

エッジ情報の多いコンテンツに対する自然な視線誘導の提案

東 佳代 小池 英樹*

概要. 近年, Web やデジタル・サイネージが広く普及し, その媒体上に表示するコンテンツを効果的に印象付けるための工夫が多くなされている. その工夫の一つとして意図する部分へのユーザの視線誘導が挙げられる. しかし露骨な視線誘導はユーザに不快な印象を与えるため自然な視線誘導が求められている. 従来の研究においては写真のぼかし効果による視線誘導などが行われてきたが, この手法を文章に適用した場合には可読性が損なわれるという問題があった. 本研究はそのようなぼかしによる視線誘導が困難なコンテンツに対する自然な視線誘導の手法を提案し, 電子書籍での読書中に視線の移動が起きた際の復帰する状況を模した実験により提案手法の有効性を確認した.

1 はじめに

近年, デジタル技術の浸透により Web やデジタル・サイネージが広く普及している. それに伴いユーザに表示コンテンツを効果的に印象付けるための工夫が研究され, その評価方法の一つにユーザの視線情報が利用されている [1]. つまりユーザの視線をコンテンツプロバイダの意図する部分に誘導することが効率的な表示コンテンツの印象付けにつながるのである. しかしアニメーションやハイライトを用いた露骨な視線誘導はユーザに不快な印象を与える [2]. そこでユーザに不快さを与えないために, 自然で気づかれない視線誘導 (以下, 自然な視線誘導) が必要である.

従来研究として, 畑らはガウシアンフィルタを利用したぼかしによって画像の特定部分に自然に視線誘導ができることを示した [3]. 畑らの研究は写真のようなコンテンツのみを検証対象としており, ガウシアンブラーを文字のようなエッジの情報を多く含むコンテンツに適用した場合については言及していない. 畑らの視線誘導はガウシアンブラーを用いて強調させたい領域以外のエッジをなだらかにすることにより強調領域に焦点が合う状態を作りユーザの視線を誘導する仕組みである. そのためエッジ情報を多く含むコンテンツに適用すると強調領域以外の情報が著しく損なわれる問題がある (図 2 右上). したがって, エッジ情報を多く含むコンテンツに対しても自然に強調表示加工が可能な手法を用いて視線誘導を行う必要がある.

さらに, 視線をそらしたのちに元の場所に戻す状況が存在する. たとえば, 電子画面で書籍を読みながら単語が難しいときに, その意味を調べるために視線をそらすが, 即座に元に戻せないことがある. このような状況下において, 円滑に作業を行うためには視線を迅速に元に戻すことが重要である.

本研究では, エッジ情報を多く含むコンテンツに対して自然な視線誘導を用いて視線を元に戻す方法

を提案する.

2 関連研究

視線誘導の研究は今までもなされてきた [4][5][6]. その中でも気づかれない視線誘導の方法としてガウシアンフィルタによるぼかし効果を用いた畑ら [3] の研究と, 同じくぼかし効果による解像度制御が情報の可視化へ与える影響を調べた Kosara ら [7][8] の研究の紹介と問題点を挙げる.

畑ら [3] は気づかれない視線誘導の手法にぼかしを用いた解像度制御を提案し検証実験を行った. 実験からぼかし制御を用いて周辺視野を刺激することで視線誘導が可能であると述べている. また, 提示する画像内に視覚的顕著性が高いものが含まれると視線誘導が成功しにくくなると述べた. 畑らの問題は写真の場合のみにぼかし制御による視線誘導の効果を実験・評価したことである.

Kosara らはぼかしにより被写界深度を表現した. 注目させたいオブジェクトを鮮明にして注目しやすくさせ, また注目させたいオブジェクトと関連するオブジェクトを直感的に理解させるという研究を行い, 評価した. 評価からぼかしすることにより探索能力・作業能率の向上が見られたことを述べた. しかし注目させたい対象や, その対象に関連するデータを提示するためにユーザにぼかししていることを認識させる必要がある.

3 提案手法

本来の情報の可読性を損なわずに文字のようなエッジ情報の多い対象の特定領域を自然に強調する手法として, 人工的な色ずれを利用したにじみフィルタを提案する. 提案手法を用いた自然な視線誘導の概要を図 1 に示す.

フィルタ加工を行い, ユーザの視線を向けたい領域の周囲を相対的に強調する. ユーザの視線を誘導することに成功した場合は, 周囲に与えたフィルタ効果を徐々に弱める. それにより急激な画面変化を避け, ユーザに不快感を与えることを防ぐ.

