

触読初心者を対象とした点字の読み取りやすさに関する実験的研究

村上 詩織[†] 渡辺 哲也[†] 前田 義信[†] 山口 俊光^{††}

†新潟大学工学部 / ††新潟大学大学院自然科学研究科 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町 8050
E-mail: t2.nabe@eng.niigata-u.ac.jp

あらまし 中途視覚障害者の点字学習の初期段階では、読み取りやすい文字を利用するのが望ましい。そこで、触読初心者にとってどの点字文字が読み取りやすいかを調べる実験を行った。その結果、点の数が少ない、中段に空隙がある、点の並びが単純であるという特徴をもつ点字文字の触読時間が短かった。一方、点の並びを回転して捉える、中段の空隙を認識しないという初心者の特徴的な誤読傾向も観察された。このような結果を踏まえて、点字の形状と触読時間との関係、及び点字学習教材への研究成果の活用について考察した。

キーワード 視覚障害者, 点字, 触読初心者, 触読時間, 正答率

An Experimental Study on Legibility of Braille Characters for Beginners

Shiori MURAKAMI[†], Tetsuya WATANABE[†], Yoshinobu MAEDA[†], and Toshimitsu YAMAGUCHI^{††}

† Faculty of Engineering / †† Graduate School of Science and Technology, University of Niigata
Ikarashi-2 8050, Nishi-ku, Niigata 950-2181 Japan

Abstract At the first stage of braille learning, it is preferable to use braille characters which are easy for beginners to read tactually. This is the motive for exploring such braille characters through an experiment. The experimental results showed that braille characters with less than three dots, space in the second row, or a simple arrangement of dots were read with short reading times. At the same time, it was found that beginners tend to misunderstand the angle of the dotted lines and miss the space in the second row. Based on these results, we discussed the relationship between the arrangement of the dots and the reading time and the application of the experimental results to braille educational textbooks.

Keyword Blind Persons, Braille, Braille Beginners, Reading Time, Correct Rate

1. はじめに

点字の習得に困難を抱える中途視覚障害者のために、様々な学習方法が提案・実践されている。具体的な例として、標準サイズよりも点間隔を広げた拡大点字[1][2], 学習者が興味を持てる内容で構成した「おもしろ教材」[3], 1文字ずつ確実に読み取るための「縦読み」[4]などが挙げられる。

我々は、点字学習の初期段階で読み取りやすい点字文字が活用されている点に着目した。学習の第1段階では点の数と配置が単純な約8文字が複数の教材で共通して用いられている。しかし第2段階以降では教材ごとに違いが生じている[5]。ここで、触読初心者にとって読み取りやすい点字文字を系統的に調べれば、点字学習教材の作成に役立つのではと考えた。

点字の文字ごとの読み取りやすさについては、触読時間などを指標として古くから調べられてきた[6]-[9]。しかし、いずれも点字の触読に熟達した人を被験者としているため、これらのデータをそのまま初心者に適用できるかどうかは定かではない。そこで、触読初心者を対象に読み取りやすい文字を調べる実験を行うこととした。

2. 関連研究

Wanecek は点字 39 文字を 600 回ずつ読ませ、正しく読めた回数で点字文字を序列化した。日本語の点字で、あ、ふ、れに相当する文字 (⠁, ⠂, ⠃) が上位となった (文献[6],[7]に概略説明がある)。

Nolan and Kederis は盲学校の生徒 36 人に点字 55 文字を読ませて触読時間を測った[8]。実験結果から、点の数と認識時間の間に正の相関が見られることや、点が多く離れている文字は触読時間が短いことを明らかにした。

草島は、12名の視覚障害者に点字を1文字ずつ読ませた。点字に指を触れてから、読めたと思って指を離すまでを触読時間とした[7]。また、盲学校高学年の生徒 24 人に点字を 0.6 s だけ読ませたときの正答率を計測した。実験の結果から、点の数が少ない、あるいは多くても間が広いなど形態の単純な点字が読みやすいと結論づけた。

佐藤と河内は、点字に熟達した視覚障害の生徒 19 人に点字 43 文字を触読させたときの時間を計測した[9]。その結果、点の数が増えるにつれて触読時間が長くなるという結果を得た。

