

DB  
1225  
1996  
(HG)

# 弱視者の線の認知に関する基礎的研究

Evaluation of the Legibility of Lines in the Partially Sighted

小林 秀之

寄	贈
小林秀之氏	平成 年 月 日

98000129

# 目 次

序 章 弱視児・者の視機能と図形認知 .....	1
第 1 節 弱視児・者の視機能 .....	2
第 2 節 弱視児・者の図形認知 .....	9
第 1 章 問題の所在と本研究の目的および構成 .....	20
第 1 節 問題の所在 .....	21
第 2 節 研究の目的と構成 .....	24
第 2 章 実線の認知に必要な線幅に関する検討 .....	26
第 1 節 実験計画と目的 .....	27
第 2 節 実験 1 - 1 の方法と結果 .....	28
第 3 節 実験 1 - 2 の方法と結果 .....	37
第 4 節 実線の認知に必要な線幅に関する考察 .....	41
第 3 章 2 線分の弁別閾に関する検討 .....	43
第 1 節 実験計画と目的 .....	44
第 2 節 実験 2 - 1 の方法と結果 .....	45
第 3 節 実験 2 - 2 の方法と結果 .....	55
第 4 節 2 線分の弁別閾に関する考察 .....	61
第 4 章 認知に適した 2 線の線幅に関する検討 .....	63
第 1 節 実験 3 の目的と方法 .....	64
第 2 節 結果と考察 .....	67

第5章 線の種類の可視性に関する検討	74
第1節 実験計画と目的	75
第2節 実験4-1の方法と結果	76
第3節 実験4-2の方法と結果	86
第4節 線の種類の可視性に関する考察	92
第6章 認知に適した破線の条件に関する検討	96
第1節 実験5の目的と方法	97
第2節 結果と考察	100
第7章 弱視者に適した線の条件に関する事例的検討	112
第1節 実験計画と目的	113
第2節 実験6-1の方法と結果	114
第3節 実験6-2の方法と結果	118
第4節 弱視者に適した2線分の線幅および破線の条件に関する検討	127
第8章 弱視者に適した線の条件に関する総合的考察	129
第1節 弱視者に適した線の条件に関する考察	130
第2節 本研究の問題点と今後の課題	140
引用・参考文献	142
おわりに	148

## 序 章

弱視児・者の視機能と図形認知

## 第1節 弱視児・者の視機能

視覚障害は、学校教育においては学校教育法、福祉の場においては身体障害者福祉法によりその程度や基準が定められている。前者では視力と他の視機能による教育措置が、後者では視力と視野の障害の程度により障害の程度が規定されている。そこで、まず視力と視野に関する基礎的な知見を整理し、さらに視力や視野とは違った観点での障害の状態把握の試みであるコントラスト感度および重要な教育的視機能のひとつである最大視認力について概観する。

### 1. 視力

視力とは「二次元的に広がっている物の形や位置を見きわめる眼の能力であり、いいかえれば、形体覚の鋭敏さをあらわすもの」(大島, 1966),あるいは「視野における物体の詳細な細部を弁別する能力」(Riggs, 1965)と定義される。さらに大島のいう形体覚の閾値は従来、次の4種に大別されている。

①最小視認閾：視野内に1つの点または、1本の線が存在することを認める閾値である。白地黒点で約30秒、黒地白点で約10秒、白地黒線で約4秒、黒地白線では約4秒以下であるといわれている。

②最小分離閾：2点または2本の線が分離して見分けられる閾値である。その点や線の性質によって変化するが20～30秒であるといわれている。

③副尺視力：直線（または輪郭）のずれを見分ける閾値であり、およそ2～10秒であるといわれている。

④最小可読閾または最小識別閾：文字または複雑な図形を判読または弁別する閾値であり、30～40秒であるといわれている。

これら4種類の閾値は必ずしも同列に位置するものではなく、最小分離閾の前提には最小視認閾が必要であるし、最小可読閾には他の3種類の閾値（最小視認閾、最小分離閾、副尺視力）を基盤とし、さらに、心理的な因子など他の認知的因子が関与して成立するものである。

4種の形体覚の中でいずれをもって視力を定義すべきかという問題は古くから論議されてきたが、1909年の国際眼科学会における根本理念としては最小分離閾をもって視力をあらわし、実際的な測定においては最小可読閾をもってしても構わないという見解が、現在の視力の一般的な解釈となっている（吉田,1992）。さらに、視力を具体的な数量で表すために、視角1分を単位とし視力を最小視角（分）の逆数となる小数で表すこととされている。しかし、最小視角1分というのは健常値に近い値ではあるが、厳密に言えば確実な生理学的根拠に基づくものではなく、便宜上のものである。さらに、大島(1966)の定義での「形体覚の鋭敏さ」を必ずしも代表しているものではない。視対象の性質によって、中心的に関与する閾値も変化するのである。しかし、上述の閾値の中で平均して中心的な関与を示すのは最小分離閾と最小可読閾または最小識別閾であり、単純な幾何学図形などでは最小分離閾の関与が大部分である。したがって、何に視力を代表させるべきかという問題になれば、最小分離閾をもって視力を規定することが最も合理的である(大島,1966)。

## 2. 視野

視野は「視線を固定して一時に見える範囲を視野といい、視覚が広がり及ぶ範囲を示す。周辺視野の限界はすなわち最低の視覚をも生じない限界点の軌跡である」(仁田, 1977)と定義できる。視野の広さは、外方100°、下方70°、内方および上方は60°であり、視標の色、および視標の大きさによっても視野の広さは変化する。すなわち視標の面積が小さいほど、輝度が低いほど視野は狭くなる。色視野については、白、青、赤、緑の順に狭くなるが、視野周辺に近づくにつれてどの色も飽和度が低下するため本来の色調を感じる事が難しくなる。色視標を十分大きくし、十分明るくすれば色視野は白色視標による視野に近づく。

視野の障害は主として狭窄と暗点であり、狭窄には視野全体が狭くなる求心性視野狭窄、視野が不規則に狭くなる不規則性狭窄、注視点を通る垂直線を境として、両眼の視野の左右の半分が見えなくなる半盲の3種類がある。さらに半盲は、同名半盲、異名半盲、4分の1半盲などがある。暗

点は視野の中に孤立して点状，斑状に欠損を生じるものをさし，部位，程度，自覚の有無により表現することができる。

ところで，弱視児・者の視認知について考えるとき，視対象との視距離が極端に短いという問題が生じる。器質的に視野障害をもたなくても，短い視距離では現実的に実視界が非常に狭くなる。そこで次に，認知に必要とされる視野の広さに関する研究を概観する。

Chaikin, Corbin, and Volkmann(1962)は，視角で $5^{\circ} 2' \times 5^{\circ} 2'$ の範囲に $16'$ の白丸を $9 \times 9$ 個配列し，その白丸の1つをターゲットとして三角形に設定し，その三角形を検出させた。その結果，刺激の呈示時間が80msecでも検出できる視野の広さは $3' \sim 4'$ のような非常に狭いものであることを明らかとした。さらに刺激の呈示時間が短くなれば視野も狭まる傾向にあることを報告している。

Engel(1971)は，背景ノイズとして $1.2'$ の線分をちりばめ，検出するターゲットを4種類設定した。4種類のターゲットは $0.6'$ の線分，一辺が $0.6'$ のL字形，一辺が $0.6'$ のコの字形，一辺が $0.6'$ の正方形である。結果は，ターゲットが正方形の時，視野は最も広く $22'$ 程度の広さであることを報告している。また $0.6'$ の線分の時，視野の広さは $2' \sim 3'$ 程度の広さしかないことを報告している。

以上のChaikinら(1962)，およびEngel(1974)の実験では網膜中心窩での作業はなく，中央を固視し，周辺視を用いてノイズの中に埋もれたターゲットを検出するというものであった。しかし，情報の処理という観点では，中心視が最も重要な働きを行うことをIkeda and Takeuchi(1975)は考慮している。背景ノイズには歪んだ三角形をちりばめ，ターゲットは星型とした。それに加えて中央に $2'$ の固視枠を設け，例えば「p q」のパターンを呈示する。この中央のパターンを読み取るという負荷を与えて，星型を同時に検出させる。その結果，無負荷の時に比べて，負荷が重くなるほど視野が狭くなり，視野の広さは $20'$ 程度であることを報告している。

Chaikinら(1962)，およびEngel(1974)によって測定された視野，すなわち信号検出視野(signal detection fieldあるいはconspicuity field)，Ikeda and Takeuchi(1971)によって測定された視野，すなわち負荷付信

号検出視野(working conspicuity field)の広さは、あくまでも背景ノイズとターゲットの形状に影響されていることを考慮しなくてはならない。また、実験条件は中心固視を強制しており、眼球運動を許していない。そこでIkeda and Saida(1978)は眼球運動を許して、認知に必要な視野の広さを測定し、動的有効視野(dynamic functional visual field)を測定した。実験は刺激にマスクをし、ある大きさの窓の中からのみ文章刺激を観察するというものである。観察用の窓は眼球の動きに同期しており、どこに眼球を向けても、結果的に窓によって視野が制限されることになる。その結果は視野の広さが視角にして $10^{\circ}$ 、文字数で言えば約13文字以下になると読速度が低下することを報告した。またSaida and Ikeda(1979)は同様の実験装置で、絵について検討している。その結果、動的有効視野の広さは視角にして $11^{\circ}$ 、刺激パターンの全面積に対する面積比では50%であることを報告している。また、パターンの大きさが $14.4^{\circ} \times 18.8^{\circ}$ と $10.2^{\circ} \times 13.3^{\circ}$ の2種類について実施され、動的有効視野の広さは絶対値で決まるのではなく、パターン全体に対する視野面積比で決まること、すなわち50%であることを報告している。

以上の研究から、人間は大変広い視野をもちながら、対象の形体や特徴など重要な視覚情報は大変狭い視野で捉えていること、また逆に最低 $10^{\circ}$ 程度の視野の広さが保障されないとスムーズに対象を認知できないことが明らかとなっている。

### 3. コントラスト感度

従来、前述した視力および視野の測定により視覚障害の判定あるいは障害の状態把握が行われてきた。しかし、近年、空間コントラスト感受性関数(Contrast Sensitivity Function;以下CSF)を用いた障害の把握方法が注目されるようになってきている(山出,1989;小田,1991)。視力測定に使用されるランドルト環は先に述べたように、最小分離閾を基礎として測定される。一方CSFは様々な空間周波数についてコントラスト感度を測定したものであるため、視覚系の微細な空間弁別能力だけでなく、より広義の空間弁別能力をも測定している。晴眼者の空間周波数特性は、横軸に



空間周波数特性をとり縦軸にコントラスト感度をとると、高周波で比較的感度が急激に落ち、低周波ではなだらかに落ちていく。感度の最も高いところはおよそ3 c/dであり、40c/d以上は認知できない。この40c/dを視力に換算すると1.5に相当する。

山出(1989)は、先行研究から視機能障害をもつ者のCSFを以下のように分類している。

①眼球光学系の疾患：高空間周波数帯域の感度低下。屈折異常、角膜混濁、白内障などではまず高空間周波数域でのコントラスト感度が低下し、混濁が進めば全周波数帯域での感度が低下する。

②網脈絡膜疾患：全周波数帯域、特に高周波数帯域での感度低下。中心性網脈絡膜症をはじめとする種々の黄斑部疾患、原田病などのぶどう膜炎、網膜剥離の復位眼などでは、全周波数帯域でのコントラスト感度の低下があり、特に高周波数帯域での低下が著しい。

③視神経疾患：全周波数帯域での感度低下がみられ、その中でも特に中・低周波数帯域での感度低下。緑内障、視神経炎、視交叉部腫瘍などでは全周波数帯域での感度低下がみられ、特に低周波数帯域での感度低下に特徴がある。

④斜視性弱視：高周波数帯域で主に感度の低下を示す型と、全周波数帯域での感度低下を示す型の2種類がある。

また、小田ら(1991)は空間周波数0.63, 1.27, 1.59, 2.56, 3.18, 6.36, 10.2, 12.7, 25.5c/dの9段階の範囲で各種の眼疾患を伴う者を被験者としCSFを測定している。その結果、緑内障における中・低空間周波数帯域での感度低下のような、眼疾患に特徴的な感度低下のプロフィールをみることができ、網膜色素変性や未熟児網膜症などは同じ眼疾患でもCSFの低下の仕方がかなり異なる場合があることなどを明らかとし、眼疾患や視力を中心とした障害の状態の把握方法の問題点を指摘している。

さらに、原田(1990a)は、白内障のCSFを測定した結果、通常の視力検査では1.0の視力値が測定されているのにもかかわらず、まぶしさが感じられないような環境下で測定されたCSFを視力に換算すると0.5であ

り、まぶしさが感じられる環境下では視力に換算すると0.3であることを報告し、白内障の場合のコントラストの問題を指摘している。また、特定の周波数領域でCSFが特に低下する疾患として次のように整理している。

①高い周波数領域での低下：白内障、黄斑変性、屈折異常

②中間の周波数領域での低下：視神経萎縮、緑内障、白内障

③低い周波数領域での低下：大脳皮質など中枢の異常

しかし、空間周波数特性によって眼の解像力を検討した研究結果から、「細いからといって見えにくいとは限らない。大きいからといって見えやすいとは限らない。」という結論を導き出し、弱視教育の現場に、この結論をそのまま導入することは避けるべきであることを指摘している。

#### 4. 最大視認力

弱視児の多くが、わずか2～3cmの視距離でも文字や物体の形を視認可能なことは関係者の周知の事実であった。しかし、昭和40年代の後半まではこの事実のもつ意義や重要性については、あまり注意が払われてこなかったのが現実である。むしろ、有害な行為とみなされ、視距離を長くして物を見るように指示されていたのが一般的であった。

ところが、弱視児のこの視距離を短くして見るという行為が、弱視児の視認力を飛躍的に向上させていることに着目され、昭和48年頃に最大視認力と命名されていた。しかし、実際に論文で最初に使用したのは中山(1977)である。この論文の中で、両眼近距離視力と最大視認力の関連について、109名の被験者の結果を分析し、同一視力であっても最大視認力にはバラツキが大きく、視力と最大視認力は別の指標としてとらえるべきであることを提案している。

その後、最大視認力という用語と概念は次第に教育現場に浸透し、石部他編(1981)の「心身障害辞典」では、この用語が見出し語として採用されている。最大視認力の測定法としては、近距離視力用のランドルト環単一視標を用いて、最も見やすい距離で測定し、それで認知できた視力値を最大視認力という。その際の視距離および使用する目も記録するが、一般的に次のように表記されている。

Max. 0.5 (4 cm, 左)

このように、最大視認力とは「最も小さな物体を識別する能力」のことであり、弱視児の視覚の精度を示す重要な指標である。しかも一見近距離視力と同じように考えられがちであるが、上記の中山も指摘しているように、最大視認力と近距離視力とは関係が薄く、近距離視力が 0.1 の弱視児でも、最大視認力は 0.3 の者もいれば 1.0 の者もいる。近距離視力との比でいえば、最大視認力が近距離視力の 3 倍程度の弱視児から、10 倍以上の者までまちまちである。そのために、同じ近距離視力でも点字使用の者もいれば、普通文字使用の者もいることになる。

弱視児が、なぜこのように至近距離で物の形を視認できるかについては、十分な検証がなされているわけではないが、眼を細めてみることによるピンホール効果が予想されている。つまり水晶体の力を借りないで、ピンホール効果によって至近距離までピントを合わせる技術を習得しているのである。いずれにせよ、弱視児に先天的に備わっている機能ではなく、後天的に獲得した機能である。

## 第2節 弱視児・者の図形認知

Taverner(1993)は、視覚リハビリテーションのためのアプローチは、①光学的機器の使用訓練、②視対象の最適化、③保有視力の活用訓練の3点が別々にあるいは協調して用いられていると述べている。本節では、②あるいは③に関して弱視児・者の視知覚の特徴と本研究に関連する図形認知に関して言及する。

### 1. 弱視児・者の視知覚を規定する要因

五十嵐(1966)は、弱視児103名を対象として、文字検査、図形検査、WISC動作性検査の各下位検査、近距離視力、知能検査の計12検査を行い、その結果を因子分析法を用い、視力、知能、視経験の3因子を抽出している。視力の因子は、文字、図形検査のように単純な知覚内容や細部の視認が必要な課題において強く働き、複雑な知覚内容ではその働きが弱まる。この視力の因子と相反するように働くものが知能の因子である。すなわち、知覚内容が複雑なほど知能の因子は強く働き、文字検査のように単純な視認を必要とする視対象ではその働きはほとんどみられない。

黒川(1977)は、長さの弁別、角度の弁別、大小の弁別、数字の異同弁別、文字の異同弁別、図形の同一視、絵の同一視の7つの下位検査からなる視知覚テストの結果を、視力、視野、年齢、知能の要因を想定し、重相関法による回帰分析を用いて分析を試みた。その結果、テストの正答数と試行時間はこの4要因により規定を受け、特に試行時間が4要因により強く規定を受けることを明らかにしている。

濱本・五十嵐(1979)は、107名の弱視児を対象に、近距離視力、最大視認力、視距離を用いた7つの変換式を設定し、大小弁別テスト、図形弁別テスト、文字知覚テストからなる独自の視知覚速度テストを用いて、視知覚の速さを反映する変換式を決定した。その結果、 $\log 1000 \cdot x$  ( $x$ は近距離視力)という変換式の値が視知覚の速さを最も反映していると結論している。すなわち、認知の速さは近距離視力が規定していると考えられ

る。

このように様々な要因が抽出されてきているが、それぞれの要因がどの程度影響を与えているのかは、その視対象の性質によるところが大きい。一般的には、五十嵐(1966)の研究で明らかとされたように、単純な視対象ほど視力の要因が関与し、複雑なものほど視力以外の要因が介入する度合いが大きくなると考えられる。それでは、弱視児・者の図形認知にはどのような要因が関与し、どのような特徴があるのであろうか。この問題について次に概観する。

## 2. 抽象図形の認知

弱視児・者の視知覚は、個体的・固定的要因である視力や視野、年齢によりある程度は説明される。ここでは、まず視経験などの要因が比較的関与しにくい抽象図形の認知について概観する。

小中ら(1986)は、弱視児の広視野図形認知の特徴を明らかとすることを目的として弱視児484名を対象として実験を行っている。ここでいう広視野図形とは「視覚でほぼ同時にとらえることのできる範囲より広い範囲にわたる図形をいい、視角にして $20^{\circ}$ 以上の大きさの図形」である。刺激は独自の基準で作成した幾何学図形であり、A4サイズの用紙に、刺激図形と5枚の選択図形が同時に呈示される。その結果、晴眼児での所要時間をみると12歳以前は20秒台にあり、13歳以後は10秒台となるが、弱視児は所要時間が長く、年齢の増加に対して所要時間が減少する傾向はみられなかった。正答率でみると、晴眼児、弱視児とも年齢の増加に伴い上昇している傾向はあるが、15歳の弱視児の正答率は晴眼児の10歳とほぼ同じという弱視児の低位性が指摘されている。しかし、弱視児が晴眼児に比べ所要時間、正答率という面で低いことは、他の研究でも指摘されている(佐藤,1974;高橋,1973;津久井,1979)。また、広視野図形認知を規定する要因として、年齢、視力、最大視認力、最大視認力時視距離、検査時視距離、視野、眼球振盪、瞬間視、点追跡の要因を想定して分析した結果、年齢、瞬間視、点追跡能力との関連を明らかとしている。さらに、小中は選択図形における誤答図形の分析を行っている。晴眼児が年齢の上昇とともに

に縦長，横長の誤選択の比率が低くなるのに対して，弱視児では縦・横比のバランスの認知の困難性は解消されず，誤答図形の30%を越えていることを指摘している。

小林・五十嵐(1993)も，小中と同等の基準で作成した幾何学図形を刺激として弱視児の図形認知の特性について検討している。刺激はCRT上に呈示し，刺激図形は三段階の大きさ（ $15 \times 25\text{cm}$ ， $10 \times 17\text{cm}$ ， $3 \times 5\text{cm}$ ）とし，選択図形（ $3.5 \times 6\text{cm}$ ）は，刺激図形呈示後6枚が同時に呈示される。被験者は晴眼者を対象として視力制限および視距離制限を行うシミュレーション実験と，同一刺激，手続きで弱視児10名を被験者として実験を行っている。その結果，すべての条件において呈示される図形の特性に認知の正確性が強く影響を受けること，および視距離を短くして極端に大きな視角で認知する場合，正答率が低くなることを報告している。またシミュレーション実験では，極端に短い視距離での認知で，縦・横比のバランスに関する誤答が増加し，弱視児群でも縦・横比のバランスに関する誤答が多く，特に縦比に関する誤答が多いことを報告している。シミュレーションと弱視児の縦・横比のバランスに関する誤答の割合は弱視児の方が高く，誤答図形の27%を占めている。また，実験に使用した刺激図形の特性に影響を受けたものであろうが，図形がどの大きさであろうとも，視距離20cmの場合，正答率が高くなっており，全体像の認知を必要とする図形認知では適切な視距離の確保の必要性が指摘されている。さらに，小林・五十嵐(1992)は晴眼者を被験者として，3段階大きさの小穴から幾何学図形を認知させ，再生法による反応の誤答を分析している。その結果，図形要素の欠落が全体の約46%を，接点の誤り，組み合わせの誤りが全体の約16%を占めることを明らかにしている。

以上のことから，弱視児の抽象図形認知では，常に狭い実視界で認知しなくてはならないような一定以上の図形面積になると認知力が低下し，そのような認知では，バランスの認知や図形の細部の認知が困難になることが示唆される。弱視児は，視力の低さのみならず，視力の低さを補うために視距離を短くし，結果的に実視界が狭くなってしまう。この視認知状態が，弱視児の図形認知を困難にしていると考えられるが，視距離をある程

度確保することにより、その困難は多少は解決されることが示唆されている。このことから弱視児・者の図形認知は、読書のような文字認知とは異なった、ある程度視距離を確保した視認や効果的な探索方法をとる認知方略が必要であろう。

一般的に、弱視児の視認知状態は視覚と触覚との認知方略の相違と比較され、どちらかという触覚的であるといわれる。すなわち、部分的・継時的であると解釈される。山根(1935)は複合図形を用いて盲人の触覚による図形認知の実験を行っている。その結果、晴眼者が視覚を用いて図形を知覚する場合とは違う形の把握様式が現れることを指摘している。例えば「三角形と四角形が重なり合う図形」の場合、盲人が触覚によって把握すると、晴眼者が受ける視覚印象と異なり「小さな三角形、長方形、台形の集まり」のような部分集括的な分節を生じる。梅津・鳥居(1965)は、視覚的印象によるこの把握様式を「 $\alpha$ 型」、触覚により現れた部分集括的な把握様式を「非 $\alpha$ 型」と便宜上名付けている。

木村(1972)は、小穴から図形をのぞくという視野制限条件下でも触覚的把握と同様の部分集括的な分節を生じることから、部分集括的分節の出現原因を本来、“触覚系”によって図形を知覚することに根ざすのではなく、継時的条件を付せば“視覚系”を用いた過程にも共通に認められるような現象であることを指摘している。一方、山根(1935)も晴眼成人への閉目の条件と小穴条件でも同じ把握様式が現れることを示し、部分集括的な分節の発生は触覚による図形認知において、図形が継時的に知覚されることを一つの条件としてあげており、木村(1972)の主張と矛盾はない。

松田(1978)も同様の実験を行っている。その結果、盲児の平面図形における触運動的形態認知の不正確さは、従来から言われてきたような視覚的経験の乏しさが大きく原因しているのではなく、むしろ刺激の継時性に大きな原因があることが明らかになったこと、および晴眼児の視野を実験的に制限し、視覚を用いて平面図形を継時的に観察すれば、盲児の触察による形態認知と同様に、不正確な認知が現れることを報告している。千田ら(1982)も小穴の大きさを5段階に設定した実験を行い、可視範囲が広くなるにつれて、断片的分節化による認識の型から統合分節化による認識の型

への移行が明らかに認められるという結果を得ている。また小穴を通して対象を認知するだけでなく、山県ら(1983)はスリットを通しての対象の知覚実験を行い、スリットの幅が小さくなるほど、つまり可視範囲が狭くなるほど、寄木細工的なとらえ方が現れる傾向が強くなると、同様の結果を得ている。

これらの研究結果を小柳(1987)は、「一度に知覚できる範囲に限られるということは、それだけ情報受容量が小さくなることである。したがって、情報を処理する能力は十分にあっても、情報受容の段階で部分的にしか情報が入ってこないとなると、どうしても全体と部分との構造的関係把握が難しくなる」、「視覚に障害がなく、かつ一度に知覚できる程度の大きさの刺激パターンであっても、健常児のように、いわゆる知能と呼ばれる一般的な知的能力（注意・比較・分析・判断・分類・思考・言語・知識・記憶など）の発達が不十分であり、したがって情報処理量が小さい場合にも、これまた盲児や弱視（特に強度弱視児）児と極めて類似したパターン認識を示すものと考えられる」と情報受容量と情報処理量の観点で解釈している。

視距離が短い弱視児の知覚状況はまさに前者の状況であり、情報受容量に影響されている。しかし情報受容量が少ないことが必然的に断片的分節化をもたらすとも言えない。「知覚の条件がたとえ部分的・継時的であっても、その情報を頭の中で統合していく＜方略＞をその子なりにもっていれば、刺激パターンの全体－部分関係を構造的にとらえる」（小柳他、1984）ことが可能である。また、鈴木ら(1986)は5種類の走査パターンで移動する小穴から幾何学図形を認知する継時的視認知状態を実験的に設定し、効果的な走査パターンを検討した。その結果、図形の線の交差を突き破らない「非 $\alpha$ 型」的走査方法が他の走査方法よりも正答率が高いことを報告している。さらに、小林・五十嵐(1992)は、3段階の大きさの小穴を設定し、この小穴を自由に動かして幾何学図形を認知させ、探索方略の分類、および効果的な方略の検討を試み、刺激図形の線上を探索する方略が観察の大部分を占めていること、さらに、刺激画面全体を走査する方略も補助的な探索活動として行われていたことを報告している。このことから、



情報入力のための適切な探索方略をもつことも、刺激パターンの全体一部分関係を構造的にとらえるための重要な要素であると考えられる。

### 3. 具象図形の認知

佐藤(1974)は、弱視児の視知覚特性を明らかにするために視知覚テストを作成し、晴眼児と弱視児に実施している。この視知覚テストの下位検査の中に「絵の同一視」検査がある。その結果は正答数、試行時間とも弱視児群は晴眼児群に劣っていたと報告している。しかし、正答数をみると低学年で晴眼児が18.57であるのに対し、弱視児群では正答数の最も低かった視力0.03～0.04群で14.49、高学年の晴眼児群が19.33であるのに対し弱視児群で最も正答数の低かった視力0.05～0.06群で17.21と、弱視児の認知力が極めて低いとは感じられない。これは五十嵐(1978)が指摘するように、「刺激図形が弱視児にも見えるように作られている」からであると考えられる。それでは、弱視児用に作成されたのではない一般的な視物はどうか。

五十嵐(1971)は形体知覚検査の標準化を行い、弱視児の形体知覚の特性について検討している。検査は以下の三種類の下位検査から構成される。

A 検査…日常生活の中で頻繁に実物を知覚できるもの

B 検査…視経験が主に実物を通して行われるもの

C 検査…視経験が主に平面的図形（絵本等）を通して行われるもの

その結果、弱視児はC検査の得点が高く、このことから弱視児は形体知覚の先行経験を本より得る場合は、かなり正確な視覚パターンを形成できるが、それを実物より得る場合には、不正確な視覚パターンしか形成できないと、弱視児の形体知覚を特徴づけている。また、年齢別にみた時、A検査およびC検査は年齢と共に得点が上昇するのに、B検査には加齢に伴う得点の上昇はほとんどみられなかった。このことは弱視児の視経験のあいまいさに原因があるとしている。さらに視力別にみた時、視力0.06以下の弱視児はB検査の得点が極めて低いことを報告し、弱視児は視力が低いほど、事物から入るべき視経験が乏しいことを明らかとしている。

さらに中本(1974)は上記の五十嵐(1971)の用いた図版を用い、弱視児の

視認知の特性について、誤答分析により検討している。その結果、晴眼児、弱視児とも無答が最も多く、次に形体的類似物による誤答が多いという結果を得ている。しかし、弱視児は無答と形体的類似物による誤答がほとんど同じ割合である。これは、弱視児の視認知力の弱さが原因となり、視経験されていない図版でも視経験したことのある他の類似のものと混同してしまうためだと指摘している。また、近距離視力、最大視認力が高くなるにつれ無答の割合が減少し、形体的類似物による誤答の割合が増加すること、さらに弱視児は細部だけを見て答える誤答が多いことを明らかとしている。

伊藤(1976)も晴眼児を一時的に人工的に視力低下させた仮弱視児との比較を中心に同様の実験を行っている。その結果、視力0.2以上になると弱視児と仮弱視児の図形認知力に差がなくなるが、全体的に仮弱視の方が正答率が高いことが明らかとなった。仮弱視児と弱視児の間に最も差の大きいのは視力0.1～0.15の間である。仮弱視児の視力0.1～0.15の正答率は、晴眼児とほぼ同じ値であり、視力0.1以上あれば晴眼児と同程度の視認知力を示し、視力低下の影響はそれほど現れていないと考えられる。弱視児と仮弱視児の差は弱視児の視経験の乏しさに影響されたためだと考えられる。また、図形認知の発達特性として、弱視児と晴眼児の図形認知力を比較するとその発達の差に1歳くらいの差があることを指摘している。

小林・五十嵐(1992)は、晴眼者を被験者として「北海道」「車」「とんぼ」の図形を小穴から観察させ、「とんぼ」の刺激で「はえ」や「かに」のような形体的類似物への誤答を報告している。小穴により視野が制限されたことにより図形を特徴づける部分の誤認によって形体的類似物への誤答が生じたと解釈している。

以上のように、弱視児の具象図形認知には、視力や知能等の要因ばかりでなく、視経験という要因や、視野の広さに強く影響されることが明らかにされている。ここで述べている視野の広さとは器質的な視野障害のみをさすのではなく、視距離により制限される実視界の広さをもさしている。すなわち、弱視児に体系的に視経験を拡大・充実し、適切な視認状態の補償が、具象図形の認知力の低さを解消する一手段であることが示唆されて

いると考えられる。

#### 4. 図形要素のlegibilityに関する研究

弱視児・者の視知覚は、視力や視野、知能、視経験のような要因に規定されることはこれまでに概観してきた。さらに、抽象図形認知では、バランスの認知や図形細部の認知が困難なこと、具象図形の認知では形体的類似物への誤りが大きいことなどが指摘されてきている。これらを生じさせる原因が、視経験の不足や短い視距離による認知によって実視界が狭くなることに起因するならば、適切な教育や訓練により問題を解消する可能性がある。その一方で、Taverner(1993)の述べる「視対象の最適化」に関しては、文字については数多くの研究がなされてきているが、図形等の観点ではあまりなされていないのが現状である。ここでは、線の太さや記号の大きさ等の図形のlegibilityに関する先行研究を概観していく。

Nolan(1960)は、拡大教科書用に図形を複製する方法として、線図形、コントラストを高めるために図形内部を塗りつぶしたもの、図形内部を塗りつぶした絵に薄い影をつけたもの、濃い影にしたもの、オフセット印刷の5種類を作成し、これらを一対比較法により検討している。その結果、コントラストを高めるために図形内部を塗りつぶした線描写が視認性を高めることを明らかにしている。

また増子ら(1994)は、弱視用の図を作成する際の一つの指針として、明度弁別閾の測定を行っている。その結果、無彩色だけで弱視者用の図を作成する場合はN0.64より大きい明度差が必要であることを明らかにしている。N0.64とは、JISZ8721の「三属性による色の表示方法」で規定するN9.5(白)～N1.5(黒)を26段階の色牌にし、その色牌を1つおきに並べることでできる各色牌の明度差を指している。

さらに中山(1967)は、図形構成上の最も基本的な特性である線の太さの見え方の可能限界について検討を行った。10名の弱視者と2名の仮弱視者を被験者とし、資料面照度を500～550lxに保ち、遠方から明視距離(30cm)まで刺激を近づけ細部まで確認できた距離を測定した。単直線を刺激として用いた結果、分析は刺激の太さと視距離から算出し、すべての弱

視被験者に十分見える線の太さは0.5mmであることを明らかとした。

次に、中山(1977)は単直線の認知ではなく、地図の拡大効果という点を視力との関係で検証している。被験者は知能障害を伴わない盲学校中学部の弱視児109名である。地図の拡大率は、1.0、1.3、1.6、1.9を設定し、室内照度は400lx以上とし、視距離の統制は行わず自由視条件であった。その結果、最も認知されやすい拡大倍率は1.6倍であることを明らかとした。1.0倍の線の太さは0.25mmであることと、最適倍率が1.6であることから考えると、この実験における最適倍率における線の太さは、およそ0.4mmである。

同様に、弱視児用の拡大地図という観点から、迫川・横畠(1978)は、弱視児用の基本地図の作成を目的に、全国の盲学校教諭、弱視学級教諭、普通学校教諭、地図製作出版社を対象に弱視児用の地図に関する調査を行い、実際に弱視児用の基本地図を作成した。調査結果から、線の太さは0.3mm、0.5mm、0.7mm、0.8mmを用い、記号等は、3mm～4mm四方の大きさをを用いている。ただし、実際に弱視児に適用し、その有効性の確認にまでは至っていない。

大城・内田(1993a)は、弱視児のグラフィック・描画要素の知覚における視覚的可能性を評価するためのЕрмаков(1987)の図版テストを用いた結果を報告している。Ермаковの図版テストは、線、記号、色彩やコントラストの視覚的可能性を評価するための個別的テストであり、視覚的可能性とは、「形、色、大きさ、その他の特徴を、最も重要な情報的特徴として対象の形を抽出すること」である。大城らは、26名の弱視児を被験者とし、最大視認力と最大視認力からの換算視力を用い検討している。実験手続きは、上から下へ折れながら徐々に細くなり、さらに色彩の異なる直線に沿って、ペンでそれをなぞる方法をとっている。線の幅は5、4、3、2、1、0.5mmの6段階とし、線分幅からの描画軌跡の逸脱の割合をロストライン率とするという操作的な定義によって、分析にあたっている。室内照度は300～500lxであった。ロストライン率が25%以下を視覚的可能性が高いと判断し、すべての色彩の図版で、2mm幅で視覚的可能性の高い者62～85%、1mm幅で視覚的可能性の高い者19～62%、0.5mm幅

で視覚的可能性の高い者12～35%という結果から、2 mm幅の線分の知覚の視覚的可能性が高いことを指摘している。

さらに大城・内田(1993b)は、白内障および網膜色素変性を眼疾患とする弱視者それぞれ5名を被験者とし、線分幅の視認知について検討している。分析の方法は大城・内田(1993a)と同じ方法をとっているが、視覚的可能性という概念を、視認知に換えて報告している。その結果、両群とも色彩に関係なく2 mm幅の線分の視認知が可能であり、白内障群では色彩の影響を大きく受けロストライン率が高くなるが、網膜色素変性群では色彩の影響を余り受けないことを報告している。また、26名の弱視児を被験者として、サイズの異なる色彩丸(黒、赤、黄、青)の知覚における視認知を評価するテストでは、同色同サイズの丸を視認知する能力は比較的高いことを報告している。また、種々の色彩－色調コントラストのある描画要素の識別について、その視認知を評価するテストでは、色彩に関係なくコントラストが20%以上であると視認知が可能であり、色彩が黒の場合はコントラストが5%でもほとんどの被験者が視認知可能であった。一方、ピンクの視認知はコントラストの影響を受けやすいことを報告している。

