

# 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

(課題番号 09680142)

平成9年度～12年度科学研究費補助金(基盤研究C)

## 研究成果報告書

平成13年3月

研究代表者 丹羽 劭 昭  
(聖母被昇天学院女子短期大学教授)

## まえがき

この報告書は平成9年度から平成12年度までの4年間、文部省科学研究費（基礎研究C）の補助を受けて行われた研究の成果をまとめたものである。

日常生活や運動場面でパフォーマンスの向上をはかるためには、一般に体力と技術と心的能力の3要素が必要である。

我々はここ15年程、Peak Performance（最高能力）と生理心理的要因との関係についての基礎的研究を進め、集中的に検討してきた。その過程で、脳波バイオフィードバック（脳波BFTと略す）の装置およびその原資料を解析するプログラムが必要となり、その試作から始めた。そして1990年頃、一応、実験装置として使用できる程度の第1号機の装置及び解析プログラムを作ることができ、これを改良しながら実験を進めてきた。その結果、漸く国際的に評価され得る二つの事実を明らかにしつつある。一つは、従来、学会では一般にPeak Performanceと脳波の $\alpha$ 波が関係するとされているが、 $\alpha$ 波（8～13Hz）を $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 波に3分して検討すると、 $\alpha_2$ 波（10～11Hz）のみ関係し、 $\alpha_1$ 波、 $\alpha_3$ 波は無関係であることが多く、そしてパフォーマンスの種類によって、関係する優勢脳波（本研究では、より正確に表現したいとの考えから優勢前額皮上電位と呼ぶことがある）も異なることが次第に明らかになってきた。他の一つは、心的過緊張状態における「あがり」等によるパフォーマンスの低下は、交感神経の興奮しすぎが原因とされているが、心拍や皮膚温の検討から、過緊張時に交感神経興奮型の人と、それ以外の、いわゆる非交感神経興奮型の人がいることを見出したことである。

本研究では 1) 試作装置の改良を重ねて、脳波 BFT が一層簡単にできる装置を作成すると共に 2 秒毎に産出される 5 種類 ( $\theta_2$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\beta_2$ とアーティファクト) の脳波を収集し 20ms の速さで A/D 変換させ、それらの測定資料を自動的に解析して、結果を直ちにしやすい図や表にして表示するプログラムを作ること。 2) その装置を用いて、パフォーマンスと  $\alpha_2$  波との関係を、より高い水準で確認すること。 3) さらに  $\theta$  波や  $\beta$  波を細分して測定できる脳波分析装置を試作し、その解析プログラムを作ること。 4) これらの装置によって、各種のパフォーマンスと脳波との関係を検討すること。そして 5) 各種の運動パフォーマンスに応じたパフォーマンス向上のための脳波 BFT の方法を開発することである。これらと関連して、バイオフィードバックトレーニングを用いた心拍制御によるパフォーマンス向上の研究も行い、加えている。

基礎的研究に裏付けられた脳波 BFT の開発は、世界のスポーツ関係者だけでなく Quality of Life をめざす多くの研究者が待望していることでもある。本報告では世界に先駆け  $\alpha$  波を 3 分 ( $\alpha_1 \sim \alpha_3$ ) し、 $\alpha_2$  波の重要性を実証すると共に、脳波

# 目 次

ま え が き

研究の組織・経費及び発表

I	快適感と優勢前額皮上電位との関連	1
	—— 聴覚刺激を手がかりに ——	
	丹羽劭昭	
II	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	17
	Fp <sub>2</sub> α <sub>2</sub> 波の増強とパフォーマンスの向上	
	—— 注意集中を中心に ——	
	丹羽劭昭	
III	色・音・イメージが脳波に及ぼす影響	35
	東山明子 丹羽劭昭	
IV	自律訓練法を用いた優勢前額皮上電位α <sub>2</sub> 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	39
	丹羽劭昭	
V	弓道選手における自律訓練法を用いたバイオフィードバック	
	トレーニングによる心拍数制御と的中率との関係	63
	丹羽劭昭	
VI	瞑想を用いたメンタルトレーニングによるアーチェリー得点への効果	103
	東山明子 丹羽劭昭	
VII	心拍バイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への	
	有効性の検討	109
	丹羽劭昭	
VIII	心拍制御トレーニングによるパフォーマンス向上の検討	129
	東山明子 丹羽劭昭	

I 快適感と優勢前額皮上電位との関連  
—— 聴覚刺激を手がかりに ——

丹羽劭昭

# 快適感と優勢前額皮上電位との関連

— 聴覚刺激を手がかりに —

丹 羽 劭 昭

## Relationship Between a Person's Comfortable Feelings Caused by Sound and the Prevalent EEG

Takaaki NIWA

### ABSTRACT

The purpose of this study is to clarify the relationship between a person's comfortable feelings caused by sound and the prevalent electro-encephalogram(EEG), especially the scalp electrogram of the forehead (frontal lobe).

The subjects were 52 students at a women's university 18 to 22 years of age. EEG amplifiers picked up the EEG at  $Fp_2$  position, and divided it into six bandpass waves (the  $\theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\beta_2$  waves and the artifact.) It distinguished one dominant wave in the EEG in each 2 second interval. The speed of A/D conversion is 20 ms. The amplitude of these six bandpass waves is an output with a 1/256 resolution of the full scale every 2 seconds.

As a result, the following conclusions were obtained.

1. There exists differences among individuals in a person's comfortable feelings caused by sound.
2. Quality and quantity differences of the comfortable feelings for sound bring about the differences of EEG. In general, those

who show high levels of comfortable feelings for the sound of nature have a tendency towards low prevalent  $Fp_2 \beta_2$  waves, while those at high levels of comfortable feelings for the sound of city life show high prevalent  $Fp_2 \beta_2$  waves.

3. The time fraction of each wave prevalent in EEG is a reasonable measure of psychological response more than the time average of EEG amplitude.

Key words : person's comfortable feelings, EEG,  $\beta_2$  wave, sound, stimulus of auditory sensation

キーワード：快適感、前額皮上電位、 $\beta_2$ 波、音、聴覚刺激

## 緒 言

ある事柄に対して抱く、快・不快の感情は、人それぞれである。同じ体験をしても、それを快適に感じる人もいれば、不快に感じる人もいる。そういった、人それぞれの主観的判断の違いを、科学的に検討することはできないものであろうか。

わたしたちは、日々、様々な音に囲まれて生活している。雨や風の音のような自然からの音、鳥のさえずり、犬の吠える声のような動物の声、商店街やパチンコ店からの軽快な音楽や騒音に近い大きな音など多種多様な音が聞こえてくる。これらの中、意図的にスピーカーを通して流している音の多くは、人々の感情に与える音の効果を期待して音を利用しているといえる<sup>1)2)</sup>。このように、人間は音を締め出すことは日常的な行為としてはできないため、音は各人の意志に関係なく、人々の感情に常に何らかの影響を与えていると考えられる。そこで、快適感と生理的变化との関係を検討することによって、人の主観的な快適感について、客観的に分析したいと考えた。

音と一口にいっても、音楽、川のせせらぎや虫の声、電車、自動車、時刻を知らせるサイレンなど様々な音がある。本研究では、人が日常あるいは非日常

の場面において何気なく音を耳にする時の、快・不快の感情を問題にしたいということから、環境音を用いることにする。環境音は、海鳴りや風などの自然音と、家の中や都市で聞かれる生活音に大別出来る<sup>15)</sup>。そこで、本研究では自然音の中から、川のせせらぎ、波の音、鳥のさえずりの3つを、生活音の中から、オートバイの音、トラックの音、道路工事の音の3つ、合計6つの音を用いることにする。これらの音を選択した理由は、①環境音として一般的であると思われる音であり、音刺激として用いた時、わかりやすいと考えられること。②川のせせらぎ、波の音、鳥のさえずりは、概して心理的にやすらぎをもたらす音であると考えられ<sup>6)</sup>、オートバイの音、トラックの音、道路工事の音は、自然音とは対照的な「騒音」とも言うべき、衝撃的な音であると考えられる<sup>5)</sup>。しかし、人々は、異なる音環境の下で生活しているため、それぞれの音に対して抱く感情も個人によって異なる<sup>7) 9) 11)</sup>と思われること。③CD化されていて、音の正確な再現が可能で、しかも入手が比較的容易であること。

という理由からである。

さて、快適感という主観的な判断を科学的に検討するためには、生理心理学の方法が考えられる。そしてそれは、何らかの心理学的変数と生理学的変数の間の対応関係を調べるという方法が用いられる<sup>4)</sup>。生理的測度は、様々なものが考えられるが、本研究では心拍と脳波（前額皮上電位）を採用することにする。なお心拍については本報告では省略する。

脳波は一般に、振幅が大きく周波数の低い徐波から振幅が小さく周波数の高い速波までを順に、 $\beta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\theta$ 波、 $\delta$ 波などに分類される。丹羽らは $\alpha$ 波をさらに $\theta$ 波に近い状態から $\beta$ 波に近い状態まで周波数によって $\alpha_1$ 波（8.0～9.0Hz）、 $\alpha_2$ 波（9.0～11.0Hz）、 $\alpha_3$ 波（11.0～13.0Hz）の3段階に分けている<sup>10)</sup>。その理由は、 $\alpha$ 波は目覚めた時のぼんやりした状態の時に出る脳波とされてきたが、最近の研究では注意を集中させた時にも出ると言われることから、この覚醒水準の異なる二つの状態で、同じ $\alpha$ 波が出ることの矛盾に疑問を持ち、そこを解明するため、 $\alpha$ 波を3分して導出し検討したいと考えたからである。また、一般に脳波は、覚醒水準が高く興奮した状態で $\beta$

波が優勢に現れ、ぼんやりした状態になるにつれ $\theta$ 波が優勢になり、眠りに至ると $\delta$ 波に支配されるという一定の方向性がみられるとされている<sup>3)</sup>。本研究で脳波を測度として用いる理由は、音楽に対する人の生理心理的反応を検討した先行研究<sup>17)</sup> から、脳波が音刺激に対する人の生理心理的反応の測度として適していると考えられること、 $\alpha$ 波を導くリラクゼーション音楽等のCDを店頭でよく目にするが、音によって脳波はどのように変化するかを知りたいということによる。

以上のように、本研究では生理的測度として脳波を用い、心理的測度としてSD法 (Semantic differential Method) や質問紙法を用いた快適感に関する内省報告を使用することとし、両者の関連を検討する。ただし、いわゆる脳波といわれるものについては、正確には、前額の右側 (Fp<sub>2</sub> の位置) の皮上で捕らえた電位いわゆる前頭葉からの導出電位で、以後、前額皮上電位と呼ぶことにする。

## 目 的

音は各人の意志とは関係なく感情に何らかの影響を与える。しかし人々は異なる音環境で生活しているため音に対する感情は個人によって異なる。そこで音に対する感じ方の一つとして、快適感を指標とし、音による快適感と生理心理的指標としての優勢前額皮上電位との関連を検討するため、次の仮説を検証する。

1. 同じ音を聞いても快適感には個人差がある。
2. 音を聴取する時、快適性の性質や程度によって前額皮上電位に違いがある。

## 方 法

被 験 者：女子大学生 52名 (18~23歳)

環境条件：実験室、室温25℃~28℃、湿度50~70%

実験機器：表1に示す。



前額皮上電位の測定部位：測定部位を図1に示す。

表1 実験器具

心 拍 計	SPORT TESTER PE-3000 PORAR ELECTRO KT製
前額皮上電位測定機	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S フューチャーエレクトロニクス株式会社製
ボディソニック	BODYSONIC SYSTEM MC 300
C D (音)	決定版効果音全集 海・砂丘の波 川のせせらぎ 鳥のコーラス オートバイ ビクターエンタテイ メント(株)、VICTOR新効果音 大百科II (交通編) 効果音全集 トラック ビクター音楽産業(株)、 新効果音大全集4 雰囲気 道路工事音 日本効 果音専門研究会
カセットデッキ	CSD-XR20 アイワ(株)

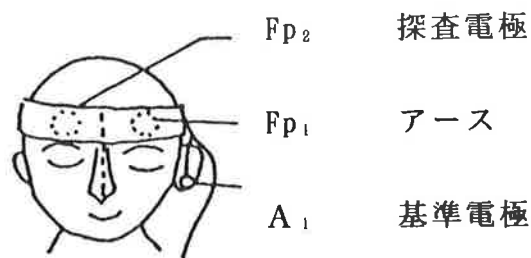


図1 前額皮上電位測定機の装着部位

測定内容及び方法：①優勢前額皮上電位：FM515Sにより  $Fp_2$ （前額右）から導出される2秒毎の優勢前額皮上電位（平均振幅の最も大きい周波数成分）を測定する。FM515Sは前額皮上電位を増幅して、5.6Hz、8.2Hz、10Hz、12Hz、18Hzを中心周波数とする5個の周波とアーティファクトが、バンドパスフィルターによって抽出され、その出力を $\theta_2$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\beta_2$ 波、アーティファクトとして、それぞれの周波数成分を求めることができる。それをスキャナーでA/D変換する速さは20ms、周波数成分の解析能力はフルスケールの1/256、2秒毎の平均前額皮上電位をFM515NKのコンピューターソフトによってデジタル信号（パルス数のデータ）として出力する。前額皮上電位の測度としては、 $\mu V$ 積分値より優勢脳波指数（ $\alpha$ 波指数等）の方が心理的变化

と対応して妥当性が高いという先行研究から、本研究においても優勢前額皮上電位指数、つまり一定時間内における各優勢前額皮上電位出現時間の比率を用いることにする。なお測定は、各周波数の $\mu\text{V}$ 積分値と各電位の優勢前額皮上電位出現時間の比率（以下、優勢電位出現率と呼ぶ）とする。

②音：CDからテープにダビングしたものを共通に聞かせ、音のボリュームを一定にした。

資料の処理：統計処理は主に奈良女子大学情報処理センターの大型計算機でSASのプログラム<sup>14)</sup>を用いた。

実験手順：実験順序を図2に示す。被験者は心拍計、前額皮上電位測定機を

心拍計・前額皮上電位測定機の装着

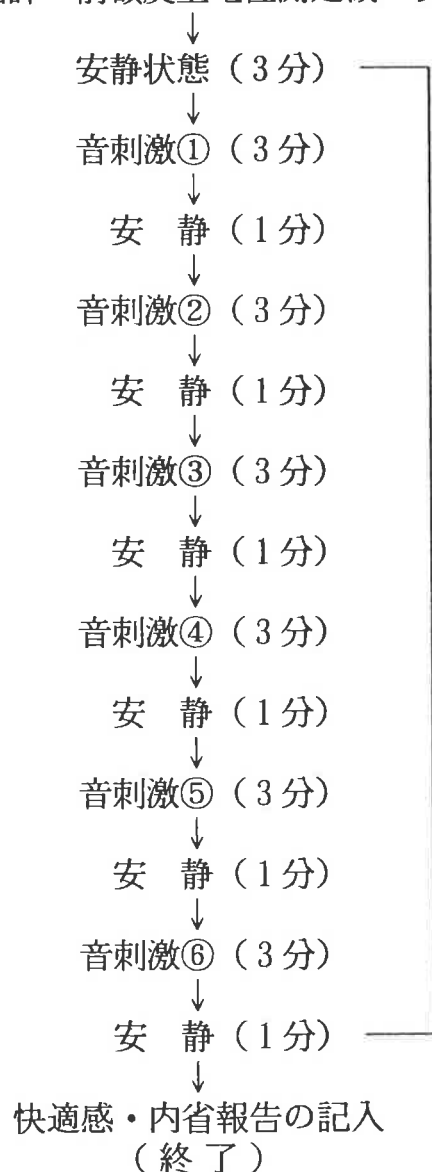


図2 実験順序

装着しボディソニックに楽な姿勢で座る。実験中は閉眼で音から想像できる情景を心に描くようにする。音は自然音として川のせせらぎ、波の音、鳥のさえずり、生活音として、オートバイの音、トラックの音、道路工事の音の6種類で、順序効果をなくすためカウンターバランスされて与えられる。聴音後各音について快適感を7段階評定尺度法で回答させ、あわせて内省報告を記入する。さらに快適感を詳しく調べるためSD法を用い22の形容詞対(表2)について

表2 快適感の形容詞対一覧

形容詞対 \ 評価	非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に	
1. 楽しい	7	6	5	4	3	2	1	苦しい
2. すっきりした	7	6	5	4	3	2	1	もやもやした
3. 愉快的	7	6	5	4	3	2	1	不愉快的
4. 落ち着いた	7	6	5	4	3	2	1	いらいらした
5. 頭がさえた	7	6	5	4	3	2	1	ぼーっとした
6. 生き生きした	7	6	5	4	3	2	1	無気力な
7. リラックスした	7	6	5	4	3	2	1	緊張した
8. 満足な	7	6	5	4	3	2	1	不満足な
9. 爽やかな	7	6	5	4	3	2	1	憂うつな
10. 浮き浮きした	7	6	5	4	3	2	1	沈んだ
11. 明るい	7	6	5	4	3	2	1	暗い
12. ゆったりした	7	6	5	4	3	2	1	せかせかした
13. はつらつした	7	6	5	4	3	2	1	意気消沈した
14. のびのびした	7	6	5	4	3	2	1	萎縮した
15. 穏やかな	7	6	5	4	3	2	1	腹立たしい
16. うれしい	7	6	5	4	3	2	1	悲しい
17. 気力充実した	7	6	5	4	3	2	1	気が滅入った
18. 軽やかな	7	6	5	4	3	2	1	重々しい
19. 気が晴れた	7	6	5	4	3	2	1	気がふさいだ
20. くつろいだ	7	6	5	4	3	2	1	気が張った
21. 上機嫌な	7	6	5	4	3	2	1	不機嫌な
22. 幸せな	7	6	5	4	3	2	1	不幸せな

7段階評定をさせる。形容詞対は、音楽を聴いている時の心理的反応や、運動した後に生じる感情について検討されている先行研究<sup>2) 17)</sup>をもとに作成した。

## 結 果 と 考 察

### I 仮説1の検討 —— 快適感への個人差の検討

#### 1. 心理的反応の検討

各音に対する快適感の評価の結果を表3に示す。表3から、6つの音の中

表3 各音に対する快適感の7段階評価の平均とSD

音の種類	平均	S D
川のせせらぎ	6.0	1.18
波の音	5.7	1.10
鳥のさえずり	5.6	1.13
オートバイの音	3.3	1.31
トラックの音	2.8	1.19
道路工事の音	1.5	0.96

で、評価に個人差が最も大きいのはオートバイの音で、反対に最も小さいのは、道路工事音である。また自然音に高い快適感をもつ人が多く、生活音に不快感を抱く人が多いことがわかる。

#### 2. 快適感の性質の検討

22項目の形容詞対を用いた快適感のSD法による検査結果を表4に示す。

表4 各音に対する形容詞対を用いた快適感の7段階評価の平均とSD

音の種類	22項目(1項目)平均	S D(22項目)
川のせせらぎ	112.9 (5.13)	12.27
波の音	111.2 (5.06)	12.20
鳥のさえずり	111.6 (5.07)	14.10
オートバイの音	74.8 (3.40)	12.66
トラックの音	72.6 (3.30)	8.67
道路工事の音	64.9 (2.95)	12.00

また各音について、主因子解で因子を抽出し、バリマックス回転を行って最終因子を決定した。因子数の決定は固有値1.0以上を基準とした。各自然音では因子構造が極めて似ており、共通して「はつらつ感」「リラックス感」「満足感」「明朗感」「すっきり感」と命名した。その一例を表5に示す。

表5 「波の音」聴取時における形容詞対を用いた快適感評価の回転後の因子負荷行列 (0.4以上)

負荷量 因子名	形容詞対	因子	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
はつらつ感	はつらつした-意気消沈した		0.808				
	気が晴れた-気がふさいだ		0.776				
	気力充実した-気が減入った		0.762				
	頭がさえた-ぼーっとした		0.723				
	生き生きした-無気力な		0.716				
	のびのびした-萎縮した		0.714				
	爽快な-憂うつな		0.705				
	上機嫌な-不機嫌な		0.691				
	軽快な-重々しい		0.608				
幸せな-不幸せな		0.600					
リラックス感	くつろいだ-気が張った			0.873			
	リラックスした-緊張した			0.872			
	ゆったりした-せかせかした			0.833			
	穏やかな-腹立たしい			0.821			
	落ち着いた-いらいらした			0.819			
満足感	うれしい-悲しい				0.812		
	満足な-不満足な				0.728		
	浮き浮きした-沈んだ				0.672		
明朗感	明るい-暗い					0.892	
	愉快的な-不愉快的な					0.594	
すっきり感	すっきりした-もやもやした						0.817
	楽しい-苦しい						0.662

各生活音でも因子構造が極めて類似し、「落ち着き感」「ゆったり感」「上機嫌感」「愉快感」「リラックス感」「はつらつ感」と命名した。その例を表6に示す。

表6 「道路工事の音」聴取時における形容詞対を用いた快適感評価の回転後の因子負荷行列（0.4以上）

因子名	形容詞対	因子	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6
落ち着き感	落ち着いたーいらいらした		0.822					
	すっきりしたーもやもやした		0.815					
	頭がさえたーぼーっとした		0.627					
	気力充実したー気が減入った		0.523					
	生き生きしたー無気力な		0.498					
ゆったり感	ゆったりしたーせかせかした			0.901				
	うれしいー悲しい			0.824				
	気が晴れたー気がふさいだ			0.810				
	幸せなー不幸せな			0.661				
	満足なー不満足な			0.548				
	のびのびしたー萎縮した			0.520				
上機嫌感	爽快なー憂うつな				0.815			
	明るいー暗い				0.775			
	上機嫌なー不機嫌な				0.739			
愉快感	愉快的なー不愉快的な					0.830		
	浮き浮きしたー沈んだ					0.754		
	楽しいー苦しい					0.526		
リラックス感	穏やかなー腹立たしい						0.794	
	リラックスしたー緊張した						0.772	
	くつろいだー気が張った						0.630	
はつらつ感	軽快なー重々しい							0.638
	はつらつしたー意気消沈した							0.621

命名した各因子の負荷量0.4以上の項目の総合得点（以後、因子代表得点と呼ぶ）を算出し、結果を表7、8に示す。

表7 自然音（川のせせらぎ・波の音・鳥のさえずり）における  
快適感因子の因子代表得点の平均とSD

快適感因子 (項目数) 音	はつらつ感(10)		リラックス感(5)		満足感(3)		明朗感(2)		すっきり感(2)	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD
川のせせらぎ	48.9	6.77	29.5	4.04	14.6	1.92	9.8	1.38	10.3	1.42
波の音	48.3	6.97	29.1	4.09	14.3	1.95	9.5	1.28	10.1	1.40
鳥のさえずり	48.3	7.32	29.1	4.06	14.5	2.16	9.5	1.56	10.0	1.62

表8 生活音（オートバイの音・トラックの音・道路工事の音）における  
快適感因子の因子代表得点の平均とSD

快適感因子 (項目数) 音	落ち着き感(5)		ゆったり感(6)		上機嫌感(3)		愉快感(3)		リラックス感(3)		はつらつ感(2)	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD
オートバイの音	17.2	2.68	20.6	3.15	9.5	2.62	9.6	2.00	10.3	2.31	7.7	2.00
トラックの音	16.8	2.20	20.0	2.77	9.1	2.02	9.3	1.71	10.0	1.63	7.2	1.26
道路工事の音	15.4	2.48	18.8	3.05	7.8	2.63	8.0	1.87	8.8	2.37	6.0	1.84

表4、7、8のSDから判断して、22項目の形容詞対を用いた快適感には、個人差があると考えられるが、一方、自然音には快適感を、生活音には不快感を抱く傾向が認められる。また、形容詞対によるSD法の結果は、快適感の指標を求めたことになるので、以後、快適感の指標は、22項目の合計得点（以下、快適感①とする）と、各因子の因子負荷量0.4以上の項目の総合得点いわゆる因子代表得点（以下、快適感②とする）の2種類を用いる。

## II 仮説IIの検討 — 快適感と前額皮上電位との関連の検討

快適感と前額皮上電位の $\mu v$ 値や優勢電位出現率との関連を検討する方法として前額皮上電位の増減率（増減率＝聴取時の前額皮上電位／安静時の前額皮

上電位)を基準とする。

快適感①と優勢電位出現率の増減率：両者の相関（資料省略）を見た結果、川のせせらぎ、鳥のさえずり、トラック音、道路工事音に有意な ( $p < .05$ ) 相関がみられた。すなわち、川のせせらぎ、鳥のさえずりでは  $\beta_2$  波に-の相関がみられ、トラック音で  $\alpha_3$ 、道路工事音で  $\beta_2$  に+の相関がみられた。 $\beta$ 波は一般に、緊張が高まり興奮した時や思考時に多く出現する<sup>13) 16)</sup>と考えられるが、自然音や生活音が快適性の性質や程度に与える影響も  $\beta_2$  波に大きく影響していると考えられる。また快適感①の得点の上位・下位各27%をH群L群として群間比較をした結果、たとえば川のせせらぎでは  $\beta_2$  波でL群の出現率（増減率）が有意に高かった（図3）。結果をまとめると、概して図4に

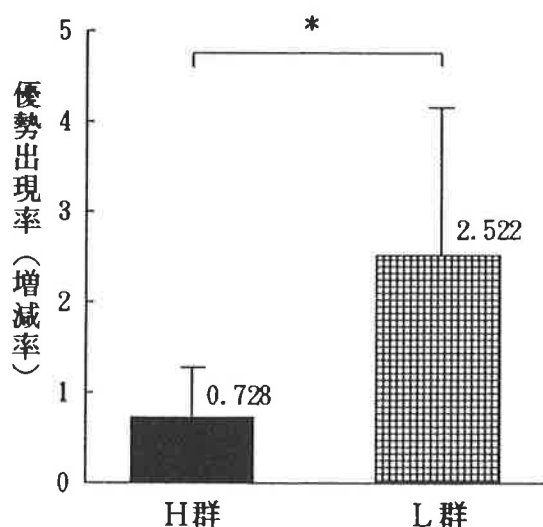


図3 「川のせせらぎ」聴取時における優勢  $\beta_2$  波出現率（増減率）の快適感①のH・L群間比較 ( $p < .05$ )

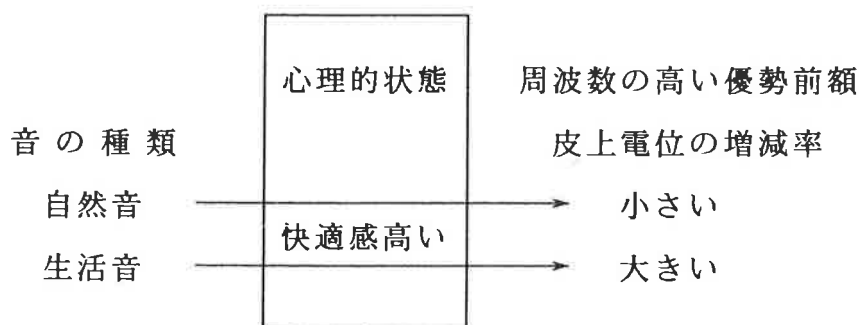


図4 音・快適感①・前額皮上電位の関連



示したように、同じく快適感が高いと感じる場合でも、自然音では $\beta_2$ 波の増減率が小さくなり、生活音では $\alpha_3$ 波や $\beta_2$ 波の増減率が大きくなる。

快適感①と $\mu v$ 値の増減率：両者の相関はほとんどみられない。

快適感②と優勢電位出現率の増減率：両者の相関を検討した結果、川のせせらぎでは、はつらつ感 ( $\beta_2$ 波で  $r = -.39$   $p < .05$ )、リラックス感 ( $\beta_2$ 波で  $r = -.35$   $p < .06$ )、満足感 ( $\beta_2$ 波で  $r = -.43$   $p < .02$ )、明朗感 ( $\beta_2$ 波で  $r = -.37$   $p < .04$ )、で有意であった。鳥のさえずりでは明朗感 ( $\beta_2$ 波で  $r = -.37$   $p < .05$ )で有意な相関がみられた。

オートバイの音では、上機嫌感 ( $\beta_2$ 波で  $r = .43$   $p < .02$ )、トラック音ではゆったり感 ( $\alpha_3$ 波で  $r = .37$   $p < .05$ )、道路工事音ではゆったり感 ( $\beta_2$ 波で  $r = .36$   $p < .05$ )、上機嫌感 ( $\beta_2$ 波で  $r = .50$   $p < .01$ )で有意な相関がみられた。すなわち快適感② (因子代表得点) と優勢前額皮上電位出現率の増減率との関係は、概して自然音では速波の $\beta_2$ とは-の相関がみられ、生活音では $\alpha_3$ 波や $\beta_2$ 波で+の相関がみられると考えられる。

快適感②と $\mu v$ 増減率：両者の相関を検討した結果、波の音の満足感 ( $\alpha_2$ 波で  $r = .37$   $p < .05$ )、オートバイ音のゆったり感 ( $\theta_2$ 波で  $r = -.42$   $p < .02$ )、トラック音のゆったり感 ( $\alpha_1$ 波で  $r = -.45$ 、 $\alpha_2$ 波で  $r = -.40$ 、 $\alpha_3$ 波で  $r = -.37$ 、 $\beta_2$ 波で  $r = -.46$  でいずれも  $p < .05$ )、上機嫌 ( $\alpha_1$ 波で  $r = -.46$ 、 $\alpha_2$ 波で  $r = -.44$ 、 $\alpha_3$ 波で  $r = -.37$ 、 $\beta_2$ 波で  $r = -.43$  でいずれも  $p < .05$ )、愉快感 ( $\beta_2$ 波で  $r = -.50$   $p < .01$ )で有意な相関がみられた。

上の有意差のみられた各電位について、上下位各27%をとってt検定した結果は、すべてに有意差がみられた。優勢電位出現率でみた $\alpha_2$ 波についての丹羽らの研究では、回転盤追従動作の成績の良い時に現れやすい<sup>10)</sup> こと、中田の研究では $\alpha_2$ 波帯域では勘や閃きが冴える<sup>8)</sup> ことを報告している。しかし快適感②と $\mu v$ 増減率との関係をみた時、一定の傾向を見出すことは難しい。

以上の結果を総括すると、例えば、川のせせらぎでは、前述したように、快適感①と優勢 $\beta_2$ 波出現の増減率に-の相関があったが、これは、満足感、はつらつ感、明朗感が高い方が $\beta_2$ 波の出現率の増減率が小さいことを意味す

る。このような検討を経たのち、全体をまとめると、音の特性をこえてある程度認められる傾向は、優勢 $\beta_2$ 波の出現率の増減率は、自然音では快適感が高い方が小さく、生活音では、快適感が高い方が大きいと考えられる。また音聴取時の快適感の程度の差は、周波数の高い皮上電位、特に $\beta_2$ 波の優勢電位出現率の変化に反映されやすいと考えられる。さらに優勢電位出現率の方が $\mu v$ 値よりも快適感との関係を検討する測度として適していると考えられる。このことは、心理的条件に反応する脳波の測度としては、優勢出現率の方が適当であるとする先行研究<sup>1)</sup>とも一致する。

## 結 論

音による快適感と生理心理的指標としての優勢前額皮上電位との関係を検討するため、女子大生52名の被験者に自然音と生活音を聴かせた時の、Fp<sub>2</sub>（前額の右側）の位置から導出される2秒毎の前額皮上電位を測定し解析した結果、次の結論を得た。

1. 同じ音に対する快適感には個人差がある。快適感因子（因子代表得点）においても同様である。
2. 同じ音に対しても、快適性の性質や程度によって前額皮上電位に差がみられる。概して、自然音で快適感が高い時、優勢Fp<sub>2</sub> $\beta_2$ 波の増減率は小さくなり、生活音では快適感が高い時、優勢Fp<sub>2</sub> $\beta_2$ 波の増減率は逆に大きくなる。
3. 前額皮上電位の測定値は、 $\mu v$ 値より優勢前額皮上電位出現時間の比率の方が、快適感との関連を調べる場合は適している。

## 文 献

- 1) 橋本圭子（1991） アルファ波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性効果の比較。心理学研究 62(3)：180-186
- 2) 橋本公雄・高柳茂美・徳永幹男・斎藤篤司・磯貝浩久（1992） 一過性の運動による感情の変化と体力との関係。健康科学 14：1-7

- 3) 市村操一 (1993) トップアスリートのための心理学。同文書院：東京、pp. 70-74。
- 4) 今村護郎 (1975) 生理学的心理学の方法。八木編 心理学研究法 I、東京大学出版会：東京、pp. 79-90。
- 5) 泉山中三 (1989) アメニティの視点からみた音響の環境利用について。東京音楽大学研究紀要 13 : 1-17。
- 6) 水野和彦 (1991) 音楽効果。情報センター出版局：東京、pp. 63-69。
- 7) 長田泰公 (1977) 騒音と人の生理機能。遺伝 8 月号 : 28-33。
- 8) 中田朝子 (1987) 熟練度から見た行射時における精神集中度の違い —  $\alpha$  波からの検討 — 筑波大学体育研究科修士論文。
- 9) 難波精一郎 (1989) 音楽環境。大山正・秋田宗平編 知覚工学。福山出版：東京、pp. 127-132。
- 10) 丹羽劭昭・長沢邦子 (1990) 運動パフォーマンスと生理心理的状态。スポーツ心理学研究 17(1) : 7-14。
- 11) 貫行子 (1992) バイオミュージックの不思議な力。音楽之友社：東京、pp. 153-182。
- 12) 苧坂良二 (1992) 環境音楽。大日本図書：東京、pp. 140-145。
- 13) 品川嘉也 (1994) 音楽の脳生理学。小松明・佐々木久夫編 音楽療法最前線。人間と歴史社：東京、pp. 107-118。
- 14) 竹内啓監修 (1994) SASによるデータ解析入門 (第2版)。東京大学出版会：東京、Pp. 225。
- 15) 鳥越けい子 (1991) 環境音。小川博司・庄野泰子・田中直子・鳥越けい子編著 波の記譜法 —— 環境音楽とはなにか。時事通信社：東京、pp. 348。
- 16) 渡辺茂男 (1992) 健康と音楽。誠文堂新光社：東京、pp. 134-144。
- 17) 矢内直行・岩永誠・前田圭子 (1994) 印象の異なる音楽が聴き手に及ぼす精神生理学的影響に関する研究。作陽音楽大学・短期大学研究紀要 26-2 : 13-21。

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Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub> 波増強と  
パフォーマンスの向上

—— 注意集中を中心に ——

丹 羽 劭 昭

Relationship Between the Improvement of Performance and  
Prevalent Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub> Wave by EEG Biofeedback Training using  
the Imagination

Takaaki NIWA

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a method of improvement by prevalent Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub> wave based on electro-encephalogram (EEG) biofeedback training (BFT), especially the scalp electrogram of the forehead (frontal lobe).

The subject were 22 students at a women's university 18 to 23 years of age. EEG amplifiers picked up the EEG at Fp<sub>2</sub> position, and divided it into six bandpass waves (the θ<sub>2</sub>, α<sub>1</sub>, α<sub>2</sub>, α<sub>3</sub>, β<sub>2</sub> waves and the artifact). It distinguished one dominant wave in the EEG in each 2 second interval. The speed of A/D conversion is 20ms. The amplitude of these six bandpass waves is an out put with a 1/256 resolution of the full scale every 2 seconds. Signal sounds at the BFT by means of the image based on color, scene and

sound were sent from FM515S when the  $Fp_2 \alpha_2$  wave appeared predominantly. Performance was measured by means of concentration level meter and so on. The following three experiments were performed in series: Experiment I was the examination of the correlation between the concentration measurement and each EEG ( $Fp_2 \theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\beta_2$  waves).

Experiment II was the BFT for intensification of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave. The BFT was done with only the experimental group.

Experiment III was done following the same procedure as Experiment I but after the BFT. The experiment was done to measure the effectiveness of the BFT.

As a result, the following conclusions were obtained:

1. A high level of concentration to one point is accompanied by a large time fraction of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave.
2. A high level of concentration to multi-point is not related to a large time fraction of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave.
3. Intensification of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave can be accomplished by BFT of the prevalent EEG using the imagination of scene.
4. The concentration level to one point can be increased by the intensification of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave accomplished through BFT using the imagination.

