

単文節行と階段状インデントを有する電子リーダーの 読書アシスト効果

小林 潤平^{1,2} 関口 隆¹ 新堀 英二¹ 川嶋 稔夫²

概要：本研究では、文章を読む目の動きを電子リーダーによって自然なかたちで簡素化する手法を提案する。紙の書物では紙面に文字が固定されているために、読者自身が最適な停留場所を探しながら視点を動かして読み進めていた。一方、電子リーダーでは文字側を自由に書き替えられるために、読者の目の動きを電子リーダーで代替するような柔軟な表示設計も可能となる。そこで本研究では、スクロール機構と文字レイアウトの工夫によって文章を読む目の動きを簡素化することを目的に、1行を1文節で構成するとともに行頭を階段状にインデントさせた電子リーダーを開発し、その効果を読み速度や眼球運動の点から検証した。その結果、単文節行と階段状インデントを有する電子リーダーでは、読み速度や理解度を低下させることなく、インデント幅分の一定長で短いサッカードという単調な目の動きで読める傾向が認められた。

キーワード：読書インタフェース、電子書籍、組版、レイアウト、縦スクロール、眼球運動

1. はじめに

多くの情報が文字で伝達される現在、もし電子リーダーによって特別な訓練なく文章を早く読むことができるようになれば、その効果の大きさは計り知れない。

人間の視野は、解像度の高い中心視野と、そのまわりの解像度の低い周辺視野から構成されている。文字の認識には高い解像度を必要とするため、人間は中心視野を移動させながら文章を読み進めていく。中心視野において文字を認識している注視状態を停留、次の停留点への移動運動はサッカードと呼ばれ、読書中は停留とサッカードが繰り返される。停留中には、中心視で文字認識すると同時に周辺視で次の停留場所の選定を行う。単語認知が最も早くなる停留場所は最適停留位置と呼ばれ、単語の中心付近であることが報告されている [3,5,6]。もし、最適停留位置から外れた場所に停留すると、同一単語内で再停留が発生しやすくなるため [10]、読み効率の向上には最適停留位置への的確な視点移動が欠かせない。

日本語文章においては、文の意味的なまとまり毎に停留しながら読み進む傾向が報告されている [14]。紙の書物の場合は、紙面に文字が固定されているために、読者自身が最適な停留場所を探しながら視点を動かすことで読み進めていた。一方、電子リーダーの場合は、視点を固定したまま

文字側を書き替えて読むなど、読者の目の動きを電子リーダーで代替するような柔軟な表示設計も可能となる。この特長は、紙面に固定された文字を読むためのスムーズな視点移動が難しい読者、すなわち読みの苦手な読者やロービジョンの読者 [4]、ディスレキシア (難読症) の読者 [12] にとって、重要な意味をもつ。

視点移動を文字表示の切替で代替する電子リーダーのひとつに RSVP (Rapid Serial Visual Presentation) がある。RSVP は同じ場所にひとつの短文や単語を次々と切り替えながら表示していく手法であり、視点を固定したままサッカードせずに読み進めることが可能である。その特徴から、読みの苦手な読者、視野欠損をもつロービジョンの読者、または小さな画面への表示に対して、RSVP は有益な表示手法であることが報告されてきた [1,2,8,11]。しかし、RSVP では読者が表示切替のタイミングを制御できないために瞬目ですら読みの妨げとなるなど、読書中は極めて高い集中力が求められ、速く読めたとしても読み心地の低下をまねくことが報告されている [7]。

そこで本研究では、RSVP のような強制的に読ませる手法でなく、読者にとって難しい目の動きを、文字レイアウトの工夫や読者自身のスクロール操作によって自然なかたちでアシストする電子リーダーの設計を試みた。今回、1行を1文節で構成するとともに行頭を階段状にインデントさせた電子リーダーを開発し、その効果を読み速度や眼球運動の点から詳しく検証した。

¹ 大日本印刷株式会社

² 公立はこだて未来大学

2. 実験

本研究で開発した単文節行と階段状インデントを有する電子リーダーの効果を検証するために、比較対象を含む4種類のレイアウトと刺激文章を変更しながら、読み速度と眼球運動を計測した。

2.1 刺激

本研究では、図 1-(a)(b)(c)(d) に示す4種類のレイアウトを準備した。

図 1-(a) は、一般的な日本語表記の「29 文字/行の固定長改行レイアウト (N)」であり、本研究では評価基準として用いた。文字を間隔 0 で並べて基準文字数毎に改行するベタ組みレイアウトを採用し、句読点および括弧のみを禁則処理の対象とした。1 行の文字数は全角 29 文字とした。

図 1-(b) は、一般的な日本語表記の「5 文字/行の固定長改行レイアウト (A)」であり、レイアウト (N) とは 1 行の文字数のみ異なる。1 行の文字数は全角 5 文字とし、1 行を単純に短くした場合の影響を調査するために用いた。

