

## Effect of the space restriction in standing and sitting of a toilet on the muscle load

トイレにおける立ち座りの動作において、前方空間が制限されることは自由な動作を妨げ、筋負担に影響を及ぼす可能性がある。本実験ではそれを明らかにするために、前方空間を移動できる壁により制限し、立ち座り時の筋電図を測定した。被験者は女子学生 6 名、壁面条件は 40cm、50cm、60cm、70cm とし、脊柱起立筋、大腿直筋、大腿二頭筋（長頭）、前脛骨筋、腓腹筋（内側、外側）の筋電図を測定した。筋負担を比較するために、各壁面条件における筋電図積分値の壁がない条件に対する比を求めた。その結果、座る動作の際に前脛骨筋の 40-50cm、40-70cm の条件間で有意に差があることが分かった。これは、立つときよりも、座るときの方が前方空間の制限の影響を受けやすく、また、その影響は下腿に表れることを示

迫 秀樹

デザイン学部生産造形学科

Hideki SAKO

Faculty of Design

Department of Industrial

Design

### 1. はじめに

立ち上がるという動作は日常生活において基本的な動作だが、人体にとって負担の大きな動作でもある。最も日常的な立ち上がりの動作として、椅子からの立ち上がりは従来から着目されており、負担を少なくするための椅子の高さや足の位置に関してなど<sup>1),2)</sup> が報告されている。しかし、日常的な立ち上がり動作は椅子からだけではない。トイレにおける便器からの立ち上がりも、基本的な生理欲求に付随する重要な動作である。そして椅子からの立ち上がりとは異なる側面を持つ。それは、便器からの立ち上がり動作が、洋式（腰掛式）と和式（またぎ式）とに分けられるという点と、便所は個室であるため空間が制限されるという点である。また、腰掛式とまたぎ式は、筋負担の観点からも大きく異なることが報告されており<sup>3),4)</sup>、最近では腰掛式の普及が進みつつある。そして空間が制限されるという点からは、腰掛式便器の立ち上がり動作の方が、またぎ式に比較して影響を受けやすい。

筆者らは、浜松駅周辺におけるトイレの実態に関する調査を行った<sup>5)</sup>。その結果、トイレブースの前後方向はばらつきが大きく、また、中にはかなり狭い例があることが明らかとなった。その調査したトイレの中で最も狭い例は、前方空間（便器の先端から壁面まで）が 44cm であった。この例のように、限られた空間の中で多くのトイレブースを確保するためには、ブース内の空間を犠牲にせざるを得ない。しかし、立ち上がり動作が不可能なほどの狭さにはできないため、ある程度の目安が設けられている<sup>6)</sup>。それによると、住宅用トイレでは便器より前方を 50cm 以上とし、公共的なトイレではそれよりも若干広くするとされている。小原ら<sup>7)</sup> は、日常的な行為や動作に関して自由な動作をもとに必要な空間を示した。それによると、腰掛式便器の前方空間は 60cm 程度が必要であるとされている。また、この値は身長 165cm の男性を被験者にしたものである。

これらの値から鑑みるに、40cm から 50cm という前方空間では、立ち座りの動きが制限されて身体に少なからぬ負担を及ぼし

ている可能性が考えられる。ところが、椅子に関する研究や、トイレの立ち上がりに関する研究はいずれも自由に動作させており、制限された空間での負担の状態が明らかではない。もし、制限された空間での立ち座りが筋負担に影響を与えるのであれば、それはどの部位に生じ、またどの程度の制限により生じるのかを明らかにしておく必要があると考える。

そこで本研究では、前方空間が制限された状態でのトイレの立ち座り動作を行わせ、筋負担の観点から自由な動作との比較を行うことを目的として実験を行った。

### 2. 方法

#### 2-1. 被験者

本実験に参加した被験者は、平均 19.7 歳（19 歳～21 歳）の健康な女子学生 6 名であった。被験者には事前に実験内容についての説明を行い、同意を得た上で実験を行った。被験者の着衣は T シャツ、短パンとした。靴に関しては、実際の使用状態を再現するために、被験者が日常使用している靴を履いたまま動作を行わせた。生体計測はマルチン式人体計測器を使用した。被験者の身長（平均値 ± 標準偏差）は 157.9 ± 5.3cm、靴を履いた状態の身長は 159.8 ± 4.5cm であった。