Key Words: EEG, biofeedback,  $Fp_2 \alpha_2$  wave, image, color, sound

キーワード：脳波、バイオフィードバック、 $Fp_2 \alpha_2$  波、イメージ、色、音

## 緒 論

最近、一般の人々のリラクゼーションやスポーツ選手の競技力向上のため、メンタルトレーニングが盛んに用いられるようになった。<sup>15)</sup>

特にスポーツ選手のリラクゼーションや集中力向上と関係したメンタルトレーニングは国際的に研究が進められ、今では、イメージトレーニング法やリラクゼーショントレーニング法、バイオフィードバックトレーニング法そして呼吸法、自己暗示法、催眠法との併用等多くが開発されている。バイオフィードバックトレーニング（以下、BFTと略す）では、脳波 $\alpha$ 波と関係した脳波バイオフィードバックトレーニングの研究が進み、精神的な集中状態の維持・向上や心理的ストレスを排除して心理的安定をもたらす、いわゆるリラクゼーション効果が注目を浴び、書店でも脳波（ $\alpha$ 波）BFTに関する本やテープが数多く並べられている。

ここでバイオフィードバック(Biofeedback)とは、生体から、例えば脳波、筋電図、心拍数、皮膚温といった生理的情報を導出し、電子工学的手段によって視覚、聴覚、触覚などの感覚情報に変換して、それらの情報を再び生体に与えることをいう<sup>2)</sup>。こうしたバイオフィードバックを計画的に繰り返すことによって、目的とした望ましい生体の状態をもたらすと考えられる脳波や筋電図、心拍、皮膚温等を得るためのトレーニングをBFTと呼んでいる。ここで“望ましい状態”と表現した状態とは、心理的なリラックス状態であったり、心理的・身体的過緊張から開放されるような状態であったり、パフォーマンス向上に適した状態であったりと、目的によって多様であるため、BFTの方法も目的によって異なる。しかし、いずれの場合でも、最終的には、これらの手がかりとなる生理的情報の力を借りずに、自分の力だけで、その目的に適した状態に生体をコントロールできるようにすることを目標としている。

さて最近、優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$  波の増強が注意の集中を向上させるとする研究が、丹羽らを中心に盛んに報告され始めた<sup>9-14)</sup>。そして一般には脳波BFTの手段として、リラクゼーション音楽や瞑想テープがよく用いられるが、本研究では、まず色と情景のイメージを組み合わせ、それを強化するために音

によるイメージを加えて前額皮上電位（一般には脳波として用いられているので本研究でも脳波と呼ぶこともある）BFTによって、優勢前額皮上電位 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増強することを試みる。すなわち $Fp_2 \alpha_2$ 波と注意の集中状態とが関係することを確かめた後、BFTによって $Fp_2 \alpha_2$ 波の増強を試みる。そして $\alpha_2$ 波が増強できたことを確認した後、増強した $Fp_2 \alpha_2$ 波によって、注意の集中状態が向上するかどうかを検討したい。

従来、色彩に関しては、色彩心理学の立場から、緑は心が開放され、くつろぎを感じる緩和色、青は沈静感を起こさせる沈静色であり、また、緑、黒、青は他の色と比べて疲労感を与えにくいと考えられている<sup>7)</sup>。色からの連想は、個人的な生活経験や色の好悪感情の相違によって例外もあるが、共通するものの方がはるかに多いといわれる<sup>8)</sup>。先行研究から、自然景観を見ているときは、被験者はリラックスしながら目覚めた状態にあることを示す脳波や心拍を示し、自然景観のもつリラクセーション効果は、被験者がストレス下にあたり不安を感じている時ほど顕著であるとされている<sup>6)</sup>。しかし集中状態との関係はほとんど研究されていないと考えられる。そこで、心身のリラクセーションのため、緑色の森、黒色の暗黒、青色の海をイメージさせ、それに関連したくつろげる音として、小鳥のさえずり、虫の声、海の音を加えたいと考えた。

一方、意識の状態と脳波の関係の研究は古くから行われている。低い覚醒や高すぎる覚醒はパフォーマンスの結果が悪く、最適な覚醒レベルのときに最高の結果が得られるというヘップ (Hebb, D. O.) の逆U字仮説<sup>4)</sup>をはじめ、ヤーキーズとドッドソン (Yarkes & Dodson) の最適の動機づけ水準に關与する主要な条件の一つに、課題の性質があるという実験的研究などが出されている<sup>5)</sup>。すなわち、課題の困難度が増し、正確さや鋭い知覚的判断に基づく細かい動作の調節が要求される運動ほど、最適の動機づけの水準は相対的に低く、課題が容易で大きな力やスピードや持久力が要求される運動は、比較的高い動機づけが最大の成績をもたらすことが報告されている。

さらに、最近では前述したような覚醒という考え方だけではなく、最適なパフォーマンスを生み出す時の脳波の状態が問題にされ始めた。そして、最適な脳波の状態として $\alpha$ 波の出現が注目されている。従来、 $\alpha$ 波の増大は眠りから

覚めたときの意識がぼんやりした状態や安静時やくつろいだ状態の時に主として認められる<sup>1)</sup>とされてきたが、意識の集中した時やヨガや禅の瞑想中にも現れているという報告も出され始めた<sup>3)</sup>。それらの間には、意識のぼんやりした状態と集中した状態という相反する状態に $\alpha$ 波が多く現れるという矛盾が存在している。このことに関して詳細に検討するため、丹羽らは、 $\alpha$ 波を意識が低下してぼんやりしている状態から、精神的にはリラックスしているが意識が集中しやすい状態を経て、強い精神的興奮状態に至る3段階を想定し、 $\alpha$ 波(8~13Hz)を $\alpha_1$ 波(8~9Hz)、 $\alpha_2$ 波(9~11Hz)、 $\alpha_3$ 波(11~13Hz)に分けて実験的に明らかにしようとした。すなわち、優勢前額皮上電位(最も高い電圧が出現した前額皮上電位)出現率と注意力計を用いた一点集中のパフォーマンス成績すなわち注意を一か所に集めて選択的反応を行った時の成績(以下、一点集中状態として示す)との関係について、優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波が多く出現しているとき、パフォーマンス成績が高くなること<sup>9-13)</sup><sup>16)</sup>、そして、 $\alpha_2$ 波が増大した時には、 $\theta_2$ 波か $\beta_2$ 波が減少することを報告している<sup>12)</sup>。

同様に、 $\alpha_2$ 波と $\alpha_1$ 波、 $\alpha_3$ 波は同調傾向を示さないため、脳波BFTで $\alpha_2$ 波を増強すると、 $\alpha_1$ 波か $\alpha_3$ 波が減少すると考えられる。一方、ヤーキーズとドッドソンの研究から推測すると、より広範な意識の集中を必要とする多点集中時の成績が良いときには、 $\alpha_2$ 波より低い周波数の前額皮上電位が多く出現すると思われるが、この点に関する先行研究が見当たらないので $\alpha_2$ 波との関係を検討することから始めたい。

そこで本研究では、まず特定の注意の集中(数字選択反応による一点集中及び、絵記号選択反応による多点集中)状態と優勢前額皮上電位の測定を行い、一点集中時と多点集中時における正確さに基づく成績が、高成績の時の前額皮上電位の出現状態について検討する。ついで、色・情景・音を用いた脳波BFTで前額皮上電位 $\alpha_2$ 波の増強を行い、 $\alpha_2$ 波増強への脳波BFTの効果について検討する。最後に増強された優勢前額皮上電位Fp<sub>2</sub> $\alpha_2$ 波による注意の一点集中及び多点集中への影響を確かめる。具体的には、次の仮説を検証する。

1. 注意の一点集中状態がよいとき、優勢前額皮上電位Fp<sub>2</sub> $\alpha_2$ 波が多く出現する。



2. 注意の多点集中状態がよいとき、優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$  波が多く出現する。
3. 優勢前額皮上電位 $\alpha_2$  波 BFTによって、優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$  波を増強できる。
4. 優勢前額皮上電位 $\alpha_2$  波 BFTによって増強された優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$  波は、注意の一点集中を向上させる。
5. 優勢前額皮上電位 $\alpha_2$  波BFT によって増強された優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$  波は、注意の多点集中を向上させる。

## 方 法

①被験者：女子大学生22名(18～23歳)

(ただし最初の実験時37名)。

②環境条件：室温 $20^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$  湿度 $47\%\sim 65\%$ 。

③実験装置及び方法：実験装置を表1に示す。前額皮上電位の測定装置は、フューテックエレクトロニクス社製BIOFEEDBACK SYSTEM FM515Sを用いた。探査電極を

センサーベルトで前額右 ( $Fp_2$  の位置) に、アースを前額左 ( $Fp_1$  の位置) に、基準電極をクリップ型で左耳たぶ ( $A_1$  の位置) に装着した(図1)。

記録は BFTコンピュータソフトにより前額皮上(前頭葉)から導出された最も優勢な( $\mu\text{V}$  数の高い)前額皮上電位(脳波)を2秒毎に測定する。

測定する前額皮上電位は、 $\theta$  2 波 ( $5.0\sim 6.2\text{Hz}$ 、中心周波数 $5.6\text{Hz}$ )、 $\alpha_1$  波( $8.0\sim 9.0\text{Hz}$ 、中心周波数 $8.5\text{Hz}$ )、 $\alpha_2$  波( $9.0\sim 11.0\text{Hz}$ 、中心周波数 $10\text{Hz}$ )、 $\alpha_3$  波( $11.0\sim 13.0\text{Hz}$ 、中心周波数 $12\text{Hz}$ )、 $\beta_2$  波( $16.4\sim 19.6\text{Hz}$ 、中心周波数

表1 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器
前額皮上電位測定機	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S フューテックエレクトロニクス社製
ボディソニック	BODYSONIC SYSTEM MC 300
注意の一点集中	注意力計 AF 型 稲葉人間工学研究所
注意の多点集中	多点集中状態測定機(試作品)



図1 前額皮上電位測定機の装着部位

18Hz) 及びアーティファクトである。FM515Sのバンドパスフィルターの精度を示すため、図2に周波数特性を示す。

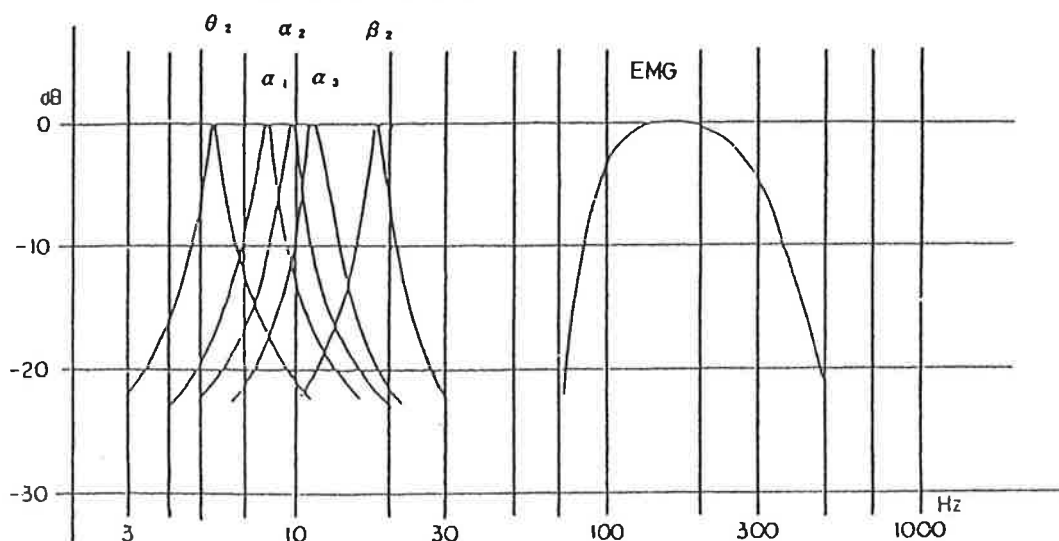


図2 FM515-Sのバンドパスフィルターの周波数特性

注意の一点集中状態の測定 —— 注意の一点集中状態の測定装置は、注意力計AF型を用いた。被験者は利き手でスイッチを持ち、画面に1から9までの数字が出現速度毎秒2.0 Hzでランダムに出現するなかから、指定された3種類の数字が出たら、スイッチを押す。これを30秒間続け、その正確さを測定する。一点集中の正答率の算出方法は、次の通りとする。

$$\text{正答率} = \frac{S - (P + M)}{S} \times 100$$

(S : 発信数、P : 見落とし数、M : 押し間違い数)

この正答率を以て、その人の一点集中状態を示す測定値(成績)とする。

注意の多点集中状態の測定 —— これは、独自に開発した装置を用いた。すなわち多点集中状態測定専用ソフトを用い、ディスプレイに●■▲の絵記号が

一度に縦4個×横5個で計20個表示され

(図3)、約1.5秒間経過すると消える。表示されている間にどの絵記号が多いかを判断し、●が最も多いと判断した場合は1、■の場合は2、▲の場合は3のボタンを押す。これを10回行う。なお、

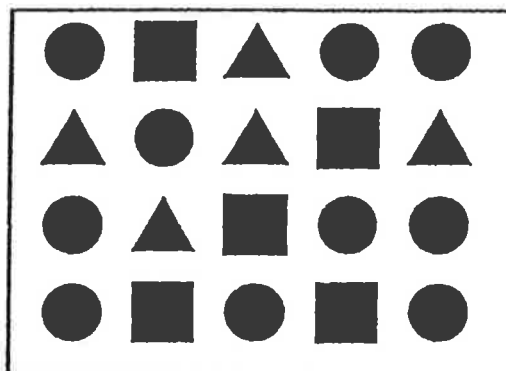


図3 多点集中状態測定の画面の一例

絵記号が画面から消え、再び現れるまでの時間は約2.5秒である。この2.5秒の間にボタンを押しても成績には加算されない。多点集中の適当な難易度を検討するため、予備実験（被験者は10名）を行った結果を表2に示す。表2から、3種の絵記号数の比

率が8：6：6の場合、正答率は全員20%以下であった。9：6：5の場合、最高60%、最低0%で7名が30%以下であった。10：5：5の場合、最高90%、最低0%で平均値は58%であった。そこで、本研究では10：5：5で実験を行うことにした。多点集中の正答率の算出方法は次の通りとする。

絵記号の数の比率	正答率 (%)			
	平均値	標準偏差	最高値	最低値
8 : 6 : 6	10	9.43	20	0
9 : 6 : 5	29	17.92	60	0
10 : 5 : 5	58	27.39	90	0

正答率 =  $\frac{C}{10} \times 100$       C : 正答回数

この正答率をもって、その人の多点集中状態を示す測定値（成績）とする。

④実験手続き：実験は実験ⅠからⅢまでの3段階で構成されている。

〔実験Ⅰ〕被験者はシールドルーム内の椅子に座り、目との距離が約1mのところ、注意力計の数字表示画面、約50cmのところ、多点集中状態測定のための絵記号表示のディスプレイを設置し、一点集中状態、多点集中状態、及びそれらの集中状態における前額皮上電位として、その試行直前の閉眼時の優勢前額皮上電位を測定する。試行直前の閉眼時を測定する理由は、試行時は開眼しているのでアーティファクトが多く出現し、正確に前額皮上電位を測定することができないからである。こうして試行直前の閉眼時の前額皮上電位を試行時の前額皮上電位として検討していくことにする。それにもかかわらず、アーティファクトが多く（20%以上）出現した被験者は除外した。一点集中状態と多点集中状態の測定はそれぞれ3回ずつ行うが、順序効果を消去するため、一点

集中と多点集中の試行順序をカウンターバランスした。実験順序は全部で4通りあり、図4～7に示す。

器具の説明	
練習試行	〈-線中30頻 多線中3セット(1セット10回)〉
安静閉眼	(1分間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
安静閉眼	(5分間)

図4 実験IとⅢの実験手続き(その1)

器具の説明	
練習試行	〈-線中30頻 多線中3セット(1セット10回)〉
安静閉眼	(1分間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
安静閉眼	(5分間)

図5 実験IとⅢの実験手続き(その2)

器具の説明	
練習試行	〈-線中30頻 多線中3セット(1セット10回)〉
安静閉眼	(1分間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
安静閉眼	(5分間)

図6 実験IとⅢの実験手続き(その3)

器具の装着	
実験の説明	
練習試行	〈-線中30頻 多線中3セット(1セット10回)〉
安静閉眼	(1分間)
試行前閉眼	(1分間)
一点集中	(30秒間)
休憩	(15秒間)
試行前閉眼	(1分間)
多点集中	(1セット)
休憩	(15秒間)
安静閉眼	(5分間)

×3回

図7 実験IとⅢの実験手続き(その4)

〔実験Ⅱ〕 実験Ⅰの結果をもとにして、一点集中成績(能力)が等質な2群に分けた。すなわちBFT群とBFTを行わない CON (CONTROL)群の2群で、BFT群のみ5日間連続して優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波 BFTを行う。実験順序を図8に示す。被験者はボディソニック装置に横たわり、緑色の森、黒色の暗闇、青色の海をイメージする。その際、イメージしやすく、かつリラックスできるように、それぞれの情景に関連した音、すなわち小鳥のさえずり、虫の声、海の音を聞かせる。各聴音の直後にそのままリラックスした状態を続け、優勢前額皮上電

器具の装着		「そのままイメージを続け、鈴虫の音が鳴るようにしてみてください」
実験の説明		BFT (2分間) ※
「まず、1分間安静にしてください」		「青色をイメージしてください。あなたは海に来ました」
安静閉眼 (1分間) ※		海の音 (1分半) ※
「緑色をイメージしてください。あなたは今、森の中にいます」		「そのままイメージを続け、鈴虫の音が鳴るようにしてみてください」
小鳥のさえずり (1分半) ※		BFT (2分間) ※
「そのままイメージを続け、鈴虫の音が鳴るようにしてみてください」		「では、30秒間休憩してください」
BFT (2分間) ※		休憩 (30秒間)
「黒色をイメージしてください。夜になりました。あなたは森の中で夜を過ごそうとしています」		「では、もう一度鈴虫の音が鳴るようにしてみてください」
虫の声 (1分半) ※		BFT (2分間) ※
(「 」はカセットテープによる指示。※はバイオフィードバック音)		

図8 実験Ⅱの実験手続き

位 $\alpha_2$ 波が出現していることを示すフィードバック音が鳴ったら、その音をできるだけ長く鳴らすように指示する。また、関連音を聞かせなくても優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波を出現させることができるように訓練するため、最後には関連音なしでBFTを行う。さらに、何をイメージするかについての指示もしないことにする。

〔実験Ⅲ〕CON群については、実験Ⅰと同様に行う。BFT群については、BFT時と同様に、各試行前1分間、優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波を多く出すように心掛けてもらうが、色・情景についての指示や音、フィードバック音は一切出さない。他はCON群と全く同様の手順で行う。

## 結 果

先行研究から、最もリラックスした状態であると思われる各実験試行後の安静閉眼5分間の最後の1分間の各優勢前額皮上電位の出現値を、各被験者の安静値と考えることにする。また、一点集中試行前閉眼1分間と多点集中試行前閉眼1分間の各優勢前額皮上電位の出現値を、それぞれ安静値で割った値を集中時出現率（以下、出現率と呼ぶ）とし、次にその式を示す。

$$\text{出現率} = \frac{\text{一点(多点)集中試行前閉眼時の各前額皮上電位出現値}}{\text{試行後安静閉眼時の各前額皮上電位出現値}}$$

これは、同一被験者であっても、日によって安静値に高低があり、各前額皮上電位も安静値の高低に平行して出現する傾向がみられるため、これらの日々の変動を消去する方法としてとられた操作（処置）である。

集中状態の成績と前額皮上電位との関係を検討していく上で、各集中（一点と多点）試行において一人につき3回ずつしか測定していないため、3回の平均値ではなく、1個毎（1回50個の3回分 150個）の値を基に計算した。ただし、BFT群とCON群に分ける時のみ3回の平均値を用いる。

実験 I の各前額皮上電位の出現率と集中状態との間の相関係数と有意水準を表3、表4に示す。

表3 優勢前額皮上電位の出現率と一点集中状態との相関係数(r)とその有意水準(p)

前額皮上電位	r	p 値
$\theta_2$	-0.24	0.0559
$\alpha_1$	-0.30	0.0172
$\alpha_2$	0.25	0.0298
$\alpha_3$	-0.10	0.4109
$\beta_2$	-0.22	0.1218

表4 優勢前額皮上電位の出現率と多点集中状態との相関係数(r)とその有意水準(p)

前額皮上電位	r	p 値
$\theta_2$	-0.20	0.1123
$\alpha_1$	0.05	0.7122
$\alpha_2$	-0.16	0.2151
$\alpha_3$	-0.14	0.2969
$\beta_2$	0.12	0.3854

次に、各成績の上位・下位各1/3をとるため、一点集中の成績が80%以上の人をH群、65%未満の人をL群とし、また多点集中成績が90%以上の人をh群、60%以下の人をl群として、最も成績差の大きいH群とL群間、及びh群とl群間の各2群間の前額皮上電位の上位・下位分析（t検定）を行った。その結果を表5、表6に示す。

表5 一点集中時の成績のH群とL群の優勢前額皮上電位出現率の平均値とt検定結果(p値)

前額皮上電位	H群	L群	p 値
$\theta_2$	1.05	1.11	0.8118
$\alpha_1$	1.05	1.18	0.2545
$\alpha_2$	1.27	0.79	0.0327
$\alpha_3$	1.12	1.19	0.7059
$\beta_2$	1.12	1.81	0.0535

表6 多点集中時の成績のh群とl群の優勢前額皮上電位出現率の平均値とt検定結果(p値)

前額皮上電位	h群	l群	p 値
$\theta_2$	1.00	1.49	0.0024
$\alpha_1$	1.15	1.11	0.6385
$\alpha_2$	1.15	1.16	0.9173
$\alpha_3$	1.04	1.51	0.2916
$\beta_2$	1.24	1.26	0.9481

実験Ⅱでは、最初に実験Ⅰの一点集中成績をもとに BFT群11名、CON群11名の2群の等質群に分けられた。

なお、ここでは実験Ⅰを PREテスト、実験ⅢをPOSTテストと呼ぶことにする。

そして、各集中状態における PREテストとPOSTテストの各出現前額皮上電位の t 検定を両群について行った結果を表7～10に示す。

表7 CON群における一点集中時の PREテストと POSTテストの優勢前額皮上電位出現率の平均値と t 検定結果(p 値)

前額皮上電位	preテスト	postテスト	p 値
$\theta_2$	0.85	1.12	0.3788
$\alpha_1$	1.13	1.42	0.1910
$\alpha_2$	1.05	1.16	0.3614
$\alpha_3$	0.94	1.42	0.1493
$\beta_2$	1.50	1.20	0.3063

表8 CON群における多点集中時の PREテストと POSTテストの優勢前額皮上電位出現率の平均値と t 検定結果(p 値)

前額皮上電位	preテスト	postテスト	p 値
$\theta_2$	0.71	1.26	0.0124
$\alpha_1$	1.03	1.11	0.3197
$\alpha_2$	1.29	1.13	0.1654
$\alpha_3$	1.00	1.51	0.2377
$\beta_2$	1.58	1.39	0.0831

表9 BFT群における一点集中時の PREテストと POSTテストの優勢前額皮上電位出現率の平均値と t 検定結果(p 値)

前額皮上電位	preテスト	postテスト	p 値
$\theta_2$	1.32	1.15	0.4552
$\alpha_1$	1.07	0.94	0.5137
$\alpha_2$	0.95	1.17	0.0086
$\alpha_3$	1.13	1.68	0.0415
$\beta_2$	1.51	1.88	0.3174

表10 BFT群における多点集中時の PREテストと POSTテストの優勢前額皮上電位出現率の平均値と t 検定結果(p 値)

前額皮上電位	preテスト	postテスト	p 値
$\theta_2$	1.24	1.08	0.4473
$\alpha_1$	0.84	1.02	0.1979
$\alpha_2$	1.10	1.36	0.0129
$\alpha_3$	0.92	1.39	0.0709
$\beta_2$	1.48	1.68	0.5453

PREテストの一点集中状態をもとに分けた等質群間には、一点集中成績はもちろん、多点集中成績にも有意差がみられず、 $\alpha_2$  波出現率においても有意差がみられなかったため、両群は両成績および優勢前額皮上電位  $\alpha_2$  波についても等質群と見なすことができる。

さらに前額皮上電位  $\alpha_2$  波について、一点集中時の PREテスト時の優勢前額皮上電位  $\alpha_2$  波を基準として、BFT中およびPOSTテスト時の優勢前額皮上電位  $\alpha_2$  波の平均出現率の推移を図9に示す。

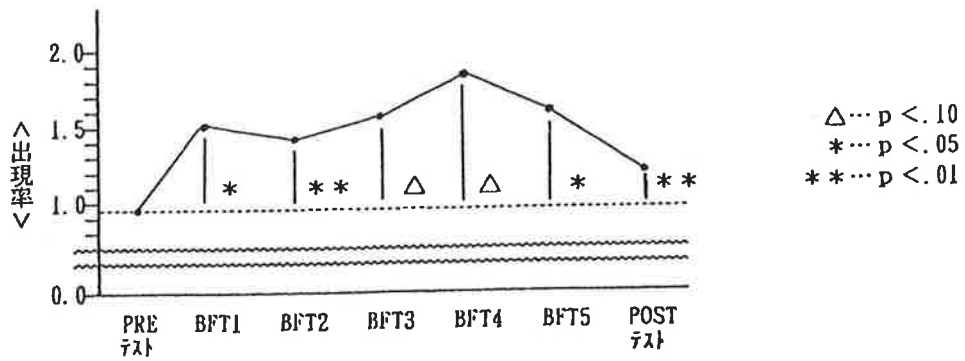


図9 一点集中のPREテスト時、BFT中及びPOSTテスト時の前額皮上電位 $\alpha_2$ 波出現率

次に PREテストとPOSTテストにおける優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$  波の出現率と一点集中の成績との比較を図10に、多点集中の成績との比較を図11に示す。

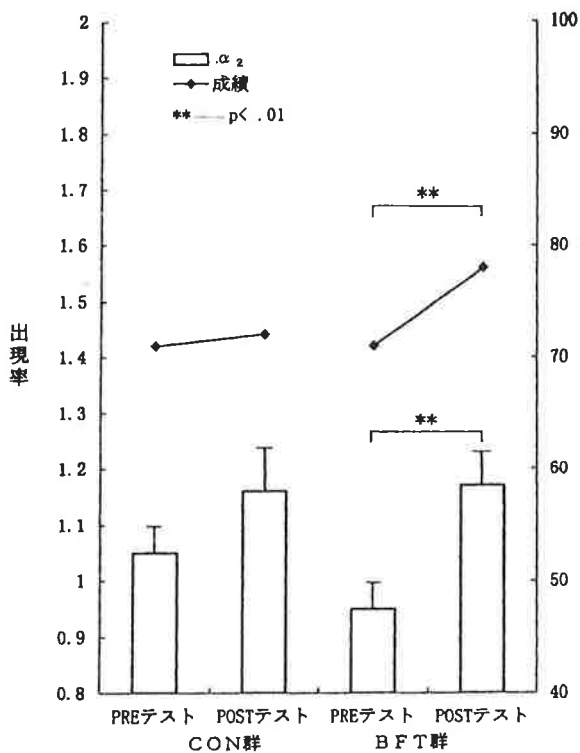


図10 CON群とBFT群のPREテスト・POSTテストにおける優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波出現率とその成績(一点集中状態)

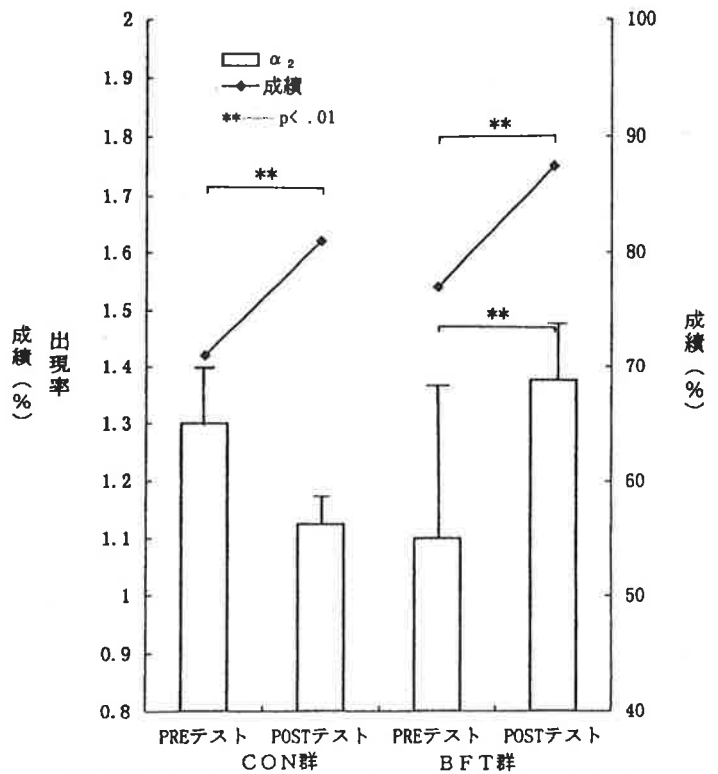


図11 CON群とBFT群のPREテスト・POSTテストにおける優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波出現率とその成績(多点集中状態)



## 考 察

### 1 仮説1について

表3から、一点集中においては $\alpha_1$ 波に $r=-0.30$ 、 $\alpha_2$ 波に $r=0.25$ の有意な相関がみられ、一点集中の成績と $Fp_2 \alpha_2$ 波との間には密接な関係のあることが示唆される。そこで表5から、成績の上位群と下位群における $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率を比較すると、 $\alpha_2$ 波にのみ有意差がみられる。以上のことから注意の一点集中状態がよい時、 $Fp_2 \alpha_2$ 波が多く出現すると考えられる。

### 2 仮説2について

表4から、優勢前額皮上電位の出現率と集中状態との相関をみると、多点集中状態では、優勢前額皮上電位 $\alpha_1$ 波と $\beta_2$ 波に正の相関がみられたが、有意ではなかった。また表6から、成績の上位群と下位群における $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率を比較しても、有意差はみられなかった。したがって本実験では多点集中状態がよい時 $Fp_2 \alpha_2$ 波が多く出現するとは認められない。

### 3 仮説3について

$Fp_2 \alpha_2$ 波へのBFT効果をみるため、まずCON群について、表7をみると、一点集中時では、PREテストとPOSTテスト間ですべての前額皮上電位出現率に有意差がみられなかった。また表8から、多点集中時においては $\theta_2$ 波が5%水準で有意に向上していたが、 $\alpha_2$ 波には有意差がなかった。しかしBFT群についてみると、表9から、一点集中状態で $\alpha_2$ 波( $p<.01$ )と $\alpha_3$ 波( $p<.05$ )がPOSTテストで増大し、表10から、多点集中状態でも $\alpha_2$ 波( $p<.05$ )が有意に増大していることがわかる。したがって、PREテストからPOSTテスト時に、一点集中状態でも多点集中状態でもBFTを行わなかったら $Fp_2 \alpha_2$ 波は増大しないが、BFTを行ったら $Fp_2 \alpha_2$ 波が増大することがわかる。そこで図9から、BFTを行った日毎の $\alpha_2$ 波の平均増大率の推移をみると、有意水準は異なるが、毎日 $\alpha_2$ 波が増強されていることがわかる。以上のことから優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波BFTを行うことによって、優勢前額皮上電位 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増強できると考えられる。

#### 4 仮説4について

図10から、BFT群ではPOSTテストがPREテストより $\alpha_2$ 波出現率が有意に増大し、一点集中成績も有意に向上していることがわかる。一方CON群では、 $\alpha_2$ 波出現率は有意な増大は示さず、成績も有意な向上を示していない。このことから、増強させられた優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波によって一点集中成績を高めることができると考えられる。

#### 5 仮説5について

図11から、 $\alpha_2$ 波を有意に増強したBFT群をみると、多点集中成績が有意に向上している。前述したように、図10でも、一点集中成績が向上しているので、多点集中成績が一点集中成績と同調しているようにみえるが、もしそうであれば図11のCON群のPREテストとPOSTテストとの関係についての説明がつかない。すなわちPOSTテストの方がPREテストより優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波出現率が減少していると思われる（ただし有意差はない）にもかかわらず、あるいは $\alpha_2$ 波が増大しているとは考えられないにもかかわらず、多点集中成績が向上し、 $\alpha_2$ 波と多点集中成績との同調関係を見出すことができない。表4でみたように、 $\alpha_2$ 波の出現率と多点集中成績の間には-の相関がみられるが有意性は認められず、また表6から、h群と1群の間にも有意差が認められなかったことなどから、図11にみられる多点集中成績の向上は $\alpha_2$ 波の影響というより、練習効果による影響ではないかと考える方が妥当である。これは本研究で採用した多点集中状態測定のための絵記号が、練習効果の出やすい内容であったためと考えられ、課題についてのより詳細な検討が必要である。今後のために、練習効果が現れにくい課題あるいはその与え方を考えるとすれば、①練習しなくても多くの人ができるようなやさしく単純なパフォーマンスを用いること。②練習を繰り返して、練習効果がすでに充分出ている状態で実験を始めること、等が考えられる。いずれにしても、本実験の結果からは、増強された優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波によって、多点集中状態を向上させることができるとは認められない。

## 結 論

本研究では、イメージによる色・情景・音を用いた前額皮上電位 $\alpha_2$ 波 BFT による注意の集中の強化について検討するため、優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波とパフォーマンス成績との関係についての5つの仮説を検討した。すなわち女子大生22名を対象に、一点集中状態及び多点集中状態における優勢前額皮上電位およびパフォーマンス（注意の一点集中および多点集中）成績について、次の実験を行った。

実験Ⅰで被験者全員に一点集中成績と多点集中成績、および両集中時の前額皮上電位を測定した。実験Ⅱでは、実験Ⅰの一点集中の成績によって分けられた等質な二群のうち、BFT群のみ脳波 BFTを行った。実験Ⅲでは、再び被験者全員に実験Ⅰと同じことを行ったが、BFT群には各試行前に $\alpha_2$ 波を多く出すように指示した。それらの実験の結果から、次の結論を得た。

1. 注意の一点集中状態がよいとき優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波が多く出現していると考えられる。
2. 多点集中状態がよいとき優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波が多く出現するという仮説は検証できなかった。
3. 優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波 BFTによって優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波を増強できると考えられる。
4. 優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波 BFTによって優勢前額皮上電位 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波を増強した場合、注意の一点集中の成績を向上させることが可能だと考えられる。
5. 優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波を増強することによって、注意の多点集中の成績を向上させることができることは、今回の実験では言えなかった。なお、多点集中状態測定の課題やその方法の検討を含めて、再度、詳細な検証が必要であると考えられる。

## 文 献

- 1) バーバラ, B. : 石川 中訳(1986) 心と身体の対話(下). 紀伊国屋書店: 東京, p. 150. {Barbara, B. (1974) *New Mind, New Body*. Bantam Books :Tokyo. }
- 2) 松田岩男・杉原 隆編著(1987) 新版運動心理学入門. 大修館書店: 東京, p. 22
- 3) 松田岩男・杉原 隆編著(1987) 前掲書 pp. 23~24.
- 4) 松田岩男・杉原 隆編著(1987) 前掲書 p. 57. {ヘップ著 白井 常監訳 (1970) 行動学入門. 紀伊国屋書店}
- 5) 松田岩男・杉原 隆編著(1987) 前掲書 p. 66.
- 6) 南 博文(1993) 心にやさしい環境の条件. 平井 久・廣田昭久編 現代のエスプリ 311 : p. 43.
- 7) 西田虎一(1931) 色彩心理学. 造形社. 東京. pp. 48~51. pp. 56~57.
- 8) 西田虎一(1931) 前掲書 p. 81.
- 9) Niwa, Takaaki(1996) Examination of the validity of prevalent EEG biofeedback training for the increasing of concentration (II) - Effectiveness of the intensification of  $Fp_2 \alpha_2$  wave. *Journal of Assumption Junior College*, No. 22, 15-30.
- 10) 丹羽劭昭(1994) Peak Performanceをもたらす心理的トレーニング効果の基礎的研究 文部省科学研究費(一般研究C)研究成果報告書 pp. 33 -159.
- 11) Niwa, Takaaki and Hiro, Siho, (1993) The relationship between the increase of  $Fp_2 \alpha_2$  wave and reinforcement of concentration by the prevalent EEG biofeedback training. *Proceedings of 8th World Congress of Sport Psychology*, 693-696.
- 12) 丹羽劭昭, 弘 志穂(1992) 脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(2) - 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2 \cdot \theta_2 \cdot \beta_2$ 波を中心に -, 日本スポーツ心理学会第19回大会研究発表抄録集 B-4.

- 13) 丹羽劭昭・長沢邦子・弘 志穂(1991) 心理的パフォーマンス時における脳波の検討 日本スポーツ心理学会第18回大会研究発表抄録集 D-06.
- 14) 丹羽劭昭、長沢邦子(1990) 運動パフォーマンスと生理心理的状态. スポーツ心理学研究17(1) : 7-14.
- 15) 高橋慶治(1994) メンタルトレーニング. 朝日出版社 : 東京. Pp. 195.
- 16) 八十川睦子(1994) 集中力増強のための脳波バイオフィードバックトレーニングの方法の検討. 奈良女子大学卒業論文.

Ⅲ 色・音・イメージが脳波に及ぼす影響

東山明子 丹羽劭昭

# 色・音・イメージが脳波に及ぼす影響

東山明子（滋賀県立大学）

丹羽劭昭（聖母被昇天学院女子短期大学）

キーワード：色、音、イメージ、前額皮上電位、 $\alpha$  2 波

## 目 的

パフォーマンスに応じた心理的能力を高めるため、メンタルトレーニングをはじめとして様々な方法が試みられ、それらは心理的療法にも多く応用されている。しかし、それらのトレーニング法や療法に用いられる様々な方法の中のどの要素がどのように作用して効果をあげるのかについてはまだ十分に明らかにされていない。そこで、本研究では、心理的能力の指標として脳波（前額皮上電位）を用いて、心理的トレーニングに用いられる方法の中から、色をみること、音を聴くこと、イメージすることをとりあげ、それらが脳波に及ぼす影響の違いを、脳波の種類別、男女別に検討する。具体的には、次の仮説を検証する。

1. 緑色を見ること、緑色に関連する音を聴くこと、緑色に関連するイメージをすることによって、 $\alpha$  2 波の出現率が增加する。
2. 色をみること、音を聴くこと、イメージすることの中では、イメージすることがもっとも脳波の出現率に影響する。
3. 色をみること、音を聴くこと、イメージすることによる脳波への影響のしかたには男女で違いがみられる。

## 方 法

1. 被験者 大学生 21 名  
(19 歳～23 歳、男子 10 名、女子 11 名)
2. 実験日時 1998 年 10 月 14 日～10 月 29 日
3. 環境条件 室温 22℃～26℃ 湿度 50%～80%
4. 測定 前額皮上電位の測定装置は、フューテックエレクトロニクス社製 BIOFEEDBACK SYSTEM FM515 を用いた。記録は BFT コンピューターソフトによって、前額皮上電位（脳波）を 2 秒毎に測定する。測定する前額皮上電位は、 $\alpha$  3 波 (11.0～13.0Hz)、 $\alpha$  2 波 (9.0～11.0 Hz)、 $\alpha$  1 波 (8.0～9.0 Hz)、 $\theta$  1 波 (6.3～7.9 Hz)、 $\theta$  2 波 (5.0～6.2 Hz) 及びアーティファクトである。

### 5. 優勢脳波出現率の算出方法

もっともリラックスした状態である実験終了後の安静時 5 分間中の後半 3 分間における各優勢前額皮上電位の出現値を安静値とした。試行後閉眼 1 分間の各優勢前額皮上電位の出現値を、それぞれの安静値で割った値を優勢脳波出現率とした。

優勢脳波出現率 = 試行後閉眼時の各前額皮上電位出現値 / 各実験後の安静値

### 6. 手続き

実験に用いる色を抽出するため、色のイメージについて質問紙法による予備調査を行った。その結果赤色、緑色、灰色の 3 色を抽出した。各色についてのイメージは、赤色は元気が出る色、やる気のできる色、緑色は安らぐ色、ほっとする色、灰色は疲れる色であ

った。そこで、色を見る時にはこれらの3色を用い、音を聴く時には、赤色：消防車のサイレン音と木が燃える音、緑色：小鳥のさえずりと小川のせせらぎ、灰色：降り続く雨と風の音を用いた。イメージする時には、赤色：燃えさかる火事、緑色：爽やかな森の中、灰色：薄暗い雨の空を用いた。各色を見る、各色に関連した音を聴く、各色に関連した情景をイメージする、の3パターンについてそれぞれの試行を行い、各脳波の出現率の違いを検討した。各パターン毎に赤色、緑色、灰色に関連した各3試行の試行順序をカウンターバランスした。

## 7. 実験手順

実験手順は表1に示した。前額皮上電位測定機の装着部位は図1に示した。実験後の質問紙には、それぞれの試行時に想像した内容と感想の記入を求めた。

表1 実験の手順

器具の装着

実験の説明

安静閉眼（5分）

1：色を見る（1分）

2：脳波測定（1分）

3：休憩（30秒）

1→2→3を3セット行う

ア：音のテープを聴く（1分）

イ：脳波測定（1分）

ウ：休憩（30秒）

ア→イ→ウを3セット行う

A：イメージする（1分）

B：脳波測定（1分）

C：休憩（30秒）

A→B→Cを3セット行う

安静閉眼（5分）脳波測定

質問紙に記入

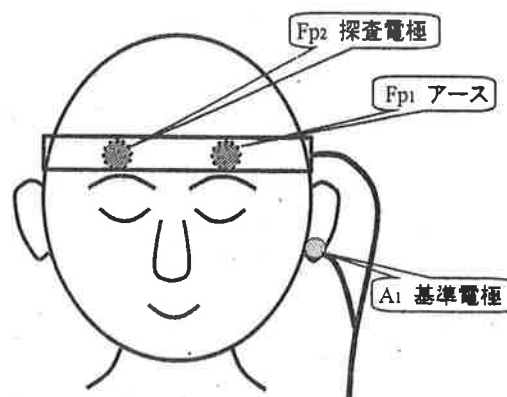


図1 前額皮上電位測定機の装着部位

## 結果

### 1. 色を見た時の優勢脳波出現率

3色を見た時の各 $\alpha$ 波の出現率を図2に示した。

赤色、緑色、灰色ともに $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ 波の出現率に増加傾向がみられた。特に緑色を見たときの $\alpha 2$ 波の出現率に有意な増加がみられた。

男女別では女子で、緑色を見たときの $\alpha 2$ 波、 $\alpha 3$ 波と、灰色を見たときの $\alpha 3$ 波の出現率に増加がみられた。実験後の質問紙では、男女ともに緑色を見たときには、森や草原、芝生、湖などを想像しており、想像内容には大きな違いはみられなかった。

### 2. 音を聞いた時の優勢脳波出現率

赤色に関連した音として、火事を想起させる消防自動車のサイレン音、緑色に関連した音として、森を想起させる小鳥のさえずりと小川のせせらぎ音、灰色に関連した音として、雨天を想起させる雨の降る音の3種類を聴かせた。3音を聴いたときの各 $\alpha$ 波の出現率を



