

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00603

研究課題名（和文）人間の運動視の情報処理過程および内部情報表現のシミュレーションモデルの構築

研究課題名（英文）Developing models to simulate information processing and internal representations of human visual motion perception

研究代表者

西田 眞也（Nishida, Shin'ya）

京都大学・情報学研究科・教授

研究者番号：20396162

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,900,000円

研究成果の概要（和文）：人間の情報処理を科学的に理解して革新的な情報技術を開発するために、人間の視覚系の機能解明とモデル化に取り組んだ。運動視に関して、人間の知覚運動マップを心理物理学的に推定し、既存の視覚科学モデルや最新のコンピュータビジョンモデルによる知覚オブティカルフロー予測の限界を示した。訓練可能な運動エネルギーセンシングと自己注意機構による空間情報統合を組み合わせた運動検出モデルをあらたに提案し、多くの側面で人間の知覚特性が予測できることを明らかにした。両眼立体視におけるcoarse-to-fineマッチング機構や、刺激変化の時間差による領域分割処理アルゴリズムの特徴不変性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間の情報処理の科学的理解に基づいて革新的な情報技術を開発するため、過去に視覚科学で蓄積された膨大な科学的知見をシミュレーションモデルに結晶化し、視覚科学に精通していないエンジニアにも人間の特性を活かした技術開発が可能となる仕組み作りを目指す。まずは、主要な認識機能である運動視を中心に人間の視覚情報処理をシミュレートするモデルを構築し、任意の映像入力に対する中間情報表現および最終出力が予測できるようにする。データ駆動型の研究手法を取り入れ、知覚運動マップを可視化するための新たな心理物理実験手法を確立するとともに、深層学習を活用した人間の運動視のシミュレーションモデルを構築した。

研究成果の概要（英文）：In order to scientifically understand human information processing and develop innovative information technology, we worked on the functional elucidation and modelling of the human visual system. With regard to visual motion perception, we developed a psychophysical method to visualize the human-perceived motion flow map, and revealed the limitations of prediction of human perception by existing vision science models and state-of-the-art computer vision models. We proposed a new motion detection model combining trainable motion energy sensing and spatial information integration by a self-attention mechanism, showing that it can predict many aspects of human perceptual characteristics. We also revealed the coarse-to-fine matching mechanism in binocular stereopsis and the feature invariance of the region segmentation processing algorithm based on temporal differences in stimulus change.

研究分野：人間情報学

キーワード：視覚系シミュレータ 運動視 メタマー 人工神経回路 映像メディア技術

1. 研究開始当初の背景

人間の情報処理を科学的に理解して革新的な情報技術を開発するというシナリオは必ずしもうまく進んでいない。これまでに蓄積された膨大な科学的知見が誰にでも利用できるような形に整理されていないからである。これらの知見を人間情報処理をシミュレーションするモデルにまとめれば、視覚科学に精通していないエンジニアにも人間の特性を活かした技術開発が容易になるだろう。

2. 研究の目的

人間の視覚系、とくに運動視システムの画像から直接計算可能なモデルを構築することを目的とする。初期視覚は分析・構成的に構築されてきたモデルを参考に、高次視覚は機械学習などの手法を使ってモデル化する。神経生物学的なリアリティを追求するのではなく、情報処理の計算原理や情報表現において人間に近いモデルの構築を目指す。こうして構築したモデルを用いることで視覚科学にそれほど精通していないエンジニアにも視覚特性を生かした技術開発が容易になるという、人間科学と情報技術開発の新しい協調の雛形を提示する。

3. 研究の方法

これまで運動視に関するモデル構築は、おもに分析・構成型のアプローチで進んできたが、最近ではデータ駆動型のアプローチを用いて、動画から運動フローを推定する畳み込み神経回路を一気通貫 (End-to-End) で学習した研究も報告されている。これらの先行研究を参考に分析・統合型とデータ駆動型のアプローチを融合して、運動視処理全体のモデル構築を行う。

モデルを人間に近づけるために、さまざまな視覚刺激に対する人間の反応とモデルの反応を比較し、見つかった差を埋めるようにモデルを修正する。評価に使う刺激には大きく分けて二種類ある。一つは視覚科学実験で用いられてきた人工的な刺激である。こういう刺激に対しては人間の反応データがすでにあるので、まずはそれを利用してモデルの評価を行う。既報データで不足する部分は、必要に応じて追加で心理物理実験を行う。もう一つは自然画像 (動画) である。こちらに関しては、実際にそれを見た人間にどのような運動フローが知覚されているのかに関するデータがあまりない。画像中の各点で知覚される運動ベクトルを心理物理学的手法で測定して可視化する作業が必要と考える。

