視覚的探索中の背景文字処理と眼球運動

関西学院大学文学部

大門若子¹⁾ 宮田 洋 八木昭宏

The processing of background letters and eye movements in visual search

DAIMON, Wakako, MIYATA, Yo, & YAGI, Akihiro

Department of Psychology, Kwansei Gakuin University,
Uegahara, Nishinomiya, Hyogo 662, Japan

The purpose of the experiment was to examine the effect of the background letters of the Japanese *Kana*-list which 10 students searched under three conditions on visual processing. One kind of background letters was physically similar to the target (PS condition), or was the nominally identical with the target (NI condition). In the control (C) condition, neither of these letters was involved. The searching time through a list was longer in NI than in C and was longer in PS than in NI condition. The results suggested that the stimulus was coded not only at the physical level but at the nominal level. The fixation time was prolonged in PS and NI than in C. The number of saccades increased in PS and NI than in C, and it showed the tendency to increase in PS than in NI. It was suggested that the two factors affected the processing of background: One was the ability of capturing a letter by peripheral vision. The other was the degree of difficulty to decide whether the letter was the target or not.

Key words : visual search, fixation durations, number of saccades,
letter identification, target detection.

1) 本研究をまとめるにあたり適切なご助言ご協力を賜りました関西学院大学大学院片山順一氏に深く感謝致します。

1988. 6. 22 受稿

1988. 8. 8 受理

序

視覚的探索 (visual search) 事態において、探索者は、あらかじめ決められた対象 (標的) を背景の中から捜し出すことが必要である。このとき標的か非標的かの選択はどのような要因によって影響を受けるのであろうか。文字列を用いた文字探索課題では、背景文字と標的文字との間の物理的類似性あるいは音韻的類似性が、課題遂行に影響することが知られている。Neisser (1963) は、丸みを帯びた文字 (C, Q, G 等) で構成される文字列中から丸みを帯びた文字 (O) を探す場合と、角張った文字 (Z) を探す場合との標的検出時間を比較した。その結果、1 列あたりの探索時間は、角張った文字を捜す方が短くなることが明らかになった。この結果は、標的文字 - 背景文字間の物理的な弁別可能性が課題遂行にとって重要であることを示唆している。

同様に、Henderson (1973) は、標的 (C) と同じ形の文字 (c) が背景文字の一つとして含まれる場合、課題遂行が妨害されることを示した。さらに興味深いことには、この実験で、標的 (A) と形は異なるが同じ音の文字 (a) が背景文字の一つとして含まれる場合にも課題遂行が妨害されることが明らかになった。この結果は、探索中に背景文字の物理的特徴のみならず音韻的特徴もまた分析されていることを示している。

Henderson (1973) の実験において、音韻のみ同一の条件 (A-a) と、形態、音韻とも同一の条件 (C-c) とを比較すると、音韻のみ同一条件の方が、課題遂行の妨害量が少なかった。これは、妨害を生じる要因となっている処理内容が両条件間で異なっている可能性をうかがわせる。文字の物理的特徴は刺激の特徴分析によって処理されるのに対し、音韻的特徴は文字の同定を含むより高次な分析によって処理される。従って、背景文字の物理的特徴と音韻的特徴は、ともに標的検出時間に影響を与えるが、各々の特徴に対する処理内容には差異があると考えられる。このような

処理内容の違いを検討するには、背景文字に対する処理を直接的に評価できる指標を用いることが望ましい。

視覚的探索場面において、眼球は、周辺視で捕らえたおおまかな形態的特徴に基づいてサッケイドを起こし、対象を中心視内に捕らえるという運動を繰り返している。Rayner and Pollatsek (1981) は、この中心視内で捕らえた対象に対する停留の持続時間 (fixation duration) は、その対象の処理時間に対応すると主張している。

