

ロービジョン者用携帯型読書支援ツールの開発と評価

Development and evaluation of a portable computer as a reading
for people with low-vision

氏 間 和 仁

小 田 浩 一

Kazuhito UJIMA

Koichi ODA

障害児教育講座

東京女子大学

コミュニケーション学科

(平成18年10月2日受理)

本研究はロービジョン者の読書を支援するPDA（個人情報端末）版携帯型読書支援ツールの開発と評価を行っている。既に開発されているHTML文書の表示を設定するツールをPDAに移植し、HTML文書の表示をロービジョン者の視覚特性に合わせて調整することができた。3名のロービジョン被験者の読書速度を、ツール有・視距離固定条件(C1)、ツール無・視距離固定条件(C2)、ツール無・視距離自由条件(C3)の3条件で比較した。C1の読書速度がC2の読書速度より有意に速かった。また被験者AとBはC1がC3よりも有意に速かった。フィールド調査から屋内で明所視、暗所視、薄暮視条件で利用できることが確認できた。

キーワード：弱視，読書，携帯端末

1 はじめに

(1) 問題の所在

「ロービジョンは、眼鏡で矯正してもなお矯正しきれない視機能の低下があるため、日常生活で必要となる行動（読書や歩行）に支障がある状態をいう。」（小田，2000a）。特にロービジョンは読書に際して、晴眼者に比べ不利になることが指摘されてきた（佐藤，1974；Legge, G. E. et. al, 1985；Corley, G. et. al, 1993；Fellenus, K. et. al, 1999；Gompel, M. et. al, 2002）。ロービジョン者の読書を支援する方法として、文字サイズやコントラストなどの表示環境を視覚特性に応じて調整する方法が探られてきた（Legge, G. E. et. al, 1985；新井ら，1999）。教育分野では、ロービジョン者の不自由を低減し、教材や教科書を読む方法が探られてきた（中野，1991；Gompel, 2002；氏間ら，2002）。

ロービジョンの状態で読書する時、その効率に影響を与える要因は文字の大きさにとどまらず、コントラスト、ウィンドウサイズ、文字間隔など多様であることが知られている（小田，2000b）。それらの要因を調整して、読書困難を軽減する方

法の1つに、コンピュータを利用したものがある（中野，1991）。さらにwebページを記述するための言語であるHTML (Hyper Text Markup Language)で教材を作成することの有効性が指摘され（氏間，1998）、ロービジョン者の視覚特性に応じた表示環境をCSS (Cascading Style Sheets)で定義する方法が提案され、実践されてきた（Kazuhito, U. et. al, 2004）。

HTMLとCSSによる読書支援法はパーソナルコンピュータ（personal computer；以下、「パソコン」）を利用するため、机上での読書が前提であり、利用場面が制約される。著者らは、教室や家庭の机上のみで読書環境の改善を行ったのでは不十分であると考えた。よって携帯性・汎用性のある個人情報端末(Personal Digital Assistant；以下、「PDA」)を利用したロービジョン用読書支援ツールに着目した。

(2) 電子的読書支援ツールの経緯

ロービジョンの視覚特性に応じた表示を電子化された教材で調整する試みは古くからある（中野，1991）。同研究はコンピュータを利用してロービジョンの視覚特性に応じた表示を行うことで、

ロービジョン者の読書が効率的になることや、読書に対する意欲が高まることを明らかにした。さらに、今後、教材の電子化を行う場合はSGML (Standard Generalized Markup Language) などの構造化言語を利用することが望ましいことも指摘した。

氏間 (1998) は、ロービジョンの視覚特性に柔軟に対応できることや、全盲者がパソコンの音声出力で利用するのに適しているという理由から、SGMLの一種であるHTMLを利用して教材を作成し、授業の一部に取り入れた (1998)。ついで、HTMLで構造化された教材 (以下、「HTML教材」) にCSSを適用して表示を調整した条件と、紙媒体とで読書速度を比較し両者は同等の読書速度が保てることを確かめた (氏間ら, 2000)。さらにCSSをHTML教材に適用することで表示を設定するツール、「HTML viewer」をJavaScriptで開発し (氏間, 1999; 氏間ら, 2000), 改良を加えてきた (Kazuhito, U. et. al, 2004)。

