

立体コピー触地図の触読性の評価

渡辺 哲也^{†a)} (正員) 渡部 謙^{††}
 山口 俊光^{†††} 南谷 和範^{††††}
 大内 進^{†††††} 宮城 愛美^{††††††} (正員)
 高岡 裕^{†††††††} (正員) 喜多 伸一^{††††††††} (正員)

Evaluation of the Legibility of Tactile Maps Made of Capsule Paper

Tetsuya WATANABE^{†a)}, Member, Ken WATANABE^{††},
 Toshimitsu YAMAGUCHI^{†††}, Kazunori MINATANI^{††††},
 Susumu OOUCHI^{†††††}, Nonmembers, Manabi MIYAGI^{†††††††},
 Yutaka TAKAOKA^{††††††††},
 and Shinichi KITA^{†††††††††}, Members

[†]新潟大学工学部, 新潟市
 Faculty of Engineering, University of Niigata, Niigata-shi, 950-2181 Japan

^{††}東京エレクトロン宮城株式会社, 宮城県
 Tokyo Electron Miyagi Ltd. Taiwa-cho, Kurokawa-gun, Miyagi-ken, 981-3629 Japan

^{†††}新潟大学大学院自然科学研究科, 新潟市
 Graduate School of Science and Technology, University of Niigata, Niigata-shi, 950-2181 Japan

^{††††}大学入試センター, 東京都
 National Center for University Entrance Examination, Meguro-ku, Tokyo, 153-8501 Japan

^{†††††}国立特別支援教育総合研究所, 横須賀市
 National Institute of Special Needs Education, Yokosuka-shi, 239-8585 Japan

^{††††††}筑波技術大学, つくば市
 Tsukuba University of Technology, Tsukuba-shi, 305-8521 Japan

^{†††††††}神戸大学医学部附属病院, 神戸市
 Kobe University Hospital, Kobe-shi, 650-0017 Japan

^{††††††††}神戸大学大学院人文学研究科, 神戸市
 Graduate School of Humanities, Kobe University, Kobe-shi, 657-8501 Japan

a) E-mail: t2.nabe@eng.niigata-u.ac.jp

あらまし 触地図作成システムで作成した立体コピー触地図の触読性を視覚障害者に評価してもらった。その結果、触知ガイドが触知記号の探索時間を短縮できることが分かった。立体コピーの触知記号はおおむね高い評価を得たが、信号機の形状は改善が必要と考えられた。

キーワード 視覚障害者, 触地図, 触知記号, 触知性, 立体コピー

1. まえがき

私たちは、視覚障害者の外出意欲の創出と歩行経路確認を支援するため、触地図を自動で作成するシステム (Tactile Maps Automated Creation System: tmacs) を開発してきた。これは、住所や施設名を入力するだけで、その周辺の触地図を作成する Web アプリケーションである [1]。触地図の媒体は、立体コ

ピーと点図の2種類に対応している。tmacs の評価としてこれまでに、視覚障害者によるシステムの操作可能性と、触地図を使った単独歩行の可能性 [2]、そして点図版触地図の触読性について報告してきた [3]。今回は、立体コピー触地図の触読性の評価のため実施した触知実験について報告する。

2. 立体コピー触地図の触知記号

tmacs による立体コピー触地図の触知記号の形状・寸法・記号間の空隙は、複数の触図作成ガイドライン等を参考に決定し、前報の第二次開発で実装済みである [2]。その触知記号の一覧を図 1 に示す。

今回、実験でその有効性を調べる触知ガイドについて説明する。地図画像の上端と左端に、直径 2.0 mm の円 (1 個または 2 個) を配置し、これを触知ガイドとする。左端のガイドから右方向に、上端のガイドから下方向に指を動かせば、指同士がぶつかる近辺で、出発地または目的地の記号を見つけられる。

以上の記号で構成された触地図の例を図 2 に示す。











触知記号	特性	用途
	直径 10.3mm の円	出発地
	直径 10.3mm の円 (中心に点あり)	目的地
	直径 2.0mm の円	信号
	幅 4.5mm の実線	幅 30m 以上の道路
	幅 3.0mm の実線	幅 14m ~ 25m の道路
	幅 2.0mm の実線	幅 8m ~ 12m の道路
	幅 1.0mm の実線	幅 3m ~ 7m の道路
	長さ 2.2mm の線が 3mm 間隔で直行	鉄道
	直径 0.8mm の円 1.4mm 間隔 正方格子状	建物, 駅
	直径 1.2mm の円 3.2mm 間隔 正方格子状	水域

図 1 触知記号一覧
 Fig. 1 List of tactile symbols.

