横スクロール表示の読みの速度に及ぼす文字数の効果

福井大学 中 條 和 光

早稲田大学 納 富 一 宏・石 田 敏 郎

The effect of the number of characters on the reading rate of character strings moving horizontally on a CRT

Kazumitsu Chujyo (*Faculty of Education, Fukui University, Bunkyo, Fukui 910*), Kazuhiro Notomi (*Department of Electronics and Communication, School of Science and Engineering, Waseda University, Ookubo, Shinjuku-ku, Tokyo 169*), and Toshiro Ishida (*Department of Human Health Sciences, School of Human Sciences, Waseda University, Mikajima, Tokorozawa 359*)

The effect of the number of characters on the reading rate of character strings moving from right to left on a CRT was investigated (Experiment 1). Characters were added one by one to the right end of the string, and the number of characters displayed simultaneously was gradually increased from 1 to 30. Subjects (21 undergraduates) were asked to adjust the moving rate of characters until the optimal moving rate for reading was obtained. It was found that the optimal moving rate increased proportionately as the number of characters displayed simultaneously increased from 1 to 5, but it was stabilized at about 190 milliseconds/character when the number of characters exceeded five. This result was interpreted as follows: characters are processed one after another when the number of characters is five or less, while chunked characters are analyzed for morphemes when the number of characters exceeds five. A model for sentence structure analysis that includes morpheme processing was constructed according to this interpretation. The validity of the model was tested (Experiment 2, subjects were 20 undergraduates.), which showed that when the number of characters was five or less, characters were analyzed one after another for the detection of morphemes.

Key words : reading, reading rate, perceptual span, morpheme processing.

1行分の表示装置を用いて、さも文字が流れるように表示する機構をここでは横スクロール表示と呼ぶ。この横スクロール表示は限られたスペースで多量の情報を提示できることや、大きな文字を使用できるので視認性に優れているとされること、文字それ自体が移動することで背景に埋没することなく目を引きやすいことなどから、従来街頭の電光ニュースや広告の表示などに用いられてきた。さらに最近では、電車内の案内表示や計測機器の表示のような小規模ながら高性能の表示装置も増えている。また、テレビに表示されるテロップにも横スクロールするものがあり、日常生活において横に移動する文章表示に接する頻度は高まっている。

しかし、この機構のもとの人間の読みの特性については、未だ実証的な検討が加えられているとはい

ない。そこで本研究では、横スクロール表示機構を用い、表示枠サイズ（一時に表示される文字数）と読みに最適な表示速度との関係についての基準的な資料を得ることと、このような機構のもとの読みの過程の記述を通して明らかとなる言語処理の側面について考察することを目的とする。

ところで、本研究で扱う表示機構と類似すると思われる表示装置を用いた先行研究には、高速逐次視覚提示（Rapid Serial Visual Presentation: RSVP）に関する研究がある（Forster, 1970）。このRSVPを用いた一連の研究は、凝視点に単語（または句）を逐次提示することで眼球運動を生じさせないようにし、実験者が読みの速度を任意に、一義的に操作できることを主眼としている。この表示方法のもとでは、単文を提示した場合、1語あたり83msの提示時間で十分に理解可

能であり正確な再生も可能であるが、文章の提示では通常の話言葉の聴解の速度 (300 ms/語) 程度が正確な読みのために必要であることが言われている (Potter, Kroll, & Harris, 1980)。

また、移動窓 (moving window) を用いた一連の研究も類似した表示方法と考えられる。この表示方法は隠蔽されたテキスト上に数文字分の大きさの窓を開け、移動する窓を追うように文章を読み進めさせることで眼球運動を一義的に統制する手段である。あるいは逆に眼球運動に窓の動きを同期させることで読みの際の眼球運動や文章処理過程を調べる手段として用いられる (Rayner, 1984)。苧阪 (1991) は窓の動きと被験者の眼球運動を同期させる方法で、1—12 文字分までのサイズの窓を用いた場合と窓を用いない (視野制限の無い) 場合の眼球運動を調べ、サッケード運動の距離と停留時間とに及ぼす窓サイズの効果を明らかにしている。それによればサッケード距離は窓のサイズが大きくなるに連れて直線的に増加し、窓サイズ 12 文字を越えると 5—6 文字分で頭打ちとなること、逆に停留時間は窓サイズが大きくなるに連れて減少し 4 文字を越えると約 215 ms で安定することが報告されている。