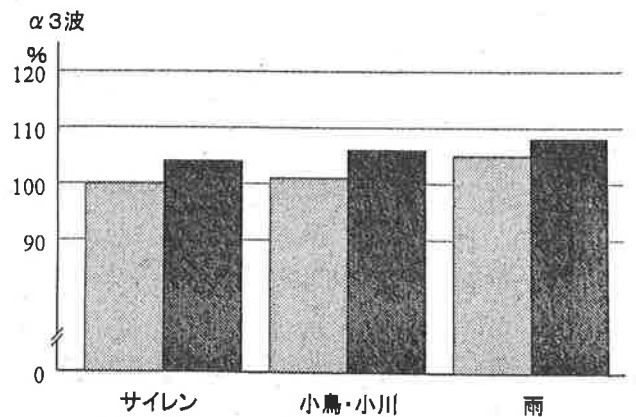
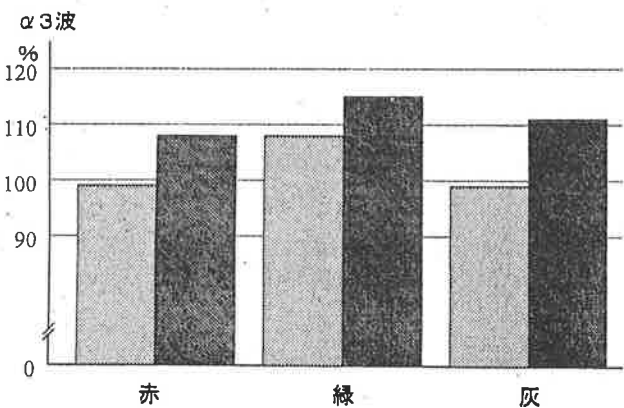
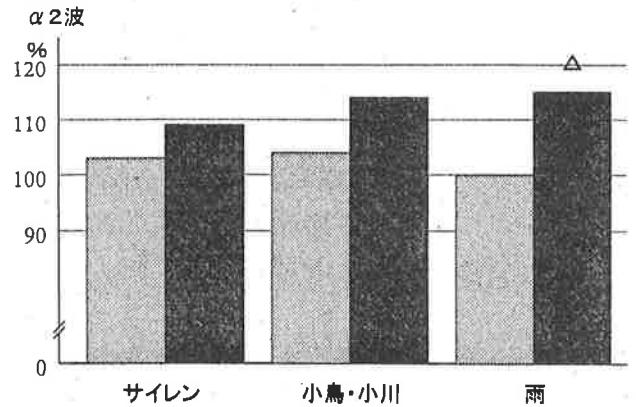
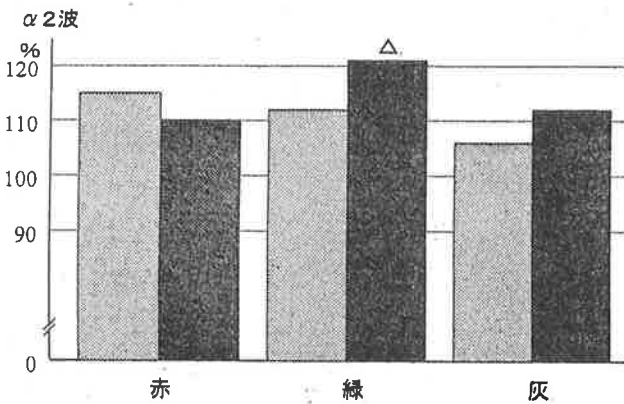
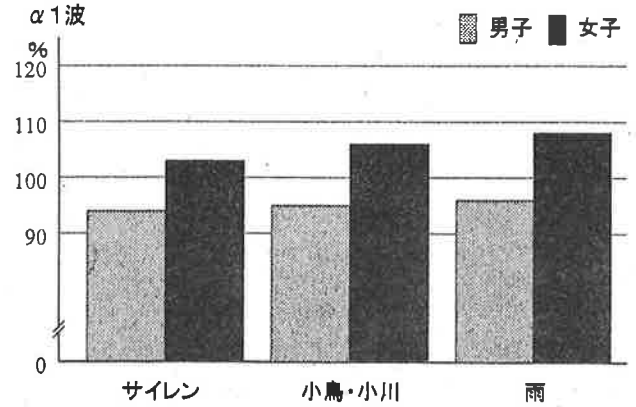
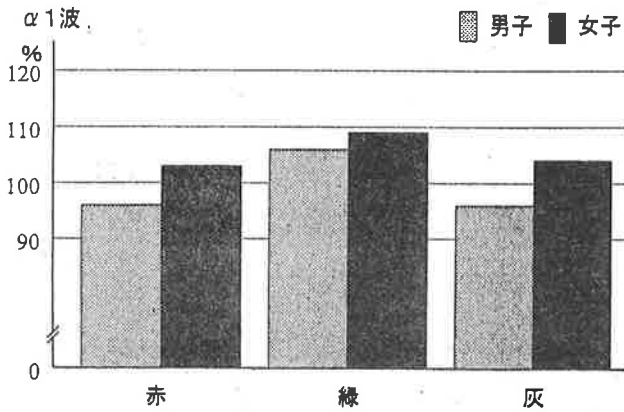


図2 色を見た時の優勢脳波出現率  
△:P<0.1vs安静値

図3 音を聴いた時の優勢脳波出現率  
△:P<0.1vs安静値

図3に示した。

3種類の音のいずれを聴いたときにも、 $\alpha$ 2波、 $\alpha$ 3波に増加傾向がみられたが有意な差はみられなかった。

男女別では女子で、雨の降る音を聴いたときの $\alpha$ 2波の出現率に有意な増加がみられた。実験後の質問紙では、雨の降る音を聴いたときに、男子では雷や夕立、暗闇などの激しい重苦しい雰囲気を想像していたが、女子ではしとしと降る雨を静かに眺めている情景を想像していた。男女の想像内容の違いが $\alpha$ 2波の出現率に影響したことが考えられる。

### 3. イメージしたときの優勢脳波出現率

赤色に関連した情景として燃えさかる火事、緑色に関連した情景として爽やかな森の中、灰色に関連した情景として薄暗い雨の空をイメージするよう指示した。イメージしたとき

の各 $\alpha$ 波の出現率を図4に示した。

3種類のイメージのいずれの場合も、 $\alpha$ 1波、 $\alpha$ 2波、 $\alpha$ 3波に増加傾向がみられた。特に緑色に関連した森をイメージしたときの $\alpha$ 2波の出現率に有意な増加がみられた。

男女別では女子が森をイメージしたときの $\alpha$ 1波、 $\alpha$ 2波、 $\alpha$ 3波の出現率とともに有意な増加がみられた。また、女子では雨をイメージしたときの $\alpha$ 2波の出現率にも有意な増加がみられた。

実験後の質問紙によると、男女で想像した内容はよく似ていたことから、女子は男子よりイメージすることによって優勢脳波の出現に影響を受けやすいことが考えられた。

以上の結果から、緑色を見たとき、森の情景をイメージしたときに、 $\alpha$ 波のなかでも特に $\alpha$ 2波の出現率が增大することがわかった。また、女子のほうが男子よりも、色を見たりイメージすることによって優勢脳波の出現率に影響を受けやすい傾向がみられた。さらに、優勢脳波出現率に影響を与えるためには、音刺激だけでは不十分であり、イメージを用いることで効果を上げることができる可能性が示唆された。 $\theta$ 波の出現率には変化はみられなかった。

## 結 論

1. 色を見ること、音を聴くこと、情景をイメージすることによって、前額皮上電位 $\alpha$ 1、2、3波の出現率に影響がみられた。
2. 緑色を見たり、緑色に関連した音を聴いたり、緑色に関連した情景をイメージすることによって、前額皮上電位 $\alpha$ 2波の出現率が増加した。
3. 色を見ること、色に関連した音を聴くこと、情景をイメージすることの中では、イメージすることが最も前額皮上電位 $\alpha$ 2波の出現率の増加に影響した。
4. 女子のほうが男子よりも、色をみること、色に関連した音を聴くこと、情景をイメージすることのいずれの場合にも、前額皮上電位 $\alpha$ 1、2、3波の出現率の増加がみられ、女子のほうが男子より色や音やイメージによる優勢脳波への影響を受けやすいことが示唆された。

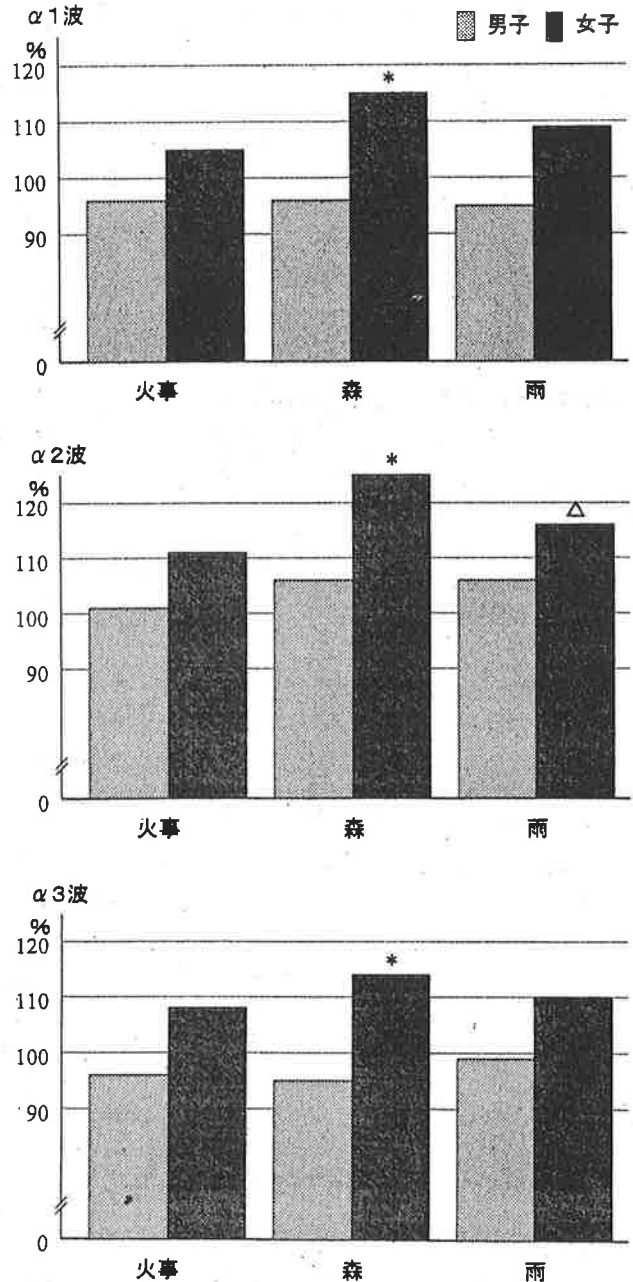


図4 イメージした時の優勢脳波出現率  
 $\Delta$ :  $P < 0.1$ , \* :  $P < 0.05$  vs 安静値

IV 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

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

*Examination of the Increasing of Concentration by the EEG  $\alpha_2$  Wave  
Biofeedback Training using the Autogenic Training Method*

*Takaaki NIWA*

**ABSTRACT**

Peak performance in human behavior is greatly influenced by mental concentration. Therefore many researchers have paid great attention to the ways of increasing concentration.

The purpose of this study is to develop a method of increasing concentration by the electro-encephalogram (EEG)  $\alpha_2$  wave (9.0~11.0 Hz) biofeedback training (BFT) using the autogenic training method.

The subjects were 18 students at a women's university 18 to 22 years of age. EEG amplifiers picked up the EEG at Fp<sub>2</sub> position, and divided it into six bandpass waves (the  $\theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\beta_2$ , waves and the artifact). It distinguished one dominant wave in the EEG in each 2 second interval. The speed of A/D conversion is 20 ms. Signal sounds at the BFT were apparent from FM 515S when the Fp<sub>2</sub>  $\alpha_2$  wave appeared predominantly.

The following three experiments were performed in series:

Experiment I was the examination of the correlation between the concentration measurement and each EEG ( $Fp_2$ ,  $\theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\beta_2$ , waves). Subjects were divided into two groups (an experimental group and a control group of the same concentration level based on the results of Experiment I).

Experiment II was the BFT by the autogenic training for intensification of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave. The BFT was done with only the experimental group for 5 days.

Experiment III was done using the same procedure as Experiment I but after the BFT. The experiment was done to measure the effectiveness of the BFT.

As a result, the following conclusions were obtained:

1. A high level of concentration to one point is accompanied by a large time fraction of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave.
2. Intensification of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave can be accomplished by BFT of the prevalent EEG  $\alpha_2$  wave using the autogenic training method.
3. The concentration level to one point can be increased by the intensification of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave accomplished through BFT using the autogenic training method.
4. The big fatigue of subjects can not produce a large time fraction of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave and the effective result of performance.
5. In general, the positive correlation is seen between the fatigue rate as the change of the flicker value and the rate of concentration level to one point.
6. Prevalent EEG  $\alpha_2$  wave has a significant positive correlation with the flicker value, and also with the rate of concentration level.
7. Concerning the fatigue rate as the flicker value by the performance in the experiment, the BFT group is lower than control group.

Key Words : EEG, biofeedback,  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave, autogenic training, concentration, fatigue

キーワード : 脳波、バイオフィードバック、 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波、自律訓練、集中力、疲労

## 問 題

スポーツ選手は、どのような状況のもとでも、自分の持つ力を最大限に発揮したいと願っている。こうしたことは一般の人であっても日常の生活行動において同様のことを考えるであろう。しかし、ちょっと考えただけでもこれは大変難しいことがわかる。すなわち、どのような過緊張場面においても、あるいは気の緩む場面においても、その時のパフォーマンスに最適な心理状態を保つよう、自分自身をコントロールできる能力を養っておかなければならないからである。

人間の行動場面、たとえば運動や仕事をする時、Peak performance (最高能力) を発揮するためには、体力、技能、心的能力の3要素が要求される。スポーツ選手については、その活動の性質上、近年非常に研究が進んでいる。国際的傾向として、体力問題は主に運動生理学によって、運動技術面は、キネシオロジーやバイオメカニクスの研究によって急速に発展している。心的能力についての科学研究は、運動心理学の領域であるが、前二者と比べると研究法の困難さからやや遅れてスタートした。しかも日本では、競技の実践面からの要請が強いため、比較的時間のかかる基礎的研究を進めるより、経験的・応用的研究が先行してきた。そのため基礎的研究面で、米国やスウェーデンと比べると独創性に乏しい。

本研究で解明しようとしている内容は、スポーツ場面だけではなく、一般の人々の仕事や日常生活面でも適用できるような幅広い心理的トレーニングの基本原理を見つけようとするもので、重要な基礎的研究に属するものである。現在まで諸外国の論文には、関連した研究が多く報告されているが、特に脳波を用いたバイオフィードバックトレーニングの領域では、本研究で扱っているような細かく分類された優勢前額皮上電位(一般に脳波と呼ばれている)を用いたバイオフィードバックトレーニングはほとんどみられない。脳波の国際的基準でも $\alpha$ 波は8~13 Hzとされており、それより細かい基準は一般には用いられていない。

脳波の $\alpha$ 波に関するバイオフィードバック研究のパイオニアはKamiya (1968)<sup>4)</sup>である。彼の研究によって脳波による精神活動のコントロール、特

に $\alpha$ 波バイオフィードバックによるリラクゼーションの促進に関する研究が輩出される契機となった。

運動心理学の領域でも最近、最もよいパフォーマンスを生み出す時の心理状態を、脳波からアプローチしようとする研究が盛んとなり、最適状態の時によく現れる脳波として $\alpha$ 波が注目されている。

従来、 $\alpha$ 波の増大は、眠りから覚めた時の意識がぼんやりした状態や、くつろいだ状態の時に主として認められる<sup>1)</sup>とされてきたが、ヨーガや禅の瞑想中にも現れるという報告<sup>5)</sup>が出されてから、特に $\alpha$ 波とパフォーマンスとの関係が研究され始めた。すなわちヨーガや瞑想中は、意識の集中を必要とし、高い知的水準にあるにもかかわらず精神的には弛緩していることがわかり、生理心理学者の強い関心を呼んだのである。こうして同じ $\alpha$ 波の出現状態にもかかわらず、現象面では意識のぼんやりした状態と比較的意識が集中しやすい状態という相反する状態が存在するという矛盾が明らかになってきた。丹羽らはこうした矛盾を解明するため、基礎的研究を始めた。すなわち、 $\alpha$ 波の出現状態には、目覚めたばかりの時のように意識水準が低下していてぼんやりしている状態から、精神的にはリラックスしているが意識が集中しやすい状態を経て、やや強い精神的興奮状態に至る3段階を想定し、 $\alpha$ 波(8.0~13.0Hz)を $\alpha_1$ 波(8.0~9.0Hz)  $\alpha_2$ 波(9.0~11.0Hz)  $\alpha_3$ 波(11.0~13.0Hz)に分け、種々のパフォーマンスと各 $\alpha$ 波との関係を実験的に明らかにしはじめた。すなわち優勢前額皮上電位(最も高い電圧が出現した前額部の皮上電位)出現率と注意力計を用いたパフォーマンス成績、すなわち注意を一個所に集めて種々の反応を行わせた時(以下、一点集中状態として示す)の成績との関係について明らかにしはじめた<sup>6) 8) 9) 11) 13) 14) 15) 22)</sup>。そして優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波が増大した時には、一点集中状態が増強され、しかも $\theta_2$ 波や $\beta_2$ 波は減少すること、 $\alpha_2$ 波と $\alpha_1$ 波、 $\alpha_3$ 波は同調傾向は示さないことなどがわかってきた<sup>11)</sup>。

そこで本研究では、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(以下、優勢Fp<sub>2</sub> $\alpha_2$ 波BFTと略す)で注意の集中<sup>23)</sup>を増強することによって、パフォーマンス効率を高める方法を検討し

たい。

従来、パフォーマンスに最適な心理状態へと自分自身をコントロールできるようにすることを目的とした、様々なメンタルトレーニングの方法が検討され、実際場面にもとり入れられてきた。

丹羽らも、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTを行う手段として、聴覚<sup>7)</sup> やイメージ<sup>12)</sup> や色・情景・音<sup>6)</sup> などを用いて、それらの効果を検討し、いずれの方法も有効であることがわかってきた。これらに共通していることは、それらの刺激がイメージと組み合わせたり、α<sub>2</sub>波を増大させる状態をつくることである。その場合、本実験で用いている装置は、被験者のα<sub>2</sub>波が一定水準以上に増大したら、鈴虫の鳴き声のような音を出すという仕組みで、前額皮上電位（脳波）α<sub>2</sub>波を音に変えてフィードバックさせている。こうしたα波増大を知らせる聴覚によるフィードバック音を手がかりとしてα波の出現率の制御の可能性を証明したのは、Nowlis, D. P. & Kamiya, J.(1970)<sup>17)</sup>であった。本研究ではそれらも参考にし、細かいところを改善しながら、主にα波を3分割した脳波(前額皮上電位)帯域をとることができるような、しかも持ち運びが簡便なコンパクトな装置に改良したものを用いている。

さて、どのような刺激がα<sub>2</sub>波増大の最適状態をつくり出すかということは、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTの方法にとって最も重要なことである。今まで色々な方法を用いてきたが、本研究では、自律訓練法を用いてα<sub>2</sub>波の増強を試みる。

自律訓練法（autogenic training method、以後、AT法と略す）とは、ドイツの精神医学者ヨハネス・ハインリッヒ・シュルツが考案した方法で、教育やスポーツなど広い領域で用いられている一種の催眠療法である。全身の緊張を解き、注意の集中や自己暗示の練習により、心身の状態を自分で調整できるように工夫された段階的訓練法である。公式言語をゆっくり頭の中で反復し、その部位に注意を集中し、一つずつ公式を進んでいく方法をとる<sup>2)</sup>。

本研究では、なぜ前額脳波（皮上電位）を問題とするかということであ



るが、前額のFp<sub>2</sub>の位置から出るいわゆる脳波α波は、前頭葉から導出されるα波と考えられるが、前頭葉α波は後頭葉に比べ、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α波の出現が観測され、内部知覚との対応性がかなり良いという理由による<sup>18)</sup>。

このように本研究では、自律訓練法を用いた脳波バイオフィードバックトレーニングによって優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波を増大させ、注意の一点集中能力を増大させる実験を行うと共に、さらに疲労と諸要因との関係についても検討する。具体的には、次の仮説を検証する。

- 1 注意がより集中している状態では、優勢前額皮上電位α<sub>2</sub>波（優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波と略称する）も多く出現する。
- 2 自律訓練法を用いた優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTによって、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波を増大させることができる。
- 3 自律訓練法を用いた優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTによって、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波を増大させた時、注意の集中は向上する。
- 4 疲労度が高い時は、自律訓練法を用いても、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波の出現率への有効性は低い。したがって一点集中の向上への有効性も低い。

## 方 法

被検者：女子大学生20名（18歳～23歳）（実験計画で採用した人数は18名）

環境条件：実験室室温 23～26℃、湿度 47～65%

測定機器：表1に示す。

表1 測定項目および測定機器

測定項目	測定機器
前額 皮上電位	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S フューチャーエレクトロニクス株式会社製
集中力	注意力計 稲葉人間工学研究所製
疲労度	近大式中心フリッカー値測定器 株式会社明興社製

測定内容及び測定方法：

①前額皮上電位の測定－BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S を用い、探查電極を前額右 (Fp2)、アースを前額左(Fp1)、基準電極を左耳(A1) に装着した。前額から導出される皮上電位を2秒毎に測定し記録する。FM515-S で測定できる皮上電位は  $\theta_2$  波(4.0～8.0Hz)  $\alpha_1$  波(8.0～9.0Hz)  $\alpha_2$  波(9.0～11.0Hz)  $\alpha_3$  波(11.0～13.0Hz)  $\beta_2$  波 (16.4～19.6Hz) 及び ARTIFACT である。なお測定は  $\mu v$  積分値より優勢皮上電位(最も高い電圧を示した皮上電位) 出現指数の方が、心理的変化によりよく対応する<sup>3)</sup>との理由から、後者すなわち優勢皮上電位出現時間の比率を用いる。

②注意の集中状態の測定－注意力計 A F 型を用いる。この機器では1～9の数字が2Hzの速さでランダムに出現するが、被検者は指定された3種類の数字がでた時スイッチを押し、その正確さから注意の集中状態を測定する。反応の正確さは、正答率から判断する。すなわち Signal 数(発信数)を S、Pass(見落とした数)を P、Miss (押し間違えた数) を M として、正答率を次式で求める。

$$\text{正答率} = \frac{S - (P + M)}{S} \times 100$$

③疲労度の測定－人間の行動における精神的疲労と身体的疲労を明確に区別することは困難である。一定時間、同じ作業を繰り返すと同じように作業しているつもりでも作業成績や能率が下がってくる。この能率低下の目安となる疲労度(視覚疲労)を測定するためフリッカー値検査を用いた<sup>24)</sup>。そしてちらつき値と連続光との境界値(運動頂)を測定して疲労度の基準とした。

## 実験手続き

本実験は実験 I から実験 III までの3段階で構成されている。

[実験 I]

まず、①フリッカーテストを5回行う。②次に試行直前の優勢前額皮上電位を測定する。③そして注意力計によるパフォーマンス(一点集中)の

測定を6セット行う。④パフォーマンス（一点集中）試行後、フリッカーテストを5回行う。⑤試行後5分間の優勢前額皮上電位を測定する。実験IとⅢの時の実験手順を図1に示す。

被検者は実験室内の椅子に座り実験を進めるが、注意力計は数字の画面と被検者の目の距離が1mの位置に設置された。パフォーマンス（一点集中）試行中はARTIFACTが多く出現し、正確に優勢前額皮上電位を測定できないため、試行直前（閉眼時）1分間の前額皮上電位を試行時の前額皮上電位として用いることにする<sup>16)</sup>。

[実験Ⅱ]

優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTを行うため、各被験者を実験Iのパフォーマンス（一点集中）成績に基づき、高い方からH群、M群、L群の各6人に分け、さらにそれぞれ3人ずつの等質な2群に分けて、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTを行う群をBFT群、行わない群を統制群とする。

- (1) 安静
- (2) 四肢重感
- (3) 四肢温感
- (4) 腹部温感
- (5) 呼吸調整

図3 本研究で用いた自律訓練の練習方法

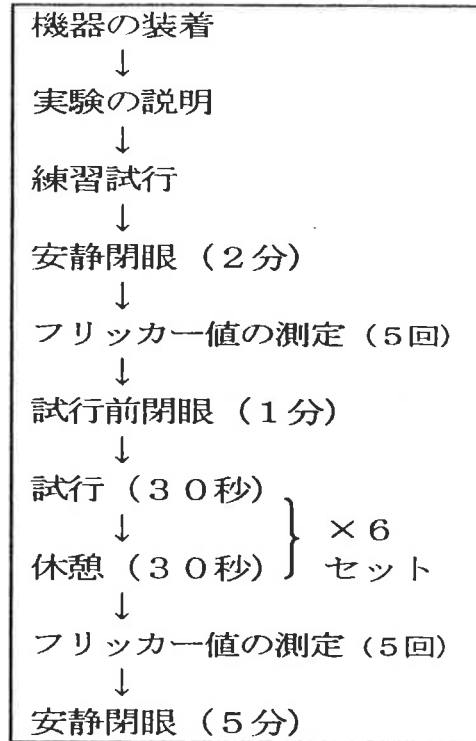


図1 実験I・Ⅲの実験手順

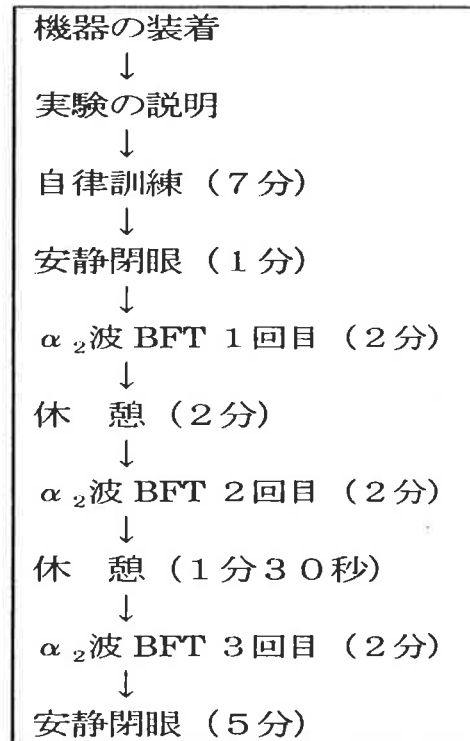


図2 実験Ⅱの実験手順

図2に示した実験の手順で、BFT群について5日間、連続して優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTを行った。自律訓練(AT)の標準公式は、安静、腹部温感、四肢重感、四肢温感、呼吸、心臓調整、前額冷感の7段階練習で構成されている<sup>21)</sup>が、本研究で用いたATは5段階の練習でその方法を図3に示す。被検者はボディーソニック装置に横たわり、ATのテープを7分間聞く。1分間の安静閉眼後、ATテープの内容についてのイメージをくり返す。同時に優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTが始まる。α<sub>2</sub>波が優勢に出現している時は、フィードバック刺激として自動的に鈴虫の声に似た音が聞こえるようになっている。また、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFT後の休憩時も、ATのテープ内容のイメージを思い浮かべるように指示した。

### 〔実験Ⅲ〕

実験Ⅰと同様の手順で、フリッカー値及びパフォーマンス(一点集中)と優勢前額皮上電位の測定を行う。手順は図1に示す通りである。ただし、BFT群にはパフォーマンス試行(一点集中)後の休憩時に、ATのイメージを思い出すように指示した。

### 〔結果の処理〕

奈良女子大学情報処理センターでSAS統計パッケージ<sup>19) 20)</sup>による統計処理を行った。

## 結 果

同一被験者であっても、日によって優勢前額皮上電位の出現状態が異なる場合があるので、実験Ⅰと実験Ⅲで用いた前額皮上電位は、予備実験の結果から、実験中で最もリラックスした状態であると考えられる試行後の安静(閉眼)5分間の最後の1分間の、各優勢前額皮上電位の値を各被検者の安静時の値(安静値)と考えることとする。実験Ⅰと実験Ⅲにおいては、試行直前(閉眼)の優勢前額皮上電位出現値をそれぞれの実験日の安静時の値で割ったものを、集中時の優勢前額皮上電位出現率とする。また

実験Ⅱにおいては、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFT中の優勢前額皮上電位出現値を各実験日の安静値で割った値を、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波 BFT中の優勢前額皮上電位出現率とし、その式を次に示す。

$$\text{実験Ⅰ・Ⅲの優勢前額皮上電位出現率} = \frac{\text{試行直前閉眼時の優勢前額皮上電位出現値}}{\text{各実験日の安静値}}$$

$$\text{実験Ⅱの優勢前額皮上電位出現率} = \frac{\text{優勢Fp}_2 \alpha_2 \text{波BFT中の優勢前額皮上電位出現値}}{\text{各実験日の安静値}}$$

(1) 実験Ⅰ：優勢前額皮上電位とパフォーマンス(一点集中)成績との相関  
 パフォーマンス(一点集中)成績と各優勢前額皮上電位出現率との相関係数(r)および有意水準(p)を表2に示す。表2からα<sub>2</sub>波に正の相関(r=0.38, p<.02)で有意性が認められ、他の前額皮上電位に比べてパフォーマンス(一点集中)成績との相関が高かった。

次に同じ人数のパフォーマンス成績による3群に分けるため、各試行(6セット)の平均正答率が82%以上の者をH群、70%以上82%未満の者をM群、70%未満の者をL群とした。そして、3群間の優勢前額皮上電位出現率について検討するため、それらの共変量を考慮し共分散分析を行った。表3にH群、M群、L群間の優勢前額皮上電位出現値の共分散分析結果を示す。

表2 パフォーマンス成績と各優勢前額皮上電位出現率の相関係数(r)と有意水準(p)

優勢前額皮上電位	r	p
β <sub>2</sub> 波	0.045	0.86
α <sub>3</sub> 波	0.022	0.93
α <sub>2</sub> 波	0.382	0.02*
α <sub>1</sub> 波	0.279	0.27
θ <sub>2</sub> 波	-0.11	0.68

表3 パフォーマンス成績によるH群・M群・L群間の各優勢前額皮上電位出現率の差を検討するための共分散分析

優勢前額皮上電位	F	自由度	p
β <sub>2</sub> 波	0.49	2, 15	0.50
α <sub>3</sub> 波	0.78	2, 15	0.30
α <sub>2</sub> 波	1.32	2, 15	0.077
α <sub>1</sub> 波	0.19	2, 15	0.83
θ <sub>2</sub> 波	0.08	2, 15	0.82

3群間には、どの前額皮上電位にも有意な差は認められなかった。そこで、パフォーマンス（一点集中）成績の差の大きいH群とL群との間で前額皮上電位の特徴的な違いを知るため、パフォーマンス（一点集中）成績および各優勢前額皮上電位出現率についてH・L群間のt検定を行った。表4に各優勢前額皮上電位出現率のH群とL群間のt検定結果、および一点集中成績のH・L群間のt検定結果を示す。

表4から、パフォーマンス（一点集中）成績はH・L群間に0.1%水準で、前額皮上電位は優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波にのみ5%水準で有意差が認められた。これらの結果から、パフォーマンス（一点集中）成績が高い時、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波も増大していると考えられる。

以上の結果から、集中状態を高めるために優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波の出現率を増強することは適当であると考えられる。そこで実験Ⅱでは、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波の出現率を増強するために優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTを行うことにする。

表4 パフォーマンス成績によるH・L群間の各優勢前額皮上電位出現率および一点集中成績のt検定結果

項目	p値	
優勢前額皮上電位出現率	β <sub>2</sub> 波	0.50
	α <sub>3</sub> 波	0.42
	α <sub>2</sub> 波	0.045*
	α <sub>1</sub> 波	0.70
	θ <sub>2</sub> 波	0.78
一点集中成績	0.001***	

注)  
α<sub>2</sub>波出現率の  
H群 1.21  
L群 0.81  
一点集中成績  
の  
H群 88.2  
L群 60.6

## (2) 実験Ⅱ：優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波増強のためのBFT効果について

実験ⅠをPREテスト、実験ⅢをPOSTテストと呼ぶことにする。なお、優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFT時やPOSTテスト時にARTIFACTが多く出現する場合があったので、ARTIFACTの出現率が15%以上のケースは欠損値として処理した。

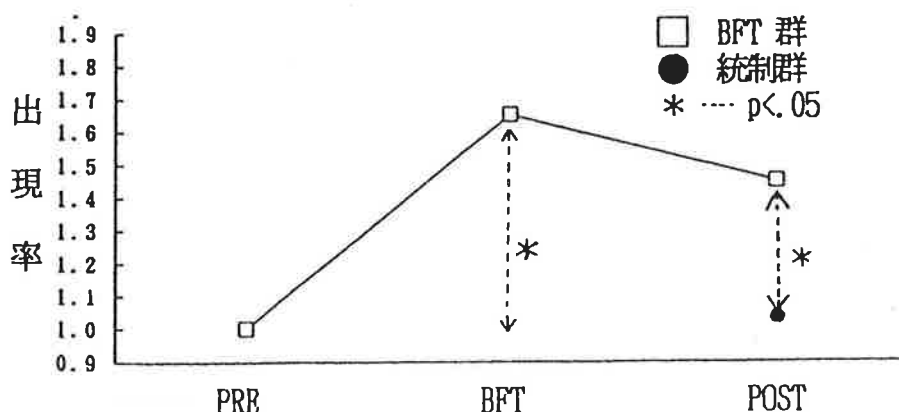


図4 各実験に伴う優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率の推移

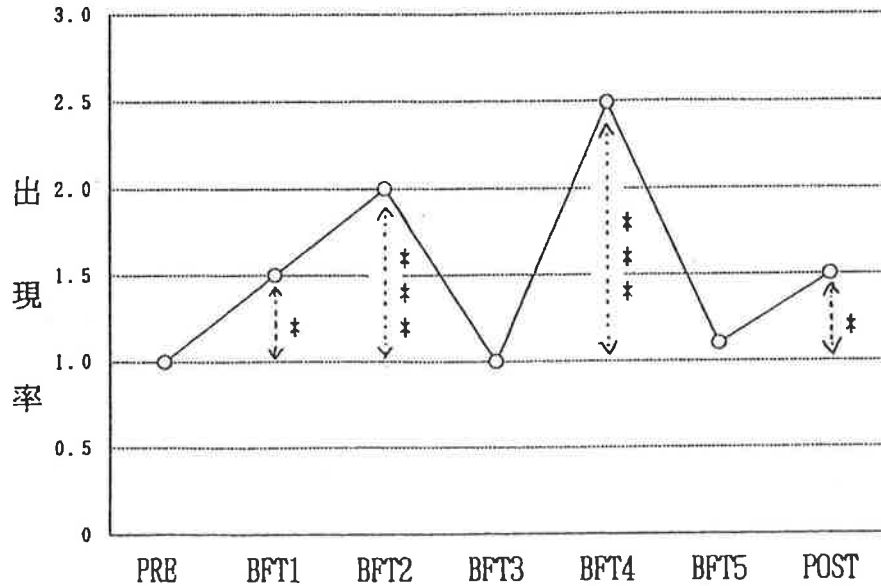


図5 BFT群のBFT5日間の優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率の推移  
\* …… p<.05 \*\*\* …… p<.001

各実験に伴う優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率の変化を図4に示す。図4から、POSTテストにおけるBFT群と統制群間の優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率を比較すると、BFT群の優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波のBFT5日間の平均出現率は、PREテストより有意に多く出現したが、統制群は有意な変化がみられなかった。またPOSTテスト時には統制群よりBFT群の方が有意に多く出現した (p<.05)。図5にBFT群の5日間の優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率の推移を示す。

以上のことから、ATによる優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波BFTで優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波を増大させることができると考えられる。

### (3) 実験Ⅲ：BFT群と統制群の優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波の出現率とパフォーマンス(一点集中)成績の比較

#### ① BFT群と統制群の優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率の比較

図6に、PREテスト時とPOSTテスト時におけるBFT群と統制群間の優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率の比較を示す。図6から、PREテストにおいて2群間に優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>

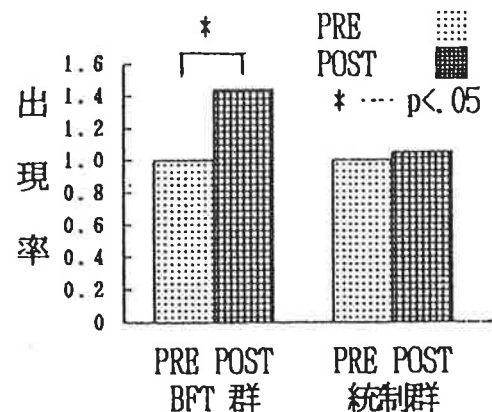


図6 BFT群と統制群におけるPREテストとPOSTテストの優勢Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波出現率の比較

$\alpha_2$ 波出現率に有意な差は認められなかったことから、この2群は等質であると考えられる。POSTテストでは優勢 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波出現率はBFT群では有意に増大し ( $p < .05$ )、統制群ではほとんど増大しておらず、両者の伸び方には明らかに差が認められた。

② BFT群と統制群のパフォーマンス (一点集中) 成績の比較

BFT群と統制群におけるパフォーマンス成績の比較を図7に示す。図7から、PREテストにおいてパフォーマンス (一点集中) 成績で等質群を作ったので、BFT群と統制群の間にパフォーマンスについての有意な差は認められない。POSTテストではPREテストよりパフォーマンス (一点集中) 成績に統制群で5%水準、BFT群では0.1%水準で有意

な上昇が認められた。2群とも有意な成績の上昇が認められたため、図8にPOSTテスト時におけるBFT群と統制群のパフォーマンス (一点集中) 成績の伸び率の比較を示す。図8からBFT群の方が統制群より明らかに大きな伸び率 ( $p < .01$ ) を示していることがわかる。

以上のことから、ATによる優勢 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波 BFTによって優勢 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波を増大させた時、優勢 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波が少ない時よりパフォーマンス (一点集中) 成績は向上すると考えてよいであろう。

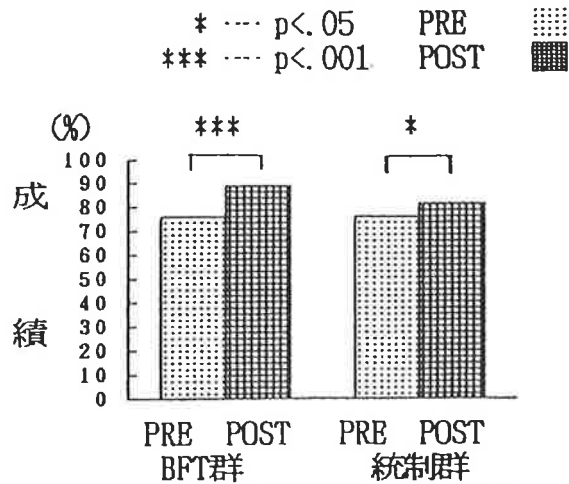


図7 BFT群と統制群におけるPREテストとPOSTテストの一点集中成績の比較

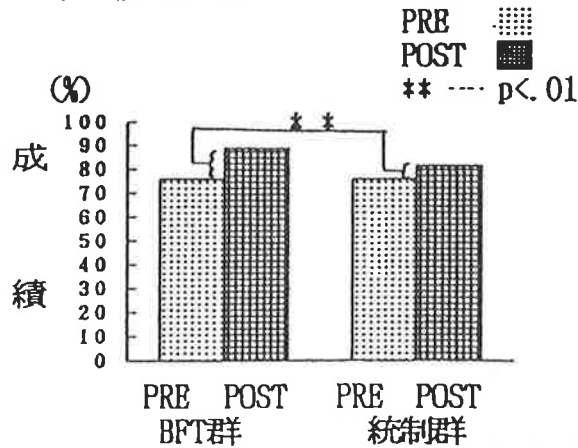


図8 POSTテストにおけるBFT群と統制群の一点集中成績の伸び率の比較



#### (4) 試行後のフリッカー値からみた疲労度の検討

PREテスト、POSTテストの資料から、試行前のフリッカー値を基準として、全被験者をフリッカー値の高いほうから、同じ人数になるように3等分し、それぞれを、H群、M群、L群とした。そしてこの3群の試行後の疲労度について検討した。

図9にH、M、L群についてPREテストとPOSTテストの資料からフリッカー値の変化値を示す。フリッカー値の変化値は次のようにして算出した。

$$\text{フリッカー値の変化値} = \text{試行後のフリッカー値} - \text{試行前のフリッカー値の平均}$$

図9から、フリッカー値は、H、M群では試行後は試行前より上昇傾向を示すが、L群では下降傾向を示し、疲労していることがわかる。そこで

フリッカー値の変化値について検討するため分散分析を行った結果、有意差が認められた{ $F = 44.25$ ,  $DF(2, 9)$   $p < .001$ }。そこでDUNCAN法による多重比較を行った結果、フリッカー値の変化値は、H群とL群間、M群とL群間に5%水準で有意差がみとめられた。

