

ケータイ小説黙読時の眼球運動特性の解析

山田 和平*¹ 萩原 秀樹*^{1,2} 恵良 悠一*^{1,3} 山田 光穂*⁴

Study of Eye Movements when Silent-reading the Ke-tai (Cell Phone) Novel Displayed on the Simulated Cell Phone Display

by

Kazuhei YAMADA*¹, Hideki HAGIWARA*^{1,2}, Yuichi ERA*^{1,3} and Mitsuho YAMADA*⁴

(received on Oct.21, 2010 & accepted on Feb.10, 2011)

Abstract

So far, the paper medium was used for the method of transmitting information. In recent years, since the method of communication of the information by electronic media has spread explosively by progress of the communication technology, the methods of communicating information are diversified. It is thought a format suitable for each electronic medium is necessary. We paid attention to the novel distributed for the cell phone which became very popular among teenager. We studied a reading strategy from the viewpoint; that is, the relation between the line feed by the scroll with a finger and the line feed with the saccade when the subject was reading the novel on the simulated cell phone display. It was suggested that wide linefeed width which was the characteristic of the cell phone novel was prompting for the line feed by the scroll rather than that by the saccade.

Keywords: eye movements, saccade, electronic medium and format

キーワード: 眼球運動、サッカド、電子媒体、フォーマット

1. まえがき

従来、遠距離間での情報の伝達・提示・閲覧を行なうにあたり、新聞や手紙、書籍などを用いた「紙媒体」による情報伝達・提示・閲覧が主流であった。しかし、近年では目覚ましい技術の発達による薄型で軽量のディスプレイの登場、それに伴って高速通信が可能な情報インフラが整備され、容易に電子情報の送受信が行なえるようになったことで、従来の伝達・提示・閲覧方法であった「紙媒体」に加えて、パソコンや携帯電話などを用いたweb ページ、ブログ、メール等による「電子媒体」を用いた情報伝達・閲覧方法が爆発的に普及してきている。これら近年新しく登場した電子媒体での情報伝達・提示・閲覧方法では、発信者より配信された文字や画像を受信者毎の電子媒体にて表示するため、受信媒体の種類毎による視認性や見易さの向上は大変重要な課題である。従って、提供される様々なコンテンツに対して、各媒体それぞれに適したフォーマットが必要だと考えられる。

そこで、本論文では、電子媒体の情報閲覧において、大きな人気を得ているケータイ小説に着目し、携帯電話にてケータイ小説を読書している際の視線の動きを測定・解析を行なう事で、携帯電話の画面に適したコンテンツの表示法を検討する。

2. ケータイ小説

ケータイ小説^{1)・2)}とは、携帯電話を用いて執筆や閲覧を行なう電子書籍である。このケータイ小説は、携帯電話を用いたインターネット通信を使用してオンライン上でアップロード、ダウンロードを行なっている。

ケータイ小説では、従来の紙媒体による書籍と異なり、電子書籍を電子媒体である携帯電話を用いて閲覧している。また、パソコンなどで閲覧する電子書籍やWeb ページなどの閲覧は、ある程度大きな画面にて行なっているが、携帯電話を用いた電子書籍の閲覧は、基本的に1画面サイズ上での表示文字数による制約を受けることとなり、従来の書籍などで使用される文法作法に則らない事が特徴である。故に、横書き、改行の多用、一文の文章表現の抑制(可能な限り短い文節)、会話や台詞、擬音の多用などがケータイ小説の大きな特徴となっている。そのため、ケータイ小説では、従来の紙媒体による書籍だけでなく、パソコンで閲覧する電子書籍などとは異なり、改行の際に眼球運動で行なっていた改行を画面のスクロールを用いて行なうことが可能である。

ケータイ小説は、従来の小説と比較し、表現力や想像力に欠ける、語彙が少ないといった問題点などが挙げられるが、若い世代の活字離れが問題視される現代で活字に興味を持てるといった利点があることも事実である。

