

介護予防・健康増進のための身体基礎動作の計測および検証

Measurement and Inspection of Basic Body Movement for

Disability Prevention and Embodied Knowledge

佐藤航¹ 山本葵² 萩原礼奈¹ 小山直樹³ 熊谷小百合³ 藤波努¹ 西村拓一¹

SATO Wataru¹, YAMAMOTO Aoi², HAGIWARA Reina¹, KOYAMA Naoki³,

KUMAGAI Sayuri³, HUJINAMI Tsutomu¹, and NISHIMURA Takuichi¹

¹北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

¹Graduate Schools of Advanced Science and Technology, JAIST

²相澤健康スポーツ医科学センター

²Jisenkai Aizawa Medical Science center for Health and Sports

³産業技術総合研究所 人間拡張研究センター

³Human Augmentation Research Center, AIST

Abstract: In Japan, the declining birthrate and aging population are considered as one of the serious problems. According to the Ministry of Health, Labor and Welfare, the population aged 65 and was over accounted for 28.4% in 2019. Under such circumstances, we have conducted research regarding extracting tacit knowledge of basic body movements for disability prevention and embodied knowledge. Yamamoto, the author, can precisely grasp the condition of the subject's body from just three basic physical exercise. Therefore, through this study, we measured the basic body movements practiced by Yamamoto using a motion capture system and analyzed the data. In this paper, we describe the findings obtained through the analysis and discuss the future prospects.

1. はじめに

我が国の総人口は 2019 年、1 億 2617 万人となっており、65 歳以上の人口は 3589 万人で総人口に占める割合も 28.4%となった[1]。そんな中で厚生労働省は介護予防マニュアルを作成するなど、介護予防活動を実施している。介護予防とは「要介護状態の発生をできる限り防ぐこと、そして要介護状態にあってもその悪化をできる限り防ぐこと」[2]と定義されている。また急速な高齢化に伴って健康増進の重要性も高まっており[3]、そのためには、栄養、運動、メンタル、医学の知識を自分ごととして理解し実践することが重要である[4]。

このような背景を受けて我々は、身体基礎動作の計測を行い、介護予防・健康増進に役立つ暗黙知の抽出を行なっている。本論文ではモーションキャプチャを用いて測定した身体基礎動作を分析し、得られた知見を述べる。

本稿では、次節にて身体基礎動作の暗黙知を抽出することにより障害予防、パフォーマンス向上を支援する技術を提案する。3 節では、そのための第一歩として実施した計測の詳細を説明し、4 節でその結果を示し、5 節で今後の課題を説明する。

2. 身体基礎動作の暗黙知抽出

現在我々は、介護予防と健康増進に役立つ身体基礎動作の暗黙知の抽出を行なっている。現在の医療制度の関心が、疾病予防ではなく予防薬の開発に関心が向けられている[5]こともあり、健康増進は世界中で取り組まれている。

このような背景を受けて、著者の山本は動画配信サービスを通して、健康的な身体づくりのためのストレッチや、障害予防に役立つ軸づくりのための運動などを紹介している。また、スポーツ選手が行った基礎動作から、体のコンディショニングを明確に把握できる暗黙知を所持している。具体的には、3 種類の身体基礎動作(片足

立位・スクワット・ランジ)を行った際の体のふらつきや傾き、筋肉の張り具合などの情報を元に、左右の筋肉のバランスやその選手の特徴を抽出する。抽出した特徴をもとに姿勢や動作を改善するフィードバックをすることで、多くのアスリートの身体動作状の課題を解決し、スポーツパフォーマンスを向上させてきた。

基礎動作から身体のコンディショニングを明確に把握し、適切にフィードバックできるという暗黙知を構造化できれば、スポーツ教育現場を支援できるだけでなく、介護予防や健康増進にも役立つ。そのため、今後、山本による理想的な基礎動作およびよくある問題動作を計測し、それらの動作上の特徴を明らかにする。また、核動作の原因について、山本の暗黙知を形式化し因果関係を明確化し構造化していく。さらに、その原因を取り除くための指導の言葉や処置について、個別事象および個人の特性ごとに構築していく。一方、動画による骨格検出技術も構築する。これらの技術と知識を統合することで、全世界のユーザの基礎動作を動画で送付してもらい、AIで骨格検出、特徴分析、フィードバックを可能とする。より、詳細の指導を希望する方には山本から直接指導を受けられるようにする。

