

ゲームの試行直前の聴覚刺激がスコアに与える影響について

双見京介¹ 寺田 努^{1,2} 塚本昌彦¹

概要：ウェアラブル機器やモバイル機器といった情報提示機器の急速な普及に伴い、情報提示機器のどんな要因がユーザにどんな影響を与えているのかを理解することが、情報提示機器の設計において重要な課題になっている。この背景から過去に筆者らは、学習原理であるレスポナント条件づけから着想を得て、情報提示システム使用時に特定の状況において同一の情報が繰り返し提示された場合に、無意識的な学習によって提示情報と提示状況が条件づくことに着目した研究を行い、特定の体験と条件づけた聴覚刺激によるユーザの心身への影響をダーツゲームの結果から調査した。これに続いて本稿では、条件づけをしていない聴覚刺激による心身への影響を調査することで、条件づけの有無によって聴覚刺激の影響がどのように変化するのかを調査する。評価実験では、実験で用いる聴覚刺激を成功体験（および失敗体験）と条件づける学習を行った被験者 12 名と、条件づける学習を行っていない被験者 14 名を対象にし、ダーツゲーム用に実装した情報提示システムを用いて、ダーツの試行前に提示された聴覚刺激によるダーツ結果への影響を評価した。評価結果から、条件づける学習の有無によって聴覚刺激の影響力が変化することを確認し、システム利用時に特定の状況・体験において同一の情報が繰り返し提示され得るすべての情報提示システムの設計においては、その学習によって条件づいた情報による意図しない影響を考慮する必要があるとわかった。

1. はじめに

近年のコンピューティング技術の発展に伴い、スマートフォンなどのモバイル機器やヘッドマウントディスプレイ (HMD) などのウェアラブル機器といった情報提示機器が急速に普及している。これに伴い、人々は情報提示機器からの提示情報を、あらゆる場面で常時、あるいは高頻度取得するようになり、提示情報の知覚量はこれまでに比べて各段に増加している。こういった状況において予測される問題として、提示情報の様々な要因が意図せず人の心理や身体 (心身) に与える影響が考えられる。

この背景から、筆者らの集団は、提示情報によるユーザの心身への影響の調査やその影響を考慮した情報提示システムの設計を行ってきた。例えば、心理学におけるプライミング効果から着想を得て、HMD やスマートフォンなどの情報提示機器上の視覚情報によってユーザの認知や行動が誘導される現象に着目した研究 [1] や、心理学におけるプラセボ効果から着想を得て、正確な測定値を提示する信頼性が一般的にあるはずのコンピュータから、虚偽の情報が誤って提示された場合にユーザの心身に意図しない影響

がおよぶ現象に着目した研究 [2] などがある。

これらに続いて筆者らは過去に、学習原理であるレスポナント条件づけから着想を得て、提示情報と提示状況の関係を無意識的に学習することによる影響に着目した研究を行った [3]。具体的には、情報提示システム使用時の特定の状況・体験において同一の情報が繰り返し提示された場合に、その時のユーザの心身と提示情報との関係が無意識的な学習によって条件づき、その条件づいた情報が意図しない影響 (例：条件づいた状況の心身の状態を誘発する) をユーザに与え得るという仮説を抱いた。そしてその調査のために、成功体験 (失敗体験) と条件づけることで強いプラス (マイナス) の認識がもたれた聴覚刺激を作成し、その刺激がユーザの心身に与える影響を、メンタルや認知、運動機能の測定指標となるダーツゲームのゲーム結果で評価し、ゲーム結果が有意に変化するがプラス (マイナス) の刺激の影響がユーザ毎に異なることを確認した。ユーザ毎に異なるとは例えば、成功体験と条件づけた強いプラスの認識があるはずの聴覚刺激によって好影響を得る者と、逆に失敗体験と条件づけた強いマイナスの認識があるはずの聴覚刺激によって好影響を得る者がいることを確認した。そして、その影響を利用して、プラス (マイナス) の条件づけ刺激を自動で作成して、ユーザごとに好影響を与える刺激を提示して心身の状態を補強するウェアラブルシステムを

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Grad. School of Engineering, Kobe University

² 科学技術振興機構さきかけ
JST PRESTO

提案した。

この研究で未解決のリサーチクエスト (RQ) は、条件づけた聴覚刺激による影響が個人ごとに異なった原因が、条件づけという学習にあったのか否かを明らかにしていない点であった。原因が提示情報の特性 (プラスとマイナス) によるものではなく学習にあると明らかになれば、情報提示システムを利用している間に起こる、提示情報と提示状況の関係に関する無意識的な学習による影響が、システム利用時に考慮すべきものとわかることになる。