以上、線のlegibilityに関する研究を概観したが、体系的な研究がなされていないため、その結果の解釈が一様にはできないことを問題点として指摘することができる。中山(1967)の結果は、細部まで確認できたという条件で測定しているが、線が単独で存在することはまれであり、認知的な要素が欠落していると考えられる。また、大城・内田(1993a,b)の課題は視－運動課題であり、ロストライン率という概念でとらえているため、2 mmという値は線の認知による結果なのか、描画課題としての結果であるのか判断しかねる面も持ち合わせている。事実、中山(1967)の結果は30cmの視距離で0.5mmという値に対し、大城・内田(1993a,b)の結果は大きすぎると思われる。また、大城・内田(1993b)は白内障と網膜色素変性で比較を行ってはいるが、すべての研究において弱視被験者の視力帯別の検討はなされていない。視力0.3と0.04が、全く同じように認知できるとは考えられず、この点も問題点として指摘せざるを得ない。

ここまで、線や記号のlegibilityという観点で採り上げてきたが、次に

複数の線を含む場合の「見やすさ」に関して概観していく。

中山(1967)は並列直線の見え方に関しては、線が太いと分離して見やすく、配列の間隔が線の幅以上になると線の太さの違いを区別しやすいことを指摘している。基本図形（三角形，円）に他の線または図形の付加要素が組み合わされた場合の見え方に対する影響に関しては次の結果を得ている。基本図形の外部またはそれと交差して他の要素が存在する場合は、基本図形の線を太くして強調すると同時的に視認される。基本図形の内部に存在する場合には、内部要素を太く強調することによって同時的に視認される。すなわち、外部並びに交差要素は基本形を変形させて認めさせる影響をもち、内部に含まれた場合には外形がそれを打ち消すように影響することが明らかとなった。

西山(1967)は、32名の弱視児を被験者として線分の長短、直線と波状線分、形の大小知覚の確かさについて検討している。実験条件は、視距離30cm、照度500lx以上であり、刺激の太さは細字用の筆記用具を用いて作成された。平行に並べられた二線分の比較では、2.5cm以上の長短差、平行な二線分では2cm以上の差が必要であるという結果を得ている。また、直線と波状線分の弁別では波幅5mm、頂点3mm以上が必要であり、長方形の大小弁別については各辺6mm以上が必要であることを報告している。

中山(1977)は地図の拡大効果を検証し、地図中の指定された線を鉛筆によってたどる課題の誤答内容を整理し、線の変換する地点、他の線と交差している地点、一部途切れている地点、他の線と近接している地点での誤りが多いことを報告している。

これらは、弱視用に資料等を改良する際に有用な知見である。しかし、アプローチとして、晴眼者が使用する視対象を用いて、あるいは最小限の改良によって、弱視児・者が正しく認知し得るように、彼らの認知能力を高めようというアプローチ、すなわち視知覚訓練に関する研究の必要性も強調されるであろう。

## 第 1 章

### 問題の所在と本研究の目的 および構成

## 第1節 問題の所在

本節では、序章で整理した弱視児・者の図形認知と図形のlegibilityに関する研究を基にして、本研究の目的の設定に至った問題の所在について述べる。

Taverner(1993)の述べる弱視児・者に対する3つのアプローチ，すなわち，①光学的機器の使用訓練，②視対象の最適化，③保有視力の活用訓練は，様々な研究者，実践者により試みられている。光学的機器の活用においては，弱視レンズ，CCTVを中心に数多くのプログラムが開発・実践され，弱視児・者に適用されている。また，保有視力の奮起や活用訓練においても，従来，視知覚訓練や視知覚向上訓練といわれる分野で弱視教育の草創期から中心的な課題として実践が行われてきている。しかし，視対象を最適化するというアプローチについてみると，文字に関する研究は様々な観点から行われてきているにもかかわらず，図形に関する最適条件の検討は，前章で概観した通り，十分な研究成果があげられているとは考え難い。従来行われてきた研究は，体系的に行われていないため，その結果の解釈が一様にはできないこと，様々な眼疾患，視力値の弱視児・者を一つのカテゴリーとして採り上げているため，弱視児・者のもつ様々な問題を採り上げることができないことを指摘することができる。

弱視児用の文字に関しては，前章であげた形体覚の4つの閾値に基づいて読書用最適文字サイズを決定する試み（中川ら,1992）も行われてきている。これは最小識別閾が視角40秒であることを利用し，各弱視児・者の最大視認力から理論的文字サイズを決定するという方法である。また，各弱視児・者の視力測定時の最小可視視標の切れ目幅から読書用文字サイズを決定するという方法(Carl,1977)もとられる。このように形体覚の閾値から，文字サイズが決定されるのであれば，弱視児・者に適切な線サイズも理論的には決定することができる。1本の線を認め得る最小の閾値は最小視認閾であり，白地黒線で視角4秒である。また，複雑な図形の場合でも，最小識別閾の視角40秒という値を利用できる。

先行研究で用いられた刺激図形はそれほど複雑ではないことから，前者



の場合の方が理論的には適合すると考えられる。1本の線を認め得る最小の閾値は最小視認閾であり、視力が正常な場合、条件により値は変化するが、白地黒線で視角4秒であるといわれている(大頭, 1975)。この視角4秒を認め得る視力値を1.0であると仮定すると、視力0.1の弱視者は視角40秒(30cmの視距離でおよそ0.06mmの線幅)、視力0.04の弱視者は100秒(30cmの視距離でおよそ0.15mmの線幅)が白地黒線を認め得る閾値となる。一般的に閾値の数倍程度が認知しやすい大きさであるといわれており、弱視者の場合でも例えば、読書用文字の場合、可読最小文字の約3倍程度の大きさが適することが明らかとなっている(藤田, 1980)。仮にこれらの値を3倍すると視力0.1の弱視者は0.18mm、視力0.04の弱視者は0.45mmの線幅があれば効率よく線を認識できることになる。中山(1967)、迫川・横畠(1978)の結果が0.5mm前後であり、理論的計算上からは、視力0.04の弱視の場合妥当であるが、視力0.1程度の軽度弱視の場合は、先行研究で指摘されたよりもさらに細い線まで認知できる可能性があるといえる。

ところで、五十嵐(1989)は弱視児と晴眼児の視覚的認知の状況の違いを、弱視児は閾値ぎりぎりの刺激を認知する際、晴眼児には必要のない「推測」という知的作用が介入しなければならないと指摘している。しかし、現実的には低視力状態での前章で述べた形体覚の閾値が明らかとなっているわけではない。また、ただ単に視力によってのみ閾値が決定されるのではなく、眼疾患等にも影響を受けることが十分考えられる。実際に、文部省の委託を受け日本弱視教育研究会(1993)は望ましい教材拡大のあり方の調査・研究を行っている。その中で、数学拡大教材の調査を実施しているが、調査図版に関して、視力0.4、最大視認力0.9の生徒が線を太くした方がよいと指摘する一方で、視力0.02、最大視認力0.2の生徒が線は太くない方がよいと指摘する等の事実が認められている。調査図版をどのような条件で観察したかは明記されていないが、視力や最大視認力だけでなく、調査図版を観察した視距離やその時の図版の表面照度等の物理的な条件とともに、各弱視児の視経験の量や動機づけ、プリファレンス、視機能の状態のような生理的・個人内的条件などさまざまな要因により、一様には論じられな

いことを指摘できる。

さらに、最近の学校教育で教科書等に視覚教材が多く利用されているが、五十嵐(1989)が指摘するように視覚教材の氾濫が、弱視児の学習を困難にしている現状が存在している。この困難さは表や図、その他の視覚教材が弱視児にも容易に識別できる線で作成されていれば、大幅に軽減されることになる。しかし、先行研究では実線に関して検討はなされているが、弱視児・者には見えにくいといわれている点線は検討されていない。視覚教材を構成する最も基本的な要素である線の可視性、legibilityに関して明らかにしていくことは急務であると考えられる。

## 第 2 節 研究の目的と構成

### 1. 研究の目的

本研究は、前節で述べた問題意識に基づき、図形を構成する成分としての線の可視性について基礎的な資料を収集することを目的とする。

具体的には、実線に関して弱視児・者が効率よく認知することができる線幅の条件を明らかにすることと、弱視児・者が効率よく認知することのできる破線の条件を明らかにすることを目的とする。

なお、実線、破線については次のように定義する。

実線…連続した線

破線…一定の間隔で短い線の要素が規則的に繰り返される線

また、実線、破線以外に点線、鎖線を意図的に用いる実験 4 では、それぞれを次のように定義する。

点線…1 mm の間隔で 1 mm の線が規則的に繰り返される破線

鎖線…1 mm の間隔で長さ 10 mm の線と 1 mm の線が交互に繰り返される線

### 2. 研究の構成

本研究は、実線の可視性を検討するために計画された実験 1 ～実験 3 と、破線の可視性を検討するために計画された実験 4 および実験 5 から構成されている。

またそれぞれの実験は、視力以外の弱視児・者のさまざまな視機能の問題を最小限におさえた条件のもとで検討を行う弱視シミュレーションによる実験と、弱視被験者に同様の課題を行い検討する実験から構成されている。

実験 1 では、弱視児・者が効率よく認知することができる実線の線幅について検討することを目的としている。前章で採り上げた線の legibility に関する先行研究では、問題とする観点が異なっていたり、体系的に研究が行われていないため、どの程度の線幅が認知し得るのか統一した見解は

得られていない。本研究では、線の存在を判断できる閾値を測定するのではなく、十分に見えているのと同じ条件をもつ最小の線幅を測定するものとする。また、測定された最小の線幅を「有効線幅」という用語を用いることとする。

実験2では、2本の実線の弁別閾に関して検討を行うことを目的とする。弱視児・者が現実的に接する視対象の多くは、何らかの情報を提供し、その情報量を増やすために、あるいは可視性を高めるために、太さの異なる2本以上の実線が多く使用されている。そこで複数の太さの異なる実線を使用する場合を想定し、弁別閾を測定するものである。

実験3では、実験2で明らかになった弁別閾を基礎として、効率よく2本の実線の線幅を識別できる線幅の条件を明らかにすることを目的としている。本実験では、弱視児・者に適した線の条件について検討するものであることから、2種類の線の太さを判断するのではなく、認知的な課題を設定し、十分に判断がつく線幅の条件と同一の条件の2本の実線の最小の線幅の差を明らかにする。

実験4では、破線、点線、鎖線に可視性の違いが存在するのか否かについて検討することを目的とする。これは、一般的には図形の可視性を高めるために、2種類以上の実線の線幅を使用するだけでなく、破線等の補助的な線種が同時に使用されることが多いことを踏まえている。

実験5では、実線と同時に使用したとき、どのような構成の破線が効率よく認知されるのか、その破線の条件について検討することを目的とする。

実験6では、効率よく2本の実線の線幅を識別できる線幅の条件を明らかにすることを目的とした実験3、および実線と同時に使用したとき、どのような構成の破線が効率よく認知されるのか、その破線の条件について検討することを目的とした実験5と同一の検査を用いて、実際に弱視者がどのような条件が効率がよいのか事例的に検討を行う。

以上の有効線幅、弁別閾、線種の可視性の資料を収集した上で、図形を構成する成分としての弱視者に適した実線および破線の条件を検討することを本研究の目的とする。

## 第 2 章

### 実線の認知に必要な線幅に関する検討

## 第1節 実験計画と目的

本研究では、弱視児・者が認知可能な線幅に関して基礎的な資料の収集を行うことを目的としている。この線幅の検討は、各視力値における最小視認閾を測定するものではなく、効率よく認知課題に取り組むことのできる最小の線幅の測定であり、測定された線幅を本論文において「有効線幅」と呼ぶこととする。さらに実際の教材作成を行う場合に作成が容易であり、かつ実用上現実的な0.1mm以上の線幅を用いることとする。

また、弱視児・者の視機能について考えるとき、視機能の一つとしての視力のみならず様々な要因を考慮しなくてはならない。例えば、中間透光体に混濁のある眼疾患と網膜に異常のある眼疾患では、同じ視力値であっても、見え方が同一であるとは考えられない。また視野に障害のない眼疾患と視野に障害をもつ眼疾患でも、ある課題ではその困難さに相違がみられるであろう。それ以外にも、色覚の異常や照度に影響を受ける眼疾患も存在する。これらの要因が複雑に影響しあう弱視児・者の問題をとらえるとき、個々の弱視児・者に関して検討を行う方法と、ある要因のみを取り上げ、その影響について検討する方法が有効であると考えられる。そこでまず後者の方法を採用することとし、弱視シミュレーションによって、視力以外の視機能の関与を最小限におさえた条件のもとで検討を行う（実験1-1）。弱視シミュレーションでは、光学系の視力低下と考えられる中間透光体混濁と屈折異常の状況を晴眼被験者に施した。これらの条件で、どの程度の線幅の線まで認知することができるのかを検討することを目的とする。次に、弱視者を対象として同一の実験を行い有効線幅について検討を行う（実験1-2）。これは弱視者が先天的あるいは後天的に障害をもち、その状態で視経験を重ねてきている点、弱視シミュレーションすることのできない眼疾患も存在する点を踏まえて、実際の弱視者がどの程度の線幅の線まで認知することができるのかを検討することを目的としたものである。

## 第2節 実験1-1の方法と結果

### 1. 目的

弱視シミュレーションによる低視力状態で、どの程度の線幅の実線を認知することができるのか、その線幅について検討することを目的とする。

### 2. 方法

#### 1) 被験者

実験は晴眼者10名を対象とした。各被験者には遮蔽膜（リーサー眼鏡箔）を使用した中間透光体混濁と、凸レンズを使用した屈折異常の2条件の弱視シミュレーションを設定した。すなわち、被験者は中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションの両条件を試行する。その際、近距離視力をマッチングさせ近距離視力0.1以上0.3未満に5名、近距離視力0.1未満に5名をそれぞれ割り当てた。

#### 2) 実験材料

A4用紙に横7、縦5個の数字をランダムに配置し、左上の位置（黒丸）から、20本の線分で各数字を結びつけた。文字サイズは48ポイントとし、線幅を0.1mmから1.5mmまで対数でほぼ等間隔となるように10種類を設定した。検査図版例をFig.2-1に示した。文字サイズ、線幅、弱視シミュレーションの方法は次のとおりである。

##### (1) 文字サイズ

48ポイント活字を用いた。48ポイント活字の大きさは約16.9mm（実寸約11.8mm）の大きさであり、実寸値を実験時の視距離30cmで換算すると視角およそ2.25°となる。視力0.04の視角は0.417'であるので、刺激に用いた数字の中で最も複雑な「8」は理論的には0.417'の5倍、すなわち視角2.085'あれば認知が可能であると考えられる。

##### (2) 線幅

最大1.5mmから最小0.1mmの間を対数でほぼ等間隔となるように線幅を設定した。実際の幅は、1.5, 1.1, 0.8, 0.6, 0.45, 0.35, 0.25, 0.2,

0.15, 0.1mmである。なお、印刷された刺激は、Peak製Scale Lupe×10により、意図通りの線幅になっていることの確認を行った。

### (3) 弱視シミュレーションの方法

本実験では中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションを行った。中間透光体混濁弱視シミュレーションは遮蔽膜を張り付けた眼鏡の装着により、屈折異常弱視シミュレーションは凸レンズの装着により実施した。凸レンズに関しては、実験中に被験者の調節力により測定された視力値が向上する可能性もあるため、実験条件の変化に伴い適宜視力検査を行い、実験開始前の視力値が一定となるよう凸レンズを変更した。また、検査図版観察中は、目を細めないように指示した。

### 3) 実験手続き

被験者は、中間透光体混濁の弱視シミュレーションの眼鏡が処方された後、刺激前30cmに顎台により頭部を固定され、5回の練習試行の後、各線種ごとに1.5mmの線幅から下降系列によって検査が実施された。被験者は、刺激左上の黒丸から線で結び付けられた数字を全試行において同じテンポで読むことを要求された。また、数字の読み誤りを気にせず先へ進むことが教示された。最初の数字から最後の数字を読み終えるまでの時間を所要時間として測定した。なお、シミュレーションにより刺激の数字が読めない場合は、刺激との視距離を25cm、あるいは20cmとして実験を実施した。

さらに、屈折異常のシミュレーション実験は、中間透光体混濁のシミュレーション実験終了後1週間以上経過した後に、同一の手続きで同一被験者に視力マッチングして試行された。

実験条件を整理すると次のようになる。

刺激との視距離…最長30cm

刺激表面照度…550lx

### 4) 結果の処理

被験者に各試行を同じ速さで読むように指示した。これは、シミュレーションによる低視力状態では、線幅が最小視認閾に近づくと線の存在は認識できても、十分に見えている線と同じような速度で課題を遂行することが困難になると予想したためである。実際に、極端に所要時間のかかった



線幅が存在した。本研究は、最小視認閾の測定が目的ではなく、十分に見えている線幅と同じ精度で課題を遂行できる有効線幅を検討することを目的としている。そこで、それぞれの線幅を用いた試行での課題遂行に要した時間について、スミルノフーグラブスの棄却検定 ( $p < 0.05$ ) を行い、十分に認知されている線幅のもとで課題を遂行した所要時間よりも統計的に有意に多くの所要時間を要した線幅を除外した。そして、棄却検定により棄却されなかった最小の線幅を有効線幅として分析を行った。

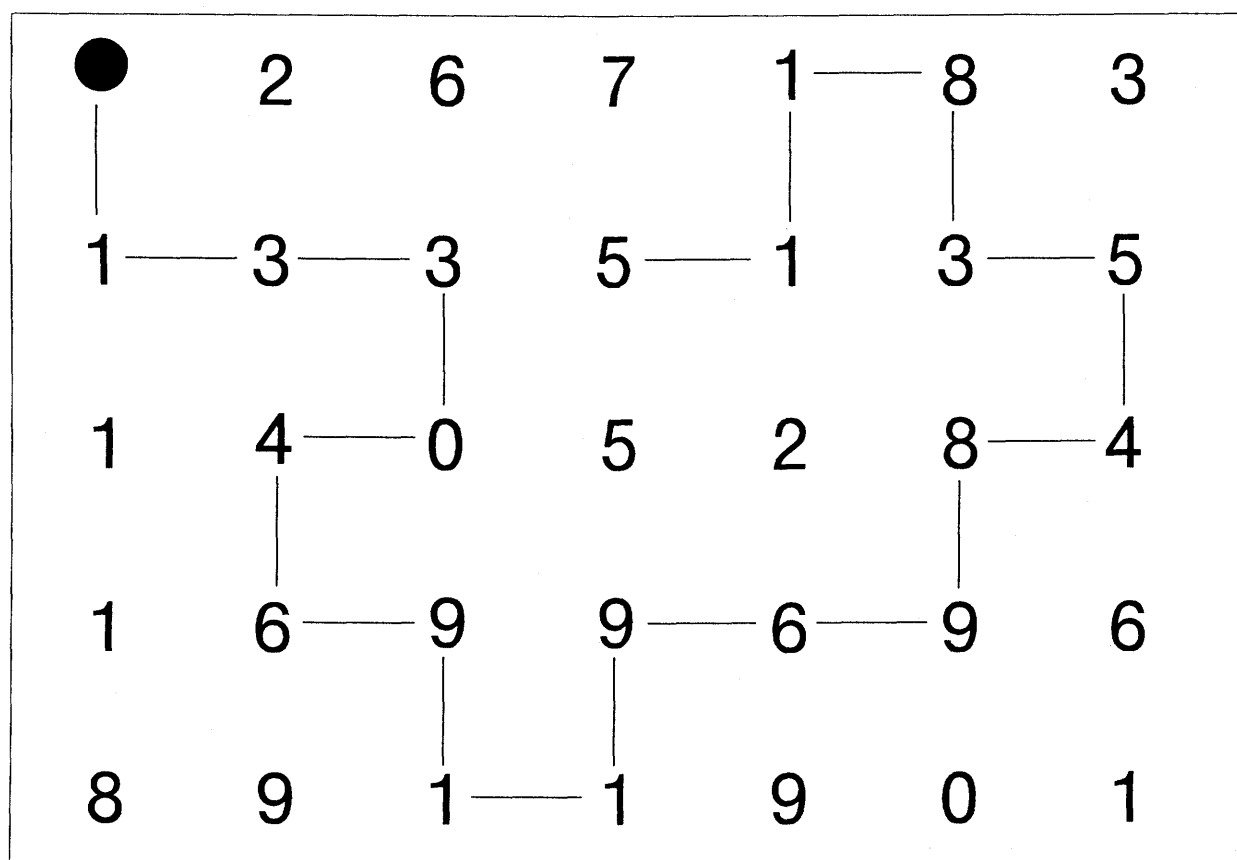


Fig.2-1 検査図版例 (縮尺57%)

### 3. 結果

#### 1) 弱視シミュレーションに関する分析

弱視シミュレーションにより得られた有効線幅をFig.2-2に示した。近距離視力0.1以上の群と近距離視力0.1未満の群でみると、視力上位群の方が細い線まで認知できる傾向が示されている。また、中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションでみると、視力上位群ではその差は少ないが、視力下位群において中間透光体混濁弱視シミュレーションにおける有効線幅は太くなっている。

これらの要因の関係を明らかにするために、近距離視力と弱視シミュレーションの2要因の分散分析を行った。その結果はTable 2-1に示しように、近距離視力と弱視シミュレーションの交互作用が有意であった ( $F=15.85, df=1/8, p<0.01$ )。単純主効果検定の結果、近距離視力が0.1以上の群の方がどちらの弱視シミュレーションにおいても有効線幅は細いことが示された (中間透光体混濁  $F=51.57, df=1/8, p<0.01$ ; 屈折異常  $F=15.43, df=1/8, p<0.01$ )。また、近距離視力0.1以上の群では、弱視シミュレーション間で有効線幅に差はない ( $F=0.54, df=1/8, n.s.$ ) のに対して、近距離視力0.1未満の群では中間透光体混濁弱視シミュレーションの方が有意に有効線幅が太いことが明らかになった ( $F=40.55, df=1/8, p<0.01$ )。

これらの結果から、見え方の違いで比較すると、同じ視力値であっても屈折異常よりも中間透光体混濁の方が有効線幅が太いことが示された。同一被験者に、2条件の弱視シミュレーションを視力マッチングさせた実験計画であることから、同じ視力値であっても眼疾患により必要な線幅は異なることを示しており、弱視児者への適用の際には十分に考慮しなくてはならないことを示唆している。

さらに、屈折異常弱視シミュレーションは凸レンズを使用し、網膜の前面に光学的に結像させ、いわゆるピントのぼけた見え方により低視力をシミュレーションしている。この状態では、輪郭線がぼけたり、細かい部分の識別が困難となる。中間透光体混濁弱視シミュレーションは、網膜に結

像しているが、眼前に遮蔽膜（白いフィルター）をかけ、コントラストが低下した見え方により低視力をシミュレーションしている。全体的に白っぽく、図と地の対比がはっきりしない状態である。

本研究で設定した課題は、線で結び付けられた方向の判断である。第1に、線の存在が知覚されなくてはならない。第2に、十分に見えているのと同じ条件で線の方角の判断が必要である。中間透光体混濁弱視シミュレーションの方が屈折異常弱視シミュレーションよりも有効線幅が太いという結果は、線の知覚、方角の判断はピントのぼけよりもコントラストが低下した状態で困難であることを示している。屈折異常弱視シミュレーションの場合、線の輪郭はぼけているが、存在の知覚、方角の判断は、近距離視力の低下に見合って低下していると考えられる。一方、Leggeら(1987)や中野・千田(1991)は、中間透光体混濁におけるコントラストの低下の程度は、白黒の面積比と混濁部位の光の散乱の量に関係することを示している。本研究で用いた遮蔽膜による光学的な光の散乱量は測定されていないが、白地に対する黒線の面積はごくわずかであり、線幅が細くなるほど網膜像に投影されるコントラストは低下し、線の知覚が困難になったと考えられる。

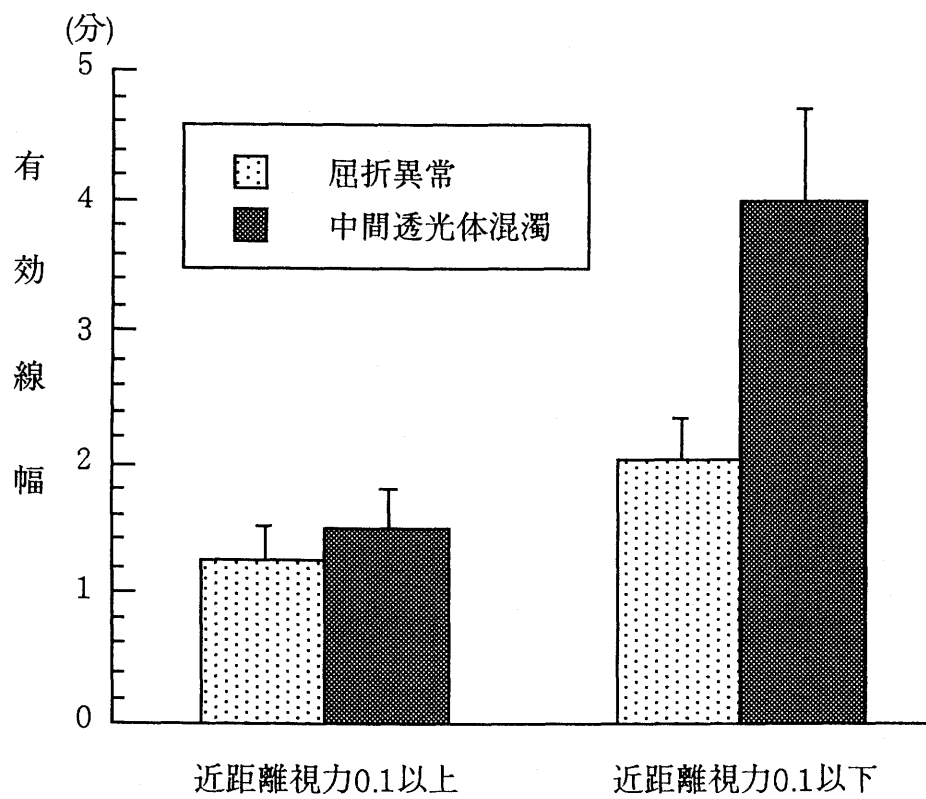


Fig.2-2 弱視シミュレーションによる有効線幅の平均値

Table 2-1 近距離視力と弱視シミュレーションの分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
近距離視力	13.37	1	13.37	83.67 **
個人差	1.28	8	0.16	
シミュレーション	6.04	1	6.04	25.24 **
視力×シミュレーション	3.80	1	3.80	15.85 **
偶発誤差	1.91	8	0.24	
全体	26.39	19		

\*\* p&lt;0.01

Table 2-2 交互作用の分析表

変動因	平方和	自由度	平均平方	F
<u>近距離視力</u>				
透光体混濁	15.70	1	15.70	51.57 **
偶発誤差	2.44	8	0.30	
屈折異常	1.46	1	1.46	15.43 **
偶発誤差	0.76	8	0.09	
<u>弱視シミュレーション</u>				
視力0.1以上	0.14	1	0.13	0.54 n. s.
視力0.1未満	9.71	1	9.70	40.55 **
偶発誤差	1.92	8	0.24	

\*\* p&lt;0.01

## 2) 近距離視力と有効線幅に関する分析

分散分析の結果から、中間透光体混濁弱視シミュレーションにおける有効線幅の方が屈折異常弱視シミュレーションにおける有効線幅よりも太いこととともに、近距離視力が低いほうが有効線幅も太いことが明らかになった。そこで、近距離視力と有効線幅の関係について検討するため、近距離視力と有効線幅の相関を求め、散布図をFig.2-3に示した。屈折異常弱視シミュレーションの相関係数は $r=0.81$  ( $F=15.64, df=1/8, p<0.01$ )、中間透光体混濁弱視シミュレーションでは $r=0.96$  ( $F=87.20, df=1/8, p<0.01$ )であり、どちらのシミュレーションでも高い相関が認められた。近距離視力を予測変数、線幅を目的変数として求めた予測式をFig.2-3の図中に示した。近距離視力は視力検査時に用いたランドルト環の切れ目幅から求めた視角値(分)を用い、線幅に関しても視角値(分)を用いている。求められた予測式の回帰係数は、屈折異常弱視シミュレーションが0.06であるのに対して、中間透光体混濁が0.18と3倍の値を示している。

ところで、現在一般的に用いられている視力は、最小分離閾をもって表すことを根本理念とするが、実際的な測定においては最小可読閾をもってもかまわないという統一的な解釈が採用されている(大島, 1966)。本研究で問題としている有効線幅は、線の存在が知覚できるか否かという閾値ではなく、実際的に効率よく使用することのできる最小の線幅である。有効線幅の閾値上の対応となる最小視認閾は、白地黒線で視角4秒であるのに対し、視力が基本理念としている最小分離閾は20~30秒、最小可読閾は30~40秒(大頭, 1975)である。視覚識別閾値上では最小視認閾と最小分離閾は1対5~7.5の関係にある。

視力検査において1.0の視力値の場合、ランドルト環の切れ目は60秒であり、1対5~7.5の関係に対応させると白地上の8~12秒の黒線を知覚することができることになる。Fig.2-3で求められた予測式の回帰係数は、屈折異常弱視シミュレーションが0.06、中間透光体混濁弱視シミュレーションが0.18である。つまり、視力値と線幅の関係は、屈折異常で16.7対1、中間透光体混濁で5.7対1である。屈折異常の場合は視力値の17分の1が、

中間透光体混濁の場合は視力値の5分の1程度が有効線幅であるといえるが、閾値上の関係としては中間透光体混濁弱視シミュレーションの方は理論値と一致している。また、同じ視力値である場合には、中間透光体混濁では屈折異常の3倍程度太い線幅が必要である。

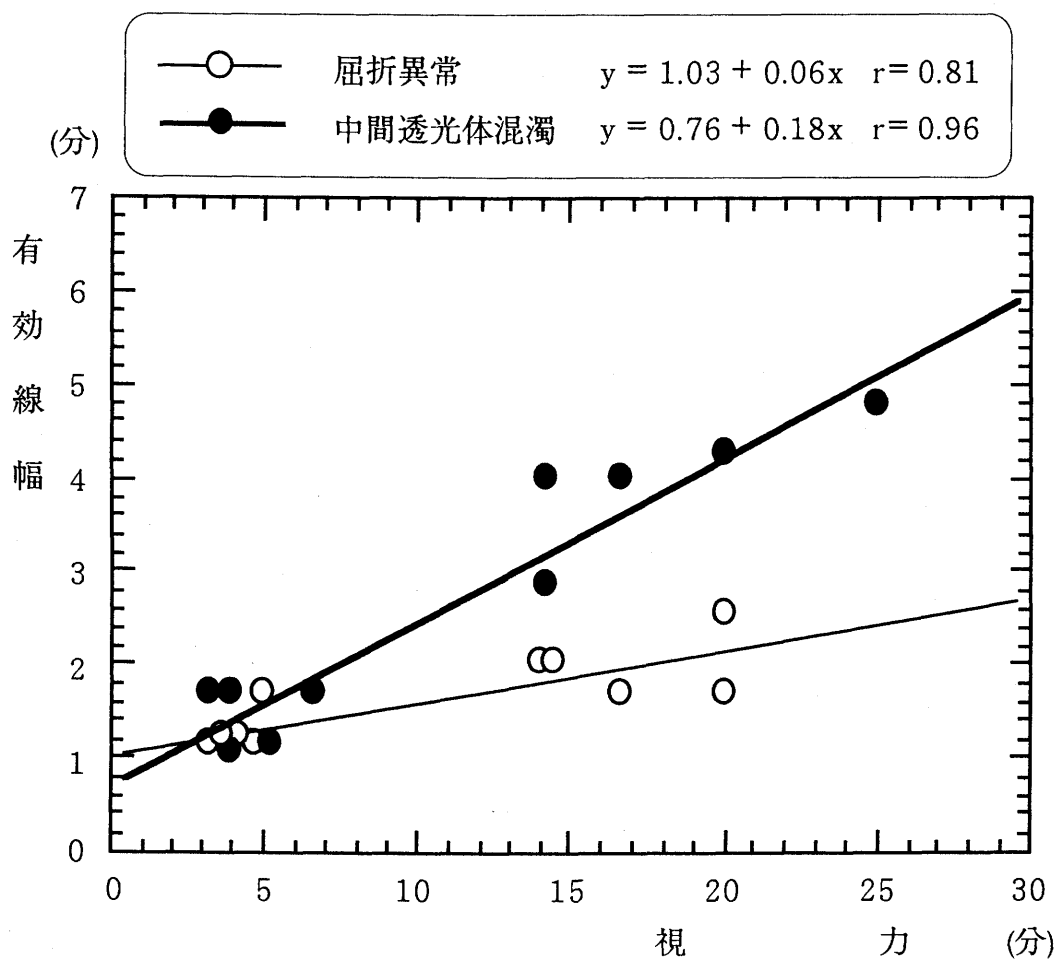


Fig.2-3 近距離視力と有効線幅の関係

### 第3節 実験1-2の方法と結果

#### 1. 目的

実験1-1により，中間透光体混濁と屈折異常による低視力状態での線幅の可視性についてその一側面は検討できた。しかし，弱視児・者は低視力状態で視経験を積み重ねてきていること，視力以外にも視機能に障害を受けていることが多いこと，シミュレーションすることのできない眼疾患も多いことなど，シミュレーションには限界が存在している。ここでは，弱視シミュレーションの結果を踏まえた上で，弱視者を対象として，実線の有効線幅の検討を行うことを目的とする。

#### 2. 方法

##### 1) 被験者

被験者は知的障害を伴わない弱視者14名であり，被験者の概要をTable 2-3に示した。これらの者のうち，弱視シミュレーションと対応できると考えられるのは，Sub. 3（強度遠視），5～8（水晶体摘出手術を受けている）であり屈折異常の状態像をもつ。中間透光体混濁に関しては，対応する被験者は14名中に含まれていない。

##### 2) 実験材料

線分を15本にし，弱視シミュレーション実験で使った数字を48ポイントの大きさの記号（○，●，△，▲，□，■，×）に変更した点以外は，実験1-1で用いた材料と同じとした。

##### 3) 手続き

被験者の視力測定後，弱視シミュレーション実験と同一の方法により検査を行った。

刺激表面照度は450～700lxとした。

##### 4) 結果の処理

実験1-1と同一の方法をとった。



Table 2-3 弱視被験者の概要

被験者	年齢	眼疾患名／視野	遠距離視力	近距離視力		最大視認力
			右 左	右 左 両眼	左	視標 視距離(cm)
Sub. 1	23: 3	未熟児網膜症	0.03 0.05	0.03 0.15	0.09	0.9 13
Sub. 2	28:10	緑内障／中心視野相対暗点	0.04 m.m.	0.25 0.25		0.5 20
Sub. 3	27: 5	強度遠視・眼球振盪	0.25 0.2	0.25 0.3	0.2	0.9 5
Sub. 4	24: 9	角膜不正乱視	0.25 0.1	0.3 0.5	0.3	1.0 10
Sub. 5	24: 3	先天性白内障・術後無水晶体眼	0.1	0.15 0.15		0.4 6
Sub. 6	24: 0	先天性白内障・術後無水晶体眼	m.m. 0.2	0.2 0.2	0.2	0.5 10
Sub. 7	22: 1	小眼球・眼球振盪・術後無水晶体眼	0.1 0.09	0.2 0.25	0.15	0.5 10
Sub. 8	23: 0	小眼球・眼球振盪・術後無水晶体眼	0.03 0.01	0.03 0.04	0.01	0.15 1
Sub. 9	23: 7	視神経萎縮	0.04 0.04	0.05 0.05	0.05	0.25 5
Sub.10	22: 6	小眼球・視神経萎縮	0.1 0.1	0.2 0.2	0.2	0.7 5
Sub.11	21: 9	視神経萎縮／中心暗点	0.1 0.06	0.15 0.15	0.1	0.5 10
Sub.12	27: 1	網膜色素変性／求心性視野狭窄 (20度)	0.1 0.1	0.25 0.6	0.6	1.0 15
Sub.13	31: 9	網膜色素変性／求心性視野狭窄 (10度)	0.1 0.1	0.4 0.5	0.5	1.0 20
Sub.14	27: 7	網膜色素変性／求心性視野狭窄 (10度)	0.08 0.08	0.6 0.6	0.6	1.0 20

