

第2章 読みの生理・病理学的特性

第1節 弱視者の読みの特性の生理・病理学的研究

1. 弱視児・者の読みに関する最近の研究について

(1) 弱視児・者の読み

読みの際に弱視児・者は、読書材料に眼を近づけたり補助具を利用して、その障害の軽減・克服をはかっている。これまで弱視児・者用の読書補助具として、弱視レンズや弱視者用テレビ式拡大読書器が広く用いられてきた (Fonda, 1981)。弱視レンズは、光学的に視覚対象を拡大することによって低視力を補う器具である。この弱視レンズの適応範囲は矯正視力 0.04前後までであり、視力がそれ以下の弱視児・者には適用がきわめて困難となり (市川, 1984)、弱視者用テレビ式拡大読書器 (CCTV) を用いることとなる。CCTVはTV映像カメラ、CRT、資料台で構成された補助具であり、資料台上の読書材料をTV映像カメラで撮影し、その映像を任意の倍率に拡大してCRTに映し出す装置である。

弱視児・者の読みににおいて特に注目すべき点として、いずれの読書方法を用いた場合にも読書材料が読み手に対して常に動的な状態にあることがあげられる。眼を読書材料に近づけて頭を移動しつつ読みを行う場合にも、弱視レンズを用いてレンズを移動しながら読みを行う場合にも、CCTVを用いて読書材料を移動させつつ読みを行う場合のいずれにおいても、読み手に対して読書材料が静止しておらず、常に移動しているのである。

この移動する読書材料に対する読みに関して、Leggeらが弱視児・者を被験者として研究を行っている。ここでは、このLeggeらの研究について概要をまとめることとする。

(2) 移動文字に対する暗眼者のリーディング特性

Leggeら (1985a) は、Visualtek Model MV-2 Miniviewer (CCTV) を用いて、資料台上の読書材料をCRT画面上に拡大表示し、その読書材料を音読させたときの読書速度について測定を行った。資料台が移動すると、CRT画面上の読書材料も同様に移動する。その際、提示文字の大きさ (視角 3.6° ~ 24°)、ぼけ、文字構成のドット数 (1文字当り縦2.8ドット×横2.8ドット~縦11ドット×横11ドット)、画面上に提示する文字数 (0.25文字~20文字)、文字と地のコントラスト (白地に黒文字と黒地に白文字) を変化させ、各々の要因が読書速度に与える影響について正眼者を被験者として検討した。その結果、文字の大きさが

視角 $0.3\sim 2^\circ$ の場合に読書速度は最大となること（視角 0.3° 以下では視力の限界との関係から急激に読書速度が低下する。また、視角 2° 以上では滑動性眼球運動の速度限界との関係から徐々に読書速度が低下する）、ぼけについては文字の大きさにかかわらず、空間周波数が1文字当り2 cycle 以下になると読書速度が低下すること、文字構成のドット数はマスキング効果により文字が小さい場合には縦4ドット×横4ドット、大きい場合には縦20ドット×横20ドット必要とすること、画面に提示する文字数は文字の大きさにかかわらず4文字以下になると読書速度が低下すること、文字と地のコントラストは正眼者ではほとんど読書速度に影響を与えないことを報告した。

(3) 移動文字に対する弱視者の読み特性

Leggeら(1985b)は上述の装置と同様の装置を用いて、弱視者16名を被験者として読書速度の測定を行った。被験者の視覚特性として、眼疾患、Sloan(1977)のM視力、シュネレン視力、透光体の混濁の有無、視野の状態を調査している。読書材料は、文字の大きさ、文字と地のコントラスト、文字構成のドット数、画面に提示する文字数、文字間距離を変化し、各々の要因が読書速度に与える影響について検討した。その結果、弱視者も比較的移動速度が遅い読書材料に対しては正確な読みが可能であること、読みが困難となる臨界移動速度が認められること、その臨界移動速度は読書材料の特性によって変化するとともに、各弱視者ごとに異なる特性を示すことが報告されている。すなわち、各弱視者は読みに最適な文字の大きさがあり、中心視野が正常な場合には視角 $3^\circ\sim 6^\circ$ 、中心視野欠損の場合には視角 $12^\circ\sim 24^\circ$ であった。また、透光体が混濁している場合には白地に黒文字の読書材料と比較して黒地に白文字の読書材料では10~50%読書速度が向上し、文字と地のコントラストの影響が認められた。文字構成のドット数は文字の大きさが大きくなるとともに多くを必要とすること、画面に提示する文字数は文字の大きさに関わらず4文字以下になると読書速度が低下することが指摘され、この傾向は正眼者と同様であった。さらに文字間距離については、間隔が広がるほど読書速度は低下し、静止した読書材料に対して認められる字詰りの影響が認められなかった。以上の結果についてLeggeらは重回帰分析を行い、次に示す回帰式を求めた。

① 最適文字サイズ

$$\log S = -0.06 + 1.31 \log M w / b \quad (\text{説明率}76\%)$$

$$\log S = -0.02 + 1.18 \log M b / w \quad (\text{説明率}72\%)$$

S : 白地に黒文字の読書材料の最適文字サイズ(単位:視角度)

$M_{w/b}$: 黒地に白文字のM視力

$M_{b/w}$: 白地に黒文字のM視力

② 最大読書速度

$$\log R = 2.12 - 0.53f - 0.14m \quad (\text{説明率}64\%)$$

R : 最大読書速度 (単位:1分間当りの単語数)

f : 中心視野 (正常: $f=0$ 、欠損: $f=1$)

m : 透光体 (正常: $m=0$ 、混濁: $m=1$)

③ 文字と地のコントラストの効果

$$R_{\text{ratio}} = 0.69 + 0.20m + 0.32 M_{\text{ratio}}$$

R_{ratio} : 白地に黒文字の読書材料の最大読書速度に対する黒地に白文字の読書材料の最大読書速度の割合

m : 透光体 (正常: $m=0$ 、混濁: $m=1$)

M_{ratio} : 黒地に白文字のM視力に対する白地に黒文字のM視力の割合

(4) 文字の色と読み

視覚系の疾患部位によって読みやすい文字の色があるかどうかについて、Leggeら(1986)が検討している。Leggeら(1986)は、透光体混濁がある場合には、混濁によって散乱・吸収が生じやすい青色光の文字が赤色光の文字と比較して読みづらくなると考えた。また、色盲や進行性の光受容器の疾患(網膜色素変性症等)などの網膜疾患を有する場合には明所における分光感度と読書速度の関係が予想され、周辺視を読み用いる中心視野欠損の弱視者は網膜周辺部において高い感度を示す青色光の文字が適していると予想した。実験に用いた装置はLeggeら(1985a)に準じ、Visualtek Model MV-2 Miniviewer (CCTV)である。黒地の画面上に高輝度($6\text{cd}/\text{m}^2$)の8文字(1文字のサイズは視距離25cmで視角 6°)が提示された。画面前方にKodak Wrattenフィルターを配置し、文字の色と輝度を調整した(コントラストは94%)。フィルターは#47B(紺)、#58A(緑)、#29(赤)、およびNDフィルターである。各々の色フィルターを通して画面上の文字を見た場合の分光特性を測定した結果、ピーク波長は#47B(紺)で430nm、#58A(緑)で550nm、#29(赤)で650nmであった。実験は暗所で行った。被験者は合図と同時に画面上を右から左へ移動する文章を音読し、文章の提示時間と誤読数から読書速度を求めた。被験者は正眼者4名(矯正視力1.0