また、視覚科学で積みあげられてきた知見をさらに深め、より人間の視覚機能全体の包括的なモデルを作っていくために、視覚情報処理の基本原則に係わる心理物理実験も同時に進める。

4. 研究成果

4. 1. 人工実験刺激に対するコンピュータビジョン運動検出モデルの予測と人間の知覚の比較

人間の視覚的運動処理の計算メカニズムに関する知見を得るために、人間の運動知覚に関して知られている心理物理現象が、コンピュータビジョン分野で開発された代表的なオプティカルフロー推定モデルによってどの程度説明できるかを調べた。第一に、ディープニューラルネットワーク (DNN) ベースのモデルの多くは、単純な刺激を訓練セットに含むハイブリッド訓練なしでは、単純な実験刺激に対して汎化しないことがわかった。第二に、DNN に基づくモデルは、コントラストが反転したパターンや欠落基本周波数格子に対してヒトが知覚する知覚的運動反転現象を説明することができないが、一部のモデルはバーバーポール錯視と空間運動統合を説明することができた。運動エネルギーに基づくモデルでは、これとは逆の結果が得られた。最後に、遮蔽輪郭の影響を考慮した運動統合と 2 次運動を説明できるモデルは一つもなかった。これらの結果は、人間の視覚運動知覚の計算モデルとしての、最先端の DNN ベースのオプティカル・フロー・アルゴリズムの能力の限界を示すものである。

【学会発表】Sun, Z., Chen, Y.-J., Yang, Y.-H., & Nishida, S. (2023). Comparative Analysis of Visual Motion Perception: Computer Vision Models versus Human Vision. 2023 Conference on Cognitive Computational Neuroscience. doi:10.32470/ccn.2023.1080-0

4. 2. 擬似自然映像に対する人間の運動知覚マップの可視化とモデル予測との比較

視覚的運動知覚の基礎となる神経機構と計算機構は、数十年にわたり広く研究されてきたが、複雑な自然的情景において、人間の観察者が運動ベクトルの写像（オプティカル・フロー）をどのように知覚しているかを測定・分析する試みはほとんどなされていない。ここでは、局所ベクトルマッチングとフラッシュプローブを用いて、人間が知覚する動きの流れを評価する心理物理学的手法を開発した。自然動画のようなコンピュータグラフィックス映像（MPI Sintel Dataset）に対してこの方法で推定された知覚運動フローは、多くの点で物理的に正しいフロー（グラント・トゥルース）と一致したが、他の点ではグラント・トゥルースからの一貫した逸脱（フロー錯覚）を示した。最先端のコンピュータビジョンアルゴリズムや座標変換モデルを含む様々な計算モデルの予測との比較から、いくつかのフロー錯視は時空間プーリングや信号損失などの低レベルの要因に起因し、他のフロー錯視はベクトル分解などの高レベルの計算に起因することが示された。この研究において、視覚運動知覚の高度な理解のための有望なデータ駆動型心理物理学的パラダイムを提案した。

【発表論文】Yang, Y.-H., Fukiage, T., Sun, Z., & Nishida, S. (2023). Psychophysical measurement of perceived motion flow of naturalistic scenes. *iScience*, 26(12), 108307. doi:10.1016/j.isci.2023.108307

4. 3. 訓練可能な運動エネルギー検出と自己注意ネットワークを用いた運動視機構のモデリング

視覚的な運動処理は、人間が動的な環境を知覚し、相互作用するために不可欠である。認知神経科学の広範な研究にもかかわらず、人間の視覚処理と一致する方法で自然なシーンから有益な動きフローを抽出できる画像計算可能なモデルはまだ確立されていない。一方、ディープラーニングに後押しされた近年のコンピュータビジョン（CV）の進歩により、動き知覚と密接に関連するタスクである光流推定において大きな進歩が見られる。そこで、生物学的モデルと CV モデルのギャップを埋めることによって、人間の運動知覚の画像計算可能なモデルを構築した。具体的には、訓練可能な運動エネルギーセンシングと、適応的な運動統合・分離のためのリカレント自己注意ネットワークとを組み合わせた、新しい2段階アプローチを導入した。このモデル・アーキテクチャは、生物学的視覚系における運動知覚の中核構造である V1-MT の計算を模倣することを目的としており、同時に、複雑な自然情景を含む様々な刺激に対して有意な運動フローを導出する能力を提供する。インシリコの（計算機シミュレーションによる）神経生理学により、我々のモデルのユニット応答は、モーションプーリングと速度同調に関して哺乳類動物の神経記録と類似していることが明らかになった。また、提案モデルは、過去の心理物理学的研究で検討された様々な刺激に対する人間の反応を再現することができる。Sintel ベンチマークの実験結果は、我々のモデルがグラントトゥルースフローよりも人間の知覚フローをより良く予測することを示していた。我々の研究は、生理学的な対応は正確ではないかもしれないが、人間の視覚運動処理と一致する計算アーキテクチャを提供するものである。

【学会発表】Sun, Z., Chen, Y.-J., Yang, Y.-H., & Nishida, S. (2023). Modelling Human Visual Motion Processing with Trainable Motion Energy Sensing and a Self-attention Network. *NeurIPS 2023*.