一方で、この RQ への回答につながる知見がある。具体的には、プラス (マイナス) の認識が一般的にある情報が、人の心身に好影響 (悪影響) を与えることを示す文献があり、例えば、プラスの情報で自律神経機能 [4] や運動機能 [5]、認知機能や努力量 [7] などに好影響を与えた報告がある。ここでいうプラス (マイナス) の情報とはプラス (マイナス) の連想を生む情報すべてを指し、例えば、ファンファーレ音 (ブザー音) などはプラス (マイナス) の情報であり、視覚や聴覚情報以外にも暖かい (冷たい) 温度の触覚情報などもそれに含まれる。

これらを踏まえると、プラス (マイナス) の情報が心身に与える影響は本来は好影響 (悪影響) のはずであるため、その影響を先行研究において個人毎に異なるように変化させた原因は条件づけの学習にあったと考えられる。もしこの考え通りならば、システム利用時に特定の状況と提示情報との間で何らかの学習をユーザがし得るすべての情報提示システム的设计においては、その学習による意図しない影響を考慮する必要があるということになる。

そこで、本稿では、提示情報に対する条件づけの有無による影響の違いを確認して上記の RQ を明らかにするために、成功体験 (失敗体験) との条件づけをしていないプラスとマイナスの聴覚刺激によるユーザの心身への影響を調査し、条件づけを行った先行研究における実験結果と比較調査をする。さらに、本稿では、条件づけをしていないプラスの聴覚情報が全体に一貫して好影響を与えるということを利用して、ユーザの心身を無意識的に向上させてあらゆる活動の試行結果を向上させる情報提示システムを提案する。具体的には、ユーザが行っている活動において、心身の機能向上が望まれる試行のタイミングを動作情報や生体情報から認識して、プラスの聴覚刺激を提示することで、ユーザ側の意識的な努力無しに、ユーザの心身の状態を向上させる。評価実験では、RQ を明らかにするために提案システムの実現可能性を確認するために、認知・運動・メンタル機能の測定指標となるダーツゲーム用に実装したプロトタイプシステムを用いて、その提示刺激が心身に与える影響をダーツゲームの競技結果から 14 名の被験者を対象に評価する。そして、提示情報に対する条件づけの有無が異なる 26 名の被験者の実験結果から条件づけの有無による影響の違いを調査する。

本稿は以下のように構成されている。2 章で関連研究について述べ、3 章では提案システムの設計と実装について述べる。4 章で提案システムの評価実験と考察を行う。最後に 5 章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

本稿では、ダーツの試行直前に提示される、プラス (マイナス) の一般認識がある聴覚刺激がユーザの心身に与える影響を調査する。この現象はプライミング効果である。プライミング効果とは、先行する知覚刺激が後に身体的・心理的な影響を当事者の意識無しに与える現象で、無意識に接触したカテゴリの語句が後続する発言のカテゴリに影響するという単純な例から、高齢者に関する語句への無意識の接触によって後の歩行速度が減速するという高度な例 [8] まである。本稿でいうプラス (マイナス) の情報とは、プラス (マイナス) な連想を生む情報のことある。その影響は当事者の状況や活動内容の種類、人格によって変わり得るが、プラスの情報で好影響を与える例としては、ポジティブな映像で自律神経機能が回復する例 [4] などがある。また、プラス (マイナス) の情報によるプライミング効果の例もあり、把持の最大値や反応速度などの運動機能が直前のポジティブな単語によって向上する例 [5] や、話の印象判断などの認知的機能が直前の単語のカテゴリがポジティブかネガティブかによって影響される例 [6]、学校の定期テストへの努力量や成績が数十日前に接触したポジティブな単語によって向上する例 [7]、高度な例としては援助行動という正しい行いが看護師というプラスの連想に繋がる単語によって促進される例 [9] などがある。

本稿のように、情報提示機器からの提示情報によるユーザへの無意識的な影響を調査し、その影響を利用することで、ユーザにとって望ましいことの無意識的な達成をさせる情報提示システムを提案している研究例は多くある。磯山ら [1] は視覚情報のプライミング効果による影響を調査し、ユーザにとって気づくことが望ましい対象に関連する視覚映像をディスプレイ上に常時提示することで、ユーザの意識的な努力無しに、気づきたい対象に気づかせるためのシステムを提案した。また、中村ら [2] は、生体情報の虚偽情報をフィードバックした際の生体情報への影響を調査し、虚偽情報を用いて心拍などの生体情報を適正な値に望ましく制御するためのシステムを提案した。その他の例として、伴ら [10] は時計の針の速度を視覚的に変化させることで作業効率を向上させるシステムを提案しており、吉田ら [11] は、鏡を模したディスプレイ上の自身の表情をポジティブに変化させることで感情を向上させる情報提示システムを提案している。また、鳴海ら [12] は、食事対象のサイズを視覚的に変化させることで食事摂取量を削減する情報提示システムを提案しており、廣瀬ら [13] は、食事対象の重さを触覚的に変化させることで味覚を操作する情報

