

アバターの顔表情はリスクな選択を促す ～脳の扁桃体の働きが関与～

【ポイント】

- ヒトは、対峙する相手がヒトではなくアバターの顔表情の時の方がリスクを取りやすくなることが明らかに
- 上記のリスク選択は、脳内の扁桃体の活動に依存することを見出した
- アバターを介したコミュニケーションがもたらす利点と注意点を示す新たな視点を提供

国立研究開発法人情報通信研究機構^{エヌアイシーティー}(NICT、理事長:徳田英幸)未来 ICT 研究所 脳情報通信融合研究センター(CiNet)の田中敏子主任研究員及び春野雅彦室長の研究グループは、アバターを介したコミュニケーションがヒトの意思決定に与える影響を調べ、対峙する相手の顔表情(賞賛、軽蔑など)がアバターで提示された場合の方が、ヒトで提示される場合よりもリスクを取りやすくなることが明らかになりました。そして、このリスク選択の変化は、対峙する相手がどんな顔表情になるか“曖昧であること”が、アバターの場合にはより好意的に評価されることで生じることがわかりました。さらに、fMRI データの解析から、“曖昧であること”に対する評価は、脳の扁桃体¹の活動に依存することを見出しました。

本研究成果は、仮想空間や拡張現実など、アバターを用いた社会的コミュニケーションが私たちの意思決定にどのような影響を及ぼすのかを理解する上で重要な知見であり、アバターを介したコミュニケーションがもたらす利点と注意点を示す新たな視点を提供します。

本研究成果は、2025年4月23日午前3:00(日本時間)に、生物分野の重要研究を掲載する米国の科学誌「PLOS Biology」に掲載されました。

【背景】

近年、オンライン会議や接客など、仮想空間におけるアバターを介したコミュニケーションが急速に広がっています。しかし、こうしたアバターが私たちの心の動きや意思決定にどう影響するのかについての研究は、まだ始まったばかりです。特に、コミュニケーション相手の顔表情がアバターで表示された場合に、ヒトの行動がどのように変化するのかについては、これまで十分に検討されていませんでした。例えば、オンライン会議で自分の意見を述べる時(図1参照)や、バーチャル店舗で買い物をする際など、アバターを相手とする場面は日常的に増えつつあります。こうした場面において、アバターの表情が私たちのリスクを伴う判断にどう影響するのかを明らかにすることは、極めて重要です。



図1 オンライン会議で意見を述べる時に上司の顔がそのまま表示されるかアバターで表示されるかで意見の言いやすさが変わる例

【今回の成果】

本研究では、参加者に「リスク判断に関する課題」を行ってもらい fMRI 実験²を実施しました。この課題で参加者は、各試行において以下の二つの選択肢から好ましいと思う方を選びます。

- ・「確実」な選択肢…確実に少額が得られる(例: 100%で 80 円)
- ・「不確実」な選択肢…確率によって高額が得られる(例: 33%で 300 円、つまり成功すると 300 円、失敗すると 0 円)

参加者には、課題前に、参加者と同性の“観察者”と対面で面談してもらいました。そして、参加者が「不確実」な選択をした際に、“観察者”は画面越しに以下のような表情を返します。

- ・成功時には「賞賛の表情」
- ・失敗時には「軽蔑の表情」

このとき、「観察者」の表情は、実際の顔(ヒト条件)またはアバター化された顔(アバター条件)で提示され、6~13 試行ごとに切り替えられました(図 2 左参照)。

実験の結果、アバター条件の方がヒト条件よりも参加者のリスク選択が増加することがわかりました。特に「不確実」な選択肢が少しだけ有利な状況(図 2 右で期待値の差が 40、60 の時)で顕著でした。

また、このリスク選択の変化は、表情フィードバックが賞賛顔になるか軽蔑顔になるか「曖昧であること」が、アバター条件だとより好意的に評価されることで生じていることがわかりました。

