

# 臨床疑問からスコーピングレビューへ ―AI 時代に理学療法士が生み出す“質の高いデータ”の価値―

天理よろづ相談所病院リハビリテーション部

**後藤 健一**

近年、AI（人工知能）の発展により、医療・リハビリテーション領域の研究環境は大きく変化している。機械学習は、患者データから予後や転帰を予測する手法として注目されている一方、生成 AI は文献検索、情報整理、研究テーマ探索、文章推敲など、研究プロセスを支援する技術として活用され始めている。

演者はこれまで、臨床現場で抱いた疑問を出発点として、骨折患者の予後予測、脳卒中後の歩行予後予測、急性期病院における転倒予測など、リハビリテーション領域の予測モデルに関する複数のスコーピングレビューを実施してきた。また、AI 検索ツールやスクリーニング支援ツール、生成 AI を組み合わせながら、レビュー研究の効率化や知識統合を行ってきた。

これらのレビューから見えてきたのは、理学療法研究で日常的に扱われる身体機能や認知機能などの表形式データでは、高度な機械学習モデルが従来の統計解析を必ずしも大きく上回るわけではないという現実である。むしろ予測精度に大きく影響していたのは解析手法そのものではなく、「どのようなデータを収集したか」「そのデータがどれだけ正確で信頼できるか」であった。すなわち、優れた予測モデルの構築には、高度な解析技術だけでなく、臨床的に意味のある評価項目の選択と質の高いデータの蓄積が重要である。

一方で、画像、動作解析、波形データのような膨大な情報を含むデータでは、機械学習が大きな力を発揮する可能性も示されている。さらに近年は、生成 AI を活用することで研究の進め方そのものも変化しつつある。演者自身も、入院中の経験から生じた臨床疑問を契機として、生成 AI を研究支援ツールとして活用し、膝周囲骨折術後の持続的他動運動（CPM）に関するラピッド・スコーピングレビューを実施した。その成果は、本学会英語セッションにて発表予定である。

本シンポジウムでは、これらの経験とレビューから得られた知見をもとに、理学療法領域における機械学習研究の現状と課題、生成 AI を含む AI 技術が研究を加速させる可能性と限界について共有する。また、AI 時代において理学療法士に求められる役割は、高度な AI を使いこなすことだけではなく、臨床的意義を理解した上で質の高い評価を行い、信頼できるデータを生み出すことである。予測の未来を支えるのは AI だけではなく、その基盤となる良質な臨床データである。AI 時代における理学療法士の専門性について、参加者とともに考えたい。

**略歴**

【学歴】
1998 年　3 月　金沢大学教育学部スポーツ科学課程　卒業
2002 年　3 月　弘前大学医療技術短期大学部理学療法学科　卒業
2007 年 12 月　メルボルン大学大学院理学療法修士課程（筋骨格系コースワーク）修了

【職歴】
2002 年　4 月　筑波記念病院リハビリテーション部
2003 年　4 月　天理よろづ相談所病院白川分院リハビリテーションセンター
2008 年　4 月　天理よろづ相談所病院リハビリテーション部（現在に至る）



# 深層学習を用いた多点皮膚マーカに基づく運動中の足部 3 次元骨運動推定

神戸大学大学院医学系研究科[1)],
東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻[2)]
松本 優佳[1,2)]

ヒト足部は 26 個の骨と 33 の関節で構成され、多数の靭帯および筋肉によって支持されている。歩行中には、これらの骨が協調的に運動することで、足部が適切に変形し、効率的かつ安定した直立二足歩行が実現される。しかし、歩行中に繰り返し生じる機械的ストレスによって構造は破綻し、外反母趾や扁平足といった変形疾患を発症する。足部の変形は非可逆的であり、進行すると疼痛や歩行障害を引き起こすため、理学療法においては発症予防および進行抑制を目的とした介入法の確立が課題となっている。

一方で、足部は軟部組織に覆われているため、動作中の内部骨運動を非侵襲的に計測することは困難であり、足部変形疾患の発症・進行メカニズムは必ずしも十分に明らかになっていない。足部骨運動を直接計測する方法として、骨ピンや 2 方向 X 線装置を用いた手法があるものの、侵襲性の高さから臨床応用には限界がある。

