

大型電子化提示教材で使用するロービジョンに適した
文字サイズの規定法
—— 読書評価チャートの応用 ——

氏 間 和 仁・島 田 博 祐・小 田 浩 一

日 本 特 殊 教 育 学 会

大型電子化提示教材で使用するロービジョンに適した 文字サイズの規定法

—— 読書評価チャートの応用 ——

氏 間 和 仁*・島 田 博 祐**・小 田 浩 一***

遠方に提示される大型電子化提示教材の文字サイズを臨界文字サイズで規定する可能性を明らかにするため、シミュレーションによる実験1とロービジョン者による実験2を行った。実験1は、文字サイズ(3水準)と読書形態(2水準)を要因とする2要因の要因計画法であった。ロービジョンシミュレーションの実験結果から、臨界文字サイズ未満と以上の間で読書速度に有意差がみられたことと、読書評価テストと実験結果の間に相関がみられたことから、臨界文字サイズは大型電子化提示教材の文字サイズの推定に利用できることが示唆された。実験2の結果は、実験1と同様の結果がみられるケースと、そうでないケースの存在が明らかになった。実際にロービジョン者の文字サイズを推定する場合は、臨界文字サイズを基準にし、あわせて内省報告を重視する必要があることが明らかになった。

キー・ワード：読書速度 臨界文字サイズ ロービジョン

I. はじめに

本研究は、読書評価チャートで求められる臨界文字サイズに基づいて文字サイズを統制された文章を遠方に示したときに、読書速度が受ける影響を、ロービジョンシミュレーションとロービジョン者で明らかにすることを目的としている。シミュレーション実験では、文字サイズは臨界文字サイズと、それより0.1 log 大きい文字サイズ、0.1 log 小さい文字サイズの3条件である。読書形態は、500～600文字で構成される文章を理解しながら速読する読解課題と、読書評価チャートと等質の30文字の文章を速読する速読課題の2条件である。ロービジョン者による実験は速読課題のみである。

読書評価チャートの結果を遠方に提示した文章に適用する妥当性、速読課題で測定される読書評価チャートを教材提示時に近い読書形態である読解課題に適用する妥当性をシミュレーション下で検討した後、ロービジョン者を被験者とした実験である。

矯正してもなお視機能の低下があり、生活上の不便

を強いられる状態をロービジョンという。ロービジョン者が読書時使用するレンズの拡大率や印刷される文字の大きさを推定する方法として、MNREADテスト(Minnesota Low-Vision Reading Test)がある(Legge, Ross, Luebker, & Lamay, 1989)。速い音読を課するテストはいくつか存在するが(Baldasare, Watson, Whittaker, & Miller-Shaffer, 1986; Sloan & Brown, 1963)、MNREADテストは音読速度を指標にした再現性の高いテストとされ、数か国語に翻訳されている。小田・Mansfield, and Legge (1998a)は、MNREAD-JとよばれるMNREADテストの日本語版を開発して日本語での検査を可能にした。文字サイズを変化させながら読書した場合、読書速度が一定に保たれる文字サイズの範囲が存在する。その文字サイズの範囲を超えて大きくなったり、小さくなったりすると読書速度が低下する特性があり(Legge, Pelli, Rubin, & Schleske, 1985)、この特性はロービジョン者でも確認されている(Legge, Rubin, Pelli, & Schleske, 1985)。MNREADテストはこの読書の特性を応用したテストである。MNREADテストは臨界文字サイズ、最大読書速度、読書視力を求めることができる。

最大の読書速度を保って読むことのできる最小の文

* 福岡教育大学障害児教育講座

** 明星大学人文学部心理教育学科

*** 東京女子大学コミュニケーション学科

字サイズを臨界文字サイズ (critical print size) とよび、CPS と略され、単位は logMAR (ログマー) を用いる。logMAR は、国際的に使用されはじめた視力の単位である。最小分離閾の視角 (MAR; Minimum Angular Resolution) を常用対数にしたもので、視角 1 分のとき 0 logMAR (小数視力では 1.0)、視角 10 分のとき 1.0 logMAR (小数視力では 0.1) になる。log スケール (対数尺度) を使うと視標の大きさの変化率が一定になることや、標準検査距離以外での測定結果が簡単に換算できるという特徴がある。したがって、MNREAD-J テストでは logMAR 視力が用いられており (小田ら, 1998a)、本研究でも logMAR を採用する。0.1 logMAR の変化率はおおよそ 26% である。

最大の読書速度を保っているときの読書速度の平均値を最大読書速度 (Maximum Reading Speed) といい、MRS と略される。MRS は単位時間 (分) 当たりの正読字数で表され、CPM (Characters Per Minute) が単位である。

チャート上の文字を文字として知覚できなくなる視力を読書視力 (Reading Acuity) といい、RA と略される。単位は logMAR である。

CPS はルーペの拡大率や文字サイズを推定する基準として利用することができ、ロービジョンの視覚特性に応じた読書環境を整える方法として有効である (中村, 2000; 小田, 2001a; Ujima & Oda, 2004)。しかし、遠方の読材料の読書との関係や、理解を伴う読書との関係については十分な検討がされていない。

近年、プロジェクトや大型ディスプレイにコンピュータで作成された供覧用の教材 (以下、「大型電子化提示教材」とする) を提示して行われる授業形態がみられる。ロービジョン者が電子化提示教材で学習する際の網膜上に投影される文字サイズの推定に、読書用検査チャートである MNREAD-J を応用する可能性を明らかにしたい。