HTML viewerは、

(1) 表示の設定項目はロービジョンの読書を規定する要因を網羅すること、

(2) キーボードによる操作が可能であること、

(3) インストールなどの作業が不要で、導入が簡単であること、

(4) 様々な通信環境の児童生徒を考慮して、スタンドアロンでもオンラインでも使用可能なこと、

(5) 教材の継承を考慮して、構造と表示を分けること (構造はHTML, 表示はCSSを採用)、の5項目の要求仕様に基づいて設計された。

HTML viewerの操作性や表示の設定項目の妥当性について、盲学校在籍のロービジョン生徒が1年間利用し、評価した (氏間, 2001)。その結果、全員が「自分の見え方に応じた表示が実現できる」、「パソコンに不慣れでも操作が十分可能である」と評価した。このことからロービジョンの読書を支援する方法としてHTML viewerは操作性や表

示の設定項目の面から妥当性を持っていることが示された。

そこで、HTML viewerで培った技術を利用してPDAによる携帯型読書支援ツールの開発に着手した。2章ではPDA版読書ツールの開発について、3章ではロービジョンの学生による評価について述べる。

2 PDA版読書支援ツールの開発

PDA版読書支援ツールの開発について述べる。

(1) Pocket IEの特徴

利用したPDAに搭載されていたwebページ閲覧ソフト (Pocket Internet Explorer, 以下, Pocket IE) の規格の特性を調べた (Table 1)。Pocket IEの特徴的機能は、パーサ部分はHTML3.2に対応、スクリプトはWindows CE JScriptのみ対応、CSSは未対応の3点である。HTML viewerはJavaScriptで記述され、表示の調整にはCSSを利用していたため、開発にあたって相当の制約を受け、そのままでは動作しないことが分かった。

(2) PDA版読書支援ツールの開発

PDA版読書支援ツールの仕様は、Pocket IEの仕様の制約の下で行った。

ア 表示の設定項目と設定値の決定

開発上の課題は表示を設定するためのCSSが利用できないことであった。

まず、HTML3.2の仕様から、表示の設定に関係する属性(element)を抽出した。HTML3.2規格のDTD(document type definition) (<http://www.w3.org/TR/REC-html32>)の中で表示の設定が可能な属性をもつ要素はBODYやFONT, BASEFONTであった (資料)。PDA版読書支援ツールではこれらの要素で表示の調整を行うことにした。

Table 2 BODY, FONT, BASEFONTの属性

要素	属性
BODY	bgcolor
	text
	link
	vlink
	alink
	background
FONT	size
	color
BASEFONT	size

Table 1 Pocket Internet Explorerの仕様

HTML	HTML3.2
XHTML	未対応
DynamicHTML	未対応
Script	WindowsCE JScript
CSS	未対応
画像ファイル	BMP, JPEG, GIF, XBM
セキュリティ	SSL 2.0/3.0, PCT, SGC
Cookie	対応
ブックマーク	対応

Table 3 表示設定の種類と
エレメントの設定状況

設定	BODY エレメントの設定	BASEFONT エレメントの設定
1	BGCOLOR='#FFFFFF' TEXT='#000000' LINK='#FF0000' VLINK='#990000'	size='7'
2	BGCOLOR='#000000' TEXT='#FFFFFF' LINK='#FFFF00' VLINK='#999900'	size='7'
4	BGCOLOR='#FFFFFF' TEXT='#000000' LINK='#FF0000' VLINK='#990000'	size='3'
4	BGCOLOR='#000000' TEXT='#FFFFFF' LINK='#FFFF00' VLINK='#999900'	size='3'