4. 4. 非拡散反射物体の運動学習に基づく二次運動検出機構の獲得

ハエ、サル、ヒトを含む多くの動物は、輝度変調によって定義される空間パターンのシフト（1次運動）だけでなく、時間変調やコントラスト変調のような高レベルの画像特徴のシフト（2次運動）からも画像の動きを視覚的に認識する能力を持っている。これまで2次運動知覚は、1次運動成分をバランスさせるために注意深くデザインされたドリフトバランス運動などの人工刺

激を用いて広く研究されてきたが、自然環境において視覚系がなぜ、どのようにしてこの知覚能力を獲得したのかは、まだ十分に理解されていない。我々は、例えば光沢のある物質のハイライトや透明な物質の屈折によって生じる内部的な光学的揺らぎの中で、正しい物理的物体の運動を推定するために、生物系が2次の運動知覚を自然に学習している可能性に思い至った。その概念実証として、我々は自然なシーンにおける1次と2次の両方の運動を処理するDNNベースのモデルを開発した。このモデルは、V1とMTにおける生物学的計算からそれぞれ着想を得た、訓練可能な運動エネルギーセンシングネットワークとリカレント自己注意ネットワークから成る、我々の2段階モデルをベースにしている。複雑な2次特徴を捉えるための前処理として、バニラ多層畳み込みネットワークからなる第2の入力経路を追加した。学習セットは2種類あり、一方は純粋な拡散反射(PD)を持つ運動物体で構成され、もう一方は非拡散(ND)材料特性を持つ物体で、鏡面反射と透明屈折による複雑な光学的なノイズを含む。NDで訓練されたモデルは、様々な種類の2次運動の認識が著しく向上し、我々の心理物理学実験で測定された人間の性能とほぼ一致した。また、この性能はPDのみでの学習、また追加した2次入力経路なしでは達成できなかった。この結果から、2次運動知覚は、少なくとも部分的には、自然環境下での光学的ゆらぎに対抗しながら、物体の運動を頑健に推定するために進化した可能性が示唆される。

【学会発表】Sun, Z., Chen, Y.-J., Yang, Y.-H., & Nishida, S. (2023). Acquisition of second-order motion perception by learning to recognize the motion of objects made by non-diffusive materials, Vision Science Society, St Pete Beach, FL, USA.

4. 5. 物体認識における人間と機械のギャップを縮める試み

物体認識を学習した畳み込みニューラルネットは人間の腹側経路のモデルとして有望視されているが、人間に比べて細かなテクスチャに注目する傾向が強く、ノイズの影響を受けやすい。一般的に機械学習に用いる鮮明な画像に加えてぼやけた画像を知覚・学習することが、人間のロバストな視覚処理の発達に寄与する可能性が示唆されている。ぼけた画像への曝露の効果を計算機シミュレーション実験で調べるため、シャープな画像とぼけた画像の様々な組み合わせに対して、ImageNetの物体認識に関する畳み込みニューラルネットワーク(CNN)の学習を行った。そして、ぼけた画像と鮮明な画像の混合訓練(B+S訓練)により、CNNは画像のぼやけの変化に対して人間のようなロバストな物体認識能力を獲得した。B+S訓練はまた、形状とテクスチャの手がかりが不整合な画像の認識におけるCNNのテクスチャバイアスをわずかに減少させるが、その効果は人間レベルの形状バイアスを達成するほど強くないものだった。他のテストでも、B+S訓練は大域的な構成特徴に基づくロバストで人間のような物体認識を生み出せないことが示唆された。また、表現類似度分析とゼロショット転移学習を用いて、B+S-Netが、鮮明画像用とぼやけた画像用の別々の特殊化されたサブネットワークを通してではなく、鮮明画像とぼやけた画像に共通する画像特徴を分析する単一のネットワークを通して、ぼやけに頑健な物体認識を促進することが示された。しかし、ぼけ画像への訓練だけでは、人間の脳のように、サブバンド情報が共通の表現に統合されるメカニズムが自動的に作られることはなかった。これらの結果を総合すると、ぼけた画像の経験の効果は限定的で、人間の脳がぼけた画像中の物体を認識するのに役立つかもしれないが、それだけでは人間のようなロバストな物体認識を可能とするわけではないことが示唆された。

