

ユーザの視線情報分析に基づく 現実空間の BADUI 検出に関する検討

松山直人^{†1} 田島一樹^{†1} 中村聡史^{†1}

概要: 現実世界にはユーザの誤操作や混乱を招くような、使いづらい UI (ユーザインタフェース) が多数存在している。また、このような UI は BADUI (Bad User Interface) と呼ばれている。このような BADUI を改善するためには、まず現実空間の UI が BADUI であるかどうかを判定し、また、どの部分が使いづらいかを特定する必要があると考えられる。そこで本研究では、現実空間の BADUI を操作する際のユーザの視線の動きを取得し、その情報を用いて BADUI を検出することが可能であるかどうかについて検証を行う。

キーワード: ユーザビリティ, BADUI, 視線分析

1. はじめに

我々は日々の生活の中で、照明の ON/OFF を切り替えるためのスイッチや、ドアをロックする鍵、食券を購入するための自動券売機のボタンといった、目的に応じた様々な UI (ユーザインタフェース) を利用している。

こうした UI は、わかりやすく使いやすいものが望ましいが、中にはユーザを戸惑わせ、トラブルを引き起すものも存在している。例えば、照明の位置とスイッチの位置の対応づけがうまくできていないために、ユーザが自分の消したい照明と異なる照明を消してしまい、他人に迷惑をかけてしまう問題をもつ照明のスイッチ (図 1) や、ドアのロック方法がわかりにくいために用を足している途中にドアを開けられてしまうトイレ、操作順の制約に気づくことができず、ユーザが食券を購入するのに手間取ってしまい、後ろに並んでいる他の客に迷惑をかけてしまう食券機など様々なものが存在している。こうした身の回りの使いづらい UI は BADUI (Bad User Interface) と呼ばれており、ユーザのミスやストレスを引き起こしたり、目的を遂行するための障害となったりするため問題となっている。実際に、



図 1 目的と異なる照明を ON/OFF してしまうスイッチ

多くの BADUI が SNS 等で共有されており、話題を呼んでいる。

ここで BADUI はどういった点に注目するか、またその分類を何に利用するのかによって大きく異なるが、我々は BADUI を以下のように分類している[1].

- **手がかりの問題:** 何をどうやって操作したらいいか手がかりが存在していない UI
- **フィードバックの問題:** 操作に対するフィードバックが不十分であったり、反応が遅かったりする UI
- **対応付けの問題:** 操作対象とその操作 UI がどう対応しているかがわかりづらいもの
- **グループ化の問題:** どこからどこまでが同じグループかわかりにくいために、ユーザに誤った解釈を与えてしまう UI
- **慣習の問題:** 色やアイコン等の形から連想するものが慣習と異なるため誤解を招く UI
- **一貫性の問題:** 同じ意味なのに違う色が使われている、順序がおかしいなどの理由により、ユーザを困惑させてしまう UI
- **制約の問題:** 操作における制限が提示されていないか、間違っているために誤解を招く UI
- **メンテナンスの問題:** 情報が古いまま残されていたり、経年劣化で情報が消えたりしている UI
- **人に厳しい BADUI:** ユーザの記憶力や忍耐力の限界を超えたようなものや、サービス提供者が意図的に操作ミスを誘うように設計された詐欺的な UI

こうした BADUI の問題を解決するには、その BADUI を何らかの形で改善するか、そもそも BADUI が生まれにくいような仕組みづくりをしていく必要がある。ここで、BADUI を改善する方法としては、ソフトウェアやハードウェア的な改修を行うような根本的な解決から、テプラや張

^{†1} 明治大学
Meiji University

り紙などを貼ることによる現場での一時的な解決までさまざまである。また、今後 AR 技術が進歩していくと、AR により現実世界の BADUI をわかりやすく説明するなどの方法が考えられるであろう。一方、BADUI がうまれないような仕組みづくりをするという点については、啓蒙活動を実施していくという点も重要であるが、今現在作られようとしているユーザインタフェースが BADUI なのか BADUI でないのか、また BADUI だとしたらどのような問題を抱えているのかを手軽に判定可能とする仕組みも必要となる。