#### 2-2. 実験条件及び使用機器

実験は、実際のトイレブースではなく、実験室内に便器を置き、被験者の前方のみに移動式の壁を設置して行った。使用した便器は、市販の汎用型便器（東洋陶器製、C21）であり、便座の高さは床面から 39cm であった。移動式の壁は、オフィス用の仕切りに用いられるパネルを使用した。その大きさは幅 80cm、高さ 160cm であり、表面は木目調の処理が施されていた。壁を置く条件は便器の先端部分から 40cm、50cm、60cm、70cm の距離とし（図 1）、それに加え筋電図の積分値を比較する際の基準とするために、壁を置かない条件の合計 5 条件で実験を行った。壁を置かない条件では、被験者の前方 5m 以内に障害物はなかった。また、立ち上がる際には膝に手をつく場合と、手をつか

唆している。今後はさらに、高身長男性被験者を追加して実験する必要があると考えられる。

い場合の2条件を行ったが、本報告では膝に手をつかない場合のみについて触れることとする。

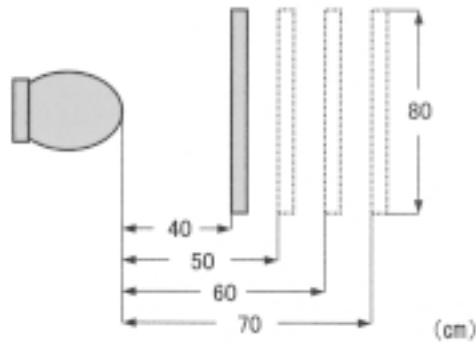


図1 壁面の配置

### 2-3. 立ち座り動作の規定

測定に先立ち、実験で使用する便器での立ち座りを数回繰り返して行わせ、最も自然に立ち座りができる足の位置にマーキングを行った。測定時には、その足の位置を動かさないように立ち座りを行うよう被験者に指示をした。立ち座りの速さに関しては特に指示を与えなかったが、立ち上がった時と座った時には、後の分析時における動作確認のため、連続して動作を行わないように指示をした。

### 2-4. 測定項目

測定した指標は、筋電図、三次元動作、主観申告であった。三次元動作分析については、本報告では筋電図の積分区間を定めるために頭頂点の移動距離を解析するのみにとどめた。主観申告は、各条件に対して広さと立ち上がりやすさに関しての2項目を求めた。広さは、1.「狭い」～4.「どちらでもない」～7.「広い」の7段階、立ち上がりやすさは、1.「立ち上がりにくい」～4.「どちらでもない」～7.「立ち上がりやすい」の7段階とした。

筋電図は図2に示すように、脊柱起立筋、大腿直筋、大腿二頭筋（長頭）、前脛骨筋、腓腹筋（内側頭および外側頭）のいずれも右半身を測定部位とした。それぞれの導出部位に2個の使い捨て電極を約4cmの間隔で貼付した。誘導方法は双極誘導とし、生体アンプ（Biopac社、EMG100B）により増幅し、同時に1,000HzでA/D変換（Biopac社、

MP100）をした後、ハードディスクに記録した。

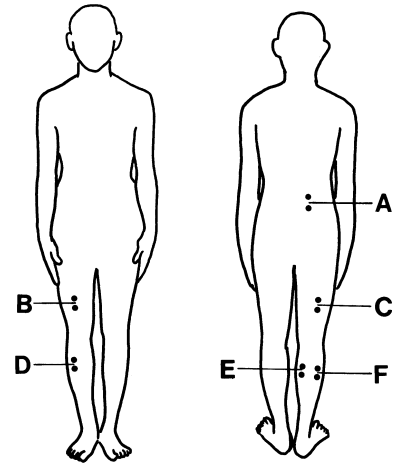


図2 筋電図の測定部位  
A. 脊柱起立筋 B. 大腿直筋 C. 大腿二頭筋  
D. 前脛骨筋 E. 腓腹筋(内側) F. 腓腹筋(外側)

