

## 床反力を用いた立ち上がり補助装置における補助軌道評価実験

## Assessment of Support Trajectories in Sit-to-Stand Support System using Ground Reaction Force

○ 池内秀隆 (大分大) 永利益嗣 (大分大) 三浦篤義 (大分大)

Hidetaka IKEUCHI, Oita University  
Masuji NAGATOSHI, Oita University  
Atsuyoshi MIURA, Oita University

**Abstract:** This paper reports our developing sit-to-stand support system using ground reaction force to operate device. Our device is controlled by information of the user's ground reaction force (GRF). In this system, the user don't need to operate the switch or button and is given suitable and dynamic assist according to user lower limb power. In this presentation we show experiment results and the found problems of control in first prototype. Next, developed experiment device for new version to solve these problems is shown. In new version, modifying support mechanism to support at the hip were considered, but best support trajectory isn't found. So that device was used for analysis of support trajectories. Candidate trajectories were 5 trajectories and assessment experiment was conducted using pair comparison method. In addition, EMGs at support and no support were measured.

**Key Words:** Sit-to-stand support, Grand reaction force, Human motion analysis

## 1 はじめに

膝や腰などの下肢に疾患や異常がある人にとって、立ち座り動作は困難を伴う動作で、かつ生活に必要な日常動作である。立ち座り時の補助を行う機器としては、バネやガスシリンダを用いた座椅子<sup>(1)</sup>や電動による立ち上がり便座<sup>(2)</sup>などが市販されている。研究では立ち上がりの解析を行ったもの<sup>(3)</sup>は多数あり、機器開発の報告例<sup>(4)</sup>もあるが、多くはバネ等による一定力の補助や、スイッチ操作が必要である。

本研究での開発機器では、床反力(床から足への反力、床に加わる力と同義)を測定し、その特徴により利用者が立ち上がろうとしているのか、座ろうとしているのかを判断し、利用者が出す力(能力)に応じた支援を行う。従って、スイッチ操作などが不必要となると共に、立ち上がり時に、ただ装置に身を任せて立ち上がるということではなく、日常生活を利用した無理のないリハビリ訓練の一助となることも期待できる。

前報<sup>(5)</sup>では、第一次試作機の結果と問題点を示し、支持点を臀部とする変更について提案した。このような変更を行う二次試作機の設計にあたって、支持点の最適な軌道を求めることを検討した。我々の行った健常者の立ち上がり実験で得られた腰位置の軌道と坂東ら<sup>(5)</sup>の結果とは異なっていた。それゆえ、本装置に最適な軌道はどのようなものかを決定するために、実験装置を作成した。本報告では、候補となる支持軌道について述べ、作成した実験装置を用いた検討実験の結果を報告する。

## 2 立ち上がり軌道検討用実験装置

Fig.1 に本システムにおける支持軌道を検討する実験装置の概略を示す。足に加わる床反力は立ち上がり時に増加し、座ろうとするときは減少する。この変化を床反力センサにて検出し、そのデータを用いて支持点の上下を制御する。支持点の軌道を自由に設定できるように、動作機構は水平と上下の2自由度とし、支持点は腰部の一点とする。この装置で、座位から立位までの状態を支援し、立ち上がりを補助する。

動作機構の制御では床反力の増減率に着目した。床反力データを移動平均し微小変動を取り除いたものに対し差分値  $dF$  を計算する。上昇指令の閾値  $\alpha$  および下降指令の閾