ケータイ小説の読みやすさについて、主観評価による研究³⁾が行われているが、読書時の眼球運動について注目した研究はあまりみられない。

*1 工学研究科情報理工学専攻 修士課程

*2 現・株式会社ヤクルト本社

*3 現・東海旅客鉄道株式会社

*4 情報通信学部情報メディア学科 教授

3. 携帯小説黙読時の眼球運動分析

3. 1 実験装置

実験は、実際の携帯電話を使用し、フォント、サイズ、色、太字などのパラメータを変えてケータイ小説読書時の眼球運動測定を行なう実験を行なう事が望ましい。しかし、携帯電話では機種ごとに表示解像度や表示文字数が異なり、これらのパラメータを任意に変更するソフトウェアを機種ごとに開発するのは困難である。そこで、パソコンのディスプレイ上に携帯電話で多く普及している 3.1 型 QVGA (解像度 $240 \times 320 \text{pix}$) の表示範囲内で文字サイズ・フォント変更、フォント色変更、文字スクロールが可能な携帯コンテンツ提示用のソフトウェアを開発し、SONY 製 VGN-TX92PS ノート PC (白ピーク輝度値 140.3 cd/m^2 、背景輝度値 0.56 cd/m^2) を用いて被験者に提示した。

図 1 左は本ソフトウェアのウィンドウである。フォント項目を選択することで、実験に応じた文字サイズ、フォントの変更、フォント色の変更などが可能である (図 1 右)。



図 1 ケータイ小説表示ソフトウェア
Fig.1 Software developed to display a cell phone novel

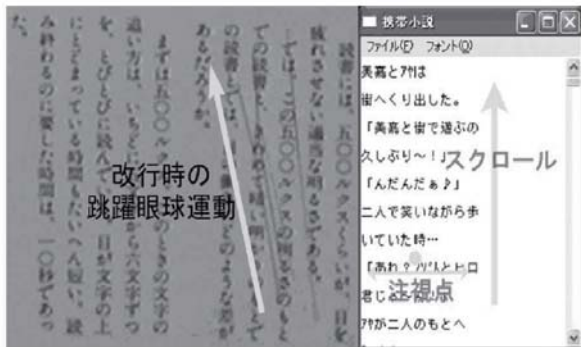


図 2 書籍での改行とケータイ小説改行の相違
Fig.2 The difference between a line feed when reading a novel on the book and reading it on a cell phone

実際の読書では、次行への改行は跳躍眼球運動 (サッカード) を用いて行なうが、携帯小説では次行への改行を眼球運動だけでなくスクロールを用いて行なうことができる (図 2)。そのため、本ソフトウェアでは、キーボードを用いてのスクロール操作が可能となっており、実験時、被験者は自由に眼球運動とスクロールによる改行を組み合わせ、読みやすいと思う様式で黙読を行なう。

眼球運動の測定は、強膜反射方式を用いた竹井機器工業 (株) 製の眼球運動測定装置 (T.K.K.2930a) を使用した。眼球運動測定用のゴーグルを着用し、視距離が変化しないように頭部をあご台で固定した。

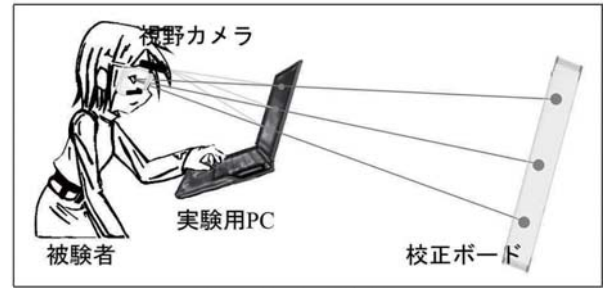


図 3 実験時のレイアウト
Fig.3 Layout during an experiment

図 3 は実験時のレイアウトである。被験者の正面 35cm の位置 (理由は後述) にノート PC でケータイ小説提示ソフトウェアを使用してケータイ小説を表示し黙読時の眼球運動測定を行なう。本実験のように、視対象が目に近い場合は、被験者の視野相当の画像を撮影する視野カメラの映像と被験者の視野には視差が生じる。そこで、被験者の眼球運動と装着したゴーグル上にある視野カメラからの映像を、視野画像上で正確に一致させるために、校正の際に被験者正面のノート PC 上に提示した「中心」と「上下左右」 (視角 10 度) の視標が 1m 先に設置した校正ボード (T.K.K.2940m) の「中心」と「上下左右」 (視角 10 度) の視標と一致する位置に設置し、ゴーグルに付加した視野カメラの中心をノート PC 上の視標の「中心」に合わせた。