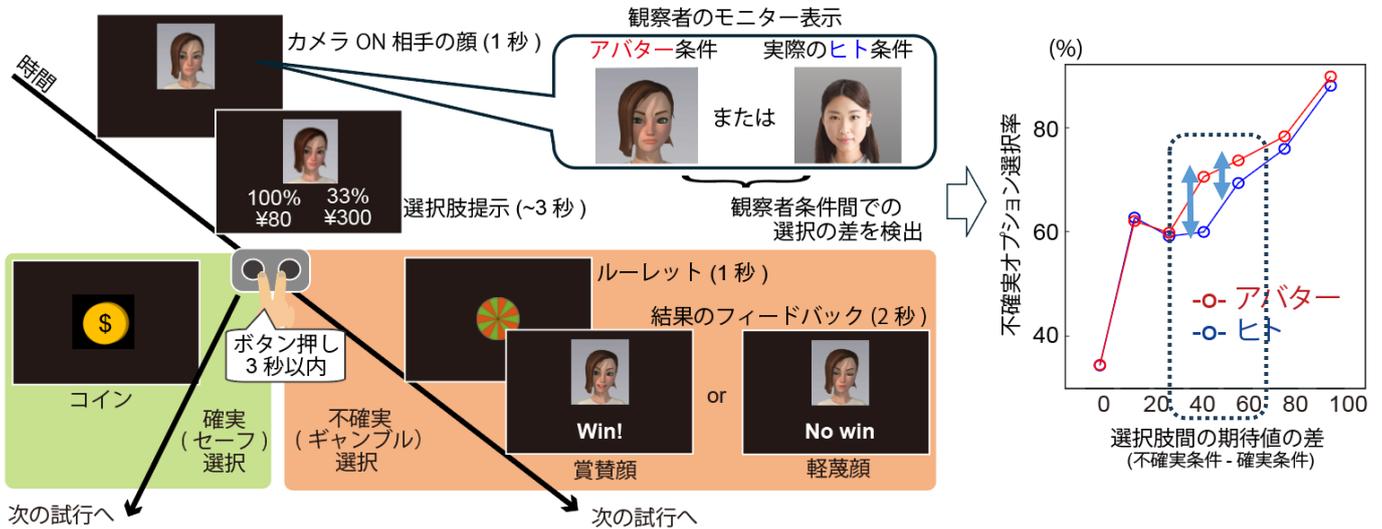


図 2 (左)リスク判断に関する課題: 参加者は 2 種類の選択肢(確実/不確実)のうち一つをボタン押しで選択する。課題中は観察者の顔がカメラ越しに表示され、行動を観察された状態で選択を行う。不確実選択をした場合には結果(win/no win)とともに観察者の表情(賞賛と軽蔑)が表示される。観察者の顔は 6~13 試行ごとに顔表示とアバター表示とで切り替わる。確実な選択をした場合は報酬を得て次の試行に進む。選択肢の報酬額、確率は試行ごとに変化する(ただし片方は必ず 100%)。(右)アバター条件におけるリスク選択の増加: アバター条件(赤)とヒト条件(青)を分けて参加者の平均の不確実選択率を示した。横軸は選択肢間の報酬の期待値の差で、右に行くほど不確実選択をした方が期待報酬が大きい。期待値の差が中程度、つまり、不確実選択の方が少しだけ有利な場合はアバター条件の方が不確実選択が多い。

さらに fMRI データの解析から、「曖昧であること」に対する評価は、脳の扁桃体の活動に依存することを見出しました(図 3 参照)。

【今後の展望】

本研究は、アバターを介したコミュニケーションがヒトのリスク選択に影響を及ぼすこと、そしてその変化の背景には扁桃体の働きが関与していることを示しました。今後は、異性のアバターや年齢差、個人の性格特性との関係、さらにはリスク選択以外の意思決定課題における影響についても、系統的に調査を進めていく予定です。