以上の 2 者と横スクロール表示は読み手の有効視野や読みの速度を外的に統制する点で近似している。しかし、横スクロール表示には以下のような違いがある。1 つは文字が右から左に向かって移動することである (実験で使用したプログラムでは一文字ずつ右から左に置き換わることで移動する)。また、文字の移動は一定速度で、逆戻りはしない。さらに、RSVP が語 (または句) 単位で提示されるのに対し、文字単位で表示枠に出現する点である。特に文字自体が移動するという点でこの表示機構は RSVP、移動窓とは大きく異なると言える。

本研究では、横スクロール表示の読みに固有の特性を探ることを第 1 の目的とする。そのために表示枠サイズを段階的に変化させ、各枠サイズ毎に読みに最適な表示速度を測定し、表示される文字数と読み速度の関係性を調べる。分析観点として以下の 2 点を設定する。第 1 点は、表示枠サイズと読みに最適な表示速度との関係である。表示枠サイズの変化に応じて最適速度が変化するのかどうかを検討する。第 2 点は、最適速度が変化するとしたら、それはどのように変化するのかという点である。枠サイズの増加に伴ない一様に変化するのか、あるサイズを境に変化の仕方が変わるのかどうかを検討する。

また、1 文字ずつ表示枠に出現し移動して行くというこの表示機構のもとでの文・文章理解では、逐次現われてくる文字の列から“語”を認定する処理段階が

重要となると考えられる。この“語”の認定の段階は、従来の文・文章理解研究では看過されて来た統語解析に先立つ形態素解析に関わるものと考えられる。特に、表示枠サイズが極端に小さい場合では形態素解析の処理過程が通常と異なってくることは十分に考えられる。そこで、この点についても検討を加えるために通常の表記形態 (漢字仮名表記) の文章の条件に加えて、語の切り出し、すなわち文字列と語の対応づけの段階が特に際立ってくると考えられる仮名のみで表記された文章の読み過程の記述を併せて行ない、両者の比較を通して横スクロール文章の読みの過程における言語処理についても考察を行なう。

実験 1

表示枠サイズを 1 文字から 30 文字まで段階的に変化させ、漢字仮名表記文章、仮名表記文章の 2 条件について、読みに最適な表示速度を測定し、横スクロールする文章の読みの基準的データを得ることを目的とした。

方法

装置 実験制御、最適提示速度の測定にはパーソナルコンピューター (NEC 製 PC9801RA) を用いた。文章は 14 インチディスプレイの中央に設定された表示枠に、右から左に 1 文字ずつ置き換わっていくように提示した。表示枠は実験条件に応じて 1 文字分の幅から 30 文字分の幅まで 1 文字単位でサイズを変化させることができた。

文字は 16×16 ドットで構成されるパーソナルコンピューター内蔵のフォントを使用した。文字を構成するドットは白色で表示され、文字の輝度は 16.7 cd/m² (ミノルタ LS-110 1/3° で測定) であった。背景の輝度は 4.9 cd/m² であり、コントラストは 0.55 であった。1 文字は画面上ではおよそ 6 mm×6 mm の大きさとなり、観察距離 50 cm での視角にして約 0.7° であった。

提示速度は 1 文字当たりの置き換わりに要する時間 (ms/文字) で表わすこととした。1 文字当たりの置き換わりに要する時間は、文字の表示に要する時間 (固定) と次の文字を同一箇所に表示するまでのコンピューターの待機時間 (可変) の和であり、コンピューターの待機時間はミリ秒単位で被験者によって調整可能であった。ただし、画面の書き換えに要する時間より短い速度 (22 ms/文字) 以下の設定は無効であった¹。

被験者はディスプレイに正対して着座した。ディス

¹ 実験で使用したプログラムに関する問い合わせ、プログラムの請求先。郵便番号 169 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 55-N-6 納富一宏。

プレーとの距離はおおよそ 50 cm であった。

文章材料 文章の構造、難易度を統制するために日本語能力試験 1 級受験用問題集（日本語能力試験研究会, 1986）より採取した文章（練習用 6 文章、本試行用 20 文章）を用いた。文章全体（9 257 文字）での各文字種の含有率は、漢字 30.1%, 平仮名 56.0%, 片仮名 5.1%, 英文字 0.1%, 数字 1.1%, 記号 7.6% であった。本試行に使用した材料の一部を付録に示した。

本試行用の 20 文章について通常の漢字仮名表記と漢字表記箇所、片仮名表記箇所のすべてを平仮名に書き改めた仮名表記の 2 条件を作成し、同一文章の 2 条件がそれぞれ異なるリストに属するように配置された漢字仮名表記 10 文章、仮名表記 10 文章からなる 2 リストを用意した。