以上、色覚正常)、視力が1.0以上の第一色盲1名と第二色盲1名、および弱視者25名である。測定の結果、正眼者では文字の輝度が6cd/㎡で一定の場合には色が変わっても読書速度に変化が認められなかった。輝度を低下させると、プルキンエ移行が認められ、赤色光の文字に対する読書速度の低下が生じた。また、視力限界の大きさの文字においては、青色光の文字に対する読書速度の低下が認められた。透光体混濁を有する弱視者では、被験者7名のうち1名について青色光の吸収による読書速度の低下が認められたが、他の6名については文字の色が変わっても読書速度は変化しなかった。網膜疾患のうち、第一色盲では明所における分光感度と読書速度に関係が認められたが、第二色盲と進行性の光受容器の疾患(網膜色素変性症等)では必ずしも分光感度と読書速度に明確な関係が認められなかった。すなわち、第二色盲では文字の色による読書速度の変化がほとんど認められず、進行性の光受容器の疾患では青色と赤色の分光感度の低下が認められたにもかかわらず、読書速度の低下は赤色光の文字においてのみ認められた。Leggeらはこの結果について、読みにおける杆体の役割を示していると考えている。中心視野あるいは周辺視野の欠損を有する弱視者において、文字の色による読書速度の変化は認められなかった。以上の結果をまとめて、Leggeらは正眼者と弱視者の読みにおいて文字の色が赤色や青色の場合に速度が低下する場合があります、読書材料として適さないと指摘している。

(5) 文字のコントラストと読み

Leggeら(1987a; 1987b)とRubinら(1989)は、読書速度に及ぼす読書材料の文字と地のコントラスト($(L_{max}-L_{min})/(L_{max}+L_{min})$: Michelsonの定義)の影響について検討した。LSI-11/23コンピュータとConrac Model SNA 17/Yモノクロディスプレイを用いて、画面上を右から左へ移動する文章を提示した。1文字は32×36ピクセルで構成され、8ビットの輝度レベルに調整が可能である。1秒間当たり最大60文字の提示が可能である。白地に黒文字、あるいは黒地に白文字を提示し、コントラストは低輝度部分の輝度を上げることによって変化させた。高輝度の部分の輝度は300cd/㎡で常に一定であった。ディスプレイ上には8文字あるいは16文字を提示した。被験者ごとに視距離が異なるために、文字の大きさは視角0.13°から12°の範囲となった。被験者は提示された文字を音読し、その時の文字提示速度と誤読数から読書速度を算出した。測定は高コントラスト(0.96)の文字からなる文章から開始し、徐々にコントラストを低下した。

正眼者5名について測定した結果(Leggeら, 1987a)、いずれの被験者も文字の大きさにかかわらずコントラストの低下とともに読書速度は低下した。コントラストの反転の効果は認められなかった。文字の大きさによるコントラストの影響をみると、視角0.5~2°の

文字では、コントラストが0.1に低下しても最も高いコントラスト0.96における読書速度（1分間当たり約350単語）の2分の1程度にまでしか読書速度は低下しないが、視角0.25°以下あるいは2°より大きい文字ではコントラストの影響が強く、コントラストの低下とともに急激に読書速度が低下した。読書速度が最大読書速度の10分の1を示すコントラストを読書可能臨界コントラスト（critical contrast for reading）と定義し、各文字サイズにおける読書可能臨界コントラストを求めた結果、正弦波状にコントラストが変化する縦縞に対する空間周波数-コントラスト感度曲線と類似した傾向が認められた。さらに、各文字サイズにおいて文字が認識可能な最小コントラストと読書可能臨界コントラストの間にも類似した傾向が認められた。

一方、弱視者17名19眼について（Rubinら，1989）、各コントラストにおける読書速度ならびに最も高いコントラスト0.96における読書速度（最大読書速度）の2分の1の読書速度となるコントラストの値（臨界コントラスト）を求めた。提示した文字は全て視角6°である。その結果、正眼者と同様にコントラストの低下とともに読書速度の低下が認められたが、その低下は正眼者と比較して急激な場合が多く、低下の割合は被験者ごとに異なっていた。最大読書速度について、中心視野欠損の弱視者（1分間当たり約68単語）は中心視野が正常な弱視者（1分間当たり約112単語）と比較して低い値を示した。臨界コントラストについて、19眼中16眼が正眼者と比較して高い値となり、文字の認識が可能な最小コントラストとの間に正の相関が認められた（ $r=0.87$ ）。しかし、眼疾患の種類や部位と臨界コントラストの間には明確な関係が認められなかった。コントラスト反転効果が、透光体混濁の7眼中4眼と正常透光体12眼中1眼に認められた。この弱視者におけるコントラスト反転効果はLeggeら（1987b）も同様に指摘している。これらの結果からRubinら（1989）は、正眼者と比較して弱視者でコントラストが読書速度に及ぼす影響が大きい原因として、2つの点をあげている。すなわち、①透光体混濁などにより読書材料のコントラストが低下すること、②中心視野欠損などにより弱視者自身のコントラスト感度が低下することである。これらのいずれに対しても、読書材料のコントラストの強調が効果的であると指摘している。

(6) 移動文字に対する読みにおける理解度について

Leggeら（1989）は、画面上を移動する文章の理解度について、正眼者109名（大学生、年齢18～36歳、矯正視力1.0以上）と弱視者24名（年齢23～83歳）を対象として測定を行った。用いた装置はLeggeら（1987a）に準ずる。文章は白地（300cd/m²）に黒文字で、コントラスト0.96の条件で提示した。画面上には同時に8文字が提示され、画面上を右から左へ移動した。正眼者については視距離を350cmとし、文字の大きさは視角0.5°であった。弱視

者では視距離を30cmとし、文字の大きさは視角6°であった。読書材料は小学校6年生レベルの内容であった。音読時の読書速度について、正眼者と弱視者ともに測定した。文章を読んだ後、5肢選択法の問題を6問提示し、理解度について測定した。とくに弱視者については、音読時の読書速度の84%の速度（高速条件）と、67%の速度（低速条件）で移動する文章を用いて理解度を測定した。その結果、正眼者について、読書速度が1分間当たり10～200単語の場合には読書速度の上昇とともに徐々に理解度が低下した（平均71.2%から60.5%へ低下した）。読書速度が1分間当たり10単語や30単語の場合にも理解度は高い値を示し、遅い読みが必ずしも理解度の低下を導くわけではなかった。読書速度が1分間当たり200単語（最大読書速度の約7割の速度）以上に増加すると理解度の低下の割合が増加した。しかし、その理解度の低下の割合の変化は明確なものでなかったことから、理解度は読みの心理物理的尺度に用いることが妥当ではないことが示唆された。また、静止した文章に対する理解力と移動する文章に対する理解力には差異が認められなかった。弱視者の理解度については、読書速度が高速条件（理解度60%）と比較して低速条件（理解度64%）の方がわずかに成績が良い結果となった。読書速度が類似した正眼者の理解度と比較してみると、ほとんどの弱視者（24名中21名）の理解度は正眼者の理解度の平均値±1SDの範囲に含まれた。以上の結果は、読書速度が遅くても文章の正確な理解が可能であり、重度の弱視者において読書補助具の処方があることを示している。

(7) 弱視者用読書補助具の開発

Pelliら（1985）はこれらの研究結果をふまえて、ファイバースコープ製の最大倍率が40倍（160diopters）、低価格で携帯可能な弱視者用の読書補助具を開発した。この補助具について30分程度の訓練を行った後、読書速度を測定した結果、中心視野欠損の弱視者7名について1分間当たり18単語、中心視野が正常な弱視者6名について1分間当たり67単語、正眼者3名について1分間当たり73単語（いずれも中央値）の読書速度を示した。これらの値はCCTVを用いた読書速度と比較すると低い値であるが、CCTVと比較して極めて低価格、高倍率、携帯可能な装置であることから、弱視者が利用するのに適した装置であると報告している。

