

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：55201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00289

研究課題名(和文)変化の見落とし現象に着目した人の注意状態に適応する情報提示インタフェースの創出

研究課題名(英文)The information present interface adaptable to attentional state using change blindness

研究代表者

田邊 喜一 (Tanabe, Kiichi)

松江工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号：20413825

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：人の注意特性である変化の見落とし現象(CB現象)を利用して、PC画面に配置されるメール着信などの様々な周辺情報を、ユーザの主作業に対する集中度が低下しているときに、通知する手法を考案した。提案手法では、ユーザが瞬目により目を閉じているときに、周辺情報を通知することにより、人の注意状態に応じて、自然に通知を検出できる点に特徴がある。

本研究課題では、「非検出型」、「偶然検出型」、「要求検出型」、「強制検知型」の4種類の通知法を設定し、それぞれの通知方式の実現可能性について、実際の場面を模擬した実験に基づき検証した。その結果、「要求検出型」以外の通知方法については実現可能性の見通しが得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各種情報機器の表示装置には、メール着信などの多種多様な周辺情報が任意のタイミングで通知されることが多い。ユーザが主作業に集中している場合、このような通知は主作業に割り込み、作業効率を著しく低下させてしまう。

本研究課題は、ユーザが主作業に対する集中度が低下しているときに、周辺情報を通知することにより、ユーザの主作業を阻害せず、自然にその通知に気づくような通知方式を提供する。提案方式は、周辺情報の重要度や緊急性、また、ユーザの周辺情報取得に対する要求度を考慮した4種類の通知方式を実現することにより、極めて柔軟な情報提示システムを実現する。

研究成果の概要(英文)：We proposed a method to notify various peripheral information, such as e-mail incoming on PC screen using change blindness (CB phenomenon) related to attention when the user's concentration on the main task is decreasing. The method has a characteristic that the user can detect peripheral notifications naturally according to attentional state by presentation during eyeblink. We set up four notification methods: "non-detection type", "accidental detection type", "request detection type", and "forced detection type", and examined the feasibility of each notification method based on an experiment that simulated practical situations. As a result, the prospect of feasibility was obtained for the notification method other than "request detection type".

研究分野：認知人間工学

キーワード：周辺情報 視覚的注意 変化の見落とし 瞬目 インタフェース

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ディスプレイの大画面化や複数画面化に伴い、多種多様な視覚情報が画面上に溢れている状況が急速に広がりつつある。このような情報提示インタフェースは、ユーザの主作業への集中を阻害し、作業効率が低下することが多く、主作業を阻害しないための提示手法が求められている。主作業に干渉しない周辺情報の提示方法は、2種類のアプローチに分けられる。

第一に、ユーザ状態推定法では、PC操作の作業履歴などからユーザ状態を推定しており、主作業に対する認知的負荷が低いタイミングのときに、周辺情報を提示する。この手法の欠点は、提示するタイミングを高精度に推定することが難しいことである。

第二に、人の注意特性を利用する方法では、例えば、注意の度合いに応じて有効視野の大きさが変化する性質が用いられる(山田, 2015)。主作業に対する注意が減少すると有効視野が拡大し、ユーザは周辺情報を受理可能な状態になり、自動的に周辺情報の提示に気付く。しかし、注視点の移動に伴う有効視野の動的な変化に対応した提示制御の実現が困難であるとの欠点がある。

本研究課題は、後者の手法に属し、後者の欠点を解消できる周辺情報提示手法を提案している。

2. 研究の目的

最終的な到達目標は、ディスプレイ上に多数の情報が同時に提供されているような視覚的作業環境において、ユーザの主作業を阻害することなく、周辺情報を効果的に提示・更新できる新しい情報提示インタフェースを実現することである。

本研究課題では、瞬目時に生じる“変化の見落とし”現象(CB現象)(O'Regan, 2000)に着目し、ユーザの注意の状況に適應した柔軟な周辺情報提示手法を提案する。まず、瞬目生起時点に同期して周辺情報を提示するためのリアルタイム瞬目検出・情報提示システムを構築する。次に、主作業が含まれない条件下で、周辺情報の種類や提示位置及び注意の状況などの諸条件に対する基本的な注意特性を把握する。さらに、応用場面を模擬した主作業が含まれる条件下での検出特性を明らかにし、提案手法の有効性を検証する。

