

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00392

研究課題名(和文)視線情報を利用したWebサイトデザイン

研究課題名(英文)Website design by the use of gaze tracking

研究代表者

松下 裕 (Matsushita, Yutaka)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授

研究者番号：60393568

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではWebページ中央にあるスライド周辺に配置されたメニュー項目の情報探索に与える影響を考察する。このために、視線データに基づく確率推論モデルを構築し、探索が遅い(速い)被験者の閲覧特性を分析する。被験者が最初に探索ターゲットと逆方向に視線を動かしたとき、探索時間が長くなることが示される。遅い探索は被験者がターゲットとメニューの文字の一致を逐一判断するときに生じ、早い探索は視線移動とターゲット配置との偶然の一致に起因する。以上より、スライド周辺にメニューを置くことは避けるべきである。さらに、スライドショーの動きは閲覧者の視線の往復運動を誘発させるために、探索時間が長くなることが示される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2010年代後半は、Webページのデザインが画面中央にスライドとメニュー項目を混合配置するものからスライドを単独で置くものに移行する時期であった。混合型ページに情報探索上の問題があるならば、それを明らかにしてWebページのデザイン改良に根拠を与えることは社会的に重要である。また、近年、アイトラッカーの低廉化とともに視線データに基づいてWebサイトデザインの方法を提案する研究が増加している。然るに、複数の眼球運動特性を同時に使用して、ユーザの閲覧行動を分析する研究は少ない。本研究は、複数の眼球運動特性を説明変数として、探索時間の長いユーザの閲覧特性を明らかにした点で学術上の意義を有している。

研究成果の概要(英文)：The effect of menu items placed around a slideshow at the center of a webpage on the information search is examined. To this end, a probability inference model based on gaze data is developed to analyze browsing properties of viewers with a long or short search time. It is shown that the search time increases when subjects move their eyes in the direction opposite to the side on which the target information is located. A slow search arises from the one by one verification whether a word of each menu matched that of the target, meanwhile a very prompt search occurs when the target is coincidentally present on the side to which eyes initially moved. Therefore, it is concluded that menus should not be placed around the slide. Moreover, the movement of the slideshow influences the search delay because the slideshow induces round-trip motions of the eyes.

研究分野：感性情報処理

キーワード：感性情報学 感性計測評価 眼球運動 Webサイト 情報探索 確率推論 ペイジアンネットワーク

1. 研究開始当初の背景

我が国における Web トップページデザインのデザインは 2008 年を境に大きく変化した。2008 年以前では、多彩な情報の伝達に重みが置かれメインビジュアルにスライドとメニュー項目が混合したもの(混合型: 図 1(a))が主流であったが、2008 年以降では、企業や組織の重要項目(理念など)を端的に伝えることに重心が移り配信のためのスライドをメインビジュアルに単独で置いたもの(スライド独立型: 図 1(b))が主流になり始めた。最近では、スライドショーが装備され、ユーザに情報提供の変化を与える工夫も見られている。この変化は 2010 年代後半の J リーグサッカークラブのトップページに顕著に現れた。2017 年度のスライド独立型ページのトップページ全体に占める割合は J1、J2 リーグそれぞれで 66.7%、54.5%であったが、現在では殆どすべてのクラブがスライド独立型を採用している。このことは単なる流行の変化ではなく、情報探索上の問題が引き起こした変化であると見なされるべきである。なぜなら、J リーグクラブはサポータへの情報配信に高い問題意識を有しており、ユーザの情報探索に対する効率性を重要視しているはずだからである。また、多くのサポータを持つ J1 リーグの方が J2 リーグに先駆けてスライド独立型を採用したことも混合型の情報探索上の不利益を反映したものと考えられる。ところが、2010 年代においては、依然として混合型ページを採用している組織や会社が J リーグ以外に存在しており、混合型ページに情報探索上の問題があるならばそれを明らかにして Web トップページデザインのデザイン改良に繋げることが重要であると考えられる。



