

14-142-8 立ち上がり介助座椅子による立ち上がり動作

Standing up action of legless chair with standing support function.

○ 記州智美 (富山大学 大学院), 小泉邦雄, 佐々木基文, 笹木亮, 木下功士 (富山大学)
 Tomomi KISYUU (Graduate school of engg.,TOYAMA Univ.)
 Kunio KOIZUMI, Motofumi SASAKI, Tohru SASAKI, Kouji KINOSITA,(TOYAMA Univ.)

ABSTRACT—The seat support mechanism was developed for realization of ideal, the aged supports themselves without the help of others and keeps Q.O.L. in their home life. Its motion and force were theoretically analyzed with the link model which shows symbolically mechanism and human body. Analytical result were proved by experiments with a few trials.

概要—自力で生活することで在宅の Q.O.L.を維持することを目標に、立ち上がり動作の在宅支援機構を開発した。人体と機構を表すリンクモデルを用いて、その動作と作用力を理論解析し、試作機の実験でこれを実証した。

Key Words: Legless chair, Life support instrument, Home care, Q.O.L., standing up

1. 緒言

本研究は、在宅生活を無意識に自力で行うことで、日常生活に最低限必要な身体機能、特に下肢機能を維持し Q.O.L.を向上させ、介護が必要でなくなる機器開発を目指している。“立ち上がり”という動作は日常生活において頻度が高く、脚の負担が大きい抗重力動作である。特に高齢者は関節が曲がりにくく、筋力も衰えている場合が多い。そのため、介助が必要になることが多い動作である。本報では、自然な立ち上がり姿勢を保ちつつ、和式生活で必要な座位からの立ち上りを介助する機能を持った座椅子について述べる。

2. 理論

2-1 動作原理・構造

日本では座椅子や座布団など、床から直接立ち上がる動作を必要とする。図1のように、自然な立ち上りをさせるために次の2つの動作をする介助座椅子を設計した。

- ①座椅子→②腰掛姿勢：座面を水平に保ちつつ主に腰を上昇。
- ②腰掛姿勢→③立ち上がり：主に座面が前に傾き腰を前出。

これを簡単な機構で実現するために、図1に示すような座面の昇降に回転リンク端の四分円弧運動を用い、これにすべてのリンクを追従させる。これによって、座面が上昇しつつ前方に傾き、かつせり出すので、立ち上がり動作時の腰の動きに追従でき、自然な立ち上がりが可能となる。

図2に示すように、両側に分配配置された電動リニアアクチュエータで座面を昇降させる。クロスに配置したリンクAODをL字型に構成して、O軸で支持する。L字リンクの短端Dをリニアアクチュエータで押し回して回転させる。座面前部を支えるBCリンクの下端Cにローラを付け、ベース板上のV溝をスライドさせる。座面の傾斜を調整するために長さSのワイヤをOPのプーリに掛け、両端をC、Eに固定する。スライドプーリの位置Pを調整することでローラの移動量が変わり、座面の傾斜を変えることができる。

各リンクの関節部の動きおよび人体モデルを含めて各関節の作用力とO点まわりの駆動モーメントを求める。

2-2 人体モデル^{1) 2)}

日本人 60~82歳の平均身体を頭、頸、胴、四肢に分け、更に四肢は上腕、前腕、手、上腿、下腿、足に分けた。

本研究ではそれらを以下の3つの部分にまとめて考えた。

- (1) 頭、頸、胴上部、胴下部、上腕、前腕、手
- (2) 上腿 (3) 下腿上部、下腿下部 (足)

