

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01784

研究課題名(和文) 自己運動による空間知覚の変容

研究課題名(英文) Voluntary action and spatial perception

研究代表者

佐藤 徳 (Sato, Atsushi)

富山大学・学術研究部人文科学系・教授

研究者番号：00422626

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、距離知覚に影響を及ぼす要因を検討した。その結果、特に対人間の距離知覚においては、自分の行為に対する応答性の効果とともに、自分が働きかけずとも相手から働きかけがある場合に、相手との距離が近く感じられることが示された。自分の行為によって結果が得られる確率が同一の場合、自分が行為せずともその結果が得られるとすれば、自己の行為と結果の随伴性は低くなる。同様な結果は、ポジティブな対象では得られたが、ネガティブな対象では得られなかった。これらの結果は、行為と結果の随伴性そのものというよりも、報酬の得られやすさが距離知覚を調整する可能性を示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

当初は行為と結果の随伴性により距離知覚が調整されると予測していた。確かに、行為に対してより高頻度で結果が生じ、行為によって結果が予測しやすいときには距離は近く感じられていた。しかし、対象が報酬であれば、行為せずとも得られる方がより近く感じられるという予測に反する結果も得られた。この場合、随伴性は低くなるが、報酬を得るのに必要なエネルギーは少なく済む。本研究の結果は、目標の達成のための行為の遂行にどの程度エネルギーが必要とされるかの予測によって距離知覚が影響されることを示唆し、予測的なエネルギー調整の観点から空間知覚を再考することを示唆する点で重要な学術的・社会的な意義を持つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The present studies investigated which factors influence distance perception. The results showed that, particularly in interpersonal distance perception, people feel closer to others not only when the probability of others responding to their own actions is high, but also when they are approached by others without any action on their part. When the probability of achieving an effect through one's own action is identical, the contingency between one's own voluntary action and the effect is lower when the effect can be achieved without one's own action. Similar results were obtained for positive goals, but not for negative ones. These results suggest that the ease of obtaining rewards, rather than the contingency between action and effect itself, may modulate distance perception.

研究分野：実験心理学

キーワード：行為 自己主体感 距離知覚 随伴性

1. 研究開始当初の背景

時間と空間は、認識のまたは物体界の成立のための最も基本的で基礎的な形式をなすものであり、いっさいの出来事がそこで生起する枠のように考えられている。ニュートンが要請する「絶対時間」とは、外部と一切かかわりなく、おのずとその本質に基づいて一律に流れていくものであり、「絶対空間」とは、外部と一切かかわりなく、本質として不変不動を保つものである。しかし、観察者にとって時間は一律に流れていくものではなく、また、空間も不変不動を保つものでもない。それは観察者の条件次第によって伸縮するものである。

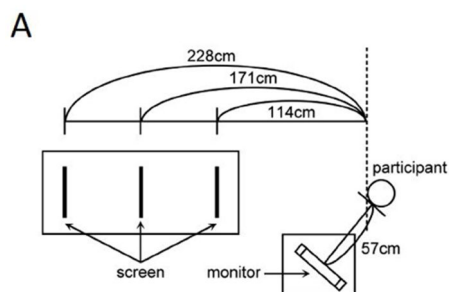
心理学においても、特に空間について、ギブソンの生態学的視覚論ならびにアフォーダンス論からの詳細な検討が進められてきた。そして、そこでは、空間は、誰にとっても一様に広がっているのではなく、その知覚は観察者の身体の大きさ、運動能力、感情、行為の遂行に要するエネルギーコストなど多くの要因に左右されることが示されてきた。例えば、同じ距離にある同じ大きさのモノでも、身体が大きい者には近く小さく感じ、身体が小さな者には遠く大きく感じられる (van der Hoort, et al., 2011, *PLOS ONE*)。同じ傾斜の坂でも重い荷物を背負っていれば傾斜がきつく感じ、目的地も遠く感じられる (e.g., Proffitt, et al., 2003, *Psychol. Sci.*)。また、物理的には同じ距離でも、道具を使うことで届くようになったモノはそうでないモノに比べ近く感じられる (Witt, et al., 2005, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*)。身体の大きさなどが変われば、二点間の距離を測る際の知覚上の物差しも変わる (Proffitt, 2013, *Perspect. Psychol. Sci.*)。そして、それが距離知覚の変化に反映される。特に、空間知覚において重要な要因は、どの程度行為の遂行にエネルギーが必要とされるかの予測だと考えられている (Proffitt, 2006, *Perspect. Psychol. Sci.*)。大きな努力が必要で大量のエネルギー消費が必要と予測される場合は、同じ距離でも遠く、また、坂であれば傾斜がきつく感じられる。血糖の恒常性の維持という観点から空間知覚を考える大変興味深い仮説である。