図 1-(c) は、1 行を 1 文節で構成した「単文節行レイアウト (B)」であり、文字を間隔 0 で並べる点では固定長改行レイアウトと同一であるが、文章を構成する文節毎に改行した。形態素解析には Sen^{*1}および IPADIC^{*2}を用いた。

図 1-(d) は、本研究で開発した「階段状インデント型の単文節行レイアウト (C)」である。1 行を 1 文節で構成するとともに、行頭の傾斜が 45° となるように各行のインデント量を増やしていき、次の段落の最初の文節で画面左端に戻すように設計した。また、段落途中の行で右端が基準線（画面端から左に 1 文字分）を越えてしまった場合には、当該行のインデント量を 10 行目と同じ値まで戻し、当該行を基準として行頭傾斜が 45° となるように各行のインデント量を再び増やした。

図 1 の 4 種類のレイアウトを表示する電子リーダーは横書きの縦スクロール型を採用し、タブレット型端末 iPad (Apple 社製、画面サイズ対角 9.7 inch、画面解像度 264 ppi) 上で動作させた。iPad 上のタッチパネル操作は上下方向のスクロールのみ有効とした。

刺激文章は星新一氏のショートショート作品とし、1 話の文字数が 2500 字程度の 21 話を用いた。フォントは「ヒラギノ角ゴシック ProW3」を使用し、文字サイズは 4.4 mm、行間は 1.6 mm、文字色は黒、背景色は白とした。

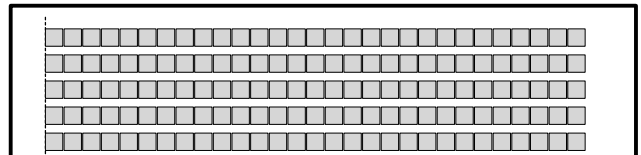
2.2 被験者

本実験に関する予備知識や被験経験のない大学生 27 名が、被験者として参加した。全員が裸眼または矯正によって十分な視力を有し、良好に眼球運動の計測が可能であった。

*1 sen-1.2.2.1, <https://java.net/projects/sen>

*2 ipadic-2.7.0, <http://sourceforge.jp/projects/ipadic/>

Layout (N) ... Benchmark



(a) 固定長改行レイアウト (29 文字/行)

Layout (A)



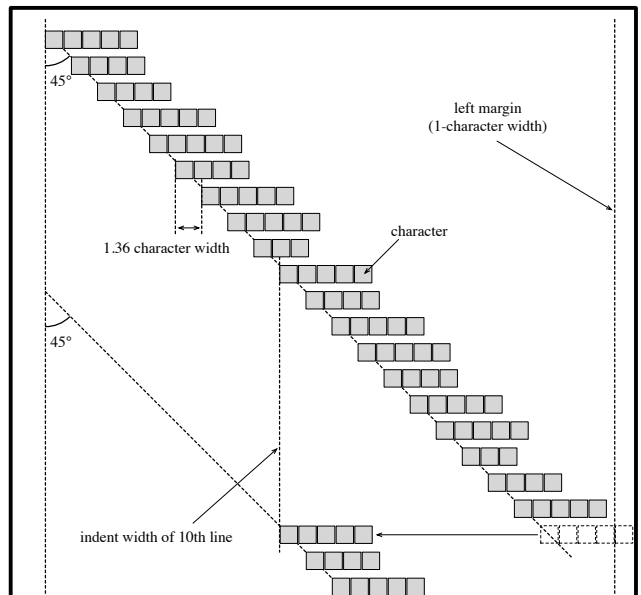
(b) 固定長改行レイアウト (5 文字/行)

Layout (B)



(c) 単文節行レイアウト

Layout (C)



(d) 階段状インデント型の単文節行レイアウト

図 1 本研究で調査した 4 種類の日本語電子リーダーの表示例。

2.3 手続き

被験者 27 名について、レイアウト 4 種類および刺激文章 21 話を変更しながら、眼球運動と読み速度を計測した。被験者あたり 1 話 1 回のみ閲覧に制限するとともに、読む文章や読む順番を含む実験条件の組み合わせが被験者間で重複しないようにあらかじめ調整した。

被験者は、白色蛍光灯が点灯された部屋にて着席し、机上に固定された iPad に対して被験者自身が最も読みやすいと感じる距離にて、被験者自身がスクロール操作しながら黙読するよう教示した。また、文章を読み終えた直後に、熟読したり暗記しなくとも飛ばし読みをせずに読めば答えられる程度の簡単な質問を出題することもあわせて教示した。これは、飛ばし読みの抑制や理解度を確認するための施策である。読後の質問に答えられなかった場合の計測データは棄却し、文章を変更して再計測した。

電子リーダーおよび実験に慣れた状態の読みを測定するために、被験者は全レイアウトの読みと操作および2回の予備実験を、本実験前に経験した。予備実験は、読後の質問を含めて本実験と全く同じ状況下、かつ被験者には予備実験であることを告知せずに実施した。

