

ウェブページの構造と顕著性マップの組み合わせによる重要領域の視覚化手法

稲垣 有哉^{†,a} 岩田 一^{†,b} 白銀 純子^{‡,c} 深澤 良彰^{†,d}

[†]早稲田大学 [‡]神奈川工科大学 ^{‡‡}東京女子大学

a) *y-ina3214@toki.waseda.jp* b) *hajimei@nw.kanagawa-it.ac.jp*

c) *junko@lab.twcu.ac.jp* d) *fukazawa@waseda.jp*

概要 ウェブページを開発する時にデザイナーはユーザーに興味を持ってもらえるようレイアウトを設計するが、実際にはデザイナーの意思が適切にデザインに反映されず、デザイナーが見て欲しい情報とユーザーが実際に見ている情報の間にズレが生じることが多々ある。このような問題を未然に防ぐための手法として、人の注視の引きつけやすさを示す顕著性マップをデザイナーに開発段階で示すことが考えられる。そこで本研究では、開発段階でウェブページの構造と顕著性マップを組み合わせることで、要素単位で顕著性を計算することによるウェブページの重要領域の新たな視覚化手法を提案する。ページ中の注目が集まりやすい領域に重要な情報をデザイナーが配置することで、その情報にユーザーが注目しやすくなり効率的なユーザーの獲得に繋がることが期待される。また、特に重要な領域を一つの画像に纏めた集約図を提示することでページ内容把握の補助に繋がると考える。

キーワード 視覚的顕著性, ウェブページ, 重要領域, 要約

1 はじめに

近年インターネット普及により我々の身の周りでは数えきれないほど多くのウェブサイトが開発されている。NetCraft の Web Server Survey によると 2018 年 12 月時点で世界中に 15 億を超えるウェブページが存在し、2008 年から約 10 倍まで増加している [1]。さらに ITR によると日本国内のウェブマーケティング市場は 2016 年度に売り上げ金額が 16 億円で前年比 142.9% 増の急速な伸びとなり今後も引き続き市場拡大すると予想している [2]。スマートフォンやタブレット端末が普及した今、ウェブページは誰もが閲覧するもので極めて重要性が高いと言える。

ウェブサイトを開発する時にデザイナーはユーザーに興味を持ってもらえるようなデザインかつ目的の要素に簡単に到達可能となるようにレイアウトを設計する。しかし、実際にはデザインが良くても目的の要素を見つけづらいついたり、使いづらいつと感じるユーザビリティが低いウェブページは数多くある。ユーザーはユーザビリティが低いウェブページから離れやすい傾向があり、結果的にサービスの質の低下に繋がってしまう。これはデザイナーの意思がしっかりとデザインに反映されず、デザイナーが見て欲しい情報とユーザーが実際に見ている情報にズレがあることが原因の一つである。

このような問題を未然に防ぐための一つの手法として、人の注視の引きつけやすさを示す顕著性マップをデザイナーに開発段階で示すことでユーザーが注目する可能性が高い領域を事前に知ることが効果的であると考え

る。風景や人の顔などの自然画像の顕著性マップ生成モデルに関する研究は多数存在する [3],[5],[6],[7] が、ウェブページに特化した顕著性マップの生成モデルについての研究はほとんど存在しない。また、顕著性マップを見ただけでは具体的にウェブページのどの要素が目立っているのか分かりづらい [8],[9],[10]。

そこで本研究では、開発段階でウェブページの構造と顕著性マップを組み合わせることで要素単位で顕著性を計算することによるウェブページの重要領域の視覚化手法を提案する。本研究ではデザイナーがウェブページの開発・設計時にどの部分にユーザーの注目が集まるかを予想して解析対象のウェブページ上に視覚的に描画することでウェブページ的设计の効率化に繋がると考えている。また、ページ中のどこに注目が集まりやすいかを予測しそれに合わせて注目してほしい情報を注目されやすいようにデザイナーが配置することで、その情報にユーザーが注目しやすくなり効率的なユーザーの獲得につながるのではないかと考えられる。