3. 2 実験条件

本実験で使用したケータイ小説には、ケータイ小説の代表作である「恋空⁴⁾」を使用した。本小説の配信書式は、図 4 に示すように横書き、文脈により変化するが行間は 1~3 行である。表 1 は、本実験で用いたパラメータである。文字サイズ、行毎による文字の字数制限、行間の 3 種のパラメータを変化させ、その際の注視位置、改行時のサッカードの生起確率を調査した。この

・プロログ・
もしもあの日君に出会ってなければ
こんなに苦しくて
こんなに悲しくて
こんなに切なくて
こんなに涙が溢れるような想いはしなかったと思う。
けれど君に出会ってなければ
こんなに嬉しくて
こんなに優しくて

図 4 恋空のケータイへの配信形式

Fig.4 Distribution form of Koizora on a cell phone screen

3 種のパラメータ全ての組み合わせ、計 27 種類の文章を「恋空」の文中から約 1000 文字ずつ抜き出し、約 27000 文字の文章を予め作成した。被験者には、毎回異なる文章を 1 回だけ読ませた。それぞれの文章に含まれる文字は、図 4 から分かるように、平易な漢字とひらがな、カタカナである。図 5 は実験時の様子である。

表 1 実験条件
Table 1 The experimental condition

文字サイズ	大(14x14pixel)	中(10x10pixel)	小(8x8pixel)
1行の行幅	3deg	5deg	7deg
行間	変更なし	全行詰め	1行詰め



図5 実験時の様子
Fig.5 Appearance during the experiment

本実験の被験者は矯正視力 1.0 以上の正常な視力を持つ 20 代の男子大学生、大学院生の計 3 人で行なった。尚、被験者と提示用ディスプレイとの間の視距離は被験者 3 人の携帯電話使用時の平均より 35cm と定めた。被験者から見込んだケータイ画面表示範囲の画角は 8 度である。

実験では、被験者にスクロールを自由に用いて読んでよいことを指示し、実験条件を変えながら前述の文章を黙読させた。

4. 実験結果

4.1 平均黙読時間

まず、読みやすさの指標として、各条件毎の黙読時間を計測した。図 6 が各条件での約 1000 文字を読み終えるまでの被験者の平均黙読時間を表したものである。全体としては文字サイズが大きいほど黙読時間が長くなり、小さいほど黙読時間が短くなる傾向が見られ、行幅 3deg の行間を変更しなかった場合（配信形式）では特に長くなった。ただし、7deg の全行詰めでは文字サイズ中（10pixel）、において、文字サイズ大（14pixel）よりも黙読時間が増加していた。

黙読時間が短かったものとしては 5deg の文字サイズ中・小と 7deg の文字サイズ小であった。最も黙読時間が短く早く読めたのは、視野角 5deg、文字サイズ小の 1 行詰めであった。

分散分析の結果、行間 ($F(2, 8) = 6.34, p < 0.05$)、1 行の行幅 ($F(2, 8) = 24.10, p < 0.05$)、文字サイズ ($F(2, 8) = 49.54, p < 0.05$) で有意な主効果が認められた。交互作用においても、行間*1 行の行幅 ($F(4, 8) = 3.85, p < 0.05$)、行間*文字サイズ ($F(4, 8) = 5.10, p < 0.05$)、1 行の行幅*文字サイズ ($F(4, 8) = 4.38, p < 0.05$) で有意差が認められた。

Scheffé の多重比較によると、行間条件の 1 行詰めと配信形式 ($p < 0.05$) との間において有意差が認められた。1 行における行幅の条件では 3deg と 5deg ($p < 0.05$) 間、および、3deg と 7deg ($p < 0.05$) 間において有意差が認められた。文字サイズにおける条件では、文字サイズ小と文字サイズ大 ($p < 0.05$) 間、および、文字サイズ中と文字サイズ大 ($p < 0.05$) 間において有意差が認められた。