本講演では、機械学習を用いて皮膚表面上に貼付した多点マーカーから、動作中の足部骨運動を推定する手法について紹介する。具体的には、まず足部皮膚表面にマーカーを貼付した状態で足部 CT データを撮像し、マーカーの位置情報と骨の位置と姿勢の対応データを取得した。これらの対応データに基づいて、マーカーの位置情報を入力、骨の位置と姿勢を出力とする 4 層のニューラルネットワークモデル（NN）を構築した。その結果、足部骨の位置および姿勢は、それぞれ平均誤差 0.5 mm、0.6 度で推定可能であり、構築した NN が高い推定精度を有することが示された。また、実歩行中のマーカー運動を構築した NN に適用したところ、推定された歩行中の距骨下関節と距舟関節の関節角度は、2 方向 X 線透視装置に基づく先行研究の結果と概ね一致しており、本手法の有効性が示唆された。

さらに、足部骨運動の非侵襲的評価とその臨床応用可能性に加え、近年我々が取り組んでいる有限要素解析（FEM）を用いた足部内部応力評価への展開可能性についても議論する。

**略歴**

【学歴】
2017 年　埼玉県立大学保健医療福祉学部理学療法学科　卒業
2019 年　埼玉県立大学保健医療福祉学研究科博士前期課程　修了
2022 年　埼玉県立大学保健医療福祉学研究科博士後期課程　修了

【職歴】
2017 年　医療法人社団協友会越谷誠和病院リハビリテーション科　理学療法士
2019 年　営利法人株式会社リハビリの里越谷リハビリケアセンター　理学療法士
2020 年　医療法人親和会訪問看護ステーションホウエイ　理学療法士
2020 年　独立行政法人日本学術振興会　特別研究員 DC2
2022 年　東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻　日本学術振興会特別研究員 PD
2022 年　埼玉県立大学大学院保健医療福祉学研究科　博士研究員
2025 年　埼玉県立大学研究開発センター　特任助教
2025 年　東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻　特任研究員
2026 年　神戸大学大学院医学系研究科　助教（現在に至る）
2026 年　東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻　客員研究員（現在に至る）



# 姿勢推定 AI を用いた動作解析の妥当性検証と臨床応用

北海道科学大学保健医療学部理学療法学科[1)]，
北海道大学大学院保健科学研究院[2)]，
北海道科学大学情報科学部情報科学科[3)]

井野 拓実[1,2)]，石田 知也[2)]，和田 直史[3)]，越野 裕太[2)]，寒川 美奈[2)]

**【背景と目的】**
ヒトの運動機能評価としての動作解析は，三次元動作解析や二次元動作解析など多様な方法で実践されてきたが，大規模実験室・費用・労力・専門性の観点から広く普及させるには限界があった．近年，姿勢推定 AI の登場により，映像データからヒトの運動学的特徴点を抽出することが極めて容易となった．本シンポジウムでは，姿勢推定 AI を用いた動作解析手法の妥当性検証研究を紹介しつつ，臨床応用の可能性や将来展望についても提示したい．

**【研究 1：AI による動作解析の精度検証】**
姿勢推定 AI，OpenPose（Zhe Cao et al, 2021）による動作解析（AI-MA）と三次元動作解析（VICON system）(3D-MA）により算出した下肢関節角度を比較した．計測動作は歩行とし，片側カメラ 1 台にて両下肢を同時計測した．3D-MA と比較した AI-MA の平均絶対誤差（MAE）は，足関節 3.1°–4.1°，膝関節 2.3°–3.1°，股関節 2.5°–3.5° であった．波形近似性を示す coefficient of multiple correlation（CMC）は 0.890–0.994（very good to excellent）であり，両下肢とも MAE は 5° 未満かつ CMC は 0.85 以上と，臨床評価として十分な計測精度を有すると考えられた．

**【研究 2：AI とヒトによる動作解析の精度比較】**
AI-MA と従来の人による動作解析（Frame-DIAS）(Human-MA）について，3D-MA を基準とした誤差を比較した．計測動作は drop vertical jump（DVJ）とし，膝関節の内外反角度を検討した．着地期の MAE は AI-MA が 2.4°，Human-MA が 3.2° であり，両者間に有意差は認められなかった．また AI-MA における膝外反角度の CMC は 0.862（good）と，波形パターンにおいても良好な近似性が示された．

**【結論】**
AI-MA は 3D-MA と比較しても十分に臨床応用可能な誤差範囲内であることが明らかとなった．さらに AI-MA の計測精度は Human-MA と同等でありながら，データ処理の自動化および高額な計測機器・解析ソフトウェアが不要である点において，その臨床的利点は大きいと考えられた．