さらに、要素単位で顕著度のランキングを生成して特に顕著度が高い重要領域を一つの画像に集約したウェブページの集約図を提示する事によるページ内容理解支援手法を提案する。ユーザーが注目する可能性が高い顕著性が高い領域にはウェブページの重要な内容が含まれる事が多い為、該当領域を集約した図を提示する事でウェブページの内容の理解支援に繋がると考えられる。

2 関連研究

近年画像解析技術の進歩により自然画像の顕著性マップ生成モデルに関する研究は多数存在するが、ウェブページに特化した顕著性マップ生成モデルに関する研究はほとんど存在しない。

2.1 顕著性マップ生成モデルに関する研究

自然画像の顕著性を計算するモデルは古くから研究されており様々なモデルが存在する。中でも基本的な顕著性マップ生成モデルとして Itti-Koch らの顕著性モデル [3] は広く知られている。このモデルでは、人間の目の視覚認識と同様に色・輝度・方向のそれぞれの視覚特徴を抽出した後に重み付けして足し合わせることで顕著性マップを生成している。このモデルは視覚的顕著性に関連性のある数多くの研究で利用されている。

また、Kummerer らは学習済みの VGG19 ニューラルネットワークを使用する事で Deep Gaze 2 と呼ばれる自然画像向けの顕著性マップ生成モデルを構築し、MIT の顕著性マップのベンチマークである mit300[4] の AUC の評価において他のモデルと比較して最も良い精度であることを明らかにした [5]。

自然画像だけでなくグラフィックデザインに特化した顕著性マップ生成モデルも存在する。Bylinskii らはポスターなどのグラフィックデザインとテキストや表が含まれるデータの 2 種類に分け、それぞれのデータセットを異なる形式で収集してニューラルネットワークモデルを構築することで既存のモデルと比較して精度の高いグラフィックデザインの顕著性マップを生成可能であることを示している [6]。

さらにウェブページに特化した顕著性マップ生成モデルも僅かに存在する。人間の注意は大きく分けて色や輝度や方向などの低レベル特徴が主のボトムアップ要因と過去の経験に基づく記憶依存や知識駆動などのトップダウン要因の 2 つに分けられる。Shen らは従来のボトムアップ要因の顕著性モデルにトップダウン要因を組み合わせる事によるウェブページの顕著性マップの生成を提案している [7]。

しかしながら、いずれの研究においても最終的な出力は顕著性マップのみである。精度が高い顕著性マップを出力しても一目ではどの領域が目立つか正確に判断する事は難しい。

2.2 ウェブページの構造分析に関する研究

野中らはウェブページの構造を分割する VIPS アルゴリズム [8] の問題点を指摘して、ウェブページの構造解析とタグの情報から内容分析する事で手法掲載箇所の抜き出しを行う手法の提案を行った [9]。また、Cai らは視覚的表現にもとづいてコンテンツ間の関係を識別する事でウェブコンテンツの構造を抽出する手法を提案し、従

来の DOM ベースの手法と比較して良い結果が出たことを明らかにしている [10]。しかし、これらの手法では抽出したレイアウト構造から重要度が高い領域を検出することは出来ない。

3 提案手法

本研究の特徴は既存の顕著性マップとウェブページの構造を組合せる事で要素単位での顕著性マップである顕著領域マップの生成を行うことと、要素ごとに顕著度を計算してランキング付けを行い顕著度が高い領域をトリミングすることで重要度の高い領域を視覚化する集約図の生成を行うことである。図 1 に早稲田大学ウェブサイトトップページ (2018 年 12 月時点)[11] のスクリーンショットを入力した時、本システムによって生成される顕著領域マップと集約図の例を示す。



図 1 顕著領域マップと集約図の出力例

本システムでは先ほど説明した 2 つの図をデザイナーが検証するウェブページの URL を入力すると該当ページの顕著性マップとページの構造を組み合わせることにより出力する手法を提案する。本手法の構造図を図 2 に示す。

