

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：82636
研究種目：若手研究(A)
研究期間：2017～2020
課題番号：17H04790
研究課題名(和文) ヒト脳内視覚野における3D物体の表象・処理・統合機構の解明と知覚との関連性の研究

研究課題名(英文) Investigation of the cortical representation, processing and integration of 3D objects

研究代表者
番 浩志 (Ban, Hiroshi)

国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報通信融合研究室・主任研究員

研究者番号：00467391

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ヒト脳内背側・腹側の視覚野のどのような情報処理・連絡によって「3D(3次元、立体)」物体が表象・処理・同定されているのかを解明することを目的として遂行された。従来の研究では物体同定・認知研究と3D情報処理研究は区別されて研究が行われてきたが、本研究では両者の統合的理解を目指す点に独自性がある。2020年度以降のコロナ禍の影響で研究計画に大きな変更が生じたが、当初予定していた複数のfMRI実験を完遂し、特にサルとヒトの種間脳活動比較研究(ベルギーKU Leuven、英国ケンブリッジ大などの共同研究)によって、ヒトに特有の3D情報処理経路の存在を同定したことが最も大きな成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

立体視の研究は長い歴史を持つが、両眼視差以外の手掛かり(運動や絵画の手掛かりなど)が脳のどこでどのように処理されるのかはあまり研究が進んでいなかった。また、立体視を成立させる種々の手掛かりが最終的にどのように1つの立体像へと統合されているのかも不明であった。本研究プロジェクトではこの疑問に対し、V3B/KO野と呼ばれる領域で両眼視差とそれ以外の手掛かりが「融合」されており、その領域はヒトで独自に進化したものであることを初めて突き止めた点で学術的意義が高い。ヒトに特有の3D情報処理の仕組みを利用することで、よりヒトに優しい3DテレビやVR装置がデザインできるかもしれない。

研究成果の概要(英文)：This research project was conducted to elucidate how "3D(three-dimensional)" objects are represented, processed, and identified along the dorsal and ventral visual streams of the human brain. Although the COVID-19 pandemic since 2020 caused a big damage and forced us to change the proposed research plan, we were able to complete several fMRI experiments that were originally planned. In particular, the most significant achievement was the identification of the existence of human-specific 3D information processing cortical pathways through an interspecies comparative study of brain activity between monkeys and humans (in collaboration with KU Leuven (Belgium), University of Cambridge (UK), and others).

研究分野：視覚心理学

キーワード：fMRI 心理学 立体視 知覚 認知 奥行き知覚 物体知覚 3D

1. 研究開始当初の背景

私たちが眼にする光景は無数の物体が複雑に重なり合って構成されている。また、外界の情報は網膜で 2 次元平面に圧縮されている。それにも関わらず、ヒトは断片的で不完全な網膜像から豊かで滑らかな 3 次元(3D)世界を即座に再構成し、3D 物体を難なく同定できる。ヒト脳が備えるこの 3D 物体同定機構は、最新のロボットにも模倣が不可能なほど柔軟性に富み、高精度なものである。よって、3D 物体知覚を実現するヒト脳の仕組みを解明することは、心理学・神経科学の基礎的な理解・発展に貢献するのみならず、マシン・ビジョンや次世代映像技術開発を目指す工学などの応用分野にとっても重要な学際的研究課題である。

しかしながら、従来のヒト脳機能イメージング研究では、我々の日常の視環境は 3D であるにも関わらず、物体同定は 3D 知覚と切り離されて研究されてきた。例えば、多くのヒト視覚 fMRI 研究では、縞模様、顔や建物といった「2 次元(2D)画像」が刺激として用いられてきたため、物体同定と 3D 処理メカニズムとの関係は無視され、「2D」物体の同定に関わる領域が腹側経路(図 1)に沿って報告されているのみである。一方、3D 視の研究では、複雑な物体形状を持たない、ごく単純な奥行き平面刺激のみが用いられ、背側経路の活動が着目される一方で、腹側経路の活動はほとんど調べられてこなかった。