(8) 静止文字に対する弱視者の読み

さて、これまでLeggeらが用いていた画面上を移動する文章による読書速度の測定は、その装置の構成の複雑さと測定時間の長さから、臨床的な使用が困難であった。そこでLeggeら（1990a）は、弱視者の読書速度の測定するより簡便な検査であるThe Minnesota

Low-Vision Reading Test (MNread) を開発した。MNread はコンピュータを用いた検査であり、弱視者の最大読書速度の評価を簡単な操作で、短時間に正確に行うことが可能な検査である。MNread はコンピュータディスプレイ上に白地に黒文字あるいは黒地に白文字で書かれた、1行が13文字で4行からなる文章あるいは単語群を被験者が音読する。その提示時間と誤読数から読書速度を算出する。ディスプレイの高輝度の部分の輝度は $100\text{cd}/\text{m}^2$ であり、コントラストが0.85である。提示文字は視距離20cmで視角 6° に相当する。MNread は文章提示検査と単語提示検査からなる。文章提示検査では、28種類の文章を用意し、無作為に提示する。また、単語提示条件では、3文字から6文字からなる単語を組み合わせて提示する。MNread による1名の弱視者の検査時間は5分未満であった。中心視野欠損の弱視者と中心視野が正常な弱視者について、それぞれ文章提示検査と単語提示検査の成績の回帰直線を求めた結果、 $\text{Log}(\text{文章読書速度})=0.903\text{Log}(\text{単語読書速度})+0.272$ と $\text{Log}(\text{文章読書速度})=1.09\text{Log}(\text{単語読書速度})-0.125$ となり、その傾きと切片は視野の状態ごとに異なるものの同一の検査で異なる種類の眼疾患の弱視者の検査が可能であった。MNread の信頼性について、検査後1ヵ月～1年で再検査を行い、その相関係数を求めた結果、 $r=0.88$ であった。また、MNread の音読時と黙読時の読書速度を測定した結果、有意な差異が認められなかった。

MNread による静止した文字に対する読書速度とLeggeら(1987a)の装置による移動する文字に対する読書速度について、正眼者6名と弱視者27名を対象として測定した結果、正眼者では静止した文字に対する読書速度の方が平均して1.44倍速いことがわかった。Leggeら(1990)は、この結果について移動する文字では文字の追視が必要となるからであると考えている。一方、弱視者は移動する文字に対する読書速度の方が平均して1.15倍速かった。その理由として、移動する文字の場合、改行が不必要であること、眼球運動が規則的となること、画面のGlareが減少することがあげられている。MNreadの妥当性について、MNread による読書速度とLeggeら(1987a)の装置による移動する文字に対する最大読書速度の間に正の相関関係($r=0.89$)が認められ、MNreadによって弱視者の読書速度が評価できると指摘した。

(9) 静止文字の色対比と読み

Leggeら(1990b)は、読書材料の輝度対比(luminance contrast)とともに色対比(color contrast)が読書速度に与える影響について検討した。被験者は8名の正眼者と10名の弱視者である。弱視者については、色覚異常が認められないことと、対比の影響を検出するために比較的読書速度が速いことを被験者の条件とした。読書材料はLeggeら(1990a)

が開発したMNreadを用いて提示した。文字の大きさは、正眼者では視角 1° と 6° で、弱視者では視角 6° であった。輝度対比では、黒地に黄文字（赤と緑の混色）を提示し、地と文字の輝度がそれぞれ $0.01\text{cd}/\text{m}^2$ と $12\text{cd}/\text{m}^2$ の場合を最大輝度対比条件とした。輝度対比を減少する際には地と文字の輝度をそれぞれ $6\text{cd}/\text{m}^2$ に近づけるように調整した。色対比では、全画面が等しい明るさで、赤みの強い黄色地に緑味の強い黄色文字を提示した。赤と緑の混色の割合を変化することによって、色対比を変化させた。被験者は、画面上に提示された文章をできるだけ速く音読し、その際の文章提示時間と誤読数から読書速度を算出した。正眼者について、色対比が強い場合には輝度対比と同様に1分間当り300単語以上の高い読書速度を示した。輝度対比と読書速度の関係および色対比と読書速度の関係を比較すると、いずれも対比が強くなると読書速度が増加し、類似した関係があることがわかった。しかし、輝度対比と比較して色対比では、読書速度に及ぼす影響が強く、対比が0.3以下になると急激に読書速度が低下した。輝度対比と色対比を同時に提示しても、読書速度の向上は認められなかった。弱視者については、輝度対比の場合と比べて、色対比では読書速度が低くなった。その原因として、色対比の場合には画面の地の部分も文字の部分も等しい輝度であり、被験者にGlareが生じた結果であると指摘している。

(10) 弱視児・者の読書能力の推定

Leggeら（1992）は、臨床的に入手可能なデータを用いて読書能力を推定することを試みた。被験者はMinneapolis Society for the Blind (MSB)を訪れた141名の弱視者と17名の正眼者である。弱視者141名のうち、老人性黄斑部変性が45名（31.91%）であり、糖尿病性網膜症が16名（11.35%）、視神経萎縮が15名（10.64%）、若年性黄斑部変性が11名（7.8%）、網膜色素変性症が10名（7.09%）、緑内障が8名（5.67%）、先天性白内障と未熟児網膜症、近視性網膜変性が4名（2.84%）ずつ、無水晶体症が2名（1.42%）、その他の疾患がそれぞれ1名ずつ（0.71%）で合計22名（15.6%）であった。男性が55名（平均年齢43.9歳）、女性が86名（平均年齢55.6歳）で、読書速度ならびに視力値について有意な性差は認められなかった。臨床的に得られるデータのうち、透光体の状態（混濁の有無）、中心視野（直径視角 5° ）の欠損有無、年齢（Akutsu, 1991）、視力、眼疾患を本研究ではとりあげた。読書速度の測定には、MNread（Leggeら, 1990a）を用いた。ディスプレイの高輝度の部分の輝度は $100\text{cd}/\text{m}^2$ であり、コントラストは0.99であった。提示文字は視距離20cmで視角 6° に相当する。測定は両眼視で行った。測定の結果、読書速度と視力の間には $r = 0.309$ ($p < .001$)の弱い相関関係が認められた。中心視野の状態によってグループ分けし、グループごとに読書速度と視力の関係をみてみると、中心視野が正常な場合には読書速度と視力に有意な相関関係が

認められなかった。一方、中心視野が欠損している場合には読書速度と視力に相関関係が認められた。相関関係が認められた場合においても、その説明率は約10%であり、視力は読書速度の予測にあまり役立たないと指摘している。透光体の状態は、コントラストの反転効果には関係する (Leggeら, 1985b) が、読書速度の予測には有意な影響を及ぼさなかった。中心視野欠損の弱視者のうち、老人性黄斑部変性の弱視者の読書速度は若年性黄斑部変性の弱視者の読書速度と比較しておよそ2分の1の値となった。年齢が読書速度に対して及ぼす影響について、正眼者では認められなかったが、弱視者では視力にまして強い影響が認められた (説明率20.4%)。以上の結果について、Leggeら (1992) は次のようにまとめている。

- ①正眼者の場合には、読書速度は1分間当たり平均215単語 (±1 SD (log単位) は169~273単語) である。
- ②弱視者の読書速度は中心視野の状態によって2つのグループに分けられる。
- ③弱視者で中心視野が正常な場合には、年齢が予測因子となり、20歳の場合には読書速度は1分間当たり平均138単語 (±1 SD (log単位) は76~252単語)、80歳の場合で読書速度は1分間当たり平均52単語 (±1 SD (log単位) は29~96単語) となる。
- ④弱視者で中心視野が欠損している場合には、年齢と視力が予測因子となり、20歳で視力が0.25の場合には読書速度は1分間当たり平均175単語 (±1 SD (log単位) は77~398単語)、80歳で視力が0.025の場合で読書速度は1分間当たり平均29単語 (±1 SD (log単位) は13~65単語) となる。
- ⑤本研究でとりあげた臨床的に得られるデータのみでは弱視者の読書速度の予測や弱視者が潜在的に持っている読書能力の評価は困難である。さまざまな視覚的な因子とともに、非視覚的な因子、たとえば年齢や動機付け、認知能力などが弱視者の読書に影響を与えていることが考えられ、さらなる研究が必要である。

