

平成30年度 卒業論文

行の強調表示によるテキストの可読性向上に関する研究

平成31年2月14日

15111029

中村 祥吾

指導教員 三浦 元喜 准教授

九州工業大学 工学部 総合システム工学科

概要

電子デバイス上で文字を読む機会が増えてきたなかで、元ある文章を読みやすく表示することができれば文章を読む効率を高めることができる。そこで液晶画面上の文章を読みやすくする手法として、読者の読みに合わせて文字の色を変化させていく3つのハイライト法 (Line 法, Sentence 法, One Sentence 法) を設計した。読者が読んでいる文章の色を変化させ、その色の違いによって読んでいる文を際立たせ読者への読みの負担を減らし読みやすさの向上を図る。ハイライト法なし (None 法) と3つのハイライト法で比較実験を行い、ハイライト法が文章の読みやすさに影響するか調べた。ユーザによる読みやすさ評価をマンホイットニーのU検定を用いて有意水準5%として検定したところ有意差が見られたが、読み時間や理解度テストによる正答率に関しては有意差が見られなかった。今後の課題としてはキーボード操作によるハイライト移動の操作負担を減らすため、視線推定などを利用した自動でハイライトが移動するシステムの開発が必要である。

目次

第1章 序論	3
1.1 背景	3
1.2 本研究の目的	3
第2章 関連研究	5
2.1 読みの静的研究	5
2.2 読みの動的研究	6
2.3 関連研究まとめ	8
第3章 ハイライト表示の設計	9
3.1 ハイライトなし	9
3.2 Line 法	10
3.3 Sentence 法	11
3.4 One Sentence 法	12
第4章 実験方法	13
4.1 参加者	13
4.2 装置	13
4.3 設計	13
4.4 手順	13
第5章 結果と考察	16
5.1 読み時間	16
5.2 読みやすさ	18
5.3 正答率	20

第 6 章 結論	22
6.1 まとめ	22
6.2 今後の課題	22
謝辞	23
参考文献	24

第1章 序論

本論文は液晶画面上の文章を読みやすくする手法として、読者の読みに合わせて文字の色を変化させていくハイライト法について論ずるものである。本章では本テーマの背景と文章のハイライト法について説明する。

1.1 背景

スマートフォンやタブレットが一般にも広く浸透した現在において、ますますインターネットを日常的に使う機会が増えてきた。かつては携帯電話といえばメールや電話が主な機能であったが、現在の小型電子機器ではアプリケーションやインターネットが気軽に使えることが人気の要因にもなっている(図 1.1)。こうしたインターネットの普及によって誰でも手軽に読め手軽に書ける電子書籍やネット小説も人気となっており(図 1.2)、昔に比べインターネットでブログを読んだりスマートフォンの電子リーダーで小説を読んだりする機会は増えている。

電子デバイス上で文字を読む機会が増えてきたなかで、元ある文章を読みやすく表示することができれば文章を読む効率を高めることができる。

1.2 本研究の目的

本研究の大きな目的は「読みやすさの向上」である。そのための手段の一つとして「ハイライト法」を提案する。

本研究では複数のハイライト方法で文字を強調表示させることで、それぞれが読みやすさにどれほど影響を及ぼすかを調べ最適なハイライト法を調べるものである。具体的には、読者が読んでいる文字または文章の色を変化させ、その色の違いによって読んでいる文を際立たせ読者への読みの負担を減らし読みやすさの向上を図る。

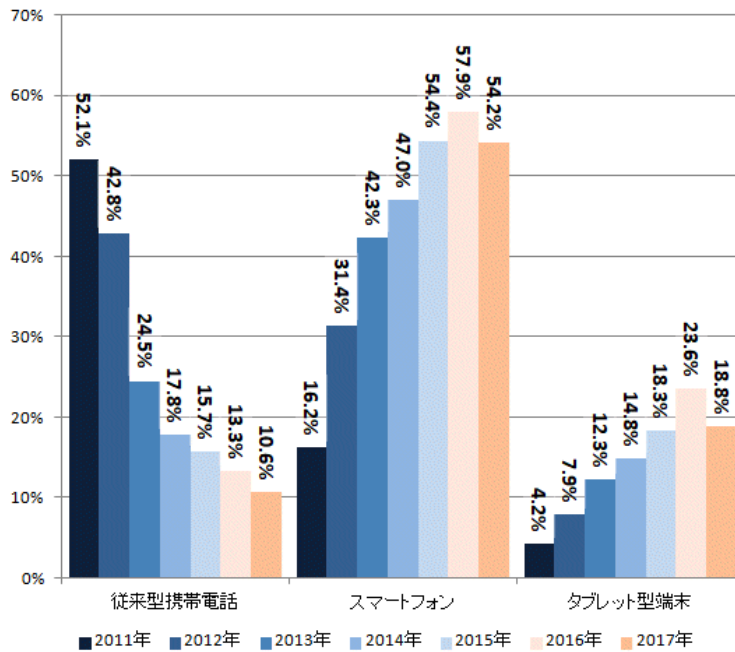


図 1.1: モバイル端末によるインターネット利用率

(<http://www.garbagenews.net/archives/2064859.html> から引用)

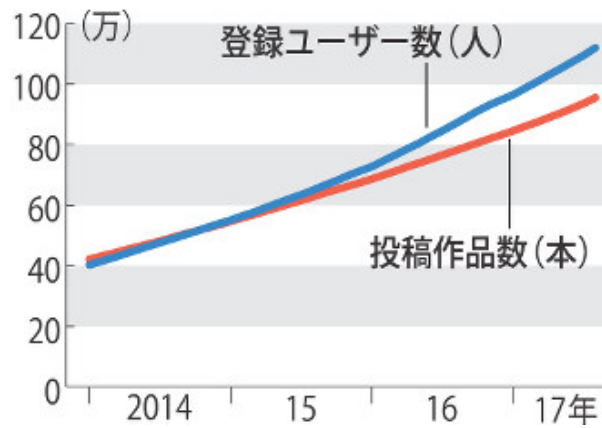


図 1.2: 人気小説サイトの登録数と投稿作品数

(<https://mainichi.jp/articles/20170926/dde/012/040/003000c> から引用)

