

視覚パターンデータの文書理解への応用

Using Visual Pattern Information for Increasing Document Readability

星野寛登^{*1}
Hiroto HOSHINO

杉村博^{*2}
Hiroshi SUGIMURA

松本一教^{*1}
Kazunori MATSUMOTO

^{*1} 神奈川工科大学大学院情報工学専攻 ^{*2} 神奈川工科大学ホームエレクトロニクス開発学科

^{*1} Course of Information and Computer Sciences, Graduate School of Engineering,

^{*2} Department of Home Electronics, Faculty of Engineering,
Kanagawa Institute of Technology

The use of digital teaching materials has been spreading widely with the rapid progress of information technology. These teaching materials are able to incorporate a wealth of multimedia features such as texts, images, audio and videos. In the author's point of view, there are not enough studies relating to a design methodology of teaching materials. This paper proposes fundamental investigation, based on gaze tracking technologies, for a future design that makes full use of digital materials. We explain several useful methods to analyze gaze patterns over digital materials and then point out the readability and visibility of them vary depending on their designs.

1. はじめに

本論文では、教育の場で用いられる電子的な文書教材(デジタル教材)の良さについて検討する。PC や最近のタブレット端末の急速な普及により、教育の場で電子的な文書教材が利用されるケースが広がっている。従来から教育の場で用いられてきた紙の文書の印刷による教材では、コスト上の制限のために、黒一色を使う場合が最も多く、かなり劣る頻度で黒と赤の二色が用いられている。多くの色を駆使する美しい印刷は技術的には可能であるが、教育の場での配布教材としてはコスト上の課題が多く利用される頻度は少ない。他方電子的な文書を電子的に配布して用いる場合には、現在の高速 LAN の環境のもと、動画や音声なども容易に利用できるし、フォントの大きさや色、配置などの自由度も極めて高い。電子的な文書の場合では、紙の文書とときとあまり相違がない教材を作成する教師がいる一方で、多くの色を用いたり色彩効果の意識した教材を作成したりする教師もいる。電子的な文書の場合に、どのような色をどの程度用いれば教育上の効果が高まるか、あるいはどのような教材をどのように配置すれば効果的かについて、従来は先駆的な研究もあるが[上野 2005][富田 2013][成井 2008, 2011]、全体的には未だに十分ではない。そこで本研究では、色の使い方と教材内容の配置の効果について定量的な研究を行った。

2. 色と文書可視性について

適切に色遣いがなされた文書は可視性が高いことはあきらかである。色の使い方に関する研究は配色理論や色彩論など[ヨハネスイッテン 1971]として、非常に古くからの研究がある。しかし、これらの研究成果は絵や図を主体とするヴィジュアル性の高い文書には適用可能であっても、テキスト情報が主体となる教育教材文書に対してはそのまま適用することが困難である。テキストが主体となる文書では、テキスト中の文字の分かりやすさに配慮した色デザインの方法が必要となってくる。

2.1 視覚探索速度のよる可読性の測定

人間の利用者にとっての色遣いの適切さを客観的に測定で

きる尺度は筆者らの検討した範囲では、未だに見出されていないといえる。本研究では、テキスト中での色遣いを評価する指標として、視覚探索(visual search)問題[Theeuwes 1992]として取り扱うこととした。すなわち、色付けされているテキストに対して、その中から短い文字列を探索する検索時間によって色遣いの有効性を評価する。すでに[成井 2008, 2011]により、この手法による先駆的な実験と評価がなされている。しかしその研究においては、図1に示すように、平仮名ばかりで構成されたテキストを対象としている。図中の下線部が他の部分とは異なる色付けをされる部分となる。

かんかくしげきだけでなくとくていのほるもんややくぶつなどを..
ぶつだのいこつをまいのうしぶつきょうとたちがそんすうの....
しょかのころちようきにわたってにつぽんをおおうあんてい....

