

漢字識別の基礎的研究

小林富士男* 富田将英** 坪井始* 田中始男* 美咲隆吉*

Basic Study on Discrimination of Chinese Characters

Fujio KOBAYASHI*, Masahide TOMITA**, Hajime TSUBOI*, Motoo TANAKA*
and Takayoshi MISAKI*

ABSTRACT

Visual acuity is represented by the reciprocal expression of a minimum visual angle that can be distinguished between the two points. Even if the details of Chinese characters are invisible, humans can recognize the characters fairly often. In this paper, we define the maximum distance that is observed the details of the character as a visible distance for fine structure. The maximum distance that are recognized a character is also defined as a discrimination distance. We have measured the visible distance of fine structure and the discrimination distance of various kinds of characters. The results of the examination indicate that these distances are significantly affected by the neighboring pattern of character.

Keywords : Visual Acuity, Visual Experiment, Discrimination of Chinese Character, Pattern Recognition, Visible Distance for Fine Structure, Discrimination Distance

キーワード : 視力、視覚実験、漢字識別、パターン認識、構造確認距離、識別距離

1. はじめに

視力は空間の不均一性を見分ける能力であり、あらゆる視覚パターンの認知の根本をなすものである。視力には最小分離閾、最小視認閾および最小可読閾としての視力、ならびに副尺視力などがあるが、一般には国際眼科学会の規定に基づいてランドルト環を用いた最小分離閾としての視力、または文字を用いた最小可読閾としての視力が普及している [1] ~ [4]。

視覚パターンの識別に関しては次の二つの場合が考えられる。その一はパターンの細部は不明確でもパターン全体の形態を見て、それが何であるかを識別する場合であり、その二はパターンの細部まで詳細に認知して識別する場合である。本論文では、視覚パターンとして印刷漢字を用い、識別距離および構造確認距離を測定する。漢字は表意文字であり、その構造を認知してその文字の意味を知るわけであるが、文字によってはその細部まで分からなくても意味を知ることができる。これは識別距離として測定されるが、漢字

の字画またはストローク数に依存するものである。また印刷漢字の構造確認距離は、主に二線分離できる最大の距離であるが、ランドルト環視力とはかなり異なった特性を示すことが分かった。これは漢字細部の二線を分離する能力が、その二線の周囲の状況およびその視認距離に大きく依存するためである。またこの識別距離と構造確認距離から、漢字の視認距離係数を定義し、漢字の構造の複雑さと一定の傾向があるという結果を得た。さらに、使用した印刷漢字パターンのストローク幅と同一の幅の二線分離に関して、二線の間隔を変えた場合および二線の間隔を一定とし、その周囲に別のストロークを付加した場合の視力特性を測定した。その結果から、二線分離遮断空間周波数は一定でなく、二線の周囲の状態に高い依存度を示すことが分かった。

印刷漢字の識別に関する研究は、古くから眼科学的立場でなされているが、判読性として主に仮名文字、ローマ字および漢字の縦読と横読の視速度に関するも

のが多い。また最近、交通安全施設の立場から道路標識の視認性に関する研究が、漢字の視認距離測定として盛んに行われているが、主に自動車の速度、標識の照度、コントラスト、背景の輝度分布に対する文字の大きさや視認距離に関するものである [5]。二者とも識別距離に対応するが、構造確認距離という観点からの研究ではない。本論文では、眼機能中最も重要である視力に力点を置き、印刷漢字の識別について報告する。

2. 視力

視力は視標を注視する場合に、視標が映じている網膜の中心窩における解像力であり中心視力を意味する。これに対して中心窩以外の網膜の解像力を周辺視力という。視力は次のような方法で測定され、決定される。

Fig. 1 のように、視標の幅を W とし、眼から視標までの距離 L でやっと識別できるとき、視角 β が小さい場合には

$$\beta = \frac{W}{L} [\text{rad}] = \frac{57.3W}{L} [\text{deg}] = \frac{3438W}{L} [\text{min}] \quad (1)$$

となる。

視力 V は視角 β (分の単位) の逆数であるから、

$$V = \frac{1}{\beta} = \frac{0.00029L}{W} \quad (2)$$

となる。

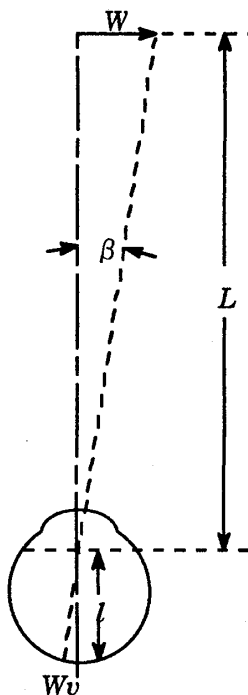


Fig. 1 Visual angle and visual acuity.