第2章 関連研究

現在, 文章の読みやすさを目的とした研究は国内外を問わず盛んに行われている [1][2][3][4]. この読みやすさの研究で重要となるのは人が文字を読むときの目の動きである. 人間の視野は解像度の高い中心視野と, その周りの解像度の低い周辺視野で構成されている. 文字の認識には高い解像度を必要とするため, 中心視野を移動させながら読んでいく. 文字を認識している間の注視状態は停留と呼ばれ, サッケードと呼ばれる次の停留点への移動運動を繰り返しながら文字を読み進めていくことが知られている [5][6][7][8]. 読みやすさを高めるためには, いかにスムーズにサッケードを行わせるかが重要なのである. また, 読みやすさに関する研究は主に2種類に分けることができる. 一つは時間変化の伴わない「静的研究」であり, もう一つは時間変化を伴う「動的研究」である. それぞれの研究についての関連研究を見ていく.

2.1 読みの静的研究

読みやすさの静的研究では文字の大きさやフォント, 配置などについて盛んに研究が行われており, 宮崎ら [9] は新聞においてもっとも読みやすい文字の大きさを比較した. SD法によって文字組イメージを調べデータを因子分析した結果, 4つの因子によって構成されていることを発見した. 各因子の分布と読み取り速度を総合した結果, 現在用いられている横55ドット×縦43ドットを108%拡大した文字が最適の大きさと結論した. 小林ら [10] は文節での改行をおこなう読書アシスト機能を提案した. 5種類のアシスト機能を比較したところ, 文節での改行に加え, テキストラインが文節ごとに階段状に右下へ下がっていくレイアウトが最適であった. 文字のレイアウト以外の研究では, 小林ら [11] は紙に書かれた文章とiPadに表示された文章とで理解度の違いを確かめた. 読み速度に関してはiPadの方が優れていたが, 理解度では紙の方が優れていたことがわかった.

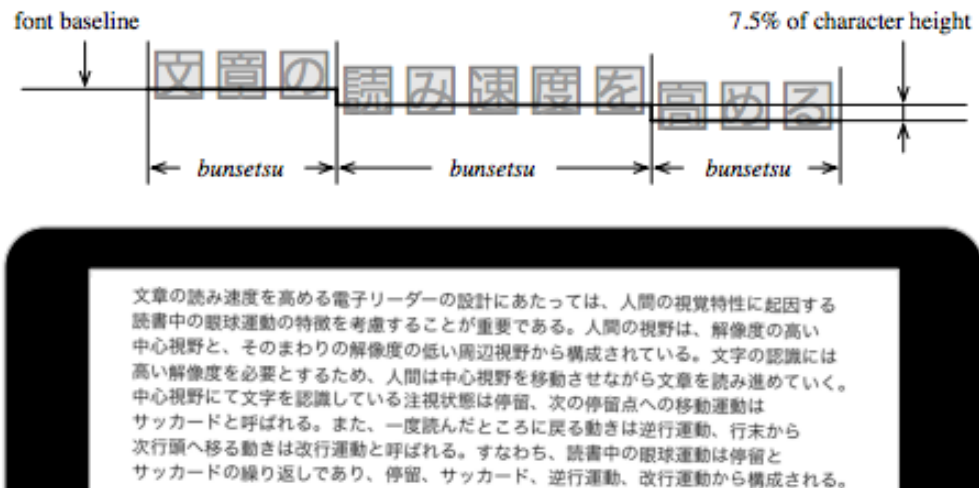


図 2.1: 小林らの文節間改行+階段状ベースライン [11]

2.2 読みの動的研究

Joらの研究 [12] は文章を読んでいる途中で呼びかけなどの意図しない中断が起こったとき、どのハイライト法を使えばより早く読みを再開できるかというものであった。結果としては一文のみをハイライト表示する方法でもっとも高い効果が得られた。

守田らの研究 [13] ではスクロールされる文章に対して一定の間隔でマーカを設置し視点位置から20文字分を×マークで隠した。そして誘導マーカの位置を見たときに文字が画面に映し出されるという仕組みを作成し視線移動をスムーズに行おうとした。結果としてどの方向のスクロールに対しても通常時より速く読めることが確認された。

また、「カラーバールーペ」(図 2.2) と呼ばれる読書支援文具も販売されている。これを用いることで、川上らの読みの困難についての研究 [14] でも提案されていた「一行だけ見える枠」の効果が得られ、小さい子供や発達障害のある子供、視力の低下した年配の方でも文章を読みやすくすることができる。

