

2024年2月21日

報道関係者各位

公益財団法人実験動物中央研究所

AIを活用したマーモセットの新規行動解析装置の開発

～モデルマーモセットの行動や社会活動の変化の解析に期待～

ポイント

- ・ 深層学習によるマーモセットの顔識別によって、非侵襲的に個体を特定。
- ・ レーザライダーと深層学習による3D追跡と顔識別の組み合わせにより個体ごとの追跡を達成。
- ・ ストレスのないホームケージ内での個体間の社会活動を解析可能。

概要

公益財団法人実験動物中央研究所(以下、実中研)マーモセット医学生物学研究部の塚本晃海博士、佐々木えりか部長らの研究グループは、家族で飼育されているコモンマーモセットのそれぞれの個体が、いつ、どこで、何をしていたのかを明らかにするため、ビデオカメラ、レーザライダー*1とAI技術の一つである深層学習を組み合わせた自動行動解析システム、Full Monitoring and Animal Identification (FuMAI:フルマイ)システムを開発しました。小型霊長類であるマーモセットはげっ歯類と比較してヒトとの類似性が高く、家族を基準とした小さな社会単位を持つことから実験室内で野生と同じ社会環境を維持することが可能な動物です。またマーモセットは遺伝子改変技術によってアルツハイマー病、パーキンソン病などの様々な疾患モデルが作出されており、疾患を発症することで行動が変化する事が予想されます。しかし、これらの動物がいつどのように行動が変わっていくのかは明らかになっていません。

そこで研究グループは、マーモセットにヒトと同じような顔の個体差があることに注目し、ホームケージで飼育されているマーモセットの家族の個体ごとの顔をAIによって識別する非侵襲的*2な個体識別法を新しく開発し、それぞれの個体の活動を継続的に追跡するFuMAIを開発しました。さらにFuMAIは、マーモセットがどのような行動をしていたのかを明らかにする行動内容の検知も行うことができ、今回、社会行動の一つであるグルーミング*3行動を深層学習によって検出し、グルーミングが検出された位置と個体の位置を突き合わせることで、どの個体がいつ、どこで、グルーミングをしていたのかを明らかにすることを可能にしました。