### 3. 結果

弱視被験者による平均有効線幅と標準偏差をFig.2-4に示した。近距離視力0.1以上のすべての弱視被験者は、本研究で設定した0.1mmの線幅を認知することができている。また、近距離視力0.1未満の被験者は2名であるが、0.1mm以上の線幅が必要なこと示されている。

実験1-1では、近距離視力と有効線幅に直線的な関係がみられたが、弱視被験者でも同様な関係が存在するのかどうかを検討した。弱視被験者の視力の要因としては、遠距離視力、近距離視力、最大視認力の測定が実験に先立ち行われた。遠距離視力、最大視認力と有効線幅の関係についても相関を求めた。その結果、遠距離視力の相関係数は $r=0.15$  ( $F=0.26$ ,  $df=1/12$ , n.s.), 最大視認力 $r=0.14$  ( $F=0.23$ ,  $df=1/12$ , n.s.)であり、相関は認められなかった。

一方、実験の視距離設定と同一の距離で測定される近距離視力と有効線幅との相関係数は $r=0.90$  ( $F=53.17$ ,  $df=1/12$ ,  $p<0.01$ )であり、高い相関が見られた。近距離視力（視角）を予測変数、有効線幅（視角）を目的変数とした予測式を求め、Fig.2-5に示した。回帰係数は0.06と屈折異常弱視シミュレーションにより求められた回帰係数と同じ値を示した。このことは、近距離視力のおよそ17分の1程度が有効線幅であるといえる。

また、近距離視力0.1以上（視角10分以下）の被験者はすべて、実験上設定した0.1mmの線幅を認知できている。実験では、実際の教材作成を行う場合に作成が容易であり、かつ実用上現実的な0.1mm以上の線幅を用いることとしたが、近距離視力が高い場合0.1mmよりも細かい線幅まで認知できる可能性が示唆されていると考えられる。

近距離視力0.1未満（視角10分以上）の被験者に関しては、視力0.05（視角20分）のSub. 9と視力0.04（視角25分）のSub. 8のみであり、前者の被験者は小眼球・術後無水晶体眼であり後者の被験者は視神経萎縮である。2名から眼疾患による差は検討できないが、弱視被験者により求められた予測式は実験1-1の屈折異常弱視シミュレーションの結果と酷似している。このことから本研究で対象とした被験者の眼疾患は視力の低下分の認知の困難さが生じているだけであるといえる。

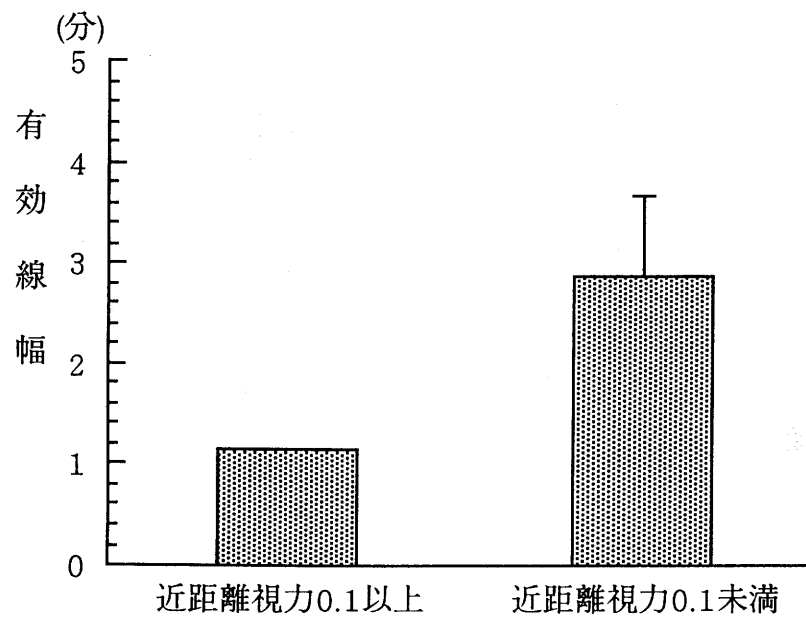


Fig.2-4 弱視被験者の平均有効線幅と標準偏差

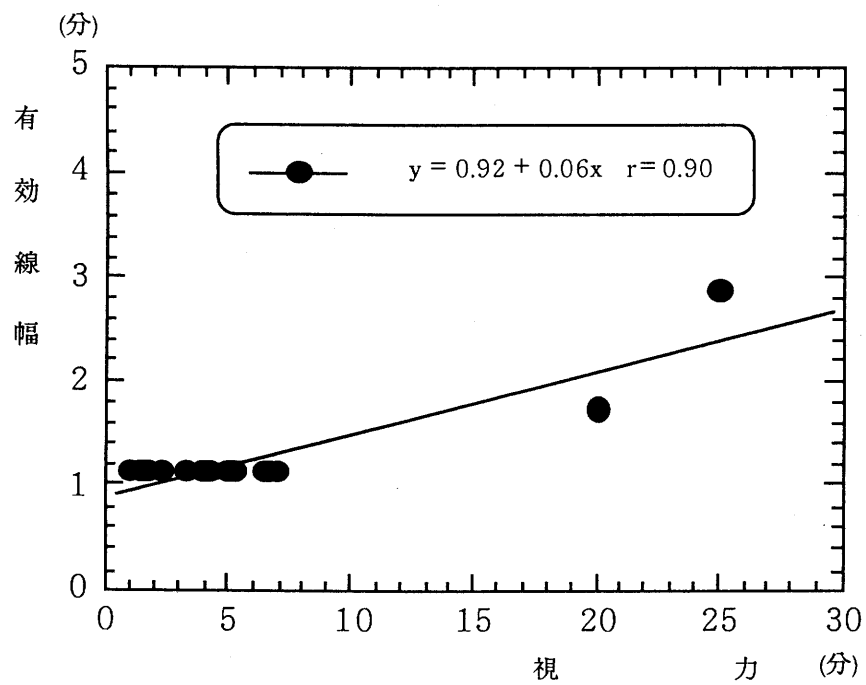


Fig.2-5 近距離視力と有効線幅の関係

#### 第4節 実線の認知に必要な線幅に関する考察

実験1-1の結果から、近距離視力と有効線幅には高い相関が見られること、屈折異常弱視シミュレーションと比較すると中間透光体混濁弱視シミュレーションの有効線幅は、有意に太いことが明らかになった。これは有効線幅は、近距離視力からの予測が可能であるが、それぞれの弱視児・者の眼疾患の違いによる見え方を考慮する必要があることを示している。また、実験1-2の弱視者を対象とした実験からも近距離視力と有効線幅には高い相関があることが示された。実験1-1, 1-2から求められた予測式は

$$\text{中間透光体混濁： } y = 0.18x + 0.76 \quad r = 0.96$$

$$\text{屈折異常： } y = 0.06x + 1.03 \quad r = 0.81$$

$$\text{弱視被験者： } y = 0.06x + 0.92 \quad r = 0.90$$

である。

屈折異常弱視シミュレーションと弱視被験者の結果が酷似しており、それぞれの相関係数も高いことから、信頼性の高い結果を示したといえる。これは、本研究の被験者の眼疾患の場合、光学的に視力低下させた屈折異常弱視シミュレーションとほぼ同じ視認力をもつと考えられる。また、中間透光体混濁では、屈折異常や弱視被験者の3倍の有効線幅が必要である。

屈折異常弱視シミュレーションにより求められた予測式と中間透光体に混濁をもたない弱視被験者の結果は比較することができたが、中間透光体混濁に関しては、被験者のプロフィールが明記されている中山(1967)のデータと中間透光体混濁の予測式との比較を行ってみる。中山は、すべての弱視者に十分見える線の太さは0.5mmであることを明らかにしている。中山のいう「十分に見える線の太さ」は、本研究における有効線幅に対応していると考えられる。中山の研究における被験者の中に眼鏡に雲母を装用した弱視シミュレーション2名（視力0.15, 0.2）と硝子体混濁の弱視者1名（視力0.05）が存在している。視力が高い場合に関しては、雲母による弱視シミュレーションの有効線幅は、視力0.15の被験者については1.96分（30cmの視距離で約0.17mm）、視力0.2の被験者については1.66分

(30cmの視距離で約0.14mm)であり、軽度弱視者の場合は0.5mmよりも細い線まで認知が可能である。一方、視力の低い硝子体混濁の被験者の視力を中間透光体混濁弱視シミュレーションの予測式にあてはめると、有効線幅は視角4.36分(30cmの視距離で約0.38mm)であり、中山によって示された結果と一致し、中間透光体混濁においても予測式はほぼ妥当であると考えられる。

ところで、中山はすべての弱視者に見える線の太さという観点で報告しているが、個々の弱視者にとって最適な線幅という観点も必要であると考えられる。この場合、本実験により得られた予測式がある程度の基準を示すことができるであろう。また小林・五十嵐(1993)は、ある程度の面積をもつ幾何学図形の認知に関して、20cm程度の視距離が必要なことを報告している。個々の弱視者の図形などの観察距離が分かれば、より適切な線幅を予測式から算出することも可能である。

## 第 3 章

### 2 線の弁別閾に関する検討

## 第 1 節 実験計画と目的

実験 1 により低視力状態で認知可能な有効線幅について検討し、近距離視力と相関があり、中間透光体に混濁がない場合、ランドルト環の切れ目幅の $\frac{1}{17}$ の太さが有効線幅であることが明らかとなった。また、見え方の違いとしては、屈折異常と比較すると中間透光体混濁では約 3 倍の太さの線幅が必要であることも示された。

実験 1 では 1 本の実線の線幅の可視性についてのみ検討したが、学校教育における図や表中には一種類の線だけでなく、線種や線幅を変更して可視性を高めたり、あるいはそれぞれに意味をもたせている。これらの線種や線幅の使い分けにおいて低視力状態でも可能な条件を検討するために、効率よく 2 本の線の太さを判断できる線幅の条件に焦点をあて、まず、2 線分の弁別閾を測定することを目的とする。

また、実験 1 と同様に中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションによって、視力以外の視機能の関与を最小限におさえた条件のもとで弁別閾の測定を行い（実験 2-1）、次に、弱視者を対象として同一の実験を行い弁別閾について検討を行う（実験 2-2）。

## 第2節 実験2-1の方法と結果

### 1. 目的

低視力状態で2本の線分の太さを識別することのできる条件を明らかにするために、2本の線幅の弁別閾を測定することを目的とする。

### 2. 方法

#### 1) 被験者

実験は晴眼者10名を対象とした。各被験者には遮蔽膜（リーサー眼鏡箔）を使用した中間透光体混濁と、凸レンズを使用した屈折異常の2条件の弱視シミュレーションを設定した。すなわち、被験者は中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションの両条件を試行する。その際、近距離視力をマッチングさせ近距離視力0.1以上0.3未満に5名、近距離視力0.1未満に5名をそれぞれ割り当てた。

#### 2) 実験材料

5 cmの間隔をおいた10 cmの2本の線分を刺激とし、標準刺激を右側に、比較刺激を左側に配置した。Fig.3-1にその刺激例を示した。標準刺激は、0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mmの3段階を設定した。0.5 mm標準刺激に関しては0.1 mm～1.5 mm, 1.0 mm標準刺激に関しては0.1 mm～2.0 mm, 1.5 mm標準刺激に関しては0.6 mm～2.5 mmの間に0.1 mmごとに比較刺激を作成した。

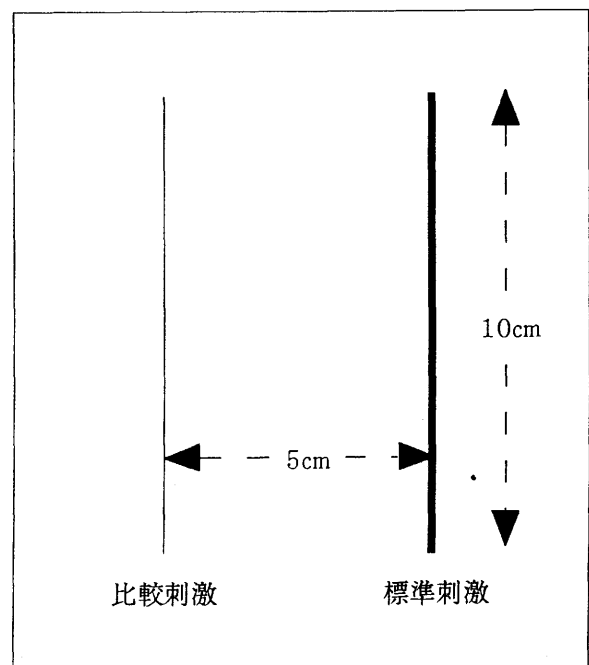


Fig.3-1 刺激図版例



なお，作成した刺激は，Peak Scale Lupe×10により意図通りの線幅になっていることの確認を行った。

### 3) 弱視シミュレーションの方法

リーサー眼鏡箔（Bangerter遮蔽膜）を貼り付けた眼鏡の装着により，中間透光体混濁弱視シミュレーションを実施した。また，凸レンズの装着により屈折異常弱視シミュレーションを実施した。さらに，検査図版観察中は，目を細めないように指示した。

### 4) 手続き

極限法－完全上下法を用いた。反応は「太い」「同じ」「細い」の3件法とし，上下上下下上下上の8系列の測定を行った。顎台により視距離は30cmに固定した。刺激表面照度は近距離視力測定時の基準内の550lxとした。弱視シミュレーションによる晴眼被験者は，中間透光体混濁と屈折異常の両条件を視力マッチングして2回の実験が行われた。

### 5) 分析方法

代表値の選択は上昇系列の場合は「細い」から「同じ」に，「同じ」から「太い」に変化した点，下降系列であれば「太い」から「同じ」に，「同じ」から「細い」に変化した点を代表値として採用した。

これらの代表値から上昇別閾にあたる値を $S_u$ ，下降別閾にあたる値を $S_l$ として弁別閾（ $\Delta S$ ）を次の公式により算出した。

$$\begin{aligned}\Delta S &= \{ (S_u - S) + (S + S_l) \} / 2 \\ &= (S_u - S_l) / 2\end{aligned}$$

## 3. 結果

弱視シミュレーションにより求められた平均弁別閾と標準偏差をTable 3-1に示した。標準刺激が大きくなるほど弁別閾も大きくなり，弱視シミュレーションの条件で比較すると屈折異常弱視シミュレーションの方が弁別閾が大きいことが示されている。一般に，基準となる刺激の大きさと弁別閾の大きさは比例することが分かっているため，標準刺激間での弁別閾の検討は行わず，近距離視力（近距離視力0.1以上，近距離視力0.1未満）と弱視シミュレーション条件間，すなわち見え方の違いによる弁別閾の検討

を行う。近距離視力と弱視シミュレーションの2要因の分散分析を行い、その結果をTable 3-2～Table 3-5に示した。0.5mm標準刺激では、近距離視力の主効果( $F=1.58, df=1/8, n.s.$ )も弱視シミュレーションの主効果( $F=0.24, df=1/8, n.s.$ )もみられなかった。

1.0mm標準刺激では交互作用が有意であり( $F=7.72, df=1/8, p<0.05$ )、単純主効果を分析した結果、近距離視力に関しては中間透光体混濁弱視シミュレーションでは視力が高くても低くても弁別閾に差はみられなかった( $F=0.64, df=1/8, n.s.$ )。一方、屈折異常弱視シミュレーションでは近距離視力0.1未満の方が弁別閾が有意に大きい( $F=10.13, df=1/8, p<0.05$ )ことが明らかとなった。また近距離視力0.1以上では弱視シミュレーション条件間に差はない( $F=0.06, df=1/8, n.s.$ )のに対して、近距離視力0.1未満では屈折異常弱視シミュレーションの方が中間透光体混濁弱視シミュレーションよりも弁別閾が大きいことが明らかとなった( $F=13.53, df=1/8, p<0.01$ )。

1.5mm標準刺激では近距離視力0.1未満の方が弁別閾は大きく( $F=19.89, df=1/8, p<0.01$ )、屈折異常弱視シミュレーションの方が中間透光体混濁弱視シミュレーションよりも弁別閾が大きいことが明らかとなった( $F=6.50, df=1/8, p<0.05$ )。

近距離視力に関しては、視力0.1を境に2群に分けて結果を分析したが、それぞれの群内でも視力の幅は広いため、各標準刺激、弱視シミュレーションごとに近距離視力と弁別閾による散布図をFig.3-2～Fig.3-4に示した。相関が認められた場合は、近距離視力(視角)を予測変数、弁別閾(視角)を目的変数として求めた予測式も図中に示した。0.5mm標準刺激での中間透光体混濁弱視シミュレーションで $r=0.24$  ( $F=0.49, df=1/8, n.s.$ )、屈折異常弱視シミュレーションで $r=0.27$  ( $F=0.61, df=1/8, n.s.$ )、1.0mm標準刺激では中間透光体混濁 $r=0.13$  ( $F=0.13, df=1/8, n.s.$ )、屈折異常 $r=0.79$  ( $F=13.33, df=1/8, p<0.01$ )、1.5mm標準刺激では中間透光体混濁 $r=0.67$  ( $F=6.57, df=1/8, p<0.05$ )、屈折異常 $r=0.75$  ( $F=10.51, df=1/8, p<0.05$ )であった。1.0mm標準刺激における屈折異常弱視シミュレーション、1.5mm標準刺激における両弱視シミュレーションでのみ相関

が認められた。

以上のことから、0.5mmが標準刺激である場合、近距離視力や中間透光体混濁、屈折異常のような見え方の違いにより弁別閾に差はないといえる。ただし、1.5mm標準刺激においては近距離視力と弁別閾に相関が認められたことを考えると、比較刺激が0.1mm間隔という設定に問題があったことも考えられる。しかし、散布図の状態からみても必ずしも視力が低ければ弁別閾が大きいとはかぎらず、平均値から0.5mmの線幅に対し0.12mm程度が弁別閾であると考えてよい。一方、1.0mm標準刺激の場合、中間透光体混濁弱視シミュレーションでは近距離視力の程度により弁別閾に差はなく、0.12mm程度が弁別閾となる。しかし、屈折異常弱視シミュレーションでは近距離視力と弁別閾に相関が見られ、近距離視力が低いほど弁別閾が大きくなることが示された。予測式の回帰係数から弁別閾は近距離視力のおよそ12分の1程度である。また、弱視シミュレーションの条件でみたとき近距離視力0.1以上では差はないのに対し、近距離視力0.1未満では屈折異常弱視シミュレーションでの弁別閾が有意に大きいことが示された。同様の傾向は1.5mm標準刺激でも示された。中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションで比較すると屈折異常の方が弁別閾は有意に大きい。どちらのシミュレーションでも近距離視力と弁別閾には相関が見られたが、中間透光体混濁では近距離視力の16分の1程度の大きさが弁別閾にあたり、屈折異常では10分の1程度が弁別閾にあたる。

全体的な傾向として、中間透光体混濁よりも屈折異常弱視シミュレーションにおける弁別閾の方が大きいことが示された。これは、2本の線の線幅の判断は、中間透光体混濁弱視シミュレーションによるコントラストの低下に伴う視力低下の場合と比較して、屈折異常では標準刺激と比較刺激の両者がぼやけることにより、その判断が困難であったと考えられる。

Table 3-1 各標準刺激における平均弁別閾と標準偏差

標準刺激		中間透光体混濁		屈折異常	
		視力0.1以上	視力0.1未満	視力0.1以上	視力0.1未満
0.5mm	Mean	0.11	0.12	0.11	0.12
	S.D.	(0.02)	(0.03)	(0.04)	(0.03)
	N	5	5	5	5
1.0mm	Mean	0.12	0.13	0.11	0.21
	S.D.	(0.02)	(0.03)	(0.04)	(0.04)
	N	5	5	5	5
1.5mm	Mean	0.12	0.22	0.22	0.29
	S.D.	(0.02)	(0.05)	(0.05)	(0.06)
	N	5	5	5	5

※単位はmmである。

Table 3-2 0.5mm標準刺激における分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
近距離視力	0.22	1	0.22	1.57 n.s.
個人差	1.12	8	0.14	
シミュレーション	0.03	1	0.03	0.24 n.s.
近距離視力×シミュレーション	0.04	1	0.03	0.26 n.s.
偶発誤差	1.18	8	0.15	
全体	2.59	19		

Table 3-3 1.0mm標準刺激における分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
近距離視力	1.89	1	1.89	7.24 *
個人差	2.09	8	0.26	
シミュレーション	0.76	1	0.76	5.87 *
近距離視力×シミュレーション	0.99	1	0.99	7.72 *
偶発誤差	1.02	8	0.13	
全体	6.76	19		

\* p&lt;0.05

Table 3-4 1.0mm標準刺激における交互作用分析表

変動因	平方和	自由度	平均平方	F
近距離視力				
透光体混濁	0.07	1	0.07	0.64 n.s.
個人差	0.90	8	0.11	
屈折異常	2.82	1	2.82	10.14 *
個人差	2.22	8	0.28	
弱視シミュレーション				
視力0.1以上	0.01	1	0.01	0.06 n.s.
視力0.1未満	1.74	1	1.74	13.53 **
偶発誤差	1.03	8	0.13	

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01

Table 3-5 1.5mm標準刺激における分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
近距離視力	8.25	1	8.25	19.89 **
個人差	3.32	8	0.41	
シミュレーション	1.78	1	1.78	6.50 *
近距離視力×シミュレーション	0.14	1	0.14	0.52 n.s.
偶発誤差	2.19	8	0.27	
全体	15.68	19		

\* p&lt;0.05    \*\* p&lt;0.01

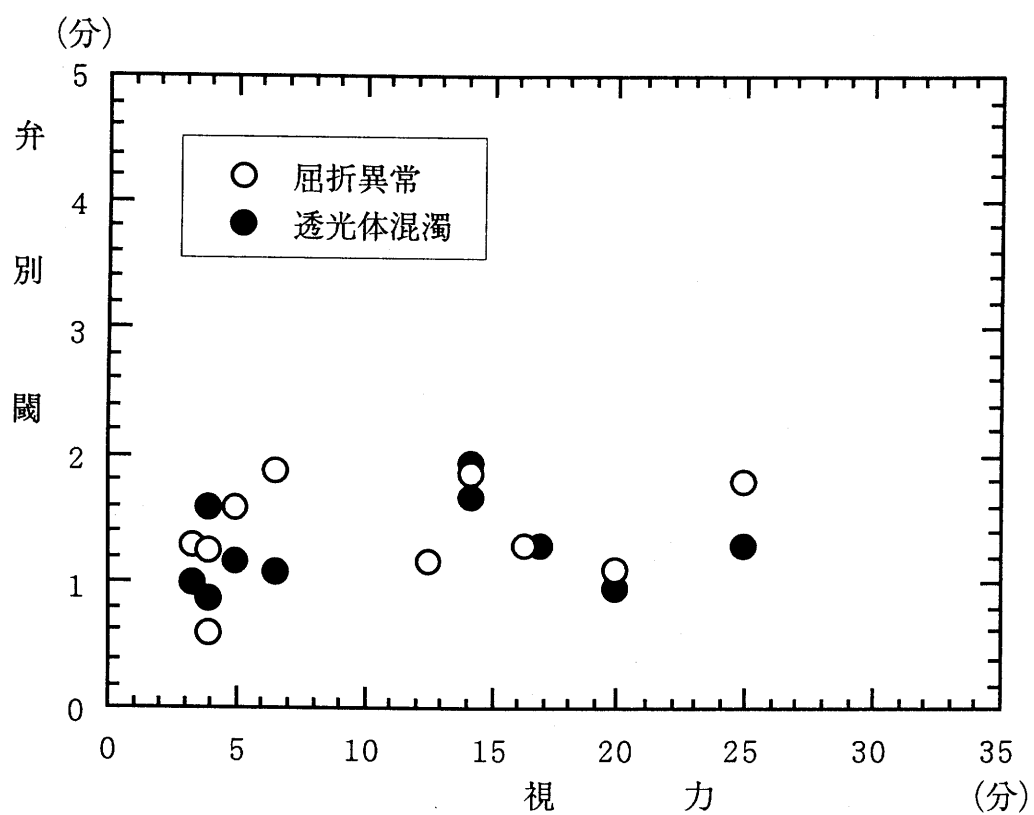


Fig.3-2 0.5mm標準刺激における近距離視力と弁別閾の関係

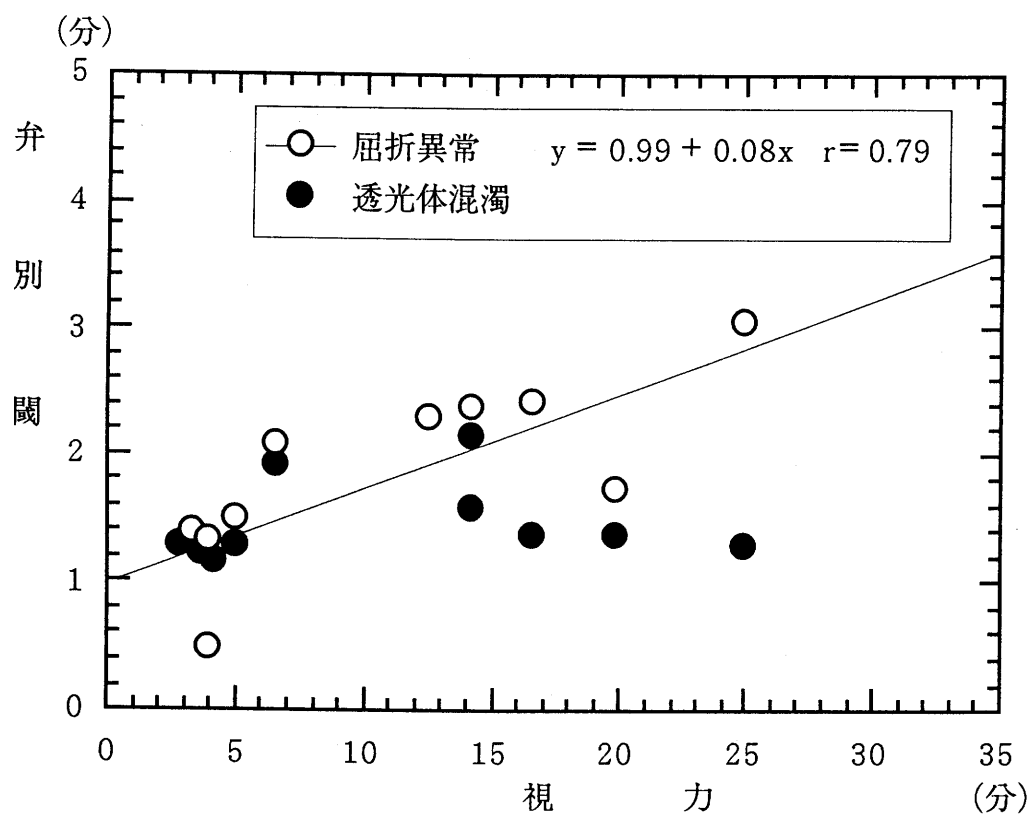


Fig.3-3 1.0mm標準刺激における近距離視力と弁別閾の関係



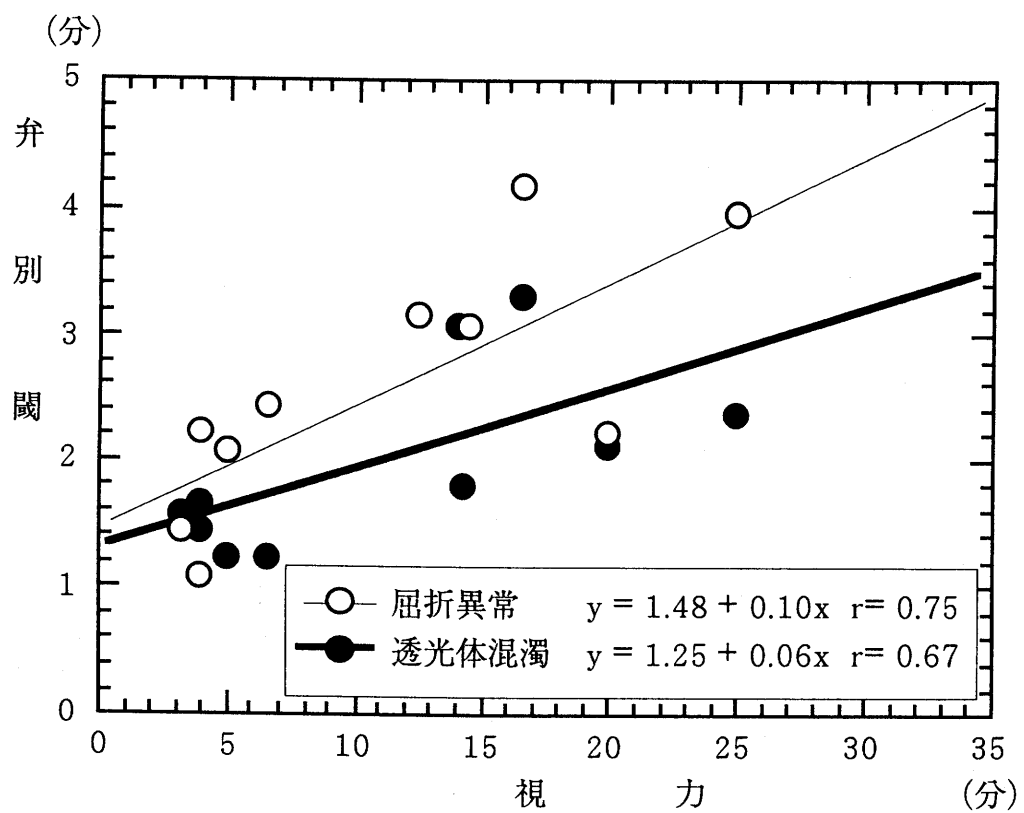


Fig.3-4 1.5mm標準刺激における近距離視力と弁別閾の関係

### 第3節 実験2-2の方法と結果

#### 1. 目的

実験2-1により、中間透光体混濁と比較して屈折異常の方が弁別閾は大きいという結果を得た。すなわち、ぼけを呈するような眼疾患では弁別閾が大きくなることが示された。実験2-2においては、この結果を踏まえ弱視者を対象として、2本の線幅の弁別閾を測定することを目的とする。

#### 2. 方法

##### 1) 被験者

被験者は知的障害を伴わない弱視者15名であり、被験者の概要をTable 3-6に示した。これらの者のうち、弱視シミュレーションと対応できると考えられるのは、Sub. 3（強度遠視）、Sub. 4（強度近視）、6～9（水晶体摘出手術を受けている）であり屈折異常の状態像をもつ。中間透光体混濁に関しては、対応する被験者は15名中に含まれていない。

##### 2) 実験材料

5cmの間隔をおいた10cmの2本の線分を刺激とし、標準刺激を右側に、比較刺激を左側に配置した。実験2-1と同一の刺激を使用した。刺激例はFig.3-1に示してある。

##### 3) 手続き

極限法—完全上下法を用いた。反応は「太い」「同じ」「細い」の3件法とし、上下上下下上下上の8系列の測定を行った。視機能検査後に、顎台により視距離は30cmに固定し、実験を行った。刺激表面照度は近距離視力測定時とほぼ同一の基準である450～700lxとした。

##### 4) 分析方法

代表値の選択および弁別閾の算出は実験2-1と同一の方法をとった。

Table 3-6 弱視被験者の概要

被験者	年齢	眼疾患名／視野	遠距離視力	近距離視力		最大視認力
			右 左	右 左 両眼	左	視標 視距離(cm)
Sub. 1	23: 3	未熟児網膜症	0.03 0.05	0.03 0.15	0.09	0.9 13
Sub. 2	28:10	緑内障／中心視野相対暗点	0.04 m.m.	0.25 0.25		0.5 20
Sub. 3	27: 5	強度遠視・眼球振盪	0.25 0.2	0.25 0.3	0.2	0.9 5
Sub. 4	35: 2	強度近視・網膜剥離・斜乱視／上部欠損	s.l. 0.04	0.03 0.03	0.03	0.1 15
Sub. 5	24: 9	角膜不正乱視	0.25 0.1	0.3 0.5	0.3	1.0 10
Sub. 6	24: 3	先天性白内障・術後無水晶体眼	0.1	0.15 0.15		0.4 6
Sub. 7	24: 0	先天性白内障・術後無水晶体眼	m.m. 0.2	0.2 0.2	0.2	0.5 10
Sub. 8	22: 1	小眼球・眼球振盪・術後無水晶体眼	0.1 0.09	0.2 0.25	0.15	0.5 10
Sub. 9	23: 0	小眼球・眼球振盪・術後無水晶体眼	0.03 0.01	0.03 0.04	0.01	0.15 1
Sub.10	23: 7	視神経萎縮	0.04 0.04	0.05 0.05	0.05	0.25 5
Sub.11	22: 6	小眼球・視神経萎縮	0.1 0.1	0.2 0.2	0.2	0.7 5
Sub.12	21: 9	視神経萎縮／中心暗点	0.1 0.06	0.15 0.15	0.1	0.5 10
Sub.13	27: 1	網膜色素変性／求心性視野狭窄 (20度)	0.1 0.1	0.25 0.6	0.6	1.0 15
Sub.14	31: 9	網膜色素変性／求心性視野狭窄 (10度)	0.1 0.1	0.4 0.5	0.5	1.0 20
Sub.15	27: 7	網膜色素変性／求心性視野狭窄 (10度)	0.08 0.08	0.6 0.6	0.6	1.0 20

### 3. 結果

弱視被験者による平均弁別閾と標準偏差をTable 3-7に示した。近距離視力が高い方が弁別閾は小さく、また、標準刺激が太いほど弁別閾も大きくなる傾向が示されている。

弱視被験者の視力の要因として測定されたのは、遠距離視力、近距離視力、最大視認力である。各標準刺激ごとにこれらの要因と弁別閾の相関を求めた。その結果、遠距離視力に関しては、0.5mm標準刺激では $r=0.43$ ( $F=2.97$ ,  $df=1/13$ , n.s.), 1.0mm標準刺激では $r=0.42$ ( $F=2.78$ ,  $df=1/13$ , n.s.), 1.5mm標準刺激では $r=0.31$ ( $F=1.35$ ,  $df=1/13$ , n.s.)であった。近距離視力に関しては、0.5mm標準刺激では $r=0.69$ ( $F=11.43$ ,  $df=1/13$ ,  $p<0.01$ ), 1.0mm標準刺激では $r=0.69$ ( $F=11.77$ ,  $df=1/13$ ,  $p<0.01$ ), 1.5mm標準刺激では $r=0.64$ ( $F=9.08$ ,  $df=1/13$ ,  $p<0.01$ )であり、すべての標準刺激で相関がみられた。最大視認力に関しては、0.5mm標準刺激では $r=0.60$ ( $F=7.29$ ,  $df=1/13$ ,  $p<0.05$ ), 1.0mm標準刺激では $r=0.54$ ( $F=5.43$ ,  $df=1/13$ ,  $p<0.05$ ), 1.5mm標準刺激では $r=0.45$ ( $F=3.25$ ,  $df=1/13$ , n.s.)であり、0.5mm標準刺激と1.0mm標準刺激で相関が認められた。

遠距離視力と弁別閾に相関はなく、近距離視力と、最大視認力の0.5mmおよび1.0mm標準刺激で相関が認められたが、視覚の精度を表す指標値間の関連については、五十嵐・小林(1994)が整理しており、近距離視力と最大視認力は独立した指標として扱う必要性を述べている。そこで、本研究の被験者の近距離視力と最大視認力との相関を求めたところ、相関係数は $r=0.86$ ( $F=36.40$ ,  $df=1/13$ ,  $p<0.01$ )であり、両者に関連が高いことが示された。そのため、近距離視力と最大視認力において弁別閾と相関がみられたと考えられる。一方、弁別閾の測定が近距離視力測定条件と同一の視距離を用いられていることや、最大視認力では、0.5mm標準刺激と1.0mm標準刺激では相関が認められたのに対して1.5mm標準刺激では認められていない不整合性からも、弁別閾との関連としては近距離視力が最適であるといえる。

以上のことから、Fig.3-5～Fig.3-7に各標準刺激ごとに近距離視力と弁別閾の散布図を示した。また、近距離視力を予測変数、弁別閾を目的変数として求めた予測式も示した。予測式の回帰係数から、近距離視力と弁別閾の関係としては、0.5mm標準刺激、1.0mm標準刺激においては、近距離視力のおよそ25分の1の大きさが弁別閾にあたり、1.5mm標準刺激においてはおよそ20分の1が弁別閾あたる。低視力状態であっても、閾値上はかなり小さな線幅まで判断が可能であるといえる。

また、Fig.3-5～3-7の相関図の散布状況や回帰直線の傾きはそれほど大きくないことが読みとれる。そのため、Table 3-7に示した平均弁別閾により、視力の程度により差があるのか否かの検討を行った。その結果、どの標準刺激でも視力の低い群の方が弁別閾は大きいことが明らかとなった（0.5mm標準刺激： $t=3.58, df=13, p<0.01$ ；1.0mm標準刺激： $t=3.13, df=13, p<0.01$ ；1.5mm標準刺激： $t=3.00, df=13, p<0.01$ ）。このことから、低視力状態であっても視力に対応した弁別閾を考えなくてはならないことが示される。

Table 3-7 弱視者の平均弁別閾と標準偏差

標準刺激		近距離視力0.1以上	近距離視力0.1未満
0.5mm	Mean	0.06	0.14
	S.D.	(0.03)	(0.04)
	N	12	3
1.0mm	Mean	0.09	0.17
	S.D.	(0.04)	(0.02)
	N	12	3
1.5mm	Mean	0.12	0.23
	S.D.	(0.05)	(0.06)
	N	12	3

※単位はmmである.