手続 本試行では 2 リストのどちらか一方を提示した。表示枠サイズは 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 文字の 10 通りであった。リスト内の 20 文章と 10 通りの表示枠サイズは被験者毎に無作為に組み合わせられ、提示順序も無作為に設定した。読みに最適な表示速度として、各表示枠サイズ毎に最も読みやすい表示速度（以下最適速度と呼ぶ）を測定した。最適速度は、各条件毎に、初期値 100 ms/文字で提示される文章の表示速度をカーソルキー（→↑加速, ←↓減速）を用いて被験者が加減し、“最も読みやすい速度”として安定した時点で測定された。

被験者 大学生 21 名（男性 14 人、女性 7 人）であった。平均年齢は 20.9 歳（SD 1.72）であった。

結 果

漢字仮名表記と仮名表記とで表示枠サイズ毎の最適表示速度 (ms/文字) を Figure 1 に示した。表記条件と

Figure 1. The optimum moving rate (ms/character) for each frame size (Experiment 1).

表示枠サイズとで 2 要因の分散分析を行なったところ、表記条件 ($F(1, 20) = 13.181$ $p < .01$), 表示枠サイズ ($F(9, 180) = 28.607$ $p < .001$) の主効果、表記条件と表示枠サイズの交互作用 ($F(9, 180) = 3.719$ $p < .001$) が有意であった。そこで単純主効果を検定したところ、1, 2, 3 文字でのみ表記条件による差が有意であった。このことは、1—3 文字程度の表示枠サイズでは漢字仮名表記条件の方が有意に最適速度が速いことを意味している。

表記条件毎に表示枠サイズの効果を見るために、まず漢字仮名表記の条件で 5% 水準の多重比較を行なったところ、1, 2 文字は他のすべての文字数との間で差が有意となり、3 文字条件では 7 文字以上との間で差が有意となった。5 文字以上ではそれぞれそれ以上の文字数との間に有意な差はなかった。したがって、漢字仮名表記条件では、1 文字、2 文字、3 文字と最適速度が速まり、5 文字あたりで安定してくること、その際、187 ms/文字 (5 文字以上の平均速度) で安定することが見出された。

仮名表記条件で同様に多重比較を行なったところ、1 文字、2 文字では他のすべての文字数との間で有意な差があり、3 文字では 15—25 文字との間に有意な差があった。5 文字以上では差は見られなかった。したがって、漢字仮名表記条件と同様に 5 文字あたりで最適速度が安定してくること、196 ms/文字 (5 文字以上の平均速度) で安定することが見出された。

考 察

漢字仮名表記条件 始めに通常の表記形態である漢字仮名表記条件について考察を行なう。まず表示枠サイズと最適速度の関係であるが、表示枠サイズの増加に応じて最適速度が減少し、枠サイズが 5 文字を越えるあたりで一定の速度 (平均 187 ms/文字) で安定するという結果を得た。

この結果は以下のように解釈できる。

通常書かれたものの読みでは、1 文字ずつの逐次的な処理ではなく語を最小単位とするなんらかの一括処理が行なわれていることを示した研究がある。例えば Reicher (1969) は言語処理では日常的な語は知覚の最小の処理単位となることを明らかにしている。また、中心窩付近では 1 文字ずつが逐次的に処理されるというよりも、数文字が 1 個の文字と同等の効率で処理され語が認知されることを指摘する研究がある (Massaro, 1975)。さらに、日本語文章を読む際のサッケード運動について Osaka (1987) は、漢字仮名まじりで表記された文の読みでは漢字が前注意的に探索され、それを目標にサッケード運動が生じることを検証している。このこともまた語が処理の最小単位である

ことを示唆するものと言えよう。

これに対し、実験で行なった表示枠サイズの操作は、外的に一時に処理できる文字数に制限を加えるものであり、一括処理可能な文字数以下の表示枠サイズの条件では通常ならば可能な一括処理が困難になっていたことになる。もし、1—3文字程度の枠サイズでは一括処理が行なえず、読み取られた綴りが語あるいは形態素と認定されるまで、文字情報を逐次追加しながらその都度それらが語あるいは形態素を構成するかどうかを確認するような処理を行なっていたとすれば、最適速度が遅く設定されたことが説明できる。

一方、表示枠サイズの増加は語（あるいは形態素）として認知される前段階の文字情報の記憶の負担を軽減し、また認定の処理の頻度を少なくすることで逐次処理の負荷を軽減することを可能にする。例えば、単純化して言えば、2文字ずつ処理するような方略で処理単位を大きくすることで、“文字認識”よりも遥かに長い時間を要する“判断”の頻度を減らすことができる。このような処理を仮定するならば、サイズの増加に伴って最適表示速度が速くなったことが説明できる。

ここで、解釈のための仮説を整理してみると、“横スクロール表示を読む際に、表示枠サイズ1—3文字分あたりでは逐次的な形態素解析が行なわれるが、5文字を越えるあたりで一括的な処理に移行する”とまとめられる。