しかし、これらの研究は、その後、実際の知覚と知覚後の判断を区別できていない、研究目的がわかりやすく単なる要求特性の効果かもしれない、そもそも条件間で刺激の低次の視覚特徴の違いが統制されていないなどの問題があり、なんら知覚へのトップダウン効果を示すものでもないとして厳しく批判されるに至っている (Firestone & Scholl, 2016, *Behav Brain Sci.*)。この『認知は知覚に影響しない: 「トップダウン」効果の証拠を評価する』と題された批判論文は、影響力の強い雑誌である *Behavioral and Brain Sciences* 誌の標的論文として取り上げられ、トップダウン効果の有無について大きな論争を生むこととなった。

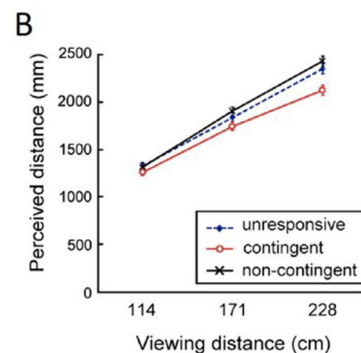
これらの研究史を踏まえ、応募者は、同一の刺激を見て、残像を形成し、スクリーンに投影された残像が見えている間にその大きさを測定することで、知覚距離を間接的に算出する方法を開発し、自己の行為に随伴して結果が生じる場合には、自己と対象との距離が縮んで知覚されるという距離知覚へのトップダウン効果を強く示唆する結果を報告している (Sato, Matsuo, & Kitazaki, 2019, *Cognition*)。対象の網膜上の像の大きさは、その対象と目の距離が離れるほど小さくなるが、我々はそれらの対象をほぼ同じ大きさのものとして知覚する。これが大きさの恒常性であり、網膜上の像の大きさに関する情報と様々な皮質領域からの距離情報が一次視覚野で統合される結果として生じる (Ni, et al., 2014, *Curr. Biol.*; Sperandio, et al., 2012, *Nat. Neurosci.*)。この大きさと距離のスケールリングは残像を用いてよく研究されており、残像の知覚された大きさ (s) は、以下のエンメルトの法則により記述できることが知られている。

$$s = d \times \tan(\theta) \quad d \text{ は観察者と残像投影面の知覚された距離、} \theta \text{ は残像の視角}$$

この式に見られるように、知覚された大きさと距離は互いに依存しており、何らかの要因によって距離知覚の変化が生じれば、それは必然的に知覚された大きさの変化に反映されることになる。このエンメルトの法則を利用して大きさ知覚から距離を算出したのが本方法である。この方法では、測定されるのは残像を見ている間のその大きさであり、距離知覚を調べるといふ本来の研究目的には実験参加者の誰一人として気づかなかった。目的がわからない以上、要求特性の効果では結果は説明できない。また、見えている間に見えている大きさを測定しており、知覚後の判断が混入する可能性は少ない。この方法では、モニター上に提示される刺激を見て残像を形成した後に、3つの距離のいずれかにあるスクリーンに残像を投影するが (図 A)、すべての条件において見ている刺激は同一であり、刺激の統制上も問題はない。すなわち、この方法を用いれば、Firestone & Scholl (2016) により指摘された先行研究の落とし穴を回避した上で、距離知覚を測定することが可能である。本研究の元となる先行研究では、各条件ともに、テスト段階において、女性の中立表情の顔