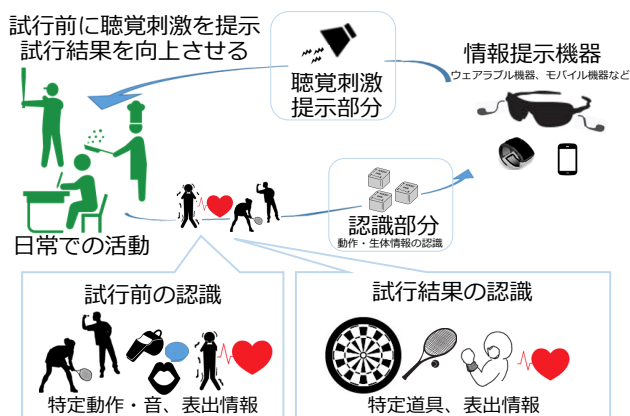


図 1 システムの流れと構成

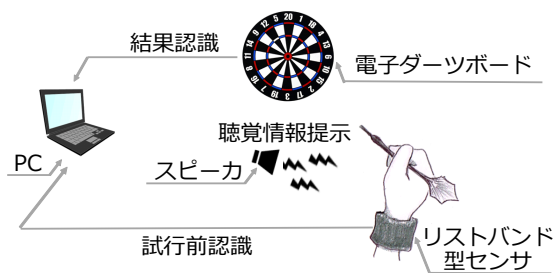


図 2 ダーツゲーム用システム図

提示システムを提案している。

3. システム設計

本システムは、プラス（マイナス）の認識のある聴覚情報がユーザの心身に与える影響を評価するものであり、また、プラスの聴覚情報の提示によってユーザの心身の状態を向上させることで、ユーザの意識的な労力なしに、ユーザの行っている活動における試行結果を向上させることを狙った情報提示システムでもある。

本研究では、プラスとマイナスの情報を扱う。これは、プラスやマイナスというカテゴリに一般的に属すると認識される情報のことで、例えばポジティブやネガティブな連想を生む情報（例：チャイム音やブザー音）を指し、個人的にプラスの認識がある情報（例：四輪車好きにとっての四輪車情報）のような特殊なものには指さない。視覚や聴覚の情報以外でも、例えば暖かい温度や冷たい温度の触覚情報はプラスやマイナスのカテゴリにそれぞれ属し、関連研究で述べたような高度な連想では、看護師といった情報もプラスのカテゴリに属する。

図 1 にシステムの流れを示す。提案システムはユーザが活動しているあらゆる場面において、情報提示機器上で待機し、心身の状態の向上が望まれる試行直前を示す動作情報・生体情報をセンサから認識し、スピーカからプラスの聴覚刺激を提示することで、その試行におけるユーザの心身を無意識的に向上させる。また、試行後の結果なども認

識することでユーザの調子が悪いときに作動するなどのサービスも行える。ダーツゲームを対象としたシステム構成（図 2）では、スマートウォッチなどの手首装着型センサから試行前の投矢動作を認識して、一般的なスピーカから聴覚刺激を提示する。また、試行後の結果は競技道具であるダーツボードから認識する。ダーツゲームは運動や認知、メンタル機能のパフォーマンスへの影響測定のためにスポーツ心理学などで使用されている [14] ことから、本研究における影響評価に適切であり、その影響は日常の様々な場面（例：学力テスト、会話、スポーツ、料理、タイピング）における心身への影響の理解に繋がると考えられる。

