

視覚探索における文字属性と加齢の効果

梶原直樹*・和氣典二**・高橋博***

*放送大学 東京第三学習センター

〒120-0034 足立区千住 5-13-5 学びピア 21

**中京大学 心理学部

〒466-0825 名古屋市昭和区八事本町 101-2

*** (株) 東芝 e-Solution 社

〒210-0915 川崎市幸区柳町 70

(受付：2000年4月20日；改訂稿受付：2000年10月30日，2001年4月25日；受理：2001年6月1日)

Effects of Character Properties and Aging on Visual Search

Naoki KAJIHARA*, Tenji WAKE** and Hiroshi TAKAHASHI***

*Tokyo Study Center 3, The University of the Air

5-13-5 Senju, Adachi-ku, Tokyo 120-0034, Japan

** School of Psychology, Chukyo University

101-2 Yagotohoncho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi 466-0825, Japan

*** Toshiba Corporation e-Solution Company

70 Yanagi-cho, Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 210-0915, Japan

(Received 20 Apr 2000; Received in revised form 30 Oct 2000, 25 Apr 2001; Accepted 1 Jun 2001)

This study examined characteristics of Chinese character identification of young and old subjects and age effects in a visual-search task. Five college students (19-24 years) and eight old subjects (65-70 years) participated in a Chinese character visual-search task that required choosing a target among 12 stimuli. Characters were manipulated by varying the complexity (5, 10, 15, or 20 strokes) and the font size (18, 26, 36, or 48 point). Stimuli were presented for five kinds of duration (0.5, 0.78, 1, 2, or 3 s) in young subjects and only one (3 s) in old subjects. Performance accuracy and response speed decreased as functions of the complexity of characters and of the size. Age differences increased as a function of the complexity in performance accuracy, but were constant in response speed.

1. はじめに

文字、特にアルファベット表記の単語の認識には、形態、音韻、意味処理の三過程が系列的にはたらくことが示されている¹⁻³⁾。しかし、日本語には漢字、ひらがな、カタカナという表記の違いがあることから、そこでの処理過程が表記により異なると考えられてきた。それは、カナには音韻処理が系列的にかかわるが、漢字では形態、音韻、意味の三つの処理が並列的に実行されるか、もしくは音韻処理を飛び越して形態から直接意味処理へいたる、とするものである⁴⁻⁸⁾。だが、この漢字の特殊性と思われていたものも、中国語による研究などから、漢字でも音韻処理が行われていることが示され、三過程の系列性が普遍的であると考えられるようになってきた⁹⁻¹²⁾。

確かにマッチング課題などにより、漢字認識への音韻情報の影響が明らかにされているが、条件によっては音韻情報の影響を受けにくいという実験結果が複数得られているのも事実であり、実際に文字を認識するときに音韻情報がその速度を決定する第一の要因であるとは考えにくい。たとえば、文適合判断、形態マッチング、カテゴリー判断、語彙判断などの課題により、漢字による単語の認識が文字単位ではなく単語単位で行われていること、漢字の音読潜時はカナよりも長いが漢字もカナも3拍以内なら拍数の影響を受けないこと⁷⁾、漢字カナまじり単語やカナ単語でも親近性の高いものは送りがな数や文字数の影響を受けずに単語単位で認識されていること¹³⁻¹⁶⁾、などの文字認知の特徴が示されている。

このように、特に親近性の高い単語は表記形態にかかわらず単語単位で認識されており、拍数や文字数の影響さえ受けないことがあるわけだが、対象を単一の漢字にしたときの形態情報にも同様のことがいえるのだろうか。漢字は偏や旁からなり、1画から30画ぐらいまでのさまざまな複雑さのものがある。もし漢字が一つのまとまったものとして認識

されるなら、一文字に含まれる構成要素の多寡は文字認知の速度に影響しないだろうし、そうでないなら複雑さに応じて認識にかかる時間が変化するだろう。これを検討するため、複雑さの異なる漢字で視覚探索課題を行い、そこでの探索速度と精度を比較する。さらに、複雑さだけでなく文字の大きさも変化させることで、漢字を同定するとき知覚レベルと認知レベルのどちらがより大きく影響するかを検討する。知覚レベルの影響が大きい、つまり単なる文字の見やすさの問題なら、複雑さだけでなく大きさの効果も同様に現われるであろうし、認知レベルの影響が大きいなら複雑さの効果の方が大きくなることが考えられる。

また、文字刺激であるかどうかとは別に、複数の刺激が一度に提示される視覚探索課題において行われる視覚情報処理には、並列処理と逐次処理がある。並列処理では妨害刺激数にかかわらず目標刺激の探索時間がほぼ一定となるのに対して、逐次処理では妨害刺激数に応じて探索時間が変化する¹⁷⁻¹⁹⁾。厳密には、刺激数と反応時間の関係だけで並列処理と逐次処理を区別することはできないといわれているが²⁰⁾、通常は上記のように分類されている。そのうち目標刺激の探索が最も速くなるのは並列処理が行われる場合だが、逐次処理でも刺激条件によっては探索速度が変化する。特に文字刺激を用いた研究では、複数の刺激の中で1個だけ異なる文字を探索するときに、反応時間が刺激セット・サイズの影響を受けないことや¹⁸⁾、逆に目標刺激と妨害刺激の構成要素が類似するほど反応時間が長くなることが明らかにされている²¹⁻²³⁾。文字刺激の方向を操作したものとしては、文字や記号の正立像と鏡映像あるいは倒立像をそれぞれ目標刺激と妨害刺激として探索課題を行い、妨害刺激が既知のものに見えるときに目標刺激の検出が早まることが示されている²⁴⁻²⁸⁾。また、妨害刺激との関係によって

は、同じ目標刺激でも、妨害刺激と異なるカテゴリーであると指定されることで、目標刺激の探索が並列処理されることが認められたものもある²⁹⁾。

以上のように、目標刺激の検出を早める条件にはさまざまなものがあるが、それ以前に文字の認識には、書体、大きさ、色、明るさ、文字と背景との関係などが影響してくる。本研究では、視覚探索場面における目標刺激と妨害刺激の対比を問題にするのではなく、目標刺激と妨害刺激の複雑さを含めた物理的特性を同じにすることで逐次処理が必要とされる状況にし、漢字刺激の条件により反応の差が現われるかどうか、現われるとするならそれはどのようなものか、を見ようとするものである。