また、今回の知見をもとに、教育や対人支援といった現場でアバターを活用して意思決定を支援する方法や、アバターを利用する際の留意点について、今後さらに検討を深めていく予定です。

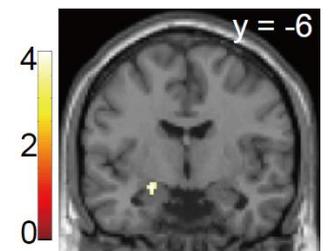


図 3 “曖昧であること”に対する評価を表現する扁桃体活動

<掲載論文>

著者名: Toshiko Tanaka, Masahiko Haruno

掲載論文名: Feedback from an avatar facilitates risk-taking by modulating the amygdala response to feedback uncertainty

掲載誌: PLOS Biology

DOI: 10.1371/journal.pbio.3003122

URL: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.3003122>

なお、本研究の一部は、JST ムーンショット型研究開発事業「2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」研究領域における研究課題「誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現」、JST 戦略的創造研究推進事業チーム型研究(CREST)「生体マルチセンシングシステムの究明と活用技術の創出」研究領域における研究

課題「サイバー社会における多重世界予測符号化の解明」(研究代表者: 春野雅彦)、科学研究費補助金 学術変革領域研究(A)「行動変容を早発する脳ダイナミクスの解読と操作が拓く多元生物学」の一環として行われました。

今回実施したすべての実験は、NICT の倫理委員会の承認を得ており、実験参加者には実験内容を事前説明の上、参加への同意を取っています。また、背景のセクションに用いたイメージ図は Microsoft Copilot で作成したものを改変して使用しました。

< 本件に関する問合せ先 >

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
脳情報工学研究室
春野 雅彦
E-mail: mharuno@nict.go.jp

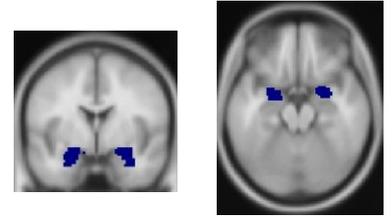
< 広報（取材受付） >

広報部 報道室
E-mail: publicity@nict.go.jp

<用語解説>

*1 扁桃体

脳の辺縁系に属する多くの動物と共通する構造で、恐怖や不安などの情動処理や顔の表情理解などを司る役割を持っている(アーモンド状の青い部分)。



*2 fMRI 実験

機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) は、脳の活動を領域の血流量の変化を用いて測定する、非侵襲的な画像技術。ヒトの脳部位の機能を詳細に調べることができるため神経科学や医療の現場で広く活用されている。

*3 情報量基準

AIC (赤池情報量規準) と BIC (ベイズ情報量規準) は、統計モデルの評価に使われる指標。どちらも「どのモデルがデータに最も適しているか」を判断するためのもの。

*4 シヤノンのエントロピー: 情報量

情報の不確かさを示す尺度で、ある出来事がどれだけ予測しにくい、を数値で表したものの。

$$\text{エントロピー} = - \sum [\text{イベントの確率} * \log(\text{イベントの確率})]$$

ここで Σ は合計するための記号で、 Σ の後に続く式をすべての可能なイベントにわたって合計する。[] の中に入っている部分が各イベントの情報量を計算する部分。本研究でのイベントは賞賛と軽蔑である。エントロピーは全てのイベントが同じ出現確率を持つときに最大値の値を取る。

*5 最尤推定法

あるモデル式のパラメータについて、元のデータが得られる確率が最も高くなるようなパラメータセットを計算して見つける方法。これにより、データに最も適したモデルを作ることができる。

*6 不安傾向のテスト STAI: State-Trait Anxiety Inventory

状態不安と特性不安を測定するための質問紙。状態不安は特定の状況で生じる一時的な不安を指し、特性不安は、日常的に感じる不安の傾向を指す。一般的に不安の程度を評価するために使用される。