図 1(a) 混合型ページ



図 1(b) スライド独立型ページ

2. 研究の目的

本研究の目的は混合型ページのメニュー配置およびスライドショーが情報探索に与える影響を明確にして、その知見を Web トップページデザインのデザインに反映させることである。このとき、視線データに基づいてユーザの閲覧行動を分析する。近年、アイトラッカーの低廉化とコンパクト化に伴い、視線データに基づいて Web サイトデザイン(リンク、メニュー配置、ページ順序)の方法を提案する研究が増加している。これらの多くは Web サイトの構成要素が視線データに与える影響を分析し、ユーザの心的負担を解釈した上でレイアウトへの提言を行っている。これらの研究では scanpath(注視点軌跡の全体図)がよく使用されている。scanpath はユーザの閲覧結果の描写であり、ユーザの閲覧特性を個別に観察するには有用であるが、例えば探索時間が長いユーザに共通する閲覧特性を端的に抽出するには有用ではない。また、先行研究には複数の眼球運動特性を同時に使用して(問題とした)閲覧行動を説明するという解析法の使用は殆ど見られなかった。そこで、本研究では 1 回の視線移動に対応する眼球運動特性を同時に使用して、ユーザの閲覧行動を説明する確率推論モデルを構築する。これにより、情報探索時間が長くなったユーザに共通する根源的な閲覧特性を明らかにする。このとき、以下の理由から確率推論モデルとしてベイジアンネットワークを用いる。まず、ベイジアンネットワークは情報探索の仕組みをグラフ構造によって表現することができる。次に、条件付き確率の周辺化により、殆ど説明能力を失うことなく、本質的ではない眼球運動特性を説明変数から削除することができる。

3. 研究の方法

(1) 実験 1 (メニュー項目の探索時間への影響)

実験刺激は J2 クラブの混合型トップページを模擬したものである。画面中央に 2 秒間隔で右から左に移動するスライドショーが置かれ、12 個のメニュー項目がその周りに配置された(図 2)。探索ターゲットは「マスコミ情報」と「チケット情報」のいずれかであり、ターゲットに一致するメニューは左(L)または左下(BL)に提示された。その他の 10 個のメニューにはサポータが事前のアンケート調査で興味を示した項目を提示した。被験者に L または BL に提示されたいずれかのターゲットの探索を一回だけ実行させた。この間の注視点座標をアイトラッカー(Tobii Pro X2-30)で計測した。実験手順は以下の通りである。

1. 注視点座標のキャリブレーションを行う。
2. ターゲット名(マスコミ情報 or チケット情報)をスライド中央下部に 0.5 秒間提示する。
3. ターゲット発見後、マウスでクリックさせる。

第 2 段階は被験者に必ずスライドショーを見させるための措置である。ここに視線停留は視線角速度が 30°/s 以下で視線が 60ms 以上停留したことを意味する。停留回数は実験中の視線停留の総数であり、平均停留時間は総停留時間を停留回数で除したものである。平均移動速度は実験中の視線移動速度の平均値である。被験者は金沢工業大学の学生 87 名である。

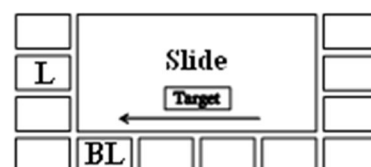


図 2 実験 1 の刺激

(2) 確率推論モデル

ターゲットが左側のメニューに提示されたため、最初の視線の移動方向（右 or 左）によって探索時間に大きな差が生じること（次節参照）は容易に想像できる。従って、初期の視線移動方向別に確率推論モデルを構築する。このとき、視線データの中から適切な説明変数を選ぶことは極めて重要である。本研究では、説明変数の候補として探索時間に直結するもの（e.g., 総停留時間、総停留回数）を避け、できるだけ1回の視線移動に対応するもの（e.g., 平均停留時間、平均移動速度）を採用した。その理由は、探索時間が長い被験者に共通する根源的な閲覧特性を抽出するためである。これらの眼球運動特性値は実数であるため、コンピュータで確率推論を行うには離散化する必要がある。そこで、これらをS, M, Lの3値に、各カテゴリーの度数が均等になるように、分割した。また、探索時間（目的変数）も同様に3つのカテゴリーに分割した。ここで、視線が右側に移動した被験者は、直接右に移動した場合（dR）と下部メニューを経由してから右に移動した場合（bR）に分けられた。モデルの説明力を上げるためにこれら2つの値を持つ説明変数を付加した。同様に、左側方向移動のモデルにも直接左（dL）と下部経由左（bL）の2値を持つ説明変数を付加した。この変数を移動方向と呼ぶ。

