

# Web ページの情報到達難易度に関する視線計測分析 ～スクロールによる視線分散の減少～

Eye Measurement Analysis of Difficulty in Reaching Information on Web Pages:  
Effects of scroll number on the fixation point and information reaching difficulty

江草遼平<sup>1</sup> 赤木茅<sup>1</sup> 寺野隆雄<sup>1</sup> 加藤 暉久<sup>2</sup> 吉田結菜<sup>2</sup>

Ryohei Egusa<sup>1</sup>, Kaya Akagi<sup>1</sup>, Takao Terano<sup>1</sup>, Teruhisa Kato<sup>2</sup>, and Yuna Yoshida<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉商科大学 基盤教育機構

<sup>1</sup> Platform for Arts and Science, Chiba University of Commerce

<sup>2</sup> 千葉商科大学 商経学部

<sup>2</sup> Faculty of Commerce and Economics, Chiba University of Commerce

**Abstract:** This study is part of the Chiba University of Commerce Special Lecture "Data Science, " in which students take the initiative in conducting analyses to solve the university's problems using data science methods. This study focused on gazing and eye movement as quantitative data in the usability evaluation of a web page for university entrance examinations. We analyzed the factors influencing information reaching by combining eye movement measurement data and users' subjective evaluations. We experimented with 22 subjects (21 valid data) and chose five web pages for university entrance examinations for stimuli. The analysis results revealed no difference in the time and the distance of eye movement for each Web page, but there was a difference in the variance of fixation points. In addition, the comparison of the variance with the questionnaire to the experiments revealed that the minor variance of fixation points results in lower subjective difficulty in reaching the information. Furthermore, setting a certain number of scrolls on the Web page decreases the variance and the difficulty in reaching the information.

## はじめに

本研究は、千葉商科大学特別講義「データサイエンス」の一環として、大学生が主体となって大学の課題をデータサイエンスの手法で解決することを目指し、分析を行うプロジェクトの一部として取り組まれたものである。本プロジェクトでは、学生主導のもと、大学の受験生向け Web サイトのユーザビリティ改善が解決すべき課題として設定された。

受験生向け Web サイトは、大学入学を希望する受験生に向けて情報を提供するための媒体であり、資料請求、オープンキャンパス情報、入試案内など受験生にとって有益な情報を公開している。大学にとっては、学外に向けてアドミッションポリシーを公開し、適合する受験生に情報を供給するための重要な媒体であり、各大学が様々なデザインの Web サイトを設置している。

Web サイトのユーザビリティ評価に関する研究で

は、質問紙法・面接法を用いてユーザの主観的な評価を得る情動反応の評価[1], SD 法による印象評価[2], 操作ログや視線情報を用いたユーザ操作をデータとして用いる評価[3,4]等、様々な手法が取り扱われている。Web コンテンツの読み取りにおけるユーザの視線に着目した研究では、F-Shaped Pattern などユーザの視線遷移のパターンに関する分析が行われている[5]。視線データを用いる Web サイトのユーザビリティ研究では、固視停留点を基にしたヒートマップやゲイズプロットからユーザが見ていたコンテンツを解釈する方法が用いられるが、これらの質的なアプローチは処理コストを要因として大規模なデータの分析に困難があることが指摘されている[4]。

そこで、本稿では定量的な処理が可能な視線計測の特徴量のみを用いて、Web ページのユーザビリティを計測するシンプルな指標の開発を目指した。

本研究では、大学の受験生向け Web サイトのユーザビリティ改善を目的として、大学の受験生向け

Web サイトのユーザビリティ評価における定量的なデータとして固視停留及び視線移動に着目し、視線計測データとユーザの主観的評価を併せて情報到達に影響する要因を分析する。

