

# Success Imprinter: 条件づけ刺激を用いたメンタル制御支援システム

双見京介<sup>1,a)</sup> 寺田 努<sup>1,2,b)</sup> 塚本昌彦<sup>1,c)</sup>

**概要:** スポーツの本番などの重要な場面におけるメンタル制御は困難である。本研究では、繰り返し知覚した刺激によって特定の心身の状態が誘発される学習原理であるレスポナント条件づけの枠組みを情報提示システムに適用し、競技成功時に繰り返し知覚した刺激を用いて本番時のメンタル強化を簡易に行えるシステム、サクセスインプリンターを提案する。本稿ではダーツゲームを対象とし、提案システムによって競技結果に影響が与えられるかを検証する。結果から、提案システムの有効性はユーザによって異なるが、その傾向には一貫性があり、競技結果の向上が可能であることを確認した。さらに、提示情報に対する影響の傾向を人格特性から分類する手法を検討し、条件づけ刺激を生成し自動提示するシステムを実装した。

## A Method for Controlling Mental Condition Using Conditioned Impulse

KYOSUKE FUTAMI<sup>1,a)</sup> TSUTOMU TERADA<sup>1,2,b)</sup> MASAHICO TSUKAMOTO<sup>1,c)</sup>

### **Abstract:**

It is difficult to control the mental in important situations such as sports performances. We proposes Success Imprinter, a new mental control system, that enables users to strengthen the user's mental only by presenting conditioned information. With Success Imprinter, the users can strengthen their mental easier and more simply than using most of the previous method. We utilizes the concept of conditioning, which is one of learning principles. Our system presents the users a stimulus, which is presented on success repeatedly, to strengthen their mental in their performances. Evaluation results confirmed that our proposed system has consistent effect on user's mental furthermore dart competition results although having different effect for each user. Moreover, we discuss a method to identify the effect on each user based on their characteristics. From these results, we implemented a prototype of the system that presents information automatically.

### 1. はじめに

重要な場面において、自身の実力を最大限に発揮することは容易ではない。これは様々な領域に共通することで、例えばスポーツ、演奏や演技、交渉やプレゼンテーション、そして人生におけるその他の重要な場面などに共通する。こういった場面では、技(課題への技術・知識・経験など)と体(基礎体力など)だけではなく、メンタル(精神や調子

など)も満足な状態にする必要があるが、メンタルの制御は困難であり、メンタルの不調が技と体に悪影響を及ぼすせいで [1]、本番時に実力を最大限に発揮するどころか、普段なら当たり前に行えることすらできなくなることもある。

メンタル制御のための様々なスキルやそのトレーニングは 1950 年代から確立され始めたとき、例えば、パターン化した一連の作業を行うプリパフォーマンスルーティン(PPR: Pre Performance Routine)[2]、心身の安定を得るために集中する瞑想 [3]、自分に俯瞰的に語りかけるセルフトーク [4]、イメージトレーニング [5] などが挙げられる。

これらの手法の有効性は確認されているが、アスリートなどのプロフェッショナルではない一般人が行うには課題がある。1つ目の課題は、スキル習得及び活用のために必

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

<sup>2</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
JST PRESTO

<sup>a)</sup> futamikyosuke@stu.kobe-u.ac.jp

<sup>b)</sup> tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

<sup>c)</sup> tuka@kobe-u.ac.jp

要となる投資資源(労力・時間・資金)である。スキル習得のためには時間と労力をかけて意識的で能動的な作業をする必要があり、得たスキルを本番で活用する際にも同様である。例えば、ラグビー日本代表選手である五郎丸歩選手はプレースキック前のPPR完成のために、2年以上に亘るPPRのスコアリングという継続的な作業をし、PPR活用時にも本番という精神的負荷のかかる場面で時間と労力をかけてPPRを精密に行っている。また、プロトレーナーの雇用にはお金がかかる。投資資源量に限界がある一般人にこれらすべては重大な課題である。2つ目の課題は、スキル習得の難易度である。メンタル制御スキルは競技能力や演奏能力などと同様にスキルであり、能力不足のせいで一般人には習得すらできない可能性もある。例えばイメージトレーニングにはイメージ力が、PPRには練習と本番でルーティンを精密にこなす精神及び身体能力が要求される。

一方、心理学の分野ではパプロフの犬の実験で有名になった学習原理の一つであるレスポンド条件づけという現象が存在し、入力となる刺激と出力となる反応との間に連合が形成された場合に、その刺激によって反応が引き起こされることが知られている。この現象を踏まえ、競技成功時に繰り返し知覚した刺激は、成功時と同じ心身の状態を誘発させる可能性があり、メンタルとさらには競技結果にまで好影響を与えることが期待できる。そこで、本研究ではレスポンド条件づけの枠組みを情報提示システムに適用し、成功だけと条件づけた知覚刺激を用いて、本番時のメンタル強化を情報提示のみで行えるシステムの構築を目指す。本稿ではスポーツにおけるメンタル機能に着目し、ダーツゲームを対象にして聴覚刺激を提示するシステムを実装し、条件づけ刺激がメンタルに与える影響を競技スコアで評価する。さらに、提案システムの情報提示の影響の傾向が人格特性から識別できるという仮説に基づき、競技結果と人格特性調査結果の関係について議論し、情報提示の影響を人格特性から識別する手法について検討する。

ここで、PPRと本研究のアプローチの違いは、PPRにおける動作などの刺激が本番試行前に必ず行われるため好悪両方の結果が刺激に関連づけられる一方で、提案方式では、試行が好結果だったときのみ試行後に刺激を与えることで好結果のみを刺激と関連づけて、その刺激を本番時には試行前に与えることで好結果を狙っていることである。

以降では、2章で関連研究、3章で提案手法、4章で評価実験、5章で提案システムの影響と人格特性との関係について述べ、6章で実装、7章でまとめる。

## 2. 関連研究

情報提示システムとして本研究に近いものが2つある。ただし、これらはメンタル能力強化のための工学的手法だと明示的に述べてはいない。banら[9]のバーチャル時計

システムは、虚偽時間を提示して個人の時間感覚に影響を与えることで、作業効率(単位時間当たりの成果量)向上を狙っており、これを時間的な圧による集中力の強化と捉えるならばメンタル強化例と解釈できる。また、中村ら[10]のプラセボ効果を利用した心拍制御システムでは、実際の心拍測を加工した虚偽の値を提示して心身に影響を与えることで、心拍などの生体情報の意図的な操作を狙っており、これを心拍制御による緊張制御と捉えるならばメンタル強化例と解釈できる。これら2つの研究の目的は本研究とは異なり、前者は作業効率向上で後者は心拍制御である。また、本研究の想定場面がそもそも心身に既に負担がかかる場面であることから、提示情報の種類も異なる。具体的には、これら2つの研究は虚偽情報かつメンタルに負荷を与え得る情報を扱っているが、本研究ではそういったユーザーを混乱させ得る情報は扱わない。また、これらの研究は時間や心拍の推移や変化を常に閲覧することで効果が得られる情報(常時閲覧情報)を扱っているが、本研究では、一時的に閲覧するだけで、例えば即効性のある薬を摂取するように、効果が得られる情報(一時閲覧情報)を扱う。