また、視覚探索研究では、反応時間が分析の対象となることが多いが、これは、時間制限がなければかならず目標刺激を検出することが可能となるし、並列処理なら探索しなくても目標刺激を検出することができるため、ほとんどの場合、正反応率は課題遂行の程度を見るためのものでしかなかった。しかし、視覚探索では、正確さと速さのトレード・オフが見られる、つまり被験者は速さを犠牲にしてもできる限り精度を上げようとする傾向があることから³⁰⁾、特に逐次処理では、反応時間が刺激条件だけでなく刺激提示時間の影響を受ける可能性が考えられる。もし刺激条件の影響しか受けないなら、刺激提示時間を変化させても単位時間あたりの探索項目数は変わらないが、刺激提示時間の影響を受けるなら、提示時間の違いによって単位時間あたりの探索項目数も変化するだろう。正反応率と反応時間から、各刺激提示時間における単位時間あたりの探索項目数を比較することでこの刺激提示時間の影響についても検討する。

さらに、視覚探索には刺激側の条件だけでなく、被験者側の要因も大きく関わってくる。たとえば、視力が低ければ、視覚探索の

速さは低下することが考えられる。なかでも高齢者は、特定の疾患をもっているわけではなくても、感覚・知覚機能、運動機能、情報処理速度などの全体的な低下や^{31,32)}、若年者との課題に対する方略の違い³⁰⁾から、さまざまな場面での反応速度の低下が認められている。たとえば、心的回転課題³³⁾や、加算と乗算の真偽判断課題³⁴⁾で、高齢者の反応時間が若年者より長くなることが指摘されている。また、テスト項目が記憶セットに含まれていたか否かの短期記憶の再認課題では、記憶セットの項目数の増加により反応時間が直線的に増加し、さらにこの傾きと切片が年齢とともに増加していくことが示されている³⁵⁾。探索研究でも、注意を向けなければならない刺激が増えると、高齢者の探索効率が若年者に比べ低下することや³⁶⁾、1つの刺激に目標刺激と妨害刺激の役割を重複させると、高齢者の反応時間が若年者に比べ長くなることが明らかにされている³⁷⁾。それに対して、単語の認知では若年者と高齢者で差が現われなこともいわれており³⁸⁾、高齢者の反応の低下は課題により異なるものとなっている。本研究では文字を刺激とするが、意味ではなく形態情報のみで課題遂行可能な単一の漢字の視覚探索において高齢者の反応を調べる。特に高齢者の視覚は、視力をはじめ、明暗順応、視野、色覚の低下^{39,42)}や、高空間周波数に対する感度の低下など⁴³⁾から、文字刺激では、若年者に比べその複雑さや大きさの影響をより大きく受けることが推測される。

加齢の影響については、その変化がより高次の一般的因子あるいはメカニズムに現われるため、高齢者の反応速度の低下が局所的なものではなく全体的なものであること、反応速度の低下は課題の複雑さが増すほど大きくなること、それが感覚・運動過程よりも、より高次の情報処理過程に大きく影響すること、などがいわれている^{44,45)}。その一方で、事象関連電位の測定により、課題遂行のどの過程で反応速度の低下がみられるかを具体的に

調べた研究もある。たとえば心的回転課題の反応時間は、回転角度による一次関数になり、その傾きは心的回転過程、切片は符号化、反応の決定、感覚・運動過程の処理速度を示し^{46,47)}、加齢の影響は、心的回転過程だけでなく、反応の決定過程により強く現われることが明らかにされた⁴⁸⁾。また、短期記憶の検索では、記憶走査過程ではなく決定過程⁴⁹⁾、あるいは刺激の入力と反応の出力過程に低下が現われるといわれている⁵⁰⁾。

このように、加齢の効果の現われかたが課題によって異なることが明らかにされている以上、視覚探索における高齢者の反応の低下がどの過程でより大きく現われるかについても、視覚探索に特徴的なものがあるかもしれない。視覚探索の中で逐次処理がされるものでは、刺激を系列順に探索するときに、項目数を変化させることで反応時間が項目数による一次関数を示すと考えられている^{21,22)}。本研究の視覚探索課題では項目数の操作と探索方法の指定はしないが、逐次処理が必要とされる課題であり、目標刺激の提示位置により反応時間が異なること、被験者内で試行ごとの探索方法が大きくは異なることが推測される。そこで、それら位置ごとの反応時間を短い順に並べ替えることで、反応時間が探索順による一次関数となり、そこでの傾きは、刺激の知覚、記銘した目標刺激と各刺激との比較と目標刺激であるか否かの決定、次の刺激の探索などの過程を、切片は感覚・運動過程にかかる時間を示すと考えられる。これらを若年者と高齢者で比較することで、高齢者の反応の低下がどの過程で大きくなるのか明らかにする。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は、若年者が19歳から24歳の5人の男子大学生(S1-S5)、高齢者が65歳から66歳の女性4人(F1-F4)と66歳から70歳の男性4人(M1-M4)の計8人で、各被験者

の両眼視力は矯正視力を含めて、F2が0.8、F4が0.6、それ以外は1.0以上であった。すべて色覚に異常はなかった。

2.2 装置

実験には、パーソナル・コンピューター(MICRON MILLENNIA EXE)、17インチCRTディスプレイ(SONY MULTISCAN 17SF9)、マウスが使用された。

2.3 刺激と条件

漢字の複雑さを、画数ではなく、漢字を構成する要素の線分、曲線、点などを単位としたそれらの合計数としてストローク数で示した。刺激は、5, 10, 15, 20ストロークの漢字であり、それらは、4, 9, 14, 19画の漢字に対応したものであった。同じ部首を持つ漢字が集中しないように、各ストローク数で24個ずつの漢字が選択され、音読み、訓読みを含め、最大のものから算出した各複雑さの漢字の平均拍数(カッコ内は標準偏差)は、5ストロークから順に、2.2 (0.6)、2.3 (0.7)、2.1 (0.6)、2.7 (1.2)であった。

文字の書体はゴシック体で、大きさを、18, 26, 36, 48ポイントの4種類とし、60cmの観察距離からの大きさは、それぞれ $0.9^\circ \times 0.9^\circ$ 、 $1.2^\circ \times 1.2^\circ$ 、 $1.7^\circ \times 1.7^\circ$ 、 $2.3^\circ \times 2.3^\circ$ であった。これらの文字が、 $2.9^\circ \times 8.4^\circ$ の長方形のボタンの中央に提示された。文字は白色で、その輝度は 106.0 cd/m^2 であり、その文字の背景となるボタンの色は青で、輝度は 30.8 cd/m^2 であった。刺激セットは、ボタン上に提

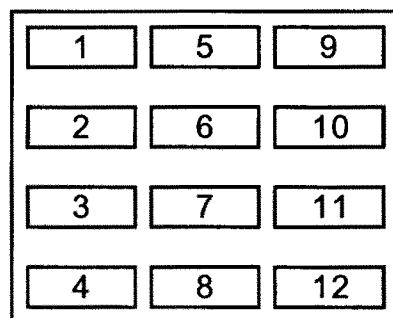


図1 実験画面の刺激配置。漢字は各番号の位置に提示された。各番号は、本文中の位置を示す数字に対応する。

示される1個の目標刺激と11個の妨害刺激からなり、それらがディスプレイ上に4行3列の12カ所に均等に配置された(図1)。ボタンの周囲は黒色(30.7 cd/m²)であった。