本研究成果は、2024年2月21日公開のCommunications biology誌にオンライン掲載されました。

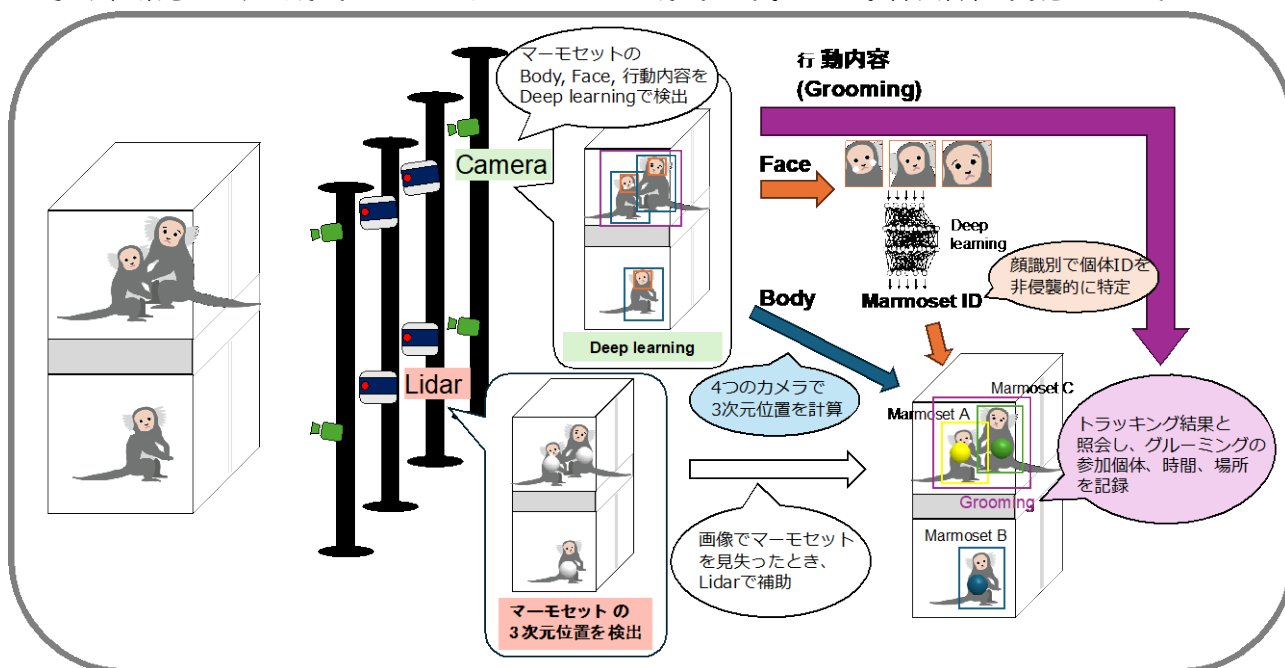
【背景】

行動解析は動物の脳機能の理解や疾患モデル動物の評価をするために重要です。マーモセットは体重350-500gの小型霊長類であり、昼行性の生活サイクルや、つがいとその子どもたちからなる社会集団で生活すること、父親、兄弟による育児補助行動などヒトと類似した行動的特徴も認められます。マーモセットは小型で群れも小さい特徴から、実験室内で野生下と同等の家族という社会環境を再現することが可能なため、社会行動の研究に適していると注目されています。さらに、マーモセットは様々な遺伝子改変モデル動物も作成されており、アルツハイマー病、パーキンソン病、自閉症などの脳や神経に関わるモデル動物も開発されています。これらの疾患は、ヒトでも行動や運動性が変化する事が解っていますが、これらの遺伝子改変動物がいつどのように疾患を発症するか、行動や運動性がどのように変化するかはまだわかっていません。特にマーモセットは個体差が大きく、行動の変化を観察するためには1頭の動物を追跡して調査することが重要です。動物の生涯の行動の記録や自然な社会行動は、げっ歯類ではホームケージ内での自動計測装置が利用されています。しか

し、3次元的に素早く動くマーモセットには既存の装置をそのまま応用することはできませんでした。そこで、研究グループは、複数のマーモセットを追跡可能で、いつ、どこで、何をしていたのかを調査することができる新しい行動解析装置、FuIMAIの開発を行いました。

【研究手法】

FuIMAIは2種類の深層学習を用いた画像解析とレーザーライダーを組み合わせることで、非侵襲的にマーモセットの個体識別と位置の特定、行動内容の特定を行うシステムです。カメラから得られた画像は、Yolo*4によって、マーモセットの体全体と顔、行動内容の3つのラベルがつけられ、マーモセットの位置は角度を変えた4つカメラからの検出結果と合わせて3次元位置を特定しました。またマーモセットが物陰に隠れたりしてカメラでマーモセットが見えなくなってしまう場合に、より継続的な3次元トラッキングを行うためにレーザーライダーの3次元位置で補完できるようにしました。また、トラッキング軌跡がどの個体のものかを特定するため、顔画像を深層学習によって非侵襲的に個体識別を実施しました。さらに、Yoloによって行動内容とその位置も特定し、本研究では社会行動の一つであるグルーミング行動を対象として学習、解析を実施しました。



図：FuIMAIシステムの全体像とカメラ，レーザーライダーデータの解析方法

【研究成果】

研究グループは、新しく開発した行動解析装置 FuIMAI を使用して 3 頭のマーモセット家族の行動解析を行いました。3頭のマーモセットは顔識別によって 99%以上の精度で分類が可能であり、それを利用した個体トラッキングは目視と同等の結果を得ることができました。この3D トラッキング情報を利用することで、個体間距離、個体の活動度、場所の嗜好性などの様々なデータを得ることができるようになりました。FuIMAI システムは非常に軽量に動作するため、長期間の継続的な動作も実施でき、寿命が約 15 年と長いマーモセットにも適したシステムとなりました。実際にこれまでの報告で最も長い約5ヶ月間リアルタイムでの解析が可能でした。また、Yolo によるグルーミングの解析では、深層学習のトレーニング用にマーモセットがグルーミングしている画像とマーモセット同士が近くにいるけれどグルーミングしていない画像のデータセットを熟練飼育者との共同で厳密に作成することで、目視による検出と比較して、適合率 90.5%、再現率 79.1%を達成しました。さらに、レーザーライダーは夜間も日中と同様の精度でトラッキングが可能であるため、低照度カメラと組み合わせることで、夜間の行動の詳細な解析も可能となりました。