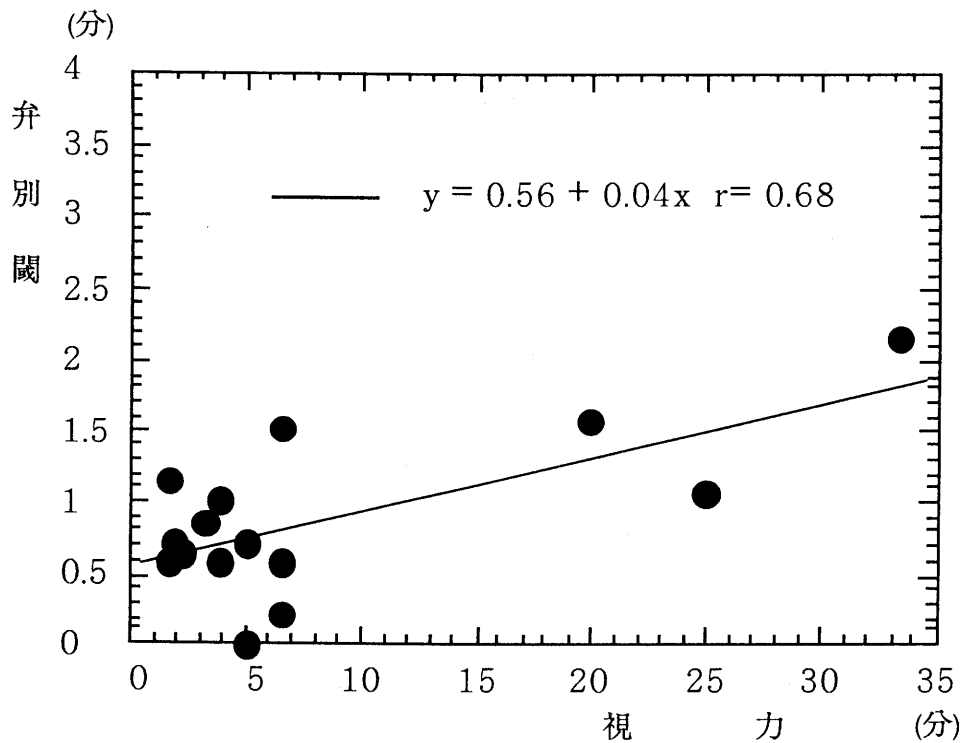


Fig.3-5 0.5mm標準刺激における近距離視力と弁別閾の関係

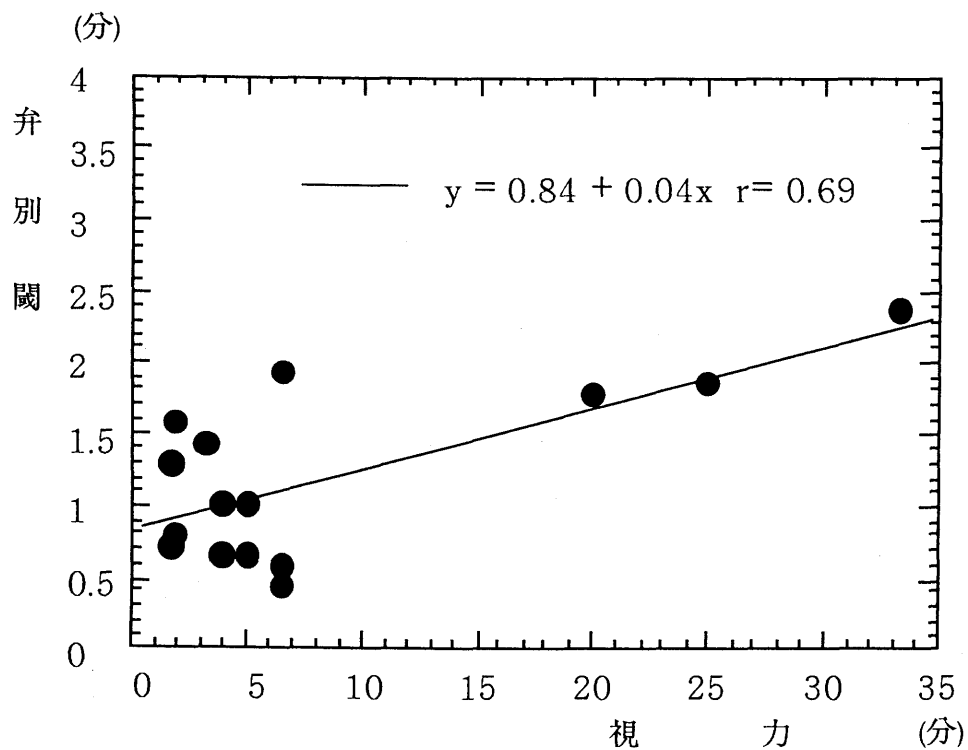


Fig.3-6 1.0mm標準刺激における近距離視力と弁別閾の関係

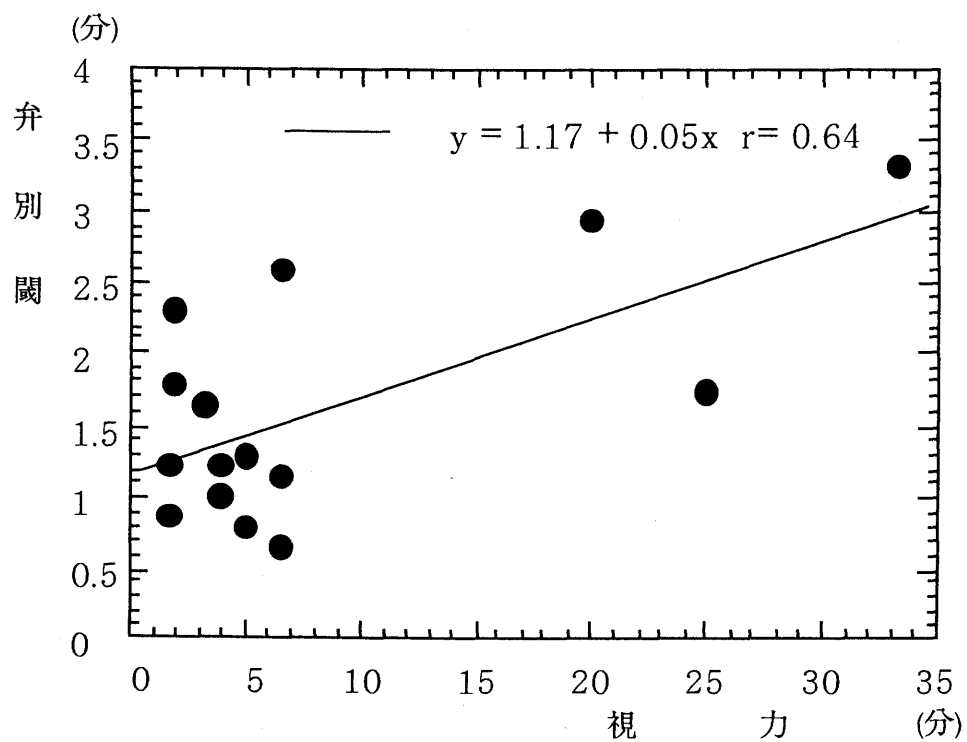


Fig.3-7 1.5mm標準刺激における近距離視力と弁別閾の関係

#### 第4節 2線の弁別閾に関する考察

弱視シミュレーションの結果から、近距離視力と見え方の違いを想定した弱視シミュレーションにより、次のような関係が示された。標準刺激が0.5mmと細い場合には、近距離視力の程度、及び弱視シミュレーションの違いによって差はないことが示された。標準刺激が1.0mmの場合、近距離視力が0.1以上では、弱視シミュレーションで弁別閾に差はないが、近距離視力が0.1未満では屈折異常弱視シミュレーションで有意に弁別閾が大きくなり、さらに屈折異常弱視シミュレーションでは近距離視力0.1以上での弁別閾と比較して、近距離視力0.1未満での弁別閾は大きいことが示された。また、標準刺激1.5mmでは近距離視力が低い方が弁別閾は大きく、弱視シミュレーションでは、屈折異常弱視シミュレーションの弁別閾が有意に大きいことが明らかになった。

見え方の違いを想定した弱視シミュレーションは、中間透光体混濁に関してはコントラストの低下を、屈折異常に関しては日常的によく使われるピンぼけの状態をシミュレーションしていると考えられる。同一シミュレーションで視力を低く設定することはそれだけコントラストの低下あるいは、ぼけの状態が強いことになる。屈折異常弱視シミュレーションのほうで弁別閾が大きいという結果から、2線の太さの違いを判断する困難さはコントラストの低下よりもぼけの要因に規定されることが考えられる。また、コントラストの低下に関してもぼけに関してもその程度が増すことにより視力の低下とともに弁別閾は大きくなるといえる。弁別閾は視力や見え方の違い等の各個人の視機能の特徴を考慮して考えていかななくてはならないことを指摘できる。

一方、弱視被験者の結果から近距離視力が低い方が弁別閾は大きいという結果が得られた。しかし、0.5mm標準刺激において弱視シミュレーションで近距離視力と弁別閾に相関はみられなかったのに対して、弱視被験者はどの標準刺激でも相関が見られた。このことから、弱視者の2線の線幅の弁別閾を考えると、近距離視力を一つの指標として検討できることが



示されている。その場合、0.5mm標準刺激、1.0mm標準刺激においては、近距離視力測定時のランドルト環の切れ目幅の25分の1が弁別閾にあたり、1.5mm標準刺激においてはランドルト環の切れ目幅の20分の1程度を一つの目安としてよいと考えられる。これは、中間透光体に混濁のない弱視被験者の結果であるが、弱視シミュレーションの結果から、中間透光体混濁の方が屈折異常よりも弁別閾が小さいという知見が明らかになっており、中間透光体に混濁をもつ弱視の場合でも適用できると考えられる。

## 第 4 章

### 認知に適した 2 線の線幅に関する検討

## 第1節 実験3の目的と方法

### 1. 目的

低視力状態で効率よく認知可能な実線の最小の線幅は実験1により検討し、2本の線分の太さの違いを知覚することのできる弁別閾は実験2により明らかとなった。しかし、実際の認知場面では閾値の数倍程度の大きさが認知しやすいといわれており、弁別閾は明らかになったものの認知に適した2本の線幅に関しては、先行研究もなく未検討な課題である。そこで本実験では、実際的な認知課題を用いて低視力状態で効率的に2本の線幅を識別できる条件を明らかにすることを目的とする。

### 2. 方法

#### 1) 被験者

晴眼者6名を対象とした。各被験者には遮蔽膜（リーサー眼鏡箔）を使用した中間透光体混濁と、凸レンズを使用した屈折異常の2条件の弱視シミュレーションで課題作業を試行させた。被験者は中間透光体混濁弱視シミュレーション、屈折異常弱視シミュレーションの2条件の弱視シミュレーションと、近距離視力0.1以上に1条件、近距離視力0.1未満に2条件の計3条件の視力値を設定した。

#### 2) 実験材料

縦4、横4の黒点を実線で結びつけ、Fig.4-1に示したように連続した7本の線を、もとの太さよりも細い線幅としたものを刺激とした。太い線の線幅は0.5mmと0.8mmとし、細い線幅に関しては0.5mmの線については0.1mmから0.4mmまで0.05mmごとに、0.8mmの線については0.3mmから0.6mmまでを0.05mmごとに、それぞれ7段階設定した。作成した刺激は、Peak Scale Lupe×10により意図通りの線幅になっていることの確認を行った。また、刺激の大きさから、0.5mmの線に対しては最大0.4mmから最小0.1mmまでを、0.8mmの線に対しては最大0.5mmから最小0.2mmまでの線幅の差を評価することになる。これは、実験1の結果が、0.5mm標準刺激では中間透光体混濁弱視シミュレーション、屈折異常弱視

シミュレーションの近距離視力0.1未満でともに0.12mm，弱視者の近距離視力0.1以下で0.14mmであることと，1.0mm標準刺激では中間透光体混濁弱視シミュレーションの近距離視力0.1未満で0.13mm，屈折異常弱視シミュレーションの近距離視力0.1未満で0.21mm，弱視者の近距離視力0.1未満で0.17mmであることから刺激の大きさを決定した。

なお，0.5mmおよび0.8mmの線を標準刺激と称して分析を行う。

### 3) 弱視シミュレーションの方法

本実験では中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションを行った。中間透光体混濁弱視シミュレーションは遮蔽膜を張り付けた眼鏡の装着により，屈折異常弱視シミュレーションは凸レンズの装着により実施した。凸レンズに関しては，実験中に被験者の調節力により測定された視力値が向上する可能性もあるため，実験条件の変化に伴い適宜視力検査を行い，実験開始前の視力値が一定となるよう凸レンズを変更した。また，検査図版観察中は，目を細めないように指示した。

### 4) 手続き

細い線で結びつけられた方向を規則正しいテンポで読み上げ，線を追う認知課題を用いた。実験に先立ち，どの刺激もほぼ同じテンポで読み上げられるようになるまで最低20回の練習試行を行った。実験は，顎台により視距離を30cmに固定して行い，刺激表面照度は550lxとした。

### 5) 結果の処理

弱視シミュレーションにより線分の太さの違いが分からない場合は，線分の方角を読み上げることができないが，かすかにでも分かる場合は十分に判断できている場合に比べ，読み上げる速度が遅くなると考えられた。この読み上げる速度が遅くなった試行が，十分に判

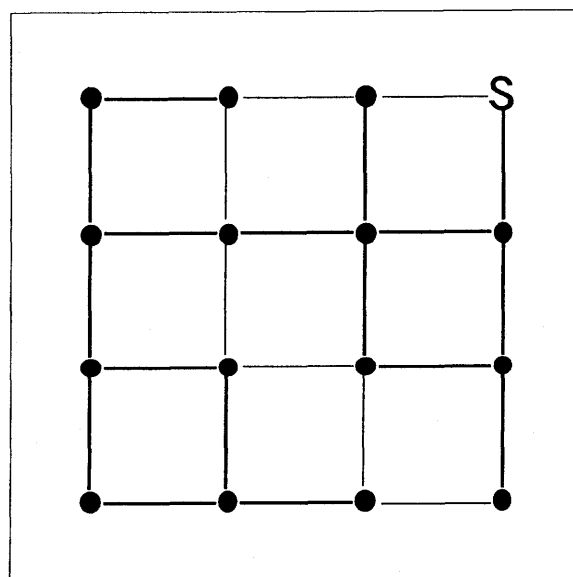


Fig.4-1 刺激図版例 (縮尺50%)

断がついている場合と同質であるかどうかを評価するため、次の手続きをとった。

練習試行ではほぼ同じテンポで読み上げられるようになった20試行を基準データとした。この基準データをもとに各試行についてスミルノフーグラフス棄却検定( $p < 0.05$ )により同質であるかどうか判断し、棄却されなかった最大の線幅と標準刺激の線幅との差を「線幅差」とした。

## 第2節 結果と考察

### 1. 結果

効率よく認知課題を遂行することのできる線幅差をTable 4-1に示した。0.5mm標準刺激と0.8mm標準刺激で比較すると0.8mm刺激における線幅差の方が大きく、近距離視力0.1以上の群よりも近距離視力0.1未満の群の方が線幅差は大きい傾向が示されている。

近距離視力と線幅差の関係を検討するために、Fig.4-2～4-5にその関係を示し、図中に近距離視力を予測変数、線幅差を目的変数として求めた予測式も示した。近距離視力は視力値の逆数を取り視角値（分）を、線幅差に関しても視角値（分）を用いている。近距離視力と線幅差の相関係数を求めたところ、0.5mm標準刺激では中間透光体混濁弱視シミュレーション  $r=0.78$  ( $F=24.97, df=1/16, p<0.01$ )、屈折異常弱視シミュレーション  $r=0.79$  ( $F=26.13, df=1/16, p<0.01$ )、0.8mm標準刺激では中間透光体混濁弱視シミュレーション  $r=0.67$  ( $F=13.06, df=1/16, p<0.01$ )、屈折異常弱視シミュレーション  $r=0.77$  ( $F=23.45, df=1/16, p<0.01$ )であり、すべての標準刺激で相関がみられた。近距離視力が低くなるほど線幅差は大きいといえる。

次に標準刺激と弱視シミュレーションによって線幅差に相違があるのかどうかを検討するため、標準刺激と弱視シミュレーションの2要因の分散分析を行った。その結果、交互作用が有意であり ( $F=7.06, df=1/17, p<0.05$ )、弱視シミュレーションの単純主効果を検定したところ有意な差はなく (0.5mm標準刺激における単純主効果： $F=1.94, df=1/17, n.s.$ ；0.8mm標準刺激における単純主効果： $F=2.47, df=1/17, n.s.$ )、見え方の違いにより線幅差に差はないことが明らかとなった。また、標準刺激の単純主効果の分析の結果では、中間透光体混濁弱視シミュレーションおよび屈折異常弱視シミュレーションで、0.5mm標準刺激よりも0.8mm標準刺激の方が線幅差は大きいことが明らかになった (中間透光体混濁における単純主効果： $F=18.00, df=1/17, p<0.01$ ；屈折異常における単純主効果：

$F=212.17, df=1/17, p<0.01$ )。

Table 4-1 各標準刺激における必要な線幅の差の平均値と標準偏差

標準刺激		中間透光体混濁		屈折異常	
		視力0.1以上	視力0.1未満	視力0.1以上	視力0.1未満
0.5mm	Mean	0.20	0.35	0.21	0.31
	S.D.	(0.02)	(0.06)	(0.03)	(0.07)
	N	6	12	6	12
0.8mm	Mean	0.30	0.41	0.34	0.44
	S.D.	(0.05)	(0.09)	(0.04)	(0.04)
	N	6	12	6	12

※単位はmmである。

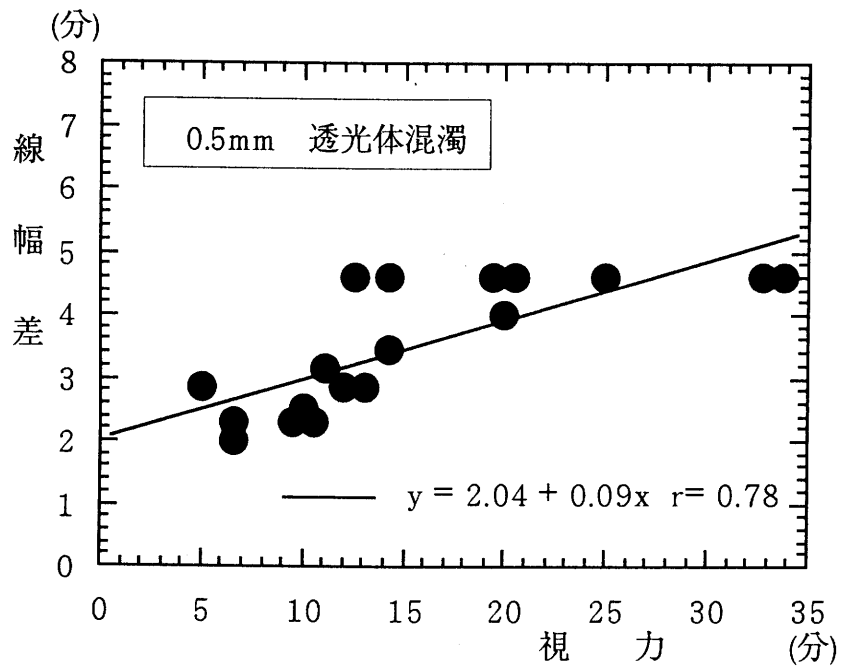


Fig.4-2 近距離視力と効率のよい線幅差の関係

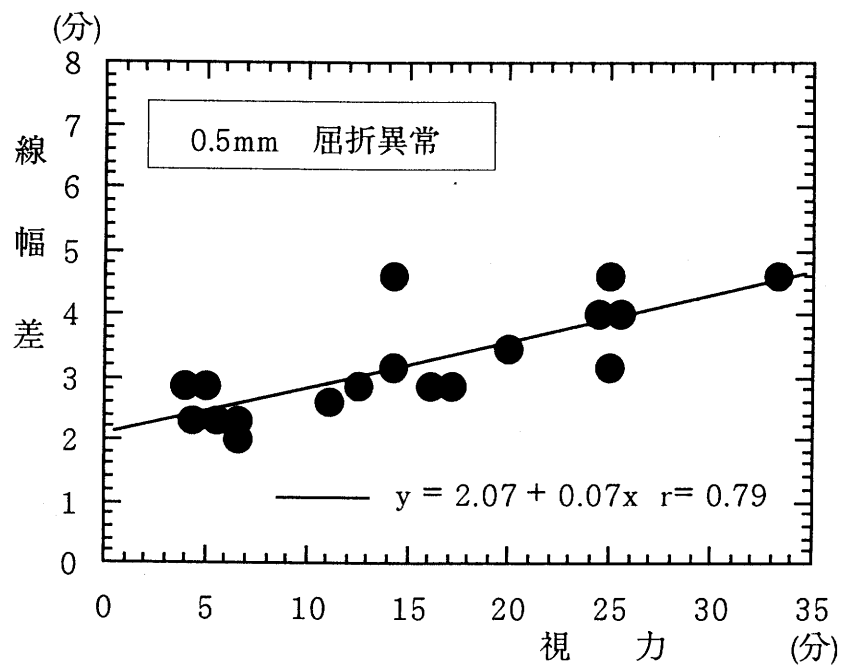


Fig.4-3 近距離視力と効率のよい線幅差の関係



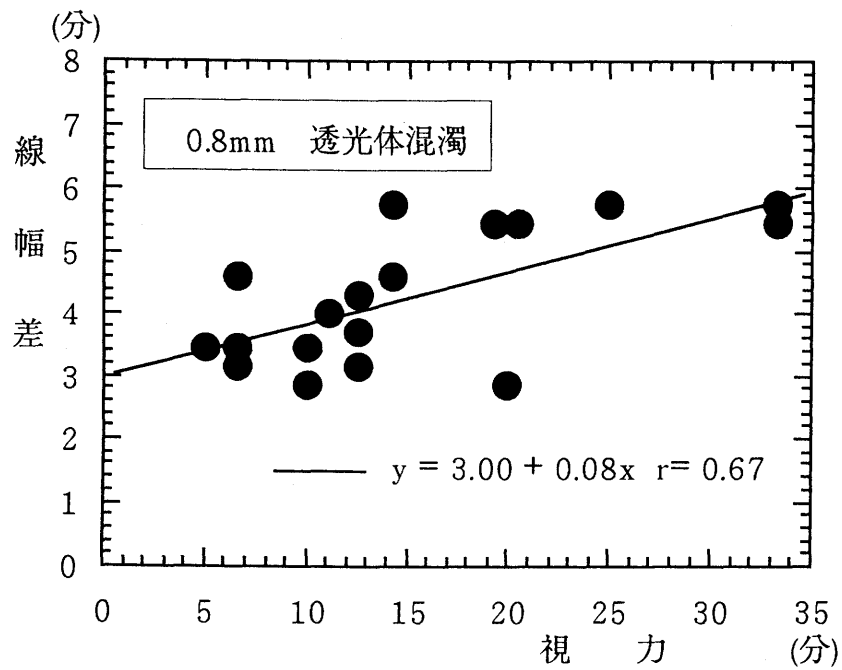


Fig.4-4 近距離視力と効率のよい線幅差の関係

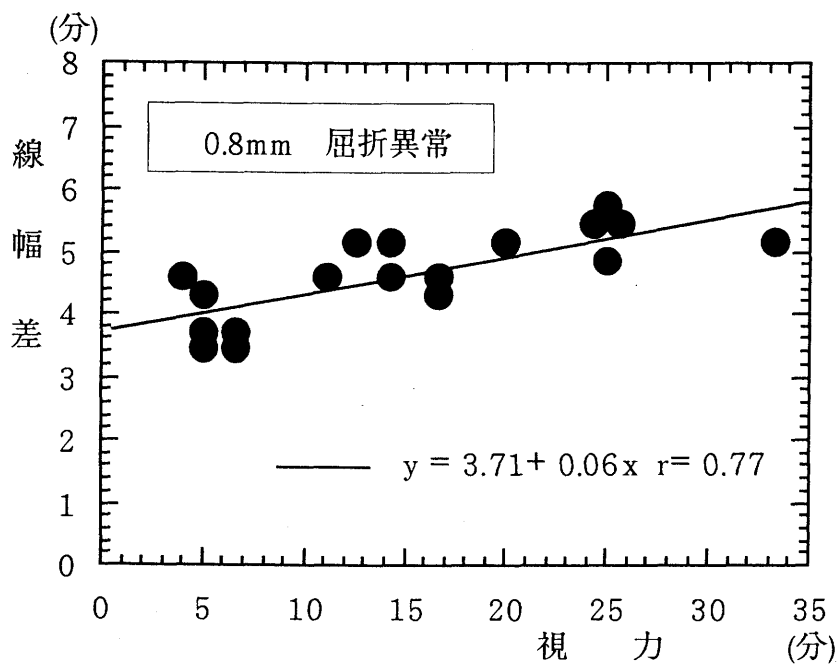


Fig.4-5 近距離視力と効率のよい線幅差の関係

Table 4-2 弱視シミュレーションと標準刺激の分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
個人差	0.31	17	0.02	
シミュレーション	0.0003	1	0.0003	0.07 n. s.
偶発誤差	0.08	17	0.005	
標準刺激	0.18	1	0.18	171.79 **
偶発誤差	0.02	17	0.001	
シミュレーション×標準刺激	0.02	1	0.02	7.06 *
偶発誤差	0.04	17	0.002	
全体	0.64	71		

\*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$ 

Table 4-3 交互作用の分析表

変動因	平方和	自由度	平均平方	F
<u>シミュレーション</u>				
0.5mm標準刺激	0.006	1	0.006	1.94 n. s.
偶発誤差	0.05	17	0.003	
0.8mm標準刺激	0.01	1	0.01	2.47 n. s.
偶発誤差	0.07	17	0.004	
<u>標準刺激</u>				
透光体混濁	0.05	1	0.05	18.00 **
偶発誤差	0.04	17	0.003	
屈折異常	0.15	1	0.15	212.17 **
偶発誤差	0.01	17	0.0007	

\*\*  $p < 0.01$

## 2. 考察

近距離視力と線幅差の相関の分析から、視力が低くなるほど線幅差も大きくなることが示された。近距離視力は最小分離閾を基本理念として測定しているが、今回測定された線幅差が、同様に最小分離閾あるいは、それに近い精度であるのであれば、近距離視力と線幅差は  $y = x$  の関係をもつことになる。Fig.4-2～4-5に示した予測式は  $y = 0.1x$  に近似した値を示している。このことは、線幅差は視力測定時のランドルト環の切れ目幅の10分の1にあたるといえ、個々の弱視児に適した教材を提供する場合など、有効な情報であると考えられる。ただし、標準刺激と弱視シミュレーションの分散分析の結果から、標準刺激が大きい方が線幅差も大きいという結果も得られた。教材作成時など、視力のみからの線幅差の決定だけでなく、主として用いる線の太さも考慮しなくてはならない。

また、実験2の弁別閾の測定では、中間透光体混濁と屈折異常という2つの見え方に差が生じていたが、効率よく2線の太さを判断しながら課題を遂行するという本実験においては、両者に差がみられなかった。中間透光体混濁のある場合には、文字の認知などでは白黒反転が有効であることが報告されている(Legge, Rubin, and Schleske, 1987; 中野, 1991)が、線幅の差の認知に関しては、見え方の違いよりも近距離視力に規定される面が強いといえる。実験2、実験3とも2本の線の太さを判断する課題である。実験内容の違いは、実験2においては、単に2本の線の太さ判断するだけであるのに対して、実験3では線の太さを判断しながら指定された太さの線を追う課題が用いられている。2本の線を判断する課題と比較して、線幅の太さの判断に課題が追加されたことにより、コントラストの低下やぼけのような見え方の特性が線幅差の認知に影響を及ぼさなかった可能性もある。どのような条件の場合に、見え方の違いにより差が生じるのか明らかにすることも必要である。

実験2の結果から0.5mm標準刺激での2線の平均弁別閾は、近距離視力が0.1以上の群では弱視者0.06mm、中間透光体混濁、屈折異常弱視シミュレーションとも0.1mmであり、近距離視力が0.1未満の群では弱視者

0.14 mm, 中間透光体混濁, 屈折異常弱視シミュレーションとも弱視シミュレーション0.12 mmである。効率のよく線幅を識別できる線幅差は, 平均値の結果から, 近距離視力0.1以上の群では線幅差は0.2 mmであり, 弁別閾の2倍から3倍程度にあたる。近距離視力0.1未満の群では0.31 mm～0.35 mmであり, 弁別閾のおよそ3倍であり, 実際の認知に必要な大きさは閾値の数倍であることを考えると, 本研究で得られた弁別閾と線幅差の関係は妥当な値を示していると考えられる。

## 第 5 章

### 線の種類の可視性に関する検討

## 第1節 実験計画と目的

本実験では、弱視児・者が認知可能な破線、点線、鎖線の線幅に関して基礎的な資料を収集することと、これらの線種により可視性に違いがあるか否かを検討することを目的としている。この線幅の検討は、実験1と同様に各視力値における最小視認閾を測定するものではなく、効率よく認知課題に取り組むことのできる最小の線幅の測定であり、測定された線幅を本実験において「有効線幅」と呼ぶこととする。さらに実際の教材作成を行う場合に作成が容易であり、かつ実用上現実的な0.1mm以上の線幅を用いることとする。

また、中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションにより実線について検討した実験1では、中間透光体混濁の方が有効線幅は太いことが明らかになった。このことは、弱視児・者の視機能について考えるとき、多くの場合まず検討される視力だけでなく、他の要因をも考慮しなくてはならないことを示している。そこで、まず実験1と同一の弱視シミュレーションによって、視力以外の視機能の関与を最小限におさえた条件のもとで検討を行うこととする（実験4-1）。弱視シミュレーションでは、光学系の視力低下と考えられる中間透光体混濁と屈折異常の状況を晴眼被験者に施し、これらの条件で、実線以外の線種では、どの程度の線幅の線まで認知することができ、線種により可視性が異なるのかどうかを検討することを目的とする。次に、弱視者を対象として同一の実験を行い実線以外の線種による有効線幅と線種の可視性について検討を行う（実験4-2）。これは弱視者が先天的あるいは後天的に障害をもち、その状態で視経験を重ねてきている点、および弱視シミュレーションすることのできない眼疾患も存在する点を踏まえて、実際の弱視者において線種による有効線幅とそれぞれの可視性について検討することを目的としている。

## 第2節 実験4-1の方法と結果

### 1. 目的

弱視シミュレーションによる低視力状態で、破線、点線、鎖線はどの程度の線幅まで認知することができるのか、さらに線種により可視性に相違があるか否かを検討することを目的とする。

### 2. 方法

#### 1) 被験者

実験は晴眼者10名を対象とした。各被験者には遮蔽膜（リーサー眼鏡箔）を使用した中間透光体混濁と、凸レンズを使用した屈折異常の2条件の弱視シミュレーションを設定した。すなわち、被験者は中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションの両条件を試行する。その際、近距離視力をマッチングさせ近距離視力0.1以上0.3未満に5名、近距離視力0.1未満に5名をそれぞれ割り当てた。

#### 2) 実験材料

A4用紙に横7、縦5個の数字をランダムに配置し、左上の位置（黒丸）から、20本の線分で各数字を結びつけた。文字サイズは48ポイントとし、線幅を0.1mmから1.5mmまで対数ではほぼ等間隔となるように10種類を、線の種類は破線、点線、鎖線の3種類を設定した。検査図版例および線種をFig.5-1に示した。文字サイズ、線幅、線種、弱視シミュレーションの方法は次の通りである。

##### (1) 文字サイズ

48ポイント活字を用いた。48ポイント活字の大きさは約16.9mm（実寸約11.8mm）の大きさであり、実寸値を実験時の視距離30cmで換算すると視角およそ2.25°となる。視力0.04の視角は0.417'であるので、刺激に用いた数字の中で最も複雑な「8」は理論的には0.417'の5倍、すなわち視角2.085°あれば認知が可能であると考えられる。

## (2) 線幅

最大1.5mmから最小0.1mmの間を対数でほぼ等間隔となるような値をとった。実際の幅は、1.5, 1.1, 0.8, 0.6, 0.45, 0.35, 0.25, 0.2, 0.15, 0.1mmである。なお、印刷された刺激は、Peak製Scale Lupe×10により、意図とおりの線幅になっていることの確認を行った。

## (3) 線種

線種はFig.5-2に示したように、破線、点線、鎖線とした。破線は長さ5mmの短線を1mmのスペース、点線は長さ1mmの短線を1mmのスペース、鎖線は長さ10mmと1mmの短線を1mmのスペースをはさんで交互に並べるという基準で作成した。短線の長さおよび1mmのスペースは、Peak製Scale Lupe×10により意図とおりの大きさになっていることの確認を行った。

## (4) 弱視シミュレーションの方法

本実験では中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションを行った。中間透光体混濁弱視シミュレーションは遮蔽膜を張り付けた眼鏡の装着により、屈折異常弱視シミュレーションは凸レンズの装着により実施した。凸レンズに関しては、実験中に被験者の調節力により測定された視力値が向上する可能性もあるため、実験条件の変化に伴い適宜視力検査を行い、実験開始前の視力値が一定となるよう凸レンズを変更した。また、検査図版観察中は、目を細めないように指示した。

### 3) 実験手続き

被験者は、中間透光体混濁の弱視シミュレーションの眼鏡が処方された後、刺激前30cmに顎台により頭部を固定され、5回の練習試行の後、各線種ごとに1.5mmの線幅から下降系列によって検査が実施された。被験者は、刺激左上の黒丸から線で結び付けられた数字をすべての試行において同じテンポで読むことを要求された。また、数字の読み誤りを気にせず先へ進むことが教示された。最初の数字から最後の数字を読み終えるまでの時間を所要時間として測定した。また、線種の提示は被験者間およびシミュレーション条件間でランダムとした。なお、シミュレーションにより刺激の数字が読めない場合は、刺激との視距離を25cm、あるいは20cmとして



実験を実施した。また、刺激表面照度は、550lxとした。

さらに、屈折異常のシミュレーション実験は、中間透光体混濁のシミュレーション実験終了後1週間以上経過した後に、同一の手続きで同一被験者に視力マッチングして試行された。

