

文節単位で微振動させた日本語電子リーダーの可読性

Legibility of Vibrated Phrase Segments for Japanese Text Reading

小林 潤平*1*2
Junpei KOBAYASHI関口 隆*1
Takashi SEKIGUCHI新堀 英二*1
Eiji SHINBORI川嶋 稔夫*2
Toshio KAWASHIMA*1大日本印刷株式会社
Dai Nippon Printing Co., Ltd.*2公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

We propose a new micro-vibration text reader to improve reading speed. The new reader vibrates each phrase segment in a different vibration pattern. We measured reading speeds and eye movements using both the micro-vibration text and a conventional stable text. The reading speed of the micro-vibration text is 10 % faster than that of the stable text with the short line length of approximately 9 characters per line. The number of fixations in the micro-vibration text is fewer than that in the stable text, and it seems to be caused by the reduction of refixations in the phrase segments.

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ドと呼ばれ、読書中の眼球運動は停留とサッカドの繰り返しであることが知られている。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 [O'Regan 84, McConkie 89, Kajii 00]。もし、最適停留位置からず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 [Vitu 95]、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。

日本語文章における停留場所は、文の意味的まとまり単位との報告がある [神部 98]。話し言葉を字幕表示する先行研究では、意味的なまとまりを考慮しつつ文節間で改行すると、一定文字数で改行した場合よりも読みやすいとの結果が報告されている [村田 09]。また、筆者らによる、改行位置を意味的まとまりの最小単位である文節間となるように調節した文節間改行レイアウトでは、主に行末や行頭付近における視点移動の効率化によって、読み速度が 10 ~ 25 % 向上する結果が得られている [小林 15]。この文節間改行レイアウトに対して、文節単位で文字ベースラインを階段状にずらしながら配置する工夫を加えることで、主に行の中間部分における視点移動の効率化により、20 文字/行以上の長い行長における読み速度がさらに 10 % 程度向上する結果が確認されているが [小林 14]、20 文字/行に満たない短い行長においては読み速度の向上が発現せず、課題が残されていた。

そこで本研究では、意味的まとまりのひとつである文節を認識しやすいように、文節毎に異なるタイミングで微振動させる電子リーダーを提案し、その効果を読み速度や眼球運動の点から詳しく検証することとした。

連絡先: 小林 潤平, kobayashi-j3@mail.dnp.co.jp,
大日本印刷株式会社, 東京都新宿区市谷加賀町 1-1-1

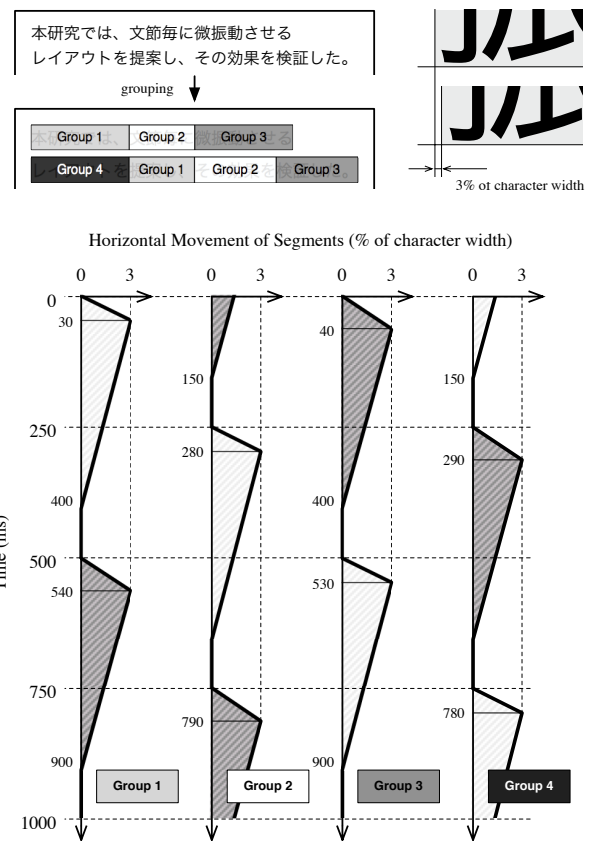


図 1: 電子リーダーにおける各文節の振動パターンとタイミング。文章を文節単位で区切り、先頭から順に 4 グループに分けて、250 ms ずつタイミングをずらして振動させる。振幅は文字幅の 3 % 分であり、素早く右に動かして、ゆっくり左に戻す。