2.4 視線移動分析

被験者の目の動きは、nac 社製の視線検出装置 EMR-9 を用いて 1/60 s 間隔で計測した。停留点はサッカードの発生を基準に抽出した。停留とサッカードの速度しきい値を 15 deg/s に設定し、停留の開始および終了の判定を行うとともに、停留点の座標は停留中の平均値を採用した。

ここで、縦スクロール型の電子リーダーでは、文字側を上下方向にスクロール移動することで視点を停留させたまま上下の行に移動できるため、特に短い行長において、ある行を読む停留とその次の行を読む停留との間に、サッカードが発生しない場合も多い。そこで本研究では、停留の抽出後、停留したまま読み進めた行数を算出し、1行あたり1回停留されたものとして、停留数を補正した。

ここで、補正によって停留数が1回追加されるたびに、距離0のサッカードが発生していると見なすことも可能であるが、本研究ではサッカード数の補正は実施しないことにした。したがって、サッカードせずに読み進める行数が増えるほど、補正後の停留数とサッカード数が乖離していくことに注意されたい。

3. 結果

3.1 読み速度

まず各レイアウトにおける読み速度を調査した。

図2は、各レイアウトにおける読み速度を比較したものである。縦軸は読み速度、誤差範囲は標準誤差である。評価基準である29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の読み速度は 907 ± 50 文字/分 (S.E.; N=27) であった。

まず、5文字/行の固定長改行レイアウト(A)の読み速度は 631 ± 28 文字/分 (S.E.; N=27) と、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の読み速度よりも有意に低下する傾向が認められた ($t[26] = 7.29, p < 0.01$)。

また、単文節行レイアウト(B)の読み速度も 760 ± 36 文字/分 (S.E.; N=27) と、基準の29文字/行の固定長改行レ

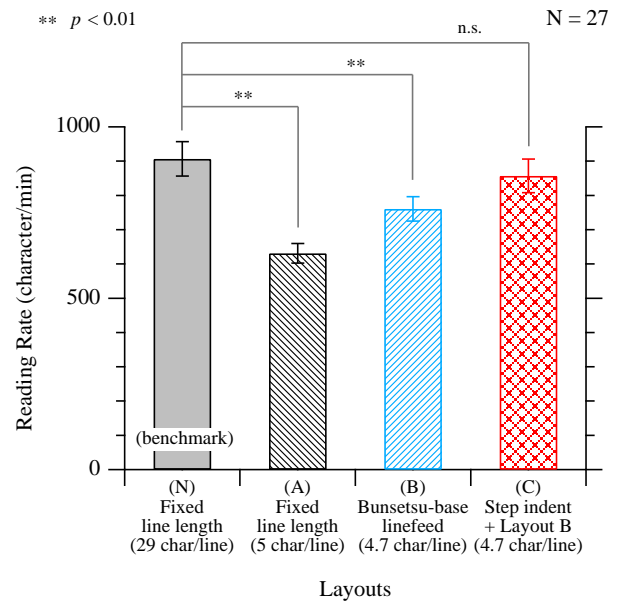


図2 各レイアウトにおける読み速度の比較。誤差範囲は標準誤差。

イアウト(N)の読み速度よりも有意に低下する傾向が認められた ($t[26] = 3.90, p < 0.01$)。

一方、階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)の読み速度は 857 ± 49 文字/分 (S.E.; N=27) と大きく向上し、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の読み速度と両側5%水準では有意な差が認められなかった ($t[26] = 1.70, p > 0.1$)。

以上より、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)に対して、単純に5文字/行まで行長を短くすると読み速度は低下してしまうところを、1行1文節のレイアウトと階段状インデントの付与によって、同等の読み速度を維持できることがわかった。

3.2 停留数

文章の文字数が同一ならば、停留数が少ないほど読み速度の向上につながる。本節では、各レイアウトにおける停留数の変化を調査するために、1刺激文章あたりの停留数を1000文字で正規化し、比較した。

図3は、各レイアウトにおける刺激文章1000文字あたりの停留数を比較したものである。縦軸は刺激文章1000文字あたりの平均停留数、誤差範囲は標準誤差である。評価基準である29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の平均停留数は 297 ± 17 回/ 10^3 文字 (S.E.; N=27) であった。

まず、5文字/行の固定長改行レイアウト(A)の平均停留数は 380 ± 11 回/ 10^3 文字 (S.E.; N=27) と、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の平均停留数よりも有意に増加する傾向が認められた ($t[26] = 7.06, p < 0.01$)。また、単文節行レイアウト(B)の平均停留数も 349 ± 10 回/ 10^3 文字 (S.E.; N=27) と、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の平均停留数よりも有意に増加する傾向が認めら

