

国立国語研究所学術情報リポジトリ

A review of the studies on the reading eye movements

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-06-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 神部, 尚武, KAMBE, Naotake メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15084/00001320

読みの眼球運動と読みの過程

神 部 尚 武

1. はじめに

読みの過程は、眼が文字を追って移動することからはじまる。読みの過程の研究は、このような情報の感覚的受容の段階にとどまるものではない。情報の受容から文の理解にいたる高次の情報処理過程の全体を研究の対象としている。この複雑にこみいった過程を解明するにあたって、読書中の眼球の動きを時間を追って記録するという方法だけでは、いかにもたよりないという印象をあたえるかもしれない。しかし、最近の研究で見いだされた数多くの新しい事実は、読書中の眼球運動の測定が情報の受容から文の理解にいたる情報処理の全体の過程をしらべるのに適切な方法であることを明らかにしている。

この報告では、はじめに読みの眼球運動の一般的特徴と眼球運動測定法の概略をのべ、この基礎の上に眼球運動がいつどのような情報にもとづいて制御されているかという読みの過程の本質にかかわる研究についてのべる。ここで、特に測定法をとり上げたのは、読みの眼球運動の研究が、いつでも新しい測定法の開発によって発展してきているからである。

2. 読みの眼球運動の一般的特徴

読みの眼球運動の特徴は、ほかの人の読書中の眼球運動をすぐ近くから観察することによって容易にとらえることができる。読書中は眼がなめらかに文字を追っているように思っていたのが、まったくまちがいであったとすぐに気がつくにちがいない(注1)。

読書中、眼は連続して文字を追うのではなく、ところどころに立ちどまり、すばやく飛びうつり、ときにはすでに一度立ちどまったところにもどったりする。読書中の眼球運動の記録の1例を図1に示した。眼がテキストの一点に立ちどまり、つぎの注視点にすばやく移動する断続的で瞬間的な動きを saccade (跳躍運動あるいは飛躍運動と訳されている。フランス語に語源をもち、馬のたずなをぐいと引く意味に由来する。) と呼ぶ。読書中の saccade の速度は、 $100\sim 200^{\circ}/\text{sec.}$ 程度、経過時間は、 $10\sim 20\text{msec.}$ の範囲である。この間には情報を受け入れることはできない^(註2)。

視線がテキスト上の一点にとどまり、情報を受け入れる時間を fixation duration (停留時間) と呼ぶ。一度読んだところへもどる動きを regression (逆行) と呼ぶ。一行を読みおわり、つぎの行へうつる動きを return sweep (行かえ) と呼ぶ。

図2は、図1に示したような測定結果をもとにして、一定量のテキスト全体に対して、一つ一つの停留時間と跳躍距離をしらべ、度数分布に整理したものである。図2から停留時間の範囲は $100\sim 500\text{msec.}$ であり、そのピークは $250\sim 300\text{msec.}$ にある。跳躍距離は1～10文字の間に分布し、そのピークは3～4文字にある。逆行の場合の跳躍距離は、図2ではマイナス方向にプロットされているが、1～4文字の範囲に分布し、全体の跳躍数の10%程度を示している。図2は、一人の被験者の結果を示したものであるが、漢字かなまじり文を対象とした18名の被験者のデータ¹⁾によると停留時間の平均値は $250\sim 350\text{msec.}$ の範囲に分布し、全体の平均値は 300msec. になる。跳躍距離の被験者全体の平均値は3.5字という結果がある。実験条件(文字の大きさと眼から文字までの距離)から視角 2° に対応する文字数を計算すると3.3字である。全体の停留数に対して逆行のしめる割合は、個人差が多く例外もあるが、大部分の被験者が10%以下である。

アルファベットの文字体系の場合と比較するために、8名の米国の大学生を被験者とした英語のデータ²⁾をしらべてみると、停留時間は $100\sim 450\text{msec.}$ の範囲に分布し、停留時間分布のピークは $200\sim 250\text{msec.}$ にある。跳躍距離

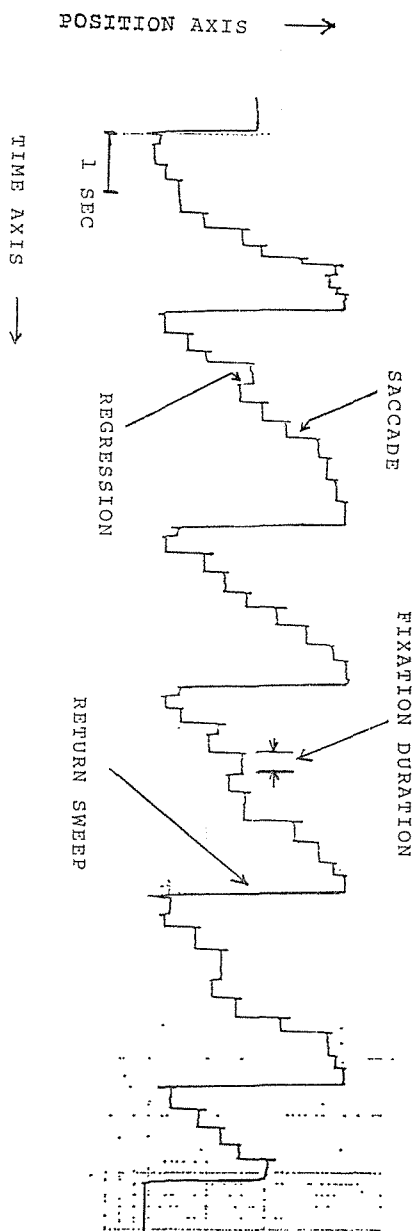


図 1 読みの眼球運動の記録の一例 (筆者による)

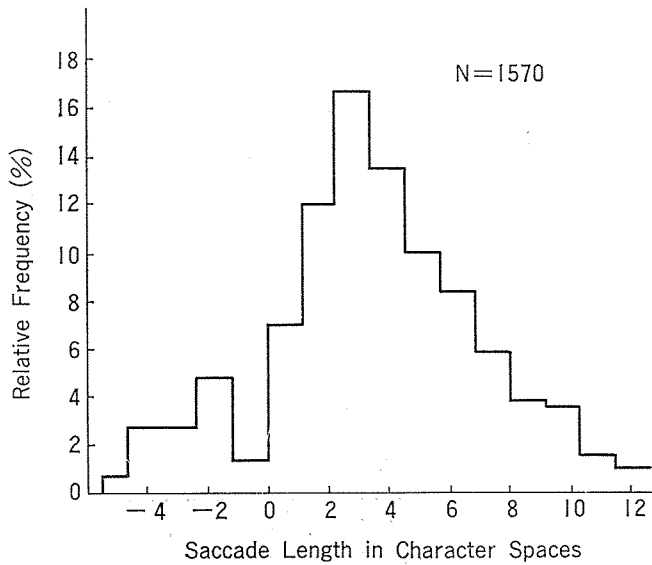
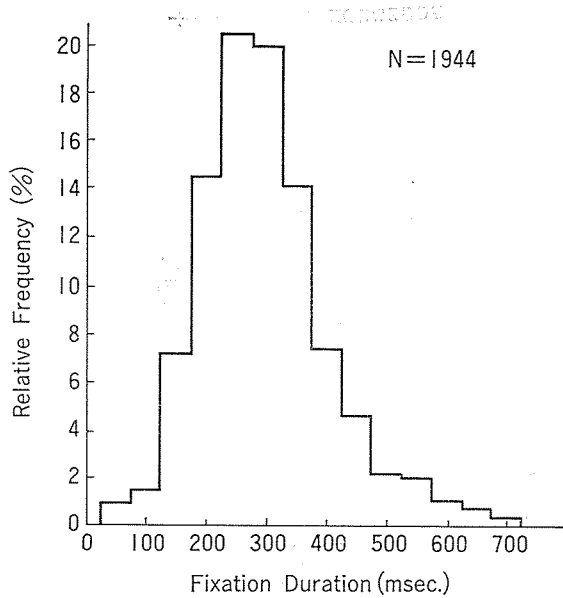


図2 停留時間（上図）と跳躍距離（下図）
の度数分布の一例（筆者による）

は1～20文字の間に分布し、その分布のピークは6～9文字にある。この値は、視角に換算すると2～3°に相当する。逆行数は、全体の跳躍数の15～20%をしめる。

日本語の漢字かなまじり文の読みと、アルファベットによる英語の読みの間では、跳躍距離については、文字数を視角に換算して比較すると2～3°の範囲にあり、両者の間に差があるとはいえない。しかし、平均停留時間については、50msec.程度は漢字かなまじり文の方が長くかかるようである。全体の跳躍数に対する逆行の割合は、漢字かなまじり文の方が少ないので、全体としての読みの能率は、ほぼ同じではないかと考えている。平均停留時間の長くなること、逆行が少ないことは、漢字の特性と無関係ではないはずであるが、さらにデータを広く集めた上で原因を追求していきたいと考えている。

以上の結果は、大学生以上を被験者として読みの眼球運動の完成した姿をみたものである。読みの過程の発達段階を、眼球運動の測定によってしらべたデータ³⁾がある。表1は、米国で小学校1年から高校3年、大学にいたる13段階で、合計12,143名という多くの被験者に対する調査をまとめたものである^(注3)。平均停留時間は、13年間で0.33sec.から0.24sec.に変化しているが、この変化は小学校3～4年までにおこり、その後は、ほとんど変化しない。これに対して、停留数は、13年間にわたり100語当り183回から75回まで連続して減少しつづけている。一停留当りの語数に換算すると0.55語から1.33語に変化している。読みの速度を、1分当りに読まれた語数で表わすと、1分当り80語から280語に変化している。平均停留時間はこれほど変化していないので、読みの速度の変化は、一停留当りで処理された語数の増加に依存している。

