

グレア・ノングレアモニタの違いが読みやすさに与える影響の 脳波による検討

Effects of Glare/Non-Glare Monitor Differences on Readability Measured by EEG

三宅 圭音^{*1}, 秋元頼孝^{*1}, 中平勝子^{*1}
Keito MIYAKE^{*1}, Yoritaka AKIMOTO^{*1}, Katsuko T. NAKAHIRA
^{*1}長岡技術科学大学
^{*1}Nagaoka University of Technology

あらまし：電子教材利用時、学習者はモニタを通じて情報を知覚するが、紙教材と比べて疲れやすく読みにくく、特にグレアモニタでは学習者の集中力に影響を与える可能性が指摘されている。本稿は、グレア・ノングレアモニタで文のみを呈示し黙読する課題を行い、モニタ種別・文字/背景色が読みやすさに与える影響を評定・読み時間・脳波から検証する。その結果、グレアモニタでは黙読しづらく、視覚野付近の電極で条件間の違いが認められた。

キーワード：モニタの違い、読みやすさ、脳波計測

1. はじめに

パソコンなどのデジタル機器を扱うリテラシーの必要性は年々高まっている。特に、2019年末からの新型コロナウイルスの感染拡大により、同期・非同期間問わず、eラーニングによる講義・学習の機会が増え、電子教材を活用する場は増加している。電子教材は、通常ディスプレイモニタ、もしくはタブレットを用いて閲覧するが、モニタは紙に比べ読みにくく⁽¹⁾、また、疲れやすい問題があり、学習者の集中力を低下させる可能性がある⁽²⁾。モニタにはグレア（光沢）とノングレア（非光沢）の2種類があり、グレアモニタでは周りの環境の映り込みにより、疲れやすさや読みにくさが顕著となる。そこで、本実験では、モニタの光沢が読みやすさに与える影響について、被験者の主観評定・文章の読み始めから終わりまでの時間（以後読み時間とする）・脳波から検証した。色の組み合わせにより読みやすさが異なる可能性を考え、色の組み合わせも要因とした。

2. 実験

2.1 実験手順

本実験では10代から20代の大学生・大学院生12名を対象に行った。実験の手順を以下に示す。

注視点が1000ms視覚呈示され、その直後に課題の文が5000ms呈示された。文章は、26±12文字の長さを各条件で偏りがないように統制した。被験者は呈示された文を黙読し、読み終わりにエンターキーを押した。同じ条件で15試行終了した後に、読みやすさを1（読みやすい）から8（読みにくい）の8段階で評定させた。以上の動作を、文字色/背景色を変更させながら31.5インチのグレアモニタ（LG製32MP60G-B）と31.5インチのノングレアモニタ（JAPANNEXT製JN-IPS315WQHDR）でそれぞれ6セットずつ行い、合計180試行の実験を行った。文字色/背景色の組み合わせを表1に示す。

表1 文字色と背景色の組み合わせ。表の色彩は実験の際に使用したモニタの色彩を正確に反映しない。

	1	2	3	4	5	6
文字色/背景色	青	黄	黒	白	青	黄

2.2 脳波解析

脳波データの解析にはEEGLABを用いた。1Hzのハイパスフィルタをかけた後、データ中の大きなノイズを補正するために、Artifact Subspace Reconstruction(ASR)⁽³⁾を用いた。ASRとは、データ上のノイズが少ないと考えられる部分と比較して、設定基準以上の変動のあった区間から、主成分分析を用いてアーチファクトを除去、補正する手法である。また、課題文が提示されるタイミングを基準として、-1000msから2000msの区間を切り出して解析区間とした。次に、独立成分分析によって、眼球運動等に由来するノイズを除去した。解析では、特に視覚野近辺に位置するO1(左半球)、O2(右半球)チャンネルに着目してEvent Related Potential (ERP)で条件間に変化があるかについて調べた。

3. 結果

3.1 評定結果

評定結果を図2に示す。モニタの種類と文字色/背景色を要因とした参加者内2要因分散分析を行ったところ、モニタの要因は有意ではなかったが($F(1, 11) = 2.63, p > 0.05$)、文字色/背景色の主効果が有意であった($F(5, 55) = 19.41, p < 0.05$)。Holm法による多重比較の結果、「黄文字/白背景」は、すべての色の組み合わせよりも有意に見にくいと評価された。

3.2 読み時間の解析結果

刺激呈示直後から読み終わりまでかかった時間を図3に示す。外れ値として被験者毎に平均±2標準偏差を越えるものは除いた。モニタの種類と文字色/背景色を要因とした参加者内2要因分散分析を行った

ところ、モニタの種類の主効果が有意傾向であった ($F(1, 11) = 4.24, p < 0.10$)。また、モニタの種類についてそれぞれの色の組み合わせごとに t 検定を行った結果、「黄文字/黒背景」のみ有意に差が見られた ($t(11) = 3.19, p < 0.01$)。

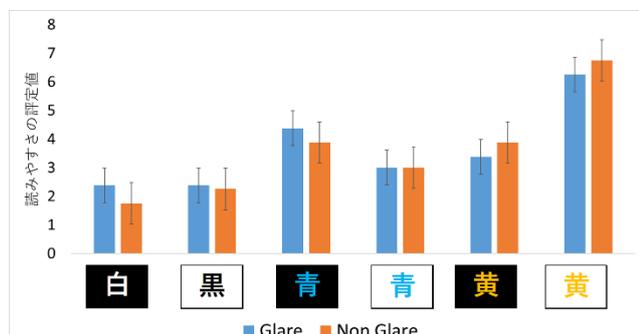


図2 読みやすさの評定値(エラーバーは標準誤差)