これらの説明変数の候補から本質的なものを選出する基準を以下のように設定した。まず、探索時間の各カテゴリー（S, M, L）で正解値が0.5以上になることを要求した。ここに、正解率とは確率推論モデルによる予測値が観測値と一致していた場合を正解とし、各カテゴリーで正解の個数を観測値の個数で除した数値のことである。次に、この条件を満たすものの中で、赤池情報量基準（AIC）の値が最小になるものを最良モデルとした。なお、AICは次式で表される。

$$AIC = -2 \times MLL + 2 \times (\text{パラメータ数}),$$

ここに、MLLはモデルの対数尤度であり、パラメータ数はベイジアンネットワークに与える確率パラメータの数のことである。

(2) 実験2（スライドショーの動きの効果）

スライドショーの動き自体が情報探索に影響を与える否かを視線データに基づいて検証する。実験刺激は、メインビジュアル中央に約2秒間隔で右から左へ移動するスライドショーを設置し、その左側と右側のそれぞれ4箇所（合計8箇所）にメニュー項目を配置した混合型Webサイトである。探索ターゲットは「マスコミ情報」であり、ターゲットをLT, LB, RT, RBのいずれかに配置した（図3）。被験者は実験1とは異なる金沢工業大学の学生60名である。被験者には、画面上に文字表示されたターゲットをスライドと左右メニュー項目から探すことを教示した上で、いずれかの配置で1回のみターゲットを探索させ、その間の注視点座標を実験1と同様のアイトラッカーによって計測した。実験手順は以下の通りである。

1. 注視点座標のキャリブレーションを行う。
2. 刺激中央の+印を約2秒間注視させる。
3. ターゲットを示す文字を左または右メニュー項目のどちらかの中央に約1.5秒間表示させる。
4. ターゲット発見後、マウスでクリックさせる。



図3 実験2の刺激

4. 研究成果

(1) 探索時間の比較（実験1）

図4にターゲット提示位置（L, BL）に対する（被験者間）平均探索時間（s）を示す。一元配置分散分析の結果、ターゲット位置に有意差は見られなかった。まず、被験者は最初に視線を左または右に移動させた2群に分類された。さらに、これら2群は視線を直接左（dL）または右方向（dR）に移動させた群と、下部メニューを経由して左（bL）または右（bR）に移動させた群に細分された。各群に属する被験者の数を表1に示す。表より、初期の視線移動は左方向が右方向より多かったことが分かる。なお、これらの群に属さない21名の被験者を以降の解析対象から外した。これらの被験者は興味ある情報を探索するという本研究の趣旨から外れていたと考えられるからである。詳しく示すと、10名は左右のメニュー項目間で視線移動の往復を繰り返した。5名は画面中央に視線を留めた。6名は視線を不規則に移動させた。図5に、視線を最初に右方向と左方向のそれぞれに移動させた被験者群の平均探索時間（s）を示す。一元配置分散分析の結果、移動方向には1%水準で有意差が見られた。左側にターゲットが配置されたので、最初に右方向に視線を移動させれば一般には遠回りして（総視線移動距離が長くなって）ターゲットに到達したわけだからこの結果は直感的に分かり易いものである。また、ターゲットが右側に提示されていても、最初に視線が左側に移動すればこれと同様の結果が得られることは容易に想像できる。以上より、効率的に情報探索を行わせるためには視線の左右および下部への移

表1 初期移動方向別の被験者数

Direction	Total Number	Details			
Right (R)	24	dR	14	bR	10
Left (L)	42	dL	17	bL	25

