

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12023

研究課題名（和文）対人距離感の認知メカニズムの解明とその操作技術の開発

研究課題名（英文）Exploring the mechanism of perceiving interpersonal distance

研究代表者

稲垣 未来男（Inagaki, Mikio）

国立研究開発法人情報通信研究機構・未来ICT研究所脳情報通信融合研究センター・研究員

研究者番号：40596847

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：対人距離感の認知は、目の前の相手と快適な距離を保つために重要な役割を果たす。先行研究は、情動や社会性に関わる脳部位である扁桃体が対人距離感の視覚的な認知に関わることを示唆している。そこで本研究では、扁桃体を賦活化させる低い空間周波数の強調が、他者の接近にともなう不快感の認知に与える効果を調べた。少数の実験参加者において、低い空間周波数の強調が接近にともなう不快さの増大をもたらしたが、多数の実験参加者では効果が見られなかった。対人距離感の認知メカニズムには個人差があり、少なくとも2つのグループに分かれることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヘッドマウントディスプレイに代表される視覚呈示技術の進歩によって、人工的な画像処理を介して対面コミュニケーションに影響を与えることが可能となってきた。本研究では、脳内での視覚情報処理の様式にもとづいた画像処理を適用して、対人距離感の認知に与える影響を検討した。今回採用した低い空間周波数帯域の強調の効果は限定的であり、大きな個人差が生じたことから、多数の人に有効な対人距離感の操作技術の確立には、他の画像処理との組み合わせが必要となることが分かった。

研究成果の概要（英文）：Perception of interpersonal distance plays an important role in maintaining a comfortable distance from others. Previous studies suggest that the amygdala, a brain region involved in emotion and sociality, is associated with the visual perception of interpersonal distance. In this study we examined the effect of low spatial frequencies, which activate the amygdala, on the perception of discomfort associated with the approach of others. In a small number of participants, emphasizing low spatial frequencies increased the discomfort associated with the approach, but this effect was not observed in a larger number of participants. The results suggest that there are individual differences in the mechanisms of perceiving interpersonal distance, dividing participants into at least two groups.

研究分野：視覚神経科学

キーワード：対人距離感 空間周波数 扁桃体 個人差

1. 研究開始当初の背景

対面コミュニケーションの際、相手との距離が遠いと親密感を感じにくい、逆に距離が近づくと不快感を覚える。対人距離感の認知は、目の前の相手と適切な距離を保ち、円滑なコミュニケーションを行うために重要である。

情動や社会性に関わる大脳辺縁系の扁桃体を損傷した患者では、他者の接近にともなう不快感の認知に変容が生じるため、対人距離感の認知に対する扁桃体の関与が示唆されている (Kennedy et al., 2009)。しかし、外界からの感覚入力をもとにして、どのように対人距離感が認知されるのか、扁桃体が関わる脳内メカニズムはよく分かっていない。

2. 研究の目的

対人距離感の認知には、さまざまな感覚情報 (視覚・聴覚・体性感覚・嗅覚) が手がかりとなりえるが、これらの感覚情報の中で視覚は遠い距離から近い距離まで広い範囲で有効である。そこで本研究は、視覚の情報処理に注目して、対人距離感の認知に関わる脳内メカニズムの理解を目指した。

対面コミュニケーションでは顔と顔が向かい合うことになる。前述の扁桃体は顔の視覚処理にも関与するが、大脳皮質視覚野における通常の顔の視覚処理とは異なり、低い空間周波数帯域の処理に特化している (Vuilleumier et al., 2003)。扁桃体特有の視覚処理は表情の認知に関与するが、対人距離感の認知との関係は不明である。

そこで本研究は、扁桃体特有の低い空間周波数帯域に特化した視覚処理が、対人距離感の認知に貢献するという仮説を立てて検証する。この仮説が正しければ、対人距離感の認知メカニズムの解明に向けて重要なステップとなるとともに、簡単な空間周波数処理で対人距離感を操作するという応用的な発展研究に結びつく可能性がある。

3. 研究の方法

さまざまな距離 (~2 m) から 360 度カメラに向かって、被写体の人物が一步接近する様子を撮影した短時間の動画を視覚刺激とした。元の動画に空間周波数処理を加えて、低い空間周波数帯域のみを含む動画と高い空間周波数帯域のみを含む動画を作成した。動画の視覚刺激セット以外に、さまざまな距離でカメラに対して静止した写真を撮影して空間周波数処理を付加することで、静止画の視覚刺激セットも作成した。これらの視覚刺激は、臨場感を向上させるために、ヘッドマウントディスプレイを使って呈示した。Unity と C# を利用して、心理実験用の視覚刺激呈示プログラムを作成した。

