

上腕の力を利用し起立動作を補助する椅子に関する人間工学的研究

県立長崎シーボルト大学 情報メディア学科 濱邊 和哉

1. まえがき

椅子に関する科学的な研究は、座り心地や座面の形状など、座ることに着目したものが大部分であり、起立動作に着目した研究はほとんど行われていない。今後ますますの高齢化社会を迎え、椅子からの起立動作に関する研究はその重要度が増していく¹⁾²⁾。そこで、本研究では、起立する際、肘掛を押すことで座面が動き、その反動力を利用して起立する椅子を制作した。今回提案した椅子の有効性を調べるため、表面筋電図と光学式モーションキャプチャを用いた検証を行った結果、本論文で提案する椅子の有効性が確認できた。

2. 椅子の設計

椅子の骨組みにはLアングルを使用し、座面と肘掛部には木板を使用した。座面がシーソーのように前後にスイングする機能を持たせるため、座面部と土台部の2つの部分に分けて制作し、両者を1ヶ所で結合する構造とした。また、肘掛と座面が連動するように、肘掛を座面部に固定してある。座面の後方へのスイング角は15度とし、前方へのスイング角は可変できる。完成した椅子は座面の大きさ、幅45cm、奥行き30cmで、座面の高さは30cm~56cmの範囲まで可変できる(図1参照)。



図1 完成した椅子

3. 実験方法

本論文では、起立動作の評価は表面筋電図(Electromyogram:EMG)と光学式モーションキャプチャによる動作解析により行った。筋電位の計測はキッセイコム株式会社製BIMUTAS IIを、動作解析は株式会社DITECT製動作解析ソフトDipp-motionXDを用いて行った。被験者は8名とし、それぞれ図2で示すように、表面電極を7ヶ所、マーカーを各関節に10ヶ所装着した。

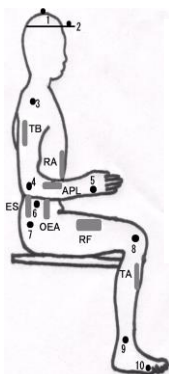


図2 EMG 導出部位、マーカー装着位置

EMG 導出部位	マーカー装着位置
TB: 上腕二頭筋	1: 頭頂部
APL: 長母指伸筋	2: 帽子のつば
ES: 脊柱起立筋	3: 肩関節中心
RA: 腹直筋	4: 肘関節中心
OEA: 外脛筋	5: 手首関節中心
RF: 大腿直筋	6: 腰骨
TA: 前頭筋	7: 大転子点
	8: 膝関節中心
	9: 外果端点
	10: 腓側中足点

座面高は、一般的な椅子と同じ43cmとし、椅子に座った時の床面と接地している足の裏を、膝角度が90度になるように固定して行った。椅子からの起立しやすさは座面の前方へのスイング角度によって大きく変わると考えられ、座面のスイング角度を表1

に示す4つの条件に変化させて実験を行った。なお、座面を固定した条件(条件A)は通常の椅子を想定している。

表1 座面のスイング角度

条件A	条件B	条件C	条件D
固定	10	15	20

4. 実験結果及び考察

6. 1 表面筋電図

表面筋電図は、サンプリング周波数500Hz、チャンネル数7chで行った。筋電計のデータを評価に用いる場合、筋電位波形の絶対値を積分した値(積分筋電位あるいはiEMGと呼ぶ)を用いることが多いが、今回の実験では起立時間が試行ごとに異なるため、積分筋電位の平均値(平均積分筋電位と呼ぶ)を評価に用いることにした。平均積分筋電位は、起立動作期間中にサンプリングされた筋電位の絶対値を加算平均することにより求めた。EMG導出部位ごとの平均積分筋電位の一列を図3に示す。

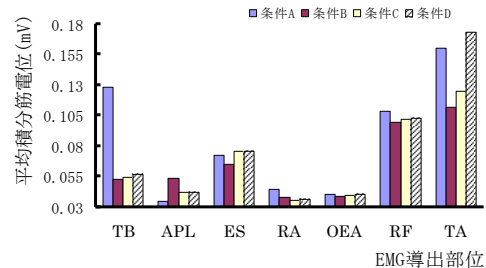


図3 各EMG導出部位の平均積分筋電位

被験者8名中6名で条件Aが最も大きく条件Bが最も小さな筋筋荷であった。大腿直筋、前頭筋では、条件C、Dで大きな筋筋荷を示しており、条件Bで最も小さい値を示していた。