2. 実験

被験者 本実験条件に関する予備知識や被験経験のない大学生 14 名が、被験者として参加した。

刺激 図 1 に示すのが、電子リーダーが本研究にて提案する「文節単位の微振動表記」である。振幅は文字幅の 3 %、振動周期は 1000 ms とし、振動のタイミングは隣り合う文節で

250 ms ずらした。振動は実験終了まで継続し、途中で停止することはない。文節のまとまりは Sen*¹および IPADIC*²による形態素解析をもとに抽出した。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 2000 字程度の 20 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。

手続き まず、被験者 6 名について、改行のない一文において、文節単位で微振動させた場合の眼球運動を計測した。一文は刺激文章 20 話のなかから 30 語前後の一文をランダムに 40 文抽出し、微振動の有無に対してそれぞれ 20 文ずつ、ランダムな順番で表示し計測した。

次に、前述の 6 名を含む被験者 14 名について、微振動の有無、1 行の基準文字数 (11, 20, 29, 40 の 4 段階)、および刺激文章 (20 話) を変更しながら、眼球運動と読み速度を計測した。改行位置は、1 行の基準文字数を超えない条件で最長となる文節間とした [小林 15]。被験者あたり 1 話 1 回のみの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。被験者には、スクロール操作しながら黙読するとともに、文章を読み終わった直後に、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。質問自体は文章の内容について問う簡単なものである。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、刺激文章を変更して再計測した。

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。

3. 結果

微振動の効果について、まず 1 文を 1 行で表示した場合について調査し、次に 1 話分の文章を複数行にて表示した場合について調査した。

3.1 1 文を 1 行で表示した場合

本項では、1 行のみの 1 文を読んだときの効果を検証する。図 2 は、微振動および静止表記における 2 ~ 6 文字で構成された文節中の停留確率分布を示したものである。縦軸は平均停留確率、横軸は文節先頭文字からの文字数、誤差範囲は標準誤差である。停留は図 2 右下に示すように停留と再停留で場合分けし、各文節長毎に確率分布を得た。水色は文節内で一回目に停留した場所 (initial fixation)、赤色は一回目の停留後に順方向へ短くサッカードして停留した場所 (refixation

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

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

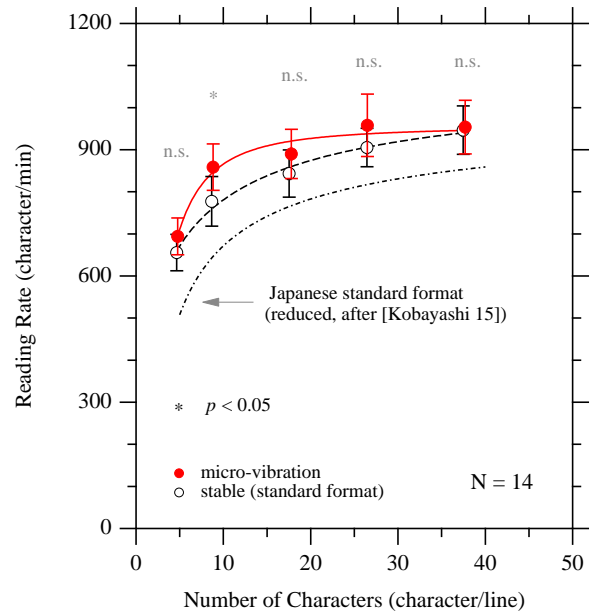


図 3: 微振動および通常表記における、読み速度と 1 行あたりの平均文字数の関係。誤差範囲は標準誤差。

by forward saccade)、黒色は一回目の停留後に逆方向へ短くサッカードして停留した場所または次文節から逆行してきて停留した場所 (refixation by regression) を示す。

