

令和 6 年 6 月 28 日現在

機関番号：14101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K20615

研究課題名（和文）デザイン支援のための能動的な視線誘導の応用可能性に関する研究

研究課題名（英文）Application possibility of active visual leading for design support.

研究代表者

小川 将樹（MASAKI, OGAWA）

三重大学・工学研究科・准教授

研究者番号：30772644

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は視覚的な刺激によって無意識的に生じる視線の移動に注目し、その応用可能性を確かめるものであった。そのために、視覚的な刺激に応じた視線の移動について、その基本的な特徴を確かめる実験と、応用可能性を検証する実験との、二種類の方針で実験を行った。その結果、周辺視野への刺激によって視線の移動が生じやすいことなどが確かめられた。また、記憶課題の成績を通して、応用可能性についても、限定的ながらその有効性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって得られた成果は、学術的には、無意識的に生じる視線の移動について、その基本的な特性に関する知見を提供した点で意義があると言えよう。社会的には、短期的な学習効果への検討のみであるが、コンテンツ内における効果的な情報提示手法として、有効で有る可能性を提示できたという点で意義があると考えられる。今後、視線の移動と視覚的な注意の性質との関係性の解明や、応用可能性に関する検討の種類の拡充などにより、更なる発展があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study focused on unconscious eye movements that occur in response to visual stimuli, and explored their potential application in content design. There were two types of experiments were conducted: examine the basic characteristics of eye movements in response to visual stimuli, and to verify the possibility of application.

As a result, it was confirmed that eye movements are likely to occur in response to stimuli in the peripheral visual field. On the other hand, regarding stimuli presented in the central visual field condition, various types of stimuli were tested, but it demonstrated only that there were multiple pathways for participants' gazes to reach the target stimulus. Furthermore, it was limited but the results of the memory task suggest the potential applicability of unconscious eye movements in content design.

研究分野：人間情報学

キーワード：デザイン支援 視線誘導 視覚的注意 反射的眼球運動

## 1. 研究開始当初の背景

我々が視覚的なインターフェースを利用している限り、ユーザである人間の視覚的な特性を知ることは重要である。視覚的な特性と一纏めにすれば単純に感じるが、実際には、まとまりの知覚や色の配置など、コンテンツのデザインにおいて考慮すべき要素は非常に多い。それらの要素はコンテンツの印象のみならず、見やすさや使いやすさといった機能的な側面まで大きく変えてしまうものであるが、各要素の組み合わせまで考えると、非常に複雑である。

インターフェースデザインにおいては、目的に沿って次々と情報の提示が行われることも多く、次に必要な情報が提示される箇所へ、ユーザが自然に視線を向けられるように配慮することが望ましい。そのため、基礎研究によって調査された様々な人間の視覚特性から、最適な配置を考える手法が研究されてきた。ユーザビリティの高いコンテンツレイアウト作成に関して、Z型やN形、F型と呼ばれる配置法則は一般にもよく知られているが、それらも自然な視線の動きを考慮した配置の例である。このような視覚特性を考慮した配置をさらに工夫すると、ユーザがコンテンツを見る順序をある程度操作する、いわゆる視線の誘導が可能とされている。しかし、配置の工夫を行う手法では、基本的にコンテンツを見ている間は一方向への視線の動きが規定され、見る場所をリセットする際には、ページなどの切り替えやスクロールといった変化を挟む必要がある。また、基本的に研究開始当初までは一般的なホームページなどの静止したコンテンツにおける視線の誘導であり、人間の視覚的な特性に厳密に従う程にコンテンツを構成する要素の配置等は画一的にならざるを得ない点は、ユーザの視線の動きを考慮したデザインにおける制限となっていた。加えて、動画や動的なエフェクトといった動きを含むコンテンツを考える場合には、配置の調整だけでは難しい部分もあった。これは、特に Web コンテンツなどで動きを含む構成要素を活用可能になった当時の知見では対応が難しく、動きを含む構成要素を活用したデザイン手法に関する知見があれば、今後のデザイン作成時等に役立つものと考えられた。