実験参加者には、他者の接近にともなう不快感の強さを答える課題と、他者との物理的な距離を推定する課題を行ってもらった。各課題に対する参加者の反応は、手に握ったマウスのスクロールボタンを使って計測した。

本実験は、情報通信研究機構の生体情報研究倫理審査委員会の承認のもとで実施した。実験参加者には事前に実験内容を説明した上で書面による同意を得た。

4. 研究成果

本研究は、扁桃体の視覚処理に効果的な低い空間周波数帯域が、対人距離感に与える影響を調べた。低い空間周波数帯域の視覚刺激と高い空間周波数帯域の視覚刺激を比較して、どちらがより強い不快感を引き起こすのかを解析した。低い空間周波数帯域の視覚刺激が、より強い不快感を引き起こすことを予想した。

心理実験の結果、予想とは異なって、多くの実験参加者 (78%) は低い空間周波数帯域と高い空間周波数帯域の条件で、同じような反応を示した (図 1A)。近い距離と遠い距離を比較すると近い距離でより強い不快感を報告したが、空間周波数帯域の違いによる相互作用は見られなかった。この傾向は、空間周波数処理を行っていない元の視覚刺激に対しても同様であった。

一方で、少数の実験参加者 (22%) では、仮説から予想したように低い空間周波数帯域の視覚刺激に対して、より強い不快感を報告した (図 1A)。近い距離と遠い距離を比較すると低い距離でより強い不快感が生じ、しかもどの距離に対しても全体的に、低い空間周波数帯域の条件での不快感が他の条件での不快感よりも強かった。これら少数の参加者グループでは、空間周波数帯域の違いによる相互作用が見られた。

同じ実験参加者であれば動画刺激に対しても静止画刺激に対しても同様の傾向となったことから、刺激タイプに依存しない、各実験参加者に固有の特性であることが分かった。さらに実験参加者から得た集団データにクラスター解析を適用した結果、図 1 の代表例が示すような定性的に傾向の異なる 2 つのグループが存在することを支持した。単純に実験参加者間で傾向にばらつきがあるだけでは説明しきれない結果であった。

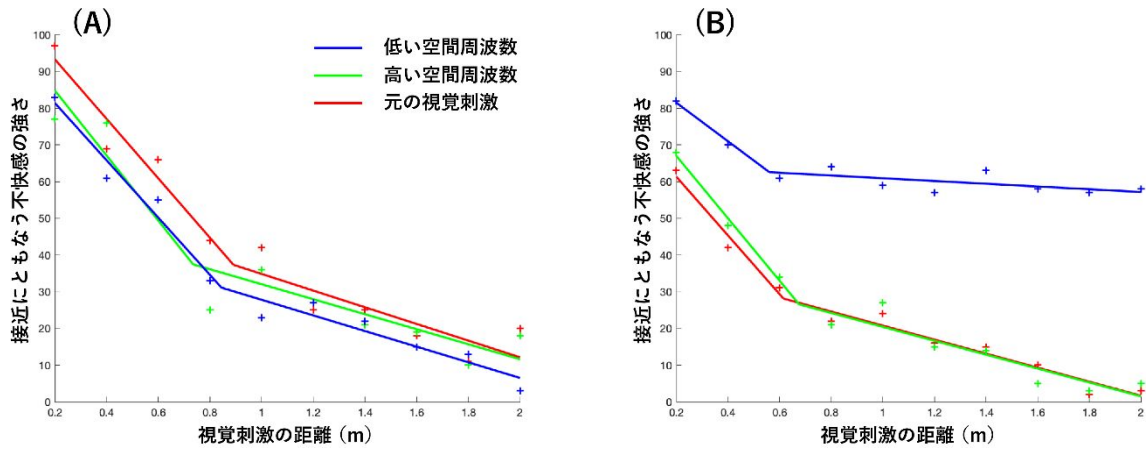


図 1 視覚刺激の距離と実験参加者が回答した不快感の関係性 空間周波数帯域の違いによる相互作用が見られなかった代表例 (A) と相互作用が見られた代表例 (B)。

どちらの参加者グループも、距離が近くなると不快感が急激に高まる傾向を示した。距離と不快感の間には、おおよ線型の関係が見られたが、その傾きは距離が近くなると急峻になった。そのため、折れ曲がった直線によるフィッティングが最適であった。データ解析により推定した折れ曲がりの発生する距離は、おおむね 0.5 ~ 0.8 m の範囲であり、実験参加者での平均値は 0.58 m であった。