2. 視覚障害機能のシミュレーションによる読みの研究

低視力者の読みに関する研究の目的は、視覚障害が読みにどのような影響を及ぼしているかという点にある。その研究方法としては、実際に低視力者を被験者として読みに関するデータを測定する場合が多い。

一方、低視力者の視機能の状態を人工的に作りだし、正眼者を被験者として読みに関する実験を行うシミュレーション研究も行われている。シミュレーション研究は、低視力者の実際の見え方を正確に再現しているとは言えないまでも、視覚障害の種類や程度を実験の目的に合わせて設定できるという利点がある。これまで行われてきたシミュレーション研究を分類すると、視野障害、屈折異常による視力低下、透光体の混濁等の分野に分けられる。ここでは、各テーマにおける研究の経緯について述べる。

(1) 視野障害に関するシミュレーション研究

ヒトの網膜は、直径5度の中心窩、直径8.4度までの領域である傍中心窩、さらにその外側の周辺視野という3つの領域に分けられる (Moses and Hart, 1987)。視力は中心窩で最も高く、その中でも特に中心小窩と呼ばれる直径1.2度のごく狭い領域において非常に鋭敏である。傍中心窩領域では視力は0.2程度まで低下する。周辺視野では、視対象の運動や光の点滅を検出する能力が優れているが、文字等の細かい部分を視認することはできない。

視野障害には様々な状態があるが、シミュレーション研究においては、視野の周辺部が見えなくなる周辺視野狭窄、及び中心部が見えなくなる中心暗点の二種類に分けて実験を行っている。

この分野における代表的な研究は、Rayner (1979, 1981) とその共同研究者らによるものである。彼らは、コンピュータ制御によって人工的な周辺視野狭窄や中心暗点を設定した。視野中心部のみを見ることができ周辺部は隠ぺいされるウィンドウや、視野中心部のみを隠ぺいする人工的な暗点をCRT画面上につくり、これらを被験者の眼球運動と同時に動かすことにより視野障害をシミュレートした。そして、ウィンドウや暗点の大きさを様々に変化させて被験者に文章を読ませ、この間の眼球運動や読速度を測定し、シミュレートした視野障害が読みに及ぼす影響について検討した。

まず、周辺視野狭窄の実験について紹介する。Raynerらは、被験者の眼前46cmの位置に置いたCRT画面上に、被験者の眼球運動と同期して動くウィンドウと文章とを同時に提示した。このような人工的な視野狭窄状態で被験者に文章を黙読させた。文字の大きさは、3文字が視角1度に相当するようにし、ウィンドウの大きさは1文字から33文字の間で10段階設定した。文を読んだ後、被験者には、文の内容について報告させた。

中心視野の大きさが、この実験で最小の1文字分であった場合は、文の内容報告における正答率は90%であり、これより大きい視野になると正答率は100%となった。1文字分の中心視野では、1文字ずつ読んだ綴りを頭の中でもう一度並べ直さなければ、何という単語であるかが分からなかったと被験者は報告した。また、眼球運動という側面から考えると、1文字分の視野では視角20分のサッケードを続けながら読まなければならない。しかし、このようなごく短いサッケードを正確に行うのは難しいため、オーバーシュートを頻繁に起こし、その結果、逆行運動も増加してしまう。眼球運動の量は通常より増加してしまい、能率的な読み方はできなくなる。

視野の大きさが3文字分の場合にも、被験者は文字の並べ直しをしたと報告したが、文の内容報告の正答率は100%だった。29文字以上の視野になると、読みの成績は視野制限を行わない場合と同じになった。

以上の結果から、視野狭窄が生じて中心部でしかものを見ることができなくなると、読みの能率や正確さに影響が表れることが分かる。特に1文字分の大きさの視野では、その影響が非常に顕著に表れた。能率的な読みを行うには、視野の周辺部からも視覚情報を取り入れ、次に視点を移す位置を効率よく決定できることが重要である。視野周辺部が見えない状態では、このような眼球運動が不可能であるため、読みの能率は低下してしまう。

しかし、視野の大きさが3文字分になると、読みの正確さは通常の読みのレベルに回復したことから、視野の周辺部が見えなくても中心部が見える状態では、文字の視認や単語の認知は可能であることが分かる。

では、このように高い解像力をもつ視野中心部が隠ぺいされると、読みにはどのような影響が見られるのか。やはりRaynerらが行った中心暗点のシミュレーション実験について報告する。被験者の眼球運動に同期させて中心暗点を動かし、これと同時にCRT画面上に文章を提示して、被験者に黙読させた。暗点の大きさは1-17文字の間で9段階設定した。

結果によると、読みの成績は暗点が大きくなるにともなって低下した。暗点の大きさが5文字になっても被験者の文章の報告における正答率は100%を保っていた。しかし、読書速度については、暗点のない状態での値が295wpmであったのに対して、1文字分の暗点がある条件では160wpmに低下した。視野の中心部が1文字分隠されただけで、読みにかかる時間は2倍の長さになってしまうのである。暗点がさらに大きくなって、3文字分の大きになると読書速度は160wpm、5文字分では50wpmまで低下した。

暗点の大きさが7文字以上になって、もはや中心窩視が不可能になると、文字の視認は傍中心窩で行わなければならない。このような場合には、被験者は視線を文中の様々な位置に動かして、単語を確認する手がかりを探すようになった。単語の正答率は78%であったが、読書速度は15wpmまで低下した。単語の正答率は各暗点サイズについて、それぞれ11文字では53%、13文字では30%、15文字では18%、17文字では17%であった。11文字から15文字の暗点での読書速度は、10wpm以下であり、17文字では3wpmになった。

このような暗点のある条件下では、被験者は視中心視野を使った読みとは異なる方法で情報を収集していたと考えられる。中心窩が完全に隠されてしまうと、傍中心窩からしか情報は得られなくなる。被験者がおかした誤反応について検討した結果、傍中心窩から得られる情報は、単語の最初の文字と最後の文字、単語の長さ、単語の形に関する視覚的情報であることが明らかになった。被験者は、これらの視覚的情報に加え文脈を考慮して、何という単語であるかを判断していると考えられる。しかしこのような判断過程には、誤りをおかす余地も多分に含まれていると言える。

以上の知見から、中心暗点が存在すると、たとえそれが小さいものでも、読みに対して大

きな影響を及ぼすことが明らかになった。読みの速度だけでなく、正確さも損なわれた。傍中心窩から得られる単語の情報は断片的であり、誤った判断も行いやすい。傍中心窩のみを使って能率的な読みを行うのは、非常に困難であることが指摘できる。

(2) 屈折異常に関するシミュレーション研究

眼の透光体を形成する角膜や水晶体の偏位や曲率における異常、または眼軸の長さの異常等により、近視や乱視、遠視といった屈折異常が生じることは多い。

Dickinson and Rabbitt (1991) のシミュレーション研究は、人工的な屈折異常状態で正眼者に読みを行わせたものである。彼らは、正眼者に球面レンズと円柱レンズを装用させ、人工的な屈折異常状態を設定した。その際、視力値は0.16から0.25の間とした。一方、正視の状態での視力値は1.0から1.5の間とされた。この二条件で被験者に文章を音読させ、その際できるだけ文を記憶しておくようにと教示を与えた。そして、読書時間と文章内容の理解について記録を行った。内容理解については、読了後に自由再生課題と選択課題を行い、その結果により判定した。