II. 実験 1

1. 実験の概要

近方 (検査距離 30 cm) で実施された MNREAD-J テストで求められた CPS で、文字サイズが統制された文章を遠方に提示したときの読書への影響、読解と速読の読書形態による読書への影響を確かめた。従属変数は読書速度であった。実験計画は被験者内 2 要因の要因計画法であった。要因は読書形態と文字サイズであり、読書形態は読解課題と速読課題の 2 水準、文字サイズは CPS-0.1 logMAR (小条件)、CPS (中

条件)、CPS+0.1 logMAR (大条件) の 3 水準であった。

実験期間は、平成 16 年 8 月～9 月であった。

実験は、暗室で 100 インチのスクリーンに液晶プロジェクトで刺激を投影して行われた。視距離は 3 m にした。教室における最前列とスクリーンの距離を想定した。刺激のコントラストは、マイケルソンコントラストで平均値 93.1% であった。被験者に事前に実施した MNREAD-J テストの視標のコントラスト平均値 92.4% と同等になるように調整した。「VDT 作業の労働衛生実務」(厚生省, 1987) では、50%～100% の間でコントラストを設定することがディスプレイ作業では望ましいとされている。

被験者はインフォームド Consent 後、承諾書に署名した小数視力 1.0 以上の晴眼者とした。年齢は 10 歳代後半～20 歳代前半であり、平均は 21.1 ± 3.7 歳であった。眼の屈折は、50 歳前後から若干遠視化することが知られている (鶴飼, 2000)。本実験結果は、読解力や記憶力の個人特性に影響を受けることが考えられる。よって、被験者は高等教育機関在学者もしくは卒業者とした。ロービジョンを想定していることから、被験者の優位眼を Occlusion Foil 遮蔽フィルタ (Ryser Optik 製) により遮蔽し、近距離・遠距離視力ともに 0.1 に統制した。劣位眼は完全遮蔽した。フィルタによる統制時、視距離 5 m と 30 cm とでは視力値が変わらないことが知られている (鶴飼・波呂, 1992)。読書速度においても確認したい。

文字サイズ条件は、標準的な検査距離である 30 cm の視距離で MNREAD-J テストを行い、CPS を求め、CPS を中条件とした。中条件より 0.1 logMAR 大きい条件を大条件、0.1 logMAR 小さい条件を小条件とした。

視角と文字サイズの関係は、アルファベット (Legge, Pelli, et al., 1985) や、日本語 (小田・今橋, 1995) の研究を参考にランドルト環の切れ目の 5×2.24348 倍 (11.2174 倍) とし、「国」の文字で補正した。

読書形態の条件は、読解課題と速読課題の 2 つであった。読解課題の刺激は、エンカルタ百科事典 (Microsoft 社製) を利用して作成した。特殊性を低くするために、「一般項目」の全 9 項目 (「科学/技術」、「芸術/文学」、「社会」、「宗教/哲学」、「社会/スポーツ」、「生物/環境」、「地理」、「民族/言語/神話」、「歴史/考古」) からランダムに 6 題ずつ選択し、54 文章 (9 項目 $\times$ 6 題) 作成した。文字数は 1 文章、500～600 文字に設定した。被験者に分野が偏らないように

無作為に割り付けた。速読課題の刺激は MNREAD-J と同じ漢字 8 文字、ひらがな 22 文字で構成された 30 文字の日本語文章であった。

2. 実験の手順

実験は Fig. 1 のように行った。インフォームドコンセント、視力統制、MNREAD-J テスト、記号課題、読解課題、速読課題、休憩で構成した。

1) MNREAD-J テスト： 標準的な方法 (小田, 2001b) で MNREAD-J テストを実施し、MRS と CPS を求めた。CPS の算出には、Mansfield らの算出法 (Mansfield, Legge, & Bane, 1996) を用いた解析プログラム MNJA ver. 1.016 (Mansfield, Oda, & Kawashima, 2001) を利用した。

Mansfield らは、各文字サイズで読書速度を測った際、文字サイズを S とし、小さいほうの文字サイズを S_i 、大きいほうの文字サイズ S_j 、それらの間隔を $S_i:S_j$ とした場合、 $S_i:S_j$ は次の 2 つの条件を満たすものとしている。

条件 1 は、 $\max(S_{\min}:S_{i-1}) < \text{mean}(S_i:S_j) - A$ であり、

条件 2 は、 $\max(S_{j+1}:S_{\max}) < \text{mean}(S_i:S_j) - A$ である。

このとき、 A は $\max((\text{stdev}(S_i:S_j) \times 2), (\text{mean}(S_i:S_j) \times 0.05))$ であるとしている。

このアルゴリズムからすると、 S_i が CPS、 $S_i:S_j$ の読書速度の平均値が MRS ということになる。

なお、

$\max(a:b)$ は a 、 b 間の読書速度の最大の値、

$\text{mean}(a:b)$ は a 、 b 間の読書速度の平均の値、

$\text{stdev}(a:b)$ は a 、 b 間の読書速度の標準偏差の値、

$\max(a, b)$ は a 、 b のどちらか大きいほうの値であるとしている (Mansfield, Legge, & Bane, 1996)。

Mansfield らの原著では条件 2 を「 $\max(S_{j+1}, S_{\max}) < \text{mean}(S_i:S_j) - A$ 」としているが、これでは左辺の最大値を 2 つの値から選択せねばならず、Mansfield らが意図した表記ではないと考えられること、条件 1 との整合性が保てないことから、「 $\max(S_{j+1}:S_{\max}) < \text{mean}(S_i:S_j) - A$ 」として解釈した。