英語の1語の平均文字数を、4字と仮定しスペースを加えると、1.33語は文字数で7字に対応し、視角に換算すると約2°に相当する。この値は、さきの日本語と英語の読みの平均跳躍距離と等しく、網膜で錐体細胞が密に分布し、解像度の高い中心窩の範囲2°と一致する。この一致するという事実

表1 小学生から大学生にいたる13段階の読みの眼球運動の平均値
(Taylor, Frackenpohl and Pettee, 1960)

Grade	(1) Average duration of fixation (seconds)	(2) Regressions per 100 words	(3) Nonregressive fixations per 100 words	(4) Percent of all fixations that are regressive	(5) Words per fixation	(6) Reading rate in words per minute
1	0.33	42	183	0.19	0.55	80
2	0.30	40	134	0.23	0.75	115
3	0.28	35	120	0.23	0.83	138
4	0.27	31	108	0.22	0.93	158
5	0.27	28	101	0.22	0.99	173
6	0.27	25	95	0.21	1.05	185
7	0.27	23	91	0.20	1.10	195
8	0.27	21	88	0.19	1.14	204
9	0.27	20	85	0.19	1.18	214
10	0.26	19	82	0.19	1.22	224
11	0.26	18	78	0.19	1.28	237
12	0.25	17	77	0.18	1.30	250
College	0.24	15	75	0.17	1.33	280

から、印刷された文字をくまなく鮮明にみていくことが読みの必要条件であって眼の中心窩の範囲に一度は全ての文字がうつらねばならないと受けとるべきではない。平均値が1.33語というのは、図2の分布の例からわかるように実際の注視点は1.33語以上に離れる場合もある。一方では、1語に2度以上の停留を必要とする場合もある。冠詞や短い前置詞など語によっては中心窩でとらえることを必要としない場合もあるにちがいない。

停留時間の平均値 240msec. は、なにによって規定されているかという問題は、まだよくわかっていない。跳躍運動を行なうためには、運動の潜時(latency)が必要であることはわかっている。文字を読まないで、出来るだ

け速く停留をくり返していく条件で眼球運動を測定してみると、停留時間の平均値は、200msec. 程度となる。文字を読んでいく場合には、はじめに 50 msec. 程度が情報の入力としてつかわれ、あとの 200msec. の時間は、つぎの停留の場所にとぶための運動潜時と考えられる。当然、この 200msec. の時間には、入力した情報を、さきに入力した情報と統合するなどの作業が平行しておこなわれているはずである。

情報の入力が50msec. の間に片づかない場合は、この時間が長くなるが、長くなったとしても250msec. (全体で450msec.) 以上にのびることはない。250msec. でも処理できない場合は、もう一度、すでに見たところにもどったり、すぐ近くに新しい停留がくり返される。この理由は、跳躍運動潜時を短く、しかも一定にしておくためには、なるべく一定のリズムで停留をくり返すことが必要となるからではないかと考えている。

平均跳躍距離と平均停留時間のうち、平均跳躍距離の方は、同じ被験者がむずかしい文章を読む場合とやさしい文章を読む場合とではかなり差があり、文章のむずかしさの度合に応じて短くなる。同じ文章をくり返して読むような場合は、平均跳躍距離は長くなる。また、日本人が外国語である英語を読むような場合は、その人の英語の能力によるが、一般には同じ時間内で読むことのできる文章の量は、日本語を読む場合にくらべて相当減少する。このような読む能力の低下は、主として平均跳躍距離が短くなることによって示され、平均停留時間の増加はわずかである。図3に、一人の日本人の被験者が、同じ内容の日本語と英語のテキストを読んだ場合の結果を示した⁴⁾。読みの速度は、1分間に読んだ語数 (words per min.) で表わした。語数は英文で算出し、これと同じ内容の日本語は同数の語で表現されていると仮定している。たとえば、英語は 200w.p.m., 日本語は 300w.p.m. の速度で読んだとすると、同じ時間で日本語の方が 1.5 倍の量の内容を読むことができたことを示している。図3には、3種類の文章を英文は4回、日本語は3回くり返し読んだ結果から、合計21個のデータがプロットされている。

日本語の漢字かなまじり文を用いて、文章中の漢字をひらがなに置きかえ

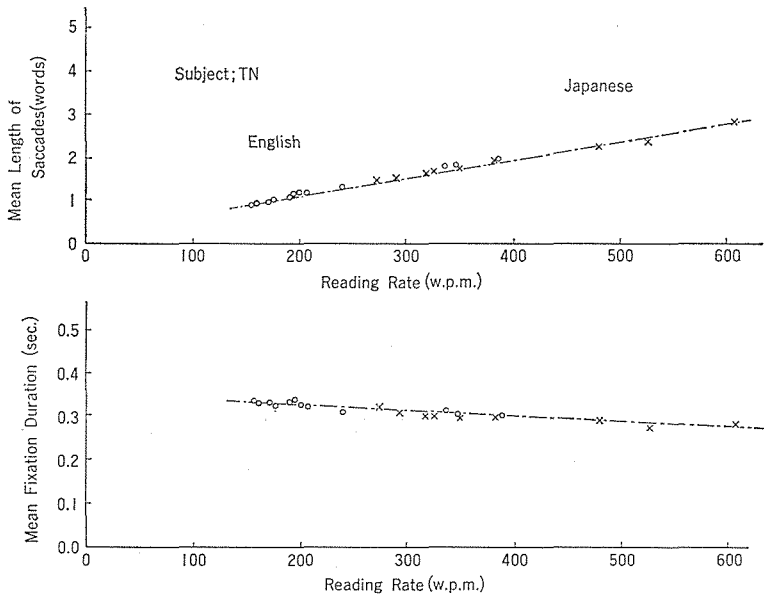


図3 一人の日本人の被験者が、同一内容の日本語文と英語文を読んだ場合の読みの速度（1分間に読まれた語数）、平均跳躍距離（語数）および平均停留時間（秒）の関係（筆者による）

ることによって、6段階の読みにくさをもつ文章をつくり、平均停留時間と平均跳躍距離がどのような影響を受けるかが調べられている⁹⁾。読みの速度は、文章中にひらがなが多くなるにしたがって低下するが、この低下のほとんどの部分が平均跳躍距離が短くなることでまき、平均停留時間が長くなることの寄与は小さい。

跳躍距離は、読みの速度に大きく寄与するので、訓練によってこれをのぼすことが可能かどうかが問題となる。さきにのべたように、英語文でも日本語文でも平均跳躍距離は、網膜上で錐体細胞が密に分布し、解像度の高い中心窩の範囲 2° と一致することから、中心窩の広さの制約を受けていると推定できる。

英語の場合、普通の読みの速度は1分当たり200~300語である。一定期間、速読法の訓練をおこなうと600~700語は読むことができるといわれている。

1秒に4回停留し、1停留で3語読むと仮定すると、一分間当たり720語になる。意味処理の範囲を、中心窩の範囲をこえて停留当り平均して3語まで広げることが可能かどうかが問題となる。

Just, M. A., Carpenter, P. A. and Masson, M. (1981) は、3つのグループを作って実験をおこなった⁹⁾。普通に読むグループ、40時間の速読法の訓練をおこなったグループ、特別の訓練はおこなわずに、可能なかぎり速く読むように動機づけをおこない無理やりに速く読ませてしまうグループの3つで、各グループに属する11名の被験者の読みの速度の平均値は、それぞれ一分当たり234語、686語、585語であった。眼球運動の停留をしらべると、普通グループは全体の単語に対して、64%の単語に停留し、速読グループは34%、動機づけグループは40%に停留して読んでいる。停留しない語が2語以上続くことは、普通グループでは少なく、停留の89%が1語をとばすか1語もとばさないかのいずれかであった。速読グループは、同様の場合が55%、動機づけグループは、67%であった。注視点のまわりに情報収集の範囲が広がったために、このような結果になったかどうかをしらべるために、特別なテストをおこなった。速読グループ、動機づけグループに対して、停留しない語のつづく部分で、いくつかの事実についての質問を作った。両グループともに、この質問には答えることができなかった。このことは、両グループとも、意味処理の可能な範囲は、注視点のまわりの狭い範囲に限られていたことを示している。停留時間の平均値は、速読グループが233msec.、動機づけグループ221msec.、普通グループ330msec. であった。理解度のテストは、100語程度の要約と20の文章が内容に対して正しいか誤っているかを答えさせるものであった。この成績は、普通グループにくらべて、他の二つのグループはかなり低くなった。速読グループの方が、動機づけグループにくらべてすこしだけ成績が良かった。この理由として、速読グループの方が、停留点が一様に分布していることを上げることができる。動機づけグループでは、文章のある部分には多く停留し、別の部分はとばしてしまうような傾向をもつ。

速読法によって、はやく読むということは、サンプリング密度をなるべくテキスト全体に対して一様にして情報を受けとり、読み手が自分の中にもっているテキストの主題についての知識を最大限に用いて、書かれているテキストの内容と近似したものを読み手が再構成してしまうという別の種類の読み方を習得することであるといえそうである。

この実験から普通の読みの速度である1分当たり200～300語は、文章の内容を正しく把握する読み方のできる範囲を示していると考えることができる。4章で、読みの過程と眼球運動の対応についてのべるが、このような読み方を対象としている。

3. 眼球運動測定法の概略

読書中の眼球運動を、はじめて停留と跳躍運動のくり返しとして記述したのは、フランスの眼科医、Javal, E. (1879) といわれる。Javal は、肉眼で鏡を用いて、ほかの人の読書中の眼球運動を観察した。器械を用いた客観的な記録法は、(1)コンタクトレンズ法、(2)角膜反射光法、(3)眼球静電位法、(4)光電的方法、(5)コンピュータ・ディスプレイを利用する方法、の5つに分類できる。

