

ナンバ歩行の解析 (歩行の実験)

秋田工業高等専門学校 鈴木 雅史、宮脇 和人、齊藤 亜由子、小林 義和、木澤 悟
愛知工科大学工学部 磯員 正弘

1. はじめに

日本では江戸時代に、多くの人々がナンバ歩行を行っていたり。農民や武士が一般的に、ナンバ歩行を行っていたといわれている。ナンバ歩行にはいくつかの利点がある。例えば、武士が着物を着ているときに帯が緩みにくかったり、帯から刀が外れにくかったりしていた。しかし、現代では、日本人でも着物を着ている人は少ない。多くの人々は洋服を着て、靴を履いて、通常の歩行を行っている。ところが、最近では、スポーツの世界で、特に、ノルディックスキースキーの競技でナンバ歩行を行って、よい記録を出している。

本研究では、ナンバ歩行は、胴体と腰が同位相で、ひねらずに歩行することと定義している。すなわち、ナンバ歩行では、右手を前に出しながら右足を前に出し、左手を後ろに引きながら左足を後ろに引くものとする。図1に、通常歩行とナンバ歩行とを比較した概念図を示す。

本研究では、通常歩行とナンバ歩行の特性を比較するために、3D運動解析装置、床反力計を使用して、歩行の実験を行った。歩行の実験により、足首、股関節、膝の関節モーメント、重心、床反力を測定したので報告する。

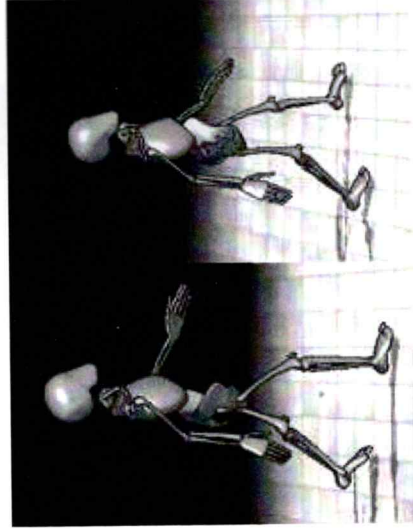


図1 歩行の概念図
(1)通常歩行 (2)ナンバ歩行

2. 実験と考察

2. 1 実験装置

本研究の実験で使用した床反力計は、キスラ一社の型式：9286である。この床反力計には次のような特徴がある。

- (1) 大きさは縦 400[mm]、横 600[mm]、厚さ 35[mm]であり、可搬性に優れている。
- (2) 負荷許容範囲が1.5[kN]から 1.5[kN]であるため、幅広い荷重の測定が可能である。
- (3) 剛性と固有振動数が高いため変形に強く、高精度な測定が可能である。

本研究の実験では、3D運動解析装置として8台のカメラを天井付近に設置した。サンプリング時間を 100[Hz]、精度を 0.1[mm]の条件で実験を行った。3D運動解析装置からの出力データは、解析ソフトウェアを使用して、パーソナルコンピュータに入力した。

計測ソフト（メーカー：Vicon Motion System Ltd.、型式：NEXUS2.11）を使用することにより、3次元座標データとして人の様々な動きを計測、解析することが可能である。計測の際には、人体の主要な関節に目印となる反射マーカを取り付け、カメラから赤外線をストロボ発光し、この光がマーカにあたった際の反射光をカメラでとらえることで、マーカ位置の中心を算出し、空間座標として座標データを得ることが出来る。マーカの動きを複数のカメラで追跡することで 3次元空間内での位置座標を特定し、コンピュータ上で動作を再現し、動作範囲や特性を把握することができる。

今回の測定では、Plugin Gait という計測モデルを使用した。この計測モデルを使用することにより、測定したマーカ軌跡のデータ、床反力計の測定データから関節モーメントの算出が可能になる。

図2に実験のときの被験者の各部分に取り付けた反射マーカを示す。表面が微小なビーズで覆われていて、カメラから入射した赤外線は反射され、屈折によりカメラへと戻る仕組みになっている。赤外線LEDのフラッシュを利用しており、歩行する被験者には見えないため、自然な歩行データの収集が可能になる。欠点として日光の外乱によりマーカの認識率が下がることがある。