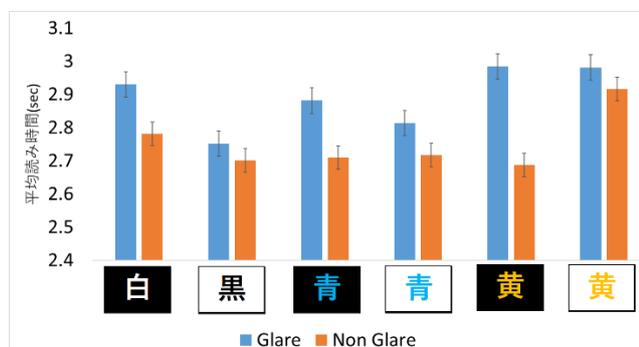


図3 平均読み時間(エラーバーは標準誤差)

3.3 脳波解析結果

ノングレアモニタとグレアモニタによる O1, O2 チャンネルの ERP 解析を行った結果を図4に示す。図下部の黒い帯は多重比較補正なしの t 検定で有意であることを示している。グレアモニタは、O2 チャンネルで刺激呈示からおおよそ 400ms 後に、ノングレアモニタよりも有意に小さな振幅を示した。

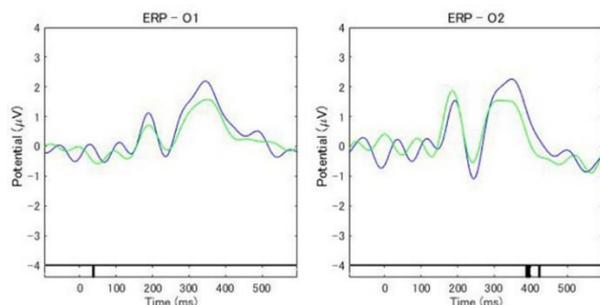


図4 O1 (左), O2 (右) チャンネルの ERP 解析結果. 青: ノングレアモニタ 緑: グレアモニタ

4. 考察

モニタ間の差について、評定の結果ではモニタの種類による読みやすさの違いは認めなかった。しかし、グレアモニタではノングレアモニタと比べて、読み時間が長かった。脳波解析の結果では、O2 チャ

ンネルにおいて、刺激呈示からおおよそ 400ms 後に正の ERP 波形が認められた。さらに、モニタの種類による有意な振幅の違いを認めた。この ERP 波形が注意に惹起される P300⁽⁴⁾であるとするれば、グレアモニタにおいて振幅が小さかったのは、周囲の光の反射によって注意がそがれたことを反映しているのではないかと考えられる。

次に色の組み合わせについて、評定結果に関しては、「黄文字/白背景」がそれ以外の色の組み合わせと比べて有意に見えづらいと評価された。実験後にも質問したところ、多数の人が黄色と白色の組み合わせが一番見にくかったと報告していた。これは、黄色が赤色と緑色の間の波長(550~590nm)であらゆる波長を含んでいる白色光とオーバーラップ部分が多く、見えにくいと知覚されたからであると考えられる。

また、読み時間では「黄文字/黒背景」のみモニタ間で有意に差が見られた。このことは、黒背景に黄文字の組み合わせは、グレアの反射により特に読みにくくなることを示している。

5. 結論

本研究では、文を黙読する課題を行い、モニタの種類と文字色/背景色が読みやすさに与える影響について評定結果・読み時間・脳波から検討を行った。その結果、グレアモニタはノングレアモニタよりも読みにくく、また ERP 解析でも、それに対応するような結果が得られた。さらに、黒色と白色の組み合わせが見やすいことが示唆された。これは奥村らの研究結果⁽⁵⁾の通りである。

以上の結果より、電子教材は、黒色と白色で構成された資料をノングレアモニタで利用する方法が最適であると考えられる。

6. 謝辞

本研究は科研費(22K02885)の助成を受けたものである。

また、本稿を作成するにあたり、執筆に協力していただいた長岡技術科学大学学部3年生の五十嵐翔琉氏と横山有朋氏に感謝いたします。

7. 参考文献

- (1) 面谷 信, 岡野 翔, 井澤英二郎, 杉山 明彦 “電子ペーパーのめざす読みやすさに関する研究”, 2005
- (2) Yuyin Wei “School-Aged Children Paper-Book Read Concentration and Digital Technology Use” ATLANTIS PRESS, (2022)
- (3) Chang, C. Y., Hsu, S. H., Pion-Tonachini, L., & Jung, T. P. “Evaluation of artifact subspace reconstruction for automatic artifact components removal in multi-channel EEG recordings.” IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 67(4), 1114-1121. (2019)
- (4) 小松英彦, “脳の視覚情報処理,” 情報処理, 2009.
- (5) 奥村晃由, 小池留美, 小野田唯, 松井卓朗, 新井一男, 下岡良次, 鶴谷 弘 “眼の疲労の評価を目的とした視覚評価法: カラーおよびモノクロ液晶ディスプレイ使用時の比較”, 日本放射線技術学会雑誌, 2011