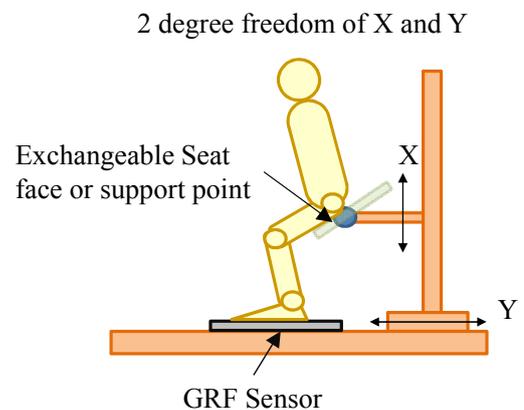


Fig. 1 Outline of experiment device for sit-to-stand analysis

値  $\beta$  をあらかじめ設定しておき、 $dF > \alpha$  のとき上昇指令、 $dF < \beta$  のとき下降指令をアクチュエータに送る。一方、床反力が大きいときや小さいとき、すなわち被験者が立位状態や着席状態に近い動作の両端では、床反力の大きな変化が起こらず、保持機構を動作させない方がよいと考えられる。それゆえ、被験者の体重の80%以上および30%以下の範囲にそれぞれ上昇指令領域および下降指令領域を設け、 $dF$  の値にかかわらず、上昇指令領域では上昇指令、下降指令領域では下降指令を送ることとした。また、目標軌道に合わせて動作するよう、前述の上昇・下降指令に合わせて、パルス指令値を算出しモータを制御した。支持軌道の設定以外は、支持点の上昇、下降のみであり、軌道に沿った支持点の速度は全区間において一定となるように設定している。なお、動作速度に関しては、実際に動作させ、立ち上がりに妥当と思われる速度にあらかじめ調整している。動作閾値  $\alpha$ 、 $\beta$  に関しては、試行錯誤的に調整している。

Fig.2 に製作した実験装置の写真を示す。アクチュエータはACモータとし、駆動部分は、ボールねじ機構にて支持部の移動力を伝達する。垂直機構については、立ち上がり補助用「ハイローチェア」(江藤製作所製)の一部を利用した。ACモータは、上下モータに安川電機社製 SGMJV-06A36C、水平モータに同社製 SGMJV-02A3A6C を使用した。フォースプレートはバランス Wii ボードとし、buletooth

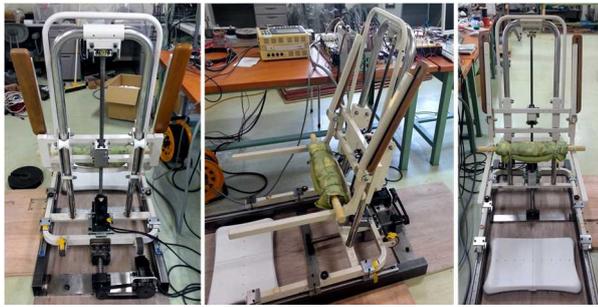


Fig. 2 Experimental device for sit-to-stand analysis

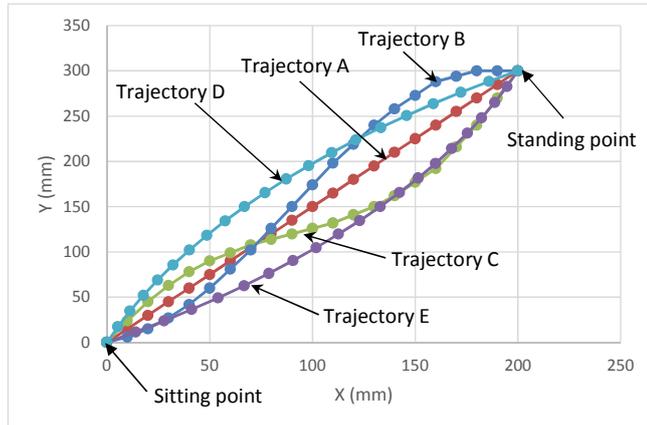


Fig. 3 Candidate Trajectories

接続で、WiimoteLib<sup>7)</sup>のライブラリを用いてマイクロソフト社製 Visual Studio2012 の C#で制御プログラムを作成した。モータの制御にはインターフェース社製モーションコントローラ PCI-7404V を使用してドライバを駆動し、同社製ドライバソフトの直線補間機能を用いて、二軸モータの制御を行った。なお、Fig.2に示すように、上下動作機構に関しては、後方に傾斜しており、二軸は垂直関係にない。そのため、この傾斜を考慮して、モータのパルス指令値および速度指令値を幾何学的関係から実際の物理的座標に一致するように、変換式を算出しプログラムを作成している。

第一次試作機の検討を元に、二次試作機は腰部で使用者を支持し、支援力を伝達する方針とした。しかしながら、立ち上がり時の支持点と使用者の腰の動きに差があると、立ち上がりが不自然になったり、使用者に違和感が生じたりする可能性が懸念される。また、本装置は、日常動作の中でのリハビリテーション効果も目的としているので、実際の立ち上がり動作を反映した支持軌跡を選ぶべきと考えられる。ゆえに、健常者による立ち上がり実験でデータを収集し、設計に反映することを考えた。