**【将来展望と現在の研究】**
上述の研究成果をもとに，我々は簡便に姿勢推定 AI による動作解析を可能とする動作解析支援アプリ（HUSMotionAnalyzer，北海道科学大学）を開発した．本シンポジウムでは，その臨床応用事例をいくつか紹介する．また現在，二次元動作解析の限界である kinematic cross talk の問題を解決すべく，単眼カメラ映像からの三次元姿勢推定技術の検証を進めている．「SAM 3D Body」による人体 3D メッシュ推定や，「MYoACT（OROG 社）」の床反力推定技術等の検証についても報告し，本技術の将来展望について議論したい．

**略歴**

【学歴】
2017 年　北海道大学大学院保健科学院　修士課程　修士号（保健科学）
2024 年　北海道大学大学院保健科学院　博士後期課程　博士号（保健科学）

【職歴】
2003 年　函館中央病院　主任理学療法士
2007 年　函館整形外科クリニック　主任/動作解析研究室　室長
2014 年　北海道科学大学　保健医療学部　理学療法学科　助教
2024 年　同　講師
2026 年　同　准教授（現職）

【資格】
公益社団法人　日本理学療法士協会　認定理学療法士（運動器）
日本スポーツ協会公認　アスレティックトレーナー



# 姿勢推定技術を用いたマーカレスモーションキャプチャーシステムの可能性

トヨタ記念病院トヨタアスリートサポートセンター
**内田 智也**

近年、姿勢推定技術の進歩により、人工知能を用いたマーカレスモーションキャプチャーシステム（MMC）の精度が向上している。MMC は同期された複数のカメラ映像を用いて姿勢推定するソフトウェア（代表的なものは Theia3D）や iPad など単眼カメラで姿勢推定するアプリケーションなどが医療分野で多く用いられている。

私が所属する TASC（トヨタアスリートサポートセンター）では、Theia3D を用いた動作分析を臨床応用しており、主に前十字靭帯再建術後のアスリートに対するパフォーマンス評価として、術後の競技復帰判断における患側・健側間の運動学的非対称性の定量評価を実施している。また、野球選手を対象とした投球動作分析による投球障害予防活動にも MMC を導入しており、マーカー貼付を必要とせず実環境に近い条件での計測を可能にする MMC は、スポーツ診療において有用なツールであると考えている。

MMC のような新規技術の導入において、その精度検証は必須であり、我々は投球動作における Theia3D と光学式モーションキャプチャーシステム（OMC）のシステム間の一致度を評価した。その結果、Theia3D は従来のゴールドスタンダードとされてきた OMC と遜色ない精度を示しており、野球の投球動作のような高速度な上肢関節運動も MMC で評価可能であることが明らかになり、近年の姿勢推定技術の発展は理学療法士の研究・臨床において、新しい可能性を持っていることを示すことが出来た。

また、TASC はアスリートを包括的にサポートすることも使命としており、野球・ソフトボール・バレーボール・陸上競技における動作解析からフィードバックまでをシステマティックに行うことを目的としたシステム開発にも携わっている。各競技の動作特性は大きく異なるものの、フィードバックにおける共通の着眼点として、動作の局面を定義し、その局面間（動作フェーズ）に生じる運動学的変数の変化を定量化・考察することが重要であると考えている。

以上の観点から、本シンポジウムでは精度検証の結果やマルチスポーツに対する評価・フィードバックの経験を基に、動作解析の結果を臨床に落とし込むためのポイントを共有することを目的とし、聴講する皆さんにおいて、新規技術を臨床・研究に応用する Tips を紹介する機会としたい。

**略歴**

【学歴】
2010 年 3 月　神戸学院大学　総合リハビリテーション学部　卒業
2025 年 3 月　大阪大学医学系研究科　健康スポーツ講座運動制御学教室博士課程　修了　博士（医学）

【職歴】
2010 年 4 月　藤田整形外科・スポーツクリニック
2021 年 4 月　トヨタ記念病院　リハビリテーション科
2023 年 5 月　トヨタ記念病院　トヨタアスリートサポートセンター（TASC）

【所属学会】
日本スポーツ理学療法学会（評議員）
日本運動器理学療法学会
日本肩関節学会（日本肩の運動機能研究会　世話人）