3. 研究の方法

(1) リアルタイム瞬目検出・情報提示システムの構築

瞬目開始時点のリアルタイム検出方式の実装

頭部の動きによる誤検出を避けるため、眼鏡装着型の眼領域映像取得ユニットを作製した。眼領域の撮影には超小型高速ビデオカメラ(フレームレート:最大 120fps)を用いた。露光時間の不足を補うため、赤外LED照明ユニットを装着した。瞬目開始から上眼瞼が完全に閉じるまでの閉瞼過程は約 100ms 要する。そこで、閉瞼過程の開始後のできるだけ早い時点を瞬目開始時点として検出するための画像認識アルゴリズムを考案した。

提示タイミングの許容度の検討

で特定した瞬目開始時点から再開するまでの開瞼過程は約 100~300ms と見込まれるため、周辺情報を提示・更新するのに十分な時間がある。しかし、開瞼過程では、徐々に瞼が開いて行くので、可能な提示タイミングには制約がある。そこで、瞬目開始点から 0ms, 20ms, 100ms, 150ms 後に視覚刺激を瞬間提示し、それが検出できるかどうかを調べることにより、可能な提示タイミングの範囲を確定した。

(2) 周辺情報の検出特性の把握 1 (主作業なし条件)

“変化の見落とし”現象(CB現象)の確認

主作業を課さない条件下で、まず、CB現象が生じるかどうかを確認した。実験参加者には、画面の中央に提示された+記号を注視した状態で、不随意性の瞬目が生じたタイミングで画面中心からの偏心度 10°の周辺 8箇所配置した刺激(アルファベット 1文字)のうち、ランダムに選んだ位置のアルファベット文字を他のアルファベット文字に置き換え、その位置を回答してもらおう課題を計画した。

注意誘導の効果の把握

と同様の刺激配置を用いるが、画面の中央部には+記号の代わりに、変化する位置の手がかりを4種類の矢印記号{ , , , }を用いて事前に示す。例えば、手がかり{ }の場合は、画面上方に位置する3文字の周辺刺激のうちの1箇所が変化する。注意を配分する領域を狭めることによる正答率上昇の効果を検証した。

周辺刺激の配置の効果

刺激配置が5°(傍中心窩)と15°(近周辺)のときについて、 , と同様の実験を行い、刺激配置による検出特性の差異について調査した。

(3) 周辺情報の検出特性の把握 2 (主作業あり条件)

応用場面を想定した実験課題による変化検出特性の把握

実際の応用の場面を模擬した実験課題を計画・実施した。主作業として、標的アルファベット('a')の変化検出タスクを、周辺作業として、記憶負荷の影響を把握するため、無意味図形と英単語の変化検出タスクを設定した。両作業を同時に遂行したときの周辺刺激の変化検出特性について分析した。両周辺刺激は、実験参加者の注意力を考慮し、実験参加者毎に一定の注意力となるように、異なる偏心度で配置した。

総合評価実験

実際の応用場面を想定した、持続的な作業中の周辺情報の検出特性を総合的に把握・評価し

た。本研究課題では、「非検出型」、「偶然検出型」、「要求検出型」、「強制検出型」の4種類の周辺情報提示制御方式を提供するが、それぞれの方式の有効性を検証することにより、提案方式の総合的な評価を行う。

4. 研究成果

(1) リアルタイム瞬目検出・情報提示システムの構築

瞬目開始時点のリアルタイム検出方式の実装

作製したメガネ装着型の眼領域映像取得ユニットを図1に示す。超小型の高速度ビデオカメラは実測値で85.5fpsであった。赤外LEDによる眼領域照明ユニットを付加することにより、良好な映像が取得できることを確認した。閉瞼運動による黒目領域の面積変化に基づき瞬目を検出した。眼領域映像を二値化し、黒目領域の面積(黒画素)を算出した。瞬目により瞼が黒目領域を覆うにつれて減少する傾向を捉えて瞬目開始時点を検出した。瞬目開始時点を検出するために、閉瞼に伴い黒目領域の面積が減少し始める時点を検出するアルゴリズムを実装した。その結果、真の瞬目開始時点から5フレーム(58.5ms)遅れた時点を検出できた。