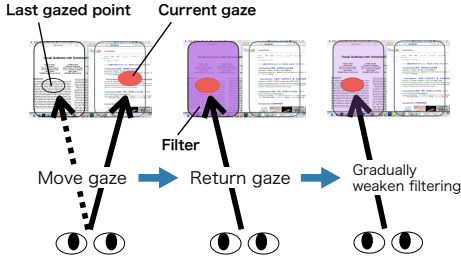


図 1: 提案システムの概要



図 2: 各フィルタの様子

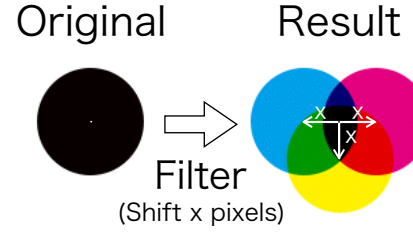


図 3: にじみフィルタの仕組み

対象領域を強調する際にフィルタの加工が強いとユーザが違和感を感じ不快感を抱くため、ユーザが不自然に感じないフィルタの程度を知ることが重要である。

上述の目的を実現するため、提案フィルタであるにじみフィルタと既存手法のぼかしフィルタの違和感を感じない強さの調査を事前に行い、その結果を利用して各フィルタの強調表示の効果の調査実験を行う。

にじみフィルタ

図 2 に提案するにじみフィルタ 2 種とぼかしフィルタの適用例を載せる。文字画像にぼかしフィルタを適用した場合 (図 2 右上) と提案手法のにじみフィルタを適用した場合 (図 2 の左下と右下) である。本研究で指すにじみとは、「版ずれ」、もしくはプロジェクターの投影時に生じる「色ずれ」の現象をディスプレイ上で再現したものである。

今回、Cyan, Magenta, Yellow の 3 色でにじむ CMY と Black の 1 色でにじむ B&W の 2 種類を用意した。にじみフィルタは白色背景に黒色で文字が書かれていることを前提に実装した。にじみフィルタは入力で受け取った元画像の C,M,Y 成分をそれぞれ x ピクセルずらした画像を出力する (図 3)。また実装に Visual Studio 2015, OpenCV を用いた。にじみフィルタは次に述べる 4 ステップを経て適用される。

Step1: 画像内のテキストを、異なる 3 方向へ指定ピクセル分だけずらした画像の生成

Cyan, Magenta, Yellow の 3 色それぞれに着色するために、元画像を左、右、下方向にずらした結果の画像を 1 枚ずつ生成する。

Step2: 各画像へのアルファチャンネルの付加

元画像に対し、アルファブレンドを用いてずらした画像を合成するため、アルファチャンネルを付加する。

Step3: 各画像を Cyan, Magenta, Yellow のそれぞれに着色して統合

画像 f の RGB 値を $f[R]$, $f[G]$, $f[B]$ と表現し、各値は 0~255 の整数値をとることとする。また統合元画像 (白色画像) を Base, 各 3 方向にずらした画像を cm_y , 元画像を $original$, 結果画像を $result$ とする。

式 1 で示すように Base からピクセル毎の色とアル

ファブレンドの透明度 α に応じて各 cm_y と $original$ を引いて $result$ の各値を求める。

また cm_y を各 3 方向に応じた色に着色するために cm_y の RGB 値の調整を行う。例えば cm_y を Cyan に着色する場合、 $cm_y[G]$, $cm_y[B]$ の値を共に 255 にする。このことにより、Base[R] から $cm_y[R]$ 値のみを引くため Cyan 色が再現される。他の Magenta, Yellow の場合でも同様の調整を行う。この調整は CMY にじみの場合であり、B&W にじみの場合は cm_y の RGB 値の調整無しに式 1 により達成される。

$$result[i] = Base[i] - (\alpha * (255 - cm_y[i])) \quad (i \in R, G, B) \quad (1)$$

Step4: 元画像を用いた本来のテキスト位置の再現

CMY にじみの場合、3 色が全て重なる領域は白色になる。そのため最後に $original$ を用いて式 2 の計算を行い、3 色が全て重なる領域を黒色にする。

$$result[i] = Base[i] - ((1 - \alpha) * (255 - original[i])) \quad (i \in R, G, B, original[i] = 0) \quad (2)$$