#### 4) 結果の処理

被験者に各試行を同じ速さで読むように指示した。これは、シミュレーションによる低視力状態では、線幅が最小視認閾に近づくと線の存在は認識できても、十分に見えている線と同じような速度で課題を遂行することが困難になると予想したためである。実際に、極端に所要時間のかかった線幅が存在した。本研究は、最小視認閾の測定が目的ではなく、十分に見えている線幅と同じ精度で課題を遂行できる有効線幅を検討することを目的としている。そこで、それぞれの線幅を用いた試行での課題遂行に要した時間について、スミルノフグラフスの棄却検定 ( $p<0.05$ ) を行い、十分に認知されている線幅のもとで課題を遂行した所要時間よりも統計的に有意に多くの所要時間を要した線幅を除外した。そして、棄却検定により棄却されなかった最小の線幅を有効線幅として分析を行った。

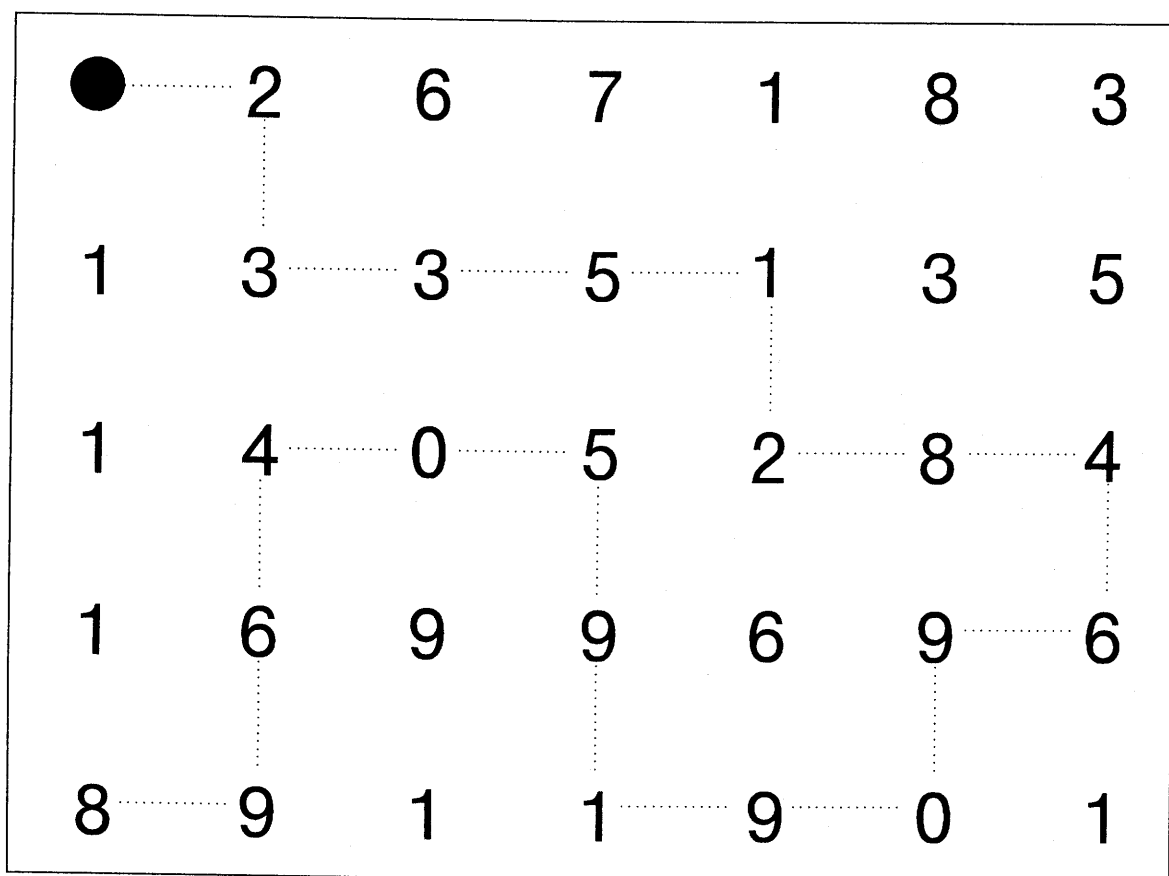


Fig.5-1 刺激図版例 (縮尺57%)

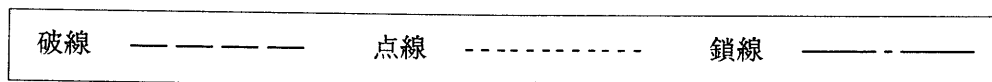


Fig.5-2 実験に使用した線種

### 3. 結果

弱視シミュレーションにより得られた有効線幅の平均値と標準偏差を Fig.5-3 に示した。中間透光体混濁の弱視シミュレーションと屈折異常の弱視シミュレーションでは、中間透光体混濁での有効線幅の方が太いという傾向が示され、また線種でみたとき、点線の有効線幅は他の線種よりも太いという傾向がみられる。弱視シミュレーションにより有効線幅に違いがあるのか、また線種により有効線幅が異なるのか、視力と有効線幅にはどのような関係が存在するのか分析を行う。

#### 1) 弱視シミュレーションに関する分析

弱視シミュレーションと線種の 2 要因の分散分析を行い、その結果を Table 4-1 に示した。交互作用が有意であり ( $F=6.98, df=2/18, p<0.01$ ) , 単純主効果検定の結果、すべての線種において中間透光体混濁弱視シミュレーションでの有効線幅の方が、屈折異常の弱視シミュレーションよりも有意に太いことが明らかとなった (破線:  $F=6.74, df=1/9, p<0.05$  ; 点線:  $F=8.90, df=1/9, p<0.05$  ; 鎖線:  $F=5.43, df=1/9, p<0.05$ ) 。同様に、それぞれの弱視シミュレーションに関しても単純主効果検定の結果、有意であり (屈折異常:  $F=9.28, df=2/18, p<0.01$  ; 透光体混濁:  $F=8.41, df=2/18, p<0.01$ ) , LSD 法による多重比較の結果、破線と鎖線の有効線幅に差は認められないが、点線は他の線種よりも有意に有効線幅が太いことが示された (屈折異常:  $MSe=0.97, p<0.05$  ; 中間透光体混濁:  $MSe=5.37, p<0.05$ ) 。

本実験では、中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションしか行っていないが、同じ視力値であっても眼疾患により必要とする線幅は異なることが指摘できる。また、線の種類によっても必要とする線幅は異なるといえる。特に本研究で設定した 1 mm の短線を 1 mm のスペースで配置した点線の有効線幅は、他の線種と比較して太いことが明らかとなった。

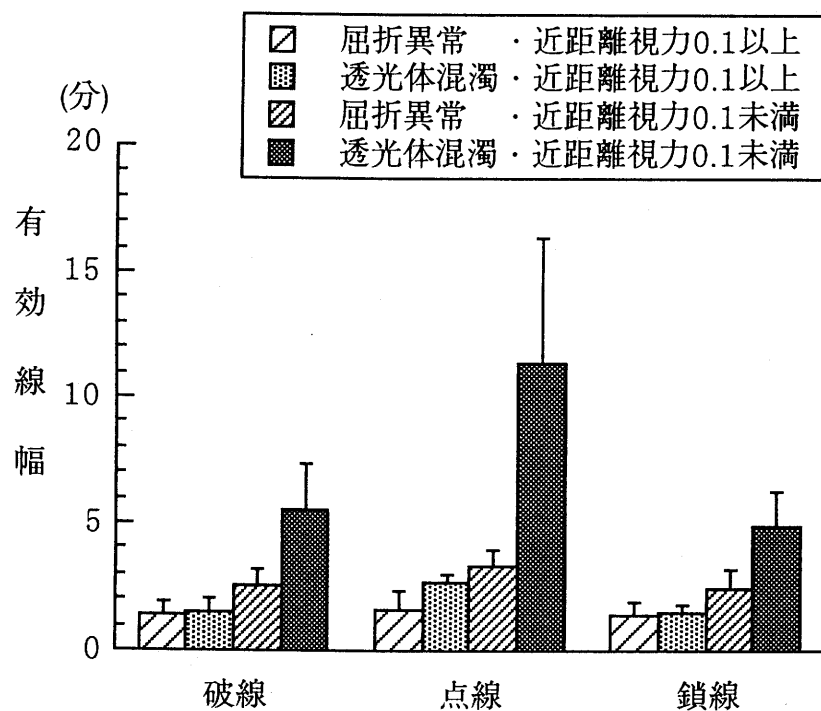


Fig.5-3 各線種における平均有効線幅

Table 5-1 弱視シミュレーションと線種による分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
個人差	219.91	9	24.43	
シミュレーション	89.69	1	89.69	8.94 *
偶発誤差	90.28	9	10.03	
線種	58.79	2	29.40	9.55 **
偶発誤差	55.39	18	3.08	
シミュレーション×線種	33.36	2	16.68	6.98 **
偶発誤差	43.02	18	2.39	
全体	590.45	59		

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01

Table 5-2 交互作用の分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
<u>シミュレーション</u>				
破線	11.95	1	11.95	6.74 *
偶発誤差	15.96	9	1.77	
点線	103.38	1	103.38	8.90 *
偶発誤差	104.55	9	11.62	
鎖線	7.73	1	7.73	5.43 *
偶発誤差	12.80	9	1.42	
<u>線種</u>				
屈折異常	1.79	2	0.90	9.28 **
偶発誤差	1.74	18	0.11	
透光体混濁	90.35	2	45.18	8.41 **
偶発誤差	96.68	18	5.3	

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01

## 2) 近距離視力と有効線幅に関する分析

視力が低くなれば認知するのに必要な線幅は太くなるのが当然であるが、近距離視力と線幅にどのような関係があるのかを検討した。Fig.5-4～Fig.5-6に各線種ごとに近距離視力検査で得られた視角（分）と有効線幅（分）を用いて散布図を示した。近距離視力と有効線幅の相関係数は破線に関しては、屈折異常弱視シミュレーションで $r=0.74$  ( $F=9.68$ ,  $df=1/8$ ,  $p<0.05$ ), 中間透光体混濁弱視シミュレーションで $r=0.84$  ( $F=19.17$ ,  $df=1/8$ ,  $p<0.01$ )あった。点線に関しては、屈折異常弱視シミュレーションで $r=0.82$  ( $F=16.14$ ,  $df=1/8$ ,  $p<0.01$ ), 中間透光体混濁弱視シミュレーションで $r=0.82$  ( $F=16.56$ ,  $df=1/8$ ,  $p<0.01$ )であり、鎖線に関しては屈折異常弱視シミュレーションで $r=0.67$  ( $F=6.50$ ,  $df=1/8$ ,  $p<0.05$ ), 中間透光体混濁で $r=0.96$  ( $F=102.60$ ,  $df=1/8$ ,  $p<0.01$ )であった。すべての線種で近距離視力と有効線幅との間に相関が認められた。近距離視力を予測変数、線幅を目的変数として求めた予測式を図中に示したが、いずれの予測式についても回帰係数が異なるだけで、近距離視力からの線幅の予測は可能である。

ところで、視力検査において1.0の視力値の場合、ランドルト環の切れ目を弁別できる閾値は60秒であるが、線の認知においては白地上の4秒の黒線を知覚することができる。視力値（視角）と線幅の視角との関係が1対1であるのなら予測式は $y=x$ となるが、視覚識別閾値上の関係は15対1である。つまり $y=0.07x$ の関係がみられることになる。Fig.5-4～Fig.5-6はこの関係を示したものであるが、屈折異常弱視シミュレーションに関してみると、点線以外の線種での回帰係数は理論上の予測式と一致しており、相関係数も有意に高いことからこの関係は信頼できるといえる。また、中間透光体混濁弱視シミュレーションでは、点線以外の線種で屈折異常で得られた回帰係数の3倍に等しく、相関係数も有意に高い。すなわち中間透光体混濁では視力検査における視標の切れ目幅の $1/5$ が有効線幅であり、屈折異常の3倍の太さの線幅が必要であるといえる。

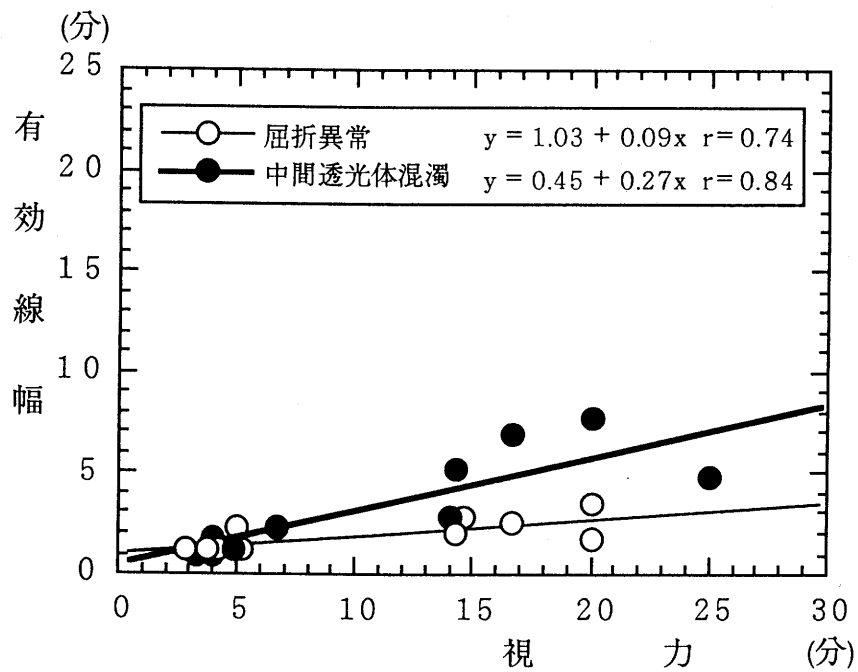


Fig.5-4 破線の有効線幅と近距離視力の関係

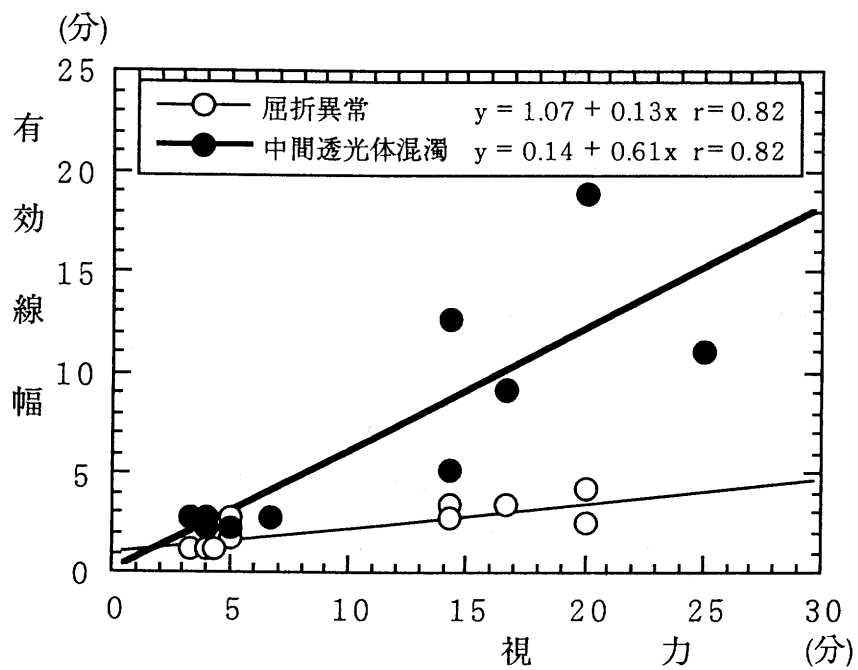


Fig.5-5 点線の有効線幅と近距離視力の関係

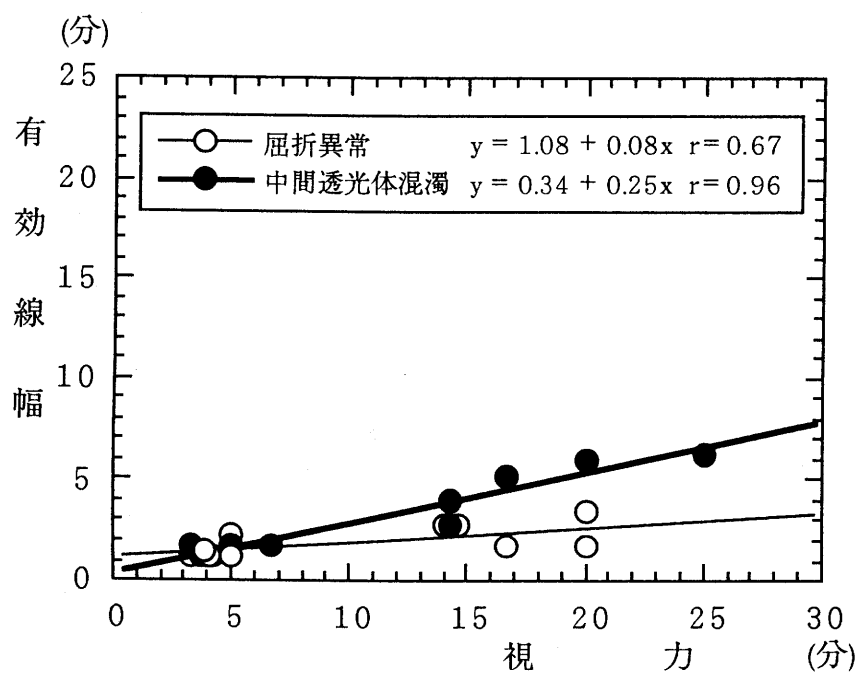


Fig.5-6 鎖線の有効線幅と近距離視力の関係



### 第3節 実験4-2の方法と結果

#### 1. 目的

実験4-1により、中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションによる低視力状態では、破線、鎖線と比較して点線の有効線幅は有意に太く、また、中間透光体に混濁がある眼疾患の場合には、屈折異常と比較してどの線種で有効線幅は太いことが示された。実験4-2では、これらの結果を踏まえた上で、弱視者を対象として実線以外の線の有効線幅、および線種により可視性に相違があるか否かについて検討することを目的とする。

#### 2. 方法

##### 1) 被験者

被験者は知的障害を伴わない弱視者14名であり、被験者の概要をTable 5-3に示した。これらの者のうち、弱視シミュレーションと対応できると考えられるのは、Sub. 3（強度遠視）、5～8（水晶体摘出手術を受けている）であり屈折異常の状態像をもつ。中間透光体混濁に関しては、対応する被験者は14名中に含まれていない。

##### 2) 実験材料

線分を15本にし、弱視シミュレーション実験で使った数字を48ポイントの大きさの記号（○，●，△，▲，□，■，×）に変更した点以外は、実験4-1で用いた材料と同じとした。

##### 3) 手続き

被験者の視力測定後、弱視シミュレーション実験と同一の方法により検査を行った。

刺激表面照度は、450～700lxとした。

##### 4) 結果の処理

実験4-1と同一の方法をとった。

Table 5-3 弱視被験者のプロフィール

被験者	年齢	眼疾患名／視野	遠距離視力	近距離視力		最大視認力
			右 左	右 左 両眼	左	視標 視距離(cm)
Sub. 1	23: 3	未熟児網膜症	0.03 0.05	0.03 0.15	0.09	0.9 13
Sub. 2	28:10	緑内障／中心視野相対暗点	0.04 m.m.	0.25 0.25		0.5 20
Sub. 3	27: 5	強度遠視・眼球振盪	0.25 0.2	0.25 0.3	0.2	0.9 5
Sub. 4	24: 9	角膜不正乱視	0.25 0.1	0.3 0.5	0.3	1.0 10
Sub. 5	24: 3	先天性白内障・術後無水晶体眼	0.1	0.15 0.15		0.4 6
Sub. 6	24: 0	先天性白内障・術後無水晶体眼	m.m. 0.2	0.2 0.2	0.2	0.5 10
Sub. 7	22: 1	小眼球・眼球振盪・術後無水晶体眼	0.1 0.09	0.2 0.25	0.15	0.5 10
Sub. 8	23: 0	小眼球・眼球振盪・術後無水晶体眼	0.03 0.01	0.03 0.04	0.01	0.15 1
Sub. 9	23: 7	視神経萎縮	0.04 0.04	0.05 0.05	0.05	0.25 5
Sub.10	22: 6	小眼球・視神経萎縮	0.1 0.1	0.2 0.2	0.2	0.7 5
Sub.11	21: 9	視神経萎縮／中心暗点	0.1 0.06	0.15 0.15	0.1	0.5 10
Sub.12	27: 1	網膜色素変性／求心性視野狭窄（20度）	0.1 0.1	0.25 0.6	0.6	1.0 15
Sub.13	31: 9	網膜色素変性／求心性視野狭窄（10度）	0.1 0.1	0.4 0.5	0.5	1.0 20
Sub.14	27: 7	網膜色素変性／求心性視野狭窄（10度）	0.08 0.08	0.6 0.6	0.6	1.0 20

### 3. 結果と考察

Fig.5-7に各線種ごとの有効線幅の平均値と標準偏差を示した。点線は、破線および鎖線と比較して、有効線幅は太い傾向が示されている。線種の可視性について検討するため、線種に関して一要因の分散分析を行い、その結果をTable 5-4に示した。線の種類により有効線幅には差がみられ（ $F=7.63, df=2/26, p<0.01$ ）、LSD法を用いた多重比較の結果、破線と鎖線には差はみられないが、点線の有効線幅は他の線と比較して有意に太いことが示された（ $MSe=0.35, P<0.05$ ）。このことから、本研究で設定したような、長さ1mmの短線が1mmの間隔で交互に繰り返されるような点線は、同じ線幅であるのなら弱視者に見にくい線種であることが示された。

また、弱視シミュレーションによる実験4-1では、近距離視力と有効線幅に直線的な関係がみられたが、弱視被験者でも同様な関係が存在するのかどうかを検討した。Fig.5-8～5-10に各線種ごとに散布図を示した。近距離視力と有効線幅との相関係数を求めた結果、破線は $r=0.86$ （ $F=34.56, df=1/12, p<0.01$ ）、点線は $r=0.93$ （ $F=76.37, df=1/12, p<0.01$ ）、鎖線は $r=0.88$ （ $F=40.10, df=1/12, p<0.01$ ）であり、どの線種に関しても高い相関が見られた。図中に、近距離視力（視角）を予測変数、有効線幅（視角）を目的変数とした予測式を示したが、回帰係数は弱視シミュレーションと同じように線種により異なっていることが分かる。破線は鎖線の約2倍の傾きを示したが、分散分析の結果から有意な差は認められていない。一方、点線は鎖線の3倍、破線の2倍の傾きをもち、近距離視力測定時のランドルト環の切れ目幅の約1/5程度の太さが有効線幅であるといえる。

Table 5-4 分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
個人差	40.57	13	3.12	
線種	5.34	2	2.67	7.63 **
偶発誤差	9.10	26	0.35	
全体	55.00	41		

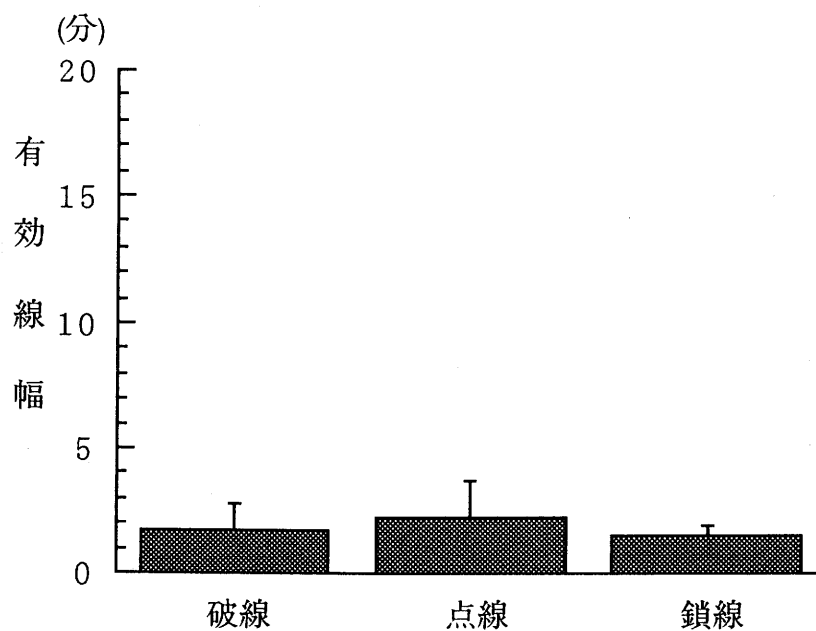
\*\*  $p < 0.01$ 

Fig.5-7 各線種ごとの有効線幅の平均値と標準偏差

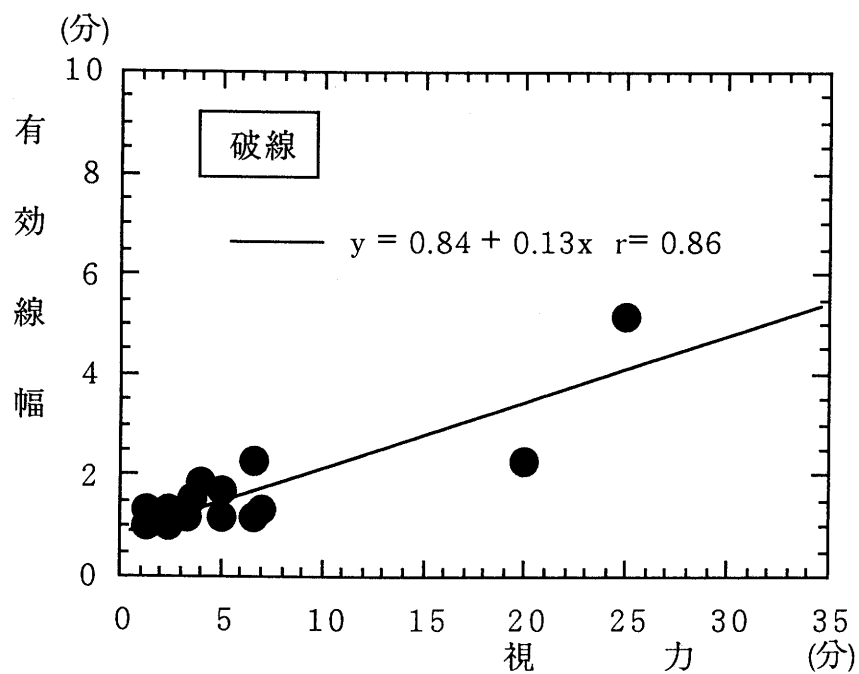


Fig.5-8 破線の有効線幅と近距離視力の関係

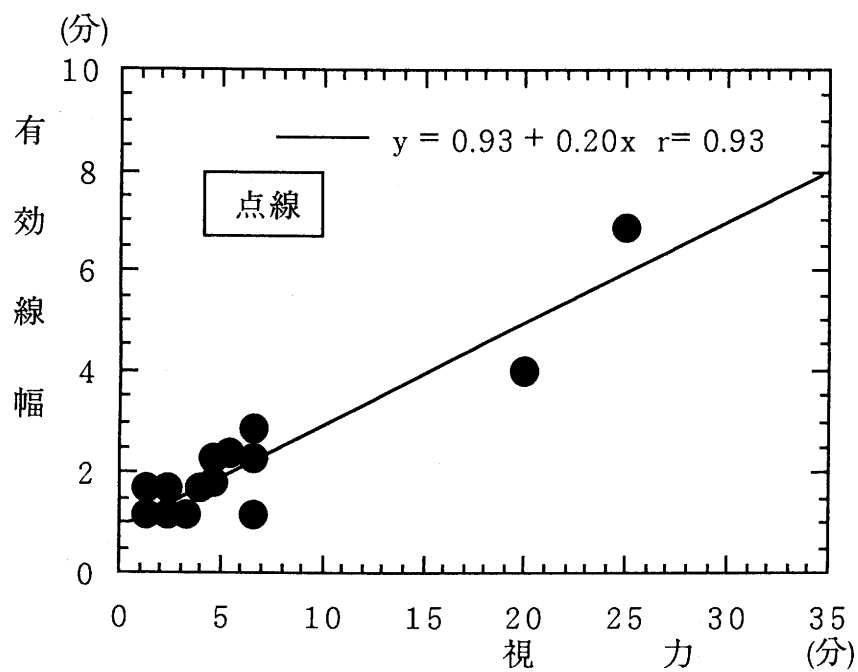


Fig.5-9 点線の有効線幅と近距離視力の関係

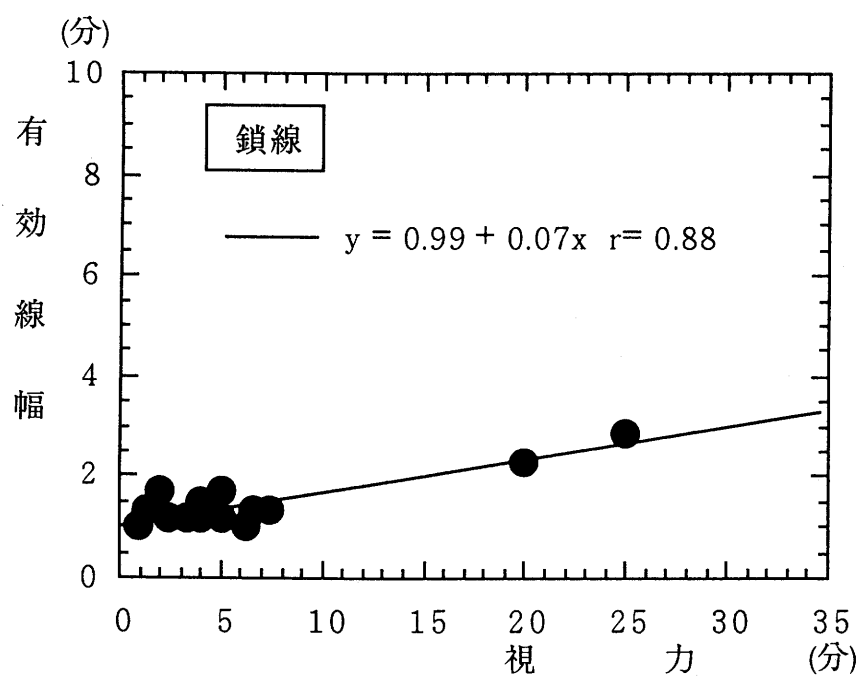


Fig.5-10 鎖線の有効線幅と近距離視力の関係

#### 第4節 線の種類の可視性に関する検討

実験4-1および実験4-2から、線種の可視性について、破線と鎖線と比較して点線の有効線幅は有意に太いことが示された。回帰分析から求められた予測式の回帰係数からみると、点線は破線や鎖線と比較して2倍程度の太さが必要である。すなわち、実線以外の線としては、点線は弱視者にとり見にくい線種であるといえる。ところで、今回用いた線種は、破線、点線、鎖線であるが、線の構成上の短線と短線の間のスペースの部分はすべて1mmである。線種により有効線幅に相違がみられたのは、ただ単にこのスペースの部分に可視性が規定されるのではなく、短線とその間のスペースの全体的な構成により規定されていると考えられる。

短線とその間のスペースの比は、破線が5:1、点線が1:1、鎖線が11:2である。(短線)/(短線+スペース部)の式で、それぞれの線種の構成を数量化した。その結果、破線は0.8、点線は0.5、鎖線は0.82であり、実線を数量化すると1.0となる。これらの値は、実線の可視性を1とすると、点線はその半分の可視性をもつことを示している。Table 5-5に予測式の回帰係数を用いてそれぞれの線種の可視性を整理した。数値の算出は、(実線の予測式の回帰係数)/(求める線種の回帰係数)を用い、実線に関しては実験1の結果を使用している。表から、点線の可視性は実線の0.3から0.5にあり、破線、鎖線でも理論値との大小関係においては一致した結果が得られている。理論的な数値と全く同一の値は得られていないが、線種により可視性が異なる要因の一つとして、線の物理的特性が影響しているといえる。

次に、弱視シミュレーションと弱視被験者の結果について検討を行う。実験4-1では、中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションの2種類の視力低下状態により、線種の可視性を検討した。その結果、中間透光体混濁の方が屈折異常よりも有効線幅は太いことが明らかとなった。これは、実験1-1で検討した実線に関しても同一の結果を得ている。実験4-2では弱視者に同様の検査を実施し、線種の可視性に相違

Table 5-5 線種の可視性の検討

	実線	破線	点線	鎖線
屈折異常	1.0	0.7	0.5	0.8
中間透光体混濁	1.0	0.7	0.3	0.7
弱視被験者	1.0	0.5	0.3	0.9
理論値	1.0	0.8	0.5	0.82

があるのかどうか，また各線種の有効線幅を測定した。被験者14名中に，中間透光体混濁弱視シミュレーションに相当する眼疾患の者は存在していない。水晶体摘出手術を受けているため先天性白内障の眼疾患の者は，状態像としては強度遠視の状態にある。

Fig.5-4からFig.5-6に示した予測式に予測の標準誤差を加え，弱視被験者の結果をプロットしたものがFig.5-11である。中間透光体混濁による予測式との比較においては，破線，点線では予測されるよりも有効線幅が太い被験者はみられず，2名の被験者が予測される有効線幅よりも細く，他の14名の被験者は予測の標準誤差内の結果となっている。また，鎖線では予測されるよりも有効線幅が太い被験者は1名あり，4名の被験者が予測される有効線幅よりも細く，9名の被験者は予測の標準誤差内の結果となっている。鎖線において予測値よりも有効線幅の大きい被験者はTable 5-3中のSub.12であり，眼疾患は網膜色素変性である。遠距離視力，近距離視力は比較的高く，最大視認力は1.0であり，文字の認知には視覚補助具を用いなくてもよい視力値である。ただし，網膜色素変性は進行性の疾患であり，この被験者は視力低下が進行してから時期のあまり経過していないことから，視力が低下する前の印象との比較で，視力が比較的高くても，心理的に見えにくさを感じている可能性が考えられる。



屈折異常弱視シミュレーションから得られた予測式と弱視被験者の比較においては、破線、点線において2名が予測された有効線幅よりも太く、鎖線においてはすべての被験者が予測の標準誤差内にある。2名は、Table 5-3中のSub. 5, Sub. 8である。Sub. 5の眼疾患は先天性白内障で水晶体摘出手術を受けているが、同一眼疾患のSub. 7や強度遠視のSub. 3は、標準誤差内にある。また、Sub. 8は小眼球・眼球振盪であり、原田(1989)が指摘するように、小眼球は眼球の発生過程において、その発育が停止あるいは不十分であるために生ずるものであることから、眼球が小さいこと以外にも眼球各部に各種の先天異常が生じている可能性が大きく、光学的に視力低下を施した弱視シミュレーションの結果から予想されるより有効線幅が太くなったと考えられる。しかし、他の弱視被験者の場合、視力以外の視機能の状態を正常とした弱視シミュレーションとほぼ一致する結果が示され、線の認知は視力に規定される面が強いといえる。また、本研究では中間透光体に混濁をもつ弱視被験者は存在していないが、混濁がない場合、Fig.5-11の中間透光体混濁と屈折異常のそれぞれの弱視被験者の結果との適合性をみると、屈折異常の予測式により適合性が高いと考えられる。