## 2. 研究の目的

本研究では、当初、実際のインターフェースデザインに活用できるような、応用的な研究成果を得ることを最終目標として、視覚的な刺激に応じて生じる無意識的・反射的な眼球運動の応用可能性を確かめることを目的に、基礎研究的な実験から応用的な実証までの実験を計画していた。具体的には、まずは基礎的な研究として、動画像によって能動的に観察者の視線を誘導できる確率や、その際に処理が促進される対象が視覚的な注意の特性に従う、つまり、視覚的な注意に関する基礎研究の結果がそのまま活用できる可能性などを確認する。その後、その結果を応用したインターフェースデザイン案を作成し、実際に活用可能であるか否かを実験的に明らかにする予定であった。

しかし、後に研究の方法及び成果においても述べるが、実際の実験の結果と進捗を得て、応用可能性に関する実証的な知見を獲得するところまでを目的として再設定することとなった。この変更には、新型コロナウイルスによる実験研究への影響も有ったが、予備観察で得ていた結果と本実験の結果とが一致しなかったことが大きく関わっている。ただし、この変更でも、当初から考えていた”動きを含む構成要素を活用したデザイン手法に関する知見”としては、最低限ながら、提供できる結果が得られることが期待された。

## 3. 研究の方法

本研究の方法は、これまでも述べた通り、基礎的な研究と応用的な研究とに大きく分けられる。また、基礎的な研究は、能動的に視線の移動を誘起するために用いる刺激に応じて、観察者の視線移動が誘起される確率の確認や、誘起される眼球運動の特性(移動距離・対象位置への到達能力)の違いなどの基礎的な情報の確認と、視覚的な注意に関する基礎研究の結果をインターフェースデザインに活用できる可能性の確認とを行った。当初の予定では、基礎的な研究においては、より多くの実験を広く浅く行うことを想定していたが、前節でも簡単に触れた通り、新型コロナの影響により実験参加者を募っての実験に困難があり、実験内容を絞る必要が生じた。また、実際に実験を行った結果、既知の視覚的な注意に関する特性が全く再現できていなかったことが分かり、再認実験に時間を割いたことも、基礎研究及びその結果を受けて実施予定であった応用的な研究の幅が狭まってしまった原因の一つとなった。

刺激毎に誘起される視線移動の基本的な特性に関する調査は、基本的には図 3.1 に示す 6 種類の刺激を用いて行った。この時、輝度変化のみが視野の周辺への刺激提示であり、これが最も直接的に視線の誘導位置を示す刺激であった。他の刺激は全て視野の中心に提示されたが、

それらは視覚的な注意に関する先行研究において、特性が異なる可能性が示唆されたものであった。

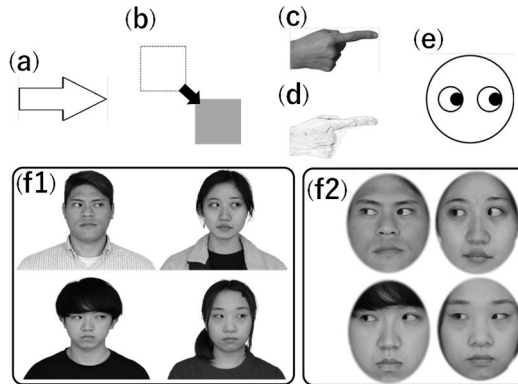


図 3.1 基礎的な研究で用いられた異なる方向を示す手がかりの例。(a)は矢印、(b)は輝度変化のイメージ、(c)は指差しの写真、(d)は指差しの線画、(e)は最も単純な顔の線画、(f1)は顔写真を示している。視線の移動経路を観察した実験においては、頭髪などによる影響を除く目的で(f2)のような切り抜きの顔写真が用いられた。

