

TR-A-0066

日 本 語 の 視 覚 的 処 理 単 位

— 単 語 認 識 過 程 に お け る 諸 現 象 —

横 澤 一 彦

KAZUHIKO YOKOSAWA

1 9 9 0 . 1 . 8

A T R 視 聴 覚 機 構 研 究 所

日本語の視覚的処理単位

— 単語認識過程における諸現象 —

横澤一彦

A T R 視聴覚機構研究所

目次

1. はじめに	1
2. 単語優位効果	2
2.1 実験方法	3
2.2 実験結果	5
2.3 考察	7
3. 単語優先効果	10
3.1 実験1	11
3.2 実験2	14
3.3 実験3	16
3.4 考察	18
4. 視覚探索	21
4.1 実験方法	22
4.2 実験結果	23
4.3 考察	24
5. 文章校正	27
5.1 実験1	27
5.2 実験2	29
5.3 実験3	32
5.4 考察	35
6. おわりに	37
謝辞	37
参考文献	38
主な発表論文等	40
付録	42
図表	43

1. はじめに

文字認識過程の研究は、様々なアプローチで進められている¹⁾。その中で多くを占めるのは、文字単体を対象とする認識過程研究である。しかしながら、それは我々が普段あまり経験しない状況での特性を調べてきたように思われる。なぜなら、読書等大抵の場合において我々は文脈の中で文字を認識している。このとき、人間は文字を1文字ずつ順次認識しているわけではなく、何らかの認識単位を並列処理していると考えられる。このことは読書時の眼球運動の跳躍的軌跡からも推測される²⁾。単語が分かち書きされる英語などでは、その認識単位が単語であることが示唆される様々な現象が報告されている³⁾。多くの場合、そのような視覚的処理単位の中で文字認識が行われるのである。

視覚的処理単位における特異な現象が、分かち書きされないが漢字、平仮名、片仮名と言った多字種を使い分ける日本語の場合にも存在するのかどうかを様々な角度から調べたので報告する。以下の章では、単語優位効果、単語優先効果、視覚探索、文章校正などの課題に分けて分析した。

2. では、単語優位効果について調べた。単語優位効果とは、単語中の文字が最も正確に認識できるという現象で、英単語を用いた実験で確認されている。この単語優位効果について、2漢字単語を用いて分析した。

3. では、単語優先効果について調べた。単語優先効果とは、単語全体が単語中の文字より速く認識できるという現象で、いわゆる部分と全体の問題を扱うことになる。

4. では、視覚探索特性について調べた。文章中から特定の文字や単語を探索するときの効率的な処理単位などを分析した。特に、ここでも単語優位性について分析することになる。

5. では、文章校正の特性について調べた。文章校正も視覚探索の1つであるが、あらかじめ目標を指示されていない点が4. の場合と異なる。ここでは、文章の意味理解がある程度必要な状況での視覚探索特性について分析する。

2. 単語優位効果

広義の単語優位効果 (Word Superiority Effect) は、狭義の単語優位効果 (Word Apprehension Effect) と単語-文字現象 (Word-Letter Phenomenon) に分けることができる。

狭義の単語優位効果 (Word Apprehension Effect) とは、瞬間提示された刺激文字列に含まれる文字を報告する実験課題で、刺激文字列が意味を持つ単語になっている場合にはそうではないランダム文字列の場合よりも正答率が高い現象である。Reicher⁴⁾の実験は、図2. 1に示すように、まず4文字からなる文字列を瞬間提示し、次に文字列のあった部分をノイズマスクで隠し、どれか1文字に対する選択肢を2文字提示する2肢強制選択課題である。文字列は単語になっている条件 (例: WORK) と、単語の文字列をランダムに並べ替えた条件 (例: ORWK) の2種類があり、単語条件においては2つの選択肢 (例: 4文字目に対してKとD) のうちどちらを選んでも単語 (例: WORKとWORD) になり、ランダム条件においてはどちらを選んでもランダムな文字列となる。実験の結果、単語条件における正答率の方がランダム文字列条件に比べて高くなった^{4) 5)}。この現象を単語優位効果と呼ぶ。但し、単語条件でWOR_ならば、WORD, WORE, WORK, WORM, WORN, WORTなど限られた単語しかないが、ランダム文字列条件でORW_ならばアルファベット26文字すべての可能性がある。この冗長性の違いが単語優位効果の原因とも考えられるが、Smith & Haviland⁶⁾はこのような冗長性の差が生じないような条件でも単語優位効果が生ずることを確認した。Baron & Thorston⁷⁾は、単語優位効果の要因として、単語頻度、単語の意味、発音のしやすさ、綴り規則を上げ、実験により検証している。彼らは、発音できる非単語と単語の間には認識率の差が無いことから、単語頻度や単語の意味の要因を否定している。

また単語-文字現象 (Word-Letter Phenomenon) とは、瞬間提示された刺激に含まれる文字を報告する実験課題で、刺激が意味を持つ単語になっている場合には単独で文字が提示される場合よりも正答率が高い現象である。Reicherの実験でも単語条件における正答率の方が1文字のみの提示条件に比べて高くなった。この結果は文字列が1文字ずつシリアルに認識処理される

と考えた場合には矛盾した結果である。Thompson & Massaro⁸⁾は、この現象が選択肢の類似性に依存しないことを確認した。すなわち、REALを提示した場合最初の文字に対する選択肢がRとPという類似文字でもRとMという類似していない文字でも単語-文字現象は存在した。但し、単語-文字現象は、刺激を読ませたり⁹⁾、マスク刺激をホワイトマスクにする¹⁰⁾と消失した。これは、単語レベルの知覚が文字レベルの知覚と異なっていることを示している。

これらの現象は、単語を形成しているということが、何か特別な効果を持っていることを示している。すなわち、単語という文脈は文字認識を正確かつ迅速に行わせるのに役立っている訳である。Reicher以後、さまざまな条件でこれらの現象が確認されており、これらの現象を説明する為、並列処理と高次単語知識のトップダウン処理を仮定する認識モデル¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾等が提案されている。特に、相互活性化モデル¹¹⁾¹²⁾は、コネクショニストモデルのはしりとされている。相互活性化モデルは、単語優位効果を説明する文字及び単語認識のネットワークモデルである。相互活性化モデルは、図2.2に示したように、特徴抽出レベル、文字レベル、単語レベルの3つのレベルに分れ、各レベルには多くの細胞と、それらをつなぐ興奮性及び抑制性の結合からなっている。単語優位効果は、このモデルの単語レベルから文字レベルへのフィードバック結合によって説明することができた。

これまでに紹介した研究における材料はアルファベットおよび英単語であり、漢字の場合にはそのような現象に対する研究がこれまでには行われていない。わずかに、平仮名を用いた研究がMiura¹⁵⁾によって行なわれている。平仮名4文字を刺激とした実験によって、単語優位効果が得られたが、単語-文字現象は得られなかった。既に漢字に対して行われているプライミング効果¹⁶⁾¹⁷⁾は時間的文脈効果であり、空間的文脈効果である単語優位効果や単語-文字現象とは区別される。

2.1 実験方法

1) 被験者

被験者4名(男性1名、女性3名)の視力はそれぞれ、両眼視で1.2以上、

単眼視で1.0以上で正常(但し、4名のうち2名は矯正視力)である。

2) 実験装置

パソコン(PC9801VX), CRTディスプレイ(ドットピッチ0.31mm), マウス, あご台を用いる。実験は暗室で行った。

3) 使用漢字

JIS規格ドットプリンタ用24ドット字形の漢字パターン¹⁸⁾を用いた。このうち、単純類似度0.35以下の非類似漢字対20組(例:商と支)、0.35以上の類似漢字対20組(例:開と閉)を選択する。このとき、非類似漢字対と類似漢字対の1組ずつの4漢字は単語となるような共通漢字(例:店)があり、全部で80個の単語を作成する。また4漢字のうちどちらと組み合わせても単語とならないような共通漢字(例:英)があり、全部で80個の非単語を作成する。単語も非単語も半数は共通漢字が前に使われ、残り半数は後ろに使われるように選択する。このようにして作られた単語80個、非単語80個、及び単独漢字として用いる非類似漢字40個、類似漢字40個の合計240種類を提示刺激として用いる(表2.1)。ここで使用された全ての類似漢字・非類似漢字の漢字対の単純類似度および外形類似度は図2.3に示すとおりである。(単純類似度と外形類似度の定義及び算出式は付録1に示す。)

4) 実験手続き

被験者はディスプレイから114cm離れた位置のあご台上に顔面を固定され、ディスプレイを凝視する(ディスプレイ上の1cmが視角0.5度)。刺激の提示手順は図2に示す。まず、画面左上に刺激開始の合図が約0.75sec提示され、次に注視点が提示される。注視点は縦1.6cm横2.9cmの長方形の4頂点と長辺の中点に当たる2点であり、約0.75sec提示される。その後注視点の現れた部分に刺激漢字列が提示される。刺激漢字列には、単語(図2.4(a))、非単語(図2.4(b))、単独漢字(図2.4(c))の3種類がある。刺激漢字列が提示されたあと、刺激があった部分を隠す長方形のマスクパターン(縦2.4cm横3.6cm)が提示される。マスクパターンは、その内部の半数のドットをランダムな位置で光らせたパターンである。刺激漢字の大きさは縦0.9cm横0.9cmであり、2漢字提示する場合両者は0.4cm離す。マスキング画面

にはさらに、2文字の選択肢がマスクパターンの上に置かれる。選択肢は、刺激漢字列に含まれている類似漢字または非類似漢字（これが正答となる）と、その漢字と対になっている刺激漢字列に含まれていない漢字（これが誤答となる）の2つである。被験者はマウスを動かして、2つの選択肢のうちのどちらかを強制選択する。選択ボタンを押すと、誤答の場合にはブザーで被験者に知らせると共に、次の試行に移る。ディスプレイの地の輝度は $5\text{cd}/\text{m}^2$ 、マスクパターンの平均輝度は $15\text{cd}/\text{m}^2$ 、ディスプレイから 114cm 離れた被験者の位置での照度は 0.03 ルクスである。

刺激漢字列は表2.1より、類似漢字からなる単語・非単語・単独漢字をあわせて120個、非類似漢字からなる単語・非単語・単独漢字をあわせて120個の2つに分け、類似漢字セッションと非類似漢字セッションを作る。各セッションにおいて刺激の種類は120個であり、さらにその各々の選択肢において正答が上に出てくる場合と下に出てくる場合の2通りがあり、結局240回の試行がランダムな順序で出現するものを1セッションとする。

刺激漢字列の提示時間は各被験者ごとに数セッションの練習試行の後、正答率を75%前後とする為非類似漢字セッションの場合には走査周波数 56.4Hz （周期 17.7 ミリ秒）のディスプレイの1周期又は2周期のいずれかに定めた。類似漢字セッションの場合には、いずれの被験者も非類似漢字セッションより1周期多い提示時間とした。別に行った実験より、非類似漢字セッションと類似漢字セッションが同じ提示時間では約15%非類似漢字の正答率が高くなるので、両セッションの正答率を揃える為提示時間を変えた。実験は各被験者とも非類似漢字セッション12回、類似漢字セッション12回を交互に計24セッション5760試行行った。

2.2 実験結果

1) 非類似漢字セッションに対する実験結果と分析

図2.5に4人の被験者の非類似漢字セッションに対する最初の4回分の試行から得られた平均正答率を条件別に示す。非類似漢字セッションでは平均正答率が70.6%となった。文脈別では単語74.1%、非単語69.9%、単独漢字67.8%であり、また左位置が選択肢の場合は72.7%、右位置が選択肢の場

合は68.5%となった。分散分析の結果、文脈要因 ($F_{(2,6)}=9.89, p<0.05$) には有意差があり、位置要因 ($F_{(1,3)}=1.17, p>0.05$) と両要因の交互作用 ($F_{(2,6)}=0.17, p>0.05$) には有意差がみられなかった。文脈要因間の差について更にTukeyの検定(5%水準)を行ったところ、単語-単独漢字間に有意差があったが、単語-非単語、非単語-単独漢字間には有意差がなかった。すなわち、統計的には単語文字現象(単語>単独漢字)が確認されたが、単語優位効果(単語>非単語)は確認できなかった。但し、単語-非単語間の差は有意水準に非常に近く、被験者別にみても4人ともが非単語より単語の正答率が高かった。

選択肢として提示した2漢字間の黒画素数差と単独漢字の正答率との間には相関関係があり(相関係数0.500, $P<0.05, n=20$)、単独漢字の場合被験者が提示漢字の明るさ複雑さを手掛りに判断していることが推察される。逆に、漢字対の外形類似度と単独漢字の正答率(相関係数0.254, $P>0.20, n=20$)、漢字対の単純類似度と単独漢字の正答率(相関係数0.306, $P>0.10, n=20$)には有意な相関関係はなかった。

単語文字現象(単語の正答率と単独漢字の正答率の差)は、漢字対の外形類似度と負の相関関係があった(相関係数-0.445, $P<0.05$)。このことは、外形が類似していないほど単語中の漢字を認識しやすいことを示しており、単語の特徴を外形で捉えている可能性を示唆している。

非単語と単独漢字の違いは統計的に有意ではないが、あえて非単語の方がやや平均正答率が高い原因を挙げれば単独漢字の方が選択肢との干渉を起こしやすい⁵⁾点が考えられる。

図2.6に4人の被験者の非類似漢字セッションに対する12回分を4回ずつ3群に分けた結果を示す。図2.6で特異なのは、第2群で非単語の正答率が最も高くなっている点である。これはセッションが進み被験者が非単語を学習してしまい、特に注意を向けた為に起こった一時的現象と考えられる。

2) 類似漢字セッションに対する実験結果と分析

図2.7に4人の被験者の類似漢字セッションに対する最初の4回分の試行から得られた平均正答率を文脈別に非類似漢字の場合と比較して示す。類

似漢字セッションでは平均正答率が74.5%となり、非類似漢字セッションより3.9%高くなったが、提示時間を長くした結果大きな違いにはならなかった。文脈別では、単語73.5%、非単語72.1%、単独漢字77.9%であり、また左位置が選択肢の場合は76.8%、右位置が選択肢の場合は72.2%となった。分散分析の結果、文脈要因 ($F_{(2,6)}=12.74, p<0.01$) には有意差があり、位置要因 ($F_{(1,3)}=2.39, p>0.05$) と両要因間の交互作用 ($F_{(2,6)}=0.96, p>0.05$) には有意差がみられなかった。文脈要因間の差について更にTukeyの検定(5%水準)を行ったところ、単語-単独漢字、非単語-単独漢字間に有意差があったが、単語-非単語には有意差がなかった。このように、類似漢字セッションでは単独漢字の正答率が最も高く、非類似漢字セッションの傾向とはかなり異なる。

選択肢として提示した漢字対の単純類似度と単独漢字の正答率(相関係数0.409, $0.10>P, n=20$)、漢字対の外形類似度と単独漢字の正答率(相関係数-0.101, $P>0.50, n=20$)、漢字対の黒画素数差と単独漢字の正答率(相関係数0.094, $P>0.50, n=20$)との間には有意な相関関係は認められなかった。しかしながら、単純類似度との間の相関が最も高かったことは、非類似漢字の場合よりもっと詳細な認識処理を行った結果であることが推察される。尚、類似漢字セッションの場合には、セッションが進んでも文脈間の関係の変化はなかった。

2.3 考察

非類似漢字セッションと類似漢字セッション、単語、非単語、単独漢字の正答率の違いから図2.8のような認識過程のモデルを考えることができる。

パラレルな概形認識処理とは、複数の入力パターンを並列に処理し、明るさ、複雑さや外形など全体的特徴を抽出する。単語形状知識とは、長期記憶された単語形状知識が概形認識処理を促進する。シリアルな詳細認識処理とは、細部の特徴を1パターンずつシリアルに抽出する。非類似漢字セッションの場合には提示時間が短いので、パラレルな概形認識処理された結果を基に選択が行われ(①)、類似漢字セッションの場合には提示時間が長いので、シリアルな詳細認識処理までされた結果を基に選択が行われる(②)と仮定する。このようなモデルを仮定すると、図2.7に示した結果など実験結果

のほとんどを以下のようにうまく説明することができる。

1. 非類似漢字で単独漢字の場合、提示時間が短く概形認識処理しか行われないので、選択肢となる漢字対に濃度差のある場合正答率が高くなる。

2. 非類似漢字で非単語の場合、提示された2漢字の平行処理が行われるので、単独漢字の場合と比べても正答率の差がほとんど無い。選択肢との干渉が少ない分、単独漢字の場合よりやや正答率が高い。

3. 非類似漢字で単語の場合、単語形状知識によって概形認識処理が促進されるので、単独漢字や非単語の場合より正答率が高くなる。特に、外形が類似していない漢字ほど単語文字現象が大きいことから、単語形状知識は単語の外形的な情報と考えられる。

4. 類似漢字で単独漢字の場合、詳細認識処理まで行われるので、選択肢となる漢字対の単純類似度が高くなれば正答率は低くなる傾向がある。

5. 類似漢字で非単語の場合、シリアル処理が行われるので、単独漢字の場合と比べて正答率が低下する。

6. 単語形状知識によって概形認識処理が促進されるが、類似漢字の場合外形にはほとんど違いがないので、その効果は少なく非単語の場合とほとんど同じ正答率が得られる。

単語優位効果が統計的に有意にならなかった理由として、次のような点が考えられる。ここで用いた非単語は声を出して読むこともできReicher⁴⁾の用いた(発音できない)ランダム文字列とは異なり、McClellandら¹¹⁾のいう偽単語(pseudoword、発音できる非単語、例えばMAVE)に相当するものと考えられる。英語の場合でも偽単語ではほとんど単語優位効果が生じない。

英単語の場合には、2つの選択肢が視覚的に非常に類似した文字(例えばRとP)である高類似度条件(例:REALとPEAL)および全く異なった文字である低類似度条件(例:REALとMEAL)を比較しても、選択肢の視覚的類似性が正答率に影響を与えないことが確認されている⁸⁾。漢字とアルファベットには複雑さに大きな違いがあり、複雑な類似漢字の識別には詳細認識処理という特別な処理が必要となるため、非類似漢字の結果と異なったものと考えられる。

類似漢字と非類似漢字の実験結果が異なったといっても、刺激の使用頻度

に両者の間で大きな違いがあれば、別の説明も可能である。例えば、①類似漢字セッションで用いた単語の使用頻度が極端に低い為に、単独漢字の正答率より単語の正答率が低くなる、②刺激として選んだ類似漢字は単独に単語として使用されることが多いので単独漢字として提示した場合に正答率が高くなるという解釈も可能である。①の単語使用頻度に関しては、新聞中の4800万語中の使用頻度¹⁹⁾では、本実験で使用した単語の分布は図2.9のようになる。図2.9の両者の分布は似ており、非類似漢字を含む単語のほうがやや平均使用頻度が高いが、頻度10以上の単語の平均値には有意差が認められない($t=0.74, df=38, p>0.05$)。②の単独漢字の単語としての使用頻度に関しては、非類似漢字を含む40単語の70%、類似漢字を含む40単語の75%は2漢字単語の場合の方が頻度が高く、比率としては非類似漢字の場合と類似漢字の場合に大きな違いは認められなかった。使用頻度に関する詳細な分析は更に必要であると考えられるが、上述のように使用頻度だけから非類似漢字と類似漢字の実験結果の違いは説明できないことが予想される。

プライミング効果の研究と本研究を比較してみる。川口¹⁶⁾によれば、プライムを提示しない時に比べ、単語を構成しない無関係な刺激がプライムとして提示された時正答率が低くなったが、単語を構成するプライムを提示しても特に正答率が高くならなかった。本研究で得た結果に基づいてこの点の説明を試みれば、単語文字現象を起こす単語形状知識は外形的な情報である為、両者を同時に提示しないプライム刺激では、正答率が高くなるような効果は得られないものと考えられる。

3. 単語優先効果

前章において、日本語単語を単位とする処理の存在が推定された。図2.8で提案した単語認識過程モデルによれば、単語全体の形状知識は処理の初期段階から関わっており、概形処理においては単語単位の処理と文字単位の処理が並行していると仮定している。しかしながら、そのような単語全体の処理と文字単位の処理に対する仮定の妥当性について更に詳しく調べる必要がある。

単語認知における全体的処理と部分的処理との関係を調べるために、継時照合課題を用いた実験を行った。継時照合課題とは、継時的に提示される2つの刺激が同じかどうかを判断するものである。英単語では、この照合課題を用いた実験から単語優先効果(Word priority effect²⁰⁾、またはWhole-word advantage²¹⁾と呼ばれる現象が報告されている。これは、実験課題として、2つの単語全体が同じかどうかを判断する全体照合と、単語内の1文字が同じかどうかを判断する部分照合の2種類を設けたとき、部分照合よりも全体照合の方が比較する文字数は多いにもかかわらず、反応時間は全体照合の方が短いというものである。そして、単語認知においては、必ず単語全体の処理がまず最初に行われ、単語を構成する文字の処理は必要があれば付加的に行われると解釈されている²²⁾。すなわち、図2.8の単語認識過程モデルに基づけば、英単語の場合単語形状知識のみが概形処理に影響していると過程が考えられる。

ここでは、この単語優先効果を詳細に調べる為に、4つの新しい方法を用いた。第1は、アルファベット文字の代りに漢字や平仮名を用いたことである。単語全体の処理が単語を構成する文字の処理に優先するという単語優先効果が、アルファベット文字と単語の中間的役割を果たすと考えられる漢字や平仮名に対しても存在するのかどうかを調べることによって、その効果の頑健性を確認する。第2は、継時的に提示される2つの刺激の形状類似度を定量的に統制したことである。これまでにも、刺激の形状類似性を考慮した報告はあるが、その定義は曖昧である。ここでは、付録2で説明した外郭方向寄与度密度特徴と呼ぶ定量的尺度を元に刺激の形状類似度を定義した。第3に、継時的に提示される2つの刺激の読みを統制したことにある。日本語

は、同音異義単語の多い言語であるといわれるが、それを利用し、読みが単語優先効果に与える影響を調べた。第4は、1つのセッションの中で、全体照合と部分照合をランダムに行わせたことである。従来の研究では、別々のセッションで行われていることが多いが、その場合には被験者の戦略がセッション毎に異なる可能性が大きい。ここでは、第1刺激提示後ブザーでその区別を知らせることによって、同一セッションの中に全体照合と部分照合試行を混在させた。

実験1では、2文字の漢字単語について調べ、実験2では、漢字単語と比較するために、漢字非単語を用いた。実験3では、4文字の仮名单語、非単語を用いた。

3.1 実験1

1) 被験者

25名(男性12名、女性13名)で 全員右きき、視力正常(矯正を含む)である。

2) 実験装置

A T Rタキストスコープ²³⁾(計算機制御によるランダムスキャン型CRTディスプレイ)

3) 実験手続き

課題は、継時照合課題で反応時間と誤答率を指標とする。独立変数は、照合条件(全体照合/部分照合)と刺激条件(統制/類似/同音)であり、いずれも被験者内でランダムに出現する。

全体照合条件では、2文字とも同じ刺激(以下全同刺激)60試行に対してYES反応を、1文字目が異り2文字目は同じである刺激(以下1異刺激)と、逆に1文字目は同じで2文字目が異なっている刺激(以下2異刺激)各30試行に対してNO反応を求める。部分照合条件では全同刺激と1文字目のみ同じ刺激(以下1同刺激)各30試行に対してYES反応を、また、1異刺激と1文字目も2文字目も異なる刺激(以下1・2異刺激)各30試行に対してNO反応を求める。