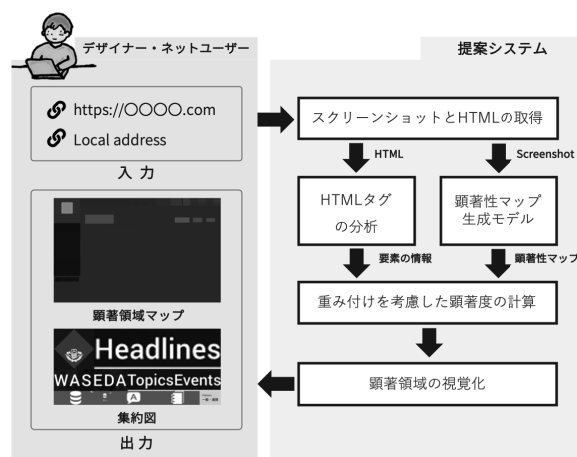


図 2 モデルの図

本手法の手順は以下の通りである。

- (1) HTML の取得と顕著性マップの生成
- (2) HTML 解析によるタグの分析と位置の取得
- (3) 重み付けを考慮した顕著度の計算
- (4) 顕著領域の視覚化

3.1 HTML の取得と顕著性マップの生成

本システムではまず、入力された URL 情報を元にウェブスクレイピング技術である Selenium WebDriver[12]を用いてスクリーンショットと HTML を取得する。取得するスクリーンショットは、重要度が高いコンテンツはウェブページの最上部に存在する可能性が高いという傾向から、横 1280px 縦 900px のブラウザで閲覧可能な最上部の領域としている。また、取得したスクリーンショットから第 2.1 節で説明した Itti-Koch らの顕著性マップ生成モデルを使用して顕著性マップを生成する。ここで顕著性マップ生成モデルにより出力される顕著性マップは RGB の 3 色チャンネルで出力されるが、後の処理で明度を使用するために単色チャンネルで表されるグレースケール画像に変換して保存する。

3.2 HTML 解析によるタグの分析と位置の取得

ここでは第 3.1 節で取得した HTML の解析を行いウェブページ上の要素の位置情報とそのサイズを取得する。第 3.1 節で取得した HTML の解析を行い、Selenium WebDriver でブロック要素を表す <div>, 見出しを表す <h1>, <h2>, <h3>, リンクを表す <a>, インライン要素を表す , 画像を表す の合計 7 個のタグ要素の id または class 名と左上の頂点の座標と縦と横のサイズを取得する。また、処理時間短縮とエラーを防ぐために画面上に表示されている要素の情報のみを取得する。なお、標準サイズのテキストを表すタグである <p> は通常、色の明度やサイズなどに大きな変化がなく、ウェブページの顕著度に大きく影響を与えないと判断したため取得しない。

3.3 重み付けを考慮した顕著度の計算

ここでは第 3.1 節で生成した顕著性マップと第 3.2 節で取得した各タグ要素の位置情報とサイズを比較して各要素の顕著度を計算する。まず始めに第 3.1 節で保存した顕著性マップを圧縮加工して 3.2 節で取得した位置情報と同じサイズに合わせる。次に第 3.2 節で取得した各タグ要素毎に読み込んだ顕著性マップの該当要素の領域をトリミングする。また、トリミングした領域の色の明度の平均を計算する事で顕著度を計算する。しかしながら、単純に色の明度の平均を要素の顕著度にするとう極端に小さな要素の顕著度が高く判定されてしまうなどの問題が生じる為、本システムでは要素のサイズと位置による顕著度の重み付けを行う事でより正確に顕著度を判定出来るように工夫している。

3.3.1 要素のサイズによる重み付け

単純に要素の明度の平均を取得すると小さな要素の顕著度が極端に高く計算される傾向がある為、実験を何度

か行い極端に小さな要素の顕著度を低く判断する様に重み付けを独自の基準で設定することで顕著度を平均化する。

3.3.2 要素の位置による重み付け

関連研究でも触れた Shen ら [7] のアイトラッカーを用いてウェブページの顕著性を測定した実験によると、図 3 に示すように全てのウェブページにおいて人は左上の領域と中心付近に目線が行く傾向がある。この現象は f-bias という名で一般的に知られており、本システムでもウェブページの左上の領域と中心付近で顕著度が高くなるように重み付けを行う。