2) 記号課題： 被験者の記憶の特性を調べるために記号課題を行った。この記憶課題と規格化の方法は、清原・中山・木村・清水・清水 (2003) の研究に従った。記号課題の方法は、まずアルファベット 4 文字からなる無意味つづりの対を 15 個羅列したものを 2 分間で記憶する、対連合学習課題であった。提示内容を学習後「ACEG と BDEF は対である」形式の文章を 10 個提示し、true or false で回答する、強制選択解答 (2AFC: 2 alternative forced choice) で判定を行った。テストは 1 分 30 秒間で行った。記号課題を 2 回行い、結果の平均を記号課題の値 (R_s) とした。

3) 読解課題： 読解課題は、スクリーンに投影された文章を被験者自身がスクロールしながら速く黙読する。実際の教材を読むことを想定した実験である。拡大提示された教材を学習場面で利用する際は、速く読むことと、理解することを要求される。内容の理解度を確かめるため、各読書後にテストを課した。文章内に出てくる内容から、例えば「ジェットの放出速度は、活動銀河核に近い所では光速の数倍に達する」というような文を 10 個提示し、直前に提示された文章の内容と合致するかを、記号課題同様 true or false で回答するテストで真偽判定を行った。真偽判定の結果を読解課題の理解度の値 (R_p) とした。理解度の規格化は式 (1) で行い、この結果を読解課題の規格化された理解度 (R_p') とした。

式 (1)

$$\text{規格化した理解度} : R_p' = R_p / R_s$$

記号課題成績 : R_s

読解課題成績 : R_p

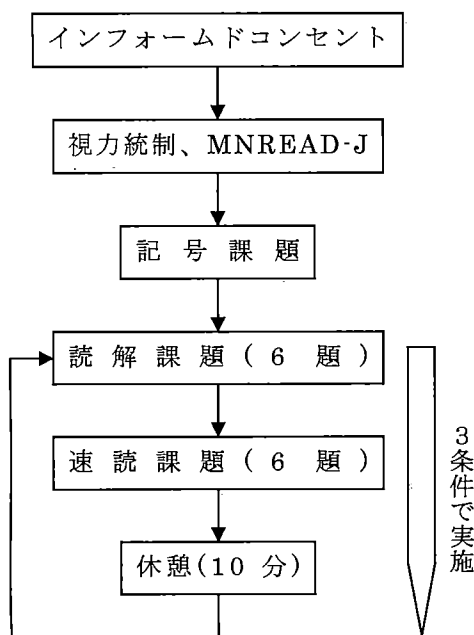


Fig. 1 実験の手順

読解課題は文字サイズ 1 条件で 6 題行った。読書速

度は、1文章の読書時間と文字数から1分間当たりの読書文字数に換算して求めた。単位はMNREAD-Jで用いられているものと同じCPMとした。

4) 速読課題：速読課題は、スクリーンに投影された刺激をできるだけ速く音読した。読書速度は各文章の読書時間を1分間当たりの正読字数に換算し、単位はCPMとした。MNREAD-Jと同じ手法である。刺激の提示条件や試行数は読解課題と同様であった。

5) その他：被験者は実験前に「文章読書後、読解課題を実施することと、なるべく速く読むこと」と教示され、実験前に記号課題、読解課題、速読課題を1回ずつ練習した。

3. 結果

1) 理解度：理解度 (Rp') は、読解課題の結果から被験者の記憶の特性を排除して、個人の記憶特性を規格化して求めたことから、文字サイズを要因として小条件・中条件・大条件の3水準で分散分析を行った。 Rp' の結果の平均値と標準偏差の値をTable 1に示した。分析の結果、水準間に有意な差は認められなかった ($F(2, 16) = 1.35, p > .10$)。9被験者×3条

Table 1 理解度の結果

($n=9$)

被験者	小条件	中条件	大条件
MEAN	1.0	1.1	1.0
S.D.	0.1	0.1	0.1

件×6試行分の162試行で測定された読書速度と Rp' の相関係数は0.04であった。分野別の Rp' をFig. 2に示した。最低が0.9、最高が1.1であった。

2) 読解課題と速読課題の結果：Table 2は、読解課題と速読課題の読書速度の結果である。各被験者の1条件6試行の結果を平均して読書速度とした。読書形態(2水準)×文字サイズ(3水準)の分散分析の結果、交互作用が有意であった ($F(2, 16) = 4.14, p < .05$)。そこで、各要因の単純主効果を分析した結果、文字サイズの単純主効果は、読解課題 ($F(2, 16) = 17.76, p < .01$)、速読課題 ($F(2, 16) = 61.06, p < .01$)の各条件で有意であった。読書形態の単純主効果はみられなかった。

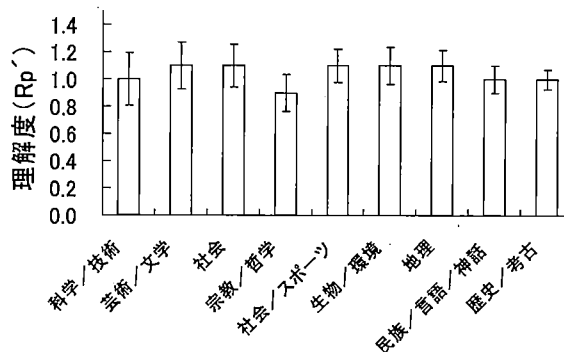
読書形態における文字サイズのLSD法を用いた多

Table 2 各被験者の読解課題と速読課題の読書速度

($n=9$)

被験者	読解課題			速読課題		
	小条件	中条件	大条件	小条件	中条件	大条件
MEAN	231	293	309	207	300	321
S.D.	67	61	40	41	40	32

単位は、CPM (characters/minute).