メンタル制御スキルの研究例も様々なものがあり、パフォーマンスへの効果を評価した例としては、リラックスとストレス管理に有効とされているACEM瞑想の7週間に亘る指導の効果を一流射手の射撃結果で評価した研究[3]や、イメージトレーニングとフィジカルトレーニングの習熟度の違いを3ヶ月に亘る実験室課題で評価した研究[5]などがある。その他としては、理論や研究結果を基にしたスポーツ選手へのPPRの開発及び指導法についての研究[2]や、テニスのボレースキルを向上させるセルフトーク開発の研究[4]などがある。既存のスキルとはメンタル強化を促す情報を生成してそれを自身に与えるという点で共通しているが、本研究では主に一般人を対象にした低コストで簡便なメンタル制御の実現を狙っている点が異なる。

提案手法で用いるレスポンド条件づけは、犬の唾液がエサと時間的に接近して呈示された刺激によっても誘発された現象が基になった理論で[6]、条件づけられた聴覚刺激[7]や視覚刺激[8]、文脈刺激(場所や状況)などによって様々な心身の状態や機能が誘発されることが確認されており、例としては唾液分泌や内臓運動などの自律反応、感情、評価、筋運動などの誘発が挙げられる。これらを踏まえて、提示刺激は良い心身と条件づくことを期待しており、例えば、成功時に得たポジティブな精神状態や、成功時既に保持している成功を生んだ心身状態などが考えられる。対象によるが、条件付ける刺激は知覚可能であればよく、条件づけは数回程度(例として7回[8]、10回[11])で成立するとされ、結果認識時に刺激を提示する時間的布置は、同時条件づけ[11]や逆行条件づけ[12]となる。これらの実験に用いられている実験動物に比べると、人がスポーツをする本研究はやや複雑な要因が含まれる実験となる。

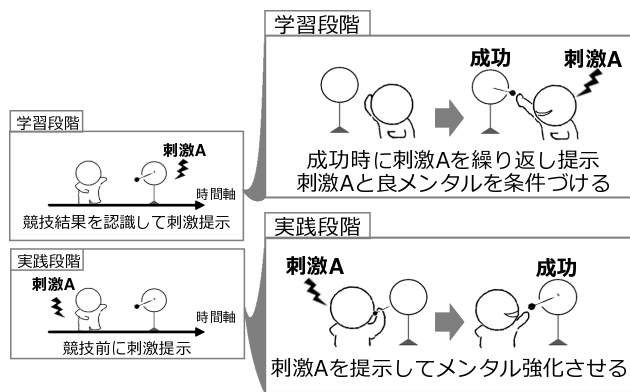


図 1 システムの流れ



図 2 ダーツゲームを競技としたシステム構成

### 3. サクセスインプリンター

サクセスインプリンターは情報提示機器を有し、システムもしくはユーザ自身がメンタル強化が必要だと認識した時に、メンタル強化のための情報を提示する。サクセスインプリンターを用いることで、例えば即効性のある錠剤を摂取するように、ユーザはメンタル強化を簡易に行える。

システムの流れは学習段階と実践段階の2つである(図1)。学習段階では、競技課題成功時に画像や音声などの特定の知覚刺激を繰り返して提示し、良いメンタル状態とだけ条件づいた刺激を生成する。実践段階では、学習段階で生成した刺激を競技の試行前に提示してメンタルを強化させる。このように、成功時だけに刺激を提示することで成功とより強く条件づいた刺激が生成されることと、学習段階で試行後に提示したその刺激を実践段階では試行前に提示することでメンタルとさらには競技結果にまで好影響を与えられると仮定している。

サクセスインプリンターは刺激提示のタイミング認識用機器と刺激提示用機器の2つを要する。タイミング認識用機器に関して、学習段階では競技結果の認識が必要となり、これは刺激と条件づける成功の質を決定する。また、実践段階では競技の試行前の認識や、ネガティブなメンタル状態時の認識が必要となる。競技試行前の認識には、特定の動作(構えのフォームやサーブなど)や音声(号令やホイッスルなど)が利用できる。ネガティブなメンタル状態の認識には生体情報が利用でき、例としては精神状態や自律神経機能、生理機能の指標となる心拍、精神性発汗(手掌と足底の汗など)を電氣的にとらえる皮膚電気活動、緊張や不安などの表出であるなだめ動作(顔を触るなど)や震えが挙げられる。これら刺激提示のタイミング認識用機器は、競技時や日常などの使用環境においてユーザの邪魔にならない必要があり、特別な機器を用いずに一般的なものだけで構成されることが望ましい。刺激提示用機器に関しては、上記の邪魔にならないという観点に加えて、情報取得時に払う注意や努力が少なく済む刺激が望ましいという観点から、一般的な機器に既に備え付けられている聴覚および

視覚刺激の提示機器の採用が望ましい。

刺激提示の自動化か自動化の決定は、ユーザの要求(例えば確実性や労力)や競技課題に応じて決定する必要がある。システムの各段階は、ちょうどライフログシステムにおける情報記録とその閲覧の段階と同じで、手動であればよりユーザの要求に特化した仕様になり、自動であればやや汎用的な仕様になる。例えば、学習段階における成功の質(記録するメンタル状態の質)は、手動であれば詳細な選択ができるが、自動であれば特定の閾値以上が選択される。同様に実践段階における情報提示のタイミングも、自動であれば認識可能な範囲にとどまる。

対象競技をダーツゲームとして聴覚刺激を自動で提示するシステム構成を図2に示す。システムの流れ(図1)のうち、学習段階では電子ダーツボードで競技結果を認識して刺激を提示し、実践段階では利き手に装着された加速度センサ付きリストバンドで投矢前の動作認識をして刺激を提示する。聴覚刺激は一般的な情報提示機器で再現可能で条件づけの例が存在する刺激であり、情報取得時に払う労力や注意が五感の中で最も少ないことから、様々な場面への利用が期待できるものである。

順当に推測すれば、好結果時の知覚刺激が好影響を与えられられるが、提示刺激の影響の傾向はユーザによって異なる可能性があり、逆に悪結果時の知覚刺激が好影響を与える場合も考えられる。中村ら[10]の研究でも虚偽情報の影響は人によって異なり、一貫して予想に反発する反応を示す者の存在が確認されており、他にも情報提示の影響が異なる例は確認されている。したがって本研究では、成功時に知覚を繰り返すことで生成するポジティブな刺激(P刺激)と、失敗時に知覚を繰り返すことで生成するネガティブな刺激(N刺激)の2種類の刺激を生成する。そして、P刺激によって好影響を受けるタイプのユーザ、N刺激によって好影響を受けるタイプのユーザ、全く影響を受けないタイプのユーザを想定し、ユーザごとに好ましい刺激を提示することでメンタルを強化させることを目指す。

