

触地図上で発見しやすい触知記号の大きさ —一点字経験者と未経験者を対象にした検討—

Easy Detectable Symbol's Size in Tactile Maps: A Study with Persons Familiar and Unfamiliar with Braille

石橋 和也 (東京大学大学院総合文化研究科)
嘉幡 貴至 (神戸大学大学院人文学研究科)
小田 剛 (神戸大学大学院医学研究科、神戸視力障害センター)
渡部 謙 (東京エレクトロン宮城)
渡辺 哲也 (新潟大学工学部福祉人間工学科)
高岡 裕 (神戸大学医学部附属病院、神戸大学大学院医学研究科)
喜多 伸一 (神戸大学大学院人文学研究科)

Kazuya ISHIBASHI (Graduate School of Arts and Sciences, the University of Tokyo)
Takashi KABATA (Graduate School of Humanities, Kobe University)
Tsuyoshi ODA (Graduate School of Medicine, Kobe University, Kobe Rehabilitation Center for the Visually Disabled)
Ken WATANABE (Tokyo Electron Miyagi Ltd)
Tetsuya WATANABE (Department of Biocybernetics, Faculty of Engineering, Niigata University)
Yutaka TAKAOKA (Kobe University Hospital, Graduate School of Medicine, Kobe University)
Shinichi KITA (Graduate School of Humanities, Kobe University)

要旨：

触地図内で発見しやすい触知記号を作成することは、触地図の使いやすさを向上させるために重要である。本研究では、点図触地図上で発見しやすい記号を定量的なデータに基づいて提案するために、記号を発見するまでの反応時間を指標とした触覚探索課題を行った。実験では大きさの異なる三つの記号(直径3.0mm、7.6mm、9.0mm)を作成し、それらの探索にかかる反応時間を測定した。視覚障がい者と点字に慣れていない晴眼者を対象にして行った実験の結果、点図触地図で多く用いられる直径3.0mmの点よりも、直径9.0mmの円のほうが速く探索できることが分かった。この結果は、点字に対する慣れの有無にかかわらず、点図触地図上で重要な場所(例えば、出発地・目的地)を示す記号には、従来の点図触地図で用いられていた直径3.0mm程度の小さな点ではなく、直径9.0mm程度の大きな円を使用することが望ましいことを示唆する。

キーワード：触地図、点字、触覚探索、視覚障がい者、晴眼者

Abstracts

To improve the usability of tactile maps, it is necessary to create easily detectable symbols in tactile maps. To propose easily detectable symbols in embossed tactile maps, we created three

symbols whose diameters were different (3.0mm, 7.6mm, 9.0mm), and measured search times for each symbol as an index of search efficiency. We conducted haptic search experiments with persons who are familiar (visually impaired persons) and unfamiliar (sighted persons) with Braille, and participants found 9.0mm symbols faster than 3.0mm symbols. These results suggest that it should be good to use 9.0mm symbols rather than 3.0mm symbols as important places when tactile maps are created, regardless of the familiarity of Braille.

Key Words : tactile map, Braille, haptic search, visually impaired person, sighted person

1. まえがき

1.1 触地図

触地図とは、視覚障がい者が触覚を用いて空間認知を行うための地図のことである。触地図には、駅などの公共施設に設置されている据え置き型のものと、持ち運びができる冊子型のものがある（日本工業標準調査会，2007）。冊子型の触地図は持ち運びができるため、視覚障がい者が移動する前に、自宅などでゆっくりと地図を読むのに適している。このように、冊子型の触地図は視覚障がい者の空間認知にとって有効性が高いと考えられるが、その作成にはいくつかの問題点がある。触地図の作成にあたっては知識と経験が必要とされるが、この作業が可能な人は多くない。また、触地図の作成の経験者であっても、その作成には時間がかかる。このため、急な外出などの際には触地図の作成が間に合わないなどの問題点がある。このような問題点を解消するためには、視覚障がい者自身が、短時間で簡単に触地図を作成できるシステムが必要である。このようなニーズにこたえるために、近年では、視覚障がい者が自分自身で任意の地点の地図を作製できるシステムが開発されつつある。

1.2 TMACS

視覚障がい者が自分自身で任意の地点の地図を作製できるシステムの一つとしては、Tactile Map Automated Creation System (TMACS) があげられる（渡辺ら，2011；渡部ら，2012）。TMACS は、コンピュータで触地図を自動作成する国内外のシステム（国土交通省地理院，2006；Miele & Gilden，2004）を参考にして開発されたものであり、点字プリ

ンタ、若しくは立体コピーを使用して触地図を作製する。これらの中でも点字プリンタを用いて作成した点図触地図にはいくつかの利点がある。点図は視覚障がい者向けの点字教科書や教材に活用されており、その教育を受けた視覚障がい者は点図に慣れている。また、公共の施設では整備済みの点字プリンタを活用できることが多い。それに加えて、点字印刷のための点字プリンタを自ら操作する視覚障がい者もいる。このように点字プリンタを用いて作成した地図には、視覚障がい者にとっていくつかの利点がある。