3. 触読実験

3.1. 目的

点字 1 文字ごとの触読時間と正答率を調べ、これを指標として、触読初心者にとっての点字文字の読みやすさの序列を求める。

3.2. 被験者

被験者は 18 歳から 25 歳の大学生と大学院生 50 人。全員視覚障害がなく、触読初心者である。

3.3. 刺激

1 点以上突出する点字 63 文字から、位置は異なるが形状（点の数と並び方）が等しい 19 文字（表 1）を除いた 44 文字を点字ディスプレイで提示した。

表 1 位置は異なるが形状が同じ点字

点の数	形態が同じ点字
1 点	⠠ ⠡ ⠢ ⠣ ⠤ ⠥
2 点	⠦ ⠧ ⠨ ⠩
3 点	⠪ ⠫ ⠬ ⠭ ⠮ ⠯
4 点	⠰ ⠱ ⠲ ⠳

3.4. 実験装置

実験装置の構成を図 1 に示す。刺激となる文字は、コンピュータ (Dell, INSPIRON 1150) から USB-シリアル変換器 (Glorymark, M-00721) を介して点字ディスプレイ (KGS, Braille Tender BT46) に送られる。点字ディスプレイの触知部分には覆いを設けて、被験者から見えないようにした。

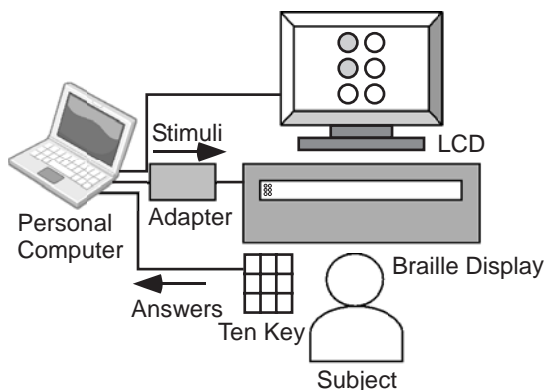


図 1 実験装置の構成

被験者の回答はテンキー (サンワサプライ, NT-9UBK) からコンピュータへ送られ、記録される。被験者が回答を確認するための液晶ディスプレイ (DELL, 1707Fpt) もコンピュータに接続している。

点字ディスプレイへの刺激の提示、テンキーによる回答の入力、液晶ディスプレイへの回答状況の表示のために、Java 1.5.0 (Sun Microsystems) でプログラムを開発した。

3.5. 実験手順

実験は事前検査 1, 事前検査 2, 本実験の順で行う。

事前検査は、点字触読実験に臨むにあたって、触覚に問題がないかどうかを調べる目的で行う。

事前検査 1 では点字ディスプレイに 0~4 個の点を 1 回ずつ提示し、被験者にその個数を数えさせる。この検査は、Ballesteros らの 20 種類の触覚検査の中で点字触読に必須である点スキャニング検査を参考に作成した [10]。

予備実験 2 では点字触読に近い課題を行わせることで、極端に触読成績が低い被験者がいないかどうかを事前に調べるとともに、本実験の練習も兼ねる。点字の上側の 4 つの点位置に、4 個または 3 個からなる点字を点字ディスプレイで提示する。3 個の場合、突出しない点の位置は左上, 右上, 左下, 右下の 4 種類あるので、刺激の種類は ⠠, ⠡, ⠢, ⠣, ⠤ の 5 種類となる。被験者にはどの位置の点がないか、あるいは 4 個すべて出ているかを答えさせる。各刺激を 4 回ずつ、合計 20 回提示する。この刺激は、Legge らによる点字読み速度の測定で使われたものである [11]。

本実験では、被験者に点字 44 文字を 1 回ずつ触読させる。文字の提示順序はランダムとし、更に被験者間で異なるようにした。

1 試行の流れを説明する。被験者がテンキーの Enter キーを押すと点字 1 文字が点字ディスプレイの 1 マス目に提示される。被験者はこれを (右手の) 人差し指で触読する。どの点突出しているか把握できた時点で再び Enter キーを押すと、突出していた点が降下する。点の降下後、被験者は点突出していたと思った点位置の番号をテンキーで入力する。テンキーは点字の並びに相当する六つのキーと Enter キーのみを押せるように細工してある。どの点位置を選んだかという回答状況は被験者用のディスプレイに表示される。キーを押し間違えた場合は、同じキーをもう一度押すことで取り消しができる。選んだ点位置が正しいと判断できたら Enter キーを押し、この段階で 1 試行が終了する。以上の手順を 44 回繰り返す。