結果によると、人工的な屈折異常状態で読みを行った場合、読速度は正視の状態よりも数十秒遅くなり、文章内容に関する自由再生課題において誤答が生じ易くなった。このような傾向は、文章の内容が難しい場合ほど顕著であった。光学的にぼやけた網膜像しか得られない状態の読みでは、現在見ている文字や単語が何あるかという判断に、注意を向けなければならぬ。この状態で文を読みながら内容を記憶しようとするすると、読み手の情報処理能力に対する負担は増大する。Dickinson と Rabbitt は、このような読み手の負担については、読みの難易だけでなく、記憶に関しても検討する必要があると指摘している。

(3) 透光体の混濁に関するシミュレーション研究

透光体の混濁により視力低下が起こる例は多く、白内障、角膜白斑等の眼疾患があげられる。混濁した部分を除去しない限り、眼球内での光の散乱が起こり、網膜像はぼやけたものになる。このような状態をシミュレートするためには、眼前にNDフィルター等を装着して白く混濁した視界を得る方法が多く用いられている。ここでは、読みの研究ではないが、文字の認識に関する実験を行った小田 (1990) の研究を紹介する。小田は、ぼけた文字の認知に空間周波数特性の考え方をとりいれている。

CRT画面上に提示した文字を、すりガラスを通して正眼者に見せるという方法を用いて、弱視のシミュレーションを行った。CRT画面とすりガラスとの距離を変えることにより、文字のぼけの程度を変化させ、被験者がその文字を認識することができた距離を求めた。こ

の値と、予め決定しておいたすりガラス空間周波数特性とから、その文字の認知閾となるカットオフ周波数を算出した。

その結果、アルファベットやカタカナよりも、漢字の方が概ね2倍ほどシャープな画像でなければ認識できないこと、また画数の多い漢字ほど認識しにくいことが指摘された。画数の多い複雑な漢字は、すりガラスを通した白濁した視界を通過しにくいのである。また、形態的に似た文字だけでなく、あまり似ていないと考えられる文字においても混同が起こることも報告された。

表意文字である漢字は文章理解の上では非常に有効であり重要な意味を持つが、一方で視認しにくい文字として、低視力者の読みにおける大きな困難となっているのは周知の事実である。現在の所、文字の拡大やコントラストの強調、あるいは視覚的補助具の使用といった方法で、このような困難の改善がはかられている。今後とも、日本語における低視力者の読みについて検討する際には、漢字の視認のしやすさは重要な問題になると考える。

3 主要な眼疾患に関する読みの研究動向

特有の欠陥をもつ眼疾患を抽出し、読みに関連したLegge等の視機能特性が本章の1において詳細に紹介されている。

そこで取り上げられた視機能特性に次のような眼疾患が関連している。

- (1) 眼球の透光媒体である角膜、水晶体、硝子体が混濁すると、網膜照度が低下し、読材料のコントラストは悪くなる。

角膜変性や白内障では、たとえ網膜に異常がなくてもリーディングの効率に大きな影響をもつ。NDフィルターやすり硝子を通してCRTの画面を見させるシミュレーションにおいても文字の認知に明らかな差が生じている(本章2参照)。網膜照度が低下することはLeggeやBrown(1981)等の研究で示されている。

Fondaによると角膜の中央部や水晶体後極の中心部に局限された混濁がある場合には、環境照度を低くしたり、遮光眼鏡を装着させて散瞳させることで、混濁のない周辺部から光が眼球内部に入射し網膜照度が上がり、効率が改善されうる場合も少なくないという。読材料のコントラストは弱視者の読みに影響する重要な要因であり、これに関してはアーデンのチャートを用いた周波数別コントラスト感度の研究もみられる。

- (2) 網膜の中心窩の発達が悪くて、極端に機能が低い場合には、中心暗点は見られないが、空

間情報の伝達経路の粗造な構成もあいまって、読みの効率へ著しい影響があらわれると考えられる。

Groundsら(1983)は白児眼について研究結果を報告している。全色盲の場合も同じ条件にある。先天性発生異常である無虹彩症、黄斑形成不全、小眼球も中心窩の機能が低く、視覚情報の伝達系にも問題がある。後天的な場合、廃用性弱視や精神盲の初期段階に、同様の抑制機構が生じることが想定されうる。

- (3) 中心視野内に生じる暗点も読みの効率に大きな影響をもつ要因である。Fondaによると、その85%が網膜の異常によるもので、7%が視神経に起因したものである。暗点は眼疾患の種類により異なる。視感度の残存した相対暗点と絶対暗点との間では、リーディングに対する影響に差は認められない。むしろ、その形が変化するので、その大きさと生じる部位が問題になる。

中心暗点は、中心窩穿孔、視神経萎縮、中心性網膜変性、先天性黄斑変性症等で生じる。Leggeら(1985)の研究では、いずれも顕著に読速度が落ちる。中心暗点のある場合、中心窩部から視線をずらして、偏心固視を定着させて読書をするが、上記眼疾患の中では小型の網膜穿孔では拡大レンズ等の低視力補助具の使用が有効である。形が大きくなって偏心角度が大きくなると、CCTV等による網膜像の拡大が必要になる。これらの結果は、読書のために高度の解像力をもつ中心視力の重要性を示している。

老人性黄斑部変性症で右側に傍中心暗点のある場合、横書き文の読書の視速度が明らかに遅くなる。視線の進行方向を同時に認知することの必要性が示唆された。

- (4) 周辺視野が、広範囲にわたって光感度を喪失した場合も、当然読みの効率に極めて大きな影響がある。末期の網膜色素変性症、進行した末期の緑内障、脈絡膜浮腫では管状中心部を除いて、同心的な狭窄を生じる。視神経萎縮では、通常重度の外側不規則狭窄が見られる。

中心視力が正常でも、視野が直径20度以下の場合には、中心視力が0.1で正常な視野をもっている場合より、はるかに厳しい作業制限のあることはよく知られたことである。

読書効率の低下は視野の狭窄と平行する。かなりの中心視力を保有していても、周辺部への視線の移行が円滑に行われなため、固視点を定めた後読書枠を使用するか、指で読書部分をトラッキングしないと読書は不可能である。

周辺視野が欠損しているために、光感度が極めて低い。そのため良質の照明が当然必要となる。横書き文の読書効率は視線の移向方向に狭窄がある場合に顕著に悪くなるのは暗点の場合と同様である。

(5) 視覚経路が隣接部の腫瘍等で圧迫されたり、血管閉塞で活性を喪失した場合には、両眼に半盲狭窄を生じる。視束交叉部の圧迫では異名半盲が生じ、頭の内部の視中枢に近い部分の片側の視覚経路の異常では同名半盲となる。

この場合、異名半盲では読みに大きな影響をもたないが、中心の右側暗点または右側視野の狭窄と同様に、頭部左側の視索、視放線の異常で生じた右側同名半盲の場合は読書枠の使用等の補助手段に配慮しないと読書効率が悪くなる。視中枢から遠い部分の視覚経路の異常から生じる同名半盲は、中心回避がないので視機能障害の影響を受けやすい。

読みに大きく影響する視機能異常をもつ主要な眼疾患について述べた。視機能としては、中心視力と同様に視野の異常特性が問題となり、研究対象としてかなり多く取り上げられている。その他では、眼球運動特性が重要な影響を与える（本章2参照）。

第2節 眼疾患と読みとの関係について

1990年に実施した全国の盲学校児童生徒を対象とした調査結果（谷村・香川・藤田・池谷・高橋, 1991）をもとに、視力や眼疾患と使用文字との関係について最近の状況を報告する。この調査は、全国盲学校及び弱視学級児童生徒の視覚障害原因等調査の一部として実施した。1990年7月現在、全国の盲学校70校に在籍中の全ての児童生徒を対象として調査を依頼した。調査項目は、視覚障害原因、眼疾患の部位と症状、視力値、使用文字等である。