さらに、1同刺激とNO反応を求める全ての刺激は、類似条件、同音条件、

統制条件の3つの刺激条件、各10試行に分かれる。

実験に先だって課題の説明と教示を行った。教示では第1刺激、第2刺激とも注意してみないと間違ふこと、反応はできるだけ速くできるだけ正確に行うことを強調した。

1試行は、図3.1に示すように、凝視点、第1刺激、ブザー、第2刺激からなる。まずディスプレイの中央に凝視点が2個1000ミリ秒提示され、1000ミリ秒のインターバルを経て、第1刺激が提示される。第1刺激は1000ミリ秒提示され、1500ミリ秒のISIの後、第2刺激が同じ位置に提示される。ただし第1刺激と第2刺激の間にブザーが鳴り、被験者に照合条件を知らせる。ブザーが1回鳴った時には照合条件は部分照合で、被験者は第1刺激の1文字目と第2刺激の1文字目が一致しているときにYES、それ以外時にはNOと反応するよう求められる。ブザーが2回鳴ったときには、2文字ともが一致しているときにYES、それ以外はNOと反応するよう求められる。ブザーは第1刺激が消えて約800ミリ秒後に鳴り始める。1回の場合には約200ミリ秒間鳴って約500ミリ秒後に第2刺激が提示される。2回の場合には、約100ミリ秒の間隔を空けて200ミリ秒ずつ鳴り、約200ミリ秒後に第2刺激が提示される。被験者はブザーの指示に従って照合を行い、ボタン押しで反応する。第2刺激は反応と同時に消える。

4) 提示刺激

2文字の漢字単語を用いた。大きさは1文字あたり視角 $0.8^{\circ} \times 0.8^{\circ}$ 、2文字が $1.8^{\circ} \times 0.8^{\circ}$ である。

類似条件では、形状類似性の尺度として文字認識において使われる外郭方向寄与度^{24) 25)}を用い、1文字目同士または2文字目同士が、常用漢字1,945文字と平仮名75文字の全ての組合せのうち上位1,500位に入る類似文字であり、さらに単語全体としての拍数²⁶⁾が3拍か4拍の単語対を選んだ。外郭方向寄与度については、付録2で説明する。同音条件では、全体の拍数が3拍か4拍の同音意義語で、しかも対となる単語の拍数は同じ刺激対を選んだ。また、1文字目同士、2文字目同士の画数の差は3画以内である。統制条件では、1文字目同士、2文字目同士ともに前述の類似性の基準に当てはまらず読みも異なり、しかも画数の差が3画以内の単語対を選んだ。すべての刺

激は常用漢字から選んで作成した。

このようにして計240対、390種類の単語を選んだ。このなかには、同じ文字は1度しか出現しない。これまでの研究では、照合条件間で異なる刺激を用いるか、または同一刺激を反復して提示している。ここでは、全同条件と1異条件については、刺激の反復を避け、かつ同一刺激を用いて全体照合条件と部分照合条件を比較するため次のような操作を行った。すなわち、全同条件は3つ、1異条件は2グループに刺激を分ける。全同条件では、3つのグループのうち2つを全体照合に、1つを部分照合に割り当てる。1異条件では1つを全体照合に、他方を部分照合に割り当てる。また、1同2異条件についても同様の操作を行った。割り当て方は被験者間でバランスを取り、実験全体としては同じ刺激が全体照合と部分照合にほぼ同じ頻度で出現するが、同一被験者内では刺激の反復は無い。

実験刺激とは別に、予備実験用刺激を40対作成した。これは上記の基準に準じ、照合条件、刺激条件の出現の割合は本試行と同じになるように作成され、本実験の前に予備実験を行った。

5) 結果と考察

まず、全ての反応時間のデータの平均から3SD以上逸脱しているものを削除した。削除されたデータは全データの約2%である。

YES反応とNO反応は、異なる過程から生成されると考えられるので、別々に分析を行った。YES反応は、部分照合の方が全体照合よりも27ミリ秒速かった。1要因分散分析の結果、この差は有意ではなかった [$F_{(1,24)}=2.8, p<.1$]。NO反応については、照合条件×刺激条件の2要因分散分析を行った。その結果、刺激タイプの主効果のみが有意で [$F_{(2,24)}=20.26, p<.001$]、照合条件の主効果、照合条件×刺激条件の交互作用は有意ではなかった [$F_{(1,24)}=1.13, p<.3, F_{(2,24)}=1.45, p<.25, respectively$]。さらにTukeyの多重比較を行った結果、どの刺激条件間の差も有意であった。各刺激条件別に、照合条件について調べた結果、統制条件と同音条件では照合条件間で、ほとんど差がなかった [$F_{(1,24)}=.14, p<.7, F_{(1,24)}=.00, p<.99, respectively$]。類似条件では部分照合の方が29ミリ秒速く、差は有意ではないが傾向が見られた [$F_{(1,24)}=3.21, p<.09$]。

YES 反応については、部分照合と全体照合の平均反応時間には統計的有意差がなく、英単語の場合に報告されているような単語全体の部分に対する優先性は得られなかった。しかしながら、反応時間に差が無いということは、単語処理が文字処理とほぼ同時に終わっていると考えることができる。

NO 反応については、刺激条件に顕著な差が見られた。これは、継時照合課題において形状符号化や音韻符号化が関わっていることを示す結果と考えられる。

部分照合における YES 反応については、最初の文字だけに基づいて反応が決められているならば、条件間に差がないはずである。ところが、統計的に有意ではないが、同音条件では19ミリ秒の差が、統制条件では34ミリ秒という比較的大きな差がみられた。これは、最初の文字の照合においてそれ以外の情報が関わっていることを示している。類似条件には差がなかったが、これは第2文字の形状特徴がほぼ等しい為に、全同刺激と同じように処理されたものと考えられる。

部分照合における NO 反応については、統制条件の1異刺激と全同刺激の間で差はなかった。しかしながら、類似条件の1異条件は1・2異刺激より43ミリ秒速く、同音条件では逆に1・2異刺激の方が29ミリ秒速くなっている。この結果は、部分照合でも第2文字や単語全体の情報が関わっていることを示している。もしNO反応に第2文字や単語全体の照合情報が影響されるなら、1・2異刺激は1異刺激より速く処理されるかもしれない。なぜなら、1異刺激の場合には第1文字は異なるが第2文字は等しく、反応の矛盾を起こすと考えられるからである。類似条件の結果はこの仮定と一致しないが、同音条件の結果はこのような仮定で説明することができる。

これらの結果から、3つの処理レベル、すなわち単語全体、第1文字、第2文字の処理レベルがあり、並列処理されることによってすべてが反応に影響していると考えられる。実験2では、この仮定を非単語の場合と比較することによって確認する。

3. 2 実験2

実験2では、単語と比較するために非単語の処理について調べた。

1) 被験者

実験1を行った25名(男性12名、女性13名)。

2) 実験装置

A T R タキストスコープ

3) 実験手続き

実験手続きは実験1と同様である。被験者には全刺激が2文字の漢字非単語であることをあらかじめ知らせた。

4) 提示刺激

390個の非単語刺激を以下のようにして作成した。実験1で用いた単語刺激をもとにして、全同条件、1異条件、1・2異条件では、1文字目は変えず2文字目だけを他の文字に置き換えた。同様に1同条件、2異条件では1文字目を置き換えた。従って、実験1で用いた単語と実験2で用いる非単語では、部分照合のターゲットとなる文字は共通である。作成した非単語については、三省堂新明解国語辞典に記載されていないことを確認した。また、同音条件については音にしたときにも単語にならないように作成した。

5) 結果と考察

実験1同様、3s dから逸脱した反応時間のデータを削除した。削除されたデータは、全データの約2%である。

YES反応では、部分照合の方が全体照合よりも75ミリ秒速く、1要因分散分析の結果、差は有意であった [$F_{(1,24)}=16.73, p<.001$]。NO反応について、照合条件×刺激条件の2要因分散分析を行った結果、刺激タイプの主効果のみ有意で [$F_{(1,24)}=31.71, p<.001$]、照合タイプの主効果、照合タイプ×刺激タイプの交互作用ともに有意では無かった [$F_{(2,24)}=2.17, p<.15, F_{(2,24)}=.32, p<.73, respectively$]。さらにTukeyの多重比較を行った結果、統制条件と類似条件、類似条件と同音条件との差は有意であったが、統制条件と同音条件との差は有意ではなかった。

刺激タイプ別に、照合条件間の差を見ると、同音条件において、単体照合より部分照合の方が32ミリ秒速く、傾向が見られた [$F_{(1,24)}=4.22, p<.05$]。統制条件、類似条件では差は有意ではなかった [$F_{(1,24)}=1.68, p<.2, F_{(1,24)}=.01, p<.94, respectively$]。

また、単語と非単語の処理の差を調べるために、実験1と実験2のデータをあわせて分析を行った。

YES反応について、語条件（単語／非単語）×照合条件（全体／部分）の2要因分散分析を行った結果、照合条件の主効果 [$F_{(1,24)}=11.39, p<.01$]、照合条件×語条件の交互作用 [$F_{(1,24)}=10.6, p<.01$] が有意であり、語条件の主効果は有意ではなかった [$F_{(1,24)}=.45, p<.5$]。NO反応については、刺激条件別に語条件×照合条件の2要因分散分析を行ったが、各主効果、各交互作用ともにいずれも有意ではなかった。予想されたように、YES反応については部分照合が全体照合より大変速かった。この結果は、非単語のときには文字単位の処理のみが行われるという仮定を支持するものである。

NO反応については、1文字だけが異なる刺激が提示されたときには、被験者は異なる反応をした。全体照合では1異刺激のときは2異刺激のときより速く、部分照合では1異刺激と1・2異刺激の有意差はなかった。一方、YES反応については、第1文字が一致していることが分かった後でも、第2刺激を確認しているように思われる。そのため、形状も発音も違う統制条件では、全同刺激と2異刺激の間の差は、類似条件と同音条件の場合より大きい。しかしながら、刺激条件による差は実験1より小さい。これは、実験1では第1文字に対する同反応が、第2文字と単語全体の情報によって影響されるが、実験2では第2文字の情報によってのみ影響されるためと考えられる。NO反応については、統制条件と同音条件の差は有意ではなかった。しかしながら、類似条件の場合は、その他の条件より遅い反応時間が得られた。これは、非単語の照合には、音韻情報は影響しないが、形状特徴は影響することを示している。このように、単語と非単語の処理には明らかな違いがあり、それは単語の場合には、単語単位の処理があり、単語中の文字が並列処理されるが、非単語の場合にはそのような処理が存在しない為と考えられる。

3.3 実験3

実験3では、漢字とアルファベット文字の中間的存在の仮名を使って、単語優先効果を調べた。

1) 被験者

実験1、2を行った25名(男性12名、女性13名)。

2) 実験装置

A T R タキストスコープ

3) 実験手続き

実験手続きは、凝視点が4個提示されることを除いて実験1、2と同様である。被験者には全刺激が4文字の平仮名单語と非単語であることと、単語、非単語はブロック化されおり、どちらのタイプであるかをあらかじめ知らされる。

4) 提示刺激

平仮名4文字の単語、非単語各々80対、160個を用いた。単語刺激は語彙判断課題を用い5名の被験者について行った予備実験の反応時間、誤答を考慮して選定した。非単語は、ノンセンスシラブル新基準表²⁷⁾より連想価が0~50の2文字の無意味綴りを2個組み合わせで作成した。

YES反応の全体照合では、4文字全てが同じ全同条件を20試行、部分照合では全同条件、1文字目だけが同じで他の3文字は異なる1同条件各10試行、NO反応の全体照合では1文字目だけが異なる1異条件、3文字目だけが異なる3異条件各10試行、部分照合では1異条件、1文字目と3文字目が異なる1・3異条件各10試行を行う。

単語、非単語ともに、全同条件、1異条件に関しては、実験1、2と同様に次のような操作によって、反復提示することなく、照合条件間で同一の刺激を用いて比較した。すなわち、全同条件の刺激30対を3グループに分け、うち2つを全体照合条件に1つを部分照合条件に割り当てる。1異条件は刺激20対を2グループに分け、一方を全体照合条件に、他方を部分照合条件に割り当てる。割り当て方は被験者間でバランスを取り、同一刺激が各刺激条件でほぼ同じ頻度で出現するようにした。

5) 結果と考察

まず、単語について分析する。3s dから逸脱する反応時間のデータを削除した。削除されたものは全データの約2%であった。

まず、YES反応は全同条件について、NO反応は1異条件について分析を行った。YES反応の照合条件について見ると、部分照合の方が31ミリ秒速かったが、この差は有意ではなかった [$F_{(1,24)}=1.21, p<.3$]。NO反応の照合条件については、差はほとんど見られなかった [$F_{(1,24)}=.15, p<.7$]。

次に、非単語についても同様の分析を行った。YES反応については、部分照合の方が158ミリ秒速く、有意な差が見られた [$F_{(1,24)}=49.97, p<.001$]。NO反応についても、部分照合の方が40ミリ秒速く、差は有意であった [$F_{(1,24)}=5.1, p<.03$]。

さらに、単語と非単語とを比べるために語条件×照合条件の2要因分散分析を行った。YES反応では、語条件の主効果、照合条件の主効果、語条件×照合条件の交互作用の全てが有意であった [$F_{(1,24)}=4.86, p<.04, F_{(1,24)}=23.24, p<.001, F_{(1,24)}=23.44, p<.001, respectively$]。NO反応では、いずれも有意ではなかった。

このように、漢字単語と平仮名单語の結果は類似している。たとえば、YES反応において、全体照合と部分照合の差は統計的に有意ではなかった。すなわち、単語優先効果を見出すことはできなかった。非単語に関しては、部分照合が全体照合よりかなり速かった。部分照合の全同条件と1同条件を比べると、単語の場合には有意差があるが、非単語の場合には差がなかった。これは、単語の場合には、第2文字以降の情報が反応に影響しているが、非単語の場合には、被験者は第1文字だけに基づいて反応していることを示している。NO反応に対するこの結果は実験1、2と一致する傾向である。

日本語においては、この実験で用いたような名詞は、通常漢字で書かれる。従って、平仮名で書かれた単語の使用頻度は低い。しかしながら、YES反応における単語と非単語の差は、視覚的には変らないにもかかわらず、仮名单語が非単語と異なる処理がされることを示している。

3.4 考察

最初に述べたように、単語優先効果を詳細に調べる為に、4つの新しい方法を用いた。第1は、アルファベット文字の代りに漢字や平仮名を用いたこと、第2は、継時的に提示される2つの刺激の類似度を定量的に統制したこ

と、第3に、継時的に提示される2つの刺激の読みを統制したこと、第4は、1つのセッションの中で、全体照合と部分照合をランダムに行わせたことである。

第1と第4の方法を使った結果として、漢字でも平仮名でも単語優先効果はないことがわかった。単語優先効果は、おそらくアルファベット文字のような最小単位の処理と比較したときにのみ見出せる現象であると考えられる。実験1、2の結果から、漢字単語と漢字非単語の全体照合を比べてみると、単語優位性がみとめられる。すなわち、漢字単語は漢字非単語より81ミリ秒速く処理される。漢字非単語の場合には、部分照合でも全体照合でも文字単位の処理が行われることから、部分照合の方が75ミリ秒速い。一方、漢字単語の場合には、部分照合が全体照合より27ミリ秒速いだけであり、この差は統計的に有意ではない。実験3の結果も、仮名单語が仮名非単語より速く処理される同様な結果であった。これらの結果は、単語中の文字が並列処理される為と考えられる。しかしながら、注意は第1文字に向きがちである²⁸⁾。従って、もし第1文字と第2文字の処理が同時に始まるならば、第1文字の処理は第2文字の処理より先に終るために、全体照合と部分照合に多少の差が生じたと考えられる。

第2と第3の方法を使った結果として、形状類似性は単語と非単語両方に影響し、音韻は単語だけに影響した。加えて、単語は非単語に比した優位性を示した。従って、刺激が単語のときは、その反応には形状、音韻、意味的符号化処理が関わっており、非単語のときには形状符号化処理のみが関わっていると考えられる。

Johnson²²⁾は、視覚情報処理のパターンユニットモデルを提案している。その基本的仮定というのは、小さな視覚パターンが提示されたとき、被験者はまずパターン全体を符号化し、その後構成要素の符号化が起こるというものである。そこで、全体符号化は、それに先立つ構成要素の符号化によって起こるのではない。このモデルに従えば、単語レベルの反応は常に文字レベルの反応より速いと予測される。明らかに、この予測はここでの実験結果と一致しない。

一方、符号化処理が特徴レベル、文字レベル、単語レベル同時に起こると

いうモデルもある。このモデルはレースモデルと呼ばれ²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾、最初に処理が終る符号化レベルが反応を決定すると仮定する。Healy & Drewnowski³⁰⁾のモデルは、構成要素の処理がそれより大きい単位の処理と並列に行われると仮定する。このモデルの仮定は、単語が同定されれば、その構成要素が同定されなくても、次の処理に移ってしまうというものである。英語では、通常単語レベルの処理が文字レベルの処理の前に終わってしまう。しかしながら、漢字単語や仮名单語の場合には、単語レベルと文字レベルの処理はほぼ同時に終ると仮定される。Chambers & Forster³¹⁾は、反応に十分な情報を与えるレベルが最初に終ると主張した。全体照合と部分照合が別のセッションで行われると、反応に十分な情報を与えるレベルがそれぞれのセッションで変わる。これが、被験者が全体照合では単語レベルに基づいて、部分照合では第1文字に基づいて反応する理由である。しかしながら、ここではブザーによって照合の種類を知らせるので、それまでは被験者は両方の文字を注意深くみなければならない。従って、第1刺激は常に刺激全体に注意を向けることになり、実験結果は実験手法上の問題によるものではない。

図2. 8の単語認識過程モデルの概形処理は、レースモデルに一致している。すなわち、単語形状知識と漢字形状知識が並列に概形処理に関わっている。従って、例えば単語中の文字の照合が非単語の場合より速いのは、単語形状知識による概形処理の促進効果と考えられる。また、単語優先効果が得られないのは、単語形状知識があくまでおおまかな形状情報であり、その限界から通常単語単位の処理だけでは判断できないことに起因すると考えられる。

4. 視覚探索

我々が同時に多くの視覚情報に注意を払うことができないことは、経験的に明らかである。また、人間がわずかの視覚情報しか1度に取り込むことができないことは、2. で示したような短時間提示実験によって簡単に調べることができる。そのような視覚情報処理の限界から、探索による視覚情報抽出の必要性が生ずる。人間は視覚探索によって、多くの異なった情報を抽出できる。従って、効率的な視覚探索の特性を調べることは、視覚情報処理研究の基本的問題である。

視覚探索実験では、被験者に背景刺激から特定の目標刺激を検出させる。結果は目標刺激と背景刺激の関係に依存する。ある場合には、背景刺激の数にほとんど影響を受けず、直接目標刺激に注意が向くことがある。一方、目標刺激が見つかるまで、順々に背景刺激に注意を向けなければならない場合もある。このような視覚探索特性を説明するために、特徴統合化理論 (Feature Integration Theory)³²⁾ が提案されている。すなわち、特徴統合化理論は並列探索と継時探索の2段階の探索過程を主張する。

文字探索の研究としては、Neisser & Beller³³⁾によるアルファベット文字の探索実験がある。彼等は、背景文字が曲線的な文字である場合と直線からなる文字である場合にZあるいはQを探すときに要する時間を測定した。背景文字が曲線的な文字である場合にZを探す方がQを探すより速く、背景文字が直線からなる文字である場合には逆になる。すなわち、探索文字と共通の特徴を多くもった文字を否定する方が、共通の特徴をまったくもっていないか、ごくわずかしかもっていない文字を否定するよりも時間がかかることを意味している。このように、文字探索特性の場合でも探索文字の属性と背景文字の属性との関係で決定される。従って、文字探索特性を詳細に調べる為には様々な条件で調べていく必要がある。その為、多くの字種を持つ漢字を用いた実験が考えられる。

ここでは、あらかじめ指定した漢字(列)を探索させる心理実験を行ない、正答率と反応時間の結果から人間の漢字探索特性について分析し、効率的な視覚探索単位について検討する。

4. 1 実験方法

1) 被験者

被験者は、両眼視力1.0以上（矯正を含む）を有する成人男女10名（男性5名、女性5名）とした。被験者とディスプレイ画面とは114cm離し、あご台で顔面を固定した。被験者には、ターゲット刺激の有無を速く、正確に反応するように指示した。1文字の大きさは視角約 0.8° 、背景文字列は視角約 $5.7^\circ \times 8.5^\circ$ で提示した。

2) 実験装置

A T R タキストスコープ²³⁾

3) 提示刺激

探索条件は表4.1に示すような5条件である。第1刺激とするターゲット刺激は各条件20種類用い、それぞれのターゲット刺激に対応する形状類似刺激を用意した。第2刺激とする背景文字列には、表4.2に示すように、文章、無意味文字列、一文字の3条件がある。文章と無意味文字列は、50文字の20種類からなる。ターゲット刺激はランダムな位置に埋め込むので、文章の場合でも文脈に合致しない。1文字条件は、すべて同じ文字を提示する条件であり、様々な方向の線分を持つ漢字として“永”を用いた。単独条件で“開”を探索させる場合の第2刺激の例を表4.2に示した。

4) 実験手続き

1試行中には、第1刺激としてターゲット刺激を2秒間提示し、1秒間の提示時間間隔をおいて、第2刺激の背景文字列を最大10秒間提示する。背景文字列提示後、被験者はターゲット刺激の有無について二者択一の反応をする。背景文字列は、反応があり次第ディスプレイから消去される。

1セッションで、練習試行20回の後、200試行を行った。200試行の中で、20ターゲット刺激 \times 5類似文字数(0-4) \times ターゲット刺激の有無の組み合わせがランダムな順序で提示される。セッションは5探索条件 \times 3背景文字列の15種類に分けられるが、被験者毎にその実験順序を変えた。不正解であった試行については、セッションの最後にもう一度反応時間を取り直した。以下の反応時間は、正答時のみの反応時間である。

4.2 実験結果

1) 探索文字(列)条件や背景文字列による違い

すべての試行に対する平均反応時間と正答率を図4.1に示す。類似文字混入の効果は3)で分析するので、ここではまず類似文字を提示しなかった試行に関する分析を行う。類似漢字を提示しない試行に対する結果の分散分析によれば、背景文字列によらず、正答率に有意差がなく、平均反応時間に有意差($P < 0.01$)が認められた。類似漢字を提示しない試行に対する平均反応時間は図4.2に示す。更に、TUKEYの検定を行ったところ、負反応の場合に単独条件とその他の条件の間で、正反応の場合に単語1条件、非単語1条件それぞれと単独条件の間で有意差が認められた。更に、背景文字列が無意味文字列と1文字に限り、負反応の場合に単語1条件と非単語1条件、単語2条件と非単語2条件の間で有意差が認められた。この結果から、単独の時に最も反応時間が遅く、無意味文字列のとき非単語に比べ単語の反応時間が速くなることが分かった。正答率は、単独の時に最も低く、非単語に比べ単語のときに低くなることが分かった。

この結果をまとめると、(i)単独文字を探索することより、文字列を探索する方が容易である、(ii)非単語に比べた単語の優位性は少ないが、背景文字列が無意味文字列のとき、非単語より単語の正答率が低く、反応時間が速いことが分かった。