図2 筋電図の測定部位

筋電図の積分値は実験終了後に絶対値を加算することにより求めた。積分区間は、3回繰り返した動作の中で最も安定した1回の動作を選択し、頭頂点移動を開始した時点から終了した時点までを立ち上がり、その後の移動開始から終了を座りの区間とした。さらに、被験者間のばらつきをできる限り排除するために、壁がない条件に対する比を求めた。統計的検定は、積分値比について各条件間に対応のあるt検定を行った。さらに、身長による違いと壁面条件と積分値比との関係を見るために、身長に対する壁面条件の割合と積分値比との相関係数を求めた。

### 2-5. 実験手順

被験者の生体計測を行った後、前述した立ち座りの練習を兼ねた足の位置の確認を行い、その後、被験者に電極等を装着した。実験条件の順序は、壁のない条件から始め、その後は40cmから70cmまでの4条件をランダムな順序で行った。各条件において立ち上がりと座りを3回ずつ繰り返した後、主観申告を求めた。

The purpose of this study was to examine the effect of the space restriction of a toilet on the muscle load. Six young females stood up and sat on a toilet in the front space of 40cm, 50cm, 60cm, 70cm. EMGs were recorded from erector spinae, rectus femoris, biceps femoris (long head), tibialis anterior, gastrocnemius (medial head and lateral head). To compare the muscle load, the integrated EMG (IEMG) of each space condition was divided by IEMG of non-wall condition. As a result, IEMG of tibialis anterior in sitting was significantly higher in 40cm than in 50cm and 70cm. This result suggests that the space restriction in sitting on a toilet affects the muscle load.