図2 反射マーカ

2. 2 実験方法

反射マーカを上肢 19 か所、下肢 16 か所、計 35 か所に両面テープで取り付けた。図3に反射マーカの取り付け位置を示す。

8台の赤外線カメラを天井付近に設置し、反射マーカの位置を高精度で読み取った。測定したデータをパソコンで取り込み、解析ソフトで動作解析を行った。

図4に実験で使用した歩行路を示す。奥から手前に向けて通常歩行とナンバ歩行をそれぞれ 5 回ずつ行った。

2つの床反力計の接点を座標の原点とした。座標軸は、進行方向を Y 軸、水平方向を X 軸、上下方向を Z 軸とした。



図3 反射マーカの取り付け位置
取り付け位置

2. 3 実験結果

最初に、通常歩行の場合とナンバ歩行の場合について、足首、膝、股関節のそれぞれの関節モーメントを求める実験を行った。図5、6、

7に、X軸方向から見た左足の足首の関節モーメント、膝の関節モーメント、股関節の関節モーメントのそれぞれの測定結果を示す。また、表1に関節モーメントの最大値の平均を示す。表1から、ナンバ歩行の場合の関節モーメントの最大値は、通常歩行の場合の関節モーメントの最大値よりも小さいことがわかった。

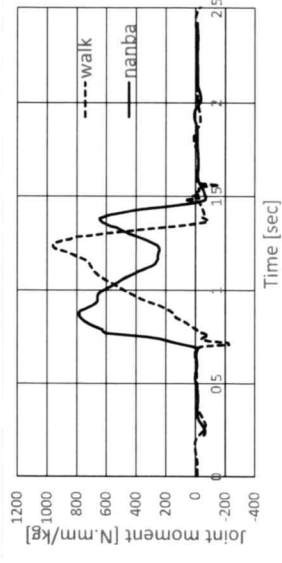


図5 足首の関節モーメントの実験結果

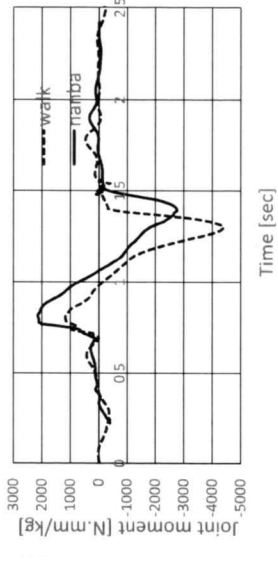


図6 股関節の関節モーメントの実験結果

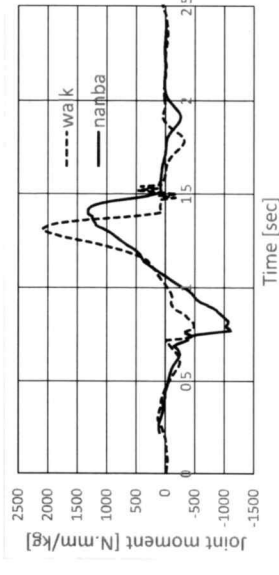


図7 膝の関節モーメントの実験結果

表1 関節モーメントの最大値の平均

	通常歩行	ナンバ歩行
足首	982.851	960.271
股関節	-3513.473	-2516.543
膝	1668.357	1171.536

2 番目に、通常歩行とナンバ歩行の場合につ

鈴鹿工業高等専門学校 岡 芳樹, 岡本 苑華
東京電機大学 長谷川 誠

1. はじめに

筆記情報に関する研究は多く行われており、動作・筆記した内容と研究題材が多面的に展開している。丸山らは、ディジタルペンをを用いて3次元CGモデルの操作や変形、テクスチャの追記を行うシステムの検討を行った¹⁾。しかし、ディジタルペンを使用して3次元CGモデルを変形やテクスチャの追記する作業はとても快適であったが、回転、平行移動、拡大縮小などの3次元CGモデルの操作には慣れが必要である事が判明している。さらに、操作中の3次元CGモデルの閲覧者が存在する時、ディジタルペンのユーザーの腕が邪魔で3次元CGモデルが閲覧しづらくなったり、閲覧者が3次元CGモデルを投影・表示しているデバイスを通り、ユーザーと閲覧者双方の邪魔になったりと3次元CGモデルの視認性の低下が発生する事も判明している。