点の突出から降下までを触読時間とし、実験プログラムで計測する。

4. 結果

4.1. 事前検査

事前検査 1 では、5 問とも正答した被験者が 50 人中 40 人、4 問が 7 人、3 問が 3 人だった。

事前検査 2 では、20 問とも正答した被験者が 50 人中 41 人、19 問が 6 人、18 問が 2 人、若干下がって 14 問が 1 人であった。

大部分の被験者において検査成績が良好なことから、検査 1 と 2 で共通して成績が低い被験者がいなかったことから、被験者 50 人とも触覚機能に問題はないと見なして、以後の解析では全員分のデータを使うこととした。

4.2. 正答率の分布

回答の正誤の判断において、表 1 中の同形を答えた場合は、位置がずれていても正答とした。

50 人の被験者全員が正答した場合を 100% として、文字ごとの正答率を求めた。その分布の様子を図 2 に示す。いずれの文字も正答率は 70% 以上となった。44 文字のうち 39 文字で正答率が 80% 以上と高くなっており、正答率は高止まりしている。平均値は 87.2%，最大値は 98.0%，最小値は 70.0% であった。正答率が 100% となった文字はなかった。

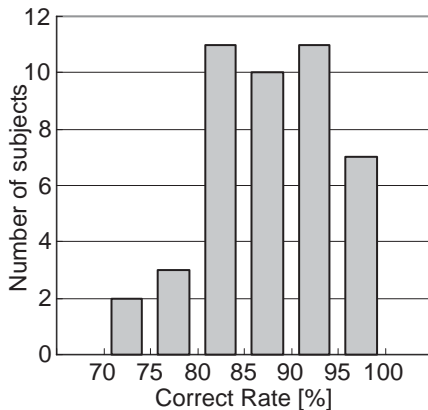


図 2 文字ごとの正答率の分布

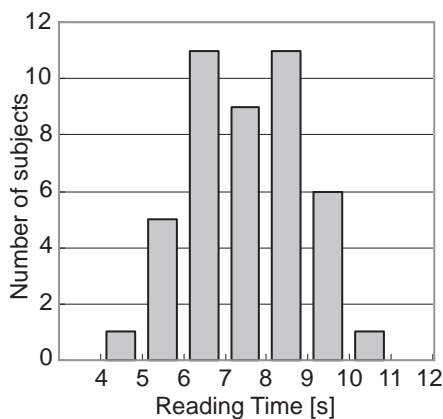


図 3 文字ごとの平均触読時間の分布

4.3. 触読時間の分布

図 3 は、被験者 50 人の触読時間から平均を求めた文字ごとの触読時間の分布である。7.0~8.0 s を中心として左右均等に分布した形となっている。平均値は 7.5s，最大値は 10.9，最小値は 4.3s であった。

4.4. 正答率と触読時間の関係

文字ごとの正答率と触読時間の関係を見るため、散布図に表したのが図 4 である。プロットは図の中央から右下の領域にかけて集中しているが、左下や右上にも数点散らばっている。正答率と平均触読時間の間で直線関係を仮定して求めた相関係数は $r = -0.19$ であった。これと標本数 $N=44$ から求めた t 値 1.26 は、自由度 $df = 42$ ，両側確率 0.05% の t の臨界値 2.02 よりも小さいため、平均触読時間と正答率の間に統計的に有意な相関は認められなかった。

相関係数は外れ値の影響を受けやすい。そこで図 4 の左下の 4 点（触読時間は短いが正答率が低い文字）と右上の 1 点（触読時間が最も長い文字）を外れ値と見なして、これらを除いたデータで相関係数を求めると、有意な負の相関が見られた ($r = -0.54$ ($df=38$, $t=3.93$, $p \leq 0.05$)). つまり、正答率が低い文字ほど触読時間が長くなる傾向が見られた。このことを受けて以後では、分布が正規分布に近い触読時間 (図 3) を指標として、文字ごとの読み取りやすさを検討する。一方、正答率のデータからは誤答の傾向を分析する。

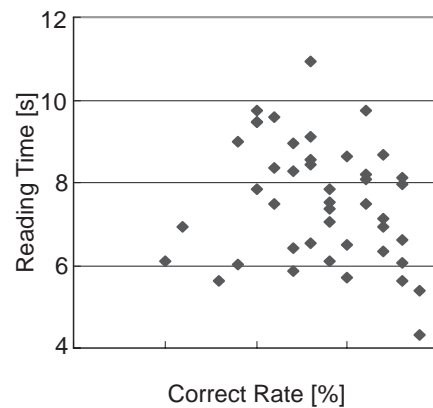


図 4 正答率と触読時間の関係

4.5. 読みやすさの順位

触読時間を指標とする読みやすさの順位を表 2 に示す。順位が高い文字 12 文字までは、点の数が少ない (2 個まで)、点の並びが直線状である、中段が空いているといった特徴のいずれかを有している。それぞれの特徴の効果については考察の章で論じる。