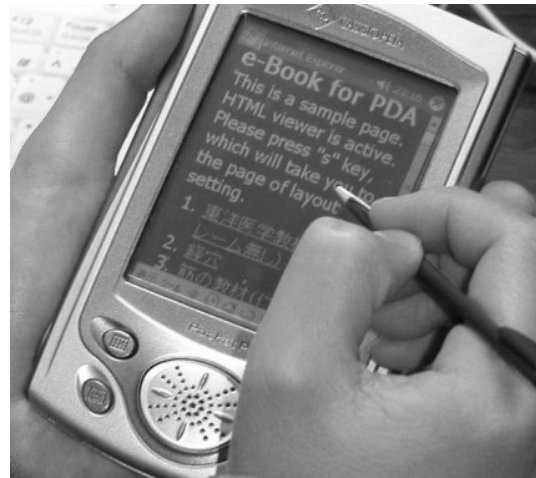


写真1 PDA版読書支援ツールの様子

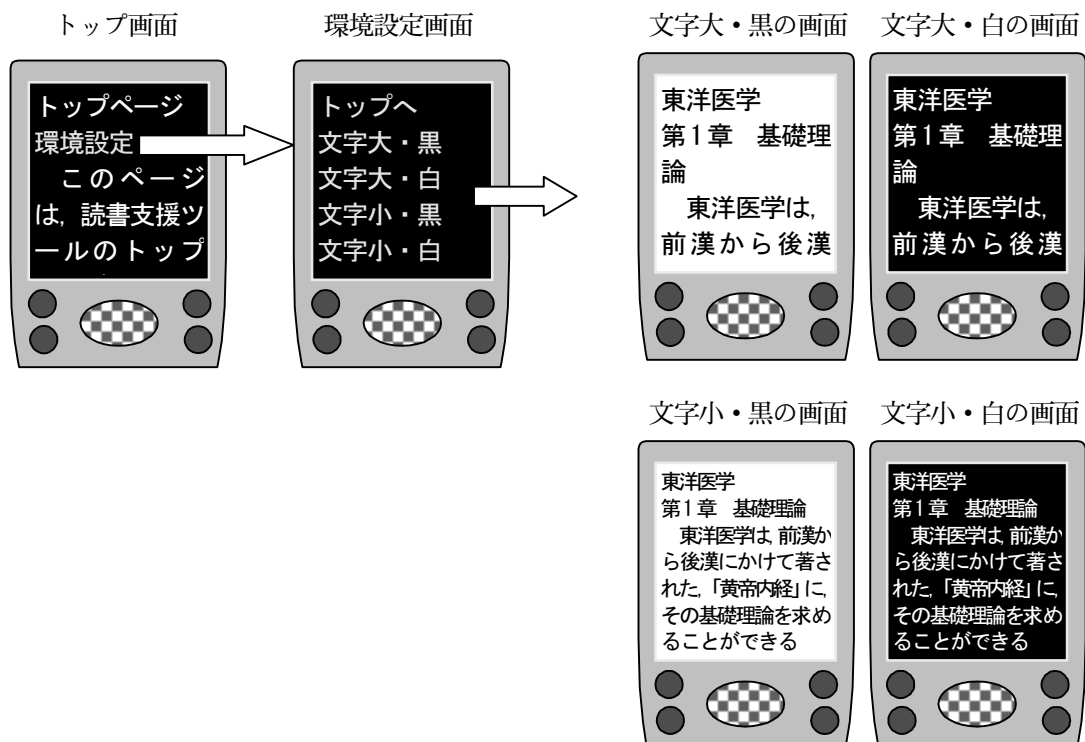


Fig. 1 読書支援ツールの画面と操作イメージ

DTDから要素と属性をまとめたのがTable 2である。BODY要素には、bgcolor・text・link・vlink・alink・backgroundの属性があり、FONT

要素にはsize・colorの属性があり、BASEFONT要素にはsizeの属性があった。よって本ツールには文字サイズと配色の設定機能を持たせることが

可能であることが分かった。

読書評価チャート（小田ら，1998）からもたらされる値は，読書を効率的に行うことのできる最小の文字サイズと，文字と背景の配色の効果等である。よって，設定項目としての文字サイズと配色は読書評価チャートとも一致しており，ロービジョン者の読書支援のための表示設定項目として，最低限の要求を満たしていると考えた。

