

短 報

点図において連続線または点線として認知される点サイズと点間隔の条件

森 まゆ・小林 秀之

本研究では点図作成の指針となる1つの知見として、点字使用者が連続した線（実線）または点線として認知できる境界の点サイズと点間隔の条件について明らかにすることを目的とし、点字を常用する視覚障害者15名を対象とした実験を行った。その結果、「実線」と認知される点間隔の最長値は3.46mm～3.48mm、「点線」と認知される点間隔の最短値は4.27mm～4.15mmであった。線種と点サイズを要因とする2要因参加者内分散分析を行った結果、線種の主効果のみが有意であった。したがって、「実線」「点線」と認知される点間隔には点サイズによる違いはないと考えられた。そして、実線を表現するときの点間隔は長くても約3.0mmまで、点線は約4.9mm以上が望ましいと考えられた。

キー・ワード：点図 視覚障害 実線 点線

I. 研究の背景と目的

グラフや地図などの図は、教科学習等において重要な教材であり、小学校学習指導要領においても低学年からグラフや地図が取り上げられている（文部科学省, 2008）。点字を使用する児童生徒は、凸で表現された図「触図」を触って読み取ることで学習する。触図作成法のうち、線や面の要素すべてを、凸点で構成したものを点図という。

盲児の学習においては、触図の読み取りは困難な作業の一つであり（増田, 1963; 鏡・佐島, 1992）、触図の作成においては、触覚の特性を踏まえた読み取りやすい表現方法（Thompson, Chronicle, & Collins, 2003; Kwok・福田, 2004; Thompson, Chronicle, & Collins, 2006）に留意する必要があることが指摘されている（金子・大内, 2005）。

視覚的に示された図を、点字を使用する視覚

障害者向けに触図化する方法にはいくつかの指針が示されている。例えば数学の点字教科書では、グラフの座標軸以外の方眼線はできる限り凹線とすることや、方眼や座標軸の目盛り線など密度が高く触読が困難なものは省略するなど、触図の読み取りを念頭においた編集が行われている（文部科学省, 2006; 2012）。また、American Printing House for the Blind (1997) は、触図のシンボルや線などの要素どうしを1/4インチ（6.35mm）以上離すことをガイドラインにしている。ただし、これらの指針やガイドラインは触図の作成者の経験に基づいたものが多い。したがって、定量的な実験に基づく基準を示す必要があると考える。

触図の読み取りやすさに関する先行研究には、紫外線硬化樹脂製触知案内板のパターンの粗密感覚特性を比較した研究（和田・土井・天野・片桐・藤本, 2009）や、立体コピーで作成した地図の塗りつぶしパターンを検討した研究（Lawrence & Lobben, 2011）などがあるが、点図に焦点をあてた研究は少ない。したがって、

点図の研究が必要であると考える。

点図の凸点で構成された線の識別に関しては、森・佐島・青松（2011）は、点間隔と点サイズが影響を及ぼしていることを明らかにしている。また、触図作成の専門家である点字出版所技術者への調査においては、「実線」の点間隔に言及する回答は少なかったが、「点のすぐ横に次の点を打つ」という回答があった。一方で、「点線」の点間隔については1.42mm相当から5.4mm相当まで幅広い回答が得られたものの、実線や点線を規定する明確な数値は示されなかった（森・小林・青松，2013）。加藤（2007）は点図作成技術者の立場から、数値的指標として、点間隔約2mm以下の点の連続はほぼ実線に感じられ、点線として感じるためには点間隔約5mmが必要であると指摘している。森ら（2013）の調査で得られた回答は、加藤（2007）の指摘における実線と点線の双方に重なっており、点字出版所の技術者にも、実線と点線を区別する点間隔の数値について、明確な基準が共有されていないことがわかる。

そこで本研究では、点図作成の指針となる1つの知見として、点字使用者が連続した線（実線）または点線として認知できる境界の点間隔と点サイズの条件について明らかにすることを目的とした。

