

# 優勢前額皮上電位からみた クレール射撃競技力向上の検討

本 田 誠 (滋賀県立大学大学院)  
東 山 明 子 (滋 賀 県 立 大 学)

# 優勢前額皮上電位からみた クレール射撃競技力向上の検討

本田 誠 (滋賀県立大学大学院)  
東山 明子 (滋賀県立大学)

## 問 題

スポーツ選手が十分な競技パフォーマンスを発揮するためには、その競技場面に最適な心理状態を保つことが重要である。特に競技レベルが高くなればなる程、選手の心理状態が与える競技パフォーマンスへの影響は大きい。したがって心理面における自己コントロール方法の獲得がトップアスリートになるための必要条件であると考えられる。このようなスポーツ競技者の心理的スキル強化、すなわちメンタルトレーニングに関する研究は近年報告され始め<sup>6) 7) 8) 9)</sup>、実際の競技場面における心理的スキル向上のための手がかりとなっている。これまでのメンタルトレーニングの研究は、技法の開発及びその効果確認に関するものと実施方法に関するものに分けることができ、中でもメンタルトレーニングの実施方法に関する研究事例は少なく、日本では指導者側と選手側各々が試行錯誤しながら実施しているという状況が少なくない。このような状況の背景には、メンタルトレーニングの効果の確認が特に短期的トレーニングの場合には困難であるということや、その一方でメンタルトレーニングには年単位での長期間が必要であるという説から来るメンタルトレーニングを敬遠する意識や、あるいはメンタルトレーナーなどのスポーツ心理学に精通した指導者の人材不足といったことがあげられ、こういった状況下において、実施方法に関する研究の意義は大きいと考えられる。

メンタルトレーニングの実施方法に関する

手がかりを得るためには、トレーニング実施の対象となる各選手の個人特性や競技特性の実態を把握し熟知する事が第一に必要である。選手の個人特性の把握に関して、本田ら<sup>2)</sup>はクレール射撃選手を対象にメンタルトレーニングを実施した結果からメンタルトレーニングの実施の際には、これまでの研究や実践によって確立されつつある指導テクニックを画一的に行うのではなく、選手個人人の性格特性や社会的状況を十分踏まえた上で実施することが重要かつ有効であることを示唆している。また競技特性の把握に関して、東山ら<sup>1)</sup>は同様のクレール射撃選手を対象として競技中の心拍数を測定した結果から、クレール射撃(トラップ競技)は高度な集中力と精神的な情緒の安定と一射撃の一瞬のために比較的高い覚醒水準が必要な動的競技であることを示している。このような競技場面における選手の心理的変化の生理反応を測定・分析する手法は、従来の主観的判断に基づく質問紙法による調査に比べ、選手の心理状態や競技特性を解明するためのより客観性を備えた手がかりになると考えられる。丹羽ら<sup>3) 4) 11) 12)</sup>は、Peak Performance (最高能力)と生理心理的要因との関係について基礎的研究を進めており、その過程で脳波 $\alpha$ 2波(優勢前額皮上電位9~11Hz)とPeak Performance が関係することが多いこと、パフォーマンスの種類によって脳波の出現傾向が異なることを示唆している。元来、脳波を測定する場合は、微弱な電位を測定機器によって抽出するため、被験者は身体

的には安静状態でなければならない。しかし射撃競技は、環境の変化に安定性があるために外的影響を統制しやすいclosed skill sportsであり、射撃時は身体動作が少なく安静状態に近いので、競技中であっても脳波測定が可能ではないかと考え、本研究ではクレー射撃選手へのメンタルトレーニングの実施方法の手がかりを得るため、東山ら<sup>1)</sup>の研究を先行研究として、競技中の脳波（優勢前額皮上電位）を分析することによって、クレー射撃（トラップ競技）の競技特性を検討した。