図1 テキストの着色実験例([成井 2011]を簡略化して引用)

平仮名文字ばかりのテキストは、色遣いだけの効果を調べるためには有効である。しかし、実際の教育テキストでは漢字やアルファベットも混在したテキストとなるため 漢字の可視性の効果と色遣いの効果とが複合した結果となる。また複数の色を同時に与えた場合の効果も調べる必要がある。

2.2 視覚探索実験

本研究の実験では上で述べた条件で実験するため、図2に示すように、理工系大学生程度の教科書で通常用いられている程度の漢字、カタカナ、アルファベットが混在したテキストを用いて複数の着色による実験を行った。ごく一部を図2に示す。下線部が色付けされる部分となる。下線部以外は全て黒色である。

フローチャートは複雑なプロセスや制御を可視化する....
Java や C++等のプログラム言語ではオブジェクト指向の特徴を導入しているため継承などの...

図2 本研究で利用する漢字等が混じった色付きテキスト

本実験では全て約500文字のテキストを用いた。統制条件としてテキスト全部を黒一色で表示することとした。3色着色では赤(R=255, G=B=0), 青(B=255, R=G=0), 緑(G=255, R=B=0)による着色を行った。5色着色では3色着色に加えて、オレンジ(R=255, G=200, B=0), 茶(R=165, G=42, B=42)による着色

を行っている。7色着色では5色着色に加えてマゼンタ(R=255, G=0, B=255)と青緑(R=0, G=158, B=148)による着色であり、9色着色ではさらにシアン(R=0, G=255, B=255)、濃緑(R=0, G=178, B=0)を用いている。このような条件で着色(統制条件下では黒一色)した約500文字のテキストの中から、5~10文字程度の文字列を被験者に提示し、それをテキスト中から見出して検索する時間を測定した。実験では大学3年生と4年生の11名の学生を使って行った。その結果は図3に示すようになり、色を付けることで視覚探索が効率化されることが明らかとなった。

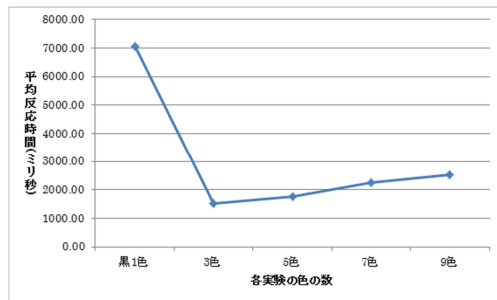


図3 色遣いの違いと視覚探索速度

3色着色の場合では、10通りのテキストを用いて3色に塗る部分を変化させて実験を行っている。着色部分は面積比で2.6%から6.0%の範囲となっている。その状況を表1に示す。

表1 テキスト中の着色条件(10個の問題テキスト)

3色条件	問題1	問題2	問題3	問題4	問題5	問題6	問題7	問題8	問題9	問題10
全体の文字数	503	503	501	509	500	503	506	507	503	510
黒	473	490	485	489	487	485	493	492	476	492
赤	11	4	4	6	5	6	4	6	11	4
青	10	4	6	8	5	6	5	5	9	6
緑	9	5	6	6	3	6	4	4	7	8
着色の面積率	6.0%	2.6%	3.2%	3.9%	2.6%	3.6%	2.6%	3.0%	5.4%	3.5%
探索対象の面積率	2.2%	0.8%	1.2%	1.6%	1.0%	1.2%	0.8%	1.2%	1.8%	1.6%
探索対象の色	赤	青	緑	青	赤	赤	緑	赤	青	緑

2.3 視覚探索実験の詳細結果と評価

統制条件から9色着色条件まで5通りの実験について、各々10個の問題を11名の被験者を使って測定した結果の平均は図3に示した通りである。この結果を詳細が表2となる。この表から分かるように、視覚探索において平均的に最も高速となるのは3色を用いた場合であり1478.3ミリ秒で探索完了している、一方統制条件(黒のみ)の場合には平均で7049.0ミリ秒なので色を使うことによる効果が大きいことが分かる。