高齢者の各部の重心位置と重量比を表1に示す。

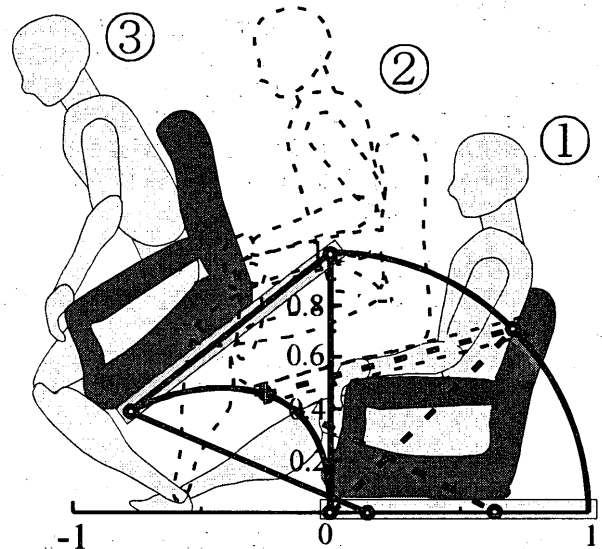


Fig.1 Standing Up Action

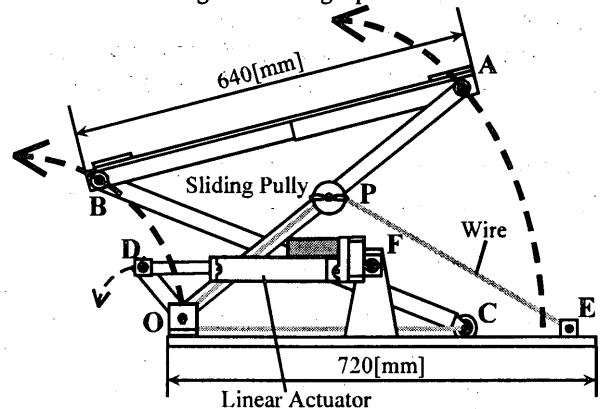


Fig.2 Standing Support Mechanism

Table1 Human Model

	記号	長さ比	記号	重心位置	記号	重量割合
①		0.50	l_h	0.42	W_1	0.65
②	l_{k1}	0.23	l_{g2}	0.56	W_2	0.22
③	l_{k2}	0.23	l_{g3}	0.57	W_3	0.13

2-3 理論解析

2-3-1 機構モデル

座面となるリンク AB の長さ l_1 を無次元量の基準長さにとる。図 3 の機構モデルを用いて、リニアアクチュエータ DF のストロークにより生じる回転リンク OA の回転角 θ_1 に対して、人体および機構の各関節位置を求める。これらより、スライドプーリの位置調節による座面の動作の変化と各リンクの動作の関係をj知ることができる。

機構の動作を求める前提条件として、

- 1) リンク部材のひずみ、ワイヤの伸びを理論上無視する。
- 2) 機構の動作は十分に遅く、静的問題として考える。
- 3) C 点はベース板上を運動するとして $y_c = 0$ とする。
- 4) プーリの直径は無視する。

の下に、回転リンクの回転軸心を座標原点 O として、機構の各リンクおよび人体モデルの各重心 W_i の変位を求めた。

2-3-2 動作解析

図 4 は座面前端 B 点の変位における、 L_p と θ_1 についての等高線および座面リンク AB の軌跡を表す。 $\theta_1=0$ で原点にある B 点は、 θ_1 が増加すると前へ出ながら上昇し、再び下がる。スライドプーリを A 点側へ移動させて L_p が増すと、B 点は高く上がりつつ大きく前へ出る。これは立ち上がる際に必要な座面の高さ、立ち上がる方向に座面が押し出される量が増すことを示している。

2-3-3 作用力の定義

機構に作用する力は、体重 $W (= W_1 + W_2 + W_3)$ を基準として無次元化する。

点 G_1 は上半身、 G_2 は上腿、 G_3 は膝下の重心である。

本論で述べる力は全て以下の定義に従う。

- 1) 作用力は下および左を正。
- 2) 反力は上および右を正。
- 3) 張力 T は摩擦を考慮しないので一定である。軸方向に作用し、図示方向を正。
- 4) 人体リンクを G_1QKN とし、人体は足が位置 N で床に、腰が着座位置 Q でリンク AB に剛接。
- 5) 各リンクの重量は、重心に作用。

図に示す作用力 P はリンク節点他方のリンク節点から受ける力であり、反力 R はそれに対抗する力である。

2-3-4 作用力解析

解析の目的は、図 5 に示した未知の作用力 P と反力 R を、 θ_1 の関数として求め、最終的にはアクチュエータの出力 F を得ることである。

物理的意味を損なうので、以下の手法をとる。

- 1) 機構及び人体を分解して考え、各リンクの力およびモーメントのつりあい式をたてる。
- 2) リンクは合計 6 つ (L 字リンクを 1 と考えて) あり、それぞれ、x, y 方向の力およびモーメントのつりあい式から 19 本の関係式を出す。
- 3) 各接点の接続条件と合わせて 29 本の式とする。
- 4) 接続条件から反力 R のみの式に展開する。
- 5) 多元連立一次方程式を解く。