そこで本実験では、まず山本が行った基礎動作を、モーションキャプチャシステムを用いて計測し、そのデータを分析する。

3. モーションキャプチャを用いた身体基礎動作の測定

本実験では山本が行った3種類の基礎動作を、モーションキャプチャを使用して測定した。モーションキャプチャとは、身体各部の座標を計測し、身体動作を3次元時系列として客観的に表すテクノロジーである[6]。本実験で使用したのは装着式の慣性計測装置(IMU)であり、光学式モーションキャプチャ(MoCap)と比較して測定結果が素早く得られ、持ち運びが容易という特徴がある。

本実験ではモーションキャプチャシステムの中で23セグメントの剛体リンクモデルを構築するために身体測定を行った。次に、被験者は慣性センサシステムが装着された専用スーツを着用した。その後、キャリブレーションを行い、実際に3種類の基礎動作を行った。なお、本実験においては、定量的な比較のために同じ動作を3回繰り返した。また、理想となる動作例に加えて、背中が反る等の適切ではない身体の使い方をした際の動作例についても測定した。図1に山本が専用スーツを着用して片足立位を行なっている様子を、表1に本実験における計測項目を、図2~4にそれぞれの計測項目の特徴を表すアバター画像を示す。



図1 著者の山本が片足立位を行なっている様子

表1 本実験の計測項目

片足立位	理想、外に崩れる、 膝が曲がる、背が反れる
スクワット	理想、骨盤が後傾する、 骨盤が前傾する、踵が浮き上がる
ランジ	理想、状態が被る、 背が反れる、送り足が折れる

