

認知バイアスデバインドを解消するための 受容性スクリーニング

寺田 努^{1,a)} 細田 千尋^{2,b)} 双見 京介^{3,c)}

概要：パブロフの犬効果などの心理効果を応用したシステムでは、認知バイアスを利用することでシステム利用者の心身に影響を与え、システムの効果を高めたり効率を上げている。その効果の高さから今後はこういった認知バイアスを利用したシステムの普及が期待されるが、認知バイアスには意図した効果と逆の効果を発現してしまうユーザが一定存在することが知られている。本研究ではこのような逆極性のユーザが、認知バイアスを活用したシステムの普及によって大きな被害を被る問題を「認知バイアスデバインド」と定義し、その解決を狙う。具体的には、ある認知バイアスに対して自分の体がどう反応するかをあらかじめ知ることができるインジケータが存在するという仮説をたて、本稿では磁気共鳴画像 (MRI: Magnetic Resonance Imaging) から得られる脳の静的な状態がインジケータとして働くことを示す。メンタルスポーツであるダーツのスコアを向上させるためのシステムを題材に評価を行った結果、脳の特定部位のボリュームと条件付けの極性および度合いが相関しており、インジケータとして動作することがわかった。

1. はじめに

コンピュータは人間社会に深く入り込み、装着あるいは保持した機器から常時情報を得ながら生活することは一般的になりつつある。例えば装着型ディスプレイを装着すると、画面を常時閲覧しながら生活することになる。このような環境において、画面の配色や提示する数値、提示オブジェクトの種類や形など様々な要素が意図せずともユーザの心身に影響を与えたと考えられる。筆者らはこれまで、生体情報を常時閲覧する場合、虚偽情報の提示によりユーザの心拍値を制御できることを明らかにした [1]。また、装着型ディスプレイに提示される情報やアイコンによって刷り込み効果が起り、提示情報に関連した実世界オブジェクトに注意が惹かれることを確認している [2]。こういった研究を進めるにつれ、筆者らは情報提示は単に閲覧効率や認知負荷を評価軸にするのではなく、人間の心身に与える

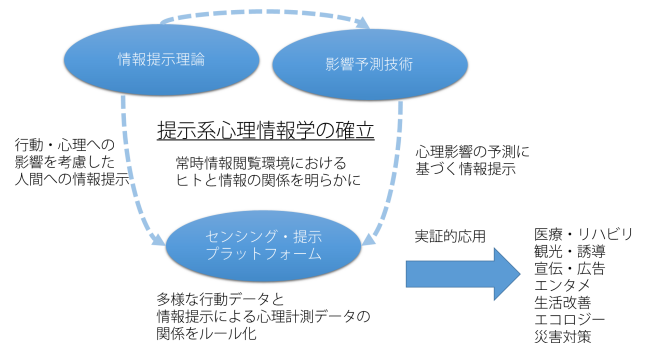


図 1 提示系心理情報学の概念図

影響を考慮したものでなければいけないと考えるに至った。この考えのもと、筆者らの研究グループでは、「提示系心理情報学」と呼ぶ新たな学問分野の立ち上げを目指し、情報提示技術の心身影響の理論化や情報提示技術の問題点の洗い出し等を行うことを狙っている。提示系心理情報学の概念図を図 1 に示す。

こういった心身に影響を与える情報提示は、心理学でいう認知バイアスを直接的に心身に作用させることによって起こると説明できる。認知バイアスを利用した情報提示は単純な情報提示と比べて、うまく利用すれば心身を望む状態に制御するなど多大な効果が得られるため、今後筆者らの研究の進展などに伴い認知バイアスを応用したシステムが当たり前になってくると考えられる。

本稿で採り上げる問題は、こういった認知バイアスを応

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University, Kobe, Hyogo 657-8501, Japan
² 帝京大学医学部生理学講座・東京大学大学院総合文化研究科
Department of Physiology, Teikyo University School of Medicine, Japan, Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo
³ 立命館大学情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan
a) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp
b) chihirohosoda@med.teikyo-u.ac.jp
c) futami@fc.ritsumei.ac.jp

