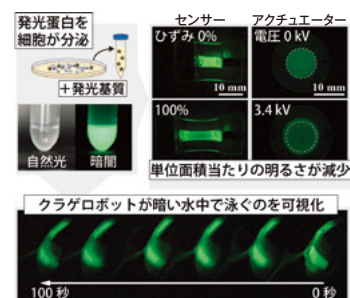
柔らかい材料で構成するソフトロボットは、柔軟性と環境適応性から、自然での調査や災害救助を目的とした用途が見込まれています。その中でも「発光」は、情報伝達や環境認識に重要な機能です。しかし、従来の電気発光や化学発光はバッテリーなどの外部電源が必要で、エネルギー効率や安全性、環境負荷の面で問題があり、無害で環境に優しい生物発光の工学分野での利用は限られていました。

電気通信大学大学院情報理工学研究科の新竹純准教授、杏林大学医学部の大石篤郎講師らの研究チームは、蛍や深海生物の発光の仕組みをソフトロボットへ導入することに成功しました。研究チームは、大阪大学が開発した生物発光たんぱく質ナノランタンを改良し、培養液中で哺乳類培養細胞に分泌させ、目で見えるほど強く光る生物発光液の大量生産に成功。この液体を素材にし、ソフトロボットに適用可能な発光電極を開発しました。この電極を静電力で動作するアクチュエーターとセン

サーに適用し、これらのデバイスの安定的な動作を確認しました。さらに、開発した駆動装置を発展させ、防水処理を施したクラゲ型ロボットも作製。クラゲのように発光しながら暗闇を遊泳することを実証しました。

今回の成果により、安全で環境に優しく、高エネルギー効率な生物発光を活用したソフトロボットの実現可能性が示されました。今後は、発光の持続性や強度の最適化により、視認性が高く実用的なロボットの実現が期待されます。なお、この研究成果はJSTの創発的研究支援事業が主催した「第一回融合の場」での出会いを通じて発展したものです。

(TEXT: JST広報課 中嶋彩乃)



右上のアクチュエーターに電圧をかけると、点線内が暗くなっており単位面積当たりの明るさが減少した。センサーにひずみをかけた場合も、同様の結果となった。これは目で見える「明るさ」を定量することで「ひずみの量」や「かかっている電圧」という別パラメーターの定量ができることを意味している。

創発的研究支援事業 (FOREST)

研究成果

研究課題「雌の生殖路における精子機能調節機構」

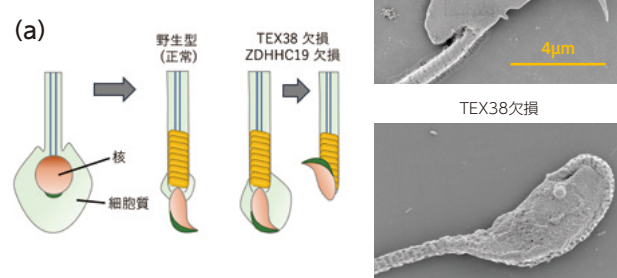
精子細胞の細胞質を除くたんぱく質を発見 男性不妊症の原因解明や新治療法、避妊薬開発に道

日本を含む先進諸国では6組に1組のカップルが不妊に悩んでおり、その半数は男性に起因すると言われています。精子の形成過程では、精子細胞内の細胞質を除去する必要があり、この過程が正常でないと精子の頭部が折れ曲がり、卵子への受精が不可能になります。しかし、細胞質の除去制御機構については、これまでほとんどわかっていませんでした。

大阪大学微生物病研究所の宮田治彦准教授らの研究グループは、精子形成において重要な役割を担うたんぱく質の「TEX38」と「ZDHHC19」が複合体を形成して安定化し、ZDHHC19が脂質修飾を行うことで、細胞質の除去を制御することを明らかにしました。また、TEX38/ZDHHC19たんぱく質複合体が脂質修飾するたんぱく質も発見。このプロセスが精子の正常な形成に不可欠であることを確認しました。さらに、この複合体が欠損した精子細胞では、細胞質を正しく除去できないことを見いだしました。これにより、精子の頭部が異常に折れ曲がり、受精能力を失うと考えられます。

精子形成の正常なプロセスが明らかになったことで、男性に起因する不妊症の原因解明や新しい治療法の実現に大きく貢献する可能性があります。また、今回発見したたんぱく質複合体の脂質修飾活性を特異的に阻害することで、男性用避妊薬の開発への道も開けました。男性不妊の診断や治療法に関する新たなアプローチが現れたことで、将来的には多くのカップルの不妊問題の解決や、効果的な避妊方法の提供に役立つことが望まれます。

(TEXT: JST広報課 中川実結)



精子形成における細胞質の除去 (a)。TEX38・ZDHHC19のいずれかが欠損すると細胞質を正しく除去できず、精子が折れ曲がる。(b)は完成した精子の電子顕微鏡観察像。TEX38欠損精子では、頭部が後方に180度折れ曲がっている。