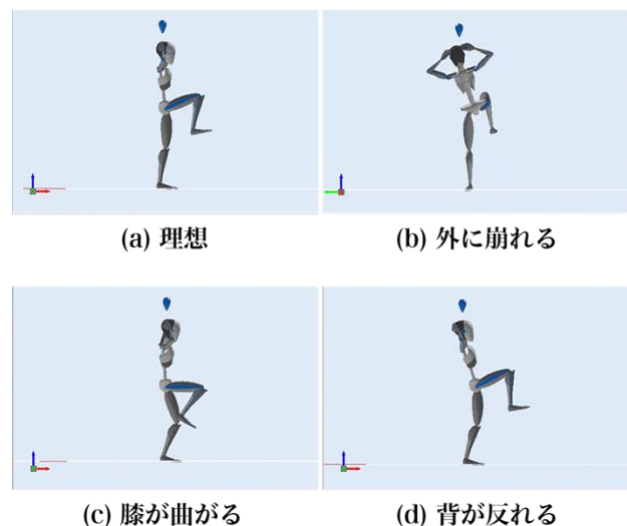


図2 片足立位の計測条件のアバター画像

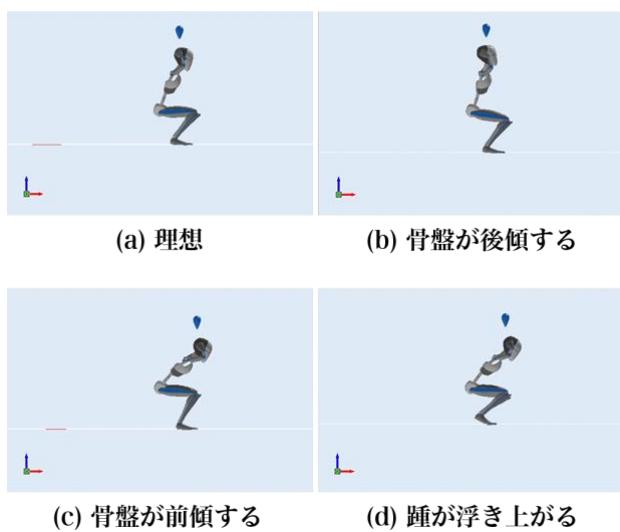


図3 スクワットの計測条件の-avatar画像

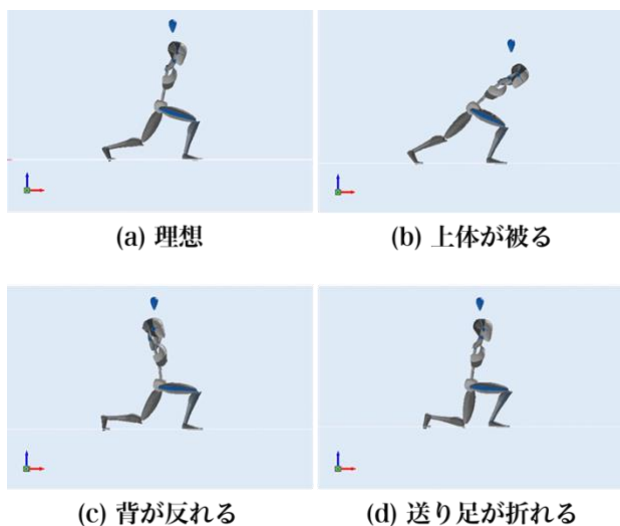


図4 ランジの計測条件の-avatar画像

4. 測定データの分析

本節では、測定したデータをソフトを用いて理想動作とそうでない動作について比較分析した結果を示す。この分析を行うことで、適切でない動作の定量化を行うことができ、将来人工知能を用いた半自動判定システムを構築した際に一致率を提示することが可能となり、また具体的にどういった点に問題があるのかを指摘することも可能となる。なお、本節の図は末尾に付録として添付する。

4.1 片足立位の際の骨盤からネック間の角度の比較

図5に理想の片足立位を行った際の骨盤からネック間の角度の変化を、図6に外側に崩れる片足立位を行った際のものを、図7に背が反れる片足立位を行った際のものを示す。なお横軸は時刻[s]、左縦軸は骨盤からネック間の角度[°]、右縦軸は踵間距離[m]を示す。図5のように、理想の片足立の際には、骨盤からネック間の左右方向の角度の変化は、 $\pm 3^\circ$ であり、前後方向の角度の変化は、約 -5° である。一方で、図6のように外側に崩れる片足立位を行った際の左右方向の角度の変化は $\pm 20^\circ$ になる傾向が見られる。また、図7のように背が反れる片足立位を行った際の前後方向の角度の変化は、 -20° である。理想状態と外側に崩れる例を比較すると、骨盤からネック間の左右方向の角度は約7倍の差が確認できた。さらに、理想状態と背が反れる例を比較すると、骨盤からネック間の前後方向の角度は約4倍の差が確認できた。

4.2 片足立位の際の膝関節の屈曲の比較

図8に理想の片足立位の際の膝関節の屈曲の変化を、図9に膝が曲がる例のものを示す。なお、グラフの縦軸は膝の屈曲[°]、横軸は時刻[s]である。図8のように、理想の片足立位の際の軸足の膝関節の屈曲は 5° 程度である。これに対して膝が曲がる例は約 40° となっている。理想状態と軸足の膝が曲がる例を比較すると、軸足の膝関節の角度は8倍の差が確認された。

4.3 スクワットの際の骨盤からネック間の角度の比較

図10に理想のスクワットを行った際の骨盤からネック間の角度の変化を、図11に骨盤が後傾するときのものを、図12に骨盤が前傾するときのものを、図13に踵が浮き上がるときのものをそれぞれしめす。なお、軸の値は4.1節のときと同様である。図10のように、理想のスクワットの際の骨盤からネック間の前後方向の角度は 20° である。それに対し、図11のように骨盤が後傾した際のそれは約 15° 、骨盤が前傾した際は約 50° 、踵が浮き上がった際は約 40° となった。4パターンのスクワット動作において、骨盤からネック間の角度がそれぞれ別の値を示したため、これはスクワット動作を判別する際に

重要な指標となる。

4.4 ランジの際の骨盤からネック間の角度の比較

図 14 に理想のランジを行った際の骨盤からネック間の角度の比較を、図 15 に上体が被る片足立位を行ったときのものを、図 16 に背中が反れるときのものを、図 17 に送り足が折れるときのものを示す。図 14 から、理想のランジを行った際の骨盤からネック間の角度は 8° ～ 13° 程度であり、山本の場合送り足が左足の際に、この角度が大きくなる傾向が見られる。また、図 15 のように上体が被るランジを行った際は約 50° 、図 16 のように背が反れる際は -25° 、図 17 のように送り足が折れる際は約 8° であった。ここから理想と送り足が折れるランジの角度はほぼ同じであることが確認できた。また、上体が被るものと背が反れるものは、理想と大きくことなることも確認できた。

4.5 ランジの送り足膝関節の角度の比較

図 18 に理想のランジを行った際の送り足の膝関節の角度を、図 19 に送り足が折れる例のものを示す。図 18 のように、理想のランジを行った際の送り足の膝関節の角度は、 40° ～ 60° を示し、ばらつきが確認された。また、送り足が折れるランジを行った際は 80° ～ 100° となり、ここでもばらつきが確認され、理想よりも大きな値を示した。ランジ動作は片足立位やスクワット動作と比較して、動作範囲が大きい分、セグメント間の角度や各関節の角度にばらつきが生じるのだと考えられる。