一方で、3D 視分野のこれまでの研究により、1) 3D 物体の同定には、腹側視覚経路の活動のみではなく、背側経路の活動も重要であること、2) 背側・腹側両経路の間に 3D 物体を処理するための情報連絡が存在すること、が示されてきている。ここからさらに、ヒト脳内 3D 物体同定処理に関して、下記の疑問が生じる。

1. 背側と腹側のそれぞれの視覚野で処理された情報は、どこでどのように統合されるのだろうか。脳のどこかに 3D 物体の全ての情報を集約・統合した「3D 表象」を担う領域が存在するのだろうか？
2. あるいは、ヒトはタスクに応じて背側・腹側経路に分散表象された 3D 情報に個別にアクセスしているのではないか？
3. もし 3D 物体特徴の分散表象が脳に存在するならば、それらの個別表象はどのように統合されているのだろうか？
4. そもそもなぜ、3D 物体同定に関わる多くの機能分化した視覚野が存在するのか？

本研究課題は、これらの問いに答えるため、3D 物体に対する背側・腹側両経路の視覚野の活動を精緻に計測する fMRI/MEG 実験を遂行した。

従来の心理学・神経科学研究でも視物体の分散表象は論じられてはいる。しかし、それらは IT や LOC などの腹側経路の視覚野のみ、そして「2D」物体の処理にのみ限定された議論であった。これに対して本研究は、背側・腹側の両視覚経路を含む視覚野全体の「3D」物体の処理と表象を包括的な解明を目指す点が新しく、アピールポイントであった。

2. 研究の目的

本研究は、ヒト脳内背側・腹側の視覚野のどのような情報処理・連絡によって「3D(3次元、立体)」物体が表象・処理・同定されているのかを解明することを目的とした。従来の研究では物体同定と 3D 情報処理は区別されて研究が行われてきたが、本研究では両者の統合的理解を目指す点に特色・独自性がある。特に次の 5 つを明らかにするため、ヒト脳機能イメージング(fMRI/MEG)と心理行動実験を組み合わせた研究を行った。

1. 背側・腹側視覚経路をまたいだ階層的・並列的 3D 物体同定機構
2. 3D 情報処理経路の機能分化
3. 複数の 3D 手掛かりの統合機構
4. 各視覚野が保持する 3D 表象とヒトの実際の 3D 知覚との関連
5. 3D 処理に関わる各視覚野の微細な構造

これらの結果をまとめ、将来的にはヒト脳内の「3D 特徴処理マップ」を完成させることを最終目標とした。

3. 研究の方法

本課題では、背側・腹側の複数の視覚野で 3D 物体の様々な特徴がどのように処理・表象・統合されているのか、また、その処理に視覚「文脈」(知識など)がどのような影響を及ぼすかを明らかにする目的で、主に次に示した 5 つの心理行動・fMRI/MEG 脳機能イメージング実験を実施

した。

1. 3D 視覚機能分化の謎に進化から迫る - ヒトとサルの 3D 物体に対する脳活動の違いを調べる fMRI 実験

ヒト 3D 知覚の特性を理解し、3D 視にはなぜ腹側・背側に分かれた複数の視覚野の働きが必要なのかを明らかにするためには、3D 視が可能なヒトに近い霊長類の脳とヒト脳との比較が有効である。本実験では、研究代表者らが発表した視覚刺激と実験パラダイム(Ban, et al., 2012 Nat Neurosci; Dekker, Ban, et al., Curr Biol など)を利用し、2つの3D手掛かりを統合する際のヒトとサルの脳活動の類似・差違を調べる fMRI 実験を行った。ヒトの計測は研究代表者が担当し、サルの計測は、ヒト・サルの比較による背側高次視覚野の進化過程を Science 誌に発表している Wim Vanduffel 教授のグループが実施した(研究代表者は実験とデータ取得には関与せず)。その後、研究代表者らが上に引用した論文で開発した機械学習法に基づいたデータ解析のパイプラインを適用することで、ヒトとサルのそれぞれの脳のどこでどのように3D手掛かりが融合されているのか(あるいは融合されていないのか)を調査した。