## 手法

### 実験手法

被験者：大学生、大学教員計 22 名（有効データ 21 名 18 歳～69 歳 男 15 名、女 8 名）

実験期間：2021 年 12 月 16 日～24 日

対象 Web サイト：対象となる Web サイトは、以下の 3 つの基準で選定された。1) 受験生向けサイトが大学の総合 Web サイトから独立している、2) 受験生向けサイトのトップページが静的且つオープンキャンパス特設ページ、資料請求ページに 1 クリックでアクセスできるリンクを有する、3) 関東地方の大学且つ偏差値帯が近い学部学科を有する。対象となる Web サイトは以下の 5 つである。

- 千葉商科大学 CUC-NAVI (<https://www.cuc.ac.jp/prospective/>)
- 東海学園大学 とうがく NAVI (<http://www.navi.tokaigakuen-u.ac.jp/>)
- 東海大学 東海大学受験生情報サイト(<https://www.tokai-adm.jp/>)
- 桜美林大学 桜美大学受験生サイト (<https://admissions.obirin.ac.jp/>)
- 明海大学 明海大学受験生サイト (<https://www.meikai.ac.jp/03applicant/>)

各 Web サイトの情報・構成は、2021 年 12 月 16 日～24 日におけるものである。

実験環境：実験には、Tobii 社製ウェアラブル視線計測装置 Tobii Pro Glasses 2 (50Hz)、Web 閲覧用 PC として DELL 社製ラップトップ PC Inspiron (13.3 インチディスプレイ、FHD+ 1920×1200)、ワイヤレスマウス、視線計測装置制御用としてデスクトップ PC を用いる。Web 閲覧用 PC は、高さ 720mm のオフィスデスクに設置される。被験者は、眼鏡型のウェアラブル視線計測装置を装着し、座面高さ 430mm のオフィスチェアに腰かけた状態で PC を操作する (Figure 1)。

方法：実験は、以下の手順で行われた。まず、対象に実験に関する説明を行い、課題を提示する。課題は、対象 Web サイトから標的となる情報にアクセスするためのリンクを探し、クリックすることである。標的となる情報は、オープンキャンパス、資料請求の 2 種類であり、被験者にはいずれか 1 種類が提示される。標的となる情報がオープンキャンパスの被

験者は 10 名、資料請求の被験者は 11 名である。

次に、被験者は視線計測装置を装着し、キャリブレーションを行う。キャリブレーション後、1 つ目の対象 Web サイトを閲覧し、課題に取り組む。この時、Web サイト閲覧開始から対象となるリンクをクリックするまでの時間、固視停留点、固視停留点間の視線移動量が計測される。この手順を 5 つの対象 Web サイトについて繰り返す。

最後に、被験者はアンケートに回答する。アンケートでは、以下の 2 種類の質問項目で構成される。1 つ目は完全順位法による質問であり、5 つの対象 Web サイトについて、見やすさの観点からそれぞれ順位をつけるものである。もう 1 つは多肢選択法による質問であり、5 つの対象 Web サイトから欲しい情報に 1 番早くたどり着けると考えるものを 1 つ選ぶものである。

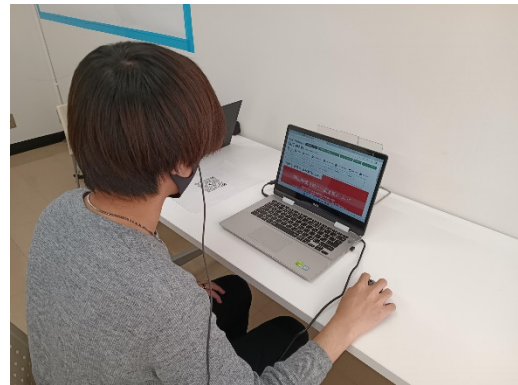


Figure 1 実験環境

## データ

### 視線データ

視線データは、Tobii Pro Glasses 2 及び記録用ソフトウェアである Tobii Pro Glasses Controller (1.114)、解析用ソフトウェアである Tobii Pro Lab (1.181) を用いて取得した。Tobii Pro Glasses 2 は 0.02 秒毎に装着者の眼球運動を記録し、固視、サカードなどのイベントに分類する。本研究の分析対象は、被験者個人毎のイベント発生時のタイムスタンプ及び固視停留点であった。タイムスタンプは、記録開始点を 0 秒とした各イベント発生までの経過時間である。固視停留点は、Tobii Pro Glasses 2 のシーンカメラが記録する映像 (H.264, 1920 x 1080 ピクセル) 上における固視停留が発生した点の X, Y 座標(Gaze point X, Gaze point Y)である。