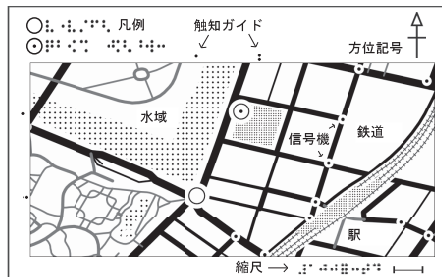


図 2 立体コピー触地図の例
 Fig. 2 A tactile map made of capsule paper.

3. 触知実験

3.1 目的

触知ガイドの有無が出発地・目的地の探索性に及ぼす効果と、線・面記号の識別性等を検証する。

3.2 実験参加者

学生4名(19.8歳±1.3歳、以下、若年者群とする)と高年4名(62.0歳±2.7歳、以下、高年者群)の視覚障害者に実験に参加してもらった。全員、全盲またはこれに近い視覚を有す点字使用者である。慣れた通勤/通学路や家の周りでは単独で歩行している。

3.3 実験用触地図

実験には、道路、鉄道、信号機、水域を含む4住所の地図を用いた。全ての地図に、触知ガイドがある地図とない地図を用意した。また、図中で使用される記号を説明する凡例一覧も用意した。

触地図の原図はtmacsで作成した。この触地図の左上には住所が自動的に点字で記載される(図2の凡例)。これによる地図内容の推測を防ぐため、実験用に住所を削除した。この原図をA4サイズの立体コピー用紙(Zychem社製)に印刷し、立体コピー機(PIAF, Quantum Technology)で発泡させた。

3.4 触地図の提示パターン

触地図の住所の違いの効果をなくすため、住所1と2に触知ガイドがついた触地図を提示するパターンと住所3と4にガイドがついた触地図を提示するパターンを用意した。更に、提示順序の効果をなくすため、触知ガイドがついた触地図を先に提示するパターンと、後に提示するパターンを用意した。合計で $2 \times 2 = 4$ 種類の提示パターンができるので、各パターンに若年者と高年者を1人ずつ割り当てた。

3.5 実験手順

実験は触察能力の確認、サンプル地図を用いた練習、本実験、主観評価の順で実施した。

3.5.1 触察能力の確認

線たどりと分岐点の検出の両操作を含むあみだくじ(縦5本、横10本、縦の線幅3mm、横の線幅1mm、平均曲がり回数4回、立体コピーで作成)をたどる操作を参加者に3回行ってもらったところ、全員が全ての回で正しい終着点にたどりついた。このことから、本実験に必要な触察能力を有しているとみなした。

3.5.2 練習

サンプルとして触知ガイドがある地図とない地図各1枚を、触知記号一覧の凡例とともに触ってもらった。

表1 主観評価の項目

Table 1 Questions in subjective evaluation.

1	出発地・目的地は見つけやすいか?
2	ガイド/座標がある地図とない地図では、どちらが出発地・目的地を見つけやすいか?
3	道路はたどりやすいか?
4	道路幅の違いは分かりやすいか?
5	信号機は見つけやすいか?
6	鉄道は見つけやすいか?
7	水域は見つけやすいか?
8	実際に外出するとき、触地図は有効だと思うか?

3.5.3 本実験

本実験は地図ごとに、出発地・目的地の探索、経路の探索、経路の説明の順に進めた。

出発地・目的地の探索前に触知ガイドの有無を実験者が口答で伝えた。参加者が出発地・目的地と経路の探索に要する時間を、実験者がストップウォッチ(SEIKO, ADME001)を用いて計測した。出発地・目的地と経路の探索にはそれぞれ、5分、10分という規定時間を設けた。

経路の説明時には、経路上に道路幅の変化があった場合、及び交差点や信号機を見つけた場合はそのことを口頭で伝えるように参加者に指示した。

本実験中の参加者の手元を、ビデオカメラ(SONY, HDR-XR150とDCR-PC105)を用いて撮影した。参加者からは撮影の許可を得ている。

3.5.4 主観評価

4枚の地図を触った後に、触知記号の探索性と識別性に関する八つの質問(表1)に5段階評価(5:高, 1:低)、及び2択(質問項目2のみ)で答えてもらった。更に、触地図について自由に意見を述べてもらった。

3.6 実験結果

3.6.1 課題の遂行状況

若年者群の4人は、全ての地図において出発地・目的地、及び経路を規定時間内で探索した。高年者群では、触知ガイドがない触地図において、出発地・目的地の探索と経路の探索を規定時間内で終了できなかった試行が2人で各1回あった。