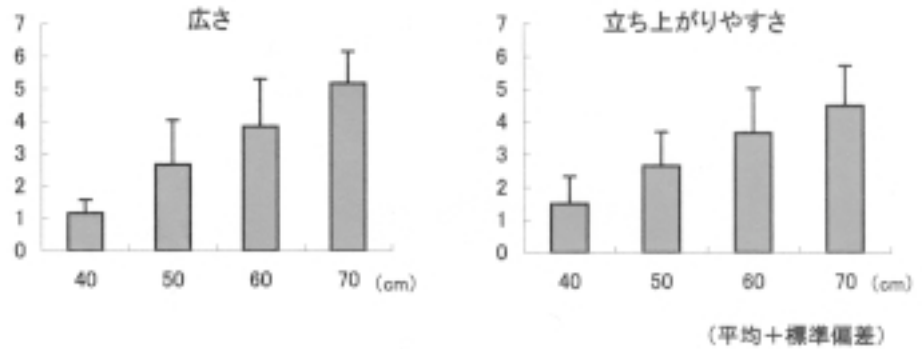


図3 主観申告

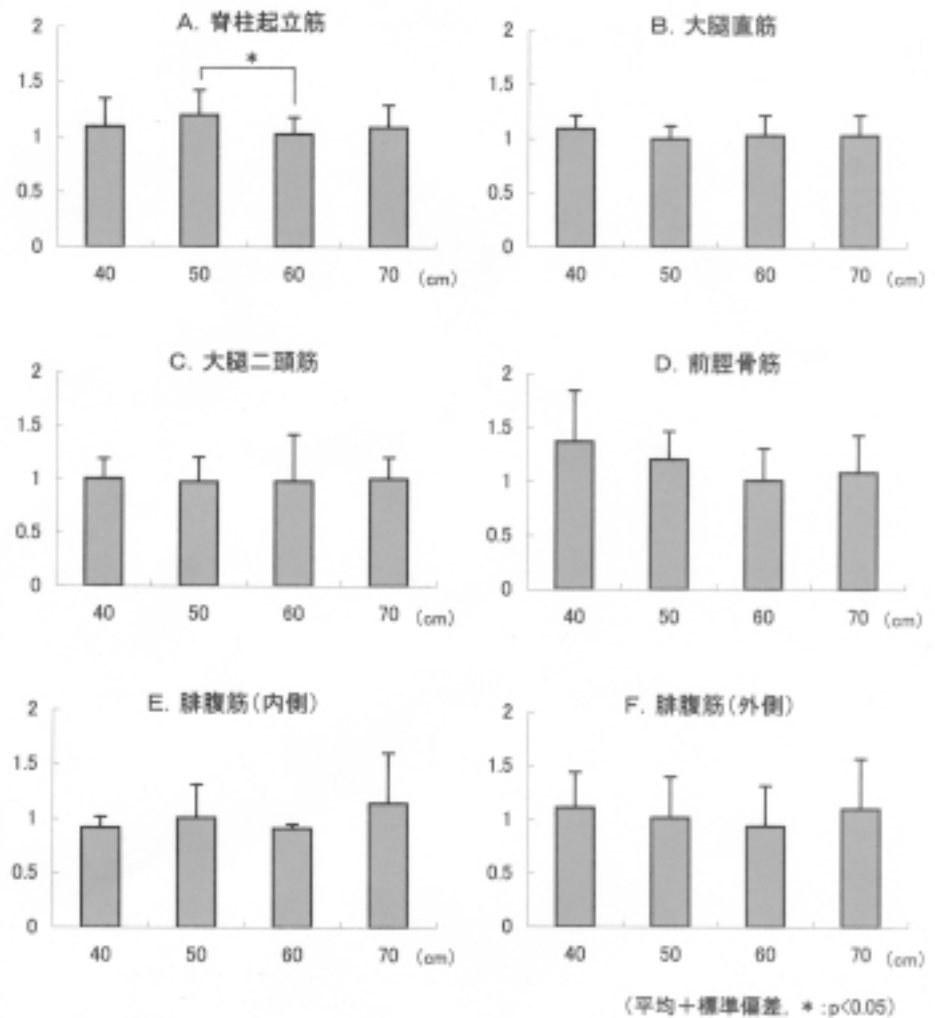


図4 立つ際の筋電図積分値比

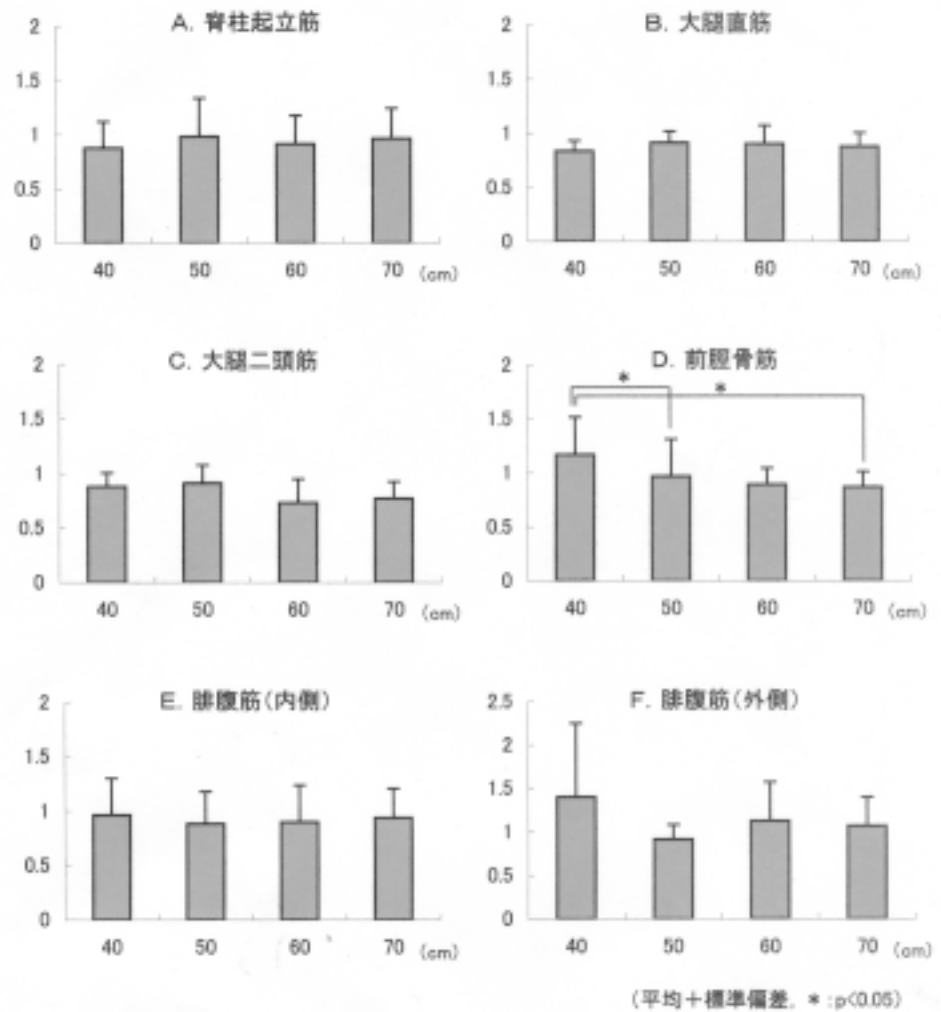


図5 座る際の筋電図積分値比

### 3. 結果

図3に広さに関する主観申告及び立ち上がりやすさに関する主観申告の結果を示す。広さの主観も立ち上がりやすさの主観も、壁面との距離が近づくにつれて線形に減少している。

図4に立つ際における各筋の積分値比の結果を示す。壁がない条件に対する比を取っているため、1以上は壁がない条件よりも筋負担が高いことを示す。統計的検定を行った結果、脊柱起立筋において50cmと60cmの条件間で有意に差があることが分かった。次

に、座る際における各筋の積分値比の結果を図5に示す。検定の結果、前脛骨筋において、40cmと50cmおよび40cmと70cmの条件間で有意に差があることが分かった。各筋積分値比と壁面距離/身長的相关係数も求めたが、有意な相関は得られなかった。

### 4. 考察

主観申告の立ち上がりやすさについての結果は、70cmから線形に低下し、60cmの条件ではどちらでもないに近かったが、50cm