### 4. 評価実験

#### 4.1 実験に用いたプロトタイプ

図2に示す据え置き型のプロトタイプシステムを実装した。ダーツボードは命中位置認識ができるエポック社の

PC-DARTS を使用し、リストバンドに付ける加速度センサは ATR-Promotions 社の WAA-010 を使用し、スピーカは一般的な据え置き型を使用した。ダーツゲームは実験室課題の代わりにスポーツの課題として多くの研究で使用されている [13]。今回の実験では、設定した成功と失敗の閾値がダーツボードのパネルの区切れと合わなかったことから自動での結果認識が困難なため、提案システムの影響を Wizard-of-Oz 法を用いて評価する [14]。これは、人がシステムの代わりに処理を行うことによって、実際のシステムとのインタラクション時に相当するデータを得る手法で、刺激の生成及び提示は遠隔のキーボード操作によって行う。

#### 4.2 実験 1: 刺激の極性の影響評価実験

本節では、刺激のフィードバックの内容が競技結果のスコアに与える影響を評価する。3章で述べたように P 刺激と N 刺激の影響の傾向は被験者ごとに異なる可能性があるため、本番段階におけるフィードバックパターンは、投矢前に必ず P 刺激を提示するパターン、N 刺激を提示するパターン、提示なしの 3 種類とした。評価指標は、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 (以降 R) であり、これはメンタルトレーニングの評価指標に用いられている [13]。また、前述したように影響の傾向は個人毎で異なるので、評価は個人毎に行う。

実験のタスクデザインのポリシーは 2 つあり、1 つ目は参加者に本番の意識を持たせて想定場面の本番を再現すること、2 つ目は実験内容を知らせずに受動的で無意識的に情報取得をさせて、バイアスの無い状態での影響力やその傾向を知ることである。参加者はダーツゲーム歴 8 年以下の 21 才~26 才の男性 15 名で、実験内容を知らされていない。実験は、準備段階、学習段階、実践段階の 3 つから構成される。準備段階では、実験中の実力変動を無くすために、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。学習段階では、参加者はボード中心を狙って自分のタイミングで矢を投げ、命中位置がボード中心から半径 7cm の円内ならば成功としてチャイム音を提示され、円外ならば失敗としてブザー音を提示される。音の提示は結果認識後 0.2~0.5 秒で、音源は 1 秒未満である。その後、計測した R を記録し、成功で 10 点、失敗で 0 点で加算した得点表も提示する。この試行を 1 ゲーム 18 投分行う。ここでのチャイム音とブザー音が P 刺激と N 刺激となる。音の選択に関しては、完全な中性音の選択が困難であり、システム実用時に使用される音は結果と条件づけやすく且つ結果を喚起しやすいものが適切と考えて今回の選択に至った。実験継続が困難だった参加者 3 名 (成功回数 3 以下) は除外した。

実践段階では、参加者は投矢前に必ず P 刺激を提示するゲーム (P ゲーム)、必ず N 刺激を提示するゲーム (N ゲーム)、提示なしのゲーム (Z ゲーム) の 3 種類を、ランダムな

順番で行う。刺激提示は投矢動作認識時でエイム動作 (矢を目線で止める動作) の直前である。参加者には、本番のゲームを行うと告げてルールのみを説明をする。得点配分は 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 点とした。そして、総得点が練習時の得点を超えれば報酬 1 つ、以下ならば罰 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。報酬はお菓子、罰は鈍痛を生む電気ショックで、罰は本番前にあらかじめ体験させて嫌なものとして理解させた。

実践段階では競争相手の設定、本番専用の得点配分方法の設定、報酬と罰の制度の設定を行うことで、参加者に本番 (成功したい、失敗したくない) という意識を全投矢に亘って持たせることを狙っている。今回の半径 7cm の円は 18 投中 9 本前後が成功するように設計した閾値で、想定する競争相手は 90 点である。到達し得る総合得点の計算をし始めるのが大体 15 投目終了時点 (最後 3 投前) と仮定すると、学習段階の得点配分で 16 投目以降も本番意識を持続できるのは 15 投までで約半分の 7~8 本成功している場合のみで、最短では 9 投目で勝敗がついてしまう。これに対して、本番用の得点配分方法では、本番意識を全ゲームの全投矢に亘って持続できる割合の増加を狙っている。競争相手の設定によって競争意欲を持たせ、1~15 投目までの単純加点部分によって達成得点への目処をたたくことで課題達成意欲を持たせる。仮に全投矢を最後 3 投と同じ得点配分にしてしまうとこれが失われる。次に、最後 3 投の配点によって、15 投中成功数が大体 3~15 本の範囲で変動した場合でも、16 投目以降も競争得点 (大体 90 点) を超えるか否かの勝負を持続できる。総得点に懸かる報酬と罰は課題達成意欲を強める。そして最後 3 投に適用される報酬と罰により、総得点の勝負が着いても最後 3 投には必ず何か懸かった投矢になる。なお、実践段階と学習段階では成功本数が同じでも総得点の勝負が逆になり得るが、これが実験目的を阻害する理由は特に見当たらない。時間的なスケジュールは、投矢間隔 30 秒、1 ゲーム 9 分、ゲーム間隔 2 分を基準にし、厳密な時間間隔が刺激になる現象 [15] を防ぐために適度にずらした。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。

本研究では競技結果でメンタルへの影響を評価するが、付加的な評価のために投矢動作と心拍の生体情報も計測する。投矢動作の計測には 3 軸方向の加速度と角速度それぞれの投矢動作中の最大値と最小値を記録した。心拍値としては BPM の平均値、最大値、最小値、正の変化量、負の変化量、正と負の変化量の絶対値の合計値、分散値を記録した。いずれの変数も心理状態の解釈に使える指標である。この心拍の 7 変数を投矢 15 秒前~5 秒前までの間 (次の投矢までの待機時間)、投矢 5 秒前~0 秒前までの間 (投矢合図から投矢直後までの時間)、投矢 0 秒後~10 秒後までの

表 1 実験 1 のゲーム結果

参加者	学習段階の結果 [回]		実践段階の R の平均値 [cm]		
	成功	失敗	Z 刺激	P 刺激	N 刺激
A	11	7	10.0	6.2	9.7
B	7	11	8.4	5.1	8.4
C	9	9	6.1	6.8	6.5
D	11	7	5.3	6.1	7.8
E	7	11	7.3	7.3	9.0
F	6	12	8.8	10.2	7.4
G	5	13	8.8	8.8	7.0
H	12	6	9.9	6.7	7.4
I	12	6	7.1	6.5	7.1
J	13	5	5.2	5.7	6.2
K	10	8	7.1	8.1	6.6
L	8	10	12.9	11.8	12.4