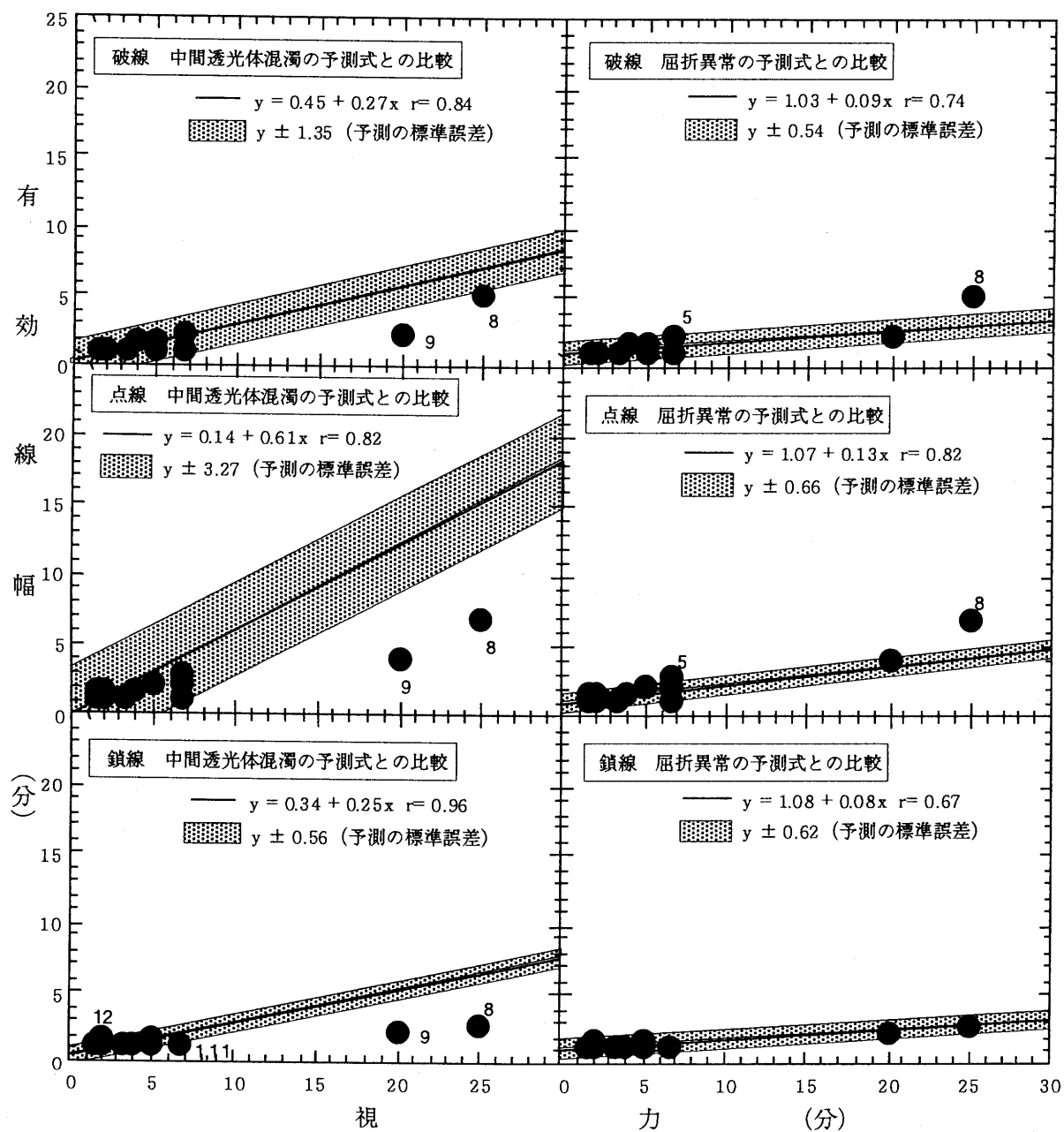


Fig.5-11 弱視被験者の結果と弱視シミュレーションの結果の適合性

図中の数字は予測の標準誤差から外れた被験者であり、Table 5-3の被験者番号を示した。

## 第 6 章

### 認知に適した破線の条件に関する検討

## 第1節 実験5の目的と方法

### 1. 目的

実験4から本研究で設定した点線の有効線幅は、破線や鎖線と比較して太いことが明らかとなった。これらの線種の構成は、短線の長さに違いはあるが、短線の間スペースはすべて1 mmであり、線の構成により可視性が異なることが示された。また、それぞれの線は、第5章のFig.5-1に示したように単独で提示したため、破線が破線とは認知されないが線の存在だけが認められていた可能性も残っている。

そこで、本実験では様々な構成の破線を実線と同時に提示し、実線と区別がつく認知しやすい破線の条件を検討することを目的とする。

### 2. 方法

#### 1) 被験者

晴眼者5名を対象とした。各被験者には遮蔽膜（リーサー眼鏡箔）を使用した中間透光体混濁と、凸レンズを使用した屈折異常の2条件の弱視シミュレーションで課題作業を試行させた。被験者は中間透光体混濁弱視シミュレーション、屈折異常弱視シミュレーションの2条件の弱視シミュレーションを設定した。視力値は近距離視力0.1以上0.3未満に1条件、近距離視力0.1未満に2条件設定した。

#### 2) 実験材料

Fig.6-1に示したように、縦4、横4の黒点を実線で結びつけ、その中の連続した6～8本の線分を破線で結びつけたものを刺激とした。実線および破線の線幅は0.3、0.5、0.7 mmとし、破線の構成は短線を1～5 mmの5段階、短線の間スペースを0.5 mmと1～5 mmの6段階設定し、計の30種類を作成した。使用した破線の構成をTable 6-1に示した。なお、作成した刺激は、Peak Scale Lupe×10により意図通りの線幅および破線の構成になっていることを確認した。

#### 3) 弱視シミュレーションの方法

本実験では中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションを行っ

た。中間透光体混濁弱視シミュレーションは遮蔽膜を張り付けた眼鏡の装着により，屈折異常弱視シミュレーションは凸レンズの装着により実施した。凸レンズに関しては，実験中に被験者の調節力により測定された視力値が向上する可能性もあるため，実験条件の変化に伴い適宜視力検査を行い，実験開始前の視力値が一定となるよう凸レンズを変更した。また，検査図版観察中は，目を細めないように指示した。

#### 4) 手続き

破線で結ばれた黒点の方向を同じテンポで読み上げ，線を追う認知課題を用いた。実験は，顎台により視距離を30cmに固定して行い，刺激表面照度は550lxとした。

#### 5) 結果の処理

弱視シミュレーションにより実線と破線の区別がつかない場合や，破線が見えない場合は，線分の方角を読み上げることができないが，かすかにでも分かる場合は十分に判断できている場合に比べ読み上げる速度が遅くなると考えられた。この読み上げる速度が遅くなった試行が，十分に判断がついている場合と同質であるかどうかを評価するため，スミルノフ-グラブス棄却検定( $p < 0.05$ )により判断し，棄却されなかった構成の破線を用いて分析にあたる。

また，1名の被験者に，弱視シミュレーション2条件，視力値3条件を設定したが，検査図版中の実線と破線の区別がつかない場合，および実験中に視力値の変動が大きい場合を除いて分析を行った。そのため，5名の被験者により弱視シミュレーションと視力値の設定で24条件が分析対象となった。

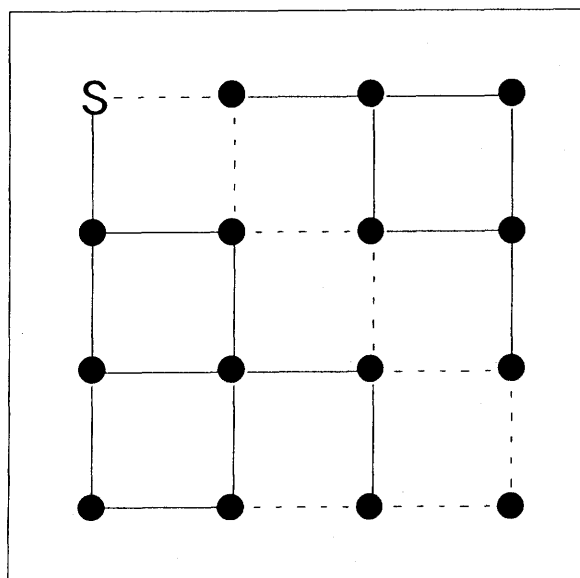


Fig.6-1 刺激図版例 (縮尺50%)

また、データは見たか見えないかの1, 0のデータであり、設定した30種類の線種ごとの正答数を算出し、これを角変換した値により分析を行った。

Table 6-1 実験で使⽤した破線の構成

スペースの 長さ	短 線 の 長 さ				
	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
0.5mm	-----	-----	-----	-----	-----
1mm	-----	-----	-----	-----	-----
2mm	-----	-----	-----	-----	-----
3mm	-----	-----	-----	-----	-----
4mm	-----	-----	-----	-----	-----
5mm	-----	-----	-----	-----	-----

## 第2節 結果と考察

### 1. 結果

実験4における線種の可視性の検討では、使用した線種の構成として短線と短線の間のスペースはすべて1mmとした。結果として、破線、鎖線と比較して点線の有効線幅は太いことが明らかになったことから、これらの違いは、短線の長さとスペースで決定される構成に可視性が影響されると考えられた。そこで、破線の構成を

$(\text{短線の長さ} - \text{スペースの長さ}) / (\text{短線の長さ} + \text{スペースの長さ})$ の式により分類し、Fig.6-2に正答率を示した。0.3mm, 0.5mm, 0.7mmにおけるすべての条件のデータを使用している。上記の式により表された破線の種類は、値が0の時、短線とスペースの長さの比が等しくなり、負の値ではスペースの占める割合が多くなり、正の値で短線の占める割合が大きくなる。実験4の結果として、短線とスペースからなる線の構成で可視性が異なることが予想されたがFig.6-2からは、必ずしもそうではない傾向が示されている。構成として比が0.0である線は5種類設定したが、1種類だけ正答率が50%代にあり、他の4種類は正答率80%を越えている。また、比が0.33の線は3種類設定したが、正答率の低いものは40%代にあり、高いものは約80%の正答率である。

#### 1) 全体的傾向

まず、①中間透光体混濁と屈折異常弱視シミュレーションで正答数に差があるか否か、②線幅として0.3mm, 0.5mm, 0.7mmを設定したが線幅により正答数に差があるか否か、について検討した。線幅と弱視シミュレーションの2要因の分散分析の結果をTable 6-2に示した。その結果、線幅と弱視シミュレーションの交互作用が有意であり( $F=27.78, df=2/87, p<0.01$ )、単純主効果を分析した結果、Table 6-3に示したとおり、屈折異常弱視シミュレーションでは、0.3mm, 0.5mm, 0.7mmの線幅の正答数に差はみられなかった( $F=0.41$ ,

df=2/87, n.s.)が、中間透光体混濁では0.3mm, 0.5mm, 0.7mmの線幅の正答数に差がみられ( $F=9.82$ , df=2/87,  $p<0.01$ ), L S D法による多重比較の結果, 0.3mmの破線は, 0.5mmおよび0.7mmの破線よりも正答数が少ないことが明らかになった( $MSe=319.37$ ,  $p<0.05$ )。また, 0.3mmの線幅の破線では屈折異常弱視シミュレーションの方が正答数が多く( $F=32.58$ , df=1/87,  $p<0.01$ ), 0.5mmの線幅の破線では中間透光体混濁弱視シミュレーションの正答数が多く( $F=6.96$ , df=1/87,  $p<0.05$ ), 0.7mmの線幅の破線でも中間透光体混濁弱視シミュレーションの正答数が多いことが明らかになった( $F=16.34$ , df=1/87,  $p<0.01$ )。

また, 実験1における実線の有効線幅や実験4で設定した破線, 点線, 鎖線の有効線幅は近距離視力と有意な相関が見られたが, ここでは, 近距離視力0.1以上と0.1未満の2群で比較する。近距離視力と本実験で設定した線幅の2要因の分散分析の結果は, Table 6-4に示したように交互作用が有意であった( $F=3.19$ , df=1/87,  $p<0.05$ )。Table 6-5に示したとおり, 単純主効果の分析の結果, 近距離視力0.1以上の群では0.3mm, 0.5mm, 0.7mmの線幅の破線に正答数の差はみられなかった( $F=1.17$ , df=2/87, n.s.)。一方, 近距離視力0.1未満の群で単純主効果が有意であり( $F=3.63$ , df=2/87,  $p<0.05$ ), L S D法による多重比較の結果, 0.3mmと0.5mmおよび0.5mmと0.7mmの破線には正答数に差はなく, 0.3mmと0.7mmの線幅の破線間に有意な差がみられた( $MSe=236.62$ )。また, どの線幅においても近距離視力0.1以上の群の方が近距離視力0.1未満の群よりも正答数が多いことが明らかとなった(0.3mmの線幅:  $F=118.23$ , df=1/87,  $p<0.01$ ; 0.5mmの線幅:  $F=55.30$ , df=1/87,  $p<0.01$ ; 0.7mmの線幅:  $F=69.04$ , df=1/87,  $p<0.01$ )。



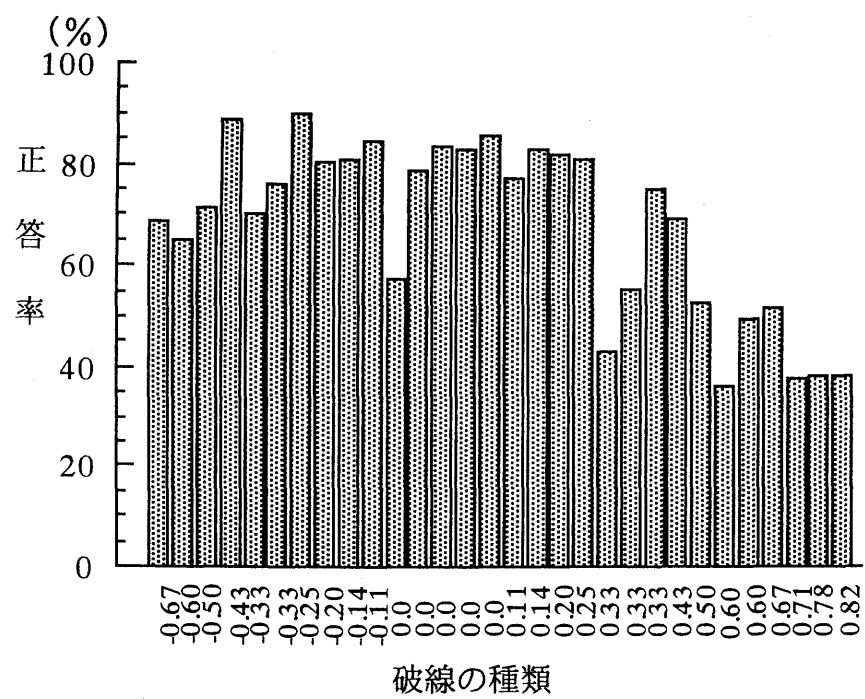


Fig.6-2 破線の構成による正答率

Table 6-2 破線の線幅と弱視シミュレーションの分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
線幅	3854.82	2	1927.41	4.47 *
個人差	37526.19	87	431.34	
シミュレーション	14.46	1	14.46	0.32 n. s.
線幅×シミュレーション	2545.72	2	1272.86	27.78 **
偶発誤差	3985.77	87	45.82	
全体	47926.95	179		

\* p&lt;.05 \*\* p&lt;.01

Table 6-3 交互作用の分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
<u>線幅</u>				
屈折異常	129.28	2	64.64	0.41 n. s.
個人差	13726.75	87	157.78	
透光体混濁	6271.25	2	3135.63	9.82 **
個人差	27785.21	87	319.37	
<u>シミュレーション</u>				
線幅0.3mm	1492.61	1	1492.61	32.58 **
線幅0.5mm	318.92	1	318.92	6.96 *
線幅0.7mm	748.64	1	748.64	16.34 **
偶発誤差	3985.77	87	45.82	

\*p&lt;.05 \*\*p&lt;.01

Table 6-4 破線の線幅と近距離視力の分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
線幅	1915.07	2	957.54	2.35 n. s.
個人差	35524.67	87	408.33	
近距離視力	11806.24	1	11806.24	236.19 **
線幅×近距離視力	319.15	2	159.58	3.19 *
偶発誤差	4348.89	87	49.99	
全体	53914.02	179		

\*p&lt;.05 \*\*p&lt;.01

Table 6-5 交互作用の分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
<u>線幅</u>				
視力0.1以上	517.76	2	258.88	1.17 n. s.
個人差	19288.09	87	221.70	
視力0.1未満	1716.46	2	858.23	3.63 *
個人差	20585.46	87	236.61	
<u>近距離視力</u>				
線幅0.3mm	5910.14	1	5910.14	118.23 **
線幅0.5mm	2764.07	1	2764.07	55.30 **
線幅0.7mm	3451.18	1	3451.18	69.04 **
偶発誤差	4348.89	87	49.99	

\*p&lt;.05 \*\*p&lt;.01

## 2) 線の構成に基づく分析

全体的な傾向から、中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションでは破線の線幅により正答数に差があること、および中間透光体混濁弱視シミュレーションでは0.3mmの破線の正答数が他の線幅の正答数よりも少ないことが示された。そこで、以下の線の構成に関する分析では、0.3mmの線幅のデータを除外し、0.5mmと0.7mmのデータを用いて分析していく。

まず短線の長さにより正答数に差があるのかどうか、短線の長さと弱視シミュレーションの2要因の分散分析を行った。Table 6-6に結果を示したとおり、弱視シミュレーションの主効果が有意であり( $F=16.54$ ,  $df=1/55$ ,  $p<0.01$ )、中間透光体混濁弱視シミュレーションの方が正答数が多いことが示された。また、1mm～5mmの短線の長さにより正答数に有意な差はみられなかった( $F=0.40$ ,  $df=4/55$ , n.s.)。

次に、短線間のスペースにより正答数に差があるのかどうか、スペースと弱視シミュレーションの2要因の分散分析を行った。結果をTable 6-7に示したが、スペースと弱視シミュレーションの交互作用が有意であった( $F=54.91$ ,  $df=5/54$ ,  $p<0.01$ )。各要因の単純主効果の分析はTable 6-8に示したとおり、屈折異常、中間透光体混濁のどちらの弱視シミュレーションでも有意であった(屈折異常： $F=46.96$ ,  $df=5/54$ ,  $p<0.01$ 、中間透光体混濁： $F=28.59$ ,  $df=5/54$ ,  $p<0.01$ )。屈折異常弱視シミュレーションにおける単純主効果は、LSD法による多重比較の結果、スペースが0.5mmの破線は、他の破線よりも有意に正答数が少なく、また、スペースが1mmの破線は、スペースが2mm～5mmの破線よりも有意に正答数が少ないことが明らかになった。また、これら以外の破線間に正答数の差はみられなかった( $MSe=140.24$ ,  $p<0.05$ )。同様に、中間透光体混濁弱視シミュレーションに関してもLSD法による多重比較の結果、0.5mm、1mmのスペースの破線に差はないが、これらは他のスペースの破線よりも有

意に正答数が少ないことが示された。また，0.5 mm，1 mm 以外のスペースの破線を正答数の少ない順に並べると，4 mm，2 mm，3 mm，5 mm となり，4 mm と 3 mm および 5 mm，2 mm と 5 mm のスペースの破線には有意な差がみられた(MSe=30.64,  $p<0.05$ )。

これらのことから，破線の可視性を決定する要因としては短線の長さは影響を及ぼさず，短線間のスペースが0.5 mm と 1 mm である場合，可視性が低くなることが示された。

Table 6-6 短線の長さと弱視シミュレーションの分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
短線の長さ	775.18	4	193.80	0.40 n. s.
個人差	26676.10	55	485.02	
シミュレーション	905.25	1	905.25	16.54 **
短線の長さ×シミュレーション	206.75	4	51.69	0.94 n. s.
偶発誤差	3009.89	55	54.73	
全体	31573.18	119		

\*\* $p<.01$

Table 6-7 スペースと弱視シミュレーションの分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
スペース	24851.35	5	4970.27	47.03 **
個人差	5706.80	54	105.68	
シミュレーション	3579.69	1	3579.69	54.91 **
スペース×シミュレーション	2387.42	5	477.48	7.32 **
偶発誤差	3520.63	54	65.20	
全体	40045.88	119		

\*\*p&lt;.01

Table 6-8 交互作用の分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
<u>スペース</u>				
屈折異常	7193.11	5	1438.62	46.96 **
個人差	1654.36	54	30.64	
透光体混濁	20045.65	5	4009.13	28.59 **
個人差	7573.07	54	140.24	
<u>シミュレーション</u>				
スペース0.5mm	360.15	1	360.15	5.52 *
スペース1mm	861.59	1	861.59	13.22 **
スペース2mm	1446.02	1	1446.02	22.18 **
スペース3mm	1592.93	1	1592.93	24.43 **
スペース4mm	986.17	1	986.17	15.13 **
スペース5mm	720.24	1	720.24	11.05 **
偶発誤差	3520.63	54	65.20	

\*p&lt;.05 \*\*p&lt;.01

## 2. 認知に適した破線の条件に関する考察

弱視児・者に適した破線の条件を検討する上で、弱視児・者の要因として近距離視力に関しては、近距離視力0.1以上と0.1未満の群では、0.1以上の群の方が認知できる破線の種類が多いことが示された。これは、近距離視力を測定するランドルト環の切れ目幅と破線を構成する短線とスペースの関係に基づいていると考えられる。破線の認知がランドルト環の切れ目幅に完全に規定されているのであれば、Table 6-9に示したランドルト環の切れ目幅から視力に適した破線を推測することができることになる。例えば、スペースが0.5mmの破線は、ランドルト環の切れ目幅が0.5mm以下である近距離視力0.15以上の視力値でないと認知できないことになる。さらに視力とは閾値であるため、認知に適したスペースはさらに大きい必要もある。本実験では弱視シミュレーションと近距離視力の設定により24条件で破線の条件を検討したが、近距離視力0.15以上の設定は6条件であった。0.5mmのスペースの破線を認知できた正答率は6/24で25%となるが、Fig.6-2に示した正答率をみてもランドルト環の切れ目幅から推測されるよりも高い正答率である。このことは、ランドルト環の切れ目幅よりも小さいスペースをもつ破線まで認知できることが示されていると考えられる。

また、弱視児・者の要因として2つの見え方の違いを想定して中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションが設定された。結果としては、0.3mmの線幅の破線では屈折異常弱視シミュレーションの方が正答数が多く、0.5mm、0.7mmの線幅の破線では中間透光体混濁弱視シミュレーションの

Table 6-9 近距離視力用  
ランドルト環の切れ目幅

視力値	切れ目幅 (mm)
0.3	0.30
0.25	0.36
0.2	0.45
0.15	0.60
0.1	0.90
0.09	1.00
0.08	1.13
0.07	1.29
0.06	1.50
0.05	1.80
0.04	2.25
0.03	3.00
0.02	4.50

方が正答数が多いことが示された。見え方として統一した結果ではないが、個々の弱視児・者に適した破線の条件を検討するのであれば、眼疾患を中心とした見え方の違いを十分に考慮する必要があることを示していると考えられる。

次に、破線の構成により分析を行った結果、短線の長さは認知に影響を及ぼさないが、短線間のスペースが0.5mmおよび1mmの破線は、他のスペースの破線よりも認知しにくいことが明らかになった。

さらに、本実験で設定した30種類の破線ごとの正答数を分散分析により検討した。中間透光体混濁弱視シミュレーションにおける0.3mmの線幅の破線は、他の線幅の破線よりも有意に正答数が少ないという結果が得られているため、0.5mmと0.7mmの線幅の破線を用いた。その結果を、Table 6-10に示したが、線の構成により正答数には差がみられた( $F=15.52$ ,  $df=29/90$ ,  $p<0.01$ )。LSD法による多重比較の結果( $MSe=57.72$ ,  $p<0.05$ )は、Fig.6-3に整理した。Fig.6-3には、正答率順に整理し短線の長さとスペースの長さも示した。また、多重比較の結果、差がない線種の範囲を矢印付きの線で表してある。対象とする線と比較して有意に正答数が多い破線は右向き矢印よりも右にあり、逆に対象とする線よりも有意に正答数が少ない破線は左向き矢印よりも左にあるものである。この図から、スペースが0.5mmと1mmの破線は正答率が低いことが改めて示されている。また、短線の長さおよびスペースに関する分析では示されなかったが、短線の長さが1mmの破線も正答率が低いことが示されている。

ここで、この正答率80%以上の破線の多重比較の結果をみると、1本を除き最も正答率の高い破線と比較して正答数に差はみられない。さらに、実際に弱視児・者に適した破線は数種類程度示されれば十分であり、Fig.6-3は、すべての視力帯における中間透光体混濁と屈折異常の弱視シミュレーションのデータを用いているため、弱視児・者に適した破線の条件としてこの範囲から考えることは妥当であると考えられる。そこで正答率が80%以上の破線の構成をみると、短線の長さが1mmの破線は1本も存在していない。このことから、スペース

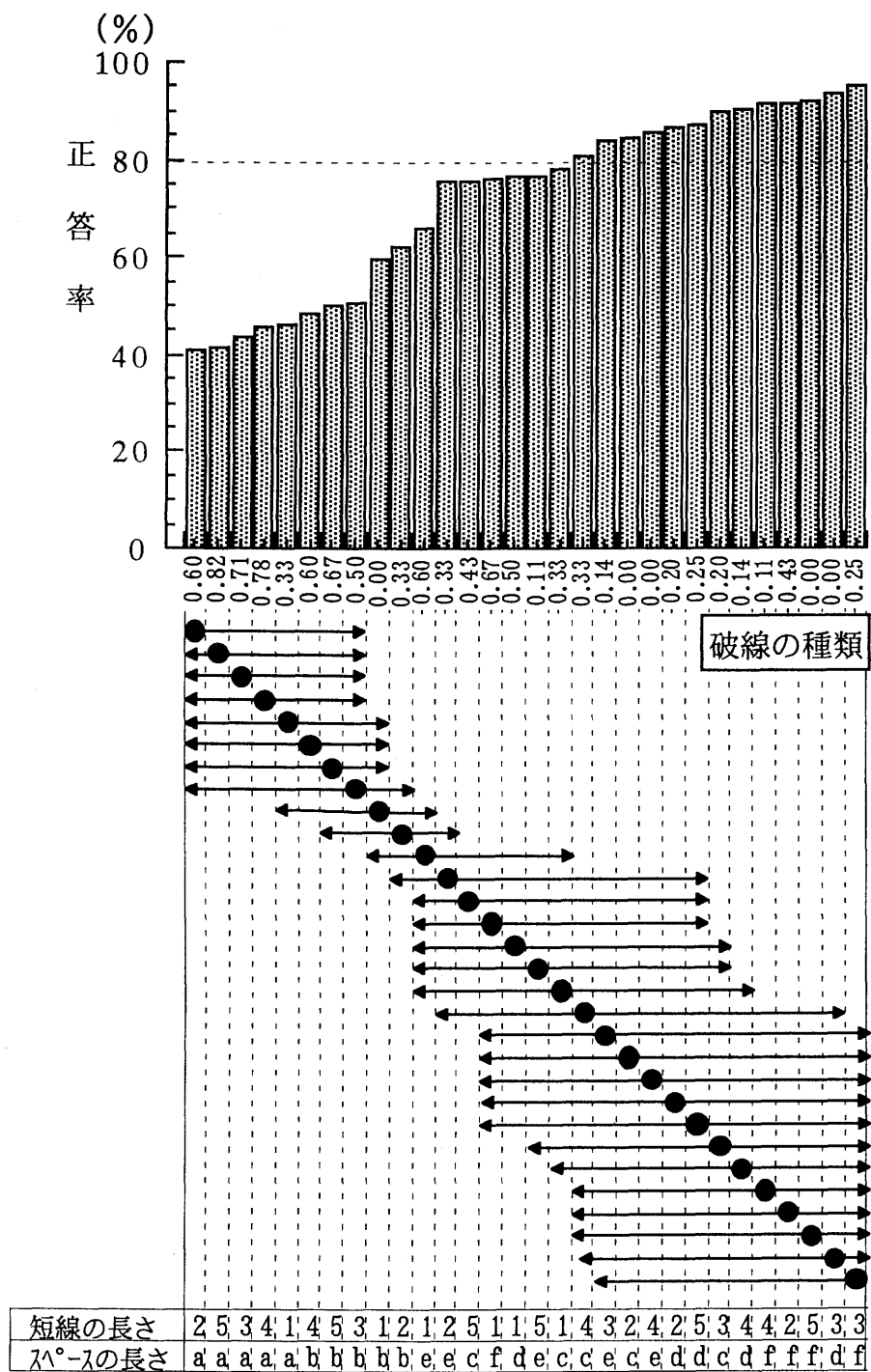


が0.5mmおよび1mmの破線は弱視児・者に不適切であることを示してきたが、短線の長さが1mmの破線も、弱視児・者には使用しない方がよいと考えられる。また、正答率80%以上の破線の構成の特徴としてスペースの占める割合が極端に多かったり少ない破線は存在していない。このことから、短線の長さとのスペースの長さが極端に異なる破線の構成という条件も弱視児・者への適用には重要な要因であると考えられる。

Table 6-10 破線ごとの分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
線種	25982.95	29	895.96	15.52 **
誤差	5195.19	90	57.72	
全体	31178.14	119		

\*\*p<.01



※1 短線の長さの単位は、mmである。

※2 λ°-λの長さ： a-0.5mm b-1mm c-2mm d-3mm e-4mm f-5mm

Fig.6-3 各破線ごとの分散分析における多重比較の結果

## 第 7 章

### 弱視者に適した線の条件に関する事例的検討

## 第 1 節 実験 6 の構成と目的

弱視児・者に適した線の条件を検討するために実験 1 ～実験 5 を設定し検討してきた。これらの中で、認知に適した 2 本の実線の線幅を検討した実験 3，低視力状態で認知しやすい破線の条件を検討した実験 5 に関しては、弱視シミュレーションのみで検討してきた。

本実験では実験 3 および実験 5 と同一の検査図版を用い、弱視者を被験者として認知に適した 2 本の実線の線幅、および認知しやすい破線の条件について明らかにすることを目的としている。また、実験 5 では、破線の線幅は 0.3, 0.5, 0.7 mm に設定したが、実験 1 では近距離視力の高い弱視者が 0.1 mm の実線を認知可能であることから、0.1 mm の線幅の破線も評価した。実験 3 の検査図版を用いる実験を実験 6-1，実験 5 の検査図版を用いる実験を実験 6-2 とする。また、統計的手法を用いて弱視者の全体的な傾向を求めるのではなく、一人一人のデータを詳細に検討する方法をとる。

## 第2節 実験6-1の方法と結果

### 1. 方法

#### 1) 被験者

被験者は知的障害を伴わない弱視者3名をとした。被験者の概要はTable 7-1に示した。

#### 2) 実験材料

縦4，横4の黒点を実線で結びつけ，連続した7本の線を，もとの太さよりも細い線幅としたものを刺激とした。太い線の線幅は0.5mmと0.8mmとし，細い線幅に関しては0.5mmの線については0.1mmから0.4mmまで0.05mmごとに，0.8mmの線については0.3mmから0.6mmまでを0.05mmごとに，それぞれ7段階設定した。作成した刺激は，Peak Scale Lupe×10により意図通りの線幅になっていることの確認を行った。また，刺激の大きさから，0.5mmの線に対しては最大0.4mmから最小0.1mmまでを，0.8mmの線に対しては最大0.5mmから最小0.2mmまでの線幅の差を評価することになる。

#### 3) 手続き

細い線で結びつけられた方向を規則正しいテンポで読み上げ，線を追う認知課題を用いた。実験に先立ち，どの刺激もほぼ同じテンポで読み上げられるようになるまで最低20回の練習試行を行った。実験は，顎台により視距離を30cmに固定して行い，刺激表面照度は550lxとした。

#### 4) 結果の処理

どの刺激も同じテンポで読み上げるように指示したが，線分の太さの違いが分からない場合は，線分の方角を読み上げることができず，かすかにでも分かる場合には十分に判断できている場合に比べ読み上げる速度が遅くなると考えられた。この読み上げる速度が遅くなった試行が，十分に判断がついている場合と同質であるかどうかを評価するため，次の手続きをとった。

練習試行でほぼ同じテンポで読み上げられるようになった20試行を基準

データとした。この基準データをもとに各試行についてスミルノフーグラフス棄却検定( $p<0.05$ )により同質であるかどうか判断し、棄却されなかった最大の線幅と標準刺激の線幅との差を「線幅差」とし代表値とした。

Table 7-1 被験者の概要

被験者	眼疾患名／視野	遠距離視力	近距離視力		最大視認力
		右 左	右 左 両眼	左 両眼	視標 視距離(cm)
Sub. 1	強度遠視・眼球振盪	0.25 0.15	0.2 0.2	0.1	0.8 5
Sub. 2	先天性白内障・術後無水晶体眼	0.1 m.m.	0.09 0.09	m.m.	0.3 5
Sub. 3	網膜色素変性 / 求心性視野狭窄( $20^{\circ}$ )	0.03 0.04	0.02 0.04	0.04	0.1 10

## 2. 結果

3名の弱視被験者の結果をTable 7-2に示した。被験者の近距離視力はそれぞれ0.2, 0.09, 0.04であり, 近距離視力と認知に必要な線幅との関係は, 0.5mm標準刺激, 0.8mm標準刺激とも視力が低くなれば線幅の差も大きくなる傾向が示されている。

3名の被験者の眼疾患は中間透光体に混濁はないため, 本実験と同一の検査図版を用いて行われた実験3の屈折異常弱視シミュレーションの結果との比較を行った。弱視被験者の結果を屈折異常の散布図にプロットしたものを0.5mm標準刺激に関してはFig.7-1に, 0.8mm標準刺激に関してはFig.7-2に示した。近距離視力は視力検査時に用いたランドルト環の切れ目幅から求めた視角値(分)により, 線幅の差に関しても視角値(分)により分析している。どちらの散布図でもSub.3の結果は予測式よりも小さな値を示しているが, 各弱視シミュレーションによる被験者のプロットと比較するとほぼ同じ値を示していると考えられる。

Table 7-2 弱視被験者の認知に必要な線幅の差

被験者	Sub.1	Sub.2	Sub.3
0.5mm	0.20	0.25	0.25
	2.29	2.86	2.86
0.8mm	0.35	0.35	0.40
	4.01	4.01	4.58

※ 上段の単位: mm      下段の単位: 分

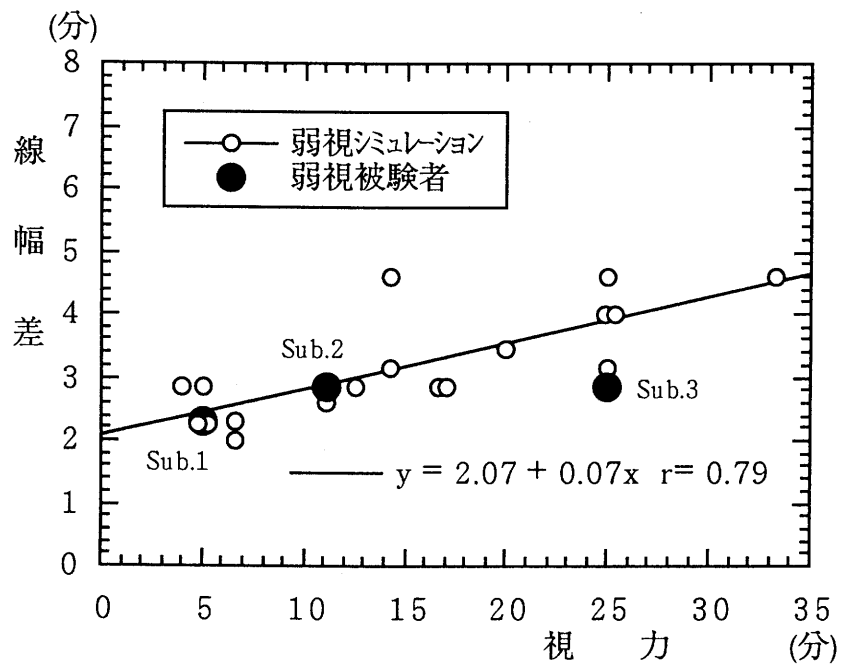


Fig.7-1 0.5 mm標準刺激における弱視シミュレーションとの比較

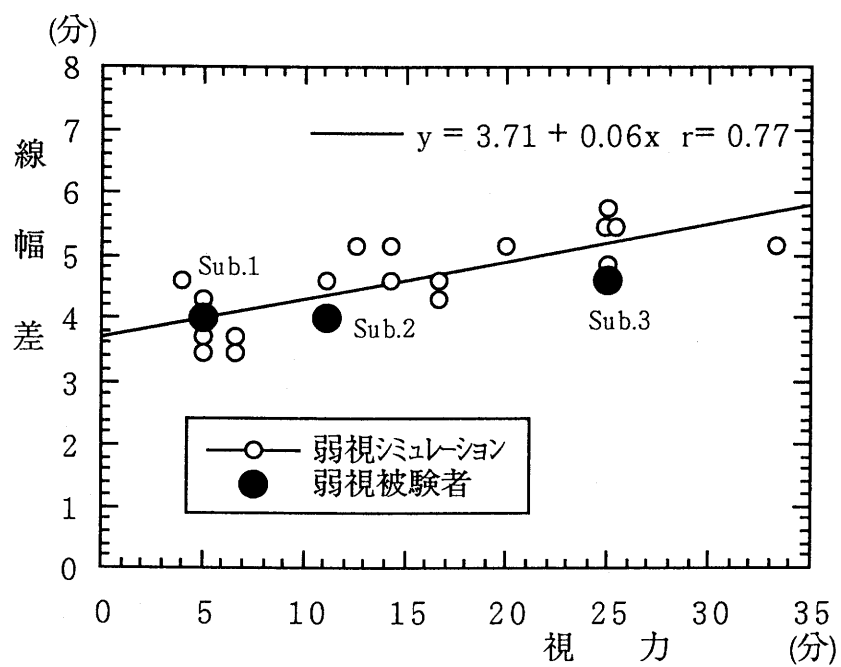


Fig.7-2 0.8 mm標準刺激における弱視シミュレーションとの比較



### 第3節 実験6-2の方法と結果

#### 1. 方法

##### 1) 被験者

被験者は知的障害を伴わない弱視者4名をとした。被験者の概要はTable 7-3に示した。なおSub.2に関しては、眼疾患は白内障であるが、片眼は水晶体摘出手術を受け、術後眼についてはレンズ矯正により正常視力にある。実験のため、摘出手術を受けた目を遮蔽し、摘出手術を受けていない目で実験に参加した。