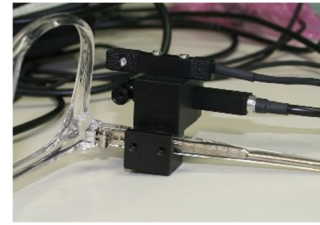


図1 眼領域映像取得ユニット

提示タイミングの許容度の検討

標準的なシステム構成(PC:Core(TM)i-5, 3.2GHz, メモリ:16GB, ディスプレイ:垂直走査周波数70Hz, 画面制御:OpenCV)の下で、瞬目と同時に刺激を提示することが可能なタイミングの許容範囲を調査した。瞬目開始時点に基づき、0ms(検出時点で即座に提示)、20ms, 50ms, 100ms, 150ms 後の5種類の提示開始遅延時間を設定した。画面の中央(注視点)に文字“X”を瞬間提示した。ディスプレイの垂直走査周波数が70Hzであるため、最大14msの提示開始時間の遅延があり、文字提示の持続時間は14ms程度である。試行回数は100回とした。提示

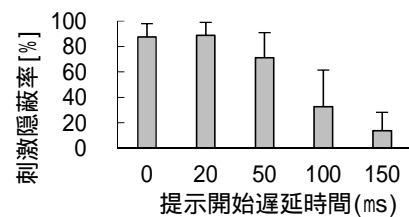


図2 提示タイミングによる刺激隠蔽率

タイミングの条件毎に20試行をそれぞれ割り当てた。各試行の提示タイミングはランダムな順とした。各試行では、実験参加者に試行開始後、1~2s以降に、随意性瞬目(意図的に発する瞬目)を行ってもらうように教示した。各試行が終了した時点で、“全く見えなかった”、“うっすらと見えた”、“完全に見えた”の3段階で回答してもらった。実験参加者は4名であった。実験参加者の平均刺激隠蔽率と標準偏差を図2にまとめる。刺激隠蔽率は各提示タイミング条件における20試行のうち、“全く見えなかった”と回答した割合を示す。図2から、検出時点から20ms以内で刺激を瞬間提示した場合、90%以上の割合で全く見えないことがわかる。提示開始後50msの時点で刺激を提示した場合、瞬目の時間特性の個人差による影響が大きくなる。1名の実験参加者は瞬目検出の時点から50ms後に提示しても、刺激はほぼ完全に隠蔽される。一方、2名の実験参加者は50ms後に提示すると、提示刺激が見え始める。

以上の結果から、一般的なパーソナルコンピュータと90fps程度のフレームレートを有するビデオカメラを用いて、OpenCVによる画面制御を利用する場合、提示タイミング遅延の許容度は20~50msと見込まれる。ビデオカメラを用いて、一般的なシステム環境下で、瞬目時に画面表示内容を切り替える試みには、本研究が初めて成功しており、本技術の応用が期待される。

(2) 周辺情報の検出特性の把握(1)(主作業なし条件)

変化の見落とし現象(CB現象)の確認

実験参加者は6名であった。実験1は、実験参加者に変化の見落とし現象が生じない条件下で検出を行ってもらうコントロール条件である。実験2では、変化の見落とし現象を誘発する条件下で検出を行ってもらった。実験1と実験2における検出率を比較することにより、CB現象が生じていることを検証した。実験1,2の検出率(刺激変化位置が正しく回答できた割合)を図3に示す。実験1では、ほぼ完全に刺激変化位置が正しく検出されている。この実験条件では、開眼状態での刺激の時空間的な変化が、視覚系の運動検出器により容易に検出されるため、実験参加者が文字の置き換えによる変化を見逃すことはまずない。実験2では、随意性瞬目時に文字を置き換えることにより、検出率が40%未満と著しく低下した。この結果は、すなわち、変化の見落とし現象が強固に機能しており、実験参加者が、8箇所周辺刺激刺激に対して、注意を均一に配分することが難しい状況にあったことを反映する。以上の分析から、CB現象に着目した刺激提示方式を導入することにより、ユーザが、周辺刺激の変化に気づくことができない状況を生成できることを確認した。