5. おわりに

本稿では、介護予防と健康増進に役立つ身体基礎動作の暗黙知抽出をするのにあたり、著者の山本が実践した 3 種類の動作について分析したことについて述べた。そこでは理想の動作例と背中が反るなどの複数の適切ではない例との比較分析を行い、理想の動作とそうでない動作の相違点を定量的に表すこ

とができた。

ここで得られた知見や山本の暗黙知を構造化データ知識として蓄積すれば、クライアントの身体における課題の解決を支援するサービスを構築することが可能となる。クライアントのモーションキャプチャデータを人工知能で分析することで、「膝が曲がって行っている例に 10%一致しているため、こういう筋トレをすれば良い」というように、違いを指摘したり、考えさせたり、適切なアドバイスをしたりすることが可能となる。今後は、山本の動作分析、および、暗黙知の構造化をさらに行い、クライアントの課題解決を支援する人工知能を構築していく。

参考文献

- [1] 内閣府、高齢化の現状と将来像
URL<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/html/zenbun/s1_1_1.html>参照(2022.8.17)
- [2] 厚生労働省、介護予防マニュアル
URL<<https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/000930363.pdf>>参照(2022.8.17)
- [3] 厚生労働省、介護予防マニュアル
URL<<https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/000930363.pdf>>参照(2022.8.17)
- 西村拓一、吉田康行、林侑輝、鴻巣久枝、村田壽美子、身体表現における指導者の声かけの目的と結果の予測、人工知能学会 身体知研究会、2021
- [4] 体験型健康医学教室、りんご教室
URL< <http://www.tsuminory.jp/ringo-school.html>> 参照(2022.8.17)
- [5] リチャード・P・スローン、企業内健康増進マニュアル、ダイヤモンド社、p.42、(1992)
- 佐藤克美、舞踊の熟達化を支援するためのモーションキャプチャ活用、日本教育工学会論文誌、Vol.34、p.133(2010)
- [6] 佐藤克美、舞踊の熟達化を支援するためのモーションキャプチャ活用、日本教育工学会論文誌、Vol.34、p.133(2010)