ここで Web サイトなど、コンピュータのディスプレイ上で完結するシステムにおいては、現実空間よりも比較的定量データが取得しやすいため、ユーザビリティの問題点をユーザの操作情報から判定する研究が行われている。その中でも、中道ら[2]はユーザの視線の移動速度や移動距離から UI におけるユーザビリティの問題点を検出可能としている。我々は、こうしたコンピュータディスプレイの中だけでなく、日常生活の空間などにおいても視線情報を用いて、対象とする UI が BADUI であるかどうかを検証することを目的とするものである。具体的には、眼鏡型のアイトラッカを用いてユーザが現実空間の BADUI を操作する際の視線情報を取得し、その視線速度や動きを分析することによって、対象とする UI が BADUI であるかどうかの判定やそのタイプの分類が可能であるかどうかを検証することを目指す。

そこで本研究では、BADUI を複数選定し、その BADUI をユーザが操作する際にどういった視線的な特徴があらわれるのかを、眼鏡型のアイトラッカを装着した実験により検証する。一般的に BADUI はわかりにくいいため、その UI の前で悩みつつ長い時間をかけると予想されるが、商品をどれにするかで迷っている場合も、同じように UI の前で長い時間をかける可能性がある。そこで、こうした悩んでいるのか、迷っているのかを視線により分離可能なのかについても、選択の状況を選定することによって検証する。

2. 関連研究

2.1 ユーザビリティ評価に関する研究

対象の機器やシステムの UI がどの程度使いやすいかを計測することや、また、どこに問題が存在するかを発見するためのユーザビリティ評価研究はこれまでに多く行われている。Nielsen ら[3]はユーザビリティの専門家 3~5 人に機器やシステムの UI を評価と改善を繰り返し行うヒューリスティクス評価を提案した。しかし、ユーザビリティを軽視する運営者がこうした手法を行わないことやチェック漏れによって BADUI が放置されてしまう問題がある。また、ユーザにシステムを使用してもらい、操作中の定量データを用いてユーザビリティ上の問題を明らかにする手法も提案されている。中道ら[2]は、Web 上において視線の移

動速度や移動距離から Web ページにおけるユーザビリティの問題点を検出可能であることを明らかにしている。また、阪井ら[4]は、視線と操作情報を記録、再生することによって、従来の評価手法の問題点を解決するシステムを開発している。また中村ら[5]は、視線の軌跡上にあるオブジェクトを自動的に取得し、強調表示可能なシステムを開発し、効率的に視線分析を行うことを可能にした研究を行っている。これらの研究はユーザビリティの問題点を視線から検知するという点において我々の研究と類似するものである。しかし、これまでに現実空間の UI に着目し、それが使いづらいものであるかどうか、また、どのように使いづらいものであるかを視線情報から検知する研究は行われていない。

2.2 操作支援に関する研究

ユーザの視界に情報提示を可能とする拡張現実 (AR) 技術が注目されており、これまでにいくつかユーザの行動支援研究やシステム開発が行われている。システム操作の支援を可能とするシステムはこれまでにいくつか提案されている。天目ら[7]は、ウェアラブル端末を用いて屋内・屋外の指定された地点に注釈情報を付与可能なシステムを開発した。また、瀧塚ら[6]は、AR を利用した操作支援装置と従来の紙や電子媒体を利用したマニュアルを比較し、AR 技術を利用したシステムの有用性を明らかにしている。また、石黒ら[8]は、周辺視野を利用した AR 上での注釈情報の提示手法を提案している。さらに、Insider Navigation[9]はユーザへの適切な移動方向と空間内の情報提示を可能としており、これから AR は普及していくものと考えられる。

Web 上におけるユーザの操作支援研究もいくつか行われている。田島ら[10]は、Web 上の BADUI においてユーザがアノテーションや変換フィルタ等を付与し共有することによって、Web 上の BADUI を改善するシステムを提案した。また、Dong[11]らは伝わりづらいテキストや誤字脱字の修正、ツールチップの付与をユーザが小規模のコミュニティ内で行い、ユーザビリティの問題を改善可能とするシステムを実現している。これらは過去に制作されたシステムや一定の状況、空間におけるユーザの行動や操作を支援するものであり、現在作られている UI が使いづらいかどうかを判定することが目的ではない。また、そもそも対象とするオブジェクトの BADUI の原因に着目し、使いづらさを解消することが目的である我々の研究と異なる。