そこで、3次元CGモデルの操作や閲覧が柔軟でかつ快適に行えるシステムの開発を行う。今回は LeapMotion を用いて空中での手の動き(ハンドジェスチャ)を3次元CGモデルの操作へシシクロさせるサポートシステムを開発する。ユーザーが使用すれば、ディジタルペンを使用しながら容易に3次元CGモデルの回転、平行移動、拡大縮小などの操作を切り替え、モデルの閲覧者が使用すれば、ユーザーによる遮蔽やディジタルペン操作の妨害などを気にせずに、自分の見たい部分を自由に操作して閲覧できるようにする。これはマウスやタッチパネルディスプレイを使用すれば解決しそうな問題であるが、これらの操作デバイスを使用してしまうとOSからの制御が影響してソフトウェアのアクティブ・非アクティブが発生し、ディジタルペンを制御しているソフトウェアが動作しなくなる可能性が考えられるからである。なので、PCのバックグラウンド環境下で動作させやすい LeapMotion を採用している。

2. 関連研究

舟橋らは3次元仮想空間における仮想手による物体操作に関する研究を行っている²⁾。古い研究ではあるが、LeapMotion を使用して3次元CGモデルの操作に繋げようとしている点は本研究と似ている部分がある。しかし、違いもあり、舟橋らの研究は LeapMotion で得られた情報を元に仮想空間上へ手の仮想モデルを生成、同空間内の操作したい3次元CGモデルと接触と言う形で様々な操作を行っている方向で研究を進めている。我々は別モデルとなるモデルの変形などの操作はディジタルペンで行い、変形後のモデルを見ていく操作を手モデルの情報から行えるようにしており、ベースや対象は強く似ているが方向性は大きく異なっている事がわかる。

また、Song らは視線と指の動きの組み合わせによるCADソフトの操作に関する研究を行っている³⁾。視線情報を使用している点以外は、本研究ととても似ている部分が多い。しかし、本研究は操作中の3次元CGモデルを閲覧する者が出る可能性も考慮して、使用方法の検討や条件の設定を行っている。ソフトウェア1人のみを使用する事を考慮している彼らの研究とは、条件や制限が異なってくる。

3. システム開発

3. 1 システム概要

まず、3次元CGモデルの表示と LeapMotion によるハンドジェスチャを受け付けるシステムは VisualStudio2015 と freeglut2.8.1, LeapSDK2.3.1+31549 を使用して開発する⁴⁾⁵⁾。freeglut は OpenGL Utility Toolkit の一つで3次元CG用のAPIである。まず、システムは起動すると決められた場所に保存されている3次元CGモデルデータを読み込み、サブディスプレイへ表示する。読み込み対応する3次元CGモデルのデータ形式は