図 2 より、微振動表記では、再停留の発生確率が減少する傾向が認められた。黒色で示された逆行による再停留の発生確率、および赤色で示された短い順行サッカードによる再停留の発生確率とともに、微振動表記では静止表記よりも全体的に減少していることがわかった。

以上より、1 文を 1 行で表示する場合には、文節単位で微振動させると、振動単位内の再停留を減少させる効果をもつことがわかった。

3.2 1 話分の文章を複数行にて表示した場合

本項では、1 話分の文章を読んだときの微振動表記の効果、読み速度と停留数および平均停留時間の点から検証する。**読み速度** 図 3 は、微振動および静止表記における読み速度の変化を示したものである。縦軸は読み速度、横軸は 1 行あたりの平均文字数、誤差範囲は標準誤差である。

読み速度は、1 行の基準文字数 11 において微振動表記の方が静止表記よりも速くなる傾向が認められ、その差は両側 5% 水準で有意であった ($t[13] = 2.19, p < 0.05$)。

また、図中の日本語標準レイアウトの値は、筆者らの先行調査 [小林 15] において得た文節間改行レイアウト (本研究における静止表記と同等) の読み速度向上率から計算した換算値である。図 3 より、既存の日本語標準レイアウトに対して改行位置を文節間に調整することで読み速度は向上し、さらに文節単位で微振動させることで、特に 1 行の基準文字数 11 付近の読み速度を向上できることがわかった。

停留数と停留時間 図 4 は、微振動および静止表記における 1 刺激文章あたりの停留数および平均停留時間の変化を示したものである。1 刺激文章あたりの停留数の比較には、 10^3 文字で正規化した値を用いた。左軸は刺激文章 10^3 文字あたりの平均停留数、右軸は平均停留時間、横軸は 1 行あたりの平均文字数、誤差範囲は標準誤差である。