課題の分野

Fig. 2 読解課題の分野別理解度

重比較の結果、読解課題・速読課題ともに小条件よりも中条件、小条件よりも大条件の読書速度の平均値が大きかった（読解課題（ $MSe=847.78$, $p<.05$ ）、速読課題（ $MSe=544.04$, $p<.05$ ）。中条件と大条件の間の平均値の差は有意ではなかった。

交互作用の様子を確認するために、読書速度をグラフ化したのが Fig. 3 である。小条件では、読解課題より速読課題で読書速度の値が小さく、中条件と大条件では、速読課題より読解課題で読書速度の値が小さかった。グラフのプロフィールが小条件と中条件の間で交差していた。

読解課題と速読課題の関係を確かめるために、散布図を Fig. 4 に示した。読解課題と速読課題の読書速度の相関係数は 0.61 であった（ $F(1, 25)=14.81$, $p<.01$ ）。MNREAD-J で得られた読書速度と実験で得られた読書速度の相関係数を Table 3 に示した。MNREAD-J の読書速度の値は各被験者の検査時に得られた各文字サイズの読書速度の値のうち、小条件・中条件・大条件の値に相当するものを用いた。MNREAD-J と読解課題は $r=0.67$ （ $F(1, 25)=20.00$, $p<.01$ ）、MNREAD-J と速読課題は $r=0.81$ （ $F(1, 25)=46.61$, $p<.01$ ）であった。

4. 考察

本研究は、読書形態と文字サイズを要因とする 2 要因の要因計画法を用いた。読書形態は 500～600 文字の文章の読解課題と、30 文字の速読課題であった。文字サイズは、CPS と $CPS \pm 0.1 \log MAR$ の 3 種類であった。9 名の晴眼者をロービジョンシミュレーション

Table 3 MNREAD-J, 読解課題, 速読課題の読書速度の相関係数

($n=9$)

	MNR	読解	速読
MNR	1		
読解	0.67 ($F=20.00$)	1	
速読	0.81 ($F=46.61$)	0.61 ($F=14.81$)	1

ョンし速読を課す実験 1 を行い、読書速度を従属変数とした。

1) 理解度について：問題分野別の理解度 (Rp') は 0.9～1.1 の間であり、読書速度と Rp' の相関係数が 0.04 であったことから、刺激の難易度と読書速度の関係は限りなく低いといえる。読解課題の刺激を百科事典の一般項目から選択したことが、刺激の難易度の均質化に貢献したと考えられる。

分散分析の結果、文字サイズの水準間に Rp' の有意な差が認められなかった。3 つの文字サイズ条件で、統計的に同程度の理解を伴った読書が行われたことを裏づけている。文字サイズの要因の読書速度を検討する際、理解度において統制されていることになる。

2) 読書速度について：2 要因の分散分析の結果、読書形態の 2 つの水準において、文字サイズの単純主効果が認められた。文字サイズは CPS と $\pm 0.1 \log MAR$ で設定されたことから、文字サイズの効果

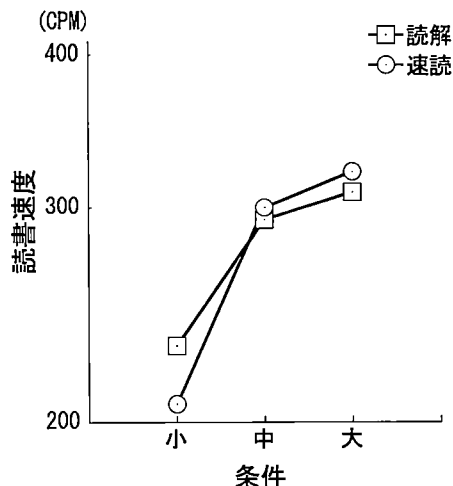


Fig. 3 読解課題と速読課題の読書速度

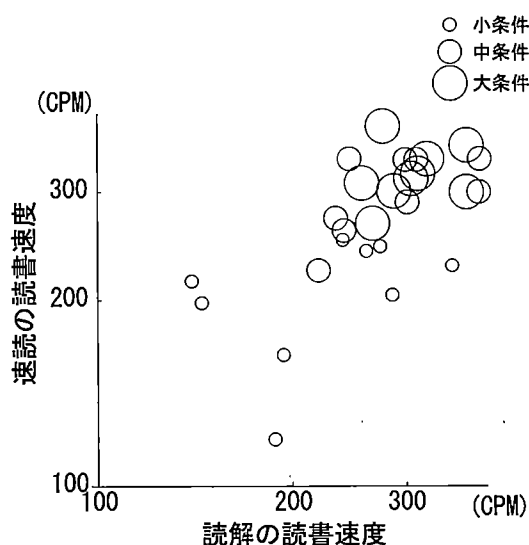


Fig. 4 速読と読解の読書速度の散布図

が有意であったことは、文字サイズの条件設定の適切さが支持されたことになる。また、3 m の視距離で読書した際も、読書速度は CPS 前後で有意な差をもって変化する特性をもつことを示している。