(1) コンタクトレンズ法

器械を用いて、はじめて客観的な記録を行ったのは、Huey, E. B. (1898) である⁷⁾。角膜上に石こうで作ったコンタクトレンズをつけて、その表面にレバーを固定し、レバーの動きを、この原理を用いて増幅し、煤紙の上に記録した。その後、この方法は、角膜上に白いマークをつけ、これを写真撮影する方法にかわった^(注4)。

(2) 角膜反射光法

Dodge, R. (1907) は、眼の近くに点光源をおき、この光源の角膜上にうつる像の動きをカメラで撮影する方法を、はじめて実行にうつした⁸⁾。一定速度でフィルムを送ることで、停留時間と注視点をフィルムから読みとることが可能になった。1920～30年代に米国で行なわれた読みの眼球運動の研究

は、この方法によっている⁹⁾。現在では、テレビジョン技術を利用して、実際のシーンの上に被験者の注視点を重ねて示す装置が市販されている(注5)。

(3) 眼球静電位法

眼の角膜側が正、網膜側が負に帯電していることを利用する方法である。ENG (Electronystamography) あるいは、EOG (Electrooculography) と呼ばれている。眼球の周辺に皮膚電極を接着し、直流増幅器によりレコーダ上に眼球運動を記録する。

この方法が眼球運動の測定に用いられるようになったのは、さきの2つの方法にくらべておくれ、1920年代からである¹⁰⁾。電圧の発生源についても諸説があったが、角膜・網膜間電位として記述されるようになったのは1936年であった¹¹⁾。その後もしばらくの間、電極と電解質の境界に発生する分極電圧の不安定さのために正確な眼球運動の測定ができなかった。1950年代になって不分極性の銀・塩化銀 (Ag/AgCl) 電極が開発され、かなり安定した測定が可能になった。市販の銀・塩化銀電極は、時間軸上のドリフトはさけられないが、測定ごとに増幅器の入力側でドリフト分の電位を打消すだけの電圧を発生することによって、ドリフトを補償することができる。読みの眼球運動の測定の際には、読みはじめる前に被験者の視線をテキストの中央部分にあわせ、このときの増幅器の出力が零になるように、さきのドリフト補償電位を調整する。読み終わったあとで、もう一度テキストの中央に視線をあわせると、出力は零からへだたっている。この分が測定中のドリフトであるが、測定時間にもよるが、一般に全スケールに対して5%以内の変動におさまるので、読みの眼球運動に利用する上では問題はない。

(4) 光電的方法

白眼と黒眼の境界の部分をおねらって、スポットライトで照明し、そこからの反射光を光電変換素子で受けることから光電的方法 (Photoelectric method) と呼ばれている(図4、右上参照)。この方法は1951年に ENG にかわるものとして、耳鼻咽喉科の分野で、はじめて開発された (Trok, N. et al.¹²⁾)。図4、左上の図は Trok らの論文からとったものである。長方形の部分を照

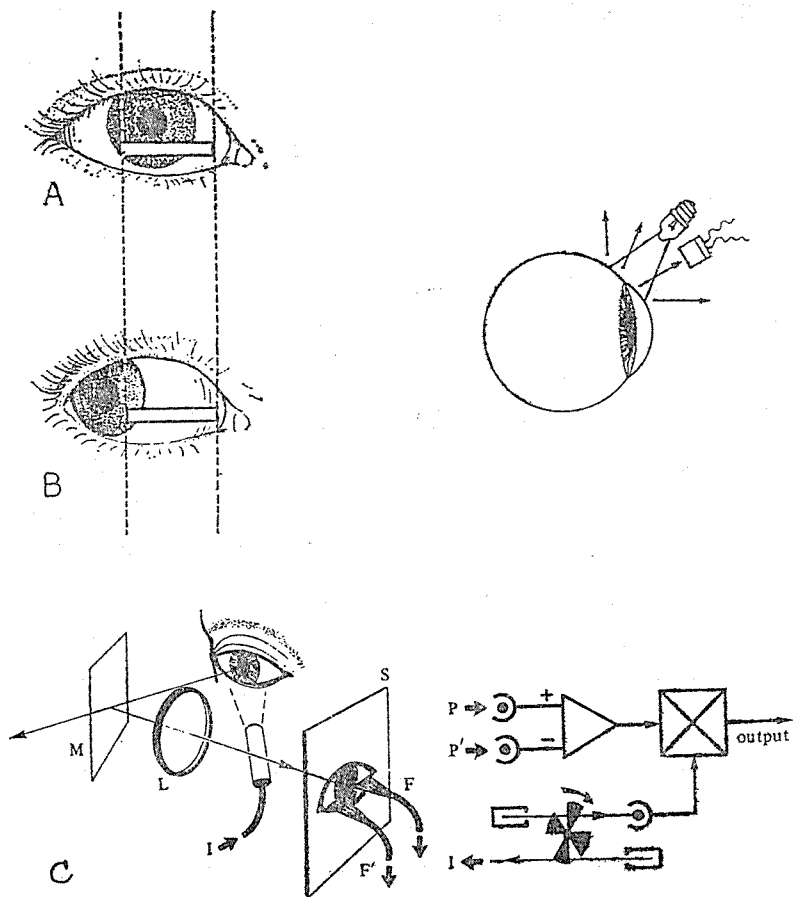


図4 光電的方法による眼球運動の測定原理
(A and B; Trok, Guillemin and Barnothy, 1951,
C; Wheelless, Boynton and Cohen, 1966)

明し、ここからの反射光を光電池で受けている。図4、左図のA図からB図への眼球運動は、長方形の部分からの反射光の増加による光電池出力の増加としてとらえることができる。

その後、受光素子一個では、水平方向の眼の運動と上下方向の運動を分離できないので、受光素子を二個つかって、それぞれの出力の差を利用する方

法が工夫された。可視光の照明ではまぶしいので赤外フィルタを用いるようになった。この方法の欠点は、照明光と受光素子の関係を正しい位置に調整するために何度も試行をくり返すしか方法がなく、しかも一度正しく調整された位置も、被験者が動くとき再調整が必要となることである。

Wheeless, L. L. らが開発した方法を図4のC図に示した¹³⁾。眼は赤色光Iで照明される。眼の像が、半透明鏡MとレンズLによって、スクリーンSの上に投影される。スクリーンSは調整のときだけ用いられ、測定るときはとりのぞかれる。眼の像からの光が、グラスファイバーによってフォトダイオードの受光面まで導びかれる。像のどの部分からの光を受光面に導びくかという調整を、実験者が被験者の眼の像を直接に観測しながら行なえるのが、この方法の特徴である。照明光は光チョッパーの回転数で変調され、フォトダイオードの出力は、この信号と同期をとって差動増幅されるので実験室内のほかの光による妨害を受けない。水平方向の分解能は3', 垂直方向は10', 直線性の成立する範囲は、水平方向で $\pm 15^\circ$ 、垂直方向で $\pm 10^\circ$ と Wheeless らは報告している。さきの眼球静電位法は、水平方向で、分解能は1', 直線性の成立する範囲は $\pm 15^\circ$ である。光電的方法は、眼球静電位法にくらべて、分解能において20倍の精密度を持つわけである。

図1の読みの眼球運動の測定例は、黒眼と白眼の境を一对の赤外光で照明し、それぞれの反射光を近くにおいた一对のフォトランジスターで受けて差動増幅して記録したものである。

(5) コンピュータ・ディスプレイを利用する方法

これまでに述べた方法で得られる注視点の情報を、電子計算機で常にモニターして、リアルタイムでディスプレイ上のテキストに変容を与えることが、最近になって行なわれるようになった¹⁴⁾。文をディスプレイ上に提示し、文のどの部分に被験者の注視点があるかを常にとらえ、いつも注視点を中心に一定の範囲にかぎって文字を提示する条件、あるいは注視点をかこむ一定の範囲には文字を提示しない条件などが自由に作りだせるようになった。

このような眼球運動測定と電子計算機が一体となったシステムの実現によって、眼球運動を手がかりとした読みのメカニズムの研究は、大きく進歩することになった。

4. 読みの過程と眼球運動の対応

これまでののべた読みの眼球運動の研究は、平均停留時間と平均跳躍距離という二つの変数によって記述され（たとえば図3や表1の結果にみるように）、これらの変数が、読む人や読む材料の要因でどのような影響を受けるかを問題としたものであった。

これに対して、停留時にどのくらいの範囲から情報が収集されるか、各停留で得られた情報はどのようにして統合されていくのか、一つ一つの停留の注視点の位置は、いつどのような情報をもとにきめられるのか、一つ一つの停留時間は、読みの過程とどのような関係にあるのか、など読みのメカニズムの本質にかかわる研究は、最近になって行なわれるようになった。

これは、さきにのべた眼球運動測定と電子計算機が一体となったシステムによるテキストの提示方法の開発によるところが大きい。

以下では、(1)停留時の情報受容範囲、(2)停留間の情報の統合、(3)注視点の位置、(4)停留時間、(5)漢字かなまじり文の読みの場合、の5つにわけてのべる。

(1) 停留時の情報受容範囲

注視点を中心に、どのような範囲にまで情報の収集がおこなわれているか。これをしらべるためには、注視点から常に一定の範囲しか情報を提示しないような実験条件をつくり、この範囲を変えて読みに及ぼす効果をしらべれば、情報の収集範囲はとらえられる。しかし、収集される情報の内容が注視点から離れるにしたがって異なるかもしれない。これを知るためには、注視点から一定範囲に情報を限るだけでなく、この範囲外の周辺情報も制御する必要がある。この点に関して、McConkie, G. W. and Rayner, K. (1975) は、たくみな実験を行なった¹⁵⁾。表2は、テキストの一部分について、被験者の注視点が diagnosis の d の部分におかれている場合の周辺情報 (XS,