より狭い条件では立ち上がりにくいと評価された。吉良ら<sup>9)</sup>は広さが異なるトイレブースでの動作寸法を計測し、間口800mm×前方空間400mmの条件では窮屈な動作を余儀なくされ、間口1110mm×前方空間764mmの条件は十分な広さであると報告した。従って、本実験における50cm、40cmといった条件は、自由な動作が制限された状態であり、主観申告の立ち上がりにくいという結果に繋がったものと推察される。

立ち上がる際の筋負担についての結果は、脊柱起立筋において50cm-60cmの条件間で有意に差が生じたものの、70cmから40cmで段階的に筋負担が増加する傾向は見られず、他の筋においては有意な差が生じなかった。一般的に、椅子から立ち上がる際には頭部を前面に移動させ、臀部が離床した後上方への重心移動が起こる<sup>9)</sup>。ところが、本実験のように前方空間を制限すると、頭部を前面に移動させることが不可能となるため前方への重心移動がなくなり、膝関節や足関節への負担が大きくなる。従って、筋負担に少なからず影響が現れることが予想されたが、本実験結果からは壁面距離との関係に明確な差は得られなかった。これは、前方空間が制限された条件で立ち上がる動作に個人差が生じていること、また、立ち上がるための主動筋と予想される大腿直筋の負担が最大随意筋力から見て軽微であったことなどが原因として考えられる。立ち上がり動作の個人差に関しては、本報告では三次元動作を検討しておらず、推察するに留めざるを得ない。