反応時間を指標とした研究においてはリストを探索する全体の時間が測定される。そのため個々の刺激に対する処理の分析をするのは困難である。しかし、眼球運動を測定することにより、個々の刺激に対する継時的な処理を扱うことができる。さらに、反応がない刺激に対する処理をも扱える可能性がある。Printz (1986) は、文字探索中の眼球運動を記録した一連の実験 (Printz & Kehrer, 1982; Printz & Nattkemper, 1986) を通して、感覚特徴処理と意味同定処理という 2 つのレベルでの処理が同時に生じている可能性を示唆している。Printz and Nattkemper (1986) は、被験者に文字列探索を行わせると共に数字をカウントするという二次課題を課した。その結果、これら 2 レベルのうち意味同定処理レベルのみが 2 次課題によって妨害されることを見いだした。この実験で、彼らは、意味同定処理の測度として列あたりの探索速度を、また、感覚特徴処理の測度として垂直検出距離を用いている。垂直検出距離とは、標的のある位置と、標的を検出できた時に実際に見ていた列との差である。この測度は、周辺視能力に依存するという点で特徴処理を反映するものと考えられることができるが、標的が存在しない場合には用いることができないという欠点がある。

本実験では、日本語かな文字を用いた文字探索事態において、標的文字の検出が背景文字の物理的特徴及び音韻的特徴によって妨害を受けるか否

かについて検討した。更に、探索中の眼球運動を測定することにより、物理的妨害文字を含む探索と音韻的妨害文字を含む探索の間で、背景文字に対する処理内容の違いを明らかにすることを試みた。リスト探索に要する探索時間を測定すると共に、眼球のサッケイド回数及び停留時間を測定した。

方 法

被験者 被験者は、男子5名女子5名の大学生であった。このうち裸眼者は8名、眼鏡着用者は2名であったが、視力及び矯正視力はすべて正常であり、実験条件下で課題を遂行することに支障はなかった。

刺激 日本語片仮名及び平仮名からなる文字リストが、被験者の前方50cmに置かれたCRTディスプレイ黒色背景上に白色文字で提示された。この文字リストは、縦9文字×横19文字の計171文字を等間隔に配列したもので(Fig. 1 参照)、1文字の大きさは縦 1.0° ×横 0.6° 、リスト全体が占める視角は 14° × 24° であった。刺激はすべて、富士通製 FM-7 コンピュータによって制御された。

は シ シ は は ら ケ シ ケ ら ら ら は シ は ケ は は ら
シ は ら ら は シ ケ は シ ら は ら ら ケ は ら は ら ケ
ら は は は は シ ら ケ ら は ら は シ ら は は ケ シ
は ら ら ら は ら シ ら は は は は ら ら シ シ は
シ ケ ら は ら ら は ら ケ ら ケ シ シ ら シ ら は ら
は ケ は シ ら ら は は ら は シ シ は シ ケ シ ケ ら
ら ら は ケ ケ は ケ シ シ は ら ケ は ら シ ら ら シ
シ ら は は シ ケ ら は は ら ケ ケ は は ら ケ シ ケ
ら ら シ ら は シ シ は シ シ ケ ら は ケ は は

Fig. 1 An example of the search list.
(Physical Similarity Condition)

課題及び条件 被験者の課題は、あらかじめ指示された標的文字をリストの中から探し、見つけたときに、利き手によるボタン押し反応を行うことであった。探索にあたっては、横書き文章を読む時のように左から右方向に上行から順番に見て

いくことを指示した。標的文字は、1リストに1つとは限らないため、必ずリストの最後まで見るように指示し、終了時点で非利き手によるボタン押し反応を課した。

標的文字と背景文字(リスト中に含まれる標的文字以外の文字)との関係から、コントロール条件、形態類似条件、音韻同一条件の3条件が設定された。標的文字は、3条件とも共通の文字(ほ)であった。コントロール条件は、4種類の背景文字(シ・ケ・す・ら)でリストが構成された。形態類似条件では、コントロール条件の背景文字のうちの1文字を標的文字(ほ)と形態的に類似した文字(は)に変更した。音韻同一条件では、コントロール条件の背景文字のうち1文字を標的文字(ほ)と同じ音の文字(ホ)に変更した。ここで、形態類似条件における形態類似文字及び音韻同一条件における音韻同一文字は、探索を妨害する可能性を持つことから特に妨害文字と呼んだ。Table 1に示す通り、3条件とも背景文字として用いた文字は4文字であり、1リスト中に含まれる各文字の個数が等頻度になるようランダムに配置された。