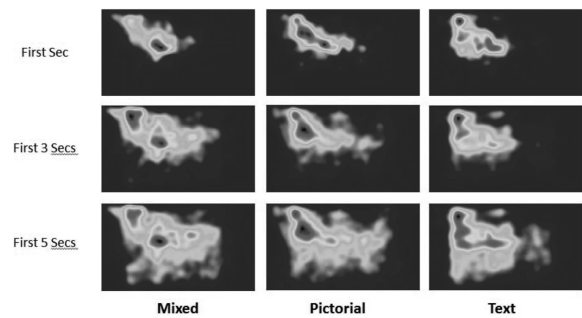


図 3 Shen らのウェブページヒートマップ生成実験結果 [7]

本システムの位置情報による重み付けの手法をアルゴリズム 1 に示す。左上の領域に大きな重みをつける top-left bias については、横軸と縦軸方向にどれだけの重みの差をつけるかを表す place_weight_x と place_weight_y の 2 つの数値を与える事で表現する。また、中心領域に大きな重みをつける center bias においては中心部と最外部でどれだけ重みの差をつけるかを表す place_weight_c を与える事で表現する。これらを組み合わせる事で左上と中央部分に大きな重みをつける f-bias を表現する。正方形の 20×20 マスのブロックをウェブページに見立てて重みの数値をシミュレーションした結果を図 4 に示す。左図は top-left bias を、中央は center bias を、右図は 2 つを組み合わせた f-bias を表す。また、濃い色になるほど重みの数値が大きく白色に近ほど数値が小さいことを表す。

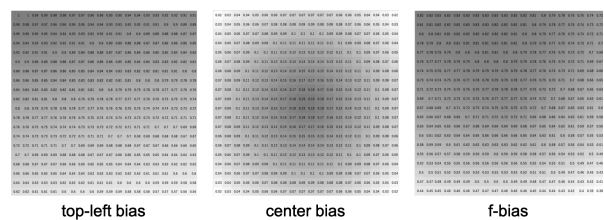


図 4 位置情報による重み付けのシミュレーション

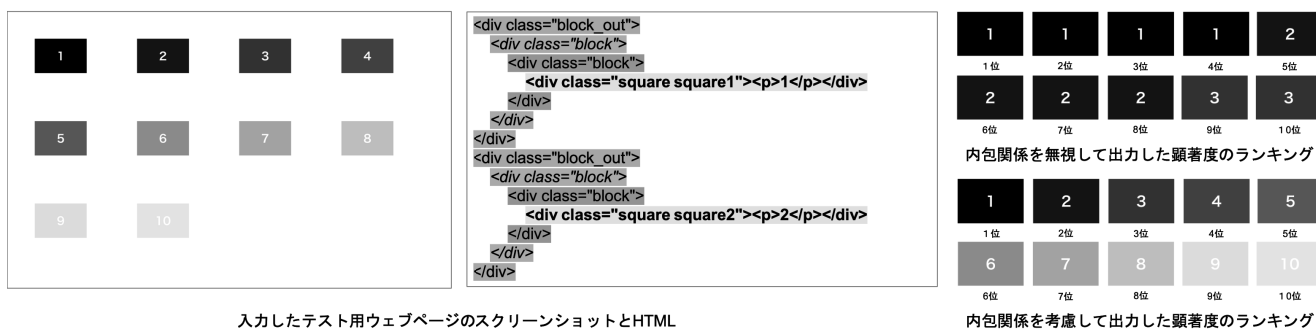


図5 内包関係の考慮の有無による顕著度ランキング

Algorithm 1 位置情報による重み付け (F-bias)

```

function CALC_SALIENT_LEVEL(start_x, start_y,
size_w, size_h)
    salient_level ← 要素の明度の平均値 (0-255)
    width ← 顕著性マップの幅 (px)
    height ← 顕著性マップの高さ (px)
    place_weight_x ← 0.1 //横軸方向の重み
    place_weight_y ← 0.4 //縦軸方向の重み
    place_weight_c ← 0.2 //中心方向の重み
    if size_w < width and size_h < height then
        x_bias ← 1-(place_weight_x*((width-
(start_x+  $\frac{size\_w}{2}$ ))* $\frac{place\_weight\_x}{width}$ ))
        y_bias ← 1-(place_weight_y*((height-
(start_y+  $\frac{size\_h}{2}$ ))* $\frac{place\_weight\_y}{height}$ ))
        top_left_bias ← x_bias * y_bias
        center_bias_x ←  $|\frac{width}{2} - (start\_x + \frac{size\_w}{2})|$ 
        center_bias_y ←  $|\frac{height}{2} - (start\_y + \frac{size\_h}{2})|$ 
        center_bias ←  $\sqrt{center\_bias\_x + center\_bias\_y}$ 
        salient_level ← salient_level*(topleft_bias -
(place_weight_c * center_bias))
    end if
    return salient_level
end function
    
```