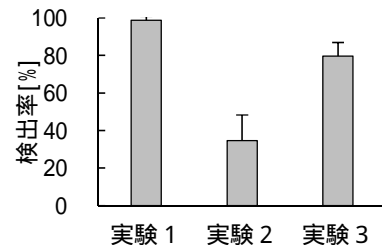


図3 実験条件による変化検出率の差異

次に、実験2において、視野方向による検出率の差異(視野の異方性)について調べた(図4)。図中の上下方向は上下の位置、左右方向は左右の位置、右上り方向は右上と左下の位置、右下り方向は右下と左上の位置をそれぞれ含む視野方向を表す。まず、各視野方向について検出に成功した試行数を集計し、これを成功試行総数で除し、各視野方向に対する検出比率を算出した。視野の異方性がなければ、各方向の検出比率は25%である。図4より、左右方向が40%以上と検出され易く、上下方向は約10%と検出され難いとの傾向が判読できる。右上がりと右下がりの方向は概ね25%程度であり、特に傾向は見られない。このような視野の異方性については、有効視野の計測において報告されているが(山中,2006)、CB現象が誘発されている状況における検出範囲が有効視野に類似した性質を有するとの興味深い知見が得られた。

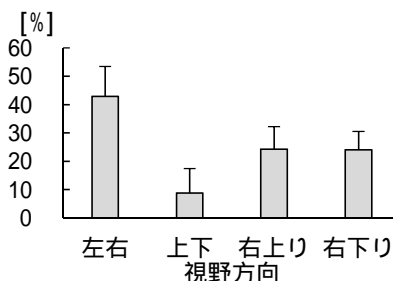


図4 視野方向による変化検出比率の差異

注意誘導の効果の把握

実験3では注視点として{ , , }のいずれかの矢印記号を提示した。注視点の記号により、注意すべき領域を、上下左右方向のそれぞれに位置するアルファベット3文字に限定し、これら3文字のうちの一文字が変化する。実験3は実験2よりも刺激変化領域に対して注意を配分しやすい状況を生み出している。実験3の検出率を図3に示す。実験3では、実験2よりも検出率が大幅に上昇した。すなわち、実験3では、刺激が変化する可能性のある領域に注意を適切に配分できると、刺激変化位置の検出が容易になることを示している。このときの検出率は80%程度とかなり高い。これは、実験参加者が刺激変化候補領域に十分に注意を配分できていた状況を裏付ける。すなわち、周辺情報が提示される空間領域に注意が向けられているときにのみ、ユーザがその変化に気づくとの、提案手法の基本的なアイデアの実現可能性が確認できた。

周辺刺激の配置の効果

さらに、周辺刺激を5°と15°の偏心度で配置したときの検出特性について検討した。その結果、偏心度が大きくなると、CB現象がより強固に誘発される傾向を確認した。また、注意誘導の効果は、偏心度15°においてもなお有効であった。

(3) 周辺情報の検出特性の把握2(主作業あり条件)

応用場面を想定した実験課題による変化検出特性の把握

実験参加者は4名であった。主作業として、標的アルファベットの変化検出タスクを、周辺作業として、無意味図形と英単語の変化検出タスクを設定した。周辺刺激は、図5(a)に示した無意味図形と同図(b)英単語の2種類であった。周辺刺激は、実験参加者の注意力が同等になるように、実験参加者毎に異なる偏心度で配置した。偏心度の範囲は8°~9°であった。1試行を10sとし、中心刺激を1s間隔で更新した。試行中の標的アルファベットの出現回数を変更することにより、主作業の認知的負荷を操作した。具体的には低負荷条件(ターゲット:1 or 2個検出条件)、高負荷条件(ターゲット3 or 4個検出条件)を設定した。周辺刺激は、試行中に1回だけ変化した。

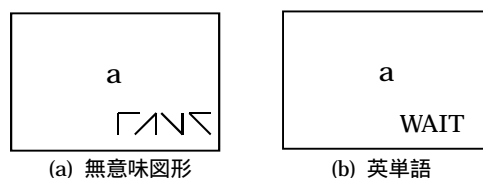
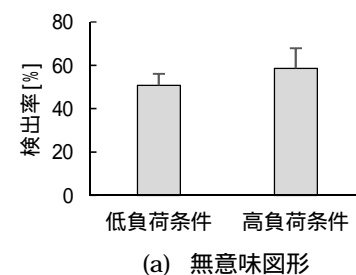


図5 周辺刺激の種類と配置

無意味図形に対する、低・高負荷条件における周辺刺激変化位置の検出率を図6(a)に示す。低負荷条件において平均51%であり、高負荷条件では平均59%であった。両条件において、統計的な差異は見られなかった($t(3)=0.80$, $p=0.23$)。実験参加者の検出率の範囲は、低負荷条件では44%~56%であり個人差はあまり大きくない。一方、高負荷条件では47%~69%と個人差が開く傾向にある。周辺刺激として無意味図形を用いると、周辺刺激変化位置の検出はかなり困難であることがわかる。