Table 1 Target and background letters for the search lists

Condition	Target	Backgrounds
Control	ほ	シ・ケ・ら・す
Physical Similarity	ほ	シ・ケ・ら・ <u>は</u>
Nominal Identity	ほ	<u>ホ</u> ・ケ・ら・す

Note : Confusable background letter is underlined.

手続き 被験者は、電極装着後、適度な明るさの保たれた遮音室に入り、ヘッドレストによって頭部を固定した。課題説明とキャリブレーションを行った後、練習試行にはいった。標的文字を2s間提示した後、画面中央に凝視点を5s間提示した。凝視点消失から6sの後、リストが提示された。被験者の終了反応に応じて、リストは消え、5sの間隔をおいて、次試行の凝視点が提示

された。6試行を続けて行い1ブロックとした。練習試行として1ブロック行った後、本試行を、休憩をはさみながら6ブロック、計36試行を行った。このうち1条件は12試行ずつであり、ブロック内でランダム順に行った。1リスト内には1個、2個あるいは0個の標的文字が含まれており、各々の場合の比率は、1/3ずつであった。

記録 眼球運動は、EOG法により記録された。右眼外側部及び左眼外側部より水平方向、右眼眉上及び右眼下から垂直方向をAg-AgCl電極により導出した。信号は高域遮断100Hzで直流増幅された後、TEAC製PS-9200コンピュータによって10msのサンプリングタイムでA-D変換され、ハードディスク内に貯蔵された。

結果の処理 標的を含まない試行のみを分析の対象とした。この理由は、本実験のねらいは背景に対する眼球運動を検討することであり、標的が視野内に入ったときの眼球運動は問題としていないためである。従って、分析の対象となった試行数は被験者当り各条件4試行ずつであった。

実験終了後、水平方向眼球運動を基にして、1リストの探索に要したサッケイド回数及び1回当りの停留時間を測定した。このとき、瞬目が多い試行あるいは、眠気等による眼球の動揺によってサッケイドの測定が困難な試行については、分析から除外した。サッケイドの検出基準は、一定方向に1°以上の変化がみられ、50ms以上の停留がそれに続くものとした。また、リスト提示から探索終了反応までの時間を測定し、探索所要時間とした。

結 果

1. 探索所要時間

1リストの探索に要した時間の平均をFig. 2に示した。形態的あるいは音韻的妨害文字が背景文字中に含まれることによって、探索時間はコントロール条件よりも長くなった。さらに形態類似条件と音韻同一条件とを比較すると、形態類似条件

の方が、探索所要時間が延長した。分散分析の結果、条件による主効果が認められた($F(2, 18) = 33.48, p < .01$)。さらに、チューキー法により各条件間の平均値の差を検定したところ、コントロール条件-形態類似条件間($p < .01$)、コントロール条件-音韻同一条件間($p < .01$)、及び形態類似条件-音韻同一条件間($p < .05$)に有意な差が認められた。

Fig. 2 Mean time required for searching through a list in each condition.
C : Control, PS : Physical Similarity,
NI : Nominal Identity

2. 停留時間

停留1回当りの持続時間を平均し、Fig. 3に示した。分散分析の結果、条件による主効果が認められた($F(2, 18) = 6.50, p < .01$)。さらに条件間の比較を行ったところ、形態類似条件の停留時間はコントロール条件よりも有意に長くなっており($p < .01$)、音韻同一条件の停留時間もまた、コントロール条件よりも有意に長くなっていた($p < .05$)。形態類似条件と音韻同一条件の間に有意な差はなかった。

3. サッケイド回数

1リストの探索中に生じたサッケイド回数の平均をFig. 4に示した。行替えのための右端から左端へのサッケイドは、全条件共通であるため、こ

Fig. 3 Mean fixation duration.