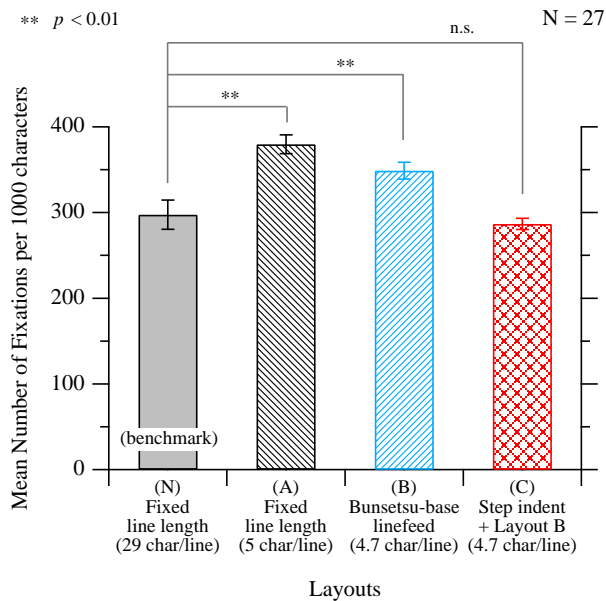


図 3 各レイアウトにおける 1000 文字あたりの平均停留数の比較. 誤差範囲は標準誤差.

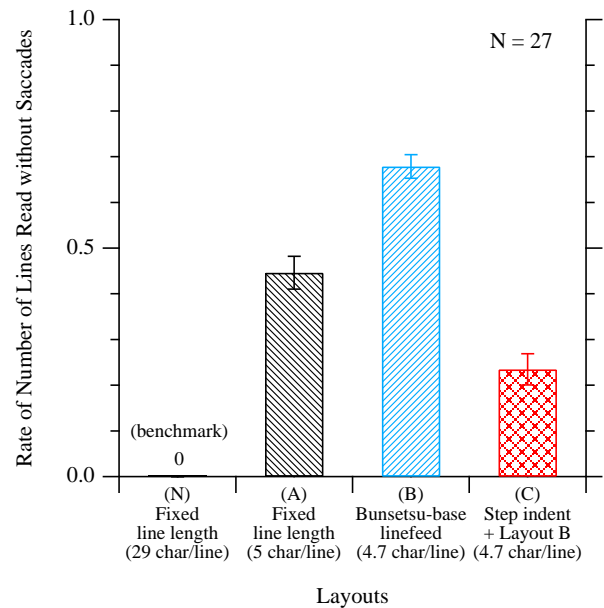


図 4 各レイアウトにおける視点を固定したままスクロール操作で読み進めた行数の割合. 誤差範囲は標準誤差.

れた ($t[26] = 3.75, p < 0.01$).

一方、階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) の平均停留数は 287 ± 7 回/ 10^3 文字 (S.E.; $N=27$) と大きく減少し、基準の 29 文字/行の固定長改行レイアウト (N) の平均停留数と両側 5 % 水準では有意な差が認められなかった ($t[26] = 0.874, p > 0.1$).

以上より、基準となる 29 文字/行の固定長改行レイアウト (N) に対して、単純に 5 文字/行まで行長を短くすると 1 刺激文章あたりの平均停留数は増加してしまうところを、1 行を 1 文節で構成するレイアウトと階段状インデントの付与によって、同等の値を維持できることがわかった。

3.3 視点を固定したスクロール読みの割合

日本語の読みでは、意味的なまとまり単位に停留する傾向が報告されていることから [14]、意味的なまとまりの最小単位である文節を 1 行に対応させた単文節行レイアウト (B) では、1 行につき 1 回の停留で読み進められる可能性がある。また、縦スクロール型電子リーダーでは、文字側を上方向にスクロール移動することで、眼を動かさずに下の行に視点を移動できる特徴をもつ。すなわち、単文節行レイアウト (B) では、特に短い行長において、視点を左右に動かさず固定したまま上方向へのスクロール操作で徐々に読み進めやすい条件が整っていると言える。

図 4 は、各レイアウトにおける視点を固定したままスクロール操作で読み進めた行数の割合を比較したものである。縦軸は全行数に対する視点を固定したままスクロール操作で読み進めた行数の割合、誤差範囲は標準誤差である。

評価基準である 29 文字/行の固定長改行レイアウト (N) では、0 であった。

一方、1 行が短いレイアウト (A)(B)(C) では、5 文字/行の固定長改行レイアウト (A) で 45 %、単文節行レイアウト (B) で 68 %、階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) で 23 % の行を、視点を固定したままスクロール操作によって読み進めていることがわかった。

また、レイアウト (B)(C) はどちらも 1 行が 1 文節で構成されているが、階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) の値は単文節行レイアウト (B) の 1/3 程度と少なく、階段状インデントの付与によって、視点を固定したままスクロール操作で読み進める行数は減少することがわかった。

3.4 サッカー長および方向とスクロール速度

階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) の効果を把握するために、27 名の平均読み速度に最も近い値をもつ被験者 1 名のサッカーとスクロール操作について詳しく分析した。なお、読書中に発生するサッカーのうち、文字の並びに沿った方向へ移動するサッカーを「順行サッカー (forward saccade)」と呼び、本節ではその長さや方向について分析する。