多重比較の結果、読書形態の両水準で小条件は中条件と大条件よりも読書速度が有意に遅く、中条件と大条件の読書速度の間に有意差は認められなかった。Mansfield et al. (1996) の CPS 算出のアルゴリズムを引用すると、CPS は $\max(S_{\min} : S_{i-1}) < \text{mean}(S_i : S_j) - A$ を満たすときの S_i である。本実験の文字サイズの条件は、小条件が S_{i-1} 、中条件が S_i 、大条件が S_{i+1} に相当する。よって、読書速度の多重比較は S_{i-1} の分散、 S_i の分散、 S_{i+1} の分散の間の差を検定していることになる。Mansfield らのアルゴリズムでは、MRS の 2SD を下回る S_{i-1} の読書速度を検出し、 S_i を CPS としている。両者は同じ手法で統計処理されているわけではないが、分散から CPS を検出している点で一貫している。そのため、小条件<中条件、小条件<大条件で有意差がみられたことは、CPS の算出アルゴリズムと矛盾しない。

読書形態の 2 水準間で有意差がみられなかったことは、MNREAD-J テストと等質の刺激や読書形態である速読課題と、教材を読むことを想定した読解課題の間に読書速度の点で有意差がなかったことを意味しており、MNREAD-J による文字サイズの推定は教材を理解しながら読むときの文字サイズ推定にも適用できる可能性を示している。速読課題は音読で、読解課題は黙読であった。音読は構音過程を介するため、黙読よりも読書速度を低下させると考えられる。熊谷・尾山 (1994) の文章理解に音読と黙読が与える影響を調べた研究では、予備実験で黙読・つぶやき読み・音読の 3 条件ごとの読むのに適した文字提示の速さは、黙読・つぶやき読み・音読の順に遅くなることを明らかにしている。しかし、黙読課題にはテストを課し、それぞれの分野で R_p' が 0.9~1.1 に収束する程度の理解をしながら黙読されており、同時に各文字サイズで統計的に同等の理解度を保って黙読されていた。この状況下で、読解課題の読書速度は抑制された可能性がある。結果として、読書形態の要因が読書速度に有意差をもたらすに至らなかったと考えられる。

3) 交互作用について：読書形態と文字サイズに交互作用がみられた。Fig. 3 で示したとおり、小条件の読書速度は読解課題>速読課題であり、中条件と大条件の読書速度は読解課題<速読課題であった。このことから、CPS やそれ以上で、 $S_i : S_j$ の文字サイ

ズでは 30 文字の文章を速く音読するほうが、500~600 文字の文章を理解しながら速く黙読するよりも読書速度が速くなり、CPS-0.1 logMAR の文字サイズではその逆になることがわかった。

S_i から S_j の文字サイズで文章を提示した場合、音読であっても短文であることが読書速度に促進的に作用し、黙読であっても長文で意味を理解することが読書速度に抑制的に作用したと考えられる。高山 (1984) は、文節読書後の理解の反応時間の短い群と長い群の重回帰分析の結果、有意な差があった変数として漢字や平仮名の数を挙げている。黙読は音読に比べ読書速度を上げるのに貢献すると考えられるが、今回の黙読は、音読よりも文が長いことで黙読の読書速度への貢献を相殺した可能性がある。また読書後、読解課題ではテストを課したことも、読解課題の黙読の読書速度に抑制的に作用していると考えられる。その結果、速読課題よりも読書速度が遅くなったと考えられる。

S_{i-1} のように読書には統計的に小さい文字サイズで文字を提示した場合は、逆であった。速読課題では誤字を除外して読書速度を計算したことが、読書速度の値に抑制的に作用し、読解課題では読み飛ばしを含めて読書速度を算出したことが、読書速度の値に促進的に作用したと考えられる。また、文章の長さも影響した可能性がある。文章を読む場合、意味的なプライミング効果 (Neely, 1991) がはたらくことが考えられる。読めない文字があっても文脈から推測することが、読書速度に貢献すると考えられる。 S_{i-1} の条件では、読字数の数え方や、文脈の影響が読解課題の読書速度に促進的に作用したと考えられる。

CPS 以上で読書が安定している文字サイズでは、文字を確実に読もうとし、高山 (1984) の指摘したように文字数の増加が読書速度に抑制的にはたらくが、CPS を下回り、読書速度が低下する文字サイズで見えにくい文字が増えてくると、プライミング効果で見えにくい文字を推測して読んだり、文字を飛ばして文の大意を読み取ったりするなど、読書の方略が切り替わる可能性を示していることが想定できる。ただし、この CPS を境界にした読書方略の転換については推測の域であり、さらなる研究が待たれる。

4) MNREAD-J と読解課題・速読課題の相関について：MNREAD-J テスト (視距離 30 cm) と速読課題 (視距離 3 m) の小条件・中条件・大条件の読書速度の相関は $r=0.81$ であった。このことから、等質の文章を速読するとき、視距離 30 cm と 3 m では強い相関が認められることがわかった。この相関係

数は S_{i-1} 、 S_i 、 S_{i+1} の文字サイズ同士の関係を表しているため、 $CPS \pm 0.1 \log MAR$ の文字サイズの読書速度は MNREAD-J と速読課題で強い関係があることを示していることになる。30 cm の検査距離の MNREAD-J で得られた CPS を、視距離 3 m の読書に適用することの妥当性を示している。フィルタによる視力統制では視距離の違いが視力に影響を及ぼさない (鶴飼・波呂, 1992) ことが示されているが、この特性が読書においても一貫していることを示せた。ただ、シミュレーションではなくロービジョンの読書でも同じことがいえるかどうかについては、実験 2 の結果を待つ必要がある。

読解課題と速読課題、読解課題と MNREAD-J の間で相関が認められた。30 文字の速読と 500~600 文字の文章の理解しながらの速読の間には、読書速度の点で中程度の関係があることが明らかになった。ロービジョンシミュレーション下ではあるが、内容を理解しながら読む必要のある教材を提示するときの文字サイズの推定に、MNREAD-J の CPS を用いることの妥当性を、速読課題の読書速度の値が媒介し、示すことができた。