TMACS は、点図に適した形式で地図画像を生成する Web サーバープログラムと、地図画像ファイルを読み込んで点字プリンタで印刷する点図印刷プログラムから構成される。点図印刷プログラムは、最初に地図記号を全て点の並びで表現し、次にその画像ファイルを読み込んで点字プリンタにプロットさせる（詳細については、渡部ら（2012）を参照のこと）。

1.3 問題点

TMACS の開発では、点図作成技法に関する過去の文献（加藤・山本，2007；長尾・畑中，2005；日本点字図書館点字制作課，1988）を参考に、出発地・目的地などを示す記号の形状を決定した（渡部ら，2012）。しかし、これらの記号の形状は経験的に用いられていたものであり、その見つけやすさを定量的に検証したデータは過去の文献には示されていない。そこで渡部ら（2012）は、視覚障がい者の若年群（平均年齢 19.8 歳）と高齢群（平均年齢 62.0 歳）を対象に、点図触地図における記号の見つけやすさを定量的なデータで示すための実験を行った。この研究では、TMACS を用い

て点図触地図を作成する際に、道路は小点（直径0.8mm）と中点（同1.5mm）と大点（同1.7mm）によって表現した。また、小点を円環状に並べた直径7.6mmの記号で出発地を表し、その中に中点があるもので目的地を表した。

実験では、目的地・出発地（標的）の見つけやすさを、標的を発見するまでの反応時間を指標にして評価した。その結果、方眼座標を付与し探索の手がかりとした場合も、若年群で37秒程度の反応時間がかかることがわかった。渡部ら（2012）はこの結果から、道路を示す記号と同じ小点で出発地と目的地を構成する場合、記号の形状（円形）だけを手がかりに探索することは困難である可能性を指摘している。

1.4 本研究の目的

上述のように、点図触地図上の記号の見つけやすさを定量的に検証した実験はあまり多くない。そこで本研究では、視覚障がい者が点図触地図上で見つけやすい記号を、定量的なデータに基づいて提案することを目指す。点図触地図上で見つけやすい記号の提案にあたっては、ヒトの知覚特性に関する知見を援用することにした。

1.5 ヒトの知覚特性

先行研究は、受動的な触覚探索において、非常に効率的な探索が可能となる属性が存在することを報告している（Lederman & Klatzky, 1997）。Lederman & Klatzky (1997) は、視覚の情報処理過程を調べるためによく用いられる視覚探索課題（レビューとして、Wolfe (1998)）を応用して触覚探索課題を行った。視覚探索では、実験参加者は定義された標的をそれ以外の妨害刺激の中から探すことが求められる。視覚探索課題では、標的が妨害刺激と大きく異なる場合は（例えば、赤線分の中から、緑線分を探す場合）、標的の探索が非常に効率的に行われ、あたかも標的が「ポップアウト」しているかのように見えることがある（レビューとして、Treisman & Gormican (1988)）。彼女らはいくつかの触覚探索実験を行い、触覚探索の場合も視覚探索と同様に、非常に効率的な探索が可能となる属性を持つ標的が存在することを報告している（Lederman & Klatzky,

1997）。

1.6 見つけやすい記号の候補

本研究では、点図触地図上で見つけやすい記号の候補として、三つの記号を作成した。一つ目は、点図触地図上では使われていない記号である直径3.0mmの点である。また二つ目は、先行研究（渡部ら, 2012）で出発地を示す記号として使用されていた直径7.6mmの円である。最後に三つ目の記号として、先行研究（渡部ら, 2012）で利用されていた直径7.6mmの円と比較してより大きい記号である直径9.0mmの円を作成した。

本研究では、触地図上で見つけやすい記号の候補として、点図触地図上では使われていない直径3.0mmの点を作成した。視覚探索では、標的と妨害刺激の類似度が低いほど、標的の発見が容易になる（レビューとして、Wolfe (1994)）。触地図の作成でも経験的にこの知見が応用されており、亜鉛盤製版による点図触地図では、地図内で使用される点とは異なる直径3.0mm程度の大きさの点が、注意を引く記号として用いられる。そこで亜鉛盤製版による点図触地図作成方法に倣い、本研究では直径3.0mmの点を見つけやすい記号の候補として選定した。先行研究は、道路と標的が同じ点で作成された場合に、標的の発見が困難になる可能性を指摘している（渡部ら, 2012）。一方で、本研究で提案する直径3.0mm程度の点は点図触地図上では使われておらず、この点からも直径3.0mmの点が点図触地図上では見つけやすいことが予測される。しかし今回の実験で用いる点字プリンタ（ESA 721 ver' 95、JTR社製）の点径は限られており、そのままでは直径3.0mmの点を作ることができない。そこで今回の実験では、中心に大点（1.7mm）を打ち、さらに1ピクセル空けて周りを囲むように四つの大点を打ち、隙間なく全体を盛り上げることで直径3.0mmの点（以下、"Small"）を作成した。