座る際の筋負担では、前脛骨筋で40-50cm、40-70cm間に有意な差が生じた。前脛骨筋は足関節の背屈に際し力を発揮する筋であるが、座る動作においては体重を支えながら足関節の角度を変えるために静的筋収縮を伴っているものと予想される。本実験のように前方空間が制限された状態では、先に述べた立ち上がり動作と同様に、前方への重心移動を伴わないため、体幹を直立させたまま重心を下方移動させているものと思われる。この結果から、そのような動作の際に前脛骨筋に高い負担を与えながら着座していることが伺える。

この実験に参加した被験者は全員女性であ

り、身長は平均値及び標準偏差が157.9 ± 5.3cmであった。発表されている人体寸法データ<sup>10)</sup>によれば、成人女性の50パーセントイルは158.80cmであり、今回の被験者の平均に近い値であった。本実験の結果で、40cmという条件は他の広い条件よりも負担が増加することが明らかになったが、公共的トイレを考慮すれば今回の被験者は一部の層しか満たしていないことになる。小原らが必要となる空間で示した例は165cmの男性によるものであったが、成人男性の165cmという身長は25パーセントイル以下である。それでも60cmという空間が導き出されているということは、95パーセントイル以上の使用者層を考慮すれば、より広い条件においても筋負担が高くなるものと考えられる。本研究では、より高身長の場合を類推するために、各筋積分値比と壁面距離/身長の相関係数を求めたものの有意な相関は得られなかった。そのため、男性を含めた高身長群の被験者を加えた検討を今後さらに行い、体格による影響を明らかにする必要がある。また、立ち座りの動作は体格によらない個人差も含まれる可能性があり、動作の違いに関してさらなる追究を要すると思われる。

## 5. まとめ

腰掛便器からの立ち座り動作における前方空間の制限は、特に40cmの条件で着座時において前脛骨筋の積分値が大きくなるのが明らかになった。従って前方空間の制限は、立ち上がり時よりも座る時に大きな影響を及ぼし、足関節および膝関節を支えるための筋負担を増加させるといえる。今後は、高身長群の被験者の追加、及び動作分析による個人差の検討を進めていく必要があると考えられる。

なお、本実験は平成12年度静岡文化芸術大学デザイン学部長特別研究費の援助を受けて行った。

## 引用文献

- 1) 白田滋, 山路雄彦: 立ち上がり動作における運動学的分析—椅子の高さによる影響—, 理学療法のための運

- 
- 動生理, 9(4), 187-192, 1994.
- 2) 川越正一, 田島直也, 帖佐悦男, 柏木輝行, 鳥取部光司: 椅坐位からの立ち上がり動作の分析, 日本整形外科学会雑誌, 69 (8), S1699, 1995.
  - 3) 大津慶子, 上野義雪: 和式便器及び洋式便器からの立ち上がり動作—表面筋電図による検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (建築計画1), 761-762, 1998.
  - 4) 伊東元, 岩崎富子, 田中繁: 腰かけ動作としゃがみ動作—老年者および若年者における筋活動と姿勢調節—, 姿勢研究, 5(2), 69-77, 1985.
  - 5) 黒田宏治, 迫秀樹, 迫田幸雄: 浜松駅周辺における公共的トイレのユニバーサルデザインの観点からの実態評価, 静岡文化芸術大学研究紀要, 1, 99-105, 2000.
  - 6) 日本建築学会: 建築設計資料集成 3 単位空間 I, 丸善, 1980.
  - 7) 小原二郎, 上野義雪: デザイナーのための生活動作とインテリアスペース図集, 彰国社, 1989.
  - 8) 吉良悟, 大箸純也, 佐藤陽彦: 動作空間の計測に関する研究, 人間工学, 34(4), 167-175, 1998.
  - 9) 江原義弘, 山本澄子: ボディダイナミクス入門—立ち上がり動作の分析—, 医歯薬出版, 2001.
  - 10) 通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所: 設計のための人体寸法データ集, 日本出版サービス, 1996.
-