仮にサッケード運動の幅が一時に処理できる最適な文字情報の量に対応するとすると、この解釈仮説のもとでは、おおよそ5—6文字分（苧阪，1991）の表示枠サイズを越えるあたりから表示枠サイズが一時に読み込める文字数を越え、最適速度が変化しなくなることが予測される。結果はこの予測に合致していると考えられる。

また、表記条件間の差からもこの解釈仮説が導かれる。1—3文字サイズでは漢字仮名まじりの表記に比較して仮名表記は最適速度が遅くなるが、語（または形態素）を構成する文字数が仮名表記では相対的に大きくなり、逐次処理に含まれる判断の回数がより大きくなったと考えられる。統計的には有意ではなかったがFigure 1のグラフの形状から読み取る限り、速度の安定し始めるサイズが仮名表記の方が大きいことから示唆される。

異なる形態処理システムの可能性 ところで、通常の読みでは語を処理単位とする一括処理が行なわれるという先行研究の知見からは以下のような処理システムを仮構することも可能である。すなわち、通常の読みにおける5—6文字というサッケードの幅が一時に処理される情報量とした場合に、その量に達するまで

逐次表示される文字情報を形態素解析を保留したままで記憶し、その後一括処理に移るというシステムである。このシステムでは、表示枠サイズが小さい場合には十分な幅がある場合に較べて速い移動速度（文字認識に必要な十分な速度）に設定することが解析前の文字情報保持の負担を軽減することを意味する。しかし、結果は表示枠サイズが小さい場合にはむしろ遅くなり、文字情報を文字情報のままで保持する時間が長くなっている。このことは記憶過程に加わる負担の面からは不合理と言えよう。したがって、このシステムには無理があると考えられ、先に述べた解釈仮説のほうがより妥当であると考えられる。

漢字仮名表記条件における最適速度 次に、安定した後の最適速度（187 ms/文字）について考察する。安定した後の最適速度は通常の読みの速度に比較してかなり遅い。Rayner（1984）によれば読みにおける一般的なサッケード潜時は225 msであり、サッケードの幅を文字に換算すれば英文字8文字程度となる。この値を1文字当りに直すと約28 msとなる。またOsaka（1992）は、日本語を母語とし英語にも堪能な者を被験者として、漢字仮名表記、仮名表記、英語の3者でサッケードの幅と潜時を測定している。それによれば、英語の平均サッケード潜時は223 ms、サッケードの幅の平均は10.5文字である。この値を1文字当りに換算すると21.2 msとなり、Rayner（1984）と概ね一致している。漢字仮名表記のサッケード潜時は190 ms、幅は7.8文字であり、1文字当たりでは24.4 msである。仮名表記のサッケード潜時は208 ms、幅は5.2文字で1文字当たりでは40.0 msである。

漢字仮名表記で比較すると、横スクロールの読みの最適速度は通常の読みの速度の7分の1以下になる。

なお、上記の1文字当りに換算したサッケード潜時を見る限りでは、漢字仮名表記と英語とで同等の処理時間を要するように見えるが、1文字当たりではなく1音節当りに換算するならば、むしろ英語での値と仮名表記での値の方が近似することも考えられる。しかし、換算の仕方がどのようであっても横スクロールの読みに最適な速度は通常の読みの速度よりもかなり遅いことは明らかである。

ただし、この値は“最も読みやすい速度に調整するように”という指示のもとで被験者が設定した値であり、被験者がそれよりもかなり速く読むことも可能であったことは念頭において解釈する必要はあろう。それでも、横スクロール文章の読みが一度流れ去った文章を読み返すことができず、通常の読みよりも前後の整合性を重視した慎重な処理を要求する聴解に近似した事態であったと考えるならば、この最適速度も決して不当なものとは言えないであろう。

また、漢字仮名表記と仮名表記で表示枠サイズが大きい場合には最適速度に有意差が無いことから、漢字仮名表記であっても一旦音韻的にコード化された後に仮名表記の場合と同様の処理が進められた可能性が示唆される。

仮名表記条件 次に仮名表記条件について考察する。先にも述べたように、仮名表記条件は表示枠サイズが小さい場合に漢字仮名表記の条件よりも最適速度が遅く設定されていた。しかし、最適速度の変化の仕方は漢字仮名表記と同様であった。また、安定後の最適速度も漢字仮名表記条件と差がない。実験1において仮名のみによる表記の条件を設定したのは、1文字ずつ表示枠に出現し移動して行く横スクロール表示のもとで、仮名表記の読みでは逐次現われてくる文字の列から“語”を認定する処理段階が際立って重要となると考えられたからであった。この処理段階での処理の違いが最適速度の表記条件差となって現われたと考えられる。