(38.62 cd/m<sup>2</sup>)を30秒間見て残像を形成し、それをスクリーンに投影して、その大きさを測定した。各条件の違いは、テスト段階の前の操作の違いである。随伴条件では、テスト段階に残像形成に用いるのと同じ女性の中立表情の顔が出ている間に実験参加者がボタンを押すと、ボタン押しに随伴してその表情が笑顔に変わった。非随伴条件では、随伴条件と同数ならびに同時間表情が笑顔に変わるが、その表情の変化はボタン押しとは無関連であった。無反応条件ではボタンを押すが表情の変化はなかった。結果は図Bのように随伴条件の場合のみ距離が縮んで知覚されるというものであった。この結果は、自己と対象とのインタラクションの履歴により距離知覚が変わり、それが知覚の恒常性という基本的なレベルにまで影響を及ぼすことを示唆している。



本研究課題では、先行研究の問題点を回避すべく開発された上記の方法を用いて、さらに詳細に距離知覚に影響を及ぼす要因を調べる。

## 2. 研究の目的

Sato, et al. (2019) では、距離が縮んで知覚された随伴条件のみで結果を引き起こしたのは自分だという自己主体感が得られていた。自分の意図により行為を行い、結果を生じさせる場合、行為と結果の間の時間間隔が縮んで知覚されることが報告されている (Haggard, et al., 2002, *Nat. Neurosci.*)。間接的ではあるが、上記の研究は、自己主体感がある場合には、時間のみならず、空間も縮まる可能性を示唆する。本研究の目的は、随意行為により空間の伸縮が起こるかを、エンメルトの法則を利用した手続きによって調べるとともに、空間収縮を引き起こす要因を詳細に検討することである。

## 3. 研究の方法

当初、ボタン押しにより視覚刺激を提示し、その刺激を見て残像を形成させた上で、その残像をそれぞれの距離の投影面に投影させ、その残像の大きさを判断させる予定であった。そして、何もせずに同一の刺激を見て残像を形成する場合と比べて残像の知覚された大きさに違いがあるかを比較することで、随意行為により距離知覚の伸縮が起こるかを検討する予定であった。しかし、本研究課題の開始時期に新型コロナウイルス感染症が流行し、この方法では、暗室という密室での実験者との関わりを伴う長時間の実験となるため、感染予防の観点から当初の方法での実験の実施は不可能となった。そのため、コロナ禍でも残像実験が可能ないように実験方法の改善を行うとともに、当初の予定にはなかった、既存データの二次分析、調査実験を行った。

### (1) 二次分析

Sato, et al. (2019) では、操作チェックのために、「あなたはどの程度写真の人に好意を持ちましたか? (好意)」、「あなたはどの程度写真の人を信頼しましたか? (信頼感)」、「どの程度、あなたのボタン押しによって写真の人の表情が変化しましたか? (自己主体感)」について評定させた。その結果、自己主体感のみで有意な条件差が見られ、随伴条件のみで自己主体感が高く、適切な条件操作ができていることが示された。本研究ではこの研究データをもとに、知覚距離、好意、信頼感、自己主体感の関係を検討した。