*7 社会不安のテスト LSAS: Liebowitz Social Anxiety Scale

社交不安症 (他人から注視される状況で強い恐怖や不安を感じる障害) の重症度を評価するための質問紙で、様々な社会的状況における不安感の大きさと、回避傾向の強さを測定する。

*8 対人反応性指標 IRI: Interpersonal Reactivity Index

対人的な感情及び認知側面を包括的に評価するための指標で、以下の四つの側面から評価する。1) 共感的側面; 他者に対する同情や配慮、2) 視点取得; 他者の視点に立って考える能力、3) 個人的苦痛; 他者の苦痛を見たときに感じる不安や恐怖、4) 想像性; フィクションの登場人物に自分を置き換えて想像する傾向。各側面の質問項目を下に示す。各質問に対し、まったく当てはまらない(1)から非常によく当てはまる(5)の5段階で回答する。

共感的側面

- ・ 自分より不運な人々を心配し、気にかけることが多い。
- ・ 誰かがいいように利用されているのを見ると、その人を守ってあげたいような気持ちになる。
- ・ 自分が見聞きした出来事に、心を強く動かされることが多い。
- ・ 自分は思いやりの気持ちが強い人だと思う。
- ・ 他の人たちが困っているのを見て、気の毒に思わないことがある。
- ・ 他の人たちが不運な目にあっているのはたいてい、それほど気にならない。
- ・ 誰かが不公平な扱いをされているのを見たときに、そんなにかわいそうだと思わないことがある。

想像性

- ・ 自分の身に起こりそうな出来事について、空想にふけることが多い。
- ・ 小説に登場する人物の気持ちに深く入り込んでしまう。
- ・ 演劇や映画を観た後は、自分が登場人物のひとりになりきっている感じがする。

- ・ よい映画をみるとき、自分を物語の中心人物に置き換えることができる。
- ・ 面白い物語や小説を読んでいると、その話の出来事がもし自分の身に起こったらどんな気持ちになるだろうと想像する。
- ・ 映画や劇をみるときはたいいてい、引き込まれてしまうことはなく、客観的である。
- ・ よい本や映画にすっかり入り込んでしまうことはめったにない。

個人的苦痛

- ・ 非常事態では、不安で落ち着かなくなる。
- ・ 激しく感情的になっている場面では、何をしたらいいかわからなくなることがある。
- ・ 気持ちが張り詰めた状況にいると、恐ろしくなってしまう。
- ・ 切迫した状況では、自分をコントロールできなくなる方だ。
- ・ 差し迫った助けが必要な人を見ると、混乱してどうしたらいいかわからなくなる。
- ・ 誰かが傷つけられているのを見たとき、落ち着いていられる方だ。
- ・ 緊急事態には、たいいていはうまく対処できる。

視点取得

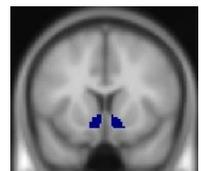
- ・ 何かを決める前には、自分と意見が異なる立場のすべてに目を向けるようにしている
- ・ 友達のことをよく知ろうとして、その人からどのように物事がみえているか想像する。
- ・ すべての問題点には2つの立場があると思っており、その両者に目を向けるようにしている。
- ・ 誰かにいらいらしているときにはたいいてい、しばらくその人の身になって考えるようにしている。
- ・ 誰かを批判する前には、自分が批判される相手の立場だったらどう感じるか想像しようとする。
- ・ 他の人の視点から物事を見るのは難しいと感じることがある。
- ・ 自分が正しいと思える時には、他の人の言い分を聞くようなことには時間を使わない。

* IRI 日本語版(出典)日道俊之・小山内秀和・後藤崇志・藤田弥世・河村悠太・Davis, Mark H.・野村理朗 (2017). 日本語版対人反応性指標の作成. 心理学研究, 88, 61-71.