表記形態の違いが読みの速度に及ぼす効果 枠サイズが小さい時に逐次処理が行なわれると仮定すると、最適表示速度に表記形態の差が見られる理由としては次の2つを考えることができる。1つは漢字仮名表記では漢字の1文字が1形態素となり逐次的な処理が効率的に行なわれるということである。もう1つは漢字仮名表記では漢字と仮名の文字種の違いが“語”あるいは“文節”の区切りのマーカーとなっていたことである。すなわち体言や用言の語幹を漢字、助詞・助動詞を仮名で表記することで単語、文節が表記の形式のみで認定できる場合が含まれている。このことから、漢字仮名表記では表記法自体が形態素の解析に関わる情報を持ち、もし逐次的な形態素解析処理にそれらの情報を利用することができるならば処理がより効率的になり、小さな表示枠でも相対的に速く読めると考えられる。

以上のように、実験1では表示枠サイズに応じて最

適速度が変化し、その変化の仕方は表示枠サイズが小さいときには単調に減少し、表示枠サイズが5文字分を越えるあたりで安定する。安定した後の平均速度は190 ms/文字前後であるということがわかった。また、最適速度の変化の仕方の解釈として、表示枠サイズが小さいときには逐次的な語（形態素）の認定の処理が繰り返され、表示枠サイズが5文字分を越えるあたりで一括的な処理に移行すると仮定することで、整合性のある解釈が可能となることがわかった。そこで、この解釈仮説についてさらに検討を加えるために実験2を計画した。

実験2では表示枠サイズがサッケードの幅以下の場合に逐次的な処理が行なわれているかどうかについて検証を行なう。

実 験 2

表示枠が小さい場合に、逐次的な語や形態素の認定の処理が行なわれているとすると、その処理の頻度は、表示枠サイズが大きくなるにつれて減少させることができる。この仮定に依拠して最適速度の変化を解釈してきたのであるが、この解釈をより正当なものとするためには逐次的な処理が行なわれていることを実証する必要がある。

実験1の考察においては表記条件間の差を逐次的な処理の根拠の1つとした。しかし、表記条件間の差を生じさせる理由としては、漢字仮名表記における漢字1文字が1形態素に相当することと、文字種の使い分けが語、文節のマーカーとなることの2つが考えられた。後者は逐次的なデータ駆動型の処理過程に、表記形態の違いにより表示された語（文節）構成に関する情報を利用した制御を加えることにより、無駄な判断処理を省いて効率を上げるものであると考えられた。このことを踏まえて、表示枠サイズが小さい場合の横スクロール文章を読む際の構文解析過程を図示してみると、Figure 2 のようになる。Figure 2 は、文の統語構

Figure 2. A model for sentence structure analysis that includes the process of morpheme detection.

造の解析処理とそれに先立つ形態素の解析の処理との関係、及び逐次的形態素解析における文字認識と形態素の検出過程との関係を示している。

Figure 2 において想定した逐次的形態素解析の流れは以下の通りである。まず、1文字を読み込む(文字認識)。次にそれが形態素であるかどうかを判断する(形態素検出)。もしそれが形態素を構成しないならば、次の文字を読み込み、綴りを構成する。その綴りが形態素であるかどうかを判断する。以上を形態素が認定されるまで繰り返す。この繰り返し処理によれば文字列から最小単位の形態素が切り出されてくることになる。

Figure 2 には2つの制御系が組み込まれている。その1つは逐次的形態素解析過程を表記の形式的情報によって制御する系である(ここでは表記形態を利用した制御系)。逐次的な解析を効率化するためには、解析過程に含まれる判断の頻度を少なくすることが有効である。そのためには文字認識の出力に判断処理が不要である旨の情報を付けて判断ルーチンに渡す方法が考えられる。例えば漢字に続いて読み込まれた仮名の処理を一時保留しておいて、次の漢字か句読点を読み込まれた時点で判断処理を行なうといった方略が考えられる。句読点に続いて読み込まれる最初の仮名の処理を一時保留する方略も考えられる。

もう1つの制御系はトップダウンの制御系である。上記に仮定した逐次的データ駆動的な形態素解析処理では、構文解析過程に対し、可能な形態素の候補の中で最小のものを出力として手渡すことはできるが、それが文脈において適切な形態素であるとは限らない。日本語の場合、ほとんどの仮名1文字がなんらかの漢字に置き換えられる(例えば、あ→亜、い→意、う→得)ことから明らかなように、1文字で1音節を表わす表音文字である仮名もまた1文字で形態素を構成しうる。