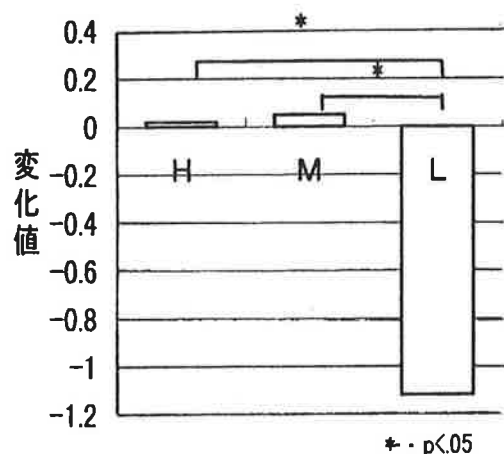


図9 試行前のフリッカー値を基準としたH、M、L群におけるフリッカー値の変化値

表5にフリッカー値の変化値と優勢 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波の伸び率、及び一点集中成績の伸び率との相関係数( $r$ )と有意水準( $p$ )を示す。

表5からフリッカー値の変化値と一点集中成績の伸び率との間に有意で高い相関があることがわかる。

次に、PREテストとPOSTテ

表5 フリッカー値の変化値と優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波の伸び率及び一点集中成績の伸び率との相関係数( $r$ )と有意水準( $p$ )

	$r$	$p$
優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波	0.356	0.06
一点集中成績	0.729	0.02

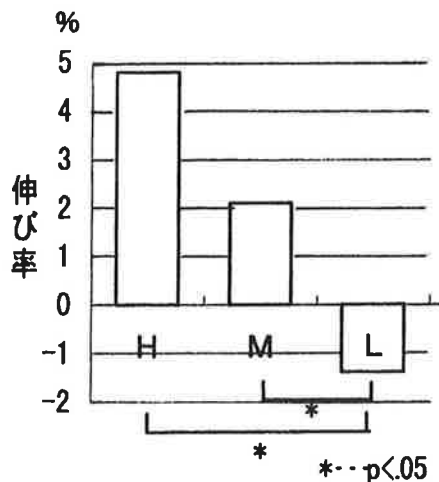


図10 試行前のフリッカー値を基準とした H, M, L群における一点集中成績の伸び率の比較

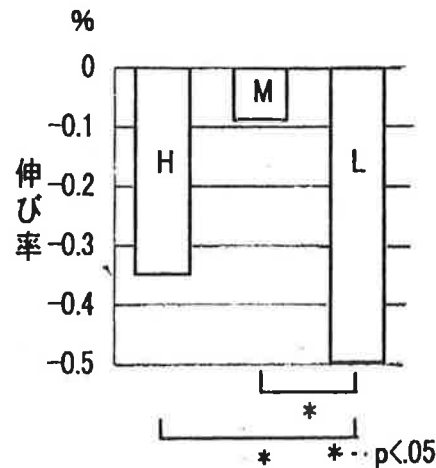


図11 試行前のフリッカー値を基準とした H, M, L群における優勢Fp<sub>2</sub>α<sub>2</sub>波出現率の試行前・後の伸び率の比較

ストの比較から3群間のパフォーマンス(一点集中)成績の伸び率の比較を図10に示す。図10から、パフォーマンスの伸び率は図9と同様、H、M群とL群との間に5%水準で有意差が認められた。

図11にH・M・L各群における試行前後の優勢Fp<sub>2</sub>α<sub>2</sub>波出現率の伸び率(変化率)を示す。優勢Fp<sub>2</sub>α<sub>2</sub>波出現率の伸び率は、フリッカー値の伸び率やパフォーマンスの伸び率と同様にH群とL群間、M群とL群間にそれぞれ5%水準で有意な差が認められた。

## 考 察

### 1. 仮説1について

表2から、PREテストにおけるパフォーマンス(一点集中)成績と各優勢前額皮上電位出現率との相関をみると、α<sub>2</sub>波で有意(p<.02)な相関がみられた。これは、丹羽らの回転板追従動作や一点集中を用いた実験報告<sup>10)16)</sup>でもみられたことである。

そこで表4から、パフォーマンス成績の差の大きいH群とL群について、各優勢前額皮上電位の出現率のt検定結果をみると、α<sub>2</sub>波にのみ5%の有意差がみられた。

以上のことから、パフォーマンス成績が高い時、優勢Fp<sub>2</sub>α<sub>2</sub>波が多く出現していると考えてよいであろう。

## 2. 仮説2について

そこで実験Ⅱにおいて、自律訓練法を用いた優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波BFTを行った。そして、BFT群のPREテスト時と、BFT中の5日間と、POSTテスト時の優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率の平均値間の分散分析を行った結果、有意差が認められた { $F=5.88$ ,  $D F(8, 54)$   $p < .001$ }。さらにBFT中の $Fp_2 \alpha_2$ 波の伸び率について、DUNCAN法による多重比較を行った結果を図5からみると、3日目と5日目の $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率が低くなっているが、その理由は、中だるみ現象ではないかと考えられる。同様の研究をした丹羽・八十川の研究<sup>16)</sup>でも、よく似た傾向を示していた。しかし、図4にみられるように平均値間の比較でみると、自律訓練法を用いたBFT群の方に明らかにBFT効果が現れており、POSTテストにおける統制群には優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の増大はみられなかった。

以上のことから、自律訓練法を用いた優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波BFTによって優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率を増大させることができると考えられる。

## 3. 仮説3について

まず、POSTテスト時におけるBFT群と統制群の優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率の伸び率を比較する。図6からBFT群にのみ有意な $\alpha_2$ 波の増大がみられた ( $p < .05$ )。次に図7から、パフォーマンス(一点集中)成績の伸びをみると、BFT群も統制群も一点集中成績が伸びている。恐らく $\alpha_2$ 波の出現と練習効果が関与しているものと思われる。そこで図8から両群の一点集中成績の伸び率を比較したところ、BFT群が統制群より有意に高い伸び率を示していることが認められた ( $p < .01$ )。

以上のことから、自律訓練法を用いた優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波BFTにより優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増大させることによって、注意の一点集中成績を向上させることができると考えられる。

## 4. 仮説4について

図9から、フリッカー値はH、M群では、試行後の方が試行前よりやや増大している(速い)が、L群は試行後の方が有意に減少している。このことから、試行前にフリッカー値の低い(疲労度の大きい)人は、試行後

も一層低くなり、始めのフリッカー値の高い人より疲労度がさらに大きくなると考えられる。

図10から、パフォーマンス（一点集中）成績も、図9でフリッカー値の上昇したH、M群と下降したL群間とに同様の有意差が認められ、似た関係がみられた。表5に示されたように、フリッカー値の変化値と一点集中成績の伸び率との間には高い相関がみられる。一方、パフォーマンス（一点集中）成績が高い時、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率も高いこと（表2、表4、図6、図8）から、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率とフリッカー値との関係も検討する必要がある。

図11から、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率の伸び率は、フリッカー値を基準としたH・M・Lの3群とも減少しているが、減少率は、L群がH・Mの各群より有意に大きい。しかも図9のフリッカー値の変化値と図11の優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の伸び率のH・M・L群の相対的位置関係は類似している。すなわち図9、11共H群とM群間には有意差は認められないが、H群のフリッカー値の変化値も優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率の伸び率も共にM群よりは低い傾向がうかがえる。本来ならば、H群の方がM群より両変数（フリッカー値の変化値と優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率の伸び率）共高い筈であるという推測と反するので、このことについて検討する。

こうした現象の理由として、H群は、PREテストの段階から集中しや

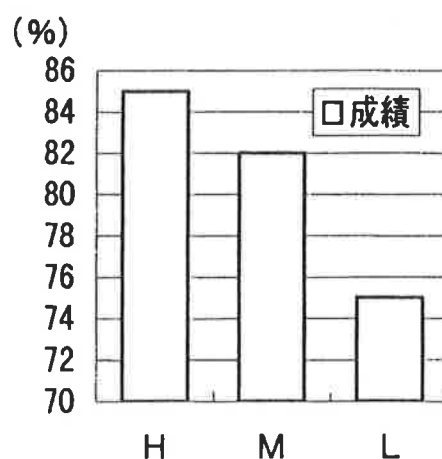


図12 試行前のフリッカー値を基準としたH・M・L群におけるPOSTテスト時の一点集中成績の測定値比較

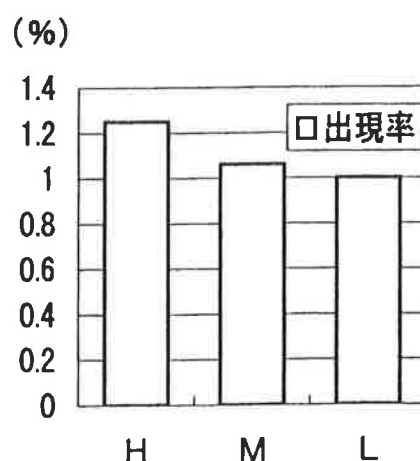


図13 試行前のフリッカー値を基準としたH・M・L群におけるPOSTテスト時の優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率の比較

すい状態にあり、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率がすでに高かったため、M群と比べて優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率をそれ以上には上昇させにくかったためこのような結果になったことが考えられる。図12にH・M・L群におけるPOSTテスト時のパフォーマンス（一点集中）成績の測定結果、図13にH・M・L群におけるPOSTテスト時の優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率の測定結果、図14にH・M・L群におけるPOSTテスト時のフリッカー値の測定結果を示す。図12～14から、POSTテスト時の

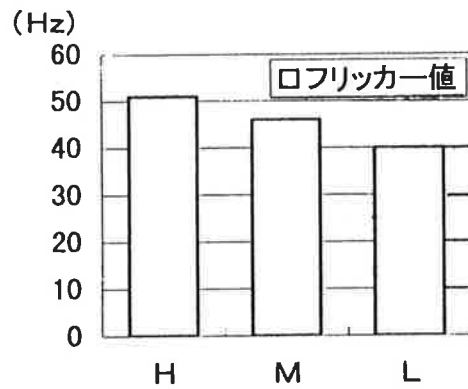


図14 試行前のフリッカー値を基準としたH・M・L群におけるPOSTテスト時のフリッカー値の測定値比較

表6 POSTテストにおける優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波の出現率とフリッカー値及び一点集中成績との相関係数(r)と有意水準(p)

	r	p
フリッカー値	0.897	0.046
一点集中成績	0.957	0.047

パフォーマンス（一点集中）成績、フリッカー値、 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率共にH・M・L群の順に高い傾向がみられることがわかる。

表6にPOSTテスト時における優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率とフリッカー値、一点集中成績との相関係数(r)と有意水準(p)を示す。表6から、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率はフリッカー値と一点集中成績の両方に5%水準で正の有意な高い相関が認められた。

そこでPREテストからPOSTテストへの優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率の伸び率を基準にして高・中・低群に3等分し、各群のフリッカー値の変化値を比較

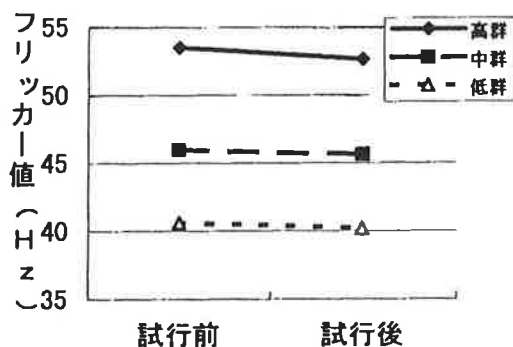


図15 優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の伸び率を基準とした高・中・低群におけるPOSTテスト時の試行前・後のフリッカー値

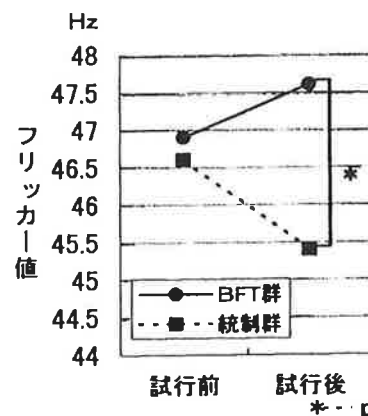


図16 BFT群と統制群におけるPOSTテスト時の試行前・後のフリッカー値の比較  
\*... p<.05

した。POSTテストにおける各群の試行前と試行後のフリッカー値を比較した結果を図15に示す。図15から前述した予想のように、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率の伸び率の高いH群は、中間の伸び率を示すM群より、さらにフリッカー値の変化値を高めることは困難であるが、フリッカー値は高いことがわかる。

また、図16に実験IIで優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波BFTを行ったBFT群とBFTを行わなかった統制群のPOSTテスト（第III実験）時の試行前と試行後のフリッカー値を比較した結果を示す。図16から、BFT群が統制群より5%水準で試行後に有意に高い値を示したことが認められる。図6からPOSTテスト時において、PREテスト時よりもBFT群の方が統制群よりも優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現率は有意に高くなっていることが認められるので、疲労度が小さい

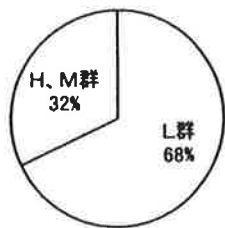


図17 試行前のフリッカー値を基準としたH, M, L群別の身体的疲労の割合

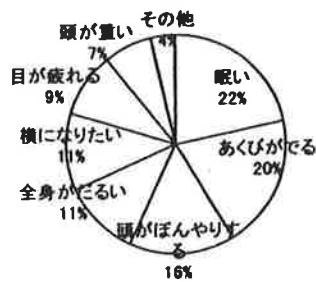


図18 試行前のフリッカー値を基準としたL群の身体的疲労の項目別比較

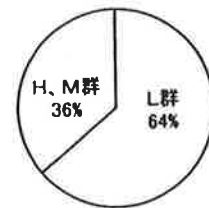


図19 試行前のフリッカー値を基準としたH・M・L群別の精神的疲労の割合

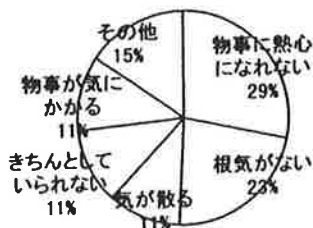


図20 試行前のフリッカー値を基準としたL群の精神的疲労の項目別割合

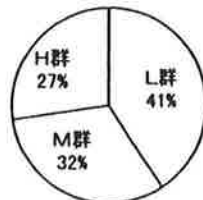


図21 試行前のフリッカー値を基準としたH・M・L群の神経的疲労の割合

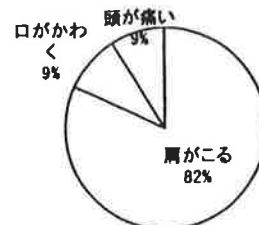


図22 試行前のフリッカー値を基準とした3群合計の神経的疲労の項目別割合

(フリッカー値が大きくなる) ほど、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率は高くなると考えられる。

以上のことから、疲労度が高い時には優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現率もあまり増大しないし、パフォーマンス成績もあまり上がらないと考えられる。

次に被験者の内省報告をもとにした“疲労の自覚症状調査表”の結果を図17から図22に示す。図17～22から、試行前のフリッカー値を基準とした場合、L群（疲労度が相対的に大きい人の群）に属している人ほど、身体的症状では、眠い、頭がぼんやりする、だるい、目が疲れると感じ、精神的症状では物事に熱心になれない、根気がない、物事が気にかかる、と答えた人が多かった。図21から神経的疲労ではH・M・L群の割合に大きな違いがなかった。参考までに、図22に3群全体の神経的疲労の項目別割合を示す。図22から、H・M・L群に共通して肩がこると答えた人が多い。

## 結 論

パフォーマンスに適した心理状態に、自分自身をコントロールできるようにすることを目的とした自律訓練法を用いた優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波バイオフィードバックトレーニングによって、注意の一点への集中状態を強める方法を検討するため、女子大生18名(18～23歳)について実験した結果、次のような結論を得た。

- (1) 注意が一点に集中している状態の時、優勢前額皮上電位 $\alpha_2$ 波（優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波）が多く出現する。
- (2) 自律訓練法を用いた優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波BFTによって、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波を多く出現させることができる。
- (3) 自律訓練法を用いた優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波BFTによって優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波を多く出現させた時、注意の集中状態がより向上し、パフォーマンス（一点集中）成績も向上すると考えられる。
- (4) 疲労度が大きい時、優勢 $Fp_2 \alpha_2$ 波もあまり出現しないし、パフォーマンス（一点集中）成績もあまり向上しないと考えられる。
- (5) フリッカー値の変化値（変化）からみた視覚疲労と一点集中成績の伸

び率（変化率）とは正の相関関係が認められたが、この問題はさらに実験を重ねて検討すべき課題である。

- (6) 優勢 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波の出現率はフリッカー値及びパフォーマンス(一点集中)成績の両方に有意な相関関係を示す。
- (7) 優勢 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波BFT群の方が統制群よりパフォーマンス(一点集中)試行による視覚疲労が少ないと考えられる。

## 文 献

- 1) バーバラ, B. : 石川 中訳(1986) 心と身体の対話(下). 紀伊国屋書店: 東京, p.150. {Barbara B. (1974) *New Mind, New Body*. Bantam Books: Tokyo.}
- 2) 学校保健用語辞典編集委員会(1998) 学校保健用語辞典. 改訂増補版 東山書房: 京都, pp. 256 - 257.
- 3) 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効果の比較. 心理学研究 62(3):180 - 186.
- 4) Kamiya, J. (1968) Conscious control of brain wave. *Psychological Today*, 1, 57 - 60.
- 5) 松田岩男・杉原 隆編著(1987) 新版運動心理学入門. 大修館書店: 東京, pp.23 - 24.
- 6) 丹羽劭昭(1998) 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 $Fp_2$   $\alpha_2$ 波増強とパフォーマンスの向上—注意集中を中心に—. 聖母被昇天学院女子短期大学紀要 24号, 6 - 23.
- 7) 丹羽劭昭(1997) 快適感と優勢前額皮上電位との関連—聴覚刺激を手がかりに—. 聖母被昇天学院女子短期大学紀要 23号, 17 - 31.
- 8) Niwa, Takaaki(1996) Examination of the validity of prevalent EEG biofeedback training for the increasing of concentration (II) — Effectiveness of the



- intensification of  $Fp_2 \alpha_2$  wave. Journal of Assumption Junior College, No.22, 15 – 30.
- 9) 丹羽劭昭(1994) Peak performance をもたらす心理的トレーニング効果の基礎的研究 文部省科学研究費(一般研究C)研究成果報告書, pp.33 – 159.
  - 10) 丹羽劭昭・弘 志穂(1992) 脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(1) – 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波増強による事例を中心に –. 日本体育学会第43回大会号 A, 176.
  - 11) 丹羽劭昭, 弘 志穂(1992) 脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(2) – 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2 \cdot \theta_2 \cdot \beta_2$ 波を中心に –, 日本スポーツ心理学会第19回大会研究発表抄録集, B – 4.
  - 12) Niwa Takaaki, Hiro Shiho(1993) The relationship between the increase of  $Fp_2 \alpha_2$  wave and reinforcement of concentration by the prevalent EEG biofeedback training (2). Proceedings for ICHPER 36th World Congress 1993 Yokohama, 660 – 665.
  - 13) Niwa, Takaaki and Hiro, Siho, (1993) The relationship between the increase of  $Fp_2 \alpha_2$  wave and reinforcement of concentration by the prevalent EEG biofeedback training. Proceedings of 8th World Congress of Sport Psychology, 693 – 696.
  - 14) 丹羽劭昭・長沢邦子(1993)脳波バイオフィードバックトレーニングによる優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波増強と集中力増強との関係. 日本体育学会第44回大会号 A, 193. とその資料.
  - 15) 丹羽劭昭・長沢邦子・弘 志穂(1991) 心理的パフォーマンス時における脳波の検討. 日本スポーツ心理学会第18回大会研究発表抄録集, D – 06.
  - 16) 丹羽劭昭・八十川睦子(1994) 集中力増強のための脳波バイオフィードバックトレーニングの方法の検討. 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. 文部省科学研究費(一般研究C)研究成果報告書, pp.148 – 157

- 17) Nowlis, D.P.& Kamiya, j. (1970) The control of electroencephalographic alpha rhythms through auditory feedback and the associated mental activity. *Psycho physiology*, 6. 476 – 484.
- 18) 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.
- 19) 竹内啓, 市川伸一, 大橋靖雄, 岸本淳司, 浜田知久馬(1993) SASによるデータ解析入門「第2版」. 東京大学出版会:東京, Pp.1 – 288.
- 20) 谷津進・宮川雅巳(1990) 品質管理. 東京: pp.38 – 45, pp.73 – 78.
- 21) 和歌山教育催眠研究会編(1980) 入門自律訓練法. 和歌山教育催眠研究会:和歌山, pp. 29 – 32.
- 22) 八十川睦子(1994) 集中力増強のための脳波バイオフィードバックトレーニングの方法の検討. 奈良女子大学文学部卒業論文.
- 23) 山下富美代(1987) 集中力. 講談社現代新書:東京, pp. 64 – 66.
- 24) 横堀栄・白石伸尚・近藤武・太田垣瑞一郎・橋本邦衛・大島正光・佐藤徳郎(1952) 疲労測定のための機能検査法. 同文書院:東京, pp 239 – 243.

V 弓道選手における自律訓練法を用いたバイオフィードバック  
トレーニングによる心拍数制御と的中率との関係

丹羽劭昭

弓道選手における自律訓練法を用いた  
バイオフィードバックトレーニングによる  
心拍制御と的中率との関係

丹羽 勸 昭

Relationship Between the Performance of Hitting the Mark in  
Kyudo and the Control of Heart Rate by Biofeedback Training using  
autogenic Training with Kyudo Athletes

Takaaki NIWA

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the relationship between the performance of hitting the mark in Kyudo(Japanese archery) and the control of heart rate by biofeedback training using autogenic training with music.

The subjects were 25 Kyudo club members at a women's university 18 to 23 years of age. The following three experiments were performed in series : Experiment I was done by the Kyudo test (performance test for hitting the mark at Kyudo) and the heart rate test. Experiment II was BFT (biofeedback training) with music for intensification of the heart rate control.

BFT was done with only the experimental group. Experiment III was

done with the same procedure as Experiment I but after the BFT. The experiment was done to measure the effectiveness of BFT on Kyudo from the point of view of the difference between Experiment I and III .

As a result, the following conclusions were obtained:

1. Heart rate can be decreased by heart rate BFT using autogenic training with music.
2. Heart rate BFT using autogenic training with music has a tendency towards the intensification of control for the decreasing of heart rate.
3. Performance of hitting the mark at Kyudo can be elevated by control of the heart rate.
4. The improvement of Kyudo performance by the intensification of control of the heart rate is based on the increase of concentration by two reason, namely, the psychological effect of autogenic training with music and the decrease of the heart rate by training for the control of the heart rate.

Key Words: kyudo athlete, hitting the mark, autogenic training, biofeedback training, control of heart rate, POMS, subjective concentration

キーワード：弓道選手、的中率、自律訓練法、バイオフィードバックトレーニング、心拍制御、POMS、主観的集中度

## 問 題

古くから武道においては、「平常心」を保つことを大切にしてきた。命をかけた真剣勝負の場における心理的過緊張状態での一種の「あがり」の状態が、日頃の力を発揮できなくさせることへの防御策として、「平常心」を強調してきたものと考えられる<sup>8)</sup>。本研究でとりあげ

る弓道は、対人競技ではなく、いわば対物競技であるが、それだけに自己の心理的状況がより重要になる競技である。

弓道は射撃などと同様に、環境の影響よりは選手自身の状態そのものが競技成績に大きな影響を及ぼす競技である。つまり、不動の的に対してきめられた型を用いて弓をひき矢を発する弓道は、刻々と変化する自己との対峙さらに克服が重要となる競技である。したがって、自己の最適な心理的状態を知り、その状態を維持していくためのメンタルコンディショニングが必要になってくる。そこで、こうした点を明らかにするため、本研究では弓道競技における効果的なメンタルトレーニングについて検討したい。

一般に、運動場面や仕事その他日常行動におけるパフォーマンスの向上をはかるためには、体力・技術・心理的能力の3要素が重要であるが、心理的能力についての科学研究は他の二つに比べて遅れた分野である。その理由は、心理的要因への重要性の認識の遅れや研究法の困難さがあったこと、さらに次々と大きなイベントを控えた競技界からの実践的な要求が強いため、即効性のある具体的方法が求められ、基礎的研究を進める時間的余裕をもてなかったところにある。

スポーツ科学の先進国でも、体力や運動技術が先行して研究されたが、続いて心理的要因が問題となり、十数年前から盛んに科学研究が行われるようになった。そこでもやはり実践面での要請が強く、比較的時間のかかる基礎的研究よりは、実践的方法の開発が中心となっている<sup>2)16)</sup>。

こうして各国とも独自のマインドコントロール法や心理的トレーニング法を開発してきたが、その対象とした課題や方法には一つの流れがみられる。概して言うなら、始めはネガティブな状態を平常の状態に戻すための方法、たとえばあがった状態を平常状態に戻したり、あがらないようにする「あがり防止」の方法などの研究が中心であった。それが次第に平常の状態を保つ方法や平常状態より少しでも向上させるための方法、たとえば「リラクセーション」さらには「集中力

を高める」方法へと移行し、バイオフィードバックを用いた研究にみられるように、開発された機械を使用する方法等も導入され始めた。日本におけるこの方面の研究は、スウェーデンや米国、西独等より数年遅れて本格的な研究が行われるようになったが、まだ実践的な具体的方法の開発を求める研究が主流となっており、そのメカニズムの解明には時間を要する状態である。さらにこれらの技法をスポーツ場面だけでなく、一般の人々の日常生活や仕事におけるストレスや不安の解消等へと発展させ、「Quality of Life」をめざす一つの方法としても広く応用され始めている<sup>11) 12) 13)</sup>。

具体的には、スポーツの競技場面や日常生活における緊張場面での心理的变化を表す客観的指標として、脳波・心拍数・皮膚温などの生理的指標が用いられてきた<sup>5) 6) 8) 12) 14)</sup>。あわせて、様々なスポーツ選手の心理的競技能力向上のため、メンタルトレーニング<sup>4) 11) 15) 20)</sup>やバイオフィードバックトレーニング<sup>1) 10) 12)</sup>(以下B F Tと略す)に関する研究がなされてきた。バイオフィードバック<sup>3) 17)</sup>とは、「生理反応に関する情報を、光、音、触覚刺激といったかたちで被験者に提示し、(中略)刻々と変化する生理的状态を被験者に感知させるという生物・医学的手続き」<sup>13)</sup>と定義されている。このB F を使ったトレーニングによって、従来は人の意志でコントロールできないとされてきた不随意反応が、意図的にコントロールできるという例が数多く報告され、今ではこうしたことが普通のこととなってきた。B F Tは、B F 情報を手がかりに自己の状態を客観的に知り、そのことから意図的に自己の状態をコントロールし、最終的にはB F 情報なしで自己をコントロールすることができるようになることを目指している。

弓道に関しては、皮膚温を上昇させるB F T、自律訓練法、イメージトレーニングを組み合わせ用いたメンタルトレーニングの例<sup>4)</sup>が報告されている。ここでは、皮膚温の上昇がリラックス状態の指標として用いられており、弓道のパフォーマンスと皮膚温との関係には触れられていない。また、脳波と弓道のパフォーマンスに関する研究<sup>9)</sup>

では、上級者ほど行射（弓をひくこと）中に低い周波数の $\alpha$ 波が出現するとされている。これは、Yerkes - Dodson のいうバスケットボールのフリースロー・射撃・ゴルフのパットなどと同様、弓道が比較的低い動機づけで最大の成績を発揮できる競技という範ちゅうに属すること<sup>7)</sup>と関係してくると考えられる。

一方、星野<sup>1)</sup>は射撃選手を対象にして心拍数を減少させるためのBFTを実施し、心拍制御が射撃の競技場面におよぼす有効性について検討している。さらに、BFTを効果的に行うためのストラテジーとして、自律訓練法を併用し、その効果についても述べている。しかし、弓道のBFTとして心拍数を用いた報告は見当たらない。

したがって本研究では、弓道選手を対象に生理心理的指標として心拍数を用い、心拍数を用いたBFTを行って、その有効性について検討することにする。なお本実験に先立って行った予備実験の結果からは、皮膚温や脳波より心拍数の方が弓道のパフォーマンスを反映しやすいと考えられた。そして、弓道競技における緊張場面で「心臓がドキドキする」という一般的に自覚されやすい心拍数を用いたトレーニングが、実際の競技場面でより生かされやすいのではないかと考えた。

## 目 的

生理心理的指標としての心拍数からみた弓道の行射時の状態を明らかにすると共に、心拍数を減少させるための音楽を伴う自律訓練法を用いたBFTによって①心拍数の自己制御能力を高めることが可能かどうか、そして②自己制御能力の向上は弓道の競技場面にどのような影響を及ぼすのかということについて検討する。そのため具体的には、以下の仮説を検証する。

### 仮 説

- 1) 音楽を伴う自律訓練法を用いたHR（Heart rateの略）・BFTにより心拍数を減少させることができる。



- 2) 音楽を伴う自律訓練法を用いたHR・BFTは心拍数の減少方向への自己制御を可能にする。
- 3) 心拍数の減少方向への自己制御の獲得は、弓道選手のパフォーマンス成績の向上に効果がある。

## 方 法

被 験 者：女子大学弓道部員 25 名

(表 1 参照)

実 験 環 境：実験室室温 20 ～ 26℃、湿度 45 ～ 65%

実 験 場 所：大学の実験室と大学弓道場

測 定 内 容：心拍数の測定には、POLAR ELECTRO OY 製 (FINLAND) のハートレートモニター PE3000 を用い、5 秒間隔で記録した。実験終了後、専用のインターフェイスでデータをパソコン (EPSON PC-386 NOTE W) に転送し、解析ソフトによって算出した。また、アンケート調査、主観的集中度・主観的緊張度調査、POMS 縮小版を用いた感情・情緒についての調査も適時実施した。

実 験 手 続 き：本実験は、実験 I から実験 III までで構成されている。実験の大まかな流れを図 1 に示す。実験 I・III は①弓道のパフォーマンス

**表 1 被験者の弓道の段、経験年数および学年**

項目		人数
段	四段	1
	三段	7
	二段	5
	初段	12
経験年数	5～6年	5
	4～5年	1
	2～3年	10
	1～2年	9
学年	3年	15
	4年	10
合計		25

実験 I	実験 II	実験 III
弓道テスト(プレ) (立射、8射) HRテスト(プレ) (50秒×12セット)	HR-BFT (50秒×12セット ×6日間)	弓道テスト(ポスト) (立射、8射) HRテスト(ポスト) (50秒×12セット)

**図 1 実験(I・II・III)全体の構成**

ンスを見るための弓道テスト、②心拍の自己制御能力を見るためのHRテストで成り立っている。実験Ⅱでは音楽を伴う自律訓練法を用いて心拍数減少への自己制御能力を高めるためのBFTを6日間連続で行った。

弓道テスト：実験Ⅰと実験Ⅲの弓道テストでは、大学の弓道場で実際に弓道の行射を行った。実験

<b>器具装着</b>	
<b>実験の説明</b>	
行射前安静①(閉眼)	1分
行射(4射)	6分
行射後安静②(閉眼)	1分
<b>休憩</b>	
行射前安静③(閉眼)	1分
行射(4射)	6分
行射後安静④(閉眼)	1分
安静(閉眼)	3分

**図2 実験Ⅰ・Ⅲ(弓道テスト)の実験順序**

順序を図2に示す。被験者は、28 m離れた星的を射る。星的は2つの同心円からなり、外側は直径36cmの白い円、内側は直径12cmの黒い円が描かれている。弓道の実際の競技場面では、放たれた矢が直径36cmの円内に刺さった場合が的中とよばれ、個人または団体での的中数が競われる。ここでは、実際に行われている一つの試合形式である

3人を1チームとした団体戦で競技を行い、2チーム同時の対戦形式を採用した。その理由は、団体戦では1人4本の持ち矢をチームの先頭の人から順番に引いていき、的中に対する連帯責任が問われるので、個人戦より心理的ストレスや心理的緊張が大きくなると考えたからである。また、競技方法として座射と立射があるが、1本ごとに立ち座りする座射では運動による生理的変化が加味されると考えられるので、比較的生理的変化の少ない立射を選んだ。さらに、被験者は行射時以外は本座にて椅座位姿勢で安静及び休憩した。また、矢数は1人4射×2回合計8射である。記録者は、ストップウォッチで“離れ”時(矢がはなれていく瞬間)のタイムと的中得点を記録した。被験者は、自己の力に応じた重さの弓を引いた。全試合終了後、各試行につ

いての主観的集中度と主観的緊張度を10段階で調査した<sup>1)</sup>。

**的中得点：**弓道の実際の競技場面では、直径36cmの的的中するかしないかを問題とし、的中した位置に関して問われることはない(一部例外もある)。しかし、本研究では、黒丸の的中とそれ以外の的中を区別するために的中得点も採用することにする。2つの同心円からなる星的の内側の直径12cmの黒丸に的中させるのは非常に難しい。そこでの中得点は、黒丸の的中が高い得点になるように種々の重みづけを考慮した上で、本研究では黒丸の的中を4点、それ以外の的中を3点、はずれは0点とした。

**HRテスト：**実験Ⅰと実験ⅢのHRテストは、BF情報なしで心拍数の減少を自己制御する能力を測ることを目的とし、被験者全員に実施した。手順を図3に示す。

安静状態で10分間(最後の2分間を安静時の値とした)測定した後、50秒間の試行を1セットとし、合計12セット行い、セット間に10秒間の休憩を挟んだ。被験者全員に「心拍数をできるだけ下げようようにし

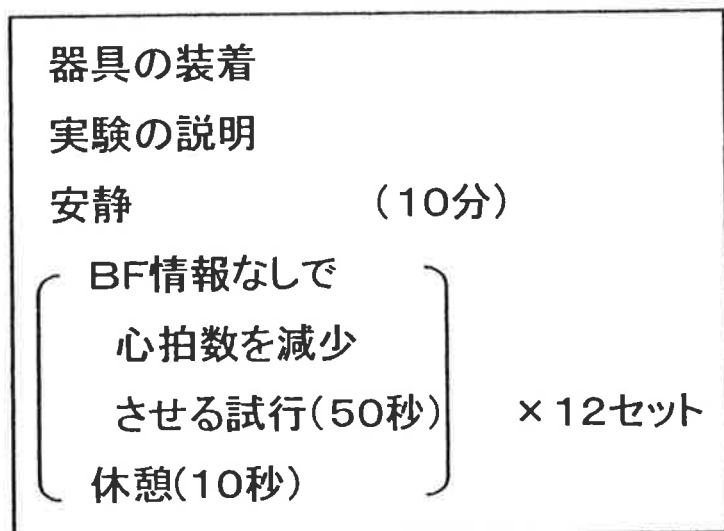


図3 実験Ⅰ・Ⅲ(HRテスト)の実験順序

てください」という教示を与えた。

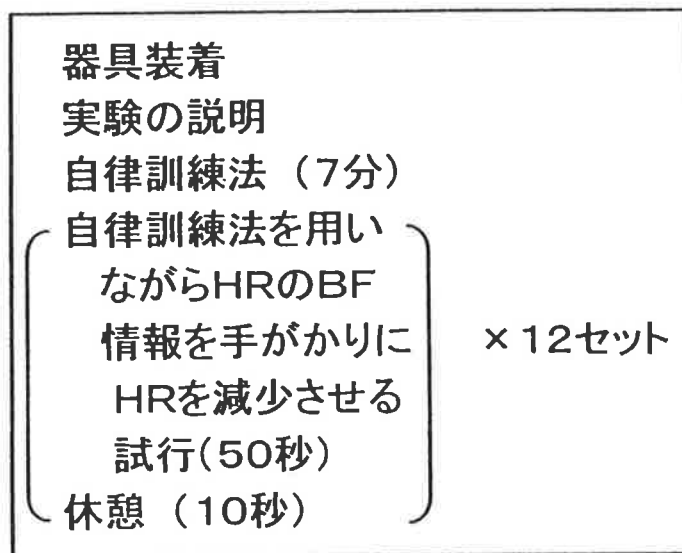
**感情変化尺度：**HR・BFTによる感情の変化をみるために実験Ⅰ・Ⅲ後に感情変化尺度(POMS縮小版)<sup>2)</sup>を用いた調査を行った。

**等質群の編成：**さらに、弓道の段級と試合経験をできるだけ等しくなるように考慮した2つの等質群をつくった。すなわち、6日間BFTを行うBFT群とBFTを全く行わないコントロール群(以下CON群と略す)をつくった。データに及ぼす外的影響を避けるため、各被験者は

HR テスト及びBFTを実験室内で、食事後や運動後を避け、基本的には毎日同じ時間帯に行った。実験中は、リーグ戦の時期であり、試合が何度かあったため、練習は通常どおり行われた。被験者は、共通に行う正規の練習に加え、各自のレベルに合わせて自分が最も良い状態になるように個人的な練習もした。

**BFT:** 実験Ⅱでは、音楽を伴う自律訓練法を用いた心拍数減少への自己制御のためのHR・

BFTを連続して6日間行った。手順を図4に示す。椅座位姿勢の被験者は自律訓練法(FUTEK製 音楽瞑想テープTAPE 1-Aを利用)<sup>資3)</sup>を7分間行った後、それを用いながら被験者の膝の上に置かれた心拍計ハートレートモニターに表示される自己の心拍数を、



**図4 実験Ⅱ(HR・BFT)の実験順序**

BF情報として心拍数の減少を試みた。

**自由記述アンケート:** 被験者には、毎回の実験終了後自由記述のアンケート調査を実施した<sup>資4)</sup>。

**統計処理:** 奈良女子大学情報処理センター大型コンピューターでSAS<sup>18)19)</sup>のプログラムを用いて統計処理を行った。

## 結 果

### [実験Ⅱ]

#### 1 HR・BFTにおける心拍数の変化

HR・BFTの6日間における心拍数の変化をみるため、各実験日のHRの平均値とHRプレテスト安静値（安静10分間の最後の2分間の値で、以下、安静基準値と呼ぶ）の比較をおこなった結果を図5に示す。1日目（ $p < .01$ ）と4日目（ $p < .10$ ）に差がみられた。そ

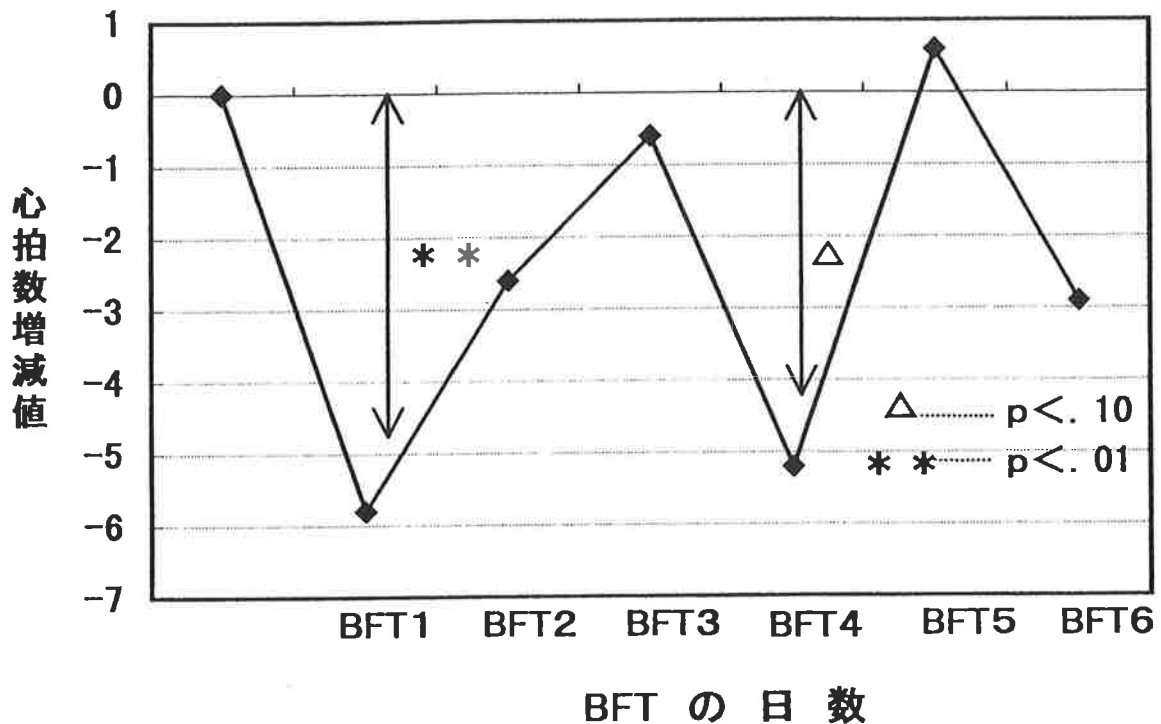


図5 実験ⅡのBFTをおこなった日ごとの心拍数増減値の変化

他の実験日にも5日目以外は、心拍数が減少していることがうかがわれる。

また、セット毎の心拍数の変化をみるため、1日目から6日目までを通しての安静基準値からの心拍数増減値をセット毎に平均した値を図6に示す。11セット目と12セット目には、有意水準10%で安静基準値からの減少がみられた。さらに、セット毎の増減値について

