

# 人工股関節置換術後の歩行解析と AI を用いた新たなテーラーメイドリハビリテーション医療の創出

名古屋市立大学 整形外科  
研究員  
宇佐美 琢也

## 要旨

近年、遠隔医療、特に遠隔リハビリテーションの需要が増している。本研究では、スマートフォンの動画を AI を用いた動作推定技術で解析し、その精度を検証することを目的とした。右側面に設置した 1 台のスマートフォンにより撮影された、3 名の健常者の合計 23 回の直線歩行を対象とした。これを、AI を用いた動作推定技術で解析し歩行パラメーターを取得した。従来型の赤外線式モーションキャプチャーとの比較によりその精度を検証した。結果、歩行速度、歩行周期、左右の歩幅、股関節および膝関節の最大屈曲・最小屈曲角度においてモーションキャプチャーと比較して同等以上の精度を示した。また、歩行速度、歩行周期、左右の歩幅、股関節の最大屈曲・最小屈曲角度、膝関節の最大屈曲角度において高い相関を示した。側面から 1 台のスマートフォンを用いて撮影された動画の解析により十分な歩行パラメーターの取得が可能であり、遠隔リハビリテーションの評価に有用な手法であると考えられる。

## 1 背景と目的

我が国では変形性股関節症や大腿骨近位部骨折は広く知られており、高齢化社会の到来により手術件数は増加している。日本の急性期病院における股関節疾患術後の在院日数は 2~3 週間であるが、この期間に歩容まで改善することは難しく、退院後リハビリテー

ションは近医へ依頼することも多い。2020 年初頭からの新型コロナウイルス感染症の拡大をうけて、特に高齢者が外来リハビリテーションを控える傾向があり問題となっている。これらの背景から、股関節疾患術後の歩行再建にも新たな遠隔評価や訓練法を導入することは有用である。近年人工知能 (AI) を用いた姿勢推定技術による、動作解析技術が登場し注目を集めている。名古屋市立大学と共同研究を行っている Sportip 社(東京都)では、動画から被検者の歩行パラメーターを取得するプログラムである Sportip Motion 3D を確立している (Musha et al. I SBS Proceedings Archive: Vol. 40: Iss. 1, Article 122.)。この技術を用い、スマートフォン等のデバイスで歩行を撮影するだけで、簡便な動作解析が行えるようになれば、遠隔医療に応用可能な「次世代のコンパクト歩行解析技術」となると考え本研究を立案した。本研究では健常被験者の歩行を Apple 社製 iPhone® で撮影し、その動画を AI で解析する手法を確立し、遠く離れた患者の歩容を主治医が把握するための遠隔リハビリテーション医療の創出を目的とする。

## 2 活動の方法

名古屋市立大学で 3 人の健常者 (平均身長 165cm) を対象に合計 23 回の直線歩行を記録した。歩行は体の右側面に置かれた iPhon

e X (Apple 社) を用いて動画撮影 (4K, 60Hz) し、同時に 6 台の赤外線式モーションキャプチャー MA-3000 (アニマ社) と圧センサーマット Walk-Way MV-1000 (アニマ社) で撮影を行った。Sportip Motion 3D を用いて、側面から撮影した動画から胸骨、両股関節、両膝関節、両足関節の 3 次元座標を解析し、これらの座標から歩行速度、歩行周期、左右の歩幅、股関節、膝関節の最大屈曲・最小屈曲角度を計算した (Figure 1)。これらの結果は、MA-3000 と Walk-Way MV-1000 により取得された結果と比較検討した。統計学的検討は R statistical package v. 4. 2. 3 (R Core Team, Foundation, Austria) を用いて、Welch の t 検定と Pearson の相関係数により検討した。統計学的有意差は  $p < 0. 05$  とした。