基礎的な研究における実験手順は、凝視点、視線を誘導するための刺激、実験参加者が反応すべきターゲットのそれぞれを経過時間に合わせて順に提示していく、いわゆるキューイングパラダイムと呼ばれるものであった。ただし、反射的な眼球運動の生起を観察できるように、視線を固定するための凝視点は、視線を誘導するための刺激の提示と同時に非表示とされた。簡単な提示の流れを図 3.2 に例示する。各試行は、観察者が凝視点へ視線が向けられた状態でキーボード上のスペースキーが押下されることで開始された。開始後、500ms は凝視点のみの提示が続き、凝視点が非常時にされると同時に視線を誘導するための刺激が提示された。その後、実験毎に設定された刺激提示間隔を開けて、実験参加者が反応をすべきターゲットが提示された。実験参加者がターゲットに応じたキーボード上のボタンを押下することで、視線を誘導するための刺激とターゲットが非表示とされ、試行が終了された。全ての条件及び繰り返し回数について有効なデータが揃って実験終了となるまでは、直後に凝視点が再提示され、次の試行の待機画面が提示された。主な解析対象は、視線を誘導するための刺激の提示から実験参加者がターゲットに応じたボタンを押下するまでの実験参加者の眼球運動の計測結果であった。また、基礎的な研究においては、視覚的な注意の移動との関係性を確かめるべく、ターゲットが提示されてから実験参加者がターゲットに応じたボタンを押下するまでの時間（反応時間）が計測された。各試行においてターゲットに実験参加者の注意が向いていた場合には、視覚的な注意の機能により、反応時間が短くなることが期待された。

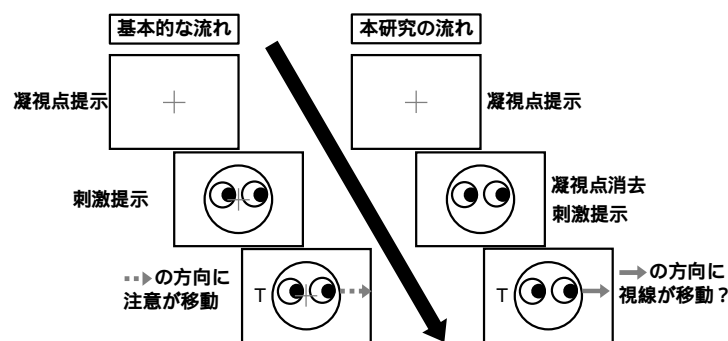


図 3.2 基礎的な研究の各試行における刺激提示の流れ。基本的には、視覚的な注意の移動に関する実験と同様のパラダイムであった。

応用的な研究については、様々な応用場面を想定して行う予定であったが、実際には、文章に対する短期的な記憶の保持率を問うものしか実施できなかった。具体的には、試験などの前に教科書や参考書などの文章を記憶しつつ、キーワードの穴埋め課題を行う場面が想定された。その際、文章を記憶している最中にキーワードへの視線誘導が試みられ、それによって、記憶課題の成績が向上する可能性が検討された。実験は学習と試験の 2 つのフェーズで行われた。学習のフェーズでは、まず学習用の文章が提示され、実験参加者は文章の長さに応じて定められた規定時間以内に可能な限りそれを記憶するよう求められた。この規定時間は、急いで文章を黙読するよう求めた事前調査の結果を基に、文字数の約 0.14 倍の秒数とされた。規定時間の経過後、5 秒間のブランクを経て、関連する文章の穴埋めを求める 4 択問題が提示さ

れた。提示される文章は2つ以上のキーワードを含むように作成された180~250文字で、合計54種類であった。視線の誘導を試みた条件では、通常の条件よりも効率的に学習ができることが期待されたため、文章の提示(記憶)時間は0.8倍に短縮された。これは、文章全体を一通り黙読しようとした際に、文章を読み切ることができない程度の時間であった。試験のフェーズでは、学習のフェーズで提示されたような問題が提示され、実験参加者は54問全てに解答した。試験時の問題となるキーワードは、学習時に視線の誘導が試みられた条件の時、視線誘導の方法が2種類(輝度変化、色変化)、視線の誘導が試みられた箇所とそうでなかった箇所とで2種類、問題として出題された箇所とそうでなかった箇所とで2種類、それぞれ同数となるよう用いられた。それらに加えて、視線の誘導が試みられなかった条件も同数用いられており、条件数は全体で9条件であった。