表2 色遣いによる視覚探索結果の違い

	黒一色	3色	5色	7色	9色
平均時間(ms)	7049.0	1478.3	1761.0	2263.7	2520.3
最小値(ms)	4195	1231	1199	1548	1516
最大値(ms)	10835	2017	3012	3613	3747
標準偏差	2281.8	270.4	436.5	603.6	579.6

5色~9色と色が增加するにつれて、平均的な探索時間が増加しており、色を増やすことはむしろ逆効果となることが分かる。また、探索時間の標準偏差は色が増えるにつれて増加しているため、色が多い場合には個人による差が出ることも判明した。黒だけの場合では、この実験中で最大の標準偏差となっている。文字を読む速度という個人差の大きい特性がそのまま測定されているからである。色を使うことによるメリットの一つとして、読む速度の個人差を色情報によって小さくできる可能性があるといえる。最も読む速度の速い被験者は黒1色のときに4195ミリ秒であり、最も読む速度の遅い被験者は約10835ミリ秒であるの

に対し、3色使うことで最短1231ミリ秒と最長2017ミリ秒と差が少なくなっている。テキストが長くなるほどこの効果は大きいと予想している。

色の違いによっても視覚平均探索時間に違いが生じた。探索文字列の色による探索時間を図4に示す。最も探索時間が短くなったのは赤であった。今回の実験では、白の背景中に黒でテキストを表示すること(統制条件)をベースとして、数%程度の着色を行っているため、白と黒に対する輝度比および他の色との輝度比が影響していると考えられるが、それだけでは説明がつけにくい部分もある。

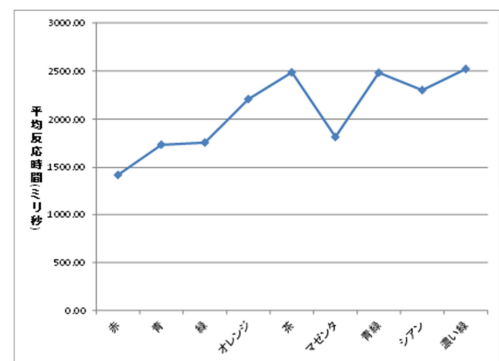


図4 色による探索時間の違い

3. おわりに

教育の場においても、日常生活の多くの場においても、紙媒体の文書が急速にデジタル文書へと置き換わりつつある。この流れはますます勢いを増していくことは間違いない。デジタル文書では紙媒体とは異なり、コストを増加させることなく色遣いを自由に変えることができるため、良い文書であるための色遣いについて、定量的な基準が必要となってくる。本研究はその第一歩である。本研究ではテキストに対する色遣いに限定して研究を進めているが、将来的には図や表も含めた総合的な色遣いの方法まで検討する必要がある。

参考文献

- [Theeuwes 1992] Theeuwes, J., Perceptual Selectivity for Color and Form, *Perception & Psychophysics*, 51, pp.599-606, 1992.
- [上野 2005] 上野秀剛, 中道上, 井垣宏, 門田暁人, 中村匡秀, 松本健一, プログラムの視線を用いたレビュープロセスの分析, 電子情報通信学会技術研究報告 SS2005-15, pp.21-25, 2005.
- [富田 2013] 富田恭平, 原忠義, 相澤彰子, 視線情報に基づいたテキスト幅の最適化, 人工知能学会全国大会, 2013.
- [成井 2008] 成井智祐, 中山実, 単語探索課題における文字色と検索時間の検討, 日本教育工学会論文誌, Vol. 32, Suppl., pp. 89-92, 2008.
- [成井 2011] 成井智祐, 中山実, 着色文字の色情報が単語探索課題に与える効果の一検討, 日本教育工学会論文誌, Vol. 35, No. 1, pp. 95-98, 2011.
- [楨実 2005] 無彩色背景有彩色文書の文字の照度, 彩度, 色相が読みやすさと等価輝度対比に及ぼす影響, 照明学会誌, Vol.88, No.1, pp.866-873, 2005
- [ヨハネスイッテン 1971] ヨハネス イッテン(Johannes Itten), 大智 浩(訳), 色彩論, 美術出版社, 1971.