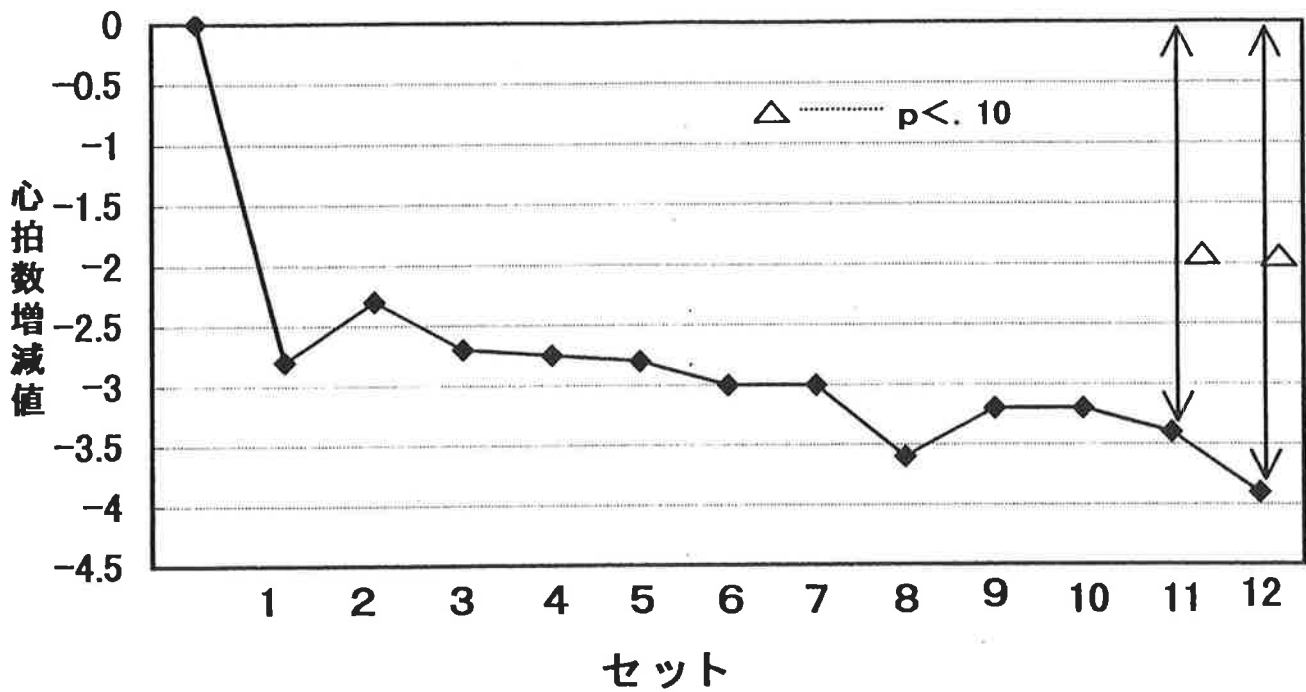


図6 BFT6日間(合計)におけるセットごとの心拍数増減値の変化

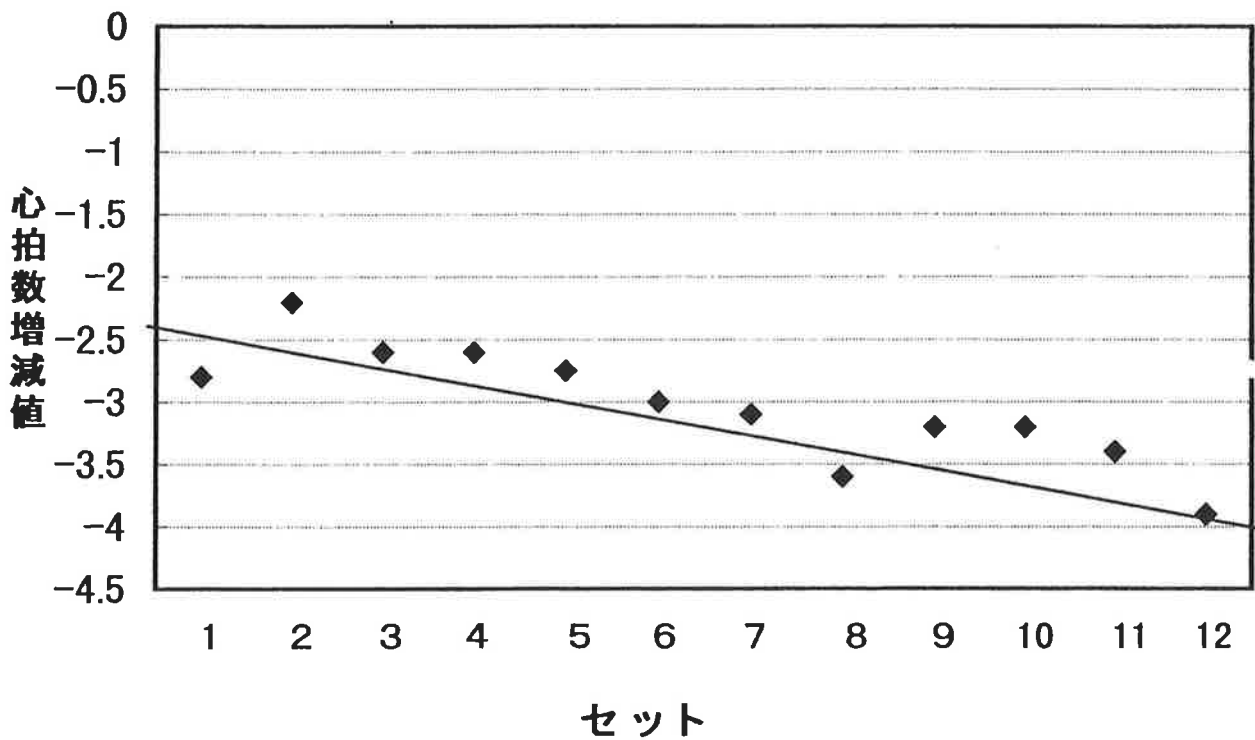


図7 BFT6日間(合計)におけるセットごとの心拍数増減値とその回帰直線

単回帰分析を行った結果を図7に示す。図7のように、回帰係数  $-0.109$ 、切片  $-2.321$  の回帰直線が求められた (いずれも  $p = .0001$ ) ことから、6日間を通して心拍数がセット毎に徐々に低下していることがわかる。

## 2 HR・BFT後の内省報告

HR・BFTによる心理的状态や主観的評価をみるため、①どの程度心拍数をコントロールできましたか。②うまく心拍数をコントロールできたとき、どのような感じでしたか。③感想 を毎回の実験終了後に、自由記述のアンケート調査を行い、内省報告をまとめた。その一例を資料5に示す。

[実験Ⅰ・Ⅲ]

### 1 HR・BFTによる感情の変化

音楽を伴う自律訓練法を用いた心拍数減少へのHR・BFTによる感情の変化をみるために、“POMS 縮小版”を用いた。POMSとはProfile of mood states (感情プロフィール検査)の略で、感情、気分を評価する自己記入式質問紙法の一つとしてMcNairらにより米国で開発された検査である。これは、「抑うつ－落ち込み」「活気」「怒り－敵意」「疲労」「緊張－不安」および「混乱」の6種の感情尺度を同時に測定できるという利点がある<sup>21)</sup>。

そこで、6種の感情尺度毎に合計した得点の平均について、群別に

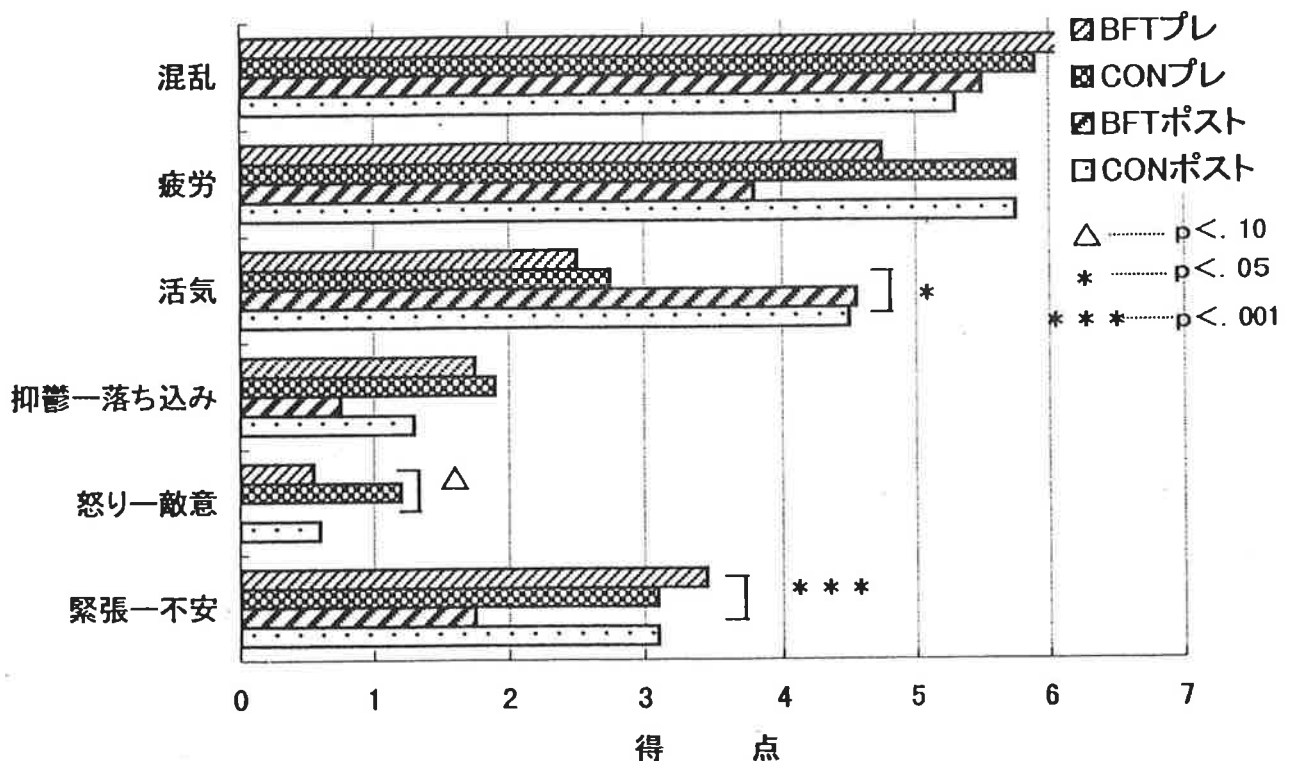


図8 BFT群とCON群におけるPOMS得点のプレテストとポストテスト間の比較

プレテスト（以後プレと略称する）とポストテスト（以後、ポストと略称する）間でt検定をおこなった結果を図8に示す。図8から、「緊張－不安」はBFT群のみがプレよりポストの方が有意に低かった（ $p = .0012$ ）。さらに「怒り－敵意」はBFT群、CON群ともポストが低いですが、BFT群のみに有意水準9%で差があった。活気はBFT群、CON群ともにポストが高いが、CON群のみに有意水準5%で差がみられた。その他には、有意な差がみられなかった。

## 2 HRテストにおける心拍数の変化

HRテストのプレ及びポストにおける心拍数の変化をみるため、各テストの試行時の平均値を、各安静基準値で割った値（心拍数変化率とする）を用いて、群別にプレとポスト間でt検定を行ったが有意な差はみられなかった。そこで、各テストにおいて群間の心拍数変化率のt検定をおこなった結果、プレにおいてBFT群がCON群より有意に小さかった（ $p = .0067$ ）。つまり、BFT群は心拍数の減少への自己制御能力がCON群より優れていると考えられる。そこで、ポストの心拍数変化率の群間の差を検定するため、プレの心拍数変化率を共変量として共分散分析をおこなった結果を図9に示す。ポストにお

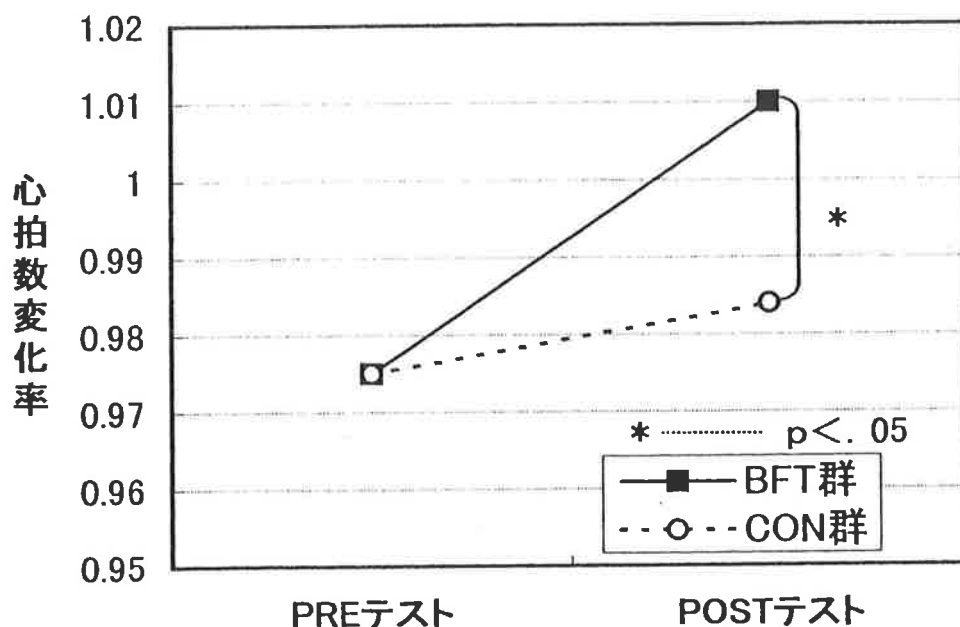


図9 HRテストにおける心拍数変化率のプレテストからポストテストへの変化(共分散分析結果による作図)



いて群間の有意差が5%水準で認められた。すなわち、共分散分析の結果をもとに作図した図9において、両群のプレの心拍数変化率を同じ値とすると、ポストのBFT群の心拍数変化率は高くなっており、CON群の心拍数変化率はほとんど変化しなかった。これらの現象をより詳細に検討するため、安静時と試行時の心拍数を図10に示す。

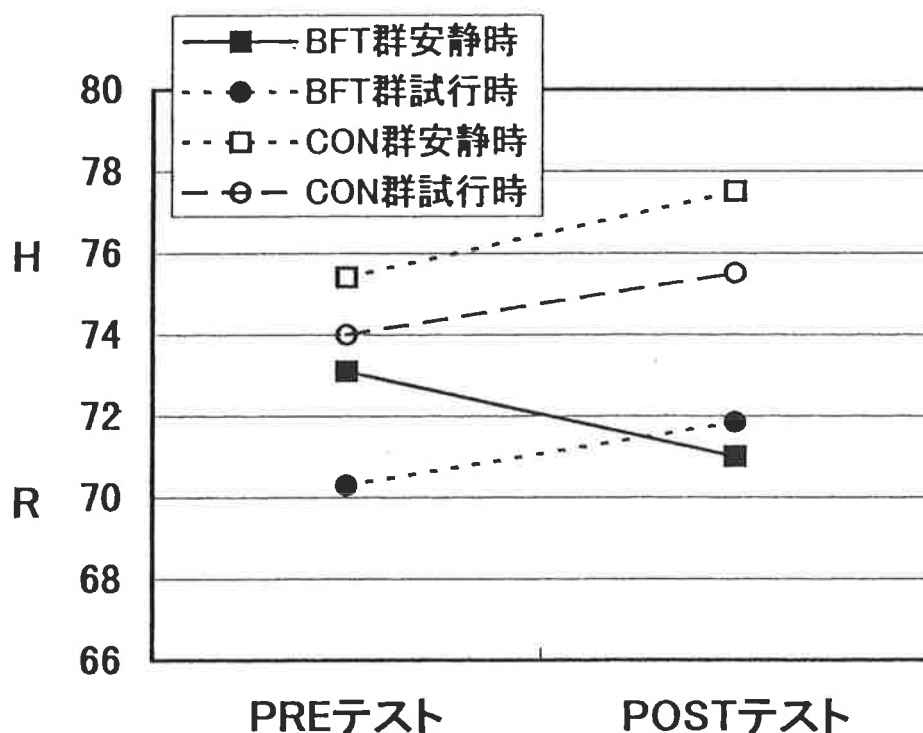


図10 HRテストにおける心拍数のプレテストからポストテストへの変化

図10から、プレ、ポストとも安静時、試行時の心拍数は明らかにBFT群の方がCON群より少ない(低い)ことがわかる。しかもBFT群のポストの安静時の心拍数がさらに大きく減少しており、これが結果として共分散分析の結果(図9)、ポストの値(心拍数変化率=試行時の心拍数/安静基準値)がCON群より大きくなった理由であると考えられる。

### 3 弓道テストにおける心拍数の変化

弓道テストにおける心拍数の変化をみるにあたって、弓道において一番重要と思われる“離れ”時を中心にその前と後の5秒毎の合計5

つの時点 (-15~-10、-10~-5、-5~0、0~5、5~10 sec.) の心拍数を用いることにする。行射時の状態について詳しく知るために、被験者全員を弓道テストのプレとポスト16射の的中数の合計により3群に分けた(表2)。それら3群間で、1射から8射までをその各時間毎のHRを平均した値を用い、プレの安静基準値を共変量と

表2 弓道テストにおけるプレテストとポストテストの合計的中数による群分け(被験者全員、BFT群)

的中合計 (本)	群分け	人数 (BFT群)
8~11	H群	5 (3)
2~7	M群	10 (4)
0~1	L群	6 (3)

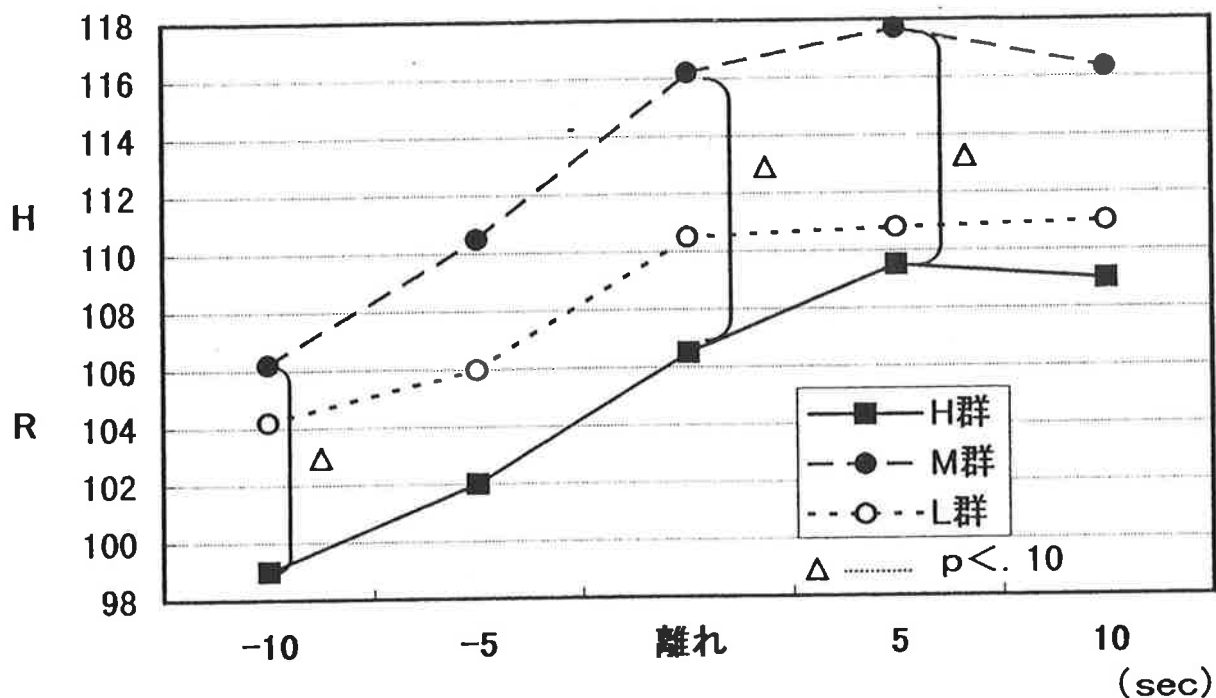


図11 的中数に基づくH群・M群・L群の弓道テストプレテストにおける心拍数の経時的変化

して共分散分析を行った結果を図11に示す。図11から、心拍数はM群が最も高く、ついでL群、H群の順であることがわかる。特に、-10秒、離れ、5秒の時点においてM群とH群の間に有意水準10%で差がみられた。これらのことから、的中数の高いH群は、M群やL群よりも行射中の心拍数が低い傾向がうかがわれる。

弓道テスト時の行射中のプレとポストの心拍数の変化をみるため、心拍数の各安静基準値からの増減値を1射から8射まで各時間毎に平均したものをを用いて、群別にプレとポスト間でt検定を行った結果を図12-1～4に示す。

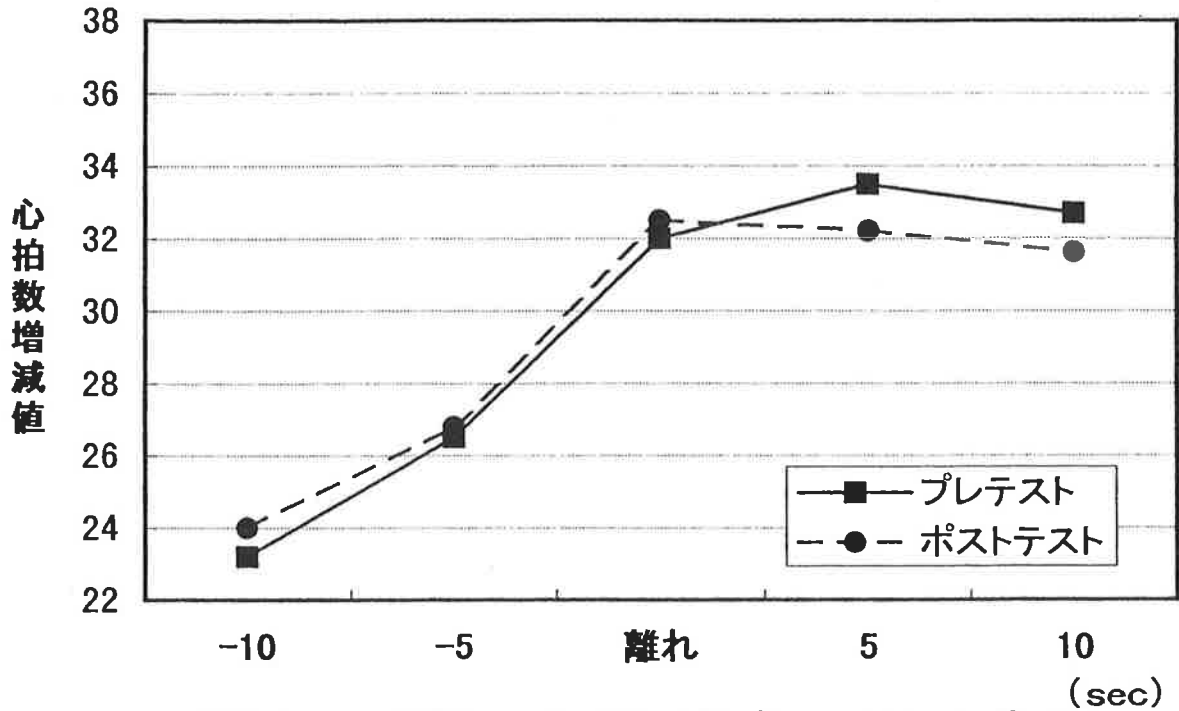


図12-1 弓道テストにおけるプレテスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化(BFT群)

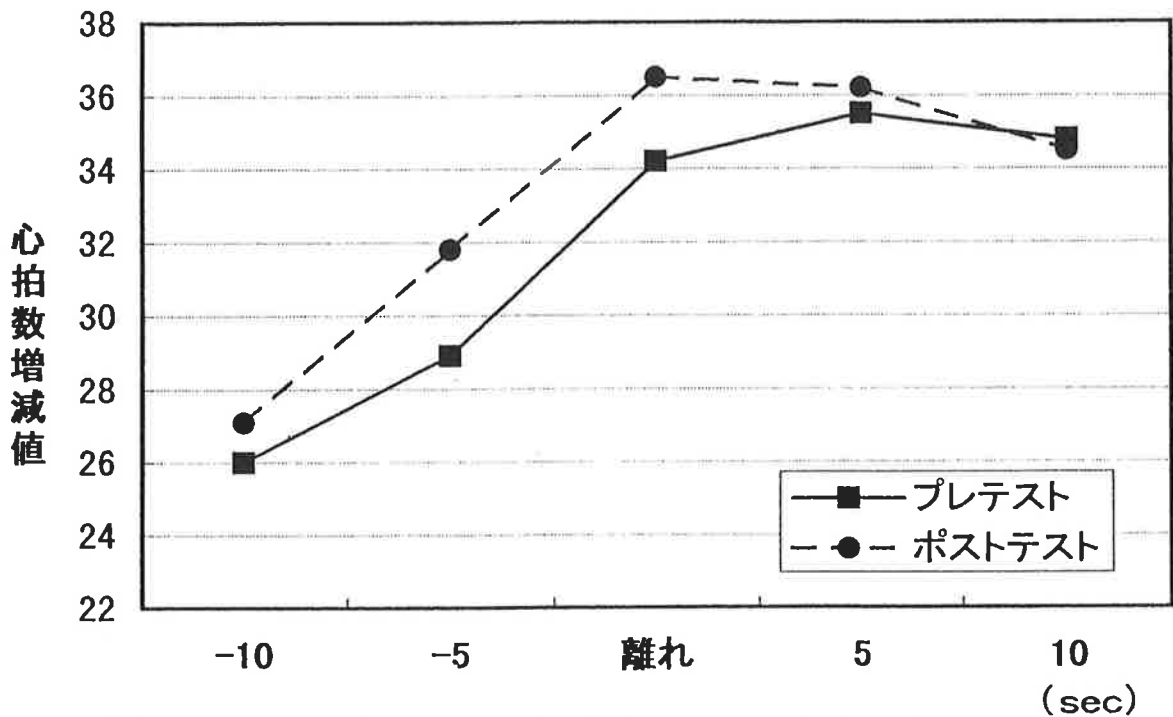


図12-2 弓道テストにおけるプレテスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化(CON群)

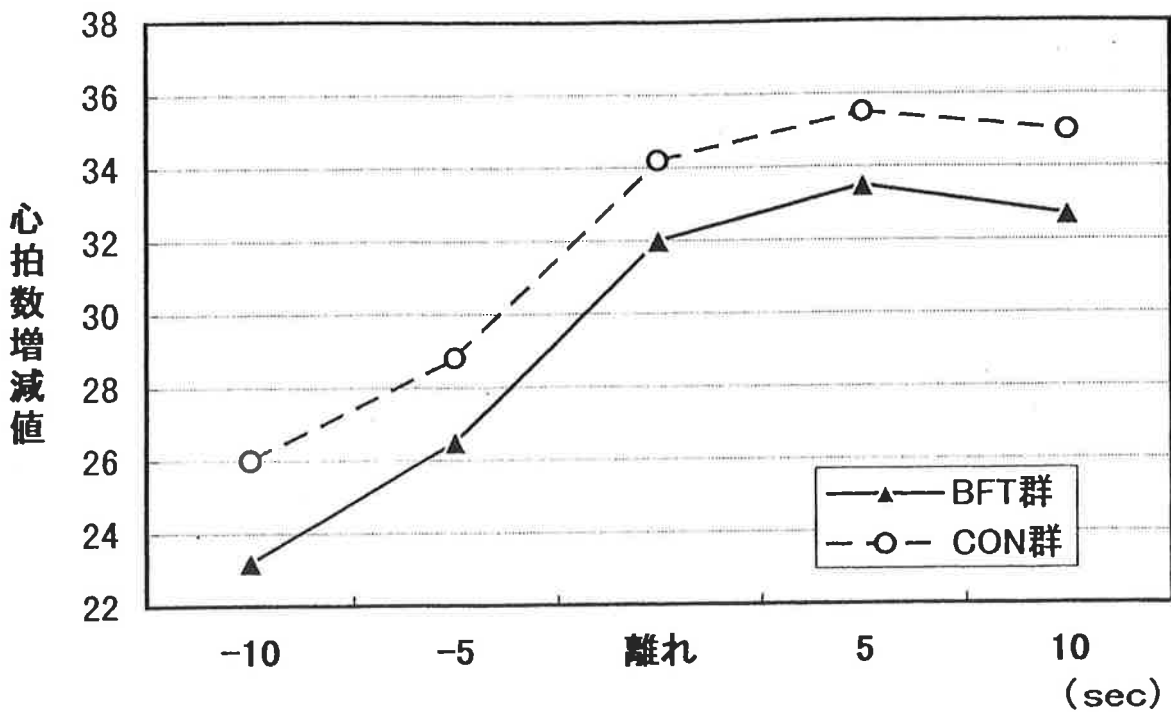


図12-3 弓道テストプレテストにおけるBFT群とCON群の心拍数増減値の経時的変化

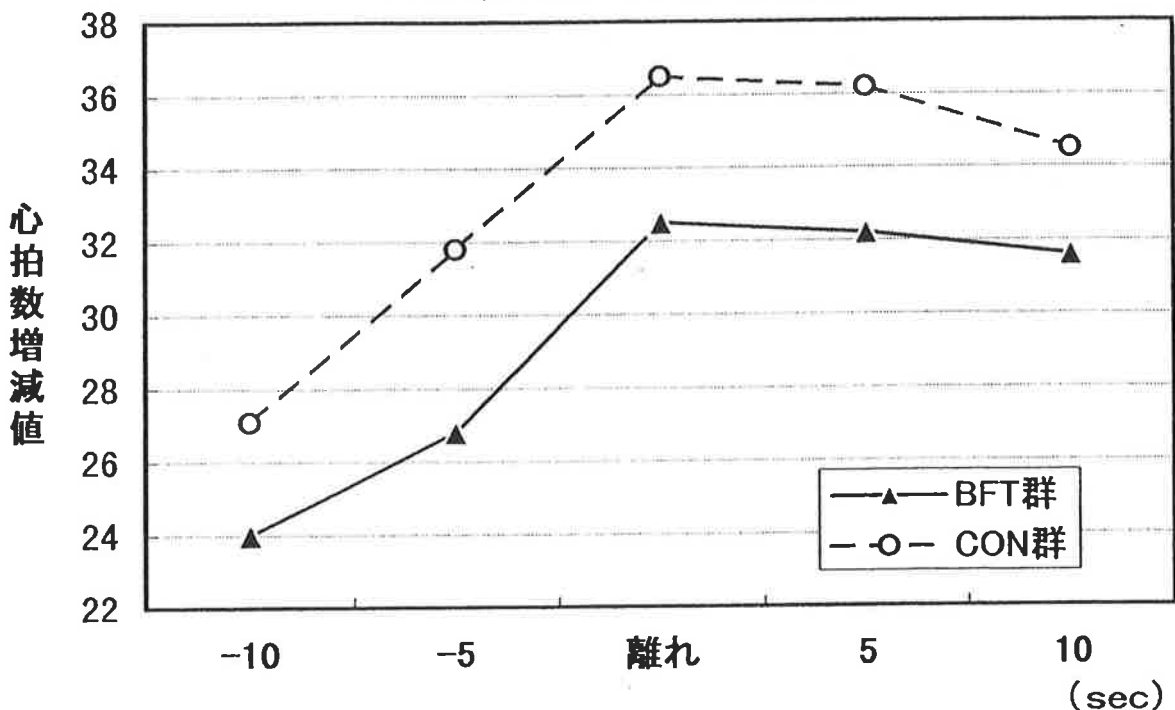


図12-4 弓道テストポストテストにおけるBFT群とCON群の心拍数増減値の経時的変化

図12-1、2からBFT群にもCON群にも有意な差はみられなかったが、CON群ではプレよりポストの方が心拍数増減値が増加している傾向がうかがわれ、一方、BFT群では、変化しない傾向がうかがわれた。また図12-3～4からBFT群とCON群の差もプレよりポストの方が大きくなる傾向がうかがえる。さらに、BFT群内

における心拍数の変化の特徴をみるため、BFT群内を弓道テストの的中数により3群に分けた(表2)。そして先程と同様、BFT群内

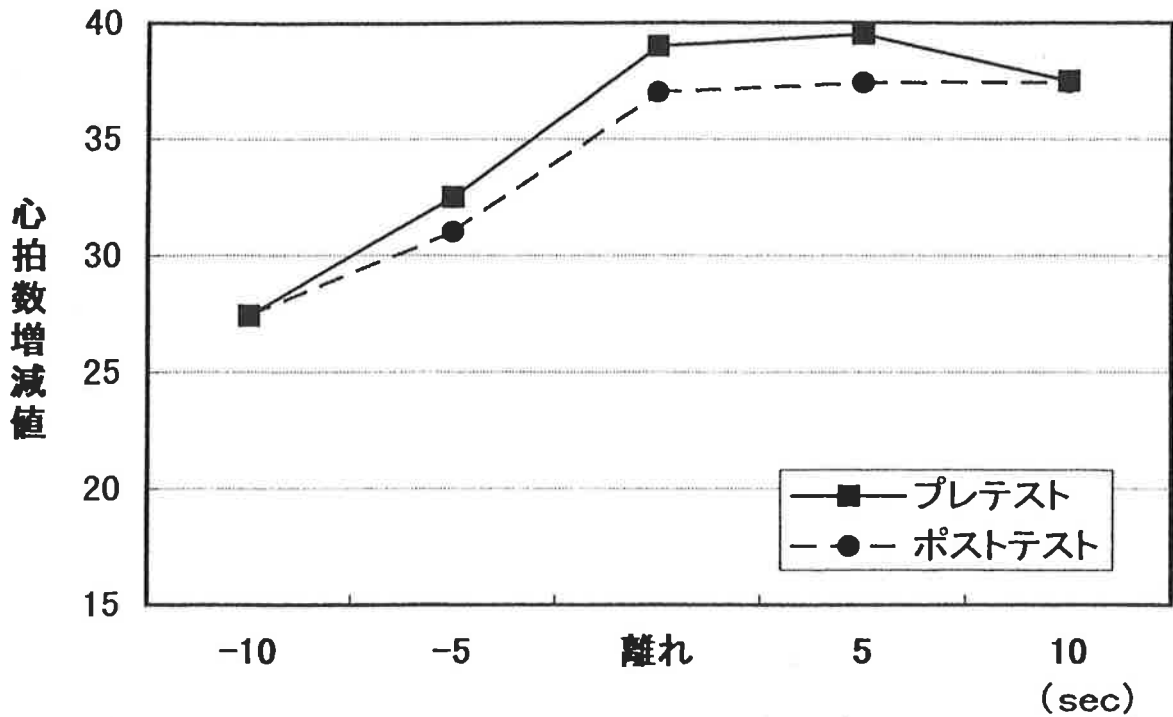


図13-1 的中数低(L)群における弓道テストプレテスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化(BFT群)

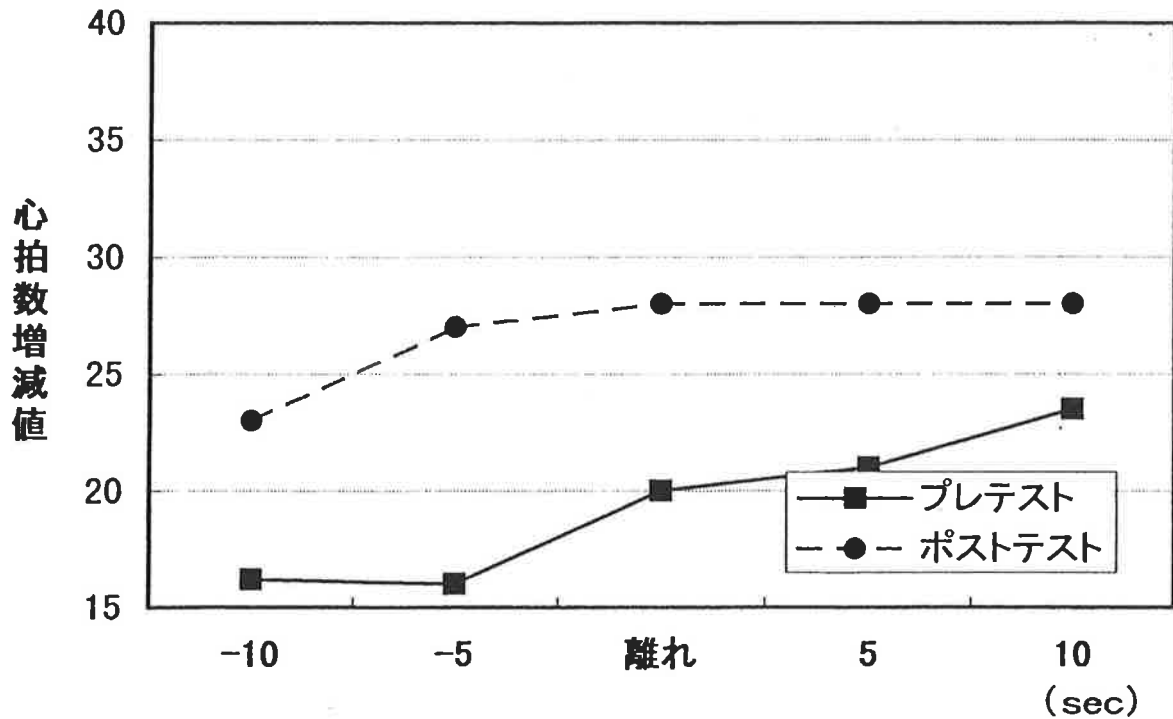


図13-2 的中数中間(M)群における弓道テストプレテスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化(BFT群)

においてプレとポスト間の t 検定を行った結果を図 13-1、2、3 に示す。

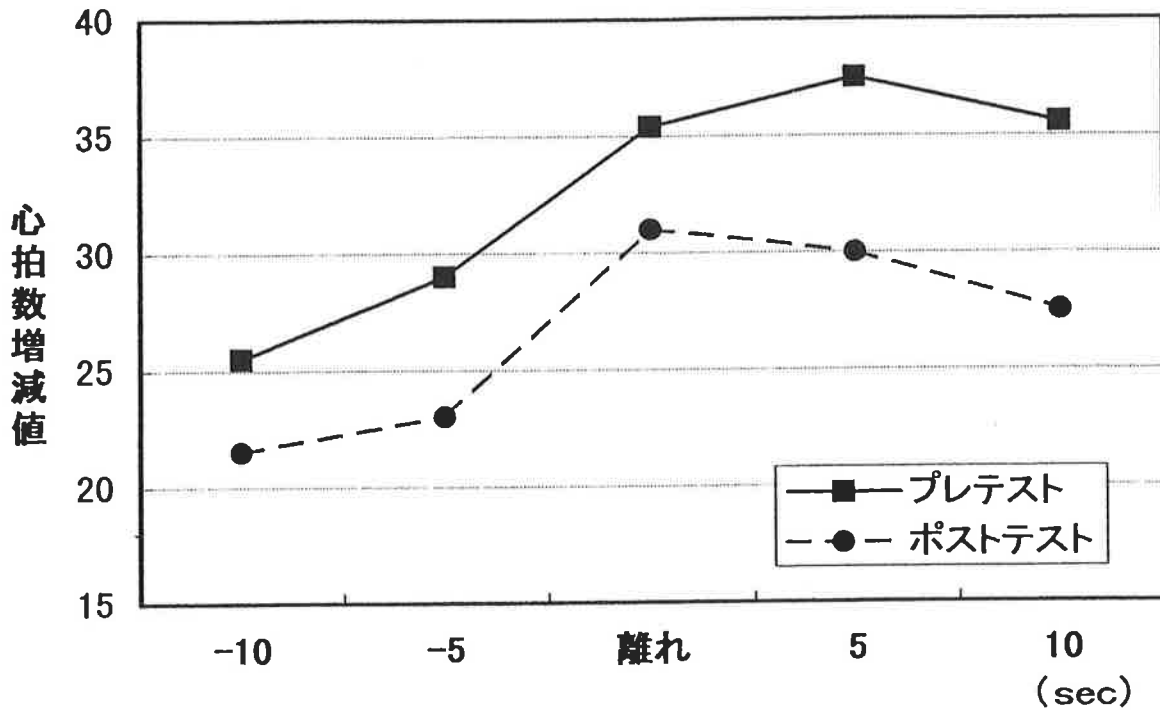


図13-3 的中数高(H)群における弓道テストプレテスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化(BFT群)