実験によって得られたデータから、被験者別 Web ページ別に情報到達までの経過時間、情報到達までの視点移動量、実験中の固視停留点分散の 3 指標を

計算し、分析の指標とした。

情報到達までの経過時間は、Web ページを切り替える際に記録されるイベント情報の RecordingPause と RecordingPause 間のタイムスタンプ値の差分を利用した。

視点移動距離は、0.02 秒毎に記録される視線データから固視停留点を抽出し、X 軸、Y 軸から固視停留点間のユークリッド距離を計算し、イベント間の平均値を用いた。これは、情報を探すにあたって被験者がどれだけ頻繁に目線を変化させたかを表している。

固視停留点分散は 1 実験中の固視停留点の X 軸、Y 軸の分散を求めた。これは、情報を探すにあたって、固視がどれだけ散らばっているか、すなわち Web ページの様々な箇所を見たかということを意味する。

以下、上記の方法でもとめた経過時間、移動距離、固視停留点分散を正規化した値を分析対象とする。

### Web ページ

Web ページ毎の差異に関する指標として、画像サイズ、メニュー、文字数、スクロール数を各 Web ページから抽出した。画像サイズは、各 Web ページの画面に占める画像の割合を主観的に判断している。メニューは、各ウェブページのグローバルナビが、クリックによって展開する形式を「折りたたみ」、当初から展開されている形式を「展開」としている。文字数は Web ページに含まれる文字数をブラウザ機能によりカウントした。スクロール数は、Windows 標準搭載のスクリーンキーボード機能を使い、HP 全体をスクロールするのに「↓」キーをクリックした回数を計測した。各大学の Web ページ情報をまとめたものが、Table 1 である。

Table 1 Web ページの要素

大学名	画像サイズ	メニュー	文字数	スクロール数
千葉商科	小	折りたたみ	644	31
東海学園	大	折りたたみ	1061	144
明海	大	展開	1359	118
桜美林	小	折りたたみ	3098	263
東海	大	展開	439	44

## 分析結果

### 指標選択

Figure 2 は実験で得られた経過時間、視点移動距離、固視停留点分散それぞれの分布及び、指標間の

散布図を表している。また、各指標間の積率相関係数を Figure 3 に示した。

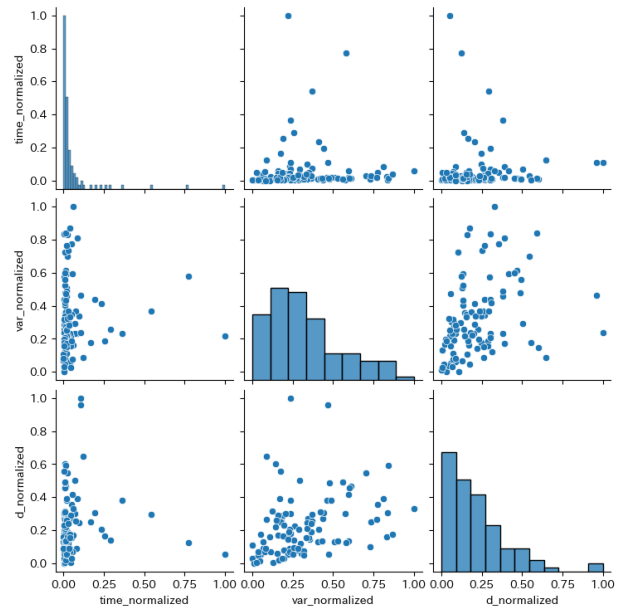


Figure 2 計測指標の分布及び指標間散布図  
 (time: 経過時間, var: 固視停留点分散, d: 視点移動距離)