### 3 立ち上がり軌跡検討実験

#### 3-1 支持軌道

候補となる支持軌道を Fig.3 に示す。軌道 A は、座位から立位までの直線軌道である。軌道 B は前報で述べた健常者の立ち上がり実験で得られた結果を用いたものである。座位と立位の腰位置が一致するように実験結果を正規化したデータについて、3次式で近似した軌跡となる。軌道 C は軌道 B を軌道 A に線対称に反転した軌道である。軌道 D は座位と立位の腰位置を通り上に凸の半径 600mm の円の一部である。軌道 E は同じく下に凸の半径 600mm の円の一部である。

Table 1 Results of Assessment Experiments

Normal			Elder person simulated		
Trajectory	Score	Ranking	Trajectory	Score	Ranking
A	0.67	2	A	1.00	1
B	0.00	3	B	0.33	2
C	-1.33	5	C	-1.00	5
D	1.00	1	D	-0.67	4
E	-0.33	4	E	0.33	2

#### 3-2 被験者評価実験

Fig.9 に示す軌道に従って、支持点を動作させ、被験者により実験を行い、立ち上がりやすい軌道を評価した。被験者は、22才の健常男子6名で、5つの軌道からランダムに2つの軌道を選び出し、実験後、立ち上がりやすい軌道を答える試行を1セットとした。これを10セット実行し、すべての組み合わせに対する評価データを得、一対比較法によって各軌道のスコアを算出した。

また、上記の実験は、通常の状態に加え、高齢者疑似装具「うらしま太郎」を装着した状態でも行い、同様のデータ処理を行った。

Table 1 に、結果を示す。通常の状態では、D (上円弧) が第一位であったが、高齢者疑似装具を装着した場合は、A (直線) が第一位となった。A (直線) は通常の状態でも第2位であり、機器の製作においても比較的簡単になることが予想されるので、直線軌道とするのが本装置の場合は妥当であると判断する。

#### 4 まとめ

現在開発中の、床反力を用いた立ち上がり補助装置の開発に関して、軌道検討用実験装置について説明し、検討用支持軌道を示したうえで、評価実験について報告した。さらに、装置を使用した時としていないときの下肢 EMG の違いについても報告する予定である。

本システムは、使用者の動作意思を力計測から読み取って装置を動作させることをねらっており、使用者の動作意思を得るのにセンサ等を装着する必要がなく、また使用者の操作も必要ない。今後、二次試作機を開発し、被験者実験による評価を行っていきたい。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (C) 24500651 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- 1) 立ち上がり補助いす (TS-101G/S), タカノ(株), <http://www.takano-hw.com/>
- 2) トイレリフト (EWCS141J), TOTO(株), <http://www.toto.co.jp/>, 他
- 3) 椅子からの立ち上がり動作の位相面解析, 新小田幸一, 田中光晴, 池内秀隆, 加藤了三, 山下忠, 日本機械学会論文集 C 編, 第 65 巻, 第 634 号, pp.2436-243, 1999.
- 4) ガススプリングを用いた立ち座りサポートシステムの評価, 薬師亮祐, 平見鉄郎, 十河宏行, 片山周二, 福祉工学シンポジウム 2009 講演論文集, pp.16-19, 2009.
- 5) 床反力センシングによる立ち上がり補助装置の開発, 平川和広, 池内秀隆, 藤田元気, 永利益嗣, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 AMBL2011(CD-ROM), 01-4-2, 2011.
- 6) 上肢支援型起立動作補助装置の開発(第 2 報) 座面の移動軌道の関係, 坂東直行, 村田明宏, 山田宏尚, 森田啓之, 田中邦彦, 岐阜県生活技術研究報告 No.10, 2007.
- 7) WiimoteLib 1.7, <http://brianpeek.com/page/wiimotelib>
- 8) Development of Sit-to-Stand Support System Using Ground Reaction Force, H. Ikeuchi, M. Nagatoshi, A. Miura, Computers Helping People with Special Needs, 14<sup>th</sup> International Conference, ICCHP 2014, Paris, France, July 9-11, 2014, Proceedings, Part II.