表3 HRテストにおける心拍数変化率による群分け(BFT群のみ)

HRテスト平均心拍数変化率	群分け	人数(人)
0.94~0.96	H2群	3
0.97~0.98	M2群	5
0.99~1.03	L2群	3

また、BFT群内において、心拍の減少方向への自己制御能力の違いが、競技場面に及ぼしている影響をみるため、HRテストの心拍数変化率のプレとポストを平均した値を心拍の自己制御能力の指標として、群分けを行い(表3)、プレとポスト間で t 検定を行った結果は、図14-1、2、3の通りである。

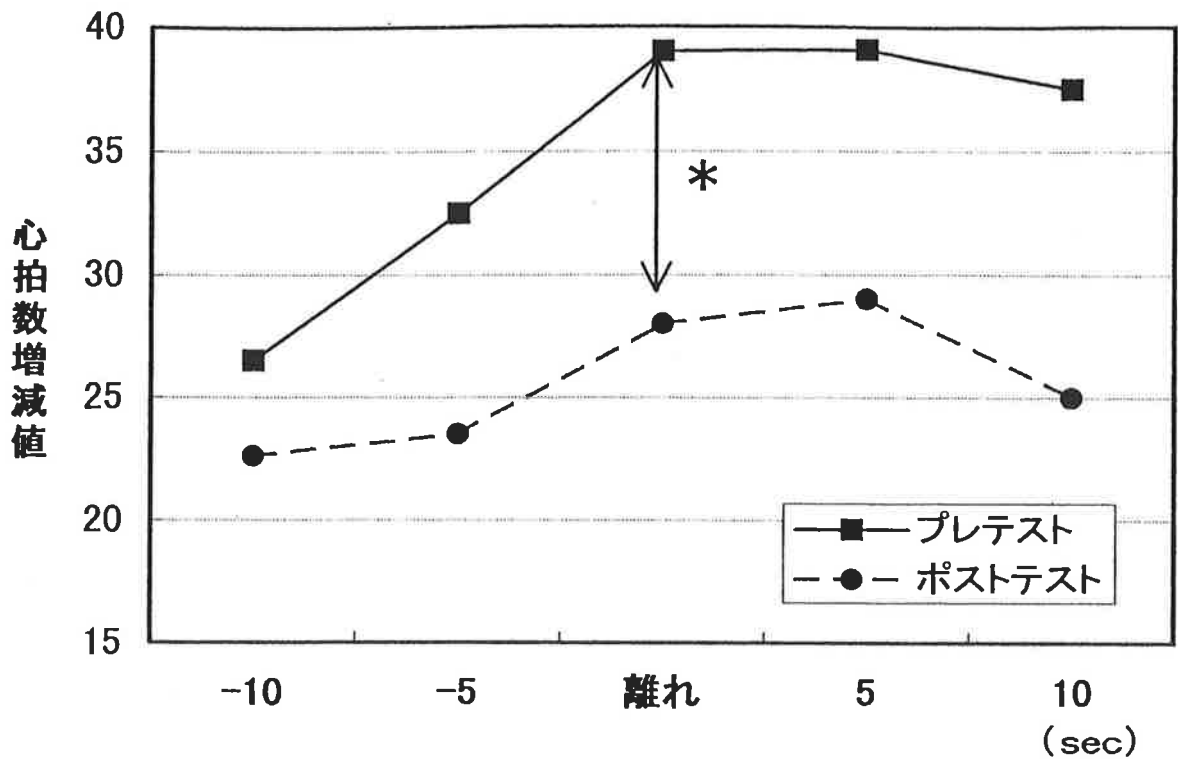


図14-1 心拍の自己制御低(L2)群における弓道テスト  
 テスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化  
 (BFT群)

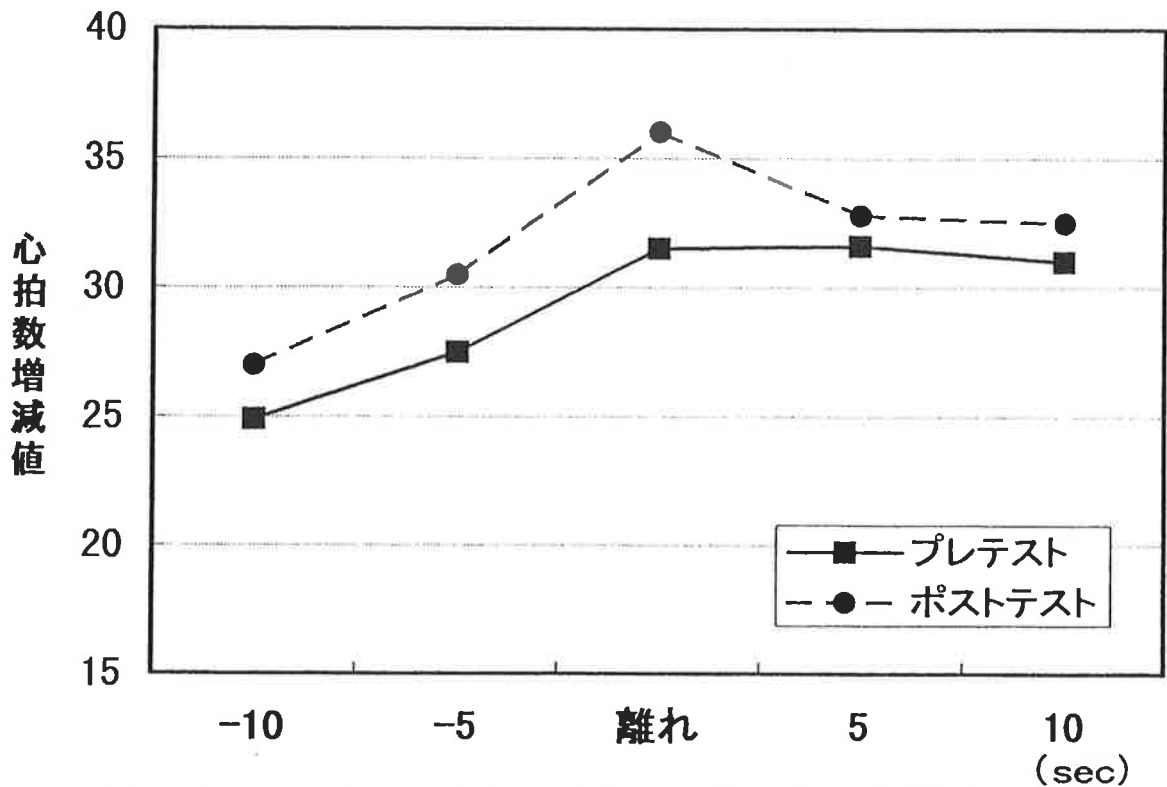


図14-2 心拍の自己制御中間(M2)群における弓道テスト  
 プレテスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化  
 (BFT群)

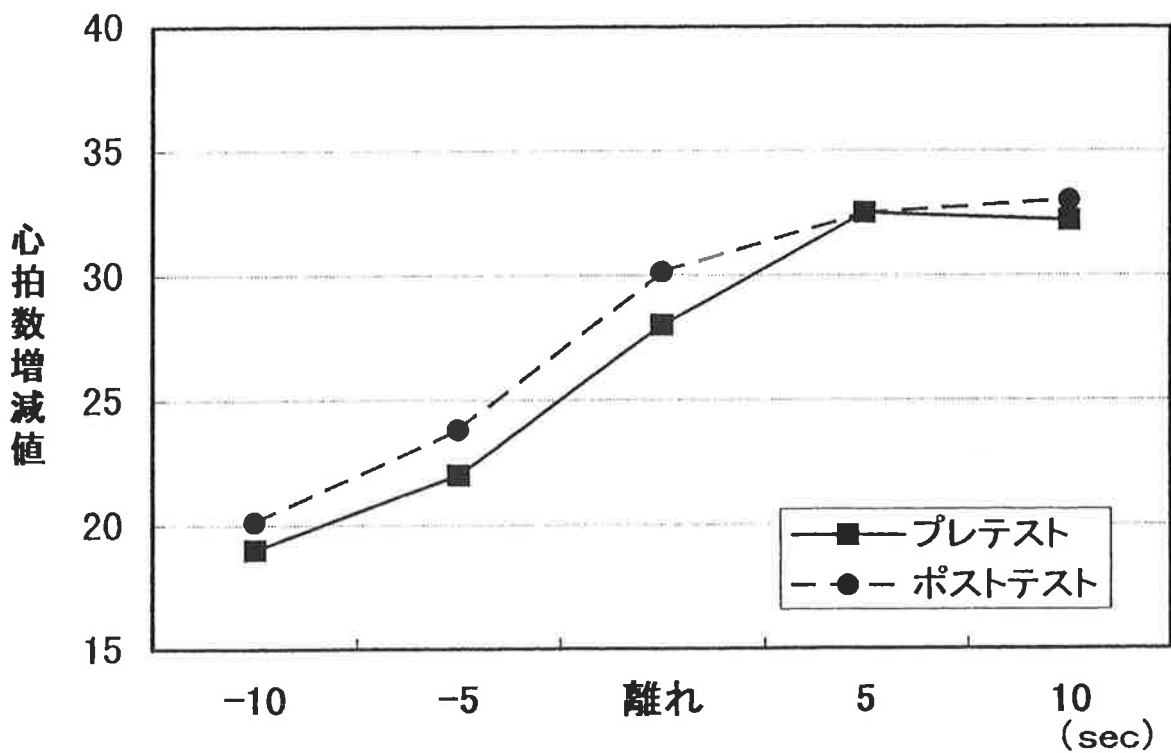


図14-3 心拍の自己制御高(H2)群における弓道テストプレテスト時とポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化 (BFT群)

弓道テストの行射時の心拍数増減値が、プレよりポストで低くなった者 (HR低群とする)、逆に高くなった者 (HR高群とする) を抽出し、的中得点との関係を図15-1、2に示す。群別に、得点につ



いてプレとポスト間でt検定を行ったところ、有意差はみられなかったが、HR低群はプレよりポストの成績が高い傾向、HR高群はプレよりポストが低い傾向がみられた。

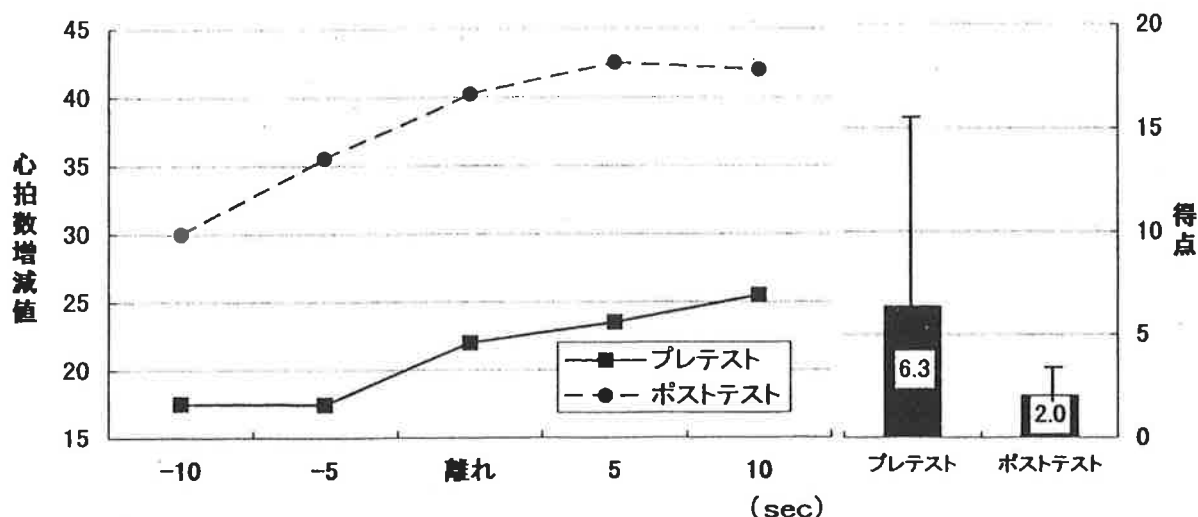


図15-1 行射中の心拍数増減値がプレテストよりポストテストで増大した(HR高)群の弓道テストプレテスト時とポストテスト時における心拍数増減値の経時的変化と的中得点の変化(全被験者)

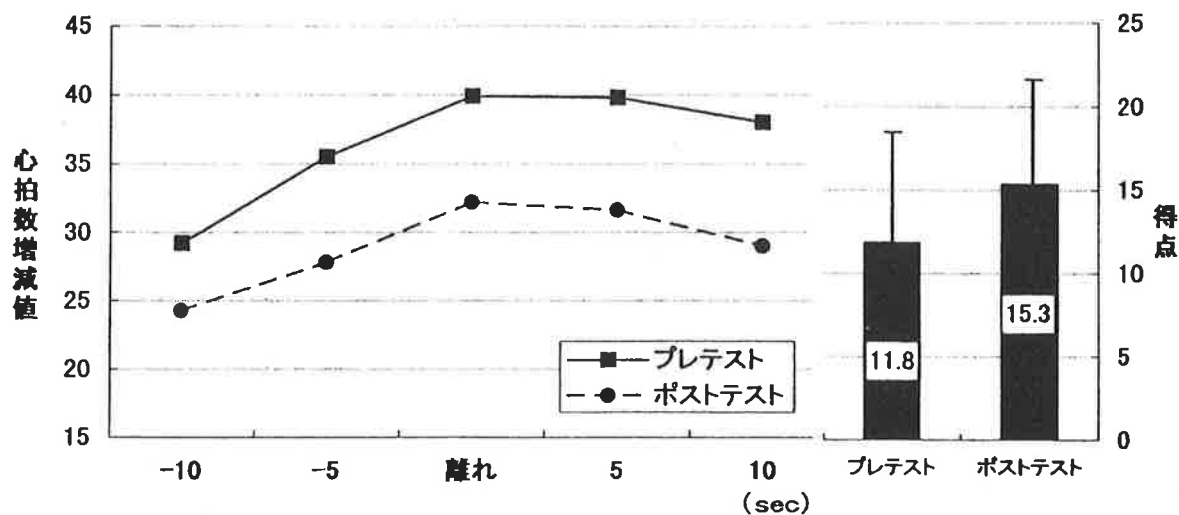


図15-2 行射中の心拍数増減値がプレテストよりポストテストで減少した(HR低)群の弓道テストプレテスト時とポストテスト時における心拍数増減値の経時的変化と的中得点の変化(全被験者)

#### 4 弓道テストの的中得点の変化

弓道テストにおけるプレとポスト間の的中得点の変化をみるために群別に t 検定を行った結果を図 16 に示す。図 16 から、BFT 群に

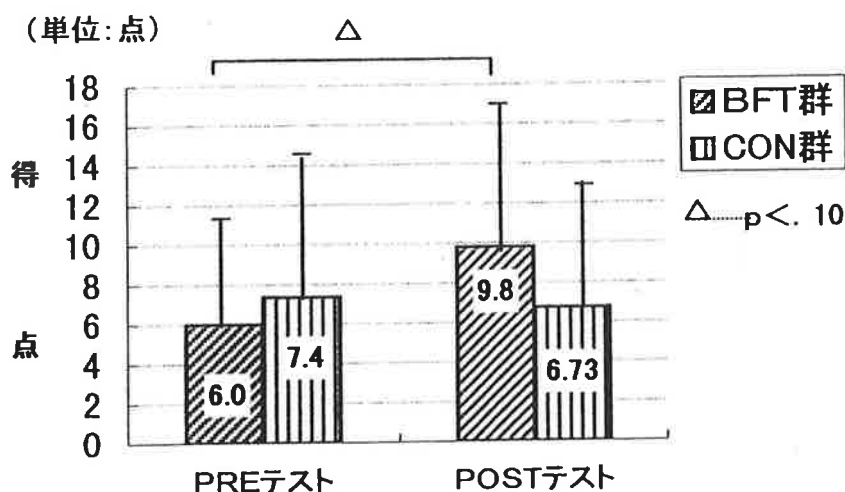


図16 BFT群とCON群における弓道テストのプレテストとポストテスト間での的中得点の変化

のみ有意水準 10% でポストにおける的中得点の上昇がみられた。また、行射時の被験者の意識と的中得点の関係については、弓道テストの試行後実施した主観的集中度 (10 段階評価) と主観的緊張度 (1

表4 弓道テストにおける一射ごとの的中得点と主観的集中度との相関係数(r)とその有意水準

		主観的集中度							
プレ得点	本数	1	2	3	4	5	6	7	8
	r		.4432	.4544	.5084	.3862	.3173	.6438	.4098
p		.0442	.0385	.0186	.0838	.1611	.0016	.0651	.0474
n		21	21	21	21	21	21	21	21
ポスト得点	本数	1	2	3	4	5	6	7	8
	r	.5467	.0330	.4059	.5198	.5795	.5253	.1289	.5793
	p	.0085	.8840	.0609	.0132	.0047	.0121	.5677	.0047
	n	22	22	22	22	22	22	22	22

0段階評価) について、的中得点との相関を調べた結果、主観的緊張度との間には有意な相関がみられなかったが、主観的集中度との間には有意な相関がみられたので、結果を表4に示す。表4から、主観的集中度と的中得点の間にほとんどの射で正の相関がみられている。さらに、的中得点と正の相関のあった主観的集中度について、群別にプレとポスト間でt検定を行ったところ、有意差はみられなかったが、BFT群はポストが高く、CON群はポストが低い傾向がみられた(図17)。

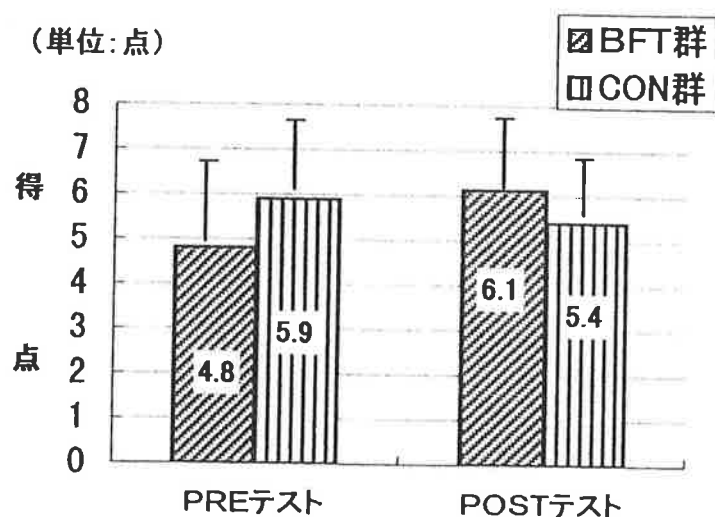


図17 BFT群とCON群における弓道テストのプレテストとポストテスト間での主観的集中度の変化

## 考 察

### 1 仮説1の検討

HR・BFTにおける心拍数の変化は、安静基準値と各実験日のHRの平均値、さらにBFT6日間を通しての各セット毎のHRの平均値との比較により検討する。図5から、各日の心拍数をみると1日目と4日目は安静基準値より有意に低かった。一方、5日目の心拍数は安静基準値より高い傾向にあったが、それ以外は全て低い傾向にあった。したがって、6日間を通して概して心拍数を下げることができた

と考えるとよいであろう( $p=.1604$ )。

次に図6から、BFT6日間を通しての各セット毎の心拍数は、安静基準値より低い傾向がみられ、さらに11セット目、12セット目では、有意水準10%で差があった。ここで、12セットを通して心拍数の変化パターンの特徴について考えることにする。心拍数の変化について12セットを分類してみると、第一期(1~7セット目)、第二期(8~12セット目)の2つに分けることができると考えられる。第一期は、-2から-3の間に心拍数の変動があり、比較的心拍数増減値の変動幅も小さい。第二期は、心拍数の変動が-3から-4の間であって心拍数増減値の変動幅は僅かに大きくなる。さらに図7から、セットと心拍数増減値の間に、マイナスの相関がみられ、有意な-の回帰係数がみられたことをあわせて考えると、セットが進むにつれて心拍数が徐々に減少していることが推測される。したがって、自律訓練法を用いたHR・BFTにより心拍数を減少させることができると考えるとよいであろう。

次に仮説1と関連して、自律訓練法を用いたBFTの効果を検討するために、BFT終了後毎日実施した自由記述のアンケート調査を用いて被験者の内省報告<sup>資料5)</sup>をみることにする。

全体的には、12セットの試行について最初は長く感じている被験者が多いが、日を追うにつれ12セットの試行を短く感じ、さらに集中してできるようになったと述べている。うまく心拍数をコントロールできた時の状態については、手足が温かくなった時、身体が深いところに沈んでいく感じ、さらに身体が宙に浮いているような感じなどさまざまであるが、このような状態になると自然に心拍数が下がるとほとんどの被験者が答えていた。また、トレーニングを行うことで、気持ちよくなった、落ち着くことができたなど自律訓練法の効果と思われる報告が多かった。したがって、内省報告からはHR・BFTを効率よく行うためのストラテジーとして、自律訓練法を自分なりにうまく使いながら心拍数をコントロールしていく様子が見えてきた。

また、自律訓練法そのものの効果を実感している被験者も多かった。

被験者の内省報告の中に自律訓練法を用いたHR・BFTの効果と思われる様々な体験が見受けられたが、その効果を示す客観的指標としてPOMSを用いた。図8から、BFT群における6種の感情尺度の中の「緊張－不安」「怒り－敵意」の低下は、自律訓練法を用いたHR・BFTの効果であると推察される。この結果は、自律訓練法がスポーツ選手の緊張や不安の解消に役立つとされている従来の研究の結果とも一致する。

以上のことから、音楽を伴う自律訓練法を用いたHR・BFTによって心拍数を下げることができると思われる。それと同時に、被験者の心身状態特に感情に影響をあたえるという自律訓練法を用いたHR・BFTの効果が見受けられた。

## 2 仮説2の検討

心拍数をBFT情報なしで減少させる自己制御能力をみるためのHRテストの結果を図9からみると、BFT群はBFT後のHRテスト(ポストテスト)において、心拍数を減少できなかったようにみうけられる。しかし、HRプレテストにおける心拍数変化率が、結果のところで述べたようにBFT群がCON群より有意に低かったことから、BFT群は最初から心拍数の減少方向への自己制御能力がCON群より優れていたと考えられる。これは、HR・BFT中の各日の心拍数増減値の中で1日目が一番有意に低下したという結果からもある程度推察することができる。すなわち、もともと自己制御能力が高いゆえにHR・BFTにおいてもBF情報を用いて即座に心拍数を減少させることができたのではないかと考えられる。以上のことを踏まえた上でもう一度HRテストについて検討したい。仮に、プレでの心拍の自己制御能力に両群で差がないとすれば、ポストの心拍数変化率はどうなるであろうか。その疑問に答えるために、プレの心拍数変化率を共変量として共分散分析を行った(図9)。図9から、プレの心拍数変化率を同じ値にした時、ポストにおいて両群間に有意な差が認められ

たということは、プレとポスト間でCON群の心拍数変化率はほとんど変化していないが、BFT群の心拍数変化率は高くなっている。つまり、BFT群は、BFTを行ったにもかかわらず、ポストで心拍数を下げることができなかったのではないかと考えられる。この理由を、プレとポストでの試行時の心拍数と安静時の心拍数との関係で考えることにする(図10)。図10から、全体的にプレよりポストの方が、心拍数が高い傾向にあることから、ポストにおいて何らかの形で心拍数を高くするストレスが加わった可能性が高い。またCON群よりBFT群の方が安静時も試行時も心拍数が常に低い傾向にあるが、さらに、BFT群のポストの試行前の安静値のみが、他とは違って心拍数が下がる傾向にあったということは、BFTによる影響の可能性が高い。BFTの効果が、本来発揮されるべき試行中より試行前の安静時に発揮されたのではないかと考えられる。したがって、自律訓練法を用いたBFTは心拍数の減少方向への自己制御を可能にしたとは断定できないが、BFTは心拍数の減少方向への自己制御に何らかの形で影響を及ぼしていると考えられる。なお図9でのポストにおけるBFT群の心拍数変化率が上昇を示した理由は、ポストの試行時の心拍数が実際にはCON群より低い(少ない)が、ポストの安静時の心拍数(安静基準値)がさらに大きく減少したため、相対的に心拍変化率が上昇したことによることがわかった。

### 3 仮説3の検討

的中数によって分けたH・M・L群の各時間の心拍数増減値の差を検定するため、プレの安静基準値を共変量として共分散分析した結果が図11である。図11からみると、常に $H < L < M$ の傾向がうかがわれ、-10、離れ、5秒の時は $H < M$ の傾向が10%の有意水準で認められた。これらのことから中数の高いH群では、行射中の心拍数は、他より低い傾向がうかがわれる。

図12-1, 2から、弓道テストのプレとポスト間で行射時の心拍数を群別に比較したところ、CON群の心拍数はポストで増加傾向

が、B F T群の心拍数はプレもポストもほぼ同じ傾向がみられたが、いずれも有意差はなかった。有意差が出なかった主な理由は、行射前後における安静時の心拍数や行射中の心拍数の変化パターンに非常に大きな個人差が認められたためであると考えられる。

そこで、B F T群の各被験者を的中数によりH、M、Lの3群に分け(表2)、プレとポスト間の心拍数の変化を心拍数増減値からみたところ、図13から、ポストの離れ前-10~-5までの心拍数増減値は、的中数の高い人ほど低い傾向がうかがわれる。またB F T-L群は、プレ、ポスト共高い位置で大きな変化はないが、B F T-H群は、心拍数増減値がプレ、ポスト共比較的低い位置にあり、しかもポストで低くなっている。B F T-M群は、心拍数増減値がポストで増大している。その理由として、プレでの心拍数増減値がかなり低い位置にあったことによると考えられる。

このことから、B F T群の中でも成績の低かったL群は、B F Tを行ったにもかかわらずその効果がみられず、行射中の心拍数も大きい。したがって、B F Tの効果が弓道の競技場面で生かされておらず、その結果として成績が低いままであったと考えられる。逆に、B F T群で成績の高かったH群は、行射中の心拍数がかなり低くなっている。すなわち、行射中の心拍数を低く保つことができた理由として、B F Tによる心拍の自己制御の影響が考えられる。一方、M群は、プレテスト時に非常に低く、リラックスした状態にあったと思われるが、ポストテストでは、かなり緊張し、心拍数も大きく上昇して、B F T効果がみられなかった。

次に、図14-1~3から、心拍の自己制御能力が、競技場面での心拍制御に及ぼす影響を検討していくことにする。図14-1~3から、HRテストでの自己制御能力の低いL2群では、行射中の心拍数がプレよりポストで低い傾向があった。その理由は、プレの心拍数増減値のレベルが、3群で違うことが考えられる。プレの心拍数増減値は、H2群が最も低く、ついでM2群、L2群の順であるが、ここに

自己制御能力の差が現れているのではないかと考えられる。すなわち、L 2 群のプレの増減値が最も高かったため、ポストでの B F T 効果が最もあらわれやすく、ついで 2 番目にプレの心拍数増減値の高い M 2 群、最後に最も低い H 2 群でプレとポストの差が最も小さく、B F T 効果が少なくなる傾向がみられる。したがって B F T 効果は、自己制御能力の低い群で高く、M 2 群、H 2 群の順に低くなっていく。すなわち、M 2 群と H 2 群は、最初から自己制御能力が高いため B F T の効果が現れなかったと考えられる。しかし、M 2 群と H 2 群の的中数は、有意差は認められなかったがプレよりポストで高い傾向がみられたことなどを考えると、特に H 2 群では、プレのときからすでに、行射時において心拍を最適状態にもっていきることができていた人たちであると考えられる。心拍数を最適状態に保つことが、自己制御の現われであり、したがって、H 2 群では、プレとポストの心拍数の変化が少なくなっているものと推察される。

さらに、弓道テストの行射場面で、心拍数増減値がプレよりポストで増大した者と減少した者がいるはずであり、その変化がパフォーマンス成績に影響を与えるはずである。被験者の中で行射中のすべての心拍数増減値がプレよりポストで増大した者を HR 高群、減少した者を HR 低群として、両群の弓道テストの的中得点を比べると、有意差は認められなかった（図 1 5 - 1、2）。しかし、HR 高群はプレよりポストで的中得点が低くなり（図 1 5 - 1）、HR 低群では逆に高くなる傾向がみられた。HR 低群は、合計 6 人おり、その中の 4 人が B F T 群であったことは、B F T による心拍の自己制御が多少は関与しているかもしれない。

そこで、さらに的中得点がプレよりポストで高くなった者（パ高群とする）と低くなった者（パ低群とする）を抽出し、心拍数増減値の変化をみたところ、図 1 8 - 1、2 のようになった。つまり、プレよりポストで成績がよくなった人は心拍数増減値もプレよりポストで低く、成績が悪くなった人は離れまでの心拍数増減値がプレよりポスト



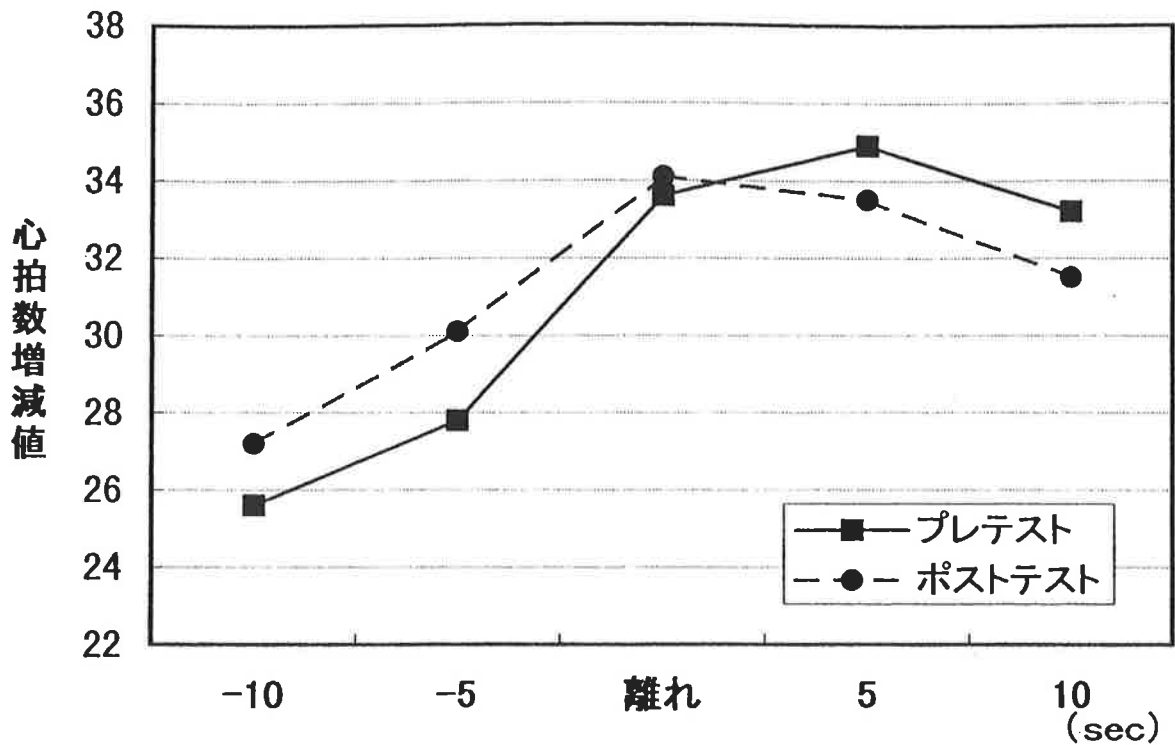


図18-1 的中得点がプレよりポストで低かった(パ低)群における弓道テストプレテストとポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化(全被験者)

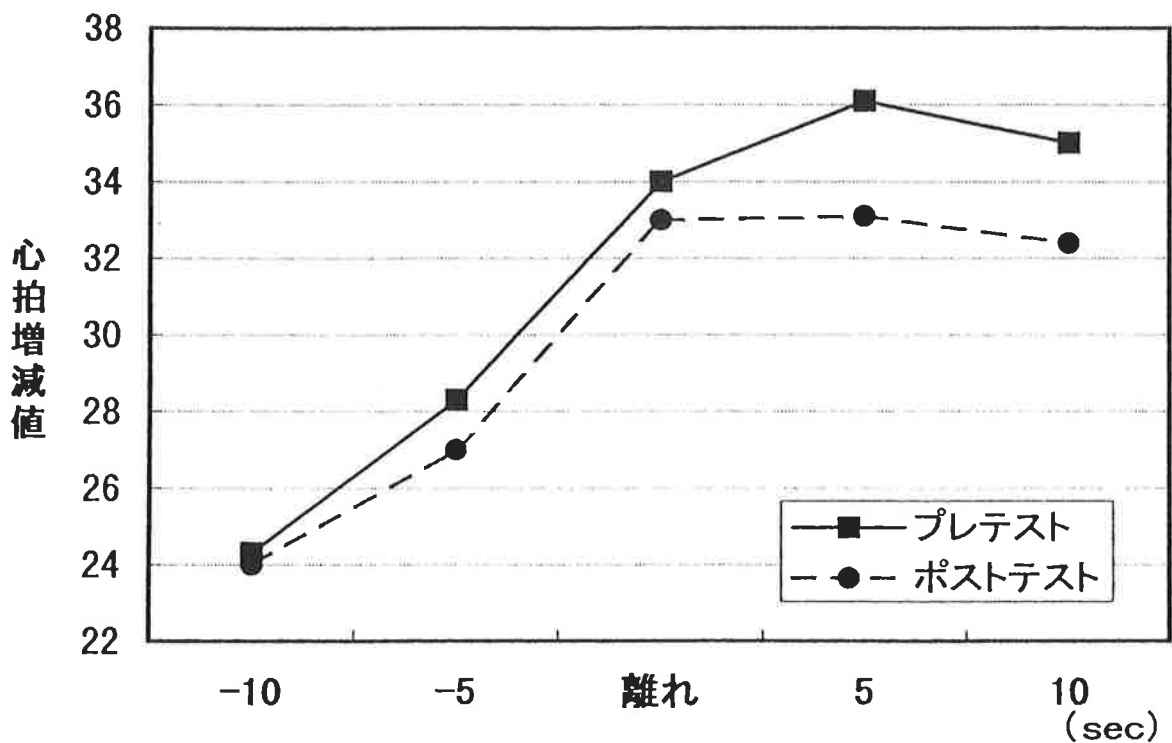


図18-2 的中得点がプレよりポストで高くなった(パ高)群における弓道テストプレテストとポストテスト時の心拍数増減値の経時的変化(全被験者)

で高い傾向がみられた（有意差はない）。以上のことから、的中得点と心拍数との間には重要な関係があると思われ、自己制御の獲得がうまくなされると成績向上に結びつくということが推測される。

さらに、的中得点を中心に考えると、図16で、プレとポスト間の得点は、BFT群にのみ有意水準10%で上昇がみられた。実験をしている間は実際の練習も並行して行われていたため、この得点の上昇をそのままBFTの効果と言い切ることはできないが、同じように練習をしているCON群の得点がプレテストより低下している傾向を示していることから考えると、BFTが得点の上昇に関与している可能性は十分考えられる。その理由は、心拍数の減少だけでなく、POMS得点の変化(図8)、主観的集中度の変化(図17)、内省報告などの結果から、音楽を伴う自律訓練法によって精神的に安定し、HRを減少させるトレーニングにより集中力(主観的集中度)が増大したことによるのではないかと考えられる。こうした傾向は先行研究<sup>10)11)13)</sup>でも報告されている。

以上のことから、心拍数の減少方向への自己制御の獲得は、弓道競技において有効であると思われるが、さらに、音楽を伴う自律訓練法を用いたHR・BFTによる集中力増強及び心身の安定の効果が、心拍数制御と複合してパフォーマンス成績の向上に有効に働いたと考えられる。

## 結 論

音楽を伴う自律訓練法を用いたバイオフィードバックトレーニングによる心拍数の制御の可能性および弓道における行射の的中率向上の可能性を検討した。そのため、女子大学の弓道部員25名を被験者として、具体的には三つの仮説を検証した。研究は三つの実験から構成され、実験I(プレテスト)で弓道テストとHR(心拍)テストを行い、実験IIでBFT群にのみ1日に50秒間の12セットのBFTを6日間連続して行い、第III実験(ポストテスト)で第I実験と同様のテスト

を行って、弓道の競技場面へのBFT効果を検討した。その結果、次の結論を得た。

- 1) 音楽を伴う自律訓練法を用いたHR・BFTにより心拍数を減少させることができる。
- 2) 音楽を伴う自律訓練法を用いたHR・BFTは、心拍数を減少させる方向への自己制御に影響を与えると思われる。
- 3) 心拍数を減少させる方向への自己制御の獲得は、弓道におけるパフォーマンス成績の向上に効果があると思われる。
- 4) 音楽を伴う自律訓練法を用いたHR・BFTの実施は、音楽と自律訓練併用による心理的効果とHRを下げるトレーニングの相乗効果が、集中力を高めるトレーニングになったため、パフォーマンス成績の向上に影響を及ぼしたものと考えられる。

# 資料 1

## 記録・アンケート用紙

実施日 月 日  
 射手名 ( ) ( ) たち目 ( ) 番的  
 記録者名 ( )

①離れのタイム、的中得点（黒丸あたり→4点、それ以外のあたり→3点、はずれ→0点）、行射後のゆうのタイムを記録して下さい。

離れ	得点	離れ	得点
1本目 ( : ) ( )		5本目 ( : ) ( )	
2本目 ( : ) ( )		6本目 ( : ) ( )	
3本目 ( : ) ( )		7本目 ( : ) ( )	
4本目 ( : ) ( )		8本目 ( : ) ( )	
終了タイム ( : )		終了タイム ( : )	

②行射時の緊張度と集中度を10段階で評価して下さい。

全く緊張しない	ふつう	非常に緊張する
全く集中できない	ふつう	非常に集中できる

緊張度	集中度	緊張度	集中度
1本目 ( ) ( )		5本目 ( ) ( )	
2本目 ( ) ( )		6本目 ( ) ( )	
3本目 ( ) ( )		7本目 ( ) ( )	
4本目 ( ) ( )		8本目 ( ) ( )	

③感想（自由に記入してください）

資料 1) 弓道テストアンケート用紙（主観的緊張度・主観的集中度のアンケート用紙）

## 資料 2

### POMS (short-form)

調査日 平成 年 月 日

氏名	性別 1. 男 2. 女	年齢	才
未婚・既婚	子供数：無 ・ 有 ( 人)	職業：	

下の言葉は、感情や気分を表わしたものです。それぞれの言葉で、あなたの今の感情や気分が一番合っているものを選び、その番号を○印で囲んで下さい。

	全然感じない	わずかながら そんな感じがする	ある程度 感じる	かなり感じる	非常に強く 感じる
1. 緊張した	0	1	2	3	4
2. 怒った	0	1	2	3	4
3. 疲れはてた	0	1	2	3	4
4. いきいきした	0	1	2	3	4
5. 混乱した	0	1	2	3	4
6. 不安定な	0	1	2	3	4
7. 悲しい	0	1	2	3	4
8. 活動的な	0	1	2	3	4
9. 不機嫌な	0	1	2	3	4
10. 活気に満ちた	0	1	2	3	4
11. みじめな	0	1	2	3	4
12. きゅうくつな	0	1	2	3	4
13. 疲れた	0	1	2	3	4
14. 不愉快な	0	1	2	3	4
15. がっかりした	0	1	2	3	4
16. 神経質な	0	1	2	3	4
17. 孤独な	0	1	2	3	4