以上の操作で cm_y 3 枚が統合された結果画像と元のテキスト画像を統合し、にじみフィルタの結果画像を達成する。また本論文ではにじみフィルタの強さを式 3 の不透明度 β によって制御する。

$$\beta = 1 - \alpha \quad (3)$$

4 にじみフィルタとぼかしフィルタの比較実験

にじみフィルタとぼかしフィルタの比較実験では、提案手法を模擬的に再現して行う。にじみフィルタとぼかしフィルタによって強調表示をすることで、一度外した視線を移動前の元の位置に速やかに戻すことが可能かを検証する。さらにフィルタの強さをパラメータを変えて複数用意し、その差による影響についても検証する。また被験者アンケートから各フィルタがユーザに与える影響と見え方の違いの比較を行う。

図 4 に実験環境を示す。被験者とディスプレイの距離が 60cm の位置で顎のせ台を使用して固定した。ディスプレイの大きさは 25inch、解像度は 1920 × 1080pixel である。視線計測装置に Tobii EyeX を使用した。実験時には被験者の視界の範囲内には人

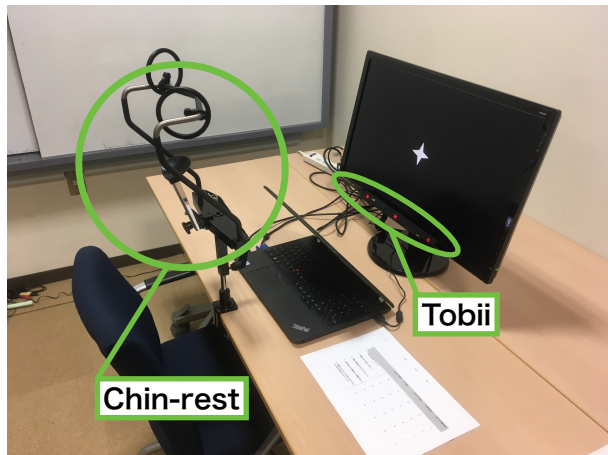


図 4: 実験の環境

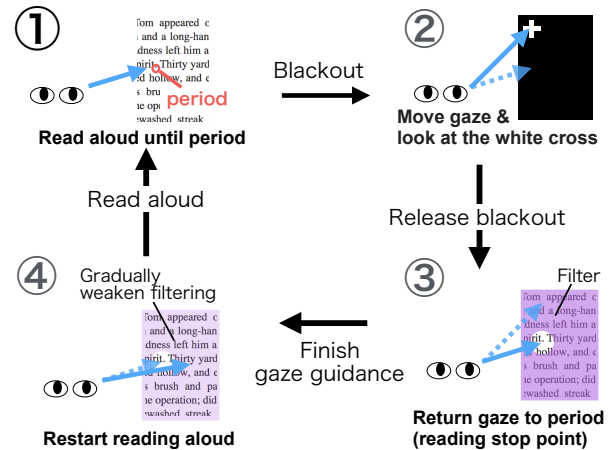


図 5: 実験の全体の流れ

おらず、部屋の電気はつけた状態で行った。実験プログラムの作成には OpenCV と TobiiSDK を使用した。

本実験で使用した文書画像は Photoshop を用い、解像度を 1920×1080 pixel とし、また文字の大きさは 18pt、字体は Times New Roman Regular を使用し作成した。

被験者は 20-30 代の男性 28 名女性 4 名の計 32 名である。全ての被験者の眼に異常はなく、視力が悪い被験者は眼鏡やコンタクトレンズで矯正をした状態で実験を行った。

4.1 実験手順

全体の実験の流れを図 5 に示す。

1) 被験者はディスプレイ画面に表示された文章 (図 5(1)) を音読する。音読開始地点は初回のみ赤丸で文章内に明示的に示す。2) その地点から音読を開始し、ピリオドが来た場合、スペースキーを押す。3) スペースキーが押下されると、画面が 3 秒間暗転し、その間は画面上の 4 角のいずれかに白い十字が表示され、被験者はその白い十字を見る。4) 暗転が解除され文章が再び表示されたら途中まで読んでいた文章の続きから音読を再開する。以上を繰り返し既定範囲まで音読し最後にスペースキーを押した時点を終了とし、アンケート回答に移る。

上述の工程を 1 試行とし被験者に 10 試行を行った。また開始前に実験に使用する文章と同じ文章を用いて練習を 1 度行った。

各 10 試行の内訳はフィルタの種類と強さで、原文を 3 試行、ぼかしフィルタを 1 試行、にじみフィルタ 2 種 (CMY, B&W) をにじみの大きさを変えて 3 試行ずつ行い計 10 試行である。フィルタ効果は被験者がスペースキーを押して、3 秒間の暗転の後、音読再開地点に視線を戻す際にその場所を強調するのに用いた。実験中は被験者の視線の計測を行い、被験者の視線が音読の再開地点に戻ると強調表示を徐々に解除した。このときの変化は、各フィルタに応じて予め 20 段階の強さに加工した画像を 1 枚に

