

人間の触運動を利用した材質判別センサの開発

信州大学繊維学部 ○西松豊典, 鳥羽栄治, 松本陽一, 鳥海浩一郎
産業技術総合研究所 小野栄一

1. 緒言

現在, ロボットの開発が進み, 福祉, 工業などさまざまな分野においての活躍が期待されている. ロボットが自律的に作業を行う際には, 対象物の材質を正確に認識する必要があり, そのためには材質判別センサの開発が必要不可欠である. 特に, 今後の高齢化社会やハイテク社会では触覚の質的情報である“材質感”を考慮した触覚入出力デバイスの開発は重要になっている.

触覚は触運動によって影響を受けるため, ロボットハンドへ応用する触覚システムを構築するためには人間の触覚における触運動の役割が何かを解明することが必要である. しかし, 従来の研究は, センサ部にあたる“皮膚感覚の研究”が主であり, 対象物を認識するために行われる“能動的触運動の研究”^{1,2)}は少ないのが現状である.

そこで, 本研究では 8 種類の試料 (アクリル, アルミニウム, 綿織物, 紙, ゴム, 木, ガラス, コルク) について被験者が能動的触運動と受動的触運動により「材質」判別と「材質感 (粗い, 滑りやすい, 冷たい, 湿り気がある, 硬い, 弾力性がある)」評価を行い, 両触運動による材質判別の正答率や, 各試料の「材質感」の特徴を比較し, 触運動の有用性について検討した. さらに, 両触運動量測定装置を用いて材質判別時の触運動量を測定し, 触運動量と「材質感」官能量との相関関係を検討した.

2. 試料および実験方法

本実験では, アクリル, アルミニウム, 綿織物 (経糸: 3 3/2 S, 緯糸: 3 3/2 S, 経糸密度: 60 本/inch, 緯糸密度: 49 本/inch, 平織り), 紙, ゴム, 木, ガラス, コルクの 8 種類の試料を用いた. 試料は 10cm × 15cm の大きさである.

Fig.1 に人間が材質判別を行う際の触運動量を測定するための装置の概略を示す.

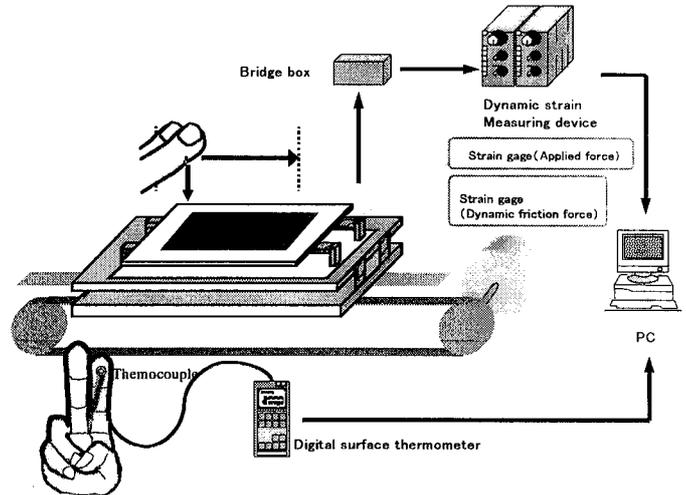


Fig.1 Measurement system of passive tactual motion

“能動的触運動”とは「被験者が試料より触運動情報を得るために自分の意志で試料上を左から右に手指を自由な速度で横移動させて行う触運動」である. “受動的触運動”とは「被験者の意志に関係なく, 試料表面上に接した手指を固定したままで, 試料自体が右から左へ横移動することにより生じるなぞり運動」である. なお, 受動的触運動で試料の移動速度は 5, 10, 20cm/s とした.

試作装置で測定した能動的触運動量は被験者の試料に対する押圧力, 摩擦力, 被験者の指先の温度変化量, 手指の移動速度, 受動的触運動量は, 被験者の試料に対する押圧力, 摩擦力, 被験者の指先の温度変化量である.

