つまみ動作時における弾性物体の硬さ感覚特性

○高瀬翔（早稲田大学），土井幸輝（早稲田大学/首都大学東京），藤本浩志（早稲田大学）

Property of Hardness Perception in case of Pinching Elastic Object

Sho Takase (Waseda University), Kouki Doi (Waseda University/Tokyo Metropolitan University)
Hiroshi Fujimoto (Waseda University)

1. 目的

ヒトは質感や硬さ、温度などの情報を触覚によって得ているが、実験心理学的なアプローチから、物体との接触で刺激を受けた際の硬さ感覚特性についてはほとんど明らかにされていない。これには、網羅的なテストピースの作製が困難であったことが理由として挙げられる。先行研究⁽¹⁾では、独自に作製した硬さ(ヤング率)の異なる弾性物体のテストピースを用いて、人差し指の指腹で対象物を押し込んだ際の硬さ感覚特性を、系列カテゴリ法により、「極端に軟らかい」から「極端に硬い」までの7段階のカテゴリを用いて定量的に評価した。その結果、硬さの物理量(ヤング率)とカテゴリの関係が明らかになった。しかしヒトの手指による硬さ知覚動作においては、指と対象物体が多点で接触し、親指が他の指と対向する姿勢で対象物を把持するような触り方(つまみ)もある。そこで本研究では、つまみ動作時における硬さ感覚特性を定量的に評価することを目的とし、対象物への接触動作が異なる2条件(つまみ・押し込み)の硬さ感覚特性について、比較実験を行った。

2. 方法

本研究では、独自に作製したヤング率の異なる弾性物体を提示刺激として使用し、掌を立てた姿勢で親指と人差し指の二指で両側からつまんで対象物を触った場合(以下、つまみ)と人差し指の指腹で押し込んだ場合(以下、押し込み)の硬さ感覚特性を、系列カテゴリ法により、「極端に軟らかい」から「極端に硬い」までの7段階のカテゴリを用いて定量的に比較した。系列カテゴリ法は、いくつかの刺激の各々を、意味のある連続体上に、量的に異なる、一定数のカテゴリのどれかに所属するものと判断することを主眼とし、カテゴリの尺度値及び刺激の尺度値を距離尺度で導き出すことができる手法である。

実験には20代の大学生(平均年齢24歳)11名(男性6名・女性5名)が被験者として参加した。被験者の触覚の障害の有無は、被験者自身の自己申告と目視による確認を行い、全員に触覚の障害は無いと判断した。被験者は全員右利きであった。

提示刺激として、先行研究⁽¹⁾で作製したヤング率の異なる弾性物体から成るテストピースを使用した。表1に各テストピースのヤング率を示す(レンジが広いヤング率の常用対数も併記)。また、テストピースのサイズは、日本ゴム協会の“膨張ゴムの物理試験方法”を参考とし⁽²⁾、全て直径50mm、高さ30mmで、形状は円柱である。

刺激の提示方法は、被験者にアイマスクを着用させた状態での能動触とした。つまみでは、手首を固定した状態で、合図の後に親指の指腹と人差し指の指腹で刺激の両側面の中心を一度だけつまませ(図1(a))、押し込みでは、人差し指の指腹で刺激の中心を一度だけ押し込ませた(図1(b))。そしていずれも、接触動作終了後には指を刺激から素早く放させた。

被験者への教示において、提示された刺激に対して感じたままの硬さの感覚に相当するカテゴリで回答することとし、「極端に軟らかい」「かなり軟らかい」「やや軟らかい」「どちらでもない」「やや硬い」「かなり硬い」「極端に硬い」の7段階のカテゴリを用いて回答させた。

試行はランダムな順序で、各刺激につき15回ずつの提示とし、2条件で計420試行を行った。実験中は最低でも50試行に一度は休憩を取った。実験時間は、被験者一人につき1.5~2時間であった。

表1 提示刺激

Table.1 Lists of presented stimuli

$1.0 \times 10^3 \text{ [N/m}^2\text{]}$							
6.16	9.19	15.4	23.1	31.8	48.0	60.8	
95.5	140	199	289	380	520	718	
[log]							
3.79	3.96	4.19	4.36	4.50	4.68	4.78	
4.98	5.15	5.30	5.46	5.58	5.72	5.86

図1 テストピースの触り方

Fig.1 Methods of touching test pieces

3. 結果

各刺激に対して感じた硬さ感覚に相当するカテゴリの割合を反応率とし、条件ごとに図2に示す。これより、つまみの方が、刺激の硬さに応じて、隣接するカテゴリに緩やかにシフトしていく傾向があることが分かった。

また、反応率の結果を基にカテゴリにおける各提示刺激の分布を表した結果を図3に示す。これより、提示刺激(4.19~5.58)については、刺激の尺度値に僅かではあるが差が認められた。

以上まとめると、「極端に軟らかい」と「極端に硬い」と感じる領域を除いた全ての硬さの領域において、つまみの方が押し込みよりも僅かに軟らかく感じる傾向があることが分かった。

(a) pinch

(b) press

図2 つまみ動作時と押し込み動作時における提示刺激と反応率の関係

Fig.2 Relationship between presented stimuli and response rate in case of pinch and press

図3 つまみ動作時と押し込み動作時における提示刺激とカテゴリの関係

Fig.3 Relationship between presented stimuli and categories of hardness perception in case of pinch and press

4. 考察

対象物を押し込んだ際には、フックの法則により、押し込み量 Δx (変位)に比例した反力 F が生じる。

$$F = k\Delta x$$

本実験において、刺激を両側から二指でつまむ場合の方が、一指で押し込む場合よりも、確保される変位が概ね小さいことが観察できた。

ここで、物体をつまんだときの硬さの認知は、つまみ動作によって外力を加えたときの変形を知覚する能動触課題であり、認知される硬さはつまみ動作が終わったときに知覚される力(終端力)が基準になっている、とする報告がある⁽³⁾。このことが成り立つとすると、つまみ動作によって硬さを知覚する際には、接触動作終了時において確保されている変位が小さく、対象物から受ける反力 F (終端力)が小さく知覚されるために、僅かに軟らかく感じたのではないかと推察される。今後は、対象物を触った際の反力や変位の計測を合せて行うことで、この推察が成り立つかどうかを確かめていく予定である。

5. 結論

本研究では、独自に作製したヤング率の異なる弾性物体を提示刺激として使用し、つまみ動作時における硬さ感覚特性を定量的に評価することを目的として、対象物への接触動作が異なる2条件(つまみ・押し込み)の硬さ感覚特性について、比較実験を行った。その結果、つまみ動作時における硬さの物理量と硬さ感覚のカテゴリの関係が明らかになった。そして、指先での接触動作の違いが硬さ感覚特性に影響を及ぼす可能性があることも分かった。

参考文献

- (1) 千葉,土井,藤本:弾性物体を対象物としたヒトの指先の硬さ弁別特性 ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.8, No.4,Page93-98,(2006)
- (2) RIS 0101-1968,膨張ゴムの物理試験方法,日本ゴム協会,(1995)
- (3) H.Z.Tan,N.I.Durlach,G.L.Beauregard,and M.A.Srinivasan,"Manual discrimination of compliance using active pinch grasp: The roles of force and work cues",Perception&Psychophysics,vol.57,no.4,pp495-510,(1995)

(連絡先) 高瀬翔: 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15

早稲田大学大学院 藤本研究室 mitsugoro.a-be@toki.waseda.jp