3. 視線分析実験

本研究では、視線の動きから現実空間の BADUI を判定することが可能かどうか、またその BADUI のタイプを分類することが可能かどうかを、BADUI 利用中の視線を計測する実験を実施し、その視線を分析することで検証する。

3.1 実験に使用する BADUI の収集

まず、ユーザが UI の前でしばらく時間を使っている場合、どうやって操作したらよいかで悩んでいるのか、どれを選択しようかで迷っているのかの両方が考えられる。例

表 1 実験に使用した BADUI

	BADUI	問題点
(a)	研究室のドア	押す側と引く側のドアの見た目が全く同じであるため、ドアの開閉を誤ってしまう (図2)
(b)	水飲み場	水を出すスイッチが、水飲み場の下部の見えづらい位置にあるため、水を飲めずに困ってしまう (図3)
(c)	卓上ライト	電気を点けるスイッチがライトの上部にあり気づきにくいいため、電気を点けられずに困ってしまう (図4)
(d)	教室のドア	押す側と引く側のドアの見た目が似ているため、ドアの開閉を誤ってしまう (図5)
(e)	ラウンジのドア	ドアを開けるカードリーダーの位置に問題があり悩んでしまう (図6)
(f)	セルフレジ	交通系 IC カードをタッチするカードリーダーが見えづらい位置にあるばかりか、リーダーであることがわかりにくい (図7)
(g)	電子レンジ	秒数が書いてあるシールがボタンのような形状をしており、ユーザはシールの部分を押してしまう。また、スタートボタンを押さなくても温めがスタートするため、余計にボタンを押させてしまう (図8)
(h)	交通系 IC 用自動販売機	現金が入れられるような形状のものが存在しているために、現金が使えないのに利用できると勘違いしてしまう (図9)

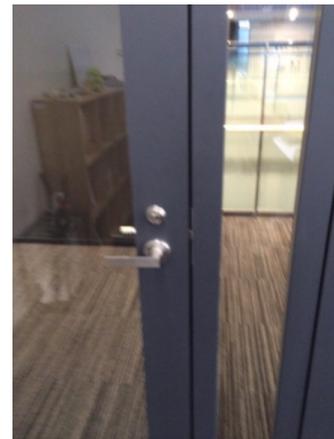


図 2 研究室のドア (a)



図 3 水飲み場 (b)



図 4 卓上ライト (c)

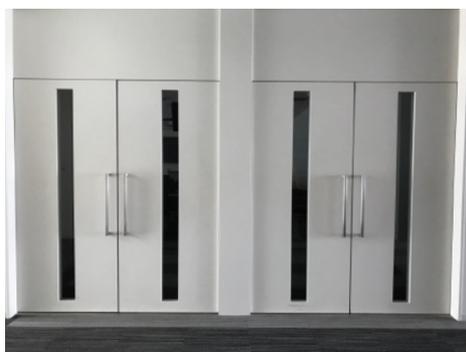


図 5 教室のドア (d)

表 2 BADUI とダミーの順番

順番	オブジェクト	分類
1	研究室のドア	制約
2	水飲み場	手がかり
3	卓上ライト	慣習
4	自動販売機	(ダミー)
5	教室のドア	制約
6	ラウンジのドア	手がかり
7	コンビニでの商品選択	(ダミー)
8	セルフレジ	制約
9	電子レンジ	制約
10	交通系 IC 用自動販売機	慣習



図 6 ラウンジのドア (e)



図 10 Tobii Pro Glasses 2 装着時の様子



図 7 セルフレジ (f)



図 8 電子レンジ (g)



図 9 交通系 IC 用自動販売機 (h)

えば、食券機で支払いの仕方がわからなくて悩んでいるときや購入したいと思っているボタンが見つからず悩んでいるとき、どの料理を食べるかで迷っているときなどは、その食券機の前に滞在..摺る...可能性が高い。また、どちらの状況にせよ、その際に視線が動き回ると考えられる。しかし、悩んでいる場合と、迷っている場合とでは、その視線の振る舞いに差があると考えられる。そのため、BADUI と特に問題なく利用可能な UI を選定し、利用実験を実施する。