4.2 サッカーカード頻度

書籍とケータイ小説での読書時の大きな違いは、改行時にサッカーカードのみで行なう書籍に対し、ケータイ小説での改行にはサッカーカードとスクロールを併用して行なっている点である。そこで、改行する際のサッカーカードの生起頻度を求めることで、スクロールによる改行を生かした読み方を調査した。図 7、図 8、図 9 に被験者 3 人の条件別サッカーカードの生起確率を求め、その平均を行幅毎に求めた結果のグラフである。この図で 100% は、行数とサッカーカードによる改行が一致したことを示す。20% の場合、20% がサッカーカードによる改行で 80% がスクロールによる改行だったことを示す。

全体の傾向としては文字サイズが大→中→小となるに連れて、サッカーカード頻度が増加するとともに、同じ文字サイズでも行幅が 3deg→5deg→7deg となるに連れてサッカーカード頻度が増加する傾向が見られた。

また、5deg の文字サイズ小、7deg の文字サイズ中、小において、サッカーカード頻度が全体の行数を超えてしまうという結果が得られた。これは、行幅が広く、文字が小さいため、行末から行頭へとサッカーカードによる改行を行う際、被験者が文章の行頭部分を見失い何度も同じ行を読み返すといった動作が見受けられたため、そのとき 1 行の改行に複数回のサッカーカードを行ったと考え、カウントしたためである。行間ごとの比較としては、行間（変更なし、配信形式）においては 7deg であっても他の行間よりもサッカーカード頻度が少ない。文字サイズ大では、行間によらず、サッカーカードによる改行頻度が少なく、特に行幅（変更なし、配信形式）では行幅が 1～3 行と大きく開いている文章が多いため、サッカーカードによる改行をせずに、スクロールによる改行のみで文章を読む比率が大きくなったと考えられる。

サッカーカード頻度についても同様に分散分析を行ったところ、有意な主効果、交互作用は認められなかった。誤差のプーリングをしたところ、有意な主効果は認められなかったが、1 行の行幅 ($F(2, 16) = 2.92, p < 0.05$) において、有意な傾向がみられた。交互作用においては、行間*1 行の行幅 ($F(4, 16) = 3.39, p < 0.05$) で有意差が認められた。

Scheffé の多重比較によると、5%水準で有意差が認められなかった。

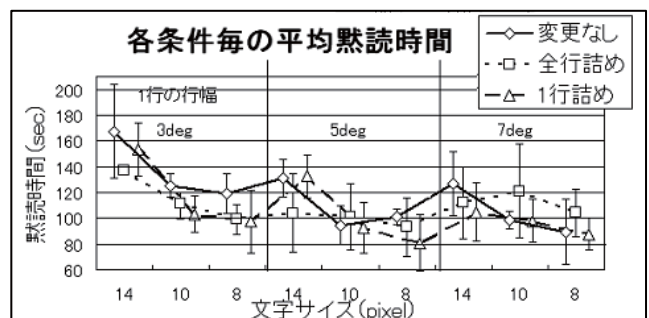


図6 各条件毎の平均黙読時間
Fig.6 Average silent reading time every condition

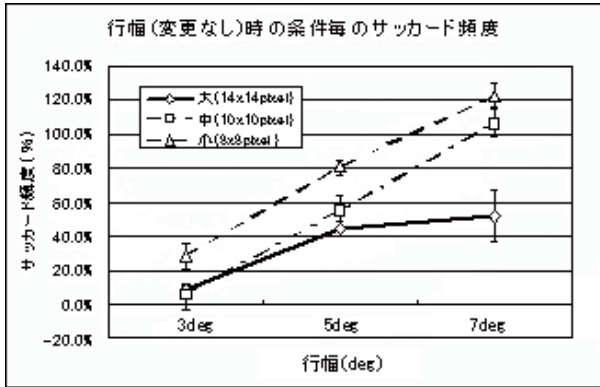


図7 行間（変更なし）時の各条件毎のサッカド頻度
Fig.7 Frequency of saccade displayed on the distributed line width