そこで、文字認識に近いレベルの制御に加えて、構文解析処理に関わる情報や、句や文の定型的構造を利用したり、文内の単語の意味的な呼応、文間の文脈を利用した形態素の切り出しのやり直し指示を行なう制御系が必要となる。また、この制御系のような情報の流れはやり直し指示に留まらず、予期による形態素解析の効率化にも寄与することが考えられる。

さて、Figure 2 中の文字認識から形態素の検出の処理の繰り返しを制御する系の機能を、表記形態の違いを利用して文字認識と形態素検出のタイミングを制御することであるとすると、繰り返し処理に含まれる判断の頻度は漢字仮名表記条件よりも仮名表記条件で大きくなり、読みに最適な速度の表記条件間の差が説明できる。

実験2では、この漢字仮名表記の処理に含まれる“逐次処理を前提とする表記形態を利用した制御系の機能”を実証する。もし、制御系の機能が実証されるならば、それによって Figure 2 において仮定した逐次処理もまた実証されることになる。

そのためには、表記条件差を生じさせたもう一方の効果である漢字1文字が1形態素となる場合を除いておく必要がある。そこで実験においては使用文字を仮名のみとし、漢字仮名表記において文字種の使い分けで表示されていた語、文節を文字の表示色を変えることでマークし、それらのマークの効果のみについて検討する。

もし Figure 2 に仮定した制御系が存在するならば、逐次処理の過程で、語、文節のマークを利用して語(あるいは形態素)を構成する綴りに満たない“途中の綴り”の処理を省くことができ、必要な処理の回数を減らすよう機能するはずである。このことにより、読みに最適な表示速度が速まることが予測される。この予測を確認するために、以下の方法を採用した。

方 法

手続 表示装置、最適速度の測定の方法は実験1と同じであった。語、文節のマークの効果を検討するために、以下の2条件を設定した。条件の1つは語マーク条件で、実験1の漢字仮名表記条件で漢字で表記されていた箇所をすべて仮名書きにし表示色を白から黄色に変えて表示した。その際、黄色で表示された文字の輝度は 16.6 cd/m^2 で、コントラストは0.54であった。もう1つは文節マーク条件で、実験1の漢字仮名表記条件で漢字表記されていた箇所を仮名書きにして文節毎に交互に表示色を変えて表示した。

以下に両条件の例を示す。

漢字仮名表記；人間と機械とはどこが違うか

語マーク条件；にんげんときかいとはどこがちがうか

文節マーク条件；にんげんときかいとはどこがちがうか

(の箇所の表示色は黄色、 の無い箇所は白色であった。)

被験者 文節マーク条件、語マーク条件に各10人の被験者をあてた。被験者は実験1に参加していない大学生(男性12人、女性8人)であった。平均年齢は21.1歳(SD 1.79)であった。

結 果

文節マーク条件と語マーク条件の各表示枠毎の最適表示速度を Figure 3 に示した。

語マークと文節マークで2要因の分散分析を行なっ

たところ、表示枠サイズの主効果のみが有意であった ($F(1.18) = 34.32$ $p < .001$)。多重比較を行なったところ、実験 1 では見られていた 2 文字、3 文字間の差がなかった。このことは、表示枠サイズ 2 文字の時に最適速度が速まったことを意味している。

比較のために、文節マークと語マーク条件の両条件を合わせてマーク条件とし、実験 1 の仮名表記の条件とともに表示枠 1—10 文字の間について図に示した (Figure 4)。

考 察

マークの効果 最適速度が表示枠サイズ 2 文字と 3 文字との間で差が見られなくなったこと、すなわち表示枠サイズ 2 文字で語、文節のマークが読みを促進するという結果は、表記条件を利用した逐次処理の制御系の機能を実証するものと考えて良いであろう。また、語マークと文節マークで条件差が見られなかったことは、語をマークした場合 (漢字表記されていた箇所をマークした場合) には多くの場合に、“黄色表示文字”+“助詞相当文字”……“黄色表示文字”+“助詞相当文字”となり文節をマークした場合と機能的な差が生じなかったためと考えられる。逐次処理を前提とする制御系の機能が実証されたことで、制御系の前提とした表示枠サイズが一括処理が可能なサイズよりも小さいときに逐次的な処理が行なわれるという仮説は検証されたと言える。

ところで、Figure 3 の表示枠サイズ 1 文字の条件ではマーク条件の最適速度が実験 1 の仮名条件よりかなり遅くなっている。このことは、表示枠サイズ 1 文字では文字色を変えて示される語、文節の形式的情報が逐次処理を効率化するうえで有効でないことを示していると解釈できる。この理由として、1 文字の表示幅で