すなわち本研究の目的は、クレー射撃のトラップ競技に注目し、競技中の前額皮上電位と競技成績の関係について検討し、競技特性を明らかにすることである。

## 方法

### 1. 対象

滋賀県クレー射撃協会 トラップ競技選手  
1名（国体選手） 男性39歳、競技歴9年

### 2. 実験期日・場所

期日／2000年9月13日

場所／京都笠取国際射撃場（京都府宇治市西笠取引坂1）

### 3. 測定内容

#### 3-1. 前額皮上電位

BIOFEEDBACK SYSTEM FM515NK（フューテックエレクトロニクス株式会社製）を用いて脳波（前額皮上電位）を測定し、その中の $\beta 2$ （中心周波数18.0Hz）、 $\beta 1$ （中心周波数14.7Hz）、 $\alpha 3$ （中心周波数12.0Hz）、 $\alpha 2$ （中心周波数10.0Hz）、 $\alpha 1$ （中心周波数8.2Hz）波をデータとして使用した。またこの機器はART（アーティファクト：眼球の動きや、その他身体的な動きがある場合に発生するノイズであり、前額皮上電位の測定阻害要因である）を感知し、ARTが $50\mu V$ を超えた場合は測定不可能となる。前額皮上電位は、前頭葉から導出された脳波と考えられるが、ただ単に閉眼しただけでは、出現頻度や強度は非常に小さ

い。しかし生理心理的特有状態では、強い $\alpha$ 波などの出現が観測され、内部知覚との対応性がかなり良いことが先行研究<sup>13)</sup>で明らかにされている。またデータ分析には、優勢前額皮上電位（最も高い電圧を示した前額皮上電位）出現指数は、心理的变化によく対応する<sup>14)</sup>との理由から、 $\mu V$ 積分値だけではなく、優勢前額皮上電位出現時間の比率（以下、優勢電位出現率とする）も用いた。

#### 3-2. 競技得点

競技得点は競技終了後にスコアカードから転記した。トラップ競技は、1回の標的（クレー）放出後2発まで撃つことができ、1発目か2発目かのいずれかでの中すれば得点となる。本研究では、得点したのが何発目であるかについての区別は問わず、1回の標的（クレー）放出時において、的中した場合はHit時、的中しなかった場合をMiss時とする。

### 4. 競技ルール

クレー射撃のトラップ競技ルール<sup>10)</sup>を簡単に記す。

各ラウンドは6人の射手によって行われる。6人中5人の射手は1番から5番までの射台に位置し、残り1人の射手は1番射台の後ろで待機する。1番射台の射手から順に射撃を行い、標的（クレー）を撃ち終わったら直ちにその次の射台に移動できるように準備し、1番射台の射手は2番射台へ、2番射台の射手は3番射台へと同様に移動する。これを各射手が25個の標的（クレー）を撃ち終わるまで繰り返す。射撃の準備が整ったら射手は銃を肩付けし、標的は射手が発声後直ちに放出される。標的の通過する高度は、放出点から10m離れた地点で、トラップハウスの屋根レベルで、1.5~3.5mでなければならない。

### 5. 実験手続き

本実験では、競技中の前額皮上電位を測定し、競技成績との関係について検討する手法を用いた。実験手順を表1に示す。まず被験者に前額皮上電位測定機器を装着し、座位姿

表1 実験手順

- 1) 脳波測定器具装着
- 2) 安静時脳波測定  
位姿勢で閉眼安静を3分間行い、安静1分経過後に前額皮上電位を1分間測定
- 3) 射撃時脳波測定  
測定器具を装着した状態で射撃競技(1round)を実施

勢で安静閉眼状態を3分間行い、安静1分経過後に前額皮上電位を1分間測定した。その後射撃競技を1round行い、競技中は前額皮上電位を継続測定したが、ART(アーティファクト)発生が少ない、すなわち身体運動の少ないと考えられる射撃前10秒間(射台に入ってから射撃までの平均時間)のデータを分析した。

## 結果

### 1. 安静時前額皮上電位

安静閉眼状態で座位姿勢を3分間行い、その内の1分経過後の1分間前額皮上電位を測定した。安静時と射撃前の前額皮上電位出現量を比較するために、安静時の前額皮上電位測定30秒経過後の10秒間を安静時前額皮上電位とし、その測定結果を図1に示す。また安静時10秒間と射撃前の10秒間の前額皮上電位出現量の平均値を算出して比較した結果を図2に示す。