本研究ではさらに、先行研究（渡部ら, 2012）で利用されていた記号（直径7.6mmの円：以下、"Medium"）と比較してより大きい記号を、見つけやすい記号の候補として作成

した。視覚探索では、標的の色、動き、方位、大きさなどが妨害刺激と大きく異なる場合に、効率が良い探索が可能となる(レビューとして、Wolfe & Horowitz (2004))。こういった属性を持つ標的は、触覚探索でも見つけやすい可能性がある。しかしこれらの属性の中で、点図触地図上で使用可能である属性は、方位、若しくは大きさのみである。この中で方位属性は道路を示す際にも使われるため、点図触地図上で見つけやすい属性であるとは考えづらい。そこで本研究では標的の大きさの属性に注目し、先行研究(渡部ら, 2012)で利用されていた記号よりも大きい記号を、見つけやすい記号の候補として作成することにした(直径9.0mmの円:以下、“Large”)

2. 実験 1

実験1では、三つの異なる標的(Small、Medium、Large)を用いた触覚探索実験を行った。標的の見つけやすさの指標としては、それぞれの標的の探索にかかる反応時間を用いた。実験1では、視覚障がい者を対象に実験を行い、見つけやすい記号が三つの標的のうちどれであるかを検討した。

2.1 方法

2.1.1 実験用点図触地図

本研究で用いた点図触地図の例を図1に示す。先行研究で開発されたTMACS、及び点字プリンタESA 721 ver'95(JTR社製)を用いて、目的地を示す記号(標的)と道路のみで構成される点図触地図(横28cm x 縦24cm)を作製

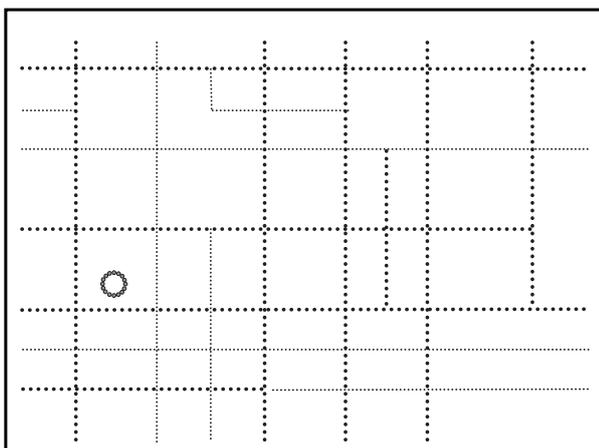


図1 本研究で用いた点図触地図の例

した。本研究では、標的の見つけやすさを調べるために、統制として標的以外の記号は表記しなかった。また実験では、道路の複雑性を統制するために、道路の形が基盤目状となっている都市の地図のみを使用した。また標的は地図ごとにランダムな位置に配置した。

本研究で使用した標的を図2に示す。道路を示す記号としては、1点の大きさが約1.5mmの midpoint と、1点の大きさが約0.8mmの小点を用いた。標的には約3.0mmの1点のみで構成される記号(Small)と、0.8mmの小点を円環状に24個並べた約7.6mmの大きさの記号(Medium)、1.5mmの midpoint を円環状に17個並べた約9.0mmの大きさの点の記号(Large)を用いた。

2.1.2 実験参加者

点字の触読経験を持つ、触覚と運動機能に障害がない視覚障がい者9名が実験に参加した(19歳から49歳、平均年齢32.7歳、標準偏差12.7歳;女性2名、男性7名)。実験参加者のうち5名は全盲、4名は弱視であった。実験参加者のうち2名は点字を日常的に使用しており、その他の7名も点字習得のための講義を半年間以上受けていた。