図 5 は、各レイアウトの被験者 1 名のサッカーとスクロール操作を示したものである。図 5 左列は 29 文字/行の固定長改行レイアウト (N)、図 5 中央列は単文節行レイアウト (B)、図 5 右列は階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) について示したものである。また、図 5 上段は順行サッカー長の分布、図 5 中段は順行サッカー方向の分布、図 5 下段はスクロール操作による画面表示の変化を示したものである。順行サッカーの方向については、横書きの文章で文字を並べていく方向を 0° とした。また、

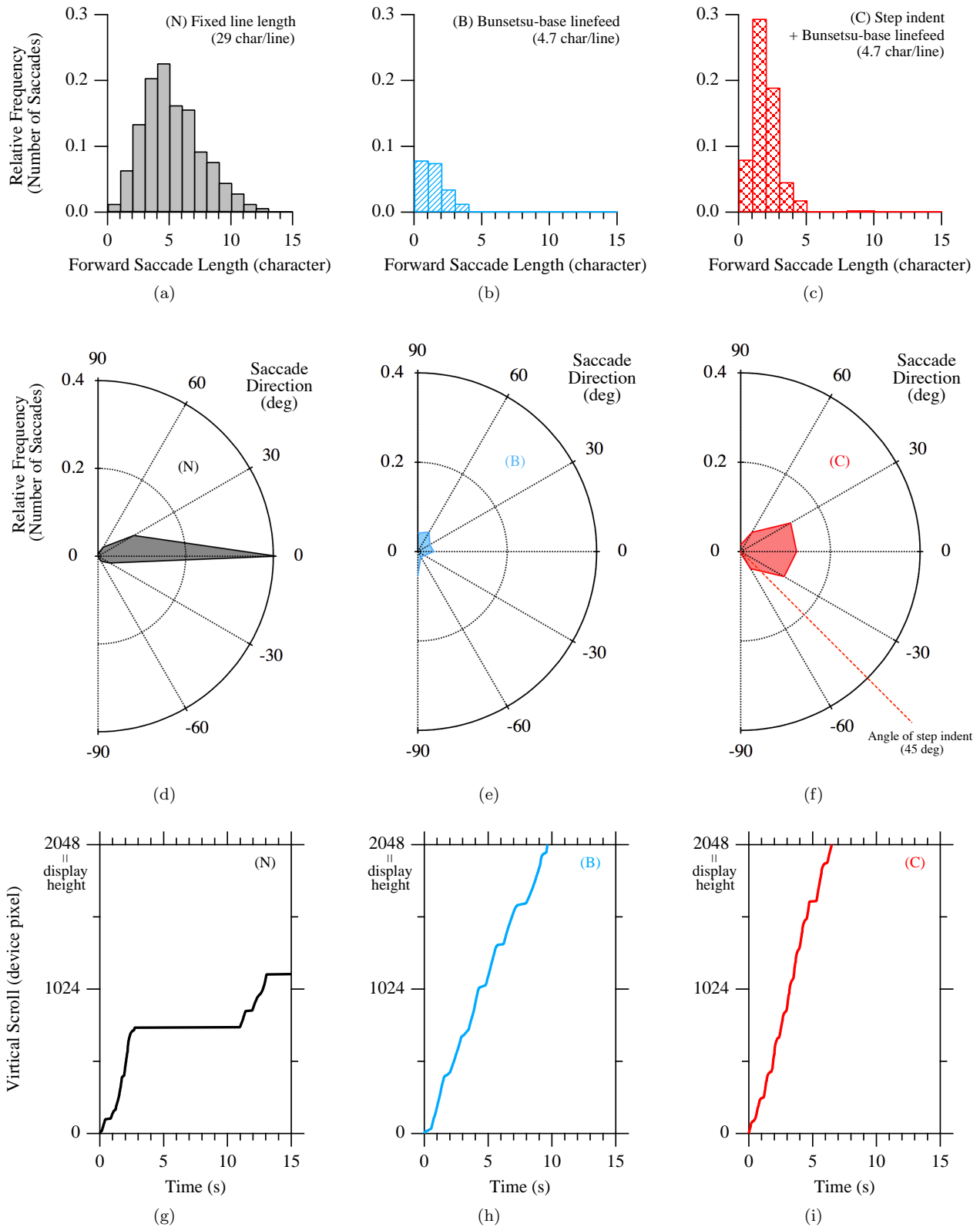


図5 被験者1名のサッカドとスクロール操作. 左図(a)(d)(g)は29文字/行の固定長改行レイアウトの場合, 中央図(b)(e)(h)は単文節行レイアウトの場合, 右図(c)(f)(i)は階段状インデント型の単文節行レイアウトの場合. 図上段(a)(b)(c)は順行サッカド長の分布を示している. 図中段(e)(f)(g)は順行サッカドの方向を示しており, 横書きの文章で文字を並べていく方向を 0° とした. 図下段(g)(h)(i)はスクロール操作による画面表示の変化を示しており, 値が2048の時点で上方向に1画面分スクロールしたことを意味する.