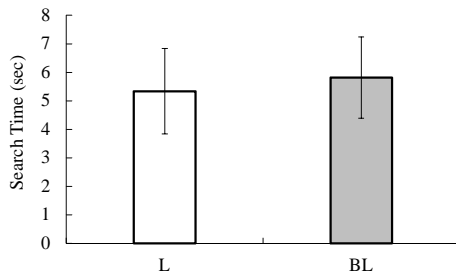


図4 ターゲット提示位置別の平均探索時間

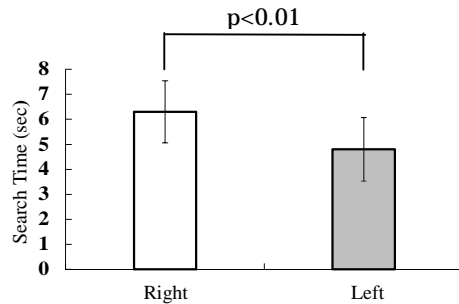


図5 視線移動方向別の平均探索時間

動を避けることが肝要になる。このことは、スライド周りのメニュー配置は避けるべきであるということの意味している。しかし、この主張に明確な根拠を与えるためには、探索時間が長かった被験者に共通する閲覧特性を抽出し、それが周辺に配置されたメニューによって引き起こされたことを示す必要がある。以下では、確率推論に基づいてこの検討を行う。

(2) 実験1の閲覧特性の分析

視線データを説明変数に探索時間を目的変数に取り、ベイジアンネットワークを用いて探索時間が長い被験者と短い被験者の閲覧特性を分析した。探索時間が短い被験者の分析も加えた理由は迅速な探索が周辺配置のメニュー項目の効果として生じたか否かを検証するためである。先に述べたように初期の視線移動方向に応じてモデルを構築したので、右方向および左方向モデルがそれぞれ探索時間の長い被験者と短い被験者の分析モデルに対応している。従って、右方向では探索時間がLになる確率に、左方向では探索時間がSになる確率に焦点を当てた。

正解率とAICにより、最適な説明変数を選出した。その結果得られた、右方向と左方向のグラフ構造を図6(a), (b)に示す。図より、両方向のモデルにおいて、視線方向 (i.e., dR vs. bR or dL vs. bL), 平均移動速度, 平均停留時間が本質的な視線データであったことが分かる。ただし、左方向については最大移動距離も重要な変数として付加された。これは(後述するように)探索時間が短くなるときの閲覧特性を示すために必要になった変数である。また、leave-one-out 交差検証に基づいて、それぞれのモデルの説明力を検証した。その結果、両モデルで全カテゴリーに対する正解率が0.6を超えており、一定レベルの説明力を有していたことが判明した。

図6(a)のグラフ構造に基づいて、初期視線が右方向に移動したときの探索時間の条件付き確率を算出した。図7, 8はそれぞれ移動方向がdRとbRの場合の探索時間がLになる条件付き確率を示したものである。縦軸は条件付き確率値であり、横軸は平均停留時間のカテゴリーである。3本の直線は平均移動速度の各カテゴリーを示す。以下の考察では、戸田ら[1]による停留時間と閲覧特性に関する次の知見を利用する。

- 停留時間が長いとき、ユーザはターゲットと発見情報の一致を判断している傾向にある。

図7より、探索時間がLの確率は、平均移動速度の値に係わらず、平均停留時間に対して単調に増加していたことが分かる。戸田らの知見によれば、dRの場合、被験者が各メニューを逐一ターゲットと一致するか否かを確認したとき探索時間が長くなったことを示している。すなわち、この場合、ターゲットに到達するために確実な検査を抛り所にしたと考えられる。図8より、bRの場合、探索時間がLになる確率が大きくなったのは、平均停留時間がMで平均視線移動時間が遅いかまたは中程度の場合であった。従って、各メニューでの停留時間はdRの場合よりも短くなったが、視線移動速度は遅かった(速くはなかった)ことから、ターゲットとメニューの一致判断をある程度慎重に実施した場合に探索時間が長くなったと考えられる。

さらに、図6(b)のグラフ構造に基づいて、初期視線が左方向に移動したときの探索時間の条件付き確率を算出した。図9, 10はそれぞれ移動方向がdLとbLの場合の探索時間がSになる条件付き確率を示したものである。縦軸は条件付き確率値であり、横軸は最大移動距離である。3本の直線は平均移動速度の各カテゴリーを示す。図9より、dLの場合、最大移動距離がMで平

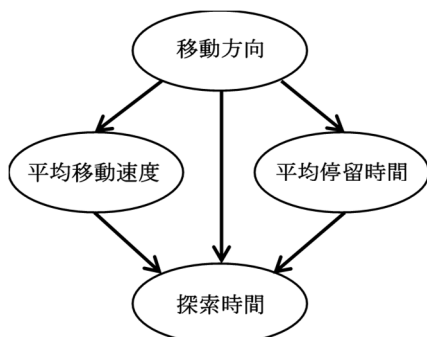


図6(a) グラフ構造(右方向モデル)