2. 3D 自然風景写真に対する脳活動を計測し、複数の3D手掛かりの背側・腹側視覚野をまたいだ統合過程を調べる fMRI 実験

従来の3D研究では厳密に統制された刺激が用いられてきたが、現実生活でヒトが目にする光景はより複雑で豊かなものである。このギャップを埋めるため、3D自然画像の写真を刺激として用い、日常ヒトが3Dを知覚する状態に近い形で、同時に複数(2つ以上)の3D手掛かりが与えられた際に腹側・背側経路の各視覚野がどのように手掛かりを統合しているのかを明らかにする fMRI および眼球運動計測実験を行った。被験者は10名程度で、4,000~5,000枚の3D画像を呈示するため、1人につき3日~6日に分けてデータ取得を行った。脳活動はエンコーディング・モデル(Kay et al., 2008; Nishimoto et al., 2011)を用いて解析した。この手法は、刺激に含まれる3D手掛かりの種類・強度に基づいて、fMRI 時系列信号を推測するモデルを記述するもので、シーン同定や色知覚(Brouwer & Heeger, 2013)などの研究で用いられている。なお、3D自然画像は、研究代表者らが収集した10000枚からなるデータベース(別途論文、データベース公開を進めている)から選択したものを利用した。

3. 3D 視覚情報処理に「文脈」が及ぼす影響を調べる fMRI 研究

なじみのある(よく知っている、直近に接触したことがある、など)物体に対しては、その物体の検出や知覚が促進されることが示されている。一方、他の研究では、なじみのある物体が障害物として働き、他の物体の知覚を抑制することも報告されている。このように視対象の処理はその対象に関する知識などの「文脈」によって大きく影響を受けることが知られている。では、3D情報処理と3Dの知覚は文脈によってどのような影響を受けるのだろうか。この効果を調べる fMRI 実験を実施した。研究手続きや解析手法は研究代表者らがこれまでに実施した fMRI 研究(Ban and Welchman 2015, J Neurosci; Goncalves, Ban, et al., 2015 J Neurosci など)を踏襲した。また、文脈として、立体構造として可能であるか(錯視などの研究でも利用され、エッシャーの絵やペンローズの三角形などに代表される、いわゆる可能/不可能図形)、立体構造がよく知っているものであるか(顔と不規則な凹凸構造)、の2つを利用した視覚刺激を利用した。なお、本研究は香港大学心理学部の研究者らとの共同で実施した。

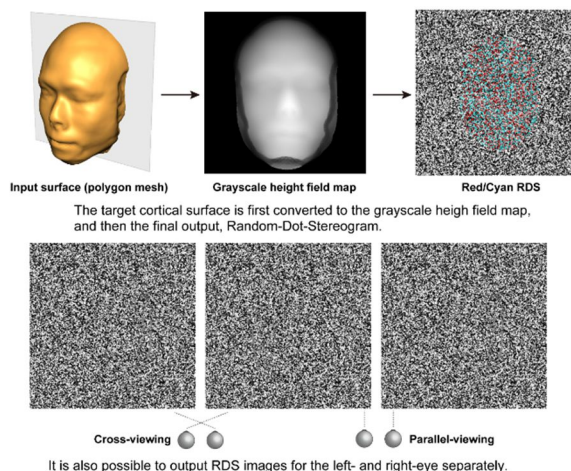


図1 文脈つき(今回の場合、顔の形状)ランダム・ドット・ステレオグラム刺激の例
<https://github.com/hiroshiban/StereogramFromHeightField>