は、例えば読みが仮名 1 文字の漢字の場合や、例えば“は”“が”“も”のような助詞のように 1 文字で 1 形態素となる文字の処理をも適切に行なうために、常に逐次的処理を行なうことが必要であり、他の条件と異なりマークを無視するという特別な処理方略を採っていたことが考えられる。被験者の内省には、表示枠サイズ 1 文字の場合には文字の表示色が変わることがむしろ煩雑であったというものがあり、マークを無視する方略のもとでは、マークが処理を妨害した可能性も考えられる。

全 体 考 察

まず、横スクロール表示の読みにおける表示枠サイズと読みに最適な提示速度との関係について整理する。最適速度は、通常の漢字仮名まじり表記の読みでは、一時に表示される文字数が 1—5 文字前後の範囲では文字数が増加するにつれて速くなるが、5 文字を越えるあたりで安定する。安定した後の速度は約 190 ms/文字である。したがって、実験の結果から横スクロール表示の効率の面からの最適条件は、表示文字数が一時に 7 文字以上で、文字の移動速度が 190 ms/文字程度であると言える。

また、最適速度の変化は次のように解釈された。表示文字数が 1 文字から 5 文字前後の範囲では逐次的な形態素解析が行なわれるために、表示文字数が小さいほど処理に時間がかかり読みの速度が遅くなる。一方 5 文字を越えるあたりから、通常の読みと同様の形態素解析の一括的処理が行なわれ表示文字数の効果が見られなくなる。この解釈の妥当性を検討するために、実験 2 では一時に表示される文字数が小さい場合の形態素解析過程のモデルを構成し、その検証を行なったのであるが、その結果逐次的な形態素解析過程を表記

Figure 3. The optimum moving rate (ms/character) for each frame size (Experiment 2).

Figure 4. The optimum moving rate for each frame size.

形態から得られる情報によって制御する系が存在することが示された。このことはモデルの心理的な実在性を示唆するものと考えられる。

ここで、Figure 2 のモデルについて考察を加える。表示枠サイズが小さい場合に読みに最適な表示速度が遅く調整されることを、Figure 2 ではどのように説明できるだろうか。同様の処理を計算機を用いて行なおうとすると、システムの実行速度は辞書へのアクセスの効率によって決定される。一般に辞書へのアクセスの頻度に比例して処理時間は長くなる。このことを踏まえて Figure 2 を見てみる。Figure 2 では辞書へのアクセスは形態素の検出の際に構文解析の処理とで行なわれる。辞書へアクセスする目的は、認識されたひらがな列が辞書に存在するかどうか（形態素、あるいは語であるかどうか）を調べることと、それが存在する場合には、そのひらがな列の統語的情報、意味的情報を得ることである。表示枠サイズが一括処理可能な文字数より小さい場合に、提示文字数が処理単位であるとすると、辞書アクセスについて次のような関係が成り立つと考えられる。提示文字数が大きい場合には、より長い綴りを形態素として認定できる可能性があり、それに伴う形態素解析処理の繰り返し数が増え同時に辞書アクセス数も大きくなる。しかし、形態素解析処理の結果として長い綴りの形態素が得られることで構文解析処理の段階での辞書アクセスは少なくてすむ。一方、提示文字数が小さい場合には、形態素を検出するための辞書アクセス数は小さくてすむが、構文解析に伴って必要となる辞書アクセス数は膨大なものとなる。以上のことは綴りの長さと同綴り異義語の数の関係を考えれば明らかであろう。Figure 2 ではこの辞書アクセス数の関係によって提示文字数が増加するにつれて最適処理速度が速くなることが説明される。

以上のように、実験 1, 2 によって横にスクロールする文章の読みについて処理速度の面からの特性が記述されたのであるが、さらに横スクロール表示の読みの特性として記述されるべきものに眼球運動が残されている。眼球運動について検討すべき点を以下にあげる。

検討すべき第 1 は、眼球運動が生じているかどうかであろう。素朴に考えれば、文字が移動するのであるから凝視点の移動は必要がなく、凝視点が 1 箇所停留したままで読みが行なわれると考えられる。また逆に、文字が出現する箇所から、一括処理可能な文字数が表示されるまで、文字の移動と共に凝視点が移動し、読み込まれた文字の処理が済むと再び文字の現われる位置に凝視点が戻るといった往復運動をしているとも考えられる。いずれにせよ、通常の読みに現われる眼球運動のパターンとは異なるものが起こっていることが

予想される。

第 2 点は、一時に表示される文字数や表示速度によって眼球運動に変化が現われるかどうかである。本研究では読みに最適な速度に表示速度を調整するよう被験者に求めた。このことは被験者が今回測定した以上の速度で横スクロールする文章を処理できることも意味している。速度に応じた眼球運動の変化が見られるのかどうかを検討することも必要であろう。それにより、被験者が最適として調整した速度の“最適”の意味が明らかになるように思われる。