2.1.3 手続き

本研究では、課題の制御、反応時間の測定等は全て心理学実験ソフトE-prime2.0

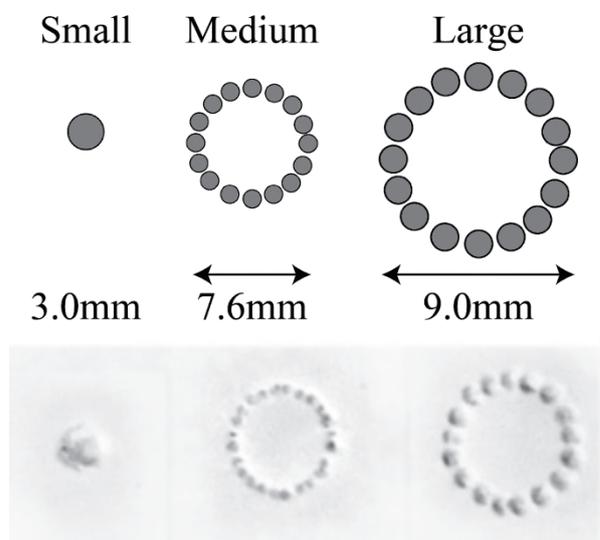


図2 本研究で用いた標的。
(上) 模式図、(下) 実際の図

(Psychology Software Tools 社製) を用いて行った。

実際の実験風景を図3に示す。触地図は実験参加者の前の机の上に動かないように置かれた。実験参加者は目隠しをした状態で利き手の人差し指のみを使い、その触地図上から標的を探索した。この制限は、実験参加者の探索戦略を統制するために行った。実験参加者は探索の際に、非利き手にマウスを持ち、そのマウスを使用することで標的の有無を回答した。実験参加者はなるべく速く正確に標的の有無を回答するように求められていた。実験では、それぞれの試行の最初に課題が始まることを伝える音が鳴った。その後、実験参加者がマウスをクリックすると同時に、実験参加者は標的の探索を開始した。その際に、標的の探索開始位置は自由であった。実験参加者は、標的を発見した場合は左クリックし、標的がないと判断した場合は右クリックを行った。実験参加者の回答後、その回答の正解・不正解のフィードバックを、音を鳴らして実験参加者に伝えた。

実験では、Small、Medium、Large の標的ごとに30回の試行を行った。実験は、Small条件、Medium条件、Large条件ごとにブロック化して行った。各ブロックの前に、実験参加者はそのブロックにおける標的を触って確認した。カウンターバランスをとるため、実験参加者ごと



図3 実際の実験風景

にブロックの順序を変化させた。30回の試行のうち27試行では標的が存在し、キャッチトライアルとして設けた3試行では標的が存在しなかった。30回の試行の系列は、実験参加者ごとにランダムに変化させた。

2.1.4 分析方法

30試行のうちの最初の10試行は練習試行として分析から除外した。反応時間の分析には、標的が存在試行時の正答試行（ヒット試行）のみを用いた。標的不在試行時の正答試行（正棄却試行）の反応時間は、見つけやすさ以外の要因によっても大きく変化することがこれまでの視覚探索研究で報告されている（例として、Ishibashi et al. (2012)）。そこで、今回の研究では正棄却試行時の反応時間は分析の対象としなかった。1秒以下の反応時間であった試行は外れ値として分析から除外した。反応時間の分析では、反応時間が特に長い実験参加者のデータを外れ値とみなし（平均反応時間+2標準偏差を超える反応時間の条件があった実験参加者）、そのデータを分析から除外することにした。また正答率の分析には標的が存在試行のみを用いた。

2.2 結果

468回のヒット試行のうち、1試行を外れ値として分析から除外した。次に9人のデータの平均反応時間と標準偏差を条件ごとに算出した。その結果外れ値となった1名のデータを分析から除外し、残りの8名分のデータを分析には用いた。

8名の実験参加者の平均反応時間を図4に示す。Small条件の反応時間は35.6秒（標準誤差 = 3.1）、Medium条件では22.8秒（標準誤差 = 3.6）、Large条件では19.3秒（標準誤差 = 2.3）であり、標的の大きさによって反応時間が有意に変化した ($F(2, 14) = 28.00, p < .001$)。Ryan法による多重比較の結果、Small条件とMedium条件の間 ($p < .05$)、Small条件とLarge条件の間 ($p < .05$) に有意な差が見られ、Medium条件、Large条件の場合に、Small条件と比較して有意に反応時間が短縮した。Medium条件とLarge条件の間には有意な差は見られなかった ($p > .05$)。

8名の実験参加者の平均正答率を図4に示す。Small条件の正答率は.93（標準誤差 = .03）、Medium条件では.99（標準誤差 = .01）、Large条件では.97（標準誤差 = .02）であり、標的の大きさによって正答率が有意に変化した（ $F(2, 14) = 4.91, p = .024$ ）。Ryan法による多重比較の結果、Small条件とMedium条件の間（ $p < .05$ ）に有意な差が見られ、Small条件の場合に、Medium条件と比較して有意に正答率が低下した。Small条件とLarge条件の間（ $p > .05$ ）、Medium条件とLarge条件の間には有意な差が見られなかった（ $p > .05$ ）。この結果は、Medium条件、Large条件での反応時間の短縮が、正答率を犠牲にした結果（speed-accuracy tradeoff）ではないことを示す。

2.3 考察

実験1では、視覚障がい者を対象に3種類の標的を用いた触覚探索実験を行った。実験の結果、Small条件と比較して、Medium条件・Large条件の場合に反応時間が短縮した。この結果は、小さい標的（Small条件）と比較すると、大きな標的（Medium条件、Large条件）のほうが点図触地図上で見つけやすいことを示唆する。この結果は、点図触地図上で出発地や目的地といった重要な場所を示す記号には、亜鉛盤製版の点図触地図で使用されている