4. 両眼視差情報を処理する fMRI 脳活動と計算モデルとの比較実証研究

立体視の研究で最も一般的に利用される、白黒ドットから構成されるランダム・ドット・ステレオグラム(RDS; Random Dot Stereogram)刺激を用いて RDS に対する fMRI 脳活動計測実験を実施した。ここで、左右眼それぞれの RDS 刺激に含まれるドットの白黒コントラストをパラメトリックに反転させることで、左右眼像の相関を操作し、その相関値の変化が脳活動に及ぼす変化を計測した。さらに、両眼への入力像の「相関」から立体を検出する計算モデルと両眼像の「マッチング」から立体を検出する計算モデルの 2 つのモデルを構築し、それら 2 つの重み付け線形和で各視覚野の fMRI 脳活動パターンをどの程度説明できるのかを検討した。なお、本研究は大阪大学大学院・生命機能研究科の研究者らと共同で実施した。

5. 「生き物らしさ」を検出する脳部位を調べる fMRI/MEG 研究

3. の「文脈」効果を調べる実験に関連して、バイオロジカルモーション(BM)知覚(ドット群などの特定の特徴を有した運動を観察すると、そのドット群が生きているように見える知覚)に関わる脳活動を fMRI と MEG を用いてそれぞれ計測し、それらのデータを組み合わせることで、ヒト脳内の BM 情報処理機構の時空間特性を明らかにするための実験を行った。本研究は当初計画にはなかったものだが、3. に述べた研究がうまく進んだため、新たな刺激文脈として「生き物らしさ」を取り入れ、VR などの 3D 空間で生き物らしさの文脈を持った 3D 刺激を呈示した際のヒトの知覚特性および脳活動を調べる目的で遂行された。しかしながら、コロナ禍の影響で BM 知覚に対する脳活動を計測する段階で研究は終了せざるを得ず、BM 知覚の 3D 視への影響を調べることはかなわなかった。本研究プロジェクト終了後も引き続き研究を継続して遂行する予定である。

実験で用いた視覚刺激の例は GitHub 上にて公開中：https://github.com/dhfchang/BM_MEG

4. 研究成果

本課題で実施したいいくつかの研究を通じて、特に下記に示す成果を得た。

1. 3D 視覚機能分化の謎に進化から迫る - ヒトとサル の 3D 物体に対する脳活動の違いを調べる fMRI 実験

我々ヒトがモノを立体に見る際には様々な手掛かりを利用している。このうち、両眼視差手掛かり(左右眼像のズレ)が最も強力で有効な手掛かりであると言われているが、実際にはヒトは両眼視差が利用できないような場合でも、運動、陰影、傾き、模様などの勾配、遮蔽、視対象のサイズの違い、知識、なども有効に利用して即座に豊かな立体構造を把握することができる。では、両眼視差手掛かりとそれ以外の奥行き手掛かりは、脳のどの部位でどのように統合されるのだろうか。

研究代表者らは、この疑問に答えるために複数の実験を遂行してきた(Ban et al. 2012 Nat Neurosci; Dovencioogle, Ban, et al., 2013 J Cog Neurosci; Murphy, Ban, et al., 2013 J Neurophysiol; Dekker, Ban, et al., 2015 Curr Biol など)。これらの研究では、単一あるいは 2 つの奥行き手掛かりを付与したランダム・ドット・ステレオグラム刺激に対する fMRI 脳活動を計測した。例えば、Ban et al., 2012 Nat Neurosci では、ランダム・ドット・ステレオグラム刺激と運動視差手掛かり(運動の相対的な違いからも奥行きが知覚される。例えば、電車の窓から外の風景をみたとき、近くにみえる物体と遠くにみえる物体が遠のく速度が異なって感じられることを思い起こしていただきたい)を組み合わせ、1. 両眼視差のみ、2. 運動視差のみ、3. 両眼視差 + 運動視差、4. 両眼視差 - 運動視差(両手掛かりが不一致(遠近が逆転)の条件)の 4 つの条件を用意した。さらに各条件に対し、遠近それぞれにターゲット刺激が配置される場合の 2 タイプを用意し、合計 4×2 の 8 条件に対する脳活動の比較を行った。解析では、各条件に対する多ボクセル応答パターンを入力として、機械学習(サポートベクタマシン)法を用いたターゲット刺激の遠近のデコーディング解析を行い、それらの成績の比較を行った。特に、両眼視差のみ、あるいは運動視差のみの単一の手掛かり刺激に対するデコーディング成績と 2 つの手掛かりが同時に呈示された場合の成績をモデル(図 2 参照)に当てはめることで、2 つの異なる立体視の手掛かりが「融合」されている脳部位の同定を試みた。その結果、解析対象とした 10 以上の視覚野のうち、背側視覚野 V3B/K0 においてのみ、2 つの手掛かりが統合されていることを突き止めた。