背景文字列の違いに関しては、すべての被験者の平均値において、無意味文字列より文章の方がやや反応時間が短かった。1文字"永"の場合には、その半分ほどの反応時間が得られ、文章や無意味文字列との明らかな違いがみられた。

2) ターゲット刺激の位置による違い

図4.3は、左上(1)から右下(50)へターゲット刺激の位置番号を付し、文章と1文字"永"中で単独条件の探索における10人の被験者の平均反応時間を示した。図4.3から明らかなように、文章中で単独条件の探索の場合に、上から下、左から右へいくにしたがって反応時間が長くなる、すなわち上から下へ、左から右へシリアルな探索をしていることが分かった。その傾向は、無意味文字列に比べ文章のほうが顕著であった。ところが、1

文字“永”で単独条件の探索の場合はほぼ一定であった。これは被験者が一瞬にして永以外の文字の位置がわかり、シリアルな探索を必要としないので、このような結果が得られたものと考えられる。

単独条件の回帰分析によれば、1文字当り46ミリ秒処理に要したことになる。単語の場合には2文字照合するのだから、シリアルな照合処理ならば処理時間が倍かかるはずである。ところが、単語2条件の回帰分析では1単語当り56ミリ秒（1文字当り28ミリ秒）となり、1文字当りの処理時間がかかなり異なることが分かった。この差が単独文字と単語の平均反応時間差の主な原因であると考えられる。

3) 類似文字の個数による違い

文章を背景とする単独条件の場合、類似文字の個数による反応時間を図4.4に示す。各条件における反応時間には有意差があった($P < 0.01$)。正答率には、有意差はなかった。10人の被験者の平均値から、類似文字の個数に比例して反応時間が長くなることが分かった。すなわち、図4.4の負反応の傾きから1類似文字当り196ミリ秒ずつ長くなり、正反応の場合は平均すると類似文字の半数を探索したときにターゲットが探索できるので、傾きが約半分となったと考えられる。

位置による反応時間の変化から予測される1文字当りの処理（この処理は、高速であるがおおまかな特徴抽出に基づくので、概形処理と名付ける）に必要な時間に比べ、類似文字の処理時間（図4.4の負反応の傾きから、1類似文字当り約200ミリ秒と推定される）がかかなり長いことが分かる。従って、類似文字識別には概形処理とは別の詳細な特徴抽出が必要であったと考えられる。ここではそれを詳細処理と名付ける。

4.3 考察

文字探索実験で得られた反応時間の分析結果を基に、文字探索過程のモデルを検討する。このモデルは、2.で提案した単語認識過程モデルとSmith³⁾のシリアルモデルを基本としている。Smithのシリアルモデルによれば、反応時間は4つの段階、すなわち前処理、同定、反応選択、反応実行に分解できるが、本実験で得られた類似文字混入による反応時間の変動は同定段階

が2段階処理、すなわち概形処理と詳細処理に分割できることを示唆するものである。この分割は、これまでに提案された視覚探索の2段階モデル³⁵⁾³⁶⁾と共通する点が多く参考にできる。例えば、有効視野の大きさに関連したPrinzら³⁵⁾のモデルによれば、注視点の各停留におけるターゲットの探索は2つのメカニズム(自動検出(automatic detection)と制御探索(controlled search))によって同時に行われる。このうちの制御探索は停留点のまわりの狭い範囲に限られており、項目同定などのより深い分析をシリアルに行う。一方、自動検出はより広い範囲で作用し、特徴抽出などの浅い分析をパラレルに行う。文字配列の走査においてターゲットは最初に自動検出の有効範囲に入るが、そこで検出されなかった場合でも、制御探索の有効範囲内で検出される可能性がある。自動検出は概形処理、制御探索は詳細処理に対応させることができる。

以上のような点を踏まえて、図4.5のようなモデルを仮定する。反応時間はこれらの処理の総和として以下の式で与えられるものとする。

$$\text{反応時間} = T_a + T_b * N_b + T_c * N_c + T_d + T_e$$

N_b : 概形処理する文字数

N_c : 詳細処理する文字数

T_a : 前処理(焦点合わせ等)

T_b : 概形処理

T_c : 詳細処理

T_d : 正解無しの確認処理

T_e : 反応選択・実行

確認処理とは、正解が無い試行における付加的処理で、1回の探索では正解が見つからなかった時の再度の探索過程と仮定する。このように仮定した確認処理は、被験者の内観報告と一致し、正解の有無による反応時間の違いをうまく説明することができる。

図4.3と図4.4に示した、位置と類似文字数による反応時間差から、各段階の処理時間を表4.3のように推定することができる。但し、位置による反応時間差から得られた傾き、すなわち1文字当りの処理時間には、類似文字に対する詳細処理時間も含まれているので、表4.3の概形処理時間

と一致しない。表 4. 3 から、詳細処理には、単独よりも単語の方が処理時間を要するが、単語の場合には概形処理が高速にできる為に反応時間が速くなったと分析することができる。単語 2 の場合の概形処理時間は単独の場合の約 $1/2$ であり、このような単語の場合の高速処理は、概形処理で 2 文字を並列処理するためと考えられる。

5. 文章校正

ここでは、ターゲット刺激をあらかじめ指定しない場合の視覚探索特性を調べる。すなわち、文章中から誤字を探索する校正課題(Proofreading)である。校正読みの際、何度読返しても誤字を見逃してしまうことはよく経験する。これは、視覚的に入力された形状情報と文脈からトップダウン的に予測される意味情報との照合処理の結果起こる非常に興味深い現象である。

実験1では、文中のターゲットの位置と、正字と誤字の類似性という2つについて分析した。また実験2では誤字探索に効率的な処理単位を調べるため提示単位と提示時間という2つの変数を加えた。さらに実験3では誤字検出と文章理解の関係を調べるために理解テストを加えて実験を行った。

5. 1 実験1

1) 被験者

12名(男性6名、女性6名)。全員が視力正常(矯正を含む)。

2) 装置

A T R タキストスコープ²³⁾

3) 刺激

正字と誤字のターゲット文字対を240対、そのターゲット文字対の正字を含む30文字から40文字の日本語単文を240文作成した。誤字有条件では、文中の正字が誤字に置き代わる。また、1文中にターゲット文字(対)の重複はない。ターゲット文字対は2文字以上の漢字熟語中の1文字(正字)とその対となる誤字で、誤字には正字と類似した類似誤字と類似していない非類似誤字がある。類似誤字は、類似性の指標として外郭方向寄与度特徴を用い、常用漢字1,945文字と平仮名75文字の全組合せの内、上位300位に入る漢字対の中から選んだ²⁵⁾(例:1位は徴-徴、2位は綱-綱)。非類似誤字は、上記の指標による類似文字上位10文字の中に入らず、かつ画数が±1の漢字対を用いた。画数を揃えたのは、複雑さの要因と概形の類似性の要因が交絡するのを避けるためである。

4) 手続き

独立変数は、誤字の類似性と誤字の位置で、誤字検出の正答率と反応時間

を指標とする。

教示と練習試行40回の後、本試行を行った。教示では出来るだけ速く誤字を見つけて反応するように強調した。1試行でディスプレイに提示されるのは凝視野と刺激文である。まず30個から40個の点からなる凝視野が1秒間提示される。凝視野の点の数は刺激文の文字数と一致しており、次に1個の点が1文字に置き代わって刺激文が提示される。刺激文の例を図5.1に示す。被験者は、刺激文中に誤字があれば、できるだけ速く右手でボタンを押し、誤字がなければ、ないと判断した時点で左手でボタンを押しように求められる。被験者の反応と同時にブザーが1回鳴って刺激文が消える。ただし誤字があるのに誤字無しと反応した場合（未検出）には、ブザーは2回鳴る。被験者は誤字有りとして反応した場合には、次に検出した誤字を用紙に記入する。記入後被験者がボタンを押しことによって次の試行が始まる。全240試行のうち半数は誤字有り試行、半数は誤字無し試行でランダムに出現する。全ての試行が終了した後、類似誤字については、正字と誤字の対を選択肢として、正しい単語を選ばせる調査を行い、刺激の妥当性をチェックする。

5) 結果と考察

まず、誤字検出率について分析した。誤字有試行において、誤字有りとして反応し、かつ誤字または正字、あるいはその読み等が用紙に正しく記入されている場合を正答とした。図5.2に示すように、類似誤字検出率は61.0%、非類似誤字検出率は92.2%であり、この差は有意であった [$F_{(1,22)}=101.42, p<.001$]。また、類似性×誤字位置の2要因分散分析を行った結果、類似性の主効果、誤字位置の主効果、類似性と誤字位置の交互作用のいずれも有意であった [$F_{(1,547)}=171.22, p<.001; F_{(32,547)}=2.01, p<.001; F_{(25,547)}=1.69, p<.05, respectively$]。

次に、正答について文章提示から誤字検出までの反応時間を分析した。図5.3に示すように、類似誤字検出の平均反応時間は3,337ミリ秒、非類似誤字検出の平均反応時間は3,698ミリ秒であり、類似誤字検出の方が361ミリ秒速かったが、この差は有意ではなかった [$F_{(1,11)}=3.64, p<.08$]。さらに、類似性×誤字位置の2要因分散分析を行った結果、位置の主効果、類似性と位置の交互作用が有意であった [$F_{(32,294)}=5.89, p<.001; F_{(25,159)}=1.99, p$

く.01, respectively]。

図5.4に示した誤字位置と反応時間の関係を見ると、類似誤字条件では0.79、非類似誤字条件では0.74と比較的高い相関が得られ、誤字が文章の後半に位置する方が反応時間が長くなる傾向が見られる。さらに、反応時間の比較的長い被験者群（5名）と短い被験者群（7名）の2群に分けて傾向を調べた。2被験者群に分ける基準は、非類似誤字に対する平均反応時間が3500ミリ秒以上の被験者と3500ミリ秒以下の被験者とした。その結果、反応の速い被験者群では、類似条件で0.79、非類似条件で0.87という更に高い相関を示したのに対して、反応の遅い被験者群では、類似条件で0.69、非類似条件で0.44の相関係数となり、特に非類似条件では相関がかなり低くなった。2グループの誤字検出率は、ほとんど差がない。しかしながら、反応時間には図5.3に示すように大きな相違が見られる。反応の速い被験者群では、類似誤字条件で2844ミリ秒、非類似誤字条件で2882ミリ秒とあまり変わらないのに対して、反応の遅い被験者群では、類似誤字条件で4021ミリ秒、非類似誤字条件で4895ミリ秒と大きな差がある。

このことから、被験者群毎に異なった2種類の探索戦略が存在すると考えられる。すなわち、反応の速い被験者は、1)文頭からシリアルに誤字を探索していき、2)反応時間は誤字の類似性に依存しないが、反応の遅い被験者は、1)探索順が一定ではなく、2)反応時間は誤字の類似性に依存することがわかった。おそらく、反応の遅い被験者は、文章の構文や内容を理解しないで誤字を検出しようとしていると推定される。そこで、探索順序が定まらず、誤字候補を見つけたときにも非類似誤字の場合にはどのような単位で照合して検証すればよいのか分からない為に反応時間が遅くなると考えられる。

このように、効率的な誤字検出には、視覚的処理単位や内容理解度が影響を与えると考えられる。従って、実験2、3ではこれらの点を明らかにする。

5.2 実験2

1) 被験者

24名（男性8名、女性16名）。全員視力正常（矯正を含む）

2) 装置

実験 1 と同じ。

3) 刺激

実験 1 と同じ。

4) 手続き

独立変数は、提示単位（文章全体、文節、単語、1文字）、1文字あたりの提示時間（400ミリ秒、250ミリ秒、100ミリ秒）、指標は実験 1 と同様である。

手続きの概要は実験 1 と同様である。ただし、実験 2 では、刺激文の提示単位（文章全体、文節、単語、1文字）と1文字あたりの提示時間（400ミリ秒、250ミリ秒、100ミリ秒／1文字）がランダムに変化する。各試行、いずれかの単位がいずれかの提示時間で文頭から順次入れ替わりながら提示され、被験者の反応と同時に消える。従って、実験 1 に比べると文頭から探索することが強く求められるような手続きとなっている。図 5. 5 に、提示単位の違いを例示した。

5) 結果と考察

実験 1 と同様、まず誤字検出の正答率について分析した。誤字有試行において、誤字有りと反応し、かつ誤字または正字、あるいはその読み等が用紙に正しく記入されている場合を正答とした。図 5. 6 に類似誤字条件、図 5. 7 に非類似誤字条件の結果を示す。被験者ごとの平均正答率を用いて、類似性（類似／非類似）×提示単位（文章／文節／単語／1文字）×提示時間（100ミリ秒／250ミリ秒／400ミリ秒）の 3 要因分散分析を行った。その結果、類似性の主効果、提示単位の主効果、提示時間の主効果、提示単位と提示時間の交互作用がそれぞれ有意であった [$F_{(1,552)}=161.98, p<.001$; $F_{(3,552)}=23.93, p<.001$; $F_{(2,552)}=85.61, p<.001$; $F_{(6,552)}=9.90, p<.001, respectively$]。さらに、Tukeyの対検定を行った結果、提示単位については、1文字と他の 3 つの単位の差、単語と文章全体の差がそれぞれ有意であった。また、提示時間については、3 水準間がそれぞれ有意であった。

類似条件に関して、提示単位×提示時間の 2 要因分散分析を行った。その結果、提示単位の主効果、提示時間の主効果、提示単位と提示時間の交互作用のすべてが有意であった [$F_{(3,276)}=10.96, p<.001$; $F_{(2,276)}=43.80, p<.001$]

1; $F_{(6, 276)} = 5.02, p < .001, \text{respectively}$]。Tukeyの対検定の結果、提示単位については、1文字と文節、文章全体の差、単語と文章全体の差がそれぞれ有意であり、提示時間については3水準間がそれぞれ有意であった。

類似条件では、提示時間が1文字あたり100ミリ秒と非常に短い場合には、文章全体を単位として提示したときもっとも正答率が高いが、250ミリ秒では文章全体、文節、単語で差がなくなり、400ミリ秒になると、文節では77.5%、単語で75.8%、文章全体が69.2%と、文節、単語を単位としたときの方が文章全体を単位としたときよりも正答率が高くなる傾向が見られる。

非類似条件に関して、提示単位×提示時間の2要因分散分析を行った結果、提示単位の主効果、提示時間の主効果、提示単位と提示時間の交互作用すべてが有意であった [$F_{(3, 276)} = 13.83, p < .001$; $F_{(2, 276)} = 43.07, p < .001$; $F_{(6, 276)} = 5.87, p < .001, \text{respectively}$]。Tukeyの対検定の結果、提示単位については、1文字と他の3水準、単語と文章全体の差が有意であった。提示時間については、100ミリ秒と他の2水準の差が有意であった。非類似条件においても、提示時間が1文字あたり100ミリ秒の場合には、文章全体を単位として提示したとき他の3水準に比べて正答率が高くなっているが、250ミリ秒、400ミリ秒では4水準間で差がなくなっている。類似条件のときのように、文節、単語の方が文章全体よりも正答率が高くなる傾向が見られないのは、全体に正答率が非常に高いことによる天井現象であると思われる。

次に反応時間について分析を行った。反応時間は、誤字を含む提示単位が表示されてから被験者が反応するまでとした。従って、図5.5で微を徴という誤字に置き換えた刺激を用いた場合、文章では最初から、文節では”徴熱が”が表示されてから測定を開始することになる。すなわち、ターゲット位置によって測定開始時間が異なる。図5.8に類似誤字条件、図5.9に非類似誤字条件の結果を示す。正答について被験者ごとの平均反応時間を用いて、類似性(類似/非類似)×提示単位(文章/文節/単語/1文字)×提示時間(100ミリ秒, 250ミリ秒, 400ミリ秒)の3要因分散分析を行った結果、提示単位の主効果と提示時間の主効果がそれぞれ有意であった [$F_{(2, 522)} = 7.75, p < .001$; $F_{(3, 522)} = 31.78, p < .001, \text{respectively}$]。Tukeyの対検定を行った結果、提示単位については、文章全体と他の3水準との差が有意であ

り、提示時間に関しては、400ミリ秒と他の2水準の差が有意であった。さらに、類似条件に関して、提示単位×提示時間の2要因分散分析を行った結果、提示単位の主効果のみが有意であり [$F_{(3,255)}=13.55, p<.001$]、Tukeyの対検定の結果、文章全体と他の3水準の差が有意であった。非類似条件についても提示単位×提示時間の2要因分散分析を行った結果、提示単位の主効果、提示時間の主効果の両者とも有意であった [$F_{(3,267)}=21.19, p<.001$; $F_{(2,267)}=9.42, p<.001, respectively$]。Tukeyの対検定の結果、提示単位については文章全体と他の3水準の差が有意であり、提示時間については400ミリ秒と100ミリ秒の差が有意であった。

誤字位置に関しては、非類似誤字の文頭部分以外の場合には、反応時間と比較的高い相関関係が得られ、誤字が文章の後半に位置する方が反応時間が長くなった。

以上の分析結果をまとめると以下のようなになる。

1) 1文字当りの提示時間の短い場合には、提示単位が小さいほど誤字検出率は低くなる。

2) 1文字当りの提示時間が長くなるにつれて、提示単位による誤字検出率の差が少なくなる。その場合でも、完璧な誤字検出は不可能であり、類似誤字の場合は75%前後、非類似誤字の場合は95%前後で限界となると予想される。

3) 最も類似誤字検出率が高いのは、提示時間が長く、しかも文節単位で提示したときである。

4) 文章以外の提示単位毎の反応時間に有意差が無いことから、文節程度の文字数の範囲内であれば、誤字検出の並列処理が行われていると考えられる。

5) 提示時間が長いときには、誤字検出率は高くなるが、反応時間が遅くなるトレードオフが成立つ。

5.3 実験3

1) 被験者

24名（男性12名、女性12名）。全員視力正常（矯正を含む）

2) 装置

実験 1、実験 2 と同じ

3) 刺激

実験 1、実験 2 と同じ

4) 手続き

独立変数は実験 2 と同じである。ただし理解テストの正答率を指標に加える。

刺激文が被験者の反応後も一定時間提示されることを除いて刺激文提示、誤字検出までは、実験 2 と同様である。実験 3 では、誤字検出後、刺激文の理解度を調べる理解テストを行う。即ち、短い問題文が 1 文提示され、その内容が刺激文と一致しているかどうかの判断が求められる。さらに誤字有りとは反応しているときには、その後誤字を記入する。教示では必ず文章を最後まで理解しながら読むことを付け加えた。

5) 結果と考察

実験 1、2 と同様、まず誤字検出率について分析した。誤字有試行において、誤字有りと反応し、かつ誤字または正字、あるいはその読み等が用紙に正しく記入されている場合を正答とした。図 5. 10 に類似誤字条件、図 5. 11 に非類似誤字条件の結果を示す。被験者ごとの平均誤字検出率を用いて、類似性（類似／非類似）×提示単位（文章／文節／単語／1 文字）×提示時間（100 ミリ秒／250 ミリ秒／400 ミリ秒）の 3 要因分散分析を行った。その結果、類似性の主効果、提示単位の主効果、提示時間的主効果、提示単位と提示時間の交互作用がそれぞれ有意であった [$F_{(1, 552)}=176.49, p<.001$; $F_{(3, 552)}=36.71, p<.001$; $F_{(2, 552)}=174.09, p<.001$; $F_{(6, 552)}=16.74, p<.001$, respectively]。さらに、Tukey の対検定を行った結果、提示単位については、1 文字と他の 3 水準、単語と文章全体の差が有意であった。また、提示時間については、3 水準間がそれぞれ有意であった。

類似条件に関して、提示単位×提示時間の 2 要因分散分析を行った。その結果、提示単位の主効果、提示時間的主効果、提示単位と提示時間の交互作用すべてが有意であった [$F_{(3, 276)}=12.54, p<.001$; $F_{(2, 276)}=72.74, p<.001$; $F_{(6, 276)}=4.41, p<.001$, respectively]。Tukey の対検定の結果、提示単位については、1 文字と他の 3 水準間の差が有意であり、提示時間については、

100ミリ秒と他の2水準間がそれぞれ有意であった。非類似条件に関しても同様の分析を行った結果、提示単位の主効果、提示時間の主効果、提示単位と提示時間の交互作用すべてが有意であった [$F_{(3,276)}=28.65, p<.001; F_{(2,276)}=107.94, p<.001; F_{(6,276)}=15.55, p<.001, respectively$]。Tukeyの対検定の結果、提示単位については、1文字と他の3水準間、文章全体と単語、文節間の差が有意であった。提示時間については、100ミリ秒と他の2水準間の差が有意であった。

次に反応時間について分析を行った。図5.12に類似誤字条件、図5.13に非類似誤字条件の結果を示す。正答について被験者ごとの平均反応時間を用いて、類似性(類似/非類似)×提示単位(文章/文節/単語/1文字)×提示時間(100ミリ秒,250ミリ秒,400ミリ秒)の3要因分散分析を行った結果、提示単位の主効果、提示単位と提示時間の交互作用がそれぞれ有意であった [$F_{(2,522)}=71.07, p<.001; F_{(3,522)}=2.32, p<.05, respectively$]。Tukeyの対検定を行った結果、提示単位については、文章全体と他の3水準、単語と1文字の差が有意であった。さらに、類似条件に関して、提示単位×提示時間の2要因分散分析を行った結果、提示単位の主効果のみが有意であり [$F_{(3,255)}=33.62, p<.001$]、提示単位と提示時間の交互作用に傾向が見られた [$F_{(6,253)}=1.98, p<.07$]。Tukeyの対検定の結果、文章全体と他の3水準の差が有意であった。非類似条件について同様の分析を行った結果、提示単位の主効果のみ有意であった [$F_{(3,267)}=39.15, p<.001$]。Tukeyの対検定の結果、提示単位については文章全体と他の3水準、1文字と単語、文節の差が有意であった。

図5.14に類似誤字条件、図5.15に非類似誤字条件の理解テストの結果を示す。理解テストの正答率について、類似性×提示単位×提示時間の3要因分散分析を行った。その結果、提示単位と提示時間の主効果が有意であった [$F_{(3,552)}=2.71, p<.05; F_{(2,552)}=7.87, p<.001, respectively$]。さらに、提示時間についてTukeyの対検定を行った結果、100ミリ秒と他の2水準の差が有意であった。提示単位についての対検定の結果、文節と1文字の差が有意となった。

また、実験3で行った理解テストが誤字検出に及ぼす効果を調べるために、

実験2と実験3の結果を比較した。誤字検出率については、類似条件も非類似条件も、実験2と実験3でほとんど差がなかった。反応時間については、類似条件では差がなかったが、非類似条件では理解テストの有無と提示時間との交互作用が見られた [$F_{(2, 634)} = 3.91, p < .05$]。

以上の分析結果をまとめると以下のようなになる。

1) 実験2と実験3の誤字検出率はほぼ等しい。すなわち、理解テストの有無は誤字検出率に影響しない。誤字校正の場合、ある程度内容の理解は必要であり、実験2においても被験者は刺激文の内容を理解しながら誤字検出を行っていたと考えられる。