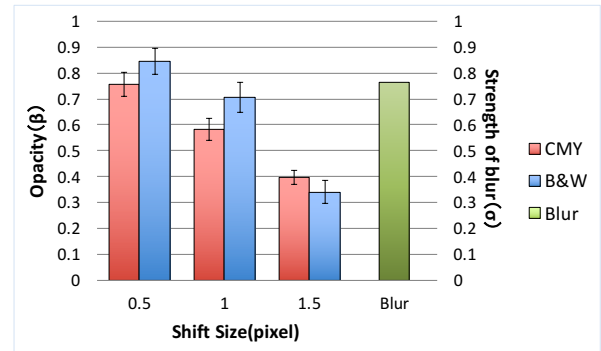


図 6: 実験結果

	Strongly Agree	Agree	Newtral	Disagree	Strongly Disagree
1) It is easy to read sentences	5	4	3	2	1
2) Image processing is strong	5	4	3	2	1
3) It is easy to find where to restart reading	5	4	3	2	1
4) Image processing interferes with reading sentences	5	4	3	2	1

図 7: アンケート内容

つき 0.030~0.035 秒表示し、全体で 0.600~0.700 秒の変化とした。またフィルタ加工の無い原文を表示する状況があることを被験者に伝えた。

各フィルタの強さの最大値を決定するためにユーザが不自然に感じるにじみ・ぼかしの閾値調査を事前に行った。Times Roman の字体、60pt の文字の大きさと意味を持たない文字列を並べた画像を表示し時間経過で徐々にフィルタの程度を強く加工した。そしてユーザがその加工変化に気づいた時点の加工の強さを調査した。事前実験は 21~24 歳の男性 18 名、女性 2 名の被験者 20 名に対し行った。結果を図 6 に示す。ここで用いたぼかしは変数 σ で制御されるガウシアンブラーである。得られた結果を各フィルタの強さの最大値に使用した。

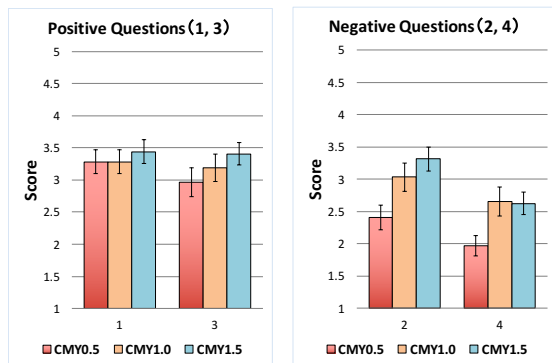


図 8: にじみ (CMY) フィルタのアンケート結果

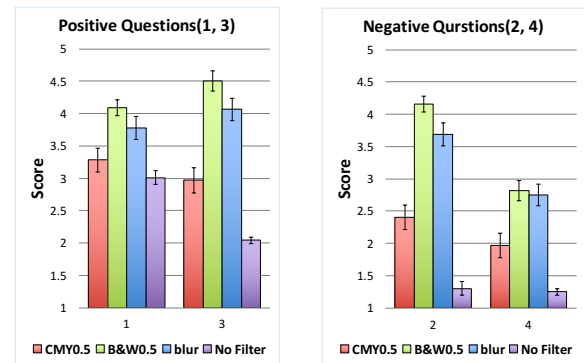


図 10: 各フィルタのアンケート結果

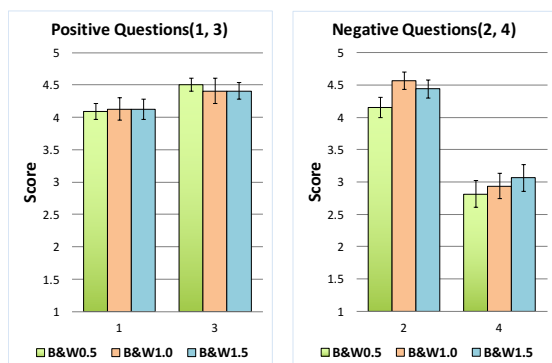


図 9: にじみ (B&W) フィルタのアンケート結果

本実験では、画面に文章画像が表示されてから被験者が音読を開始し既定範囲の音読を完了しスペースキー押下までの時間とその間の視線位置を調査した。また1試行毎にアンケートを行った。アンケートは4問用意し、それぞれの設問に対して1から5までの5段階のスコア分けを行った。被験者に実施したアンケートの内容は図7の通りである。設問1と3が好印象かを尋ねる内容になっており、設問2と4は悪印象を尋ねる内容である。