直径3.0mmの点ではなく、それ以上に大きい7.6mmや9.0mmの点を使用することが望ましいことを示唆する。

3. 実験2

実験1の結果、点図触地図上では、亜鉛盤製版による点図触地図で良く用いられる3.0mmの点よりも、7.6mmや9.0mmの円のほうが見つけやすいことがわかった。この大きい記号が見つけやすいという触覚特性は、点字を使用する視覚障がい者に特有なのだろうか。先行研究は、晴眼者で見られる加齢による触覚の感度の低下が、点字を利用する視覚障がい者では見られないことを報告している（Legge et al., 2008）。またその他の研究は、点字を日常的に使用する視覚障がい者は、そうでない視覚障がい者と比較して触覚の感度が高いことを報告している（Wong et al., 2011）。このように点字を日常的に使用する視覚障がい者は、そうでない視覚障がい者と比較して触覚の感度が優れており、この違いによって7.6mmや9.0mmの円のほうが見つけやすくなった可能性がある。しかし、全ての視覚障がい者にとって見つけやすい記号を提案するためには、点字に対する慣れない場合も、7.6mmや9.0mmの円の探索が容易であることを示す必要がある。そこで実験2では、点字に対する慣れの統制が容易

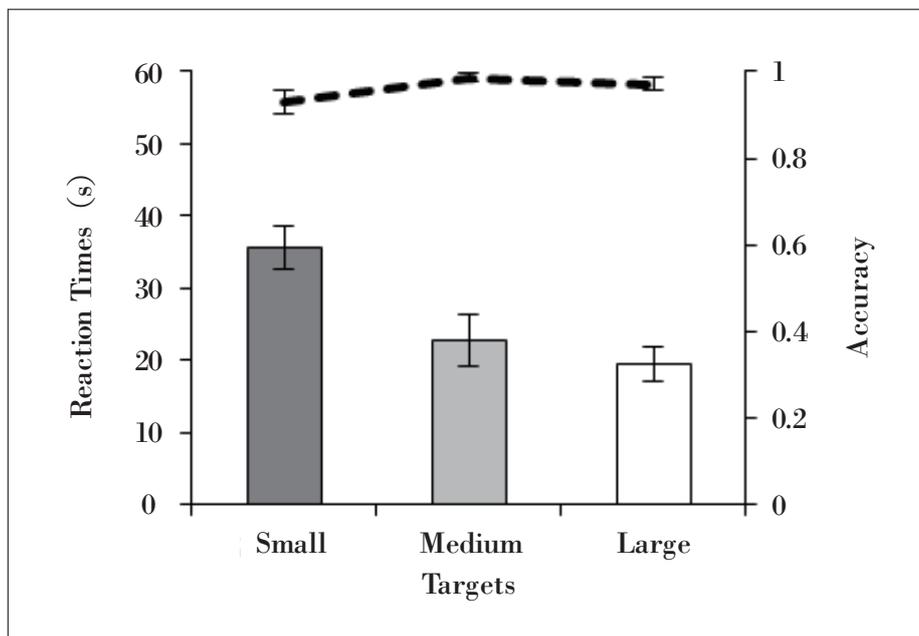


図4 実験1の反応時間（棒グラフ）と正答率（破線）。エラーバーは±1標準誤差を示す。

である晴眼者を対象にして同様の実験を行うことにした。

3.1 方法

3.1.1 実験用点図触地図

実験 1 と同様の点図触地図を用いた。

3.1.2 実験参加者

点字の触読経験がなく、触覚と運動機能に障害がない晴眼者 20 名が実験に参加した (19 歳から 27 歳、平均年齢 22.7 歳、標準偏差 2.1 歳; 女性 8 名、男性 12 名)。

3.1.3 手続き

実験 1 と同様の手続きで実験を行った。

3.1.3 分析方法

実験 1 と同様の分析方法を用いて、外れ値の除去、及び反応時間の分析を行った。

3.2 結果

923 回のヒット試行のうち、1 試行を外れ値として分析から除外した。次に 20 人のデータの平均反応時間と標準偏差を条件ごとに算出した。その結果外れ値となった 3 名のデータを分析から除外し、残りの 17 名分のデータを分析には用いた。

17 名の実験参加者の平均反応時間を **図 5** に示す。Small 条件の反応時間は 36.4 秒 (標準誤差 = 2.9)、Medium 条件では 32.6 秒 (標準誤差 = 3.2)、Large 条件では 25.5 秒 (標準誤差 = 3.1) であり、標的の大きさによって反応

時間が有意に変化した ($F(2, 32) = 8.87, p < .001$)。Ryan 法による多重比較の結果、Small 条件と Large 条件の間 ($p < .05$)、Medium 条件と Large 条件の間 ($p < .05$) に有意な差が見られ、Large 条件の場合に、他の条件と比較して有意に反応時間が短縮した。Small 条件と Medium 条件の間には有意な差は見られなかった ($p > .05$)。