用したシステムが一般的になった際の「逆極性問題」である。一般に、こういった認知バイアスには個人差があり、同じ情報提示によっても人によってまったく逆の効果を引き起こす可能性がある。例えば、心拍数を増やすようなある心理的情報提示によって、想定通りに心拍数が上昇するユーザもいれば、逆に心拍数が減少してしまうユーザも例外的に存在するため、そのような人にとっても危険な状況を生み出しかねず、社会実装への大きな壁となっていた [1]。極端な場合、認知バイアスを応用したシステムが広く普及することによって、認知バイアスに対して逆極性をもつ人々が著しく不利益を被る状況が起こる。本研究ではこれを「認知バイアスデバインド」と呼ぶことにする。

本稿では、まず認知バイアスを応用したシステムをいくつか紹介したのち、認知バイアスデバインドを回避するための方法論と明らかにしないといけない点について述べ、認知バイアス極性のスクリーニングが可能であるかについて検討する。実際に、認知バイアスを用いたダーツのスコア向上システムを題材に、脳スキャンングを用いた結果からスクリーニングの展望について述べる。

2. 認知バイアスを応用した情報提示研究

本章では、筆者らの取組みを中心に、認知バイアスを応用した情報提示研究を紹介する。

虚偽情報フィードバック [1] では、例えば図 2 に示すように体温や心拍などの生体情報を常時閲覧している場合、そこに心拍上昇などの嘘の情報提示 (虚偽情報提示) を行うことで、図 1 下に示すように人の生体情報を制御できる可能性があることが示された。例えば、重要な会議やプレゼンテーションの場では、緊張状態に至りやすく、その影響で意図した通りの発表を行えない可能性がある。しかし、心拍数の上昇から緊張状態を検知した際でも心拍数はあまり変わっていないという虚偽情報を提示すれば、平常状態であると錯覚し、実際の心拍数も低下し、落ち着きを取り戻して円滑に発表を行えるかもしれない。また、居眠り運転が原因の交通事故が多数発生しているが、眠気により生じる心拍数の下降をシステムにより妨げて眠気を覚ますことで、事故を未然に防ぎ、安全に車の運転を行えるかもしれない。さらに、運動時では運動の目的により最適とされる心拍数を維持して運動を行わせるといったシステムも実現できると考えられる。

頭部装着型ディスプレイにおけるプライミング効果評価 [2], [3] では、常時もしくは頻繁にコンピュータ画面を見るような環境において、コンピュータ画面上に存在する写真等のオブジェクトや、あるいは常時音楽を聴いているような環境における、曲間等での提示音を制御することで、ユーザを実世界の特定の事柄に引きつけられることを示している。例えば、装着型ディスプレイ上でサッカー映像を見ているユーザは現実世界にあるサッカーボール等に気づ

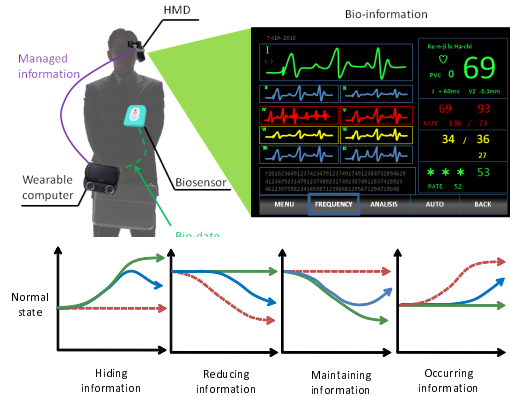


図 2 虚偽情報フィードバック

きやすくなり、野球映像を見ているユーザは現実世界にある野球用品に気づきやすくなるのがわかっている [2]。また、装着型ディスプレイの画面におけるカメラ機能のアイコンの画像を変えると、その画像内容に沿った写真を多く撮るようになることが明らかになっている [3]。