1 章で述べたように、筆者らは先行研究において、類似するシステム [3] を提案しているが、次の 3 つの点で本システムはそれに比べて優れている。(1) 本システムは影響のある刺激を作成する労力を事前にユーザに要求しない：先行システムでは、学習原理のひとつであるレスポンド条件づけを利用し、成功体験の際にプラスの刺激のフィードバックを繰り返す学習をユーザが行い、既存のメンタル制御手法（例：プリパフォーマンスルーティン [15]）のように、ユーザにとって特別で効果を生み得る刺激を作成する必要があるが、本システムではそういった学習段階は必要ない。(2) 本システムは影響の傾向を識別する労力を事前にユーザに要求しない：先行システムでは、作成刺激の影響の傾向はユーザによって異なるため、ユーザごとに影響の傾向を事前調査する必要があるが、後述する評価結果から、本システムの影響傾向は全ユーザに一貫すると確認しており、影響の事前調査が必要ない。(3) 先行システムは前述した刺激作成の都合から、明確な成功体験がある活動（例：スポーツ）でしか使用できないが、本システムはそういった制限が無いので、どの活動でも使用することを想定している。

図 2 に示すプロトタイプシステムを実装した。試行前認識機構にはリストバンドと加速度センサ（ATR-Promotions社の WAA-010）を使用し、投矢動作は、腕を真下に伸ばした状態から目元で矢を構えるまでの動作をするという理想的なフォームを仮定して、3 軸加速度角速度センサから抽出した複数の特徴量に、時系列データから特徴を見つける Dynamic time warping (DTW) を用いて認識した。情報提示機構は一般的な据え置き型スピーカを使用し、試行後結果判定機構は命中位置認識が可能なダーツボード（エポック社の PC-DARTS）を使用した。

4. 評価実験

本節では、条件づけによる特別な学習を行っていないプラスとマイナスの聴覚刺激がユーザの心身に与える影響を評価するため、それと同時に提案システムの実現可能性を確認するために、ダーツ用のプロトタイプシステムから提示したプラスとマイナスの聴覚刺激が、その直後のダーツ

表 1 全被験者の適度間隔提示実験と連続提示実験の結果

| 参加者 | 適度間隔提示実験 | | | | | | 連続提示実験 | | | | | | | | |
|-----|------------|----|----|------------|----|----|------------|----|----|------------|----|----|------------|----|----|
| | N 刺激 | | | P 刺激 | | | N 刺激 | | | P 刺激 | | | Z 刺激 | | |
| | R の平均 [cm] | 失敗 | 成功 | R の平均 [cm] | 失敗 | 成功 | R の平均 [cm] | 失敗 | 成功 | R の平均 [cm] | 失敗 | 成功 | R の平均 [cm] | 失敗 | 成功 |
| A | 10.1 | 7 | 2 | 8.1 | 4 | 5 | 6.4 | 6 | 12 | 6.1 | 7 | 11 | 5.6 | 6 | 12 |
| B | 9.5 | 6 | 3 | 7.3 | 4 | 5 | 8.9 | 13 | 5 | 10.6 | 12 | 6 | 7.5 | 9 | 9 |
| C | 9.5 | 8 | 1 | 5.0 | 3 | 6 | 6.8 | 9 | 9 | 7.7 | 7 | 11 | 10.3 | 13 | 5 |
| D | 8.2 | 5 | 4 | 5.9 | 3 | 6 | 8.8 | 10 | 8 | 7.7 | 10 | 8 | 8.5 | 9 | 9 |
| E | 5.5 | 2 | 7 | 5.9 | 3 | 6 | 5.2 | 4 | 14 | 4.9 | 4 | 14 | 4.7 | 3 | 15 |
| F | 10.1 | 5 | 4 | 7.9 | 5 | 4 | 7.9 | 8 | 10 | 6.9 | 7 | 11 | 8.7 | 12 | 6 |
| G | 8.5 | 5 | 4 | 9.3 | 6 | 3 | 8.4 | 8 | 10 | 8.7 | 14 | 4 | 9.2 | 10 | 8 |
| H | 7.6 | 6 | 3 | 7.3 | 5 | 4 | 9.5 | 14 | 4 | 7.5 | 14 | 4 | 10.2 | 8 | 10 |
| I | 8.9 | 7 | 2 | 5.5 | 3 | 6 | 5.4 | 6 | 12 | 5.6 | 6 | 12 | 8.2 | 10 | 8 |
| J | 10.3 | 7 | 2 | 8.8 | 7 | 2 | 7.3 | 10 | 8 | 6.9 | 9 | 9 | 6.2 | 6 | 12 |
| K | 6.8 | 3 | 6 | 4.9 | 2 | 7 | 3.9 | 1 | 17 | 5.1 | 7 | 11 | 5.2 | 7 | 11 |
| L | 4.6 | 1 | 8 | 7.6 | 5 | 4 | 6.2 | 4 | 14 | 7.3 | 8 | 10 | 7.2 | 8 | 10 |
| M | 9.0 | 8 | 1 | 7.6 | 6 | 3 | 7.9 | 9 | 9 | 7.4 | 8 | 10 | 8.3 | 10 | 8 |
| N | 12.0 | 8 | 1 | 11.6 | 7 | 2 | 10.8 | 11 | 7 | 9.7 | 9 | 9 | 10.6 | 12 | 6 |