17 名の実験参加者の平均正答率を **図 5** に示す。Small 条件の正答率は .81 (標準誤差 = .04)、Medium 条件では .88 (標準誤差 = .03)、Large 条件では .90 (標準誤差 = .04) であり、標的の大きさによって正答率は変化しなかった ($F(2, 32) = 1.94, p = .160$)。この結果は、Large 条件での反応時間の短縮が、正答率を犠牲にした結果ではないことを示す。

3.3 考察

実験 2 では、3.0mm の点よりも、7.6mm や 9.0mm の円が見つけやすいか否かを、点字に対する慣れが全くない晴眼者において検証した。実験の結果、Small 条件・Medium 条件と比較して、Large 条件の場合に反応時間が短縮した。この結果は、点図触地図上で出発地や目的地といった重要な場所を示す記号には、亜鉛盤製版の点図触地図で使用されている直径 3.0mm の点ではなく、それ以上に大きい 9.0mm 程度の記号を使用することが望ましい

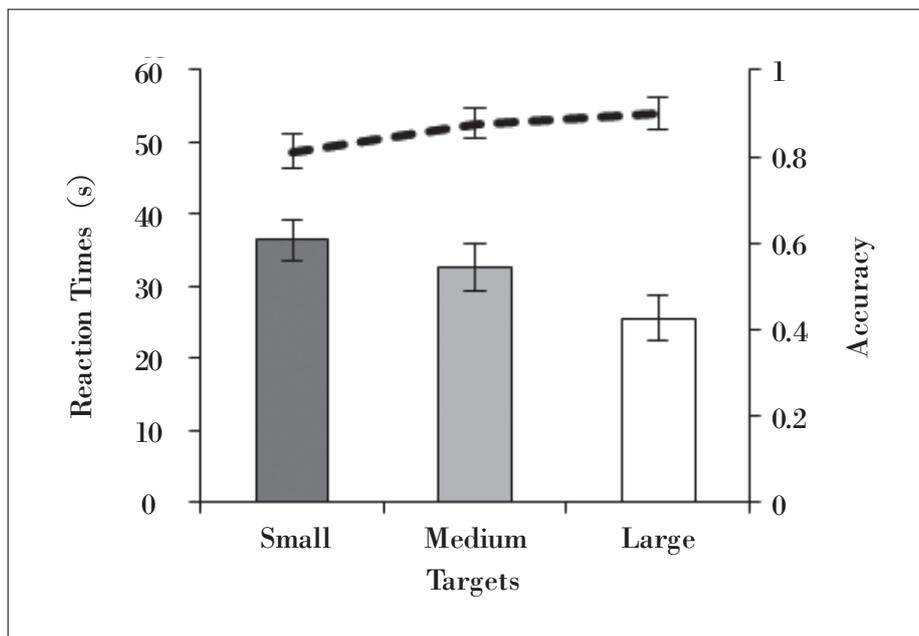


図 5 実験 2 の反応時間 (棒グラフ) と正答率 (破線)。エラーバーは ± 1 標準誤差を示す

ことを示唆する。

4. 総合考察

4.1 本研究のまとめ

本研究では、点図触地図上で発見しやすい記号を定量的なデータに基づいて提案するために、記号を発見するまでの反応時間を指標とした触覚探索課題を行った。本研究では、見つけやすい記号の候補として大きさの異なる三つの触知記号を作成した。実験では、それらの記号の探索にかかる反応時間を、視覚障がい者と晴眼者を対象にして測定した。その結果、点図触地図上では用いられない属性であっても、その大きさが小さい場合（Small条件）はその探索が困難であることが分かった。また、点図触地図上で用いられている記号であっても、その記号の大きさが十分に大きい場合は（Large条件）、その探索が容易であることが分かった。

それではなぜ本研究では9.0mmの円のほうが見つけやすかったのであろうか。これは9.0mmの円のほうが指先に触れやすいためであると考えられる。今回の実験では統制のため、実験参加者は利き手の人差し指だけを用いて探索を行った。人差し指のみを用いた探索では、点図触地図に一度に触れられる面積が指先に限られる。9.0mm程度の記号の場合はその面積が大きく、記号が指先に触れる可能性が高いので素早い探索が可能となる。一方で、3.0mm程度の記号の場合はその面積が小さいので、指先に触れる可能性が低くなり注意深い探索が必要とされる。このような指先に対する記号の触れやすさの違いが、9.0mmの円の探索優位性を生んだのであろう。一方でこの考察は、指先に収まりきらないような大きな記号の場合は、その認識が困難になる可能性を示唆する。この可能性に関しては、「今後の課題」において詳しく述べる。

4.2 今後の課題

亜鉛盤製版による点図では、注意を引く記号として直径3.0mm程度の大きさの点を用いることが多い。しかし、本研究のSmall条件で用いた直径3.0mmの点は、点図出版物で用いられている記号の大きさとほとんど同じであ