3.4 顕著領域の視覚化

ここでは第 3.3 節で計算した顕著度を元に顕著度のランキングを作成して顕著領域の視覚化を行う。本システムでは、顕著度が高い重要領域を要素単位で塗りつぶした顕著領域マップと特に顕著度が高い要素を一つにまとめた集約図の 2 つの出力を行う。顕著度ランキングを作成する際に、顕著度が高い順にランキングを付けられたいが、図 5 に示すように同一要素を内包している他の要素も顕著度が高く評価されてしまう問題が生じた為、一度顕著度が高いと評価した要素を内包する外部の要素が顕著度ランキングに入らないように評価する。

3.4.1 顕著領域マップの生成

第 3.3 節で計算した顕著度 (0~255) に対応する明度で位置情報を取得した画面上に表示されている全ての要素を塗り潰す。さらに、特に顕著度が高い重要領域を視覚化する為に顕著度ランキングの上位 10 個の要素の外枠を顕著度が高い順に明るい緑色の線で描写する。

3.4.2 集約図の生成

顕著度が上位 10 個の要素の領域を切り取りタイル状に並べることで集約図を生成する。図 6 に図 5 で説明した内包関係のテスト用ウェブページの URL を入力して生成された顕著領域マップと集約図の例を示す。

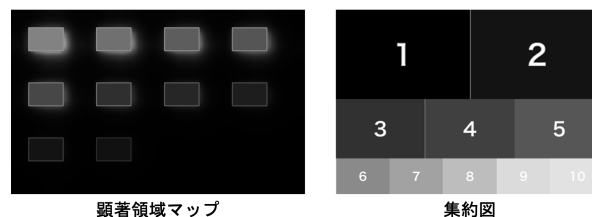


図6 生成される顕著領域マップと集約図の例

4 評価

本手法を評価する為に 3 つの実験を 20 代の大学生・大学院生 10 人に対して実施した。被験者はいずれも日常的にインターネットを使用するネットユーザーであった。

4.1 重要領域の抜き出し精度に関する評価

本手法の重要領域の抜き出しの精度を測る為に、10 個のウェブページのスクリーンショットを iPad 上に表示して 10 秒以内に目立つ・目に入ったと感じた領域 3 箇所を 1~3 の数字を順番に Apple pencil を使用してマークしてもらい、本システムが出力した要素の顕著度ランキング内にどれほどの精度で含まれているかを確認した。精度評価実験の結果を表 1 に示す。

平均合致個数は 10 人の被験者が 10 個のウェブページでマークした 3 個の要素の内何個が本システムの顕著度ランキングにより出力された要素の中に含まれているかを表しており、合致率はその割合を表している。評価の結果、本システムの顕著度ランキングにより出力され

表1 精度評価実験結果

	上位3位	上位5位	上位7位	上位10位
平均合致個数	1.14 個/3 個	1.75 個/3 個	2.04 個/3 個	2.64 個/3 個
合致率	38.0%	58.33%	68.0%	88.0%

表2 アンケートの質問内容1

質問内容		選択肢・記述式	
Q1	既存の顕著性マップは重要領域を認識しやすいと感じるか	a	非常に認識しにくい
		b	認識しにくい
		c	どちらでもない
		d	認識しやすい
		e	非常に認識しやすい
Q2	提案手法の顕著領域マップは重要領域を認識しやすいと感じるか	a	非常に認識しにくい
		b	認識しにくい
		c	どちらでもない
		d	認識しやすい
		e	非常に認識しやすい
Q3	既存の顕著性マップの認識しづらいつと感じる点	記述式	
Q4	既存の顕著性マップの認識しやすいと感じる点	記述式	
Q5	顕著領域マップの認識しづらいつと感じる点	記述式	
Q6	顕著領域マップの認識しやすいと感じる点	記述式	
Q7	特定の要素の重要度を調べたい時どちらの手法が認識しやすいと感じるか	a	既存の手法
		b	提案手法