次に、英単語に対する検出率を図6(b)に示す。この条件では、周辺刺激は常に"WAIT"から"MAIL"へと変化する。低負荷条件において平均97%であり、高負荷条件では平均98%と、認知的負荷の大きさに依らず、極めて高い値であった。無意味図形の代わりに、意味のある英単語を用いると、中心作業に集中していても、周辺刺激の検出が極めて容易になることが判明した。英単語を用いる条件では、試行中、2種類の数少ない単語を記憶しておくことにより、周辺刺激の変化は、記憶との照合により容易に識別できるため、CB現象を導入しても、その効果は軽微であったものと推察される。

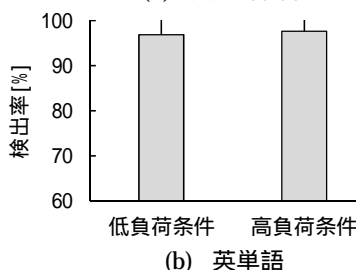


図6 周辺刺激の種類による変化検出率の差異

以上の分析により、周辺情報の通知手段として、無意味な刺激を用いると、中心作業への集中が途切れる場合でも、その変化に気づくことが難しいといえる。一方、本実験で用いたような”

WAIT”(待機状態)から“MAIL”(メール着信)などへ変化させることは、周辺情報の着信を通知するための具体的な手法として想定できるが、この場合、主作業にある程度集中していても気づいてしまう恐れがある。適度に気づくことができる周辺情報として与えるべき刺激の種類としては、記憶が困難である無意味図形と、記憶が極めて容易である既知の単語の中間に位置するような刺激を選択すべきであるとの設計指針が得られた。

総合評価実験

主作業と周辺作業を比較的長い時間(20min弱)に亘り遂行しているときの周辺刺激の検出特性について分析した。実験参加者は6名であった。主作業は標的アルファベット(‘a’)の検出であった。周辺作業は、無意味アルファベット列の変化検出であった。(3)

最後に述べたように、記憶が困難な無意味図形と、記憶が容易な既知の単語の中間レベルに位置する刺激として、無意味アルファベット列を選定した。周辺刺激は、一般的なPC画面作業を想定して、画面の中心から偏心度20°右下に配置した。主作業への認知的負荷(集中度)を操作するため、中心刺激の更新間隔を短時間間隔(1~2s)、準短時間間隔(3~5s)、中間時間間隔(6~10s)、長時間間隔(15~30s)の4段階に設定した。図7に周辺刺激変化位置の検出率を示す。図中の非CB提示は、CB現象を付加せずに、周辺刺激を変化させた条件を表す。非CB提示では、主作業への集中度が、かなり高い短時間間隔では、70%弱の検出率に止まっているが、それ以外の時間間隔では、高い検出率が維持されている。一方、CB提示は、CB現象を付加した提示条件である。CB提示では、短時間間隔における検出率は40%、それよりも長い他の時間間隔では50%弱とやや高い傾向が認められた。これは、主作業への集中度の低下により周辺刺激へ注意の資源が配分され、結果として、変化が検知しやすくなることを示唆する。当初、中心刺激の更新間隔が長くなるにつれて、周辺刺激変化位置の検出率が上昇することを予想していたが、顕著な傾向は認められなかった。周辺刺激の選定を再考する必要があると考えられる。

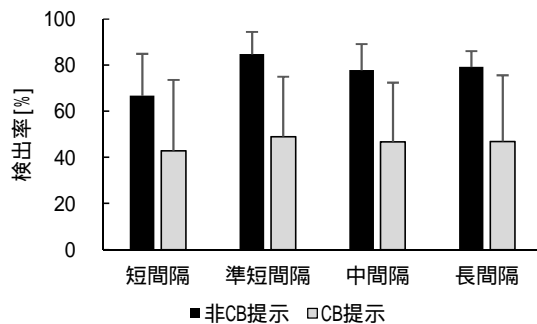


図7 主作業への集中度による周辺刺激変化位置の検出率の差異

図7に周辺刺激変化位置の検出率を示す。図中の非CB提示は、CB現象を付加せずに、周辺刺激を変化させた条件を表す。非CB提示では、主作業への集中度が、かなり高い短時間間隔では、70%弱の検出率に止まっているが、それ以外の時間間隔では、高い検出率が維持されている。一方、CB提示は、CB現象を付加した提示条件である。CB提示では、短時間間隔における検出率は40%、それよりも長い他の時間間隔では50%弱とやや高い傾向が認められた。これは、主作業への集中度の低下により周辺刺激へ注意の資源が配分され、結果として、変化が検知しやすくなることを示唆する。当初、中心刺激の更新間隔が長くなるにつれて、周辺刺激変化位置の検出率が上昇することを予想していたが、顕著な傾向は認められなかった。周辺刺激の選定を再考する必要があると考えられる。