観光案内のためのスマートフォンアプリケーションにおいて、ランキング提示の仕方を制御することで観光客を誘導する研究も行われている [4]。これは、ランキング形式を採る情報推薦システムにおいては、情報の内容ではなく順位によって人間の選択がほぼ制御できるため、人によって違うランキングを見せることで人物誘導を行ったものであり、実際のイベントで運用されて得られた 2 万件以上のログをもとに行動が分析されている。観光においては、観光ルートのカスタマイズ画面における情報提示デザインがルート選択に与える影響も調査されており [5]、心理効果を用いれば観光の満足度を上げたり混雑を緩和するといったことが可能になる。

学習やトレーニングにおいては適切な情報フィードバックがその効果に大きな影響を与えることが知られている。例えばサイクリスト (自転車競技者) のペダリング練習において、ペダルの角速度をベースに音声フィードバックを行うと回転むらが減少することがわかっている [6]。また、ドラムなどの複雑なリズムパターンを学習する際には、手足を動かさずに使う手足に振動パターンをフィードバックして植え付ける作業をした方が習熟が早くなることが示されている [7]。

清水らは、時間把握感覚が頭部装着型ディスプレイからの無意味な視覚刺激によって制御される可能性があることを示した [8]。頭部装着型ディスプレイの周辺視野部分に回転するオブジェクトを表示しておくこと、その移動速度変化により人間の時間知覚が変化することを示した。その他、時刻表情報を改変することで自制心を制御するシステム [9] や、アニメーションで口の動きを頭部装着型ディスプレイ上に表示することで複数の音声発生源から特定のものを聞こえやすくさせる技術 [10] など、人間の知覚を変化させる

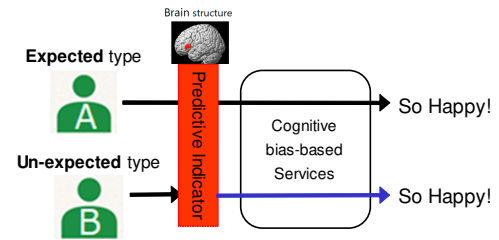
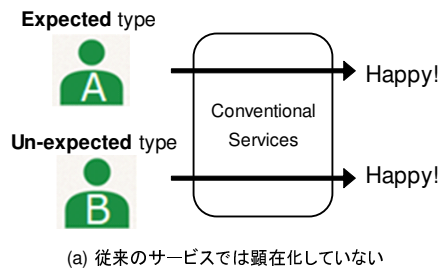


図 4 受容性スクリーニングのイメージ

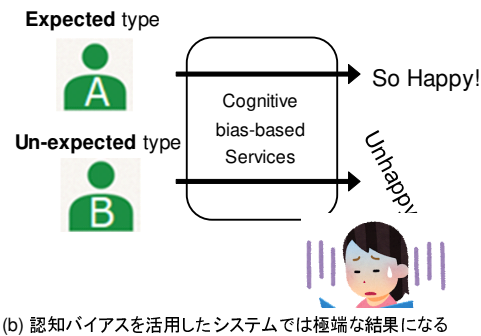


図 3 認知バイアスデバイドのイメージ

方法は多数提案されている。

これらの研究は、認知バイアスを活用して効果的な情報提示を行う研究であり、有意に効果があることが示されているが、それぞれの評価実験において、「効果無し」「逆極性」の被験者が存在している。上記研究においては例えば70%の被験者に効果があった、といった結論は問題ないが、実際に上記のようなシステムが社会実装されることを考えると、逆極性の被験者を放置しておいては深刻な問題が起る可能性がある。

3. 受容性スクリーニング

前章で述べたような認知バイアスを応用したシステムが広く普及した場合、「逆極性問題」が起こる。一般に、認知バイアスには個人差があり、特に問題となるのはある認知バイアスに対して意図とは逆の効果を生じてしまう人々がいることである。認知バイアスを応用したシステムが広く普及していなければ、そういった特性をもつ人々は特にひどい目に遭わずに生活している(図3(a))。一方、認知バイアスを応用したシステムが広く普及していた場合、逆極性をもつ人々はそのシステムから大きな被害を受ける可能性がある(図3(b))。このような、認知バイアスへの極性によって生きやすさに大きな違いが生じることを筆者らは「認知バイアスデバイド」と名付け、この問題を解決するための取組みを行うことが本研究の目的である。

