HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	姿勢推定人工知能の応用による動作解析の妥当性検証と臨床応用［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	井野, 拓実
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第15813号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91755
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takumi_Ino_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

様式　８

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（保健科学）　　氏名：井野 拓実

学位論文題名

姿勢推定人工知能の応用による動作解析の妥当性検証と臨床応用

1. 緒言

ヒトの運動機能評価としての動作解析は，現在まで多様な方法で実践されている．光学式三次元動作解析システムのほか，近年は機械学習を用いた映像処理が挙げられる．一方，動作の計測が簡便なビデオ映像による二次元動作解析も臨床やスポーツの現場で活用されてきた．しかしながら，これらの三次元動作解析システムや二次元動作解析では，コストや労力，専門性などの観点から，広く普及させるには限界があった．近年，情報科学技術の目覚ましい発展により，人工知能（artificial intelligence, AI）による映像データの処理能力，特徴点の判別性能が飛躍的に向上した．中でも姿勢推定 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になった．姿勢推定 AI が動作解析に応用可能となれば，動作解析が一般に広く普及することを妨げているコスト，労力，専門性という問題が解決される可能性がある．そこで本研究は，姿勢推定 AI を用いた動作解析手法の確立とともに，計測精度を明らかにし，臨床応用の可能性を検討することを目的とし，2 つの研究を実施した．なお，本研究で用いる計測精度という用語は, データ計測の際に生じる誤差と AI が映像から特徴点を抽出する際に生じる同定誤差の両方を含むものとする．

2. 人工知能による動作解析の精度検証

1 つ目の研究では，姿勢推定 AI の OpenPose を用いた動作解析（AI motion analysis, AI-MA）と動作解析のゴールドスタンダードである三次元動作解析（3D motion analysis, 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，片側からのカメラ 1 台にて両下肢を同時計測した．その結果，3D-MA と比較した AI-MA の平均絶対誤差（mean absolute error, 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．次に波形の近似性を示す coefficient of multiple correlation（CMC）は，AI-MA と 3D-MA の間で 0.890 - 0.994 （very good to excellen）であった．また，カメラ側の下肢関節角度の MAE は，カメラ反対側と比べ約 1° 程度小さかった．しかしながら，両側ともに MAE は 5° 未満（good to acceptable accuracy）かつ，CMC は 0.85 以上（very good to excellent）であった．

3. 人工知能とヒトによる動作解析の精度比較

2 つ目の研究では，姿勢推定 AI である OpenPose を用いた AI-MA と，従来の方法である Human-MA について，3D-MA を基準とした誤差を検証した．計測動作は，スポーツ外傷である膝前十字靭帯損傷のスクリーニングテストである drop vertical jump（DVJ）課題とし，膝関節の内外反角度を検討した．本研究結果より，3D-MA と比較した着地期の MAE は，AI-MA は 2.4° ，

Human-MA は 3.2°であり有意差は認められなかった．また，DVJ 着地における膝外反角度において，AI-MA と 3D-MA の間に有意差は認められず，かつ CMC は 0.862（good）と波形パターンも良好な近似性が示された．

4. 考察

本研究は AI-MA の妥当性検証と臨床応用について 2 つの研究を通じて検討した．1 つ目の研究において，3D-MA を基準として算出された AI-MA の MAE は両側共に 5°未満（good to acceptable）さらに CMC は両側共に 0.85 以上（very good to excellent）であり，AI-MA は臨床評価として十分な計測精度を有するものと考えられた．さらに歩行分析においては，カメラ側の下肢関節角度の計測精度は，カメラ反対側と比べてわずか優れていた．しかしながらその差は MAE で 1°未満かつ CMC で 0.1 以下であり臨床的に意味のある差ではないと考えられた．以上より，歩行分析においては AI-MA による両側下肢の同時計測も可能であると考えられた．

次に，AI-MA と Human-MA の計測精度を比較した．なお基準は 3D-MA とした．MAE および CMC の観点から両者は同等の計測精度である事が明らかとなった．しかしながら，AI-MA はデータ処理を自動化している点，高額な計測機器や解析ソフトが不要な点においてその利点は大きい．今後，研究者のデータ処理にかかる労力は大きく軽減され，より創造的，複雑な作業に時間をさけるようになることが期待される．

5. 結論

本研究は，姿勢推定 AI を応用した動作解析（AI-MA）の計測精度と臨床応用について検討した．AI-MA は動作解析のゴールドスタンダードである光学式三次元動作解析（3D-MA）と比較しても，十分に臨床応用可能な誤差の範囲内であることが明らかとなった．さらに，3D-MA と比較した誤差は，従来から行われてきた人による動作解析（Human-MA）と AI-MA で同程度であった．しかしながら，AI-MA は膨大なデータ処理を自動化している点，高額な計測装置や解析ソフトウェアが不要である点を踏まえると，AI-MA の利点は大きいことが考えられた．