結果に与える影響を評価する。評価指標は2つで、ダーツボード中心を狙った際のボード中心から矢の命中位置までの直線距離 (R: Radius) と、試行の成功と失敗の回数である。R は正確性の指標として使われているもので、成功は本実験固有のもので実験前に 7cm 以内の R と説明してある。本節では、聴覚刺激の特性 (プラスとマイナス) による影響に加えて、提示頻度による影響も評価するために、提示頻度の異なる 2 種類の実験: (1) 適度に間隔を空けて刺激提示する実験 (適度間隔提示実験) と、(2) 同じ極性の刺激を連続して刺激提示する実験 (連続提示実験), を行う。プラスとマイナスの聴覚刺激は 1 秒以内のチャイム音とブザー音とした (これ以降は P 刺激 (Positive な刺激) と N 刺激 (Negative な刺激) と呼ぶ)。

手順を述べる。実験は、準備段階、評価段階から構成される。準備段階では、参加者は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 30 分程度練習した。評価段階では参加者に次のように指示を与えた。ボード中心を狙って高得点を狙うゲームを複数回行う。1 ゲームは全 18 試行である。得点配分に関しては、ボード中心から半径 7cm の円内ならば成功、円外ならば失敗としてカウントし、1~15 投までは成功で 10 点、失敗で 0 点とし、最後 3 投の 16~18 投は成功で 20 点、失敗で -20 点とする。そして、総得点が練習時の得点を超えれば報酬 (お菓子) 1 つ、以下ならば罰 (事前に体験した鈍痛を生む電気ショック) 1 つを与える。それに加えて、最後 3 投は 3 投成功で報酬 2 つ、2 投成功で報酬 1 つ、0 投成功で罰 1 つを与えるとした。適度間隔提示実験では、P 刺激と N 刺激を 9 本ずつランダムに提示するゲームを行う。連続提示実験では、P 刺激だけを試行前に連続して提示するゲーム、N 刺激を連続して提示するゲーム、Z 刺激 (Z sti: Zero stimulus) と

して刺激無しのゲームを、ランダムな順で行う。投矢動作は指定したものをさせた。R は 0.5cm 単位で記録する。時間的なスケジュールは、投矢間隔 30 秒、ゲーム間隔 2 分を基準にし、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。

被験者について述べる。被験者は 14 名で、ダーツゲーム歴 7 年以下の 21 才~26 才の男性 13 名と女性 1 名で、日本人 13 名と韓国人 1 名であり、以下の状態と考える。(1) 実験の準備段階によって実験中の実力変動は排除された。(2) 被験者は日本人を中心としたアジア人であり、提示刺激にはプラスとマイナスの一般的な認識がほぼ同様にもたれている。(3) 実験へのバイアスは無い。実験の趣旨を知らないし、得点と報酬と罰に注意が向いることから評価指標はブラインド指標である。特に、R は 2 重に置きかえた完全なブラインドの指標であり、1 投ずつ投げてボードからリセットされる命中位置を提示刺激の種類ごとに記憶して数 cm の違いに気づくのは不可能である。成功と失敗の数は 1 重に置きかえたブラインドの指標であり、R と同様に総数の記憶は不可能である。(4) 課題達成意欲は、競争得点と得点配分方法、そして報酬 (罰) 制度の設定によって、全投矢に亘って維持される。

結果と考察

表 1 は適度間隔提示実験と連続提示実験におけるゲーム結果を参加者別に示したものである。表は提示刺激の種類ごとに R の平均値、成功と失敗の回数を表している。図 3 は適度間隔実験の結果を示し、左図は R の平均値の結果、右図は成功と失敗の回数の結果をそれぞれ示し、それらの検定にはマン・ホイットニー U 検定とカイ二乗検定をそれぞれ用いた。R は平均値が小さいほど、より中心に近い

