

## 16. 異なる計測原理・解析原理による歩行計測システムにおける精度検証

研究所 運動機能系障害研究部 神経筋機能障害研究室 志水宏太郎 河島則天

【背景・目的】歩行動作の観察と分析は歩行障害の把握や介入指針立案を行う上で重要であり、歩行動作の分析結果の数値データ化は介入後の客観的な検証を行う上で必要不可欠である。歩行動作の分析には、光学式動作計測装置を用いることが一般的ではあるが、導入コストの高さや計測の煩雑さ、計測や解析に習熟が求められるなどの問題点から、臨床現場での活用には一定の障壁がある。近年では、深度点群データや RGB 画像データなどを用いて簡便に動作データ取得が可能である手法が提案されており、リハビリテーション領域における動作計測の簡便手法として期待されている。本研究では、異なる計測原理・解析原理からなる4つの手法を用いたトレッドミル歩行動作計測を行い、相互比較の観点から精度検証を試み、各計測手法の特徴および課題点を整理し、目的に適った臨床場面での活用につなげるための足掛かりとすることを目的とした。

【方法】健常成人9名の歩行データを相互比較の対象とした。本研究ではトレッドミル上での歩行運動を18、30、42、54、66 m/minの5段階の速度条件で各速度15歩ずつ実施、最初の5歩を除く10歩分を解析対象とし、以下の4手法にて身体標点の取得を行った。①マーカー貼付による光学式動作計測に基づく骨格モデル推定 (Optitrack Prime13)、②深度点群データと RGB 画像による骨格推定 (Azure Kinect)、③2台カメラ映像によるキャリブレーションを含む深層学習アルゴリズムを用いた骨格推定 (Simimotion)。④単一カメラ映像によるキャリブレーションなしの深層学習アルゴリズムを用いた骨格推定 (Videopose3D)。①、②の手法は同時計測が困難であるため、③を共通として2試行を①+③+④、②+③+④の同時収録を行った。計測手法の相互比較には、身体重心挙動、股関節・膝関節の時系列データの二乗平均平方根誤差 (RMSE)、歩行周期毎に定量化した股関節・膝関節最大角度変位の相関係数を用いた。さらに、股関節・膝関節最大角度変位については個人内・個人間での再現性の検証のために、級内相関係数 (Case1 および Case3) を算出した。

【結果】身体重心の挙動は、上下方向を除き各手法間で高い相関係数 ( $r > 0.8$ ) を示した。膝関節、股関節の時系列データは手法間で絶対値の相違があるが、線形回帰による光学式との補正を行うことで RMSE が概ね5度以内に収まる高い一致度を示した。股関節・膝関節最大角度変位についても、①、②、④の解析手法と共通手法である③との間で高い相関が認められた ( $r > 0.8$ )。級内相関係数については、Case1 では高い級内相関係数 ( $ICC_{(1,1)} > 0.6$ ) が得られた一方で Case3 は中等度の級内相関係数 ( $0.4 < ICC_{(3,1)} > 0.6$ ) となった。

【考察】計測手法間の変数の相関に反映から、深度カメラや複数動画による解析手法でも歩行速度に伴う動作的特徴を把握する上での十分な精度を保有していると考えられる。一方で関節可動域等の絶対値の精度には一定の限界があることが示唆され、精度向上のためには線形回帰による補正が必要になることが示された。