【発表論文】Yoshihara, S., Fukiage, T., & Nishida, S. (2023). Does training with blurred images bring convolutional neural networks closer to humans with respect to robust object recognition and internal representations? *Frontiers in Psychology*, 14, 1047694. doi:10.3389/fpsyg.2023.1047694

4. 6. 両眼立体視におけるマルチスケール情報の統合

両眼視差を符号化するために、視覚系は左眼と右眼のバンドパスフィルターのペアを使用する。このようなペアは、広範囲の視差をエンコードするために、複数のスケールに現れると考えられている。しかし、バンドパス機構による局所的な視差測定は、特に実際の視差がフィルターの優

先空間周波数の半周期よりも大きい場合、曖昧になる可能性がある。本研究では、視覚系が視差から奥行きを推定する際に、より細かいスケールでこの曖昧さを解消するために coarse-to-fine 相互作用を用いるかどうかを調べた。刺激は、標的パターンと比較パターンからなるステレオ格子パッチであった。ターゲット・パターンには、1度あたり 1cpd と 4cpd の空間周波数が含まれていた。低周波数成分の位相視差は 0° (ホロプター的位置)、 -90° (クロスしていない)、 90° (クロスしている) のいずれかであり、高周波数成分の位相視差は低周波数視差とは無関係に、 -90° (クロスしていない) と 90° (クロスしている) の間で変化した。観察者の課題は、目標が比較パターンに近づいて見えるかどうかを示すことであり、比較パターンは常に目標の低周波成分と視差を共有していた。実験の結果、比較パターンが 1cpd+4cpd の複合であろうと、1cpd の単純な縞模様であろうと、知覚されるターゲットと比較の奥行き順序は、ターゲットの高周波成分の位相視差に応じて変化した。この効果は、低周波成分がホロプターにあるときだけでなく、高周波成分の 1 周期 ($\pm 90^\circ$) に相当する大きな視差を含むときにも生じた。この結果は、マルチスケール視差処理において、低周波数成分の視差に基づいて高周波数の奥行き解釈が変化するという、course-to-fine の相互作用の存在を示唆している。

【発表論文】Chen, P.-Y., Chen, C.-C., & Nishida, S. (2023). Coarse-to-fine interaction on perceived depth in compound grating. *Journal of Vision*, 23(12), 5. doi:10.1167/jov.23.12.5

4. 7. 時間非同期による領域分割機構の特徴不変処理

時間的非同期性は、空間領域を知覚的に分離するための手がかりである。過去の研究では、非同期性は属性の種類に関係なく知覚的セグメンテーションを誘発し、異なる属性間で非同期性が生じてもセグメンテーションを誘発するという属性不変性が見出されている。この発見の一般性を検証し、その基礎となる計算メカニズムに関する洞察を得るために、輝度、色、運動方向、およびそれらの組み合わせの変化に対するセグメンテーション性能を比較した。われわれの課題は、属性の周期的交替が残りの象限に比べて位相が遅れている標的象限を検出することであった。刺激要素が方形波状に属性変化した場合、標的検出は明らかに属性不変ではなく、輝度や色の変化よりも運動方向の変化の方が難しく、運動方向と輝度や色の組み合わせではほとんど不可能であった。運動方向の方形波変化は空間位相の三角波変化（空間位相変化方向の 2 次変化）であることから、波形の不一致が運動方向の異常な振る舞いを引き起こす可能性を考えた。この考えと一致するように、分離性能は波形の種類（矩形波、三角波、またはそれらの組み合わせ）に強く影響され、この因子を制御すると、性能は属性の種類に対して完全ではないがほぼ不変であることがわかった。この結果は、異なる視覚属性が共通の非同期性に基づくセグメンテーションアルゴリズムを共有するという考えを支持するものである。

【発表論文】Chen, Y.-J., Sun, Z., & Nishida, S. (2024). Feature-invariant processing of spatial segregation based on temporal asynchrony. *Journal of Vision*, 24(5), 15. doi:10.1167/jov.24.5.15