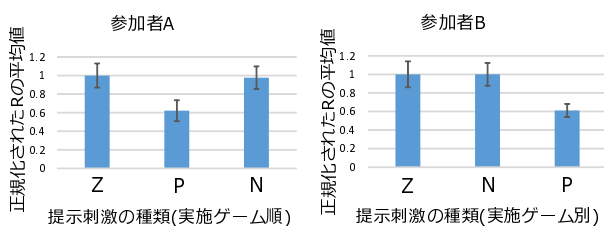


図 3 実験 1 におけるゲーム結果例。縦軸は Z ゲームを基準に正規化した R の平均値，エラーバーは標準誤差を表し，横軸は左から順に第 1～第 3 ゲームまでの種類を表す

間 (投矢結果の認識時間) の，3 つの時間帯それぞれについて計算する。心拍センサは GM3 社の RF-ECG を用いた。投矢動作は加速度センサ付きリストバンドで認識する。

表 1 は，ゲーム結果を参加者ごとに示したもので，学習段階の結果は成功及び失敗と条件づけた試行回数を表し，実践段階の結果は 18 投矢の R の平均値を Z ゲーム，P ゲーム，N ゲームの順に示している。平均値が小さいほどゲーム結果は良い。標本を異なる個体の集団として (グループ比較デザイン) 多重比較検定を行った結果，有意差は確認されなかった。検定は分散分析及び Bonferroni-Holm 補正を用いた Mann-Whitney U test で行った。この原因のひとつとして，影響の傾向が被験者ごとに異なっていたことが考えられ，例えば同じ P 刺激でも結果が良くなった被験者と悪くなった被験者がいる可能性があり，個人ごとの影響の傾向が単なる誤差として処理されてしまった可能性が考えられる。そこで，1 個体から繰り返し得られる値を標本として (単一事例法) 検定を同様に行い，表 1 に有意差に応じた印 ( $p < 0.05$  で◎， $p < 0.1$  で○) と不等号で示した。ここでは検定で有意差が確認できた参加者 A，B の 2 名について考察を行い，その他の結果の考察は後の総合考察で行う。2 名の結果を Z ゲームを基準に正規化して図 3 に示す。エラーバーは標準誤差である。参加者 A は P ゲーム結果が他の 2 つのゲーム結果よりも向上した ( $F(2,51)=3.02$ ,

表 2 実験 1 の生体情報の結果

参加者	生体情報	有意差が表れた個数 (ゲームの組み合わせ毎)		
		Z:P	P:N	N:Z
A	動作	1(◎)		1(◎)
	心拍			
B	動作	2(◎) 1(○)	3(◎)	3(◎) 2(○)
	心拍			
C	動作		1(◎)	
	心拍	1(◎) 2(○)	1(○)	
D	動作	3(◎)	3(◎)	4(◎)
	心拍	1(◎) 2(○)	2(◎)	
E	動作	1(◎) 1(○)	1(◎) 1(○)	3(◎)
	心拍			4(◎)
F	動作	3(◎)	1(◎) 1(○)	1(◎) 2(○)
	心拍			
G	動作	3(◎) 1(○)		4(◎)
	心拍			
H	動作	2(◎)	1(◎) 2(○)	
	心拍	1(◎) 4(○)	3(◎) 6(○)	
I	動作	1(◎) 1(○)	2(○)	1(◎) 2(○)
	心拍			
J	動作		1(◎)	
	心拍	1(○)	2(○)	1(◎)
K	動作	1(○)	4(◎) 1(○)	3(◎)
	心拍	4(○)	2(◎) 1(○)	
L	動作		1(◎) 2(○)	
	心拍	4(◎) 1(○)	1(○)	1(◎)

$p < .1$ ,  $Z > P(○)$   $P < N(◎)$ ). これは，参加者 A のメンタルを P 刺激が強化したことを示すと考えられる。また，Z ゲームと N ゲームの結果に差は無く，N 刺激による影響は無かったと考えられる。これらの結果は参加者 A が P 刺激から全試行に亘って好影響を得たという一貫性と，同様に N 刺激からは影響を受けなかったという一貫性を表していると考えられ，参加者 A には P 刺激の提示によって常に好影響を与えられる可能性が高いと考えられる。参加者 B もこれと大体同じ結果 ( $F(2,51)=3.82$ ,  $p < .05$ ,  $Z > P(○)$   $P < N(◎)$ ) と解釈になった。これらの結果から，提案システムがメンタルを通して競技結果にまで影響を与えられることを確認した。なお，実験中の実力変動は，準備段階とランダムなゲーム順によって排除されたと考えている。また，刺激の選択音に関しては，P 刺激のチャイム音であればダーツとの条件づけは経験は無いと考えられるが，良い音という認識はあらかじめ備わっていると考えられるので，今回の効果は良い音を条件づけでより強めたものだったので完全な中性音では効果が弱まるという考えもできる。

表 2 は生体情報の結果で，3 種類のゲームの全 3 組み合わせにおいて有意差を確認した変数の個数のみを投矢動作と心拍別に示す。ダーツゲーム結果と同様の理由で，同様の多重比較検定を被験者ごとに行った。表 2 から生体情報に関しては全員に有意差が表れたことがわかり，提案手法は人の生体に何らかの影響を与える可能性があると思われる。有意差の表れた個数しか示さなかったのは，影響の出方が多様で，競技結果への影響の傾向とあまり関係が無いと判



表 3 実験 2 のゲーム結果

参加者	R の平均値 [cm]		方向 (有意差)
	P 刺激	N 刺激	
A	6.1	11.1	P<N(○)
B	8.3	7.5	
C	5.6	9.1	P<N(○)
D	5.2	7.7	P<N(○)
E	6.1	9.2	P<N(○)
F	12.7	7.5	P>N(○)
G	12.1	8.5	P>N(○)
H	8.1	13.1	
I	6.5	7.3	
J	5.8	5.5	
K	6.4	7.7	
L	7.8	7.0	

断したからである。例えば心拍値が上がって結果が良くなる者がいる一方で、逆に下がって良くなる者もいた。ここでは参加者 A についてだけ考察を行う。参加者 A は投矢動作の X 軸角速度の最大値の平均値が有意に大きくなり投矢動作が速くなったことから、P 刺激によって力強い投矢動作が可能でメンタル状態 (自信が沸くなど) に無意識になり、それによってゲーム結果が向上したと考えられる。