図1から、安静時の前額皮上電位は、 $\alpha 2$ 波が常時優勢電位である傾向がみられ、 $\beta$ 波の出現はみられなかった。

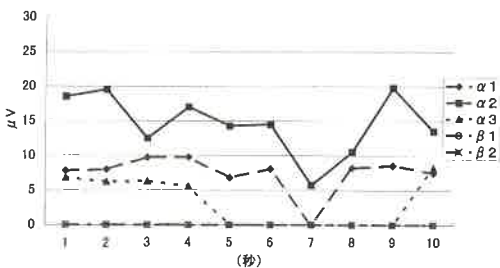


図1 安静時の前額皮上電位出現量

図2から、安静時と射撃前の前額皮上電位出現量の比較において、 $\alpha 1$ 波は安静時の方

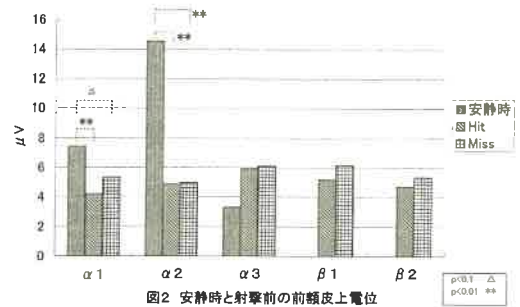


図2 安静時と射撃前の前額皮上電位

が射撃前よりも有意に高く(Hit時  $p < 0.01$ 、Miss時  $p < 0.1$ )、 $\alpha 2$ 波は安静時の方が射撃前よりも有意に高く(Hit時  $p < 0.01$ 、Miss時  $p < 0.01$ )、 $\alpha 3$ 波は射撃前の方が安静時より高い傾向がみられた。 $\beta$ 波は、安静時での出現がみられなかった。射撃Hit時とMiss時の比較において、 $\beta$ 波と $\alpha 1$ 波の出現量は、射撃Miss時の方がHit時よりやや多く、 $\alpha 3$ 、 $\alpha 2$ 波の出現量はほぼ等しかった。

### 2. 射撃Hit時前額皮上電位

射撃パフォーマンスと前額皮上電位の関係を見るために、射撃Hit時における射撃前10秒間の前額皮上電位を測定し、その結果の電位出現量の平均値を図3に、優勢電位出現率の平均値を図4に示す。

図3から、射撃Hit時の前額皮上電位において、射撃10秒前から6秒前にかけては、中心周波数の低い電位順に出現量が多い傾向がみられたが、射撃5秒前から射撃1秒前にかけて、 $\beta$ 波と $\alpha 3$ 波の出現量が増大し、 $\alpha 1$ 波の出現量が減少する傾向がみられた。射撃1秒前から射撃時にかけては、電位全般の出現量に急激な増大がみられた。

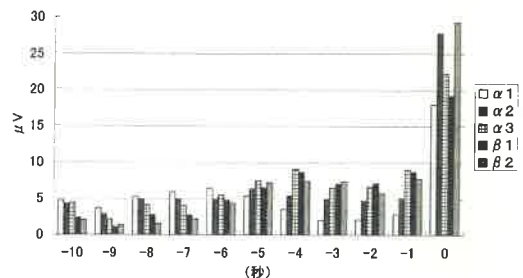


図3 射撃(Hit)前10秒間の前額皮上電位出現量

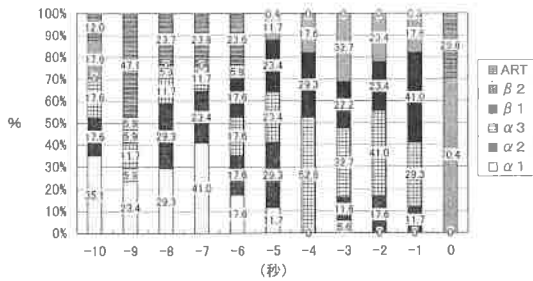


図4 射撃(Hit)前10秒間の優勢前額皮上電位出現率

図4から、射撃Hit時の優勢電位出現率は、射撃10秒前から6秒前までは $\alpha$ 1波、5秒前は $\alpha$ 2波、射撃4秒前から2秒前までは $\alpha$ 3波、射撃1秒前は $\beta$ 1波、射撃時は $\beta$ 2波が最も高くなる傾向がみられた。