3.6.2 出発地・目的地の探索

出発地・目的地の探索時間の平均値と標準偏差を図3に示す。マン・ホイットニーのU検定を行ったところ、若年者群においては触知ガイドのある地図で探索時間が有意に短かったが($U = 13$, 有意水準は両側5%), 高年者群では有意な差は見られなかった($U = 20$)。

同じ検定法で若年者群と高年者群を比較すると、触

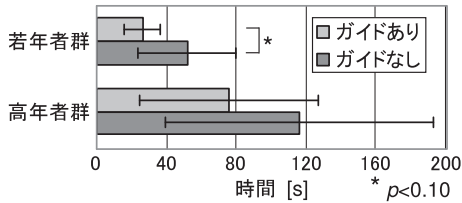


図 3 出発地・目的地の探索時間

Fig. 3 Search time for start and goal symbols.

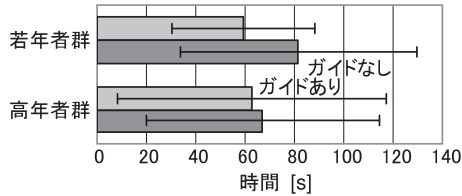


図 4 経路の探索時間

Fig. 4 Search time for routes.

知ガイドのある地図とない地図の両方において若年者群の探索時間は高年者群より有意に短かったが（各 $U = 9$, $U = 14$ ）、有意水準はガイドのある地図が両側 2% なのに対して、ガイドのない地図では両側 20% となり、差が見られた。

3.6.3 経路の探索

経路の探索時間の平均値と標準偏差を図 4 に示す。有意水準両側 20% でマン・ホイットニーの U 検定を行ったところ、若年者群と高年者群の両方で、触知ガイドの有無による探索時間の有意な差は見られなかった（各 $U = 23$, $U = 25$ ）。

同じ検定法で若年者群と高年者群を比較したが、触知ガイドのある地図とない地図の両方において若年者群と高年者群の間で探索時間の有意な差は見られなかった（各 $U = 26$, $U = 21$ ）。

3.6.4 触知記号の検出率と識別率

経路説明のビデオ映像から、交差点、信号機の検出率と、道路幅の識別率を求めた。経路は参加者ごとに異なるため、検出すべき交差点、信号機、道路幅の変化の数も参加者ごとに異なる。なお、映像ファイルの破損により、若年者群の 1 試行分は分析できていない。

交差点の検出率は、若年者群が 67%、高年者群が 70% だった。通過する交差点について言及しない参加者が若年者群と高年者群で各 1 人おり、2 人のデータを除くと両群の検出率はそれぞれ 81% と 82% へ上がる。ほとんどの参加者が検出しなかった、または言及しなかった交差点は、経路に丁字型で交わる幅 1 mm

表 2 若年者群による道路幅の識別率（分数と百分率）

Table 2 Discrimination rate of road width by younger participants.

		変化後の経路の幅 [mm]			
		1.0	2.0	3.0	4.5
もとの 経路の 幅 [mm]	1.0	NA	4/11(36)	1/2(50)	-
	2.0	0/3(0)	NA	7/9(78)	2/2(100)
	3.0	0/3(0)	4/8(50)	NA	3/4(75)
	4.5	2/2(100)	1/2(50)	0/5(0)	NA

表 3 高年者群による道路幅の識別率（分数と百分率）

Table 3 Discrimination rate of road width by elder participants.

		変化後の経路の幅 [mm]			
		1.0	2.0	3.0	4.5
もとの 経路の 幅 [mm]	1.0	NA	0/8(0)	0/1(0)	-
	2.0	1/5(20)	NA	3/6(50)	-
	3.0	0/1(0)	3/8(38)	NA	1/5(20)
	4.5	1/1(100)	1/2(50)	1/4(25)	NA

長さ 1 cm 未満の道路であった。ビデオ映像では、これらの道路の付近で指を左右に細かく動かす動作が観察されたことから、未検出なのではなく、道路と判断しなかったと考えられる。一方で、経路の片側に沿って指を動かした場合、反対側の丁字路の付近で指が停滞しない例も見られた。

信号機の検出率は、若年者群が 82%、高年者群が 76% だった。信号機の箇所で「交差点」という表現をする参加者もあり、その回数を加算すると、両群の検出率はそれぞれ 86% と 88% へ上がる。

経路の道路幅の識別率を、表 2（若年者群）と表 3（高年者群）に示した。データの信頼性のため、検出の機会が 4 回・人以上あった組合せを見ると、若年者群では 2 mm → 3 mm と 3 mm → 4.5 mm の変化でそれぞれ 78%、75% と比較的高い識別率となったが、これ以外の変化の識別率はいずれも 50% 以下と低い。高年者群ではいずれの道幅の変化でも識別率が 50% 以下と低かった。