るにもかかわらず、Large条件と比較してその探索にかかる反応時間が長くなった。この理由としては、亜鉛盤製版による点記号と、点字プリンタで印刷した点記号の形状が異なることがあげられる。触感と目視では、亜鉛盤製版による点記号の方が点字プリンタで作成した点記号よりも高く盛り上がっていた。こうした点記号の高い盛り上がりは、点記号の検出感度を高くする上で重要な役割を果たしていると考えられる。しかし点字プリンタによる作図では打てる点の大きさは限られており、亜鉛盤製版による点記号の高い盛り上がりを再現することは難しい。したがって、点字プリンタを使用した今回の実験でも、記号の高さの違いがその見つけやすさに関与していたとは考えづらい。しかし、記号の高さがその見つけやすさに大きな影響を与えることは間違いないと考えられる。そこで今後の研究では、記号の正確な3次元計測を行い記号の高さを統制したうえで、記号の大きさの影響を検討することが必要だろう。

今後の研究では、より現実的な点図触地図を用いた場合も、9.0mm程度の大きな点が見つけやすいか否かを検討する必要がある。本研究では、点図触地図内の情報を統制するために、碁盤目状の都市の地図だけを用い、標的以外の記号を点図触地図上に提示しなかった。しかし、実際の点図触地図上では、道路は曲線であることもあるし、出発地・目的地以外にもいくつかの記号が存在する。今後の研究では、より現実的な点図触地図を用いた場合も、9.0mm程度の大きな点が見つけやすいかどうかを検討する必要がある。

また、手のひら全体を使った探索でも、9.0mm程度の大きさの点が見つけやすいか否かを調べる必要がある。本研究では統制のため、実験参加者は利き手の人差し指のみを用いて探索を行った。先行研究は、触覚探索において、使用する指が多くなっても反応時間が短縮しないことを報告している(Overvliet et al., 2007)。この点から考えると、人差し指のみで標的を探す戦略は必ずしも非効率であるとはいえない。しかし、視覚障がい者の中には、触地図内の記号の空間的な位置関係を把握する際

に、手のひら全体を使って点図触地図を触る人もいる。探索戦略にこういった個人差があることを考えると、今後の研究では、異なる探索戦略を取った場合も、9.0mm 程度の大きさの記号が見つけやすいか否かを調べる必要があるだろう。

点字触読の経験がある視覚障がい者を対象とした実験 1 では、Medium 条件と Large 条件の間に有意な差が見られなかった。その一方で、点字触読が未経験の晴眼者を対象とした実験 2 では、Medium 条件と Large 条件の間に有意な差が見られた。この結果は、点字に対する慣れによって、最も見つけやすい標的の大きさが異なることを示唆する。前述のように、点字を日常的に使用する視覚障がい者は、そうでない視覚障がい者と比較して触覚の感度が優れている (Legge et al., 2008; Wong et al., 2011)。こうした点字経験者と未経験者の触覚の感度の違いが、実験 1 の結果と実験 2 の結果の違いを生み出したのかもしれない。しかし、点字の使用によって触覚探索そのもの (例えば、探索戦略) が変化している可能性もある。今後の研究では、点字の日常的な使用によって、触覚探索が質的に変化するか否かを検討することも重要だろう。

今回の研究では、Small 条件、Medium 条件、Large 条件の三種類の標的を設けたが、それらの標的は大きさだけでなく、構成する点の大きさや高さ (小点、中点、大点) も異なっていた。そのため、記号が大きい場合に見つけやすくなるのか、それとも記号を構成する点が大きい場合に見つけやすくなるのかは検討することができなかった。そこで今後の研究では、標的を構成する点の大きさと標的の大きさを独立に操作した実験を行い、それらのどちらの要因が標的の見つけやすさに関与しているかを検討することを予定している。

今後は、見つけやすい記号の最大値を調べることも重要だろう。先行研究は、人差し指の先の大きさの平均値が、男子大学生の場合は約 420mm^2 、女子大学生の場合は約 350mm^2 であることを報告している (Peters et al., 2009)。この研究を踏まえると、記号の大きさが

指先以上の大きさである場合は、記号と道路の区別がつかなくなり、その発見が困難になることが予測される。今回の実験に参加した一人の女性の視覚障がい者は、「Medium のほうが見つけやすい」と内観を報告し、実際に Large 条件 (10.1 秒) と比較して Medium 条件 (8.4 秒) の場合に反応時間が短縮した。この結果は、9.0mm を超えるようなあまりに大きい記号は、指先に収まりきらず記号として認識されづらくなる可能性を示唆する。今回の研究では、記号の大きさの上限が 9.0mm 程度であり、どこまで大きくした場合に探索の効率が最高になるのか、またどの程度の大きさから記号の認識が困難になるかは明らかになっていない。そこで今後の研究では、指先の大きさの個人差も踏まえつつ、見つけやすい記号の最大値を検討したいと考えている。