順行サッカードの頻度は、29文字/行の固定長改行レイアウト(N)における文章 10^3 文字あたりのサッカード数で正規化し、レイアウト間で比較した。スクロール操作においては、値が2048の時点で上方向に1画面分スクロールしたことを意味する。また、スクロール量が変化していないプラト一部分はスクロールを停止して読み進めていることを意味する。

まず、評価基準である29文字/行の固定長改行レイアウト(N)では、図5-(a)(d)より、順行サッカードは大多数が 0° 方向になされ、その長さは5文字を中心に短いものでは1文字、長いものでは13文字と幅広い分布をもつことがわかった。また、図5-(g)より、少し画面をスクロールしては停止、少し画面をスクロールしては停止と、スクロールを停止した状態で読み進める傾向が認められた。

次に、単文節行レイアウト(B)では、図4で分析したように、視点を固定したままスクロール操作によって読み進める割合が68%と高く、サッカード数が他レイアウトよりも少ない。図5-(b)(e)においても、他レイアウト(N)(C)よりも面積が小さく、サッカード数が少ないことがわかる。順行サッカード長のピークも0~2文字であり、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)と比較すると非常に短いことがわかった。また、図5-(h)より、単文節行レイアウト(B)では画面のスクロール操作をほぼ止めることなく読み進める傾向が認められた。

最後に、階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)では、図5-(c)(f)より、順行サッカードは 0° を中心とする $-30^\circ \sim +30^\circ$ 方向になされ、その長さのピークは1~2文字にあることがわかった。ここで、階段状インデントのインデント幅は文字数にして1.36文字分であり、図5-(c)の順行サッカード長のピークと一致する。また、階段状インデントによる行頭の傾斜は文字の並び方向に対して -45° の傾斜をもつが、順行サッカードの中心方向は -45° ではなく、 0° であることがわかった。さらに図5-(i)より、階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)も単文節行レイアウト(B)と同様に、画面のスクロール操作をほぼ止めることなく読み進めたが、単文節行レイアウト(B)よりも短時間で1画面をスクロールし終える傾向が認められた。

4. 考察

電子リーダーによる文章を読む目の動きの簡素化と読み効率の変化について考察する。

評価基準である29文字/行の固定長改行レイアウト(N)では、図4と図5-(a)(d)(g)の結果より、図6-(N)の模式図に示すように、スクロールを停止した状態で、 0° 方向に5文字分の長さを中心とした幅広い長短のサッカードを繰り返して読み進める傾向が認められた。周辺視によって次の停留先を探り、その場所に応じてサッカードの長さを調整するという、紙の書物と同じ一般的な読み動作である。

本研究では、それらの目の動きを電子リーダーによって簡素化すべく、1行を単純に短くする「5文字/行の固定長改行レイアウト(A)」、1行を1文節で構成する「単文節行レイアウト(B)」、1行を1文節で構成し階段状のインデントを付与する「階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)」の3種類のレイアウトを準備し検証した。

まず、1行を単純に短くする手法のみでは、読み効率の低下をまねくことがわかった。1行あたりの文字数を5文字まで減少させた固定長改行レイアウト(A)では、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の場合と比較して、読み速度は低下、停留数は増大している。この傾向は、1行あたりの文字数が少ないほど自動縦スクロール表示における快適速度が遅くなる結果[15]、および1行あたりの文字数が少ないほど読み速度は遅くなる結果[13]と一致している。

次に、1行を1文節で構成する手法では、単純に1行を短くする手法よりは優れているものの、読み効率の低下をまねくことがわかった。単文節行レイアウト(B)では、単純に5文字で改行した固定長改行レイアウト(A)よりも読み速度が向上したが、基準の29文字/行の固定長改行レイアウト(N)の水準には至らなかった。図4と図5の結果より、図6-(B)の模式図に示すように、単文節行レイアウト(B)では視点を固定したままスクロール操作で読み進める傾向が最も強く、視点移動を文字レイアウトとスクロール操作で最も代替できている電子リーダーと言えるが、読み効率を維持することはできなかった。

一方で、1行を1文節で構成し、さらに階段状のインデントを付与する手法によって、通常の読みと同等の読み効率を維持できることがわかった。階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)では、図5-(c)(f)(i)の結果より、図6-(C)の模式図に示すように、スクロールしながら、 0° 方向に長さ1~2文字のサッカードを繰り返して読み進める傾向が認められた。順行サッカード長のピークが1~2文字とインデント幅である1.36文字とよく一致すること、順行サッカードの中心方向は行頭傾斜角の -45° ではなく 0° であることから、階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)における視点の移動は、インデント幅分の短いサッカードの繰り返しであり、その目の動きにあわせて文字側をスクロール移動させることで読み進めていることがわかった。既存レイアウト(N)では、読者自身が周辺視によって次の停留先を探り、その場所に応じてサッカードの長さを調整する必要があったため、短く一定長のサッカードで読み進められる階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)では、目の動きが簡素化できていると言える。ここで、視点を固定したまま読み進めるという視点移動が最も簡素化された単文節行レイアウト(B)よりも、一定長で視点を移動させた階段状インデント型の単文節行レイアウト(C)の方が読み効率が向上していることから、

