点字ディスプレイの盤面の特性が点字の触読性に及ぼす影響に関する研究

○土井幸輝（早稲田大学/首都大学東京），萱島裕幸（早稲田大学），
数藤貴（早稲田大学），藤本浩志（早稲田大学），和田勉（日本点字図書館）

Influence of base material features of Braille display on Braille reading

Kouki Doi (Waseda University/Tokyo Metropolitan University), Hiroyuki Kayajima (Waseda University),
Takashi Sutoh (Waseda University), Hiroshi Fujimoto (Waseda University),
Tsutomu Wada (Japan Braille Library)

1. 目的

視覚障害者が文字情報を入手する最も一般的な手段は点字である。近年、情報技術の進歩によりパソコン上の墨字を点字に変換することが可能な点字ピンディスプレイが普及している。しかし、点字ピンディスプレイを長時間使用すると盤面が磨耗（鏡面状態）し、指先が滑り難くなり点字が読み難くなると言われている。そこで、本研究では、指先と盤面間の摩擦抵抗に着目し、滑り易い薄いフィルムで点字ピンディスプレイの盤面上をカバーする手法を提案し、その盤面の特性が点字の触読性に及ぼす影響を評価することを目的とした。具体的には新品状態より滑り易いフィルムと鏡面状態と同程度の滑り難いフィルムを選定し、それぞれを盤面にカバーした場合での点字の触読性を比較した。

2. フィルムの選定

本研究では、新品状態より滑り易い、鏡面状態と同程度の滑り難さのフィルムをそれぞれ選定するために、まず、様々なフィルムを主観的に評価して絞り込んだ。具体的には、様々なフィルムを触り、新品状態より滑り易いフィルムと鏡面状態と同程度の滑り難さのフィルムを選定した。その結果、新品より滑り易いフィルムとして、パウダーコンパウンドフィルム、サンドマットフィルム、鏡面状態と同程度の滑り難さのフィルムとしてラミネートフィルムをそれぞれ選定した。ここでは、指の滑り易さの評価指標として、表面粗さの計測と指と対象物との動摩擦係数を算出し、それらの関係を調べ、フィルムを選定することとした。

2.1 摩擦抵抗と表面粗さ計測方法

(1) 表面粗さ

指先の動摩擦係数は対象の表面粗さに依存すると考え、表面粗さを測定した。測定には表面粗さ測定機（㈱ミツトヨ SV-3000CNC）を用いた。表面粗さを表す評価指標としては、算術平均粗さ（Ra）を評価指標とした。測定は各条件5試行ずつ計25試行を行った。

(2) 摩擦抵抗

点字は指を滑らせながら触読することから動摩擦係数を評価指標とした。一般的に物体間の摩擦力はCoulombの法則により、次式で表される。

$$F [N] = \mu \cdot N [N]$$

（F：摩擦力 μ ：摩擦係数 N：垂直抗力）

摩擦係数 μ を算出するためには摩擦力Fと垂直抗力Nを正確に計測する必要がある。そこで、動摩擦係数計測装置を製作した。この装置では、指の上に小型荷重変換器（㈱共和電業 LM-500GA）を乗せた状態で、垂直荷重（垂直抗力）N [N]を計測した。引張力（摩擦力）F [N]は、微小荷重ロードセル（㈱共和電業 LTS-2KA）を搭載したリニアガイドテーブルを一定速度でステッピングモーターにより水平方向に引っ張ることにより計測した。対象物を載せた板と荷重がかかる支柱の間の摩擦抵抗を無くすために微小な球状の樹脂製ビーズを用いた。

被験者は晴眼者の大学生・大学院生2名が実験に参加した。点字触読状態を想定して垂直荷重は0.39 [N] (40 [gf])とし、対象物を6.0 [mm/s]で一定の速さで引っ張った⁽¹⁾⁽²⁾。そして、その間の垂直荷重と引張力を測定した。被験者には対象物の上に人指し指の指腹を置かせた。試行数は各条件5試行ずつ30試行を行った。

2.2 結果 盤面状態及び、フィルム別の摩擦係数と表面粗さの計測結果を図1に示す。摩擦係数に関しては、ラミネートフィルムと鏡面状態が有意差なく摩擦係数が最も大きく、サンドマットフィルム、新品状態、パウダーコンパウンドフィルムの順に摩擦係数が小さくなった。また、表面粗さに関しては、摩擦係数では有意差が見られなかったラミネートフィルムと鏡面状態間では有意差が見られた（ $p < .001$ ）。