表2 触読時間による文字ごとの読みやすさの順位

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
点字	⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩
仮名	う	あ	ゆ	お	ふ	ぬ	や	い	は	か
順位	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
点字	⠪	⠫	⠬	⠭	⠮	⠯	⠰	⠱	⠲	⠳
仮名	に	く	よ	の	ら	り	な	き	ろ	数
順位	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
点字	⠴	⠵	⠶	⠷	⠸	⠹	⠺	⠻	⠼	⠽
仮名	ひ	る	さ	て	せ	れ	め	み	む	こ
順位	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
点字	⠿	⠀	⠁	⠂	⠃	⠄	⠅	⠆	⠇	⠈
仮名	ね	け	ほ	も	え	へ	そ	ま	た	つ
順位	41	42	43	44						
点字	⠉	⠊	⠋	⠌						
仮名	す	と	ち	し						

4.6. 誤答の傾向

誤答の総数は282であった。誤答の種類は184種類あり、そのうち50種類が2人以上が共通して間違った回答、ほかの134種類は1人のみによる回答であった。誤答者の数とその種類を表3に示す。誤答者の多い方から10種類については、具体的な間違いの内容を示した。それ以外については、誤答の種類の数を示した。正答率が低い方から1番目と2番目と4番目の「か、な、や」は、この3文字の間で互いに誤った回答が多かった。

表3 誤答者数と誤答の種類

誤答者数	誤答の内容	誤答者数	誤答の内容	誤答者数	誤答の種類
8人	⠠→⠡	5人	⠢→⠣	3人	14種類
6人	⠤→⠥	5人	⠦→⠧	2人	25種類
5人	⠨→⠩	5人	⠪→⠫	1人	134種類
5人	⠬→⠭	5人	⠮→⠯		
5人	⠱→⠲	4人	⠴→⠵		

誤答者の多かった誤答の種類には、中段の空隙を詰めたもの(例: ⠠→⠡)と、もとの形を回転させたもの(例: ⠠→⠡)が多かった。このような誤答の型を、過去の研究を参考に9種類に分けた[7],[8]。そして、2人以上が共通して間違った誤答型には一定の傾向があると見なして誤答者数を数え、人数が多い順に並べた結果を表4に示す。表4においても、中段の空隙詰めと回転が上位となり、角点の欠落と追加がこれに続く。

Nolan and Kederisの実験では、(誤)回答の86%に生じた最頻のエラーは点の欠落であった[8]。草島の誤答の分析でも、点の追加と欠落、それに左右対称が主な誤答型として紹介されている[7]。これらを今回の実験結果と比較すると、点字常用者と初心者の間で、頻度の高い誤答の型に違いがあることが分かった。すなわち、

触読初心者は、点の数が少ない文字において角度や空隙の把握に困難を示した。他方で点字常用者にはそのような傾向は見られない。

表4 誤答の型と誤答者数

誤答の型	例	誤答者数
中段空隙詰め	⠠→⠡	31人
回転	⠠→⠡	23人
角点欠落	⠠→⠡	21人
角点追加	⠠→⠡	17人
中段点追加	⠠→⠡	15人
角1点の左右移動	⠠→⠡	13人
左右対称	⠠→⠡	12人
中段点欠落	⠠→⠡	10人
角1点の上下移動	⠠→⠡	8人

5. 考察

5.1. 触読時間を変化させる要因

過去の文献はいずれも、点の数が触読速度へ及ぼす影響を指摘している[7]~[9]。このことが触読初心者にも当てはまるかを検証しよう。

図5は、点の数と触読時間の関係を表している。点の数が1個から4個までは、点の個数が増加するにつれて平均触読時間が長くなる傾向にある。他方で点の数が4個から6個にかけては、点の数が増加するにつれて触読時間が短くなっている。この様子から、上に凸の2次曲線を近似してみると、 $y = -0.25x^2 + 2.57x + 1.89$ 、相関係数 $r = 0.67$ となり、よく当てはまる。