表 2 McConkie and Rayner の実験につかわれたテキストの一例 (周辺視で与えられる情報を 6 条件に変えた場合)
(McConkie and Rayner, 1975)

	Graphology means personality diagnosis from hand writing. This is a
XS	XXXXXXXXXX xxxxx xxxxxxxxxxxx diagnosis xxxx xxxxxxxx. XXXX xx x
XF	XX
CS	CnojkaiaqP wsoRe jsnconality diagnosis tnaw kori mlfirg. Ykle le o
CF	CnojkaiaqPewsoRejsnconality diagnosisetnawekoriemlflrqceciYkleeleeo
NCS	Hbfxwysyvo tifiI xiblonality diagnosis abyf wfdn hbemedy. Awcl cl f
NCF	HbfxwysyvociIfIclxiBlonality diagnosiscabytcfwfdnchbemedvcecaAwclclclcf

XF, CS, CF, NCS, NCF の 6 条件) を示している。表 2 では、注視点を中心
に 17 文字の範囲は変容をくわえていない。この範囲を窓の大きさ (window
size) と呼び、窓を十分に大きくとれば周辺情報の条件間の差はなくなる。
窓は、注視点の移動につれて移動していく。

各条件について、どのような情報が周辺視野に与えられるかをしらべてみ
る。XS 条件は、窓以外の部分では大文字は全て大文字の X に、小文字は全
て小文字の x におきかえられている。スペースはそのままスペースとして保
存される。したがって、周辺情報として単語の長さ、文の始まりと終りの
情報が与えられる。XF 条件は、窓以外はすべて X におきかえられている。
周辺情報は一行の長さだけである。CS 条件は、窓以外の部分を、文字単位
で形のよく似た文字におきかえる。周辺情報として単語の長さ、文の始まり
と終りに加えて、単語全体の形の情報が与えられる。CF 条件は、CS 条件
に加えてスペースを小文字 e でうめてしまったものである。NCS 条件は、
窓以外の部分を文字単位で形の似ていない文字でおきかえたもので、周辺情
報として単語の長さ、文の切れ目は保存されるが、単語全体の形の情報は与
えられない。NCF 条件は、NCS 条件に加えてスペースを小文字 c でうめて
しまったものである。

実験は、窓の大きさをどのくらいの範囲まで制限したとき、条件間で読み
の眼球運動に差が生じてくるかをしらべる。

XF 条件と XS 条件で読みに差のでてくるのは、窓の大きさを注視点から
右側に 12~15 文字の範囲まで狭くしたときである。スペースがうめられて、
周辺視で単語の長さに関する情報を得ることができないと、跳躍距離が短く
なる。単語の長さの情報は、注視点から右に 12~15 文字の範囲まで、読みの
眼球運動の跳躍距離をのばすことに対して有効である。CS 条件と NCS 条
件を比較すると、窓の大きさを注視点から右側へ 10 文字の範囲まで狭くする
と停留時間に影響があらわれる。単語の全体の形の情報が周辺視で前もって
与えられないと、停留時間が長くなる傾向を示す。単語全体の形が、有効な
情報として処理されるのは、注視点から右側に 10 文字の範囲である^(注6)。

つぎに、単語の意味が処理される範囲を推定するために、Rayner, K. (1975) は、さきの実験と同様に、テキストの内容を周辺視でとらえる場合と中心視でとらえる場合とで変えてしまって、読みに及ぼす効果をしらべる方法を工夫した¹⁶⁾。

主語、述語、目的語および前置詞句の四つの部分からできている文を用意し、その中の特定の語にあらかじめ変容を与えておく。特定の語を critical word と呼び、以下では CW と略称する。CW は、つぎにのべるように 4 種類の変容を与えられる。たとえば、The rebels guarded the palace with their guns. という文で、CW を palace とする。

第一の変容は、police である。この語は単語の最初と最後の文字が同じ単語で単語全体の形が似ているほかに、palace が police にかわっても文の意味は通じる (W—SL 条件)。第二の変容は、pcluce である。単語全体の形は似ているが無意味語である (N—SL 条件)。第三の変容は pycctce である。無意味語で、最初と最後の文字は同じであるが、単語全体の形は似ていない (N—L 条件)。第四の変容は、qcluec である。単語全体の形は似ているが、最初と最後の文字は異なり、無意味語である (N—S 条件)。CW に変容を与えない条件、すなわち palace とする条件でも実験を行なっている (W—Ident 条件)。

被験者が文を読みすすんで、CW に近づいて、はじめに決めた位置を注視点が通過したとき CW を変容を与える前の姿にもどす。さきの例の N—SL 条件では、CW に注視点が移動する前は pcluce になっているが、注視点がこの語の場所に移動したときは palace にかわっているわけである。この場合に、もし pcluce を palace にもどす位置が、この語のすぐ近くにあつて、周辺視で pcluce を見てしまって、この語に対して処理がおこなわれるような場合は、そこでの停留時間は、W—Ident 条件にくらべて長くなるはずである。実験から、CW に注視点を移動する直前の注視点の停留時間は、この注視点が CW から 4～6 文字以上はなれている場合には、CW が無意味語に変容していても有意味語であっても、差がみられなかった。この事実には、

単語の意味処理が、注視点から4～6文字以内の範囲に限定されることを示している。

さきの停留時間は、CW に対する注視点から一つ手前の停留時間をみたが、CW に対する停留時間をしらべると、単語全体の形および最初と最後の文字をかえてしまったものを前もって提示していたものは停留時間が長くなる。この効果は、CW から10～12文字はなれた場所から、直接に注視点がCW に移動した場合にもあらわれる。このことから、単語の全体の形の情報が、注視点から10～12文字はなれた場所においても処理されていることがわかる。

以上のべた二つの実験より、単語の意味処理は、注視点より5文字程度の範囲まで、単語全体の形は10文字、単語の長さは15文字程度まで処理されていることが明らかになった。読みの過程に対して重要なのは、中心視でおこなわれる単語の意味処理である。周辺視でおこなわれる単語全体の形や単語の長さに関する処理が、読みの過程のどのような面に関するかは、まだ十分に明らかにされていない。単語の長さの情報に関してはつぎの注視点の位置をきめるために重要な役割をはたしていると考えられているが、これについては後でさらに検討をくわえる。

(2) 停留間の情報の統合

注視点の移動にともなって継次的にとりこまれた情報から、どのようにして全体像が形成されていくのだろうか。一つの停留で得られた情報と、それにつづく停留で得られた情報は、どのようにして関連づけられていくのだろうか。この問題に対する一つの解答は、さきのべた Rayner, K.(1975) の実験結果が与えている¹⁶⁾。意味の処理される範囲と跳躍距離がほぼ等しいことから、一停留ごとに意味が処理され、停留間の情報の統合は意味情報のレベルで行なわれていることが予測される。

McConkie, G. W. and Zola, D. (1979) は、このことを確かめるために、つぎのような実験を試みた¹⁷⁾。図5に示したように、同一の文を視覚的に異なる二つのタイプに書きかえておく。単語を書きあらわすのに大文字と小文

VERSION

TEXT

- 1 In ThE eStUaRiEs Of ThE fLoRiDa EvErGIAdEs ThE rEd MaNgRoVe
- 2 IN tHe EsTuArIeS oF tHe FlOrIdA eVeRgLaDeS tHe ReD mAnGrOvE

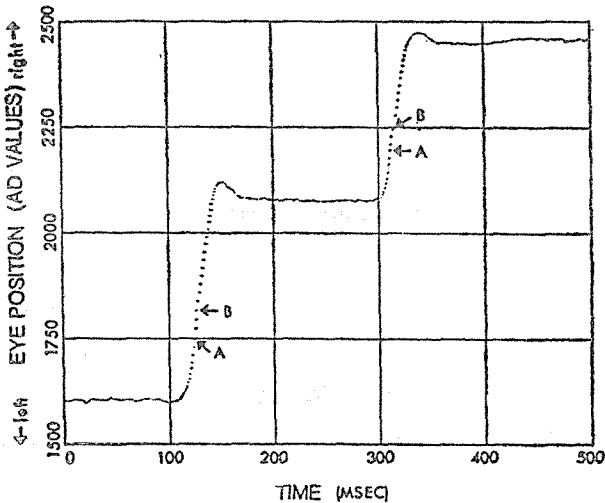


図5 McConkie and Zola の実験でつかわれたテキストと
眼球運動の一例 (McConkie and Zola, 1979)

字を交互につかい、一つのタイプで大文字ならば他のタイプでは小文字を用いる。実験は、このような文章について十分に慣れてから行なわれる。被験者の眼球運動測定の一部が図5に示されているが、図中のA、Bの矢印はこの間に文が一つのタイプから他のタイプに入れかわったことを示している。問題は、このような入れかえによって読みの眼球運動にどのような変化があらわれるかを調べることにある。なお、矢印Aは、眼球運動の速度が $185^{\circ}/\text{sec}$. 以上になった位置で、しかも文字数にして約3.5字以上眼がさきの注視点から移動した位置である。これより小さな跳躍運動では文の入れかえはおこなわれない。結果は、このような文の入れかえによって、読みの眼球運動にどのような変化もあらわれなかったし、被験者自身も文の入れかえが行なわれていることに気づかなかった。文の入れかえをおこなわずに読んだ場合と、停留時間の平均値、跳躍距離の平均値、逆行数のいずれも変化が

なかった。

もし停留ごとに得られた像が処理を受けずに視覚的な形そのもので統合されるとしたら、停留ごとに二つのタイプの文が交互に読まれる場合には、さきの停留で周辺視でとらえた視覚的な形と、つぎの停留で中心視でとらえた形は異なるので、統合は容易でないにちがいない。実験によれば、統合は容易であったのだから、統合は視覚的な形そのものでおこなわれるのではなく、意味情報に解読された後に統合されると考えることができる。