### (2) 調査実験

随伴性、すなわち、行為と結果の因果関係の指標には一般的に  $p$  が用いられる。

$$\Delta p = p(E/A) - p(E/\sim A) \quad A \text{ は行為、} E \text{ は効果}$$

つまり、随伴性は行為を行なって効果が生じた確率から行為なしに効果が生じた確率を引いた値であり、行為と結果の間の時間間隔に関しては随伴性の影響を受けることが示唆されている (Moore, et al., 2009, *Cognition*)。スマートフォンや車などのような製品の場合、スタートボタンを押す (以前であればキーを回す) と必ずエンジンがかかり ( $p(E/A)=1$ )、ボタンを押していないのにエンジンがかかることはない ( $p(E/\sim A)=0$ )。ボタンを押したのにエンジンがかからなかったり、ボタンを押していないのにエンジンがかかるとすれば、それは故障かハッキングされた可能性が高い。しかし、モノとは異なり、人は自らの意思で行動する独立した主体である。相手からの働きかけに対して受動的に反応するのみならず、自ら能動的に相手に働きかけもする。この場合、同じ  $p(E/A)$  であっても、 $p(E/\sim A)$  が高くなる分、随伴性  $p$  は小さくなる。調査実験では、随伴性が距離知覚に及ぼす効果を検討するため、 $p(E/A)$  を揃えた上で、 $p(E/\sim A)$  の多寡により  $p$  を操作し、同一の物理的距離にいる相手との主観的距離を測定した。E は相手からの連絡とし、A は自分から相手への連絡とした。調査実験 1 では相手は人間とし、調査実験 2 では相手は意図を持ち感情も経験できる「心のある」ロボット、調査実験 3 では「心のない」ロボットとした。調査実験 4 では、相手に対する好悪の効果を調べるため、「好きな人」と「嫌いな人」とした。

### (3) 残像実験

コロナ禍でも実験を行えるようにするために、高輝度の LED を正方形上に並べボタン押しをトリガーとして光らせて速やかに残像を形成させ、残像をモニターに投影させて実験参加者のマウスクリックによりその大きさを測定するシステムを開発した。まず、残像実験 1 では、随意行為により距離知覚の収縮が起こるかを検討するため、実験参加者のボタン押しにより 3100 cd/m<sup>2</sup> の LED により四角形の光刺激を 500ms 提示して残像を形成させた上で、実験参加者から 114 cm、171 cm、228 cm 前方のモニターに残像を投影させ、その残像の大きさを実験参加者にそれぞれの距離のモニター上の残像の横の対辺をマウスクリックしてもらうことで測定した（随意行為条件）。統制条件では、何もせずに同一の刺激を見て残像を形成させた。残像実験 1 では、両眼でモニターを見ており、両眼視差や輻輳角による距離手がかりが強固にある。そこで、残像実験 2 では、距離手がかりを減らすため、右に一点だけの穴の空いたピンホールメガネを装着して同様の実験を行った。光刺激の輝度は 4100 cd/m<sup>2</sup> とした。残像実験 1 と 2 では高輝度の刺激を 500 ms という短時間しか提示していない。残像知覚に関わる V1 は網膜からの感覚入力以外にも広範囲の皮質からの下行性の投射も受けるが、短時間の刺激提示のため、高次皮質からのトップダウン効果を受けにくい可能性がある。また、輝度も高く、感覚入力の精度も高く、順モデルによる予測の効果を受けにくい可能性もある。そこで、残像実験 3 では、輝度を 1500 cd/m<sup>2</sup> に下げ、また、提示時間も 1500 ms に伸ばして同様の実験を行った。投影面の距離は二次分析により自己主体感の効果が見られた 228 cm とした。

## 4. 研究成果

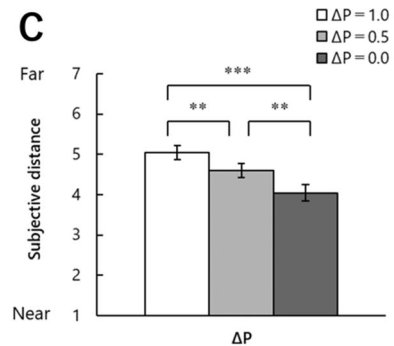
### (1) 二次分析

好意、信頼感、自己主体感を説明変数、各距離での知覚距離を目的変数とする重回帰分析の結果、投影面が 114 cm のときは、信頼性のみ有意な効果が見られた ( $r = -.374, p = .016$ )。171 cm でも同様に信頼感にのみ有意な効果が見られた ( $r = -.316, p = .040$ )。しかし、228 cm と距離が遠くなると、信頼感の効果は有意傾向にとどまり ( $r = -.282, p = .057$ )。自己主体感の有意な効果が見られるようになった ( $r = -.388, p = .002$ )。いずれも、信頼できると、あるいは、自己主体感を感じると、近くに見えるという効果であった。