### 4.3 実験 2: 提示方法の影響の評価

前節の実験 1 では、1 ゲーム中ですべて同じ刺激を連続して提示 (連続提示) したため、刺激に対しての慣れが影響が出ることを妨げをした可能性があった。そこで、この実験では同じ刺激を与える間隔を適度に空けて提示 (適度間隔提示) する。具体的には、この実験では同じ刺激を与える間隔を適度に空けて提示 (適度間隔提示) する。具体的な提示順は N, P, P, N, N, P, N, N, P, N, N, P, P, P, N, N, P, P とした。この実験は実験 1 の後に引き続き行い、実験のルールや条件は実験 1 と同じである。

表 3 は提示刺激別の R の平均値と、それらの間の有意差に応じた印 ( $p < 0.05$  で◎,  $p < 0.1$  で○) と不等号を表している。例えば参加者 A は P 刺激提示時の結果が N 刺激提示時の結果よりも有意に良かったことを示している。検定には Mann-Whitney U test を用いた。これらの有意差は実験 1 と同様の理由から被験者ごとに検定をしたもので、グループ比較デザインでは有意差は確認されなかった。表 3 から 6 名に有意差が表れ、そのうち 4 名は P 刺激、2 名は N 刺激で結果が向上したことがわかる。ここでは検定で有意差が確認できた参加者について考察を行い、その他の結果の考察は後の総合考察で行う。それぞれの結果例を図 4 と図 5 に示す。エラーバーの標準誤差の小ささからも、有意差のあった参加者 A, C, D, E は P 刺激から一貫して好影響を受けていると考えられる。参加者 F, G も同様の解釈で N 刺激から一貫して好影響を受けていると考えられ、これら両タイプの参加者には特定の刺激の提示によって常に好影響を与えられる可能性が高いと考えられる。こ

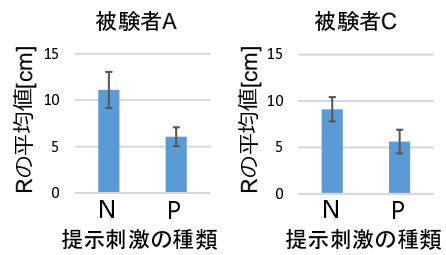


図 4 実験 2 において P 刺激提示で結果が向上した例

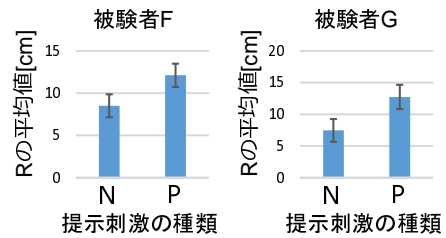


図 5 実験 2 において N 刺激提示で結果が向上した例

これらの結果からも提案システムがメンタルを通して競技結果にまで影響を与えられることを確認した。

### 4.4 総合考察

実験 1, 2 では、提示情報として P 刺激と N 刺激の 2 種類を試し、その提示方法としては連続提示と適度間隔提示の 2 種類を試した。そして、実験結果からは競技結果の向上および刺激の種類による影響の一貫性の可能性から、提案システムの実現可能性を確認した。ここでは、より影響について理解するために、両実験を総合した考察を行う。**提示刺激の種類 (極性) による影響**

2 つの実験結果は、同じ被験者に対する刺激の種類 (極性) の影響の傾向に一貫性があることを示した。具体的には、両実験で結果を有意に向上させる刺激の極性が異なっていたり、あるいは片方の実験で結果を有意に向上させた刺激がもう片方の実験では結果を有意に下降させるといったことはなかった。被験者を刺激からの影響の傾向で 3 つに分類し、その例を図 6 に示す。まず、P 刺激から好影響を受ける一貫性を示した者 (図 6(1)) は、P 刺激によって両実験において有意に結果が向上した参加者 A および片方の実験において有意に結果が向上した参加者 B, C, D, E で、次に、N 刺激から好影響を受ける一貫性を示した者 (図 6(2)) は、片方の実験において N 刺激で有意に結果が向上した参加者 F, G である。最後に、結果に有意差が表れなかった参加者についても一貫した影響の傾向が見て取れた。具体的には、参加者 H は両実験において有意差が確認できるほどではないが P 刺激で結果が向上しており (図 6(3-1)), 参加者 I, J, K, L は両実験においてゲーム結果にほとんど変化がなかった (図 6(3-2))。また、今回の実験での影響の傾向の人数比は、P 刺激と N 刺激で結果が有意

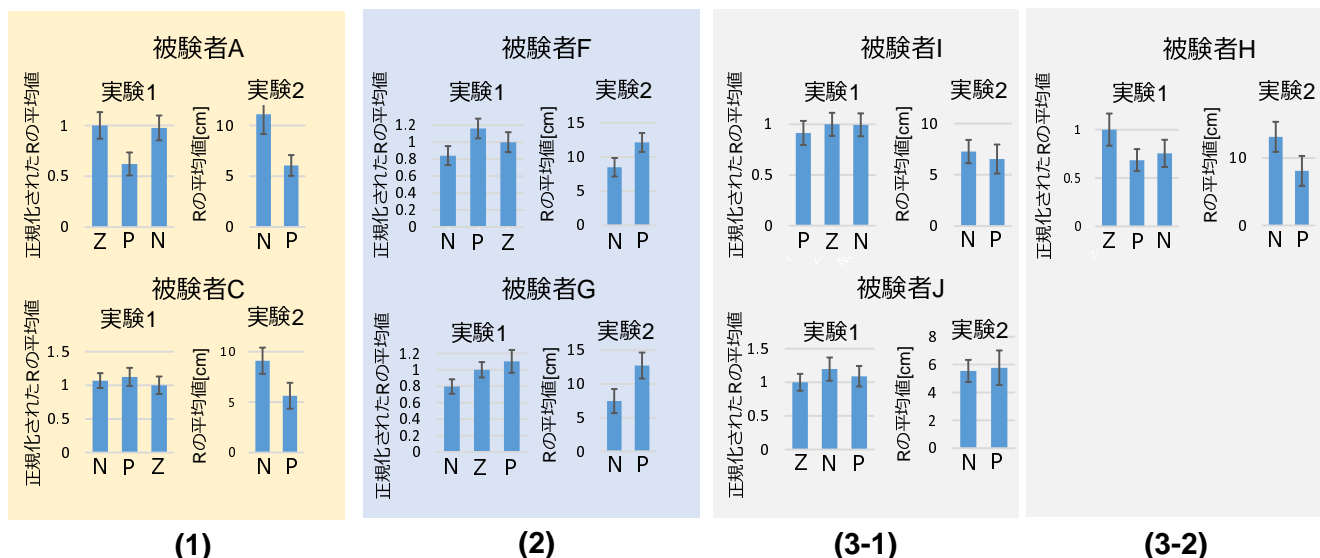


図 6 3 種類の影響の一貫性の結果例。(1) は P 刺激が一貫して好影響を与えた例。(2) は N 刺激が一貫して好影響を与えた例。(3-1) は結果に有意差が表れず一貫して影響を受けなかった例。(3-2) は有意差が表れなかったが P 刺激が一貫して好影響を与えた例。