Himichi, T., Osanai, H., Goto, T., Fujita, H., Kawamura, Y., Davis, M. H., & Nomura, M. (2017). Development of a Japanese version of the Interpersonal Reactivity Index. The Japanese Journal of Psychology, 88, 61-71.

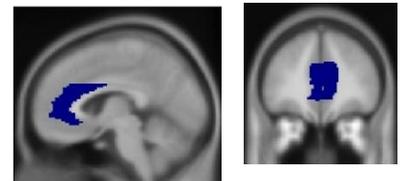
*9 腹側線条体

線条体は脳の基底核の重要な構成要素の一つであり、意思決定、感情と行動の調整、学習と記憶、運動制御などの機能を持つ。腹側と背側に分けることができ、腹側線条体には報酬処理や感情調節、意思決定を担う側坐核が含まれる。



*10 前帯状皮質

大脳半球内側面の前方部に位置する襟のような形をした領域で、報酬予測、共感や情動の処理、意思決定など多くの重要な機能に関与している。



【実験の内容と結果の詳細】

リスク判断に関する課題

参加者(行動実験:28名、fMRI実験:51名)には、観察者(参加者と同性の他の参加者)がカメラを通じて自分を見ている状況で、リスク判断に関する課題を行ってもらいました。課題では、参加者に対して以下の二つの選択肢が提示されます。

- ・ 不確実(ギャンブル)オプション:高い報酬が得られるが、成功する確率は低い
- ・ 確実(セーフ)オプション:低額だが、確実に報酬が得られる

報酬額とその確率は試行ごとに変化し、被験者にはその都度「自分が望ましいと思う方」を選んでもらいました。また、被験者には事前に「観察者はあなたの各選択について複数の観点から評価し、所定のフォームに記録します」と伝えました。

本研究では、表情フィードバックの不確実性(曖昧さ、どんな表情が返ってくるかわからないことによる期待や不安)が、実際の顔とアバターの顔では異なると仮定しました。これを検証するため、観察者は参加者のリスク選択が成功した場合には賞賛の表情を、失敗した場合には軽蔑の表情を、モニターを通じて返すようにしました。

このとき、表情が表示される顔は観察者本人の実際の顔とアバター化された顔の2種類があり、6~13試行ごとに切り替わるようにしました。使用したアバターは、男女2体ずつの計4体(いずれも中程度の魅力度)で、各参加者には1体のみが固定で使用されました(図2参照)。なお、観察者は実際にMRI装置の外に待機していましたが、課題中に提示される表情には、あらかじめ自然な表情として撮影・編集された動画を用いました。

行動データの解析では、不確実オプションを選んだ頻度を「リスク選択率」と定義し、二つの選択肢から得られる金銭報酬の期待値の差ごと(図2右の横軸)に、ヒト顔条件とアバター顔条件でのリスク選択率を比較しました(図2右の縦軸)。

異なる参加者群を用いて、行動実験とfMRI実験の2回の独立した実験を行ったところ、いずれにおいても、期待値差が中程度の条件で、アバター条件の方がヒト条件よりもリスク選択率が一貫して高くなることが確認されました(図2右は行動実験28名分のデータを示しています)。

行動データの解析の詳細

リスク選択行動に影響を与えると考えられる要因として、金銭的な条件、顔表情の条件、前の試行の結果の三つを考慮した行動モデルを作成しました。

このモデルでは、個人の行動選択を「リスク選択」と「セーフ選択」の価値として表現し、参加者はより価値が高い方を選択すると仮定します。すべての要因を含んだ「フルモデル」から、情報量基準(AIC, BIC)^{*3}を用いて、最も行動をよく説明する最適なモデルを決定しました。