標準状態として、着座位置 Q は座面前端 B から座面全長 AB の 60% の位置 ($L_q=0.6$)、足は O 点から前方へ座面全長の 50% の位置 ($X_n=-0.5$) に置いており、上半身は座面と直角 ($\theta_h=0^\circ$) を保つ場合を選ぶ。本報では簡単のために、機構の質量は無視しており、接続リンク OD は回転リンク OA と一体直角で、長さは AB の 30% ($L_d=0.3$) である。アクチュエータ軸は最大推力が必要な $\theta_1=0$ のときに、OD と

直角に配置して全推力をモーメントに有効に働かせる。

図 6 に OA の回転角 θ_1 に対する O 点まわりの所要駆動モーメントの変化を示す。破線 ($L_p=2/3$) よりも上は、座面が後傾する条件である。スライドプーリ P の位置を A 点へ近づけると、同じ θ_1 でも B 点が高くなるので、それだけ押し上げ力が増し、アクチュエータ所要出力が増す。加えて、立

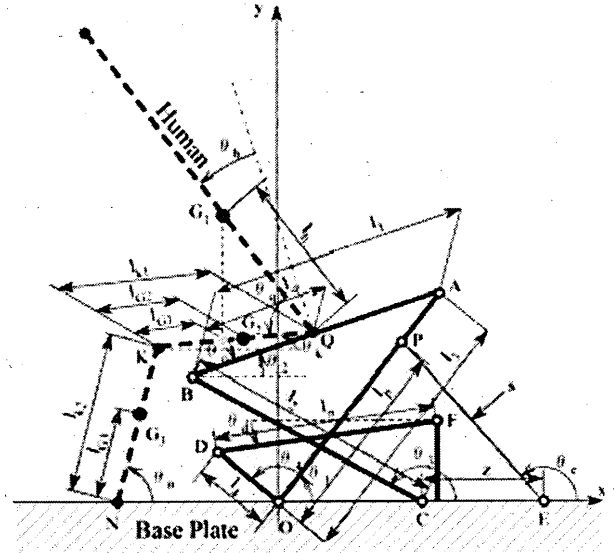


Fig.3 Model

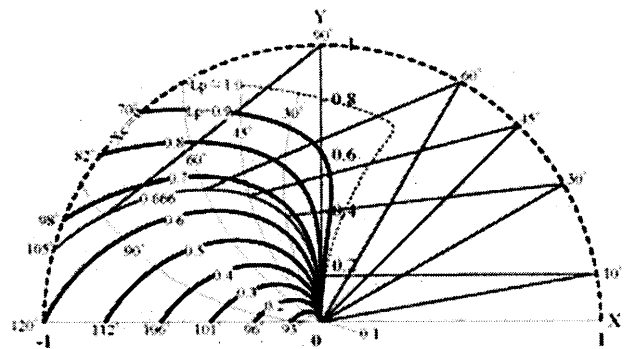


Fig.4 Trace of Point B and Seat Motion

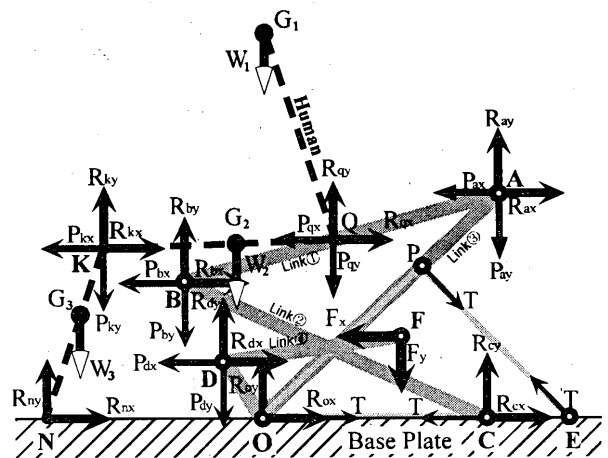


Fig.5 Definition of Force

ち上がり動作、椅子として利用する場合の座面の水平度を含めて $L_p=2/3$ が適当であると判断される。これ以上 P 点を上げると、駆動モーメントの増大が急激となるが、もしこのような条件を用いるならば、 θ_1 を 0 に近づけない状態で座面が下りた吊り下げ構造にして、駆動モーメントを抑える。