実験で鮮明にした領域について述べる。ぼかしによる視線誘導の提案をした畑ら[3]は、ディスプレイと被験者との距離が60cmのとき半径118pixelの円領域が被験者の中心視野で見る領域と一致すると述べた。しかし本実験で用いる文書画像に対して半径118pixelは非常に大きい領域であった。そのため本実験では半径30pixelの円領域が妥当と判断した。

4.2 実験結果

4.2.1 アンケート結果

最初ににじみフィルタについてCMY, B&Wのそれぞれのアンケート結果を比較する。

にじみ (CMY) フィルタ

にじみ (CMY) フィルタのにじみの大きさの違いによる結果は図8に示す。赤棒、橙棒、水棒がそれぞれにじみの大きさが0.5pixel, 1.0pixel, 1.5pixelのときを表している。またグラフの縦軸が32人の

被験者の各設問に対する平均スコアで、横軸が設問の番号に対応している。

CMY にじみはにじみの大きさが1.5pixelのとき最も音読の再開が容易となり音読を続けやすいが、画像の加工も強く感じられていることがわかった。一方でにじみの大きさが0.5pixelのときは、音読の再開地点の分かりやすさと文章の読みやすさはそれほど損なわず、かつ画像の加工は強くないという結果が得られた。また3種類のにじみの大きさの中では一番邪魔に感じないという結果であった。

自然な視線誘導という観点からにじみの大きさが0.5pixelのときのCMY にじみを全体のCMY にじみの代表として扱うこととする。(以後、CMY にじみは全てにじみの大きさが0.5pixelのときを指す。) にじみ (B&W) フィルタ

にじみ (B&W) フィルタのそれぞれのにじみの大きさのアンケート結果は図9に示す。黄緑棒、橙棒、水棒がそれぞれにじみの大きさが0.5pixel, 1.0pixel, 1.5pixelのときを表している。またグラフの縦軸が32人の被験者の各設問に対する平均スコアで、横軸が設問の番号に対応している。

B&W にじみはにじみの大きさが1.5pixelのときと0.5pixelのときが最も音読の再開をしやすく感じるということがわかった。一方で文章の読みやすさは1.5pixelのときは3つの中で最も文章を読み難いという結果であった。加工の強さは1.0pixelのときが最も強い印象を与え、次いで1.5pixel, 0.5pixelとなった。以上の結果からB&W にじみはにじみの大きさが0.5pixelのときを代表にとり議論する。(以後、B&W にじみは全てにじみの大きさが0.5pixelのときを指す。)

原文との比較

CMY にじみとB&W にじみとぼかしと原文のアンケート結果を図10に示す。赤棒がCMY にじみ、黄緑棒がB&W にじみ、青棒はぼかし、紫棒は原文の結果を示している。また縦軸は被験者32人の平均スコアであり、横軸は各設問の番号に対応している。

特徴的な結果は、原文を表示した試行において加工があると感じた人が数名存在したことである。この結果から人間の目は加工の有無を厳密に認識でき

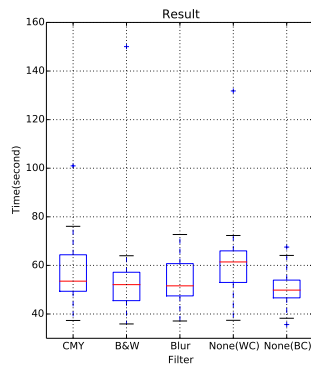


図 11: 各フィルタの音読時間結果

るものではなく、状況次第で認識にある程度の曖昧さを持つことがわかった。

次ににじみ 2 種とぼかしで比較する。文章の読み進めやすさと音読の再開地点の分かりやすさでは B&W にじみが最も良い結果が出ている。一方で画像の加工を 1 番強く感じるのも B&W にじみであり、自然に感じる度合いと文章の読みやすさおよび再開地点の発見の容易さはトレードオフの関係にある。CMY にじみに関しては他のフィルタに比べて読みやすさと再開地点の見つけやすさは低い結果となったが、加工が無い試行よりは良い得点を得た。また全てのフィルタの中で画像の加工を強く感じない、文章を読む際に画像加工を邪魔に感じないという結果となった。ユーザに気づかれても良い状況で読みやすさを優先するなら B&W にじみ使用するのが適しており、自然な視線誘導の達成を目的とするなら CMY にじみが適していると言える。