また、網膜上の像の大きさ Wv は、眼の結節点から網膜までを d とすれば

$$Wv = \frac{lW}{L} \quad (3)$$

である。いま、視力 1.0、 $W=1\text{mm}$ とすれば、式 (2) から

$$L = 3438\text{mm}$$

となり、さらに $l = 17\text{mm}$ とすれば、 $W = 1\text{mm}$ の網膜像の大きさ Wv は式 (3) から

$$Wv = \frac{17 \times 1}{3438} = 0.0049\text{mm} = 4.9\mu$$

となる。

しかし、視力は視標によっても異なり、次のように分類することがある。

- (1) 最小視認閾
- (2) 最小分離閾
- (3) 最小可読閾
- (4) 副尺視力

最小視認閾は、1 個の点または 1 本の線が存在するか否かを視認する閾値であり、白紙上の 1 本の黒線を考えると、網膜上の照度差が知覚されれば識別できるので、照明状態が良ければ約 5 秒の太さまで視認できる。

最小分離閾は、2 個の点または 2 本の線を分離する閾値であり、白紙上の 2 本の黒線を考えると、この 2 本の線の映像を分離して知覚するためには、網膜上の照度差を識別すると同時に、2 本の線の映像の間に少なくとも 1 個の視細胞が介在しなければならない。したがって、最小視認距離としての視力よりもかなり低下する。ランドルト環を用いた視力は、これに属する。

最小可読閾は、文字または図形を判読する閾値である。文字視標としてはカタカナ、ひらがな、ローマ字などが用いられ、視力の準標準検査となる。

副尺視力は、線の僅かなく違いを識別する閾値である。副尺視力は、ランドルト環を用いた視力より 10 倍以上も高い。たとえば、見分け得る最小のくい違い (ずれ) は 2 秒、4 秒等の報告がある。

視力に関する国際眼科学会の規定は、最小分離を基本理念とするが、最小可読閾を用いても差し支えない。基準としてはランドルト環を定める、となっている。

る。この交点より左側では直線より上方に、右側では下方になる傾向がある。 L_s は、印刷漢字の細部の二線分離に要する最大距離であるから、ちょうど二線分離視力を測定していることになる。この視力は曲線となり、ランドルト環による視力と全く異なることを示している。

また、 d に対する識別距離 L_r も曲線になるという点で、 L_s と類似の傾向を示すが、漢字の細部が不明瞭でも判読できるから、 L_r は L_s より大きな値となる。ストローク数の多い複雑な文字パターンほど、距離の伸び率が大きい。Fig. 3に、 L_s に対する L_r の関係を示す。

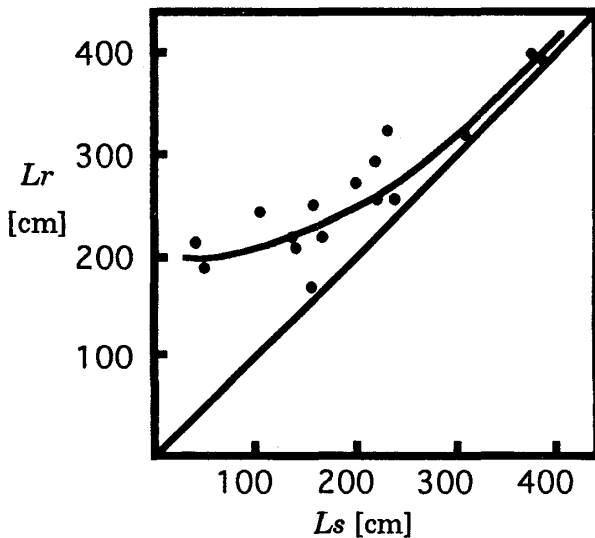


Fig. 3 Relationship between discrimination distance and visible distance for fine structure.

L_s の値が小さい範囲、すなわち複雑な文字ほど 45° 線から遠く離れ、 L_s の値が大きい範囲、すなわちストローク数の少ない文字ほど 45° 線に接近する。ここで視認距離係数 R_d を、次のように定義する。

$$R_d = \frac{L_r - L_s}{L_s}$$

Fig. 4は、ストローク間隔 d に対する R_d の関係である。ストローク数の多い構造上複雑な漢字ほど、細部がぼけて不明瞭になっても、識別が可能であることを示している。ストローク数の少ない構造上簡単な漢字ほど、 L_s と L_r の差が少なく、細部のぼけが識別を不可能にすることを示している。たとえば、通用漢字中最も字画の多い鬱は L_s と L_r の差がきわめて大きく、 R_d は約3となる。これは類似文字の有無と大きな関係があり、細部がぼけても類似文字が無いため、識別が可能であると考えられる。しかし、千と干の場合は、鬱

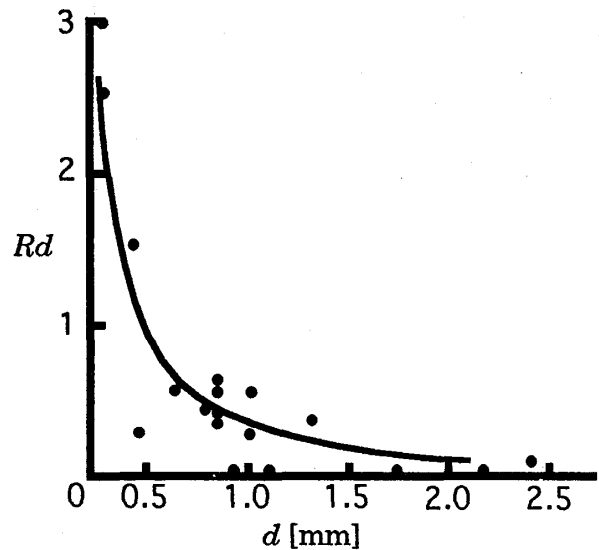


Fig. 4 Coefficient of visibility distance factor.