BADUI の選定には BADUI タレコミサイト (<http://up.badui.org/>) を利用した。本実験で使用した BADUI は、看板等の表示のみの UI ではなく、スイッチのような手動での操作を必要とするものに限定し、その中から中野周辺に存在する BADUI を 8 件選定した (表 1 および図 2~図 9)。選定した BADUI は 1 章に記述した「手がかり」「慣習」「制約」に関する問題を含んでいる。なお、ダミーのオブジェクトには、自動販売機でのジュースの選択と、コンビニでの商品選択を選定した。その理由としては、これらは商品選択において時間がかかるものの、それはどれにしようかと迷っているものであり、BADUI を前にして悩んでいるものとは異なる性質を持ったものであると考えたためである。

3.2 BADUI 使用タスク

BADUI における視線情報を取得するため、19~21 歳の大学生 12 名 (男性 8 名、女性 4 名) を募集した。実験手順としては、まず、実験協力者には実験中にオブジェクトにおけるスイッチの切り替えやお金の投入といった操作が生じることや実験時間等の諸注意を聞いてもらった。次に、実験協力者に Tobii Pro Glasses 2 (図 10) を装着してもらい、筆者が実験協力者の背後から指示を出しながら、表 1 の BADUI とダミーを、表 2 に示すような経路に沿って歩いてもらうよう依頼した。経路中には BADUI を 8 件と、ダミー UI を 2 件、通るようにしている。

実験中に取得するデータとしては、Tobii Pro Glasses 2 から得られる視線の位置情報とタイムスタンプ、また各オブジェクトにおける操作時間を手動で計測した。計測開始基準は手を伸ばすまたは視界が動いた時、終了基準は対象のオブジェクトへの操作が完了した時である。それらから移

表 3 BADUI 操作時の操作時間 (単位: 秒)

	(a)		(b)		(c)		(d)		(e)		(f)		(g)		(h)	
協力者1	-	-	○	2.70	-	-	○	1.60	△	5.88	○	20.96	○	1.12	○	3.28
協力者2	○	1.92	×	8.40	△	3.96	○	1.28	○	3.64	○	14.88	○	2.04	-	-
協力者3	○	1.12	○	3.16	○	3.84	○	1.60	○	4.04	○	19.50	△	3.00	△	3.52
協力者4	○	-	○	1.57	○	1.88	△	2.24	-	-	○	24.20	○	1.88	○	3.40
協力者5	○	1.24	×	4.08	○	2.36	○	1.16	△	2.32	○	17.08	△	4.68	○	5.28
協力者6	○	0.96	○	0.80	×	15.72	△	1.00	-	-	△	17.64	○	1.08	○	-
協力者7	○	1.60	○	1.76	○	5.20	△	2.16	△	1.24	×	60.12	○	2.12	○	2.76
協力者8	○	1.16	×	9.96	△	6.20	△	1.80	○	1.20	×	33.84	△	3.84	×	14.00
協力者9	○	1.48	○	0.92	×	24.68	○	1.23	○	1.16	○	20.20	×	62.96	○	3.76
協力者10	-	-	○	1.60	○	2.24	○	1.32	○	1.60	△	25.16	△	3.64	○	2.80
協力者11	○	1.64	×	38.88	△	4.96	-	-	○	1.36	○	9.96	△	2.88	○	6.32
協力者12	○	2.80	○	1.84	○	2.96	-	-	×	16.88	○	21.64	△	4.28	○	2.68
平均	1.55		6.31		6.73		1.54		3.93		23.77		7.79		4.78	
分散	0.28		104.26		45.62		0.16		20.86		151.69		277.94		10.68	

動距離を分析に用いる。

4. 実験結果

ここでは、実験で取得したデータから BADUI を操作する際の視線の動きや操作時間について結果を述べる。

4.1 BADUI の操作時間

BADUI を操作する際にかかった時間を表 3 に示す。「○」は問題なく操作できたもの、「△」は操作に少し戸惑ったもの、「×」は操作に手間取ったもの、「-」は視線データに何らかの問題があったものを表している。