以下に述べる調査結果は全て、全国の盲学校に在籍する、点字または普通文字（活字）を使用している6歳以上の児童生徒4826名を対象としたものである。

1. 盲学校児童生徒における視力と使用文字との関係

表2-1は、点字または普通文字を使用している6歳以上の盲学校児童生徒の視力分布を、教育的観点から分類して表したものである。この結果によると、視力0.02未満のいわゆる盲の児童・生徒は34.5%であり、準盲を含む視力0.02以上のものは合わせて64.1%である。

Table 2は、これらの児童・生徒の視力と使用文字との関係をまとめたものである。表中、括弧内の数値は、各視力値ごとに算出した使用文字の比率を表している。点字使用者は文字使用者の37.7%であり、普通文字使用者は57.6%、点字と普通文字の両方を使用する者（両用）は4.7%であった。普通文字使用者が全体の6割近くにのぼることが分かった。

点字使用者のうち約8割は、視力0.02未満の範囲に集中しており、視力0.1以上では、ほと

表2-1 全国盲学校児童生徒における教育的観点から区分した視力分布

| | 視 力 | 人 数 | 比 率 (%) |
|-----|-----------------|-------|---------|
| 盲 | 0.02 未満 | 1,639 | 34.5 |
| 準 盲 | 0.02 以上 0.04 未満 | 476 | 10.0 |
| 弱 視 | 0.04 以上 0.1 未満 | 960 | 20.2 |
| | 0.1 以上 0.3 未満 | 1,018 | 21.2 |
| | 0.3 以上 | 599 | 12.7 |
| | 不 明 | 65 | 1.4 |
| 合 計 | | 4,757 | 100.0 |

注：調査対象者は、全国の盲学校に在籍し、文字を使用している6歳以上の児童生徒とする。

んど点字使用者は見られなかった。普通文字使用者の比率は指数弁以下の視力値では低いが、0.01以上になると増加し、視力0.02では点字使用者の比率（30.2%）よりも多くなり55.6%を占めていた。また、両用については、指数弁から0.06の視力範囲に多く見られた。

図2-1は、表2-2の結果をグラフに表し、視力と使用文字との関係について示したものである。点字使用者と普通文字使用者の比率が逆転する視力値を、使用文字に関する便宜的な境界視力と考えることとする。この調査結果においては、0.01と0.02の間の視力値を、その境界視力と見なすことができる。

以上の結果から、従来ならば点字を使用すると考えられるような、かなり低い視力値でも、普通文字を使用する傾向があることが指摘できる。この背景には、弱視レンズや拡大読書器等の視覚補助具の開発や普及、拡大文字本や拡大コピーといった読書材料における工夫等があるものと考えられる。

表2-2 盲学校児童生徒における使用文字 ()内%

| 視力 | 点字 | 普通文字 | 用 | | | | 合計 |
|------|------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | | | 主に点字 | 主に普通文字 | どちらが主体か不明 | 小計 | |
| 0 | 782(98.4) | 13(1.6) | | | | | 795(16.8) |
| 光覚 | 333(97.1) | 8(2.3) | 2(0.6) | | | 2(0.6) | 343(7.2) |
| 主動弁 | 158(92.9) | 9(5.3) | 2(1.2) | | 1(0.6) | 3(1.8) | 170(3.6) |
| 指数弁 | 77(72.0) | 18(16.8) | 4(3.7) | 6(5.6) | 2(1.9) | 12(11.2) | 107(2.2) |
| 0.01 | 120(53.5) | 72(32.1) | 12(5.4) | 14(6.3) | 6(2.7) | 32(14.4) | 224(4.7) |
| 0.02 | 76(30.2) | 140(55.6) | 16(6.3) | 18(7.1) | 2(0.8) | 36(14.2) | 252(5.3) |
| 0.03 | 74(33.0) | 127(56.7) | 9(4.0) | 10(4.5) | 4(1.8) | 23(10.3) | 224(4.7) |
| 0.04 | 38(17.6) | 152(70.4) | 11(5.1) | 13(6.0) | 2(0.9) | 26(12.0) | 216(4.5) |
| 0.05 | 26(15.8) | 121(73.8) | 9(5.5) | 6(3.7) | 2(1.2) | 17(10.4) | 164(3.4) |
| 0.06 | 21(10.8) | 158(81.0) | 5(2.6) | 10(5.1) | 1(0.5) | 16(8.2) | 195(4.1) |
| 0.07 | 11(7.5) | 129(88.4) | 4(2.7) | 2(1.4) | | 6(4.1) | 146(3.1) |
| 0.08 | 7(4.5) | 143(92.3) | | 5(3.2) | | 5(3.2) | 155(3.3) |
| 0.09 | 5(6.0) | 75(89.2) | 3(3.6) | | 1(1.2) | 4(4.6) | 84(1.8) |
| 0.1 | 15(3.4) | 411(92.8) | 8(1.8) | 8(1.8) | 1(0.2) | 17(3.8) | 443(9.3) |
| 0.12 | 1(8.3) | 11(83.4) | | 1(8.3) | | 1(8.3) | 13(0.2) |
| 0.15 | 5(3.0) | 162(94.6) | | 2(1.2) | 2(1.2) | 4(2.4) | 171(3.6) |
| 0.2 | 6(1.8) | 329(97.6) | 1(0.3) | 1(0.3) | | 2(0.6) | 337(7.0) |
| 0.25 | | 54(100) | | | | | 54(1.1) |
| 0.3 | 7(3.4) | 198(94.6) | 2(1.0) | 2(1.0) | | 4(2.0) | 209(4.4) |
| 0.35 | | 13(92.9) | | 1(7.1) | | 1(7.1) | 14(0.3) |
| 0.4 | | 100(97.1) | 1(1.0) | 2(1.9) | | 3(2.8) | 103(2.2) |
| 0.45 | | 8(100) | | | | | 8(0.2) |
| 0.5 | 1(1.2) | 81(96.4) | | 1(1.2) | 1(1.2) | 2(2.4) | 84(1.8) |
| 0.6 | 3(4.9) | 58(95.1) | | | | | 61(1.3) |
| 0.7 | | 36(100) | | | | | 36(0.8) |
| 0.8 | | 26(100) | | | | | 26(0.5) |
| 0.9 | | 20(95.2) | | 1(4.8) | | 1(4.8) | 21(0.4) |
| 1.0 | | 17(100) | | | | | 17(0.4) |
| 1.2 | | 16(100) | | | | | 16(0.3) |
| 1.5 | | 4(100) | | | | | 4(0.1) |
| 不明 | 28(43.1) | 32(49.2) | 4(6.2) | 1(1.5) | | 5(7.6) | 65(1.4) |
| 合計 | 1794(37.7) | 2741(57.6) | 93(2.0) | 104(2.2) | 25(0.5) | 222(4.7) | 4757(100) |