た顕著度が上位3つの要素には被験者が目立つと感じた3つの要素の内平均1.14個(38.0%)が含まれていることが確認できた。また、本システムが重要度が高いと判断した上位10個の要素には88.0%の合致率で被験者が目に入ったとマークした要素が含まれており、人が重要だと感じる要素を適切に判断し取得出来ていると言える。

4.2 重要領域の認識のしやすさに関する評価

既存の顕著性マップと提案手法の顕著領域マップでの重要領域の認識のしやすさについて評価した。評価では顕著性マップの概要について簡単に説明した後に表2に示すアンケートを実施した。アンケートでは既存の顕著性マップと提案手法の顕著領域マップの重要領域の認識のしやすさの度合いと、どのような点で認識しやすく感じたり認識しにくいと感じるのかを記述式で質問した。

重要領域の認識のしやすさについて質問したQ1とQ2の結果を図7に示す。結果から、既存の顕著性マップは「認識しやすい」と「認識しにくい」が4名で「どちらでもない」と「非常に認識しにくい」が1名と意見がばらつく結果となった。一方で本提案手法では「非常に認識しやすい」が4名、「認識しやすい」が5名、「どちらでもない」が1名で「認識しにくい」と言う意見はなかった。以上の事から、提案手法が重要領域の認識において既存の顕著性マップと比べ優れていることは明らかである。

またQ3~Q6の既存の顕著性マップと提案手法の顕著領域マップのそれぞれの重要領域の認識のしやすさと認識のしにくさに関する問いでは、既存の顕著性マップの重要領域の認識のしづらさとして挙げられた「要素の境界が分かりづらい」や「顕著の度合いを比較しにくい」

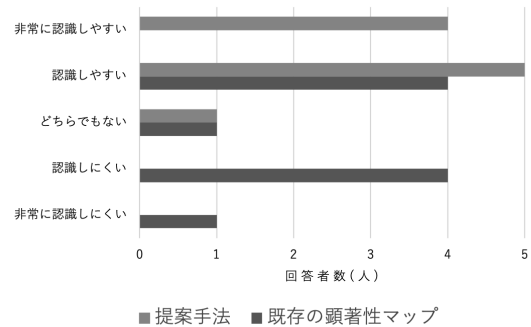


図7 重要領域の認識のしやすさに関する評価結果

といった意見を提案手法の顕著領域マップでは改善できたという肯定的な意見が多かった。しかしながら、既存の顕著性マップと比較して提案手法の顕著領域マップは「元のウェブページの様子が見えない為スクリーンショットと照らし合わせる必要がある」や「顕著度ランキングの枠線の濃淡の差が分かりづらい」などと言った意見も挙げられた。提案手法の顕著領域マップの認識のしづらさとして挙げられた問題点は今後改善する必要があると考える。

さらに、Q7では特定の要素の重要度調査において提案手法が既存の顕著性マップと比較して優れていると被験者10人全員が解答した。以上の事から第4.1節で説明した提案手法の顕著領域マップの精度と共に重要領域の認識のしやすさも既存の顕著性マップと比較して改善されたと言える。

4.3 集約図の効果に関する評価

特に顕著度が高い重要領域をタイル状に並べてまとめた集約図の効果について評価した。評価では被験者に集約図の例を見せ、集約図がどのようにして生成されるのか簡単に説明した後に集約図の効果に関する質問に選択式で解答してもらった。

表3にQ8:集約図を見てどの程度ウェブページの内容を判断できるかを質問した結果を、表4にQ9:初見のウェブページの内容を一目で確認したい時に集約図は効果的だと思うかを質問した結果を示す。Q8の結果を見ると「少し判断できる」と「ある程度判断できる」に意見が集まり、「ほとんど判断できる」は回答者がいなかった。また、Q9の結果を見ると「あまり効果的でない」が2名、「どちらでもない」が2名、「効果的である」が6名で「非常に効果的である」は回答者がいなかった。以上の結果から提案した集約図を見る事でページ内容のある程度は判断できるものの非常に効果があるとは言えないことが明らかになり、ウェブページの内容理解支援ツールとしては改善が必要であると言える。