また、各オブジェクトに対する BADUI の操作時間を計測開始のタイミングは以下の通りであった。

- (a) ドアノブに手を伸ばしてからドアを開けるまで
- (b) 手を伸ばすまたは視界を動かしてから水を出すまで
- (c) 手を伸ばすまたは視界を動かしてから照明をつけるまで
- (d) 手を伸ばしてからドアを開けるまで
- (e) ドアの前に立ち止まってからカードリーダーを読み取り、ドアを開けるまで
- (f) セルフレジの前に立ってから会計を終えるまで
- (g) 電子レンジのドアを開けてから時間選択のボタンを押すまで
- (h) 自動販売機の前に立ってから商品を選択し、交通系 IC カードをかざすまで

表からも明らかなように、(a)の操作に迷った人は 0 人、(b)は 4 人、(c)は 5 人、(d)は 4 人、(e)は 4 人、(f)は 4 人、(g)は 7 人、(h)は 2 人であった。このことより、(a)以外の操作において迷った人が一定数以上いることがわかる。

また、×が付与されている操作については、平均以上の操作時間がかかっており、一般的に BADUI で悩まされると操作にも時間がかかることがわかる。

4.2 視線分析

操作に悩まされた実験協力者が多い水飲み場、卓上ライト、セルフレジについて BADUI 操作時の視線の軌跡をまとめたものが図 11、図 12、図 13 である。この図では、問題なく操作できたユーザ、BADUI にやや悩まされたユーザ、BADUI になやまされたユーザに分類している。

この図より明らかなように、BADUI を操作する際に迷わなかった人の傾向として、視線や視界の動きにブレがほぼ見られないことがわかった。この傾向が見られた理由として、そのオブジェクトへの操作がわかっており、そのオブジェクトへの操作の手がかり等を探さずに操作ができるためであると考えられる。

BADUI 操作時の視線の動きに見られた傾向として、視線が行ったり来たりを繰り返す動きや、ランダムに動いている様子が見られた。これは、操作の手がかりを探そうとして様々なところに視線を移動していることが原因として考えられる。特に、BADUI 操作時の視線の動きにおいては、過去の視線の軌跡を横切るような視線の移動（視線の軌跡の交差）が多くなっていた。こうした点については、今後視線ベースで BADUI を分析するうえで手がかりとなると考えられる。

図 14 は商品選択時の視線の動きにおいて、特徴的なものをそれぞれの状況で選定したものである。なお、交通系 IC カード用の自動販売機における、商品選択過程も分析対象とした。図 11~13 の BADUI で迷う場合に比べ、図 14 の商品選択では、垂直および水平方向の動きが多いことが分かる。また、コンビニでの商品選択においては、商品棚に