5. むすび

本研究では、点図触地図上で発見しやすい記号を定量的なデータに基づいて提案するために、記号を発見するまでの反応時間を指標とした触覚探索課題を行った。本研究では見つけやすい記号の候補として、大きさの異なる三つの触知記号を作成した。実験では、作成した記号の探索にかかる反応時間を視覚障がい者と晴眼者を対象にして測定した。その結果、3.0mm 程度の小さな点 (Small 条件) より、9.0mm 程度の大きな円 (Large 条件) のほうが速く探索できることが分かった。この結果は、点図触地図上で重要な場所を示す記号には、亜鉛盤製の点図触地図で使用されている直径 3.0mm の点ではなく、それ以上に大きい 9.0mm 程度の記号を使用することが望ましいことを示唆する。

脚注 本研究の内容の一部は、2012 年 1 月に開催された電子情報通信学会福祉情報工学研究会 (WIT) において発表されたものである。

謝辞 本研究は科学研究費補助金 (基盤研究 (B)、課題番号: 22300091)、及び SCOPE (戦略的情報通信研究開発推進制度、課題番号: 101707012) の支援を受けて実施した。実験遂行に当たって協力していただいた、渡辺聡氏

と水田浩美氏には感謝の意を表したい。また、本研究を進めるに当たり、ご協力をいただいた神戸視力障害センターと大島研介氏にも深く感謝する。本論文の執筆にあたっては、査読者の方々に多くの有益なコメントをいただいた。心より感謝の意を申し上げたい。

文献

- 1) Ishibashi, K., Kita, S., & Wolfe, J. M. (2012) The effects of local prevalence and explicit expectations on search termination times. *Attention, Perception & Psychophysics*, 74, 115-123.
- 2) 加藤俊和・山本宗雄 (2007) 点字図書用図表の作成技法研修会 - 手で読む図表の作り方 (初歩から実践まで) -. 筑波技術大学障害者高等教育研究支援センター .
- 3) 国土交通省国土地理院 (2006) 触地図原稿作成システム. 2006年9月1日, <<http://tenpuchizu.gsi.go.jp/shokuchizu/>>, (2012年8月29日)
- 4) Lederman, S. J. & Klatzky, R. L. (1997) Relative availability of surface and object properties during early haptic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1680-1707.
- 5) Legge, G. E., Madison, C., Vaughn, B. N., Cheong, A. M., & Miller, J.C. (2008) Retention of high tactile acuity throughout the life span in blindness. *Perception & Psychophysics*, 70, 1471-1488.
- 6) Miele, J. A. & Gilden, D. B. (2004) Tactile map automated production (TMAP): Using GIS data to generate braille maps. *Proceedings of the CSUN International Conference on Technology and Persons with Disabilities*, 19, 1.
- 7) 長尾博・畑中滋美 (2005) パソコンで仕上げる点字の本 & 図形点訳 - これなら教科書だって点訳できる -. 有限会社読書工房 .
- 8) 日本工業標準調査会 JIST 0922:2007 (2007) 高齢者・障害者等配慮設計指針 - 触知案内図の情報内容及び形状並びにその表示方法 -. 日本規格協会 .
- 9) 日本点字図書館点字制作課 (1998) 点訳のための触図入門第二版 . 日本点字図書館 .
- 10) Overvliet, K. E., Smeets, J. B. J. & Brenner, E. (2007) Haptic search with finger movements: using more fingers does not necessarily reduce search times. *Experimental Brain Research*, 182, 427-434.
- 11) Peters, R. M., Hackeman, E., & Goldreich, D. (2009) Diminutive digits discern delicate details: fingertip size and the sex difference in tactile spatial acuity. *Journal of Neuroscience*, 29, 15756-15761.
- 12) Treisman, A. & Gormican, S. (1988) Feature analysis in early vision: evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 14-48.
- 13) 渡部謙・渡辺哲也・山口俊光・秋山城治・南谷和範・宮城愛美・大内進・高岡裕・菅野亜紀・喜多伸一 (2012) 点図触地図自動作成システムの開発と地図の触読性の評価 . 電子情報通信学会論文誌 D, J95-D(4), 948-959.
- 14) 渡辺哲也・山口俊光・渡部謙・秋山城治・南谷和範・宮城愛美・大内進 (2011) 視覚障害者用触地図自動作成システム TMAPS の開発とその評価 . 電子情報通信学会論文誌 D, J94-D(10), 1652-1663.
- 15) Wolfe, J. M. (1994) Guided Search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, 202-238.
- 16) Wolfe, J. M. (1998) Visual search. In Pashler, H. (Ed.) *Attention*, University College London Press, London, 13-73.
- 17) Wolfe, J. M. & Horowitz, T. S. (2004) What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 495-501.
- 18) Wong, M., Gnanakumaran, V., & Goldreich, D. (2011) Tactile spatial acuity enhancement in blindness: evidence for experience-dependent mechanisms. *Journal of Neuroscience*, 31, 7028-7037.