

変形性関節症者を対象とした異常歩行の定量的評価手法の研究

Study on Quantitative Evaluation Method for Abnormal Gait with Osteoarthritis

原 良昭 赤澤康史 橋詰 努

HARA Yoshiaki, AKAZAWA Yasushi, HASHIZUME Tsutomu

キーワード：

変形性関節症，歩行分析，異常歩行，床反力
カルテ調査，入院期間

Keywords:

Osteoarthritis, Gait analysis, Abnormal gait,
Ground reaction force, Medical record documenta-
tion and Hospitalization

Abstract:

This paper is interim report of “Study on quantitative evaluation method for abnormal gait of Osteoarthritis” which we have done in fiscal year. In this study, we have done gait analysis of patient with hip/knee osteoarthritis and medical record documentation of patient with hip osteoarthritis. In gait analysis, we measured ground reaction forces of eleven patients with hip/knee osteoarthritis, and analysis effect of artificial joint replacement to the force. In medical record documentation, we survey relation between JOA score and hospitalization.

1 はじめに

変形性関節症（以下、OA: Osteoarthritis）とは関節軟骨に生じた変性や断裂などにより関節に痛みが生じる疾患である。変性や断裂が生じる原因の1つに加齢があるため、超高齢社会である日本におけるOA患者数は今後も増加すると考えられる。

兵庫県立リハビリテーション中央病院では変形性膝関節症（以下、膝OA）と変形性股関節症（以下、股OA）を合わせて毎年約200件以上の人工関節置換術を行っている。このように毎年約300件以上の人工関節置換術を行うことで中央病院の医師や理学療法士（以下、医療従事者）はOAに関する知見を

培っている。臨床経験が豊富な医療従事者が自らの知見を臨床経験が浅い医療従事者に伝えること、すなわち、技術・知識の後継は医学の発展にとって必要不可欠なことであり、円滑な技術・知識の後継によりOA患者が受けられる医療水準が上がる。しかし、知見には他者への伝達が困難な定性的な物もあり、円滑な技術・知識の後継を妨げている。また、定量化されていない知見は科学的な検証が困難でもある。

本研究課題では、OA患者が受けられる医療水準の向上のために、医療従事者の知見の定量化を行う。本研究課題の実施期間は平成23年度から24年度までの2年間であり、本稿はその中間報告である。本稿では、23年度に実施した歩行分析とカルテ調査について述べる。

2 歩行計測

2.1 はじめに

OAが発症することで正常歩行から逸脱した歩容になることがある。このような歩容の歩行は異常歩行と呼ばれる。異常歩行の定義は定性的なものが多いため、その評価は医療従事者が主観的に行っている。妥当な主観的評価を行うには一定の臨床経験が必要となるため、臨床経験が豊富な医療従事者が行っている主観的な評価と同等の評価が可能な客観定量的な指標が求められている。

実験室環境では歩行能力の定量的評価指標として床反力がよく用いられる。床反力の前後成分は、それぞれ、歩行速度に対する正の加速度（加速成分）と負の加速度（以下、減速成分）とみなせる。定常歩行時の健常者は、歩行速度がほぼ一定のため、一歩行周期における加速成分の積算値と減速成分の積算値の絶対値はほぼ同じとなる。Bowden等は片麻痺者においては一歩行周期における加速成分の積算

値と減速成分の積算値の絶対値に偏りがあることを、また、Brunnstrom recovery stageが悪いほど、偏りも大きくなることを報告している¹⁾。これは左右の脚の機能差によるものと考えられるため、OA患者についても床反力の前後成分の偏りが生じると考えられる。また、人工関節置換術によりその偏りが是正されると考えられる。

また、床反力計は高価であるため、より安価な加速度センサを用いた歩行能力の評価も良くされている。牧川等は身体に生じる加速度から歩行速度を推定している。本手法を流用することで加速度センサの出力から床反力計と同等の評価をできる可能性がある²⁾。