5) 弱視教育への応用について：実験 1 の結果から、ロービジョンシミュレーション下で、MNREAD-J で得られた CPS を遠方に提示する教材の文字サイズの推定に利用することの妥当性や、30 文字の短文で行われる MNREAD-J で得られる CPS が、500~600 文字の文章を理解しながら読む際にも読書速度の臨界サイズになっていることを示した。CPS と視距離・文字サイズの関係は、小田・今橋 (1995) の研究から式 (2) を求めることができる。実験 1 はロービジョンシミュレーション条件と等質の弱視において、文字サイズを規定する際は、式 (2) と CPS を利用することで、効率的に文字サイズもしくは視距離を推定できることを示している。文字の高さは「国」の字で補正している。

式 (2)

$$\begin{aligned} \text{視角 } (') &= \frac{\text{対象の高さ}}{\text{視距離}} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \\ &\downarrow \\ \text{視角 } (') &= \frac{\text{文字の高さ} \times 3437.8}{\text{視距離}} \quad \dots \textcircled{1} \\ &\downarrow \\ \text{視角 } (') &= 10^{\text{CPS の } \log \text{MAR 値}} \\ &\downarrow \\ \text{文字の高さの視角 } (') &= 10^{\text{CPS の } \log \text{MAR 値}} \times 11.2174 \quad \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

①、②より

$$\text{文字の高さ} = \frac{\text{視距離} \times 10^{\text{CPS の } \log \text{MAR 値}}}{3437.8} \times 11.2174$$

↓

$$\text{文字の高さ} = \text{視距離} \times 10^{\text{CPS の } \log \text{MAR 値}} \times 0.003263$$

ロービジョンシミュレーション下ではあるが、理解を担保しながら速読しようとする、統計的に小条件の読書速度は遅くなることが示されたことから、文章の理解を伴う読書にとって最低 CPS の文字サイズを補償することの必要性を示し、ロービジョン者に対する文字サイズの推定に示唆を与えることができたと考えている。

III. 実験 2

1. 実験の概要

実験 2 は、実験 1 の結果とロービジョン者の読書の一貫性を確かめるために行った。ロービジョン者 3 名を被験者として、実験 1 の文字サイズ条件で遠方に 30 文字の文章を提示し、速読を課し読書速度を測定した。1 要因 3 水準の要因計画法による実験である。

実験は、平成 16 年 12 月に行った。暗室内で、大型ディスプレイに実験刺激を投影した。投影する文字の高さは 4 cm にし、式 (2) を用いて視距離を変化させて網膜上に投影する文字サイズを決定した。拡大して提示する教材を供覧するのに近い状況といえる。コントラストは、マイケルソンコントラストで平均値 95.3% であった。

被験者は、インフォームドコンセントを受け承諾書に署名したロービジョン者とした。年齢は 20 歳代であり、平均は 23.7 ± 2.9 歳であった。被験者のプロフィールを Table 4 に示した。

2. 実験の手順

実験はインフォームドコンセント、MNREAD-J テスト、速読課題で構成された。文字サイズ 1 条件で 6 試行実施した。3 条件 × 6 試行 = 18 試行であった。実験終了後、文字の読みやすさについて内省報告させた。

3. 結果

読書速度の平均と標準偏差の値を Table 5 に示した。視距離を Table 6 に示した。被験者別に分散分析を行った。被験者 11 と 12 は文字サイズの効果が有意であった (被験者 11 ($F(2, 15) = 7.68, p < .01$)、被験者 12 ($F(2, 15) = 4.49, p < .05$))。被験者 13 は文字サイズの効果が有意ではなかった ($F(2, 15) = 1.65, p > .10$)。被験者 11 と 12 について、LSD 法による多重比較を行った。被験者 11 は小条件 < 中条件、小

Table 4 実験2の被験者のプロフィール

被験者	年齢	性	視力	CPS (logMAR)	疾患等	視野 (°)
Sub. 11	27	f	右: 1.2 左: 1.5	0.1	緑内障 視野狭窄	右) 上: 2, 下: 5, 内: 3, 外: 7 左) 上: 4, 下: 3, 内: 6, 外: 9
Sub. 12	24	m	右: 0.1 左: 0.1	0.8	緑内障 眼球振盪	眼球振盪のため測定不能
Sub. 13	20	m	右: 0.1 左: 0.3	0.7	無水晶体眼	右) 上: 35, 下: 10, 内: 42, 外: 65 左) 上: 33, 下: 65, 内: 50, 外: 72

Table 5 実験2の結果

被験者	文字サイズ		
	小条件	中条件	大条件
Sub. 11	363.3±22.5	414.5±12.0	403.3±27.6
Sub. 12	239.6±30.4	274.1±31.3	307.9±44.6
Sub. 13	366.4±19.2	395.6±24.7	395.8±40.3

MEAN±S.D.

単位は, CPM.