この実験には、つぎのような Mitchell, D.C. (1982) の批判がある¹⁸⁾。第一は、停留で得られる情報が、意味のまとまりをあらわす文字列の形でかならず得られるという保証があるならば、意味情報に解読された上で統合されるという一つの系路を考えるだけで十分であるかもしれない。しかし、現実には、意味の単位にはならないような文字列の断片を情報として得る場合も考えないわけにはいかない。このような場合は、意味処理を得ないで視覚的な形のまま、つぎの停留で得られる情報と統合されて、そこで意味処理がおこなわれる系路も考える必要がある。第二の批判は、実験場面に対するものである。停留と停留の間で、大文字と小文字を交互に入れかえることにより、語の形をかえてしまうが、もし視覚的な形のままの統合がおけるとすれば、大文字と小文字が同じ位置に重なって存在するような文を読むことになる。実際に大文字と小文字をタイプライターで重ねうちしてみると、大文字が目立ち、読みにくいけれど読みすすむことはできる。小文字と大文字が交互にならぶ文も、きわめて読みにくいものであって、これを読むには相当の努力を必要とする。もし、両者が同程度の読みにくさを持つものと考ええると、視覚的な形での統合であっても、意味情報への処理をうけた後での統合であっても、読みの上では差があらわれないことになって、統合のメカニズムをさぐるためのには実験場面が不適當ということになる。

一つ前の停留での情報が、視覚的な形のまま保存されるためには、一種のバッファー形式のメモリーの存在を仮定せねばならない。停留間の情報の統合のしくみは、一種類ではなく、状況によって、意味情報であったり、視覚的

な形のままの情報であったりするのかもしれない。いずれにしても、一つの実験からきめることのできるような問題ではなさそうである。

(3) 注視点の位置

一つ一つの停留の注視点の位置は、いつどのような情報をもとにきめられるのか。Hochberg, J. (1970)は、二つの要因をとりあげている¹⁹⁾。一つは、前の停留時に周辺視で輪郭がぼんやりと見えていたものである。これを中心視ではっきりと見ようとして、そこに注視点を移動する。これを *peripheral search guidance* (PSG) と呼ぶ。もう一つは、文を読みすすめていく過程で、つぎにどのような内容がくるかという仮説が生じることである。この仮説をつぎの注視点のもとにある文の上で検証しようとして、注視点を移動する。これを *cognitive search guidance* (CSG) と呼ぶ。Hochberg, J. は、この二つの要因の相互の影響のもとに、注視点の位置はきめられていくと考えたが、実験で得られた事実によってうらづけられたものではなかった。

Abrams, S. G. and Zuber, B. L. (1972)は、テキストのところどころに、単語間のスペースよりも広いスペースをおいた文章をつくり、読みの眼球運動を測定して、空白の部分には、停留しないことを見い出している²⁰⁾。また、Rayner, K. (1975) は、文と文の間には、注視点のおかれることが少ないことを報告している²¹⁾。Rayner, K. (1979) は、単語内のどの位置に注視点がおかれるかをしらべて、単語の中央か、中央よりすこし左寄りに注視点がある確率が大きいことを見い出した²²⁾。たとえば、5文字の単語は3文字目に、10文字の単語は4文字目に注視点がおかれる確率が大きい。跳躍距離は、現在注視している単語の長さで、つぎに停留する場所の単語の長さの影響を受ける。6文字の単語の2文字目に注視点のおかれている場合は、10文字の単語がつづく場合の方が4文字の単語がつづく場合よりも跳躍距離は長くなる。しかし、1文字から3文字の短い単語がつづく場合は、この単語を注視点がとびこしてしまう確率が大きいので、平均すれば4文字の単語がつづく場合よりも跳躍距離は長くなる。この結果は、単語は長さによって、注視点がその位置にきたときに最も効率よく情報を処理できる位置がきまって

いて、停留中に周辺視でつぎにくる単語の長さをとらえ、最も都合のよい位置に注視点がくるように跳躍運動が行なわれることを示している。これは、さきにのべた peripheral search guidance (PSG)をうらづけるものと考えることができる。

[O'Regan, K. (1979) は、定冠詞の “the” は、ほかの 3 文字からなる単語にくらべて、注視点がおかれる確率が小さいことを報告している²³⁾。これは、‘has’, “was”, “are” のような高頻度にあられる単語とくらべるよりも、“ate”, “met”, “ran” のような出現頻度の低い単語とくらべた場合の方が、この間の差異が大きくなる。また、“the” の直前の注視点の位置が、“the” に近いほどつぎの注視点が “the” をとびこす確率が高い。Rayner, K. (1977) は、文章中に “The + 主語 + 動詞 + the + 目的語 + 前置詞句” で構成された文をうめこむことによって、主語の前の “the” には 10.5/45, 目的語の前の ‘the’ には 21.8/45 の比率で注視点がおかれるが、主語、動詞、目的語、前置詞句には、ほとんどの場合に注視点がおかれることを報告している²⁴⁾。

以上にのべた実験の結果やさきにのべた停留時の情報受容範囲をしらべた McConkie, G.W. and Rayner, K. (1975) の実験¹⁵⁾ は、停留中に周辺視によって、つぎに読む場所の単語の形や長さに関する情報をうけとっていることを示している。この情報は、つぎの注視点の位置を、最も都合のよい場所におくのに役立つものと考えられる。ここでいつも一つ手前の停留で得られた情報で、注視点がきまるとしてよいだろうか。この点について Rayner, K. and Pollatsek, A. (1981) は、注視点を中心に一定の範囲だけに限って文を提示する方法をつかって実験をおこなっている²⁵⁾。さきにのべた実験では、文字を提示する窓の大きさを 17 字分にきめたときはいつも 17 字分の大きさで、注視点に連動して移動していた。この実験では、一つの注視点では 17 字分、つぎの注視点では 33 字分、つぎは 9 字分というようにランダムに窓の大きさをかえている。跳躍距離を、跳躍に先立つ停留時の窓の大きさとその一つ前の停留時の窓の大きさの組み合わせで分類し、その平均値を表 3 に示している。跳躍距離は、跳躍に先立つ停留だけでなくその一つ前の停留時の

表3 跳躍に先立つ停留の窓の大きさと平均跳躍距離 (文字数)
(Rayner and Pollatsek, 1981)

		跳躍に先立つ停留の窓の大きさ (文字数)			平均
		9	17	33	
さらに一つ前の	9	4.6	5.3	6.0	5.3
窓の大きさ	17	5.0	6.1	7.1	6.1
(文字数)	33	6.3	6.3	7.8	6.8
	平均	5.3	5.9	7.0	

窓の大きさの影響を受けている。注視点の位置をさめる情報は、その一つ前の注視点での情報で得られるものととどまらず、さらにまた一つ前の注視点での情報も利用している。

(4) 停留時間

一つ一つの停留時間の長さは、注視点のおかれた単語の意味処理、周辺視で得られる情報、前に得られた情報との統合、跳躍運動のための運動潜時などにより影響を受けることが予測できるが、これらを事実のうらづけの上で示すことは容易ではない。

Rayner, K. and McConkie, G. W. (1976) は、隣り合った跳躍距離と停留時間の間の相関をしらべて、相関係数の値が非常に小さく有意にはならないことを見い出している²⁶⁾。この事実にもとづいて停留時間と跳躍距離は、別々の要因によって制御されていると考えている(注7)。

一つの停留時間内で可能なのは注視点における情報の入力時間にとどまり、その処理が完了するのは、その後の別の情報を入力している停留時間の中でおこるというように考えると、一つ一つの停留時間の長さを、注視点における文の特徴と対応させることは困難となる。文を声をだして読むときに、読んでいる場所よりも前を眼では見ているように、情報の入力と意味の処理の間には時間のずれがあるという仮定である。Bouma, H. and DeVogd, A.H. (1974)²⁷⁾ や Kolers, P. A. (1976)²⁸⁾ は、このような立場に立っている。

Ehrlich, K. and Rayner, K. (1983) は、文の中の人称代名詞は、さきに

読まれた文中の具体的な名前に結びつかなければ、文として理解されたことにならないという事実をつかって、つぎのような実験をおこなった²⁹⁾。人称代名詞“he”の示す名前、たとえば、“Mark”，あるいは“she”を示す“Susan”が、直前の文の最後にあり、つぎにつづく文が人称代名詞ではじまる場合 (Near 条件と呼ぶ)、人称代名詞の指示する名前が直前の文にあることは Near 条件と同じであるが、文の最初に名前があり、つぎにつづく文が人称代名詞ではじまる場合 (Intermediate 条件)、人称代名詞の指示する名前が含まれる文と、人称代名詞を含む文の間に、二つの文が入り名前と人称代名詞の間にテキスト文で三行以上のへだたりがある場合 (Far 条件) の三通りのテキストを用意した。これらのテキストを読む際の眼球運動を測定し、その中から人称代名詞への停留の一つ手前の停留時間 (Prior 条件)、人称代名詞への停留時間 (Encoding 条件)、人称代名詞への停留の一つ後の停留時間 (1 after 条件)、さらにもう一つ後の停留時間 (2 after 条件) をしらべている。実験は3回行なっているが、その中から2番目の実験結果を表4に示す。これは、15名の被験者の平均値であるが、人称代名詞に対する停留時間

表4 人称代名詞と先行する名前との距離を変化した条件における
人称代名詞とその前後の注視点の平均停留時間 (msec.)
(Ehrlich and Rayner, 1983)

	Prior	Encoding	1 after	2 after
Near 条件	224	248	224	207
Intermediate 条件	230	253	234	206
Far 条件	220	242	269	296