と逆になり、 R_d はそれぞれ0.005および0.027となる。千と干は、類似文字といえるから、ストローク数の少ない漢字ほど類似文字があり、 R_d は小さくなる。一方、ストローク数の多い漢字ほど類似文字はなく、 R_d は大きくなる。換言すれば、一般に複雑な構造の漢字ほど、冗長度が大きいと言える。

4.2 ストローク間隔に対する16P、26P、38P中ゴシック体の構造確認距離

Fig. 5は、田、三、目、自、黒、亀、鷹、膽、および鬱の16P、26P、38Pの文字に対する $d-L_s$ の特性である。ポイント数の相違は、それぞれの文字のストローク幅、ストローク間隔および文字高が相似的に変化することを意味するから、ある視認距離における網膜像は同一となる。したがって、 d に対する L_s は、直線的な関係となる。前述のように、視力 V と d および L_s の関係は、

$$V = 0.00029 L_s / d$$

である。鬱、膽および鷹に関する視力は、それらの $d-L_s$ の特性の傾斜から $V=1.4$ となる。また、目および自の $d-L_s$ 特性線の傾斜は、 $V=0.6$ となる。ほかの文字についても、それぞれ異なった固有の傾斜を持つことから、これら文字の細部ストロークを見分ける視力は、固有のものと考えられる。図中の曲線は、26Pの9文字に対する $d-L_s$ 特性線を表している。

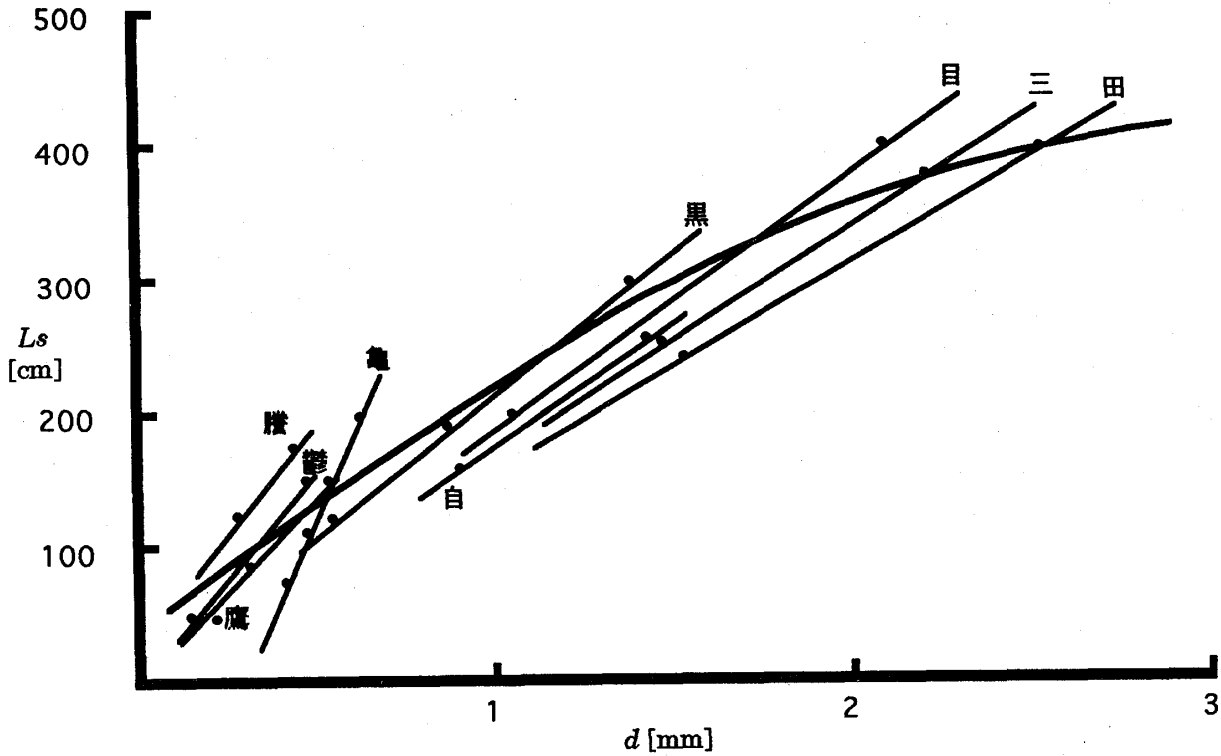


Fig. 5 Visible distance for fine structure of Chinese characters. (16P, 26P, 38P)

4.3 d に対する構造確認距離比

ゴシック体の d に対する構造確認距離比 R_s を、次のように定義する。

$$R_s = L_s / L_{smax}$$

L_{smax} : 太ゴシック体の L_s

すると、印刷漢字「見」の16P、26P細、中、太、特大の R_s の値はFig. 6 のようになる。16P、26Pともに太ゴシック体で、最も L_s の値が大きくなる。Fig. 7