##### 2) 実験材料

縦4、横4の黒点を実線で結びつけ、その中の連続した6～8本の線分を破線で結びつけたものを刺激とした。実線および破線の線幅は0.1, 0.3, 0.5, 0.7mmとし、破線の構成は短線を1～5mmの5段階、短線の間スペースを0.5mmと1～5mmの6段階設定し、計の30種類を作成した。また、作成した刺激は、意図通りの線幅および破線の構成になっていることをPeak Scale Lupe×10を用いて確認した。

##### 3) 手続き

破線で結ばれた黒点の方向を同じテンポで読み上げ、線を追う認知課題を用いた。実験は、顎台により視距離を30cmに固定して行い、刺激表面照度は550lxとした。

##### 4) 結果の処理

実線と破線の区別がつかない場合や、破線が見えない場合は、線分の方角を読み上げることができないが、かすかにでも分かる場合は十分に判断できている場合に比べ読み上げる速度が遅くなると考えられた。この読み上げる速度が遅くなった試行が、十分に判断がついている場合と同質であるかどうかを評価するため、スミルノフーグラブス棄却検定( $p < 0.05$ )により判断し、棄却されなかった構成の破線を用いて分析にあたった。

Table 7-3 被験者の概要

被験者	眼疾患名／視野	遠距離視力	近距離視力		最大視認力
		右 左	右 左 両眼		視標 視距離(cm)
Sub. 1	強度遠視・眼球振盪	0.25 0.15	0.2 0.2	0.1	0.8 5
Sub. 2	白内障	— —	0.15 —	—	— —
Sub. 3	先天性白内障・術後無水晶体眼	0.1 m.m.	0.09 0.09	m.m.	0.3 5
Sub. 4	網膜色素変性 / 求心性視野狭窄(20°)	0.03 0.04	0.02 0.04	0.04	0.1 10

※ Sub.2は、正常視力の目を遮蔽した条件で実験に参加してもらった。

## 2. 結果

弱視被験者4名による全体的な傾向をみるため、Fig.7-3に実験5と同様に破線の構成を、

(短線の長さ－スペースの長さ) / (短線の長さ－スペースの長さ)  
の式により表し、構成ごとの正答率を示した。データは0.1mm, 0.3mm, 0.5mm, 0.7mmのすべての線幅を用いている。全体的な傾向としては、破線の構成により可視性が決定されているのではないことが示されている。これは、実験5と同様であり、0.33の構成の破線は40%～80%の正答率であり、0.60の構成の破線に関しても40%～60%である。また構成の比が0.50以上の破線、すなわち実線の占める割合の大きい破線の正答率は低い傾向が示されている。本章では、各弱視被験者の結果を詳細に検討していく。

### 1) Sub. 1 の結果

Sub. 1 は、眼疾患が強度遠視であり眼球振盪も合併している。視力的には弱視の中では高く、視野の障害もない。実験後の内省報告では、同一の破線であっても縦の破線は横の破線よりも見にくいことを報告している。これは被験者の眼球振盪が横方向への振盪であることと関係していると考えられる。

被験者の結果を認知された場合には○、認知できなかった場合には×で表し、Table 7-4に示した。30種類の破線と4種類の線幅で計120種類中、107種類が認知可能であった。認知できなかった破線をみると、短線と短線の間のスペースが0.5mmの破線は認知しにくいことが明らかである。しかし、スペースが0.5mmであっても、破線の線幅が0.5mm以上であれば認知可能であることも示されている。さらに、破線の構成が適切であれば、0.1mmの線幅であっても認知可能であることを示している。ただし、0.1mmの線幅の破線では、短線の長さが1mmでスペースの長さが4mmおよび5mmの構成では認知されておらず、短線の長さが1mmの破線も不適切な構成であることを示唆している。

### 2) Sub. 2 の結果

Sub. 2 は、眼疾患が白内障である。被験者の概要でも述べたとおり、平常は術後の目に矯正レンズを用いて正常視力で生活しており、検査眼は白内障眼である。網膜の異常は認められておらず、視力の低下は水晶体の混濁によるものである。近距離視力は0.15と比較的高く、水晶体の混濁の程度も緊急に摘出手術を受けるほどではない。ただし、平常使用しない目の実験参加のため、実験後の内省報告では、見えにくさを訴えていた。

被験者の結果をTable 7-5に示した。検査した120種類の破線中、102種類が認知可能であった。認知できなかった破線は、線幅が0.1mmにおける短線と短線の間のスペースが0.5mmおよび1mmの破線に多い。また、線幅が0.3mmにおけるスペースが0.5mmの破線と、0.1mmの線幅における短線の長さが1mmの破線も認知できない。これらのことから、スペースが0.5mmおよび1mmの破線、短線の長さが1mmの破線は不適切である

といえる。しかし、0.3mm以上の線幅では0.5mmのスペースの破線以外は認知可能である。

## 2) Sub. 3 の結果

Sub. 3 は、眼疾患が先天性白内障であり水晶体摘出手術を受けている。視野の障害はなく、近距離視力は0.09と中度の弱視である。

被験者の結果をTable 7-6に示した。検査した120種類の破線中、88種類が認知可能であった。線幅が0.1mmの破線が認知できない傾向が高い。0.3mm、0.5mm、0.7mmの線幅の破線では、スペースが0.5mmのものは認知できず、この条件は不適切であることが明らかである。さらに、0.3mm、0.5mmの線幅におけるスペースが1mmの破線にも認知できていないものが存在し、この条件も不適切であることが示唆されている。また、0.1mmの線幅の破線に関しては、スペースが0.5mm、1mmという条件以外にも認知できないものが存在している。短線の長さやスペースの長さでは、共通する傾向はみられないが、構成でみると0~0.43の破線が認知されておらず、短線の占める割合の高い破線が認知しにくいことを示唆していると考えられる。

Sub. 3 の結果は、0.1mmの線幅の破線、および0.3mm以上の線幅の破線であっても、短線と短線の間のスペースが0.5mm、1mmの破線と短線の長さが1mmの破線は不適切であることを示している。

## 4) Sub. 4 の結果

Sub. 4 は、眼疾患が網膜色素変性であり、求心性視野狭窄を伴っている。近距離視力は0.04であり重度の弱視である。この眼疾患は夜盲も伴うため、実験開始前に刺激表面照度550lxという条件について確認したところ、十分見えるとの回答を得ており、夜盲に関しては本実験に影響を及ぼしていない。ただし、視力が低下し始め6年が経過し、現在も進行中であるため、見えなくなることへの不安感は強いようである。

被験者の結果をTable 7-7に示した。検査した120種類の破線中、51種類が認知可能であった。0.1mmの線幅の破線は認知できず、重度の弱視者には0.1mmの線幅は用いるべきでないことが明らかである。また、0.7mmの線幅の破線でも認知できないものがあり、適切な破線の条件が存在する

ことを示している。0.3 mmと0.5 mmの線幅の破線では0.5 mm，1 mmのスペースのもの，および短線の長さが1 mmのものは認知されておらず，不適切なことが明らかである。また，0.7 mmの線幅の破線でも0.5 mm，1 mmのスペースのものが認知されておらず，0.5 mmの線幅の破線ではスペースの長さが2 mmの破線も認知されていないものがあり，この条件も低視力状態では不適切である可能性を示唆していると考えられる。

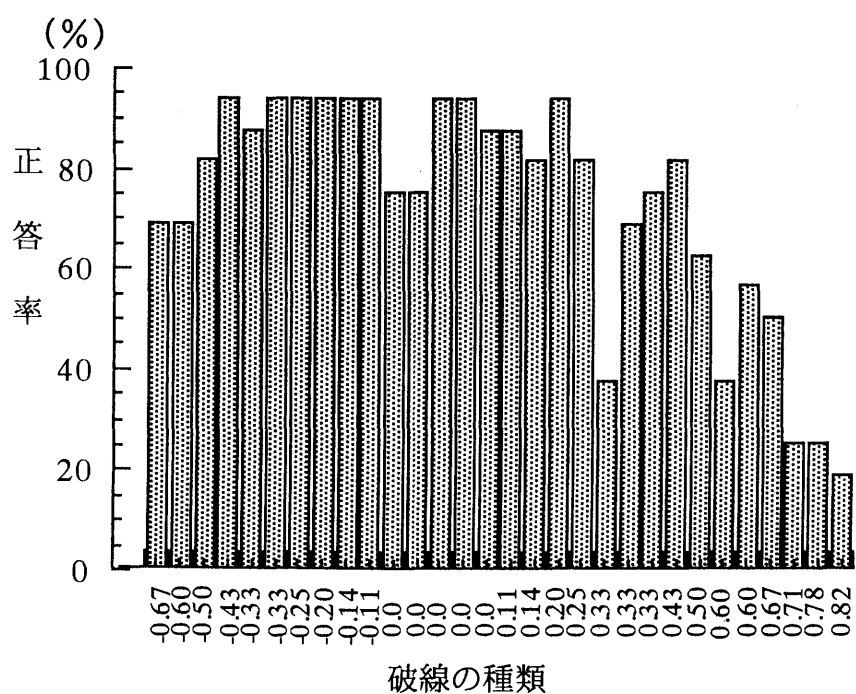


Fig.7-3 破線の構成による正答率の全体的傾向

Table 7-4 Sub. 1 の結果

線幅	短線	スペース	構成	Sub.1	線幅	短線	スペース	構成	Sub.1
0.1	1	0.5	0.33	×	0.5	1	0.5	0.33	○
0.1	2	0.5	0.6	×	0.5	2	0.5	0.6	○
0.1	3	0.5	0.71	×	0.5	3	0.5	0.71	○
0.1	4	0.5	0.78	×	0.5	4	0.5	0.78	○
0.1	5	0.5	0.82	×	0.5	5	0.5	0.82	○
0.1	1	1	0	○	0.5	1	1	0	×
0.1	2	1	0.33	○	0.5	2	1	0.33	○
0.1	3	1	0.5	○	0.5	3	1	0.5	○
0.1	4	1	0.6	○	0.5	4	1	0.6	○
0.1	5	1	0.67	○	0.5	5	1	0.67	○
0.1	1	2	-0.3	○	0.5	1	2	-0.3	○
0.1	2	2	0	○	0.5	2	2	0	○
0.1	3	2	0.2	○	0.5	3	2	0.2	○
0.1	4	2	0.33	○	0.5	4	2	0.33	×
0.1	5	2	0.43	○	0.5	5	2	0.43	○
0.1	1	3	-0.5	○	0.5	1	3	-0.5	○
0.1	2	3	-0.2	○	0.5	2	3	-0.2	○
0.1	3	3	0	○	0.5	3	3	0	○
0.1	4	3	0.14	○	0.5	4	3	0.14	○
0.1	5	3	0.25	○	0.5	5	3	0.25	○
0.1	1	4	-0.6	×	0.5	1	4	-0.6	○
0.1	2	4	-0.3	○	0.5	2	4	-0.3	○
0.1	3	4	-0.1	○	0.5	3	4	-0.1	○
0.1	4	4	0	○	0.5	4	4	0	○
0.1	5	4	0.11	○	0.5	5	4	0.11	○
0.1	1	5	-0.7	×	0.5	1	5	-0.7	○
0.1	2	5	-0.4	○	0.5	2	5	-0.4	○
0.1	3	5	-0.3	○	0.5	3	5	-0.3	○
0.1	4	5	-0.1	○	0.5	4	5	-0.1	○
0.1	5	5	0	○	0.5	5	5	0	○
0.3	1	0.5	0.33	○	0.7	1	0.5	0.33	○
0.3	2	0.5	0.6	○	0.7	2	0.5	0.6	○
0.3	3	0.5	0.71	×	0.7	3	0.5	0.71	○
0.3	4	0.5	0.78	×	0.7	4	0.5	0.78	○
0.3	5	0.5	0.82	×	0.7	5	0.5	0.82	○
0.3	1	1	0	○	0.7	1	1	0	○
0.3	2	1	0.33	○	0.7	2	1	0.33	○
0.3	3	1	0.5	○	0.7	3	1	0.5	○
0.3	4	1	0.6	○	0.7	4	1	0.6	○
0.3	5	1	0.67	○	0.7	5	1	0.67	○
0.3	1	2	-0.3	○	0.7	1	2	-0.3	○
0.3	2	2	0	○	0.7	2	2	0	○
0.3	3	2	0.2	○	0.7	3	2	0.2	○
0.3	4	2	0.33	○	0.7	4	2	0.33	○
0.3	5	2	0.43	○	0.7	5	2	0.43	○
0.3	1	3	-0.5	○	0.7	1	3	-0.5	○
0.3	2	3	-0.2	○	0.7	2	3	-0.2	○
0.3	3	3	0	○	0.7	3	3	0	○
0.3	4	3	0.14	×	0.7	4	3	0.14	○
0.3	5	3	0.25	○	0.7	5	3	0.25	○
0.3	1	4	-0.6	○	0.7	1	4	-0.6	○
0.3	2	4	-0.3	○	0.7	2	4	-0.3	○
0.3	3	4	-0.1	○	0.7	3	4	-0.1	○
0.3	4	4	0	○	0.7	4	4	0	○
0.3	5	4	0.11	○	0.7	5	4	0.11	○
0.3	1	5	-0.7	○	0.7	1	5	-0.7	○
0.3	2	5	-0.4	○	0.7	2	5	-0.4	○
0.3	3	5	-0.3	○	0.7	3	5	-0.3	○
0.3	4	5	-0.1	○	0.7	4	5	-0.1	○
0.3	5	5	0	○	0.7	5	5	0	○

Table 7-5 Sub. 2 の結果

線幅	短線	スペース	構成	Sub.2	線幅	短線	スペース	構成	Sub.2
0.1	1	0.5	0.33	×	0.5	1	0.5	0.33	○
0.1	2	0.5	0.6	×	0.5	2	0.5	0.6	○
0.1	3	0.5	0.71	×	0.5	3	0.5	0.71	○
0.1	4	0.5	0.78	×	0.5	4	0.5	0.78	○
0.1	5	0.5	0.82	×	0.5	5	0.5	0.82	×
0.1	1	1	0	×	0.5	1	1	0	○
0.1	2	1	0.33	○	0.5	2	1	0.33	○
0.1	3	1	0.5	×	0.5	3	1	0.5	○
0.1	4	1	0.6	×	0.5	4	1	0.6	○
0.1	5	1	0.67	×	0.5	5	1	0.67	○
0.1	1	2	-0.33	×	0.5	1	2	-0.33	○
0.1	2	2	0	○	0.5	2	2	0	○
0.1	3	2	0.2	○	0.5	3	2	0.2	○
0.1	4	2	0.33	○	0.5	4	2	0.33	○
0.1	5	2	0.43	○	0.5	5	2	0.43	○
0.1	1	3	-0.5	×	0.5	1	3	-0.5	○
0.1	2	3	-0.2	○	0.5	2	3	-0.2	○
0.1	3	3	0	○	0.5	3	3	0	○
0.1	4	3	0.14	○	0.5	4	3	0.14	○
0.1	5	3	0.25	○	0.5	5	3	0.25	○
0.1	1	4	-0.6	×	0.5	1	4	-0.6	○
0.1	2	4	-0.33	○	0.5	2	4	-0.33	○
0.1	3	4	-0.14	○	0.5	3	4	-0.14	○
0.1	4	4	0	○	0.5	4	4	0	○
0.1	5	4	0.11	○	0.5	5	4	0.11	○
0.1	1	5	-0.67	×	0.5	1	5	-0.67	○
0.1	2	5	-0.43	○	0.5	2	5	-0.43	○
0.1	3	5	-0.25	○	0.5	3	5	-0.25	○
0.1	4	5	-0.11	○	0.5	4	5	-0.11	○
0.1	5	5	0	○	0.5	5	5	0	○
<hr/>					<hr/>				
0.3	1	0.5	0.33	×	0.7	1	0.5	0.33	○
0.3	2	0.5	0.6	○	0.7	2	0.5	0.6	○
0.3	3	0.5	0.71	×	0.7	3	0.5	0.71	○
0.3	4	0.5	0.78	×	0.7	4	0.5	0.78	○
0.3	5	0.5	0.82	×	0.7	5	0.5	0.82	○
0.3	1	1	0	○	0.7	1	1	0	○
0.3	2	1	0.33	○	0.7	2	1	0.33	○
0.3	3	1	0.5	○	0.7	3	1	0.5	○
0.3	4	1	0.6	○	0.7	4	1	0.6	○
0.3	5	1	0.67	○	0.7	5	1	0.67	○
0.3	1	2	-0.33	○	0.7	1	2	-0.33	○
0.3	2	2	0	○	0.7	2	2	0	○
0.3	3	2	0.2	○	0.7	3	2	0.2	○
0.3	4	2	0.33	○	0.7	4	2	0.33	○
0.3	5	2	0.43	○	0.7	5	2	0.43	○
0.3	1	3	-0.5	○	0.7	1	3	-0.5	○
0.3	2	3	-0.2	○	0.7	2	3	-0.2	○
0.3	3	3	0	○	0.7	3	3	0	○
0.3	4	3	0.14	○	0.7	4	3	0.14	○
0.3	5	3	0.25	○	0.7	5	3	0.25	○
0.3	1	4	-0.6	○	0.7	1	4	-0.6	○
0.3	2	4	-0.33	○	0.7	2	4	-0.33	○
0.3	3	4	-0.14	○	0.7	3	4	-0.14	○
0.3	4	4	0	○	0.7	4	4	0	○
0.3	5	4	0.11	○	0.7	5	4	0.11	○
0.3	1	5	-0.67	○	0.7	1	5	-0.67	○
0.3	2	5	-0.43	○	0.7	2	5	-0.43	○
0.3	3	5	-0.25	○	0.7	3	5	-0.25	○
0.3	4	5	-0.11	○	0.7	4	5	-0.11	○
0.3	5	5	0	○	0.7	5	5	0	○

Table 7-6 Sub.3 の結果

線幅	短線	スペース	構成	Sub.3	線幅	短線	スペース	構成	Sub.3
0.1	1	0.5	0.33	×	0.5	1	0.5	0.33	×
0.1	2	0.5	0.6	×	0.5	2	0.5	0.6	×
0.1	3	0.5	0.71	×	0.5	3	0.5	0.71	×
0.1	4	0.5	0.78	×	0.5	4	0.5	0.78	×
0.1	5	0.5	0.82	×	0.5	5	0.5	0.82	×
0.1	1	1	0	○	0.5	1	1	0	○
0.1	2	1	0.33	×	0.5	2	1	0.33	○
0.1	3	1	0.5	×	0.5	3	1	0.5	○
0.1	4	1	0.6	×	0.5	4	1	0.6	×
0.1	5	1	0.67	×	0.5	5	1	0.67	×
0.1	1	2	-0.33	○	0.5	1	2	-0.33	○
0.1	2	2	0	×	0.5	2	2	0	○
0.1	3	2	0.2	○	0.5	3	2	0.2	○
0.1	4	2	0.33	×	0.5	4	2	0.33	○
0.1	5	2	0.43	×	0.5	5	2	0.43	○
0.1	1	3	-0.5	○	0.5	1	3	-0.5	○
0.1	2	3	-0.2	○	0.5	2	3	-0.2	○
0.1	3	3	0	○	0.5	3	3	0	○
0.1	4	3	0.14	×	0.5	4	3	0.14	○
0.1	5	3	0.25	×	0.5	5	3	0.25	○
0.1	1	4	-0.6	○	0.5	1	4	-0.6	○
0.1	2	4	-0.33	○	0.5	2	4	-0.33	○
0.1	3	4	-0.14	○	0.5	3	4	-0.14	○
0.1	4	4	0	○	0.5	4	4	0	○
0.1	5	4	0.11	○	0.5	5	4	0.11	○
0.1	1	5	-0.67	○	0.5	1	5	-0.67	○
0.1	2	5	-0.43	○	0.5	2	5	-0.43	○
0.1	3	5	-0.25	○	0.5	3	5	-0.25	○
0.1	4	5	-0.11	○	0.5	4	5	-0.11	○
0.1	5	5	0	×	0.5	5	5	0	○
0.3	1	0.5	0.33	×	0.7	1	0.5	0.33	○
0.3	2	0.5	0.6	×	0.7	2	0.5	0.6	×
0.3	3	0.5	0.71	×	0.7	3	0.5	0.71	×
0.3	4	0.5	0.78	×	0.7	4	0.5	0.78	×
0.3	5	0.5	0.82	×	0.7	5	0.5	0.82	×
0.3	1	1	0	○	0.7	1	1	0	○
0.3	2	1	0.33	○	0.7	2	1	0.33	○
0.3	3	1	0.5	○	0.7	3	1	0.5	○
0.3	4	1	0.6	○	0.7	4	1	0.6	○
0.3	5	1	0.67	×	0.7	5	1	0.67	○
0.3	1	2	-0.33	○	0.7	1	2	-0.33	○
0.3	2	2	0	○	0.7	2	2	0	○
0.3	3	2	0.2	○	0.7	3	2	0.2	○
0.3	4	2	0.33	○	0.7	4	2	0.33	○
0.3	5	2	0.43	○	0.7	5	2	0.43	○
0.3	1	3	-0.5	○	0.7	1	3	-0.5	○
0.3	2	3	-0.2	○	0.7	2	3	-0.2	○
0.3	3	3	0	○	0.7	3	3	0	○
0.3	4	3	0.14	○	0.7	4	3	0.14	○
0.3	5	3	0.25	○	0.7	5	3	0.25	○
0.3	1	4	-0.6	○	0.7	1	4	-0.6	○
0.3	2	4	-0.33	○	0.7	2	4	-0.33	○
0.3	3	4	-0.14	○	0.7	3	4	-0.14	○
0.3	4	4	0	○	0.7	4	4	0	○
0.3	5	4	0.11	○	0.7	5	4	0.11	○
0.3	1	5	-0.67	○	0.7	1	5	-0.67	○
0.3	2	5	-0.43	○	0.7	2	5	-0.43	○
0.3	3	5	-0.25	○	0.7	3	5	-0.25	○
0.3	4	5	-0.11	○	0.7	4	5	-0.11	○
0.3	5	5	0	○	0.7	5	5	0	○



Table 7-7 Sub. 4 の結果

線幅	短線	スペース	構成	Sub.4	線幅	短線	スペース	構成	Sub.4
0.1	1	0.5	0.33	×	0.5	1	0.5	0.33	×
0.1	2	0.5	0.6	×	0.5	2	0.5	0.6	×
0.1	3	0.5	0.71	×	0.5	3	0.5	0.71	×
0.1	4	0.5	0.78	×	0.5	4	0.5	0.78	×
0.1	5	0.5	0.82	×	0.5	5	0.5	0.82	×
0.1	1	1	0	×	0.5	1	1	0	○
0.1	2	1	0.33	×	0.5	2	1	0.33	×
0.1	3	1	0.5	×	0.5	3	1	0.5	×
0.1	4	1	0.6	×	0.5	4	1	0.6	×
0.1	5	1	0.67	×	0.5	5	1	0.67	×
0.1	1	2	-0.33	×	0.5	1	2	-0.33	○
0.1	2	2	0	×	0.5	2	2	0	×
0.1	3	2	0.2	×	0.5	3	2	0.2	○
0.1	4	2	0.33	×	0.5	4	2	0.33	×
0.1	5	2	0.43	×	0.5	5	2	0.43	×
0.1	1	3	-0.5	×	0.5	1	3	-0.5	○
0.1	2	3	-0.2	×	0.5	2	3	-0.2	○
0.1	3	3	0	×	0.5	3	3	0	○
0.1	4	3	0.14	×	0.5	4	3	0.14	○
0.1	5	3	0.25	×	0.5	5	3	0.25	○
0.1	1	4	-0.6	×	0.5	1	4	-0.6	×
0.1	2	4	-0.33	×	0.5	2	4	-0.33	○
0.1	3	4	-0.14	×	0.5	3	4	-0.14	○
0.1	4	4	0	×	0.5	4	4	0	○
0.1	5	4	0.11	×	0.5	5	4	0.11	○
0.1	1	5	-0.67	×	0.5	1	5	-0.67	×
0.1	2	5	-0.43	×	0.5	2	5	-0.43	○
0.1	3	5	-0.25	×	0.5	3	5	-0.25	○
0.1	4	5	-0.11	×	0.5	4	5	-0.11	○
0.1	5	5	0	×	0.5	5	5	0	○
0.3	1	0.5	0.33	×	0.7	1	0.5	0.33	×
0.3	2	0.5	0.6	×	0.7	2	0.5	0.6	×
0.3	3	0.5	0.71	×	0.7	3	0.5	0.71	×
0.3	4	0.5	0.78	×	0.7	4	0.5	0.78	×
0.3	5	0.5	0.82	×	0.7	5	0.5	0.82	×
0.3	1	1	0	×	0.7	1	1	0	○
0.3	2	1	0.33	×	0.7	2	1	0.33	×
0.3	3	1	0.5	×	0.7	3	1	0.5	×
0.3	4	1	0.6	×	0.7	4	1	0.6	×
0.3	5	1	0.67	×	0.7	5	1	0.67	×
0.3	1	2	-0.33	○	0.7	1	2	-0.33	○
0.3	2	2	0	×	0.7	2	2	0	○
0.3	3	2	0.2	○	0.7	3	2	0.2	○
0.3	4	2	0.33	○	0.7	4	2	0.33	○
0.3	5	2	0.43	○	0.7	5	2	0.43	○
0.3	1	3	-0.5	×	0.7	1	3	-0.5	○
0.3	2	3	-0.2	○	0.7	2	3	-0.2	○
0.3	3	3	0	○	0.7	3	3	0	○
0.3	4	3	0.14	○	0.7	4	3	0.14	○
0.3	5	3	0.25	×	0.7	5	3	0.25	○
0.3	1	4	-0.6	×	0.7	1	4	-0.6	○
0.3	2	4	-0.33	○	0.7	2	4	-0.33	○
0.3	3	4	-0.14	○	0.7	3	4	-0.14	○
0.3	4	4	0	○	0.7	4	4	0	○
0.3	5	4	0.11	×	0.7	5	4	0.11	○
0.3	1	5	-0.67	×	0.7	1	5	-0.67	○
0.3	2	5	-0.43	○	0.7	2	5	-0.43	○
0.3	3	5	-0.25	○	0.7	3	5	-0.25	○
0.3	4	5	-0.11	○	0.7	4	5	-0.11	○
0.3	5	5	0	○	0.7	5	5	0	○

#### 第4節 弱視者に適した2線分の線幅および破線の条件に関する検討

##### 1. 認知に適した2本の実線の線幅に関する検討

実験3と同一の検査図版を用いて3名の弱視者を対象として、2本の実線の線幅について検討し、実験3と一致する結果を得た。近距離視力が低くなるほど、必要な線幅の差は大きくする必要がある。3名の被験者の眼疾患は中間透光体に混濁をもたないため、屈折異常弱視シミュレーションの結果と比較した結果、ほぼ一致していること示された。近距離視力と必要な線幅の関係は、近距離視力測定時のランドルト環の切れ目幅の $1/10$ の太さの線幅があれば認知可能であるといえる。

本実験で問題とした効率よく認知することのできる2本の実線の線幅の差に関して直接的に検討した研究は行われていない。間接的には追川・横畠(1978)の視覚障害教育に携わる教員を対象とした地図要素の調査およびその結果を踏まえた弱視用地図の作成の研究をあげることができる。作成された地図中に用いられた線の最小の線幅の差は0.2mmである。追川・横畠は地図作成にあたり、使用文字の大きさは視力0.08、視距離10cmにおける視認力を基準にしており、同様の基準で0.2mmの線幅差は10cmの視距離では視角6.9分となる。本実験でも弱視被験者との適合性が示された実験3の予測式に視力0.08を代入すると、標準刺激0.5mmにおける屈折異常弱視シミュレーションの予測式では視角2.98分、標準刺激0.8mmにおける屈折異常では視角4.49分が予測され、10cmの視距離であれば0.2mmの線幅差は十分に認知が可能であるといえる。同様に、中間透光体混濁弱視シミュレーションにより求められた予測式に代入してみると、0.5mm標準刺激では視角3.17分、0.8mm標準刺激では視角3.99分であり、追川・横畠の結果は本研究と一致する。ただし、追川・横畠の結果は、視覚障害教育に携わる教員を対象とした調査であり、実際に弱視児への適用にまでは至っていない点、小林・五十嵐(1993)が、弱視児の図形観察時に20cm程度の視距離が適切であることを報告していることなどから、視距離が10cmよりも長い視距離をとった場合、あるいは、視力が低い場合に

は追川・横島の線幅差0.2mmという条件では効率の悪い可能性も残る。

## 2. 認知に適した破線の条件に関する検討

実験5と同じ検査図版を用いて破線の条件について検討し、実験5とほぼ同一の結果が得られた。実験5の弱視シミュレーションによる結果と一致している点は、0.5mmおよび1mmのスペースの破線は認知しにくいこと、短線の長さが1mmの破線は認知しにくいことである。一方、破線の線幅としては、実験5においては中間透光体混濁弱シミュレーションでは0.3mmの線幅の破線は、0.5mm、0.7mmの線幅の破線よりも正答数が少ないことが示された。本実験では、0.1mmの線幅の破線も測定した。その結果、近距離視力が0.1以上であれば、認知可能な破線の条件が存在することが明らかとなった。また、近距離視力が0.04の被験者においては、0.5mmおよび1mmのスペースの破線だけでなく、2mmのスペースの破線でも認知できないものがあり、この条件も不適切である可能性が示唆された。これは、近距離視力用ランドルト環0.04の切れ目幅が2.25mmであることと関連していると考えられる。

ランドルト環の切れ目幅を指標とした場合、Sub. 1は0.45mm、Sub. 2は0.60mm、Sub. 3は1.0mm、Sub. 4は2.25mmが閾値となる。これらと各被験者の結果を比較すると、見にくい破線の条件とランドルト環の切れ目幅の大きさはほぼ一致していることがわかる。ただし、例えばSub. 1においては、0.1mm、0.3mmの線幅の破線ではあてはまるが、0.5mm、0.7mmの線幅における0.5mmのスペースの破線はすべて認知されている。しかし、見やすい条件で考えるのであれば、一人一人の弱視児に適した破線の条件を考える上でランドルト環の切れ目幅を一つの指標にすることは有効な方法であると考えられる。ただし、近距離視力の測定時と本実験の視距離が同じ30cmであるために対応関係がみられたが、実際に弱視児・者が30cmよりも短い視距離をとった場合には、認知可能な破線の条件は増えることになる。しかし、弱視児・者が現実的に紙面等の認知に30cm以上の視距離を用いることはまれであり、30cmの視距離で十分に見える条件を明らかにしておくことは重要であると考えられる。

## 第 8 章

弱視者に適した線の条件に関する総合的考察

## 第1節 弱視者に適した線の条件に関する考察

### 1. 実線の条件に関する考察

実線の条件を検討するため、1本の実線の有効線幅、2線の弁別閾、認知に適した2線の線幅の差を測定した。有効線幅とは、十分に見えているのと同じ効率で認知課題を遂行することのできる線幅である。また、被験者は、知的障害を伴わない弱視被験者と弱視シミュレーションを施した晴眼被験者である。弱視シミュレーションは、網膜や視神経等が正常な状態を保ち光学的に視力のみが低下した状態により、様々な視機能の要因を合わせもつ弱視児・者の結果を検討する上で視力低下のみの要因を検討するために用いた。弱視シミュレーションは中間透光体混濁弱視シミュレーションおよび屈折異常弱視シミュレーションを設定したが、主として前者は網膜上に結像はしているが遮蔽膜を装用することによりコントラストを低下させることにより視力低下をシミュレーションし、後者は、凸レンズの装用により網膜の前面に結像させ、ぼけにより視力低下をシミュレーションしたものである。なお、両弱視シミュレーションは同一被験者に視力マッチングして行われた。

まず、2種類の弱視シミュレーションにより見え方に相違があるのかどうか検討した結果、有効線幅では近距離視力が0.1以上の群では両者に差はみられないが、近距離視力0.1未満では中間透光体混濁の方が有効線幅は太いことが明らかになった。弁別閾では、0.5mm標準刺激では両者に差はなく、1.0mm標準刺激においては近距離視力が0.1以上の群では両者に差はみられないのに対して、近距離視力0.1未満では屈折異常の方が弁別閾は大きく、1.5mm標準刺激では屈折異常の方が弁別閾は大きいことが示された。認知に適した2線の線幅の差では、両者に差はみられなかった。これらの結果は、視力値のみで適切な条件が決定されるのではなく、弱視児・者の眼疾患を考慮しなくてはならないことを示している。さらにある眼疾患がどのような視対象でも同一の見えやすさや見えにくさを呈するのではなく、視対象の性質により見えやすさは変化するものであることが示

唆されていると考えられる。

次に、弱視児・者に適したそれぞれの大きさについては、実験時の設定視距離と同一の視距離で測定される近距離視力との関係で検討した。有効線幅に関しては、両弱視シミュレーション、弱視被験者の結果とも近距離視力と有効線幅には相関が認められた。相関分析から求められた予測式は

$$\text{中間透光体混濁} : y = 0.18x + 0.76$$

$$\text{屈折異常} : y = 0.06x + 1.03$$

$$\text{弱視被験者} : y = 0.06x + 0.92$$

であり、屈折異常弱視シミュレーションと弱視被験者の結果が酷似していることが分かる。本研究の被験者に中間透光体に混濁をもつ眼疾患はないが、眼疾患は視神経や網膜あるいは眼球全体と様々な疾患において認められていることから、中間透光体に混濁がない場合、これらの予測式が有効な情報となると考えられる。回帰係数から近距離視力測定時のランドルト環の切れ目幅の約16分の1の大きさが有効線幅にあたるといえる。一方、中間透光体混濁に関しては、被験者のプロフィールが明記されている中山(1967)のデータとの比較を行い、一致した結果が得られた。また、中間透光体に混濁がある場合、有効線幅は中間透光体に混濁がない場合の3倍程度の太さが必要である。