付録

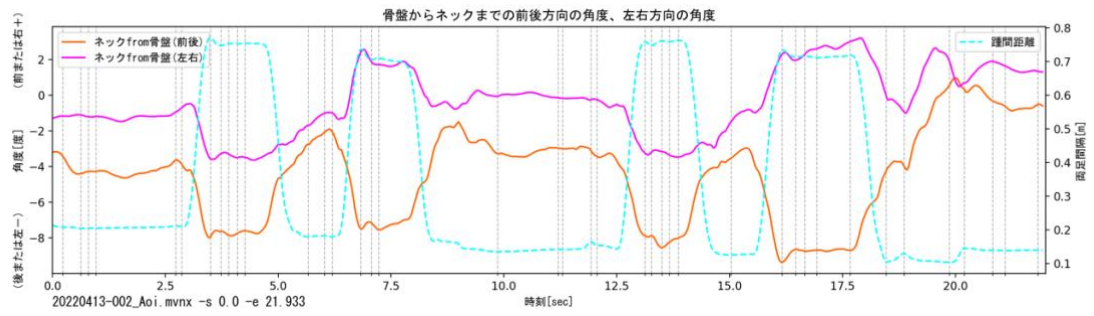


図 5 理想の片足立位を行った際の骨盤からネック間の角度の変化

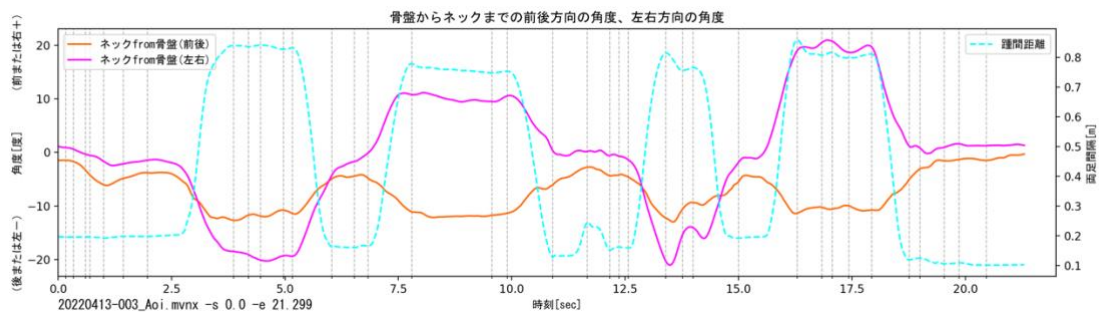


図 6 外側に崩れる片足立位を行った際の骨盤からネック間の角度の変化

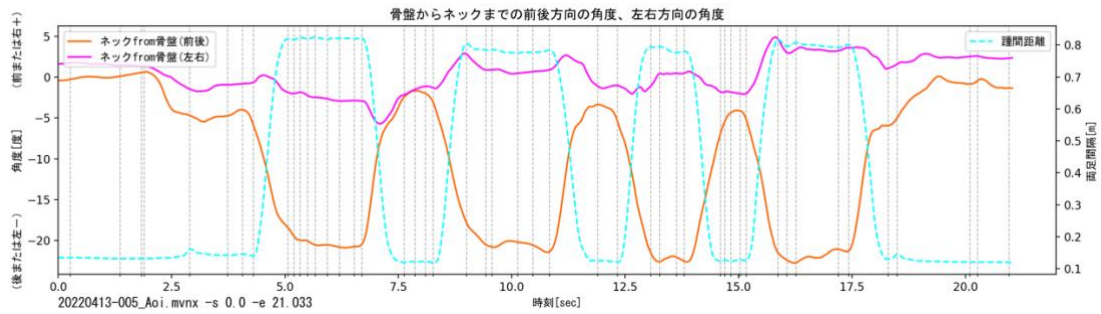


図 7 背が反れる片足立位を行った際の骨盤からネック間の角度の変化

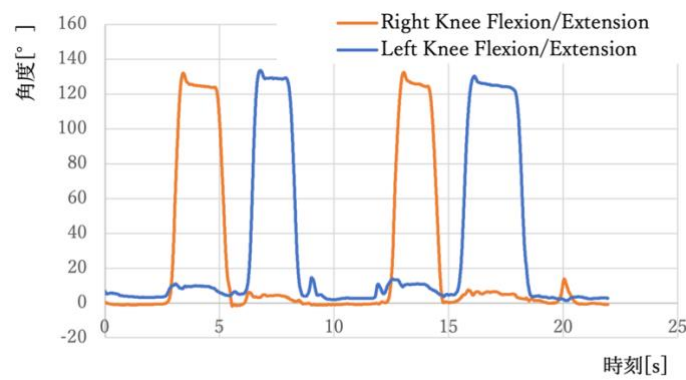