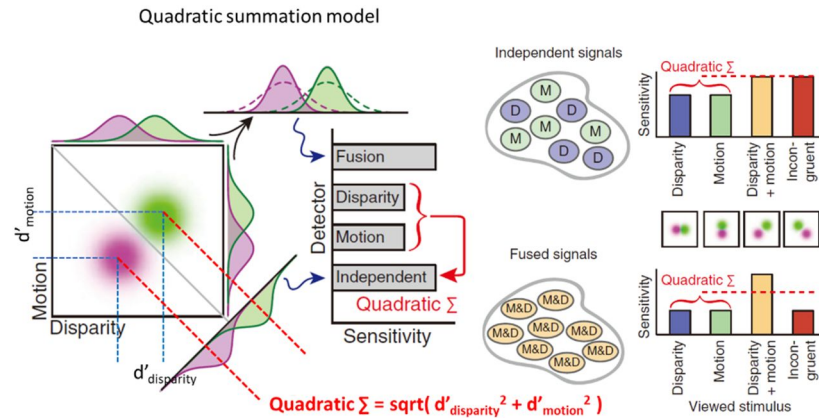


図2 手掛かり統合を説明するモデル (Ban et al., 2012 Nat Neurosci より改変)

一方で、サル¹の電気生理学的研究では、従来より奥行き手掛かりはMT野やその周辺の主に運動手掛かりを処理する領域によって統合されていることが示されてきた(Nadler et al., 2013 J Neurosci など)。さらに、V3B/KOは霊長類に共通して同定されておらず、ヒトでのみ報告されている視覚野である。では、ヒトとサルとで立体視手掛かりを統合する部位が異なるのは、fMRI脳機能イメージングと電気生理学的計測法の研究手法の違いを反映した結果であろうか、あるいは種の違い、すなわち進化を反映したものであろうか。この謎を解明するため、研究代表者はベルギーKU Leuven、ケンブリッジ大、ハーバード大の研究者らと共同fMRI研究を実施した。

上に述べた既に発表済みのヒトfMRI研究と全く同じ実験パラダイム、視覚刺激、解析手法を用いてサル¹のfMRI脳活動を計測(研究代表者は、このサル¹の計測自体には直接関与していないが、刺激と実験パラダイムの提供、および計測後のデータ解析の全般にわたって貢献した)し、ヒトの脳活動との比較・検討を行った。

その結果、従来から報告されている電気生理学な研究結果と同じく、fMRI脳イメージングにおいても、サル¹の場合はMT野で奥行き手掛かりが統合されていることが明らかになった(図3参照)。すなわち、ヒトとサル¹の脳活動の違いは、脳の立体視情報処理機構の進化(あるいは退化)を反映したものであった。この結果は、脳の研究で得られた知見を応用する際に、従来の動物実験で得られた知見も重要であるが、やはりヒトそのものをしっかりと計測することが必要であることを示している(決して従来の電気生理学な研究成果を否定するわけではない)。一方で、ヒト(V3B/KO野)とサル¹(MT野)とで責任領域の違いはあるものの、上に示した4つの基準を満たす領域が確かに存在し、種の違いを超えて立体視の手掛かりが同じ様式で統合されていることが明らかになったのは特筆すべき発見で、当該分野の重要な知見となるだろう。