配色と文字サイズの設定に用いる要素について検討した。

配色を設定できる属性をもった要素はBODYとFONTである（Table 2）。その中でも背景色と文字色の設定が可能な要素はBODYであることがDTDより分かった。背景と文字の配色を設定する要素にはBODYを利用した。

文字サイズを設定できる属性をもった要素はFONTとBASEFONTである（Table 2）。この2つの要素は文字サイズを7段階の絶対値で設定する方法と，規定のサイズから相対的に設定する方法がある（資料）。2つの属性の違いは，(1) FONT要素はlocal font sizeを設定するのに対し，BASEFONT要素はbase font sizeを設定すること，(2) FONT要素は閉じタグが必要であるのに対し，BASEFONT要素は閉じタグを厳しくは求めないことの2つであることがDTDより分かった。

本ツールはHTML文書全体に対して文字サイズの指定を行うため，HTMLファイルのヘッダで動作してHTMLファイルの表示を調整する構造を想定しており，閉じタグを挿入することが困難であるという事情から，BASEFONT属性を利用することにした。

設定値について検討する。配色は一般的な黒文字に白地と，羞明があるロービジョンに有効（Legge, G. E. et. al, 1987）な白文字に黒地の2種類にした。設定文字サイズは，規格の最大値である，size 7（「国」の高さ約4 mm）と，小数視力0.3で30cmの視距離でなんとか読める，size 3（「国」の高さ約3 mm）の2種類にした。小数視力0.3は盲学校入学要件の1つである。

イ プログラムの概要

PDA版読書支援ツールはブラウザで利用できるJScriptで開発した。プログラム本体には，BODY要素の中の属性を，黒文字に白地と，白文字に黒地に設定したタグと，BASEFONT要素の中に文字サイズ3と7を設定したタグを持たせた。タグの組合せは配色が2種類と文字サイズが2種類の4種類であった（Table 3）。表示設定は，設定ページでユーザが4種類の中から選択できるよう

にした。

プログラムはtext.jsという外部ファイルに保存され，各HTMLファイルからtext.jsを参照することで実行された。従って，各HTMLファイルのヘッダ部分にtext.jsを参照するタグを挿入することで利用できた。

本ツールを組み込まれたHTMLファイルを初めて参照するとTable 3の設定2の表示環境でHTMLファイルが表示された。ユーザはリンクをたどって，設定ページへ移動し，4つの設定値の中から表示設定を選択できた。Fig. 1がその流れ図で，実物は写真1である。ユーザが選択した設定値はPDAのcookieに登録された。本ツールを組み込んでいる全てのHTMLファイルはcookieを参照して表示を設定するようにプログラムされた。また再起動後もユーザが設定した値がcookieから読み取られ表示設定が再現された。ユーザはインストール等の準備を必要としなかった。

3 PDA版読書支援ツールの評価

PDA版読書支援ツールを組み込んだPDAを利用することで，ロービジョン者の読書がどの程度支援できるのかについて，ロービジョン学生を被験者として評価した。評価は読書速度を用いた実験と，読書する場所を移動しながら行うフィールド調査の2つで構成された。

3.1. 読書速度による評価

ア 評価の概要

被験者は盲学校に在籍する学生3名（25～30才）であった。3名のプロフィールをTable 4，PDAの利用環境をTable 5に示した。1年間使用した後，読書評価テストを行った。機材の数の制約から3名を一度に行えなかったため，評価の期間は2004年と2005年の2年であった。

評価は読書環境を要因とした要因計画法を用いた。水準(1)は，支援ツールを適用し，各被験者に適した表示設定と視距離の条件（以下，「ツール有」），(2)は，支援ツール未適用で，視距離は(1)と同様の条件（以下，「ツール無」），(3)は，支援ツール未適用で，視距離は自由の条件（以下，「自由視」）であった。読書評価の結果から各被験者に適した文字サイズと視距離を算出し設定したのがツール有条件であった。よって，この条件は本ツールを用いた理論上理想的な読書環境であった。ツール無条件はツール有条件の視距離の状態で支援ツールを適用しないで読書刺激を提示した条件であった。文字の大きさや配色が，理論上読書には適さない状態であるので，3条件の中で最も不