に向上した者がそれぞれ 5 名と 2 名, P 刺激で結果が向上した者が 1 名, 全く影響を受けなかった者が 4 名で, 言い換えると, 提示情報に素直な反応 (P 刺激で結果が向上) を示した順反応群は約 50 %, 反発する反応 (N 刺激で結果が向上) を示した逆反応群は約 17 %, 無反応を示した無反応群は約 33 % となった。

これら影響の一貫性と影響を受けた人数の割合から, 提案システムによってメンタル及び競技結果を意図的に向上させられる可能性を確認した。なお, 実用時のユーザの想定状態は, 提案手法の意図と有効性を理解して信じた状態である。よって, 情報取得時に意味を見出す積極性は今回の実験時と比べて高くなり, プラセボ効果も働くことで今回の結果より大きな効果が表れると考えられる。

#### 提示方法による影響

2 つの実験結果は, ユーザごとに好ましい提示方法が異なることを示した。以下では, 提示方法によるゲーム結果への影響の有無で参加者を分類し, その原因の考察を行う。連続提示では影響が無く, 適度間隔提示で影響が表れた参加者の, 連続提示だから影響が無かった理由として, 刺激への順応による効果の低下が考えられる。また, 心身の性能や状態に変化を起こして投矢結果を連続して向上させる程, 抽象的な意味での何らかのエネルギー量を備えていなかったことが原因とも考えられる。次に, 連続提示では影響が表れ, 適度間隔提示で結果に影響が無かった参加者の, 適度間隔提示だから影響が無かった理由として, 刺激の量が必要投与量に満たなかったことが考えられ, 好ましい刺激の提示間隔の適当な空きが効果を生みだすことを妨げた可能性がある。また, 実験 1 の後の実験 2 では前述したエネルギー量が既に尽きていた可能性もある。

これらの結果から, 好ましい提示方法はユーザによって異なることと, 適度間隔提示の方が好ましいユーザが多いことがわかった。これに対しては, 手動による情報提示を採用することで両タイプに対応可能なシステムとなる。両提示方法で効果がなかった参加者に関しては, 刺激の極性の大きさが足りなかった可能性があるため, 今後は手動によって個人ごとに条件づける成功の質を向上させることや, 条件づけの試行回数を増やすことを検討する。

### 5. 人間的特性と情報提示の影響の傾向の関係

実験 1, 2 では提示刺激に対する反応として順反応, 無反応, 逆反応の 3 種類 (以降では順, 無, 逆) の存在を確認したので, これらの反応に応じて提示刺激を変える必要がある。これら反応の種類は実験によって把握はできるが, なんらかの指標であらかじめ認識できることが望ましい。そこで, 本章では, 人格的特性によって情報提示の影響の傾向が識別できるという仮説に基づき, どんな人格的特性が影響の傾向に関係しているかを議論し, ユーザの情報提示への反応の事前識別手法について検討する。

#### 5.1 情報提示への考え方と影響の傾向の関係

適切な人格調査テスト選択のために, 第一段階として, 実験 1, 2 の後に, 被験者の提案システムの提示情報に対する考え方を調査するためのアンケートを行った。アンケート内容は表 4 に示す 5 つで, その結果からどういった人格的な特徴が影響の傾向と関係しているかを調査する。

図 7 に質問ごとの 3 群の平均値を示す (詳細な素点は表 5 に示す)。結果からわかる各群の特徴について述べる。Q1 の結果は順, 無, 逆になるにつれて回答数値が 1~0 と小

表 4 情報提示の影響力に対する意識調査アンケート内容

質問	回答
Q1 提示音によるゲーム結果への影響はどの程度だったと思いますか？	3段階評価 (1: ほとんど変化がなかった, 2: 変化した, 3: 有意に変化した)
Q2 P 刺激で結果はどう変化したと思いますか？	5段階評価 (-2: 有意に下がった, 0: 変化なし, 2: 有意に上がった)
Q3 N 刺激で結果はどう変化したと思いますか？	5段階評価 (-2: 有意に下がった, 0: 変化なし, 2: 有意に上がった)
Q4 あなたが同じ実験を 10 回繰り返し行った場合, 何回 (%) ゲーム結果に変化が起きると思いますか？	5段階評価 (1: 0 回 (0%), 3: 5 回 (50%), 5: 10 回 (100%))
Q5 同じ実験を 100 人が 1 回行った場合, 何人 (%) のゲーム結果に変化が起きると思いますか？	5段階評価 (1: 0 人 (0%), 3: 50 人 (50%), 5: 100 人 (100%))

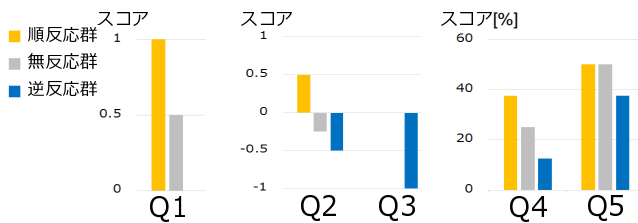


図 7 Q1~5 の結果

さくなっていることから、提示情報の影響を受けた可能性があると思うような人は順反応を示し、対して、受けたはずがないと思うような人は逆反応を示す可能性があると考えられる。無はその中間である。Q2 と Q3 において順は実験での反応通り P 刺激で少し結果が良くなったと思っている (0.5 点) のに対して、逆は実験での反応と違って両方の刺激で結果が悪くなったと思っている (-0.5 点と -1 点)。これらから、情報を素直に捉える傾向のある人は順反応を示すと考えられ、すべての情報を否定的に捉える傾向のある人は逆反応を示すと考えられる。Q4 において、自身が同じ実験を行った場合に順は 10 回中約 3.7 回 (2.5 点 (37%)) 影響が表れると回答し、無は 10 回中約 2.5 回 (2 点 (25%))、逆は 10 回中約 1.2 回 (1.5 点 (12%)) と回答した。これらから、自身に影響が出ると思う人は順反応を示し、あまり影響を受けないと思う人は逆反応を示すと考えられる。Q5 において、同じ実験で影響が出ると思う人の割合について、順と無が 100 人中 50 人 (3 点 (50%))、逆は 100 人中約 37.5 人 (2.5 点 (37.5%)) と回答した。逆が最も低いが全体としてあまり差はなく、評価実験で実際に影響を受けた割合約 67% に比べると全群が低めに見積もっている。

これらの結果から、順反応を示す人は情報提示の影響力を信じる傾向と、ポジティブな提示情報を肯定的に捉える (素直に情報を捉える) 傾向を持つと考えられ、逆反応を示す人は、情報提示の影響力を甘く見る傾向と、すべての提示情報を否定的に捉える傾向を持つと考えられる。以上から、影響の傾向は思考の傾向といった人間的な特性と関係がある可能性を確認した。よって、これらの指標を評価できるテストを次のステップで検討する。