図 7 はワイヤ張力 T の変化を示し、 θ_1 が 0 に近づいて座椅子状態になると、スライダリンク BC が水平に近づくので、C 点を引いて B 点を押し上げる作用力よりも、リンク BC の軸力となる張力成分が大きくなり、P 点の位置に関係なく急増する。このため O 点や P 点のプーリに大きな力が作用するので、これを避けるために、前述した吊り下げ支持構造の座面と、リンクおよびスライダリンクが水平に近づく前に座面を床へ降ろしてしまうことも一方法である。

図 8 は N 点の反力の変化を示す。P 点の位置が A 点に近づくほど反力が減少するのは、 L_p が高い位置では、A 点よりも B 点が上昇する傾向があり、この場合は N 点よりも Q 点に、より大きな負荷がかかるためである。

図 9 は P 点の位置を固定し、足の位置 N 点を動かさずに着座位置 Q 点を変化させた場合の所要モーメントの変化を示す。座椅子に深く座るほど、モーメントは大きくなる。

3. 実験

3-1 実験装置

座椅子の仕様は以下の通りである。

Table2 Specifications of Mechanism

リンク	記号	軸間距離 [mm]	記号	重量 [N]
座面リンク	l_1	600	W_{ab}	34.14
スライダリンク	l_2	600	W_{bc}	14.32
回転リンク	l_3	600	W_{oa}	3.92
出力伝達リンク	l_4	173.5	W_{od}	7.64