#### 4. 研究成果

本研究では多くの実験を行ったが、紙面の制限から、特に重要な結果を報告する。まず、様々な刺激を用いた際の視線誘導確率については、図4.1の通りとなった。図4.1のグラフは、縦軸に視線が誘導された確率を、横軸にその際の刺激の種類を、それぞれ表している。視線の誘導確率は、各刺激がターゲットの逆方向を示した条件の停留点データをクラスター解析し、視線がその方向に移動した試行と、そうでなかった試行とを分離して求めた。グラフから、視野の周辺に直接的に刺激が提示される輝度変化の条件において、他の条件よりも高い確率で視線が誘導されたことが分かる。中心視野に刺激が提示される条件では、反応時間課題の結果から注意の移動があったことは確認されたが、視線の移動は殆ど生じないことが分かった。

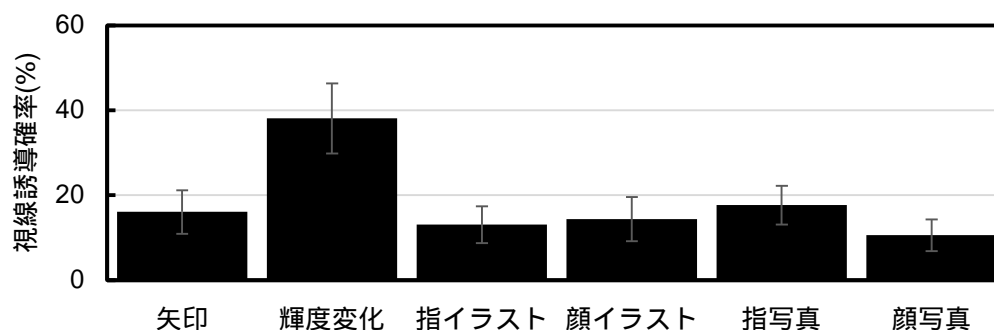


図4.1 刺激ごとの視線誘導確率。輝度変化のみ、他よりも明らかに高いことが分かる。顔写真で他よりやや低い傾向があるが、統計的な支持は得られなかった。

視野の中心に提示される刺激については、それによって生じる視覚的な注意の性質が異なる可能性が示唆されていたため、視線の移動経路についてもその影響を受ける可能性が検討された。実際に視線の移動経路については、様々なパターンが得られた。その一例を図4.2bに示す。図4.2bでは各刺激の中心から40度上側にターゲットが提示されたものが示されているが、当然ながら、水平方向や40度下側にターゲットが提示された条件もあった。そこで、図4.2aのように移動範囲を区切り、各視線の移動がどのような経路と言えたかを分離した。