ぼかしに関しては B&W にじみと似た傾向であった。B&W にじみより加工は強く感じられないが、CMY にじみと比較すると加工が強い印象を与えている。画像加工に対して邪魔に感じる程度は B&W にじみと同等の結果であった。

また画像加工が邪魔に感じるかという設問 4 に対しては全体的に低い得点結果であった。視線を戻したら画像加工を徐々に解除する、という仕組みがユーザに対し好印象であったことがわかる。

4.2.2 各フィルタでの音読時間の比較

CMY にじみ, B&W にじみ, ぼかし, 原文における被験者 32 人の音読時間の平均の箱ひげ図の結果を図 11 に示す。

ここで、原文での音読時間を 2 種類用意して比較する。2 種類とは、被験者が音読対象の文章を円滑に読める時 (Best Case: 以下 BC) と、音読の再開地点を見失うなど上手く読むことが出来ない時 (Worst Case: 以下 WC) である。本研究はユーザが視線を戻す際に困難な状況に陥るときの補助として提案しているため、被験者が音読継続に困難な状況に陥るとき (WC) と、そうでないとき (BC) で各フィルタとの結果を比較する。また箱ひげ図の作成にあたり四分位範囲の 1.5 倍を超える値を外れ値としグラフ内

に”+”でプロットした。

BC の場合、各フィルタと原文とで中央値の結果は似た値となった。CMY にじみが最も音読にかかる時間が多い傾向にあり、原文のときは音読にかかる時間が安定する。一方で WC の場合は、原文のときに最も音読時間がかかり、時間がかからないのは B&W にじみのときとなった。音読時間の全体の分布で比較すると CMY にじみと原文とで目立った差は見られないが、中央値で比較するとフィルタの有無ではフィルタがある方が音読時間は短くなることがわかった。

5 議論

提案フィルタとその視線誘導効果について、効果が顕著な場合 (提案フィルタを用いた状態で音読にかかる時間が原文を音読した場合の BC 時間より短い状態) と最も表れない場合 (提案フィルタを用いた状態で音読にかかる時間が原文を音読した場合の WC 時間より長い状態) で比較して議論する。

視線誘導の効果が顕著な状況を図 12, 図 13 に、最も表れない場合を図 14, 図 15 に音読範囲とその周囲を抜粋して示す。また図中の灰色線が視線の動きを、赤円の半径が視線の滞在時間を表し、円が大きいほど視線はその近辺に止まったことを示す。

視線誘導が成功し、被験者が音読再開地点を見失わずに上手く音読を再開できた場合は視線が綺麗に移る様子がわかる。一方で音読再開が失敗した状況の視線の様子は、CMY にじみフィルタでは一箇所における視線の滞在時間が長くなり、一方 B&W にじみフィルタでは視線がさまよう様子が読み取れる。この 2 つの状況の結果から、視線誘導が成功するか失敗するかはユーザの中心視野に強調表示した箇所が入るかどうかを要因と考えられる。

実験では半径 30pixel の領域を強調表示しているが、視線誘導が失敗する場合は、被験者の中心視野に実験で強調表示している領域が入っていないことが共通する。被験者の視界に合わせて強調表示の領域を変えることにより視線誘導の成功率が上がると思われる。

6 結論と今後の課題

エッジ情報を多く含むコンテンツに対して自然な視線誘導を用いて視線を元に戻すにはそれに即した強調表示が必要だとし、その手法について提案、検証した。また提案手法がユーザにとって不快でないことをアンケートの結果から確認し、そして文字のようなエッジ情報の多いコンテンツに対して CMY にじみフィルタによる加工が最もユーザに自然な印象を与えることがわかった。今後の研究の展望として次の点が挙げられる。

にじみフィルタの汎用化

にじみフィルタは現在白色背景に黒色で描画された画像に対応する。しかし提案手法を様々な面で応用するためにも、白黒以外の色のある画像、最終的

図 15: 視線誘導効果が表れない場合の視線の動き (B&W)

参考文献

- [8] Robert Kosara, Silvia Miksch, and Helwig Hauser. Focus+context taken literally. In *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 22, pp. 22–29, 2002.

97–104, Washington, DC, USA, 2001. IEEE Computer Society.