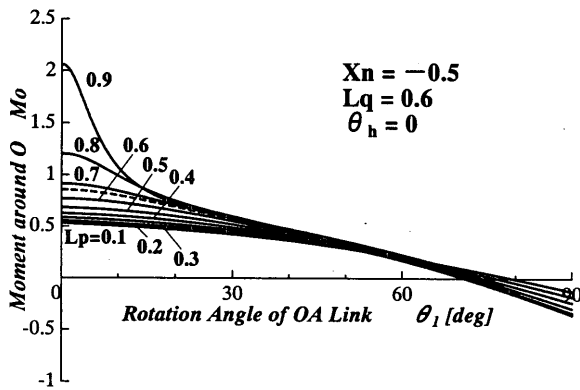


Fig.6 Change of Driving Moment Around O

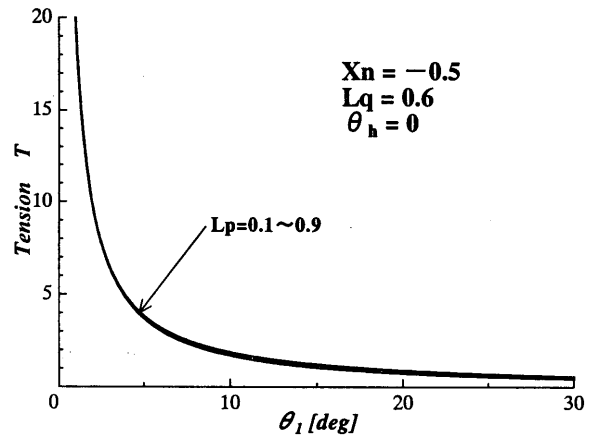


Fig.7 Change of Wire Tension

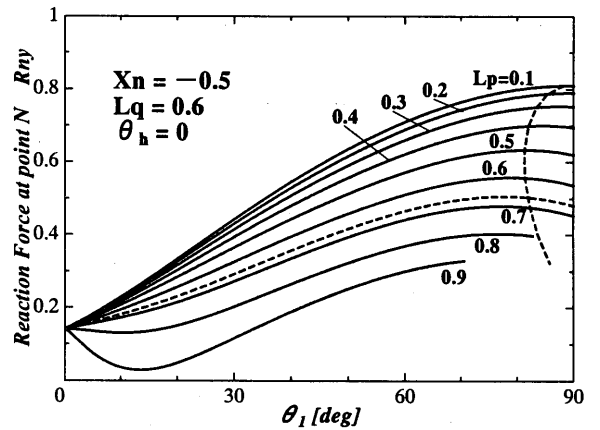


Fig.8 Change of Reaction Force at Foot Position

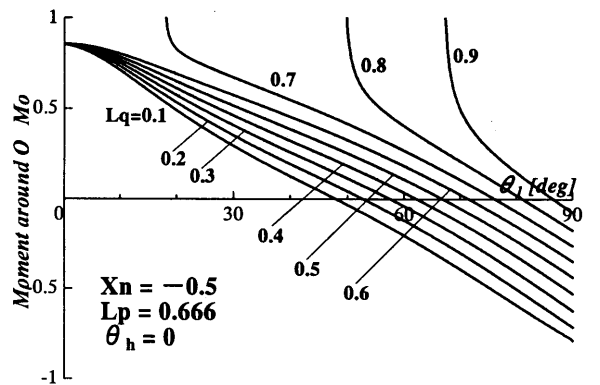


Fig.9 Change of Driving Moment Around O

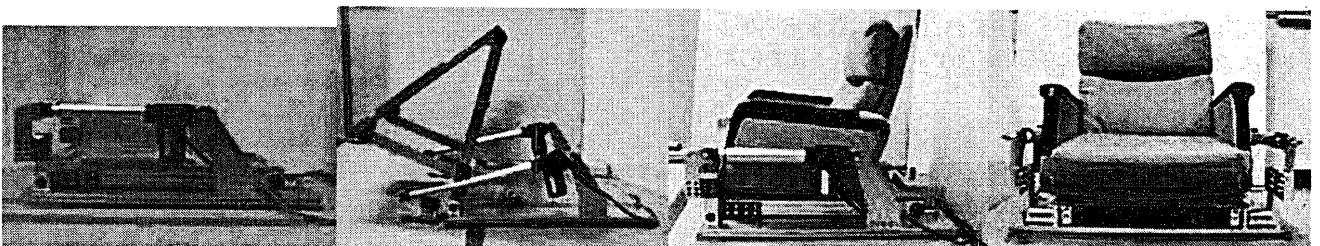


Fig.10 Standing Support Mechanism and Seat Mounting

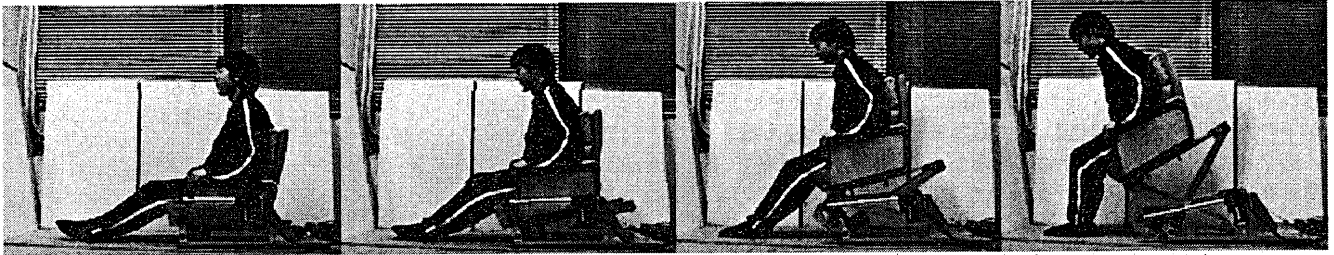


Fig.11 Standing up action

図10に機構を示す。リンクはアルミ部材で軽量化をした。リニアアクチュエータの仕様は以下の通りである。

- 形式 : ウォーム減速式
- 使用電圧 : DC24V
- 最大ストローク : 200 [mm]
- 定格推力 : 2 [kN]
- スピード : 4.7~4.2 [mm/sec]

3-2 実験方法

- 1) 図12のように座面前端B点、後端A点とリンクOA回転軸中心O点に位置検出用ターゲット(半径10 [mm])を貼る。
- 2) Digital Video を本実験装置と水平2.5 [m] 離れた位置に設定し、画像データをパソコン内のPCI/Sボードに入力する。画像取り込みソフト Wave-in32 (株式会社ライブラリー)を用いて、連続ファイルに10枚/secのサンプリングタイムで取り込む。また、座面および足の荷重を体重計で検出し、A/Dコンバータに入力する。
- 3) アクチュエータを取り外し、座面A点にロードセルを取り付け、垂直方向に引き上げて、力を検出する。ロードセルの出力をストレインアンプで増幅しA/Dコンバータに入力する。
- 4) ロードセルと2つの体重計のデータを、画像取り込みソフトで校正した後、動画解析を行う。また、着座位置は $Lq=0.4\sim0.6$ まで変化させた。