注：調査対象者は、全国の盲学校に在籍し、文字を使用している6歳以上の児童生徒とする。

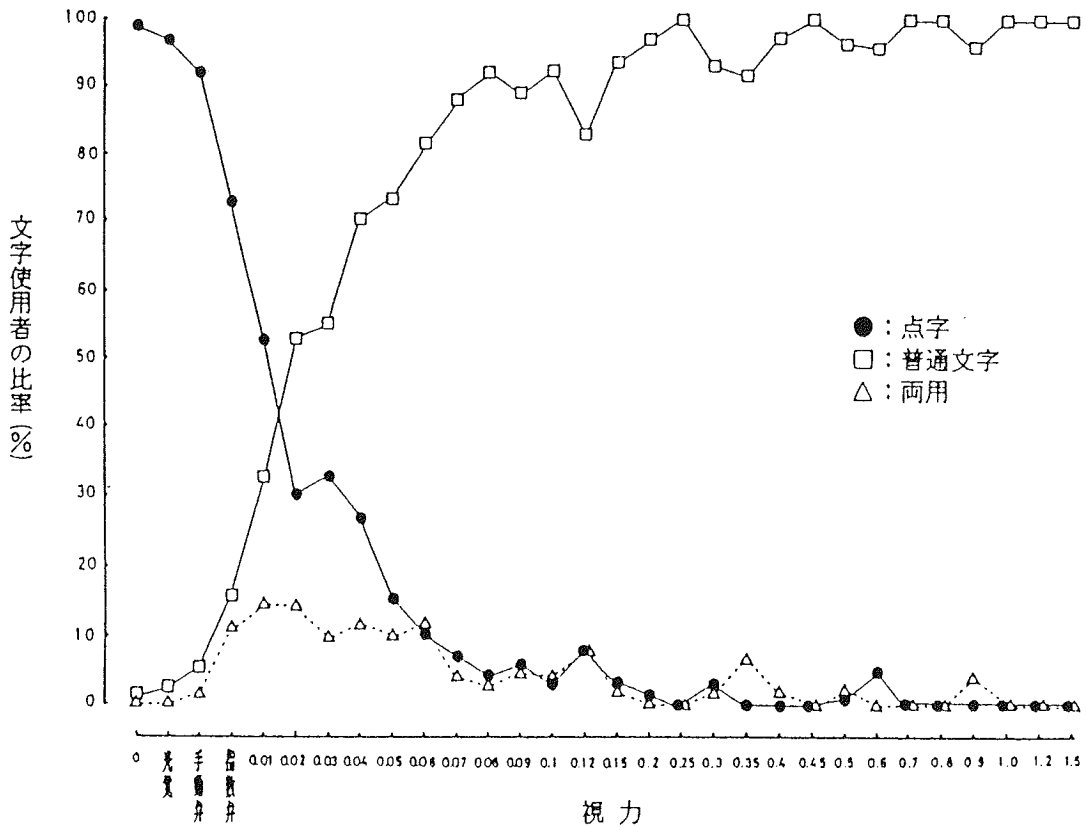


図2-1 全国盲学校児童生徒における視力と使用文字との関係

注：調査対象者は、全国の盲学校に在籍し、文字を使用している6歳以上の児童生徒とする。

2. 盲学校児童生徒における眼疾患別使用文字の状況

図2-2は、眼疾患別の使用文字の比率を表したものである。点字使用者の比率の多い順に結果を示した。

視機能に著しい影響を及ぼす疾患においては、点字使用者の比率が高かった。眼球癆は、眼球の内容物が失われ回復不可能になった状態である。また、網膜芽細胞腫の治療では、眼を摘出する場合がほとんどである。水眼(牛眼)は先天性の緑内障であり、眼圧上昇を抑えられなければ網膜剥離や視神経萎縮、眼球破裂等を起こしやすい。未熟児網膜症は、保育器内での酸素供給過多のために、未熟児の未成熟な網膜血管が異常増殖するもので、重度の場合は網膜剥離に到る。このような重篤な眼疾患によって、もはや普通文字使用が不可能な視機能の状態となり、点字を使用していると考えられる。

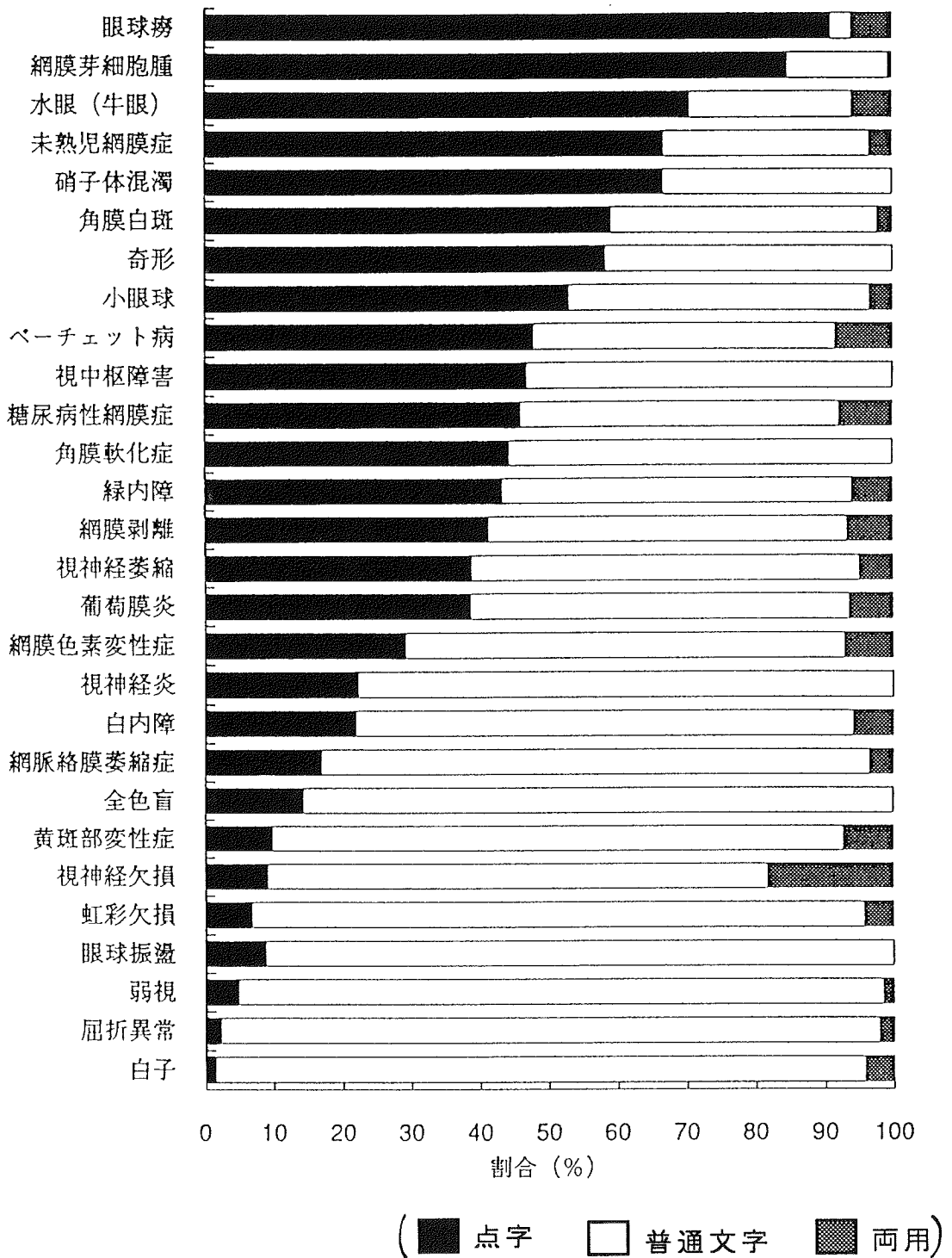


図2-2 全国盲学校児童における眼疾患と使用文字との関係

注：調査対象者は、全国の盲学校に在籍し、文字を使用している6歳以上の児童生徒とする。

点字使用者と普通文字使用者の比率がほぼ同程度の眼疾患としては、ベーチェット病と糖尿病性網膜症があげられる。これらは中途視覚障害の原因として近年増加傾向のある、全身病によって起こる眼疾患である（谷村・池谷・高橋, 1992）。これらの眼疾患の発症年齢は、40歳代や50歳代であることが多い。このため、それまで使用してきた普通文字から点字使用への切り替えが難しく、視力や視野がかなり損なわれた状態でも普通文字を使用している場合が見られる。