本研究課題では、OA罹患者の歩行能力の評価指標としての有意性を確認するために、人工関節置換術前および退院時の床反力と加速度の計測を行った。

2.2 平成23年度の実施内容および24年度の予定

本年度では、身体の3次元座標、床反力、矢状面の動画像および身体に生じる加速度を同期して計測するシステムを構築した。身体の3次元座標、動画像および床反力は床反力計（キスラー社）が組み込まれたMotion Analysis社の3次元動作解析システムであるMAC3D System（以下、MAC3D）を用いて計測する。加速度はロジカルプロダクト社製のLP-WS0901（55mm×40mm×22mm、電池込み35g）を用いた。LP-WS0901は内部に記録用のメモリを持っているため、従来の加速度センサのように、センサ部と記録部を繋ぐケーブルにより被験者の動きを妨げることはない。LP-WS0901は制御用のパーソナルコンピュータ（以下、PC）と無線で接続されており、PCから送信された計測開始命令を受信することで計測を開始する。

LP-WS0901とMAC3Dの同期には、ロジカルプロダクト社の同期パルス発生装置（LP-WSY11）を用いた。LP-WSY11は制御用PCが発した計測開始命令を受信するとパルス信号を出力する装置であり、パルス信号をMAC3DのA/Dコンバータに入力することでLP-WS0901とMAC3Dの同期を行った。

サンプリングレートは床反力と加速度が1kHz、身体の3次元座標は100Hzである。また、動画像は30fpsで撮影した。計測システムの配線を図1に示す。歩行経路は10mの直線であり中間地点には2枚のキスラー社の床反力計（左右幅0.6m、前後幅1.2m）が埋め込まれている。被験者には左右の足の床反力を個別に計測するために2枚の床反力を踏み分けるように指示した。計測環境の概略を図2に示す。

歩行計測は兵庫県立福祉のまちづくり研究所倫理委員会に承認されたプロトコルに従って行った。また、各被験者に対しては歩行計測前に書面での説明後、同意を得てから歩行計を行った。

本稿執筆時の計測状況は、術前および退院時の歩行計測が終了したOA患者は8名、術前の歩行計測が終了したOA患者は3名である。

図3はある被験者の術前、図4は退院時、また、各図の上段は非術側、下段は術側の床反力である。

術前の一歩行周期内の加速成分と減速成分の積算値は図3が示すように、加速成分は術側が非術側よりも大きく、減速成分は非術側よりも術側が大きかった。この非対称性は、術側の着床による痛みを避けながら一定の歩行速度を維持するために生じたと考えられる。すなわち、術側の減速成分が小さいのは、術側の着床時の痛みを避けるために、床からの反力を受けないように着床するためであり、非術側の加速成分が小さいのは、術側の加速成分が小さくすることで非術側の着床時の衝撃を小さくするた

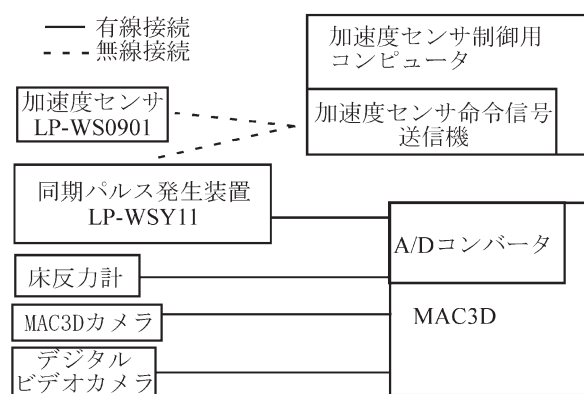


図1 計測システムの配線図
Fig.1 Connection diagram of measurement instrument.