さらに、各被験者の平均筋筋活動量を算出した。平均筋筋活動量とは、全EMG導出部位の平均積分筋電位を加算した値で定義することとした。平均筋筋活動量の一列を図4に示す。

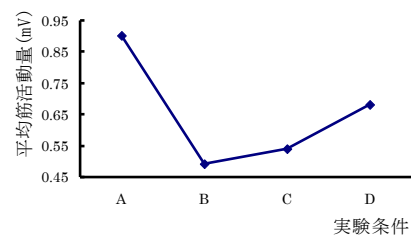


図4 実験条件ごとの平均筋筋活動量

被験者8名中7名が条件Aで大きな値を示しており、条件Bで最も小さな値を示している。条件C、Dでは、全体として条件Dの場合に大きな値という結果が得られた。

平均積分筋電位、平均筋筋活動量の2つの検証から、今回提案した椅子の有効性が認められた。その際、前方へのスイングが10度で停止する場合は最も有効であることがわかった。

6. 2 モーションキャプチャ

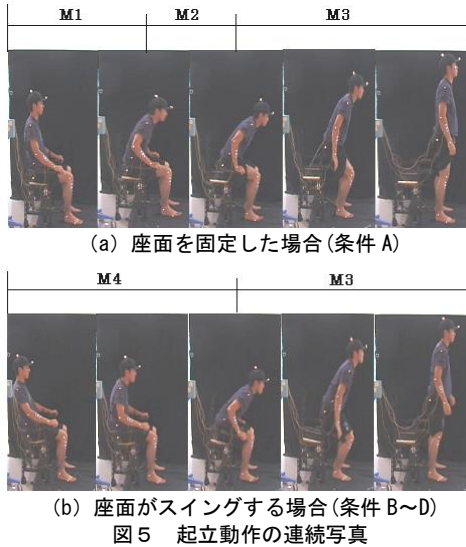
表面筋電図測定と同時に、ビデオカメラによる撮像を行った。ここで得られた画像をDipp-Motion XDを使用し、各特徴点に装着したマーカーの追跡を行い、得られた座標データを元に、起立動作のCGアニメーションを作成した。このアニメーションと図5(a)、(b)に示す起立動作の連続写真から解析を行う。図中のM1~M4は起立動作を、さらに細分化した動作要素を表している。

各動作要素は以下に示すとおりである。

- M1: 上半身を前方に曲げる動作
- M2: 臀部を持ち上げる動作
- M3: 臀部を持ち上げた状態から起立するまでの動作
- M4: M1 と M2 が連続的に行われる動作

M4 では、椅子の座面が塗め上方にスイングすることにより自然と臀部を持ち上がり、被験者は意識して臀部を持ち上げる必要がなくなり、M1 と M2 が連続して行われているのである。

以上より、座面を固定した場合(条件 A)は、上半身を前方に曲げながら臀部を持ち上げる動作が必要となる分、動作要素が増え、3動作より起立動作を行っているが、座面がスイングする場合(条件 B~D)は、スイング機構により、上半身を前方に曲げる動作と臀部を持ち上げる動作が 1 動作で行われていることが確認できた。これにより、起き上がり動作がスムーズに行えているものと考えられる。



(a) 座面を固定した場合(条件 A)

(b) 座面がスイングする場合(条件 B~D)
図 5 起立動作の連続写真

5. 比較検査

ここでは、条件 A~D の起立動作が理想的であるかどうかの検証のため、座面が動かない椅子との比較実験を行った。実験は、モーションキャプチャにより起立動作を計測する方法を採用し、反射マーカは、第 3 章と同じ位置に添付した(図 2 参照)。

起立動作の肘掛使用の有無と頭部を前方に振り出す動作が大きく左右する。そこで、今回は、表 2 に示す 5 つの動作について実験を行った。これら 5 つの実験を実験 E1~実験 E5 と呼ぶ。なお実験 E4 は、通常の肘掛椅子を使用した時、最も楽に立ち上がれる動作を想定している。実験 E5 は、実験 E4 と同様に、頭部の前方への振り出しが大きすぎる場合である。