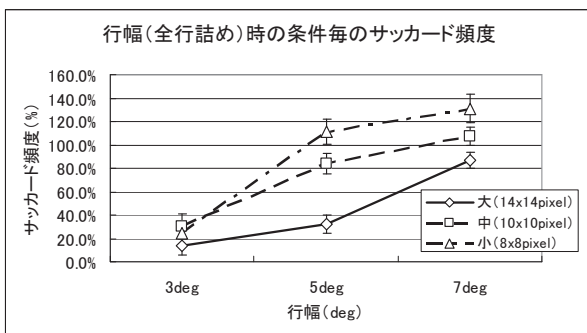


図8 行間（全行詰め）時の各条件毎のサッカド頻度
Fig.8 Frequency of saccade displayed on the dense line width

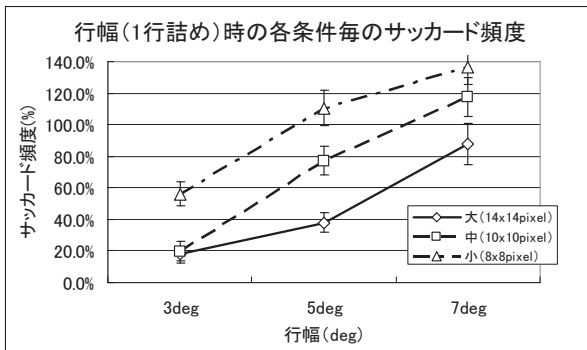


図9 行間（1行詰め）時の各条件毎のサッカド頻度
Fig.9 Frequency of saccade displayed on single space line widths

4.3 注視位置

図10, 図11, 図12は, 被験者3人の黙読時の注視点分布から求めた注視位置の平均値と分散である。それぞれの被験者の結果をハッチの方向で示す。それぞれの携帯画面を示し, 被験者の目から見込んだ角度は水平方向7.5度、垂直方向9.4度である。図10の行間（変更なし）（配信形式）の行幅3degでは, 文字サイズ(大)を除き, 文字サイズ毎に各被験者の注視点分布がばらつく結果になった。いずれの条件でも, サッカドの改行数よりスクロールによる改行が多いが, 特に文字サイズ(大)では, 注視点分布の分散は小さく, 3名ともほとんど同じ位置を注視したままスクロールのみで黙読していることを示唆している。

行幅5deg, 7degに関しては, 文字サイズによらず, 水平上に注視位置のまとまりが見られる。垂直方向に関しては同じ被験者でも実験ごとに, ディスプレイの上から見るか, 中央, もしくは下方から注視し始めるか, 最初の注視位置が異なったため, 上下にバラツキが見られた。これは, 被験者が文章を読むとき一度注視位置を決めると, その場所で読み続け, 下方向への移動はサッカドによる視線移動ではなく親指によるスクロールで行うことも可能なためと考えられる。またサッカドによって改行する場合でも, 水平方向の眼球運動は小さく, 上下方向のみに移動するサッカドが多かったため, このような分布になったと考えられる。行幅5deg, 7degに関しては, 文字サイズによらず, 水平上に注視位置のまとまりが見られた。行間（変更なし）（配信形式）の行幅5deg, 7deg（図10）の文字サイズ（中）, （小）, 全行詰め（図11）と1行詰め（図12）の行幅5degの文字サイズ（中）, （小）, 行幅7degの文字サイズ（大）, （中）, （小）で, 注視点が何カ所かに密集する傾向が見られた。これらは, 図7～図9を見ると, サッカド頻度が80%を超えた条件に相当する。これらの結果は, サッカドによる改行が行われても, 画面水平のほぼ中央付近に注視位置がコントロールされていることを示唆している。