Fig. 4 Mean number of saccades for a list.

こには算入していない。

分散分析の結果、条件による主効果が認められた ($F(2, 18) = 14.88, p < .01$)。さらに、形態類似条件では、コントロール条件よりも回数の有意な増加が認められ ($p < .01$)、音韻同一条件でも、コントロール条件よりも有意な増加が認められた ($p < .05$)。また、形態類似条件と音韻同一条件の間では、形態類似条件の方が回数が増加しているようであったが、統計的には有意な差は認められ

なかった。

4. 従属変数間の相関

各試行における探索所要時間は、サッケイドの回数と停留時間によって決定されと考えられる。本課題において、各条件での探索所要時間はサッケイド回数と停留時間のどちらと関連があるかを調べるために、条件毎に、探索所要時間－サッケイド回数間、及び探索所要時間－平均停留時間間の相関を調べた。被験者10名について1試行毎に探索所要時間、1試行内での平均停留時間、サッケイド回数をプロットした (Fig. 5, Fig. 6)。

Fig. 5 Correlation between fixation duration and search time.

Fig. 6 Correlation between number of saccades and search time.

探索所要時間-停留時間間 (Fig. 5) では、3 条件のいずれにおいても相関は認められなかったのに対し、探索所要時間-サッケイド回数間 (Fig. 6) では、3 条件とも高い正の相関が認められた (コントロール条件: $r = .85$, 形態類似条件: $r = .76$, 音韻同一条件: $r = .89$)。

考 察

本実験における課題遂行には、背景の形態特徴あるいは音韻特徴の処理及び標的か否かの判断が必要である。このうち形態特徴は、周辺視によって処理することができる。これに対し音韻特徴の処理には、文字の同定を必要とする。さらに標的か否かの判断過程は、標的とのマッチングを行う高次な処理過程であると考えられる。

文字の認知過程についての仮説の一つとして、単純な形態特徴分析の後に、それを基にしたより複雑な音韻特徴分析に進むという、パンデモニウムのヒエラルキーモデルがある。この仮説によると、形態処理と音韻処理とは継時的に進行すると考えられる。しかし、文字の異同判断 (Posner, 1969), あるいはタキストスコープを用いた文字判断課題 (Henderson, 1972) 等の実験が示唆するように、現在では形態処理と音韻処理は、平行して行われるとする仮説が有力である。序論でも述べたように、視覚的探索事態においてもまた、背景に対する形態処理と音韻処理が平行して行われていることが実験的に示されている (Henderson, 1973)。特に日本語かな文字は一文字一音節という特徴を持っており、これらの処理が密接して進行すると考えてよいであろう。

探索所要時間は、形態類似条件のみならず音韻同一条件でもまた、コントロール条件より延長した。この結果は、形態特徴分析によって遂行可能な課題であっても、リスト中の背景文字に対する音韻的処理がなされていたことを示しており、Henderson (1973) の結果と一致する。さらに、形態類似条件と音韻同一条件を比較すると、形態類

似条件の方が探索所要時間が延長した。この点もまた Henderson (1973) の結果に一致している。これら 3 条件間でみられた探索時間差が、どのような処理内容の違いによって生じたものであるかを明らかにするために、眼球運動の分析を通して検討を試みた。

まず、停留時間については、コントロール条件と他の 2 条件との間で差が生じた。コントロール条件と他の 2 条件との違いは、妨害文字を含むか含まないかという点にある。即ち、形態類似条件及び音韻同一条件では、妨害文字が存在することによって標的か否かの判断が紛らわしくなったために、コントロール条件に比べて停留時間が延長したと考えられる。このような判断過程は意味同定を必要とする認知レベルでの高次な処理である。Printz and Nattkemper (1986) は、意味同定処理の指標として、列あたりの探索時間を用いている。しかし、本実験で用いた停留時間もまた制御探索を測定することができる指標であると考えられる。停留時間を用いることによって、より直接的に背景に対する意味同定処理過程を測定することができるであろう。