一般に、心身への影響はユーザ毎に一貫性があり、想定通りの影響を受けるユーザは一貫して想定通りの影響を受け、逆極性の影響を受けるユーザもその効果は一貫している。もし実際に情報提示を適用する前に、その極性を含め

た影響を個人ごとに予測できれば、サービスを取捨選択したり、サービスをカスタマイズしてうまくシステムを機能させることが可能となる(図4)。

3.1 仮説

ここで、認知バイアスの受容性に関して下記のいくつかの仮説をたてる。

- (1) 特定の認知バイアスに対する受容性(順極性、逆極性、効果無)は、個人内で一貫している。
- (2) 受容性をあらかじめ知ることができるインジケータが存在し、それはセンサ等によって計測可能である。
- (3) 同カテゴリの認知バイアスもしくは異種カテゴリの認知バイアスの極性も一貫している。つまり、ある心理実験において逆極性になる人間は、別の心理実験においても逆極性になる。
- (4) 受容性は時間とともに変化し、なんらかのトレーニングにより意図的に更新できる。

仮説(1)は本研究の大前提である。そもそも個人内で特定の認知バイアスに対する反応が一貫していなければスクリーニングすることは不可能であり、サービスに対してなんらかの形で対処することは難しい。一方で、この仮説はこれまでの多数の心理実験やインタフェース評価実験で実証されており、本稿では検証の必要はないとする。仮説(2)は、その受容性が計測可能であるとしたものである。本稿では仮説(2)におけるインジケータを発見し、可能性を示すことが目的となる。仮説(3)はインジケータの適用範囲を計るものであり、もし、「プラセボ効果」「刺激による条件付け」などの認知バイアスのカテゴリごとに受容性の個人内一貫性があるならば、認知バイアスの種類ごとにスクリーニングを行っておけば自分がシステムに対してどのような反応を起こすかがあらかじめわかることになる。また、もしあらゆる認知バイアスに同じ受容性を示すのであれば、一度スクリーニングを行えばさまざまなサービスをパーソナライズすることが可能になる。

もし、仮説(4)が成り立たないのであれば、いったんスクリーニングを行えばよいため、スクリーニング手法は複雑であったり、時間や金銭コストがある程度かかるものでもよい。仮説(4)が成り立つ場合、定期的にスクリーニング作業を行う必要が生じるが、そのとき仮説(3)が成り立

てば計測の手間は大きくなく、例えば毎年の健康診断等の検査項目に入ることによってスクリーニングが行える。仮説(3)が成り立たない場合、簡易なスクリーニング方法を確立する必要があるが、一度の計測で複数の認知バイアスに対する反応を計測できるような仕組みがあればいいため、複雑なスクリーニング方法でも社会導入できる可能性がある。また、仮説(4)が成り立つとしても、その変化速度次第で必要なスクリーニング間隔が変化する。よって、これらの仮説検証を進めることで、スクリーニングに必要となる要件が明らかになると考えられる。本稿では、次章においてMRIによる認知バイアス受容性スクリーニング手法を提案し、刺激による条件付けにおいてスクリーニングを行うことによって仮説(2)の検証を目指す。仮説(3)および仮説(4)に関しては考察するにとどめるが、仮説(2)が正しかった場合、引き続き以降の仮説を検証していく。

3.2 MRIを用いたスクリーニングの提案

筆者らはこれまで、個性創出の要因になる精神・認知機能の定量化・予測指標として脳情報が有用であること、脳・心理情報をもとにパーソナライズする学習システムによる介入が行動の開始・継続を促進すること、を明らかにしてきた[12], [13], [14]。そこで本研究では、脳情報をもとにした認知バイアス受容性スクリーニングの可能性について検討する。具体的には、被験者への認知バイアス提示における介入前・介入後において、東京大学駒場キャンパス内に設置されている3T-MRIを利用し、マルチモダルイメージングに脳機能・構造情報を取得する。さらに、個人特性の詳細情報として知能データ、各種性格特性データの取得も行う。マルチモダルな脳情報と知能データを含めた各種認知情報を用いて、介入によって順極性の効果が得られた群と逆極性の効果が得られた群で比較を行う。それにより、心理影響の個人差と脳機能構造の個人差の関連性を明らかにし、スクリーニングを実現する。また、介入前後の脳情報や認知・行動情報を比較することで、介入により受容性および脳機能・構造が変化し、受容性が更新できることについても検証する。