### 3 現状の成果・考察

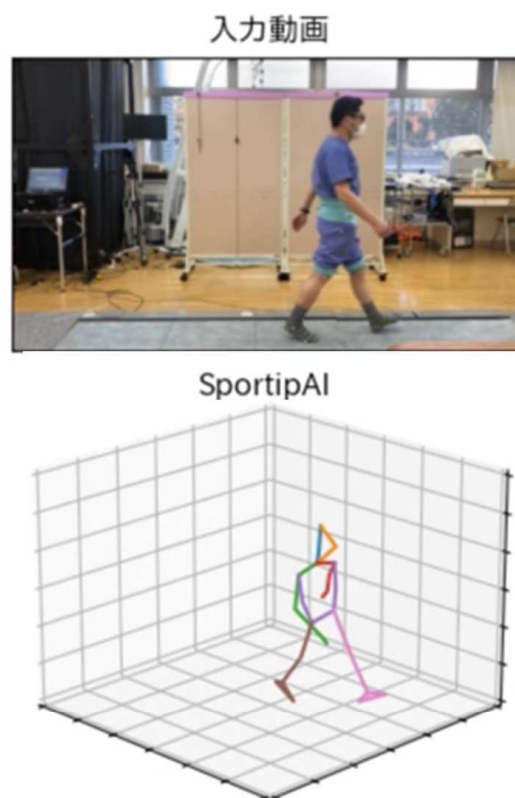
結果を Table 1, 2 に示す。

取得された値のうち、歩行速度、歩行周期、左右の歩幅、膝関節の最大屈曲・最小屈曲角度においては Motion capture 群と比較して同等以上の精度 (小さい標準偏差) を示したが、股関節の最大屈曲・最小屈曲角度は標準偏差がやや大きかった (Table 1)。相関係数の検討では、特に歩行速度、歩行周期、左右の歩幅、股関節の最大屈曲・最小屈曲角度、膝関節の最大屈曲角度で高い相関 ( $r > 0. 5$ ) を示した (Table 2)。左膝、左股関節は体の影になるが、本技術は十分な精度を有していたことから、一側面からのみの解析でも十分な信頼性が得られた。膝の最小屈曲角度は、Motion Capture 群でマイナスの値を示しており、コントロール群の不良が考えられた。今回の試験により、膝の最小屈曲角度を除く全てのパラメーターにおける高い精度、相関が明らかとなった。被検者の歩行の遠隔評価

にも十分に使用可能であると考えられる。

### 4 今後の展望

本技術は、今まで難しかった歩行の定量的評価を簡便にすることが期待される。また、遠隔地の患者のリハビリテーション評価に有用であると考えられる。現在、協業病院であるいなべ総合病院 (三重県) において、大腿骨転子部骨折術後、脊椎圧迫骨折保存療法の患者 12 名の経時的な歩行動画の撮影が完了し、解析を開始している。今後は解析にかかる時間の短縮、新たなアプリケーションの共同開発を通して、医療、介護の領域における テーラーメイドリハビリテーション医療の確立にという我々の目標に向けて取り組んでいきたい。



#### Sportip Motion 3D での解析例

入力動画 (上) から Stick figure (下) を作成することができる。

Variables	AI			Motion Capture			p-Value
		±			±		
Gait velocity (mean±SD, km/h)	4.055	±	0.307	4.138	±	0.606	0.374
Gait cycle time (mean±SD, sec)	1.093	±	0.031	1.099	±	0.041	0.476
Right Step length (mean±SD, cm)	56.79	±	5.660	62.51	±	6.161	< 0.001
Left Step length (mean±SD, cm)	55.606	±	5.203	60.322	±	7.654	< 0.001
Right Max FA of hip joint (mean±SD, angle)	21.718	±	2.438	17.571	±	1.275	< 0.001
Left Max FA of hip joint (mean±SD, angle)	20.670	±	3.062	16.825	±	1.390	< 0.001
Right Min FA of hip joint (mean±SD, angle)	23.160	±	5.280	13.349	±	3.337	< 0.001
Left Min FA of hip joint (mean±SD, angle)	19.948	±	4.691	14.747	±	3.228	< 0.001
Right Max FA of knee joint (mean±SD, angle)	61.923	±	3.724	58.486	±	4.687	< 0.001
Left Max FA of knee joint (mean±SD, angle)	58.208	±	5.750	59.872	±	6.115	0.003
Right Min FA of knee joint (mean±SD, angle)	2.231	±	1.544	-3.910	±	3.231	< 0.001
Left Min FA of knee joint (mean±SD, angle)	1.741	±	1.717	-2.701	±	1.237	< 0.001

Abbreviations: FA flexion angle, Max maximum, Min minimum

**Table 1 : 3名の被検者における各種パラメーターの値平均値の差の比較 (Welch の t 検定)。**

Variables	Correlation	Lower limit	Upper limit	p-Value
Gait velocity	0.935	0.835	0.975	<0.001
Gait cycle time	0.675	0.319	0.864	0.002
Right Step length	0.911	0.779	0.966	<0.001
Left Step length	0.934	0.800	0.979	<0.001
Right Max FA of hip joint	0.868	0.683	0.948	<0.001
Left Max FA of hip joint	0.705	0.369	0.878	<0.001
Right Min FA of hip joint	0.727	0.408	0.999	<0.001
Left Min FA of hip joint	0.745	0.439	0.896	<0.001
Right Max FA of knee joint	0.841	0.626	0.937	<0.001
Left Max FA of knee joint	0.932	0.829	0.974	<0.001
Right MinFA of knee joint	0.304	-0.666	0.175	0.206
Left Min FA of knee joint	0.472	0.023	0.763	0.040

Abbreviations: FA flexion angle, Max maximum, Min minimum

**Table 2 : 3名の各種パラメーターの値の相関係数 (Pearson の相関係数)。**