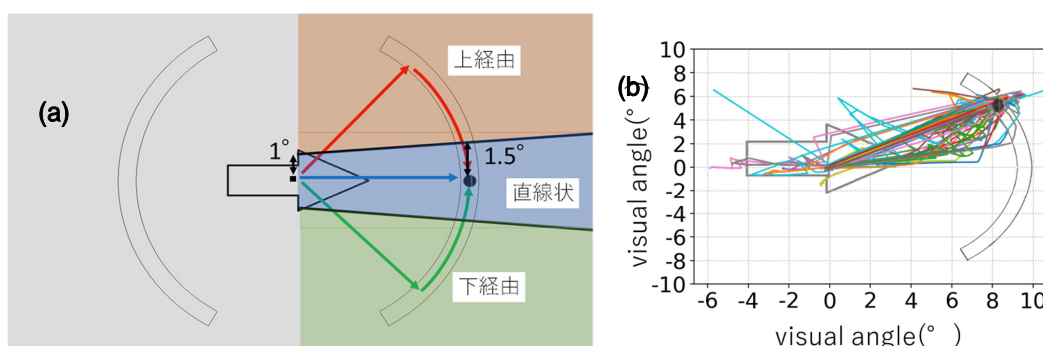


図4.2 (a)視線の移動経路の分割の模式図。経路の形状などによる分類も行ったが、結果が複雑になるだけで、よく分離できたとは言えなかったため、範囲を定めた3パターンの分離に留めた。(b)視線誘導刺激が矢印、ターゲットの提示位置が上側40度の時の視線の移動経路(76例)。複雑な変化をしているパターンもあるが、概ねターゲットに向けて直線的に動いたことが分かる。また、一度刺激方向に向いてからターゲットへ向かう動きもみられており、これは(a)の分類では下経路となる。

また、実験においては、左右いずれの方向にもターゲットは提示されたが、それらは全て右方向に折りたたんで図 4.2b に示している。このようにして解析を行った結果、視線の誘導に用いた刺激が矢印だった条件では、ターゲットの出現位置が 40 度上方または下方であっても、一度刺激が示す方向に進んでからターゲットへ到達する（40 度上方の時の下側経由、40 度下方の時の上側経由）経路が多いことが分かった。しかし、経路が判然としなかった他の条件と比べてそれらの割合が多いという統計的支持は得られなかった。

最後に、応用的な研究（実験）で得られた結果を述べる。これは、視線誘導によって短期的な学習に効果を及ぼす可能性を検討するものであった。その結果、視線誘導が行われなかった（統制）条件の正答率 47.2% に対して、視線誘導を行った条件は、輝度を変化させた条件で 68.1%、色を赤色に変化させた条件では 70.8% と、大きく成績が向上したことが分かった。また、学習時に問題として提示されずとも、視線誘導の対象となっただけで、平均 60.4% の正答率となり、成績の向上が見られた。学習時に誘導対象とならず、問題として出されたのみの場合は、輝度変化によって他のキーワードへ視線が誘導された場合は 52.8% と若干の向上が認められたが、色変化では有統制条件に対する有意な向上は認められず、数値上は 43.1% と僅かに下がっていた。これは誘導対象でも学習時の出題対象でもなかった（統制条件とほぼ同様の）条件の正答率（平均 46.5%）よりも低く、注意が必要と考えられた。図 4.3 は、統制条件と他の条件との正答率の差を取ったグラフである。今回は簡便に文字数に基づく視線誘導を行ったに過ぎないが、それでも、誘導対象であり、かつ学習時に問題として出されたキーワードについては、誘導対象でなかった条件に比べて 20% もの正答率の向上が認められた。また、実験参加者数が 12 名とやや少なかったため、統計的な支持などは得られていないが、データから、色を赤色に変化させた際は輝度変化時よりも誘導対象となった際の正答率の向上が大きく、誘導対象となった際の効果を最大化するような傾向がある可能性が考えられた。また、輝度を変化させた場合は、誘導対象となった際の効果は抑え気味だが、目立ちすぎて他のキーワードの記憶を阻害しないような、デメリットを押さえた効果となる可能性が考えられた。