3-3 実験結果

図13に所要駆動力の水平成分、図14に着座点と足下の荷重の変化を示す。座面に座るヒトの荷重によって、ワイヤが多少伸びた。それにより、回転リンクOAの傾き θ_1 に対する座面の傾き θ_2 に遅れ角を生じたので、 θ_2 の実測値を基準として、それに対応する θ_1 の理論値の角度だけ実験値の θ_1 を補正した。理論解析結果は実験値の傾向をよく表している。

4. 結論

得られた主な結果は、以下のとおりである。

- 1) スライドプーリは、O点から2/3リンク長の位置が良い。
- 2) ワイヤ張力は、回転リンクが水平になるほど急増するので、水平に近づけないよう注意を要す。
- 3) ローラには常に下向きの力がかかる。
- 4) 着座位置が変化しても所要駆動力への影響は小さい。
- 5) 機構の動作と作用力の解析結果は、実験値と比較的よく一致した。

参考文献

- 1) 松井秀治：運動と身体の重心，体育の科学者，(1958)，20.
- 2) ぐらしとJISセンター：工業技術院，生命工学工業技術研究所，人体寸法データベース，(2000).

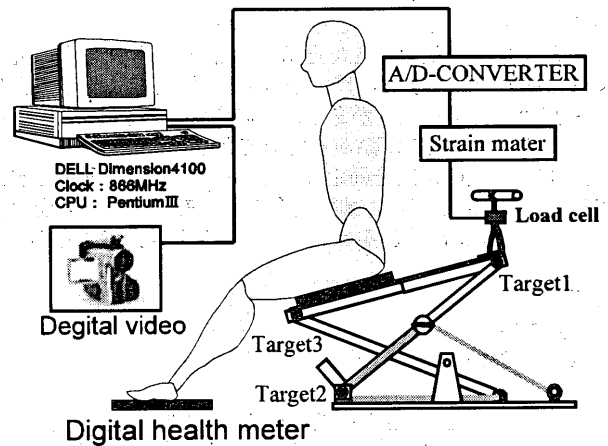


Fig.12 Constitution of Experiment Equipment

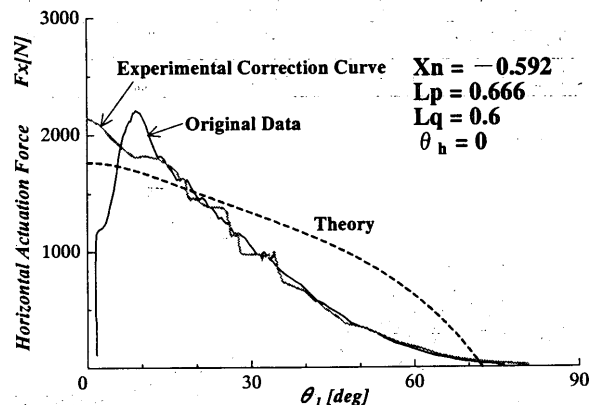


Fig.13 Change of Necessary Driving Force

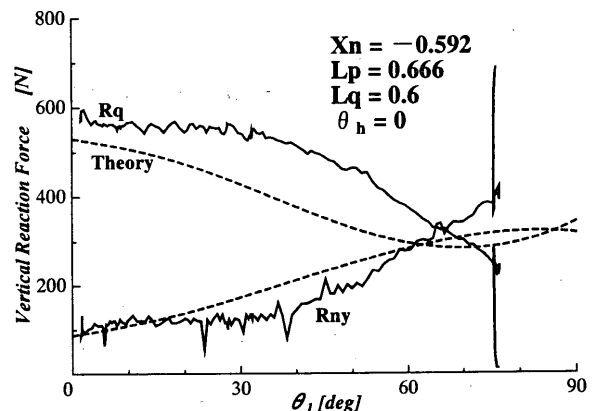


Fig.14 Change of Reaction Force at Sitting and Foot Position