に、ストローク間隔 d とストローク幅 W の比 d/W に対する R_s の値を示す。16P、26Pのそれぞれの特性曲線は、ほとんど重なる。これは16P、26Pの網膜上の映像が、同一になるためと考えられる。ポイント数を限定すれば、文字高は決定されるから、ストローク幅 W が増加するとストローク間隔 d は減少する。漢字「見」に関しては、 d/W が1.0前後で R_s は最大となる。和気、清水は、数種の数字の文字高に対するスト

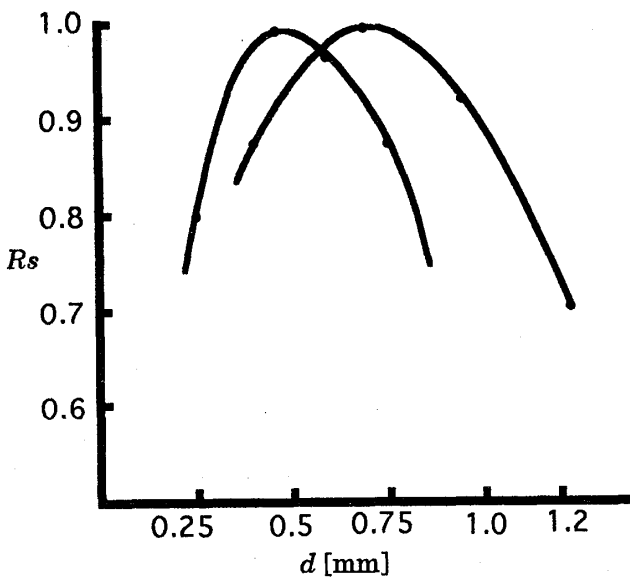


Fig. 6 Ratio of visible distance for fine structure.

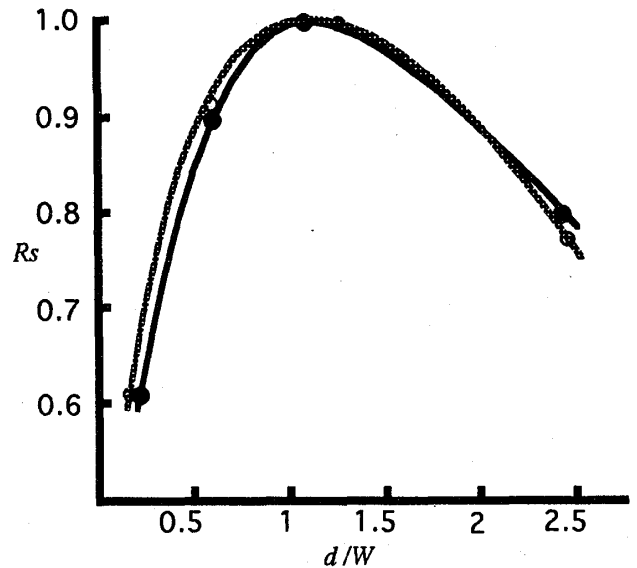


Fig. 7 Ratio of visible distance for fine structure against width-gap ratio of the strokes.

ローク幅の比を変え、それらの判読性について報告している[6]。それによると、数字の文字高に対して最適太さが存在するが、コントラストの相違によって判読距離が変化する傾向が異なると記述している。しかし、構造確認距離と判読距離は異なるし、文字高に対するストローク幅の比と d/W に対する R_s は異なる。したがって、文字の最適太さに関する議論は、厳密な意味では同一視できないとしても、大筋において同じような傾向がある。

5. 検討

印刷漢字パターンの構造確認距離を測定する場合は、それぞれの漢字の最も複雑な細部の2本のストローク間を視覚的に分解できる最大距離を測定することになるから、視力がその基本になることはいうまでもない。しかし、ランドルト環を用いた視力では、ほとんど説明することはできないという実験結果が得られた。

漢字構造の複雑な細部は、2本の水平ストロークで

構成されている場合が多いので、次に、2線分離視力と視認距離の関係について考察する。さらに、水平2線分離視力が、その上下に付加したストロークによって変化する傾向、ストローク（付加線と呼ぶ）の長さ、間隔、および幅を変化した場合の2線分離視力について検討する。漢字の構造を詳細に見ると、ストロークの組み合わせは、この平行2線のほかに種々のストロークの組み合わせがある。たとえば、水平線と点、垂直線と点、点と点、曲線と直線、斜線と直線などである。

5.1 水平2線分離視力と視認距離

水平2線分離視力測定用視標として、ストローク幅 W を26Pゴシック体漢字と同一太さとし、ストローク長 S を、一般の視力測定用視標を参考にして $4W$ とした。実際の寸法は、 $W = 0.4\text{mm}$ 、 $S = 1.6\text{mm}$ である。このようなストロークを2本平行に並べ、ストローク間隔 d を変化させて、 L_s を測定した。Fig. 8は、その関係である。この $d-L_s$ 特性は、直線とはならず飽和