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yoshihara Sou, Fukiage Taiki, Nishida Shin'ya	4. 巻 14
2. 論文標題 Does training with blurred images bring convolutional neural networks closer to humans with respect to robust object recognition and internal representations?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyg.2023.1047694	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 吉原 創、吹上 大樹、西田 真也	4. 巻 33
2. 論文標題 Shape Bias獲得へ向けて：人間の視覚発達過程に基づいた、段階的な画像ぼかしによる畳み込みニューラルネットワークの訓練	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 VISION	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24636/vision.33.1_1	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 Yang Yung-Hao, Fukiage Taiki, Sun Zitang, Nishida Shin'ya	4. 巻 26
2. 論文標題 Psychophysical measurement of perceived motion flow of naturalistic scenes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 108307~108307
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.isci.2023.108307	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 Chen Pei-Yin, Chen Chien-Chung, Nishida Shin'ya	4. 巻 23
2. 論文標題 Coarse-to-fine interaction on perceived depth in compound grating	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 5, 1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/jov.23.12.5	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 Chen, Y.-J., Sun, Z., & Nishida, S.	4. 巻 25
2. 論文標題 Feature-invariant processing of spatial segregation based on temporal asynchrony	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 15, 1-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/jov.24.5.15	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 Sun Zitang, Luo Zhengbo, Nishida Shin'ya	4. 巻 534
2. 論文標題 Decoupled spatiotemporal adaptive fusion network for self-supervised motion estimation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neurocomputing	6. 最初と最後の頁 133 ~ 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neucom.2023.03.012	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16件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Yung-Hao Yang; Taiki Fukiage; Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Psychophysical measurement of perceived motion flow in naturalistic scenes
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西田真也
2. 発表標題 人間の認知情報処理の科学的理解と映像技術の開発
3. 学会等名 MIRU2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西田真也
2. 発表標題 現実的な入力に対して動く人間の視覚系のモデルの構築に向けて
3. 学会等名 第188回CG・第32回DCC・第231回CVIM合同研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sun Zitang, Yung-Hao Yang, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Modeling of Human Motion Perception Mechanism: A Simulation based on Deep Neural Network and Attention Transformer
3. 学会等名 Vision Sciences Society
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sou Yoshihara, Taiki Fukiage, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Towards acquisition of shape bias: Training convolutional neural networks with blurred images
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西田真也、吉原創、吹上大樹
2. 発表標題 ぼけた画像を体験することが視覚系に与える効果の in silico分析
3. 学会等名 日本視覚学会夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Vision Science for Display Technologies
3. 学会等名 International Display Workshops (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉原 創、吹上 大樹、西田 眞也
2. 発表標題 Shape Bias獲得へ向けて: 人間の視覚発達過程に基づいた、段階的な画像ぼかしによる 畳み込みニューラルネットワークの訓練
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sun Zitang, Yun-Hao Yang, Shin ' ya Nishida
2. 発表標題 Modeling of Human Motion Perception Mechanism: A Simulation based on Deep Neural Network and Attention Transformer
3. 学会等名 Vision Sciences Society
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yen-Ju Cheng, Shin ' ya Nishida
2. 発表標題 Temporal limits of visual segmentation based on temporal asynchrony in luminance, color, motion direction, and their mixtures
3. 学会等名 Vision Sciences Society
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 aiki Fukiage, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Local image statistics can account for the perceived naturalness of image contrast.
3. 学会等名 Vision Sciences Society
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sun Zitang, Yen-Ju Chen, Yun-Hao Yang, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 A Comparative Analysis of Visual Motion Perception: Computer Vision Models versus Human Abilities
3. 学会等名 Conference on Cognitive Computational Neuroscience
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sun Zitang, Yen-Ju Chen, Yun-Hao Yang, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Modelling Human Visual Motion Processing with Trainable Motion Energy Sensing and a Self-attention Network for Adaptive Motion Integration
3. 学会等名 NeuIIIPS
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yen-Ju Chen, Zitang Sun, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Temporal Dynamics Gap between Position Tracking and Attribute Tracking
3. 学会等名 Vision Sciences Society
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yung-Hao Yang, Taiki Fukiage, Zitang Sun, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Temporal characteristics of perceived motion flow of naturalistic movies
3. 学会等名 Vision Sciences Society
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Zitang Sun, Yen-Ju Chen, Yun-Hao Yang, Shin'ya Nishida
2. 発表標題 Acquisition of second-order motion perception by learning to recognize the motion of objects made by non-diffusive materials
3. 学会等名 Vision Sciences Society
4. 発表年 2024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	吹上 大樹 (Fukiage Taiki) (50869302)	日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・研究員 (94305)	

	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
研究協力者	楊 詠皓 (Yang Yung-Hao)		
研究協力者	孫 子棠 (Sun Zitang)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	陳 彦儒 (Chen Yen-Ju)		
研究協力者	チェン ペイイン (Chen Pei-Yin) (20991889)		

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			
その他の国・地域	国立台湾大学			