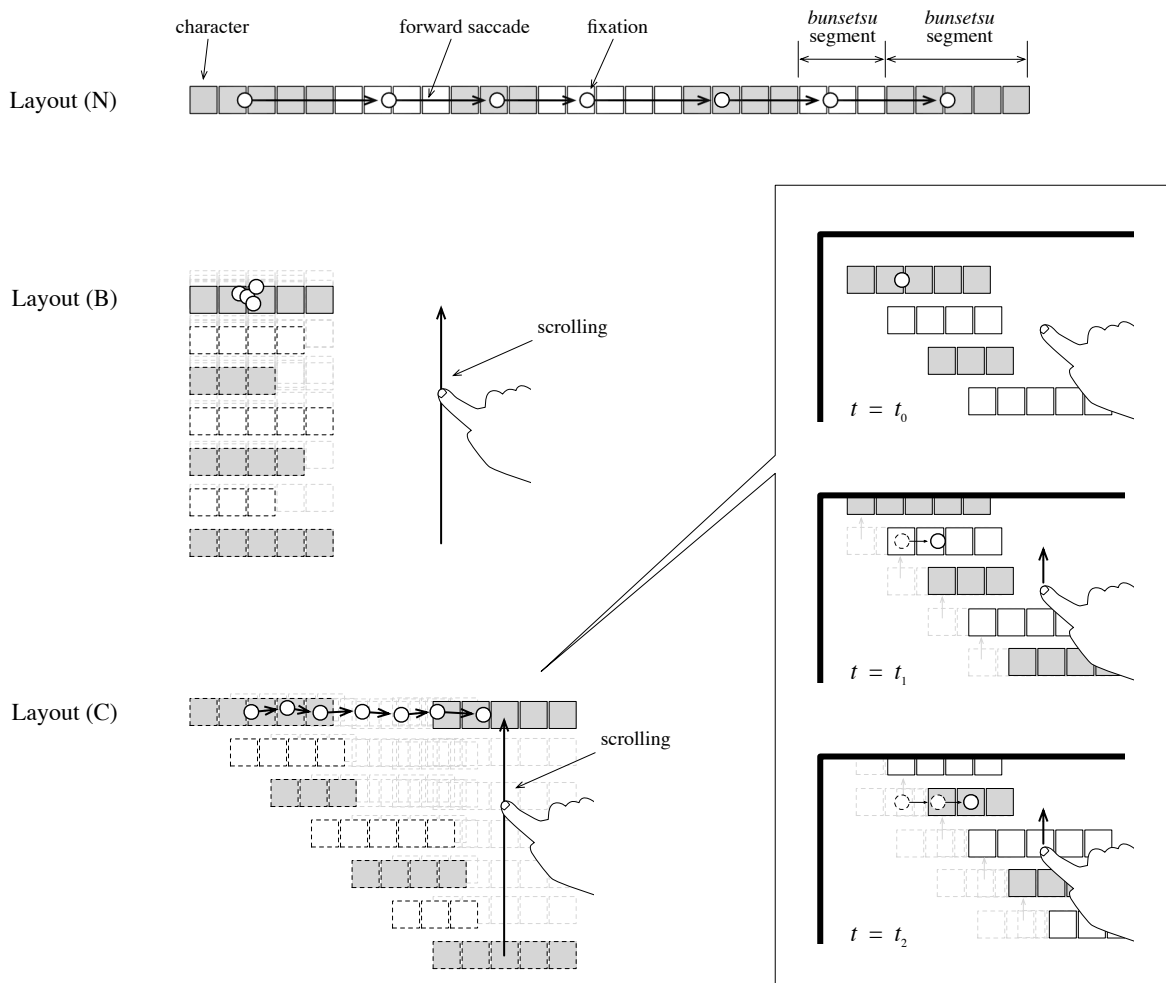


図 6 各レイアウトの読み動作の模式図. (N) 29 文字/行の固定長改行レイアウト, (B) 単文節行レイアウト, (C) 階段状インデント型の単文節行レイアウト.