18. まごついた	0	1	2	3	4
19. 消耗した	0	1	2	3	4
20. 心配な	0	1	2	3	4
21. 陰うつな	0	1	2	3	4
22. 活気のない	0	1	2	3	4
23. 飽き飽きした	0	1	2	3	4
24. うろたえた	0	1	2	3	4
25. 怒り狂った	0	1	2	3	4
26. 能率的な	0	1	2	3	4
27. 元気いっぱいな	0	1	2	3	4
28. 気難しい	0	1	2	3	4
29. 忘れっぽい	0	1	2	3	4
30. 精力旺盛な	0	1	2	3	4

## 資料 2) POMS のアンケート用紙

### 資料 3

使用した FUTEK 製の音楽瞑想テープの内容

「基礎編 (ナレーション入り)」の順序は次の通り。全体で 20 分。

1. テープの説明
2. 伸びと脱力……2 回
3. 呼吸……「大きく息を吸って、大きく吐く」をナレーション入りで 2 回、あと音楽だけで 3 回ほど。
4. 頭の中から脚まで順に脱力。  
頬→脛→顎→首→背中→お腹→腰→脚
5. 温感  
「お腹があたたかい」「からだがあたたかい」
6. 「落ち着いたいい気持ち」ゆっくり体を回す。
7. 瞑想 (自己暗示) ……実現させたいことを強く念じる (10 分間)
8. 覚醒
9. 解放

資料 3) 音楽を伴う自律訓練法のテープの内容

## 資料 4

アンケート

名前

実験日

月

日

(1) どの程度心拍数をコントロールできましたか。

(2) うまく心拍数をコントロールできたとき、どのような感じでしたか。

(3) 感想

資料 4) B F T 中のアンケート用紙

## 資料 5

	どの程度HRをコントロールできたか	うまくコントロールできた時どんな感じだったか	感想
1 日 目	あまりできなかった。自然と下がっていく感じで下がった数字を見て安心する。	少しずつ下がっていく数字を見てちょっと驚き、さらに落ち着かせようと意識した。	1～5回目位は集中していたが最後の方は意識が遠のいて夢見心地だった。
2 日 目	うまくコントロールできた4セット目は自分でも落ち着いているのがわかったが、あせって下げようとしてもだめだった。ちょっと緊張していたかも。心臓の音が聞こえて気になった。	身体の力がうまい具合に抜けて気持ちが楽になった。心臓の音は気にならなかった。まわりの小さな音や人の存在も気にしていなかった。	全体的にHRが高く焦っていた。
3 日 目	いつもよりできた。数字を見ながらHRを下げる事ができた。その他は目を閉じた方が気持ちが楽になってよかった。	身体の力が抜けて気持ちが楽になった。まわりのことは全く気にならず、集中していた。	実験時間が短く感じられた。途中で疲れることもなく、最後まで同じ調子だった。
4 日 目	半分くらい。しかしコントロールしたというか、自然に下がっていった感じで、下がった時は自分でもわかる。	身体の力が抜けていった。気楽になる。	HRが上がっても焦らず落ち着いていられる。下げようと意識するよりも自然体でいようとする方がHRは下がる。
5 日 目	25%くらい。前半はかえってHRが上がる時もあった。	集中していて呼吸のことも忘れる。呼吸のリズムも忘れて自然な感じになっている。	

### 資料 5) B F T中の被験者別内省報告 (被験者 J)



## 文 献

- 1) 星野聡子(1994) バイオフィードバックおよび自律訓練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影響. 奈良女子大学大学院文学研究科修士論文.
- 2) 市村操一(1993) トップアスリートのための心理学. 大進堂: 東京, pp. 70 - 74.
- 3) 石川中編(1980) バイオフィードバックと瞑想. 誠信書房: 東京. pp. 90 - 111.
- 4) 岩崎健一・徳永幹雄・庭木守彦・橋本公雄(1990) 弓道選手に対するメンタル・トレーニングの実施と効用性. 九州大学体育学研究 5 (1): 43 - 52.
- 5) 柿木昇治・古満伊里・栗栖久恵共著(1985) バイオフィードバックに関する基礎研究. 広島修道大学研究叢書 32. 広島修道大学総合研究所: 広島, pp. 1 - 67.
- 6) 楠本恭久・長田一臣(1989) スポーツと自律訓練 (1) - 自律訓練における呼吸調整時の生理的指標の変化を中心として - スポーツ心理学研究 16 (1): 42 - 47.
- 7) 松田岩男・杉原隆編著(1987) 新版運動心理学入門. 大修館書店: 東京, pp. 64 - 66.
- 8) 森俊男・篠田伸夫・小谷泰則・市村操一(1991) 弓道における座禅とリラクセーションの効果 (1) - 座禅法の生理心理的検討 -. 筑波大学体育科学系紀要 14: 79 - 83.
- 9) 中田朝子(1987) 熟練度から見た行射時における精神集中度の違い -  $\alpha$ 波からの検討 -. 筑波大学体育研究科修士論文.
- 10) 丹羽劭昭(1999) 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. 聖母被昇天学院女子短期大学「紀要」第25号 pp. 15 - 37.
- 11) 丹羽劭昭(1998) 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Fp2  $\alpha$ 2波の増強とパフォーマンスの向上. 聖

- 母被昇天学院女子短期大学「紀要」第24号. pp. 6 - 23.
- 12) 丹羽劭昭(1997) 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現象を中心に -, 平成6~8年度文部省科学研究補助金(基礎研究C)による研究成果報告書. Pp. 109.
  - 13) 丹羽劭昭(1997) 快適感と優勢前額皮上電位との関連. 聖母被昇天学院女子短期大学「紀要」第23号. pp. 17 - 32.
  - 14) 丹羽劭昭・長沢邦子(1990) 運動パフォーマンスと生理心理的状态. スポーツ心理学研究 17 (1) : 7 - 14.
  - 15) 禰宜田陽子(1994) パフォーマンスを高めるための不安特性に基づいた心拍バイオフィードバックの方法の検討. 奈良女子大学卒業論文.
  - 16) 霜礼次郎(1987) スポーツ選手が勝つためのメンタルマネジメント・プログラム実践システムに関する研究. スポーツ選手のメンタルマネジメントに関する研究 - 第3報 - : 40 - 55.
  - 17) シュワルツ G.E. 著, 平井久・渡辺尊己編訳(1981) バイオフィードバック (上・下). 誠信書房: 東京, pp.70 - 75.
  - 18) 竹内啓監修(1991) SASによるデータ解析入門. 東京大学出版会: 東京, Pp. 233.
  - 19) 竹内啓監修(1994) SASによる実験データの解析. 東京大学出版会: 東京, Pp. 358.
  - 20) 徳永幹雄・橋本公雄(1987) スポーツ選手の心理的競技能力のトレーニングに関する研究 (3) - テニス選手のメンタル・トレーニングについて -. 健康科学 9 : 79 - 87.
  - 21) 横山和仁・荒記俊一・川上憲人・竹下達也(1990) POMS (感情プロフィール検査) 日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討. 日本公衛誌 11 : 913 - 917.

VI 瞑想を用いたメンタルトレーニングによるアーチェリー得点への効果  
東山明子 丹羽劭昭

## 瞑想を用いたメンタルトレーニングによるアーチェリー得点への効果

東山明子 (滋賀県立大学)

丹羽劭昭 (聖母被昇天学院女子短期大学)

### 目 的

アーチェリー選手を対象として、瞑想を用いたメンタルトレーニング(以下MTと省略する)を行い、生理心理的指標としての心拍数の変化とアーチェリーの射的パフォーマンス成績からそのトレーニングの効果を検討した。そのため以下の仮説について検証した。

仮説①瞑想を用いたMTは心拍数を減少させることができる。

仮説②瞑想を用いたMTによる心拍数減少は、アーチェリー選手の射的パフォーマンス成績の向上に効果がある。

### 方 法

#### 1. 被験者

経験2年目の高校アーチェリー部員

トレーニング群：男子7名、女子2名、計9名

コントロール群：男子4名、女子4名、計8名

#### 2. 実験期日・場所

トレーニング群 1999年6月5日から7月4日までほぼ2週間間隔で3回、K高校アーチェリー場で行った。

トレーニング期間：1999年6月7日～6月18日の中の10日間、K高校体育館会議室で行った。

コントロール群 1999年7月23日から8月20日までほぼ2週間間隔で3回、T高校アーチェリー場で行った。

行射テストを両群それぞれ上記のほぼ2週間間隔で3回ずつ行い、初回をpre、中間回をmiddle、最終回をpostとした。

#### 3. 測定内容

pre、middle、postの3回、アーチェリーパフォーマンステストとして行射を行い、得点を記録した。

心拍数の測定には、POLAR ELECTRO製(FINLAND)のハートレートモニターアキュレックスプラス(HRモニターと省略する)を用いて5秒間隔で記録し、実験後に解析ソフトで算出した。

気分評価はPOMS(感情変化尺度)検査用紙を用いた。

主観的集中度、主観的緊張度を各セット6射行射後の矢取りの後に1射毎に7段階評価で求めた。(全く集中できない状態を1、非常に集中できる状態を7とし、同様に全く緊張しない状態を1、非常に緊張する

状態を7とした)

#### 4. 実験手続き

アーチェリーパフォーマンス成績がほぼ同等のK高校とT高校のアーチェリー部員を被験者とし、K高校をトレーニング群、T高校をコントロール群とした。

トレーニング群は pre テスト及びそれからほぼ2週間毎に、アーチェリーパフォーマンステストを middle、post テストと計3回行い、pre と middle の間にのみ10日間の自律訓練法によるリラクセーションと瞑想を用いたメンタルトレーニング(FUTEK 製音楽瞑想テープ TAPE1-A を15分に編集して使用)を行った。middle と post の間は被験者各自が自主的にトレーニングを行った。コントロール群は pre、middle、post テストのみを行った。実験の内容と流れを表1に示した。

表1 実験の内容と流れ

pre	トレーニング期間	middle	post
①HRモニター装着	①HRモニター装着	①HRモニター装着	①HRモニター装着
②POMS	②POMS	②POMS	②POMS
③行射テスト(6射)	②音楽瞑想テープ	③行射テスト(6射)	③行射テスト(6射)
④矢取り	④POMS	④矢取り	④矢取り
⑤主観的集中度 ・主観的緊張度 ③～⑤×3セット		⑤主観的集中度 ・主観的緊張度 ③～⑤×3セット	⑤主観的集中度 ・主観的緊張度 ③～⑤×3セット
⑥POMS		⑥POMS	⑥POMS

行射テストでは、トーナメントでの決勝戦の方法をもとに6射を1セット(4分以内)として3セット行った。距離は精神的な影響を最も受けやすいと思われる50mに設定し、短距離用(50m、30m)の直径80cmの的を用いた。的は10個の同心円からなり、中心円から2円ずつ、黄、赤、淡青、黒、白に色分けされている。行射得点は中心円が10点で外側に行くに従って1点ずつ減じ、円外は0点である。

トレーニング群、コントロール群ともに pre テストでのアーチェリーパフォーマンステスト、心拍数、POMS、主観的集中度、主観的緊張度の結果を基準として、middle、post 各テストの結果と比較した。

## 結 果

### 1. 行射時の心拍の変化

行射時の心拍数と心拍率  $[(\text{測定心拍数} / \text{テスト日安静時心拍数}) \times 100]$  を図1、2に示した。

図1から、心拍数のトレーニング群内の比較では、post は pre より有意に低く(5%水準)、また post は middle より有意に低かった(10%水準)。コントロール群内の比較では、有意な変化はみられなかった。

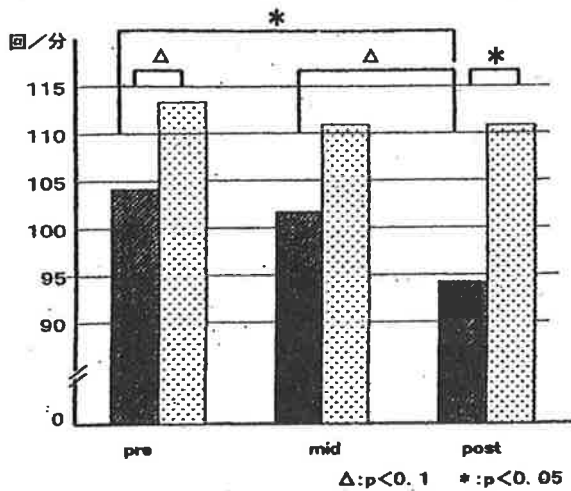


図1 行射時心拍数

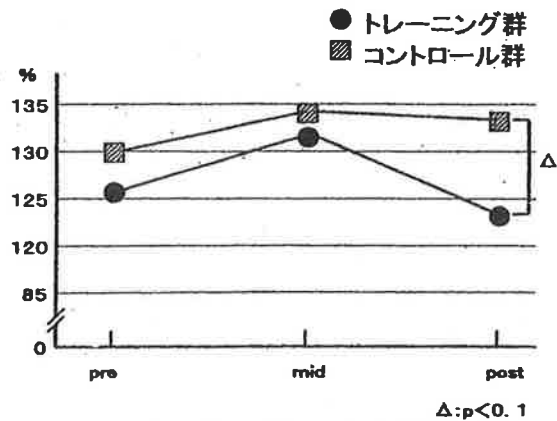


図2 行射時の心拍率

トレーニング群とコントロール群の比較では、preにおいてトレーニング群はコントロール群より有意に低かった（10%水準）が、postにおいてさらにトレーニング群はコントロール群より低くなった（5%水準）。

図2から、トレーニング、コントロール各群内では、pre、middle、postで変化はみられなかったが、postにおいてトレーニング群がコントロール群より有意に低くなった（10%水準）。

## 2. 行射テスト日の安静心拍数の変化

行射テスト日の安静時心拍数を図3に示した。

図3から、トレーニング群内では、安静時心拍数がmiddleはpreより有意に低く（10%水準）、postはpreよりさらに有意に低くなっている（5%水準）。コントロール群内では、有意な変化はみられなかった。トレーニング群とコントロール群を比較すると、postにおいてトレーニング群のほうがコントロール群より有意に低かった（10%水準）。

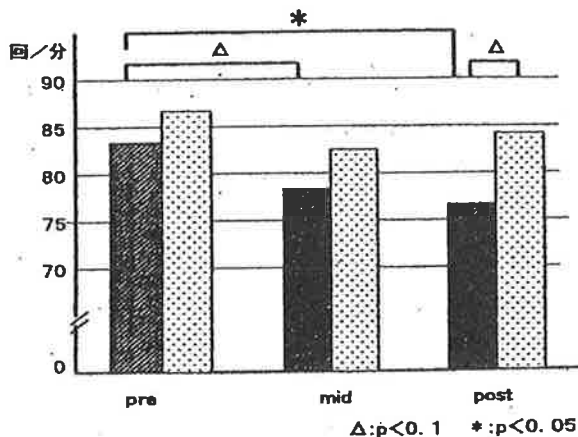


図3 安静時心拍数

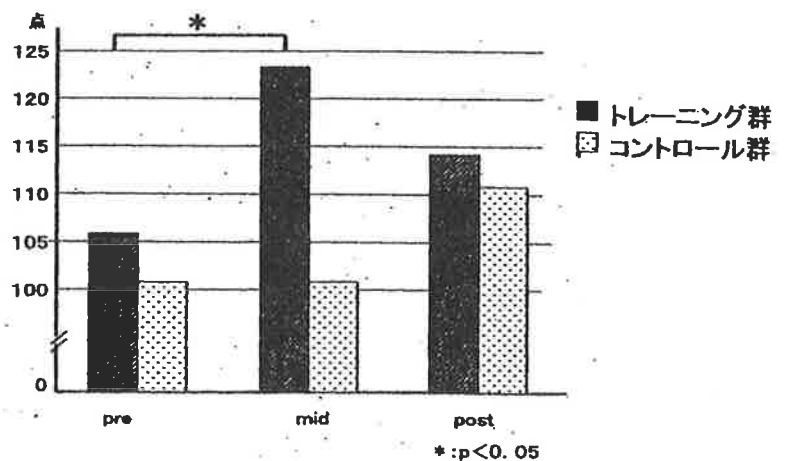


図4 行射得点

## 3. 行射得点の比較

行射得点を図4に示した。

図4から、preにおいてトレーニング群とコントロール群の行射得点に有意な差はなく、両群が行射パフォーマンスにおいて等質群であると

考えられる。トレーニング群内では、pre より middle のほうが、行射得点が高くなった（5%水準）。コントロール群内では有意な変化はみられなかった。

#### 4. 行射時の主観的集中度、主観的緊張度

行射時の主観的集中度を図5に、主観的緊張度を図6に示した。

図5から、主観的集中度は、各群内、各群間での有意な差はみられなかった。しかし、トレーニング群のほうがコントロール群よりも主観的集中度が高い傾向がみられた。

図6から、主観的緊張度は、pre、middle、postともに、トレーニング群のほうがコントロール群よりも、有意に低い（5%、1%、1%水準）。したがって、トレーニング群のほうがコントロール群より集中している傾向にあり、緊張は小さいことがわかる。

アーチェリーパフォーマンス成績がほぼ同等である高校2校をそれぞれトレーニング群とコントロール群にしたために、主観的緊張度においてはpreからすでに差がみられ、主観的集中度もやや差がみられた。トレーニング群が日頃からリラクゼーションを取り入れた指導を受けていた影響が考えられ、主観的集中度と主観的緊張度において両群が最初から等質群であったとはいえない。

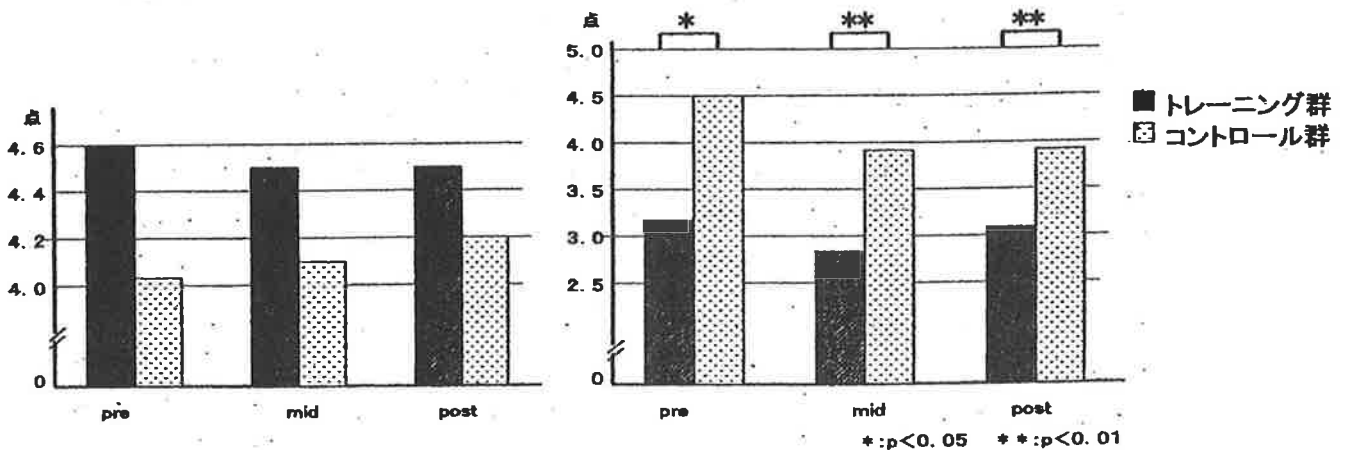


図5 主観的集中度

図6 主観的緊張度

#### 5. 行射前後の感情の変化と瞑想を用いたMTによる感情の変化

POMSによる行射パフォーマンステスト前後の感情の変化を図7から図12に示し、瞑想を用いたMTによる感情の変化を図13から図18に示した。

図7～12から、トレーニング期間中の比較では、有意な変化はみられなかった。トレーニング前半は、トレーニング前よりもトレーニング後のほうが、「緊張-不安」「抑うつ」「怒り-敵意」「疲労」「混乱」で低くなる傾向がみられたが、トレーニング後半にはトレーニング後のほうがトレーニング前より高くなる時もあった。2週間にわたるトレーニングへの慣れやPOMS実施への心理的抵抗が生じたことが考えられる。

図13～18から、トレーニング群内の比較では、行射前の「混乱(C)」においてpostはpreより有意に低くなった（10%水準）。他の気分尺度では有意な変化はみられなかったが、preよりmiddle、postで「緊張

「不安(T-A)」「疲労(F)」に減少傾向がみられた。また、コントロール群内の比較では、有意な変化はみられなかった。トレーニング群とコントロール群の比較では、行射前の「怒り-敵意」が **middle** においてトレーニング群のほうがコントロール群より有意に低かった(5%水準)。行射前の「混乱」では、**post** においてトレーニング群のほうがコントロール群より有意に低かった(10%水準)。

● トレーニング前  
○ トレーニング後

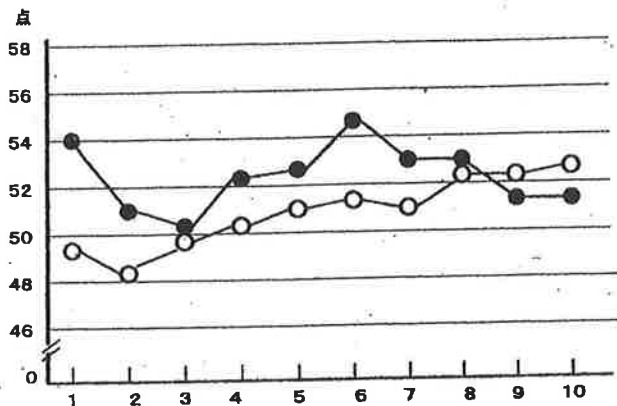


図7 POMS(緊張T-不安A)

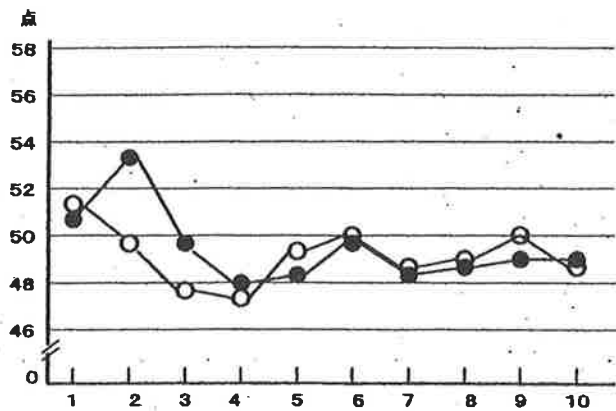


図10 POMS(活気V)

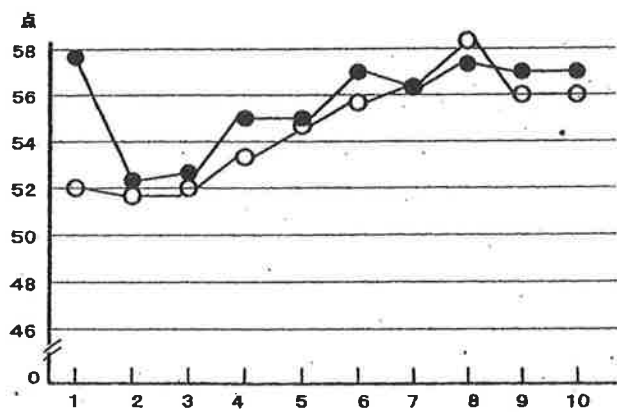


図8 POMS(抑うつD)

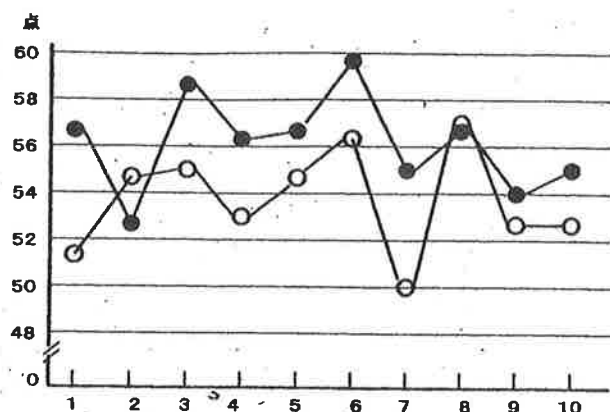


図11 POMS(疲労F)

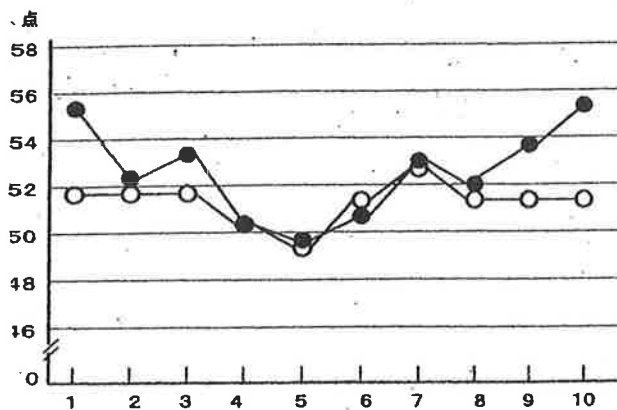


図9 POMS(怒りA-敵意H)

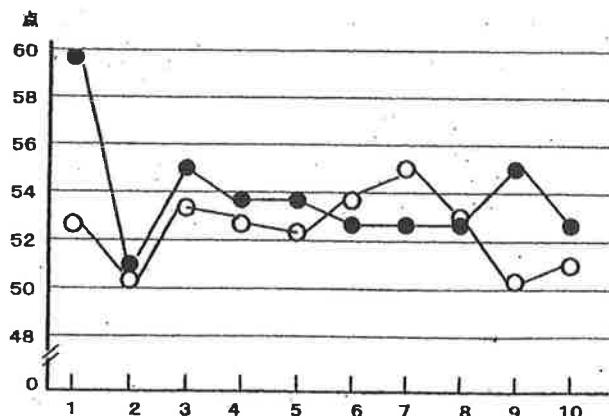


図12 POMS(混乱C)



## 結 論

メンタルトレーニングの効果的な方法を検討するため、高校生アーチェリー選手を対象として、瞑想を用いたメンタルトレーニングを行い、その効果を行射時の心拍数の変化、アーチェリー行射パフォーマンスの得点、主観的集中度・緊張度の変化、気分評価尺度の変化から検討した。

その結果次の結論を得た。

1. 瞑想を用いたメンタルトレーニングが行射時の心拍数を減少させる方向に影響したと考えられる。
2. 瞑想を用いたメンタルトレーニングが安静時の心拍数を減少方向に導いたと考えられる。
3. 瞑想を用いたメンタルトレーニングが心拍数を減少させる方向に影響したことによって、行射パフォーマンス成績の向上にも寄与したことが示唆された。

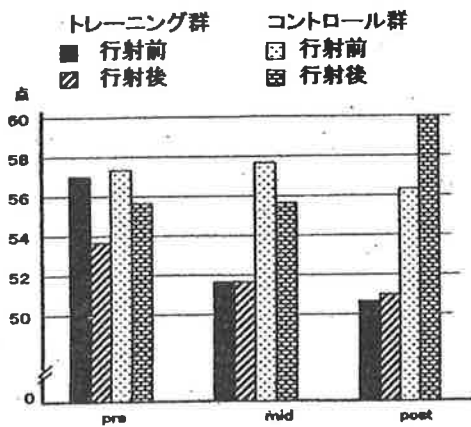


図13 行射時POMS(緊張T-不安A)

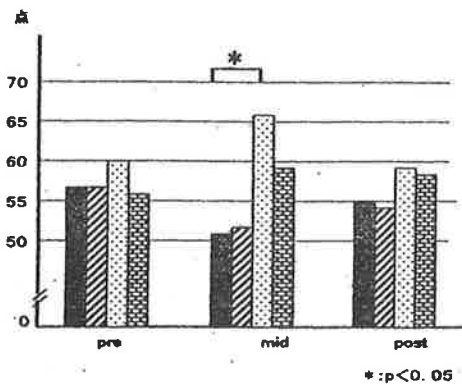


図15 行射時POMS(怒りA-敵意H)

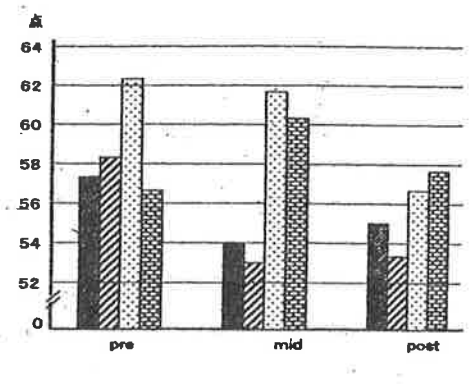


図17 行射時POMS(疲労F)

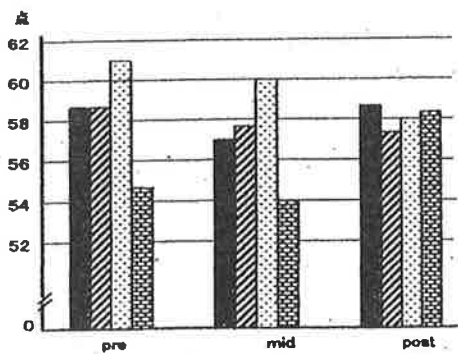


図14 行射時POMS(抑うつD)

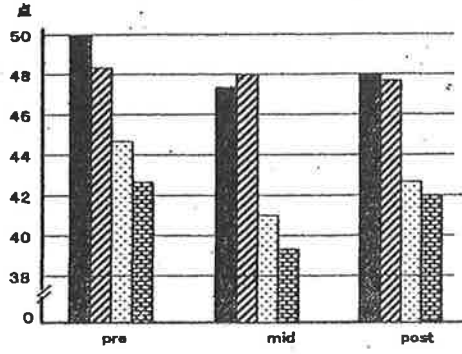


図16 行射時POMS(活気V)

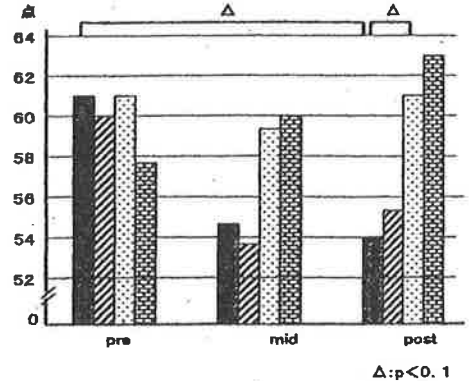


図18 行射時POMS(混乱C)

VII 心拍バイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への  
有効性の検討

丹羽劭昭

# 心拍フィードバックトレーニングによる 反応時間短縮への有効性の検討

丹羽 劭 昭

## Examination of the Efficiency for the shortening of Reaction Time by the Heart Rate Biofeedback Training

Takaaki NIWA

### ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the relationship between reaction times and heart rate control by a biofeedback training machine.

The subjects were 24 students 18 to 23 years of age (8 Kendo club members, 8 track and field club members and 8 non-athletic members) at a women's university.

The following three experiments were performed in a series : Experiment I was reaction time test and a heart rate test. Experiment II was the heart rate BFT (biofeedback training) for intensification of the heart rate control. Experiment III was done with the same procedure as Experiment I but after the heart rate BFT. The experiment was done to measure the effectiveness of heart rate BFT on the reaction time, especially the selective reaction time from the view point of the difference between Experiment I and III.

As a result, the following conclusions were obtained :

1. Heart rates can be decreased by heart rate BFT using the heart rate BFT machine.
2. Using the heart rate BFT machine for heart rate BFT has a tendency towards intensify the decrease of the heart rate.
3. The selective reaction time can be shortened by control of the heart rate.

4. In general, it is presumed that the difference of experience with sport or sports events brings on the differences in reaction times, namely, the reaction time is influenced greatly by the kind of physical exercise.

Key Words: heart rate, biofeedback training, reaction time, control of heart rate, experience of sport

キーワード：心拍、バイオフィードバックトレーニング、反応時間、心拍制御、スポーツ経験

## 問 題

一般に日常の行動におけるパフォーマンスを向上させるためには、体力、技術、心理的能力の3要素が重要である。したがって従来、まず体力について、ついで技術についての科学研究が積み重ねられてきたが、心理的能力についてはかなり遅れて 近年、科学研究が盛んに行われるようになった。

特に個人競技のスポーツ種目では、心理的能力を高めることが極めて重要であるとの認識が一般化し、最近多くの研究が行われている。例えば古くは東京オリンピック(1964年)に向けて重量挙げや100mの短距離選手についての「あがり防止策」のため、あるいは「火事場の馬鹿力」現象についての心理的要因の科学研究が行われ、これらに触発された形でスポーツ選手の心理的側面への研究が増大した。その後では、ロスアンゼルスオリンピック(1984年)での水泳陣の惨敗から、ソウルオリンピック(1988年)に向けて心理的要因への研究が緊急課題であるとして、競技団体から特にスポーツ心理学会等にその対応策の研究が強く要請された。そして研究対象も次第にあがり防止のための「リラクセーション」から、競技力の一層の向上のための「集中力増強」の研究へと発展してきた。すなわちそれら

は、競技場という心理的過緊張を強いられる場面においても心理的に正常な状態を維持し、自己の平生の能力を発揮できるようにという目的から、さらにそうした状況にあっても集中力を向上させて競技力を平生以上に一層向上させるためにというように目的も次第に変化していった。それだけではなく、現在では一般のひとびとについても不安の解消やストレスの軽減、精神的安定などのための方法として横への広がりを見せながら拡大している<sup>11)</sup>。

それらの方法においても、用具を用いない精神修養、メンタルリハーサルやメンタルトレーニング、イメージトレーニングなどから、用具を用いたバイオフィードバックトレーニング、さらにはイメージトレーニングを用いながらバイオフィードバックの効果を高める方法など、多くの方法が開発され研究されている<sup>9) 10)</sup>。

しかし、それらの多くは実践面での即戦力となる実際の応用的研究が多く、そのメカニズムを解明するための基礎的研究が少ないのが実状である。そこで本研究では、心拍を用いたバイオフィードバックトレーニングによって反応時間短縮への有効性を検討するいわば心拍バイオフィードバックトレーニングの基礎的研究を目的とするものである。

バイオフィードバック（以下、BFと略す）とは「人の不随意的な神経・生理反応の変化を、外部情報に変換し、その人に伝達する操作<sup>18)</sup>」と定義されており、脳における中枢電気活動（脳波、誘発電位等）と自律反応（血圧、心拍数、脈波、皮膚電気活動、皮膚温、筋緊張等）の変化をBFの制御目標にしたものが多い。

中でも心拍数（以下、HRと略す）のBFでは、「BFの種類と訓練効果について、Colgan, M.<sup>2)</sup>は、HRのバイオフィードバックトレーニング（以下、BFTと略す）効果はHR増加訓練の方がHR減少訓練よりも大きいことを、Gatchel, R. J.<sup>4)</sup>は、1拍毎のBFが最も優れていることを、Williamson and Blanchard<sup>17)</sup>は、反応の直後にBFを与えるのが最も良いことなどを報告している。

またBFによる制御は、教示によるものより優れていることや、BFは情

報機能と動機づけ機能<sup>6)</sup>(e.g. 報酬<sup>7)</sup>)の2つをもっていることが報告されている。

個人差については、Stephens, J. H.<sup>15)</sup>ら、Cox, R. J. and McGuiness, D.<sup>3)</sup>、Rotter, J. D.<sup>13)</sup>が人格特性・不安特性を用い、Blanchard, E. B.<sup>1)</sup>らは内臓の変化を知覚する能力を用いてBFT効果との関係を調べたが、いずれの研究においても結論が出せず未確定の状態である。

BFTにおける媒介過程には2種類あり、HRに影響を与えるようなイメージを被験者が想像する「認知的媒介」と、HRの変化量が呼吸および筋緊張の度合いに比例することを利用した「呼吸・筋媒介」とがある。<sup>16)</sup>White, T. W.らは、認知的媒介によるHRのBFTはあまり効果はないと報告しており、Obrist, P. A.<sup>12)</sup>らは、呼吸周期あるいは呼吸の深さの変化がHRに大きく影響すると報告している。これらのことから、Sroufe, L. A.<sup>14)</sup>はHRのBFT効果のほとんどすべては呼吸・筋媒介による効果であると結論している。しかし丹羽は弓道選手に音楽を伴う自律訓練法を用いてHR・BFTを行い、認知的媒介のみによって心拍数を減少させ、心拍制御能力を高める可能性のあることを報告している。<sup>9)</sup>

これらの先行研究から、認知的媒介によるBFTによってHRをコントロールする可能性のあること、さらに、BFTによってHRをコントロールすることが可能になれば、ストレスや過緊張、いわゆるあがりなどの心理要因を克服して、高いパフォーマンス成績を導くことも可能になると考えられる。

前述したように、本研究では、HRのBFTによって反応時間(以下、RTと略す)を短縮することを試みたい。その具体的方法として、RTが速い時のHRを検討した後、その良好な状態をBFTで再現することによって、RTの短縮を導きたい。

また、横川は、RTは運動の種目によって違いが生じると報告している<sup>21)</sup>ので、運動経験の有無や運動の種目によるRTの違いも検討したい。

そこで、本研究では、次の仮説を検討する。

1. BFTによってHRをコントロールすることができる。

2. BFTによってHRをコントロールすることでRTを短縮することができる。
3. 運動経験の有無や経験している運動種目の違いが、RTの違いを生む。

## 方 法

1. **対象**：女子大学陸上競技部員（以下、陸上部員と略す）8名、剣道部員8名、非運動経験者8名、合計24名。

2. **実験環境**：気温23.0℃～27.0℃、湿度45.0%～65.0%。

3. **実験順序**：本実験は実験I、II、IIIで構成されているが、その内容を図1に示す。すなわち実験IではRTを測定

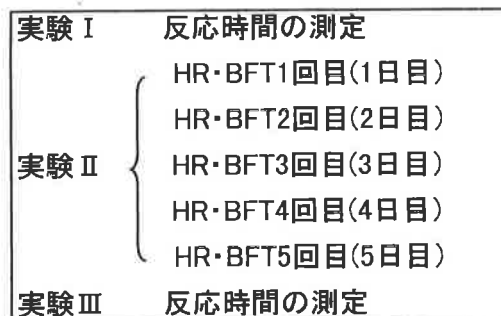


図1 実験順序

するが、単純反応において最もRTの速かったセットのHRを検討する。実験IIでは実験Iの分析をもとに目標心拍数維持のBFTを行う。実験IIIでは再び実験Iと同様の実験を行う。

4. **実験装置**：完全暗室になる実験室に表1に示す実験機器をセットし

表1 実験機器

測定項目	測定機器
反応時間(RT)	UNIVERSAL TIME COUNTER UTC-4M SANWA KOGYO CO. LTD
心拍数(HR)	SPORT TESTER RE-3000 PORAR ELECTRO KY製

	所要時間	合計時間
器具の装着 実験の説明 練習試行		
視覚の単純反応(1回10秒×3回)	30秒	3 0 秒
休憩	30秒	1 分
視覚の弁別反応(1回10秒×6回)	1 分	2 分
休憩	1 分	3 分
聴覚の単純反応(1回10秒×3回)	30秒	3 分 3 0 秒
休憩	30秒	4 分
聴覚の弁別反応(1回10秒×6回)	1 分	5 分
実験の説明 本実験		
安静	2 分	2 分
休憩	1 分	3 分
聴覚の単純反応①(1回10秒×10回)	100秒	4 分 4 0 秒
休憩	20秒	5 分
単純反応②(1回10秒×10回)	100秒	6 分 4 0 秒
休憩	20秒	7 分
単純反応③(1回10秒×10回)	100秒	8 分 4 0 秒
休憩	20秒	9 分
聴覚の弁別反応①(1回10秒×10回)	100秒	1 0 分 4 0 秒
休憩	20秒	1 1 分
弁別反応②(1回10秒×10回)	100秒	1 2 分 4 0 秒
休憩	20秒	1 3 分
弁別反応③(1回10秒×10回)	100秒	1 4 分 4 0 秒
休憩	80秒	1 6 分
視覚の単純反応①(1回10秒×10回)	100秒	1 7 分 4 0 秒
休憩	20秒	1 8 分
単純反応②(1回10秒×10回)	100秒	1 9 分 4 0 秒
休憩	20秒	2 0 分
単純反応③(1回10秒×10回)	100秒	2 1 分 4 0 秒
休憩	20秒	2 2 分
視覚の弁別反応①(1回10秒×10回)	100秒	2 3 分 4 0 秒
休憩	20秒	2 4 分
弁別反応②(1回10秒×10回)	100秒	2 5 分 4 0 秒
休憩	20秒	2 6 分
弁別反応③(1回10秒×10回)	100秒	2 7 分 4 0 秒
休憩	10秒	2 7 分 5 0 秒
安静	3 分	3 0 分 5 0 秒