### 3. 射撃Miss時前額皮上電位

射撃パフォーマンスと前額皮上電位の関係を見るために、射撃Miss時における射撃前10秒間の前額皮上電位を測定し、その結果の電位出現量の平均値を図5に、優勢電位出現率の平均値を図6に示す。

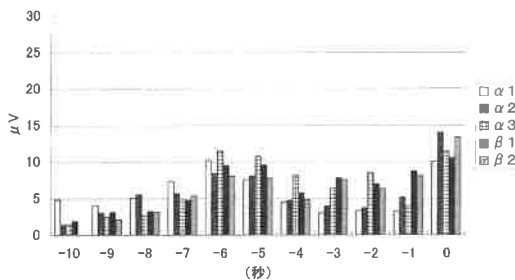


図5 射撃(Miss)前10秒間の前額皮上電位出現量

図5から、射撃Miss時の前額皮上電位において、射撃10秒前から6秒前にかけては、電位全般の出現量の増大がみられた。射撃5秒前以降は、 $\beta$ 波は射撃4秒前まで減少し、その後射撃時までゆるやかに増大する傾向がみられ、 $\alpha$ 波は射撃1秒までゆるやかに減少し、射撃時で増大する傾向がみられた。

図6から、射撃Miss時の優勢電位出現率は、射撃10秒前は $\alpha$ 1波、射撃9秒前から射撃6秒前まではART（アーティファクト）、射撃5秒前は $\beta$ 1波、射撃4秒前は $\alpha$ 3波、射撃3秒前は $\beta$ 1波、射撃2秒前は $\alpha$ 3波、射撃1

秒前は $\beta$ 2波、射撃時はARTが最も高くなる傾向がみられた。

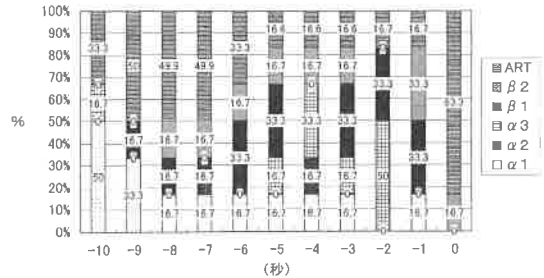


図6 射撃(Miss)前10秒間の優勢前額皮上電位出現率

### 考察

安静時と射撃前の生理心理的状态を比較するために前額皮上電位を測定した結果1から、安静時と射撃前の比較を行った。安静時で $\alpha$ 2波が常時優勢電位であり、かつ出現量も高い傾向がみられたことから、安静時の被験者の心理的状态としては、緊張による力みや構えの状態や、逆に弛緩による注意散漫な状態のどちらでもない、あらゆる状況に対して適切に反応することが可能な高い集中状態であると推察される。射撃前では、安静時と比較すると $\beta$ 波の高い出現がみられたことから、意識の覚醒水準が高く、心理的には緊張集中状態にあったと考えられるが、その原因としては、安静時（座位姿勢で閉眼安静）と射撃前（立位姿勢で開眼射撃体勢）の脳波測定時の身体的条件の差異と、安静時にはみられなかった心理状態、すなわち標的（クレー）を射撃するまでに生じる意識的な精神集中作業が発生していたことが考えられる。

射撃パフォーマンスと前額皮上電位の関係を見るために、射撃Hit時における射撃前10秒間の前額皮上電位を測定した結果2から、射撃Hit時の前額皮上電位について検討した。電位出現量において、射撃10秒前から6秒前にかけては、中心周波数が低い電位の順に出現量が多いという、いわば電位の周波数とその出現量に相関性がみられ、意識の覚醒水準としては安静状態に近い状態である。射撃5秒