<解析に用いたフルモデル>

$$\text{リスク選択の価値} = \beta_r * \text{リスク金銭成分} + \beta_f * \text{顔成分} + \beta_p * \text{前の試行の結果}$$

$$\text{セーフ選択の価値} = \beta_s * \text{セーフ金銭成分}$$

各 β は個人ごとの各要因の重み(評価)を表します。

フルモデルには以下の要素が含まれます。

- ・リスク金銭成分:リスク選択成功時の金銭報酬額、金銭報酬の分散、セーフ選択で得たはずの報酬額
- ・顔成分:賞賛顔に対する喜び、軽蔑顔に対する嫌悪、どちらの顔が返ってくるかわからない不確実性(不確実性はシャノンのエントロピー^{*4}で表現)
- ・前の試行の結果:一つ前のトライアルでリスク選択をした場合の結果(成功または失敗)
- ・セーフ金銭成分:セーフ選択をした場合に得られる金銭報酬額

モデル選択の結果、最も行動をよく説明するモデルは、以下の三つの要素を含むものでした(式 1, 2)。また、各パラメータ β の推定は参加者ごとに最尤推定法^{*5}を用いて行いました。

<最適モデル式>

$$\text{リスク選択の価値} = \beta_r * \text{リスク選択成功報酬額} + \beta_{fu} * \text{顔フィードバック不確実性} \quad (\text{式 1})$$

$$\text{セーフ選択の価値} = \beta_s * \text{セーフ選択報酬額} \quad (\text{式 2})$$

この最適モデルでは、顔表情フィードバックの不確実性に対する評価 β_{fu} を、アバター条件とヒト条件でそれぞれ別々に推定する必要があることが分かりました。実際、各参加者のアバター条件とヒト条件における β_{fu} の差が、両条件におけるリスク選択率の差と相関することが確認されました(図 4 参照)。つまり、アバター条件ではヒト条件に比べ顔表情フィードバックの不確実性に対する評価が高まることでリスク選択行動が増加することが示されました。

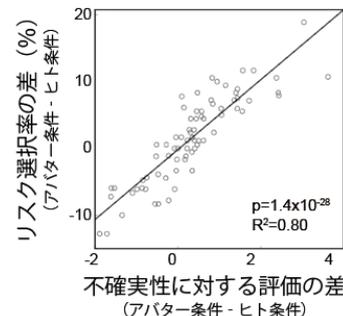


図4 不確実性に対する評価の差とリスク選択率の差の相関
参加者ごとに不確実性に対する評価の差(横軸)と、リスク選択の差をプロット(縦軸)。1点が1人の参加者を表す。

リスク選択の増加を説明する心理スコア

先ほどの解析により、アバター条件とヒト条件とでは、顔表情フィードバックの“不確実性”に対する評価が異なることが明らかになりました。そこで次に、この評価の差がどのような心理的要因によって生じるのかを明らかにするため、不確実性評価の差と性格特性との関係を調べました(図 5 参照)。観察者の見た目と参加者の行動との関係を分析する中で、私たちは特に、不安や対人関係に関する性格特性に注目しました。具体的には以下の3つの心理指標を用いて、各スコアと不確実性評価の差との関連を検証しました。

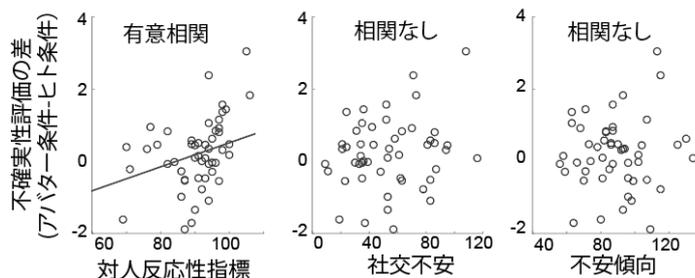


図5 性格特性スコアと不確実性評価の差の関係
質問紙を用いて測定した参加者の主観的な対人反応性、社会不安、不安傾向のスコアに対して、不確実性の評価の差をプロットした。対人反応性指標のみ不確実性の評価の差との相関を示した。

- 一般的な不安傾向を測る「状態 - 特性不安検査(STAI)」^{*6}
- 社会的状況での不安を評価する「リーボビッツ社交不安尺度(LSAS)」^{*7}
- 他者への共感性などを測る「対人反応性指標(IRI)」^{*8}