なお、本研究においては、点図で使用される凸点の連続した集合で線を表現したものを「線」と記述する。

II. 方法

1. 実験協力者

点字を常用する視覚障害者15名とし、平均年齢24.9歳（SD=9.02）であった。

2. 実験課題

凸点の点サイズ及び点間隔の要因を変化させた線（6cm）の課題を作成した。点サイズは3種類（直径1.7mm（大点）・1.5mm（中点）・0.7mm（小点））とした。なお、後述する本研究で用いる点字プリンタによる点字の点の直径は、中点と同じ大きさである。点間隔の値の範囲は後述

する図形点訳ソフトの最大値～最小値とし、具体的には、大点では最大7.6mm、最小1.7mm、中点では最大7.2mm、最小1.4mm、小点では最大6.9mm、最小1.0mmとした。課題はB5サイズの点字用紙に印字した。課題作成にはWindows7上の図形点訳ソフトEDEL6.51を用い、印刷には点字プリンタESA721 ver.'95を用いた。

3. 手続き

極限法を用いた。点間隔が広い方から狭い方（下降系列）、狭い方から広い方（上昇系列）へ順に刺激を提示し「実線」「点線」「どちらでもない」の3つの選択肢から回答を求めた。回数は上昇4系列・下降4系列とした。閾値は「点線」と回答された最短の値及び、「実線」と回答された最長の値それぞれの平均値とした。

4. 倫理的配慮

実験協力者には本研究の目的・方法、実験協力の諾否及びその撤回の自由を持っていること、実験における遂行内容によって不利益を受けることはないことを事前に説明し了解を得た。なお、本研究は筑波大学人間系研究倫理委員会の承認を受けている。

III. 結果

実験協力者の点字使用歴は平均13.1年（SD=11.05）であった。結果の平均値をFig. 1に示した。

「実線」と認知される点間隔の最長値は、小点（点径0.7mm）のとき3.46mm（SD=0.51）、中点（点径1.5mm）のとき3.48mm（SD=0.45）、大点（点径1.7mm）のとき3.48mm（SD=0.50）であった。「点線」と認知される点間隔の最短値は、小点（点径0.7mm）のとき4.27mm（SD=0.70）、中点（点径1.5mm）のとき4.23mm（SD=0.59）、大点（点径1.7mm）のとき4.15mm（SD=0.60）であった。

さらに、線種（実線・点線の2水準）と点サイズ（小点・中点・大点の3水準）を要因とする2要因参加者内計画の分散分析を行った。その結果、線種の主効果のみが有意であった

点図において連続線または点線として認知される点サイズと点間隔の条件

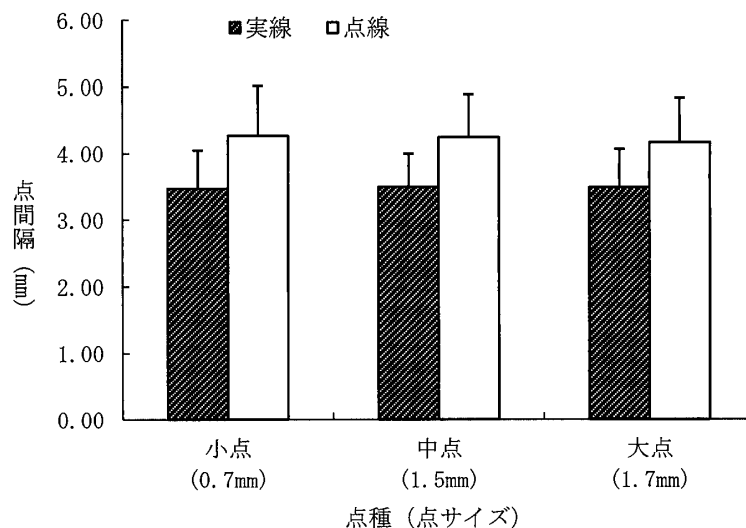


Fig. 1 各条件の平均値

Table 1 分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
個人間誤差	18.11	14	1.29	
線種	12.41	1	12.41	26.6 **
偶然誤差	6.53	14	0.47	
点サイズ	0.04	2	0.02	0.4 n.s.
偶然誤差	1.48	28	0.05	
交互作用	0.07	2	0.03	1.66 n.s.
偶然誤差	0.58	28	0.02	
全体	39.22	89		** $p < .01$