刺激提示時間は、若年者では0.5, 0.78, 1, 2, 3 sの5種類とし、高齢者では予備実験で2 s以下の刺激提示時間での実験の実施が困難であったため、3 sのみとした。漢字刺激は、刺

激提示時間が経過するとボタン上から消えるが、12個のボタンは残るため、漢字の消去後は各ボタンの範囲内へのマウスのクリックを有効な反応とした。刺激セットの提示からいずれかの漢字あるいはボタンへのマウスのクリックまでを反応時間とした。

実験は明室で行われ、垂直面照度は143.3 lx、机上面照度は433.0 lxであった。

2.4 手続き

被験者は、ディスプレイに提示される文字を60 cmの観察距離から両眼で観察し、12個の漢字刺激のなかから目標刺激を見つけだすように教示された。初めに、画面中央に目標刺激が提示され、被験者が目標刺激をマウスでクリックすると、目標刺激が消えて1 s後に画面に12個の漢字とボタンで構成される刺激セットが提示された。いずれかの刺激を選択すると刺激セットが画面から消え、その1 s後に次の目標刺激が提示された。

1セッション内では、漢字の複雑さと刺激提示時間を一定にして4種類の大きさについてそれぞれ48試行ずつの計192試行を行った。1種類の大きさが終了してから次の大きさに進んだが、それらの提示順は被験者およびセッションごとに変えられた。各ストローク数における24個の漢字刺激のそれぞれは各大きさにつき2回ずつ目標刺激となるため、1セッションに8回ずつ提示された。また、目標刺激は試行ごとに変化するため、目標刺激となる漢字と位置の選択は、同じものが3回以上連続しないように各刺激と各位置が等頻度を選択された。妨害刺激は残り23個の中から11個が選択された。

以上の手続きで、若年者は、約20試行の練習試行の後、被験者1人につき4種類の複雑さと5種類の刺激提示時間で20セッションを一日平均5セッションずつ行った。高齢者は、約30試行の練習試行の後、4種類の複雑さについて刺激提示時間3 sで4セッション行った。

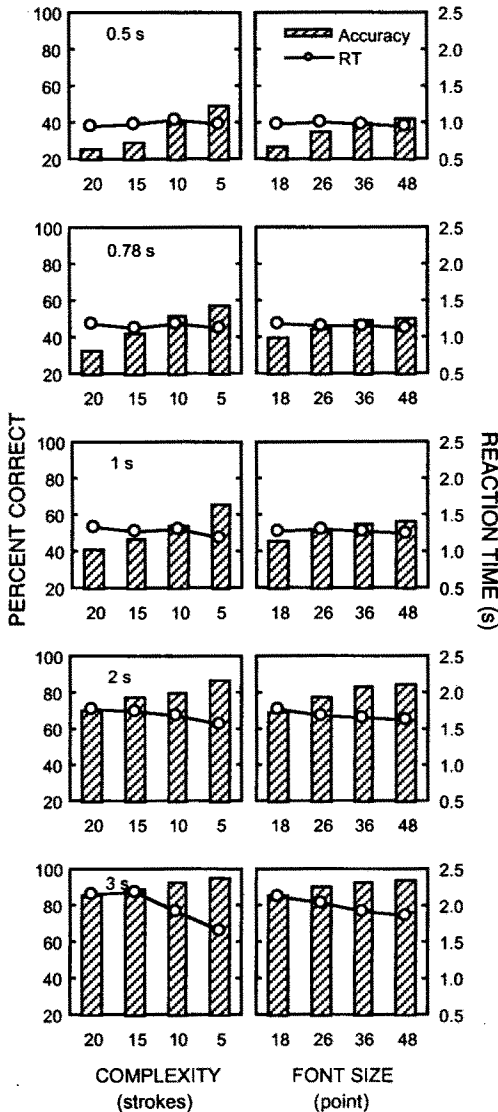


図2 各刺激提示時間ごとの全被験者の平均正反応率と平均反応時間。左列は複雑さ(ストローク数)、右列は大きさ(ポイント)についての結果で、棒グラフは正反応率、折れ線グラフは反応時間を示している。

3. 結果

若年者の結果 図2は、各刺激提示時間ごとに5名の被験者の平均正反応率と正反応の平均反応時間の変化を、複雑さと大きさについて示したものである。反応時間は5から15ストロークまで単調増加しているが、20ストロークのみ傾向が異なった。各大きさごとの15と20ストロークの反応時間は、18ポイントで2.35と2.19s、26ポイントで2.16と2.29s、36ポイントで2.10と2.12s、48ポイントで2.11と2.03sであった。

正反応率と反応時間のそれぞれで、刺激提示時間×複雑さ×大きさの3要因で繰り返しありの分散分析を行ったところ、以下のような結果になった。刺激提示時間の効果は、正反応率 [$F(4,320)=566.18, p<.001$] と反応時間 [$F(4,320)=570.96, p<.001$] で有意であった。Duncanの多重比較を行った結果、正反応率と反応時間ともに、すべての組み合わせで有意差を示した ($p<.01$)。複雑さの効果は、正反応

率 [$F(3,320)=100.27, p<.001$] と反応時間 [$F(3,320)=26.90, p<.001$] で有意であった。多重比較の結果、正反応率は、すべての組み合わせで有意差を示し ($p<.01$)、反応時間は、5と10ストローク、5と15ストローク、5と20ストローク ($p<.01$)、10と20ストローク ($p<.05$) で有意差を示した。大きさの効果は、正反応率 [$F(3,320)=37.95, p<.001$] と反応時間 [$F(3,320)=8.11, p<.001$] で有意であった。多重比較の結果、正反応率は、36と48ポイント以外で有意差を示し ($p<.01$)、反応時間は、18と48ポイント ($p<.01$)、18と36ポイント、26と48ポイント ($p<.05$) で有意差を示した。

交互作用は、正反応率については、刺激提示時間×複雑さ [$F(12,320)=2.80, p<.01$] で、反応時間については、刺激提示時間×複雑さ [$F(12,320)=9.34, p<.001$] で有意であった。正反応率は、刺激提示時間が短いほど文字条件による差が大きくなったが、反応時間は、