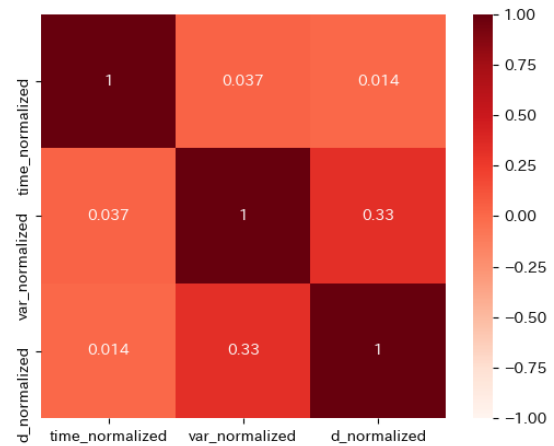


Figure 3 指標間の積率相関係数

Figure 2 より、いずれの指標もロングテールな右肩下がり分布をしており、特に経過時間における分散が大きいことが見てとれる。また、Figure 3 より、固視停留点分散と視点移動距離の間に相関係数 0.33 の弱い相関が見られる。これは固視停留点が散らばるほど、固視停留点の移動距離が長くなることを意味している。なお、Web ページの特定の箇所を細かく視点移動する場合には分散が低いが、移動距離が長

くなる。それぞれの分布が同一かを検定するために、各指標に Shapiro-Wilk 検定を実施した結果が Table 2 である。

Table 2 各指標の正規性の検定

指標	P 値
実験時間	1.06e-18
視線移動量	1.36e-05
固視停留点分散	1.19e-08

Table 2 よりいずれの指標も  $p < 0.05$  が成り立つためこれらの分布には正規性を仮定できない。また、各指標間の等分散性を Levene 検定した結果、 $p$  値が  $1.38e-08 < 0.05$  となり、各指標間の等分散性を仮定できない結果となった。等分散性、正規性を仮定できないため、Friedman 検定を実施した結果、 $p$  値は  $3.43e-24 < 0.05$  となり、実験時間、視線移動量、腰停留点分散はそれぞれ異なる分布に従っていることが明らかになった。

指標間の多重比較手法として Durbin-Conover 法を採用した。多重比較の検定量として Bonferroni 法により  $p$  値  $\times 3C2$  を採用し組み合わせ別の検定量を示したものが Figure 4 である。なお、有意水準 5% で差異が認められたセルを赤く表示している[6][7]。

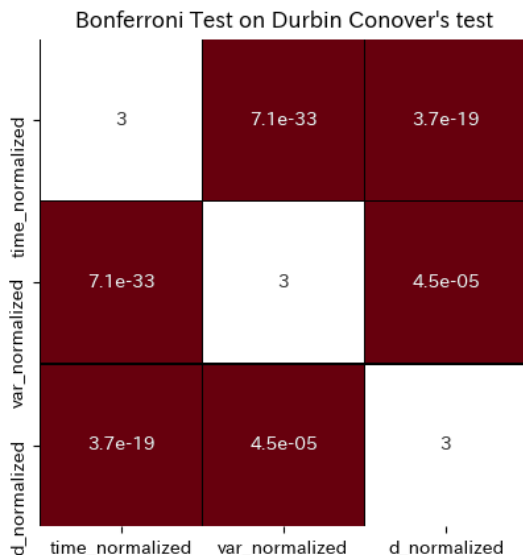


Figure 4 指標間の多重比較結果

Figure 4 の結果からも、各指標の分布がすべて異なっていることが分かる。

### HP 毎の差異に関する検定

指標として選択された、計測時間、視点移動量、固視停留点の分散のそれぞれに関して、HP 毎に差異が生じるかを多重比較により検定する。Figure 5 は指標別に HP 別の分布を示している。以下、指標別に HP 毎の分布が異なるかを検定する。HP 毎の分布の差異が認められた指標は、HP のデザインによって実験結果に影響が認められたと判断する。