($F(1,14)=26.6, p<.01$)。

IV. 考察

分散分析の結果、「点線」と認知される点間隔の最短値は、「実線」と認知される点間隔の最長値よりも有意に長いことが示された。値の推移をみると、実線と判断される線の平均値には点サイズによる差はなかった。一方、点線では点サイズが小さくなるほど点間隔が大きくなる傾向はあったが、統計的分析の結果、点サイズの主効果は認められなかった。このことから、「実線」「点線」と認知される点間隔には点サイズによる違いはないと考えられる。

実線の最長点間隔は約3.5mm、標準偏差は約

0.5mmであった。このことから、実線の基準はこの最長点間隔から標準偏差を引いた3.0mm程度と考えられる。「点のすぐ横に次の点を打つ(森ら, 2013)」のではなく、3.0mm程度に広げても「実線」として感じられることが示された。

そして、点線の最短点間隔は約4.2mm、標準偏差は約0.6mm～0.7mmであった。このことから、点線の基準は、この最短点間隔に標準偏差を足した4.9mm程度と考えられる。

したがって、実際に触図を作成する際の実線の点間隔は長くても3.0mm、その線と同じ図の中で点線を用いる場合は、点線は4.9mm以上により、「点線」として認識されることが考えられる。

また、点間隔が3.6mm～4.1mmで描いた線は、実線・点線のどちらであるのか判断に迷う場合もあると考えられるため、使用は避けるべきであろう。

ここで、実線と点線に関する先行研究と本研究の結果の相違を Table 2 に示した。加藤(2007)は、点間隔約 2mm 以下の点の連続はほぼ実線に感じられ、点線として感じるためには点間隔約 5mm が必要であると指摘している。本研究の結果は加藤の指摘に比べると、実線と点線の点間隔の差が約 1mm 小さくなっている。加藤の指摘は、点図作成技術者の立場から、どんな触読者でも確実に実線と点線を区別して感じられる値を述べているとも考えられる。本研究は加藤の知見を大枠では支持しつつ、実線と点線を示す場合の点間隔の差をどこまで縮められるかについて、基礎的知見を示せたと考える。

点字出版所技術者に調査を行った先行研究(森ら, 2013)では、実線について「点のすぐ横に次の点を打つ」という回答があった。本研究の結果と合わせて考えると、「点のすぐ横に次の点を打つ」線と、点間隔 3.0mm の線とを用いることにより、1つの図中に2種類の実線を表現できる可能性が示された。本研究においては点線の点間隔は約 4.9mm 以上が望ましいと考えられ、この値は加藤(2007)とほぼ同一であった。一方で森ら(2013)による調査においては、

「点線」とされる点間隔は 1.42mm 相当から 5.4mm 相当まで幅広い回答が得られていた。このことを本研究の結果から考察すると、点図作成者が点線として作成した線の中には、読み手には点線と認識されなかったものがあつた可能性が示唆されたと考えることができる。

ただし今回の実験では、協力者には 1本ずつ課題の線を提示し、実線か点線かのどちらかの回答を求めた。2本以上の線を同時に提示したときに明確に判断ができるかどうかの確認はしていない。また、どこまで点間隔を離しても点線として認識されるのかに関しては、加藤(2007)及び本研究のいずれも、点間隔の上限を示していない。これらの点について、今後より実証的な研究が必要であると考えられる。

V. 文献

American Printing House for the Blind (1997) *APH Guidelines for design of Tactile Graphics*. APH Educational Research.