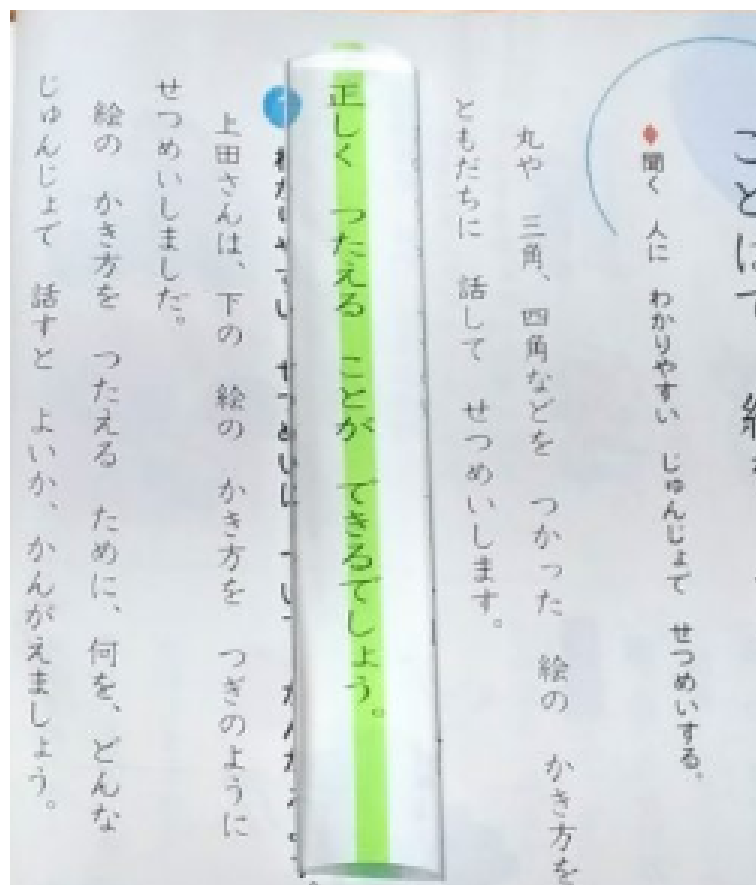


図 2.2: カラーボールペンの使用例:(<https://kiraboshigakusha.com/blog/?p=3459>) より引用

2.3 関連研究まとめ

静的研究に比べ動的研究はまだまだ数が少ない。その原因の一つとも言えるのが単一カメラによる視線検出の難しさである。上記で述べたように人の読みには目の動きが重要となってくる。目の動きによってリアルタイムで視線を検出することができればベストだが、今の技術では顔を完全に固定した状態(図 2.3) でなければ正確な視線検出は行えない。具体的にはあごをあご当てに乗せ、棒状のパイプで顔を囲って顔が上下左右に動かないように完全に固定した上で視線検出を行う。もっと手軽に視線検出ができるようになれば読者の読みに合わせた動的研究も増えてくる。

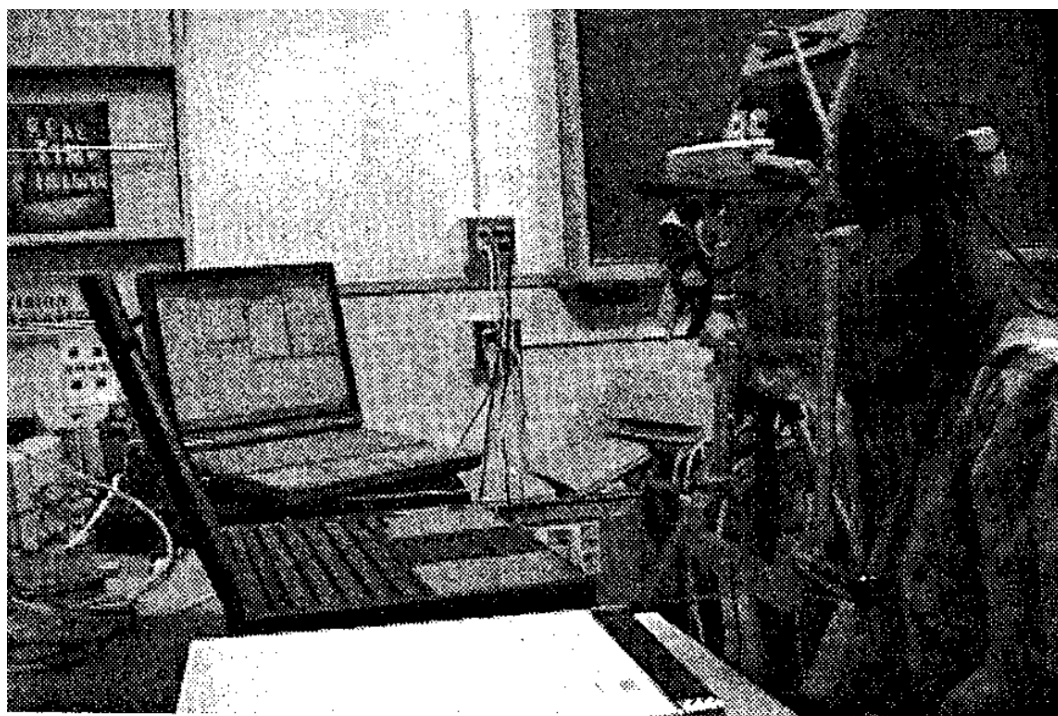


図 2.3: 顔の固定

第3章 ハイライト表示の設計

今回、文字をハイライトする方法を作成するにあたって前述の関連研究を参考に実験システムの構築を行った。

3.1 ハイライトなし

ハイライトなし(以下「None 法」と呼ぶ)で文章をそのまま表示したものである。基本設計として、1300文字程度の文章を24pxのゴシックで横書き表示する。このNone法をベースとして他の3つのハイライト法との比較実験を行う。