前から射撃1秒前にかけては、 $\beta$ 波と $\alpha$ 3波出現の増大、 $\alpha$ 1波出現の減少がみられたことから、意識レベルが覚醒方向へ変化していることが示唆された。射撃時には電位全般の急激な出現増大がみられ、射撃に伴って意識の覚醒度あるいは集中度が瞬間的に高まったことが推察される。また射撃前10秒間の優勢電位出現率において、優勢電位の周波数が段階的に高くなる傾向がみられ、安定集中から緊張集中へと射撃前の心理状態が変化していることが推察された。本実験の対象となった選手は、射撃5秒前には射撃の「構え」を、射撃1秒前には標的（クレー）放出のための「発声」を行っており、これは前額皮上電位の出現傾向が大きく変化した射撃5秒前及び1秒前と時間的に一致する。つまりこれらのことから、射撃前の「構え」の動作に至るまでは、心理的には比較的安定した集中状態であり、「構え」という射撃体勢を整えたときに、意識の覚醒度は上昇し、心理的には緊張集中状態となり、「発声」という射撃準備完了の意思決定時に意識の覚醒度が著しく高まることが示唆された。クレー射撃の研究で東山ら<sup>1)</sup>は、トラップ競技は射撃前の射撃に備える生理心理的構えが十分に形成され、射撃時では一射撃の一瞬のために高い覚醒が必要であると示唆しており、本実験においてもその報告を支持する結果が得られた。

射撃パフォーマンスと前額皮上電位の関係を見るために、射撃Miss時における射撃前10秒間の前額皮上電位を測定した結果から、射撃Miss時の前額皮上電位について検討した。電位出現量において、射撃Hit時の出現傾向と比較すると、射撃10秒前から6秒前にかけての周波数と出現量の相関性や、射撃5秒前以降の $\beta$ 波と $\alpha$ 3波の同調現象、また射撃時の電位全般の急激な出現増大はみられず、射撃Hit時の電位出現量と出現傾向が全く異なった。また射撃前10秒間の優勢電位出現率において、射撃Hit時の出現傾向と比較すると、優勢電位

の段階的な周波数の上昇はみられず、 $\beta$ 波やARTが射撃前10秒間を通してみられたのが特徴的であった。ART（アーティファクト）は、眼球運動などの身体的なぶれで生じる脳波測定阻害要因である。すなわち射撃Miss時では、射撃Hit時でみられた「構え」や「発声」などの射撃準備行動に伴った意識の覚醒度や集中度の切り替えが行われず、身体的にも安定できなかったことが考えられる。

以上の考察から、射撃前の前額皮上電位の出現状態がその後の射撃パフォーマンスに反映されており、特に射撃Hit前の前額皮上電位の出現に一定の傾向があることが示唆された。すなわち射撃パフォーマンスに最適な射撃前の生理心理的状态は、射台に位置してから「構え」に至るまでは、 $\alpha$ 1、 $\alpha$ 2波が優勢に出現する比較的安静に近い意識安定集中状態であり、「構え」を機に $\alpha$ 3波、 $\beta$ 1波が優勢に出現する緊張集中状態へと意識の覚醒レベルが上昇し、射撃時では電位全般の出現が著しく増大し、意識の覚醒度はさらに高まる状態であることが考えられた。クレー射撃のトラップ競技は、標的（クレー）が競技者の発声直後に放出されるため、標的の軌道を追従する瞬間的な反応が求められるが、放出のタイミングは競技者の意向で決定できることから、射台に入ってから「構え」に至るまでは、安静に近い安定集中状態に意識をコントロールし、「構え」を機に意識の覚醒度を段階的に高めるために緊張集中状態へと移行するような精神作業が習慣化できれば、射撃パフォーマンスが向上することが推察される。

本研究はクレー射撃のトラップ競技に注目し、選手の競技中の脳波を測定する試みを実施した。前述したとおり脳波測定は身体運動時には適さない性質があるため、選手の競技中の脳波を扱った先行研究はこれまでになかったが、本実験において、クレー射撃（トラップ競技）を対象にした場合は、その競技特性上、射撃前10秒間は測定結果を得ることが十

分に可能であることが明らかになった。脳波測定は、他の生理的指標である心拍や皮膚温等の測定と比較すると、競技者の意識の覚醒度や集中度のより詳細な客観的評価が可能であることから、本実験による方法的検討の意義は非常に大きいと考えられる。

