触機能による図形触知と押圧力に関する研究

○山際孝幸（関西大学大学院工学研究科）

吉村 勲，森 健一（関西大学工学部）

A study on the tactile perception of shapes and applied forces by active touch

Takayuki YAMAGIWA (Kansai Univ. Graduate School)

Isao YOSHIMURA, Ken'ichi MORI (Faculty of Eng., Kansai Univ.)

1.はじめに

手指によって操作される機器は小型軽量化のみならず，様々な機能が付加されるようになってきた．そのためPDAなどに代表されるモバイル機器は，歩行中など他の動作中における使用を前提としている．これらは昨今の情報化技術の急速な進展に伴って今後一層普及するものと考えられる．一方，操作機器の急激な小型化と様々な機能付加によって触覚的インターフェースには入力困難など多くの問題が残されたままとなっている．関連する研究も機器操作に対する「手指」動作を対象としたものが多く，触操作に対する人間工学的な側面からの検討は少ない．また機器を操作する指先は骨格的に上肢の最先端に位置し，歩行中など他の動作中において指先の方向は身体の矢状方向に対し様々に変化するとされている．そのため両者の関係によっては意図する入力が困難となることも考えられ，適切な手指と操作部の関係（位置，方向）を明らかにすることで，より快適な操作を可能にすると考えられる．

本報では手指と身体を同方向に設定し，提示刺激の方向性の変化が押圧力を含む触機能とどのように対応するかについて検討した．

2.方法

試行は各一対（基本図形，対象図形）の提示図形の大小比較（以下，図形比較）を実施させ，その時の上肢での動作状況を把握するものとした．今回の動作主体は利手示指とした．

指定した位置・姿勢で椅座した被験者の前方に無反射ガラスを取り付けた実験台（700H×1200W×450D [mm]）を用意した．この台上の指定位置にテストピースが基本図形，対象図形として交互に提示されそれらの図形比較を行うものである．認知時間は光入力ユニットを用いたデジタルタイマーにより，押圧力は接触圧センサー及びひずみゲージ式センサーを用いた接触圧測定装置により検出した．また被験者の左方および下方に設置したビデオカメラにより図形比較時の指先の動作状態を記録した．テストピースはアクリル板上に立体図形（底面が正三角形，正方形，円形の柱状立体）を接着したもので，この立体図形は高さが5mm，底面が一辺4～8mmで被験者の前頭面に対し0°，30°，60°の回転

角度を持つものとした．

試行は被験者の身体情報として指長，指幅，外眼角高，身長などを計測した後，アイマスクにより視界を遮断し，図形別に三角形81試行，四角形81試行，円形9試行をそれぞれランダムに実施した．なお被験者は18～25歳の学生34名である．

図1 実験装置略図

3.結果・考察

ビデオカメラで記録した図形比較時の手指の動作状況を基に分類した結果，手指の触知動作は圧触（三角形：54%，四角形：49%），表面触（三角形：46%，四角形：51%）に大別された．そこで以後の解析を圧触，表面触に分類して行った．図2，図3は三角形の圧触及び表面触による図形比較の場合の平均認知時間と正答率を対象図形の大きさと回転角度別に分類しそれぞれ表示したものである．本報では基本図形の大きさが6mmの場合を対象とした．

3-1.正答率について（三角形）

触知動作が圧触時の正答率においては，図形の大きさによる変化が顕著に現われており，全体的に基本図形と対象図形の大きさが近づくとともに正答率も下がる傾向にある．中でも対象図形の大きさが7mmの場合で正答率が下がる状況が多く生起する．この傾向は対象図形の大きさが5mmの場合では顕著なものとならないため，図形間の相対的な大きさによる影響ではなく，図形の大きさと指先部面積との関係により生起するものと考えられる．

触知動作が表面触の場合の正答率においても圧触の場合とほぼ同様の傾向が確認できる．

よって，相対的には触知動作と正答率の間には明確な関係が認められなかった．

図2 認知時間と正答率の関係（圧触時）

図3 認知時間と正答率の関係（表面触時）

3-2.認知時間について（三角形）

基本図形と対象図形の認知時間は有意（圧触： $r = 0.504^{**}$ ，表面触： $r = 0.412^{**}$ ）な相関関係を示した。これは試行を表面あらさ判別とし，基本側と対象側での手指の運動速度を比較した赤松ら¹⁾の報告と対応する。しかし，本試行においての認知時間は，基本図形の場合より対象図形の場合が圧触で平均0.14秒，表面触で平均0.45秒有意に短く（ $p < 0.01$ ），各条件とも基本図形の場合は比較的一定値で推移するのにに対し，対象図形では図形の大きさにより大きく変動する。また対象図形の大きさが4mm，8mmの場合に両図形の認知時間に差が生起する傾向が認められ，図形比較では認知時間の短縮が可能と考えられる。

基本図形の認知時間を触知運動別に比較すると，圧触より表面触の時が平均1.19秒有意に長く，対象図形の場合でも圧触より表面触の時が平均0.87秒長くなっている。このことから触知運動の違いは基本図形の認知時間により強く影響するものと考えられる。

3-3.押圧力について

圧触による図形比較の場合の押圧力は，100gfから400gfの間で推移する傾向を示した。全体として押圧力は，基本図形の場合より対象図形の場合が低く推移している。しかし，この

関係は対象図形の大きさが大きい場合で逆転する現象が生起する。これは，基本図形の押圧力が比較的穏やかに推移するのに対し，対象図形の押圧力は図形の大きさにほぼ比例して増大化する傾向に影響しているものと考えられる。よって指先面積に対し相対的に大きな図形を認知する場合では，手指の押圧力を強くし指先面積を大きくして対応しているものと考えられる。

4.おわりに

図形比較においては圧触，表面触ともに2mm以上の差がある図形の場合でより速い認知が可能になると考えられる。これらは主に対象図形の場合に現われ，図形の大きさが6mmを越えると正答率の低下する状況が多く確認された。一方，触知運動の違いによる影響は基本図形の認知時間により強く現われる。また，押圧力については図形の大きさと指先の面積との相対的な関係に依存するものと考えられる。本試行においては手指方向と矢状方向は平行に設定したが，これらの関係が変化した場合の影響を検討することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 赤松幹之，貞本洋一：表面あらさ判別における触運動の役割，人間工学，Vol.25, No.3, 183～191, 1989.