今回発見されたヒトに特有な立体視情報処理経路の特性をうまく利用することで、よりヒトにやさしい3D映像呈示技術などの開発が可能となるかもしれない。また、V3B/KO野に着目し、なぜヒトではその領域が発達する必要があったのかを調べることで、立体視情報処理経路の進化の謎に迫ることができるかもしれない。本研究にかかる成果はPLOS Biology誌に発表された。

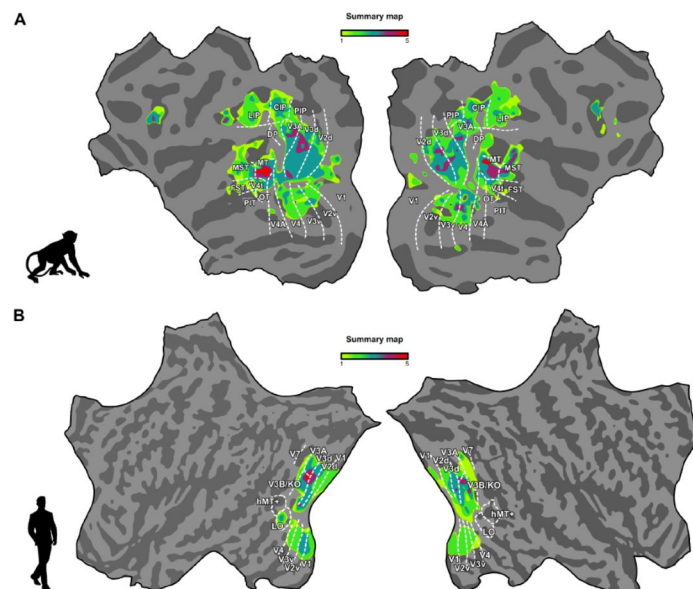


図3 本研究で明らかになったサルとヒトの立体視手掛かり統合部位の違い

(以上)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Chang, D.H.F., Troje, N.F., Ikegaya, Y., Fujita, I., Ban, H.	4. 巻 136
2. 論文標題 Spatiotemporal dynamics of responses to biological motion in the human brain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cortex	6. 最初と最後の頁 124-139
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cortex.2020.12.015	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
1. 著者名 番浩志	4. 巻 331
2. 論文標題 脳が思い込み創り出す映像臨場感 ~ 脳のクセが作り出すリアルな仮想 ~	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電波技術協会報誌	6. 最初と最後の頁 14-17
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Wong, N.H.L., Ban, H., Chang, D.H.F.	4. 巻 32
2. 論文標題 Human depth sensitivity is affected by object plausibility	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cognitive Neuroscience	6. 最初と最後の頁 338-352
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1162/jocn_a_01483	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 Marcelo Armendariz, Hiroshi Ban, Andrew E. Welchman, Wim Vanduffel	4. 巻 17
2. 論文標題 Areal differences in depth cue integration between monkey and human	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS Biology	6. 最初と最後の頁 1-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pbio.2006405	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

1. 著者名 番浩志	4. 巻 73
2. 論文標題 三次元視覚世界を創る脳の領域	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brain and Nerve	6. 最初と最後の頁 1231-1236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11477/mf.1416201922	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Chou, I. W. Y., Ban, H., Chang, D. H. F.	4. 巻 8
2. 論文標題 Modulations of Depth Responses in the Human Brain by Object Context: Does Biological Relevance Matter?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 eNeuro	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/ENEURO.0039-21.2021	査読の有無 無
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 11件)