## 結 論

クレー射撃選手へのメンタルトレーニングの実施方法の手がかりを得るため、競技中の脳波（優勢前額皮上電位）を分析することによって、クレー射撃（トラップ競技）の競技特性を検討した。その結果、次の結論を得た。

1. クレー射撃（トラップ競技）の競技パフォーマンスは、射撃前の前額皮上電位の出現傾向に反映されることが示唆された。
2. クレー射撃（トラップ競技）の競技パフォーマンスに最適な射撃前の生理心理状態は、射撃準備行動の「構え」及び「発声」に伴って、意識水準が段階的に高まる状態であることが示唆された。
3. クレー射撃（トラップ競技）の競技パフォーマンスの向上には、射台に入ってから射撃を行うまでの数秒間を、比較的安静時に近い安定集中状態から、瞬間的反応動作に適した緊張集中状態へと移行する心理的過程の習慣化が必要であることが推察された。

## 引用文献

- 1) 東山明子・林景子・本田誠（2001）「心拍数からみたクレー射撃競技力向上の検討」滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要No. 19・20 76-85
- 2) 本田誠・東山明子（2001）「社会人スポーツ選手を対象としたリラクゼーションスキルトレーニング実施の試み」健康支援第4巻第1号 p 74
- 3) 丹羽劭昭（2001）「自律訓練法を用いた優勢前額皮上電位  $\alpha$  2 波バイオフィードバックトレーニングによる注意集中の増強の検

討」丹羽劭昭編：脳波バイオフィードバックトレーニングによるパフォーマンス向上の研究 39-61

- 4) 丹羽劭昭（1996）「優勢前額皮上電位  $\alpha$  2 波バイオフィードバックトレーニングによる注意集中の増強の検討」丹羽劭昭編：Biofeedbackを利用した心理的トレーニングによるパフォーマンス向上の研究—特に脳波や自律神経系を中心に— 23-30
- 5) 小林美紀・丹羽劭昭（1997）「色・情景・音を用いた脳波バイオフィードバックトレーニングによるパフォーマンス強化の検討—注意の集中を中心に—」丹羽劭昭編：Biofeedbackを利用した心理的トレーニングによるパフォーマンス向上の研究—特に脳波や自律神経系を中心に— 31-41
- 6) 小谷克彦・豊田一成（1998）「心身統一的手法を用いたメンタルトレーニングにおける  $\alpha$  波優勢化現象」日本スポーツ心理学会第25回記念大会研究発表抄録集 76-77
- 7) 西野明・土屋裕陸（2000）「我が国におけるメンタルトレーニング指導の現状と課題—関連和書を対象とした文献研究—」日本スポーツ心理学会第27回研究発表抄録 58-59
- 8) 末松芳子（2001）「メンタル・プラクティスとカウンセリングによる長期的心理サポート評価的ケース・スタディ」日本スポーツ心理学会第28回研究発表抄録集 110-111
- 9) 船越正康（2000）「メンタルトレーニング研究の課題」スポーツ心理学研究第27巻第1号 39-49
- 10) 社会法人日本クレー射撃協会（1993）クレー射撃競技規則集 p 34,79,81,93
- 11) 星野聡子・丹羽劭昭（1997）「バイオフィードバックおよび自律訓練法を用いたトレーニングによる心拍制御がライフル射撃のパフォーマンスに及ぼす研究」丹羽劭昭編：Biofeedbackを利用した心理的トレーニングによるパフォーマンス向上の研究—特に脳波や自律神経系を中心に— 61-64

- 12) 弘志穂・星野聡子・丹羽劭昭・星名倫  
(1990)「射撃における生理心理状態の検討」  
丹羽劭昭編：Peak Performanceをもたらす心理的トレーニング効果の基礎的研究－特にBiofeedback Trainingによる脳波や自律神経系現象を中心に－ 70-73
- 13) 志賀一雄・松岡洋一・佐々木雄二 (1982)  
前頭葉 $\alpha$ 波バイオフィードバックトレーニング研究 9:1-14
- 14) 橋本圭子 (1991)「アルファ波とフィードバック訓練における“結果の知識”の学習性と注意集中の効果の比較」心理学研究 62 (3) :180-186