弁別閾に関しては、弱視被験者は0.5mm, 1.0mm, 1.5mmのすべての標準刺激において近距離視力と弁別閾に相関が認められた。一方、弱視シミュレーションにおいては1.0mm標準刺激における屈折異常弱視シミュレーションと1.5mm標準刺激における両弱視シミュレーションでのみ近距離視力と弁別閾に相関が認められた。相関分析から求められた予測式は

弱視被験者

$$0.5\text{mm標準刺激} : y = 0.04x + 0.56$$

$$1.0\text{mm標準刺激} : y = 0.04x + 0.84$$

$$1.5\text{mm標準刺激} : y = 0.05x + 1.17$$

中間透光体混濁

$$1.5\text{mm標準刺激} : y = 0.06x + 1.25$$

屈折異常

$$1.0\text{ mm標準刺激} : y = 0.08x + 0.99$$

$$1.5\text{ mm標準刺激} : y = 0.10x + 1.48$$

である。弱視被験者，両弱視シミュレーションで相関が見られた標準刺激は1.5mmのみであるが，この標準刺激から，弱視被験者と中間透光体混濁弱視シミュレーションの結果が近似しており，弁別閾は近距離視力の20分の1程度の大きさであるといえる。屈折異常に関しては，これらの2倍程度の値である。有効線幅では弱視被験者と屈折異常弱視シミュレーションが近似し，弁別閾では弱視被験者と中間透光体混濁弱視シミュレーションが近似する結果となった。本研究の弱視被験者に中間透光体混濁を有する被験者がいないことから，一概にこの結果の相違を言及することはできない。しかし，有効線幅でも弁別閾でも弱視被験者の結果は，値が小さいシミュレーションの結果と一致している点は注目すべきであると考えられる。視対象の多くが閾値よりもかなり大きい環境で生活してきた晴眼者を一時的に低視力状態で実験したのに対し，弱視児・者は先天的に低視力状態で閾値ぎりぎりの環境の中で視経験を積み重ねてきている。五十嵐(1989)は弱視児は閾値ぎりぎりの刺激を認知する際，晴眼児には必要のない「推測」という知的作用が介入しなければならないことを指摘しているが，このような経験の積み重ねにより，同じ視力値であってもより多くの情報を取得できるのであると考えられる。

認知に適した2線の線幅の差に関しては，弱視シミュレーションにより検討を行い，0.5mm，0.8mm標準刺激で近距離視力との間に相関が認められた。相関分析から求められた予測式は

中間透光体混濁

$$0.5\text{ mm標準刺激} : y = 0.09x + 2.04$$

$$0.8\text{ mm標準刺激} : y = 0.08x + 3.00$$

屈折異常

$$0.5\text{ mm標準刺激} : y = 0.07x + 2.07$$

$$0.8\text{ mm標準刺激} : y = 0.06x + 3.71$$

である。回帰係数は0.06～0.09であり，近距離視力の10分の1～17分の1程度の大きさである。回帰係数の値は，弁別閾の測定により求められた

回帰係数に近いがY切片の値が大きくなっている。また、中間透光体に混濁のない弱視被験者の結果を屈折異常弱視シミュレーションにより求められた予測式により検証し、予測式から求められた認知に適した2線の線幅の差は適切であることが示されている。線幅の差とその基礎となる弁別閾の関係については、標準刺激の大きさが共通する0.5mm刺激を用いて比較した。その結果、線幅の差は弁別閾の2倍から3倍の大きさにあたり、結果として妥当であることが示されている。

ここまで、相関分析による予測式をもとに考察してきたが、この背景には、視力値に応じて一人一人の弱視児・者に適切な大きさを求めることを主眼とした観点であり、視力との大きさの比較であった。

次に、より具体的に考察していく。まず有効線幅に関して、予測式から各視力値における予測値を算出しTable 8-1に整理した。視距離は、実験時と同一の30cmおよび20cm、10cmで算出している。すべての弱視者に見える線の太さについて報告した中山(1967)は、0.5mmという線幅を指摘しているが、本研究の結果では、中間透光体に混濁をもつ視力0.02の弱視児・者の有効緯線幅は0.9mmである。これは、中山の被験者の中で最も視力が低い者の視力が0.04であるためであり、Table 8-1からこの視力値をみると0.5mmであり、中山の結果と一致している。中間透光体に混濁があり視力が0.02と重度弱視の場合には、中山が指摘した0.5mmでなく0.9mmと、より太い線幅が必要なことが指摘できる。一方、視力が比較的高い場合や30cmよりも短い視距離をとる場合など、個々の弱視者に適した大きさを提供する場合にはTable 8-1を参照すれば適切な大きさが求められると考えられる。

認知に適した線幅差に関してもTable 8-2に同様の方法で整理した。Table 8-1の結果と比較検討すると、視力0.02の中間透光体に混濁をもつ弱視の場合、有効線幅は0.9mmであることから、線幅差は0.8mm標準刺激の結果を用いて0.7mmが必要である。この弱視者に適した実線の条件は、主たる線は1.6mmが必要であり、補助的に0.9mmの線を用いればよいといえる。同じ弱視者が視距離10cmで図形等を観察するのであれば、主たる線は0.5mm、補助的な線は0.3mmでよいことになる。また、視力が0.1と



比較的高く中間透光体に混濁のない弱視の場合には、30cmの視距離で考えるのであれば、主たる線は0.3mm、補助的に0.1mmの線であれば認知可能であり、弱視だからといって過剰な拡大は不必要であることが示される。これらのことから、個々の弱視者に適した大きさの範囲は広く、弱視児・者の視力や視距離等の諸要因から適切に決定していくことが重要であると考えられる。

一方、弱視用教科書や副読本、あるいは複数の弱視児・者に同じ教材を作成する場合など、対象とする弱視児・者の状態が把握できていない場合も考えられる。このような場合、中山(1967)が示したようなすべての弱視者に見える条件も必要である。視力が0.02の弱視児・者が30cmの視距離で図形を観察することはあまり現実的でないことから、視力0.04の中間透光体に混濁をもつ弱視者を重度の弱視者の代表とすると、すべての弱視者にみえる実線の条件としては、有効線幅は0.5mmであり、2本の太さの異なる実線を用いるのであれば、主たる線は1.0mmの線幅、補助的に0.5mmの線幅という条件が基準になると考えられる。さらに、現実的な弱視児・者の視距離を考慮するのであれば、小林・五十嵐(1993)が報告した20cmの視距離が適切であり、主たる線は0.6mm、補助的な線幅は0.3mmが基準となる。

Table 8-1 予測式から算出した有効線幅

視力	条件	透光体混濁			屈折異常			弱視被験者		
	視距離(mm)	300	200	100	300	200	100	300	200	100
0.30		0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.10		0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
0.07		0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1
0.04		0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1
0.02		0.9	0.6	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2

※ 有効線幅の単位はmmであり，小数点第二位をくり上げた。

Table 8-2 予測式から算出した認知に適した線幅の差

視力	標準刺激	0.5mm標準刺激						0.8mm標準刺激					
	条件	透光体混濁			屈折異常			透光体混濁			屈折異常		
	視距離(mm)	300	200	100	300	200	100	300	200	100	300	200	100
0.30		0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.2
0.10		0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2
0.07		0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2
0.04		0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2
0.02		0.6	0.4	0.2	0.5	0.4	0.2	0.7	0.4	0.2	0.6	0.4	0.2

※ 線幅差の単位はmmであり，小数点第二位をくり上げた。

## 2. 破線の条件に関する考察

弱視児にとって、点線は見にくいことが学校教育現場で経験的に指摘されてきているが、序章において概観したように実線以外の線種については研究されていない。そのため、まず、線種として破線、点線、鎖線を設定し、これらの線種で有効線幅に違いがあるのかどうかを検討した。実験で設定した各線については、破線は長さ5mmの短線と1mmのスペースを交互に繰り返した線、点線は長さ1mmの短線と1mmのスペースを交互に繰り返した線、鎖線は1mmのスペースで長さ10mmと1mmの短線を交互に繰り返した線とした。被験者は、知的障害を伴わない弱視被験者と中間透光体混濁および屈折異常弱視シミュレーションを施した晴眼被験者である。

まず、中間透光体混濁弱視シミュレーションと屈折異常弱視シミュレーションにより有効線幅に差があるのかどうか検討した結果、どの線種でも中間透光体混濁の方が有効線幅は太いことが示された。中間透光体混濁における有効線幅が太いという結果は、実線でも確認されている。

また、近距離視力と各線種の有効線幅には相関が認められた。相関分析から求められた予測式は

### 破線

$$\text{中間透光体混濁} : y = 0.27x + 0.45$$

$$\text{屈折異常} : y = 0.09x + 1.03$$

$$\text{弱視被験者} : y = 0.13x + 0.84$$

### 点線

$$\text{中間透光体混濁} : y = 0.61x + 0.14$$

$$\text{屈折異常} : y = 0.13x + 1.07$$

$$\text{弱視被験者} : y = 0.20x + 0.93$$

### 鎖線

$$\text{中間透光体混濁} : y = 0.25x + 0.34$$

$$\text{屈折異常} : y = 0.08x + 1.08$$

$$\text{弱視被験者} : y = 0.07x + 0.99$$

である。鎖線の有効線幅の予測式は、実線の有効線幅の予測式と近似して

いることが分かる。また中間透光体混濁弱視シミュレーションおよび屈折異常弱視シミュレーションによる破線の有効線幅の予測式に関しても同様の傾向が示された。しかし、この結果は、本実験で設定した破線や鎖線が実線と同程度の可視性を持ち合わせていることを示してはいるが、実験に用いた刺激はそれぞれの線種を単独で提示していたため、実線と同時に使用した場合、それぞれの線の特徴を捉えて別の線であることが認識できるかどうかの問題点が存在している。

次に、各線種により有効線幅に差があるのかどうか検討した結果、破線と鎖線に差はみられないが、これらと比較して点線の有効線幅は有意に太いことが示された。これは、弱視被験者および両弱視シミュレーションに共通しており、点線は弱視者にとり見にくい線種であるといつてよい。3種類の線の構成上の共通点は1mmのスペースであることから、可視性の相違は短線とスペースからなる線の物理的な特性によると考えられる。

そこで、実線と同時に使用しても識別ができる実線以外の線の条件を明らかにするために、弱視シミュレーションを施した晴眼者を被験者として、実線と30種類の破線を同時に提示して検討を行った。

この実験では、有効線幅の測定でなく低視力状態でも認知しやすい破線の条件を明らかにすることを目的としたため、有効線幅の測定は行っていない。しかし、破線の線幅として0.3mm, 0.5mm, 0.7mmの3種類を設定したため、適切な線幅についての傾向は明らかにすることが可能であった。視力0.1以上の群と視力0.1未満の群で各線幅の正答数について検討した結果、視力0.1以上の群では3種類の線幅には正答数に差がないのに対し、視力0.1未満の群では0.3mmの線幅の破線と比較して0.7mmの線幅の破線の方が有意に正答数が多いことが示された。この結果より視力が0.1以上の場合には0.3mmの線幅の破線を用いることができるが、視力0.1未満の場合にはこの線幅は不適切であると考えられる。

破線、点線、鎖線を設定して有効線幅を検討した際、この3種類の線の可視性は短線とスペースからなる線の物理的な特性に影響されていることが考えられたため、次の式により破線の構成を数量化した。

$$\text{破線の構成} = (\text{短線の長さ} - \text{スペースの長さ}) / (\text{短線の長さ} + \text{スペースの長さ})$$

この式により表された破線の構成は、値が0の時、短線とスペースの長さの比が等しくなり、負の値ではスペースの占める割合が多くなり、正の値で短線の占める割合が大きくなる。この破線の構成により正答率を比較したところ、同じ値を示していても必ずしも同一の傾向は示さないことから、短線の長さおよびスペースの長さで検討を行った。

短線の長さは1 mm～5 mmの5段階を設定したが、短線の長さにより正答数に差はみられなかった。一方、0.5 mm、1 mm～5 mmの6段階を設定したスペースの長さに関しては、0.5 mm、1 mmのスペースの破線の正答数が有意に少ないことが明らかになり、これらの条件の破線は弱視児・者に不適切であることが示された。また、30種類の破線の多重比較の結果、短線の長さが1 mmの破線に関しても十分に見える条件と比較した場合、不適切である可能性が高いこと、短線の長さとスペースの長さが極端に異なることも重要であることが示唆された。

次に同じ条件の30種類の破線を近距離視力が0.2、0.15、0.09、0.04の4名の弱視者を対象として検討を行った。破線の線幅に関しては0.1 mmも加え4段階を設定した。

破線の線幅に関しては、短線の長さとスペースの長さが適切である場合、近距離視力が0.2～0.09の被験者は0.1 mmの線幅でも実線と区別しながら破線を認知することができ、重度弱視である近距離視力0.04の被験者は0.3 mmの線幅の破線の認知が可能であることが明らかとなった。

破線の構成に関しては、弱視シミュレーションの結果と同様に、0.5 mm、1.0 mmのスペースの破線および短線の長さが1 mmの破線は不適切であることが示唆された。しかし、近距離視力0.2の被験者は、0.1 mm、0.3 mmの線幅の破線では0.5 mmのスペースの破線は認知できないが、0.5 mm、0.7 mmの線幅の破線では0.5 mmのスペースの破線を認知できていたり、近距離視力0.04の被験者は短線の長さが2 mmの破線でも認知できるものとできないものが存在した。そこで、ランドルト環の切れ目幅と認知できた破線のスペースの長さを比較した結果、ほぼ一致していることが示された。ランドルト環の切れ目幅を指標とした場合、近距離視力0.2は0.45 mm、近距離視力0.15は0.60 mm、近距離視力0.09は1.0 mm、近距離視力0.04

は2.25mmが閾値となる。この条件で短線の長さおよびスペースの長さがこれら以上の破線は線幅が適切であれば認知可能であると考えられる。この点を検討するため、破線の線幅はTable 8-1を算出したのと同じ方法を取り、破線の条件はランドルト環の切れ目幅を指標として、認知が可能であると考えられる破線の認識率を算出し、Table 8-3に示した。Sub. 1, Sub. 2, Sub. 3については、0.1mmの線幅の破線とスペースの長さが0.5mmの破線を、Sub. 4については0.1mmの線幅の破線と短線の長さが1mm, 2mmの破線、スペースの長さが0.5mm, 1mm, 2mmの破線を除外したデータを用いている。また、Sub. 2は水晶体を摘出していない白内障のため中間透光体混濁の予測式を用いた。どの被験者の認識率も90%以上でありこの基準を用いることは妥当であると考えられる。すなわち、予測式から算出した有効線幅を用い、破線の構成としてはランドルト環の切れ目幅を指標とすることで、個々の弱視者に適した破線が決定できる。

一方、すべての弱視者に見える条件としては、実線の条件の検討の同様に、中間透光体に混濁をもつ近距離視力0.04の弱視者を重度の弱視者の代表として考える。破線の線幅はTable 8-1から0.5mmであり、近距離視力用ランドルト環の0.04の切れ目幅は2.25mmであることから、短線の長さ、スペースの長さとも3mm以上という条件が基準になると考えられる。ただし、現実的な弱視児・者の視距離を考慮した条件では、20cm程度の視距離が適切であり、破線の条件は短線の長さ、スペースの長さとも2mm以上が基準である。

Table 8-3 ランドルト環の切れ目幅を基準とした破線の認識率

	Sub. 1	Sub. 2	Sub. 3	Sub. 4
認知可能な破線数	72	75	72	25
破線数	75	75	75	27
認識率	96%	100%	96%	92.5%

## 第2節 本研究の問題点と今後の課題

### 1. 研究の問題点

本研究は、弱視児・者の認知に適した実線と破線の条件を明らかにすることを目的として行われた。被験者は弱視者と弱視シミュレーションを施した晴眼者である。弱視被験者に関しては被験者数が少なく、より多くの被験者数が必要であった。また、中間透光体に混濁をもつ弱視者が被験者に含まれていないため、このような眼疾患をもつ弱視者に関しては仮定の域を脱していない。中間透光体に混濁をもつ疾患としては角膜、水晶体、硝子体疾患を挙げることができるが、香川(1996)の調査では全国盲学校児童・生徒の13.68%が、谷村(1996)の全国弱視学級児童・生徒の調査では17.57%がこれらの疾患である。この調査では、水晶体疾患に関しては水晶体摘出を行った術後無水晶体眼も水晶体疾患に含めてあり、先天性白内障の場合、視力発達の臨界期である5～6歳までに摘出手術を受けていることが多いため、これらのデータから白内障を除くと約5%程度が中間透光体に混濁をもつと考えられる。割合としては高くはないが、有効線幅に関しては中間透光体混濁は屈折異常と比較して太いことが示され、このような眼疾患をもつ場合の検証が必要である。

また、弱視シミュレーションの問題点も指摘できる。遮蔽膜使用し、中間透光体混濁の眼疾患をシミュレーションした。弱視シミュレーションの程度は近距離視力により表されたが、定量的にはとらえていない。すなわち、中間透光体の混濁をシミュレーションし、その結果どの程度の視力低下が生じているかは判断できるが、混濁の程度の定量的な把握も必要であったと考えられる。

また、成人を対象として実験が行われたが、現実的に図形や図表などに接する機会が多いのは、教育段階にある弱視児である。視経験が豊富で視覚発達に関しても完成期にある者を被験者とし、視力との関係で実線や破線の条件を検討したが、本研究で得られた知見が、学習段階にある弱視児にも適用できるか否かの検討も必要である。

さらに、実験手続きとして線の方角を追う課題を用いて、線の条件の適切性を検討したが、この手続きにより目的とした条件が測定できたのかどうか、また、線の方角として水平・垂直方角の提示のみであったが、斜め方角の場合には測定された有効線幅が適用できるかという問題が存在していることは指摘せざるを得ない。

## 2. 今後の課題

本研究は、弱視者の認知に適した線の条件を検討することを目的としており、基準となるデータ提供に本研究の位置づけがあると考えられる。そのため、有効線幅や認知に必要な2本の線の線幅の差あるいは破線の条件を、近距離視力を指標として一人一人の弱視児・者に適した条件を主眼にした観点、および弱視用の教科書や教材等の不特定多数の弱視児・者を対象とした場合の条件を提供することを主眼とした観点で示してきた。これらの基準が、例えば文字や記号等も有する拡大教材の作成等の現実的な場面、あるいは地図のような複雑な条件のもとでも、どの程度一般化できるのか実証的な研究を行わなければならない。

また、本研究では白地上の黒線という条件で検討してきた。しかし、カラープリンターやカラーコピー機はますます普及し、学校教育現場でもこれらの活用が増加すると考えられる。黒線だけでなく他の色を用いた場合の有効線幅や破線には本研究の結果を直接適用すべきでなく、新たに検討を加えることが必要である。その結果は、カラー教材に反映されるだけでなく弱視用のノート作成などの基準も提供できると考えられる。

さらに、一人一人の最適な条件を明らかにするためには、線だけでなく記号など様々な要因に関して情報を提供できる個別検査の作成が効率的であると考えられる。そのためにも、線の条件に関しても色のついた線あるいはコントラストの低い線、種類に関しても波線あるいは矢印などの基礎的なデータの収集は急務である。



## 引用・参考文献

- Barraga, N. (1964): Increased Visual Behavior in Low Vision Children. Research Series, 13, American Foundation for Blind.
- Carl, D. (1977): Vision and Visual Comfort. Audiovisual Instruction, 22(7), 18-19.
- Chaikin, J. D., Corbin, H. H., and Volkmann, J. (1962): Mapping a Field of Short-Time Visual Search. SCIENCE, 138, 1327-1328.
- Conrod, B. E., Bross, M., and White, C. W. (1986): Active and Passive Perceptual Learning in the Visually Impaired. Journal of Visual Impairment & Blindness, 80(1), 528-531.
- Engel, F. L. (1971): Visual Conspicuity, Directed Attention and Retinal Locus. Vision Research, 11, 563-576.
- Ермаков, В. П. (1987): ОБУЧЕНИЕ СЛАБОВИДЯЩИХ ДЕТЕЙ ЧТЕИЮ ГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ. МОСКВА <ПРОСВЕЩЕНИЕ>.
- 大城英名・内田芳夫訳(1992): 弱視児のグラフィックの視覚的認知の診断と教育.
- 藤田まゆみ・舛本圭子・湯浅貞雄(1980): 弱視児のclose workの速さを規定する要因に関する実験的研究. 視覚障害教育・心理研究, 1(2), 1-8.
- 濱本洋子・五十嵐信敬(1979): 弱視児の視知覚に関する実験的研究－視知覚の速さを中心にして－. 視覚障害教育・心理研究, 1(1), 11-15.
- 原田政美(1989a): 眼疾患と指導上の配慮(1)－強度近視(その1)－. 弱視教育, 27(1), 19-23.
- 原田政美(1989b): 眼疾患と指導上の配慮(2)－強度近視(その2)－. 弱視教育, 27(2), 23-28.
- 原田政美(1989c): 眼疾患と指導上の配慮(3)－小眼球－. 弱視教育, 27(3), 21-25.
- 原田政美(1990a): 眼疾患と指導上の配慮(4)－先天白内障－. 弱視教育, 27(4), 16-23.
- 原田政美(1990b): 眼疾患と指導上の配慮(5)－網膜色素変性－. 弱視教育, 28(1), 31-37.
- 原田政美(1990c): 眼疾患と指導上の配慮(6)－先天緑内障－. 弱視教育, 28(2), 30-34.
- 原田政美(1990d): 眼疾患と指導上の配慮(7)－視神経萎縮－. 弱視教育, 28(3), 23-29.
- 原田政美(1991): 眼疾患と指導上の配慮(10)－未熟児網膜症－. 弱視教育, 29(2), 24-29.
- 原田政美(1992): 眼疾患と指導上の配慮(15)－屈折異常(その1)－. 弱視教育, 30(3), 24-29.
- 原田政美(1993): 眼疾患と指導上の配慮(16)－屈折異常(その2)－. 弱視教育, 30(4), 22-28.
- 五十嵐信敬(1966): 弱視児の視知覚に関する因子分析的研究. 盲心理研究, 14, 26-37.
- 五十嵐信敬(1971): 形体知覚検査の標準化. 弱視教育, 9(5), 90-97.
- 五十嵐信敬(1978): 視覚障害児の形態認知. 小出進・中野善達編著, 障害児の心理的問題, 福村出版, 118-143.
- 五十嵐信敬(1989): 弱視児の視知覚と指導. 視覚障害研究, (30), 8-19.
- 五十嵐信敬・小林秀之(1994): 弱視児の視覚の精度を表す指標値間の関連について. 視覚障害に学ぶ 谷村裕教授退官記念論文集, 1-9.

- 池田光男(1977): 信号検出のための視野の広さ. 眼科, 19(3), 221-227.
- Ikeda, M. and Takeuchi, T. (1975): Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception & Psychophysics*, 18(4), 225-260.
- Ikeda, M. and Saida, S. (1978): Span of recognition in reading. *Vision Research*, 18, 83-88.
- Ikeda, M. and Uchikawa, K. (1978): Integrating Time for Visual Pattern, Perception and a Comparison with the Tactile Mode. *Vision Research*, 18, 1565-1571.
- Ikeda, M., Uchikawa, K., and Saida, S. (1979): Static and dynamic functional visual fields. *Optica Acta*, 26(8), 1103-1113.
- 石部元雄・伊藤隆二・鈴木昌樹・中野善達編(1981): 心身障害辞典. 福村出版.
- 伊藤由紀夫(1976): 弱視児の視認知の特性について－仮弱視児との比較を中心にして－. 視覚障害児教育研究, 8, 43-59.
- 香川邦生(1996): 全国盲学校児童生徒の視覚障害原因等とその推移. 香川邦生, 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研究, 筑波大学心身障害学系, 1-20.
- 木村允彦(1972): 触運動による組み合わせ図形の知覚. 心理学研究, 43(1), 1-12.
- 小林秀之・五十嵐信敬(1992): 視野制限下における視覚探索方略に関する実験的研究. 視覚障害心理・教育研究, 9, 17-22.
- 小林秀之・五十嵐信敬(1993): 弱視児の図形認知に関する実験的研究－提示条件と認知の正確性との関連を中心にして－. 心身障害学研究, 17, 11-22.
- 小中雅文・鈴木英隆・五十嵐信敬(1986): 弱視児の広視野図形の認知に関する実験的研究(1)弱視児の広視野図形認知の特性の分析を中心にして. 日本特殊教育学会第24回大会発表論文集, 32-33.
- 小柳恭治・山梨正雄・千田耕基・志村洋・山県浩(1984): 視覚障害児のパターン認識の発達とその指導(2). 国立特殊教育総合研究所研究紀要, 11, 107-119.
- 小柳恭治(1987): 視覚障害児のパターン認識をめぐる諸問題. 国立特殊教育総合研究所研究紀要, 14, 1-14.
- 黒川哲宇(1944): 弱視のための文字拡大をめぐるエッセー. 視覚障害に学ぶ谷村裕教授退官記念論文集. 127-136.
- 黒川哲宇(1977): 弱視児の視知覚に関する一研究(2)－重相関法の適用－. 盲心理研究, 19, 1-22.
- Lambert, L. M. and Lederman, S. J. (1989): An Evaluation of the Legibility and Meaningfulness of Potential Map Symbols. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 83(8), 397-403.
- Legge, G. E., Rubin, G. S., Schleske, M. M. (1986): Contrast Polarity Effects in Low Vision Reading. Woo, G. C(Ed), *Low Vision - Principles and Applications*. Springer-Verlag, New York, 288-307.
- 増子正・錦野弘・吉川恵士・西條一止(1994): 弱視者の明度弁別に関する研究. 特殊教育学研究, 32(2), 33-38.

- 松田一子(1978): 視野局部制限下における図形認知に関する実験的研究ー触的図形認知との比較を中心にしてー. 昭和52年度広島大学卒業論文集, 33-36.
- Metzger, W. (1953): *Gesetze des Sehens*. Frankfurt am Main, 盛永四郎訳(1968): 視覚の法則, 岩波書店.
- 森敏昭・吉田寿夫編著(1990): 心理学のためのデータ解析テクニカルブック. 北大路書房.
- 中川暮美・竹浦佐英美・三澄妙子・小林秀之(1992): 小学校における弱視児の教科指導に関する実践的研究(10)ーⅢー③読書用文字の大きさと読速度ー. 弱視教育, 29(4), 1-7.
- 中島義明(1992): 実験心理学の基礎. 誠信書房.
- 中本公(1974): 弱視児の視認知の発達に関する一研究. 東京教育大学教育学部特殊教育学科1973年度卒業論文抄録集, 1-9.
- 中野泰志・千田耕基(1991): 透光体に混濁のある弱視児H Aにおけるコントラストポラリティ効果の測定ー教材作成への応用の可能性についてー. 国立特殊教育総合研究所研究紀要, 18, 103-114.
- 中山愛子(1967): 弱視者の事物認識についてー地図を中心とした図形の修正. 弱視教育, 5(2), 22-30.
- 中山富士雄(1977): 地形図の拡大効果を中心とした弱視児の視認力について. 弱視教育, 19, 59-93.
- 日本弱視教育研究会(1993): 弱視児に対する拡大教材の必要性和望ましい教材拡大のあり方Ⅱ. 平成4年度文部省「教育方法の改善に関する調査研究」委託研究報告書.
- 日本規格協会(1984): 日本工業規格 製図に用いる線, JISZ8312-1984. 日本規格協会.
- 西山兼治(1967): 線分の長短及び波状線分形の大小知覚の確かさに関するテスト研究. 弱視教育, 5(2), 83-87.
- 仁田正雄(1977): 眼科学 改訂第2版. 文光堂.
- Nolan, C. Y. (1971): Relative Legibility of Raised and Incised Tactual Figures. *Education of the Visually Handicapped*, 3(2), 33-36.
- Nolan, C. Y. (1960): A Study of Pictures for Large Type Books. *The International Journal for The Education of The Blind*, 9(3), 67-70.
- 小田浩一・曾我重司(1990): 弱視のシミュレーション(Ⅱ)ーコントラスト低下に伴う視力の低下. 第16回感覚代行シンポジウム発表論文集, 135-138.
- 小田浩一(1990): 弱視のシミュレーション(Ⅰ)ー視野のぼけによる文字認識の障害ー. 日本特殊教育学会第28回大会論文集, 6-7.
- 小田浩一(1991): 新しい視機能検査ー縞視力とコントラスト感度の測定装置の試作. 国立特殊教育総合研究所特別研究「心身障害児の感覚・運動機能の改善及び向上に関する研究」中間報告書, 53-61.
- 小田浩一・橋本千賀子・池谷尚剛・谷村裕(1991): 低視力者のコントラスト感度(C S F)の測定. 第17回感覚代行シンポジウム発表論文集, 71-74.
- 大島祐之(1966): 視力. 萩原朗編, 眼の生理学, 医学書院, 47-77.

- 大城英名・内田芳夫(1993a): 弱視児のグラフィック要素の知覚における視覚的可能性の評価法. 第2回視覚障害リハビリテーション研究発表大会, 54-57.
- 大城英名・内田芳夫(1993b): 弱視児のグラフィック要素の視認知における評価法の検討(1)ー線分幅・色彩丸・コントラストについてー. 日本特殊教育学会第31回大会発表論文集, 74-75.
- 大山正(1969): 感覚・知覚測定法. 和田陽平・大山正・今井省吾編集, 感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠信書房, 32-72.
- 大頭仁(1975): 眼球の光学. 応用物理学会光学懇話会編, 生理光学ー眼の光学と視覚ー. 朝倉書店, 37-71.
- Riggs, L. A. (1965): Visual Acuity. In Graham, C. H. (Ed.) Vision and Visual Perception. New York: John Wiley & Sons, 321-349.
- Rogow, S. M. and Rathwell, D. (1989): Seeing and Knowing: An Investigation of Visual Perception among Children with Severe Visual Impairments. Journal of Rehabilitation, 3(3), 56-66.
- Saida, S. and Ikeda, M. (1979): Useful Visual Field Size for Pattern Perception. Perception and Psychophysics, 25, 119-125.
- 坂田勝亮(1991): 知覚研究における測定. 市川伸一編著, 新心理学ライブラリー13 心理測定法への招待ー測定からみた心理学入門, サイエンス社, 149-188.
- 迫川由美子・横畠美津子(1978): 弱視児用社会科地図に関する一研究ー要素, 表記の検討を中心としてー. 弱視教育, 16(5), 82-91.
- 佐藤泰正(1974): 視覚障害児の心理学. 学芸図書.
- Show, A. (1969): Print for Partial Sight. The Library Association, London.
- 鈴木英隆・小中雅文・五十嵐信敬(1986): 弱視児の広視野図形の認知に関する実験的研究(2)制限視野下における広視野図形認知の特性の分析を中心にして. 日本特殊教育学会第22回大会発表論文集, 34-35.
- 高橋敏子(1973): 弱視児の視知覚特性に関する研究ー方向認知についてー. 盲心理研究, 18, 11-26.
- 田中敏・山際勇一郎(1992): 新訂ユーザーのための教育・心理統計と実験計画法. 教育出版.
- 谷村裕(1967): 弱視者の事物認識についてーそのⅡ. 理科図形の修正上の問題点. 弱視教育, 5(3), 48-63.
- 谷村裕(1992): わが国における視覚障害原因の実態. 筑波大学心身障害学系.
- 谷村裕(1996): 全国小・中学校弱視学級児童生徒の視覚障害原因等調査結果とその推移. 香川邦生, 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研究, 筑波大学心身障害学系, 49-62.
- Taverner, G. G. F. (1993): The Improvement of Vision by Vision Stimulation and Training: A Review of the Literature. Journal of Visual Impairment & Blindness, 87(5), 143-148.

- 千田耕基・小柳恭治・山梨正雄・志村洋・山県浩・斉藤政和(1982): 視覚障害児のパターン認識の諸特性 (4)ー小穴を通しての視知覚の条件下におけるパターン認識ー. 日本特殊教育学会第20回大会発表論文集, 314-315.
- 徳田克己・黒川哲宇・瀬尾政雄(1983): 弱視児の二次元空間における方向認知の発達特性. 心身障害学研究, 8(1), 45-56.
- Trudeau, M. , Overbury, O. and Conrod(1990): Perceptual Training and Figure-Ground Performance in Low Vision. Journal of Visual Impairment & Blindness, 84(5), 204-206.
- 津久井次子(1979): 弱視児の視知覚に関する研究. 視覚障害教育・心理研究, 1(1), 26-29.
- 梅津八三・鳥居修晃(1965): 先天盲における触運動的な形の知覚. 日本心理学会第29回大会発表論文集, 70.
- Westheimer, G. (1987): Visual acuity. Moses, R. A. and Hart, W. M. (Ed). Adler's Physiology of the Eye - Clinical Application - (8th edition), The C. V. Mosby Company. 415-428.
- 山出新一(1989): コントラスト感度 Contrast Sensitivity Function. あたらしい眼科, 6(1), 37-45.
- 山県浩・千田耕基・小柳恭治(1983): 視覚障害児のパターン認識の諸特性(6)ースリットを通して見た知覚の条件下における視覚パターン認識ー. 日本特殊教育学会第21回大会発表論文集, 8-9.
- 山根清道(1935): 触運動的図形知覚に就いての実験的研究. 心理学研究, 10(3), 328-390.
- 吉田俊郎(1992): 弱視とコントラスト感度. 小田浩一・中野泰士・吉田俊郎編: 最新視覚科学と弱視研究, コミュニケーション科学研究会, 1-12.

## おわりに

本研究は、筑波大学大学院博士課程に入学した時点からの開始したテーマです。私自身としては、弱視児の視知覚に興味をもち、広島大学での特別研究、筑波大学教育研究科での修士論文とも弱視児の図形認知に関する研究を行ってきました。博士課程に進学し、このまま図形認知に関する研究を継続するべきか、新たなテーマで研究を選ぶべきかかなり迷った覚えがあります。これらの研究を行っているときに常に感じていたことは、提示している図形が本当に見えているのかどうかということです。このことが本研究テーマを選んだ大きな理由の一つです。また、重要な先行研究である線の太さの可能限界を測定した研究の協同研究者である谷村裕教授の存在も欠かすことのできない理由に挙げられます。大変貴重なご意見を頂戴し感謝しております。

さらに、佐島毅先生には、ご指導・ご助言だけでなく公私にわたり常に励ましを頂きました。このテーマを選択する段階でも、どのような方法論で進めるのかについて、激務の中を多大な時間を割いていただいたように覚えています。ただ単に線の存在を知覚できる条件でなく、見やすい条件をどのように測定するのか。また、刺激の提示方法はどうするのか。この2点は本研究では重要な柱をなし、試行錯誤を繰り返す中、解決するにあたり常に佐島先生のご助言がありました。特に刺激の提示方法に関しては、現実的に弱視児が使用するのと同じように、紙面に印刷されたものを用いて測定することに意味があることを強調していただきました。特別研究、修士論文とも刺激提示はコンピュータを用いていたこと、様々な先生方からのご指摘の一つに新しい技術を用いた方法論の適用があったことなどから、オーソドックスに紙面を用いることへの不安感は佐島先生なしでは解消できなかったと思っております。ここに深く感謝致します。

私が視覚障害に関心をもった最初の理由は、視覚障害をもつ父の存在ですが、広島大学盲学校教員養成課程、筑波大学修士課程、研究生および博士課程で11年間にも渡り、事細かに指導していただいた五十嵐信敬教授の存在なくしては視覚障害研究にこうして携わることはなかったと思います。この11年間、論文指導に限らず公私に渡り、先生のもとで学べたことを誇りに思っております。常にあたたかいご指導、ご助言を下さり有り難うございました。ここに深く感謝の意を表します。

最後に、本論文を作成するにあたり、被験者としての参加等、多くの方々にご協力いただきました。感謝申し上げます。本研究は基礎的なデータの提供にとどまっていますが、今後、得られた知見をもとに、より実証的な研究を進めていくことでご協力への報いとさせていただきますと考えております。

1996年12月

小林 秀之