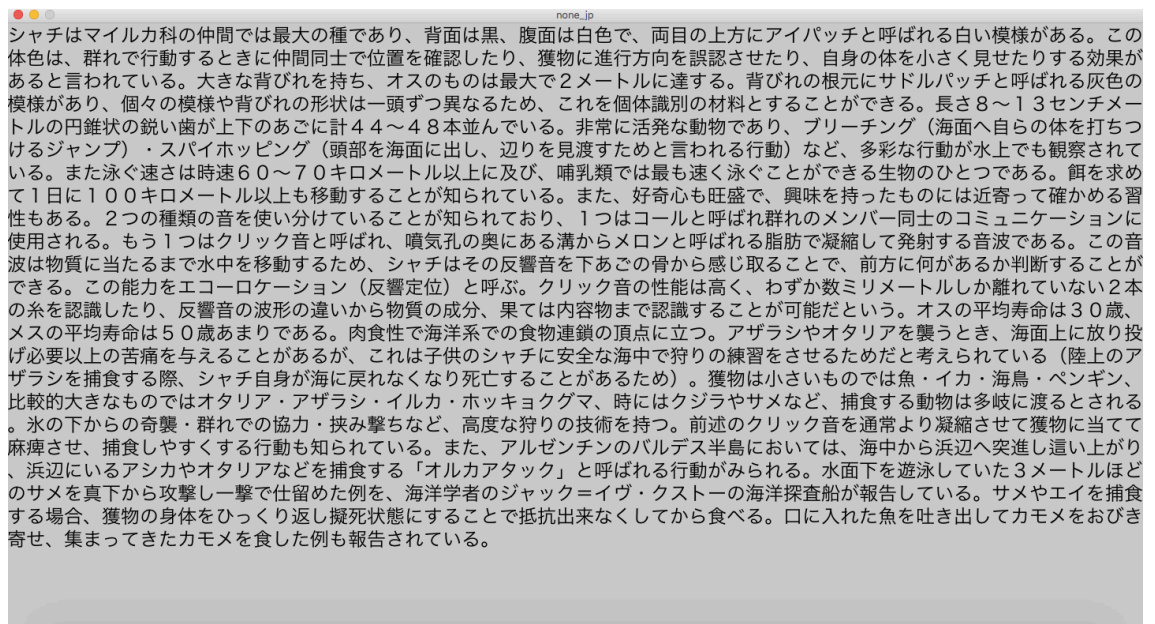
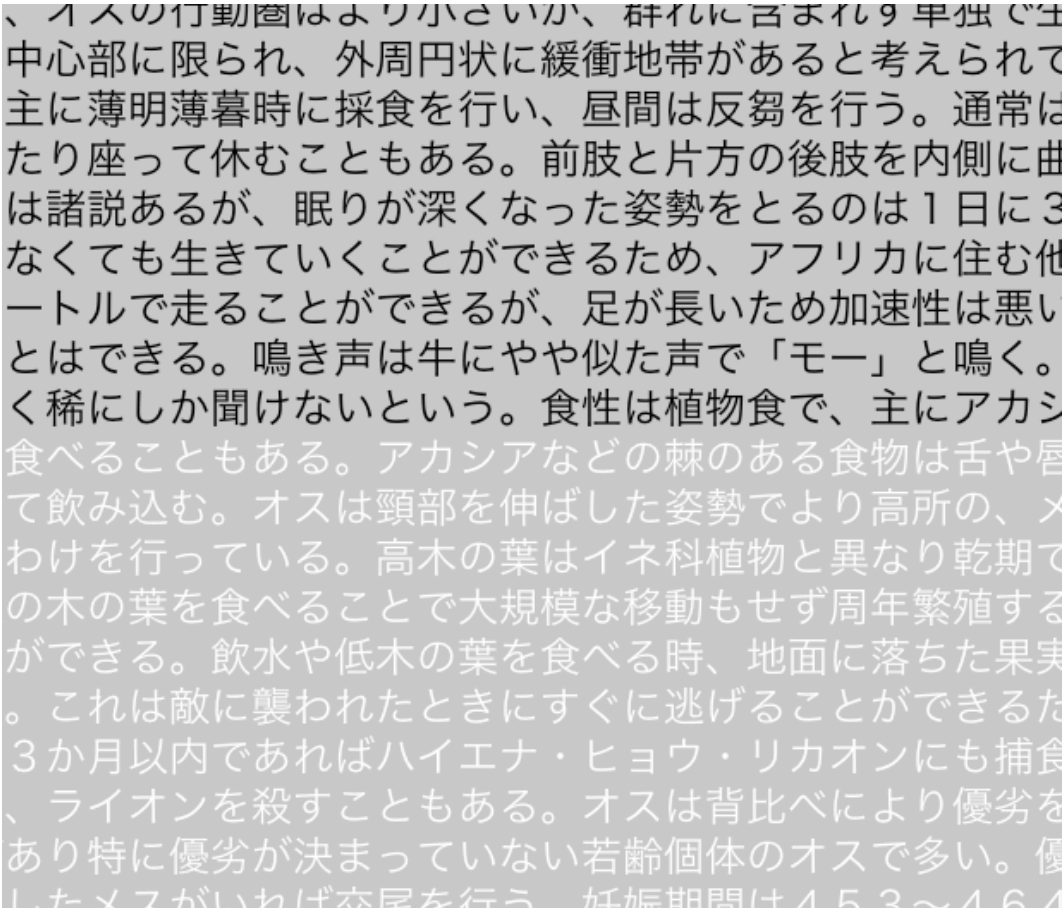


図 3.1: None

3.2 Line 法

Line 法は一行ずつ表示していく手法で、句点や読点によらず行の最初から最後までをハイライトする。今読んでいる文（黒色）とまだ読んでいない文（白色）を色によって視覚的に見やすくすることで読みやすさの向上を図る。

また、行を最後まで読み終わった際に改行を行うとき、すでに読んだ文とまだ読んでない文の色の違いによって視線の移動を行いやすくすることができる。



、オスの行動圏はより小さいが、群れに含まれ、単独で生
中心部に限られ、外周円状に緩衝地帯があると考えられて
主に薄明薄暮時に採食を行い、昼間は反芻を行う。通常は
たり座って休むこともある。前肢と片方の後肢を内側に曲
は諸説あるが、眠りが深くなった姿勢をとるのは1日に3
なくても生きていくことができるため、アフリカに住む他
ートルで走ることができるが、足が長いので加速性は悪い
とはできる。鳴き声は牛にやや似た声で「モー」と鳴く。
く稀にしか聞けないという。食性は植物食で、主にアカシ
食べることもある。アカシアなどの棘のある食物は舌や唇
て飲み込む。オスは頸部を伸ばした姿勢でより高所の、メ
わけを行っている。高木の葉はイネ科植物と異なり乾期で
の木の葉を食べることで大規模な移動もせず周年繁殖する
ができる。飲水や低木の葉を食べる時、地面に落ちた果実
。これは敵に襲われたときにすぐに逃げることができるた
3か月以内であればハイエナ・ヒョウ・リカオンにも捕食
、ライオンを殺すこともある。オスは背比べにより優劣を
あり特に優劣が決まっていない若齢個体のオスが多い。優
したメスがいわば交尾を行う。妊娠期間は4.5.3~4.6.4