その結果、不確実性の評価の差は、「対人反応性指標(IRI)」のスコアと有意に相関していました(図5左 参照)。一方で、社交不安(LSAS)や不安傾向(STAI)とは相関が見られませんでした(図5中央及び右 参照)。この結果は、他者の感情や状態への配慮の程度が、アバターとヒトの顔表情に対する“不確実性”の評価に差を生じさせる要因であることを示します。

fMRIによる脳活動データの解析

アバター条件におけるリスク選択の増加に関わる脳活動を調べるために、参加者が二つの選択肢について考えているタイミング、つまり選択肢が提示された瞬間の脳活動に着目しました。具体的には、行動モデルから得られた指標である、顔表情フィードバックの“不確実性”に対する評価(β_{fu})の差を使って解析を行いました。この指標は、アバター条件とヒト条件の間で「どれだけ不確実性への反応が異なるか」を表しています。

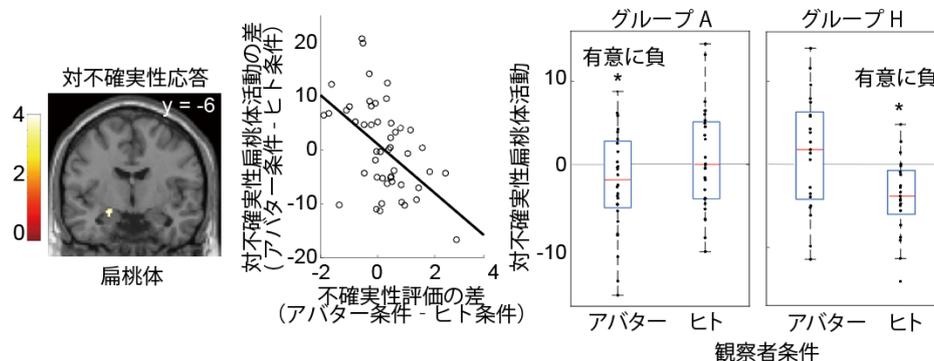


図 6 扁桃体の活動が顔表情の不確実性に対する評価の個人差を表現する

扁桃体では、アバター条件とヒト条件におけるフィードバック不確実性に対する脳活動の差が、行動から求めたフィードバック不確実性に対する評価の差と相関した(左)。実際に、行動から求めた不確実性に対する評価の差(横軸)と不確実性に対する扁桃体活動の差をプロットすると相関が見られる(中)。参加者をグループ A(不確実性の評価;アバター>ヒト)とグループ H(不確実性の評価;アバター<ヒト)に分け、各グループの不確実性に対する扁桃体の活動を調べたところ(右)両グループとも不確実性評価の低い観察者条件で扁桃体がマイナスの反応を示した。

まず、アバター条件とヒト条件で不確実性に対する評価 β_{fu} の差が大きい人ほど、脳内で“不確実性の大きさ”を表現する部位の活動の差も大きいはずと考え、そのような脳活動を示す脳部位を探しました。その結果、アバター条件で不確実性に対しより大きな評価を示す人ほど、アバター条件で扁桃体の不確実性に対する活動が低下していることが分かりました。この結果はアバター条件におけるリスク選択の増加が不確実性に対する扁桃体の活動から生じる可能性を示します。

さらに、この可能性を検証するため、参加者をアバター条件で不確実性の評価が高くより多くリスク選択が増加する人たち(グループ A; 不確実性評価、アバター>ヒト)と、ヒト条件で不確実性の評価が高くより多くリスク選択が増加する人たち(グループ H; 不確実性評価、ヒト>アバター)に分けて分析しました。グループ Aの方がグループ Hよりも多くの参加者を含みます。分析の結果、グループ Aではアバター条件で顔表情フィードバックの不確実性に対し、扁桃体がマイナスの活動を示し、逆にヒト条件ではプラスの活動を示しました。一方、グループ Hでは、ヒト条件で扁桃体がマイナスの活動を示しました(図 6 参照)。これらの結果は不確実性に対する扁桃体の活動が低いマイナスであるほどリスク選択を取りやすいことを示します。