探索時におけるサッケイドは主に、周辺視で得た情報に依存している。可視範囲内に標的文字と形態的に類似した文字がある場合、その文字が自動的に捕らえられ誤ったサッケイドが生じる。本実験で用いたサッケイド回数が周辺視による感覚特徴処理を反映するものであるならば、サッケイド回数は形態類似条件のみで増加すると考えられる。しかし、結果から、音韻同一条件でもまた回数が増加していた。即ち、音韻同一文字もまた周辺視によって捕えられていたことになり、サッケイド回数が感覚特徴処理だけでなく音韻処理にも影響を受けることが示されている。Printz and Nattkemper (1986) は、感覚特徴の指標として垂直検出距離を用いている。しかし、垂直検出距離は標的文字が存在する場合にしか用いることができない。本実験で用いたサッケイド回数は、標的

が存在しなくても、また検出反応を必要としない場合でも用いることができるという利点がある。今後このサッケイドを、方向もしくはその距離という観点からより詳細に検討することによって、感覚特徴処理に関する指標として用いることが期待される。

最後に、形態類似条件と音韻同一条件間で示された探索所要時間の差は、どのような要因により生じたものであったかという問題が残る。本実験において、探索所要時間はサッケイド回数と高い相関があることが示された (Fig. 6)。このことから、形態類似条件と音韻同一条件のサッケイド回数の間に差があることが予想されたが、統計的には有意でなかった。この結果から、条件による効果は、サッケイド回数あるいは停留時間以外の要因を媒介して探索所要時間に影響している可能性も考えられる。

本実験の結果を要約すると次の通りである。形態類似条件では、周辺視によって標的に類似した文字を誤って捕らえるためにサッケイド回数が増加した。音韻同一条件でもまた可視範囲内の音韻同一文字に対してサッケイドを起こすが、その回数は形態類似条件よりも少なかった。一方、一旦サッケイドによって中心視に置かれた文字は、標的か標的でないかの判断が必要である。この段階において、音韻的及び形態的妨害文字は共に、標的との異同判断を困難にし、コントロール条件よりも停留時間が延長することになる。しかし、形態的妨害、音韻的妨害間ではその処理時間に差はないため、両条件間での停留時間には差は示されなかった。

このように、文字リスト中の背景文字の処理は、周辺視での把握可能性、及び標的か否かの判

断の困難度という2つの要因が影響することが、眼球運動の結果から示唆された。今後、サッケイド方向、距離などをさらに分析することによって、探索事態における処理内容を明らかにしていくことができると思われる。

引用文献

- Henderson, L. 1972 Spatial and verbal codes and the capacity of STM. *Quart. J. Exp. Psychol.*, 24, 485-495.
- Henderson, L. 1973 Effects of letter-names on visual search. *Cogn. Psychol.*, 5, 90-96.
- Neisser, U. 1963 Decision time without reaction time : Experiments in visual scanning. *Amer. J. Psychol.*, 76, 376-385.
- Posner, M. I. 1969 Abstraction and the process of recognition. In C. H. Bower, & J. T. Spence (Eds.), *Psychology of Learning and Motivation*. New York : Academic Press.
- Printz, W. 1986 Continuous selection. *Psychol. Res.*, 48, 231-238.
- Printz, W., & Kehrner, L. 1982 Recording detection distances in continuous visual search. In R. Groner, & P. Fraisse (Eds.), *Cognition and Eye Movements*. Berlin : Deutscher Verlag der Wissenschaften. p. 48-56.
- Printz, W., & Nattkemper, D. 1986 Effects of secondary tasks on search performance. *Psychol. Res.*, 48, 47-52.
- Rayner, K., & Pollatsek, A. 1981 Eye movement control during reading : Evidence for direct control. *Quart. J. Exp. Psychol.*, 33, 351-373.