条件<大条件、中条件=大条件であった ($MSe=565.05$, $p<.05$)。被験者 12 は小条件=中条件、小条件<大条件、中条件=大条件であった ($MSe=1556.42$, $p<.05$)。

内省報告の結果は、被験者 11 は「読みやすいのは大条件、小条件はずっと見ていると読めるが、漢字がわかりにくい」、被験者 12 は「中条件が読みやすい。小条件は読みにくい。大条件は大きすぎて読みにくい。視野に入りにくい。速く読むのは苦手」、被験者 13 は「大条件が大きすぎる、中条件が最適、小条件は小さすぎる。小条件は何となくイメージで読めるが、途中で眼が痛くなってきた」であった。この結果を Table 7 に示した。

4. 考察

分散分析の結果では、被験者 11 と 12 において文字サイズの要因に有意差がみられた。両者の多重比較の結果は、小条件は大条件よりも有意に読書速度が遅い点で一貫している。

被験者 11 は視力が 1.0 以上あり、視野が 2° から 9° の範囲の視覚特性である。多重比較の結果、シミュレーション実験と同じ結果であった被験者である。内省報告では大条件が読みやすいとしているが、Table 5 では中条件が最も読書速度が速い。文字が CPS+0.1

Table 6 実験2の視距離

被験者	CPS (logMAR)	式から求めた 視距離 (m)	実験で用いた 視距離 (m)
Sub. 11	0.1	9.73	9.7
Sub. 12	0.8	1.94	1.9
Sub. 13	0.7	2.45	2.4

logMAR であることが「読みやすさ」を感じさせた原因であろうが、読書速度の値では中条件が最も速い。視野が 5° 前後であるため、文字が大きいたが読書速度には抑制的に作用しやすいケースである。よって、自覚的に読みやすさを感じる文字サイズと、視覚特性から考えられる読みやすい文字サイズとの間に差が生じやすいケースといえる。本ケースは、CPS により文字サイズを推定する意義が高いといえる。しかし、読みやすいと感じる文字で提示することも教育上無視できない要因であるため、教育場面では CPS から CPS+0.1 logMAR の間で調整する必要がある。

被験者 12 は視力が 0.1 で視野は測定不能、眼球振盪を有するケースである。被験者 12 の読書のしづらかさは、眼球振盪の要因が大きいたと考えられる。このことは、内省報告でも確認できる。斎藤・角田・沖泊・吉川・伊藤・國見 (2006) は、動揺視では MRS の低下がおこることを報告している。本人も内省報告で速く読むのは苦手であることを示しており、読書を苦手とする視覚特性といえる。これらのことから、読書速度が安定しにくいケースといえる。このことは、Table 5 で示した標準偏差の大きさからもうかがえる。よって、0.1 logMAR 程度の文字サイズの変化では読書速度に大きな変化を与えにくく、有意差が出るには、CPS を挟んだ小条件と大条件の 0.2 logMAR の文字サイズの差が必要であったと考えられる。この

Table 7 実験2の内省報告の結果

	小条件	中条件	大条件
Sub. 11	漢字がわかりにくい		読みやすい
Sub. 12	読みにくい	読みやすい	視野に入りにくい
Sub. 13	小さすぎる	最適	大きすぎる

ように眼球振盪のため動揺視を強いられるケースでは、CPS+0.1 logMAR 程度で文字サイズを規定する必要があるようだ。ただし、本ケースは緑内障であり、「大条件は視野に入りにくい」という内省報告から視野狭窄が疑われる。文字サイズを大きくすれば、読書速度を向上できるということではないことに注意を要する。

被験者13は、統計的な差が認められなかった。視力は0.05程度で無水晶体眼である。そのため、プラスの通常の遠視よりも屈折率の高いレンズの眼鏡を装用している。文字サイズの効果は有意に認められなかったが、Table 5から、中条件と大条件が同程度の読書速度で、小条件の読書速度が遅いことが読み取れる。視距離は2.4mであった。本人が装用している眼鏡は、5mで焦点が合うように屈折矯正されている。そのため、ピントがずれた状態で読書をしていたことが考えられる。さらに、読書速度の分散が大きくなり、読書速度に有意差を認めなかったことが考えられる。このケースのように調節力がない場合は、ピントが合う視距離を設定することが重要であると考えられる。

IV. 学校教育と本研究の関係

学校教育の情報化で、文部科学省は各普通教室に2台、特別教室等に6台のコンピュータを配置できるよう、プロジェクト等の経費も含めたコンピュータのレンタル・リース経費を地方交付税により措置している(文部科学省, 2002)。教科書出版社は、その環境を生かした授業を支援するために、教科書と連動した教科書デジタル化教材を2005年度から発売している(学習研究社, 2004)。同教材中で重要なものに、プロジェクト等で大画面に提示して供覧する「大型電子化提示教材」がある。

一方、障害児教育では、ノーマライゼーション推進の施策の一環として「学校教育法施行令」が平成14年4月に改正され、障害のある児童生徒が認定就学者として地域の学校で学べるようになった。この事態を

視覚障害教育の分野で考えると、ロービジョンの児童生徒が地域の学校で学ぶ機会が増えたということになる。

よって、地域の学校では、ロービジョン児童生徒が学んでいる学級で、大型電子化提示教材が利用される授業の増加が予想できる。この事態にあって、網膜投影される文字サイズを適切に規定する方法としてMNREAD-Jを用いることの妥当性を、実験1と、実験2の結果から示すことができた。ただし、実験2でも指摘したように、ロービジョン者の視覚特性はさまざまであることから、「読書に最適な文字サイズはCPSである」といった文字サイズの規定法ではなく、少なくともCPSからCPS+0.1 logMARの幅をもって文字サイズを推定する必要性があること、ロービジョン者の内省を尊重しながら文字サイズを規定する必要性があることも明らかになった。

また、実験1の結果Table 2から、MNREAD-Jの読書速度に占める読解課題の読書速度の割合は、CPSでは97.7%、CPS+0.1 logMARでは96.3%であった。この数字は、MNREAD-Jで得られたMRSをもとにして、教材提示の時間を推定する目安になる可能性があると考えられた。

