

K-012

## 引き出し操作時の上肢負担評価

菅間敦† 瀬尾明彦‡ 土井幸輝‡  
Atsushi Sugama Akihiko Seo Kouki Doi

## 1. はじめに

オフィス環境へのユニバーサルデザインの導入や VDT 作業時の労働負担を軽減する試みは、多くの企業で実施されるようになり、注目を集めている。オフィス内においては、年齢・体格・性別などが異なる様々な人に対応する空間及び製品設計が求められている。その中でも、身長については個人差が大きく、最適な製品寸法を決めることは難しいといえる。オフィス壁面に多く見られる大型のファイルキャビネットについても、引き出し部分の高さが利用者ごとに相対的に変化し、利用時の負担や操作しやすさに影響を与えると考えられる。

また、VDT 作業時の労働負担に影響する要因としては、機器設計や作業環境、作業方法などが指摘されている。これらの要因によって主に頸部や肩、上肢への負担が発生すると言われている。これまでは、ディスプレイやキーボードに関する研究は数多く行われてきたものの、デスクまわりのキャビネットに関する研究資料はあまりみられない。収納荷重が大きくなることや、不自然な体勢で操作する場合があることを考慮すれば、キャビネット操作時の負担を評価することは必要であると言える。

そこで本研究では、オフィス環境に対応した引き出しの設計を行うための基礎研究として、引き出し操作時の負担を定量的に評価し、設置位置と上肢負担との関係を明らかにすることを目的とした。具体的には、引き出しの設置位置を変化させて実験を行い、操作性及び上肢負担、筋電図や主観評価などを計測・評価し、適切な引き出し位置を検討した。

## 2. 方法

## 2.1 実験方法

被験者は 21 歳から 25 歳までの健康状態良好な男子学生 10 名 (23.3±1.3 歳 (平均±標準偏差)) で、被験者の平均身長と平均体重はそれぞれ 171.9±4.7 cm (平均±標準偏差)、63.8±5.4 kg (平均±標準偏差) であった。本実験では、実際の引き出しを模擬して作成したモックアップから被験者の前腕から手先までの長さだけ離れた位置に立ち、前腕分の長さだけ引き出ししてもらい、その後同じ長さだけ押し込んでもらう作業を 1 条件につき 3 回行った。条件は高さを被験者の肩峰高・肘頭下縁高・手首高の 3 条件、引き出しの設置角度は被験者の肘の位置から左 45 度前方・正面・右 45 度前方の 3 条件とした。引き出しの最小開閉力は 20 [N] とした。また、被験者は全員右利きであり、実験は右上肢で行った。なお、本実験は本学研究安全倫理委員会の倫理審査を通過した後に実施した。

## 2.2 測定項目

操作性は、6 軸力覚センサ (ニッタ株式会社製, IFS-

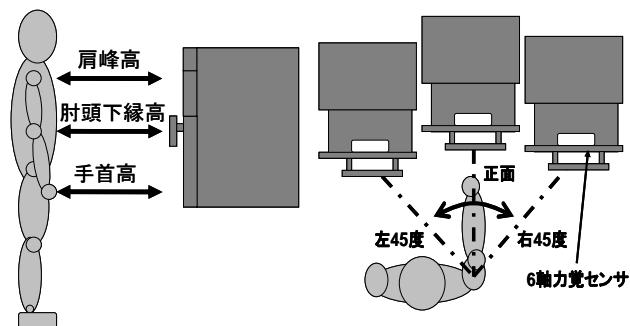


図1 高さ条件



図2 角度条件

45E15A150-I63-EX) を用いて引き出しの取っ手にはたらく 3 方向への力と、各軸まわりのトルクを求めた。また、上肢負担については、作業中の姿勢を 3SPACE (Polhemus 製 Fastrak) により動的に記録し、記録した作業中の姿勢の関節角度から関節最大トルク比 (その関節が発揮できる最大トルク推定値に対するその姿勢保持に必要なトルクの%値) を求めた。筋電図は、右側の円回内筋・僧帽筋・広背筋、左右の脊柱起立筋の 5 箇所を測定した。各筋の最大随意筋収縮 (MVC) に対する作業中の%値 (%MVC) を求め、筋活動の程度を把握した。加えて主観評価については、作業のしやすさを 9 段階 (1 (作業し難い) ~9 (作業し易い)) で、肩・上腕・肘・前腕・手首・手・腰の 7 項目の負担感を 9 段階 (1 (全く負担がない) ~9 (非常に負担があり作業の継続ができない)) で評価してもらった。