これらの点の記述が今後の課題となろう。これらの記述により、本研究の形態素解析モデルの心理的な実在性についてもより明確な判定が行なえると考えられる。

最後に、電光表示やテロップなどの実用場面について、その実験の結果を踏まえて考察を行なう。この実験から実用場面について言えることは、横スクロール表示機構が限られたスペースで情報を提示するためには優れた表示方法であるが、読みの速度の面からはかなり効率の悪い表示方法である点に常に留意する必要があるということである。この点に留意した上で、新規な情報を正確に効率良く伝達するために表示装置の側面と文章の表記法の側面とで本研究の知見を活かすことができる。

まず表示装置では、表示幅は最低 5 文字分は必要であり、7 文字以上が望ましいこと、移動速度は 1 文字あたり 190 ms 程度とすることの 2 点である。文章の表記の側面では、漢字仮名まじりで表記するか、仮名書きをする場合には、表示色を変えるなどして単語や助詞をマークする、あるいは語や文節毎にスペーシングを変化させ分かち書きをするなどの方法で情報の冗長度を高めるなどの工夫をすべきである。

また、今回の実験では要因に加えていないが、個々の文字自体の読みやすさも読みの速度に影響を与えることが考えられる。この点について、Sakamoto, Itakura, Imamura, Kinebuchi, Seki, & Hanba (1992) では、CRT 上を移動する個々の数字や、英文字の認知されやすさに及ぼす移動の方向や文字の形態の効果について実験的な検討を加えているが、文章の読みとの関係については言及されていない。今回のような課題では、前後の文脈を利用できる状況（表示枠サイズが比較的大きい条件）では文脈を利用した処理が相対的に優位となり、視認性の低下の影響を受けにくい可能性もある。個々の文字の認知されやすさを要因に加えた実験的研究を行なうこともまた実用場面への応用を考える上では重要な課題となろう。

引用文献

- Forster, K. I. 1970 Visual perception of rapidly presented word sequences of varying complexity. *Perception and Psychophysics*, **8**, 211-215.
- Massaro, D. W. 1975 *Experimental psychology and information processing*. Chicago: Rand McNally.
- 日本語能力試験研究会 1986 日本語テスト問題集 (読解編) 凡人社
- Osaka, N. 1987 Effect of peripheral visual field size upon eye movements during Japanese text processing. J. K. O'Regan & A. Levy-Schoen (Eds.), *Eye movements: Form physiology to cognition*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V. Pp. 421-429.
- 苅阪直行 1991 読みの認知精神物理学 (I) —縦表記文の有効視野範囲について— 日本心理学会第55回大会発表論文集, 198.
- Osaka, N. 1992 Size of saccade and fixation duration of eye movements during reading: psychophysics of Japanese text processing. *Journal of the Optical Society of America A*, **9**, 5-13.
- Potter M. C., Kroll, J. F., & Harris, C. 1980 Comprehension and memory in rapid sequential reading.

In R. S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 395-418.

- Rayner, K. 1984 Visual selection in reading, picture perception, and visual search. In H. Bouma & D. G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance X*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 67-96.
- Reicher, G. M. 1969 Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*, **81**, 274-280.
- Sakamoto, K., Itakura, N., Imamura, K., Kinebuchi, N., Seki, K., & Hanba, S. 1992 On the visual recognition of moving letter. *Annals of Physiological Anthropology*, **11**, 611-624.

付 記

本研究を実施するにあたっては、予備実験、本実験のデータ収集に関して村上基、本城賢（平成3年度早稲田大学人間科学部卒業）の両氏の協力を得た。記して感謝の意を表します。

——1992.10.29.受稿, 1993.5.8.受理——

付 録

実験1に使用した文章の一部

漢字仮名表記

(前略)戦前,日本の技術は性能はともかくとしても,とにかく故障しやすかった。ただ国内相手だったので修理の名人がいてごまかしていた。(後略)

仮名表記

せんぜん, にほんのぎじゅつはせいのはともかくとしても,とにかくこしょうしやすかった。ただこないあいてだったのでしゅうりのめいじんがいてごまかしていた。

実験2に使用した文章の一部

仮名表記 (語マーク条件)

せんぜん, にほんのぎじゅつはせいのはともかくとしても, とにかくこしょうしやすかった。ただこないあいてだったのでしゅうりのめいじんがいてごまかしていた。

仮名表記 (文節マーク条件)

せんぜん, にほんのぎじゅつはせいのはともかくとしても, とにかくこしょうしやすかった。ただこないあいてだったのでしゅうりのめいじんがいてごまかしていた。