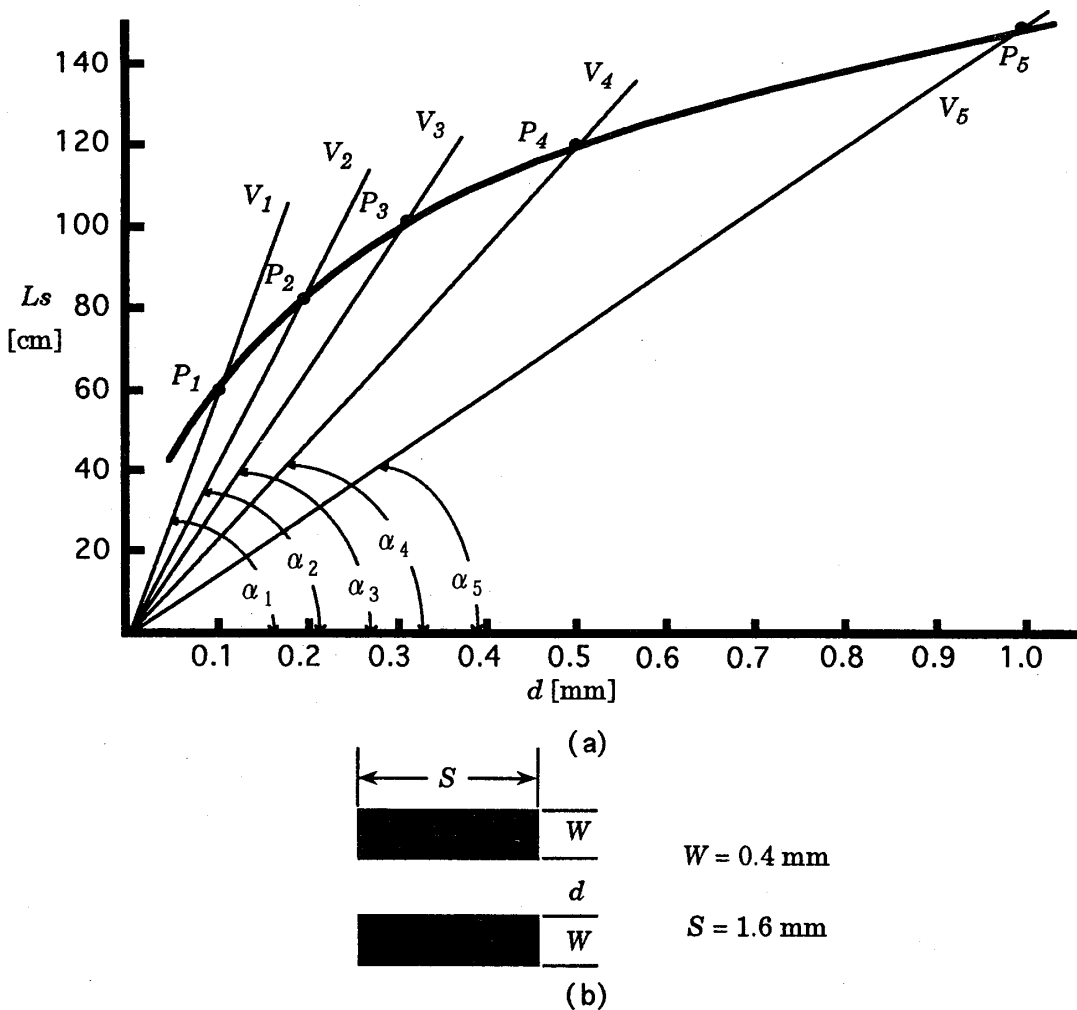


Fig. 8 Visible distance for fine structure and visual acuity which is separated into two lines.

曲線となる。視力 V は、 $V = \beta^{-1} [1/\text{min}]$ と表されるので、 $d-Ls$ 特性曲線のそれぞれの点 P_1, P_2, \dots, P_5 と原点を結んだ直線の傾きと関係する。ただし、上式の β は、 $K_1(90-\alpha_1), K_2(90-\alpha_2), \dots, K_5(90-\alpha_5)$ [min]に対応するから、それぞれの視力 $V_i (i=1, 2, \dots, 5)$ は、

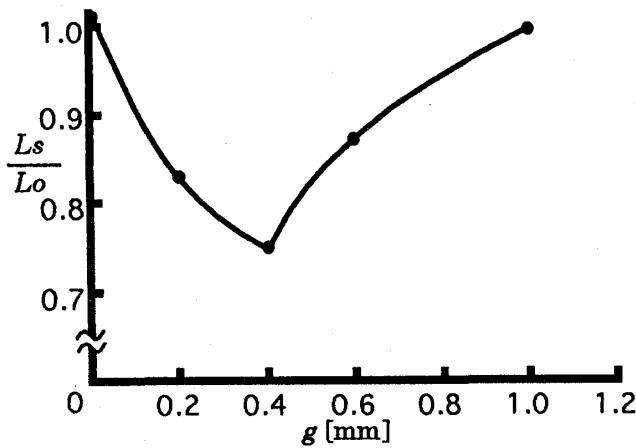
$$V_i = K_i (90 - \alpha)^{-1} [1/\text{min}] \quad (i=1, 2, \dots, 5)$$