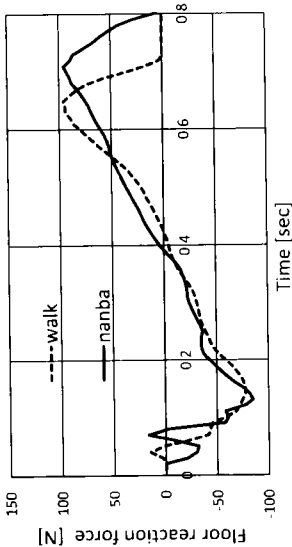


図 1 1 Y 軸方向の床反力の実験結果

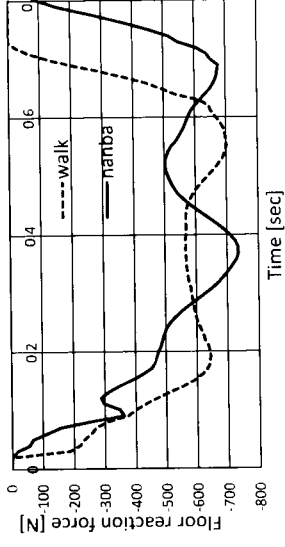


図 1 2 Z 軸方向の床反力の実験結果

2. 4 考察

関節モーメントの最大値は、ナンバ歩行の場合、通常歩行の場合に比べて、小さかった。また、ナンバ歩行の場合、通常歩行の場合に比べて、X 軸方向の重心の位置の波形の中心が一定で振幅が小さかった。これらの原因として、ナンバ歩行の場合、体をひねっていないことが考えられる。X 軸方向の床反力に関して、ナンバ歩行の場合のつま先の床反力が、通常歩行に比べて小さくなった。この原因として、ナンバ歩行はすり足で行うので、つま先で蹴りだすのではなく、股関節や膝など足全体で動かすからだと考えられる。

3. おわりに

本研究では、実験により、通常歩行の場合とナンバ歩行の場合の特性を調べた。今回は下半身の関節モーメントの解析のみ行ったが、今後は全身の関節モーメントの解析を行う。

参考文献

- 1) 林祐一郎、ほか3名、“神経振動子のフィードバック式変化によるナンバ歩行様式の生成と評価”、日本機械学会論文集、論文 No.14-00644(2015)

いて、左足の重心位置を求める実験を行った。図8に、水平方向、すなわち、X 軸方向の重心の位置の実験結果を示し、図9に上下方向、すなわち、Z 軸方向の重心の位置の実験結果を示す。図8より、ナンバ歩行の場合、歩行の波形は安定しているが、振幅は大きいことがわかる。一方、図9より、ナンバ歩行の場合、上下方向の重心の変化は、通常歩行の場合より 10[mm]ほど小さいことがわかる。

3 番目に、左足の床反力に関する実験を行った。図10、11、12に、それぞれ、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向の床反力の実験結果を示す。図10から通常歩行は、かかとがついた時とつま先で蹴りだしたところの2箇所床反力が大きくなっていることがわかる。また、ナンバ歩行はかかとがついた時だけ大きくなくなっていることがわかる。

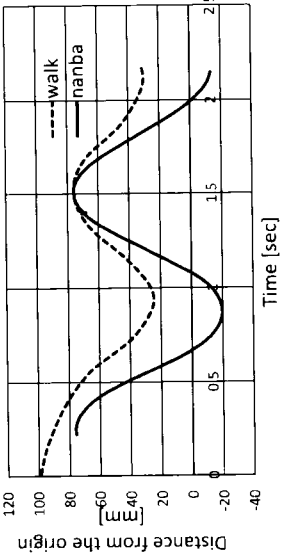


図 8 X 軸方向の重心の位置の実験結果

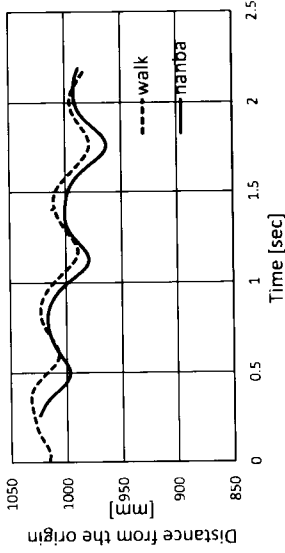


図 9 Z 軸方向の重心の位置の実験結果

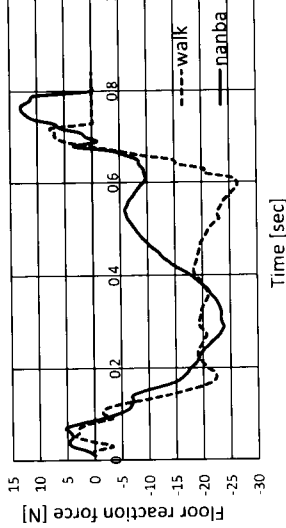


図 1 0 X 軸方向の床反力の実験結果