【今後への期待】

本研究により、ホームケージの中の家族のマーマセットのうち、どの個体がいつどこにいて、いつどこでグルーミングをしていたのか、どの個体とどの個体がより近くにいたか、などを明らかにできるようになりました。しかし、マーマセットはグルーミングのみでなく、多様な行動を取り、遺伝子改変個体特有の異常行動をすることもあります。そのような様々な行動を取得するために、FuMAIはDeepLabCut*⁵による骨格モデル推定法をリアルタイム解析に影響のない範囲で取り入れました。そして、この推定結果の教師なし学習*⁶によって異常行動を検出することを検討しています。FuMAIによる行動解析を疾患モデルに適用することによって、アルツハイマー病、パーキンソン病といった神経疾患の早期発症による行動変化を新たに見出すことが期待されます。これにより、重篤な症状が出る前の超早期のバイオマーカーの発見や先制医療*⁷の効果の検証、新薬開発における行動薬理への応用など、ヒトの医療にフィードバックすることが期待されます。

【謝辞】

本研究は、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）の革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト「神経変性疾患モデルマーマセット開発と新規発生工学技術の開発研究」（研究開発代表者：佐々木えりか）、科研費基盤 A「遺伝子改変疾患モデルマーマセット評価に向けた自動行動解析システムの開発」より支援を受けて行われました。

論文情報

論文名	Development of a 3D tracking system for multiple marmosets under free-moving conditions
筆者名	坂本晃海 ¹ 、汲田和歌子 ¹ 、佐藤賢哉 ¹ 、菊池理加 ¹ 、岡 郷平 ¹ 、渋谷裕介 ¹ 、橋本りの ¹ 、上岡美智子 ¹ 、早瀬川由美 ¹ 、山崎栄子 ¹ 、黒滝陽子 ¹ 、合田徳夫 ² 、北上純一 ³ 、藤田竜也 ⁴ 、井上貴史 ¹ 、佐々木えりか ¹ （ ¹ 公益財団法人実験動物中央研究所、 ² 株式会社日立製作所、 ³ 株式会社日立ソリューションズ・テクノロジー、 ⁴ トーテックアメニティ株式会社）
雑誌名	Communications biology (医学, 生物学の専門誌)
DOI	10.1038/s42003-024-05864-9
公表日	2024年2月21日(水) (オンライン公開)

【用語解説】

- *1 レーザーライダー…Lidar (Light Detection And Ranging (光による検知と測距)の略称)ともいわれ、近赤外光や可視光、紫外線を使って対象物に光を照射し、その反射光を光センサーでとらえ距離を測定する方法。
- *2 非侵襲的…動物を傷つける処置 (例えば手術や注射など) をすることしないで実験を実施すること。
- *3 グルーミング…2頭以上の動物が毛づくろいをする行動。
- *4 Yolo …深層学習の1つであり、画像の中の特定の物体の位置を検出する方法。
- *5 DeepLabCut…動物の行動を解析する手法の一つであり、深層学習によって動物の骨格モデルを推定する方法。ボディマーカーなしに実施できるため、広く用いられている。
- *6 教師なし学習…ヒトがトレーニングデータに正解を与えない状態で学習をさせる機械学習手法。データの特徴から似ているものを自動でグループ化するためによく利用される。

*7 先制医療…病気の症状が現れる前から、将来起こりやすい病気をバイオマーカーから予測し、適切な治療介入によって発症を未然に防ぐまたは遅らせようとする考え方。

お問い合わせ先

【研究に関すること】

実験動物中央研究所 部長 佐々木えりか(ささきえりか)

TEL 044-201-8545 FAX 044-201-8541 メール esasaki@cica.or.jp

URL https://www.cica.or.jp/activities/marmoset/applied_developmental.html

【配信元】

実験動物中央研究所 広報室(〒210-0821 川崎市川崎区殿町3丁目25番12)

TEL 044-201-8516 FAX 044-201-8511 メール pr-office@cica.or.jp