2) 反応時間は、提示時間によらず、文章全体や1文字に比べて文節や単語の場合に速くなった。

3) 理解テストは、非類似誤字より類似誤字の場合に正答率が低くなった。

5.4 考察

文章構成に関して3実験を行った。実験1では、正字と誤字の類似度が誤字検出率に影響し、検出時間は誤字位置に依存することを明らかにした。更に、被験者に異なった2種類の探索戦略が存在することを見出した。すなわち、反応の速い被験者は、1) 文頭からシリアルに誤字を探索していき、2) 反応時間は誤字の類似性に依存しないが、反応の遅い被験者は、1) 探索順が一定ではなく、2) 反応時間は誤字の類似性に依存することがわかった。おそらく、反応の遅い被験者は、文章の構文や内容を理解しないで誤字を検出しようとしていると推定される。そこで、探索順序が定まらず、誤字候補を見つけたときにも非類似誤字の場合にはどのような単位で照合して検証すればよいのか分からない為に反応時間が遅くなると考察された。

実験2では、提示単位を変えて誤字検索課題を行った。その結果、以下のことが分かった。

1) 1文字当りの提示時間の短い場合には、提示単位が小さいほど誤字検出率は低くなる。

2) 1文字当りの提示時間が長くなるにつれて、提示単位による誤字検出率の差が少なくなる。

3)最も類似誤字検出率が高いのは、提示時間が長く、しかも文節単位で提示したときである。

4)文章以外の提示単位毎の反応時間に有意差が無いことから、文節程度の文字数の範囲内であれば、誤字検出の並列処理が行われていると考えられる。

5)提示時間が長いときには、誤字検出率は高くなるが、反応時間が遅くなるトレードオフが成立つ。

実験3では、文章理解度を合せて測定した。その結果、以下のことが分かった。

1)実験2と実験3の誤字検出率はほぼ等しい。すなわち、理解テストの有無は誤字検出率に影響しない。誤字校正の場合、ある程度内容の理解は必要であり、実験2においても被験者は刺激文の内容を理解しながら誤字検出を行っていたと考えられる。

2)反応時間は、提示時間によらず、文章全体や1文字に比べて文節や単語の場合に速くなった。

3)理解テストは、非類似誤字より類似誤字の場合に正答率が低くなった。

ここで得られた実験結果で特に重要と考えられるのは、文章校正における視覚的類似度の影響と、誤字検出率に及ぼす提示単位の影響であると考えられる。実際に文章校正で問題になるのは、類似誤字の検出であろう。ここで得られた結果を基にすれば、文節もしくは単語単位で継時的に十分な時間表示すれば、最も誤字検出率が高くなることになる。このような結果は、今後文章校正支援システムなどの開発に参考となるに違いない。

今後の課題としては、誤字の形態要因以外の音韻や意味的要因が文章校正に及ぼす影響を検討する必要がある。日本語は同音異義語が多く、例えば”剣道”が正しいのに”県道”が書かれていたときの、文章校正過程は大変興味深い。なぜならば、ワープロ等が一般に利用されはじめている現在、そのような同音異義語の校正読み過程は大きな問題点を含んでいると考えられるからである。

6. おわりに

日本語の視覚的処理単位は、英語などに比べると曖昧である。しかしながら、ここで行った多くの実験によって単語認識過程における様々な現象を明らかにすることができた。総合的に考えられるのは、単語という視覚的処理単位は存在するが、それを構成する要素、すなわち漢字などがアルファベット文字に比べて大きいので、特異な現象が起こるものと思われる。

ここで得られた研究成果は、人間の基本的認識機構解明の手がかりになるばかりではなく、マンマシンインターフェースの改善や文字認識機械の開発に役立つものと考えられる。既に、4章で得られた特性を参考にした応用システムを開発し、その有効性を確認している。すなわち、文字単位ではなく文字列を単位とした文書画像検索システムである。このシステムは、文字列を単位とする処理によって、類似文字に対する対策が不要になり、特徴次元の削減も可能になったのである。それに関しては、別の報告を参考にしたい。

日本語の視覚的処理単位の研究は、単位の曖昧さ、文字の多様性などに起因して大変難しく、これまであまり取上げられていなかった。本報告は、幾つかの側面からその特性を明らかにしたが、時間的制約から残している課題も多い。特に、視覚探索や文章校正に関しては、ここでとりあげた形態要因以外の音韻や意味の影響も考えられ、今後の研究が待たれる。

謝 辞

この報告書は、ATRにおいて著者が中心になって進めてきた『文字認知機構の研究』のうち、心理学的研究成果のみをまとめたものである。このような研究の機会を与えていただいたATR視聴覚機構研究所淀川英司社長、梅田三千雄前視覚室長（現、大阪電気通信大学教授）に感謝致します。3章と5章は、下村満子研修研究員の協力の元に得られた研究成果であり、記して感謝致します。また、日頃御討論頂く視聴覚機構研究所の諸氏にも感謝致します。

参考文献

- 1) 横澤, 淀川: "文字・図形の認知", テレビ誌, 40, 4, 244-250, 1986
- 2) 神部: "読みの眼球運動と読みの過程", 国立国語研究所報告 85, 29-66, 1986
- 3) SPOEHR & LEHMKULE: "Visual Information Processing", Freeman and Company, 1982
スプアー・レムクール共著, 芋阪直行訳: "視覚の情報処理", サイエンス社, 1986
- 4) G.M. REICHER: "Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material", J. of Experimental Psychology, 81, 2, 275-280, 1969
- 5) D.D. WHEELER: "Process in word recognition", Cognitive Psychology, 1, 59-85, 1970
- 6) E.E. SMITH & S.E. HAVILAND: "Why words are perceived more accurately than nonwords: inference versus unitization", J. of Experimental Psychology, 92, 1, 59-64, 1972
- 7) J. BARON & I. THURSTON: "An analysis of the word-superiority effect", Cognitive Psychology, 4, 207-228, 1973
- 8) M.C. THOMPSON & D.W. MASSARO: "Visual information and redundancy in reading", J. of Experimental Psychology, 98, 1, 49-54, 1973
- 9) J.J. MEZRICH: "The word superiority effect in brief visual display: Elimination by vocalization", Perception & Psychophysics, 13, 45-48, 1973
- 10) J.C. JOHNSTON & J.L. McCLELLAND: "Visual factors in word perception", Perception & Psychophysics, 14, 2, 365-370, 1973
- 11) J.L. McCLELLAND & D.E. RUMELHART: "An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings", Psychological Review, 88, 5, 375-407, 1981
- 12) D.E. RUMELHART & J.L. McCLELLAND: "An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 2. The contextual enhancement effect and some tests and extension of the model", Psychological Review, 89, 1, 60-94, 1982

- 13) K. R. PAAP, S. L. NEWSOME, J. E. McDONALD & R. W. SCHVANNEVELDT: "An activation-verification model for letter and word recognition : The word-superiority effect", *Psychological Review*, 89, 5, 573-594, 1982
- 14) R. M. GOLDEN: "A developmental neural model of visual word perception", *Cognitive Science*, 10, 241-276, 1986
- 15) T. MIURA: "The word superiority effect in a case of Hiragana letter strings", *Perception & Psychophysics*, 24, 505-508, 1978
- 16) 川口: "漢字知覚における意味的プライミング効果", *心理学研究*, 56, 5, 296-299, 1985
- 17) 大森, 平井, 樋渡: "文字認知過程のプライミング効果による解析", *信学技報*, MBE85-118, 1986
- 18) 日本規格協会: "ドットプリンタ用24ドット字形 X9052", *JISハンドブック情報処理*, 1987
- 19) 国立国語研究所: "現代新聞の漢字", 秀英出版, 1976
- 20) J. A. SLOBODA: "The focus of the word-priority effect in a target-detection task", *Memory & Cognition*, 5, 371-376, 1977
- 21) H. C. MARMUREK: "Whole and part comparisons of words and nonwords", *Memory & Cognition*, 14, 113-123, 1986
- 22) N. F. JOHNSON: "Integration processes in word recognition", In O. J. L. Tzeng. & H. Singer. (Eds.) *Perception of Print: reading research in Experimental Psychology*, Lawrence Erlbaum, 1981
- 23) 横澤, 佐藤, 梅田: "高速ディスプレイを用いた視覚実験システムと漢字識別実験への利用", *信学技報*, MBE87-124, 1988
- 24) 萩田, 内藤, 増田: "外郭方向寄与度特徴による手書き漢字の識別", *信学論*, J66-D, 10, 1185-1192, 1983
- 25) 梅田: "単語辞書を用いた文字認識における文字の確定能力", *信学論*, J72-D-11, 1, 22-31, 1989
- 26) 金田一春彦: "日本語 新版", 岩波新書, 1988
- 27) 林貞子: "ノンセンスシラブル新規準表", 東海大学出版会, 1976
- 28) H. C. MARMUREK: "Attentional holism in visual word processing",

Psychological research, 49, 45-52, 1987

29) A. DREWNOWSKI & A. F. HEALY: "Detection errors on the and and: Evidence for reading units larger than the word", Memory & Cognition, 5, 636-647, 1977

30) A. F. HEALY & A. DREWNOWSKI: "Investigating the boundaries of reading units: Letter detection in misspelled words", Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9, 413-426, 1983

31) S. M. CHAMBERS & K. I. FORSTER: "Evidence for lexical access in a simultaneous matching task", Memory & Cognition, 3, 549-559, 1975

32) A. TREISMAN & A. GELADE: "A feature integration theory of attention", Cognitive Psychology, 12, 97-136, 1980

33) U. NEISSER & H. K. BELLER: "Searching through word lists", British Journal of Psychology, 56, 349-358, 1965

34) E. E. SMITH: "Choice reaction time: An analysis of the major theoretical positions", Psychological Bulletin, Vol. 69, 77-110, 1968

35) W. PRINZ & D. NATTKEMPER: "Effects of secondary tasks on search performance", Psychological Research, 48, 47-51, 1986

36) J. E. HOFFMAN: "A two-stage model of visual search", Perception & Psychophysics, 25, 4, 319-327, 1979

主な発表論文等

[第2章] 関連

1) 横澤, 森, 梅田: "漢字認識過程における文脈効果 - 単語優位効果と単語文字現象 -", TV学会視覚情報研究会, VVI'87-22, 1987

2) K. YOKOSAWA & M. UMEDA: "Processes in human Kanji-word recognition", Proc. of IEEE International Conference on System Man & Cybernetics, 377-380, 1988

3) 横澤: "漢字単語優位効果について", 日本認知科学会「パターン認識と知覚モデル (P & P)」研究分科会発表資料, 1987

4) 横澤, 森, 梅田: "単語形状知識と文脈効果に関する分析", 昭62信学会情シ部門全大, No. 261

[第3章] 関連

5) 下村, 横澤: "漢字単語照合課題における部分と全体の処理時間", 関西心理学会第101回大会, 1989

6) 下村, 横澤: "単語を構成する文字の認知", 基礎心理学会大会発表予定, 1990

7) M. SHIMOMURA & K. YOKOSAWA: "Identification of Kanji and Kana character within Japanese words", ATR Technical Report, TR-A-0064, 1989

[第4章] 関連

8) 横澤: "人間の文字探索特性とそれに基づく文書画像検索", 信学論D-II採録決定済, 1989

9) 横澤: "文書画像中の文字列検索に関する検討", 1989春季信全大, No. D-473

10) 横澤: "文字探索課題における単語優位性", 1989基礎心理学会大会

11) 横澤: "人間の文字探索特性に基づいた文書画像中の文字列探索", 1989秋季信全大, No. D-182

12) K. YOKOSAWA: "Human-based character string image retrieval from textual images", Proc. of the IEEE International Conference on System Man & Cybernetics, 1068-1069, 1989

[第5章] 関連

13) 下村, 横澤: "文字の形態的類似性が文章校正に与える効果", 日本心理学会大会発表予定, 1990

14) K. YOKOSAWA & M. SHIMOMURA: "On the role of stimulus similarity and segmentation in misprint detection", The Second International Conference on Visual Search投稿予定

付録

付録1 単純類似度と外形類似度の定義及び算出法

2つのパターンA, B間の類似度は以下の式を用いて算出する。パターンAの特徴ベクトル $f_{A1}, f_{A2}, \dots, f_{AN}$ とパターンBの特徴ベクトル $f_{B1}, f_{B2}, \dots, f_{BN}$ (Nは特徴ベクトルの次元)とすると、

$$\frac{\sum f_{AK} \cdot f_{BK}}{\sqrt{\sum f_{AK}^2} \cdot \sqrt{\sum f_{BK}^2}}$$

単純類似度とは、2つのパターンの重なり具合を示す尺度である。パターンの黒画素、白画素を特徴ベクトル1, 0として割当て、上式によって算出する(N=576)。

一方、外形類似度は2つのパターンの外形の類似度を示す尺度である。外枠にある各画素から外枠の法線方向に走査し最初の黒画素までの距離を特徴ベクトルとして割当て、上式によって算出する(N=96)。

付録2 外郭方向寄与度特徴(PDC特徴)

図付. 1のように漢字パターンの外側の8投影軸の任意の点から走査しn番目に横切った黒画素(外郭深度nの黒画素)での方向寄与度 d_m 成分($m=1, 2, 3, 4$)を算出する。すなわち、この黒画素から8方向に触手を伸して求まる黒画素連結長 L_i ($i=1, 2, \dots, 8$)を用いて、次式のように方向寄与度の各成分 d_m を求める。

$$d_m = \frac{L_m + L_{m+4}}{\sqrt{\sum (L_j + L_{j+4})^2}}$$

次に、各m成分別に図付. 1のような各投影軸に d_m を投影する。すべての投影軸を16区間に等分割し、各区間の方向寄与度の平均を外郭深度nのPDC特徴とする。この特徴は、各点の方向寄与度を求める場合に内部形状にも触手を伸して黒画素連結長を求めているためにこの分だけ内部形状を反映している。

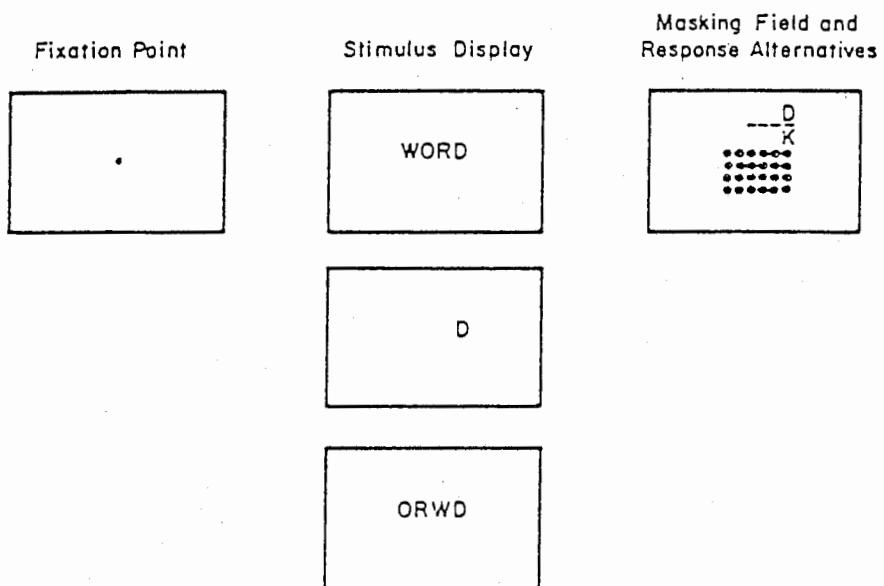


図 2 . 1 Reicher の 実 験 方 法

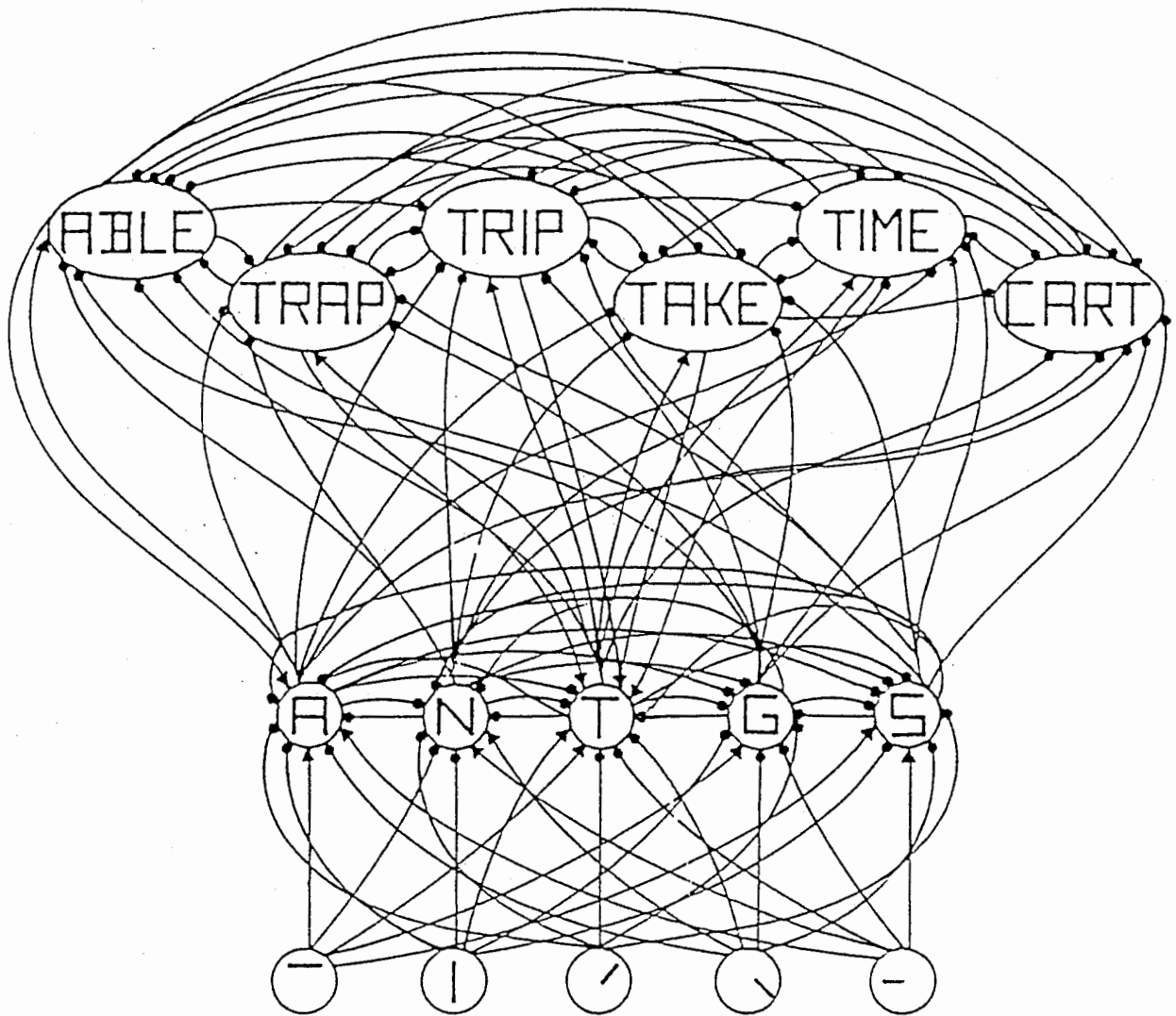


図 2 . 2 相互活性化モデル

表 2. 1 実験に使用した漢字

類似漢字			非類似漢字		
単語	非単語	单独漢字	単語	非単語	单独漢字
開店 - 閉店	開英 - 閉英	開 - 閉	商店 - 支店	商英 - 支英	商 - 支
運休 - 連休	運千 - 連休	運 - 連	定休 - 公休	定千 - 公千	定 - 公
全額 - 金額	全隆 - 金隆	全 - 金	多額 - 差額	多隆 - 差隆	多 - 差
温度 - 湿度	温横 - 湿横	温 - 湿	角度 - 高度	角横 - 高横	角 - 高
苦手 - 若手	苦形 - 若形	苦 - 若	助手 - 空手	助形 - 空形	助 - 空
固体 - 団体	固松 - 团松	固 - 团	物体 - 肉体	物松 - 肉松	物 - 肉
基地 - 墓地	基和 - 墓和	基 - 墓	宅地 - 領地	宅和 - 領和	宅 - 領
著名 - 署名	著貴 - 署貴	著 - 署	有名 - 指名	有貴 - 指貴	有 - 指
退却 - 返却	退森 - 返森	退 - 返	焼却 - 忘却	焼森 - 忘森	焼 - 忘
重心 - 童心	重司 - 童司	重 - 童	安心 - 用心	安司 - 用司	安 - 用
小枝 - 小技	倉枝 - 倉技	枝 - 技	小児 - 小人	倉児 - 倉人	児 - 人
在位 - 在住	片位 - 片住	位 - 住	在来 - 在庫	片来 - 片庫	来 - 庫
出勤 - 出動	北勤 - 北動	勤 - 動	出身 - 出演	北身 - 北演	身 - 演
回教 - 回数	平教 - 平数	教 - 数	回転 - 回覧	平転 - 平覧	転 - 覧
解説 - 解読	赤説 - 赤読	説 - 読	解決 - 解答	赤決 - 赤答	決 - 答
製菓 - 製薬	根菓 - 根薬	菓 - 薬	製品 - 製造	根品 - 根造	品 - 造
硬貨 - 硬質	田貨 - 田質	貨 - 質	硬直 - 硬化	田直 - 田化	直 - 化
短縮 - 短編	子縮 - 子編	縮 - 編	短気 - 短歌	子気 - 子歌	気 - 歌
文字 - 文学	甘字 - 甘学	字 - 学	文明 - 文芸	甘明 - 甘芸	明 - 芸
着眼 - 着服	谷眼 - 谷服	眼 - 服	着目 - 着想	谷目 - 谷想	目 - 想