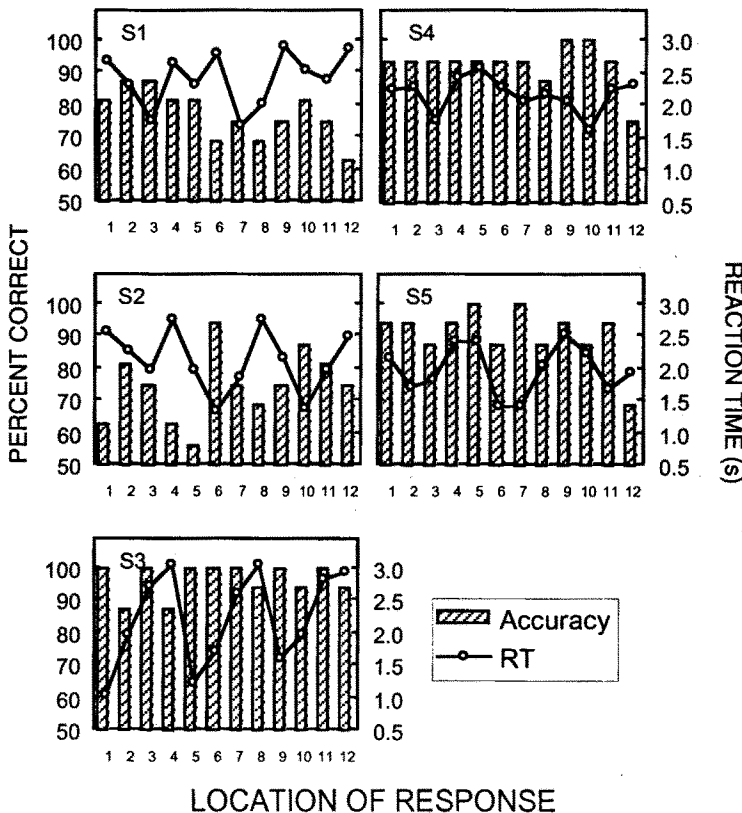


図3 刺激提示時間が3sで20ストロークにおける各被験者(若年者)の12カ所の刺激提示位置への反応時間と正反応率。横軸の番号は図1の番号に対応している。

刺激提示時間が長いほど差が大きくなった。

漢字の複雑さと大きさの効果を比較するため、刺激提示時間3sのときの正反応率と反応時間のそれぞれを目的変数、複雑さと大きさを説明変数として重回帰分析を行った(表1)。その結果は、正反応率と反応時間の両方について複雑さの効果が大きいことを示している。

図3は、20ストロークで刺激提示時間3sのときに12カ所の刺激提示位置を各被験者が選択した反応時間と、そのときの正反応率を合わせて示している。正反応率と反応時間の関係を見るため、被験者ごとに正反応率と反応時間との相関係数を求めたところ、S2の相関係数が-.70で負の相関を示した($p < .05$)が、他は相関がみられなかった(S1: -.32, S3: -.39, S4: -.37, S5: .08, すべて $p > .05$)。全体的には、正反応率が高いと反応時間が短いとか、正反応率が低いと反応時間が長い、などの一貫した傾向は見られなかった。ただし、はじめに目標刺激が画面中央に提示されたため、6番あるいは7番の位置への反応時間が

表1: 若年者の刺激提示時間3sにおける正反応率と反応時間を目的変数とした重回帰分析の結果

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数
正反応率 (%)		
複雑さ (ストローク)	-0.66	-.72 ***
大きさ (度)	5.19	.54 ***
定数項	91.41	-
反応時間 (s)		
複雑さ (ストローク)	0.04	.84 ***
大きさ (度)	-0.17	-.38 **
定数項	1.79	-

注 正反応率: $R^2 = .77$; 反応時間: $R^2 = .83$ (ともに $p < .001$)。 ** $p < .01$. *** $p < .001$.

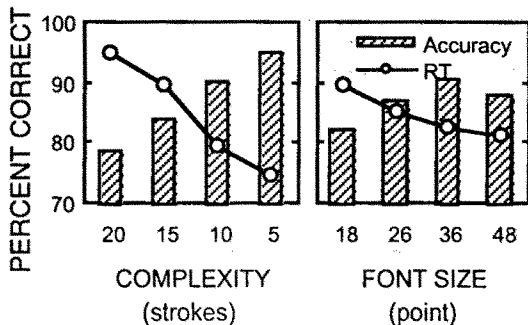


図5 高齢者の平均正反応率と平均反応時間。左列は複雑さ(ストローク数)、右列は大きさ(ポイント)についての結果である。

短くなる傾向が見られた。

図4は、各刺激提示時間での1試行の平均探索項目数を、刺激提示時間が1sあたりの探索項目数に換算して示したものである。各刺激提示時間での項目数は0.5sで8.68個、0.78sで7.13個、1sで6.24個、2sで4.72個、3sで3.64個となった。

高齢者の結果 図5は、正反応率と反応時間の変化を、複雑さおよび大きさについて示したものである。

複雑さ×大きさの2要因で繰り返しありの分散分析の結果は以下の通りである。複雑さの主効果は、正反応率 [$F(3,112)=46.39, p < .001$] と反応時間 [$F(3,112)=7.44, p < .001$] で有意であった。Duncanの多重比較の結果、正反応率ではすべての条件間に有意差($p < .01$)が見られ、反応時間では、5と15ストローク、5と20ストローク、10と20スト

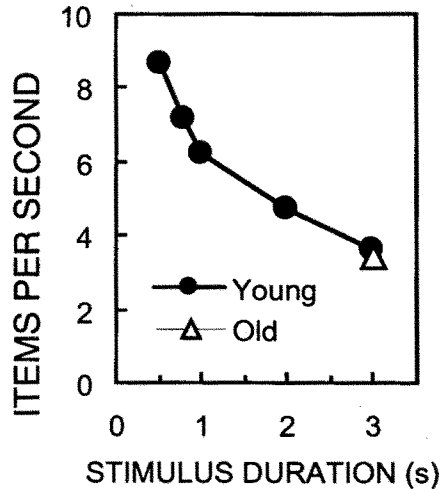


図4 全被験者の平均正反応率から算出した刺激提示時間ごとの1sあたりの探索項目数。

ローク ($p < .01$), 10 と 15 ストローク ($p < .05$) で有意差が見られた。大きさの主効果は, 正反応率 [$F(3,112)=10.97, p < .001$] で有意であったが, 反応時間 [$F(3,112)=1.19, p > .05$] では有意ではなかった。多重比較の結果, 正反応率で, 18 と 26 ポイント, 18 と 36 ポイント, 18 と 48 ポイント ($p < .01$), 26 と 36 ポイント ($p < .05$) で有意差が見られた。複雑さ×大きさの交互作用は, 正反応率 [$F(9,112)=1.32, p > .05$], 反応時間 [$F(9,112)=0.61, p > .05$] とも有意ではなかった。

複雑さと大きさの効果を比較するため, 刺激提示時間 3 s における正反応率と反応時間のそれぞれを目的変数, 複雑さと大きさを説明変数として重回帰分析を行った(表 2)。その結果は, 正反応率と反応時間の両方で複雑さの効果が大きいことを示している。

