

生成 AI と筋骨格シミュレーションで臨床応用のための汎用的歩行解析を実現

神経疾患の治療における歩行検査では、AI による定量的解析が検討されていますが、学習用データセットの制約上、適用できる疾患や計測条件は限られていました。今回、生成 AI と筋骨格シミュレーションを組み合わせた人工歩行データを活用し、より汎用的で精度の高い歩行解析モデルを実現しました。

歩行検査は、神経疾患の診断・予後・治療方針の決定において重要な役割を果たします。従来は目視による主観的な評価が主流でしたが、近年、AI 技術の進展により、カメラなどの簡便なセンサを用いた定量的解析が可能になりつつあります。しかし、動画や健康データの性質上、AI モデルの学習に使えるデータは極めて限られており、解析対象を特定の疾患や計測条件に特化せざるを得ませんでした。

本研究では、生成 AI と筋骨格シミュレーションを組み合わせ、多様な人工歩行データを計算機上で生成し、AI の学習に活用する新たな手法を提案しました。子どもから高齢者までの骨格や、正常から異常までの筋生理パラメータを網羅し、さまざまな計測条件も模擬することで、多様な歩行データを再現しました。この手法の有効性を、脳性麻痺、パーキンソン病、認知症など、1,200 人超の患者から収集された 1.2 万件以上の実データで検証しました。

その結果、人工データのみで学習したモデルが、実データで訓練された疾患・計測条件特化型モデルと同等以上の精度で臨床的に重要な歩行指標を推定できることが確認されました。さらに、単眼カメラ映像から筋活動を高精度に推定することも示されました。また、人工データを事前学習に用いることで、複数の疾患関連タスクにおいて精度を向上させ、必要な実データ量を大幅に削減できることも明らかになりました。

本研究は、医療 AI 開発における「データの壁」を乗り越える新たなアプローチを提示し、歩行・運動解析の臨床応用を大きく前進させる成果です。

研究代表者

筑波大学 医学医療系

新井 哲明 教授

研究の背景

歩行検査は、神経疾患の診断・予後・治療方針の決定において重要な役割を果たしますが、従来は目視による主観的な評価が主流でした。一方で、モーションキャプチャや筋電計を用いた定量的な解析は、高い有用性を示してきたものの、専門機材や測定時間を要するため、臨床現場での活用には大きな制約がありました。

近年、AI 技術の進展により、カメラなどの簡便なセンサを用いた歩行解析が注目されています。しかし、AI モデルの学習に必要な動画や臨床データを含むデータセットは、プライバシー保護や収集の難しさから極めて限られており（データの壁）、既存のモデルでは、適用範囲を特定の疾患や計測条件に特化せざるを得ませんでした。例えば、ある疾患で学習したモデルは他の疾患には適用できず、正面から撮影された映像で学習したモデルは横方向の映像には対応できないという課題がありました。

研究内容と成果

本研究では、生成 AI と筋骨格シミュレーションを組み合わせ、多様な人工歩行データを計算機上で生成し、AI モデルの学習に活用する新たな手法を提案しました。生成 AI は、骨格構造や歩行パターン、筋生理などのパラメータに基づき、物理シミュレーション上での強化学習を通じて、現実に近い全身の歩行動作を生成します。これを用いて、子どもから高齢者までの骨格や、正常から異常までの筋生理パラメータ、さらに多様な計測条件を模擬することで、多様な歩行データを再現しました（参考図 a, b）。この手法の有効性を、脳性麻痺、パーキンソン病、認知症など、1,200 人超の患者から収集された 1.2 万件以上の実データを用いて、主に以下の 2 点から検証しました：

1) 人工データのみで学習したモデルの汎化性能（参考図 c, d）

生成した人工歩行データのみで学習したモデルは、複数の疾患や計測条件において、一貫して高い精度を示し、実データで訓練された特化型モデルと同等以上の性能で、臨床的に重要な歩行指標を推定できました。さらに、単眼カメラ映像のみから筋活動を高精度に推定できることも確認され、応用範囲の広さが示されました。

2) データ効率性の向上（参考図 e, f）

人工データを事前学習に活用することで、疾患の診断、重症度評価、治療効果判定、さらには 3 年後の重症度進行予測といった多様なタスクにおいて精度を向上させ、必要な実データ量を大幅に削減できることが明らかになりました。

今後の展開

本研究は、医療 AI 開発における「データの壁」を乗り越える新たなアプローチを提示し、歩行・運動解析の臨床応用を大きく前進させる成果です。生成 AI と物理シミュレーションを活用して、疾患による変化を含む多様な歩行データを人工的に生成することで、実データの不足を補い、少数データでの迅速なモデル開発を可能にします。特に、希少疾患のように大規模なデータ収集が困難な領域において、極めて有望なアプローチになると期待されます。