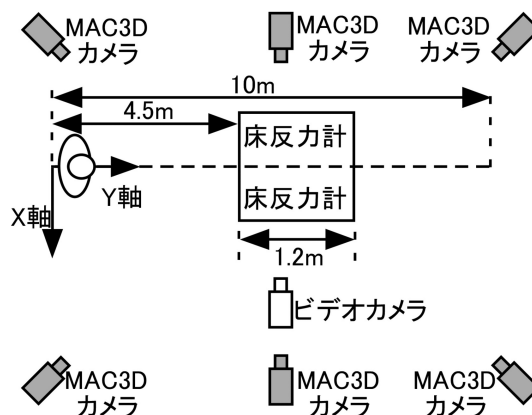


図2 計測環境の概略図
Fig.2 Overhead view of measurement environment

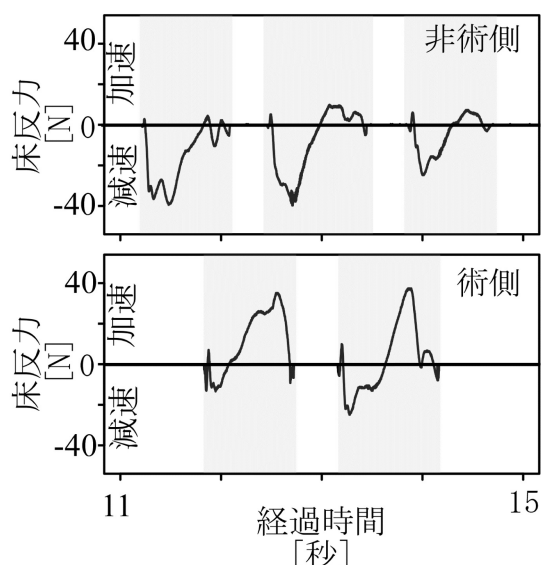


図3 術前の床反力の前後成分

Fig.3 Anterior-posterior ground reaction force measured before artificial joint replacement

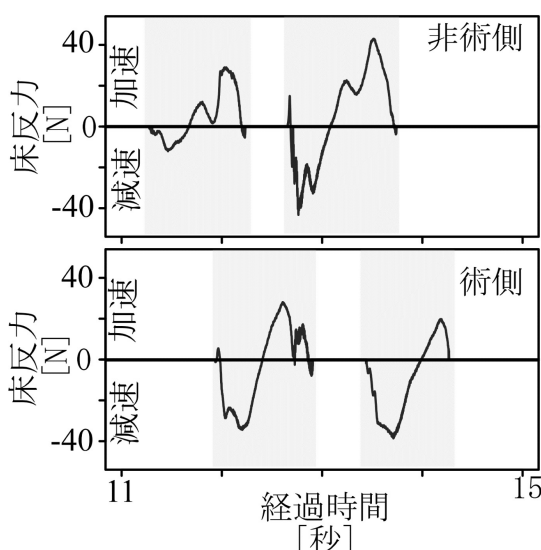


図4 退院時の床反力の前後成分

Fig.4 Anterior-posterior ground reaction force measured at time of hospital discharge.

めと考えられる。また、この術側と非術側の非対称性は、図4が示すように退院時には解消されている。

平成24年度では、被験者数を増やすことで、上記のような床反力波形の改善についての信頼性の確認を、また、加速度の解析を行う予定である。

3 カルテ調査

3.1 はじめに

人工関節置換術後のOA患者はクリティカルパスに従って理学療法などを受け歩行能力獲得後に退院となる。歩行能力獲得までの日数はOA患者によって異なる。本研究課題では術前に計測された関節可動域や筋力などから術後の入院日数や歩行能力獲得までの日数の予測が可能かどうかを明らかにする。

3.2 平成23年度の実施内容および24年度の予定

2009年から2011までに兵庫県立リハビリテーション中央病院で人工関節置換術を行った股OA罹患者を対象にカルテ調査を行った。カルテ調査は兵庫県立福祉のまちづくり研究所の倫理委員会の承認後に行った。

カルテ調査が終了したのべ119人に対して、入院期間を目的変数、術側の日本整形外科学会股関節機能判定基準（以下、JOAスコア）および入院時年齢を目的変数とした決定木分析を行った³⁾。決定木分析ではNodeの最小構成数を15件として実行した。

図5に示すように決定木分析によりJOAスコアの可動域と疼痛の点数を用いて股OA者は最終的には4つのグループに分類された。Nodeの再送構成数15件という条件下では図5が示すようにJOAスコアの歩行能力の点数やADLの点数および術時年齢は分類には用いられなかった。これはJOAスコアの歩行能力の点数やADLの点数および術時年齢が可動域の点数や疼痛の点数に比べて入院日数に与える影響が少ないことを示している。