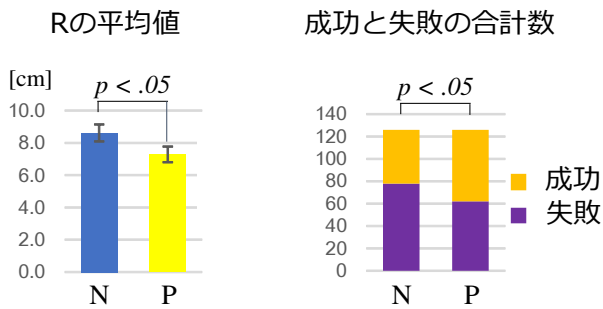


図 3 適度間隔提示実験の結果。P と N はポジティブな刺激とネガティブな刺激をそれぞれ表す。

位置に命中した良いパフォーマンスであることを表す。エラーバーは標準誤差である。これらから、P 刺激提示と N 刺激提示の結果の間に有意な差があるとわかり、P 刺激の結果の方が N 刺激のものよりも良くなっている (R の平均値は約 1.2cm 向上) とわかる。一方、連続提示実験の結果には、提示刺激によって有意な差は表れなかった。R の平均値の検定は分散分析及びボンフェローニ補正を用いたマン・ホイットニー U 検定で行い、成功数と失敗数の検定はカイ二乗検定で行った。

適度間隔提示実験の結果は、参加者全体が全試行に亘って P 刺激によって一貫して好影響を得たことを示していると考えられる。この結果は次の 2 つの理由から注目に値する。(1) このような全体に一貫した傾向は、提案システムが意図して狙った影響をユーザを問わずに与えられることを示しており、提示刺激の影響の傾向の事前の調査をユーザに要求しないことを示している。この点が、提示情報の影響が個人ごとに異なっている先行研究の情報提示システム [2], [3], [13] との違いである。(2) ここで観察された無意識的な心身の機能の向上はプラセボ効果によるものではないことから、提案システムはユーザに提示刺激を信じさせる事前の労力を要求しない。この点が、スポーツ心理学の既存のメンタル制御手法 (例: プリパフォーマンスルーティン [15], 瞑想) において確認されているような、ユーザが事前準備して自身に効果があると信じた刺激が生む影響との違いである。連続提示実験の結果に有意差が表れなかった原因として、刺激の過剰摂取による刺激への慣れ・順応が影響を消した可能性が考えられ、刺激提示の間隔は適度に空けないと影響が出ないと考えられる。この提示頻度に関する同様の結果を、条件づけた刺激を用いた筆者らの先行研究 [3] の実験においても確認している。

これらの結果から次のことを確認した。(1) 1 章で述べた仮設どおり、条件づけによる特別な学習を行っていないプラス (マイナス) の聴覚刺激はユーザの心身に好影響 (悪影響) を与えることを確認した。(2) 提案システムの実現可能性を確認した。具体的には、プラスの聴覚刺激を適度な間隔 (30 秒程度の試行の場合、2 回に 1 回) で提示すること

で、ユーザの事前の意識的な労力無しに、ユーザの心身の機能を向上させられることを確認した。

4.1 提示情報に対する学習の有無による影響の変化

本節では、提示情報に対する条件づけの有無によって、提示情報による影響が変化するかを評価するために、前節と同じ実験を条件づけの有無だけを変えて行った合計 26 名の実験結果を比較調査する。条件づけ無しのデータは前節のものであり、条件づけありのデータは我々の先行研究 [3] のものである。先行研究では、提案システムをある程度の期間使用したことを再現するために、成功体験時 (失敗体験時) に P 刺激 (N 刺激) を繰り返しフィードバックする学習段階を学習原理のひとつであるレスポナント条件づけに倣って行い、その条件づけた P 刺激と N 刺激を用いて本研究と同様の実験を 12 名の被験者を対象に行った。聴覚刺激及び成功・失敗の閾値は本研究と全く同じである。条件づけの有無による被験者の状態をまとめると、提示情報に対する認識の程度と条件づけによる学習の有無 (システム使用経験) は、本研究の実験では弱くて (一般認識程度) 無し (初期段階) なのに対し、先行研究の実験では強くて (個人にとって特別な認識) 有り (初期段階以降) である。

なお、ここでの比較には、前節で示した、全体の影響の傾向を表すための被験者全体を標本にした検定 (全体検定) に加えて、個人の影響の傾向を表すための被験者個人ごとの検定 (個人検定) の結果も用いる。個人検定を行う理由は、1) 先行研究の実験結果と比較するためと、2) 全体の有意な傾向と逆の反応を示した者を確認するためである。先行研究では、全体に一貫した影響の傾向は無かったが、提示情報の影響が異なるという報告をしていた既存研究 [2], [3], [13] を踏まえると、個人ごとに異なる影響が単なる誤差として処理されたことが全体の有意な傾向が無かった原因として考えられたことから、被験者ごとに傾向が違う (全体と同じ反応と逆の反応が存在する) という仮説に基づいて個人検定を行い、複数の実験を通して個人ごとに異なるが一貫した傾向があることを確認し、その傾向が個人の性格からもたらされる可能性も確認した。