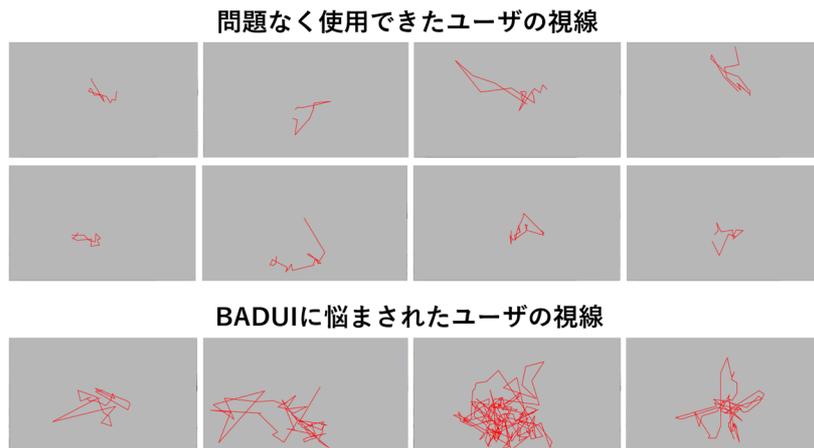


図 11 水飲み場(b)で水を飲む際の視線ログ

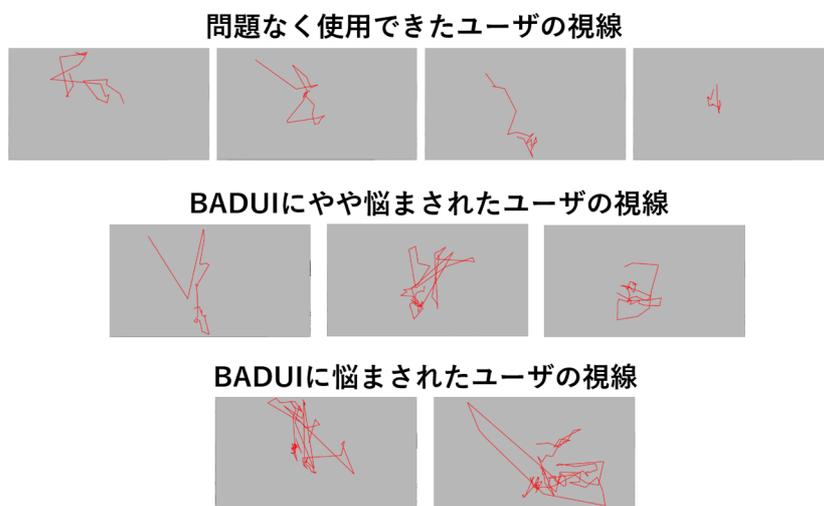


図 12 卓上ライト(c)操作時の視線

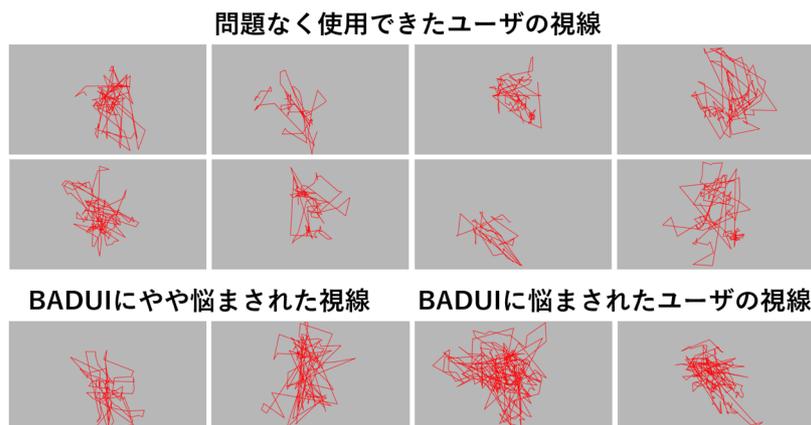


図 13 セルフレジ(f)操作時の視線ログ

対して垂直・水平の動きが多く見られた。

5. 考察

実験の結果より、BADUIで迷ってしまう人はその操作時

間が長くなることが分かる。また、その操作時間の分散が大きいとき、そのUIはBADUIである可能性が高くなるといえる。

実験のため選定したBADUIは、著者らの大学のキャンパスおよび、その周辺の店舗に存在するものであった。ま

自動販売機での商品選択時のユーザの視線



コンビニでの商品選択時のユーザの視線



交通系IC用自動販売機(h)の商品選択時のユーザの視線



図 14 自動販売機・コンビニでの商品選択時の視線の動き

た、実験に協力してくれた学生は著者らと同じキャンパスに通う学生であったため、多少その BADUI に慣れているという問題もあった。そのため、想定したほど BADUI に悩まされる実験協力者がいなかった。今後は、実験協力者にとってなじみのない場所となるような実験を設計していく予定である。また、本実験では BADUI のみを選定してしまったため、BADUI において悩まず操作できるユーザと、悩んでしまうユーザとの比較は行えたが、BADUI と通常の UI との比較を行うことができなかった。この点については、今後の研究において特に問題なく利用できる UI を選定し、その比較実験を行う予定である。

視線の軌跡については、BADUI で迷った時と迷わなかった時、また商品選択時において、それぞれに特徴的な動きが見られた。一方で、ここでは記載していないが、単位時間当たりの視線移動量には差がなかった。この単位時間あたりの視線移動量に差がなかったのは、そもそも顔の向きが変わることによって大きく視界が移動しているものの、視線自体が変化していないということが原因として考えられる。そこで今後は、視界に存在するオブジェクトや、視界の移動量、注目しているオブジェクトなどを考慮して視線分析を行う必要があると考えられる。また、単位時間あたりの視線移動量だけでは、視線の移動速度や視線の滞留時間等を計測することが困難であった。そのため、今後は視線移動量以外の分析手法も用いて実験を行う必要があると考えられる。