(Encoding の項)は人称代名詞と名前との距離により変化しているとはいえない。しかし、人称代名詞への停留の一つ後の停留時間 (1 after) および二つ後の停留時間 (2 after) は、人称代名詞と名前との距離がはなれた条件 (Far 条件)では長くなっている (表中の 269 msec. と 296 msec. の値)。この条件では、人称代名詞に停留している時間内に、その人称代名詞の指示する名前を思いおこす処理が完了していないことを示している。具体的な名前に

いたる処理を開始しながらも、それはそこに置いておいて眼はつぎの注視点にうつり、そこでの情報の入力をおこないながら、一方では人称代名詞の解説を平行して進めていくことをデータが示している。これに対して、人称代名詞の指示する名前が、すぐ前の文の最後にある場合（Near 条件）では、人称代名詞に対する停留時間内で、処理が完了する。この実験から、一つの停留時間には、その注視点での情報の入力と解説のほかに、前の停留時間内では完了しなかった文の理解に必要な処理のための時間が重ねあわさっていることがわかる。

Hogaboam, T.W. (1983) は、文の中の単語に対する停留のパターンからも停留時間内でおこなわれる処理の内容を推定できるとのべている³⁰⁾。たとえば、同じ単語に二度の停留をくり返す場合は、一度目の停留時間は注視点にある単語の入力と解説につかわれるが、二度目の停留時間は文のつながりの上で必要とされる処理につかわれる。二つ前の単語から一つ単語をとばして停留した場合は、停留時間にとばした単語の処理の時間がくわわる。その単語に一度停留し、すぐ逆行し、またその単語に再び停留する場合は、一度目では単語の処理は中断し、二度目の停留で単語の処理が完了する。

Just, M.A. and Carpenter, P. A. (1980) は、停留時間と文中の単語との対応を考える際に、一つの単語あるいは単語の列に対して、その単語への複数の注視点の停留時間を加算して、意味のまとまりに対して眼がどのくらいの間とどまったかをしらべている³¹⁾。この時間を“gaze duration”と呼んでいる。文章中に最初にあらわれる重要な概念を表わす単語では、“gaze duration”は長くなる。単語が文脈から容易に推定できるような場合は短くなる。文の中の単語の位置でも影響を受け、文の最後の語、パラグラフの最後の語では“gaze duration”は長くなる。行の初めにくる単語に対して長くなる。文を読みすすめていく過程で時々刻々と変動する仕事量の変化が“gaze duration”でとらえられるという仮説を提案している。彼らは、一つの文章を例にとって、“gaze duration”に影響をおよぼすと予測される要因をしらべあげ、実際の測定値との間に回帰式を作成し、回帰係数の大小で、

各要因のもつ “gaze duration” への寄与の程度を推定している(注8)。

読みの眼球運動から読みの過程をしらべていくにあたって、注視点の位置よりも、停留時間の扱いの方がほうがむずかしいように思われる。注視点の位置の方は、主として情報の入力 of 側面にかかわりを持つものに対して、停留時間は、入力した情報の解説にかかわりを持つことを考えると、これは当然のことかもしれない。

(5) 漢字かなまじり文の読みの場合

漢字かなまじり文を対象とした読みの眼球運動の研究は、これまでにいくつか行なわれているが、ここではこの報告ですでにのべたことに直接にかかわるものだけをとり上げる。

停留の情報受容範囲に関する McConkie, G.W. and Rayner, K. (1975)¹⁵⁾の実験がおこなわれたと同じ頃、独立に同じような実験が漢字かなまじり文についてもおこなわれている。池田・斉田(1978)は、テレビ・モニター面に注視点のまわりに一定の範囲だけ文章を提示する装置をつくった³²⁾。この装置により、人工的に視野が制限された場合に、眼球運動がどのような影響をうけるかをしらべている。視野制限によって影響をうける範囲まで、普通の読みにおいては情報が受けとられていると考えるわけである。漢字かなまじり文の読みにおいては10~17文字の範囲から情報を収集し、2—5文字程度の跳躍距離で読むことを見い出した。筆者(1981)も、被験者自身が視野を制限する働きをもつスリットを手にとってテキストの上をスリットをすべらせながら読みすすめる場合と、スリットを持たずに普通に読む場合の眼球運動を比較する実験をおこなった³³⁾。スリットの幅は、1字、2字、4字、8字分の4種類にかえた。この結果、情報の収集される範囲には個人差があるが9~12文字分の範囲であり、跳躍距離は3字から5字分の間であることを明らかにした。

英文の場合に、周辺視で受けとられる情報は、単語全体の形や単語の長さであった。では、漢字かなまじり文の読みにおいて、周辺視でうけとられ、つぎの注視点をきめるのに役立つ情報は何だろうか。漢字かなまじり文を電

子計算機のディスプレイに提示して、さきにのべたアルファベットの文字体系についての実験でおこなわれたように周辺視に与える情報をさまざまに変えて実験をおこなうことができれば、これに対する解答は得られるはずである。しかし、実際にこのような実験研究をおこなうには、アルファベットにくらべて漢字をとりあつかうために、実験装置に費用がかかるので、まだ実験がおこなわれていない(注9)。

筆者(1984)は、漢字かなまじり文の読みにおいて、注視点の位置が文のどのような場所にくるかをしらべている³⁴⁾。文を漢字を含む語、ひらがなだけで表記された語、カタカナ表記を含む語にわけて、それぞれの語の上に注視点がおかれる場合の数と、注視点がおかれない場合の数をかぞえた。単語の区切り方は、やや便義的なところもあるが、一字の助詞は前の語につけ、二字以上の助詞は独立させて一語と数えた。助動詞は前の語からはなして一語として数えた(注10)。このようにして、文章全体を区切ると漢字を含む語は1356語、ひらがなで表記される語は761語、カタカナ表記を含む語は105語となった。結果の一例として、一人の被験者の結果を示すと、漢字を含む語のうち90%の語の上に1回以上の注視点がおかれ、カタカナ表記を含む語では97%の語の上に注視点がおかれたのにくらべて、ひらがなだけで表記された語では49%の語に注視点がおかれたただけであった。図6に測定結果の一例を示す。

ひらがなで表記される語には、2字あるいは3字からなっていて、文脈と周辺視の情報だけで容易に推定できるものが多く含まれることが、約半分の語に注視点がおかれないことの原因と考えられる。漢字は、名詞や、動詞・形容詞の活用しない部分につかわれ、カタカナ表記語は外来語につかわれ、いずれも文の中の実質的な内容にかかわる語を示す役割を持っている。周辺視で漢字で書かれた部分があることがとらえられると、そこに漢字で書かれるべき重要な役割を持つ語があるという情報が読み手に与えられる。同様にカタカナの文字列が周辺視でとらえられると外来語がそこにあることがわかる。漢字、ひらがな、カタカナという視覚的特徴の異なる文字を、文の中の

情報化社会への動きには、2つの要因があげられる。そのひとつは、巨大かつ複雑な現代

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
430	360	290	190	430	190	190	370	410	230

社会において、個人と集団がその環境への適応を効果的にこなうためには、正確かつ大

2	1	4	6	7	8	9	11	12	13	14	15
150	190	190	160	280	190	200	160	310	170	140	340
	3	5				10					16
	170	180				210					220

量の情報が必要とされるという要因であり、もうひとつは、工業中心の現代産業社会のつ

1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
220	210	200	170	180	200	170	170	140	170	250
2	3								13	
180	270								150	

ぎの段階に予想される社会の中心産業として情報産業が重視されるという要因である。ま

2	1	4	5	6	7	8	9	10	11
170	190	380	170	260	200	490	310	180	280
	3								
	230								

ず現代社会における適応手段としての情報から考えてみよう。

1	4	5	6	7	8
320	430	200	390	200	220
2	3				
150	160				

図6 テキスト文の上の注視点の位置と停留時間 (msec.) の一例 (筆者による)

じょうほう化社会への動きには、2つの要いんがあげられる。そのひとつは、きょ大かつ

1	3	4	5	6	7	8	10	9	12
200	260	590	260	290	190	110	230	150	260
2							11		
350							50		

ふくざつな現代社会において、こ人と集団がそのかんきょうへのてきおうをこうか的にお

1	2	3	5	4	6	7	8	9	10	11
370	300	170	370	310	330	270	310	390	360	430

こなうためには、正かくかつ大りょうのじょうほうがひつ要とされるという要いんであり

2	1	3	4	5	6	7	8	9
110	290	320	340	240	310	320	230	430

、もうひとつは、工業中心の現代産業社会のつぎのだんかいに予そうされる社会の中心産

2	1	4	6	9	10	11	12
220	120	180	390	360	340	190	320
	3	5	7	8			
240		320	300	530			

業としてじょうほう産業が重しされるという要いんである。まず現代社会におけるてきお

1	3	4	6	7	8	9	10
350	400	560	330	230	400	200	280
2		5					
230		310					

う手だんとしてのじょうほうから考えてみよう。

1	2	3	4	5
410	320	290	200	340

図7 テキストに変容をくわえたテキスト文（内容は図6と同じ）の
上の注視点の位置と停留時間（msec.）の一例（筆者による）

役割によって使いわけていることが、漢字かなまじり文の中で漢字を目立たせることになって読みやすいものにする上で役にたっているにちがいない。

筆者の別の実験(1984)は、普通には漢字で表記されるべき語をひらがなにかえると、このような表記の変容をうけた語の中の特定の語の上で停留数の増加や逆行がおこること、漢字2字からなる漢語が、ひらがなと漢字のまぜ書きになると語のまとまりとしてとらえ難くなること、ひらがな連続中の漢字1字は訓よみの語としてとらえる傾向があること、「は」はひらがな連続中では助詞としてとらえられやすく、助詞でない場合に混乱がおきること、同じ助詞でも、「を」のまわりでは混乱がおきないこと、などを読み目の眼球運動のデータから示している³⁹⁾。図7に、このような測定結果の一例を示す(注11)。