4. 条件付け刺激の影響極性判別実験

3章で述べた仮説2の検証として、本稿では、条件付け刺激による影響の極性(以降では影響極性と呼ぶ)のスクリーニングのために、3.2節で述べたMRIを用いたスクリーニング手法が有効かを検証した。

4.1 条件付け刺激による影響について

本実験でいう条件付け刺激とは、レスポナント条件づけによって特定の体験や印象と条件づけられた知覚刺激を指す。レスポナント条件づけとは無意識的な学習原理のひとつであり、この原理によって、特定の体験時に繰り返

し知覚した刺激を後に知覚することで特定の心身の状態が誘発されることが知られている。例えば、イワン・パブロフの犬の実験では、聴覚刺激に唾液が出る反応を条件づける例が示されている。筆者らは、この現象を利用した先行研究[11]において、ダーツゲームを題材として、成功か失敗の体験と聴覚刺激の条件付けを扱った実験から以下を確認している。これらをもとにして、本実験を進める。

- 条件づけ刺激の知覚によるダーツスコアの変化
筆者らの先行研究では、投矢の直前に知覚する音が、ポジティブな条件付け刺激かネガティブな条件付け刺激かによって、投矢の結果が変化するかを検証した。ここでのポジティブな条件付け刺激は、成功体験時に繰り返し知覚した刺激を指し、ネガティブな条件付け刺激は、失敗体験時に繰り返し知覚した刺激を指す。結果から、被験者全体の傾向として、ポジティブな刺激を知覚した際のダーツスコアの方が、ネガティブな刺激を知覚した際のダーツスコアよりも、良くなった..
- 条件づけ刺激による影響極性の個人ごと違い
被験者が受けた影響極性を、一般的な期待通りの影響を意味する「順極性」と、その期待と逆の影響を意味する「逆極性」の2つに定義した結果、被験者全体の傾向としては順極性であったが、逆極性の被験者も一定存在した。

4.2 検証の手順

本実験では、条件付け刺激による影響極性を、MRIで計測した脳に関する情報からスクリーニングができるかを以下の手順で検証する。

(1) 脳情報の測定

脳の情報の指標を脳領域ごとの体積とし、これをMRIを用いて測定した。ここでいう脳領域の体積は、灰白質と呼ばれる神経細胞の細胞体が存在している部分の体積である。

(2) 影響極性の測定

条件付け刺激による影響極性を表す指標のスコア(以降、影響極性スコア)は、ポジティブな刺激の知覚後のスコアとネガティブな刺激の知覚後のスコアの差として定義した。ここでいうスコアは、ボード中心を狙って投矢した際の、ボード中心から矢の命中位置までの直線距離を指す。よって、影響極性スコアが負の者は順極性、正の者は逆極性となる。詳細な測定手順は4.3節で述べる。

(3) 影響極性に関する脳領域の解析

この段階で、影響極性に関わっている脳領域を特定する。このために、影響極性スコアと各脳領域の体積の2つを変数として、Voxel based morphometry (VBM)を用いて、影響極性スコアと相関のある体積をもつ脳領域を解析した。VBMは、脳全体を対象にして脳領

域ごとの体積などを探索的に評価する手法である。

(4) 脳領域の機能連結の調査

ステップ3で特定した脳領域が人に何の機能を果たす神経ネットワークに属しているかを、安静状態機能的MRI(rs-fMRI: resting-state functional MRI)を用いて調査した。rs-fMRIとは、安静にしているときの脳内の血流からわかる脳活動をもとにして、脳領域間の機能的な結合を解析する手法である。これには、東京大学駒場キャンパスにて進化認知科学研究センター・MRI運営委員会が管理する、Electrical Geodesic社製fMRIを用いた。