実験データを点字の点の数で分類して分散分析を行ったところ、点の数を要因として触読時間は有意に変化した ($F(3,38) = 12.3, p \leq 0.05$)。ただし、点数が1個の文字と6個の文字はそれぞれ1種類しかないので、これらは分析から除いている。

図5を見ると、点の数が2~4個の条件では、文字ごとに触読時間に大きな開きがあることが分かる。点の数が2個の文字では、「う(⠠)」が4.3sで最も短く、他は6s前後であった。点の数が3個の文字では、中段に空隙があり点が上下に離れている4文字が触読時間が短い順に5番目までを占め、それらの平均値は6.0sであった。他方で点が離れていない11文字の触読時間の平均値は7.4sであった。点の数が4個の群では、点が離れているのは「ふ(⠢)」のみで、これが最も触読時間が短く5.7sだった。「ふ」以外の13文字の触読時間の平均値は8.9sだった。以上のように、点の数が同じ文字の間で比べると、点の数が3個と4個の文字では、中段に空隙があり点が上下に離れている文字の方が触読時間が短い様子が観察された。

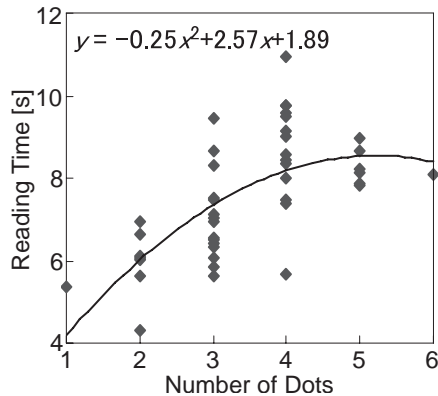


図5 点の数と触読時間の関係

点が3個の文字で4番目に触読時間が短かったのは「に (⠠⠠⠠)」であり、これは点の並びが直線状である効果が現れたと思われる。点の数が2個の文字においては、点の数が少ないことと点の並びが直線状であることが触読時間を短くした要因であろう。

本研究の被験者は触読初心者であり、かつ刺激が1文字であることから、読み取りにあたって言語知識は活用できず、点字の物理的条件だけが読み取りやすさに影響したと言える。その結果、点の数、中段の空隙、点の並び方が読み取りやすさ（ここでは触読時間）を変化させた。更にこの状況は、熟達者を被験者としたこれまでの研究と一致していた[7]~[9]。

5.2. 関連研究との比較

触読時間に影響する要因がこれまでの研究と一致したことから、触読時間が短い文字の順位も似た様相を呈すると考えられる。そこで、過去の研究と今回の実験の間で触読時間について相関を求めた。海外の研究の場合、文字としては異なるが、点字の形（点の数と位置）が等しい文字を相同として比較した。両方で点字の形が一致するデータのみを比較対象としたため、標本数は対照文献により異なる。

Nolan and Kederis による触読時間と比べたところ[8]、有意水準5%で有意な相関は見られなかった ($N=44$, $r=0.134$)。Nolan and Kederis のデータは、すべての触読時間が0.2 s以下なのに対して計測精度が0.01 sであるため、複数の文字が同じ触読時間となるが多かった。最も多い場合10文字が同じ触読時間(0.04 s)であった。このような測定データであったため、相関が見られなかったと考えられる。

草島による触読時間と比べたところ[7]、有意水準5%で有意な正の相関が見られた ($N=39$, $r=0.496$)。

佐藤による触読時間と比べたところ[9]、有意水準5%で有意な正の相関が見られた ($N=43$, $r=0.538$)。

5.3. 点字学習教材への応用

複数の点字学習教材の第1段階で使われている文字は、「め (⠠⠠⠠), ふ (⠠⠠⠠), れ (⠠⠠⠠), う (⠠⠠⠠), に (⠠⠠⠠), な (⠠⠠⠠), い (⠠⠠⠠), あ (⠠⠠⠠), わ (⠠⠠⠠), ん (⠠⠠⠠)」である[5]。これらは、「め, れ, ん」を除けば、点の数が少ない、点の並びが直線状である、中段が空いているという条件のいずれかを満たしており、今回の実験結果と照らし合わせて妥当である。