となり、明らかに $V_1 > V_2 > V_3 > V_4 > V_5$ となって、視力は、 d の増加とともに低下することを示している。

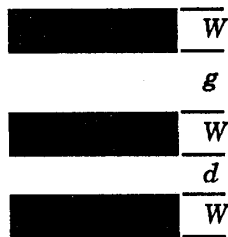
5.2 2線分離視力の付加線による影響

5.2.1 付加線間隔の変化に対する2線分離視力

2線分離視力用視標の上方に同一幅、長さ ($W=0.4\text{mm}, S=1.6\text{mm}$) のストロークを付加したとき、付加線間隔 g に対する構造確認距離比 La/Lo (ただし、 Lo は付加線がない場合、 La は上方に付加線がある場合の構造確認距離) の関係をFig. 9に示す。 $g=0$ 、すなわち付加線幅が上部ストロークだけ2倍となったとき、構造確認距離比は付加線がない場合と比べ、ごくわずかに大きな値を示している。 g が増加すると、距離比は顕著に低下し、 $g=W$ で最低となる。さらに、 g が増加すると、逆に次第に向上し、 $g=3W$ において無付加の状態に戻る。したがって、図のような



(a)



(b)

Fig. 9 Ratio of visible distance for fine structure. (line is added above)

V 字特性となるが、このことは、Fig. 10 (ただし、 Lb は下方に付加線がある場合の構造確認距離である) の場合にも、全く同様な傾向を示す。基準視標の上下にストロークを付加し、付加線間隔 g を上下ともに同一量で変化した場合の、構造確認距離比 Lc/Lo (ただし Lc は付加線がある場合、 Lo は付加線がない場合の構造確認距離である) は、Fig. 11のようになる。上方のみ、または、下方のみに付加線を施した場合よりも、かなり顕著な傾向を示す。 $g=0$ 、すなわち、上下の付加線幅 $W=2W$ の場合、 Lc/Lo は、約1割大きな値を示す。視力 V が、

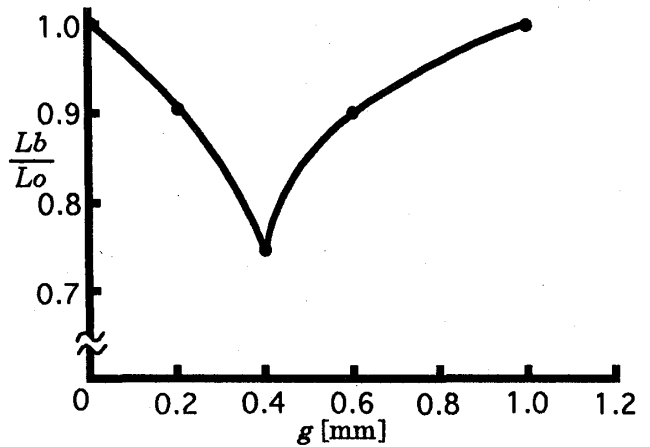
$$V_o = \frac{0.00029 L_o}{d} \quad (V_o : L_o \text{ の視力})$$

$$V_c = \frac{0.00029 L_c}{d} \quad (V_c : L_c \text{ の視力})$$

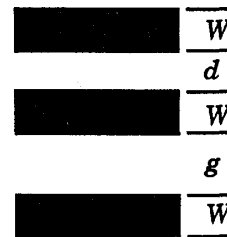
と表せることから、

$$L_c / L_o = V_c / V_o$$

となり、基準の視力に対して、1割向上することと等価である。したがって、縦軸で表示している構造確認距離比は、視力1.0を有する者の視力変化とみなして

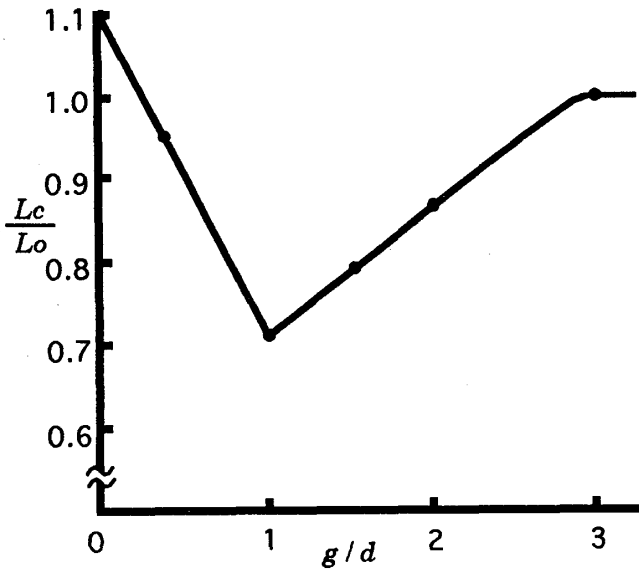


(a)

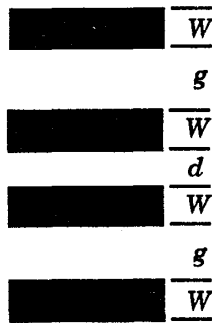


(b)

Fig. 10 Ratio of visible distance for fine structure. (line is added below)



(a)



(b)

Fig. 11 Ratio of visible distance for fine structure. (line is added above and below)