4.3 影響極性の測定について

前述の手順2の影響極性の測定は次のように行った。ここでの目的は、条件づけ刺激による影響極性スコアの算出のための2つのデータの収集で、1つはポジティブな条件付け刺激を知覚した直後の投矢のスコアで、2つ目はネガティブな条件付け刺激を知覚した直後の投矢のスコアである。ここでいうスコアは、ボード中心を狙って投矢した際の、ボード中心から矢の命中位置までの直線距離を指す。実験に使用したシステムは、電子ダーツボード、据え置き型スピーカから成り、アプリケーションはMicrosoft Visual C#で作成した。

ダーツゲームのルール

1ゲームは20投で構成される。そして、前述したダーツスコア指標の累積ポイントで競う。ポイントは、ダーツスコア指標が7cm以内を成功として10点、その他は失敗として0点が加算される。報酬として全被験者のダーツスコア上位半数には、全被験者の実験終了後に、金券が提供されることと、全被験者のダーツレベルが同程度であることを伝える。ただし、実際に金券の提供は行わない。今回の成功の閾値は成功率50%を狙った。また、報酬獲得のための被験者の感じる主観的な期待も50%となることを狙った。

実験手順

この実験は3段階で、事前準備段階、条件付け段階、実践段階からなる。

1. 事前準備段階

本段階の目的は、被験者がダーツゲームを行うための基礎的な技術を習得することである。被験者は、ダーツの一般的な矢の持ち方や投矢フォームをプロの投矢動画や説明書を見ながら最大10分練習する。実験者は被験者の矢がボードに命中する点と3投に1投で成功する程度になる点を確認する。また、前述したダーツゲームを最後の実践段階で行うことも伝える。この際、被験者には矢を目線で止めるエイム動作を必ず行うように指示する。これは後の実践段階において、このエイム動作時に刺激の提示を行うためである。

2. 条件付け段階

本段階の目的は、聴覚刺激と体験の条件づけである。これを行うために被験者は、実践段階のダーツゲームと同じルールのゲームを練習として行う。また、聴覚刺激と体験の条件づけは、ゲーム中の成功時にチャイム音を提示し、失敗時にブザー音を提示することで行う。チャイム音とブザー音は、ポジティブな認識とネガティブな認識が、すでに一般的に持たれている音を選択している。そして、この前者のチャイム音は成功体験と条件付けをしたよりポジティブな刺激となり、後者のブザー音は失敗体験と条件付けをしたよりネガティブな刺激となる。音の提示は結果認識後0.2~0.5秒で行われる。音の長さは1秒未満である。

3. 実践段階

被験者は前述した所定のダーツゲームを2セット行う。刺激の提示は投矢動作認識時で矢を目線で止めるエイム動作の直前で行われる。1セットで提示される2つの条件付け刺激の割合は半分ずつである。そして、2つの条件付け刺激の提示順序はランダムであり、2セット目での提示順序は、1セット目の2種類の条件付け刺激の順番を逆にしたものである。これによって収集するデータは、被験者ごとに投矢スコアが40個、その内訳は刺激ごと投矢スコアが20個ずつである。

その他の実験条件

被験者は41名(男性23名、女性18名)、実験者は2名である。実験者は実験の趣旨や意図を理解していない者であり、ブラインドの状態の実験を実施するために雇用された者である。ダーツボードまでの距離・高さは公式ルールと同じである。刺激は実験者が手でコンピュータを操作して提示している。時間的なスケジュールの目安は、投矢間隔30秒、ゲーム間隔2分としている。本実験は東京大学の倫理審査の許可のもとに行っている。