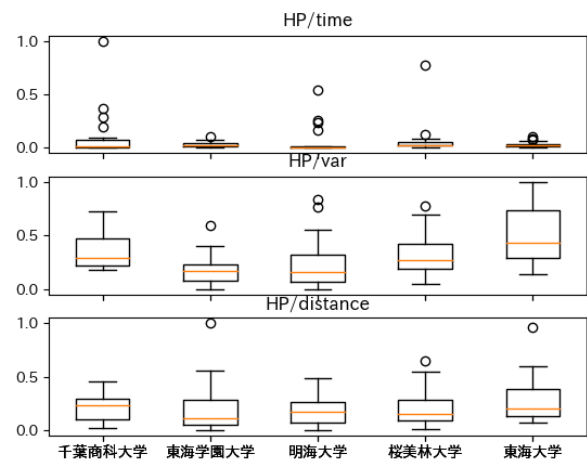


Figure 5 指標別 HP 別箱ひげ図

Table 2 より各指標は正規性を仮定できないため、各指標の Web ページ別の分布の、等分散性の検定として、Bartlett 検定を採用し、各指標において、5 つの HP に等分散性が仮定できるかを検定した結果が、Table 3 である。

Table 3 HP 別の等分散性の検定結果

指標	P 値
実験時間	6.39e-22
視線移動量	0.00359
固視停留点分散	1.06e-05

Table 3 より、固視停留点分散以外は、等分散性を仮定できない。結果に従い、ノンパラメトリック検定を選択する。今回は、被検者毎の対応が存在するため、それぞれの指標における HP 毎の差の検定として、Friedman 検定を選択しその結果を、Table 4 に示した。

**Table 4 Friedman 検定結果**

指標	P 値
実験時間	0.0727
視線移動量	0.0448
固視停留点分散	1.06e-05

Table 4 より、有意水準 5% で HP 間に有意差がある指標は固視停留点分散のみとなった。

固視停留点分散に関する多重比較として、Durbin-Conover 法を採用した。多重比較の検定量として Bonferroni 法により  $p \text{ 値} \times 5C2$  を採用した。組み合わせ別の検定量を示したものが Figure 6 である。なお、有意水準 5% で差異が認められたセルを赤く表示している。

	Bonferroni Test on Durbin Conover's test				
千葉商科大学	10	0.016	0.016	4.8	0.5
東海学園大学	0.016	10	10	0.12	1.2e-05
明海大学	0.016	10	10	0.12	1.2e-05
桜美林大学	4.8	0.12	0.12	10	0.087
東海大学	0.5	1.2e-05	1.2e-05	0.087	10
	千葉商科	東海学園	明海	桜美林	東海

**Figure 6 Web ページ間の多重比較検定結果**

Figure より、統計的に有意差が認められない大学の組み合わせは、千葉商科-東海-桜美林及び、桜美林-明海-東海学園となり、分散の中央値が中間に位置する桜美林大学をそれぞれ共有した 2 つのグループに分割された。Table 1 より、双方のグループに共通する桜美林大学を除いた千葉商科-東海は、スクロール数がそれぞれ 31, 44 であり、一方で東海学園-明海のグループは 114, 118 であり、スクロール数の多寡によって一定の傾向が見られる。Table は Table 1 の各要素に対して、固視停留点分散との相関を求めた結果を表している。量的変数である、文字数及びスクロール数に対しては、それぞれ正規化した上でピアソンの積率相関係数、質的変数である画像サイズ及びメニューに対しては相関比を求めている。

**Table 5 固視停留点分散に対する相関**

固視停留点分散に対する積率相関係数	
文字数	-0.135
スクロール数	-0.203
固視停留点分散に対する相関比	
画像サイズ	0.00352
メニュー	0.0329

Table から、本研究で対象としている要素では、スクロール数のみが弱い負の相関が認められる、スクロール数の少ない Web ページでは、固視停留点分散が増加する傾向があるといえる。

## アンケート結果

アンケートによる主観的な Web サイトの評価と、固視停留点分散、Web サイトの特徴要素の関係性を分析する。Table 6 は、実験後に実施したアンケートにおいて、各被験者に各サイトの見やすさを順位付けさせた結果である。大学別に各順位の回答数と、順位×回答数の平均値を示している。