各グループにおける入院日数の中央値と第1四分位値から第3四分位値までの区間を表1に示す。表1が示すようにNode番号が若いほど、すなわち、可動域と疼痛の点数が高いほど入院日数が短くなると予想される。

本年度では過去の股OA罹患者のカルテ調査を行い、JOAの可動域の点数と疼痛の点数から股OA者を4つに分類でき、入院日数を予測できることを示した。平成24年度ではカルテの調査件数を増やし、決定木分析の結果の信頼性を向上させ、また、膝OAに対してもカルテ調査を行う予定である。

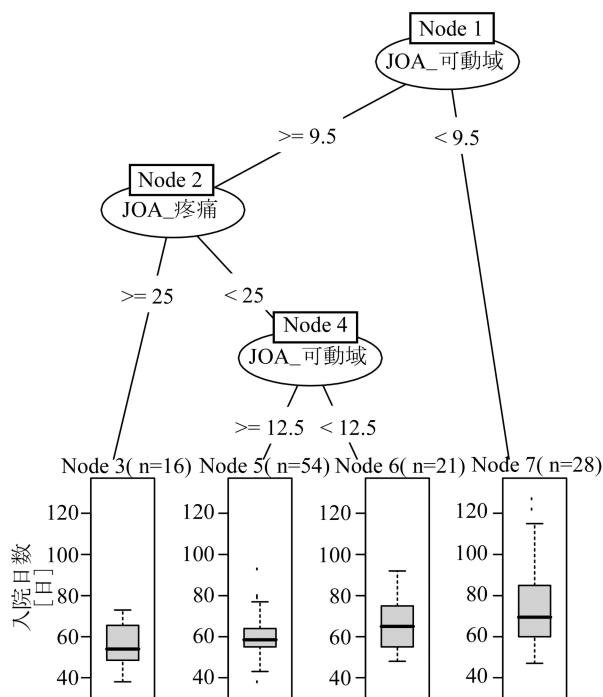


図5 各終端ノード箱ひげ図を伴う入院日数の樹木図
Fig.5 tree plot of hospitalization with boxplot in each group

表1 各グループの入院日数の中央値と第1四分位値から第3四分位値までの区間

Table 1 Median and interval from 25 percentile to 75 percentile of hospitalization days in each group

	中央値 [日]	第1四分位値～第3四分位値 [日]
NODE3	54	49～65
NODE5	58	54～64
NODE6	65	55～75
NODE7	70	60～84

4 おわりに

本研究課題ではOA患者の歩行時における床反力を計測し、人工関節置換術により床反力がどのように変化するかを調べた。また、カルテ調査を行い、JOAスコアを用いて入院日数を予測するフローチャートを作成した。来年度は、歩行計測とカルテ調査を継続し、調査数を増加させることで、本年度の結果の信頼性の向上とより詳細な解析を行う。

謝 辞

本研究課題の遂行にあたり、兵庫県立リハビリテーション中央病院副院長津村暢宏先生、同院リウマチ科医長兼整形外科医長北川篤先生、同院整形外科医長鎮西伸顕先生、同院整形外科医師森下雅之先生からは医学的見地に基づいた有益なご意見を頂いた。また、同院リハビリ療法部の理学療法士である木俣信治先生、木村愛子先生、清水俊行先生、大門守雄先生、占部貴大先生、小寺有里子先生、黒田麻子先生、趙源一先生、菅美由紀先生、椎名祥子先生、丸山洋司先生には歩行計測やカルテ調査など本研究課題全般でご協力頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Bowden, M.G., Balasubramanian, C.K., Neptune, R.R. and Kautz, S.A.: "Anterior-posterior ground reaction forces as a measure of paretic leg contribution in hemiparetic walking", stroke, 37(3), 872-876, 2006.
- 2) 牧川方昭, 吉田正樹, 南部雅幸, 塩澤成弘, 岡田志麻: ヒト心身状態の計測技術, pp. 190-192, コロナ社, 2010.
- 3) 大門貴志, 吉川俊博, 手良向聡: Rによる統計解析ハンドブック第2版, pp. 169-184, 株式会社メディカル・パブリケーションズ, 2010.