利な条件である。自由視条件はツール無条件の表示設定で視距離を自由にした状態であった。表示設定が適当でなくても視距離により網膜に投影される文字の大きさを調節できる状態であった。本ツールを使用しなくても、PDAの読書速度を保てるかを評価するための条件である。この3水準を比較することで支援ツールを適用したときの効果を明らかにすることを目的とした。

読書刺激は小学校4～6年生の国語の教科書から40文字前後の文を抜き出して用いた。1条件で10試行音読し、平均値を代表値として用いた。1被験者あたり読書環境3水準×10試行の30試行であった。

イ 結果

Table 6 は、読書速度の結果を水準別に示した

ものである。読書速度について分散分析をおこなった結果(Table 7), 要因の効果は有意であった($F(2, 4) = 7.70, p < .05$)。LSD法を用いた多重比較によると、ツール有条件の平均値がツール無条件の平均値よりも有意に大きかった($MSe = 1044.2, p < .05$)。しかし、ツール有条件と自由視条件、ツール無条件と自由視条件との間の平均値の差は有意でなかった。

ウ 考察

読書速度において、ツール有条件がツール無条件よりも優れていた。すなわち視距離を同じにした場合、読書支援ツールを導入することで読書速度が向上することを確認できた。

ツール無条件であっても視距離を縮めることで、

Table 4 被験者のプロフィール

被験者	眼疾	視力	視野 (単位: 度)	CPS	MRS	備考
A	網膜色素変性症	0.3	右: 上 15, 下 10, 内 15, 外 15 左: 上 10, 下 10, 内 20, 外 20	B/W: 0.8 W/B: 0.7	B/W: 131.9 W/B: 159.4	差明
B	網膜色素変性症	0.15	右: 上 5, 下 5, 内 5, 外 5 左: 上 5, 下 5, 内 5, 外 5	B/W: 1.2 W/B: 1.0	B/W: 82.8 W/B: 157.7	差明
C	脳腫瘍	0.2	右: 上 10, 下 5, 内 25, 外 10 右: 0	B/W: 1.0 W/B: 1.0	B/W: 93.7 W/B: 126.6	なし

CPS(Critical Print Size)は最大の読書速度で読むことのできる最小の文字サイズ, 単位はlogMAR

MRSは最大の読書速度, 単位はCPM(Character per minutes: 1 分間の正読字数)

logMARは視覚で知覚できる最小の視角を常用対数にしたもの。文字はその11.21倍している。

B/Wは白地に黒文字, W/Bは黒地に白文字

Table 5 被験者のPDA版読書支援ツールの利用環境

被験者	表示設定	視距離(cm)	支援ツールの文字高(logMAR)
A	文字大・白	20	0.79
B	文字大・白	10	1.09
C	文字大・白	10	1.09

Table 6 各水準の読書速度(N=3)

	ツール有	ツール無	自由視
Mean	132.3	36.2	110.1
S.D.	23.6	17.7	6.6

単位: CPM (character/minute)

網膜に投影される文字の大きさを拡大することができる。この拡大方法を用いて読書するのが自由視条件である。Fig. 2 に読書環境水準間の読書速度を比較したグラフを示す。ツール有条件と自由視条件の読書速度の平均値の間には統計的に有意差は見いだせなかったが、グラフからツール有条件の平均値が大きいことが分かる。

Table 7 読書条件間の分散分析表

S.V	SS	df	MS	F
Sub	505.59	2	252.79	
A	16073.60	2	8036.80	7.70 *
S×A	4176.97	4	1044.24	
Total	20756.16	8		