図 8 理想の片足立位の際の膝関節の屈曲の変化

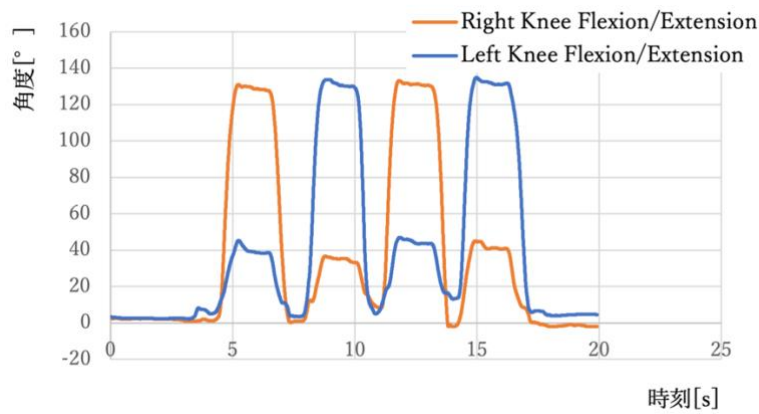


図9 膝が曲がる片足立位の際の膝関節の屈曲の変化

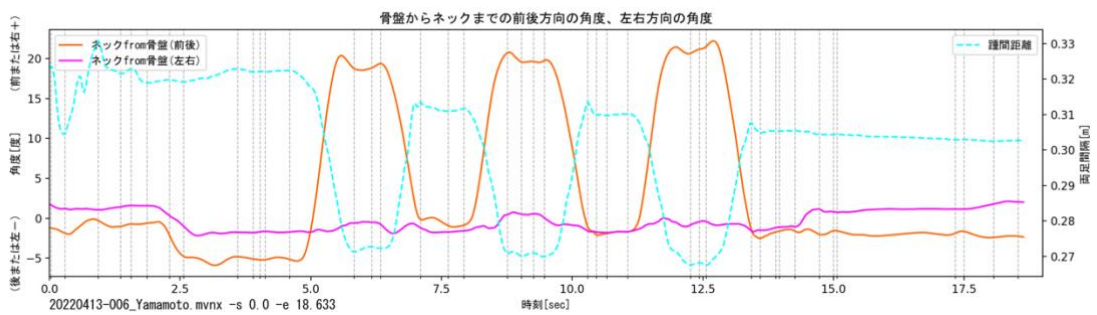


図10 理想のスクワットを行った際の骨盤からネック間の角度の変化

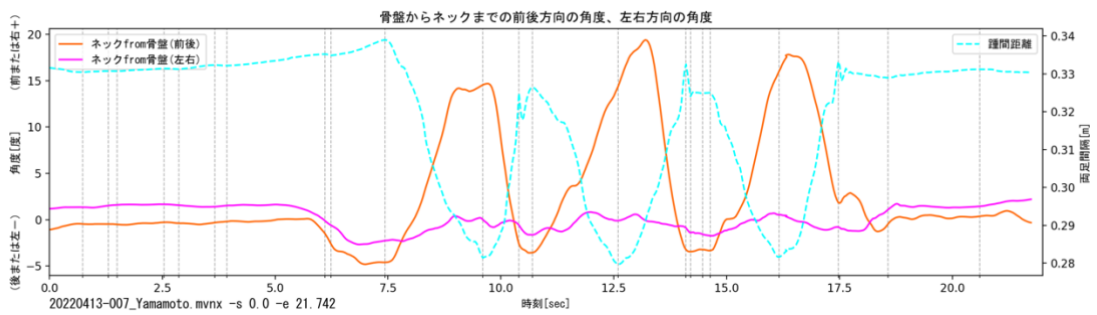


図11 骨盤が後傾するスクワットを行った際の骨盤からネック間の角度の変化

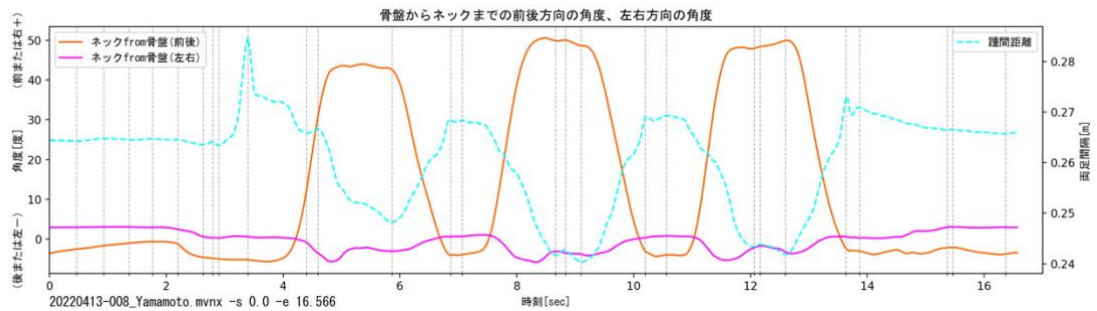