文 献

- Baldasare, J., Watson, G. R., Whittaker, S. G., & Miller-Shaffer, H. (1986) The development and evaluation of a reading test for low vision individuals with macular loss. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 80, 785-789.
- 学習研究社 (2004) 教科書デジタル化教材の意義と可能性. NEW 教育とコンピュータ, 10月号, 16-29.
- 清原一暁・中山 実・木村博茂・清水英夫・清水康敬 (2003) 文章の表示メディアと表示形式が文章理解に与える影響. 日本教育工学会論文誌, 27, 117-126.
- 厚生省 (1987) VDT 作業の労働衛生実務. 中央労働災害防止協会.
- 熊谷信順・尾山貴美 (1994) 文章理解における黙読と

- 音読の効果. 研究論叢, 44(第3部), 33-48.
- Legge, G. E., Pelli, D. G., Rubin, G. S., & Schleske, M. M. (1985) Psychophysics of reading: I. Normal vision. *Vision Research*, 26, 239-252.
- Legge, G. E., Ross, J. A., Leubker, A., & Lamay, J. (1989) Psychophysics of reading: VIII. The Minnesota Low-Vision Reading Test. *Optometry and Vision Science*, 66, 843-853.
- Legge, G. E., Rubin, G. S., Pelli, D. G., & Schleske, M. M. (1985) Psychophysics of reading: II. Low vision. *Vision Research*, 25, 253-266.
- Mansfield, J. S., Legge, G. E., & Bane, M. C. (1996) Psychophysics of reading: XV. Font effects in normal and low vision. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 37, 1492-1501.
- Mansfield, S., Oda, K., & Kawashima, H. (2001) MNJA ver.1.0. <http://www.lab.twcu.ac.jp/kalbi/tips/mnjal/mnjal.html>.
- 文部科学省 (2002) 第10章 国際化・情報化への対応化. 平成14年度文部科学白書.
- 中村仁美 (2000) MNREAD-Jを用いた加齢黄斑変性患者に対するロービジョンエイドの処方. 日本視能訓練士協会誌, 28, 253-261.
- Neely, J. H. (1991) Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner & W. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 264-336.
- 小田浩一 (2001a) 視覚障害とエイド. 心理学評論, 44, 177-190.
- 小田浩一 (2001b) 眼科検査機器の光学—9. low vision—. 眼科プラクティス, 71, 96-100.
- 小田浩一・今橋真理子 (1995) 文字認知の閾値と読みの閾値. *VISION*, 7, 1-4.
- 小田浩一・歓喜仁美・川嶋英嗣・田中恵津子 (1998) MNREAD-J Q&A. <http://www.twcu.ac.jp/~k-oda/MNREAD-J/MNREADJ-QandA.html>.
- 小田浩一・Mansfield, S., & Legge, G. E. (1998) ロービジョンエイドを処方するための新しい読書検査表 MNREAD-J. 第7回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 157-160.
- 斎藤奈緒子・角田亮子・沖泊 聡・吉川マミ・伊藤裕之・國見ゆみ子 (2006) 動揺視の最大読書速度に及ぼす影響. 第7回日本ロービジョン学会学術総会第15回視覚障害リハビリテーション研究発表大会合同会議プログラム・抄録集, 169.
- Sloan, L. L. & Brown, D. J. (1963) Reading cards for selection of optical aids for the partially sighted. *American Journal of Ophthalmology*, 55, 1187-1198.
- 高山草二 (1984) 読書時間の諸成分と文脈効果—個人差を通しての予備的分析—. 島根大学教育学部紀要 (人文社会科学), 18, 1-8.
- Ujima, K. & Oda, K. (2004) Development and evaluation of a new HTML browser method of presenting reading material for students with low vision. In C. Ghaoui (Ed.), *E-Education applications: Human factors and innovative approaches*. Idea Science Publishing, Hershey, Pennsylvania, 308-318.
- 鵜飼一彦 (2000) 加齢. 日本視覚学会 (編), 視覚情報処理ハンドブック. 朝倉書店, 534-535.
- 鵜飼一彦・波呂栄子 (1992) パンガーターフィルターによるコントラスト感度の低下. *VISION*, 4, 71-72.
- 2006.2.8 受稿, 2007.4.21 受理—

Determining the Size of Characters for Large-Scale Projected Presentations for People With Low Vision: A Method Using the Results of Reading Evaluation Tests

Kazuhito UJIMA*, Hirosuke SHIMADA**, and Koichi ODA***

**Fukuoka University of Education
(Munakata-Shi, 811-4192)*

***Meisei University
(Hino-Shi, 191-8506)*

****Tokyo Woman's Christian University
(Suginami-Ku, 167-8585)*

The purpose of the present research was to determine the usability of the critical size of characters in presentations projected at a distance for people with low vision. In Experiment 1, which simulated low vision in people with normal vision, 2 variables were evaluated: character size (3 sizes) and reading style (2 styles). The results showed that reading speed was significantly faster when print size was at least a critical size than it was when print size was smaller than the critical size, and that there was an interrelation to the results of the reading evaluation tests. This suggested that critical print size may be used as a standard in determining character size for large-scale projected presentation. Some of the results from the participants in Experiment 2, who were people with low vision, were greatly similar to those from Experiment 1; however, in some cases, the results did not exactly match those from Experiment 1. The results of these experiments suggest that although critical print size may indeed serve as a good standard for determining character size for use with people with low vision, it is also important to make adjustments on the basis of the opinions of readers with low vision.

Key Words: critical print size for protected presentations, reading speed, reading evaluation tests, people with low vision