結果と考察

表 2 は適度間隔提示実験と連続提示実験における R の平均値の結果をそれぞれ示したものである。全体検定の結果は全体の有意差の有無とその傾向を表し、個人検定の結果は個人の有意差の有無 (人数) とその傾向を表す ($p < 0.05$ で◎, $p < 0.1$ で○)。表中の順反応と逆反応は影響の傾向を示しており、順反応は P 刺激によって好影響を得たという予想通りで素直な反応を意味し、逆反応は N 刺激によって好影響を得たという予想と逆で反発するような反応を意味する (図 4 は先行研究 [3] から引用)。結果をまとめると、まず、適度間隔提示実験においては弱い刺激から強い刺激

表 2 適度間確定時実験と連続提示実験における R の平均値の結果

| 提示情報への認識の程度 (システム使用経験) | 適度間確定時実験 | | 連続提示実験 | |
|------------------------|-------------|--------------------------|--------|-------------|
| | 全体検定 | 個人検定 | 全体検定 | 個人検定 |
| 強 (初期以降, 条件づけ学習在り) | n.s | 逆反応 (4, ○), 逆反応 (2名, ○) | n.s | 順反応 (2名, ○) |
| 弱 (初期, 条件づけ学習無し) | 順反応 (全体, ◎) | 順反応 (2名, ○), 逆反応 (1名, ○) | n.s | 順反応 (1名, ○) |

になることで、全体に有意な順反応の傾向は消えたが、個人における有意な傾向の数は3名(順反応は2名で被験者CとI; 逆反応は1名で被験者L)からその倍の6名(順反応が4名, 逆反応が2名)に増加した。次に、連続提示実験においては弱い刺激から強い刺激になることで、全体における有意な傾向は両方無いままであるが、個人における有意な傾向の数は1名(被験者Cが順反応)から2名(順反応が2名)に先ほどと同様に増加した。なお、今回の実験で、全体検定と個人検定で有意差が表れるのに必要なRの変化量は、それぞれ約1.2cm以上と約3cm以上であった。

これらの結果は、条件づけの有無によって提示情報の影響が変化したことを示している。具体的には、(1)条件づけをしていない弱いプラスとマイナスの刺激では、ほとんどすべてのユーザは提示刺激に対して軽く従属するような自然な順反応を無意識にする可能性がある。(2)一方、条件づけをした強いプラスとマイナスの刺激では、影響力は強くなる(R平均が3cm以上変化する人数増加)が、ユーザによっては本来のプラスとマイナスの刺激による影響が反転してしまうなどして逆反応を示す割合が増加するため、個人ごとに影響が異なって全体に一貫した傾向が表れない可能性がある。この強い刺激における逆反応は、例えば、非常に良いとされる何か(例:人気の音楽やファッション)に対する無意識な精神性反発に似たものだと考えられる。(3)同じ刺激は適度な間隔で提示する方が影響が得やすい。これは、弱い刺激と強い刺激に共通している。

本節の比較調査から、条件づけの有無による提示情報の影響の違いを確認した。そして、ユーザの提示情報に対する認識は、システムを使用する間の何らかの体験と提示情報との関係の学習によって変化し、その学習が意図しない影響(システム設計者が当初意図したものとは違う影響)を生み得るという示唆を得た。これらのことから、我々の先行研究のように意図的に強力な学習をさせるシステムだけでなく、システム利用時に特定の状況・体験と提示情報との間で何らかの学習をユーザがし得るすべての情報提示システムの設計においては、その学習による意図しない影響を考慮する必要があるとわかった。この結果に基づいて、提案システムの提示刺激の影響の変化を防ぐために、提示刺激の定期的な交換や使用頻度の制限の機能実装を検討する。