表3 Q8の回答結果

選択肢	回答数
全く判断できない	0
少し判断できる	2
ある程度判断できる	8
ほとんど判断できる	0

表4 Q9の回答結果

選択肢	回答数
全く効果的でない	0
あまり効果的でない	2
どちらでもない	2
効果的である	6
非常に効果的である	0

5 おわりに

本研究では、自然画像には存在しないウェブページ特有の要素単位で顕著度を計算した後に顕著度に応じた色で要素を塗りつぶす事で顕著領域マップの生成を行った。評価では、本手法が顕著度を計算して出力した顕著度ランキングの精度はある程度良く、重要領域の見やすさについても既存の顕著性マップと比較して見やすい事が分かった。これによりデザイナーはウェブページの開発段階で、ユーザーがウェブページを閲覧した際にどの要素に注目する可能性が高いのか正確に判断する事が可能となる。また、それに合わせて注目してほしい情報を適切に配置することで、その情報にユーザーが注目しやすく

なり効率的なユーザーの獲得につながるのではないかと考えられる。さらに、計算した顕著度を元に重要度が高い領域を一つの画像にまとめた集約図の生成を行なった。しかしながら、集約図を見る事でページ内容のある程度は判断できるものの非常に効果があるとは言えないことが評価実験から明らかになり、ウェブページの内容理解支援ツールとしては今後改善が必要であると言える。

なお、現在は集約図の評価結果を受け最上部だけでなくウェブページの最下部までの全領域の要素を解析してページ全体の集約図を生成する事でよりウェブページの内容を一目でわかるページ内容の理解支援ツールの生成を目指して研究を進めている。

今後の展望として、以下が挙げられる。ウェブページに適した精度の高い顕著性マップ生成モデルへの変更により重要領域の抜き出し精度向上を目指す。また、テキスト内容要約手法と組み合わせることで文章内容も考慮したウェブページの要約視覚化手法を考案する。

参考文献

- [1] NetCraft, Web server survey, <https://news.netcraft.com/archives/category/web-server-survey/>, (2019.5.10 閲覧).
- [2] ITR, Itr market view : メール / web マーケティング市場 2019, <https://www.itr.co.jp/report/marketview/M19000400.html>, (2019.5.10 閲覧).
- [3] Itti, L., Koch, C., and Niebur, E.: A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis, *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, Vol. 20, No. 11, pp. 1254-1259, 1998.
- [4] Bylinskii, Z., Judd, T., Borji, A., et al.: Mit saliency benchmark.
- [5] Kummerer, M., Wallis, T. S., and Bethge, M.: Deepgazeii: Reading fixations from deep features trained on object recognition, *arXiv preprint arXiv:1610.01563*, 2016.
- [6] Bylinskii, Z., Kim, N. W., O'Donovan, P., Alsheikh, S., et al.: Learning visual importance for graphic designs and data visualizations, In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 57-69, ACM, 2017.
- [7] Shen, C., and Zhao, Q.: Webpage saliency, In *European conference on computer vision*, pp. 33-46, Springer, 2014.
- [8] Cai, D., Yu, S., and Wen, J., and Ma, W.: VIPS: a Vision-based Page Segmentation Algorithm, *MSR-TR-2003-79*.
- [9] 諒志野中, 高行湯本, 学新居ほか: Web ページの構造と内容の分析による手法掲載部分の抽出, *Technical Report 15*, 兵庫県立大学大学院工学研究科, nov 2009.
- [10] Cai, D., Yu, S., Wen, J., and Ma, W.: Extracting content structure for web pages based on visual representation. In *Asia-Pacific Web Conference*, pp. 406-417, Springer, 2003.
- [11] 早稲田大学, 早稲田大学トップページ, <https://www.waseda.jp/top/>, (2018.12.1 閲覧).
- [12] Selenium, Selenium webdriver, <https://www.seleniumhq.org/projects/webdriver/>, (2019.1.12 閲覧).