**Table 6 Web サイトの見やすさに関するアンケート結果**

大学名	1	2	3	4	5	順位平均
千葉商科大学	1	5	7	3	5	13.8
明海大学	10	4	1	3	3	9.6
東海学園大学	5	8	1	5	2	10.8
東海大学	3	2	7	4	5	13.8
桜美林大学	2	2	5	6	6	15.0

Table 7 は、実験後各被験者に最も情報に辿り着きやすいと感じた Web ページを提供する大学を回答させたアンケートの結果である。

**Table 7 最も情報に辿り着きやすいサイトアンケート結果**

大学名	回答数
東海学園大学	6
千葉商科大学	2
東海大学	2
明海大学	6
桜美林大学	5

Table 及び, Table におけるアンケート結果と, 固視停留点分散, スクロール数, 文字数との関係进行分析するため, 各指標の積率相関係数を求めたのが Figure 7 である. なお図中の「みやすさ」は, Table における順位平均, 「到達容易度」は Table における回答数をそれぞれ表している.

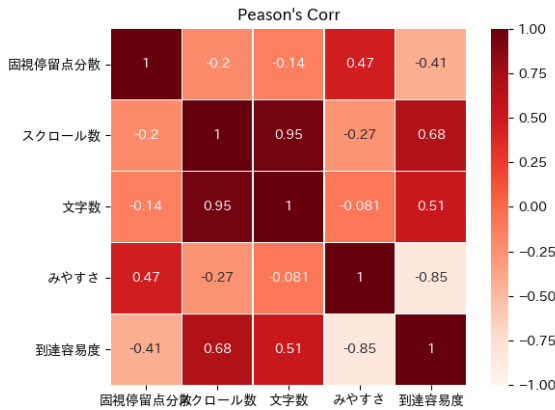


Figure 7 アンケート結果との相関分析

Figure 7 において, 高い相関関係がみられたのは, 「文字数-スクロール数」及び「みやすさ-到達容易度」であった. 固視停留点分散に注目すると固視停留点分散と, アンケートによる見やすさ, 到達容易度はそれぞれ 0.47, -0.41 程度の相関が見られ, 固視停留点分散が小さいほどに, Web ページのみやすさに関する順位平均が下がり, 到達容易度の回答数が増加する.

また, 到達容易度にしてスクロール数, 文字数がそれぞれ, 0.68, 0.51 となっており, スクロール数, 文字数が増えるほど情報到達が容易に感じられるという傾向が見られる.

## 考察

分析の結果から, 5つの受験生向け Web サイトのトップページについて桜美林大学を除くスクロール数 100 以下, 100 以上のグループで分割することができた. また, 固視停留点の分散とスクロール数には弱い負の相関がみられた. アンケートによる主観的な Web サイトの評価と, 固視停留点分散, Web サイトの特徴要素の関係性からは, 「文字数-スクロール数」及び「みやすさ-到達容易度」において高い相関関係がみられた. これらの結果は, スクロール数の大きなページほどサイトのサイズが増加するため文字数が増え, 見やすと感じるページほど, 情報の到達が容易であるという関係性として直感的に理解しやすい. また, 固視停留点分散に注目すると固視停留点分散と, アンケートによる見やすさ, 到達容易度に

弱い相関が見られ, 固視停留点分散が少ない Web ページは主観的に見やすく, 情報に辿り着きやすと感じる傾向があるといえる. すなわち, 受験生向け Web サイトのトップページにおけるユーザの情報到達において, Web ページに一定程度以上のスクロール数や文字数を設定することで, 固視停留点の分散及び情報到達に関する主観的な難易度が減少することが明らかになった.