図 3.2: Line 法

3.3 Sentence 法

Sentence 法は Line 法をさらに発展させた形で、句点までの一文全てを表示する。文単位で表示していくため Line 法よりも文のまとまりをより意識することができ、今読んでいる文がどれくらいの長さなのかを読み手に伝えることができる。

が300～350本、列をなしている。体色は、腹部は白に胸鰭・尾鰭には淡黄色の斑点を、胴部には白い格子の中に淡に喩えられる。さらにこの模様には、個体ごとに個性が見られ、その厚みは最大値でおよそ10cmにもなる。成体の尾鰭若い個体のそれは下部が目立たず、上部だけが大きいという類の幼生など)のほか、小魚、海藻などを摂食する。海水と物だけを濾し取り食べるための櫛(くし)状の器官である鰓むという摂食方法である。プランクトンは海面付近に多い場合にはその卵を食す。海面付近に漂う餌を効率よく口内に吸い込む個体を飼育する沖縄美ら海水族館では、ジンベエザメの成魚を飼育する際に、本種とイワシ等の小魚はともにプランクトンを主食とする中型の魚はカツオやマグロといった大型回遊魚の幼魚を飼育する。動きは緩慢で、遊泳速度は平均時速4km、最大でも時速10km程度は低い。非常に臆病で、環境の変化に弱いため、飼育は難しい。飼育記録がある。繁殖についてはあまり分かっていないものの、卵生であると信じられていたが、1995年に妊娠中のメスが産卵し、40cmに達するものもあり、メスの胎内で孵化した後、40cmの大きさで産まれた。

図 3.3: Sentence 法

3.4 One Sentence 法

最後に OneSentence 法は Sentence 法と同様に一文ずつハイライトしていくが、ハイライトしている文以外は隠すという方法である。これは、文章を読んでいる際に画面上に表示される文字を少なくすることで読み手に余計な情報を与えず今見えている文を集中して読むことを促す。

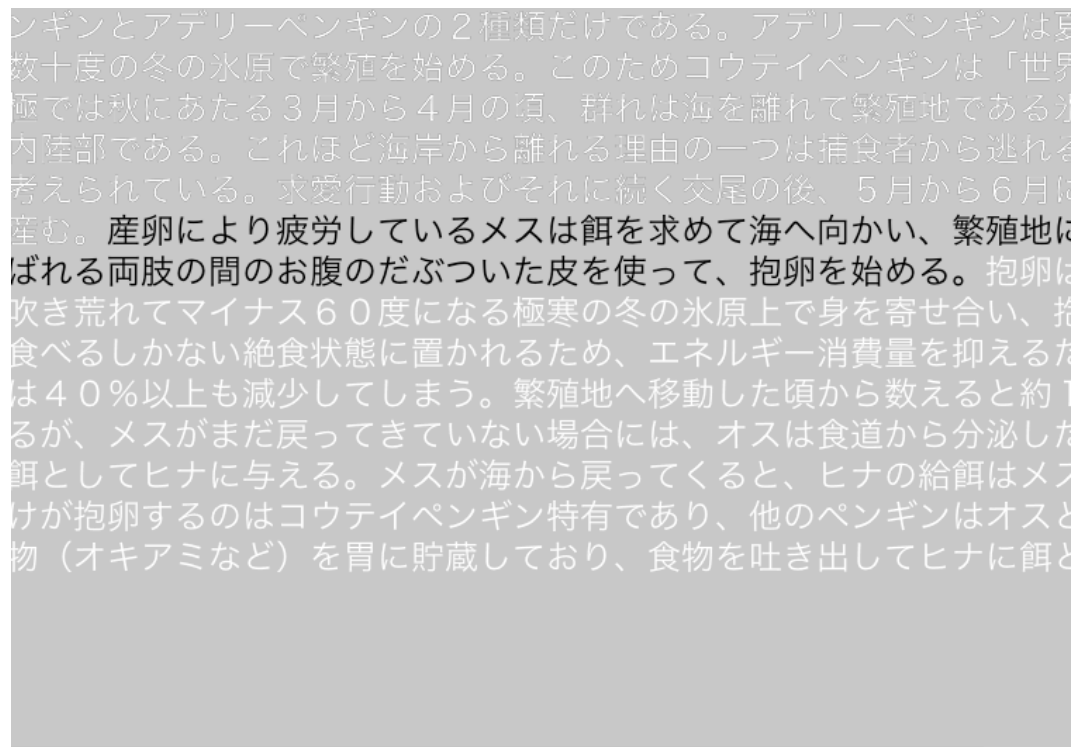


図 3.4: One Sentence 法

第4章 実験方法

4.1 参加者

標準的な視力をもつ日本人 20～80 代の男女 10 名で実験を行った。

4.2 装置

使用した機器はノート PC のみで、画面サイズは 13 インチ、画面の解像度は 1920 × 1080 である。参加者は任意の姿勢 (図 4.1) で席に座り実験を行った。

4.3 設計

ハイライトなし (ベースライン) と前述の 3 つのハイライト法の 4 つで実験を行った。また、参加者は事前にどのようなハイライト法で読むかを説明されていた。様々な話題 (1300 文字程度) で 4 つの文章を作成し、24px のゴシックで表示した。ハイライト条件と文章の組み合わせは重複のないランダムで行った。