## 3. 結果と考察

引き動作時の各結果をコンターマップで図 3~8 に示す。

図 3 は操作力の結果を示したものである。操作力は肘高・正面の位置で最も小さく、手首高で大きかった。最も操作力の大きい位置では、開閉力 20 [N] に対して 30 [N] 程度の力を発揮していた。手首高では、上に持ち上げるように力をかけたことから操作力が大きくなったと考えられる。また、角度条件による違いは見られなかった。

図 4 は作業のしやすさの結果を示したものである。角度条件について比較すると、全ての高さで左 45 度が作業しづらいという結果となった。左 45 度では腕が窮屈になり、上肢への負担が大きくなるため作業しづらいと考えられる。一方で、肘の正面から手首高・右 45 度にかけてが作業しやすい位置となり、図 3 で見られる操作力の大きい位置とは異なる傾向が見られた。また高さで比較すると、肩峰高で作業しづらくなることがわかった。

図 5 に肩関節まわりの最大トルク比の結果を示す。この結果から、肩関節まわりのトルクは肩峰高で大きくなることがわかった。開閉方向のみに操作力を発揮した場合は、肩峰高において肩まわりのトルクが大きくなることはないため、取っ手を下方向へ引きながら操作したと考えられる。一方で、操作力の大きい手首高ではトルクが小さくなるこ

† 首都大学東京大学院 システムデザイン研究科

‡ 首都大学東京 システムデザイン学部

とがわかった。このことから、手首高では肩方向に操作力をかけ、トルクを打ち消すように操作したと考えられる。

図6に手関節まわりの最大トルク比の結果を示す。手関節まわりのトルクは、手首高・左45度の位置で大きくなるのがわかった。これは、引き出しを引き出した際に体幹と取っ手の間に十分なスペースがなく、前腕および手首が窮屈になったためだと考えられる。また、今回は引き出し終わりまで取っ手を把持してもらったため、手首に負担がかかったと考えられる。

図7に僧帽筋の%MVCの結果を示す。この結果より、僧帽筋は肩峰高において、特に肩峰高・右45度の位置で大きくなるのがわかった。僧帽筋は肩を挙上させる作用を持つことから、肩峰高では肩を挙上し負担が大きくなっていることが確認できる。また肩峰高・左45度では、肩をそれほど挙上せず肘から先で操作したためにわずかに小さい値をとったと考えられる。

図8に円回内筋の%MVCの結果を示す。この結果より、円回内筋は手首高の左45度と正面で負担が大きくなるのがわかった。円回内筋の作用は前腕の回内であることから、手首高・左45度の位置では前腕を回内させて操作していることが確認できる。また、高さについて比較すると、肘高や肩峰高においてはほとんど円回内筋を使用していないことがわかった。

以上の結果より、高さによる比較では、肩峰高で操作力はそれほど大きくならないが、肩関節まわりのトルクが大きくなり負担となることがわかった。また、それによって利用者が作業しづらさを感じるようになった。手首高では、操作力は大きくなるものの、肩関節まわりの負担は小さく作業しやすいことがわかった。角度についての比較では、左45度の位置では前腕および手首が窮屈にな