他の脳部位との関連

同様の解析を他の脳部位にも適用した結果、腹側線条体⁹(図 7 上段参照)、腹側前帯状皮質¹⁰(図 7 下段参照)も扁桃体と同じように、アバター条件とヒト条件における顔表情フィードバックの不確実性に対する活動の差が、顔表情の不確実性に対する評価の差と相関していました。しかし、扁桃体とは異なり、顔表情の不確実性の評価がアバター条件で高い人たち(グループ A)に着目しても、アバター条件とヒト条件で顕著な差は観察されませんでした(図 7 参照)。

これらの結果は、扁桃体が不確実性の評価を通じアバター条件におけるリスク選択行動の増加に直接的に寄与するのに対し、腹側線条体と腹側前帯状皮質は、より一般的なリスク選択の意思決定に関与し、両者に強い相互作用が存在することを示唆しています。

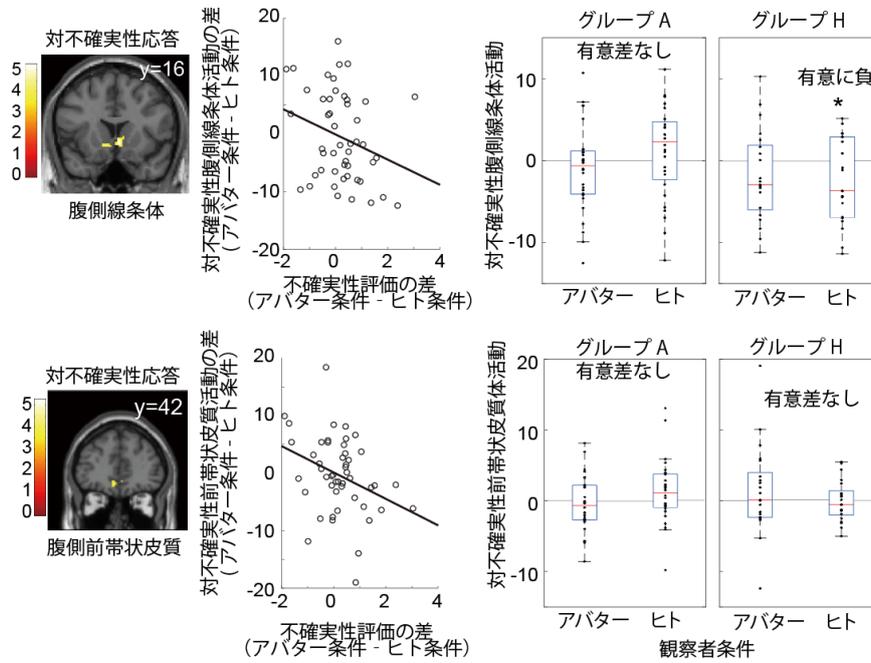


図7 他の脳部位における“顔表情の不確実性に対する評価の差と不確実性に対する脳活動の差”

図6と同様に、アバター条件とヒト条件の不確実性に対する脳活動の差が、各人の不確実性に対する評価の差(アバター条件—ヒト条件)と相関する部位を探し、腹側線条体活動差(上段)及び、腹側前帯状皮質活動差(下段)を特定した。実際に、行動から求めた不確実性に対する評価の差(横軸)と不確実性に対する脳活動の差をプロットすると相関が見られる(中)。参加者をグループA(不確実性の評価;アバター>ヒト)とグループH(不確実性の評価;アバター<ヒト)に分けて不確実性に対する脳活動を調べたところ、グループAにおいて、ヒト条件とアバター条件の差は見られなかった。