4.4 手順

最初に例を使って参加者に実験方法と使用するハイライト法を簡単に説明した。このとき、実験の最後に理解度テストを行うため文章の内容は知らせなかったが、文章への集中を促すため最後にテストを行うことは知らせてあった。実験の開始や終了、行や文のハイライトの移動は全て参加者によるキーボード操作によって行われた。一つのハイライト法の実験が終わるたびに理解度テスト (図 4.2) を行った。理解度テストは 4 択形式の全 8 問で構成されており、読みやすさと理解度の相関を調べた。また、理解度テストの後にハイライト法の読みやすさを 1 (読みにくい) ～10 (読みやすい) で評価を行ってもらった。

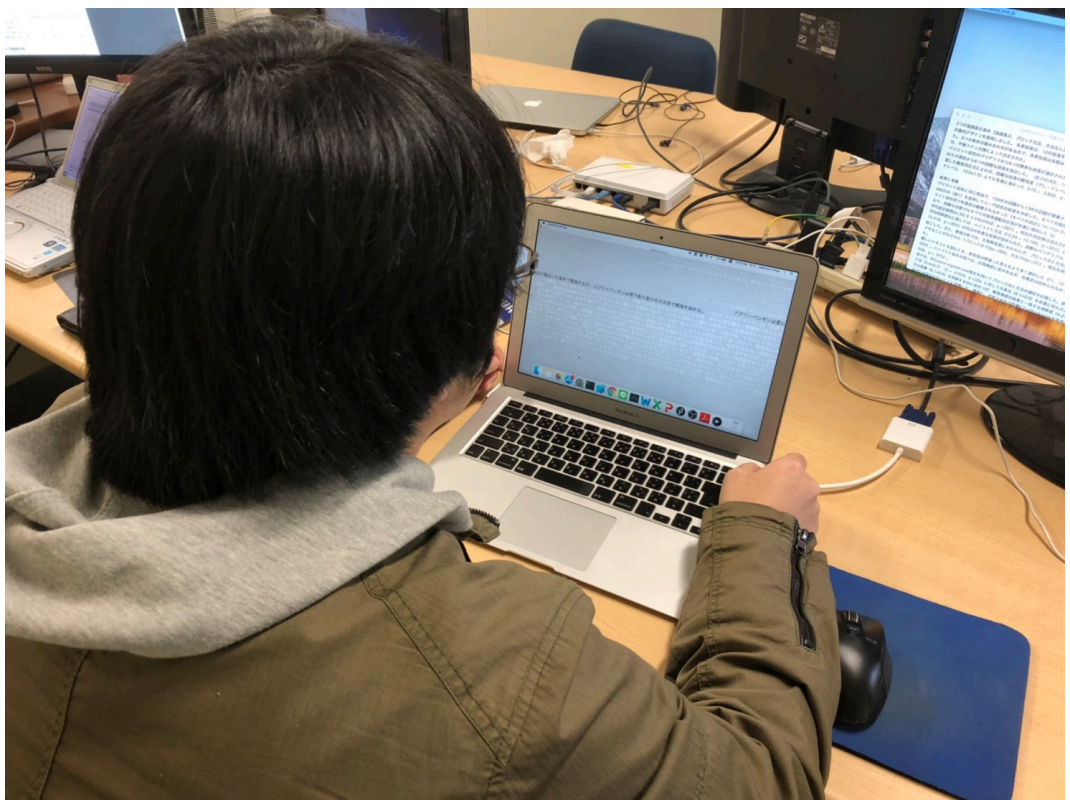


図 4.1: 実験風景

文中でなんと呼ばれているか *

10 ポイント

- 「世界でもっとも速く泳げる鳥」
- 「世界でもっとも大きな鳥」
- 「世界でもっとも寒い場所に住む鳥」
- 「世界でもっとも過酷な子育てをする鳥」

南極にいるもう一種類のペンギンの名前を何というか *

10 ポイント

- ヒゲペンギン
- アデリーペンギン
- マカロニペンギン
- イワトビペンギン

卵の重さはどれくらいか *

10 ポイント

- 100~200 g
- 200~300 g
- 300~400 g
- 400~500 g

卵を温める間何を食べるか *

10 ポイント

図 4.2: 理解度テスト

第5章 結果と考察

第4章で行った実験結果を「読み時間」、「読みやすさ」「正答率」についてそれぞれ考察していく。

5.1 読み時間

読み時間については図5.1に示したように、何もハイライトされていない元のままの文 (None 法) が一番短く、Line 法、Sentence 法、One Sentence 法の順に約10秒ずつ増加しており、最大で約30秒の差が見られる。表5.1はNoneと他3つそれぞれと全体で次元分散分析を行った結果である。全体では $(F(3,36) = 2.87, p > .05)$ となっており、有意水準5%において有意差は見られなかった。よって図5.1に見られる約10秒ずつの差は個人差によるものと考えられ、ハイライトを用いた文章と読み時間は相関がないと結論付ける。

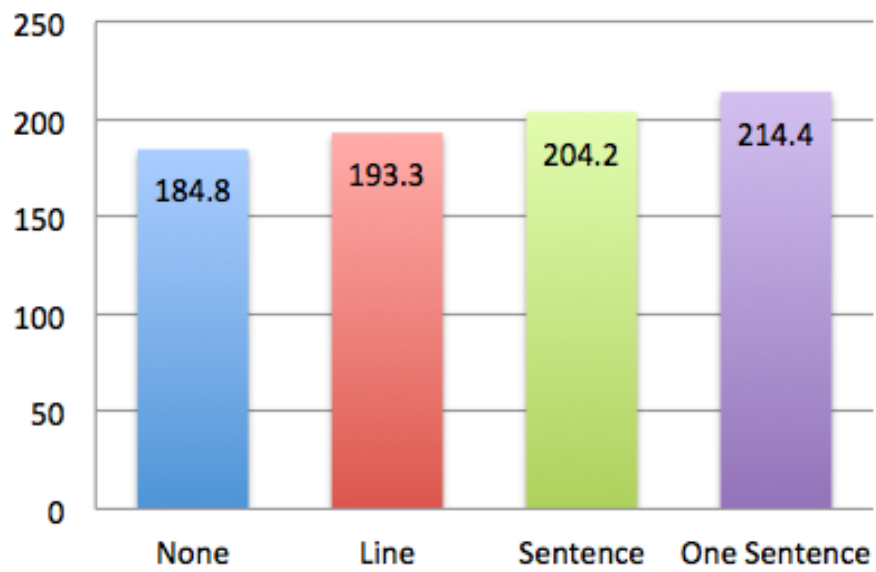


図 5.1: 平均読み時間 (s)