図 6 は, 20 ストロークでの 12 ヶ所の刺激提示位置を選択した各被験者の平均反応時間とそのときの正反応率を示している。横軸の数値は図 1 における刺激位置を表している。正反応率と反応時間との相関係数を求めたところ, すべての被験者で相関はみられず ($F1: .36, F2: -.21, F3: -.32, F4: -.31, M1: .35, M2: -.07, M3: -.54, M4: -.43$, すべて $p > .05$), ここでも正反応率と反応時間との一貫した傾向は見出せなかった。被験者によっては正反応率が極端に低い位置があり (F2 の 5 番, M1 の 8 番, M3 の 5 番など), 正反応率が 50 % を下回る位置の反応時間は比較的長くなった

が, 一番長いということにはなかった。

刺激提示時間が 1 s あたりの探索項目数に換算した 1 試行の平均探索項目数は 3.49 個であった(図 4)。

さらに, 刺激条件を変化させれば高齢者が若年者と同じ程度の反応を達成することが可能かどうかを見るため, 重回帰分析の結果を利用して, それぞれの刺激条件を算出した。若年者における正反応率の平均は, 91.1 % で, この正反応率を高齢者で得るための文字条件は, 複雑さについては, 大きさが 0.9° (18 ポイント) のとき 6.7 ストローク, 1.2° (26 ポイント) で 7.7 ストローク, 1.7° (36 ポイント) で 9.5 ストローク, 2.3° (48 ポイント) で 11.7 ストロークとなった。大きさについては, 5 ストロークのとき 0.4° , 10 ストロークで 1.8° , 15 ストロークで 3.2° , 20 ストロークで 4.6° となった。また, 若年者の平均反応時間は 1.98 s で, この反応時間を高齢者で得るための文字条件は, 複雑さについては, 大きさが 0.9° で -15.2 ストローク, 1.2° で -14.0 ストローク, 1.7° で -12.0 ストローク, 2.3° で -9.7 ストロークとなった。大きさについては, 5 ストロークで 6.0° , 10 ストロークで 7.3° , 15 ストロークで 8.6° , 20 ストロークで 9.8° となった。

若年者と高齢者の比較 若年者の刺激提示時間が 3 s と高齢者の結果により, 年齢×複雑さ×大きさの 3 要因の分散分析を行った。年齢の主効果は, 正反応率 [$F(1,176)=17.59$,

表 2 : 高齢者の正反応率と反応時間を目的変数とした重回帰分析の結果

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数
正反応率 (%)		
複雑さ (ストローク)	-1.10	-.87 ***
大きさ (度)	3.92	.29 *
定数項	94.90	-
反応時間 (s)		
複雑さ (ストローク)	0.03	.84 ***
大きさ (度)	-0.11	-.31 *
定数項	2.51	-

注 正反応率: $R^2 = .82$; 反応時間: $R^2 = .77$ (ともに $p < .001$)。

* $p < .05$. *** $p < .001$.

$p < .001$], 反応時間 [$F(1,176)=238.41, p < .001$] で, 複雑さの主効果も, 正反応率 [$F(3,176)=42.72, p < .001$], 反応時間 [$F(3,176)=20.68, p < .001$] で, 大きさの主効果も, 正反応率 [$F(3,176)=13.75, p < .001$], 反応時間 [$F(3,176)=3.65, p < .05$] で有意であった. 交互作用はいずれも有意ではなかった.

図7は, 実験1の刺激提示時間3sにおける誤反応率と反応時間を高齢者のものと比較したもので, 図の傾き1の破線より上にある反応は, 若年者の反応より劣ることを示している. 高齢者の誤反応率と反応時間は, すべてのストローク数と文字の大きさについて低下している. 誤反応率の差は, 20ストロークと48ポイントのところでも最大となり, 反応時

間の差は, 5ストロークと48ポイントのところでも最大となった.

次に, 視覚探索におけるどの過程で高齢者と若年者の差が現われるのかをみるため, 複雑さ×大きさの各条件について被験者ごとに各位置の平均反応時間を算出し, 反応時間が短い順に並びかえて回帰直線を求めた. 傾きの平均は, 高齢者, 若年者の順にそれぞれ, 0.172, 0.151, 切片は, 1.584, 1.000, 決定係数 (R^2) は, 0.92, 0.93となった. それらの傾きと切片について, 年齢×複雑さ×大きさの3要因の分散分析を行った. 傾きについては, 年齢 [$F(1,176)=16.21, p < .001$], 複雑さ [$F(3,176)=10.79, p < .001$], 大きさ [$F(3,176)=3.33, p < .05$] の主効果が有意であった. 切片

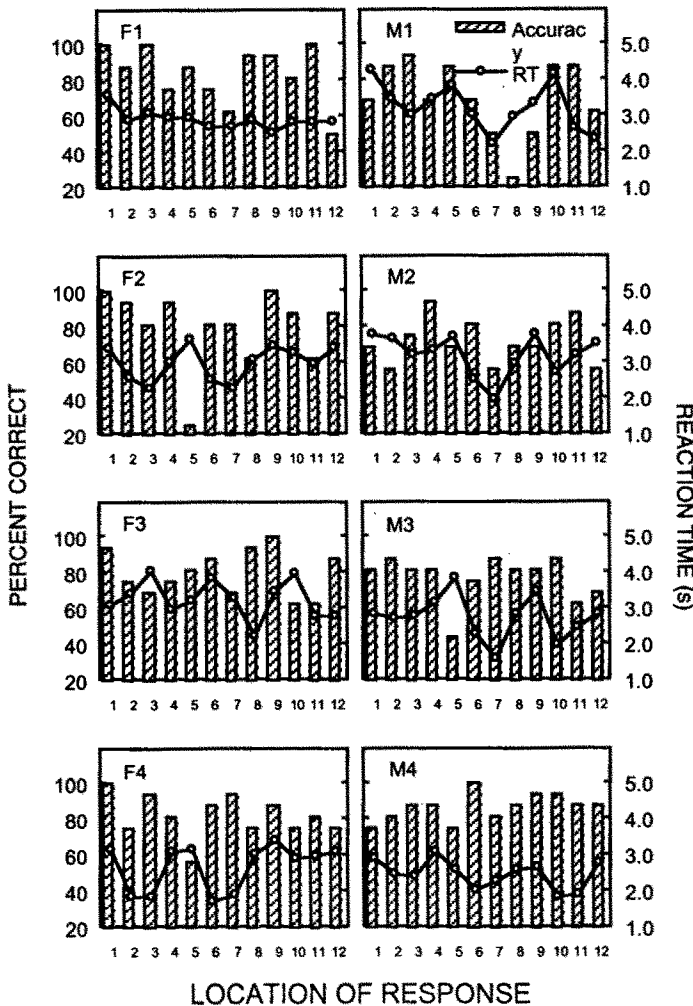


図6 刺激提示時間が3sで20ストロークにおける各被験者(高齢者)の12カ所の刺激提示位置への反応時間と正反応率.