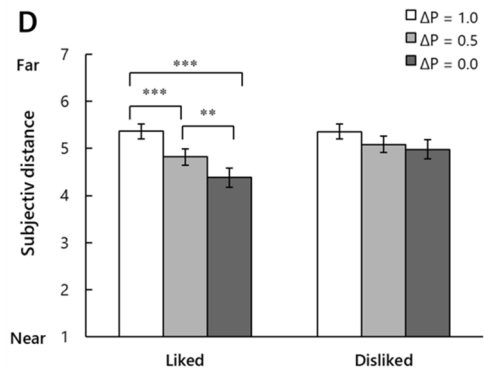
### (2) 調査実験

図 C は  $p(E/A) = 10/10$  の場合の各  $p$  での主観的距離である。自分から連絡した際に同じ確率で相手から連絡が来る場合でも、自分から連絡せずとも相手から連絡がある場合（この場合  $p$  は低くなる）により相手との距離を近く感じていた。自分から連絡した際の相手からの返事確率が下がる  $p(E/A) = 5/10$  の場合も同様であった。 $p(E/A) \times p$  の 2 要因の分散分析を行った結果、 $p(E/A)$  の主効果 ( $F(1, 63) = 25.73, p < .001$ ) と  $p$  の主効果 ( $F(1, 63) = 20.51, p < .001$ ) が有意であり、 $p(E/A)$  が高いほど、また、 $p$  が低いほど、相手との距離を近く感じる事が示された。相手が「心のある」ロボットの場合も、相手が「心のない」ロボットの場合も、傾向は弱くはなるが、同様の傾向は見られた。調査実験 3 では相手が「心のないロボット」であると教示したが、こちらから連絡せずとも連絡があるため、実験参加者はそこに少なからず「行為の主体性」を見出しており、それが結果に影響したのだろうと考えられる。自動送信システムなど、より「心」の帰属をしにくいモノを対象とした再検討が必要である。

同一の  $p(E/A)$  では、随伴性  $p$  が低下するほど相手が近く感じられることが示されたが、相手からの連絡が報酬となるか罰として機能するかによって  $p$  の効果は変わりうる。図 D は相手が「好きな人」の場合と「嫌いな人」の場合とで  $p(E/A) = 10/10$  の際の各  $p$  での主観的距離を示したものである。「好きな人」の場合は、調査実験 1 と同様に  $p$  が小さくなると相手との距離を近く感じるという効果が見られたが、「嫌いな人」ではこうした効果は見られなかった。感情価  $\times p(E/A) \times p$  の 3 要因の分散分析を行った結果、感情価の主効果 ( $F(1, 99) = 5.07, p < .05$ )、 $p(E/A)$  の主効果 ( $F(1, 99) = 50.65, p < .001$ )、 $p$  の主効果 ( $F(1, 99) = 30.17, p < .001$ ) が有意であり、相手が「嫌いな人」の場合よりも「好きな人」の場合に、また  $p(E/A)$  が高いほど、そして  $p$  が低いほど相手との距離を近く感じる事が示された。また、感情価と  $p(E/A)$  の交互作用 ( $F(1, 99) = 5.20, p < .05$ ) と、感情価と  $p$



Note. Error bars represent standard errors. \*\*\* $p < .001$ , \*\* $p < .01$



Note. Error bars represent standard errors. \*\*\* $p < .001$ , \*\* $p < .01$

の交互作用 ( $F(1,99) = 4.80, p < .05$ ) も有意であった。 $p(E/A)$  が高いときには「好きな人」は「嫌いな人」よりも近く感じたが、 $p(E/A)$  が低い場合には両者に差がなかった。また、「好きな人」の場合は「嫌いな人」よりも  $p$  の効果が強く見られた。

### (3) 残像実験

随意行為条件では自己主体感が高まっていたが、残像実験 1 と 2 のいずれにおいても残像の大きさは統制条件と有意な差がなかった。そこで残像実験 3 では輝度を下げ、提示時間も 1500 ms としたがやはり統制条件と有意な差はなかった。輝度は下げたが、それでも 1500 cd/m<sup>2</sup> と高く、順モデルによる予測の効果が生じるには依然として感覚入力の精度が高すぎた可能性もある。予測と感覚入力の精度をさらに操作した検討が必要である。