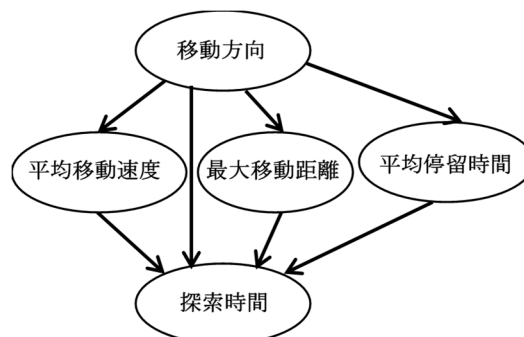


図6(b) グラフ構造(左方向モデル)

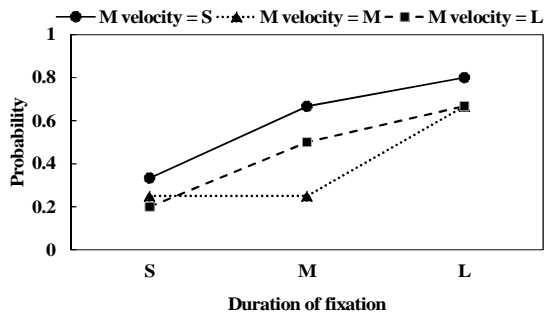


図7 探索時間 L の確率 (dR の場合)

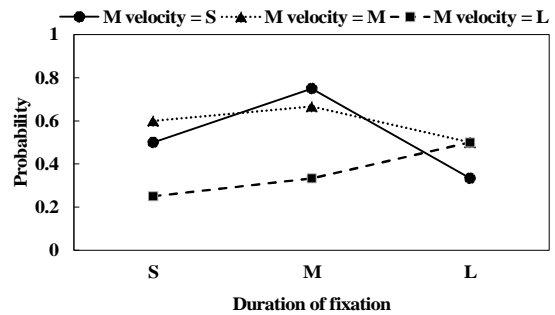


図8 探索時間 L の確率 (bR の場合)

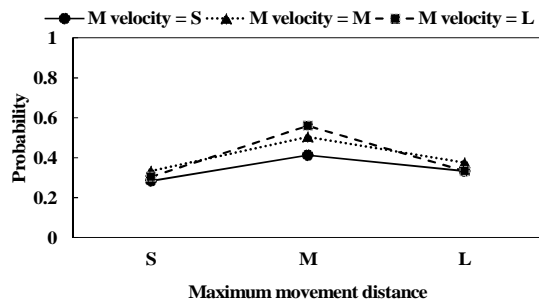


図9 探索時間 S の確率 (dL の場合)

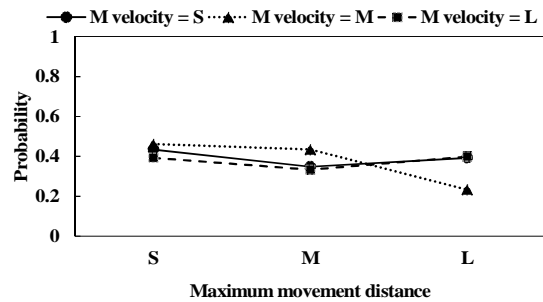


図10 探索時間 S の確率 (bL の場合)

均移動速度が速いとき、探索時間が S になる確率が高くなった。ここで、左側 (L) に配置されたメニューとスライド中心との距離が M に属することに注意すると、被験者が最初に視線をスライド中央から左横に移動させたとき、ちょうどその場所にターゲットが存在した状況を想起できる。従って、探索時間が短かったのは単なる偶然ということになる。図 10 より、bL の場合、最大移動距離の値に係わらず、探索時間が S になる確率は 0.5 を下回っていた。従って、この場合は、探索時間が短くなる閲覧方法は単一のパターンではなかったことが示唆される。

以上より、探索時間が長くなったのは、周辺のメニューに視線が誘導され、ターゲットとの一致の判断を慎重に起こさせたためであると考えられる。また、探索時間が短くなったのは視線移動の偶然の結果であり、周辺メニューによって生じた効果とは言い難い。