刺激文章 10^3 文字あたりの平均停留数は、微振動表記の方

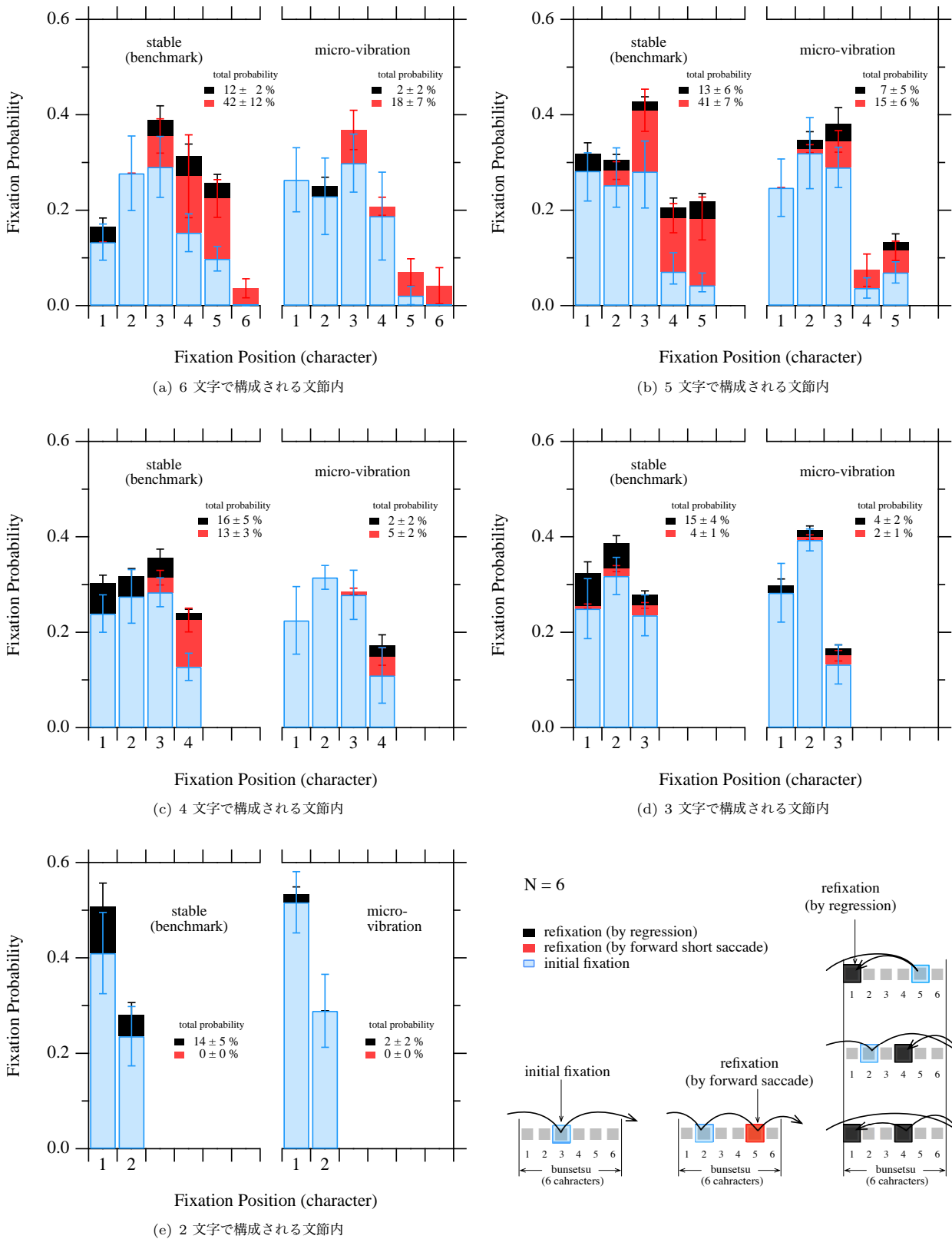


図 2: 微振動および静止表記における 2 ~ 6 文字で構成された文節中の停留確率分布。水色は文節内で一回目に停留した場所 (initial fixation), 赤色は一回目の停留後に順方向へ短くサッカドして停留した場所 (refixation by forward saccade), 黒色は一回目の停留後に逆方向へ短くサッカドして停留した場所または次文節から逆行してきて停留した場所 (refixation by regression) を示す。誤差範囲は標準誤差である。