1. 発表者名 Kanaya, S., Fujita, I., Ban, H.
2. 発表標題 Representation of summary-statistics of binocular disparity in the human brain
3. 学会等名 The Japan Neuroscience Society 43rd Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wu, HN, Ikegaya, Y., Ban, H.
2. 発表標題 3D Oblique effect: gradient discriminations anisotropy of stereoscopic depth perception revealed by psychophysics and MEG
3. 学会等名 The Japan Neuroscience Society 43rd Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 番浩志
2. 発表標題 脳が創る3D視覚世界
3. 学会等名 脳が創る3D視覚世界. 一般社団法人コラボ産学官、一般財団法人デジタルコンテンツ協会共催 CO - ラボ 第2回「脳で感じる様々な知覚の世界」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wu, H.N., Ikeyaga, Y., Ban, H.
2. 発表標題 Oblique effect in 3D gradient discriminations revealed by psychophysics and MEG
3. 学会等名 Asia Pacific Conference on Vision (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wundari, B.G., Ban, H., Fujita, I.
2. 発表標題 Neural Substrate for Reversed-Depth Perception Generated by Anti-Correlated Random-Dot Stereograms in the Human Brain
3. 学会等名 Asia Pacific Conference on Vision (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chang, D.H.F, Troje, N.F., Ban, H.
2. 発表標題 Spatiotemporal characteristics of cortical responses to biological motion
3. 学会等名 Vision Science Society Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wundari, B.G., Ban, H., Fujita, I.
2. 発表標題 Characterization of stereoscopic information processing in human brain using reverse depth perception stimulus
3. 学会等名 The Japan Neuroscience Society Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金谷翔子、藤田一郎、番浩志
2. 発表標題 ヒト脳内における両眼視差の平均および分散の階層的な推定・表現機構
3. 学会等名 日本視覚学会冬期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 番浩志
2. 発表標題 fMRIヒト脳機能イメージングで分かる立体視(3D)情報の脳内統合過程とその産業応用
3. 学会等名 NTTデータ経営研究所 第3回CiNet脳情報研究WS (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 番浩志
2. 発表標題 ヒトはなぜ3Dを見ることができるのか～3次元知覚を実現する脳の情報処理メカニズムとその特性～
3. 学会等名 株式会社技術情報協会・企業向けセミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Wundari, B.G., Ban, H., Fujita, I
2 . 発表標題 Characterization of stereoscopic information processing in human brain using reverse depth perception stimulus
3 . 学会等名 The Japan Neuroscience Society 42nd Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Chang, D.H.F, Troje, N.F., Ban, H
2 . 発表標題 Spatiotemporal characteristics of cortical responses to biological motion
3 . 学会等名 Vision Science Society Annual Meeting 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Wu, H.N., Ikegaya, Y., Ban, H
2 . 発表標題 Cortical dynamics for compensating visual orientation sensitivity bias
3 . 学会等名 Human Neuroimaging Workshop
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Wu, H.N., Ikeyaga, Y., Ban, H
2 . 発表標題 Temporal compensation of orientation selectivity bias in early visual areas
3 . 学会等名 The Japan Neuroscience Society 41st Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Wu, H.N., Ikeyaga, Y., Ban, H
2. 発表標題 Reverse Radial Bias: Temporal Compensation of Orientation Bias in Early Visual Areas Revealed by MEG
3. 学会等名 Vision Science Society Annual Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wundari, B. G., Ban, H., Fujita, I.
2. 発表標題 Cross-Correlation and Cross-Matching Binocular Disparity Representations across the Human Visual Cortex
3. 学会等名 The Japan Neuroscience Society 44th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 番浩志(分担執筆), 子安 増生 (監修), 丹野 義彦 (監修), 箱田 裕司 (監修)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 有斐閣	5. 総ページ数 996
3. 書名 現代心理学事典	

1. 著者名 番浩志(分担執筆)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 608
3. 書名 基礎心理学実験法ハンドブック 日本基礎心理学会編 「第2部 感覚刺激の作成と較正 2.1.1 視覚刺激呈示装置 - カラーディスプレイ」	

〔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
研究協力者	ウンダリ バユ ゴータマ (Wundari Bayu Gautama)	大阪大学・大学院生命機能研究科・研究員 (14401)	

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			
英国	University of Cambridge			
ベルギー	KU Leuven			
米国	Harvard University			
中国	香港大学	華東師範大学心理学部		