表 2 実験動作

実験	動作
E1	肘掛未使用 頭部を前方へ振らず、直立姿勢での起立
E2	肘掛未使用 頭部を前方へ振り、体をくの字の曲げての起立
E3	肘掛使用 頭部を前方へ振らず、直立姿勢での起立
E4	肘掛使用 頭部を前方へ振り、体をくの字の曲げての起立
E5	肘掛使用 頭部を太腿に触れるほど前方へ振り、体をくの字の曲げての起立

実験 E1~E5 の結果と、条件 A~D の結果を比較した。比較は、大転子点を中心とした肩関節と肘関節とのなす角度 θ で行った。大転子の座標を (x_i, y_i) 、肩関節の座標を (x_s, y_s) 、肘関節の座標を (x_k, y_k) とすると、 θ は式(1)より求まる。

$$\theta = \arccos\left(\frac{k^2 + s^2 - t^2}{2ks}\right) \quad (1)$$

ここで、

$$k = \sqrt{(x_s - x_i)^2 + (y_s - y_i)^2}$$

$$t = \sqrt{(x_s - x_k)^2 + (y_s - y_k)^2}$$

$$s = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2}$$

ここで行った実験結果 (E1~E5 の結果) と、先に行った実験結果 (条件 A~条件 D の結果) を比較するために、両実験結果より θ の時間変化を求めた。 θ を時系列で表したものの一例を図 6 に示す。

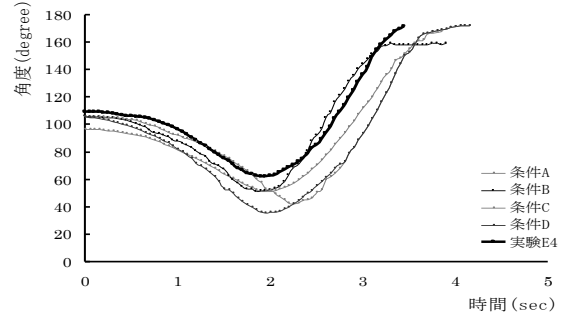


図 6 起立動作時の大転子点の角度 (E4 との比較)

条件 A~D の実験結果が、実験 E1~E5 のどの結果に近いかを調べるために、それぞれのサンプル値間における総距離(距離の総和)を求めた結果、条件 B と実験 E4 の総距離が最小であることが分かり、この 2 つの動作が非常に似た動作といえる。(表 3 参照)。すなわち、条件 B での起立動作が肘掛椅子から立ち上がる際の理想に近い動作となっていることを示している。

表 3 サンプル値間における総距離

	A	B	C	D
E1	303.6	300.0	292.9	354.0
E2	142.4	71.9	220.2	222.4
E3	249.1	276.2	232.7	289.1
E4	126.7	65.2	182.4	205.4
E5	246.0	351.6	235.5	174.5

6. あとがき

本論文では、肘掛を押すことで座面が動き、その反動を利用して起立する椅子を制作し、その評価実験を行った。座面の前方へのスイング角度を、0 度(通常の椅子を想定)、10 度、15 度、20 度の 4 種類で設定し実験を行った結果、スイング角度が 10 度の時、平均筋活動量が最も小さくなり、最も小さい筋力で立ち上がることが分かった。また、モーションキャプチャを用いた動作解析により、スイング角度が 10 度の時の起立動作が理想に近い動作が行えていることも確認できた。以上より、本論文で提案した椅子は、座面を押し上げ、体を上に持ち上げる機能と、スイング機構により体を前方に押し出し、理想に近い起立動作を助ける機能の 2 つの有益な機能を有していることが分かった。

本実験では、座面が動く椅子の有用性が認められたが、座面のスイング角度についてはさらに多くの検証が必要であると考えられる。これについては今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 成頼 隼 榊田 康彦 菅村 正吾 兼安 恵子 矢野 亜聖 吉尾 雅春: 椅子からの立ち上がりにおける両手把持の体幹・下肢筋への影響について, 運動生理 3, 2, 81-84, 1988
- [2] 易強 櫻井 智史 鈴木 敬明 田村 久恵 迫秀 樹 横井 孝志: 3 次元動作解析による高齢者及び若年者の立ち上がり動作の比較, 日本生理人類学会誌 7 特別号, 42-43, 2002