+p<.10 *p<.05 **p<.01

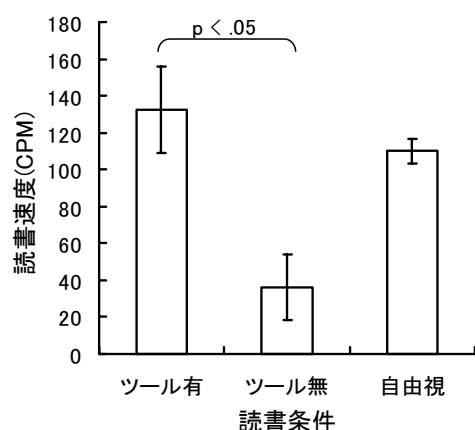


Fig. 2 読書条件間の読書速度の比較

Table 8 各被験者のツール有条件と自由視条件の読書速度の比較

被験者		条件	
		ツール有	自由視
A	Mean	147.9	100.7
	S.D.	16.0	18.4
	F(1, 18)	33.92 **	
B	Mean	150.1	114.8
	S.D.	38.7	22.0
	F(1, 18)	5.67 *	
C	Mean	99.0	114.8
	S.D.	42.5	25.8
	F(1, 18)	0.90 n.s.	

+p<.10 *p<.05 **p<.01

そこで被験者別にツール有条件の読書速度と自由視条件の読書速度の比較を行ったところ、Table 8 のようになった。分散分析の結果被験者Aと被験者Bで条件の効果が有意であった(被験者A($F(1, 18) = 33.92, p < .01$), 被験者B($F(1, 18) = 5.67, p < .05$))。この2名はツール適用していない条件でいくら眼を画面に近付けても、ツールを適用して適当な視距離を保った状態まで読書速度が向上しないことが分かった。透光体に白濁があるロービジョン者は眼に入る光の量が多いとき読書速度が低下することが知られている (Legge, E. G., 1987)。その理由として光が眼の中で乱反射を起こし、網膜のコントラストの低下が挙げられる。被験者A, Bは羞明を感じており、画面に顔を近付けることでPDAのバックライトが読書速度に影響した可能性がある。また、2名とも視野の障害が高度である。視距離の短縮に応じて視線の左右の移動距離が増すことも、読書速度に対して抑制的に作用すると考えられる。

3.2. フィールド調査

PDAは携帯端末であり、本研究は携帯端末を利用することにより、読書する場の拡大を目指している。そこで様々な場面を設定し、本ツールを組み込んだPDAによる読書の可否を聞き取りにより調査した。

ア 調査方法

被験者と調査期間は前節の通りである。

設定した条件は、室内明所視、室内薄暮視、室内暗所視、屋外明所視(晴天)、屋外薄暮視(曇天)の5つであった。評価は「快適に読書できる」2点、「なんとか読書できる」1点、「読書できない」0点の3件法であった。

イ 結果と考察

結果をTable 9 に示した。屋内は成績が良く、屋外は成績が悪かった。被験者AとBは羞明があるため、屋外の成績が下がることは予想できたが、全ての被験者で屋外の晴天時は読書不能となった。屋外の光がPDAの画面に入り込んだ結果、文字と背景のコントラストが低下し、文字を判読できない状態になったのが原因と考えられる。PDAにフードを付けるなどの写り込み対策が必要である。

Table 9 フィールド調査の結果

被験者	明所	室内		屋外	
		薄暮	暗所	晴天	曇天
A	1	1	2	0	1
B	1	1	2	0	1
C	2	2	2	0	1

屋内では明所視と薄暮視で成績が悪いが、読書不能の場所ではなかった。

4 おわりに

レンズを利用したり、眼鏡を掛けたり／掛け替えたり、本と眼の距離を短くしたりして読書するロービジョン者の場合、晴眼者のように様々な場所で手軽に読書することは困難であると考え、本研究ではPDAを利用した読書支援ツールの開

発を行った。屋外での利用で課題が残ったものの、このような研究がすすみ、ロービジョンの視覚特性に応じた状態で表示される読書ツールが手のひらに乗るとしたら、読書の喜びを感じるロービジョン者が増えると思われる。そんな社会を目指して、今後も研究を続けていきたいと考えている。

引用文献

小田浩一 (200a) ロービジョンの定義と分類, 視覚情報処理ハンドブック, 日本視覚学会編, 東京, pp.546.