図 8 各テストの Confusion Matrix

### 5.2 人格特性調査と影響の傾向の関係

前節を踏まえ、人格特性調査として次の 3 種類のアンケートを採用し、それらと各群との関係を調査し、各群の識別を試みた。1 つ目の日本版 Brief Core Schema Scale (JBCSS) [16] は、自己と他者に対するポジティブ志向とネガティブ志向の 4 尺度から成り、これにより自身の外的情報 (外的情報) の捉え方と自身の内的情報 (内的情報) の捉え方を理解する。2 つ目は同調性の傾向を理解するための日本版同調志向尺度 [17] で、これにより外的情報への同調性を理解する。3 つ目は交流分析理論に基づいた人格診断法である東大式エゴグラム [18] で、CP (Critical Parent), NP (Nurturing Parent), A (Adult), FC (Free Child), AC (Adapted Child) の 5 尺度から成る。これは代表的な人格テストのひとつであることから採用した。

表 5 に全アンケート結果を個人ごとに示す。人格特性調査テストの 3 群 (順 6 名, 逆 2 名, 無 4 名) の認識率を図 8 に Confusion Matrix で示す。認識率は各テストのスコアのユークリッド距離を特徴量とし、最近傍法, leave-one-out 交差検証を用いた。各テストの認識率は、全体, 順, 無, 逆の順にすると JBCSS テストが約 41%, 約 83%, 0%, 0%, 同調性志向テストが 25%, 約 66%, 0%, 0% である。エゴグラムが 50%, 約 66%, 50%, 0% である。順と逆の識別ができることが望ましかったが、それは達成できなかった。順の認識率が高いことから、逆のサンプル数の少なさが認識率の低さの原因の 1 つと考えられる。今後は被験者数を増やすこと、他のテストの採用を検討する。

次は各テスト結果からわかる各群の特徴について述べる。図 9 に人格診断テストごとの 3 群の平均値を示す。JBCSS テスト結果から、順は他者ポジティブ項目が高く、他者ネガティブ項目が低いことがわかり、外的情報を肯定的に捉える傾向があると考えられる。また、順, 無, 逆になるにつれて、他者ネガティブ項目は高くなり、他者ポジティブ



表 5 アンケート結果

参加者 (反応)	意識調査テスト					JBCSS テスト				同調性思考テスト	エゴグラム				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	他者ネガティブ	他者ポジティブ	自己ネガティブ	自己ポジティブ	同調性	CP	NP	A	FC	AC
A(順)	1	1	0	3	4	1	13	3	3	-4	26	26	19	26	21
B(順)	1	0	0	2	2	0	15	8	5	-12	25	29	30	26	20
C(順)	1	0	1	2	4	6	9	10	4	-9	28	22	21	24	23
D(順)	1	1	0	4	3	0	9	2	4	10	24	29	30	19	27
E(順)	0	0	0	2	2	5	10	13	2	9	21	17	18	11	16
F(逆)	0	0	-1	2	3	1	6	7	4	4	25	23	29	19	29
G(逆)	0	-1	-1	1	2	8	3	1	9	-7	23	14	29	19	15
H(順)	2	1	-1	2	3	2	7	3	4	8	25	27	30	27	20
I(無)	0	3	0	-1	2	1	1	0	0	6	14	29	24	25	14
J(無)	0	-1	1	2	2	3	12	15	2	-2	14	21	21	18	27
K(無)	1	-1	-1	2	4	7	7	6	1	-4	28	20	28	25	23
L(無)	1	1	0	2	4	4	12	2	8	-5	28	25	27	26	22
順反応群の平均	1	0.5	0	2.5	3	2.3	10.5	6.5	3.7	0.3	24.9	25	24.7	22.2	21.2
無反応群の平均	0.5	-0.25	0	2	3	3.8	8	5.8	2.8	-1.3	21.0	23.8	25	23.5	21.5
逆反応群の平均	0	-0.5	-1	1.5	2.5	4.5	4.5	4	6.5	-1.5	24.2	18.5	29	19	22

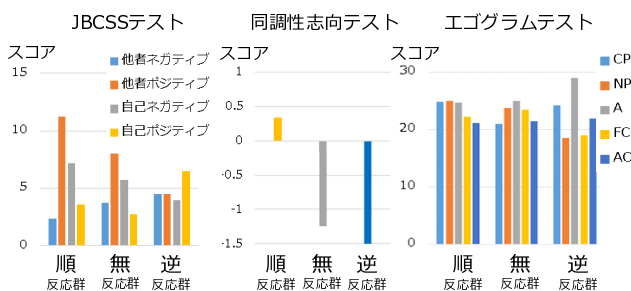


図 9 人格特性テスト結果

項目が低くなっていることがわかり、外的情報を肯定的に捉える傾向は順、無、逆の順で低くなっていると考えられる。これらから、外的情報を肯定的に捉える傾向があれば順反応を示し、否定的に捉える傾向があれば逆反応を示すと考えられる。次に、順と無は自己ポジティブ項目が自己ネガティブ項目より低いことがわかり、内的情報を否定的に捉える傾向があると考えられる。対して、逆は自己ポジティブ項目が自己ネガティブ項目より高いことがわかり、内的情報を肯定的に捉える傾向があると考えられる。これらから、内的情報を否定的に捉える傾向があれば順反応を示し、肯定的に捉える傾向があれば逆反応を示すと考えられる。同調性志向テスト結果の縦軸の正方向は同調性の高さを示し、負方向は同調性の低さを示す。結果から、順のみが正方向の点数で同調性があり、逆と無は同調性が低いとわかる。これらから、同調性の傾向がある人は提示情報に合わせてしまうので、順反応を示すと考えられる。一方、逆と無に関して点数差は小さいが、より同調性志向が低い逆の方が、逆反応を示したと考えられる。エゴグラムテスト結果から、順と無は全体的に特徴のあまりない平坦型に分類され、逆はCP、A、ACが同程度に高く、NPとFCが相対的に低いW型に分類される [18]。平坦型は特に特徴はないとされている。一方、W型は、自他否定型とされており、批判精神、義務感、責任感が高いとされている。このことから、対象を否定的に捉える傾向があると逆反応を示す可能性があると考えられる。