差し支えない。視力は、 g の増加とともにほぼ直線的に減少し、 $g/d=1$ 、すなわち、 g がストローク間隔 d と同一の場合に最小となる。それ以後の g の増加とともに、視力は直線的に向上し、 $g/d=3$ において、基準視標の視力に戻る。Fig. 12 によれば、付加線を上方または下方だけに付加した場合と、上下ともに付加した場合との間には、加法性が成立することを示している。縦軸は付加線を上方に施した場合、横軸は付加線を下方に施した場合、 45° 線は上下ともに付加した場合の、構造確認距離比を表している。 $g=0.2\text{mm}$ の場合、縦軸および横軸からの直線が 45° 軸方向へ伸び、その交点における角が鋭角になっており、付加線が上方または下方へ単独に付加されるより、上下ともに付加された方が視力は向上することを示している。これに対し、 $g=0.4, 0.6, 0.8\text{mm}$ の場合は、それぞれの交点における角が鈍角となっている。これは付加線

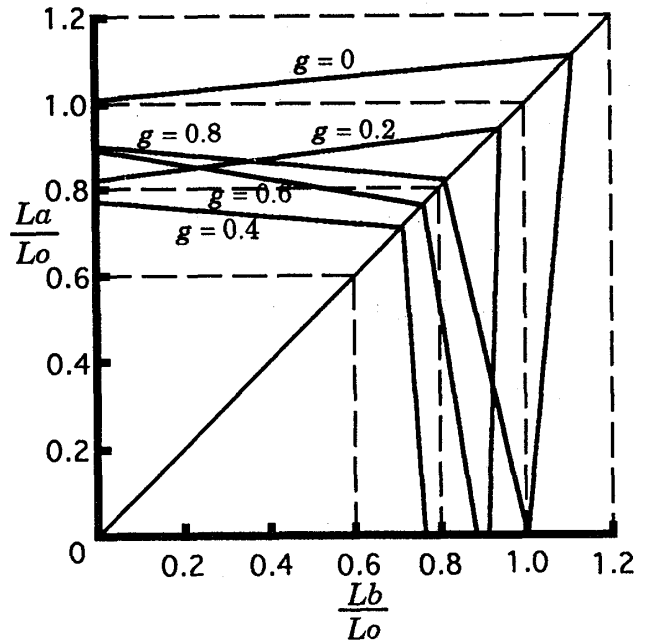


Fig. 12 Addition of visual acuity in case lines are added.

が上方または下方に単独に付加されるより、上下ともに付加された方が視力が低下することを示している。印刷漢字の識別に関しては、 $g/d-Lc/Lo$ 特性において、 $g/d > 1$ の範囲で影響し、これに相当する文字パターンは、目、自、見、真、黒、書、亀、膳などである。

5.2.2 付加線長の変化に対する2線分離視力

基準視標 ($W=0.5\text{mm}, d=0.5\text{mm}$) の上下の付加線長の変化率 $S/S_0=0$ 、すなわち、基準視標のみの場合は、 $Lc=Lo$ であるから、 $Lc/Lo=1$ となる。 Lc/Lo は、 S の増加によって急激に低下し、 $S=S_0$ において最低となる。 $S > S_0$ の範囲では、 S の増加とともに向上するが、 $S > 2S_0$ の範囲でほぼ飽和する。 $0.9 > Lc/Lo > 0.85$ の範囲で収斂し、Fig. 13 のようなV字特性となる。このように2線分離視力は、付加線の間隔だけでなく、その長さによっても大きな影響を受ける。これに相当する文字パターンは、たとえば膳の旁の言である。

5.3 垂直線一点分離視力

長さ 2mm 、幅 0.4mm の垂直ストロークと長さ 1mm 、幅 0.4mm の小ストローク間隔の変化に対する構造確認距離 L_s との関係は、Fig. 14 のようになる。 L_s は d の増加とともに、 $d=W=0.4\text{mm}$ までは直線的に増加するが、 $d > 0.4$ の範囲では、ほとんど増加しなく飽和する。すなわち、視力 V は、この範囲で、 d の

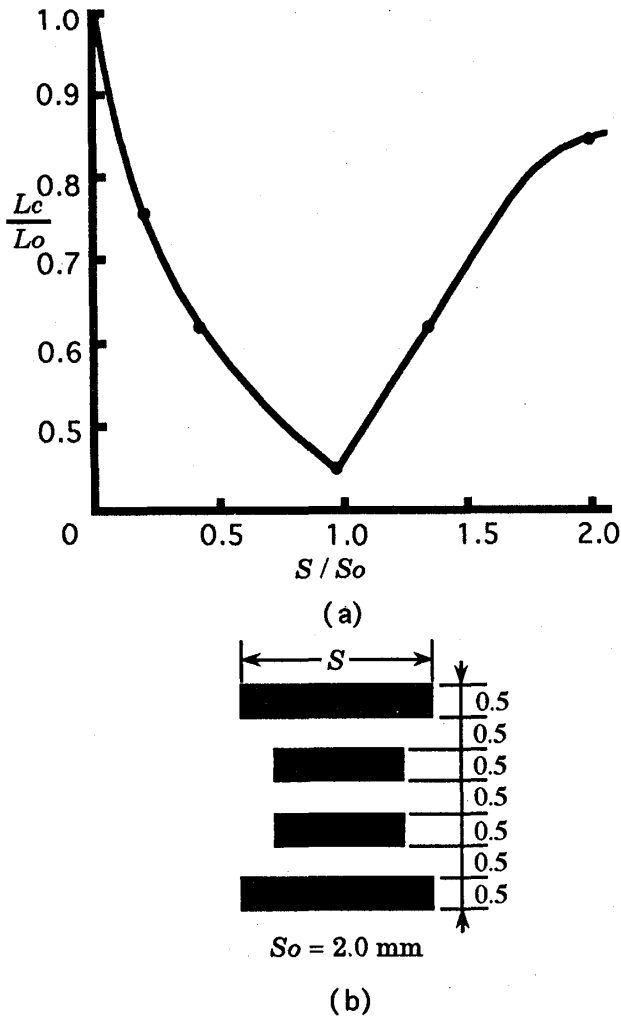
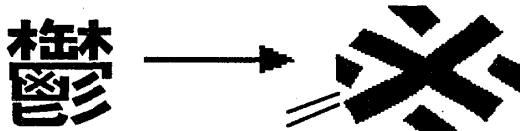