一方、普通文字使用者が大半を占めている代表的な眼疾患としては、白子、屈折異常、弱視、虹彩欠損、白内障等があげられる。これらの疾患は、弱視レンズや拡大読書器といった視覚補助具が視能率の回復に有効である場合が多い。白子や虹彩欠損については羞明に対する配慮が必要であるが、視力が著しく低下するケースは少ない。屈折異常や弱視、白内障は、眼鏡やコンタクトレンズの処方により視力の改善が期待できる。

網膜色素変性症では普通文字使用者が63.7%である。網膜色素変性症は、網膜の細胞が変性・萎縮していく進行性の疾患であり、夜盲、周辺視野狭窄が起こる。視野中心部の視力は、ある程度の期間維持されるが、最終的には失明に到ることが多い。視野中心部の視力が比較的良く、弱視レンズの処方にも適性があるため（Fonda, 1981）、普通文字を使用する者が多いと考えられる。

以上、盲学校児童生徒における視力と使用文字の関係、及び主要な眼疾患と視力との関係を検討した。今後は、視覚補助具の使用が有効と考えられるケースにおいて、適切な補助具の処方及び訓練が行われているかどうかを明らかにしていく必要がある。

第 3 節 今後の研究課題

視覚障害者の保有視機能がどの程度までリーディングに活用されるようになってきたかという点については調査・研究が必要とされる。

筑波大学の心身障害学系で5年ごとに実施している全国盲学校の視覚障害原因等調査の結果（第2節参照）では、現在印刷活字を使用して学習している児童生徒の保有視力別比率は、0.02以上になるとそれが過半数を越え、0.01では点字を使用するいわゆる教育盲の方が幾分多い。Fonda（1981）は、弱視者を視力域で4群に分類し、活字使用限界はその第2群（視力0.01～0.02）であることを示した。両者の結果から、リーディングに必要な視力は、少なくとも0.01～0.02群以上であるといえる。継続調査の結果、活字使用可能なものの範囲がビデオ拡大補助具（CCTV）の使用で、やや低視力側に拡がってきている傾向が確かめられている。

しかし、Colenbrander (1977) は、これらの群を読速度と読書持続時間から学習効率を考慮して、リーディングに特別のニードと強い動機づけが必要とされる高度視覚障害 (disability) 群として位置づけている。

これらの分類は、あくまで任意的な推定基準である。実際に同じ視力でも、ある者は極めて高い読書効率を示すが、ある者は活字による学習が困難であるという事実は、教育的配慮をする上で重要なことである。

通常リーディングのために、読書拡大レンズや拡大読材料の準備など、特殊な配慮を必要とする対象と考えられるのは、Fonda の第3群 (視力0.025~0.07) で、Colenbranderの中等度障害群がこれに該当する。読書用に+4 Diopter 以上の付加レンズ (D/4がレンズの倍率) が必要とされる群である。もっとも、拡大レンズの使用に固執すべきものではない。18歳未満の者は相当大きな動的調節力を持っており、特に近視性屈折異常を合併している眼疾患では読材料を極端に眼に近づけてもピントの調節が可能で、網膜上の像は十分拡大され、このような場合には凸レンズの使用が不必要である。

ここで必要なことは、実際にその対象に即した妥当な配慮であり、信頼できる知識の開発と自信を持った措置指導がなしうるために、研究を進めていくべきである。

参考文献

- Akutsu, H., Legge, G.E., Ross, J.A., and Schuebel, K.J. (1991) : Psychophysics of reading. X. Effects of age-related changes in vision. Journal of Gerontology : Psychological Sciences, 46(6), 325-331.
- Brown, B. (1981) : Reading performance in low vision patients relation to contrast and contrast sensitivity. American Journal of Optometry and Physiological Optics, 58, 218-226.
- Colenbrander, A. (1977) : Dimensions of visual performance. Transactions American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, 83(2), 332-350.
- Dickinson, C.M. and Rabbitt, P.M.A. (1991) : Simulated visual impairment : effects on text comprehension and reading speed. Clinical Vision Science, 6(4), 301-308.
- Grounds, A.R., Holliday, I.E., and Ruddock, K.H. (1983) : Two spatio-temporal filters in human vision : II Selective modification in amblyopia, albinism, and hemianopsia. Biological Cybernetics, 47, 191-201.
- 市川 宏 (1984) : 医学的側面からみた視覚障害. 市川 宏・大頭 仁・鳥居修晃・和気典二 (編著) : 視覚障害とその代行技術.名古屋大学出版会, 7-68.

- Legge, G.E., Parish, D.H., Luebker, A., and Wurm, L.H. (1990b) : Psychophysics of reading. XI. Comparing color contrast and luminance contrast. *Journal of Optical Society of America* : A, 7(10), 2002-2010.
- Legge, G.E., Pelli, D.G., Rubin, G.S., and Schleske (1985a) : Psychophysics of reading. I. Normal vision. *Vision Research*, 25(2), 239-252.
- Legge, G.E., Ross, J.A., Isenberg, L.M., and LaMay, J.M. (1992) : Psychophysics of reading. Clinical predictors of low-vision reading speed. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 33(3), 677-687.
- Legge, G.E., Ross, J.A., Maxwell, K.T., and Luebker, A. (1989) : Psychophysics of reading. VII. Comprehension in normal and low vision. *Clinical Vision Science*, 4(1), 51-60.
- Legge, G.E. and Rubin, G.S. (1986) : Psychophysics of reading. IV. Wavelength effects in normal and low vision. *Journal of Optical Society of America* : A, 3(1), 40-51.
- Legge, G.E., Rubin, G.S., and Luebker, A. (1987a) : Psychophysics of reading. V. The role of contrast in normal vision. *Vision Research*, 27(7), 1165-1177.
- Legge, G.E., Ross, J.A., and Luebker, A. (1990a) : Psychophysics of reading. VIII. The Minnesota low-vision reading test. *Optometry and Vision Science*, 66(12), 843-853.
- Legge, G.E., Rubin, G.S., Pelli, D.G., and Schleske (1985b) : Psychophysics of reading. II. Low vision. *Vision Research*, 25(2), 253-266.
- Legge, G.E., Rubin, G.S., and Schleske, M.M. (1987b) : Contrast polarity effects in low vision reading. In Woo, G.C. (ed.) : *Low vision Principles and applications*, 288-307.
- Moses, R.A. and Hart, W.M. (1987) : *Physiology of the Eye*. The C.V. Mosby Company.
- 小田浩一 (1990) : 弱視のシミュレーション (I) —文字のぼけによる文字認識の障害—。日本特殊教育学会第28回大会発表論文集, 6-7.
- Pelli, D.G., Legge, G.E., and Schleske, M.M. (1985) : Psychophysics of reading. III. A fiberscope low-vision reading aid. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 26, 751-763.
- Rayner, K. and Bertera, J.H. (1979) : Reading without a fovea. *Science*, 206(26), 468-469.

- Rayner, K., Inhoff, W., Morrison, R.E., Slowiaczek, M.L., and Bertera, J. (1981) : Masking of foveal and parafoveal vision during eye fixation in reading. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 7(1), 167-179.
- Rubin, G.S. and Legge, G.E. (1989) : Psychophysics of reading. VI. The role of contrast in low vision. *Vision Research*, 29(1), 79-91.
- Sloan, L.L. (1977) : Reading aids for the partially sighted : A systematic classification and procedure for prescribing. Williams and Wilkins, Baltimore, MD.
- 谷村 裕・池谷尚剛・高橋尚子 (1992) : 視覚障害者更生施設入所者の視覚障害原因等調査結果報告書. 筑波大学心身障害学系.
- 谷村 裕・香川邦生・藤田千代・池谷尚剛・高橋尚子 (1991) : 全国盲学校及び小・中学校弱視学級児童生徒の視覚障害原因等調査結果報告書. 筑波大学心身障害学系.