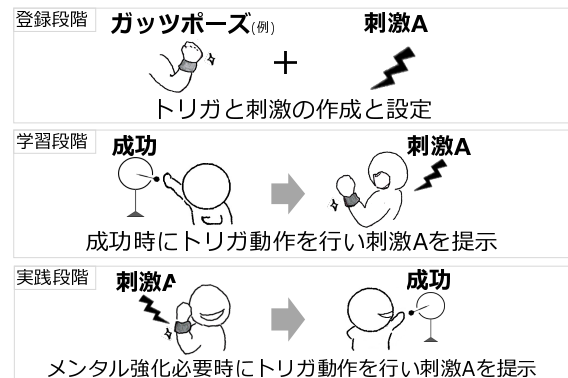


図 10 手動システムの流れ

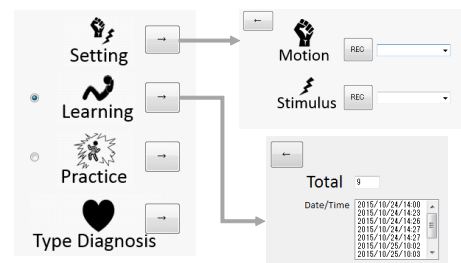


図 11 アプリケーション画面

## 6. 実装

評価実験時には自動システムの実装例を示した。実験結果からは手動操作が有効な事例を確認したので、すべての場面对象とした手首装着型の手動システムのプロトタイプを実装した。聴覚刺激提示のトリガは、ユーザが設定する特定の動作とした。図 10 にシステムの流れを、図 11 にシステム画面を示す。システムの流れは3段階から成り、システムを利用するにはまず、刺激を提示するトリガ動作の設定と刺激となる音源の設定を行う。動作は Setting 項目で Rec ボタンを押しながら実際のトリガ動作を行うことで記録し、マイクがある場合は Rec ボタンを押しながら録音した音源もトリガ動作として採用できる。音源は Stimulus 項目にある評価実験時の成功音・失敗音の他に、

Rec ボタンを押しながら録音した音源も採用できる。学習段階では、Learning 項目にチェックを入れ、条件づけたい心身の状態時にトリガ動作を行って刺激を提示する。試行の回数と日付は記録される。実践段階では、Practice 項目にチェックを入れ、メンタル強化が必要な時にトリガ動作を行って刺激を提示する。Learning 項目と同様に試行の回数と日付が記録される。TypeDiagnosis 項目では前章で用いた3種類の間特性アンケートを行うことで、ユーザの情報提示への予想反応を順反応、無反応、逆反応から判別する。動作の認識には、3軸加速度角速度センサ値から抽出した複数の特徴量、時系列データから特徴を見つけるDTW(Dynamic time warping)を用いた。

動作をトリガにすることで、本番前にもウィニングポーズを行わせるので、社会心理学で近年示された意図的なパワーポーズ(ウィニングポーズなど)によるストレス軽減効果も重ねて得ることが期待できる。また、ネガティブな精神状態の表出であるなだめ動作(鼻などを触る)を設定することで、精神状態が不安定になった際に自動で刺激を得るという使用方法もある。手動システムは場面を問わずに使えるので特定の競技(ダーツなど)で条件づけられた刺激を他での本番(プレゼンや愛の告白など)に使うシナリオも想定しており、条件づくものには汎用的に活用でき得るものも含まれることから、何らかの好影響が得られると考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、レスポンド条件づけの枠組みを情報提示システムに適用し、メンタル強化を情報提示のみで行うためのシステムを構築し、ダーツゲームを対象にしてその効果を検証した。結果から、提案システムの有効性はユーザによって異なるが、影響の傾向の一貫性の確認などから、提案システムによるメンタル及び競技結果の意図的な向上が可能であることを確認した。そして、提示情報に対する影響の傾向を人格特性から識別する手法を検討し、条件づけ刺激を自動で生成し提示するシステムを実装した。今後は様々な知覚刺激を試し、予測可能な範囲の影響の定式化、条件づけ刺激の効果を強める方法の考案、影響の傾向の識別手法の改善も行う。また、一般人だけではなくプロのアスリートやパフォーマーを対象に実験も行う。

メンタルは、人間の活動における基本的な能力で、例えば認知能力のように様々な活動に関与している。本研究によってパーソナルなメンタル制御をコンピュータを用いて簡易に行えるようになること、そしてそれが、人の広範囲に及ぶ活動に好影響を与えることを期待している。

## 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)によるものである。ここに記して謝

意を表す。

## 参考文献

- [1] O. Terry, J. Partington: Mental links to excellence, *The sport psychologist*, 2(2), pp. 105–130 (1988).
- [2] P. J. Cohn: Professional Practice Preperformance Routines in Sport, *Theoretical support and practical applications*, 4(3), pp. 301–312 (2010).
- [3] E. E. Solberg, K. A. Berglund, O. Engen, O. Ekeberg, M. Loeb: The effect of meditation on shooting performance, *British journal of sports medicine*, 30(4), pp. 342–346 (1996).
- [4] D. Landin, E. P. Hebert: The influence of self-talk on the performance of skilled female tennis players, *Journal of Applied Sport Psychology*, 11(2), pp.263–282 (1999).
- [5] E. L. Wohldmann, A. F. Healy, L. E. Bourne Jr: Pushing the limits of imagination: mental practice for learning sequences, *Journal of Experimental Psychology Learning, Memory and Cognition*, 33(1), pp.254–261 (2007).
- [6] F. Arcediano, N. Ortega, H. Matute: A behavioural preparation for the study of human Pavlovian conditioning, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49B(3), pp. 270–283 (1996).
- [7] M. Aizenberg, M. N. Geffen: Bidirectional effects of aversive learning on perceptual acuity are mediated by the sensory cortex, *Nature neuroscience*, 16(8) pp. 994–996 (2013).
- [8] J. B. Watson, R. Rosalie: Conditioned emotional reactions, *Journal of experimental Psychology*, 3(1), pp. 1–14 (1920).
- [9] 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).
- [10] 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).
- [11] P. E. Burkhardt, J. JB. Ayres: US inflation with trace and simultaneous fear conditioning, *Animal Learning and Behavior*, 6(4), pp. 463–468 (1978).
- [12] M. L. Spetch, D. M. Wilkie, J. P. Pinel: Backward conditioning: A reevaluation of the empirical evidence, *Psychological Bulletin*, 89(1), pp. 163–175 (1981).
- [13] 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).
- [14] 岡本昌之, 山中信敏: Wizard of Oz 法を用いた対話型 Web エージェントの構築, *人工知能学会論文誌*, 17(3), pp. 293–300 (2002).
- [15] K. Kirkpatrick, R. M. Church: Tracking of the expected time to reinforcement in temporal conditioning procedures, *Learning and Behavior*, 31(1), pp. 3–21 (2003).
- [16] 内田知宏, 川村知慧子, 三船奈緒子, 濱家由美子, 松本和紀, 安保英勇, 上埜高志: 日本版 Brief Core Schema Scale を用いた自己, 他者スキーマの検討, *パーソナリティ研究*, 20(3), pp. 143–154 (2012).
- [17] 横田晋大, 中西大輔: 同調志向尺度の作成 規範的影響と情報的影響, *広島修大論集*, 51(2), pp. 23–36 (2011).
- [18] 東京大学医学部心療内科 TEG 研究会編: 新版 TEG II 解説とエゴグラム・パターン, 金子書房, 東京 (2006).