図12 骨盤が前傾するスクワットを行った際の骨盤からネック間の角度の変化

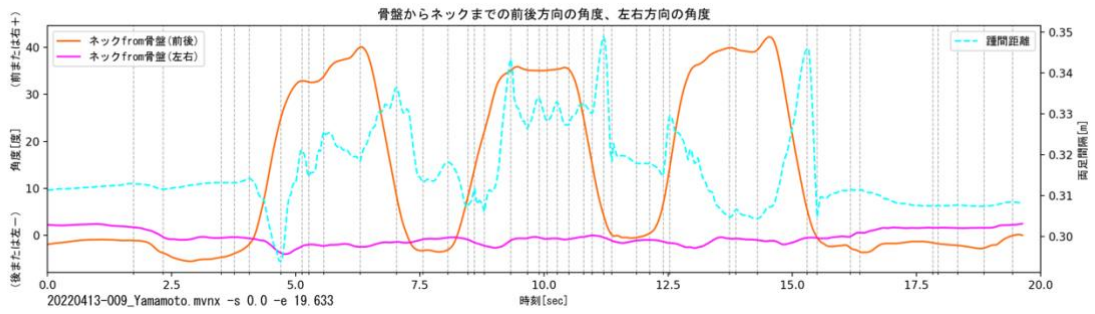


図 13 踵が浮き上がるスクワットを行った際の骨盤からネック間の角度の変化

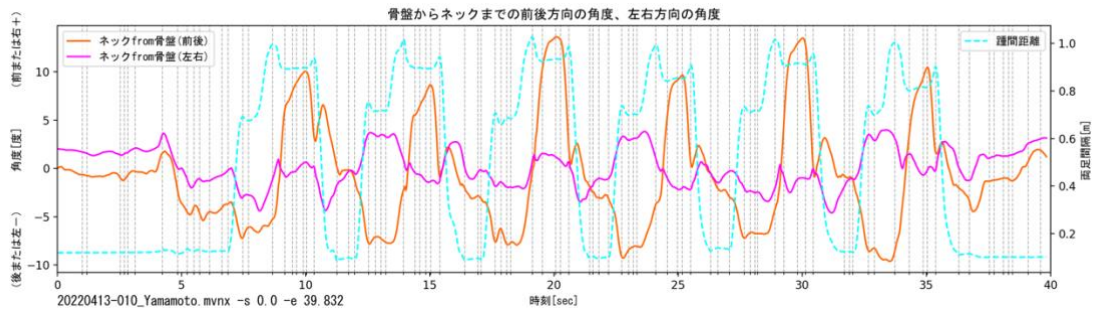


図 14 理想のレンジを行った際の骨盤からネック間の角度の比較

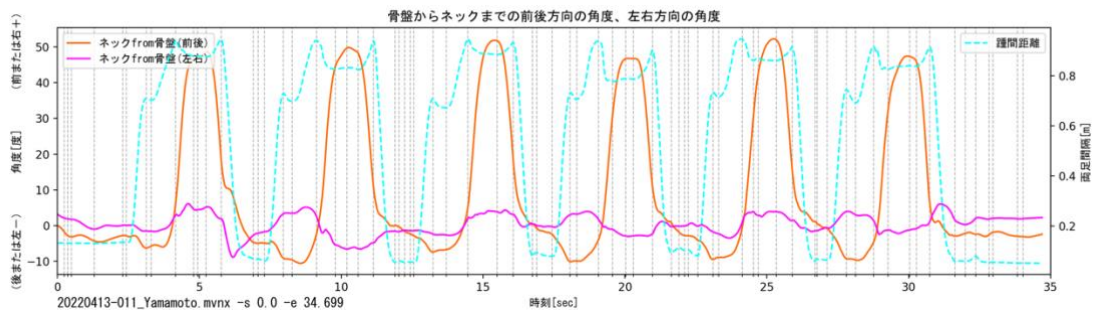


図 15 上体が被るレンジを行った際の骨盤からネック間の角度の比較