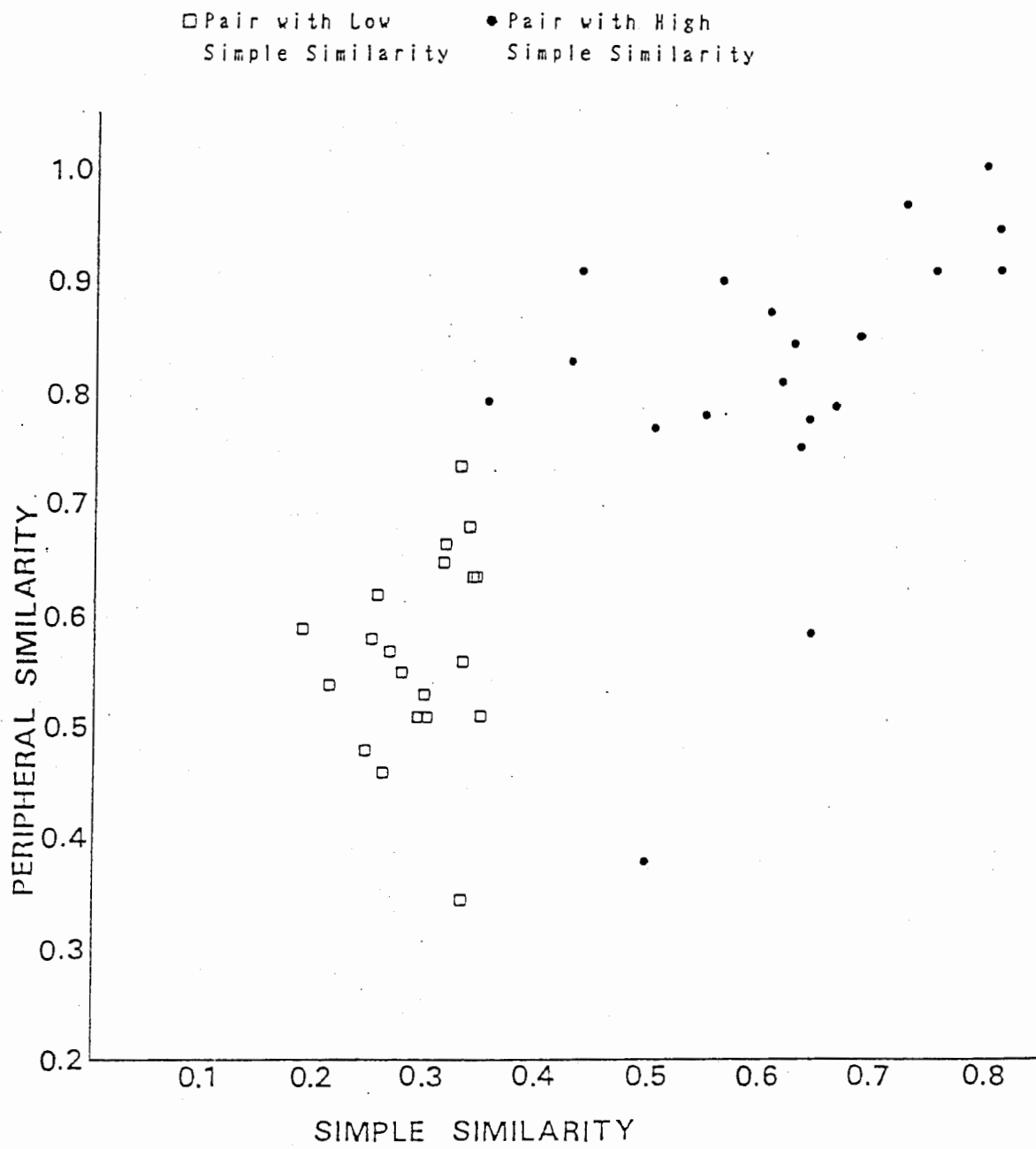


図 2. 3 漢字対の類似度

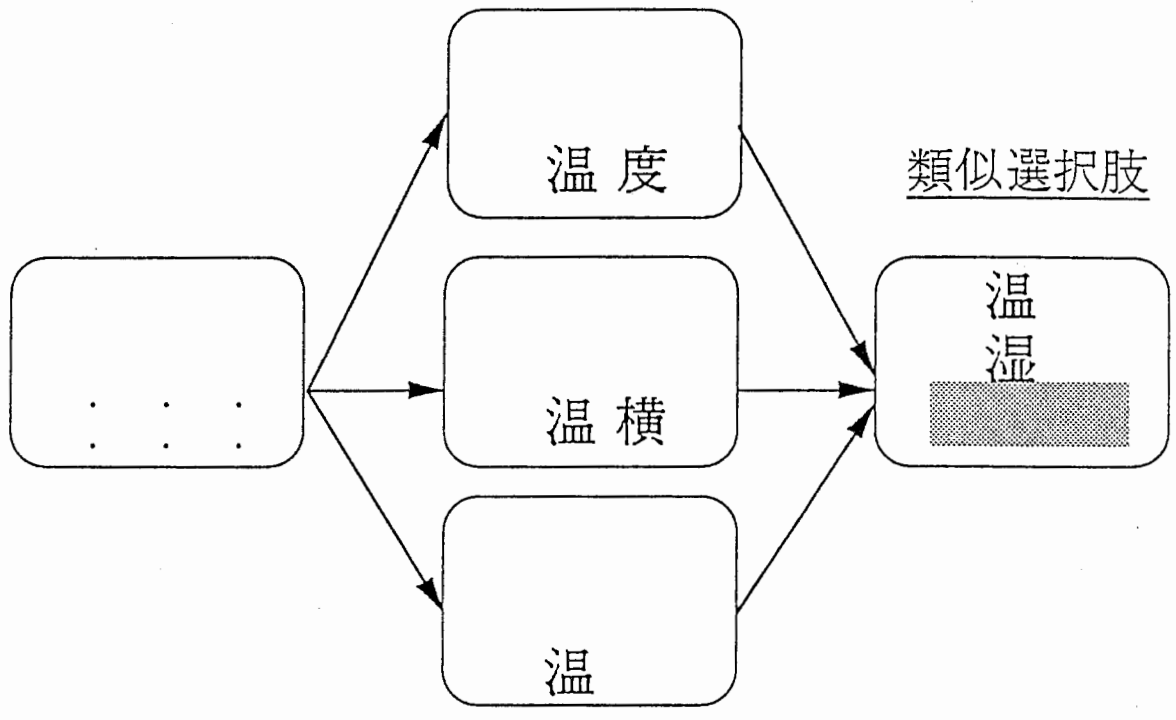
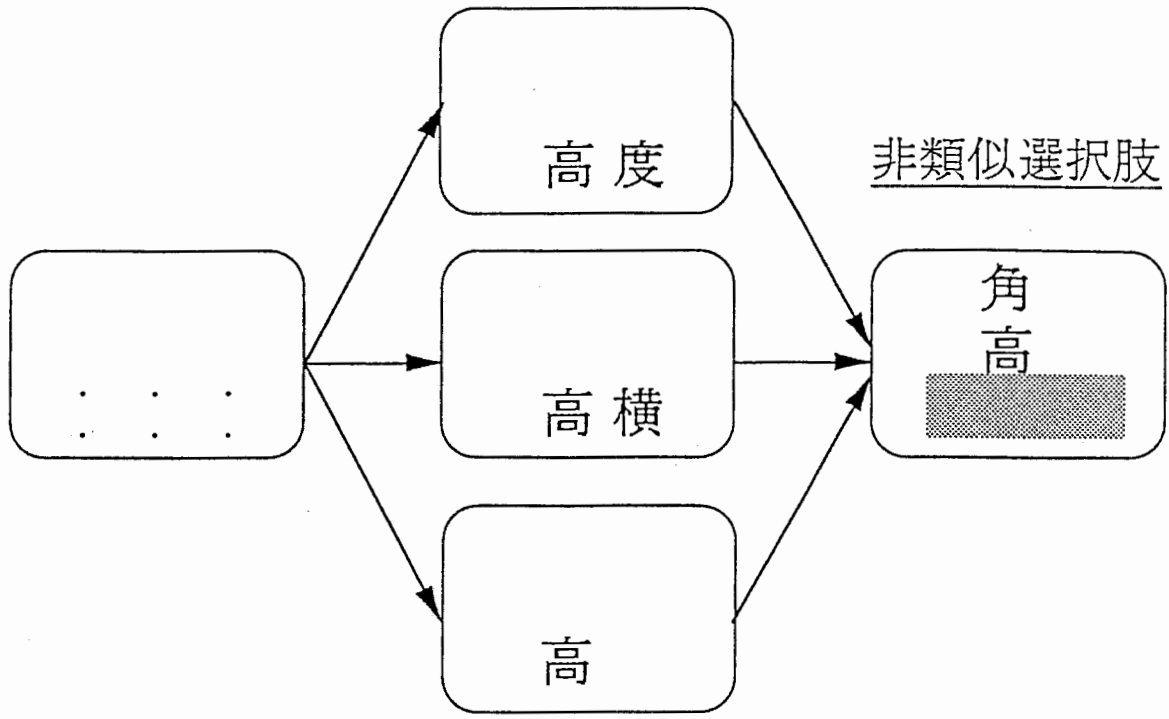


图 2 . 4 刺激提示順序

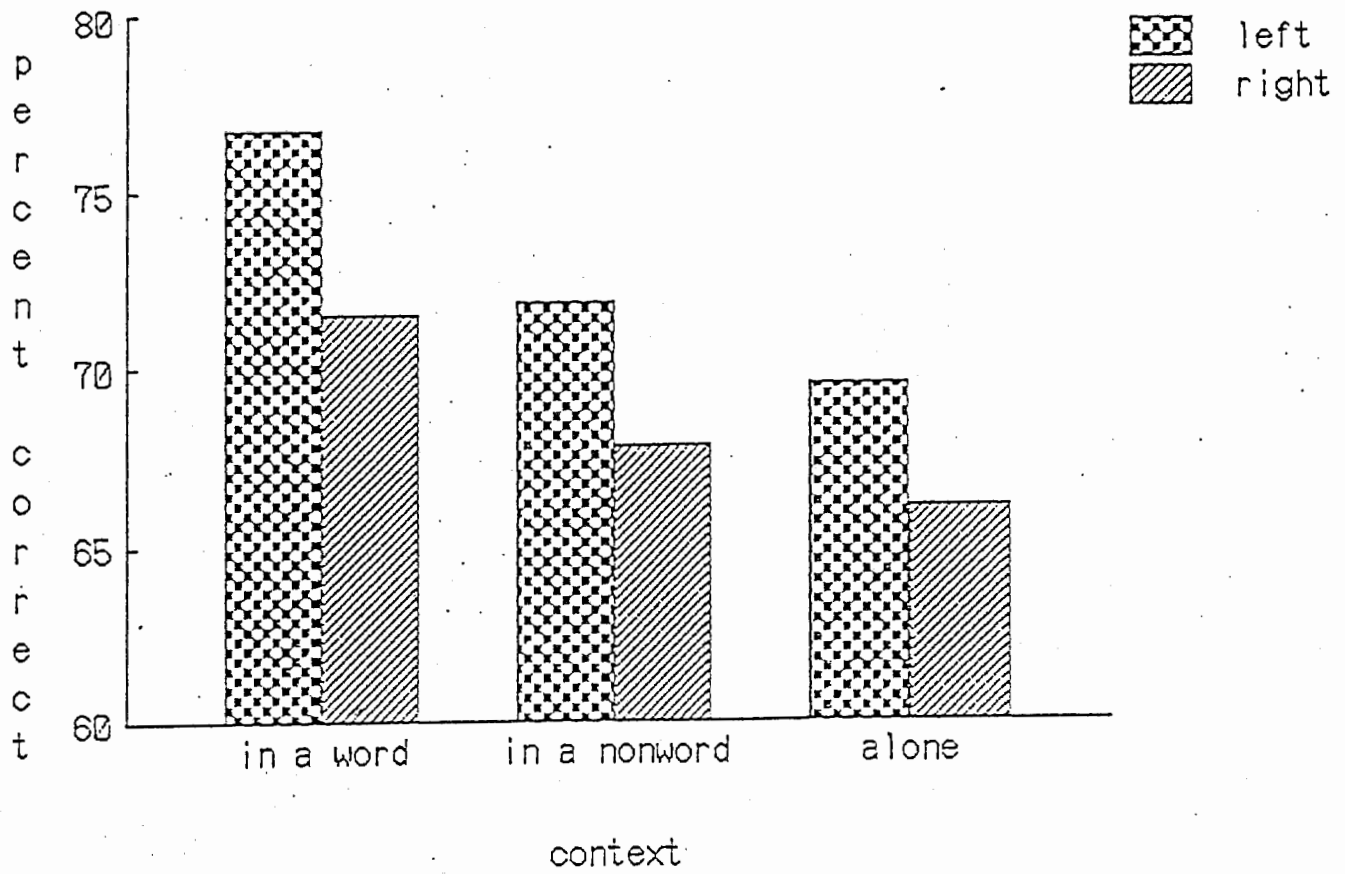


図 2. 5 非類似漢字に対する正答率

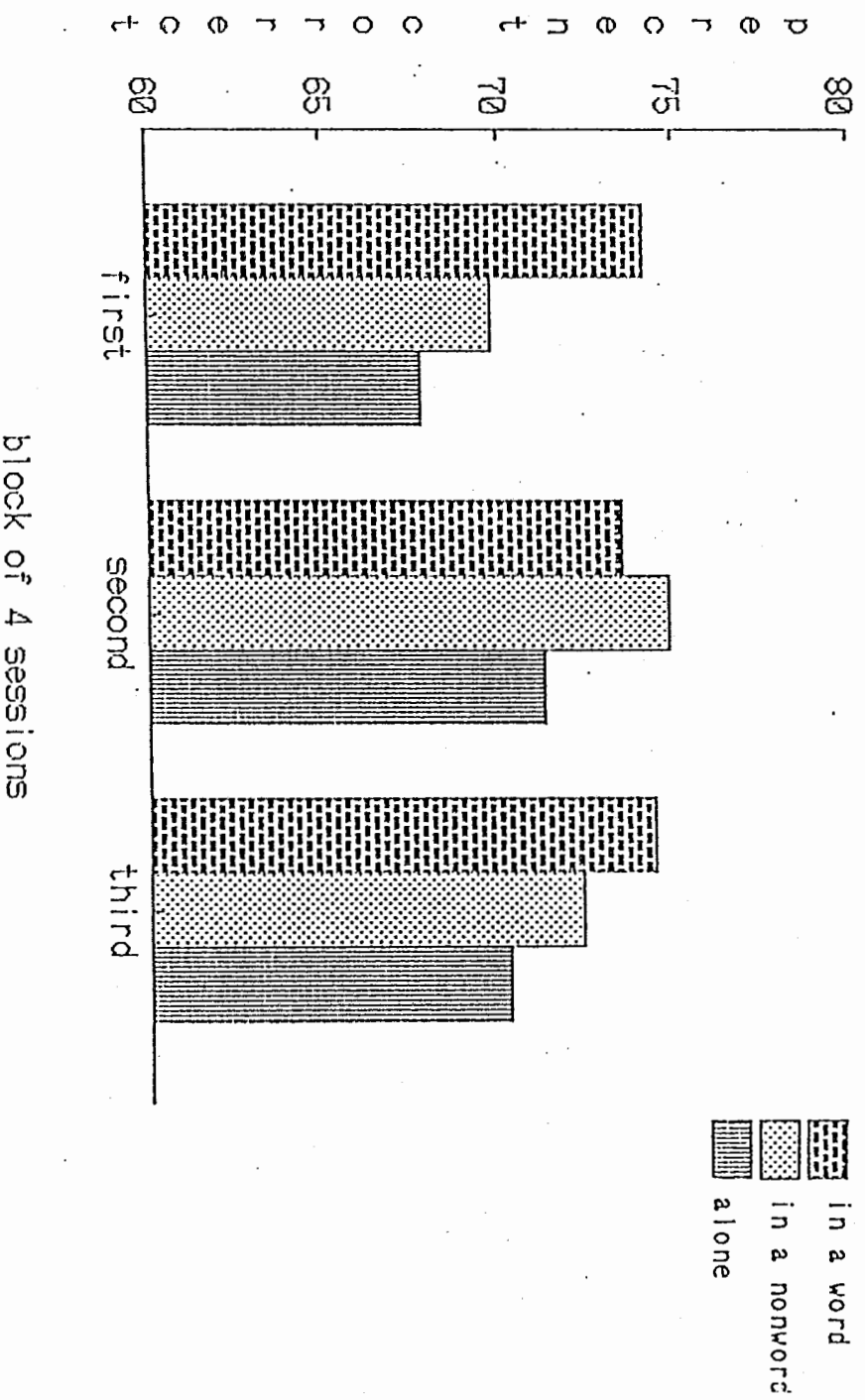


図 2. 6 実験遂行に伴う非類似漢字の正答率推移

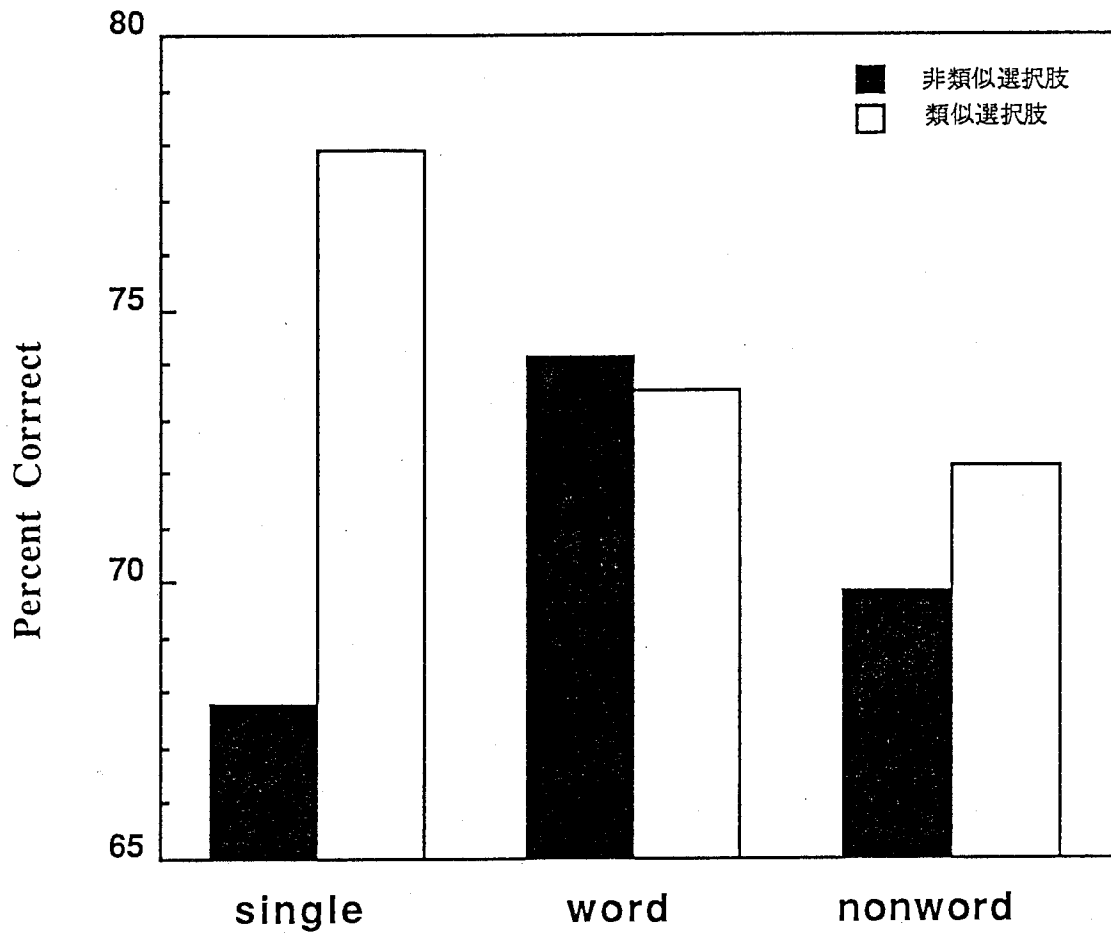


図 2. 7 非類似漢字と類似漢字に対する正答率

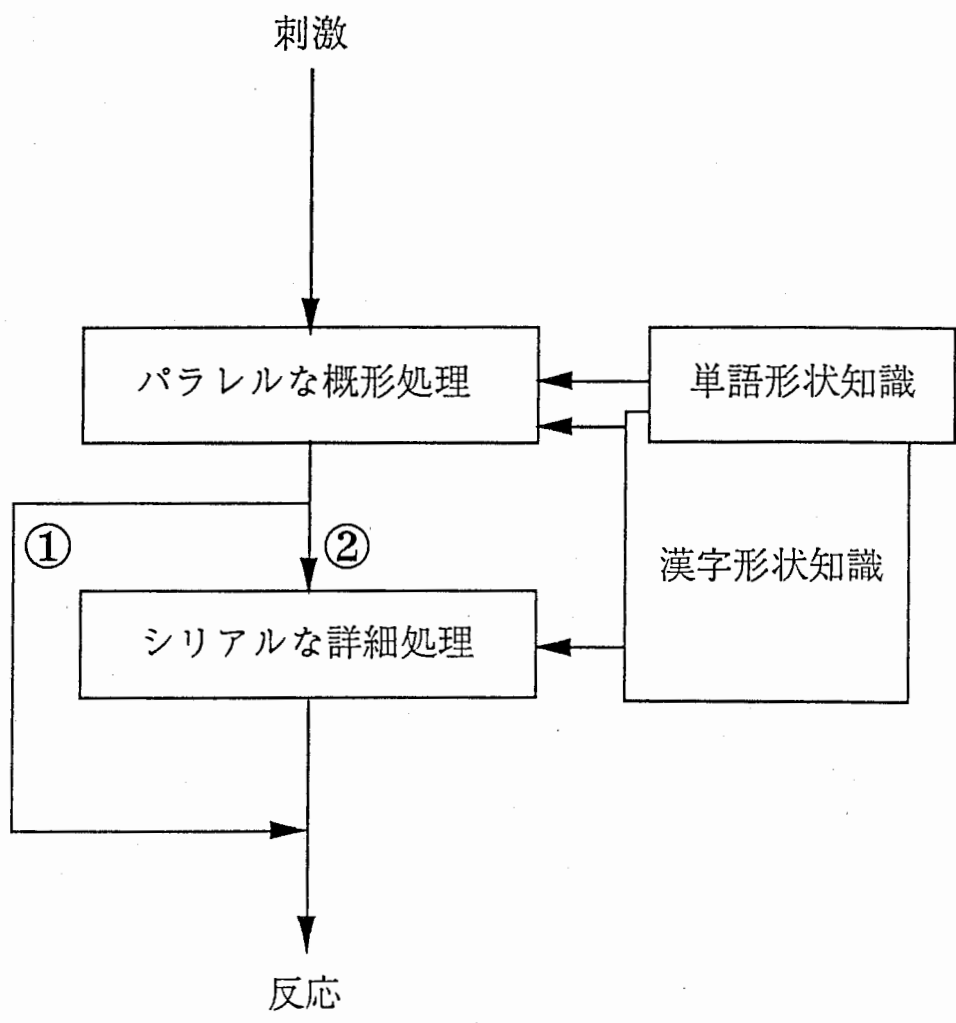


図 2. 8 単語認識過程モデル

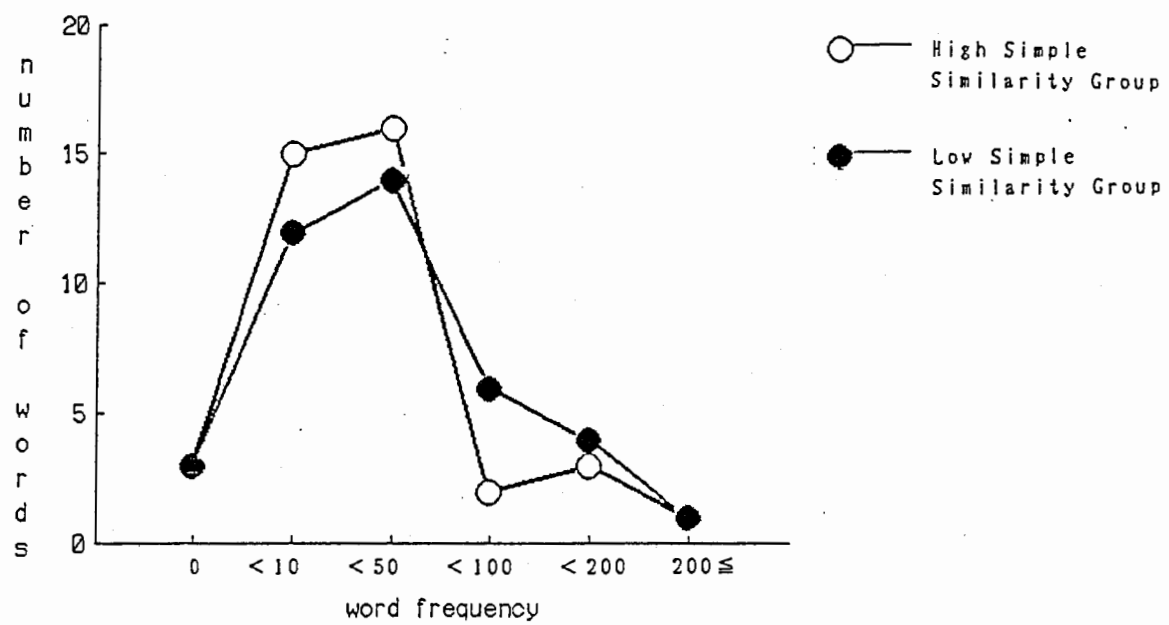


図 2. 9 実験に使用した単語の使用頻度

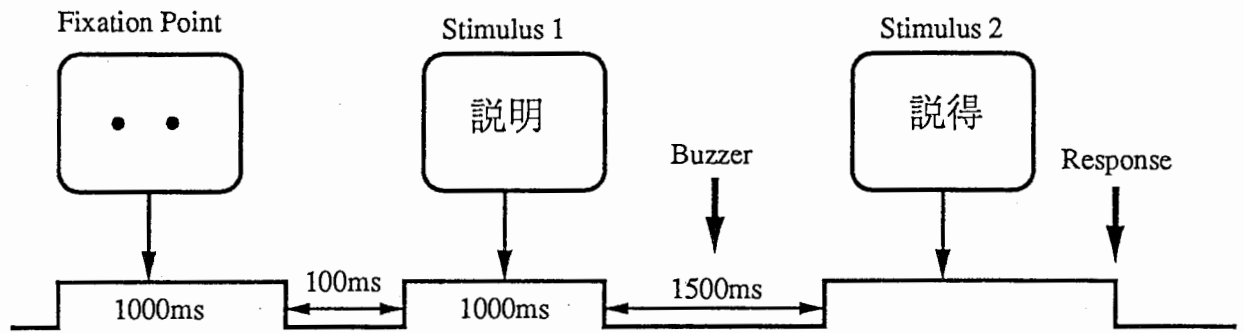


図 3 . 1 1 試行の提示方法

表 3 . 1 漢字単語の刺激例

	全 体		1 文字	
同	全同		全同	1 同
	哀愁 - 哀愁		圧倒 - 圧倒	無 音楽 - 音符 類 在住 - 在任 音 公園 - 公演
異	1 異	2 異	1 異	1・2 異
	無 概要 - 需要 類 開店 - 閉店 音 証明 - 照明	空席 - 空腹 小鳥 - 小島 体型 - 体系	無 彫刻 - 遅刻 類 署名 - 著名 音 強調 - 協調	審査 - 商社 徒勞 - 從事 帰省 - 規制