4.4 結果と考察

VBMの結果、影響極性スコアと左側の下前頭回(Left IFG: Inferior Frontal Gyrus)の間に有意な相関が認められた($R = 0.67$, $p < 0.05$)。下前頭回は、ヒトの脳の前頭葉に存在する脳回であり、今回特定された左側の下前頭回は図5の赤い点の部分である。図6に、影響極性スコアと左下前頭回の体積の散布図を示す。安静状態機能的MRIの結果、左IFGは脳基底核(caudate thalamus)に機能連結があるとわかった。これはIFG-基底核とされる部分であり、報酬系のループに関わっているとされている。この報酬系のループとは、例えば、報酬のようなポジティブなものや罰のようなネガティブなものを得た際の脳の活動に関係するネットワークである。

この実験の仮説の1つは、被験者ごとの影響極性を事前に把握できるインジケータが計測可能な形で存在すること

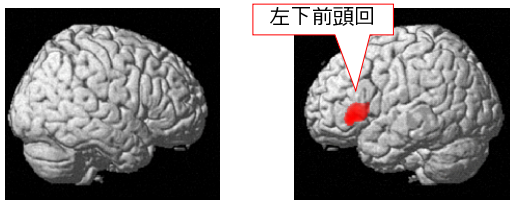


図 5 左図: 右側面から見た脳, 右図: 左側面から見た脳, 赤い点: 左下前頭回

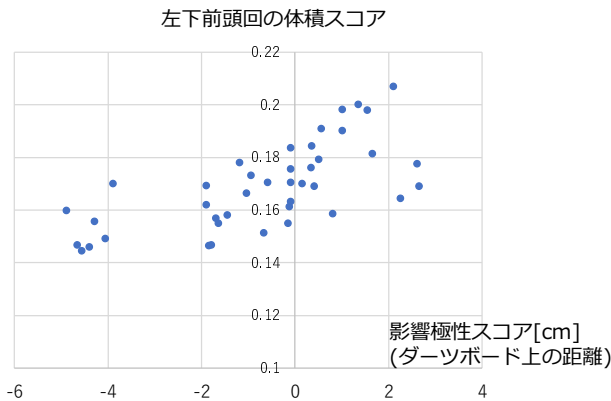


図 6 体積スコアと影響極性スコアの関係

であった。本実験の結果はこの仮説を支持している。VBMで影響極性スコアと左下前頭回に有意な相関が確認された結果は、左下前頭回の体積を把握していれば、条件付け刺激の知覚によって人が受ける無意識的な影響の極性を、事前に把握できることを示している。そして、インジケータである脳領域ごとの体積の情報は、MRIのような画像処理技術によって計測可能であることがわかった。これらの結果から、今回実験で利用した条件付け情報による影響極性は、センサで測定した脳情報から事前に把握できることを確認した。

この実験で検討すべきもうひとつの項目は、今回の条件付け刺激による影響極性を決める個人特性が、どういったものであったかである。実験の結果はこれを示唆するものであった。安静状態機能的MRIで、今回の影響極性スコアと相関のある脳領域が報酬系ループに関わる神経系に属していることがわかった。この結果は、今回の影響極性を起こした個人特性は、報酬や罰といったポジティブやネガティブな何かを知覚した時の反応に関するものであったことを示唆している。今回の実験において扱った条件付け刺激は、ポジティブやネガティブな意味をもつものから、これらの知覚による無意識的な影響が、報酬や罰を知覚した際の反応に関わる神経に起因していたことは妥当な結果であったと考えている。

これらに加えて、今回の実験結果は、個人特性を表すための既存のあらゆる指標が、本研究でいう影響極性をスクリーニングできるインジケータになる可能性を示した。個人特性を表す指標や測定手法には脳以外のものもあり、例

えば、質問紙を用いた性格調査アンケートや、細胞を用いた遺伝子検査がある。影響極性をスクリーニングするインジケータに脳情報になり得ることを本実験で確認したことから、個人特性を表す他の指標も同様の役割を担える可能性があると考えている。

5. おわりに

本稿では、認知バイアスを応用したシステムについて紹介し、このようなシステムが普及することで、逆極性の受容特性をもつ人々が断絶される「認知バイアスデバインド」が起こる可能性について述べた。その解決手段として、情報提示に対する受容性スクリーニングを提案し、MRIを用いた手法について検討した。実際に刺激による条件付けを用いたダーツ時のメンタル制御システムにおいてスクリーニング技術の評価を行い、MRIが受容性スクリーニングに活用できる可能性を明らかにした。