また、Sato, et al. (2019) では、残像形成に用いた対象人物とのインタラクションの履歴を操作した上で、その対象人物の低輝度の写真を 30 s という長時間見せて残像を形成させている。そのインタラクションもボタン押しに応じて対象人物が笑うという報酬を伴うものであり、残像形成に用いた写真は報酬を予期させる刺激となっている。距離知覚は、随意性そのものより、随意行為により報酬が得られるかなど、報酬予期の調整を受ける可能性もある。調査実験でも、随伴性そのものというより報酬の獲得しやすさが距離知覚に強い影響を及ぼす可能性を示唆する結果が得られている。Proffitt (2006, *Perspect. Psychol. Sci.*) は、目標の達成のための行為の遂行にどの程度エネルギーが必要とされるかの予測によって距離知覚が影響されるのではないかとしている。大きな努力が必要で大量のエネルギー消費が必要と予測される場合は、同じ距離でも遠く、逆の場合は近く感じられる。Sato, et al. (2019) ならびに調査実験の結果はこの仮説と一致するものである。こちらから連絡せずとも相手から連絡してくれるのであれば、少ないエネルギーで相手と連絡を取ることができる。生物はその生存を維持するためにはその内部環境を一定の状態に保つ必要がある。本研究は、ホメオスタシスを維持するための予測的なエネルギー調整 (アロスタシス) の観点から空間知覚を再考することを示唆するものであり、今後の直接的な検討が必要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 松田 勇祐、本田 葉輝、井上 康之、鹿子木 康弘、佐藤 徳、板倉 昭二、北崎 充晃	4. 巻 40
2. 論文標題 感情価が原始的同情に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 基礎心理学研究	6. 最初と最後の頁 135 ~ 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14947/psychono.40.25	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 伊藤 義徳、杉浦 義典、佐藤 徳	4. 巻 64
2. 論文標題 マインドフルネス再考 (2)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 心理学評論	6. 最初と最後の頁 449 ~ 451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24602/sjpr.64.4_449	査読の有無 無
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 伊藤義徳・杉浦義典・佐藤 徳	4. 巻 64 No.3
2. 論文標題 マインドフルネス再考 (1)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 心理学評論	6. 最初と最後の頁 225-227
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 無
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 Sone Hiroataka, Kang Min-Suk, Li Aedan Y., Tsubomi Hiroyuki, Fukuda Keisuke	4. 巻 209
2. 論文標題 Simultaneous estimation procedure reveals the object-based, but not space-based, dependence of visual working memory representations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cognition	6. 最初と最後の頁 104579 ~ 104579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cognition.2020.104579	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 該当する

1. 著者名 Yamamoto Hiroki, Sato Atsushi, Itakura Shoji	4. 巻 10
2. 論文標題 Transition From Crawling to Walking Changes Gaze Communication Space in Everyday Infant-Parent Interaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	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) 10.3389/fpsyg.2019.02987	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 佐藤 徳	4. 巻 5
2. 論文標題 自己感の社会的構成 試論	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エモーション・スタディーズ	6. 最初と最後の頁 16~24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20797/ems.5.1_16	査読の有無 無
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 Fukuda Keisuke, Pereira April E., Saito Joseph M., Tang Ty Y., Tsubomi Hiroyuki, Bae Gi-Yeul	4. 巻 33
2. 論文標題 Working Memory Content Is Distorted by Its Use in Perceptual Comparisons	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Psychological Science	6. 最初と最後の頁 816~829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/09567976211055375	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 該当する

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Maruta Sugiura, Kento Higashihata, Atsushi Sato, Shoji Itakura, Michiteru Kitazaki
2. 発表標題 Empathy with Human's and Robot's Embarrassments in Virtual Environments
3. 学会等名 30th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (国際学会)
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
研究 分 担 者	坪見 博之  (Tsubomi Hiroyuki)  (70447986)	富山大学・学術研究部人文科学系・准教授    (13201)	

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