表 3. 2 漢字非単語の刺激例

	全 体		1 文字	
	全同		全同	1 同
同	哀電 - 哀電		庄画 - 庄画	無 人楽 - 人符 類 額住 - 額任 音 度園 - 度演
	1 異	2 異	1 異	1・2 異
異	無 概妻 - 需妻	境席 - 境腹	無 彫紀 - 遅紀	審休 - 商位
	類 開硬 - 閉硬	坑鳥 - 坑島	類 署投 - 著投	徒設 - 從彩
	音 証落 - 照落	躍型 - 躍系	音 強覆 - 協覆	焔噴 - 規奮

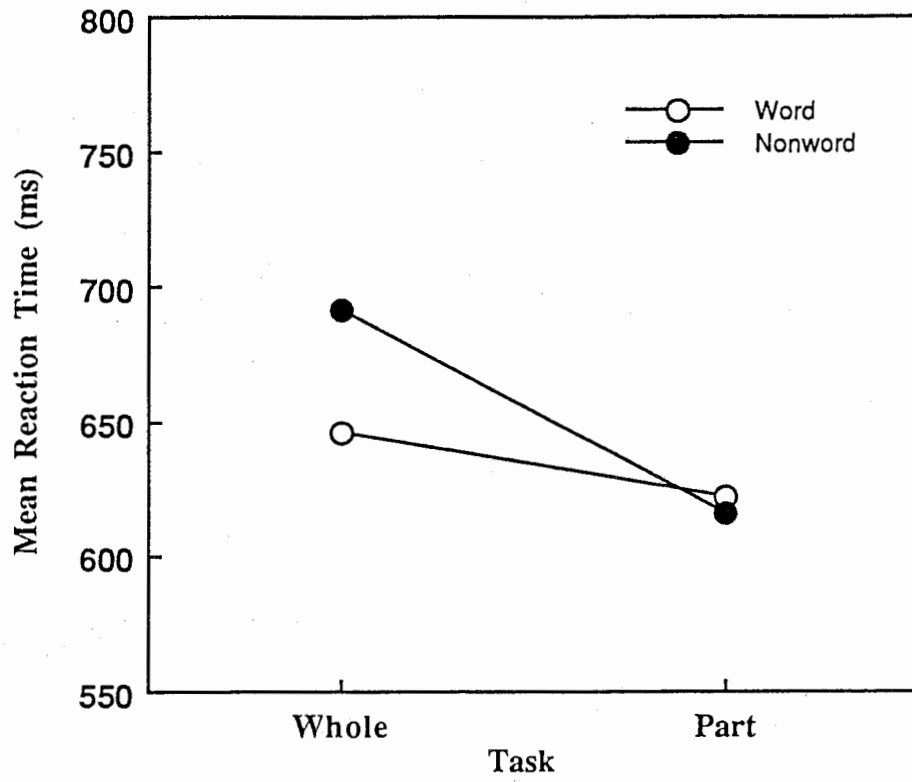


図 3. 2 Y e s 反応の平均反応時間

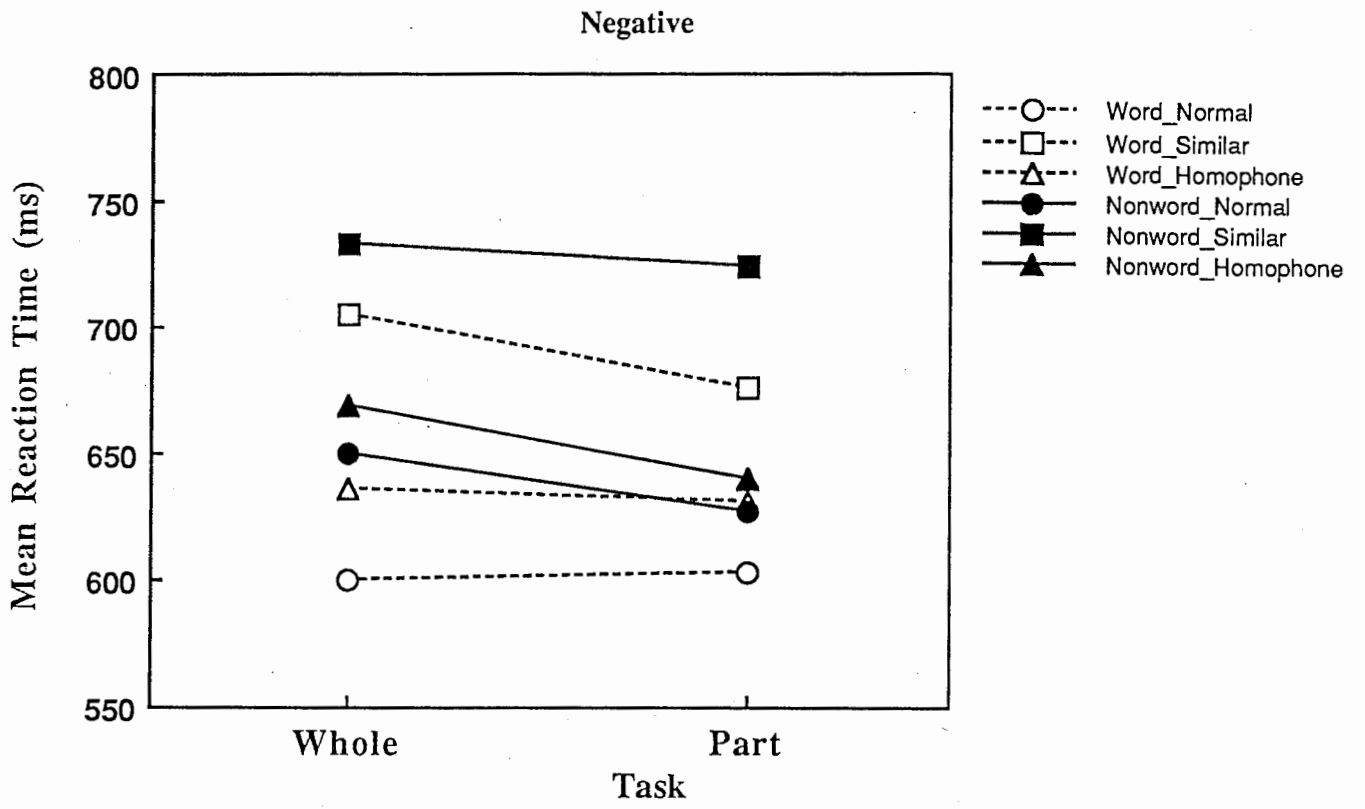


図 3. 3 No 反応の平均反応時間

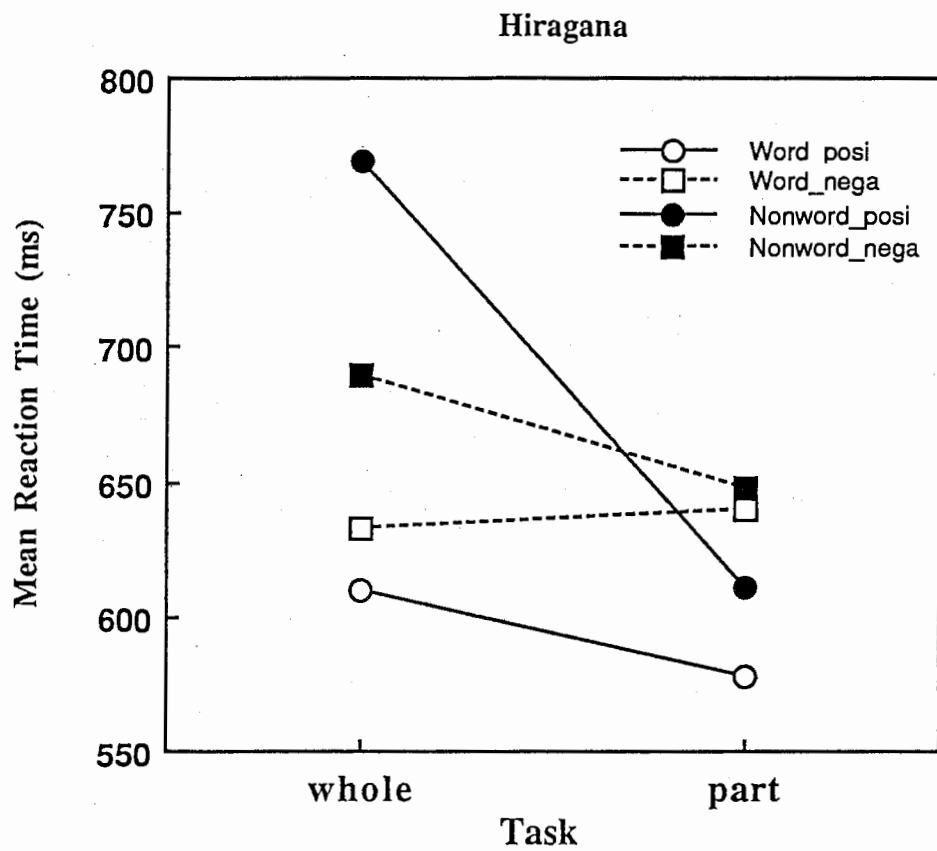


図 3. 4 実験 3 で得られた平均反応時間

表 4 . 1 探索条件

条件名	内 容	探索例	類似例
单独	1 漢字を探索、形状類似漢字を混入	開	閉
単語 1	2 漢字単語を探索、形状類似漢字を混入	開店	閉
非単語 1	2 漢字無意味文字列を探索、形状類似漢字混入	開英	閉
単語 2	2 漢字単語を探索、形状類似単語を混入	開店	閉店
非単語 2	2 漢字無意味文字列を探索、形状類似文字列混入	開英	閉英

表 4 . 2 実験に使用した漢字

単 独	単語 1	非単語 1	単語 2	非単語 2
開 (閉)	開店(閉)	開英(閉)	開店(閉店)	開英(閉英)
運 (連)	運休(連)	運千(連)	運休(連休)	運千(連千)
全 (金)	全額(金)	全隆(金)	全額(金額)	全隆(金隆)
温 (湿)	温度(湿)	温横(湿)	温度(湿度)	温横(湿横)
苦 (若)	苦手(若)	苦形(若)	苦手(若手)	苦形(若形)
固 (団)	固体(団)	固松(団)	固体(団体)	固松(団松)
基 (墓)	基地(墓)	基和(墓)	基地(墓地)	基和(墓和)
著 (署)	著名(署)	著貴(署)	著名(署名)	著貴(署貴)
退 (返)	退却(返)	退森(返)	退却(返却)	退森(返森)
重 (童)	重心(童)	重司(童)	重心(童心)	重司(童司)
枝 (技)	小枝(技)	倉枝(技)	小枝(小技)	倉枝(倉技)
位 (住)	在位(住)	片位(住)	在位(在住)	片位(片住)
勤 (動)	出勤(動)	北勤(動)	出勤(出勤)	北勤(北動)
教 (数)	回教(数)	平教(数)	回教(回数)	平教(平数)
説 (読)	解説(読)	赤説(読)	解説(解説)	赤説(赤読)
菓 (葉)	製菓(葉)	根菓(葉)	製菓(製菓)	根菓(根葉)
貨 (質)	硬貨(質)	田貨(質)	硬貨(硬質)	田貨(田質)
縮 (編)	短縮(編)	子縮(編)	短縮(短編)	子縮(子編)
字 (学)	文字(学)	甘字(学)	文字(文学)	甘字(甘学)
眼 (服)	着眼(服)	谷眼(服)	着眼(着服)	谷眼(谷服)

表 4 . 3 背景文字列

<p>文 章 (日経新聞社説の抜粋)</p>	<p>無意味文字列 (文章の並べかえ)</p>	<p>一文字 (永)</p>
<p>船積みストップによっ て、異常な事態に発展 した。このシ開ッキン グな行為によって、巨 大プロジェクト発足の</p>	<p>よっ。異プよ巨常にな たッ発の船態み発スエ に口足、ヨン開グッシ ッの大てト、ジブな行 積キこにレク展為事ト</p>	<p>永永永永永永永永永永 永永永永永永永永永永 永永永永永永開永永永 永永永永永永永永永永 永永永永永永永永永永</p>

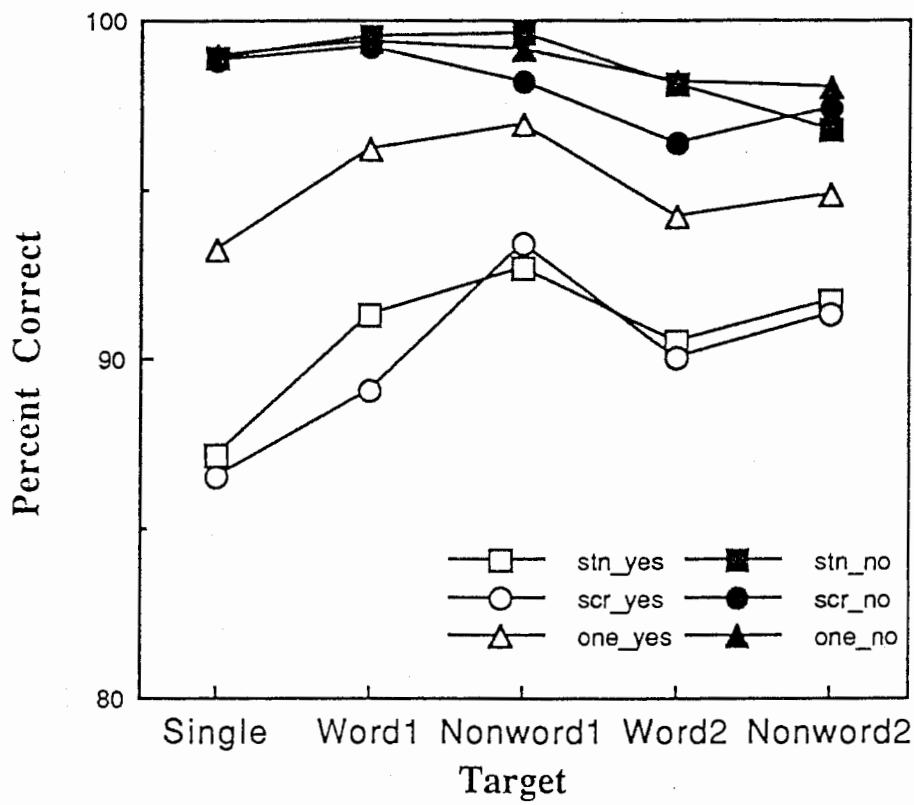
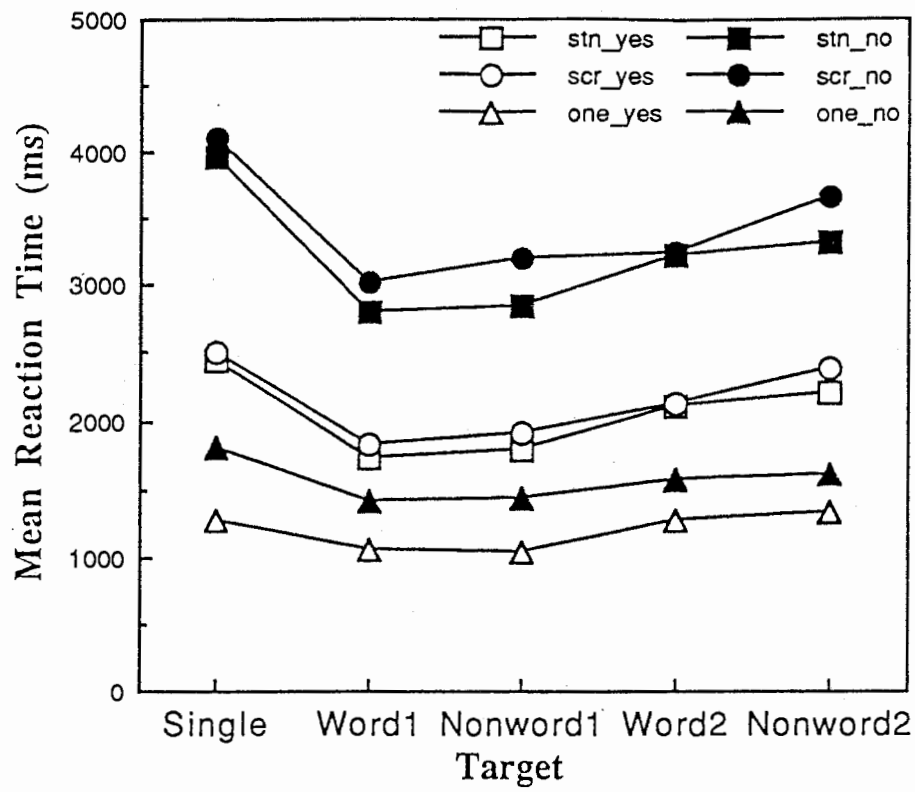