本研究課題では、4種類の周辺情報提示制御方式を提案した。具体的には、「非検出型」、「偶然検出型」、「要求検出型」、「強制検出型」、であった。それぞれの提示制御方式の実現可能性について評価する。「非検出型」は、「注意が主作業に集中しており、周辺情報の提示に気づかず、主作業を阻害しない」ことを狙った提示制御方式である。この方式については、(2)で述べたように、CB現象を導入することにより、周辺情報の提示に気づかない状況を強固に生成できることを確認しており、十分に実現可能であると評価できる。「偶然検出型」は、「主作業への注意が低下し、注意が周辺領域にも配分され、周辺情報の提示に自然に気づく」ことを狙った提示制御方式である。この方式については、(2)で述べたように、周辺情報が提示される領域に注意を誘導すると、周辺刺激の変化の検出率が上昇することを確認しており、基本的な実現可能性が認められた。しかし、(3)の総合実験では、主作業に対する集中度の低下が明確な検出率の上昇を反映しない結果になっている。これは、提示する周辺刺激の選定に問題があった可能性があり、適切な周辺刺激を選定する方法について、さらに追及する必要がある。「要求検出型」は、「ユーザが、周辺領域に注意を向けた状態で意識して瞬目し、周辺情報を意図的に獲得すること」を狙った提示制御方式である。この方式については、実験により検証することができておらず、その実現可能性の評価は、今後の課題として残っている。最後の「強制検出型」は、「開眼時に周辺情報を提示することにより、強制的に気づかせる」ことを狙っている。この方式については、(2)や(3)で述べたように、CB現象を付加しないで、周辺刺激を提示すると、主作業の認知的負荷(あるいは集中度)に依らず、極めて高い検出率が示されており、十分に実現できるものと評価できる。

以上、本研究課題では、提案方式の実現可能性については、その見通しが得られた。しかし、一連の実験により、変化の見落とし現象(CB現象)が極めて強固であることが判明した。周辺情報提示システムを実現するためには、周辺情報の更新に、適度に気づかせる仕組みをシステム設計に取り入れることが重要であり、その設計指針を得るためのさらなる検討が必要である。

<引用文献>

J.K. O'Regan, H.Deubel, J.J.Clark, R.A.Rensink, "Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking," Visual Cognition, vol.7, no.1-3, pp.191-211, 2000.

山田誠二, 森直樹, 小林一樹, "周辺認知テクノロジーPCTによるユーザの作業に干渉しないペリフェラル情報通知," 人工知能学会論文誌, vol.30, no.2, pp.449-458, March 2015.

山中仁寛, 中易秀敏, 三好哲也, 前田多章, "視覚認知作業時の有効視野評価法に関する研究," 日本機械学会論文集(C編), vol.72, no.719, pp.2248-2256, Jul. 2006.

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 0件）

1. 著者名 田邊喜一	4. 巻 J102-A
2. 論文標題 瞬目による変化の見落とし現象を周辺情報通知に適用するための基礎的検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌A	6. 最初と最後の頁 124, 127
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田邊喜一
2. 発表標題 周辺情報提示法のための変化の見落とし現象の視野特性の評価
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田邊喜一
2. 発表標題 変化の見落とし現象を利用した周辺情報通知に関する基礎実験
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田邊喜一
2. 発表標題 瞬目による変化の見落とし現象を用いた周辺情報通知方式
3. 学会等名 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田邊喜一
2. 発表標題 周辺情報提示法のための変化の見落とし現象に関する基礎的検討
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田邊喜一
2. 発表標題 変化の見落とし現象に着目した周辺情報通知に関する基礎的検討
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田邊喜一
2. 発表標題 変化の見落とし現象の周辺情報通知への適用に関する基礎実験
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------------------------	-----------------------	----