については、年齢 [$F(1,176)=137.03, p<.001$] と複雑さ [$F(3,176)=4.75, p<.01$] は有意であったが、大きさ [$F(3,176)=0.70, p>.05$] は有意でなかった。また、交互作用はいずれも有意ではなかった。ただし、年齢別に見た場合は、傾きについては高齢者、若年者とも、複雑さの主効果のみが有意 [高齢者： $F(3,112)=6.64, p<.001$ ；若年者： $F(3,64)=4.60, p<.01$] で、切片については、若年者の複雑さのみが有意 [$F(3,64)=6.22, p<.001$] となり、大きさについてはどちらも有意ではなかった。

4. 考察

単語は、その親近性が高いと文字単位ではなくひとつのまとまった単語単位で認識される傾向が高くなるといわれているが^{7,13-16}、このようなことが単一の漢字の認識についてもいえるのかどうか検討した。つまり、漢字は複雑さにかかわらず、一文字は一文字として同じような速さで認識されるのか、それとも複雑さによってその認識速度は変化するのかということだが、刺激提示時間が短いときは

正反応率に、長くなると正反応率と反応時間に複雑さの効果が現われたことから、明らかに文字が複雑になるほどその認識時間は長くなり、各刺激が一文字単位の等しい時間で認識されているのではないことが明らかになった。特に刺激提示時間が3sでは、5から15ストロークまでは反応時間が単調増加しており、1個の漢字が逐次的に認識されていることが示されている。ただし、20ストロークでは必ずしもその傾向を示さず、ある程度の複雑さを超えると、漢字認知の効率が上がるとはいえないが、少なくともあまり変化しないとはいえるだろう。この原因としては、被験者が漢字の一部分しか情報として利用しなくなるなど、漢字認知の方略が変化していることが考えられる。また、重回帰分析の結果から、文字の大きさより複雑さの効果が大きくなり、これは漢字を認識するときの認知レベルへの影響の大きさを示している。

また、英単語では、出現頻度が低い単語、つまりあまりなじみのない単語の発音の持続時間が、見慣れた単語よりも長くなることか

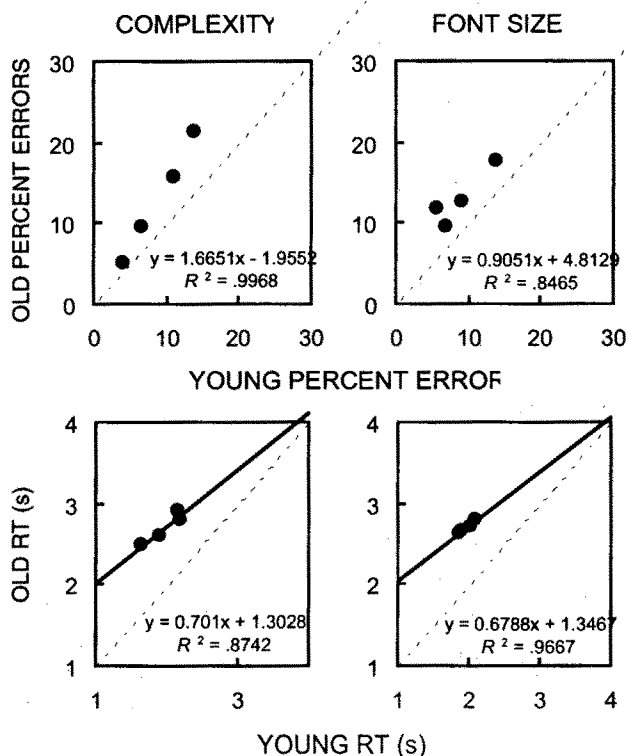


図7 高齢者と実験1の若年者の結果を、上段は誤反応率、下段は反応時間について複雑さと大きさで比較している。横軸が若年者、縦軸がそれともなう高齢者の結果で、傾き1の破線が両者の反応が等しい点を示している。

ら、音韻情報が単語の認識に大きな影響を与えることがある³¹⁾。本研究では、音韻情報の効果については統計的な検定は行わなかったが、もし音韻情報が漢字認知の速度を決定するのに優勢であるなら、特に5から15ストロークの複雑さの違いによる反応時間の変化は見られないはずだが、複雑さの効果が現われたことは明らかである。20ストロークの漢字の平均拍数が高くなっているのは、訓読みで5拍が2個、6拍が1個あったためであり、被験者が課題遂行に音韻情報を使ったとしても、反応精度や速度の変化は拍数によるものではないと考えられる。

刺激提示時間と反応との関係については、提示時間が長くなるにつれて1sあたりの探索項目数が少なくなり、刺激提示時間の増大とともに探索速度が低下したことがわかる。常に刺激提示時間0.5sのときの速さで探索できれば、刺激提示時間1sですべての刺激を見ることができるが、実際には1sでの正反応率は70%未満となった。これは、状況によってはある程度の早さで探索することは可能だが、探索時間に余裕があるならば反応時間は長くなっても反応精度を上げようとするトレード・オフが生じたことを示しているのではないだろうか。また、提示時間が1s未満と短いときは、反応精度は文字条件の影響を受けるが、反応速度には文字条件の影響が現われないのに対して、1s以上になると反応速度に文字条件の影響が現われるが、文字条件による反応精度の差は小さくなる傾向が見られた。

高齢者の反応は、全体的な傾向としては若年者と異なるものではなく、文字が複雑になる、あるいは文字が小さくなるほど反応精度と速度が低下した。特に複雑さにおいては、ストローク数により反応時間が単調増加している。若年者と異なった点は、48ポイントにおける正反応率が36ポイントより低くなったことである。文字が小さいため高齢者の反応精度や速度が低下したというだけではなく、

文字が大きくても低下した原因は何だろうか。高齢者の視覚は、周辺視野が若年者に比べて狭くなり、眼球運動機能が低下することで^{41,43)}、刺激がある大きさを超えるとその全体像をとらえるのに時間がかかるようになることや、刺激が大きくなりすぎると、視野内でその占める割合が高くなりそこへ注意が集中してしまうことなどが考えられるが、今回の実験結果から特定することはできない。ただ、健常者や視覚障害者で、読書効率が、単に文字が大きくなれば向上するというものではないことが示されており⁵²⁾、適切な大きさの範囲が高齢者だと狭くなるということはいえるのではないだろうか。