被験者は, 8 種類の試料に対して能動的触運動と受動的触運動により「材質感」に関連する 6 種類の形容詞対 (粗い, 滑りやすい, 冷たい, 湿り気がある, 硬い, 弾力性がある) について SD 法および一対比較法で官能評価を行った. 被験者にはあらかじめ 8 種類の試料名を教示しておいた. 官能検査は 1 つの試料について 2 回, ランダムに被験者へ提示し, 一つの試料に

対する被験者の触運動回数は3回とした。

さらに、材質判別実験を行い、各触運動におけるそれぞれの試料の正答率を求め、その結果から伝達情報量を得た。

3. 結果

3.1 材質の正答率

Fig.2 は被験者が受動的触運動（試料の移動速度が5cm/s, 10cm/s, 20cm/s）、能動的触運動で材質判別を行った正答率を示す。

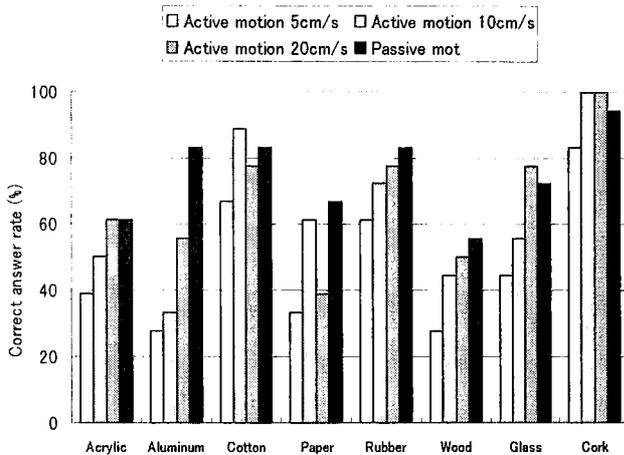


Fig.2 Correct answer rate of discrimination of materials

各触運動について正答率を比較すると能動的触運動で材質判別を行った正答率が高くなっている。従って能動的触運動を行ったほうが材質を判別しやすい事が判明した。すべての試料において受動的触運動における試料の移動速度が5cm/s のとき正答率が低くなっている。これは、能動的に触運動を行っている時の手指の移動速度（14.0～19.4cm/s）と比較して触運動速度が約3～4倍小さくなっているため、材質判別が低くなったと考えられる。

それぞれの触運動量により得られた伝達情報量をTable1に示す。伝達情報量とは情報理論の考え方を応用したもので、試料の持つ全情報の内、どれだけの情報を得られたかを示すものである。なお、本実験で試料の持つ刺激情報量は3bitである。

Table1より、能動的触運動で得られる伝達情報量が最も大きく、試料の移動速度が5, 10, 20cm/sの受動的触運動で得られる伝達情報量と比較して10～54%大きくなっている。これは、能動的触運動時の被験者の

Table1 Transmitted information

Passive motion 5cm/s	1.35
Passive motion 10cm/s	1.77
Passive motion 20cm/s	1.89
Active motion	2.08

(bit)

手指の移動速度が14.0cm～19.4cm/sであり、その速度と異なっている試料の移動速度が5, 10, 20cm/sで得られる伝達情報量は小さくなったと考えられる。

3.2 触運動量と「材質感」の相関関係

能動的触運動時の触運動量と一対比較法による「材質感」の相関関係を検討した。手指の移動速度と形容詞「粗さ」間に正の相関がみられた。なめらかな試料に対しては移動速度を遅くし、粗さ感を知覚しようとしている事が判明した。

また、押圧力と形容詞「すべりやすい」間に正の相関がみられた。すべりやすい試料に対しては手指を強く押し付け、押圧力と摩擦力の関係を明確に知覚しようとしている事が判明した。

4. 結言

- (1) 人間は材質判別を行う際、能動的に触運動を行ったほうが受動的触運動より正答率が高くなる。
- (2) 能動的触運動により「材質」を判別する際には「粗さ感」、「冷温感」、「すべりやすさ感」に基づいて人間は評価を行っている。
- (3) 能動的触運動を行う際、試料の「材質感」により触運動を変化させている。

参考文献

- 1) 赤松幹之：表面粗さ判別における触運動の役割，人間工学，Vol.25, No.3, 183 - 191, (1989)
- 2) 西松豊典 他：織物の素材評価時の能動的触運動の計測，繊維学会誌，Vol.54, No.9, 459-463 (1992)