<http://www.aph.org/edresearch/guides.htm>

(2010.08.31 閲覧)

鏡尊子・佐島毅 (1992) 盲学校における算数図形領域の指導に関する研究. 視覚障害心理・教育研究, 9, 27-32.

金子健・大内進 (2005) 点字教科書における図版の触図化について—触図作成マニュアルの作成に向けて—. 国立特殊教育総合研究所紀要, 32,

Table 2 先行研究と本研究との結果の比較

本研究		点図作成のテキスト (加藤, 2007)		点字出版所技術者への調査 (森・小林・青松, 2013)	
点間隔	評価	点間隔	評価	点間隔	評価
~3.5mm 約3.5mm~ 約4.1mm 約4.2mm~ 約4.8mm	実線	~約2mm	実線	間隔をとらない 約1.42mm ~5.4mm	実線
	点線	約3.8mm~	点線		

点図において連続線または点線として認知される点サイズと点間隔の条件

- 1-18.
- 加藤俊和 (2007) 触図製作の実際. 加藤俊和・山本宗雄 (2007) 筑波技術大学 情報・理数点訳ネットワーク 点字図書用図表の作成技法研修会 一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支援センター, 7-23.
- Kwok, M. G.・福田忠彦 (2004) 感覚特性に基づく触地図作成法の提案 電気通信情報学会技術報告, WIT2003-36, 55-62.
- Lawrence, M. M. & Lobben, A. K. (2011) The design of tactile thematic symbols. *Journal of Visually Impairment & Blindness*, 105, 681-691.
- 増田寿恵子 (1963) 点図の触読訓練効果について. *盲心理研究*, 12, 15-22.
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領.
- 文部科学省 (2006) 盲学校中学部点字教科書編集資料.
- 文部科学省 (2012) 特別支援学校 (視覚障害) 中学部点字教科書編集資料.
- 森まゆ・佐島毅・青松利明 (2011) 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*, 48, 337-349.
- 森まゆ・小林秀之・青松利明 (2013) 点字出版所の技術者における触図作製の工夫に関する実態調査. *障害科学研究*, 37, 77-89.
- Thompson, L. J., Chronicle, E. P., & Collins, A.F. (2003) The role of pictorial convention in haptic picture perception. *Perception*, 32(7), 887-893.
- Thompson, L. J., Chronicle, E. P., & Collins, A. F. (2006) Enhancing 2-D Tactile Picture Design from Knowledge of 3-D Haptic Object recognition. *European Psychologist*, 11(2), 110-118.
- 和田勉・土井幸輝・天野真衣・片桐麻優・藤本浩志 (2009) 触知案内図のドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性に関する研究. *日本機械学会論文集C編*, 75(752), 1041-1046.

付記

本研究はJSPS科研費 (25780539) の助成を受けたものである。

— 2013.8.29 受稿、2014.12.24 受理 —

The Conditions of Dot-size and Dot-pitch of Embossed Dotted Line to be Recognized as Continuous or Dotted

Mayu MORI and Hideyuki KOBAYASHI

This study aimed to clarify the conditions of dot-size and dot-pitch of embossed dotted line to be recognized as continuous or dotted. 15 participants who are using Braille participated experiments. The longest dot-pitch to be recognized as continuous was 3.46-3.48mm. The shortest dot-pitch to be recognized as dotted was 4.27-4.15mm. As a result of within-participants design two-way ANOVA, main effect of dot-pitch was significant. The result of ANOVA shows that there is no difference of dot-pitch by dot-size to be recognized continuous and dotted. It is considered that the dot-pitch for expressing the continuous line would be appropriate up to about 3.0mm. The dot-pitch of dotted line would be appropriate not lower than about 4.9mm.

Key words: Braille graphics, embossed dotted line, blind