3.6.5 主観評価

主観評価の平均値と標準偏差を図 5 に示す。全員の回答が一致し、標準偏差が 0 のバーもある。両参加者群ともほとんどの質問で平均値は 4 であり、触知性の評価はよかったと言える。ただし、高年者群の信号機の検出のみ 3 と低い値であった。2 の質問に対しては、参加者全員が触知ガイドありの地図の方が出発地・目的地を見つけやすいと答えた。自由意見として、2 人が道路・線路が近接すると判別しづらい、別の 2 人は道が集中すると読みづらいと報告した。

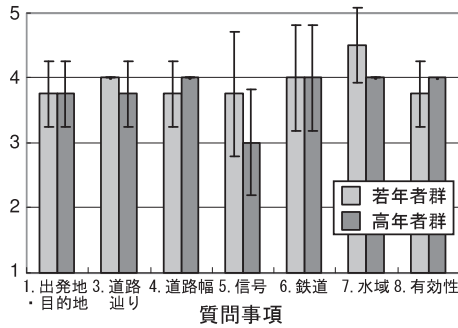


図 5 主観評価の結果

Fig. 5 Subjective evaluation results.

3.7 考 察

3.7.1 触知ガイドの有効性

出発地・目的地の探索において、触知ガイドありの地図では、ガイドなしの地図よりも平均の探索時間が短くなり、若年者群では両者の間に有意な差が見られた。主観評価でも、ガイドありの地図の方が、出発地・目的地を見つけやすいと 8 人全員が答えた。これらの結果から、出発地・目的地の探索において、触知ガイドが有効であったといえる。

一方、ルートの探索においては、触知ガイドありとガイドなしの間で、探索時間に統計的に有意な差はなかった。ルート探索時には既に出発地・目的地の位置を覚えており、ガイドの必要性が低いためだろう。

今回用いた触知ガイドと、点図触地図で用いた方眼座標との間で [3]、触知記号の探索促進効果を比較する研究を今後行いたい。

3.7.2 触知記号の検出率と識別率

主観評価では、道路幅の識別と信号機・水域の検出はいずれも評価が高かった。点図触地図の評価結果と比べると [3]、立体コピー触地図の評価は全体に高く、触知記号識別のための表現力が高いといえる。

信号機検出の主観評価が 2 または 3 だった参加者 5 人の信号機検出率は 75~94% と高い値だった。このため、信号機を検出はできるが、しづらかった状況とい

える。信号機に関する自由意見がなかったためあくまで推察となるが、直径 2mm の円という信号機が、幅 3mm の道路に対して小さかったことが検出しづらさの原因となったのかもしれない。

ビデオ映像の中の発言を分析したところ、交差点の検出率は 100% とならず、また道路幅の識別率が低かった。交差点の検出については、該当箇所での指の細かい動きが観察されることと、ほとんどの試行で適切に経路が見出されたことから、触知で検出できなかったのではなく、経路説明時の報告事項を参加者に十分に周知できなかったものと考えている。

道路幅の識別については、上述の周知不足に加え、データ数が少ない問題もある。触察による線幅の識別性をより正確に調べるには、基盤目状の経路をたどり、線幅の違いの検出のみを課題とするような基礎実験が必要であり [4]、これは今後の課題である。

4. む す び

今後は、上述の考察に基づいて、触知記号の探索性や識別性をより詳しく調べる実験を行う予定である。

謝辞 本研究は科学研究費補助金（基盤研究 (B)、課題番号：20300200）、及び総務省 SCOPE（課題番号：101707012）の支援を受けて実施した。

文 献

- [1] 触地図自動作成システム：tmacs, <http://tmacs.eng.niigata-u.ac.jp/tmacs-dev/>, 参照 Sept. 15, 2012.
- [2] 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, “視覚障害者用触地図自動作成システム TMACS の開発とその評価,” 信学論 (D), vol. J94-D, no.10, pp.1652-1663, Oct. 2011.
- [3] 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, “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,” 信学論 (D), vol. J95-D, no.4, pp.948-959, April 2012.
- [4] 森 まゆ, 佐鳥 毅, 青松利明, “点図の線における点サイズと点間隔の要因が直交する 2 線の識別容易性に及ぼす影響,” 特殊教育学研究, vol.5, no.48, pp.337-349, 2011.
(平成 24 年 9 月 20 日受付, 11 月 7 日再受付)