5. おわりに

読みの眼球運動の研究は、これまでに引用した研究からもわかるように米国、イギリス、カナダ、フランス、スイス、西ドイツ、オランダなどで活発におこなわれている。なかでも米国では、読みの眼球運動の研究にコンピュータ・ディスプレイ上のテキスト文に対して眼球運動と同期して変容を与える方法をもちこんだ McConkie, G. W. と Rayner, K. が、それぞれ別の大学にうつって大きなグループを組織して研究をおこなっている。最近では、構文情報や意味情報が文の理解にどのようにかわるかというような心理言語学の分野の問題にまで眼球運動測定がつかわれている³⁹⁾。

読みの過程の研究では、アルファベットの文字体系と異なる日本語の文字体系が外国の研究者の関心を集めている³⁹⁾。Taylor, I. and Taylor, M.M. (1983)は、視覚的に複雑な図形記号である漢字を実質的な語幹にあたる部分につかい、語尾にあたる文法的なかたちをしめす部分に視覚的に簡単な音形記号であるひらがなをつかっている日本語の文字体系は、読みの側面から見ると理想的な姿であるとのべている^{39)(注12)}。

視覚的に特徴が異なり一見して違いが見分けられ、しかも原理の異なる文

字を共存させて、いうならば高度に洗練された単語の分かち書きの効果をひきだしている日本語の漢字かなまじり文と、物理的に単語の間に空白をおくだけのアルファベットの文字体系とくらべると、両者の間で中心視における単語の意味処理においては差がないとしても、周辺視で得られる情報の質的な違いは明らかである。この違いは、眼球運動の上にあられるにちがいない。日本語の漢字かなまじり文の読みが、アルファベットの文字体系の読みとくらべてどのような特徴があるかという問題は、日本語の正書法の将来にかかわる重要な問題であるにもかかわらず、これまでに、日本人の研究者の手によって研究がほとんどおこなわれてこなかったことは、残念でならない。

この問題は、待っていれば外国の研究者が解決してくれるような種類の問題ではない。一日も早く米国の研究グループに匹敵する研究組織が日本にも生まれ、積極的に研究が始まることを期待したい。

注

- 1) 他人の眼を観察するかわりに、自分の一方の眼をまぶたの上から軽くおさえ、他方の眼で文章を読むと、指先はかなりはっきりとした断続した動きを感じる事ができる³⁸⁾。別の方法に、小さな光源を、眼を動かさずにしばらく見つめ、つづいて文章を読むと、本の白い紙の上を灰色の残像が断続的に動いていくことを観察することができる。他人の眼を観察する場合は、鏡にうつして見るとか、新聞を読むようなときは、適当な位置に穴をあけて、そこからのぞくようにすると観察しやすい。
- 2) saccade 中の視力低下あるいは視知覚の抑制を saccadic suppression と呼ぶ³⁹⁾。この原因については、中枢説と末梢説がある。saccade の読みの眼球運動全体の時間にしめる割合は約 6 % というデータがある。
- 3) 読む材料は、各段階で中ぐらいのむずかしさを持つ文章が選ばれている。
- 4) コンタクト・レンズ法は、Yarbus, A. L. (1967) により工夫がくわえられ、二次元に拡がる画面上の注視点の記録につかわれている⁴⁰⁾。
- 5) 小型固体撮像素子を内蔵したテレビカメラをヘルメットの中におき、このヘルメットを頭に固定することで頭を自由に動かすことのできる装置が(株)ナックより市販されている。斎田・池田(1975)は、フィルムのかわりに光点の位置検出用に開発された半導体素子 PIN-SC/10 を用いる方法を試みている⁴¹⁾。
- 6) 有効視野は、注視点を中心に非対称に拡がっている。情報の受容範囲は右視野に拡がっている^{42), 43), 44)}。しかし、これは、英文を対象として実験をおこなったからで、ヘブライ語のテキストを、イスラエル人が読む場合は、情報の受容範囲は左視野の方に拡がる。ヘブライ語のテキストは右から左方向に読み進むからである。同じイスラエル人が英語のテキストを読む場合は、逆になって右視野に拡がって非対称となる⁴⁵⁾。このことから有効視野は読みすすむ方向に拡がる事がわかる。このことから考えると、日本人が縦組みの文章を読む場合は、有効視野は、下方に拡がって上下の方向では非対称になることが予想されるが、実験によっては確認されていない。
- 7) Rayner, K. McConkie, G. W. (1976) は、同じ報告の中で、となりどうしの停留時間の間の相関係数を計算している²⁶⁾。6 人の被験者の係数の値は 0.10 から

0.16の間にあり平均は0.13である。問題は、この値を非常に小さいと考えて、停留時間は隣りどうしは独立の要因により制御されているとすべきか、それとも、値は0からはプラス側にへだたっているので停留時間は個々には制御されていないとすべきかである。Rayner らは、前者の立場に立っている。Mitchell, D.C. (1982)は、後者の立場に立つべきであるとのべている⁴⁵⁾。筆者は、停留時間とその直後の跳躍距離との相関係数が-0.041から0.108、停留時間とその直前の跳躍距離の相関係数が-0.084から0.128で、平均が-0.006となり無相関というのにくらべると、0.13という相関係数は、かなり大きく Mitchell の立場を支持したくなる。

- 8) Just, M.A. and Carpenter, P. A. (1980)³¹⁾は、“gaze duration”内に、その場所の単語の入力、意味の解釈、構文上の役割の決定、文節への統合などの全ての処理が完了するとみなしている。これらの仕事が全部終わらないと、眼はつぎの単語には移らないと仮定している。これを、“immediacy assumption”および“eye-mind assumption”と呼んでいる。これに対して、Ehrlich, K. and Rayner, K. (1983)の実験の場合は³⁹⁾、個々の停留時間内に終るのは単語の辞書的意味の把握にとどまり、その構文上での解釈は、あとの停留時間にゆだねられるとする。

前者が、停留時間ではなく“gaze duration”をあつかうこと、後者が人称代名詞という文の中のやや特別な単語を実験場面として採用していることを考えると、どちらかの考え方の一つにきめることは困難で、実際には、両方の場合がおこると考えるべきである。人称代名詞は、文のすでに読んだ場所にさかのぼらねばならなかったが、その単語から後の文を読みすすめていって、はじめてその単語の構文上の意味が確定する場合もあるはずである。また、逆行の場合は、なにかの理由でそこでの処理が中断され、まえにもどることになったと考えられる。逆行についてさらに検討をくわえていくことが必要であろう。いずれにしても、“gaze duration”を考えるだけで、読みの眼球運動と読みの過程の対応の問題が片づくとは思えない。あくまでも第一次近似の答とみなすべきである。

- 9) 読みの眼球運動の研究は、コンピュータディスプレイ上のテキスト文に対して被験者の眼球運動と同期して変容を与える方法が開発されたことがきっかけとなって大きく進展した。今後も、この方法をつかって新しい事実が見い出されていくにちがいない。最初の論文^{15), 16)}は、1975年であるが、口頭での発表は1974年4月の米国プリンストンでおこなわれた眼球運動シンポジウムの席上であった³⁶⁾。その前年の一年間、当時コーネル大学にいた McConkie は、大学院生 Rayner と共に MIT の人工知能研究所に滞在し、DEC 社のミニ・コンピュータ PDP-6

をつかって実験をおこなった。眼球運動測定は Biometric 社の Model S G Eye Movement Monitor を用いた。

現在, McConkie はイリノイ大学の Center for the Study of Reading を主宰しているが, 眼球運動測定には Stanford Research Institute (SRI) の開発した Dual Purkinje Image Eyetracker⁴⁷⁾ をつかっている。コンピュータは, PDP-11/40 で, 1 msec. ごとにデータを入力し, 4 msec. おきに saccade の有無をしらべ, 高速グラフィック・ディスプレイ上でテキスト文を 3 msec. 以内に入れかえることができる⁴⁸⁾。Rayner は, マサチューセッツ大において, 眼球運動測定には, 同じ SRI の Eyetracker を用い, コンピュータは Hewlett-Packard 2100をつかっている⁴⁹⁾。

筆者は, 1975年12月に PDP-11/10 を購入し, 光点検出用半導体素子⁴⁴⁾をつかった角膜反射光法原理による自作の眼球運動測定装置からの信号を 1 msec. ごとに AD 変換してコンピュータにおくり, 特別に注文した 1890 個の発光ダイオードを用いたカナモジ提示装置の上に, 眼球運動に連動してカナモジ文が提示される装置を開発している。この結果は, 1976年9月の日本心理学会第40回大会において口頭で発表している⁴⁹⁾。カナモジ 1 字を 7×9 個の発光ダイオードで表わし, 1 行30字分だけしか表示することができなかったので十分な研究ができなかった。しかし, 窓の大きさにより読む速度が増加することを見出ししている。高速グラフィック・ディスプレイが, 当時は高価で購入できず, コンピュータ利用という点では McConkie, Rayner と独立に, ほぼ同じ時期であったにもかかわらず研究はそれ以上に発展しなかった。当時は, 漢字 ROM など存在せず, 漢字かなまじり文をあつかうことなど, まったく不可能であったから, 高速グラフィックディスプレイがあったとしても, カナモジ文を研究対象とするよりほかにはなかった。

その後, 眼球運動測定は, 角膜反射光法から, 光電的方法による自作の装置にかわり, 現在では, 主として眼球静電位法によっている。PDP-11/10 は, 眼球運動の停留時間と跳躍距離の計測に用いている。図2の計測は, 光電的方法による自作の装置とPDP-11/10 によっている。