表 5.1: 読み時間の検定結果

	平方和	自由度	平均平方	F	p
Line	980.00	1	980.00	0.500	0.4972
Sentence	806.45	1	806.45	0.845	0.3819
One Sentence	1080.45	1	1080.45	1.608	0.2366
全体	1723.70	3	574.57	0.378	0.7696

5.2 読みやすさ

「読みやすさ」については None を含む 4 つのハイライト法で実験を行った際、各セッションの最後に参加者に 0 点 (読みにくい) ~ 10 点 (読みやすい) で評価を行ってもらった結果をもとに考察を行う。

各ハイライト法における評価を図 5.2 に示す。None 法に比べ、ハイライト法を使った 3 つの評価が 1.2 ~ 1.6 点ほど評価が高かった。None と各ハイライト法それぞれ及び全体をマンホイットニーの U 検定で評価したところ表 5.2 の結果が得られた。全ての結果において $p < .05$ となっており、有意水準 5 % において有意差があることがわかる。また、None 法を除いたハイライト法 3 つのみにおいて U 検定を行ったところ、 $p < .01$ となり有意差があることがわかった。よって平均評価の結果より One Sentence 法が最もハイライト法に適していると考えられる。

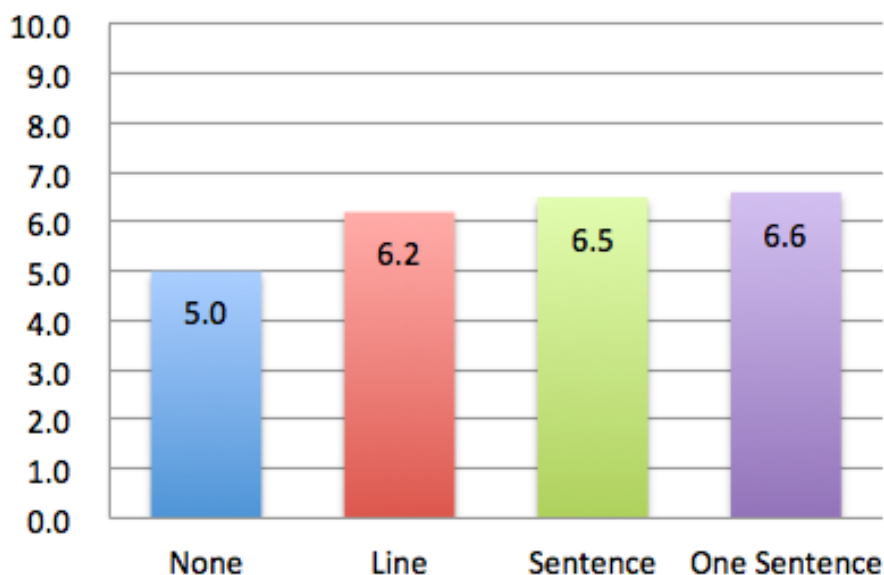


図 5.2: 平均評価

表 5.2: 読みやすさの検定結果

	検定統計量 U	期待値 E(U)	分散 V(U)	検定統計量 Z	有意確率 p (両側)
Line	21.0	50	165.9	2.51	0.024
Sentence	17.5	50	165.1	2.53	0.011
One Sentence	20.0	50	168.7	2.31	0.021
全体	-57	50	322.7	5.96	2.578e-9
None 以外	-7.0	50	226.2	3.79	0.00015

5.3 正答率

図 5.3 は各項目で行った理解度テスト (80 点満点) の平均正答率を示したものである. None 法, Sentence 法, One Sentence 法が 76 % 付近で並んでおり Line 法が 83 % と唯一 80 % を超えていた. 各データを一次元分散分析したところ, $(F(3,36) = 2.87, p > .05)$ となり有意水準 5 % において有意差がないことがわかった.

次に, 各問題の難易度が正答率の差に影響しているかを確かめるため, 各問題ごとの平均正答率を出したものが図 5.4 になる. 最大 5% の差が見られるが, 一次元分散分析を行ったところ $(F(3,36) = 2.87, p > .05)$ となり有意水準 5 % においての有意差は見られず, 各問題間での難易度に差はないと言える.

よって, これらの結果からハイライト法を用いた文章とハイライト法を用いなかった文章とで理解度の差は見られず, 文章の読みやすさに理解度は影響しないと結論付ける.

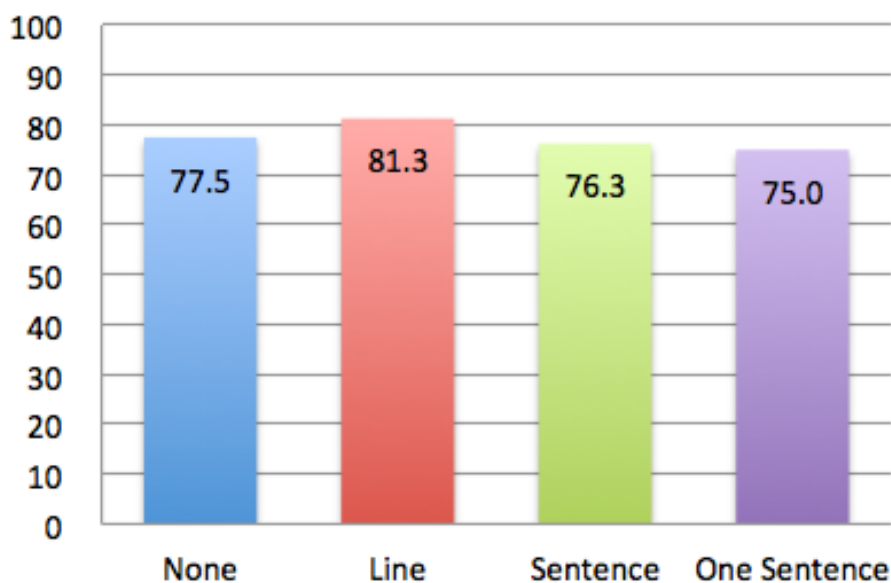


図 5.3: 各ハイライト法の平均正答率 (%)