一方、今後の課題は山積しており、3章仮説(3)(4)で述べたように認知バイアス極性の異種カテゴリ適用性、時間変化の可能性等については検討できていない。そのため、今後は多種の認知バイアスに対する受容性解析を行い、「認知バイアスデバインド」が起こらない仕組みを確立することを目指す。また、脳計測以外のセンシングによるスクリーニングの可能性についても検討を進める必要がある。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(JST CREST, 課題番号JPMJCR18A3)によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 中村憲史, 片山拓也, 寺田 努, 塚本昌彦: 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 1433-1441 (Apr. 2013).
- [2] 磯山直也, 寺田 努, 塚本昌彦: ユーザの関心事へと引き込みを行なう常時映像閲覧システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 17, No. 1, pp. 39-52 (Feb. 2015).
- [3] N. Isoyama, T. Terada, M. Tsukamoto: Comparative Evaluation of Priming Effects on HMDs and Smartphones with Photo Taking Behaviors, Proc. of the 2018 International Conference on Cognitive Computing (ICCC 2018), pp. 71-85 (June 2018).
- [4] R. Shen, T. Terada, M. Tsukamoto: A Method for Controlling Crowd Flow by Changing Recommender Information on Navigation Application, International Journal of Pervasive Computing and Communications, Vol. 12, Iss. 1, pp. 87-106 (Feb. 2016).
- [5] R. Shen, T. Terada, M. Tsukamoto: A Navigation System for Controlling Sightseeing Route by Changing Presenting Information, Proc. of the 5th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing (DEMoC-2016), pp. 317-322 (Sep. 2016).
- [6] 奥川 遼, 村尾和哉, 寺田 努, 塚本昌彦: 聴覚フィードバックを利用したペダリングトレーニングシステム, コンピュータソフトウェア(日本ソフトウェア科学会論文誌), Vol. 33, No. 1, pp. 41-51 (Feb. 2016).
- [7] 菅家浩之, 寺田 努, 塚本昌彦: フレーズ内在化のための

- 学習フェーズ分離による打楽器学習支援手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 1, pp. 236-245 (Jan. 2018).
- [8] T. Shimizu, K. Futami, T. Terada, M. Tsukamoto: In-Clock Manipulator: Information-Presentation Method for Manipulating Subjective Time using Wearable Devices, Proc. of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM 2017), pp. 223-230 (Nov. 2017).
- [9] K. Futami, T. Terada, M. Tsukamoto: A Method for Controlling Arrival Time to Prevent Late Arrival by Manipulating Vehicle Timetable Information, Journal of Data Intelligence (2019, to appear).
- [10] N. Isoyama, T. Terada, M. Tsukamoto: Evaluating Effects of Listening to Content with Lip-sync Animation on Head Mounted Displays, Proc. of 4th International Workshop on Ubiquitous Technologies for Augmenting the Human Mind (WAHM 2017), pp. 666-672 (Sep. 2017).
- [11] 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 条件づけ刺激を用いたメンタル機能制御支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 5, pp. 1025-1036 (May 2017).
- [12] 細田千尋, 花川 隆: 能力獲得に伴う脳可塑的变化の検討 - 多次元イメージング法による可視化 -, 精神科, Vol. 25, No. 2, pp. 108-216 (July 2015).
- [13] C. Hosoda, M. Hamada, H. Maeshima, Y. Nonaka, and K. Okanoya: Development of Temporal Cortex can Predict L2 Listening Learning Success, Journal of the Neurological Sciences, Vol. 381, pp. 188-373 (2017).
- [14] C. Hosoda, M. Hamada, H. Maeshima, Y. Nonaka, and K. Okanoya: Predictor of Programming Language Learning Success: The development of the Inferior Frontal Cortex and the Supramarginal Cortex, Organization for Human Brain Mapping, p. 2151 (June 2018).