参考文献

- 新井千賀子・中村仁美・小田浩一・千田耕基 (1999) 白子症と先天無虹彩における羞明とコントラストボラリティ効果-MNREAD-J,JKによる評価-, 第8回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 57-60.
- Corley, G., and Pring, L. (1993) The oral reading errors of partially sighted children, *International Journal of Rehabilitation Research*, 16, 209 – 220.
- Fellenius, K. (1999) Reading environment at home and at school of Swedish students with visual impairments, *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 93, 211 - 224.
- Gompel, M., van Bon, W. H. J., Schreuder, R., and Adriaansen, J. J. M. (2002) Reading and spelling competence and development of Dutch children with low vision, *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 96, 435 - 447.
- Kazuhito Ujima, Koichi Oda (2004) Development and Evaluation of a New HTML Browser Method of Presenting Reading Material for Students with Low Vision, *Applications: in E-Education Human Factors and Innovative Approaches*, 308-318, ISBN 1591402921, Idea Group Publishing in USA.
- Legge, G. E., Rubin, G. S., Pelli, D. G., and Schleske, M. M. (1985) Psychophysics of reading II: Low vision, *Vision Research*, 25, 253 - 266.
- Legge, G.E., Rubin, G.S., and Schleske, M.M. (1987) Contrast polarity effects in low vision reading, in Woo, G.(ed), *Low vision principles and application*, Springer -Verlag, 288-307.
- 中野泰志 (1991) 弱視者の視認性を考慮した文字の効果的な提示方法(1) コンピュータディスプレイでの白黒反転効果, 電子情報通信学会技術研究報告, .91(315), 15 - 22.
- 小田浩一・J.Stephen Mansfield, Gordon E. Legge (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.
- 小田浩一 (2000b) 読書の精神物理, 視覚情報処理ハンドブック, 日本視覚学会編, 東京, pp.552-554.
- 佐藤泰正 (1974) 弱視児の読書速度に関する研究, *読書科学*, , 17(3・4), 75 – 80.
- 氏間和仁 (1998) 学校教育におけるHTMLの活用, *愛媛県高等学校教育研究会障害児教育部会誌*, 20, pp.12 - 21.
- 氏間和仁 (1999) 弱視者の使いやすいHTML文書表示ツールの試作, 第25回感覚代行シンポジウム発表論文集, 47-52,.
- 氏間和仁・村田健史 (2000) 弱視者に配慮したHTML教材とビューアの試作と評価, *教育システム情報学会誌*, 17(3), 415 - 424.
- 氏間和仁 (2001) 弱視者のためのHTML教材の活用, *弱視教育*, 39(1), 6 - 15,.
- 氏間和仁・小田浩一・田中恵津子・川嶋英嗣 (2002) 個々のロービジョンの状態に応じたHTML教材の利用－盲学校における事例研究, 第28回感覚代行シンポジウム講演論文集, pp.89-94.

巻末資料

body font basefontのDTD(www.w3c.orgより)

```
<!ENTITY % body.content "(%heading | %text | %block | ADDRESS)*">
<!ENTITY % color "CDATA" -- a color specification: #HHHHHH @@ details? -->
<!ENTITY % body-color-attrs "
    bgcolor %color #IMPLIED
    text %color #IMPLIED
    link %color #IMPLIED
    vlink %color #IMPLIED
    alink %color #IMPLIED
">
<!ELEMENT BODY O O %body.content>
<!ATTLIST BODY
    background %URL #IMPLIED -- texture tile for document background --
    %body-color-attrs; -- bgcolor, text, link, vlink, alink --
>

<!ELEMENT FONT - - (%text)* -- local change to font -->
<!ATTLIST FONT
    size CDATA #IMPLIED -- [+]nn e.g. size="+1", size=4 --
    color CDATA #IMPLIED -- #RRGGBB in hex, e.g. red: color="#FF0000" --
>

<!ELEMENT BASEFONT - O EMPTY -- base font size (1 to 7)-->
<!ATTLIST BASEFONT
    size CDATA #IMPLIED -- e.g. size=3 --
>
```