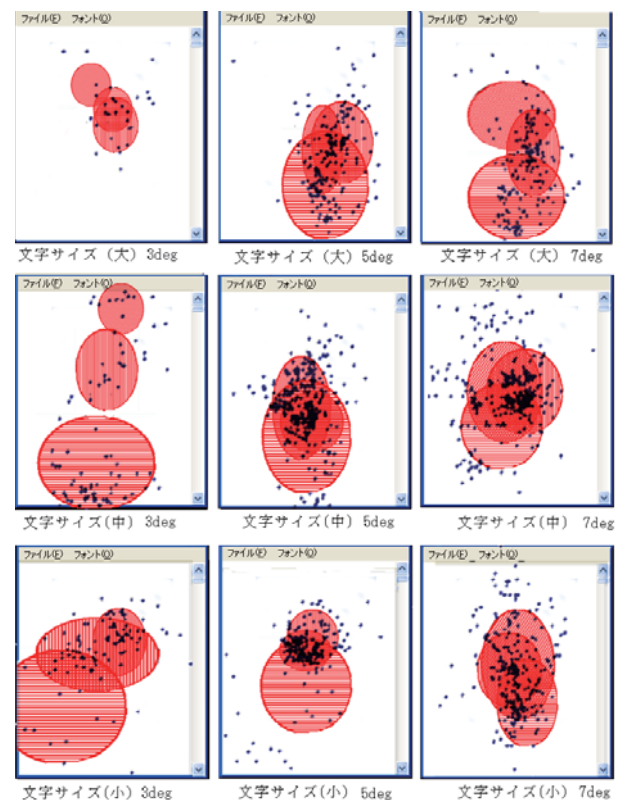


図10 変更無し（配信形式）での注視点分布（平均値を中心にして標準偏差で分布を示す）
Fig.10 Distribution of gazing points displayed on the distributed line width

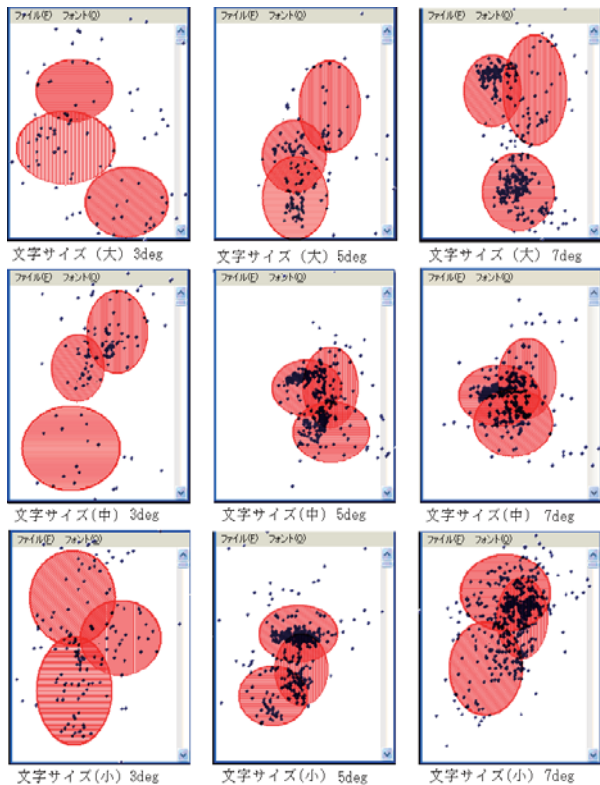


図 1 1 行間（全行詰め）時の注視点分布
Fig.11 Distribution of gazing points displayed on the dense line width