り、作業しづらいと感ることがわかった。右45度の位置では、体幹とのスペースが十分取れること、意図した方向へ力がかけやすいことなどから操作しやすい結果になったと考えられる。これらのことから、引き出し操作時には上肢の各関節へのトルクを小さくするような方向に操作力を発揮しているのではないかと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究から、引き出し設置位置によって、上肢への負担が変化することが明らかとなった。具体的には、肩峰高において、肩まわりの負担が大きくなり操作しづらく、左45度では腕が窮屈になり負担が増大することがわかった。また、肘の正面から手首高・右45度にかけては、上肢への負担を軽減するように操作できることから操作しやすい位置であることが示された。大型のファイルキャビネットの場合、上肢負担を軽減するために、肩峰高付近の操作部分には下降式の機構などを設けることがよいと考えられる。またデスク周りには、上肢を自由に稼働させ、肩まわりの負担を軽減するために、椅子とキャビネットとの間に適切なスペースを保つことができる製品設計が望まれる。

#### 参考文献

- (1) 西岡基夫, 岡田明, 宮野道雄, 山下久仁子: 引き操作における身体負担の評価方法に関する研究, 日本生理人類学会誌, 7(1), pp.49-52, 2002.
- (2) 本明子, 安河内朗: 収納家具操作における高齢者の最大筋力, 日本生理人類学会誌, 3(2), pp.77-84, 1998.

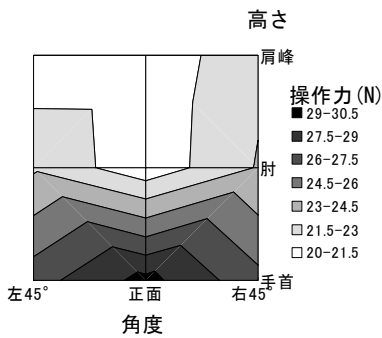


図3 操作力

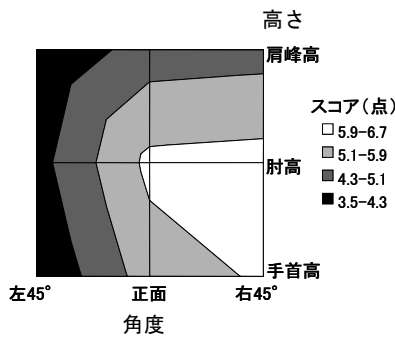


図4 作業のしやすさ

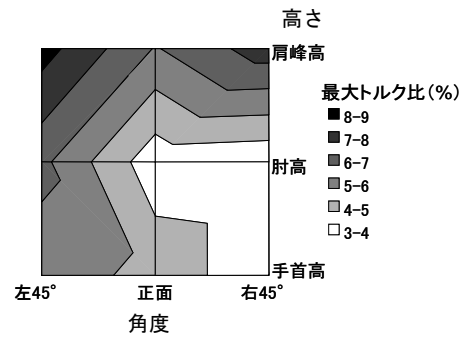


図5 最大トルク比 肩関節

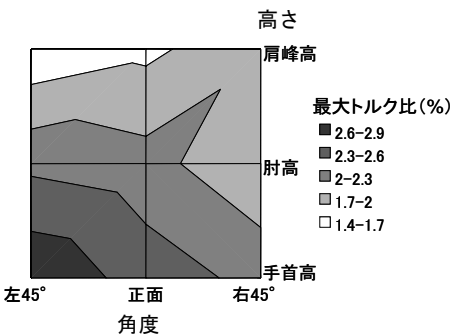


図6 最大トルク比 手関節

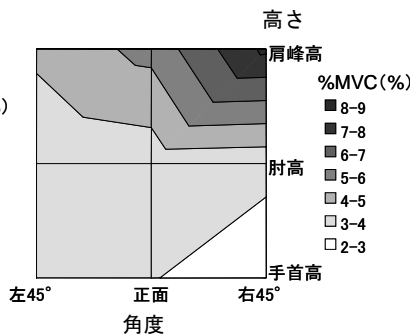


図7 僧帽筋 %MVC

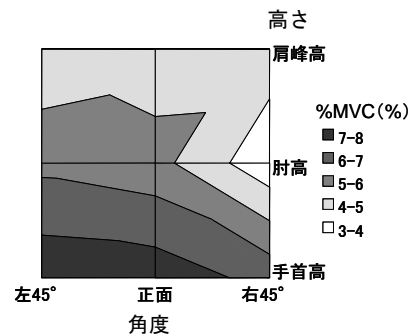


図8 円回内筋 %MVC