刺激条件を変えることで、高齢者の反応を若年者の程度にまで改善することができるのかどうかについては、文字が最小になってもストローク数を変化させる(6.7ストローク)ことで若年者と同様の正反応率を得ることは可能だが、ストローク数が上昇すると、高齢者では文字が大きければ良いというわけではないこともあり、大きさを変化させるだけでは、若年者の正反応率を達成することが困難であることがわかった。反応時間については、文字を最大としてもストローク数は負の値となり、ストローク数を5としても大きさは実験条件で用いた最大のものより2倍以上になった。これらから、若年者の反応精度よりも速度を高齢者で実現することがたいへん困難であるといえるだろう。最も容易に反応精度を上昇させるには刺激条件を変化させるより刺激提示時間を長くすればよいが、刺激条件を変化させても反応速度を向上させるには限界があり、この反応速度における低下に高齢者の反応の特徴があるといえよう。

次に、高齢者の反応の低下がどのように現われたのか具体的に見ていく。漢字の複雑さについての誤反応率の差は、ストローク数の増加にともない大きくなったが、反応時間の差は、5と20ストロークで大きくなり、複雑になるほど差が大きくなるという Cerella⁴⁵⁾に

よって指摘された傾向は示さず、年齢×複雑さ、あるいは年齢×大きさの交互作用は認められなかった。また、高齢者でも、文字の複雑さが低下するほど誤反応率が低下し、反応時間が短くなる傾向が認められるため、複雑さの低い文字で反応時間の差が相対的に大きくなってはいるが、これは高齢者において探索が困難であったというよりは、高齢者は、早く反応するよりも正確に反応しようとする傾向が特に強いといわれていることから³⁰⁾、若年者で正確さと速さのトレード・オフが認められないわけではないが、高齢者において複雑さの効果とともに正確さと速さのトレード・オフという課題遂行の方略がより強く現われているのではないだろうか。

文字の大きさでは、誤反応率の差が48ポイントで最大になったが、48ポイントを除外すると文字が小さくなるほど差が大きくなるという傾向が若干見られた。これはすでに述べたように高齢者で48ポイントの正反応率が低下したためであり、全体的には、文字の大きさについての誤反応率は、若年者の誤反応率に約4.8ポイントの加算という一定の増加を示す傾向が認められた。反応時間については、文字が大きくなるほど差が大きくなる傾向を示し、これも文字の複雑さでと同様に、誤反応率が低いものでの差が大きくなるという結果になった。

視覚探索のどの過程での低下が大きいかについては、各位置への反応順による回帰直線の傾きおよび切片について年齢による差が現われていることから、加齢の影響は、情報処理過程と感覚・運動過程のいずれかのみには現われるのではなく、両方に大きく現われるといえる。さらに、はじめに切片は感覚・運動過程にかかる時間を示していると予測したが、複雑さの効果がみられることから、切片にも何らかの処理過程、つまりある刺激が目標刺激であるという判断過程が含まれ、ある刺激が目標刺激ではないという判断過程は傾きに含まれたと考えられる。ただし、この傾

向が見られたのは若年者で、高齢者では複雑さの効果が傾きで認められたのみで、切片には文字条件の効果は認められなかったため、高齢者の反応の低下は、認知レベルでの情報処理速度により強く現われたといえる。

さらに、高齢者の反応の低下が、探索、文字の認識と比較、反応の決定、反応などを含めた刺激の入力から反応の出力の全体を通じて生じていることが明らかになった。この点で、心的回転課題や⁴⁸⁾、短期記憶の検索課題^{49,50)}との相違がみられたが、その原因としては、課題が要求する作業の違いが大きいと思われる。たとえば、心的回転課題では、イメージを回転させそれが正立像か鏡映像かを判断し、短期記憶の検索課題では、ある項目が記銘したリストの中に含まれていたかどうかを判断する、というように、認知的な作業の比重が大きくなっている。しかも、そこに必要とされる中枢的な処理速度は、高齢者と若年者の間であまり大きな差がないと考えられている⁵⁰⁾。それに対して、視覚探索課題では、一刺激を認識するだけでなく、目標刺激との比較の対象となる刺激セットを眼で追っていくという形になるため、刺激条件の変化が、刺激一つ一つの符号化や目標刺激であるか否かの決定過程や刺激内・間の眼球の移動などに、より直接的かつ加算的に影響を与えることが考えられる。しかし、回帰直線の傾きや切片を見ると、特に高齢者では複雑さの影響の方が大きさの影響よりも大きく、知覚レベルでの刺激の入力でより、認知レベルでの文字の認識・判断での反応の低下が大きくなり、一文字を認識するときの逐次性がより顕著になるといえるのではないだろうか。

文 献

- 1) G. Lukatela and M. T. Turvey: Visual lexical access is initially phonological: 1. Evidence from associative priming by words, homophones, and pseudohomophones. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 107-128, 1994.
- 2) G. Lukatela and M. T. Turvey: Visual lexical access