参考図

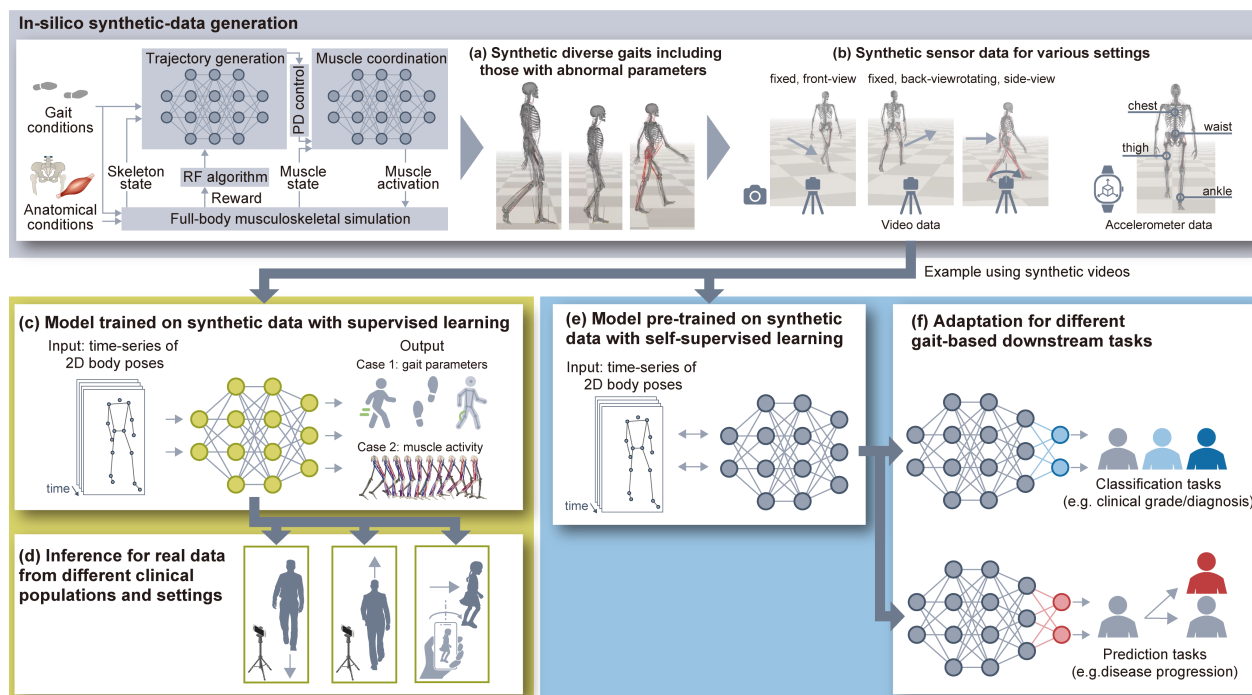


図 本研究での提案手法の概略図。(a) 骨格構造や歩行パターン、筋生理などのパラメータに基づき物理シミュレーション上で多様な歩行動作を生成。(b) 生成した歩行に対して、さまざまな計測環境を模した人工センサデータを作成。(c-f) 人工的に作成した動画を例とした2つの応用例。(c, d) シミュレーションで再現可能な出力の場合：人工データを使って動画から歩行指標や筋活動を推定するAIモデルを学習し、複数の疾患、計測条件で撮影された実際の患者動画データに適用可能。(e, f) シミュレーションで再現が難しい出力の場合：人工データをAIモデルの事前学習に使用することで、実データを用いた医療タスクへの適応において、精度向上と必要な実データ削減が可能。

研究資金

本研究は、筑波大学と IBM Research との共同研究契約に基づき、日本学術振興会 科学研究費の一環として実施されました。

掲載論文

- 【題 名】 Utility of synthetic musculoskeletal gaits for generalizable healthcare applications
 【著者名】 Yasunori Yamada, Masatomo Kobayashi, Kaoru Shinkawa, Erhan Bilal, James Liao, Miyuki Nemoto, Miho Ota, Kiyotaka Nemoto, Tetsuaki Arai
 【掲載誌】 Nature Communications
 【掲載日】 2025 年 7 月 4 日
 【DOI】 10.1038/s41467-025-61292-1

問い合わせ先

【研究に関すること】

新井 哲明（あらい てつあき）

筑波大学 医学医療系 教授

URL: <http://www.tsukuba-psychiatry.com/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp