

重なり合う文字の触認識

Tactile recognition of overlapped characters

大倉 元宏・池上 敦子 (成蹊大学理工学部)

長谷川 誠・田仲慶次郎 (成蹊大学大学院理工学研究科)

相澤 学 (横浜翠陵中学・高等学校)

Motohiro OHKURA , Atsuko IKEGAMI (Faculty of Science & Technology, Seikei University)

Makoto HASEGAWA, Keijiro TANAKA (Graduate School of Science & Technology, Seikei University)

Manabu AIZAWA (Yokohama Suiryo Junior & Senior High School)

要旨：

点図ディスプレイ上に2~4文字のアルファベットを、点が軌跡を残しながら移動する方式で、一部が重なり合うように提示し、アイマスクをした晴眼者、普段全く点字の使用しない視覚障害者、点字をよく使用する視覚障害者に触認識を求めた。また解答に対する主観的自信度も5段階で聴取した。晴眼者と点字非利用の障害者では同時提示文字数が増えるにしたがって触認識の正解率は著しく低下したが、点字利用の障害者では有意な低下はみられず、普段の触覚利用の頻度の影響が示唆された。しかしながら、自信度は点字利用者でも同時提示文字数が増えると、著しい低下がみられ、重なり合った文字の触認識の難しさをうかがわせた。

キーワード： 触認識, 重なり合う文字, 点図ディスプレイ

Abstract

Participants were asked to recognize two, three or four alphabetic characters that are partly overlapped and concurrently presented on a tactile graphic display. The participants consisted of blind-folded sighted students, visually impaired persons who seldom read Braille (non-Braille users) , and visually impaired persons who read Braille frequently (Braille users) . The participants were also asked to subjectively rate their confidence in their answers based on a five-point scale. Results showed that recognition accuracies for the sighted students and non-Braille users decreased with increasing number of concurrently presented characters, while the accuracy for the Braille users did not decrease significantly. It was suggested that intensive use of haptic sensing in daily life affects recognition accuracy. However, even for the Braille users, their confidence rating decreased significantly with increasing number of overlapped and concurrently presented characters. It was considered that tactile recognition of overlapped characters requires a lot of effort.

Key Words: tactile pattern recognition, overlapped characters, a tactile graphic display

1. はじめに

1.1. 研究の動機

本研究のきっかけは、あるアプリケーションソフトの企画段階での疑問であった。そのアプリケーションは、ブラインドサッカーにおける練習中の選手の動き（移動軌跡）を、比較的短い時間後に、触覚パターンとして本人たちに伝えるもので、チームプレーの向上に寄与するねらいがあった。触覚パターンを提示する装置として点図ディスプレイを使用することとした。点図ディスプレイとは視覚障害者に対して図形情報を点図の形でリアルタイムに表示できる視覚代行器であり、パーソナルコンピュータの操作支援、図形学習、墨字学習、画像触読、アミューズメント分野などに応用されている（Watanabe et.al., 2002; 篠原ら, 2004; 山本ら, 2007; 内田ら, 2007; 韓, 2010）。ここで疑問となったのは、複数の選手が同時に練習した場合、移動軌跡はオーバラップするが、果たして各人の軌跡を区別して触認識可能かということであった。そこで、アプリケーションソフトの開発から離れ、まずはこのような状況下における触認識について調べてみることにした。

1.2. 先行研究と本研究の目的

視覚代行の検討において、触覚によるパターン認識の研究は古くから行われてきた。和気(1984)により、先行研究を概観すると、以下のようなものである。

- ・ オプタコンを使ったアルファベットの読みでは、先天と後天盲の違い、年齢や失明時期により、読みの速度に差があった。
- ・ 2名の先天盲を対象にしてTVSS (Tactile Vision Substitution System; 視-触覚変換器)により、26文字のアルファベットを提示したところ、試行が進むにつれて正答率が向上

した。

- ・ 先天盲、後天盲と晴眼者の比較では、触覚の解像力ではほとんど差がみられないが、パターン知覚や文字の判読では後天盲や晴眼者に比べて先天盲が優れており、触覚の利用経験の違いに起因するものと考えられた。
- ・ 触覚刺激の提示法には、手が固定で刺激が振動あるいは移動する場合（受動的触知覚）とその逆に、刺激が固定で手が動く場合（能動的触知覚）があり、日常の触認識体験では後者が重要な役割を果たすが、受動的触知覚においてもオプタコンやTVSSのようにカメラを動かすという操作が加わると能動的触知覚に近づき、両者の区別があいまいになる。
- ・ 刺激パターンにおける静止像と移動像の比較では、後者のほうが触知覚には有利であるが、顕著な差はない。
- ・ TVSSを用いて、(1)文字全体を静止像で、(2)文字全体を移動像で、(3)文字を固定し、スリットを動かして文字を一部ずつ、(4)スリットを固定し、文字全体を動かして文字を一部ずつ、の4種のモードでアルファベット26文字を提示したところ、スリットを設けて文字を一部ずつ提示するほうが文字全体を提示するより正答率は高く、加えて、(1)と(2)の比較ではわずかにであるが、(2)のモードが優れていた。
- ・ 片仮名を使って上記と同様のことを調べたところ、文字全体を静止像または移動像で提示するより、筆順提示やランダム提示モードで文字を一部ずつ提示するほうが読みの成績は高かった。
また、清水ら(1987)はウォータージェット装置により平仮名11文字を大きさ(高さ: 10、17、24、34mm)や点の動く速度(4、8、12、20、30mm/s)を変えて一筆書きで前額部に提示したところ、正答率には速度は関係なく、大きさの効果が顕著で、大きいほど正答率

は上昇したことを示した。最近の研究でも、土井ら（2011）は大きさの異なる浮き出し数字の触読において縦の大きさが16mmを越えると100%の正答率であったことを報告した。

これまでの研究の知見は、触覚によるパターン認識は慣れの影響が大きく、文字全体ではなく、一部ずつ提示したほうが望ましく、加えて大きいほど正答率は高いとまとめられる。ところが従来の研究ではいずれもアルファベット、数字もしくは片仮名、平仮名を1文字ずつ提示して触認識を求めており、複数のパターンを同時に重なるように提示する場合については検討されていない。逆にいえば、応用においてパターンが重なるというような場面は想定されなかったのかもしれない。そこで本研究では、その検討の第一歩として、アルファベットを対象に複数の文字を同時に重なるように提示し、どのくらい触認識が可能かを調べた。実際のブラインドサッカーにおける移動軌跡ではなく、アルファベットを利用したのは実験の手続きをシンプルにするためと一筆書きしやすい文字が多いことによる。

重なる文字を触認識するという状況は日常生活では想定しにくいだが、アルファベットの墨字パターンの学習において、遊びの要素を取り入れたクイズとしての応用可能性が本研究の結果から検討できる。また、アルファベットを曲線や直線と考えれば、数学において関数形やある曲線と直線に囲まれる図形などの学習への利用も考えられる。

2. 方法

2.1. 実験参加者

実験参加者は、晴眼の大学生15名（全員男、平均年齢22.4歳）と視覚障害者11名（男8、女3、平均年齢32.8歳）であった。晴眼、視覚障害参加者とも全員アルファベットの視覚イメージを有しており、視覚障害参加者のうち4名は日常的に点字を利用していた。以下、日常的に点字を利用している者を点字利用者、それ以外を点字非利用者とよぶ。条件を同じにするため、実験中、すべての参加者にはアイマスクを着用させた。

2.2. 実験手続

一筆書き可能なアルファベットのなかから、構成要素を考慮して、直線のみから構成されるL、Z、V、曲線のみS、C、両者の組み合わせのD、P、Bの8つを選定した。8つの中から2、3、4つの文字を同時に提示する場合をそれぞれ文字2、3、4条件とし、各文字条件とも15通りの文字の組み合わせを提示することとした。文字2、3、4条件において文字の組み合わせはそれぞれ28、56、70通りあるが、前述のように8つのアルファベットはその構成要素により3つの種類に分けられるので、それぞれの種類に属する文字ができるだけ均等に出現するように15通りを選定した。結果的に文字2条件ではL、Dが3回ずつ、Z、V、S、C、P、Bが4回ずつ、文字3条件では、V、C、Bが5回ずつ、L、Z、S、D、Pが6回ずつ、文字4条件ではV、S、D、Pが7回ずつ、L、Z、C、Bが8回ずつ出現した。最大の同時提示文字数を4とした理由は予備的な検討（田仲、2011）においてこのあたりが限界と判断されたためであった。

本研究で用いた点図ディスプレイ（Dot View DV-2、KGS CORPORATION）の表示部には横48×縦32、合計1536のピンが2.4mmピッチで配置されている。その表示部に縦約5cm、横約10cmの長方形の枠をあらかじめ設定し、枠内に文字を提示した。文字の大きさは外接矩形枠でみて、最も小さいのがZの縦2.5cm×横2.6cm、最も大きいものがPの3.9cm×2.4cmで、清水ら（1987）や土井ら（2011）の研究結果を参考に比較的大きく設定した。複数を同時に提示した場合の重なりを程度を考慮して、アルファベットは一般的な向きからそれぞれ何度か回転させたが、その範囲は -100° ～ 165° であった。文字ごとの回転角は固定で、複数を同時に提示した場合でも目視による読みは可能であった。一例を図1に示す。

提示方法は、軌跡モードで、複数の文字について同じ点から同時に描画を開始し、7秒後に同時に描画を終了するようにした。したがって、描画速度は文字ごとに異なり、7.5～



図1 点図ディスプレイ上に同時提示されたアルファベットの例(B、C、P、Z)

15.8mm/sであった。ここで軌跡モードとはある点が軌跡を残しながら移動して文字を提示していく方法である。予備的な検討(田仲、2011)において、軌跡モードと筆順モード(軌跡を残さないで移動点のみで文字を提示する)で正解率を比較したところ、軌跡モードの成績が高かったため、このモードを採用した。

実験参加者に実験の目的と概要を説明してインフォームド・コンセントを得たのち、アイマスクを着用させ、練習を行った。練習では、8つのアルファベットを1回ずつ、軌跡モードで提示し、確認してもらった。本試行では順序効果を避けるために実験参加者の約半数には文字2、3、4条件の順に、残りの参加者には文字2、4、3条件の順に15通りの文字の組み合わせをランダムに提示した。触認識に際し、実験参加者は描画開始点に両手の人差し指を置き、移動点をその指で追いかけた。

実験参加者には文字の提示終了後に文字の名称とその解答に対する自信度を5段階(1.非常に自信がない、2.自信がない、3.どちらともいえない、4.自信がある、5.非常に自信がある)で答えてもらった。自信度は解答した全ての文字を総合したものとし、文字の名称を答えることができなかった場合は聴取しなかった。文字名称と自信度の解答があるまでは点図ディスプレイ上に静止像が継続提示された。触認識の時間制限は設けなかったが、全ての試行

において描画を開始した時点から実験参加者が文字の名称を解答し終えた時点までを応答時間として計測した。また、疲労効果を避けるために文字条件間には必ず3分程度の休憩をはさんだ。

なお、本研究の実施については成蹊大学研究倫理委員会の承認を得た。

3. 結果

3.1. 文字別の正解率

図2は晴眼者、点字非利用者、点字利用者に分けて、文字2、3、4条件における文字別の正解率を示したものである。それぞれの条件において正解率の範囲をみると、文字2条件では晴眼者、点字非利用者、点字利用者でそれぞれ57.8～17.8%、61.7～14.3%、100.0～62.5%、文字3条件ではそれぞれ24.0～12.2%、31.0～11.9%、87.5～54.2%、文字4条件ではそれぞれ9.2～3.8%、10.7～6.1%、75.0～46.4%であった。晴眼者と点字非利用者の結果は類似していた。すなわち、どの文字においても提示文字数が増えるにつれ、正解率は急激に低下し、各文字条件における文字の正解率のパターンも比較的似ていた。点字利用者でもおおむねどの文字においても提示文字数が増えると正解率は低下したが、その程度は晴眼者や点字非利用者ほどではなかった。

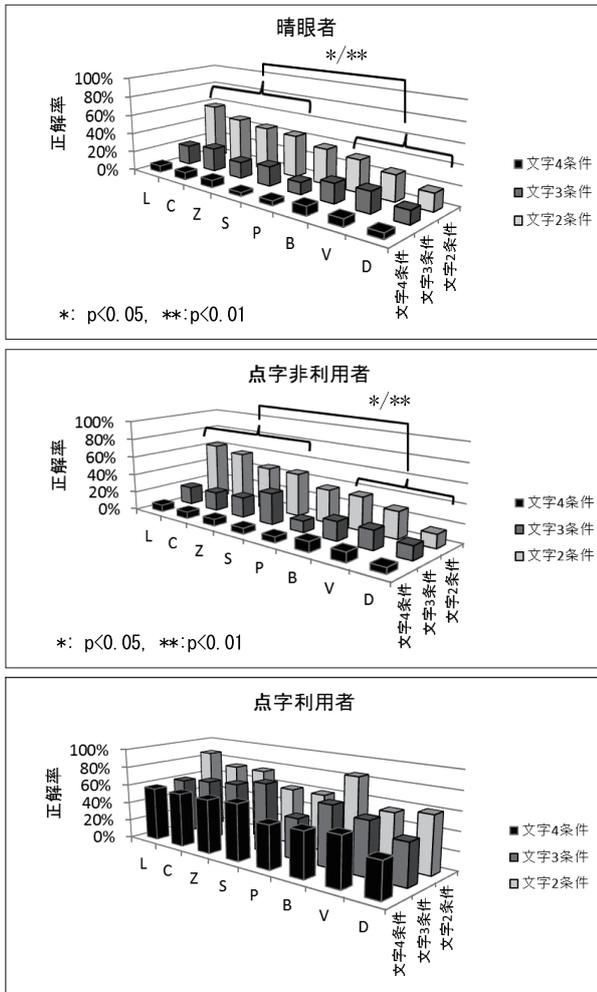


図2 3つの実験参加者群における8つの文字別の正解率

それぞれの参加者群において、正解率に関して8つの文字を要因とする一元配置分散分析を行ったところ、晴眼者と点字非利用者の文字2条件において有意な影響が認められた（晴眼者 $F(7,112) = 2.7956$, $p < 0.05$; 点字非利用者

$F(7,48) = 3.0561$, $p < 0.01$ ）。多重比較 (Fisherの最小有意差法) によると、両者とも文字L、Z、S、Cに比べてD、B、Vの正解率の劣ることが示された ($p < 0.05 \sim 0.01$)。

3.2. 文字条件別の正解率

各文字条件別の正解はすべての文字が合うこととした。図3は晴眼者、点字非利用者と点字利用者における文字2、3、4条件での正解率の分布とその平均を示したものである。

晴眼者と点字非利用者の正解率はよく似ていた。すなわち、晴眼者の文字2、3、4条件の平均正解率はそれぞれ38.6%、18.2%、6.7%、と点字非利用者ではそれぞれ41.0%、18.1%、7.6%であり、提示文字数が増えるにしたがって急激に正解率が低下し、また、文字2、3条件は同4条件に比べてバラツキが大きかった。それに対して、点字利用者ではそれぞれ80.0%、71.7%、65.0%で、提示文字数が増えても正解率は比較的高く、しかもバラツキは一定していた。

文字条件を要因とする一元配置分散分析において、晴眼者と点字非利用者には有意な影響がみられたので（晴眼者 $F(2,42) = 11.2072$, $p < 0.01$; 点字非利用者 $F(2,18) = 8.6577$, $p < 0.01$ ）、多重比較を行ったところ、両参加者群とも文字2条件は3条件（晴眼者のみ $p < 0.01$ 、他は $p < 0.01$ ）および4条件（すべて $p < 0.01$ ）よりも有意に正解率が高かった。

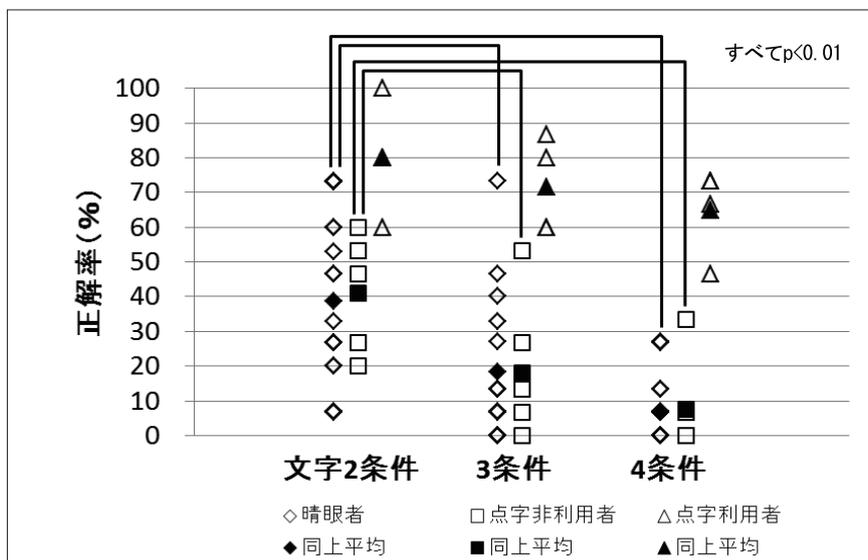


図3 同時提示文字数と正解率

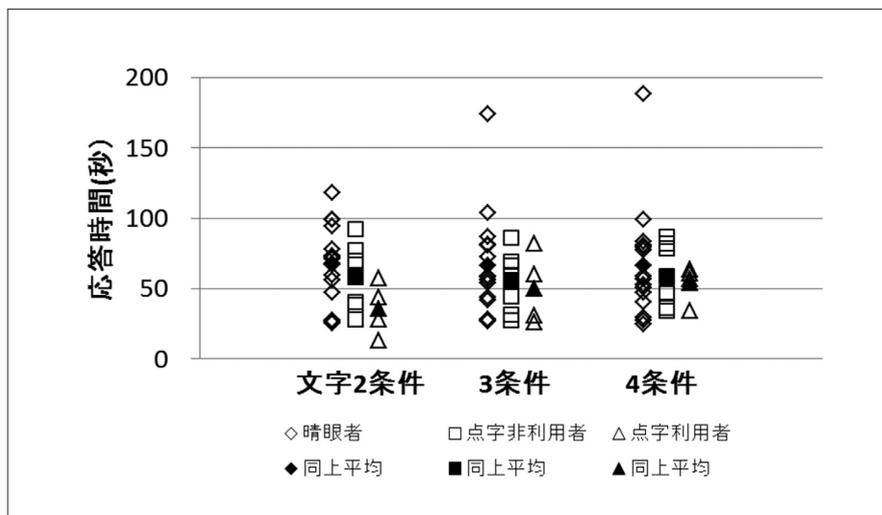


図5 同時提示文字数と応答時間

($p < 0.05$)、点字利用者の応答時間が短かった。

4. 考察

8つのアルファベットを使用した各文字の触認識の難易は実験参加者群や同時提示文字数によって変化はなかった。

同時提示文字数が増えると、晴眼者と点字非利用者において正解率が低下したが、点字利用者ではそれがみられなかった。また、点字利用者は他の参加者群に比べて正解率が高く、難易度の最も高い、同時提示文字数が4のときでも平均65.0%を保った。普段の触覚の利用頻度が反映したものと考えられる。この知見は、和気(1984)に紹介されている先行研究の結果とも符合する。

同時提示文字数は自信度にも影響を及ぼした。すなわち、どの参加者群でも文字2条件に比べて4条件のほうの自信度が低かった。点字利用者は提示文字数が増えても他の参加者群ほど正解率は下がらなかったが、主観的な難しさは増加すると考えられる。

応答時間はおおむね1分前後で、提示文字数に依存せず、一部を除いて参加者群の間でも差はなかった。これは予想外の結果であったが、課題の難易に関わらず、パターンの触認識では1分前後に一連続の限界があるのかもしれない。

以上の知見は、重ねたアルファベットの触認識がその墨字パターンの学習における遊びの要素を取り入れたクイズへ応用できることを示唆

している。また、適当な曲線や直線を使うことで数学における関数形や図形等の学習への利用も可能であろう。ただし、その際には、学習者の普段の触覚経験の程度によって、同時に提示する文字数、もしくは曲線や直線の数を考慮しなければならない。アルファベットを重ねる場合、同時に提示する数の目安は最大4程度と考えられ、これ以上増やすのは正解率からみて実用的ではない。また、1問あたりの許容時間は1分程度が適当と考えられるが、これについては今後検討を要する。

本研究のきっかけとなったブラインドサッカーでは、攻撃におけるフォーメーションやサインプレーの練習において、本研究で用いた文字パターンの動きがあり得る。例えば、タッチラインに沿って敵陣深くまでドリブルし、90°方向転換をしてゴール前に向かうのはL、敵陣に入った後、ディフェンスを引き出してスペースをつくるためのスラローム様のドリブルはSといった具合である。このとき他の味方選手はCやV字様の動きをしてディフェンスをはずし、ゴール前に向かうこともある。この点では、本研究の知見はブラインドサッカーの練習にも直接的に寄与できる側面も有している。

しかしながら、フォーメーションやサインプレーの練習を除けば、ブラインドサッカーにおける選手の軌跡は自由形状となる。本実験の経験からすると、複数の自由形状になるとそれらの触認識はきわめて難しく、現実的ではないこ

とが予想される。そのため、移動軌跡の触認識についてはいくつかの定型的なパターンに限定すべきであると考えられる。

ところで、定型的なパターンに限定するにしても、本実験においては文字の重なり具合は固定であった。今後、その重なり具合を変数とした検討を行う必要がある。その際、パターンの要素（主として曲線から構成されるパターンや直線から構成されるパターン）の組合せも考慮に入れなければならない。

5. まとめ

同時に複数提示されるアルファベットについて触認識実験を行った。得られた知見は以下のようにまとめられる。

- 1) 触認識の正確さは普段の触覚の利用頻度に依存した。利用頻度が高いと触認識の正確さも高く、しかも同時提示が4文字までであれば、文字数が増えても正確さはそれほど落ちなかった。ただし、あくまでも各文字の大きさと向きが常に一定という条件下である。
- 2) しかしながら、普段触覚の利用頻度が高くても同時提示文字数が多くなると触認識の主観的困難さは増加した。
- 3) 応答時間は触覚の利用頻度の高い群においてやや短いものの、実験参加者群や同時提示文字数に依らず、おおむね1分前後であった。

謝辞

本研究は成蹊大学理工学研究助成(共同研究)の支援を受けた。

文献

- 1) 土井幸輝, 小林隆雅, 藤本浩志 (2011) 触読初心者における浮き出し文字のサイズが識別容易性に及ぼす影響. 第37回感覚代行シンポジウム論文集, 37-40.
- 2) 韓星民 (2010) 触覚情報処理特性から見た視覚障害者用ハプティックエイド. 下条誠, 前野隆司, 篠田裕之, 佐野明人 (編著), 触覚認識メカニズムと応用技術—触覚センサ・触覚ディスプレイ. サイエンス&テクノロジー株式会社, 東京, 416-427.
- 3) 清水豊, 和気典二 (1987) 感覚代行のための一筆書きによる文字の触認識. 人間工学, 19(1), 91-97.
- 4) 篠原正美, 下条誠, 谷井通世, 清水豊 (2004) 直接走査型触覚ディスプレイ (I) —概要, 問題点および解消方策. 第30回感覚代行シンポジウム論文集, 117-120.
- 5) 田仲慶次郎, 池上敦子, 大倉元宏 (2011) 点図ディスプレイに提示する文字の数と触認識. 平成23年度日本経営工学会春季大会予稿集, 232-233.
- 6) 内田優典, 山本卓, 島田茂伸, 篠原正美, 下条誠, 清水豊 (2007) 音声支援による触パターン情報の伝達. 第33回感覚代行シンポジウム論文集, 51-54.
- 7) 和気典二 (1984) 知的活動の補助. 市川宏・大頭仁・鳥居修晃・和気典二 (編著), 視覚障害とその代行技術. 名古屋大学出版会, 名古屋, 171-228.
- 8) Watanabe, T., Kobayashi, M. (2002) A Prototype of the Freely Rewritable Tactile Drawing System for Persons Who Are Blind. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, June, 460-464.
- 9) 山本卓, 内田優典, 島田茂伸, 篠原正美, 下条誠, 清水豊 (2007) ダイレクトタッチ型触覚グラフィックディスプレイのインターフェース設計. 第33回感覚代行シンポジウム論文集, 47-50.