接近動画に対する不快感に関して、少数の参加者グループで確認された空間周波数帯域の相互作用や、どちらの参加者グループでも見られた近い距離での急峻な不快感の上昇が、動画からの物理的な距離の推定に起因するかどうかを検討した。

不快感を回答する課題と同じ視覚刺激を呈示して物理的な距離の推定を行ってもらうと、不快感について見られた空間周波数帯域の相互作用は、推定した距離に関しては生じなかった。また、接近動画の距離と実験参加者の推定した距離の間には線型の関係が見られたが、その傾きは距離に依存せず一定であった。これらの結果は、距離の推定にバイアスが生じることで不快感が上昇するわけではないことを示している。

本研究では、扁桃体が関わる低い空間周波数帯域の視覚処理が対人距離感の認知に貢献する、という仮説を検証する実験を行った。低い空間周波数帯域の有無と接近にとともなう不快感の強さに相関が見られることを予想したが、多数の実験参加者についてはそのような傾向は見られず、少数の実験参加者でのみ確認できた。低い空間周波数帯域が有効なグループと有効でないグループに分かれることを見出した。この傾向の違いは、実験者間のデータのばらつきで説明できるものではなく定性的な違いを含むことから、対人距離感の認知に関わる脳内メカニズムの違いに起因する可能性がある。脳機能イメージングを用いたさらなる研究によって、対人距離感の認知メカニズムの個人差が明らかになると期待される。

実験参加者全体を通して、距離が近くなった場合に不快感が急激に高まる傾向が見られた。0.6 m 程度の距離で、不快感の感じ方が大きく切り替わることが判明した。接近してくる他者に対して、これ以上近づかないで欲しいとストップをかける距離が 0.6 m 程度だとする先行研究 (Kennedy et al., 2009) と一致する結果であった。この 0.6 m という距離を脳がどのような視覚情報処理を用いて推定しているのか、そして急峻な不快感の上昇を引き起こしているのかを明らかにすることが今後の課題と考えられる。

対人距離感を操作する技術の開発に向けた観点からは、当初の予想とは異なり、実験参加者全体で効果のある簡単な空間周波数処理を確認することはできなかった。ただし、少数のグループに対しては低い空間周波数帯域が有効であることが分かった。また 0.6 m という距離を境界にして不快感の感じ方が変化する特性は、実験参加者全体の傾向であった。この 0.6 m を推定する脳内メカニズムを解明していくことが次のステップである。

<引用文献>

Kennedy et al. (2009) Personal space regulation by the human amygdala. *Nat Neurosci* 12:1226-1227.

Vuilleumier et al. (2003) Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions. *Nat Neurosci* 6:624-631.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Chanseok Lim, Mikio Inagaki, Takashi Shinozaki, Ichiro Fujita	4. 巻 13
2. 論文標題 Analysis of convolutional neural networks reveals the computational properties essential for subcortical processing of facial expression	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10908
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-023-37995-0	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6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 稲垣未来男, 伊藤竜朗, 篠崎隆志, 藤田一郎
2. 発表標題 異なる表情データベースを用いて学習させた畳み込みニューラルネットワークにおけるaction unit選択性の違い
3. 学会等名 第46回日本神経科学大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲垣未来男, 佐藤優, 渡辺直樹, 林燦碩, 小松優介, 篠崎隆志, 藤田一郎
2. 発表標題 大脳皮質経路と皮質下経路が表情認識に与える影響：畳み込みニューラルネットワークと心理実験による検討
3. 学会等名 日本視覚学会2022年度夏季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林燦碩, 稲垣未来男, 篠崎隆志, 藤田一郎
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークを用いた皮質下経路の粗い情報処理の説明
3. 学会等名 ニューロコンピューティング研究会（2021-11-NC-MBE）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 赤星宏知, 稲垣未来男, 林 燦碩, 小松優介, 篠崎隆志, 藤田一郎
2. 発表標題 大脳皮質経路と皮質下経路の表情表現: 畳み込みニューラルネットワークを用いた比較
3. 学会等名 日本視覚学会2021年夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺直樹, 稲垣未来男, 林燦碩, 小松優介, 篠崎隆志, 藤田一郎
2. 発表標題 大脳皮質と皮質下における恐怖表情処理の比較: 畳み込みニューラルネットワークによる検討
3. 学会等名 日本視覚学会2020年夏季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下航平, 稲垣未来男, 藤田一郎
2. 発表標題 顔の先行呈示による運動検出処理への影響
3. 学会等名 日本視覚学会2020年夏季大会
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
---------------------------	-----------------------	----

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