図 4 . 1 平均反応時間と正答率

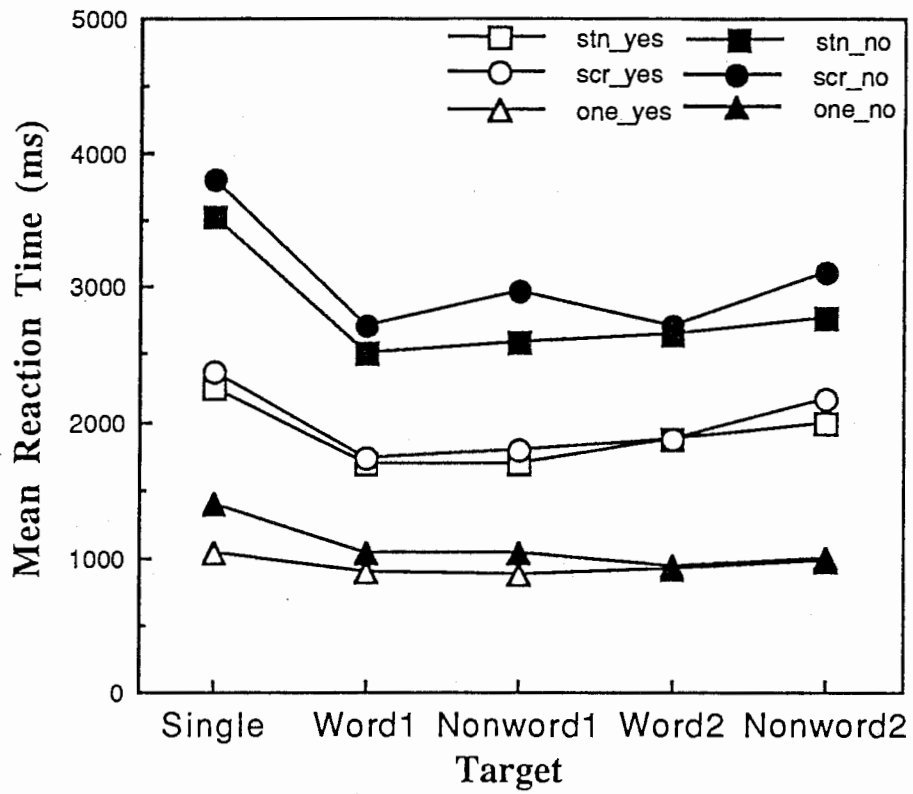


図4. 2 類似漢字を含まない試行に対する平均反応時間

Example

温

船積みストップによって、異常な事態に発展した。このショッキングな行為によって、巨大プロジェクト発足の

船積みストップによって、異常な事態に発展した。このショッキングな行為によって、巨大プロジェクト発足の

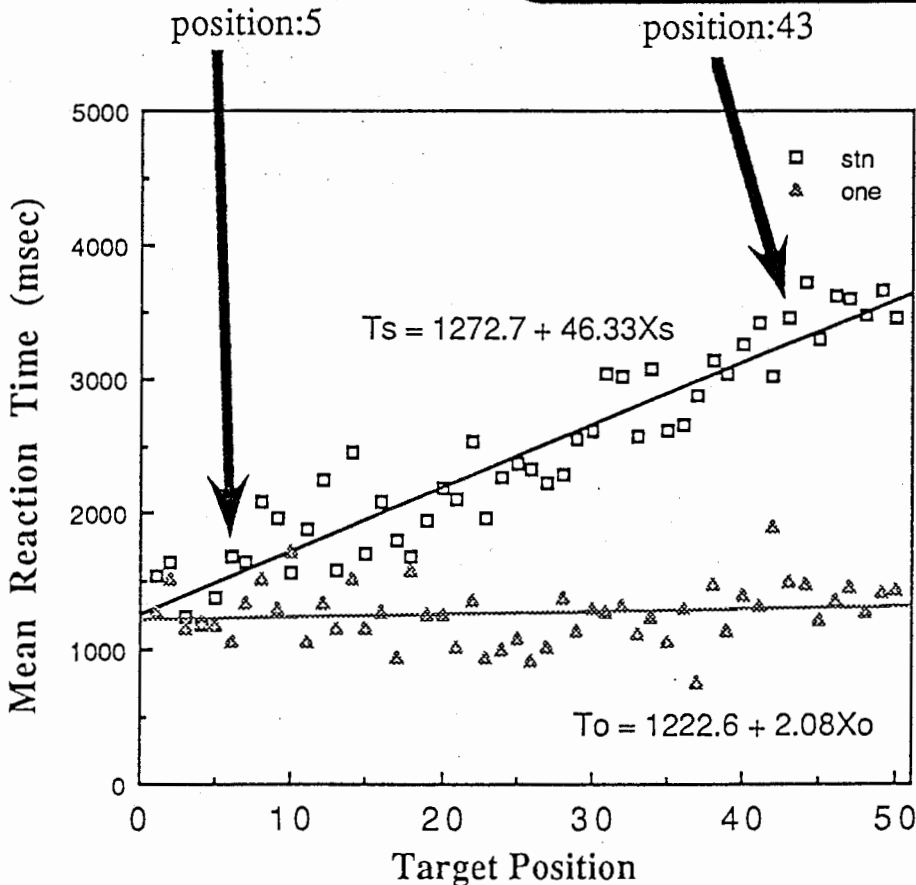


図 4 . 3 刺激位置と平均反応時間

Example

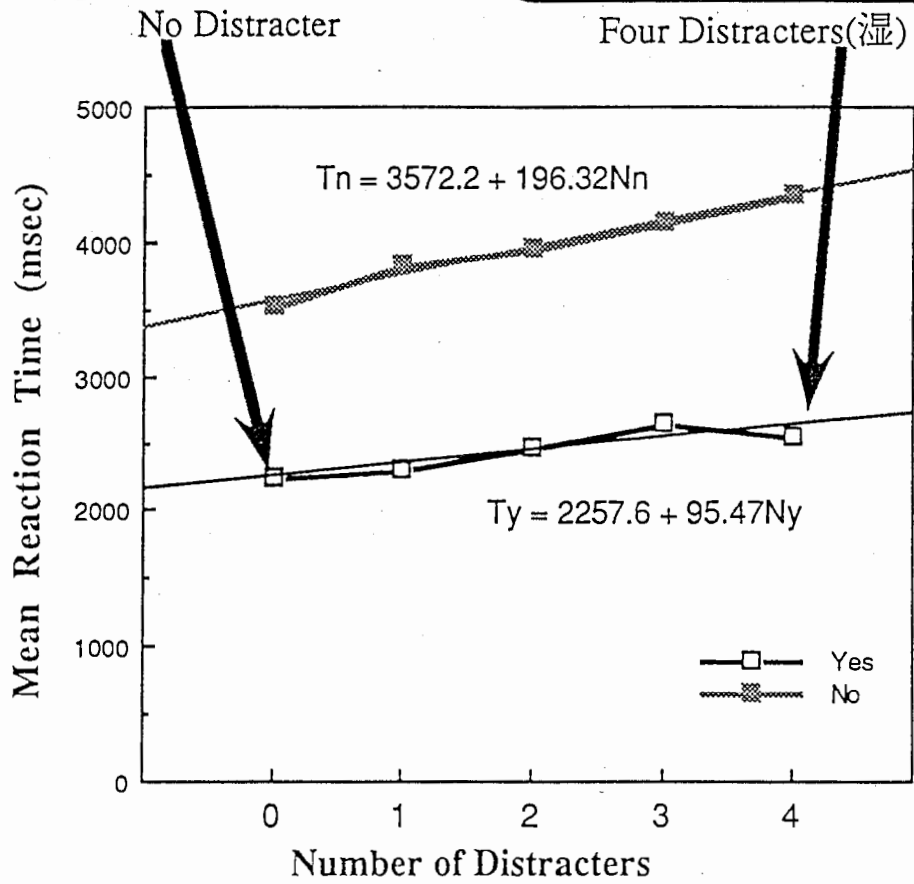
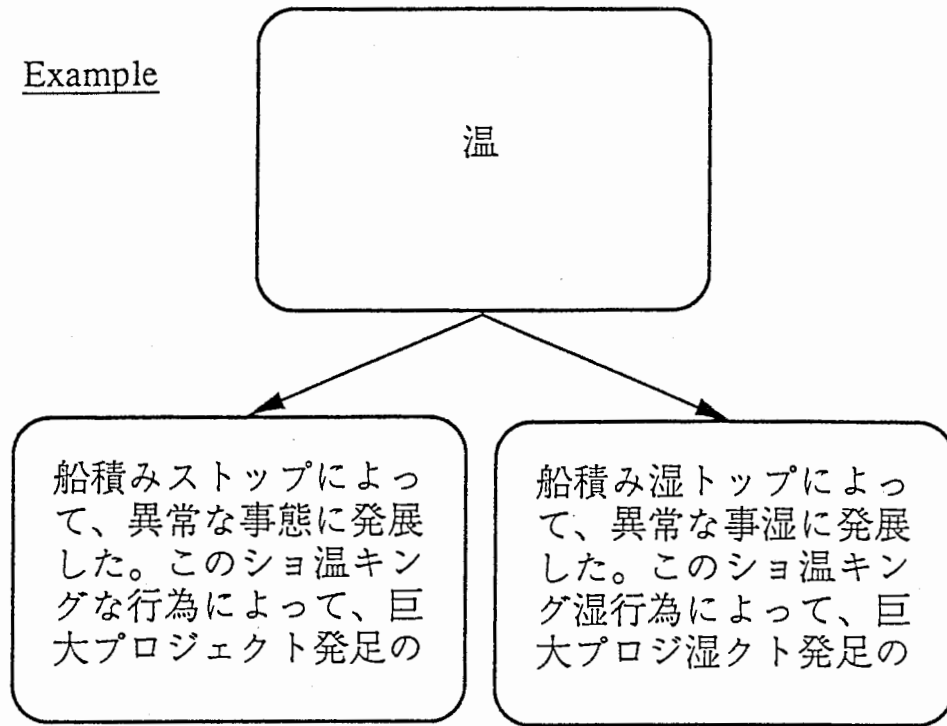


図 4 . 4 類似文字数と平均反応時間

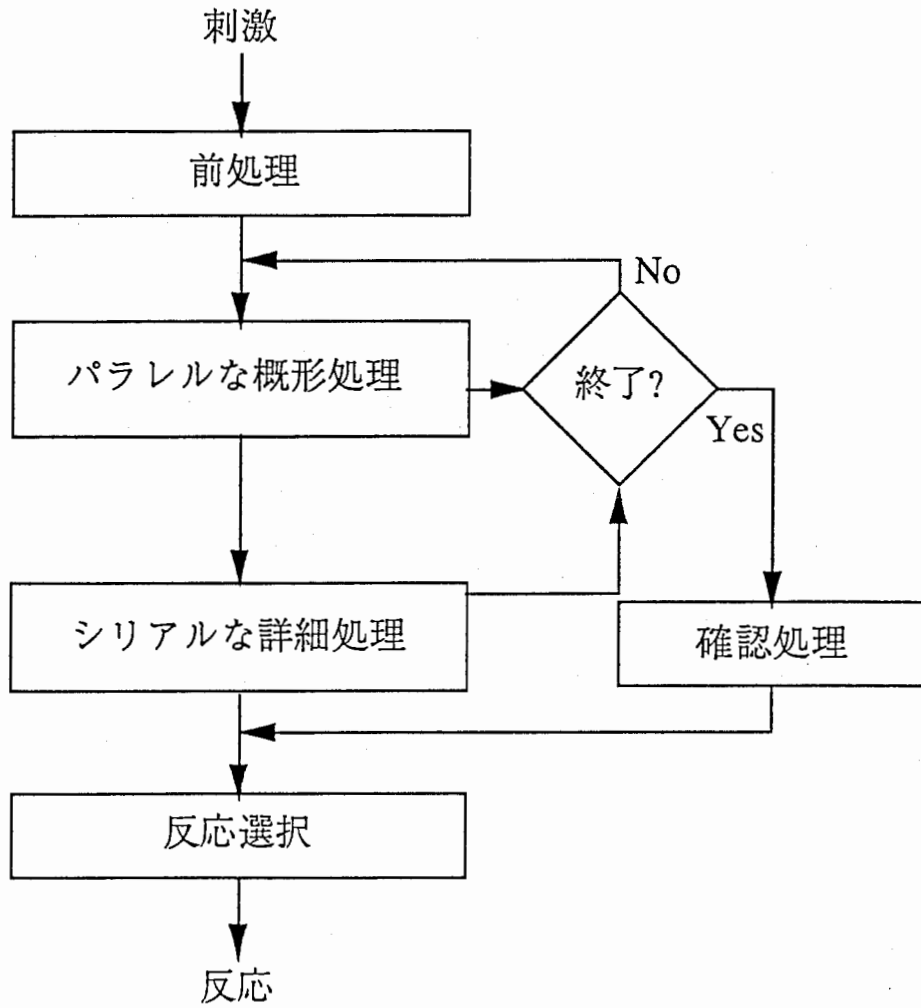


図 4 . 5 探索過程モデル

誤字無試行

太郎は学校で気分が悪くなり、保健室へ
行ったところ、やはり微熱があった。

類似誤字試行

太郎は学校で気分が悪くなり、保健室へ
行ったところ、やはり微熱があった。

非類似誤字試行

太郎は学校で気分が悪くなり、保健室へ
行ったところ、やはり横熱があった。

図 5 . 1 刺激文の種類

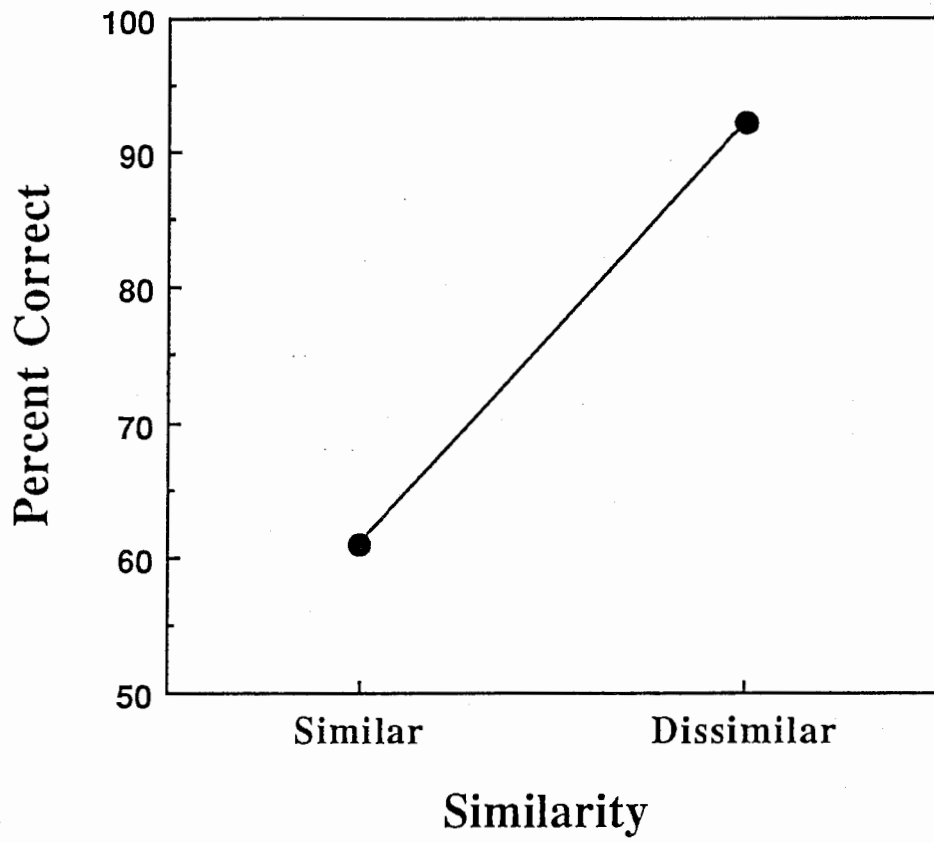


図 5 . 2 実験 1 で得た誤字検出率

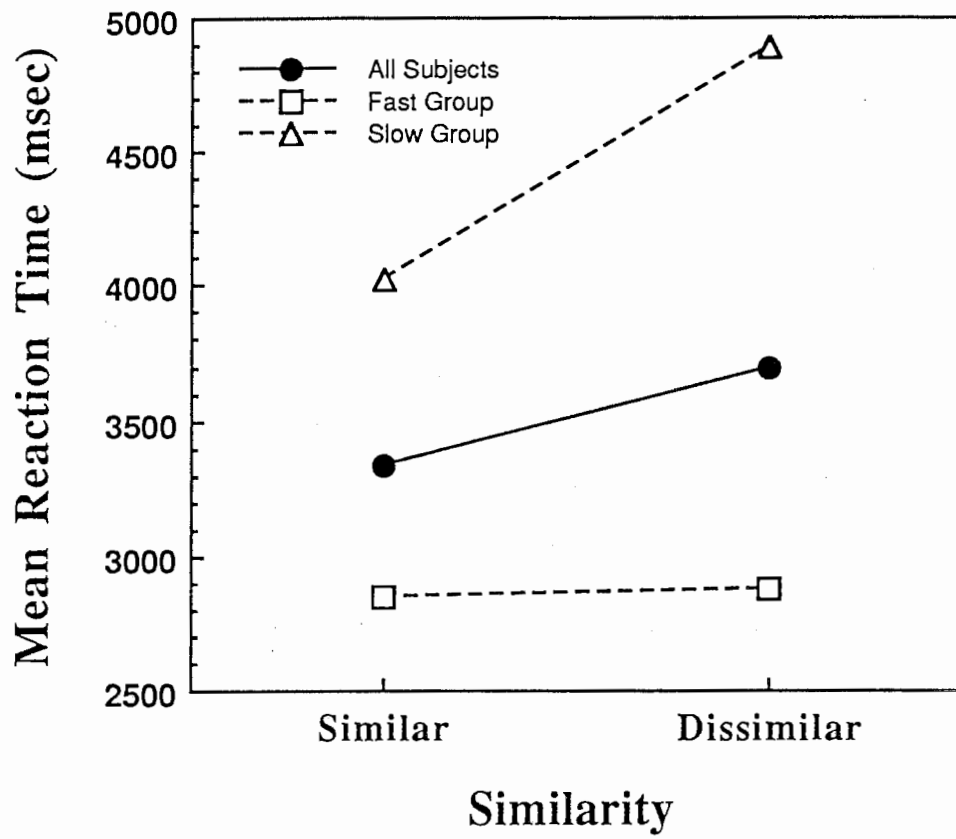


図 5 . 3 実験 1 で得た反応時間

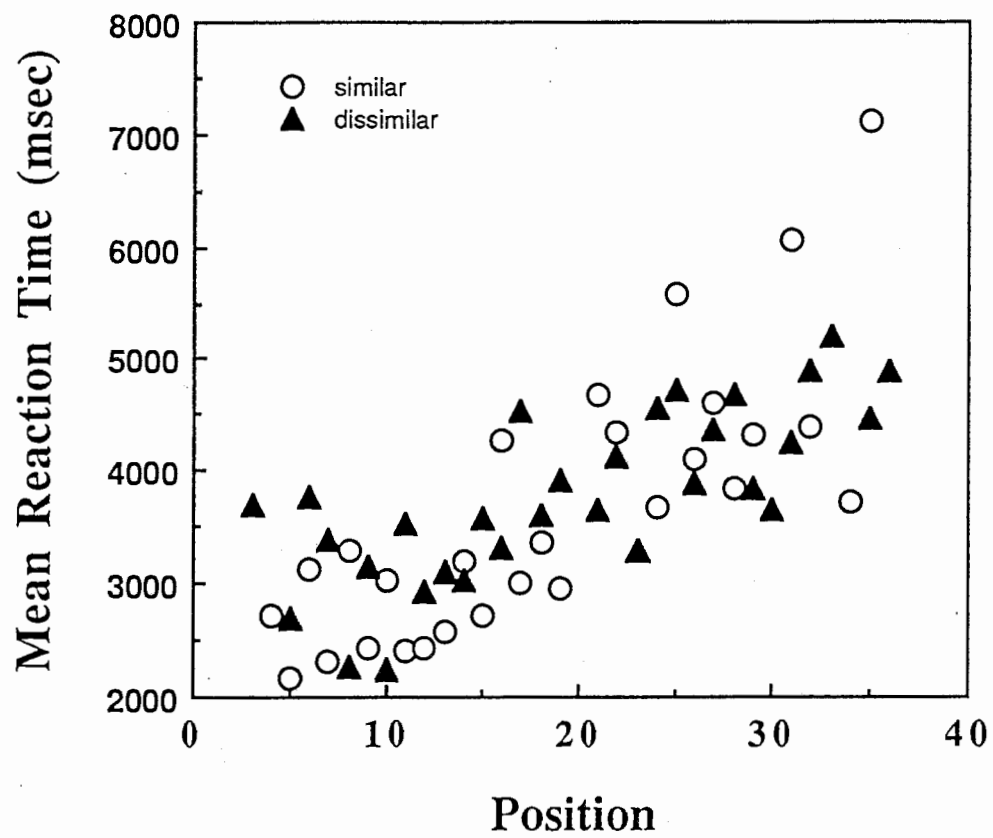


図 5 . 4 誤字位置と反応時間

文章

太郎は学校で気分が悪くなり、保健室へ
行ったところ、やはり微熱があった。

文節

太郎は.....
.....

.....
..... 微熱が

.....
..... あった。

単語

太郎.....
.....

.....
..... 微熱

.....
..... た。

文字

太.....
.....