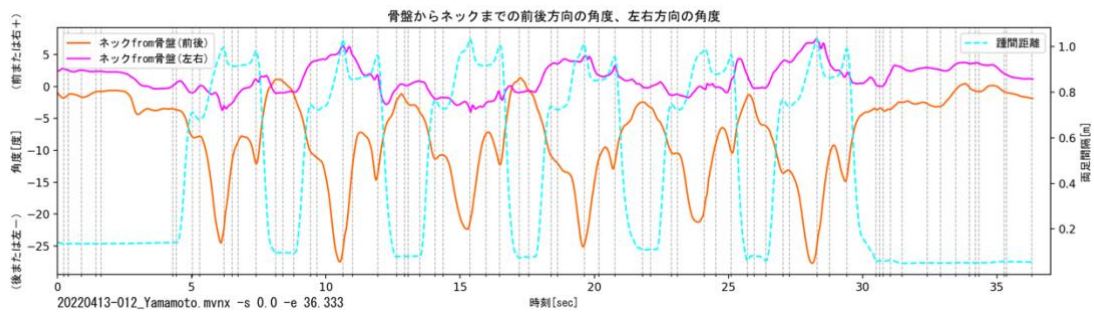


図 16 背が反れるレンジを行った際の骨盤からネック間の角度の比較

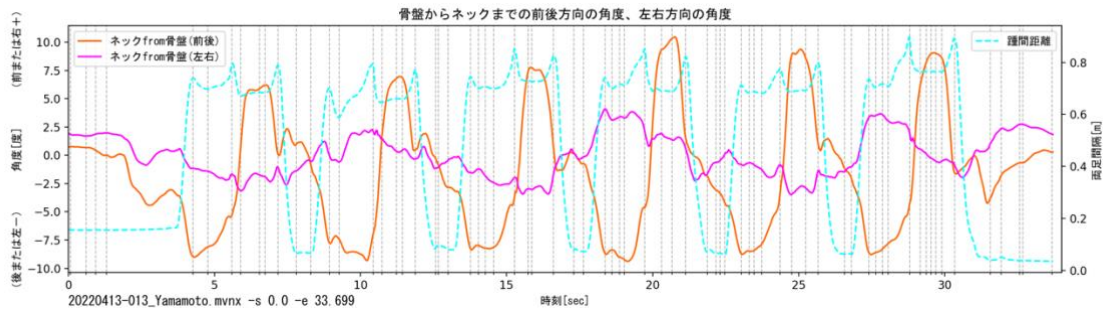


図 17 送り足が折れるランジを行った際の骨盤からネック間の角度の比較

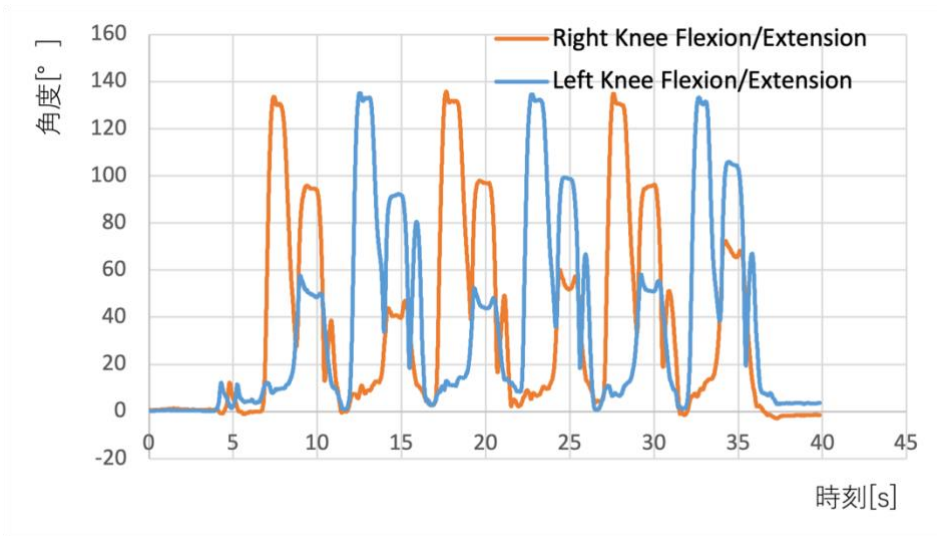


図 18 理想のランジを行った際の送り足の膝関節角度の変化

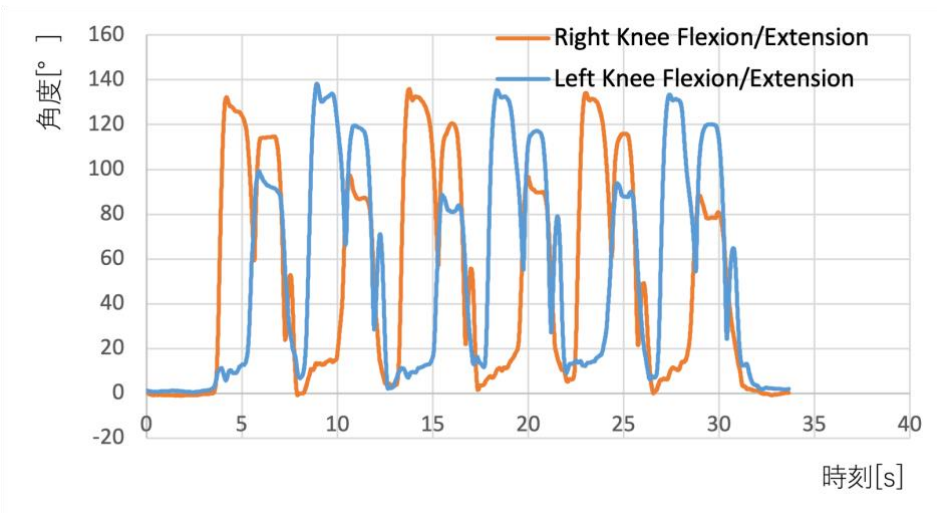


図 19 送り足が折れるランジを行った際の送り足の膝関節角度の変化