読みのプロセスにサッカードの発生が重要な働きを担っている可能性もまた推察されるが、認知心理も含めてさらなる調査が必要である。

既存の紙の書物や電子リーダーでは、周辺視によって停留先を探索するとともに停留先にあわせてサッカード長を調整しながら読み進めていく必要があった。しかし、本研究の階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) では、読み効率や内容の理解度を低下させずに、インデント幅分の一定長で短いサッカードという単調な目の動きで読めるようになった。被験者の感想においても、44%の被験者が「読みやすい」と回答しており、「問題なく読める」と回答した被験者を含めると、85%の被験者が負荷を感じることなく読み進められたことがわかった。

さらに本研究の結果は、晴眼者のみならず、ロービジョンやディスレクシアの読者の読みをアシストできる可能性を示唆している。ロービジョンの読者においては、視力低下に伴って文字を拡大して読むと相対的に長いサッカードが必要となる。また、視力を保ったまま視野が狭くなる求

心性視野狭窄の読者においても、残存する視野は中心部分のみであり、欠けた周辺視野へのサッカードは難しい。しかし、短く一定長のサッカードで読み進められる階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) の電子リーダーを用いることで、サッカード先を有効な視野範囲に収められる結果、ロービジョンの読者の読みをアシストできる可能性がある。また、ディスレクシアの読者は、画面が狭く 1 行の文字数が少ない電子リーダーにおいて読み速度が向上する結果が報告されている [9]。しかし既存レイアウトでは、1 行の文字数を少なくすると読み速度が低下する問題があった [13]。階段状インデント型の単文節行レイアウト (C) では、1 行の文字数は少ないにもかかわらず読み速度を維持できていることから、ディスレクシアの読者の読みもまたアシストできる可能性がある。

5. おわりに

本研究では、スクロール機構と文字レイアウトの工夫によって日本語文章を読む目の動きを簡素化する電子リー

ダーを提案した。1行を1文節で構成するとともに行頭を階段状にインデントさせた「階段状インデント型の単文節行レイアウト」を有する電子リーダーでは、読み速度や理解度を低下させることなく、インデント幅分の一定長で短いサッカードという単調な目の動きで読める傾向が認められた。また、85%の被験者が負荷を感じることなく読み進められたことがわかった。今後、ロービジョンやディスレキシアの読者を含めて効果の検証を進める予定である。

謝辞

公立ほこだて未来大学 松原 仁 教授に機材の便宜をお図り頂くとともに、公立ほこだて未来大学学生の方々に被験者として多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Castelhana, M. S. and Muter, P.: Optimizing the reading of electronic text using rapid serial visual presentation, *Behaviour and Information Technology*, Vol. 20, No. 4, pp. 237–247 (2001).
- [2] Chen, H.-C.: Effects of reading span and textual coherence on rapid-sequential reading, *Memory and Cognition*, Vol. 14, No. 3, pp. 202–208 (1986).
- [3] Kajii, N. and Osaka, N.: Optimal viewing position in vertically and horizontally presented Japanese words, *Perception and Psychophysics*, Vol. 62, No. 8, pp. 1634–1644 (2000).
- [4] Legge, G. E.: *Psychophysics of reading in normal and low vision*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers (2007).
- [5] McConkie, G. W., Kerr, P. W., Reddix, M. D., Zola, D. and Jacobs, A. M.: Eye movement control during reading: II. Frequency of refixating a word, *Perception and Psychophysics*, Vol. 46, No. 3, pp. 245–253 (1989).
- [6] O'Regan, J. K., Lévy-Schoen, A., Pynte, J. and Brugette, B.: Convenient fixation location within isolated words of different length and structure, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 10, No. 2, pp. 250–257 (1984).
- [7] Rubin, G. S. and Turano, K.: Reading without saccadic eye movements, *Vision Research*, Vol. 32, No. 5, pp. 895–902 (1992).
- [8] Rubin, G. S. and Turano, K.: Low vision reading with sequential word presentation, *Vision Research*, Vol. 34, No. 13, pp. 1723–1733 (1994).
- [9] Schneps, M. H., Thomson, J. M., Chen, C., Sonnert, G. and Pomplun, M.: E-readers are more effective than paper for some with dyslexia, *PloS one*, Vol. 8, No. 9, p. e75634 (2013).
- [10] Vitu, F., O'Regan, J. K., Inhoff, A. W. and Topolski, R.: Mindless reading: Eye-movement characteristics are similar in scanning letter strings and reading texts, *Perception and Psychophysics*, Vol. 57, No. 3, pp. 352–364 (1995).
- [11] Williamson, N. L., Muter, P. and Kruk, R. S.: Computerized Presentation of Text for The Visually Handicapped, *Advances in Psychology*, Vol. 34, pp. 115–125 (1986).
- [12] 石井加代子：読み書きのみの学習困難（ディスレキシア）

- への対応策，科学技術学術政策研究所 科学技術動向，Vol. 45, pp. 13–25 (2004).
- [13] 小林潤平，関口 隆，新堀英二，川嶋稔夫：文節間改行レイアウトを有する日本語リーダーの読み効率評価，人工知能学会論文誌，Vol. 30, No. 2, pp. 479–484 (2015).
 - [14] 神部尚武：日本語の読みと眼球運動，読み：脳と心の情報処理，朝倉書店，chapter 1, pp. 1–16 (1998).
 - [15] 石井亮登，森田ひろみ：縦スクロール表示された文章の快適な読み速度と眼球運動，情報処理学会論文誌，Vol. 54, No. 6, pp. 1784–1793 (2013).