(3) 閲覧特性の分析

図 11 に左側 (LT, LB) にターゲットがある場合 (左側タスク) と右側 (RT, RB) にターゲットがある場合 (右側タスク) の被験者の探索時間の平均 (s) を示す。灰色と白色のグラフはそれぞれスライドに視線を停留させた被験者群 (スライド停留群) と停留させなかった被験者群 (スライド非停留群) の平均を表す。図よりスライド内の視線停留の有無に関わらず右側タスクの探索時間の方が長くなったことが分かる。下位検定の結果、スライド停留群の左右タスク間に 5% 水準で有意差が見られた。図 12 に左右タスク別の視線の往復回数の平均を示す。図より左右のタスクに関係なく、スライドに視線が停留すると往復回数が多くなったことが分かる。下位検定の結果、スライド停留群の左右タスク間に 0.1% 水準で有意差が見られた。さらに、右側タスクの方が左側タスクより統計的に有意に被験者の視線をスライド内に誘導させたことが確かめられた。以上より、右側タスクは被験者の視線をスライド内に誘導させ、視線の往復回数を増加させたために探索時間を遅延させたと考えられる。従って、スライドショーの運動自体も探索時間の遅延に影響を与えたことが判明した。

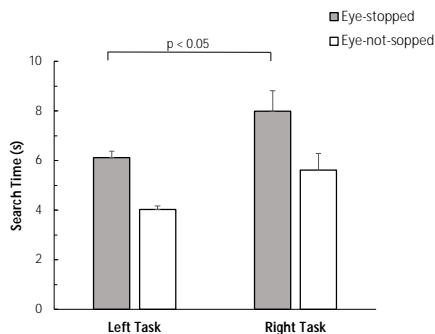


図11 左右タスク別の平均探索時間

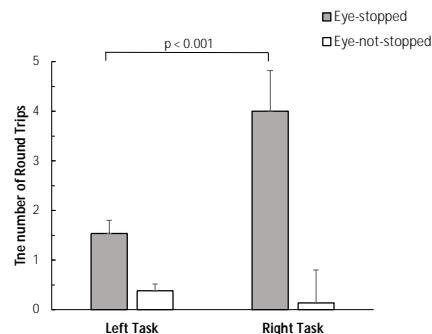


図12 左右タスク別の平均往復回数

引用文献

戸田航史, 中道上, 島和之, 大平雅雄, 阪井誠, 松本健一. 2005. Web ページ閲覧者の視線に基づいた情報探索モデルの提案, 情報処理学会研究報告, 2005-HI-113(6), No. 52, 35-42.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Matsushita Yutaka	4. 巻 81
2. 論文標題 A generalized extensive structure that is equipped with a right action and its representation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Psychology	6. 最初と最後の頁 28 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmp.2017.09.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsushita Yutaka	4. 巻 7
2. 論文標題 Meaning and Development of Generalizing Extensive Structures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Psychology & Psychotherapy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4172/2161-0487.1000334	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Matsushita Yutaka
2. 発表標題 Introduction of right action on extensive structures for intertemporal choice
3. 学会等名 European Mathematical Psychology Group 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松下裕, 笠間大地
2. 発表標題 視線データに基づく情報探索に対するWebサイト内のスライドショーの運動の影響
3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsushita Yutaka
2. 発表標題 Measurement-theoretical approach to deriving a hyperbolic type of discount function
3. 学会等名 European Mathematical Psychology Group 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松下裕
2. 発表標題 主観的時間の導入と双曲線型割引関数の公理化ー公理的測定論の立場からー
3. 学会等名 日本理論心理学会第64回大会 シンポジウムパネリスト(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsushita Yutaka
2. 発表標題 A utility model reflecting nonconstant impatience in intertemporal choic
3. 学会等名 MathPsych/ICCM 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Matsushita Yutaka
2. 発表標題 A utility model in intertemporal choice that is yielded by introducing psychological time duration
3. 学会等名 Conference of the International Federation of Classification Societies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Matsushita Yutaka, Kanda Makoto
2. 発表標題 Effect of Slideshows in Websites on Information Search Based on Gaze Data
3. 学会等名 ACM IUI 2018 Workshop 5: Web Intelligence and Interaction (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

松下裕研究室ガイド https://kitnet.jp/laboratories/labo0088/index.html 松下研究室 www2.kanazawa-it.ac.jp/matsulab/

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
---------	---------