.....
..... 微

.....
..... 。

図 5. 5 提示単位

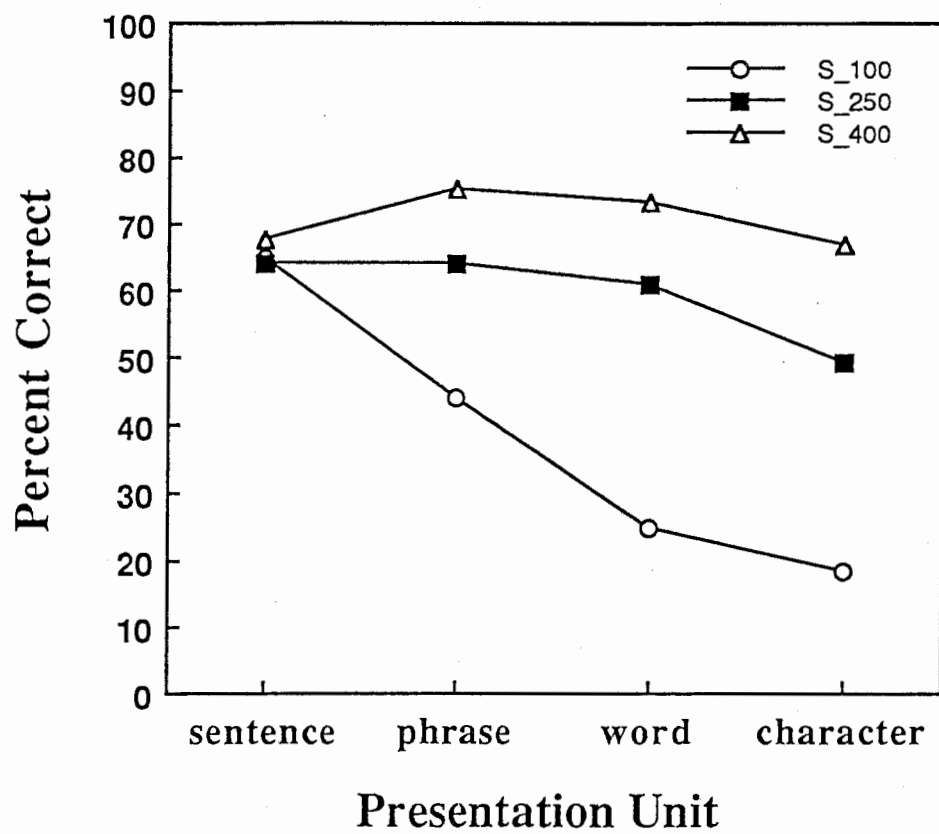


図 5. 6 実験 2 の類似誤字条件に対する誤字検出率

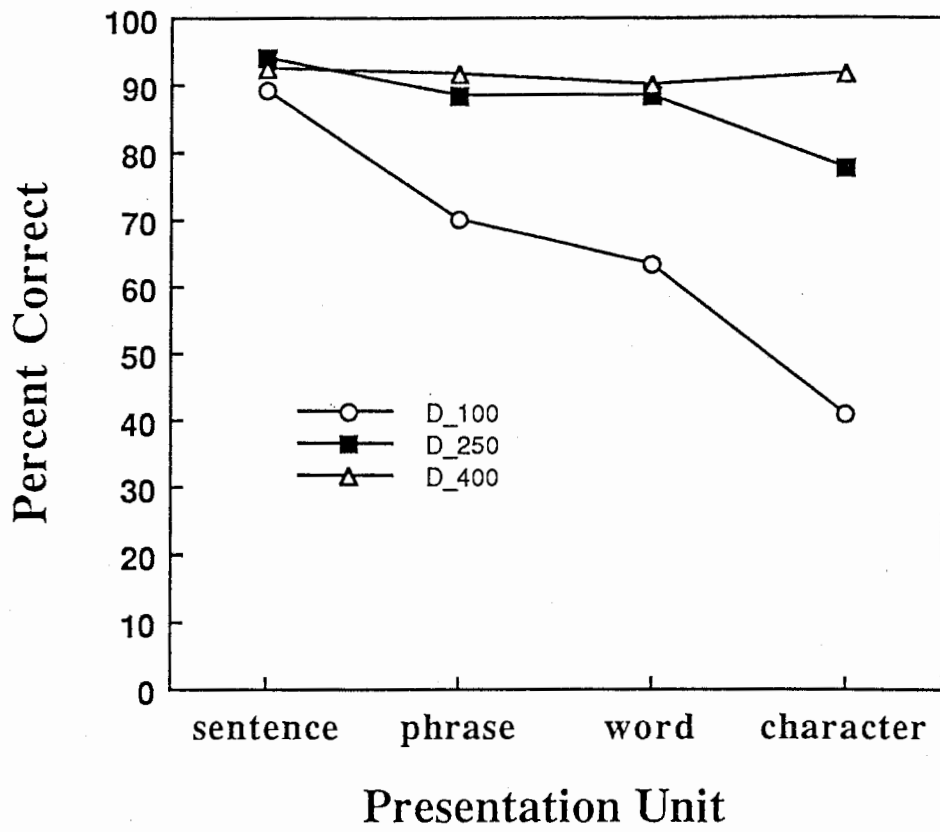


図 5. 7 実験 2 の非類似誤字条件に対する誤字検出率

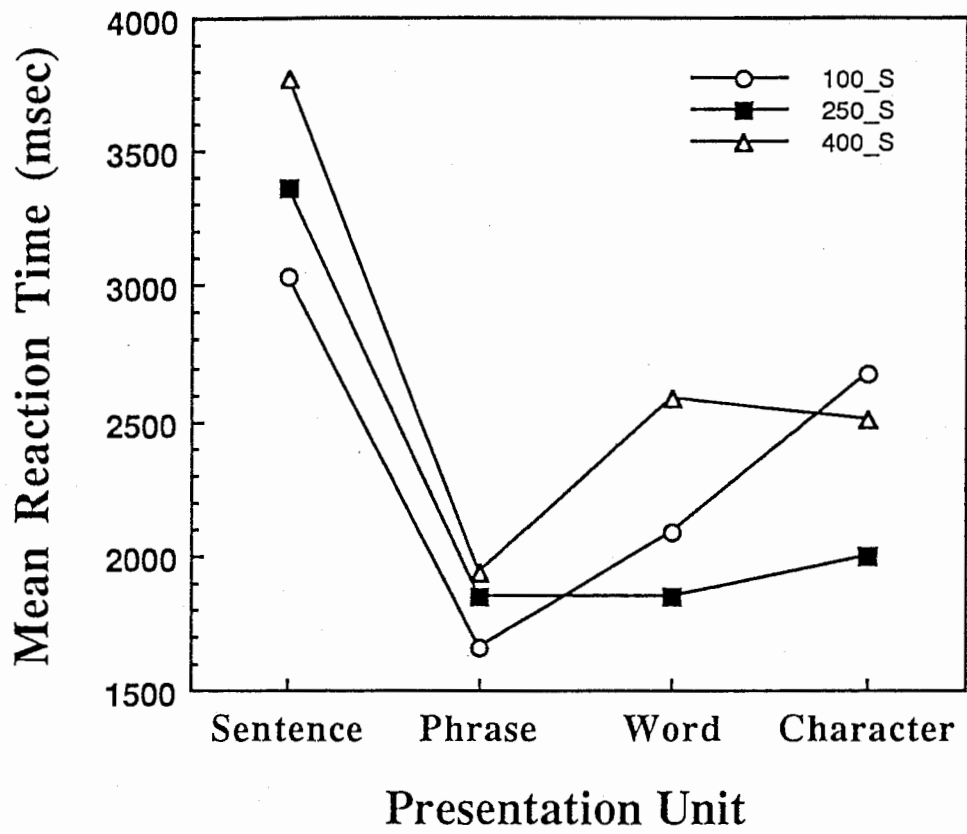


図 5 . 8 実験 2 の類似誤字条件に対する反応時間

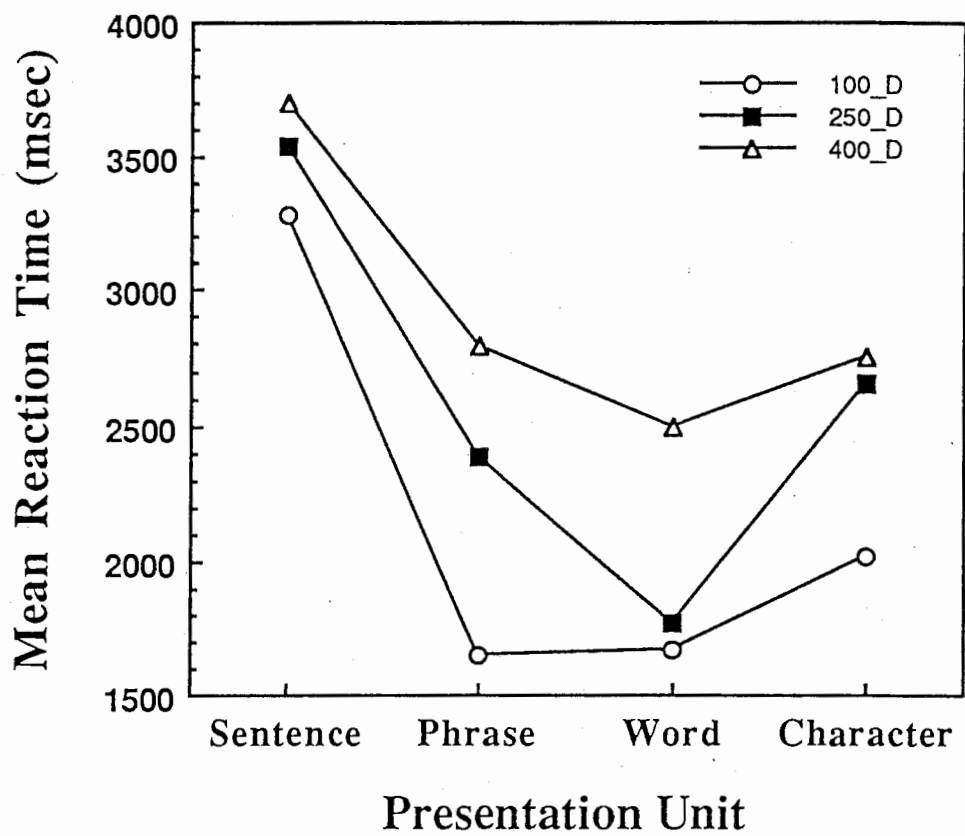


図5.9 実験2の非類似誤字条件に対する反応時間

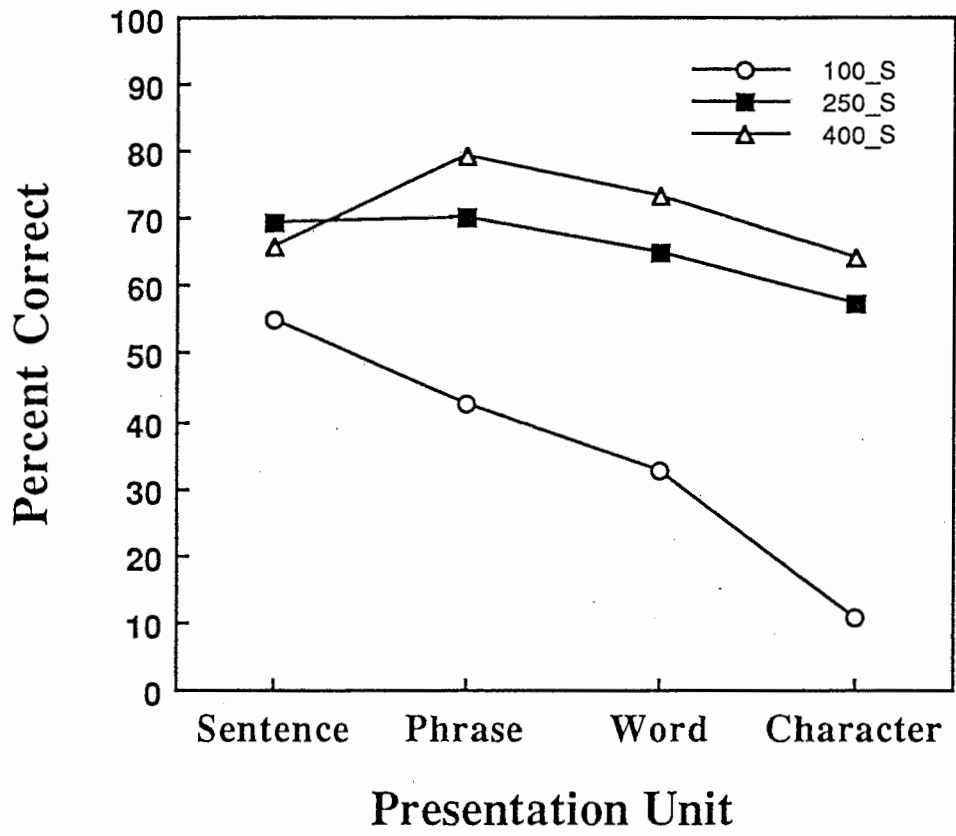


図5.10 実験3の類似誤字条件に対する誤字検出率

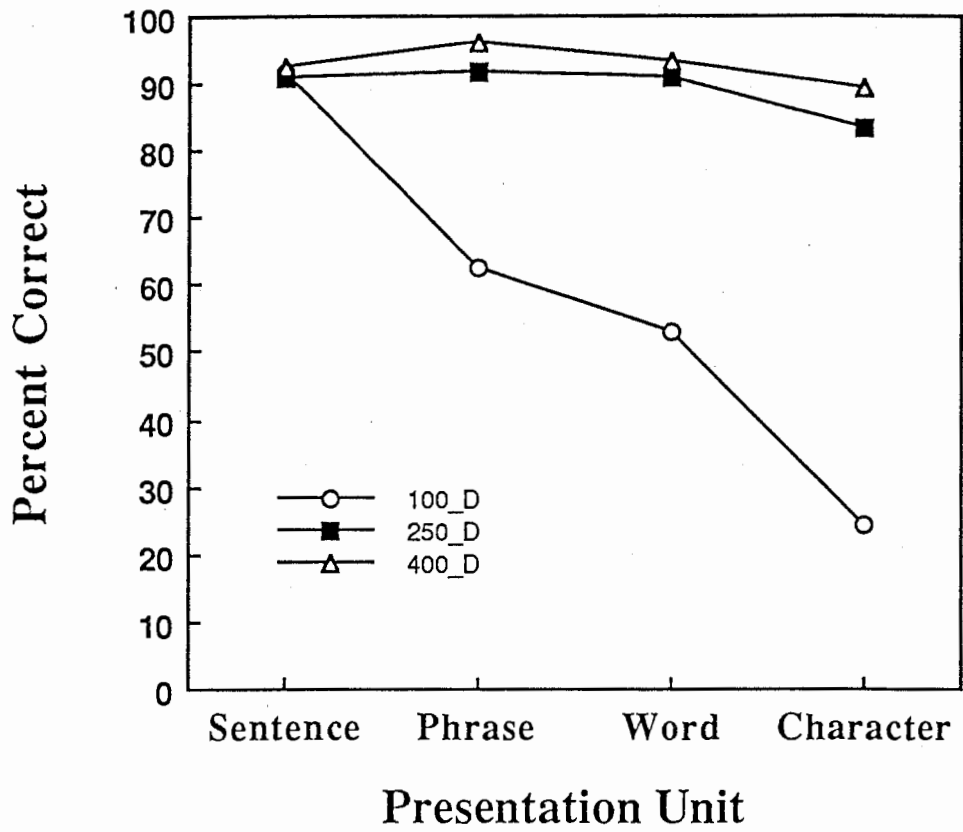


図5. 1. 1 実験3の非類似誤字条件に対する誤字検出率

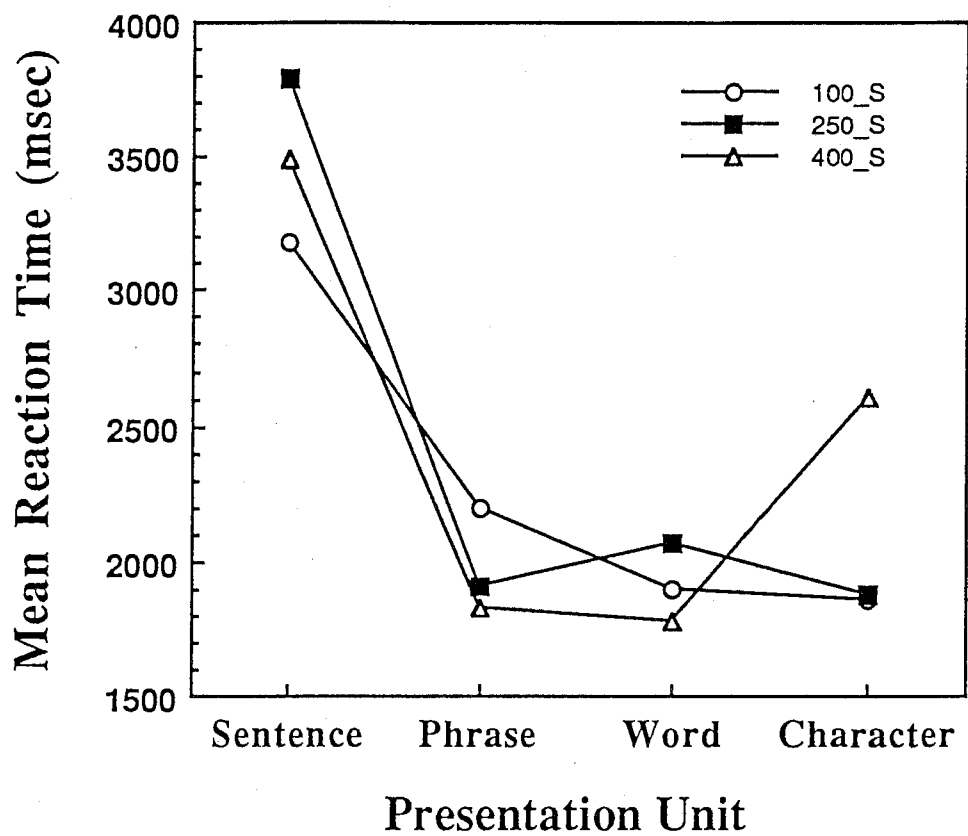


図5.12 実験3の類似誤字条件に対する反応時間

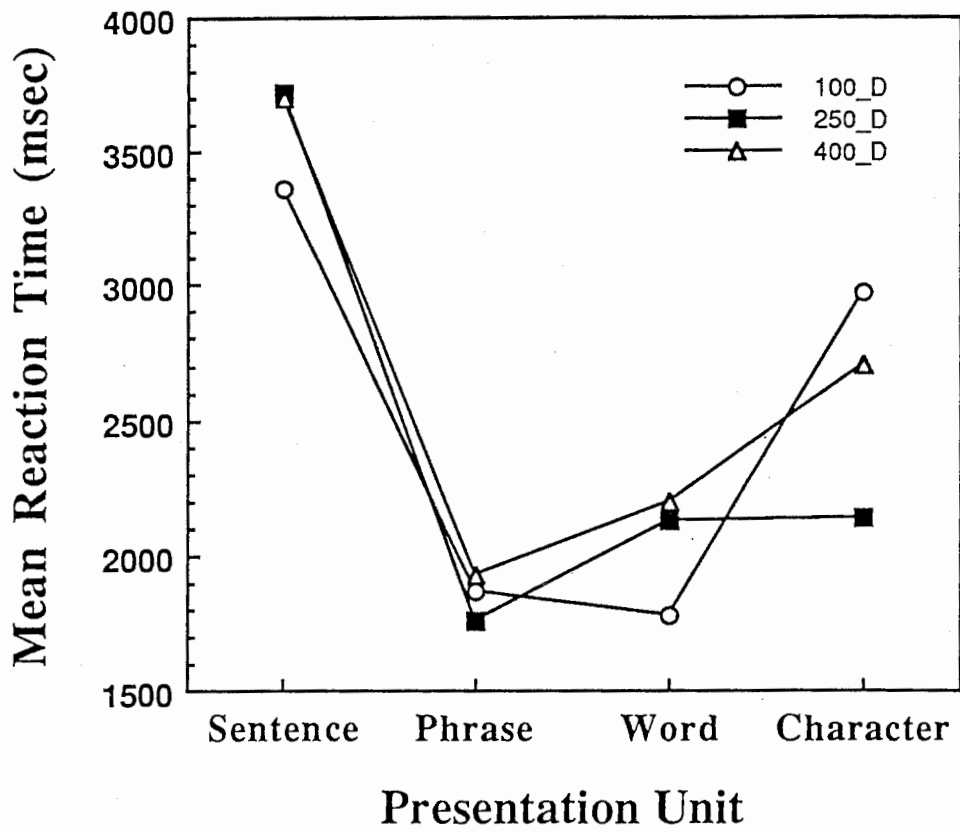


図 5 . 1 3 実験 3 の非類似誤字条件に対する反応時間

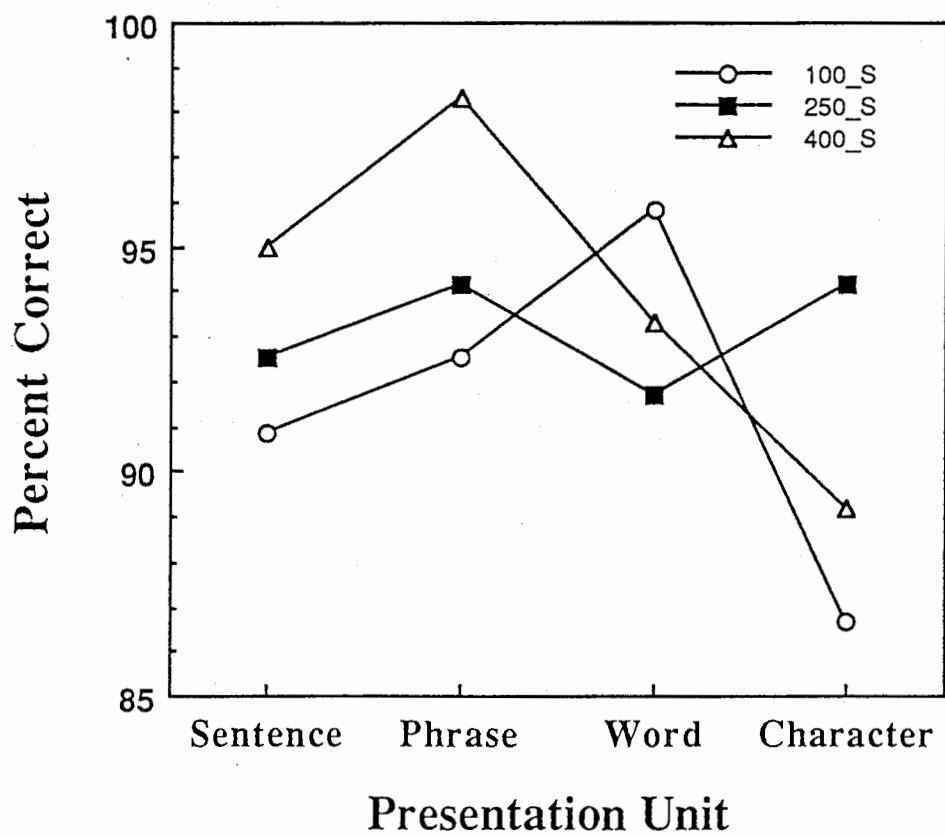


図 5 . 1 4 類似誤字条件に対する理解度

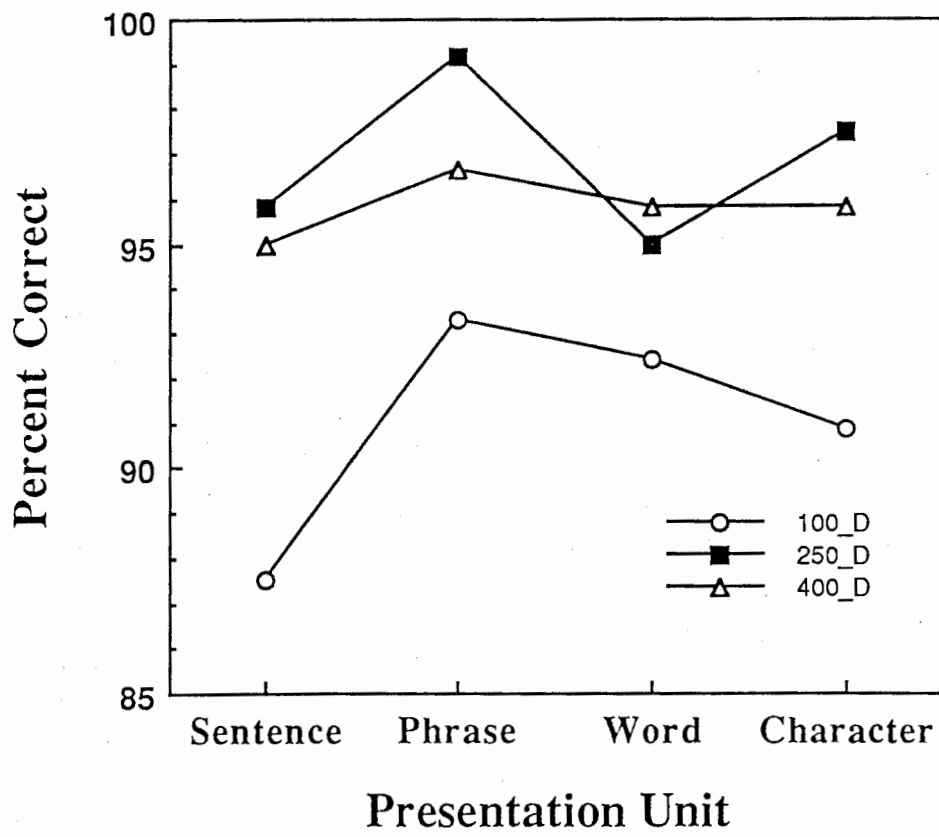
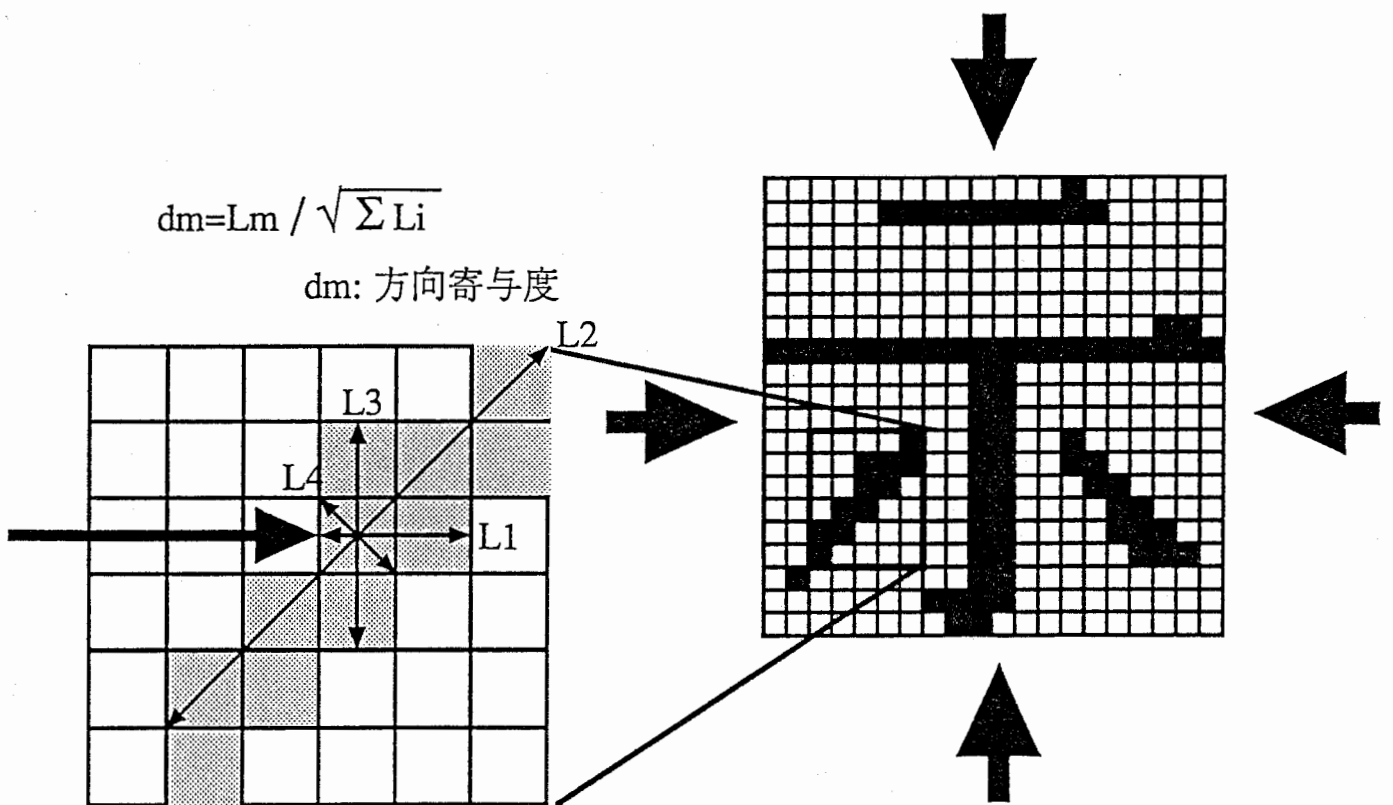


図5.15 非類似誤字条件に対する理解度



图付. 1 外郭方向寄与度特徴