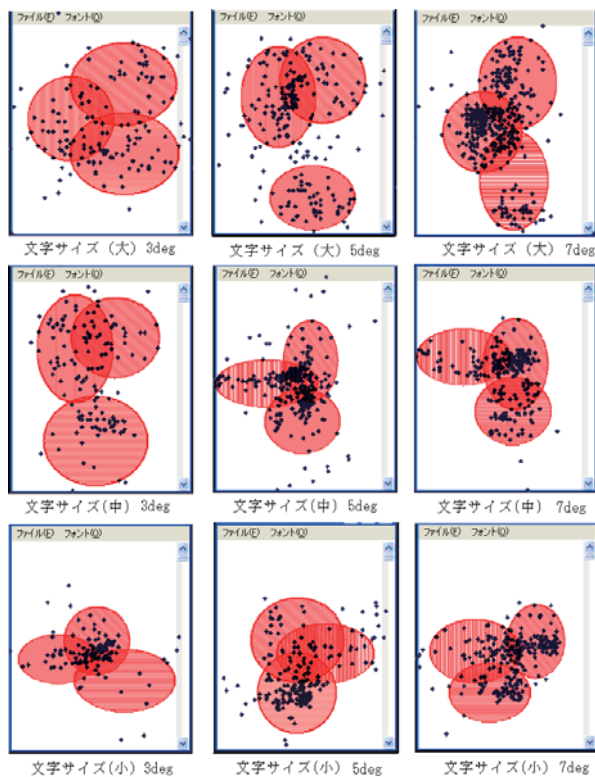


図 1 2 行間（1行詰め）時の注視点分布
Fig.12 Distribution of gazing points displayed on single space line widths

4. 4 文字数毎のサッカード頻度

図 1 3 は、文字数毎のサッカード頻度についてすべての実験条件からまとめたものである。1 行の文字数が増加するとともに、サッカードによる改行頻度が増加する傾向が見られる。行幅を配信形式から変更していない条件を除き、6 文字以上でサッカードによる改行頻度が 100%前後となり、ほぼサッカードで改行していることが分かる。しかし、行幅が広い配信形式では、8 文字を超えるまでサッカードによる改行頻度が 100%とならず、スクロールによる改行が併用されている傾向がみられる。改行幅が大きいことで、ケータイ小説特有の読み方であるスクロールによる改行行動をもたらししている可能性がある。

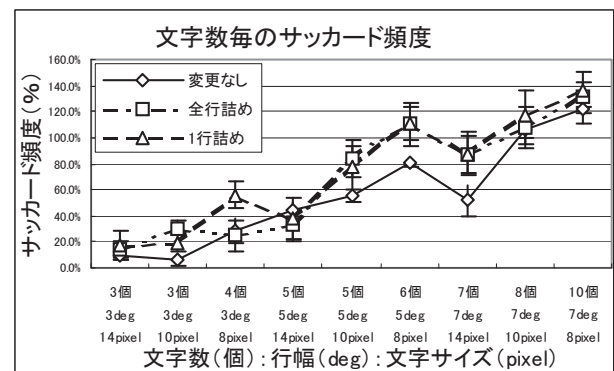


図 1 3 文字数毎のサッカード頻度
Fig.13 The saccade frequency every number of characters

4. 5 サッカード頻度と平均黙読時間

図 14 は全実験条件から、サッカード頻度だけを横軸に取り、平均黙読時間を調べたものである。サッカード頻度が 50%を超えると平均黙読時間にほとんど変化がなくなることが分かる。平均黙読時間が増加するサッカード頻度 50%未満の条件は、行幅が狭く、かつ文字サイズが大きいという条件に相当する。

この結果と図 1 3 から、行幅 5deg 以上、文字は中 (10pixel) 以下、すなわち 1 行の文字数が 5 以上のとき、スクロールを併用したケータイ小説固有の読み方を行っても黙読時間が変わらないことがわかる。

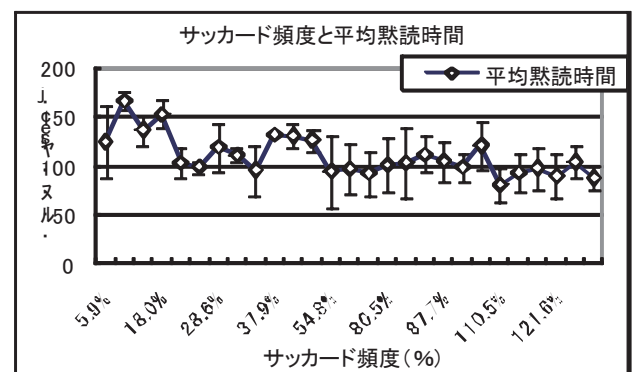


図 1 4 サッカード頻度と平均黙読時間
Fig.14 The saccade frequency and the average silent reading time