- is initially phonological: 2. Evidence from associative priming by homophones and pseudohomophones. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 331-353, 1994.
- 3) G. C. Van Orden, J. C. Johnston and B. L. Hale: Word identification in reading proceeds from spelling to sound to meaning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 371-386, 1988.
 - 4) 井上道雄：漢字の形態処理，音韻処理，および意味処理の関連性について。 *心理学研究*, 51, 136-144, 1980.
 - 5) 海保博之：漢字意味情報抽出過程。 *徳島大学学芸紀要*, 24, 1-7, 1975.
 - 6) 海保博之：漢字情報処理機制をめぐって。 *計量国語学*, 11, 331-340, 1979.
 - 7) 御領 謙：読むということ。東京大学出版会，1987.
 - 8) 斎藤洋典：漢字と仮名の読みにおける形態的符号化及び音韻的符号化の検討。 *心理学研究*, 52, 266-273, 1981.
 - 9) C. A. Perfetti, S. Zhang and I. Berent: Reading in English and Chinese: Evidence for a "universal" phonological principle. *R. Frost and L. Katz (Eds.): Orthography, phonology, morphology, and meaning*. Amsterdam: North-Holland, 227-248, 1992.
 - 10) C. A. Perfetti and S. Zhang: Very early phonological activation in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 24-33, 1995.
 - 11) L. H. Tan, R. Hoosain and D. Peng: Role of early presemantic phonological code in Chinese character identification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 43-54, 1995.
 - 12) 水野りか：漢字表記語の音韻処理自動化仮説の検証。 *心理学研究*, 68, 1-8, 1997.
 - 13) 川上正浩：仮名語の語彙決定課題における表記の親近性と処理単位。 *心理学研究*, 64, 235-239, 1993.
 - 14) 広瀬雄彦：漢字および仮名単語の意味的処理に及ぼす表記頻度の効果。 *心理学研究*, 55, 173-176, 1984.
 - 15) 広瀬雄彦：単語の認知に及ぼす表記の親近性の効果。 *心理学研究*, 56, 44-47, 1985.
 - 16) 藤田知加子：日本語の漢字仮名混じり語の認知ユニットに関する検討。 *心理学研究*, 70, 38-44, 1999.
 - 17) C. M. Francolini and H. E. Egeth: Perceptual selectivity is task dependent: The pop-out effect pops out. *Perception and Psychophysics*, 25, 99-110, 1979.
 - 18) H. Egeth, J. Jonides and S. Wall: Parallel processing of multielement displays. *Cognitive Psychology*, 3, 674-698, 1972.
 - 19) A. M. Treisman and G. Gelade: A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136, 1980.
 - 20) J. T. Townsend: A note on the identifiability of parallel and serial processes. *Perception and Psychophysics*, 10, 161-163, 1971.
 - 21) U. Neisser: Decision-time without reaction-time: Experiments in visual scanning. *American Journal of Psychology*, 76, 376-385, 1963.
 - 22) U. Neisser: Visual search. *Scientific American*, 210, 94-102, 1964.
 - 23) E. J. Gibson: Principles of perceptual learning and development. Prentice Hall, New Jersey, 1969.
 - 24) U. Frith: A curious effect with reversed letters explained by a theory of schema. *Perception and Psychophysics*, 16, 113-116, 1974.
 - 25) 一川 誠：漢字刺激のポップアウト。 *日本心理学会第62回大会発表論文集*, 538, 1998.
 - 26) G. M. Reicher, C. R. R. Snyder and J. T. Richards: Familiarity of background characters in visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 522-530, 1976.
 - 27) J. T. Richards and G. M. Reicher: The effect of background familiarity in visual search: An analysis of underlying factors. *Perception and Psychophysics*, 23, 499-505, 1978.
 - 28) Q. Wang, P. Cavanagh and M. Green: Familiarity and pop-out in visual search. *Perception and Psychophysics*, 56, 495-500, 1994.
 - 29) J. Jonides and H. Gleitman: A conceptual category effect in visual search: O as letter or as digit. *Perception and Psychophysics*, 12, 457-460, 1972.
 - 30) R. G. Pachella: The interpretation of reaction time in information processing research. *B. H. Kantowitz (Ed.): Human information processing*. LEA, New Jersey, 41-82, 1974.
 - 31) A. T. Welford: Motor performance. *J. E. Birren and K. W. Schaie (Eds.): Handbook of the psychology of aging*. VNR, New York, 450-496, 1977.
 - 32) J. L. Fozard, E. Wolf, B. Bell, R. A. McFarland and

S. Podolsky: Visual perception and communication. *J. E. Birren and K. W. Schaie (Eds.): Handbook of the psychology of aging*. VNR, New York, 497-534, 1977.

33) 権藤恭之, 石原 治, 中里克治, 下仲順子, L. W. Poon : 心的回転課題による高齢者の認知処理速度遅延の検討. *心理学研究*, 69, 393-400, 1998.

34) 石原 治, 権藤恭之, 下仲順子, 高山 緑, 中里克治 : 加算・乗算に及ぼす加齢の影響について. *日本心理学会第62回大会発表論文集*, 713, 1998.

35) T. R. Anders, J. L. Fozard and T. D. Lillyquist: The effects of age upon retrieval from short-term memory. *Developmental Psychology*, 6, 214-217, 1972.

36) D. J. Madden: Aging and distraction by highly familiar stimuli during visual search. *Developmental Psychology*, 19, 499-507, 1983.

37) D. J. Plude, D. B. Kaye, W. J. Hoyer, T. A. Post, M. J. Saynisch and M. V. Hahn: Aging and visual search under consistent and varied mapping. *Developmental Psychology*, 19, 508-512, 1983.

38) J. Cerella and J. L. Fozard: Lexical access and age. *Developmental Psychology*, 20, 235-243, 1984.

39) 長嶋紀一: 精神機能の変化. 長嶋紀一, 佐藤清公 (編) : 老人心理学. 建帛社, 21-43, 1990.

40) 行田尚義, 大頭 仁: 視覚神経系と視覚特性の年齢による変化. *照明学会誌*, 72, 608-612, 1988.

41) 長田久雄: 高齢者の感覚と知覚. 井上勝也, 木村周 (編) : 老年心理学. 朝倉書店, 1-18, 1993.

42) 鶴飼一彦: 高齢者の視覚. *照明学会誌*, 80, 463-466, 1996.

43) 舟川政美: 高齢者の視覚と視認性. *日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集*, 691-694, 1997.

44) T. A. Salthouse: Theoretical perspectives on cognitive aging. LEA, New Jersey, 1991.

45) J. Cerella: Information processing rates in the elderly. *Psychological Bulletin*, 98, 67-83, 1985.

46) M. M. Jacewicz and A. A. Hartley: Age differences in the speed of cognitive operations: Resolution of inconsistent findings. *Journal of Gerontology*, 42, 86-88, 1987.

47) C. Herzog, M. C. Vernon and B. Rypma: Age differences in mental rotation task performance: The influence of speed/accuracy tradeoffs. *Journal of Gerontology*, 48, 150-156, 1993.

48) C. Herzog and B. Rypma: Age differences in

components of mental-rotation task performance. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 209-212, 1991.

49) J. M. Ford, W. T. Roth, R. C. Mohs, W. F. Hopkins and B. S. Kopell: Event-related potentials recorded from young and old adults during a memory retrieval task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 47, 450-459, 1979.

50) D. L. Strayer, C. D. Wickens and R. Braune: Adult age differences in the speed of capacity of information processing: 2. An electrophysiological approach. *Psychology and Aging*, 2, 99-110, 1987.

51) G. Geffen and M. A. Luszcz: Are the spoken durations of rare words longer than those of common words? *Memory and Cognition*, 11, 13-15, 1983.

52) 中野泰志: ロービジョンの視力, 視野, まぶしさの機能的評価. 視覚障害者における形・空間の認知的機能とその形成. 科学研究費補助金研究成果報告書 (研究代表者和氣典二), 75-94, 1998.

付録: 実験で使用した各複雑さの漢字

	複雑さ (strokes)			
	5	10	15	20
1	分	亭	僭	壞
2	勿	便	嘘	竇
3	夂	哄	墨	蘋
4	夂	姿	寧	潜
5	屮	宣	德	爆
6	反	茜	漬	穢
7	先	律	慕	璽
8	支	恒	曆	瓣
9	中	拮	構	癡
10	仏	洒	瓊	穩
11	五	背	種	簸
12	厄	染	算	簿
13	今	柚	蔑	簾
14	内	姜	蜜	蟻
15	仇	珀	製	蟻
16	屯	屎	誣	蚤
17	公	眇	銃	厲
18	尺	砒	雜	蹠
19	日	柵	駁	驪
20	月	酌	蓍	臺
21	水	軍	澣	麓
22	円	衷	棋	豎
23	凶	虹	筭	鎗
24	切	点	誑	鎗