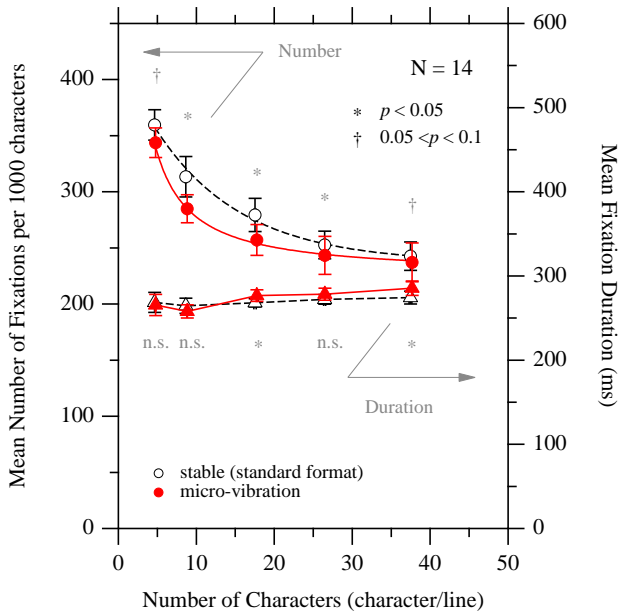


図 4: 微振動および通常表記における、刺激文章 1000 文字あたりの平均停留数および平均停留時間と 1 行あたりの平均文字数の関係。誤差範囲は標準誤差。

が静止表記よりも少ない傾向が認められた。また、1 行の基準文字数 11 ~ 29 の範囲において、その値の差は広がる傾向が認められた。各行長に対してそれぞれ t 検定を行ったところ、1 行の基準文字数 11 で $t[13] = 2.17, p < 0.05$, 1 行の基準文字数 20 で $t[13] = 2.70, p < 0.05$, および 1 行の基準文字数 29 で $t[13] = 2.36, p < 0.05$ と、その差は両側 5 %水準で有意であった。

一方、平均停留時間においては、微振動表記の方が静止表記よりも長くなる傾向が認められた。各行長に対してそれぞれ t 検定を行ったところ、1 行の基準文字数 20 で $t[13] = 2.37, p < 0.05$, 1 行の基準文字数 40 で $t[13] = 2.57, p < 0.05$ と、その差は両側 5 %水準で有意であった。

したがって、微振動表記によって停留数は減少する傾向にあるが、平均停留時間は延びる傾向にあることがわかった。

以上より、1 話分の文章を複数行にて表示した場合には、文節単位で微振動させると、特に 1 行の基準文字数 11 あたりの読み速度を向上でき、その原因は停留数の減少にあることが推察された。

4. 考察

文節単位で微振動させると、1 行の基準文字数 11 付近において、通常の静止状態よりも速く読めることがわかった。これは、読み速度の低下が課題となっていた短い行長において改善効果が認められたという点で、重要な意味をもつ。

停留の変化を示した図 4 より、微振動表記では、静止表記よりも少ない停留数で読み進められる一方で、平均停留時間は、静止表記よりも長くなる傾向にあった。したがって、微振動表記における読み速度の向上は、主に停留数の減少効果によってもたらされたことが推察された。

微振動表記における停留数の減少は、停留場所の確率分布を示した図 2 より、再停留の減少によってもたらされた可能性が推察され、短い行長で停留数を増大させる短いサッカード

の問題 [小林 15] を改善できた可能性がある。ただし、図 2 の分布は 1 文の長さが 30 文字前後かつ 1 行のみの表示であり、複数行にわたる文章の読みとは異なる部分が多いため、さらなる調査が必要である。

5. おわりに

本研究では、意味的まとまりのひとつである文節を認識しやすいように、文節毎に異なるタイミングで微振動させる電子リーダーを提案し、その効果を読み速度や眼球運動の点から検証した。

文節単位で微振動させた電子リーダーでは、読み速度の低下が課題となっていた短い行長において改善効果が認められ、平均 8.7 文字の行長において、静止表記よりも約 10 %速く読めることがわかった。

読み速度の向上は停留数の減少によってもたらされており、1 文節内の再停留の減少が主な原因である可能性が推察された。文節単位で微振動させる電子リーダーが、短い行長における視点移動の効率化をもたらす可能性が示唆された。

謝辞

公立はこだで未来大学 松原 仁 教授に機材の便宜をお図り頂くとともに、公立はこだで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る。

参考文献

- [Kajii 00] 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)
- [McConkie 89] 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)
- [O'Regan 84] O'Regan, J. K., Lévy-Schoen, A., Pynte, J., and Brugailière, 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)
- [Vitu 95] 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)
- [小林 14] 小林 潤平, 関口 隆, 新堀 英二, 川嶋 稔夫: 文節単位の階段状ベースラインを有する日本語リーダーの可読性, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2014 論文集, pp. 570–576, 電子情報通信学会 (2014)
- [小林 15] 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)
- [神部 98] 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, 第 1 章, pp. 1–16, 朝倉書店 (1998)
- [村田 09] 村田 匡輝, 大野 誠寛, 松原 茂樹: 読みやすい字幕生成のための講演テキストへの改行挿入, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol. 92, No. 9, pp. 1621–1631 (2009)