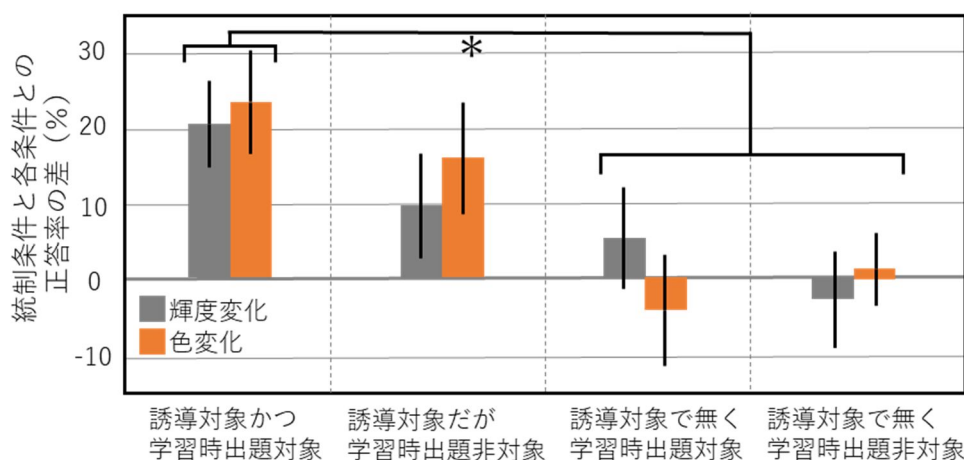


図 4.3 応用的な研究の試験フェーズで得られた統制条件の正答率と各条件の正答率の差。誘導対象かつ学習時の出題対象であった条件の時、誘導対象でなかった 2 つの条件よりも正答率が有意に高いことが分かる。また、統計的な支持は無いが、色変化時には輝度変化時よりも誘導対象であった時の影響が大きく、誘導対象でなかったときに負の方向へ影響が生じていたことも注意すべきであろう。

以上、本研究において得られた主要な結果を説明してきたが、これらは基本的に学会発表に留まっており、学術論文として公表することができていない。その理由は、各成果の説明部分でも触れるなどしたが、実験参加者数の不足や、結果として明瞭でない部分が多く残っているなど、追加の実験や解析を行うべき箇所が多く残っているためである。本報告書の執筆時点でも、追加の実験や検討、データ解析を行っている状況ではあるが、これが可能となったのは、科研費の補助を受けてデータを取得・解析する基盤が整ったために他ならない。分野によっては研究の進捗とはあまり関りが無かったであろう、新型コロナウイルス感染症の拡大や、世界各所での戦争によって必要な物資が入らないなどの影響もあったが、それでも、延長制度などのご配慮をいただいたおかげで、研究を進めることができた。まだまだやるべきことの多い内容ではあるが、本研究期間で作った下地を基に、少しでも質の高い内容で成果を公表できるよう、引き続き尽力する所存である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 安喰源, 小川将樹
2. 発表標題 多段階のぼかしが複数箇所配置された画像記憶時の視線停留特性
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会VR心理学研究委員会第42回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 二見樹, 高橋周平, 小川将樹
2. 発表標題 刺激に応じた視線の誘導の特性と生起確率
3. 学会等名 日本視覚学会2021年夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋周平, 二見樹, 小川将樹
2. 発表標題 中心手がかりに駆動された注意の特性の違いによる視線移動経路への影響
3. 学会等名 日本視覚学会2021年夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Gen Anjiki, Masaki OGAWA
2. 発表標題 Gaze Fixation Frequency in Memory Task on Photographs with Randomly Placed Voronoi-Tessellated Multi-Level Blurs
3. 学会等名 Society of Instrument and Control Engineers 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tatsuki Ohashi, Yuto, Kinoshita, Masaki Ogawa
2. 発表標題 Exploring the Accuracy of Motion Sickness Intensity Estimation Model Using Facial Surface Temperature Changes
3. 学会等名 Society of Instrument and Control Engineers 2023 ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuto, Kinoshita, Masaki Ogawa
2. 発表標題 Examining Biophysiological Signal Analysis and Detection Methods for Early Identification of Motion Sickness
3. 学会等名 Society of Instrument and Control Engineers 2023 ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shunsuke Hinaka, Masaki Ogawa
2. 発表標題 Instrumentation of Gaze Fixation During Visual Search in Tiled Layout Contents, Including In-Feed Ads
3. 学会等名 2024 SICE Festival 2024 with Annual Conference ( 国際学会 )
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 日中俊介, 小川将樹
2. 発表標題 インフィード広告を含むタイル型レイアウトコンテンツに対する視覚探索中の注視特性： 刺激種別による比較
3. 学会等名 日本視覚学会2024年夏季大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 津市民文化編集委員会 編、小川 将樹	4. 発行年 2021年
2. 出版社 津市	5. 総ページ数 -
3. 書名 津市民文化15号（研究余滴 “ 視覚の不思議とその活用 ” ）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------