第2段階で使われている文字は教材ごとに差がある。大別すると「た (⠠⠠⠠), き (⠠⠠⠠), す (⠠⠠⠠), り (⠠⠠⠠), こ (⠠⠠⠠), ね (⠠⠠⠠), ひ (⠠⠠⠠)」を使う教材と、あ行 (⠠⠠⠠, ⠠⠠⠠, ⠠⠠⠠, ⠠⠠⠠) を使う教材の2種類がある。今回の実験結果を活用すれば、点の数が2個までの「お (⠠⠠⠠), ら (⠠⠠⠠)」や、中段に空隙がある「く (⠠⠠⠠), む (⠠⠠⠠), は (⠠⠠⠠), ゆ (⠠⠠⠠)」などの文字の方が初心者にとっては楽に読めると思われる。ただし、初心者への1文字提示では、中段空隙詰めと回転という誤答型が顕著であるため、提示文字の縦と横方向が分かるような触覚的なガイドとともに提示するなどの配慮が必要である（実際の教材では、め (⠠⠠⠠) やふ (⠠⠠⠠) などを並べた触覚的なガイドとともに新しい文字を提示する工夫がされている）。

いくつかの点字文字を読み取れるようになると、単語読みへ移行する。そこでは、初心者にとって読み取りやすい文字だけで構成された単語を提示したい。そのような単語を自動的に生成するプログラムを開発した。使用したい文字をこのプログラムに与えれば、あらゆる順列組み合わせの文字列を生成したのちに、辞書の見出し語と照らし合わせて単語だけを得ることができる。今回の実験で触読時間が短いと分かった文字だけをこのプログラムに入力すれば、読み取りが容易な点字単語を手軽に作成できる。

6. おわりに

触読初心者を対象とした点字触読実験を行ったその結果から、読み取りやすさの要因と、実験結果を活用した点字学習教材について考察した。

視覚障害者の多くは途中で障害を発症した人たちであり、その発症時年齢は20代から40代が多い[12]。このことから、今回のように触読初心者にとって読み取りやすい点字に関する実験を、30代以上の人たちを対象に行い、各年齢層に適した学習初期段階の文字を調べることが今後の課題である。

文 献

- [1] 中野泰志, 坂本洋一, 管一十, 木塚泰弘, 中島八十一, "糖尿病性網膜症の触弁別(2)-サイズ可変点字印刷システムの試作-", 第 23 回感覚代行シンポジウム発表論文集, pp.157-160, 1997.
- [2] 澤田真弓, "点字触読困難な中途失明者への指導アプローチ-サイズ点字の違いによる触読のしやすさの比較から-", 国立特殊教育総合研究所研究紀要, vol.31, p.101-112, 2004.
- [3] 澤田真弓, 中途失明者の点字触読指導マニュアル及び教材, 国立特殊教育総合研究所報告書, 特殊研 F-122, 2004.
- [4] 原田良實, "点字指導について", 中途失明者の個に応じた最適点字サイズ評価と点字触読指導プログラム及び教材の開発, 国立特殊教育総合研究所報告書, 特殊研 F-121, pp.52-54, 2004.
- [5] 伊藤和之, "点字触読教材の実態", 中途失明者の個に応じた最適点字サイズ評価と点字触読指導プログラム及び教材の開発, 国立特殊教育総合研究所報告書, 特殊研 F-121, pp.27-34, 2004.
- [6] K. Bürklen, Touch reading of the blind, American Foundation for the Blind, New York, 1932.
- [7] 草島時介, 点字読書と普通読書-研究と指導法-, 秀英出版, 東京, 1983.
- [8] C.Y. Nolan and C.J. Kederis, Perceptual Factors in Braille Word Recognition, American Foundation for the Blind, New York, 1969.
- [9] 佐藤将朗, 河内清彦, "能動的触察条件における点字のレジビリティの検討", 特殊教育学研究 vol.38, no.2, pp.53-61, 2000.
- [10] S. Ballesteros, D. Bardisa, S. Millar and J. M. Reales, "The haptic test battery: A new instrument to test tactual abilities in blind and visually impaired and sighted children," British Journal of Visual Impairment, vol.23, no.1, pp.11-24, 2005.
- [11] G. E. Legge, C. Madison and J. S. Mansfield, "Measuring Braille reading speed with the MNREAD test," Visual Impairment Research, vol.1, no.3, pp.131-145, 1999.
- [12] 柿澤敏文, 香川邦生, 鳥山由子, 中田英雄, 池谷尚剛, 佐島毅, 寺島彰, "2000年における全国視覚障害者更生施設入所者の実態調査," 心身障害学研究, vol.27, pp.77-88, 2003.