視線から BADUI のタイプ分類を行うことが可能かについては、図 11 は手がかり、図 12 は慣習、図制約の問題として選定したが、分類の観点では今回の結果からは判断することが困難であった。また、今回の BADUI については原因が複合的であったため、その分類には適していなかつ

たといえる。そこで今後の研究では、明確に分類可能な BADUI を実験用に選定し、その分類可能性について検証を行っていく予定である。

6. まとめと今後の展望

本研究では、対象の UI が BADUI かどうかを検出することを目指し、現実空間における BADUI と商品選択の状況を選定し、実際の利用実験を通して BADUI 操作と商品選択における視線情報を眼鏡型アイトラッカによって取得、分析を行った。その結果、BADUI で迷ってしまうユーザは、迷わなかったユーザと比べて操作に時間がかかることが明らかになった。また、BADUI 操作時と商品選択時にはともに時間がかかるが、BADUI に悩まされたときと、商品選択で迷っているときとでは、視線の動きにそれぞれ特徴的な傾向が見られることが示唆された。一方で、単位時間あたりの視線移動量には差が見られなかった。

今後は、実験協力者が本実験に用いた UI に対して慣れていたり、本実験で用いた分析手法では差が大きく出ないという問題があったため、実験設計を見直すとともに、BADUI の選定や分析手法を変更した実験を行っていく予定である。また、BADUI の自動判定の可能性を検証するため、様々な BADUI を選定し、実験により検証を行っていく予定である。さらに、この BADUI 自動判定が可能になれば、拡張現実 (AR) 技術を用いた BADUI 改善手法を検討するとともに、プロトタイプシステムを実装し、その有用性を検証する予定である。

謝辞 本稿の一部は JST ACCEL (グラント番号 JPMJAC11602) の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 中村聡史. 失敗から学ぶユーザインタフェース. 技術評論社, 2015, 256 pages.
- [2] 中道上, 阪井誠, 島和之, 松本健一. 視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価の実験的検討. 情報処理学会研究報告ソフトウェア工学. 2003, vol. 2003, no. 73(2003-SE-143), p. 1-8.
- [3] Nielsen, J and Molich, R. Heuristic evaluation of user interfaces. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1990, p. 249-256.
- [4] 阪井誠, 中道上, 島和之, 中村匡秀, 松本健一. WebTracer: 視線を利用した Web ユーザビリティ評価環境. 情報処理学会論文誌. 2003, vol. 44, no. 11, p. 2575-2586.
- [5] 中村亮太, 赤坂将, 柳沢達也, 市村哲. Web ページ評価のための視線測定と文書構造解析を組み合わせた注視情報視覚化. 情報処理学会論文誌. 2011, vol. 52, no. 12, p. 3868-3875.
- [6] 瀧塚令子, 加藤晴久, 柳原広昌, 菅野勝. AR 技術を利用した操作支援装置の有用性についての検証-実用に即したユースケースを使った実験結果の報告-. 電子情報通信学会技術研究報告. 2016, vol. 116, no. 176, p. 41-46.
- [7] 天目隆平, 神原誠之, 横矢直和. 拡張現実感技術を用いたウェアラブル型注釈提示システム. 画像電子学会誌. 2003, vol. 32, no. 6, p. 832-840.
- [8] 石黒祥生, 暦本純一. Peripheral Vision Annotation: 拡張現実感環境のための視線計測による周辺視野領域情報提示手法. 情報処理学会論文誌. 2012, vol. 53, no. 4, p. 1328-1337.
- [9] “InsiderNavigation”. <https://www.insidernavigation.com/> (参照 2018-11-08).
- [10] Tajima, K. and Nakamura, S. WePatch: A System Enabling Users to Improve Bad User Interfaces on the Web. the 29th Australian Conference. 2017, p. 448-451.
- [11] Dong, T., Ackerman, M. S., Newman, M.W. and Paruthi, G. Socialoverlays: Collectively making websites more usable. INTERACT 2013. 2013, vol. 8120, p. 280-297.