摩擦係数と表面粗さの関係は、 $y = -0.49x + 1.26$ で近似することができ、相関係数は0.93であった。その結果、表面粗さが大きくなると摩擦係数が小さくなることがわかった。

以上の結果より、ラミネートフィルムは摩擦抵抗が最も大きいフィルム、パウダーコンパウンド

フィルムは摩擦抵抗が最も小さいフィルムであることがわかった、点字の触読実験では鏡面状態と同程度のフィルムとしてラミネートフィルム、新品状態より滑り易いフィルムとしてパウダーコンパウンドフィルムを用いて、点字ピンディスプレイの盤面の特性が点字の触読性に及ぼす影響を比較することにした。

3. 点字触読評価実験

前述の2つのフィルムを用いて、点字ピンディスプレイの盤面の特性が点字の触読に及ぼす影響を触読実験により評価した。

3.1 実験方法 被験者には、日本点字図書館で行っている点字講習を受け、日常的に点字を使用している中途視覚障害者 10 名(52.0 歳)が参加した。点字使用年数は平均 7.83 年であった。被験者には触読課題文(無意味綴り文)を 1 文字ずつ 1 分間音読させた。試行数は、盤面にカバーしたフィルム 2 種類(パウダーコンパウンドフィルム・ラミネートフィルム)、各条件につき 5 試行ずつ計 10 試行とした。実験時間は約 1 時間で、休憩は適宜を入れながら行った。なお、点字の高さに違いは生じないように、同じ厚さ(0.05mm)のフィルムを用いた。触読速度とエラー率を触読性の評価指標として用い、いかに速く正確に触読できるのかを調べることにした。

3.2 実験結果及び考察 各被験者の総読文字数から誤読文字数を引いて正読文字数を求め、触読速度、エラー率を算出した。触読速度・エラー率の結果をそれぞれ図 2(a)(b)に示す。

その結果、パウダーコンパウンドフィルムはラミネートフィルムに対して、有意に触読速度が速く、エラー率が低くなることがわかった(それぞれ $p<.001$, $p<.001$)。

指先とフィルム間の摩擦抵抗の大小による盤面の触読性の違いについて、摩擦抵抗の小さいパウダーコンパウンドフィルムは触読速度が速く、エラー率が低くなることが分かった。このことは、摩擦抵抗の小さいフィルムをカバーすると、触読時に接触面に沿った方向の皮膚の変形量が小さくなり、点字の突起の刺激が伝わり易くなったからと考えられる。

一方、摩擦抵抗の大きいラミネートフィルムは触読速度が遅く、エラー率が高くなることが分かった。このことは、指先の発汗によって、指先と盤面の間で吸盤作用が起こり⁽³⁾、指先が盤面から受ける摩擦抵抗が大きく、それがノイズとなって触読し難くなったと考えられる。

4. 結論

本研究では、点字ピンディスプレイの盤面上に滑り易い薄いフィルムをカバーする手法を提案し、その盤面の特性が点字の触読性に及ぼす影響を評価した。その結果、摩擦抵抗の小さいフィルムをカバーすることにより指先が滑り易くなり、点字が読み易くなることがわかった。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会 21 世紀 COE プログラム、早稲田大学人間総合研究センター研究プロジェクト、日本学術振興会科研費補助金(基盤 B NO.16300187, 若手 B NO.18700478)の援助を受けた。記して感謝致します。

参考文献

- (1) 大竹:点字読み取り中の指先挙動解析,電子情報通信学会学会誌 A74,10, (1991),1576-1585
- (2) 黒田,佐々木,中野,木塚,堀竜:点字サイズが触読効率に及ぼす影響,第 21 回感覚代行シンポジウム発表論文集, (1995),55-58
- (3) 笹田,栗原:ヒトの皮膚の摩擦特性(第 2 報),千葉工業大学研究報告,(1998),45,21-25

(連絡先) 土井幸輝 〒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 koukidoi@akane.waseda.jp

図1 盤面状態・フィルム別の摩擦係数と表面粗さの計測結果
Fig.1 Coefficient of friction and arithmetical mean deviation of the profile on base materials

図2 点字触読評価実験結果
Fig.2 Result of reading speed and error rate