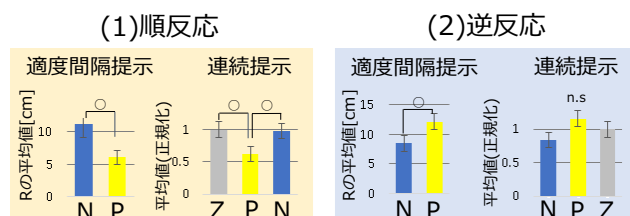


図 4 順反応と逆反応の例

5. まとめ

情報提示システム使用時に、特定の状況・体験と提示情報との関係の無意識的な学習によって、意図しない影響が生じるかを調査するために、提示刺激への学習の有無の異なる26名の被験者を対象にして、ダーツゲーム用に実装したシステムから提示される聴覚刺激によるダーツ結果への影響を評価し、実験結果から、提示刺激に対する学習の有無によって提示刺激の影響の傾向が設計者の意図したものから変わることを確認した。それと同時に、プラスの一般的な認識のある聴覚情報を提示することで、ユーザの意識的な努力無しに、ユーザの行っている活動の試行結果を向上させるシステムを提案し、ダーツゲーム用に実装したシステムを用いた14名を対象にした評価実験結果から、提案システムがプラスの聴覚刺激を適度な間隔(本研究では30秒程度の試行で2回に一回)で提示することで、ユーザの心身に好影響が及んで試行結果の質や成功率が向上することを確認した。

今後は、提示情報に対する他の種類の学習による影響を評価することを検討しており、例として学習の期間を長期間にした実験によって提示情報の影響が時間変化するかを調査することが挙げられる。また、ユーザの心身の他の要素の測定(例:努力量, 疲労度)や他の活動(例:知能テスト)を対象にすること、他の聴覚刺激や視覚情報を用いた実験も検討する。

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(さきがけ)および文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(25540084)、および公益財団法人アイコム電子通信工学振興財団によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] N. Isoyama, T. Terada, M. Tsukamoto : Primer Streamer: a System to Attract Users to Interests via Images on HMD , *Proc. of the 11th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM '13)* , pp. 35–42 (2013).
- [2] 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*, 54(4), pp. 1433-1441 (2013).
- [3] K. Futami, T. Terada, M. Tsukamoto : Success Imprinter: A Method for Controlling Mental Preparedness Using Psychological Conditioned Information , *Proc. of the 7th Augmented Human International Conference (AH '16)*, pp. 11–18 (2016).
- [4] B. L. Fredrickson, R. W. Levenson : Positive emotions speed recovery from the cardiovascular sequel of negative emotions , *Cognition and Emotion*, 12(2), pp.191–220 (1998).
- [5] R. H. Aarts, et al. H. M. Custers : Preparing and motivating behavior outside of awareness , *Science*, 319(5870), pp.1639 (2008).
- [6] E. T. Higgins, W. S. Rholes, C. R. Jones :Category accessibility and impression formation, *Journal of Experimental Social Psychology*, 13(2), pp. 141–154 (1977).
- [7] J. A. Bargh, P. M. Gollwitzer, A. Lee-Chai, K. Barn-dollar, R. Trtschel : he automated will: non-conscious activation and pursuit of behavioral goals , *Journal of personality and social psychology*, 81(6), pp. 1014–1027 (2001).
- [8] J. A. Bargh, M. Chen, L. Burrows : Automaticity of social behavior: Direct effects of trait construct and stereotype activation on action , *Journal of personality and social psychology*, 71(2), pp. 230–244 (1996).
- [9] R. Custers, M. Maas, M. Wildenbeest, H. Aarts : Non conscious goal pursuit and the surmounting of physical and social obstacles, *European Journal of Social Psychology*, 38(6), pp. 1013–1022 (2008).
- [10] Y. Ban, S. Sakurai, T. Narumi, T. Tanikawa, M. Hirose : Improving work productivity by controlling the time rate displayed by the virtual clock , *Proc. of the 6th Augmented Human International Conference (AH '15)* , pp. 25–32 (2015).
- [11] S. Yoshida, T. Tanikawa, S. Sakurai, M. Hirose T. Narumi : Manipulation of an emotional experience by real-time deformed facial feedback , *Proc. of the 4th Augmented Human International Conference (AH '13)* , pp. 35–42 (2013).
- [12] T. Narumi, Y. Ban, T. Kajinami, T. Tanikawa, M. Hirose : Augmented perception of satiety: controlling food consumption by changing apparent size of food with augmented reality , *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* , pp. 109–118 (2012).
- [13] M. Hirose, K. Iwazaki, K. Nojiri, M. Takeda, Y. Sugiura, M. Inami : Gravitamine spice: a system that changes the perception of eating through virtual weight sensation , *Proc. of the 6th Augmented Human International Conference (AH '15)* , pp. 33–40 (2015).
- [14] G. R. Hancock, M. S. Butler, M. G. Fischman: On the problem of two-dimensional error scores: Measures and analyses of accuracy, bias, and consistency, *Journal of Motor Behavior*, 27(3), pp. 241–250 (1995).
- [15] P. J. Cohn: Professional Practice Pre-performance Routines in Sport, *Theoretical support and practical applications*, 4(3), pp. 301–312 (2010).