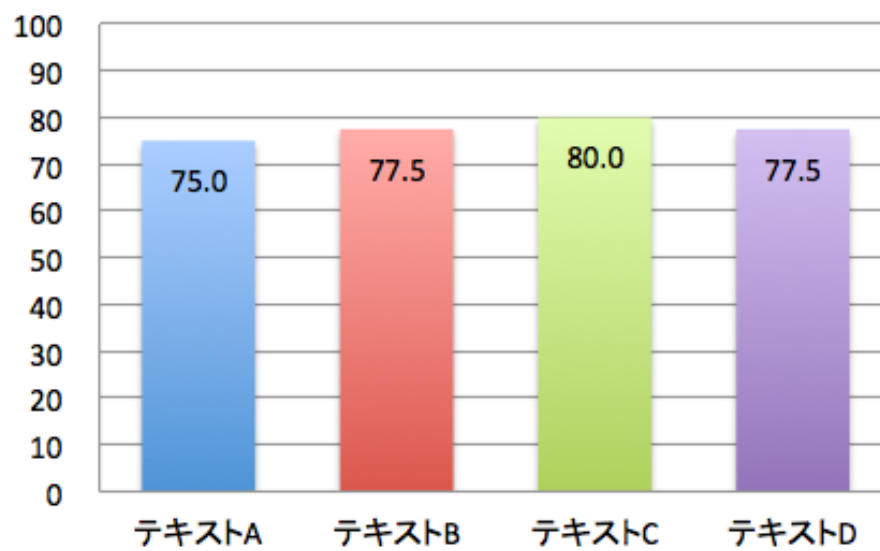


図 5.4: 各テキストにおける問題の平均正答率 (%)

第6章 結論

6.1 まとめ

本論文では文章の読みやすさ向上を目的とした3つのハイライト法を作成した。比較実験では読みやすさのユーザ評価を行うとともに、理解度テストや読み時間の計測を行った。結果として、読みやすさに関しては有意水準5%において有意差が見られたが理解度テストの正答率及び読み時間に関しては有意差が見られなかった。このことから、ハイライト法を用いた文章は理解度や読み時間には影響しないが読みやすさを向上させることがわかった。また、ハイライト手法間で比較した場合 One Sentence 法が最も読みやすいハイライト法であることがわかった。

6.2 今後の課題

ハイライト法を用いることで文章の読みやすさが向上することは判明したが、ハイライトの操作はキーボードによる操作であるため文や行が変わるたびに手による操作が必要という欠点がある。この課題の解決方法として視線推定による操作が挙げられるが、ウェブカメラによる視線推定は精度に関して大きな問題がある。このため、ある程度の精度でハイライト操作を行うシステムの開発が必要である。

謝辞

本論文を完成するにあたり, ご指導ご教授くださりました三浦准教授に御礼申し上げます。また, 輪講や中間発表においてご指導やご教授を下さりました情報セクションの先生方に御礼申し上げます。加えて, 本論文の評価実験において, 被験者としてご参加頂きました情報セクションの学生にお礼を述べたいと思います。最後に日頃からお世話になっている情報セクションの先生方, 技術的なことも相談できる仲間や後輩, 支えてくれた家族に感謝いたします。

参考文献

- [1] 川崎祐一郎, 中田豊久. ページ送りと改行が無い電子ブックリーダー・インターフェースの開発. 2013.
- [2] AKIKO OHARA and AKINORI NISHIHARA. 無彩色背景を利用した提示スライドにおけるスライドにおける配色に関する色の物理量と文字の読みやすさの関係.
- [3] 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. 16211631, 2009.
- [4] Rayner K, Fischer M H, and Pollatsek A. Unspaced text interferes with both word identification and eye movement control. In *Vision Research*, Vol. 38, No. 8, pp. 11291144, 1998.
- [5] Rayner K and Pollatsek A. The psychology of reading, lawrence erlbaum associates. 1989.
- [6] 苧阪良二, 中溝幸夫, 古賀一男. 眼球運動の実験心理学. 1993.
- [7] 斎田真也. 読みと眼球運動、眼球運動の実験心理学. 第 8 章, pp. 167198, 名古屋大学出版会, 1993.
- [8] 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. 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. 116, 朝倉書店, 1998.
- [9] 宮崎紀郎, 湊幸衛, 業意匠, 大橋透. 読みやすい文字の大きさの検討. 2012.
- [10] 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. 2014.

- [11] 小林亮太, 池内淳. 表示媒体が文章理解と記憶に及ぼす影響-電子書籍端末と紙媒体の比較-. 情報処理学会研究報告 IPSJ SIG Technical Report vol2012-HCI-147 No.29, 2012.
- [12] Jaemin Jo, Bohyoung Kim, and Jinwook Seo. Eyebookmark: Assisting recovery from interruption during reading. 2015.
- [13] 守田了, 石原由紀夫. 日本語の読書時の視線誘導インターフェースと誘導効果. 情報処理学会研究報告 IPSJ SIG Technical Report 2003-HI-104, 2012.
- [14] 川上恭子, 笹山龍太郎. 子どもの特性に応じた支援について～アセスメントを通して～. 教育実践総合センター紀要 9 pp243-250, 2010.