5. まとめ

電子媒体の情報閲覧において、携帯電話を模した画面上でケータイ小説を読書している際の人の行動を指によるスクロールと眼球運動の特徴から分析した。多重比較の結果、平均黙読時間が配信形式と1行詰との間、および、3degと5degとの間、文字サイズ小と大、文字サイズ中と大との間によって黙読時間に差があることを示した。また、行間・配信形式、行幅3deg、文字サイズ大でのみ、他の条件より顕著に長くなった。しかし、この条件は、1行あたり3～4文字しか表示できず実用的な表示法ではない。文字サイズ中(10pixel)、小(8pixel)、行幅5,7degのいずれの条件でも、行幅や被験者によらず100秒前後/1000文字という傾向を示した。次に黙読中の改行をするためのサッカード頻度を調べ、スクロールによる改行との併用の傾向を調べた。多重比較の結果、条件間に差があるとはいえないが、全体の傾向としては文字サイズが大→中→小となるに連れて、サッカード頻度が増加するとともに、同じ文字サイズでも行幅が3deg→5deg→7degとなるに連れてサッカード頻度が増加する傾向が見られた。特に行間・配信形式では、行幅7degの文字サイズ小、中を除き、サッカード頻度は、行幅5deg、文字サイズ小でもせいぜい80%であり、スクロールによる改行というケータイ小説など電子媒体上に表示された場合にのみ可能な改行手段が駆使されている傾向が示された。注視位置については、特に行幅5deg、7degに関して、文字サイズによらず、水平軸上に注視位置のまとまりが見られた。スクロールによる改行が多い行幅3degだけでなく、サッカードによる改行が主に行われる条件でも、画面水平軸のほぼ中央付近に注視位置をコントロールし黙読していることが示された。

これまで行幅と文字の大きさをパラメータとして分析した結果について述べた。これらの結果をまとめ、1行の文字数という観点からサッカード頻度を分析した。行間・配信形式を除き、6文字以上でサッカードによる改行頻度が100%前後となり、ほぼサッカードで改行している。しかし、行幅が広い配信形式では、8文字を超えるまでサッカードによる改行頻度が100%とならず、スクロールによる改行が併用されている傾向が示された。

改行幅を大きく取ることにより、ケータイ小説特有の読み方であるスクロールによる改行行動をもたらしている可能性を示唆している。さらにサッカード頻度と平均黙読時間という観点から整理を行い、サッカード頻度が50%を超えると平均黙読時間にほとんど変化が無くなることが示された。この結果から、行幅5deg以上、文字サイズ中以下、すなわち1行の文字数が5以上のとき、スクロールを併用したケータイ小説固有の読み方を行っても黙読時間が変わらないことが分かった。

携帯電話だけでなく、PDA、PC画面など、改行をスクロールで行えるというのは電子媒体に表示された文章の特徴である。紙媒体から電子媒体へ、文字だけでなくコミックなど図形情報の配信も含め、移行は急ピッチである。その読み方、見方の特徴を分析し、効果的な表示法の提案へと、本研究をさらに発展させて行きたいと考えている。

謝辞

本研究は、NHK経済社会情報番組部ディレクター海野稔氏によるクローズアップ現代「ケータイ小説」(2007年9月20日放送)の取材をきっかけに始められた。ここに深謝する。また本研究の実施に際し、本学卒業研究生として提示ソフトウェアの開発、実験に大きな力を発揮された鈴木承子さん(現共同印刷株式会社)、永田智洋君(現NTTデータソフィア株式会社)に深く感謝します。

参考文献

- 1) ケータイ小説;インターネット百科事典 Wikipedia
- 2) 第3回日本ケータイ小説大賞「ケータイ小説とは」;
<http://nkst.jp/pc/about.html>
- 3) 國田祥子, 中條和光: 広島大学心理学研究, 広島大学大学院教育学研究科心理学講座, no.9 page.27-35
- 4) 美嘉:美嘉のホームページ, 小説「恋空」;
http://ip.tosp.co.jp/BK/TosBS100.asp?I=hidamari_book
- 5) 荻阪良二, 中溝幸夫, 古賀一男編: 眼球運動の実験心理学, 名古屋大学出版会, 読みと眼球運動; 8章, pp.167-197 (1993)