Fig. 13 Ratio of visible distance for fine structure. (in case length of additional lines is changed)

増加とともに減少する。この関係は、距離の増加に伴う小ストロークの視認とも関連し、単にストローク間隔 d のみの議論ではない。この小ストロークは、漢字の識別に関しては点に対応し、点と直線の分離距離と L_s が対応する。今回の実験に使用した漢字の中では、



に相当する。この $d = 0.25$ に対する L_s は、52cm、視標による L_s は、80cmである。この差は、単独に取り出した視標だけでなく、その周囲の状態が大きな影響を与えることを表している。

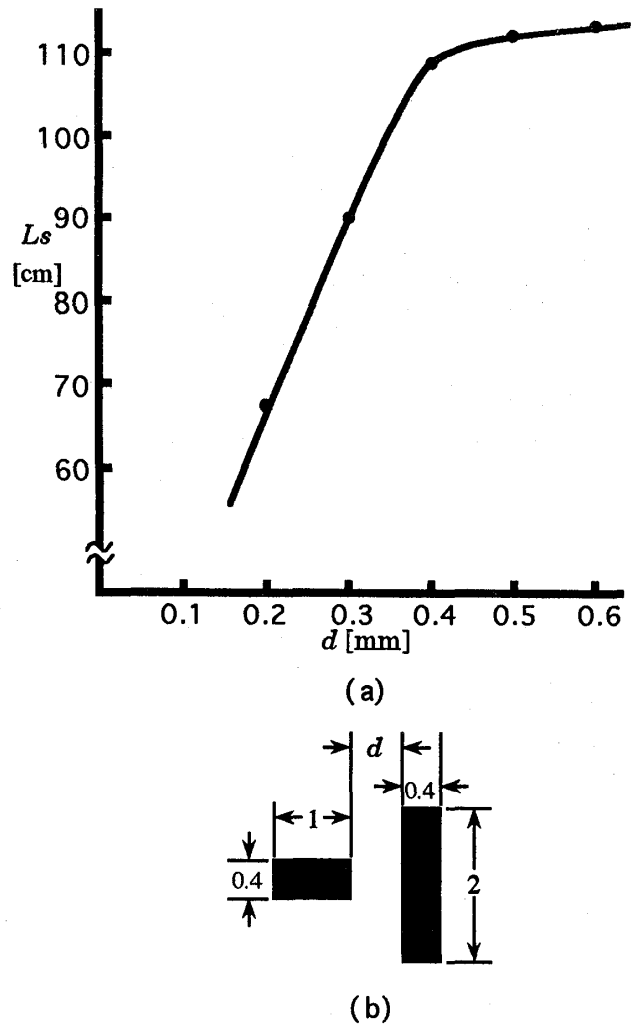


Fig. 14 Visible distance for fine structure in case of vertical stroke and short stroke.

6. むすび

印刷漢字パターンの構造確認距離および識別距離を測定し、視覚パターン認知の基本である視力と関連して検討した。印刷漢字の構造確認距離は、細部まで分離して見える距離であるが、細部のストロークのみでなく、周囲の構造にも関連するから、単純な視力特性からこの距離を算出することはできない。そこで、2本の水平ストロークの上下に付加線を施し、付加線の間隔、長さおよび幅を変化させて測定した。その結果、視力に関してV字形の特性が得られた。視力は、指標によって、いくつかに分類できるが、単にその視標だけでなく、視標の周囲の状態に依存することが明らかとなった。これらの特性をより明確にすることが、今後の課題であると考えている。

文献

- (1) L. Riggs, F. Ratliff : Visual Acuity and the Normal Tremor of the Eyes, Science, 114 (1951) p.17
- (2) G. Higgins, K. Stultz : The Frequency and Amplitude of Ocular Tremor, J. Opt. Soc. Amr. 42(1952) p.374
- (3) C. H. Graham et.al : Vision and visual perception, John Wiley (1965)
- (4) 本川弘一 : 大脳生理学、中山書店 (昭39)
- (5) 長谷川敬 : テレビジョン画像における鮮鋭さと視距離、NHK技術研究 (昭41)
- (6) 和気、清水 : 色数字の判読性、日本色彩学会、1 (1973) p.91