現在は, Hewlett-Packard 社の HP-9825 をつかい, 10 msec. ごとにデジタル電圧計 (HP-5345A) をへて眼球運動をうけとり, これを IEEE-488 インタフェースをつかって, パソコン PC-9801 m 2 におくっている。このシステムにより, 測定数分後にグラフィックディスプレイ上に漢字かなまじり文に重ねて注視点の位置と停留時間を表示することができる。また, HP-9825 をつかわずに, AD 変換インタフェースにより 1 msec. おきに PC-9801 m 2 にデータをおくり, ディスプレイ上に漢字かなまじり文と眼球運動を重ねて示すこともできる。

眼球運動測定は, これまでは手づくりの装置によっていたが, 分解能において

限界があり、市販の装置を導入することが必要な時期となっている。SRI Dual Purkinje Image Eyetracker は 5' 以内の分解能をもち、性能はきわめて安定したものであるという定評がある⁴⁸⁾。米国ではすでに心理学の研究室を中心に稼働中であるが、日本にはまだ輸入されていない。

- 10) 単語のきり方は、カナモジカイの提案している単語のわかち書きの方法に準じている⁵⁰⁾。
- 11) 図7の結果は、図1の測定結果と対応している。図7に示す文章を読んだときの眼球運動が図1であり、これを PDP-11/10 で解析した結果が図7の数字である。PDP-11/10 は、漢字かなまじり文をあつかえないので、PC-9801 m 2 を用いて、図7を作成した。
- 12) Taylor, I. and Taylor, M. M. (1983) と同じ見解は、すでに橋本萬太郎 (1980) によって明確にのべられている^{51), 52)}。

文 献

- 1) 神部尚武：日本心理学会第48回大会論文集，1984，pp. 434
- 2) Rayner, K. and Inhoff, W.: Models of Oculomotor Behavior and Control. (Zuber, B.L., Ed.), 1981, CRC Press, Florida, pp. 209-231.
- 3) Taylor, S.E., Frackenpohl, H. and Pettee, J.L.: EDL Research and Information Bulletin, No. 3 (1960) (原著未見)；Crowder, R. G.: The Psychology of Reading, 1982, Oxford Univ. Press. N. Y. pp. 8-9 による。
- 4) 神部尚武：第16回知覚心理学コロキウム (1983.3.29) 資料
- 5) 神部尚武：日本心理学会第45回大会論文集，1981，pp. 178.
- 6) Just, M. A., Carpenter, P.A. and Masson, M.: Unpublished manuscript, 1981. (原著未見)；Just, M. A. and Carpenter, P. A.: Learning and Comprehension of Text. (Mandl, H., Stein, N. L. and Trabasso, T., Eds.), 1984, LEA, N.J. pp. 307-329 による。
- 7) Huey, E.B.: American J. Psychol. 9 (1898) 575-586.
- 8) Dodge, R.: Psychological Monographs 8 (1907) 1-95.
- 9) たとえば Buswell, G.T.: Fundamental reading habits; A study of their development. Univ. of Chicago Press. 1922; Buswell, G. T.: How adults read. Univ. of Chicago Press. 1939.

- 10) たとえば Schott, E.: *Deutsches Arch. Klin. Med.*, 140 (1922) 79-90 ;
Meyers, I.L.: *Arch. Neurol. Psychiat.*, 21 (1929) 901-918.
- 11) Mowrer, O. H., Ruch, R.L. and Miller, N.E.: *American J. Physiol.*, 114 (1936) 423-428.
- 12) Trok, N., Guillemin, V. and Barnothy, J.M.: *Annals of Otolology, Rhinology and Laryngology*, 60 (1951) 917-926.
- 13) Wheelless, L. L., Boynton, R. M. and Cohen, G. H.: *J. Opt. Soc. Amer.* 56 (1966) 956-960(ただし図4のC図は, Carpenter, P. H. S.; *Movements of the Eyes*, 1977, Pion Press, London, pp. 312 による。Wheelless らの原図をもとに Carpenter がイラストを加えて書きかえたもの。)
- 14) McConkie, G. W., Zola, D., Wolverton, G. S. and Burns, D. D.: *Behavior Research Methods and Instrumentation*, 10 (1978) 154-166.
- 15) McConkie, G. W. and Rayner, K.: *Perception and Psychophysics*, 17 (1975) 578-586.
- 16) Rayner, K.: *Cognitive Psychology*, 7 (1975) 65-81.
- 17) McConkie, G. W. and Zola, D.: *Perception and Psychophysics*, 25 (1979) 221-224.
- 18) Mitchell, D. C.: *The Process of Reading*, 1982, John Wiley and Sons, Chichester, pp. 25-27.
- 19) Hochberg, J.: *Basic Studies on Reading*. (Levin, H. and Williams, J.P., Eds.) 1970, Basic Books, N. Y., pp. 74-89.
- 20) Abrams, S. G. and Zuber, B.L.: *Reading Research Quarterly*, 8 (1972) 40-51.
- 21) Rayner, K.: *Acta Psychologica*, 39 (1975) 271-282.
- 22) Rayner, K.: *Perception*, 8 (1979) 21-30.
- 23) O'Regan, K.: *Perception and Psychophysics*, 25 (1979) 501-509.
- 24) Rayner, K.: *Memory and Cognition*, 5 (1977) 443-448.
- 25) Rayner, K. and Pollatsek, A.: *Quarterly J. Exp. Psychol.* 33A (1981) 351-373.
- 26) Rayner, K. and McConkie, G. W.: *Vision Research* 16 (1976) 829-837.
- 27) Bouma, H. and DeVoogd, A. H.: *Vision Research* 14 (1974) 273-284.
- 28) Kolars, P. A.: *Eye Movements and Psychological Processes*. (Monty, R. A. and Senders, J. W., Eds.) 1976, LEA, N. J. pp. 373-395.
- 29) Ehrlich, K. and Rayner, K.: *J. Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22 (1983) 75-87.
- 30) Hogaboam, T. W.: *Eye Movements in Reading*. (Rayner, K. Ed.) 1983,

Academic Press, N. Y. pp. 309-332.

- 31) Just, M. A. and Carpenter, P. A.: *Psychological Review*, 87 (1980) 329-354.
- 32) Ikeda, M. and Saida, S.: *Vision Research* 18 (1978) 83-88; 斎田真也, 池田光男: *臨床眼科* 20 (1975) 37-39.
- 33) 神部尚武: *日本心理学会第44回大会論文集*, 1980, pp. 202.
- 34) Kambe, N.: *Eye Movement Patterns in Reading Japanese Texts.*, 1984, Unpublished manuscript.
- 35) たとえば Rayner, K., Carlson, M. and Frazier, L.: *J. Verbal Learning and Verbal Behavior* 22 (1983) 358-374; Rayner, K. and Carroll, P. J.: *New Methods in Reading Comprehension Research.* (Kieras, D. E. and Just, M. A., Eds.) 1984, LEA, N.J. pp. 129-150.
- 36) たとえば Henderson, L. (Ed.): *Orthographies and Reading*, 1984, LEA, N. J.; Gleitman, L. R. and Rozin, P.: *Toward a Psychology of Reading.* (Reber A. S. and Scarborough, D. L., Eds.), 1977, LEA, N. J. pp. 1-53.
- 37) Taylor, I. and Taylor, M. M.: *The Psychology of Reading*, 1983, Academic Press, N. Y. pp. 138.
- 38) 浜口恵治: *心の探検隊* (中島誠ほか著), 1985, アカデミア出版会, pp. 149.
- 39) Matin, E.: *Psychological Bulletin*, 81 (1974) 899-917.
- 40) Yarbus, A. L.: *Eye Movements and Vision*, 1963, Plenum Press, N. Y.
- 41) 斎田真也, 池田光男: *光学* 4 (1975) 286-288.
- 42) Rayner, K., Well, A. D. and Pollatsek, A.: *Perception and Psychophysics*, 27 (1980) 537-544.
- 43) Rayner, K., Well, A. D. Pollatsek, A. and Bertera, J. H.: *Perception and Psychophysics*, 31 (1982) 537-550.
- 44) Pollatsek, A., Bolozy, S., Well, A. D. and Rayner, K.: *Brain and Language*, 14 (1981) 174-180.
- 45) Mitchell, D. C.: *The Process of Reading*, 1982, John Wiley and Sons, Chichester, pp. 32.
- 46) McConkie, G. W.: *Eye Movements and Psychological Process.* (Monty, R. A. and Senders, J.W., Eds.) 1976, LEA, N. J. pp. 429-441.
- 47) Cornsweet, T. N. and Crane, H. D.: *J. Opt. Soc. Amer.* 63 (1973) 6-13.
- 48) McConkie, G. W., Wolverton, G. S. and Zola, D.: *Theoretical and Applied Aspects of Eye Movement Research.* (Gale, A. G. and Johnson, F., Eds.), 1984, Elsevier, Amsterdam, pp. 39-47.

- 49) 神部尚武：日本心理学会第40回大会論文集，1976，pp. 439-440.
- 50) 松坂忠則：ワカチガキ辞典，1979，カナモジカイ．
- 51) 橋本萬太郎：世界の中の日本文字（橋本萬太郎編），1980，弘文堂，pp. 84
- 52) 神部尚武：言語生活 No. 343（1980）82-84.

追記：この報告の2章の一部，3章全体および4章の一部は，日本耳鼻咽喉科学会主催の第10回全国身体障害者福祉医療講習会（1984年3月11日，千葉大学医学部金子敏郎教授主宰）で報告し，後日，同講習会講演集（pp. 49-61）に集録されたものと重複する。また，図6および図7の実験に用いた文章は，国立国語研究所言語計量研究部主任研究官田中卓史氏作成の表記変容プログラムによっている。田中卓史氏に感謝する。