これらのことから, 以下のことが推察される. 1つ目に, 受験生向け Web サイトのトップページ上からリンクを発見する過程において, Web ページをスクロールする行動が探索的な視線移動の代替として行われていることが推察される. スクロール行動が発生する時, ディスプレイ上ではコンテンツの表示位置あるいは表示/非表示が連続的に変化する. このとき, ユーザはディスプレイ上で特定のコンテンツを視線的に追跡したり, スクロール行動と同時に視線を彷徨わせたりするよりも, ディスプレイ上の一定の位置に視線を固定し, 表示の変化に注意を向けることで情報を取得していると考えられる. 2つ目に, 適当なスクロール行動が主観的な情報の探しやすさに影響することが推察される. これは, ユーザがディスプレイに固定表示されているコンテンツの中から視線を動かして標的となる情報を探す作業よりも, 視線をあまり動かさずに Web ページの表示領域自体を動かし情報を探す作業に好意的な感情を抱きやすい可能性を示唆している. しかしながら, 桜美林大学の Web サイトに見られたように, 到達容易度を良好に保つためには, Web ページの縦サイズについてある程度の上限もあることがわかる.

今後の課題として, 以下の2つが挙げられる. 1つ目に, Web サイトのユーザビリティ評価に関する選考研究と本研究の成果を照らしながら, 大学の受験生向け Web サイトのためのデザイン指針について検討を行うことである. 2つ目に, 良好な到達容易度を保つ Web ページの縦のサイズについて上限あるいは下限を明らかにすることが必要である.

## 謝辞

本研究は, 千葉商科大学基盤教育機構 特別講義「データサイエンス」の一環であり, 学会参加に伴って千葉商科大学 学長プロジェクトより助成を受けている. 実験環境の構築にあたっては神戸大学大学院人間発達環境学研究科の稲垣成哲教授より多大なご協力を受けた. ここに深くお礼申し上げる.

## 参考文献

- [1] 田中吉史, 吉田豊志朗: Web サイトのグラフィック要素がユーザーの情動的反応と再訪意向に与える影

- 響, 日本官能評価学会誌, Vol.13, No.1-2, pp. 31-36, (2009)
- [2] 酒巻隆治, 染矢聡: 多次元尺度構成法による Web デザイン印象評価の可視化, デザイン学研究, Vol.56, No.6, pp. 87-92, (2009)
- [3] 中道上, 山田俊哉, 松井知子, 阪井誠, 島和之: ユーザの振る舞いの判別分析による主観的満足度の低い Web ページの検出, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.3, pp. 249-258, (2012)
- [4] 松延拓生: ウェブサイトのユーザビリティ評価のための視線分析方法, ヒューマンインタフェース学会

- 論文誌, Vol.16, No.4, pp. 293-302, (2014)
- [5] Kara P.: F-Shaped Pattern of Reading on the Web: Misunderstood, But Still Relevant (Even on Mobile), Nielsen Norman Group, (Nov 12, 2017) Retrieved Mar 7, 2022, from <https://www.nngroup.com/articles/f-shaped-pattern-reading-web-content/>
- [6] W. J. Conover., and R. L. Iman.: On multiple-comparisons procedures, Tech. Rep. LA-7677-MS, Los Alamos Scientific Laboratory, (1979)
- [7] W. J. Conover.: Practical nonparametric Statistics, 3rd edition, Wiley, (1999)

Appendix 1 千葉商科大学 CUC-NAVI トップページ  
 (Retrieved Feb 1, 2022, <https://www.cuc.ac.jp/prospective/>)



Appendix 2 東海学園大学 とうがく NAVI  
 (Retrieved Feb 1, 2022, <http://www.navi.tokaigakuen-u.ac.jp/>)



Appendix 3 明海大学 明海大学受験生サイト  
 (Retrieved Feb 1, 2022, <https://www.meikai.ac.jp/03applicant/>)



Appendix 4 東海大学 東海大学受験生情報サイト 千葉商科大学 CUC-NAVI トップページ  
 (Retrieved Feb 1, 2022, <https://www.tokai-adm.jp/>)



Appendix 5 桜美林大学 桜美大学受験生サイト  
 (Retrieved Feb 1, 2022, <https://admissions.obirin.ac.jp/>)