図2 実験 I・IIIの実験順序



た。

5. **実験手続き**：実験ⅠとⅢの実験順序を図2に示す。

①単純反応：常に一定の刺激が一定の条件で与えられ、これに対してできるだけ速やかに一定の反応を行う。視覚刺激は緑色の光源、聴覚刺激は約1000HZの音刺激とする。

各刺激毎に練習試行3試行、実験試行では10試行を1セットとし、セット間隔20秒で3セットずつ行う。

②弁別(選択)反応：2種類の刺激のうち一方(+刺激)のみに反応し、他方(-刺激)には反応しないことにする。視覚刺激は緑色光源の光を+、青色光源の光を-刺激とする。聴覚刺激は1000HZの音を+、500HZの音を-刺激とする。

各刺激毎に練習試行は+および-刺激を3試行ずつランダム順に提示して合計6試行、実験試行は+および-刺激を5試行ずつランダム順に提示して合計10試行で1セットとし、セット間隔20秒で3セットずつ行う。また、「できるだけ早く、正確に反応して下さい」と教示した。

両反応とも、練習試行は実験Ⅰのみ行う。また、視覚刺激時のみ完全暗室の状態で行った。

6. **実験条件**：被験者は実験台の前で椅座位の楽な姿勢で合図を待つ。刺激として光(2.5Vの緑または青の豆電球各1個を被験者の眼前2mのところに提示)と音(高音として約1000HZ、低音として約500HZの周波数を発生するガラスビンに、マイクを近づけて棒でたたく)を用いる。刺激の強さはいずれも中程度で一定に保つ。なお、実験者と被験者の間は衝立で遮断されている。

被験者の利き手に1個の電鍵をおき、この電鍵を押さえることをもって反応とする。実験者は「用意」の合図の後1～5秒の準備期間 (foreperiod) をおいて刺激を与え、被験者は刺激が与えられるとできるだけ速やかに電鍵を押す。これをもって1試行とし、試行間5～10秒をおいて反復する。「用意」の合図から刺激を提示するまでの時間 (foreperiod) の長さは、尚早反応防止のため1秒、2秒、3秒、4秒、5秒の5条件を用意し、1セッ

トにつき各2回ずつランダムに設定した。Foreperiodの計時にはストップウォッチを用いた。

RTの測定には、実験者が刺激を発生させると同時に作動し、被験者の反応と同時に停止する反応時間測定器(表1)を用い、1/1000秒単位で測定した。実験者と被験者の間は実験中は常に衝立で遮断し教示の声しか聞こえないようにしている。被験者の胸に心拍数センサーベルト(表1)を巻き、HRを5秒毎に計測し平均した。実験Ⅰ・Ⅲでは、被験者に心拍計の値が見えないよう遮断し、実験Ⅱでは被験者に見えるよう心拍計を机の上に置いた。実験場所は実験室で、一人ずつ個別に実施した。

7. HRのBFT: 実験Ⅰの単純反応で、刺激別に最もRTが速かったセットの平均HRを個人別に設定し、これを個人別の目標心拍数とする。この目標心拍数を維持するBFTを1日おきに5回行う。実験Ⅱの実験順序を図3に示す。BFTを行う時間や状況(例、午前10時、昼食前、運動前)をできるだけ同じにする。また、BFTは単純反応ではRTが速いため、BFTの効果が現れにくいと思われるので行わず、弁別反応においてのみBFTを行う。

弁別反応は視覚・聴覚の+および-刺激を5試行ずつランダム順に提示して合計10試行行う。目標心拍数を維持しながらRTの測定を行う。RT短縮よりHR維持を心がけるよう教示した。

被験者は心拍数センサーベルトを装着した後、椅子に座って安静にする。各被験者の目標心

機器の装着	
実験の説明	
目標心拍数維持の練習	1分50秒
休憩	10秒
HR・BFT	
聴覚の弁別反応(目標心拍数の維持)	1分40秒
休憩	20秒
視覚の弁別反応(目標心拍数の維持)	1分40秒
休憩	10秒
安静時	3分

図3 実験Ⅱの実験順序

拍数を基準として上限値と下限値を設定し、被験者の机の上に心拍計をおく。上限値か下限値をオーバーすると音がなるように設定してあるので、被験者はその範囲内で音がならないよう目標心拍数を維持する練習を行う。休憩の後、弁別反応を行いながら目標心拍数を維持するBFTを行った。上限値・下限値の設定は、上限値は、目標心拍数+5の値より大きくて最も近い5の倍数（例えば目標心拍数が77の時、 $77+5=82 \rightarrow 85$ ）、下限値は、目標心拍数-5の値より小さくて最も近い5の倍数(例えば $77-5=72 \rightarrow 70$ )と設定した。基本的には目標心拍数±5であるが、BFT効果が小さい被験者にはBFT2回目以後、±10と設定し、BFT効果に応じて±5にしていた。

5) 8)

なお、統計処理は、すべて奈良女子大学情報処理センターの大型計算機によっておこなった。

## 結 果

### 1. 実験 I (RT の測定)

視覚と聴覚、単純反応と弁別反応に従来の研究と同様有意差が認められた。また、運動経験別にみると、表2から、剣道部員、陸上部員、非運動経験者の順にRTがはやく、視覚の弁別反応では剣道部と非運動経験者に、聴覚では単純反応・弁別反応ともに運動経験者と非運動経験者に、有意差が認められた。また、聴覚の弁別反応では、剣道部と陸上部の間にも有意差が認められた。

表2 運動経験別のRT(実験 I) (単位 : 秒)

刺 激			剣道部員	陸上部員	非運動 経験者	t検定
視 覚	単 純	平均値	0.387	0.414	0.422	
		SD	0.729	0.609	0.996	
	弁 別	平均値	0.516	0.569	0.602	剣<非△
		SD	0.799	0.775	1.048	
聴 覚	単 純	平均値	0.186	0.198	0.258	陸<非*、剣<非*
		SD	0.178	0.206	0.732	
	弁 別	平均値	0.276	0.320	0.375	剣<非**、剣<陸*
		SD	0.234	0.364	0.652	陸<非*

注) △ .....  $p < .10$  \* .....  $p < .01$  \*\* .....  $p < .001$

## 2. 実験Ⅱ (HR・BFT)

次に、実験Ⅰの単純反応で、刺激別に最もRTが速かったセットの平均HRを個人別の目標心拍数とし、この目標心拍数を維持するBFTを1日おきに5回行った。

以下の式に示すように、目標心拍数に対する増減値の絶対値をBFT値、増減率と1との差の絶対値をBFT率と呼ぶことにする。

- ・ BFT値 = | BFT試行中のHR - 目標心拍数 |
- ・ BFT率 = | 1 - BFT試行中のHR / 目標心拍数 |

BFT値・BFT率とも、小さければ小さいほどBFT効果があり、0の時にBFT試行中のHR = 目標心拍数となる。

### ①視覚の弁別反応におけるBFT値・BFT率

まず、BFT1回目と2・3・4・5回目のBFT値・BFT率をそれぞれ検討する。全体の平均値および平均値間の有意差検定の結果をBFT値については図4、表3に、BFT率については図5、表4に示す。

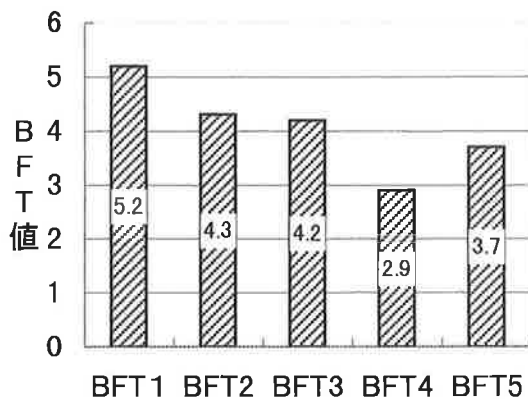


図4 HR・BFTにおけるBFT値の平均  
(視覚の弁別反応)

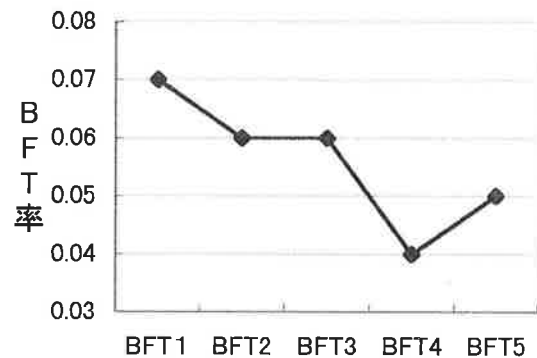


図5 HR・BFTにおけるBFT率の平均  
(視覚の弁別反応)

表3 HR・BFTにおけるBFT値

	視 覚					聴 覚				
	BFT1	BFT2	BFT3	BFT4	BFT5	BFT1	BFT2	BFT3	BFT4	BFT5
平均値	5.2	4.3	4.2	2.9	3.7	5.9	3.8	4.6	3.5	6.0
SD	3.32	3.17	2.44	2.78	3.50	3.53	3.07	2.78	3.13	3.92
t検定	BFT4<BFT1*, BFT4<BFT3*					BFT2<BFT1*, BFT4<BFT1*, BFT4<BFT3*, BFT2<BFT5*, BFT4<BFT5*				

注) \* ..... p < .05

表4 HR・BFTにおけるBFT率

	視 覚					聴 覚				
	BFT1	BFT2	BFT3	BFT4	BFT5	BFT1	BFT2	BFT3	BFT4	BFT5
平均値	0.07	0.06	0.06	0.04	0.05	0.08	0.05	0.07	0.05	0.06
SD	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06
t検定	BFT4<BFT1*, BFT4<BFT3*					BFT2<BFT1*, BFT4<BFT1*, BFT4<BFT3*				

注) \* ..... p < .05

BFT 1回目から2回目にかけて、24人中12人（50%）が、BFT値・BFT率ともに小さくなっている。また、BFT 1回目と4回目では、24名中18名（75%）が減少しており、平均したBFT値・BFT率ともに有意 ( $p<.05$ ) に小さくなっている。そして、BFT 1回目と5回目では、24名中14名（58%）が、BFT値・BFT率ともに小さくなっている。

次に、BFT効果について、BFT率を用いて検討する。BFT率が小さいほどBFT効果は大きいと考えられるので、最もBFT率が小さいところを検討する。被験者E、K、Wの3人がBFT1回目に、A、C、D、J、Q、Rの6人がBFT2回目に、F、O、S、U、Xの5人がBFT3回目に、G、H、M、N、P、Q、T、Vの8人がBFT4回目に、B、I、L、M、P、V、Wの7人がBFT5回目に最もBFT率が小さくなっている。以上のことから、被験者数を基準とすると有意差は認められなかったが、BFT 4、5、2、3、1回目の順にBFT率が小さくなっており、この順にBFT効果も大きかったと推察される。

## ②聴覚の弁別反応における BFT 値・BFT 率

全体の平均値および平均値間の有意差検定の結果について、BFT値は図6、表3に、BFT率については図7、表4に示す。まず、BFT1回目と2・3・4・5回目のBFT値・BFT率をそれぞれ検討する。BFT1回目から2回目にかけて、BFT値・BFT率ともに平均値は有意 ( $p<.05$ ) に小さくなっている。BFT1回目とBFT3回目では、24人中13人（約54.2%）がBFT値・BFT

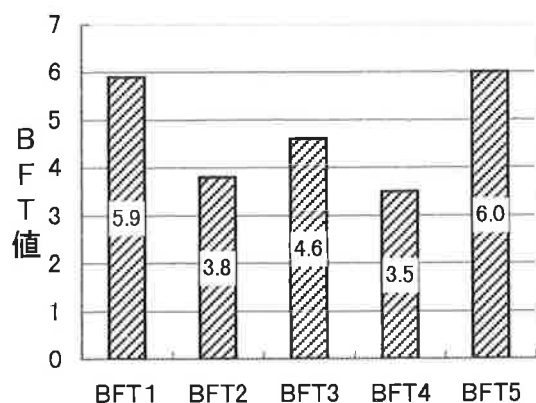


図6 HR・BFTにおけるBFT値の平均  
(聴覚の弁別反応)

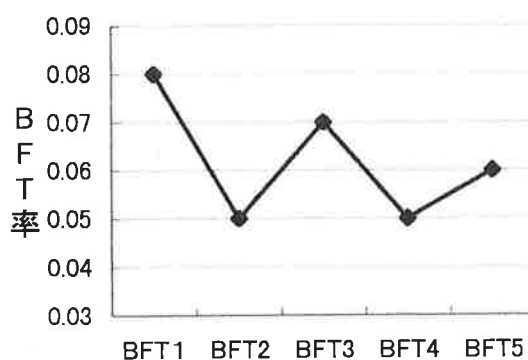


図7 HR・BFTにおけるBFT率の平均  
(聴覚の弁別反応)

率ともに小さくなっている。BFT1回目と4回目では、BFT値・BFT率ともに平均で有意に ( $p < .05$ ) 小さくなっている。そして、BFT1回目とBFT5回目では、24人中15人 (62,5%) のBFT率が小さくなっている。なお、5回目のBFT値の平均がやや高くなっているのは、極めて大きなBFT値を示した人が3人 (D、F、M) いたことによる。

次に、BFT効果について、より詳細に被験者毎にBFT率を用いて検討する。BFT率が小さいほどBFT効果は大きいと考えられるので、最もBFT率が小さいところを検討する。被験者E、Nの2人がBFT1回目に、I、K、L、M、Q、R、Wの7人がBFT2回目に、C、D、G、S、Vの5人がBFT3回目に、C、G、H、I、J、N、T、V、Xの9人がBFT4回目に、A、B、H、L、O、P、U、Xの8人がBFT5回目に最もBFT率が小さくなっている。以上のことから、被験者数で考えるとBFT 4、5、2、3、1回目の順にBFT率が小さくなっており、この順にBFT効果も大きかったと推察される。

### ③視覚における弁別反応のRT

平均値および平均値間の有意差検定の結果を図8、表5に示す。図8、表5から、BFT1回目から2回目、3回目から4回目にかけてRTは有意 ( $p < .05$ ) に速くなった。

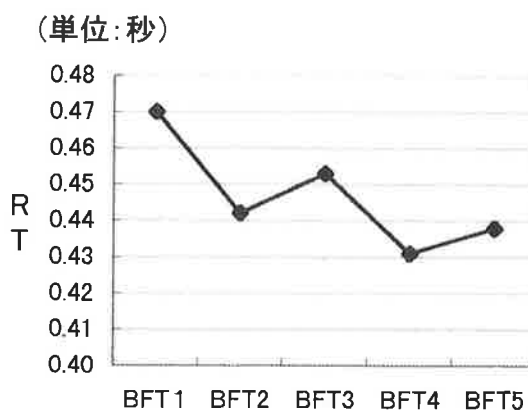


図8 HR・BFTにおけるRTの平均 (視覚の弁別反応)

表5 HR・BFTにおけるRT(単位: 秒)

	視 覚					聴 覚				
	BFT1	BFT2	BFT3	BFT4	BFT5	BFT1	BFT2	BFT3	BFT4	BFT5
平均値	0.470	0.442	0.453	0.431	0.438	0.362	0.327	0.320	0.286	0.265
SD	0.055	0.049	0.055	0.046	0.051	0.045	0.057	0.048	0.040	0.038
t検定	BFT2<BFT1*, BFT4<BFT1**, BFT5<BFT1*, BFT4<BFT3*					BFT2<BFT1**, BFT3<BFT1**, BFT4<BFT1***, BFT5<BFT1***, BFT4<BFT2**, BFT5<BFT2***, BFT4<BFT3***, BFT5<BFT3***, BFT5<BFT4***				

注) \* .....  $p < .05$  \*\* .....  $p < .01$  \*\*\* .....  $p < .001$

また、BFT1回目と4回目および5回目にも有意差が認められた。

④聴覚における弁別反応のRT

全体のRTの平均値および平均値間の有意差検定の結果を図9、表5に示す。図9、表5から、BFT1回目から5回目にかけて、BFT回数の増大に伴ってRTが有意に速くなっていることがわかる。

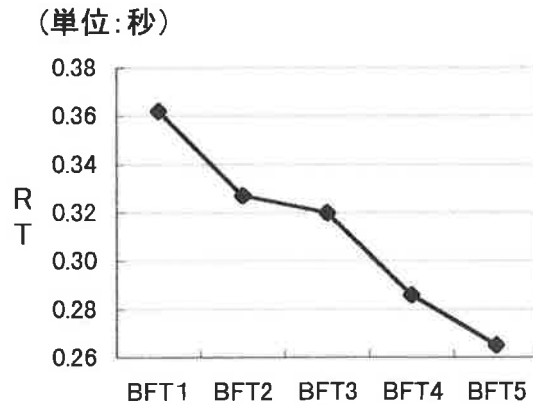


図9 HR・BFTにおけるRTの平均 (聴覚の弁別反応)

3. 実験Ⅲ (HR・BFT後のRTの測定)

表6から、実験Ⅰと同様、視覚と聴覚の間に、単純反応、弁別反応とも有意な差がみられた (表中には有意水準を示していない)。また、運動経験別にみると、実験Ⅰと同様、剣道部員、陸上部員、非運動経験者の順にRTが速かったが、有意差は聴覚の弁別反応で剣道部と非運動経験者に認められただけであった。

表6 運動経験別のRT(実験Ⅲ) (単位:秒)

刺激			剣道部員	陸上部員	非運動経験者	t検定
視覚	単純	平均値	0.304	0.326	0.327	
		SD	0.336	0.137	0.270	
	弁別	平均値	0.422	0.433	0.447	
		SD	0.382	0.329	0.324	
聴覚	単純	平均値	0.174	0.178	0.183	
		SD	0.189	0.117	0.203	
	弁別	平均値	0.229	0.243	0.266	剣<非*
		SD	0.294	0.253	0.371	

注)\* ..... p<.05

また、RTは実験Ⅰより実験Ⅲのほうが有意に速くなっていた。ここで、実験Ⅰから実験ⅢへのRTの短縮率をRT率（RT率＝実験ⅢのRT／実験ⅠのRT）と呼ぶことにする。RT率は小さければ小さいほど実験Ⅰから実験ⅢへのRTが速くなっていることを示す。

RT率は、聴覚より視覚、単純反応より弁別反応で有意に小さかった。また、運動経験別のRT率を表7に示す。表7から、非運動経験者、陸上部員、剣道部員の順に小さかった。

表7 運動経験別のRT率

刺激			剣道部員	陸上部員	非運動経験者	t検定
視覚	単純	平均値	0.841	0.829	0.812	非<剣*
		SD	0.165	0.081	0.188	
	弁別	平均値	0.864	0.767	0.751	陸<剣***、非<剣**
		SD	0.164	0.129	0.148	
聴覚	単純	平均値	0.959	0.864	0.734	陸<剣***、非<陸**
		SD	0.098	0.120	0.146	非<剣***
	弁別	平均値	0.861	0.758	0.699	陸<剣***、非<陸*
		SD	0.082	0.126	0.129	非<剣**

注) \* ..... p<.05 \*\* ..... p<.01 \*\*\* ..... p<.001

## 考 察

### 1. 仮説1の検討

BFTによってHRをコントロールすることができるかどうかを弁別反応を中心に検討する。視覚については表4、図4、5からみるとBFT1回目から2回目にかけて有意差は認められなかったが、過半数の被験者がBFT1回目よりBFT率が小さくなっており、聴覚では表4、図6、7から平均BFT率が有意に小さくなっている。

BFT1回目と3・5回目では、視・聴覚ともに有意差は認められないが、半数以上の被験者がBFT1回目よりBFT率が小さくなっている。

BFT1回目から4回目では、視・聴覚ともに、BFT値・BFT率が有意に小さくなっている。また個人別にBFT率の低下を検討した結果ではBFT率が最も小さくなったところは視覚の弁別反応ではBFT1回目3人、2回目6人、3回目5人、4回目8人、5回目7人になっている。聴覚の弁別反応では1回目2人、2回目7人、3回目5人、4回目9人、5回目8人であり、視覚においても聴覚においてもBFT4、5、2、3、1回目の順になっている。



こうしたことからBFT効果は、BFT 4、5、2、3、1回目の順に大きく現れているのではないかと考えられる。BFT 3・5回目にBFT効果がやや小さい理由として、緊張と弛緩のリズムが関係しているのではないかと考えられる。ほとんどの被験者がBFT1回目のBFT効果が小さかったので、BFT2回目により強い意識の集中がおこりBFT効果が大きくなり、そのことでBFT3回目は気がゆるんでしまい、再びBFT4回目に意識を集中させ、そのため、BFT5回目には気がゆるんだり、心理的飽和の影響等の疲れ<sup>20)</sup>も出たのではないかと考えられる。こうした理由から、BFT4、5、2、3、1回目の順にBFT効果が現れるという結果になったのではないかと考えられるが、全体的にみて、4、5回目、つまり、ある程度までは回を重ねるにしがってBFT効果が現れると考えられる。

以上から、BFTによってHRはコントロールできると考えてもよいであろう。

## 2. 仮説2の検討

HR・BFTによってRTを短縮できたかどうかを検討する。まず、実験IIにおけるBFTによる心拍数減少への効果（BFT率）と実験IIのRTについて図10に示す。表5と図10から、BFT効果が大きく現れているBFT 2・4・5回目に視覚、聴覚両方のRTとも有意に速くなっていることがわかる。

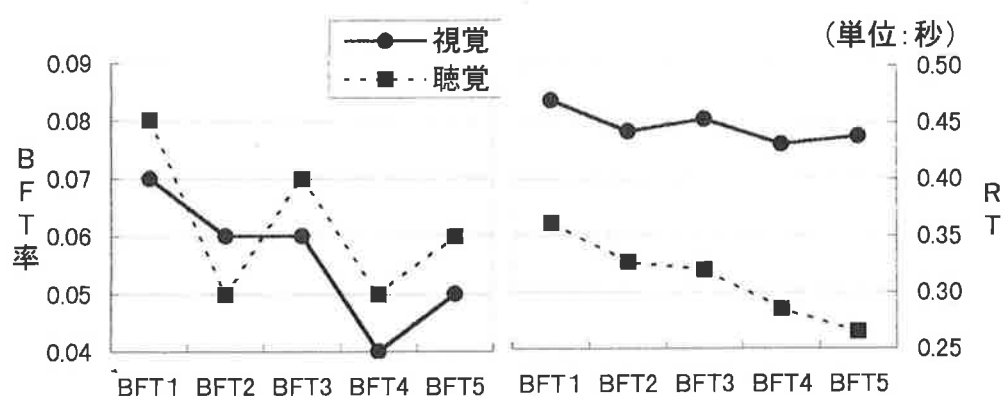


図10 HR・BFTにおけるBFT率とRTの関係

次に、BFT 効果と BFT 率についてみる。BFT 効果によって高パフォーマンス群と低パフォーマンス群に分け、両群において RT 率を比較する。

実験 II の HR・BFT の結果、BFT 効果の大きい (視・聴覚とも BFT4・5 回に BFT 率が最も小さい)

9 人を高パフォーマンス群、その他を低パフォーマンス群とする。両群と RT 率との関係を図 11 に示す。図 11 から、低パフォーマンス群より高パフォーマンス群のほうが、有意差は認められないが RT 率は小さかった。これは、RT の短縮が HR の BFT によることを示唆する。

しかし、RT 率は、実験 I で RT の遅かった人ほど大きな練習効果が出ると考えられるので、HR・BFT 効果とは一概にはいいにくい。

そこで、大きな練習効果が出にくいと考えられる、実験 I で RT の速かった者 (上位 33%) を選び、かつその中で先ほどの HR・BFT 効果が大きい (視・聴覚とも BFT 4・5 回目に BFT 率が最も小さい) 者の実験 I から実験 III への RT の変化を検討するため図 12～15 を示す。図 12・13 から、視覚では 4 人中 3 人が、図 14・15 から、聴覚では 4 人とも、実験 I の RT がはじめてから速く、これ以上 RT を縮めることはかなり困難だと

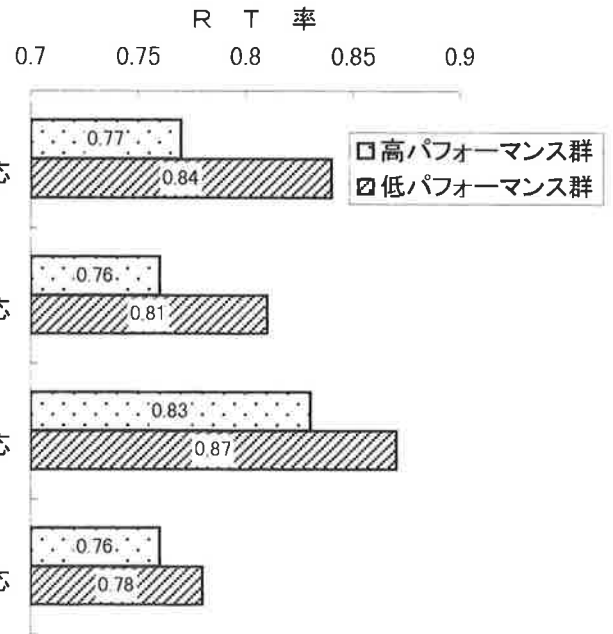


図 11 HR・BFT による高・低各パフォーマンス群と RT 率

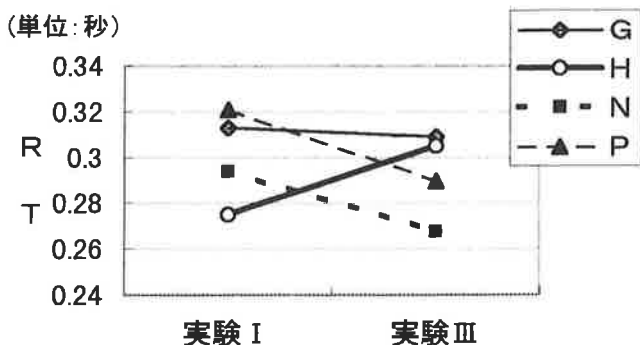


図 12 実験 I の RT がはやく (上位 33%) かつ BFT 効果が大きい者の実験 I から実験 III への RT の変化 (視覚の単純反応)

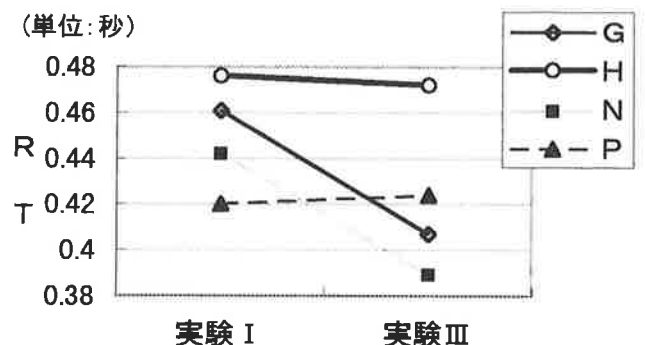


図 13 実験 I の RT がはやく (上位 33%) かつ BFT 効果が大きい者の実験 I から実験 III への RT の変化 (視覚の弁別反応)

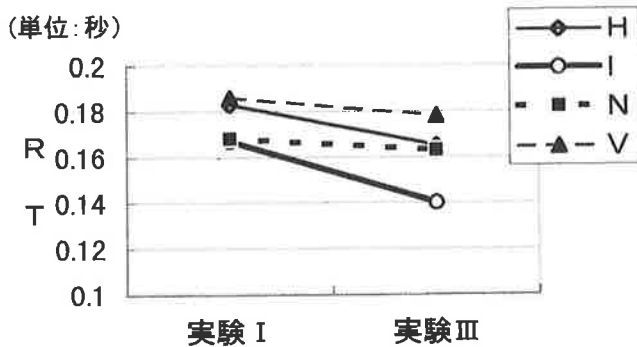


図14 実験 I のRTがはやく(上位33%)  
かつBFT効果が大きい者の実験 I から  
実験 III へのRTの変化(聴覚の単純反応)

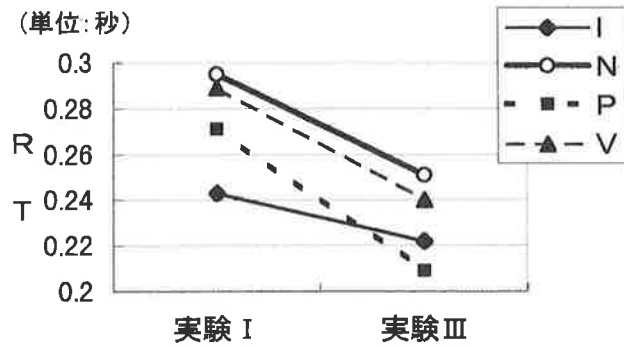


図15 実験 I のRTがはやく(上位33%)  
かつBFT効果が大きい者の実験 I から  
実験 III へのRTの変化(聴覚の弁別反応)

考えられるにもかかわらず、実験 I から実験 III では有意差は認められないが、RT がわずかながら短縮している。

以上から、HR・BFTによってHRをコントロールすることにより、RTを短縮することができると考えてよいであろう。

### 3. 仮説3の検証

表2から、運動経験者と非運動経験者のRTを比較すると、有意差は実験 I の聴覚(単純・弁別反応)以外では認められなかったが、運動経験者のほうが非運動経験者よりもRTが速かった。藤田らは全身反応時間<sup>19)</sup>について研究した結果、運動経験者のほうが鍛練(トレーニング)効果の影響によって全身反応時間が速くなっていることを報告しているが、それらを参考にすると、耳までの音の到達時間や反応鍵を押すことに要する筋収縮時間には、個人差はほとんど出ないことを考えると、主に聞きながら反応するという刺激受容と反応動作が統合する過程にBFTが影響し、いわゆる大脳における反応に要する中枢過程の時間が大幅に短縮したためと考えられる。

また、運動経験者と非運動経験者のRTを比較すると、実験 I より実験 III のほうが両者間に有意差の認められる結果が少なかった。その理由は、非運動経験者は運動経験者よりRT率がよいため、つまり練習を積んです

で非常に速い反応のできる運動経験者より、RTにおいて未開発の非運動経験者のほうが、BFTによる練習効果が現れやすいため、実験Ⅲでは両者のRTの差が縮まったことによると考えられる。

次に、剣道部員と陸上部員のRTを比較する。表2，表6から、実験Ⅰの聴覚の弁別反応以外では有意差は認められなかったが、剣道部員のほうが陸上部員よりもRTが速い傾向が実験Ⅰでも実験Ⅲでもみられる。この理由は、陸上競技が一定のforeperiodで、音という単一刺激に対して特定の反応を行うという、聴覚刺激に対する単純反応形式のスポーツであるのに対して、剣道ではforeperiodが一定でなく、しかも移動する対象を眼球運動によって網膜上にとらえ、中枢で認知し、適切な運動を企画・設定して反応を行うという、弁別反応形式のスポーツであることと関係していると考えられる。

## 結 論

HR・BFTによって高いパフォーマンス成績を導くため、女子大学生24人を対象に、RTが速い時のHRを検討した後、RTが速い状態のHRを再現するようにHR・BFTを行った。また、運動経験の有無や経験している運動種目によるRTの違いについても検討し、次の結論を得た。

1. HR・BFTによってHRをコントロールすることができると考えられる。
2. HR・BFTによってHRをコントロールすることでRTを短縮することができると考えられる。
3. 概して、運動経験の有無や経験している運動種目の違いが、RTの違いを生むと考えられる。その理由は、常に刺激に対して速く反応するという運動経験によって反応時間短縮のトレーニングを積んでいることや、その運動経験の性質がRTの違いに大きく関係しているためと考えられる。

本研究を進めるにあたって、佐々木美奈子氏、長澤邦子氏から多大なご協力を得た。記して深甚の謝意を表します。

## 文 献

- 1) Blanchard, E. B. , Young, L. D. ,& Mcleod. P. G. (1972) Awareness of heart activity and self-control of heart rate. *Psycho-physiology*, 9 : 63-68.
- 2) Colgan, M. (1977) Effects of binary and proportional feedback on bidirectional control of heart rate. *Psycho-physiology*, 14 : 187 – 191.
- 3) Cox, R. J. ,& McGuiness, D. (1977) The effect of chronic anxiety level upon self – control of heart rate. *Biological Psychology*, 5 : 7 – 14.
- 4) Gatchel, R. J. (1974) Frequency of feedback and learned heart rate control. *Journal of Experimental Psychology*, 103 : 274 – 283.
- 5) 市川伸一・大橋靖雄 (1990) SASによるデータ解析入門. 竹内啓監. 東京大学出版会 : 東京.
- 6) 崔光善 (1986) 期待と評定値のフィードバックがパフォーマンスに及ぼす効果. *心理学研究* 57 (3) : 171 – 174.
- 7) Lang, P. J. (1974) Learned control of human heart rate in a computer directed environment. In : P. A, Obrist, A. H. Black, J. Brener, & L. V. DiCara (Eds.) *Cardiovascular Psycho-physiology*, Aldine.
- 8) 三宅一郎・山本嘉一郎編 (1977) SPSS統計パッケージ I 基礎編. 東洋経済新報社 : 東京.
- 9) 丹羽劭昭 (2000) 弓道選手における自律訓練法を用いたバイオフィードバックトレーニングによる心拍制御と的中率との関係. *聖母被昇天学院女子短期大学紀要*第 26 号 : 7 – 45.
- 10) 丹羽劭昭 (1999) 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. *聖母被昇天学院女子短期大学紀要*第 25 号 : 15 – 37.
- 11) 丹羽劭昭 (1997) 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. 文部省科学研究費補助金(基盤研究 C)研究成果報告書 Pp. 109.
- 12) Obrist, P. A. , Galosy, R. A. , Lawler, J. E. , Gaebelain, C. J. , Howard, J.

- L., & Shanks, E. M. (1975) Operant conditioning of heart rate: Somatic correlates. *Psychophysiology*, 12 : 445 – 455.
- 13) Rotter, J. D. (1966) Generalized expectancies for internal vs. external control of reinforcement. *Psychological Monographs*, 80 : 1 – 28.
- 14) Sroufe, L. A. (1971) Effects of depth and rate of breathing on heart rate and heart rate variability. *Psychophysiology*, 8 : 648 – 655.
- 15) Stephens, J. H., Harris, A. H., Brady, J. V., & Shaffer, J. W. (1975) Psychological and physiological variables associated with large magnitude voluntary heart rate change. *Psychophysiology*, 12 : 381 – 387.
- 16) White, T. W., Holmes, D. S., & Bennett, D. H. (1977) Effects of instructions, biofeedback, and cognitive activities on heart rate control. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 3 : 477 – 484.
- 17) Williamson, D. A., & Blanchard, E. B. (1979) Heart rate and blood pressure biofeedback. I. A review of the recent experimental literature. *Biofeedback and Self – Regulation*, 4 : 1 – 34.
- 18) 平井久編 (1982) 現代基礎心理学 11 行動の異常. 東京大学出版会 : 東京, pp. 253 – 276.
- 19) 藤田厚・吉本俊明・松村一・深見和雄・笠井達哉 (1975) 全身選択反応時間における刺激予測効果の検討 – 鍛練効果を中心として –. *スポーツ心理学研究* 2 (1) : 7 – 17.
- 20) 麓信義 (1977) 課題遂行時の注意集中と脈拍数, 指尖皮膚血流量の変化. *心理学研究* 48 (5) : 289 – 295.
- 21) 横川和幸 (1977) 反応時間に関する研究 (I). *スポーツ心理学研究* 4 (1) : 7 – 12.

VIII 心拍制御トレーニングによるパフォーマンス向上の検討

東山明子 丹羽劭昭

## 心拍制御トレーニングによるパフォーマンス向上の検討

東山明子 (滋賀県立大学)

丹羽劭昭 (聖母被昇天学院女子短期大学)

### 目 的

アーチェリー選手を対象として、瞑想による心拍バイオフィードバックを用いて心拍制御トレーニングを行い、アーチェリーの射的パフォーマンスの向上を試みた。そして以下の仮説について検討した。

仮説①心拍バイオフィードバックを用いた心拍制御トレーニングによって心拍制御能力を獲得することができる。

仮説②心拍制御能力の獲得によってアーチェリーの射的パフォーマンスが向上する。

仮説③リラクセーションと瞑想のトレーニングと心拍制御能力の獲得は優勢前額皮上電位  $\alpha$  2波の出現電位 ( $\mu$  V) を増大させ、アーチェリーのパフォーマンス時の集中力を高める。

### 方 法

1. 被験者：経験2年目の高校アーチェリー部員

トレーニング群：男子7名、女子2名、計9名

コントロール群：男子4名、女子4名、計8名

2. 実験期日・場所

トレーニング群 1999年7月4日、7月18日、  
8月8日 K高校アーチェリー場

トレーニング期間：1999年7月5日～7月16日の中の9日間  
K高校体育館会議室

コントロール群 1999年7月23日、8月7日、  
8月20日 T高校アーチェリー場

行射テストを両群それぞれ上記の3日間行い、初日を pre、中間日を middle、最終日を post とした。

3. 測定内容

pre、middle、post の3回、アーチェリーパフォーマンステストとして行射を行った。

心拍数の測定には、POLAR ELECTRO 製(FINLAND)のハートレイトモニターアキュレックスプラス(HR モニターと省略する)を用いて5秒間隔で記録し、実験後に解析ソフトで算出した。

優勢前額皮上電位(脳波)の測定には、BIOFEEDBACK SYSTEM FM515N/FM515NK(フューテック エレクトロニクス株式会社製)を用い、その中の  $\alpha$  1.2.3 波をデータとして使用した。なお、 $\alpha$  1波：8～9 Hz、 $\alpha$  2波：10～11 Hz、 $\alpha$  3波 12～13 Hz とした。



気分評価は POMS(感情変化尺度)検査用紙を用いた。

主観的集中度、主観的緊張度を各セット6射行射後の矢取りの後に1射毎に7段階評価で求めた。(全く集中できない状態を1、非常に集中できる状態を7とし、同様に全く緊張しない状態を1、非常に緊張する状態を7とした)

#### 4. 実験手続き

トレーニング群は pre テスト及びそれからほぼ2週間毎に、アーチェリーパフォーマンステストを middle、post テストと計3回行い、pre と middle の間にのみ9日間の自律訓練法によるリラクセーションと瞑想を用いたメンタルトレーニング(FUTEK 製音楽瞑想テープ TAPE1-A を15分に編集して使用)とバイオフィードバックを用いた心拍制御トレーニングを行った。middle と post の間はトレーニングは行わなかった。コントロール群は pre、middle、post テストのみを行った。実験の内容と流れを表1に示した。

表1 実験の内容と流れ

pre	トレーニング期間	middle	post
①HRモニター装着	①HRモニター装着	①HRモニター装着	①HRモニター装着
②POMS	②POMS	②POMS	②POMS
③HRテスト (50秒×12回)	②音楽瞑想テープ	③HRテスト (50秒×12回)	③HRテスト (50秒×12回)
④行射前脳波測定	④心拍制御トレーニング	④行射前脳波測定	④行射前脳波測定
⑤行射テスト (6射×3回)	⑤POMS	⑤行射テスト (6射×3回)	⑤行射テスト (6射×3回)
⑥安静時脳波測定		⑥安静時脳波測定	⑥安静時脳波測定
⑦POMS		⑦POMS	⑦POMS

行射テストでは、トーナメントでの決勝戦の方法をもとに6射を1セット(4分以内)として3セット行った。距離は精神的な影響を最も受けやすいと思われる50mに設定し、短距離用(50m、30m)の直径80cmの的を用いた。的は10個の同心円からなり、中心円から2円ずつ、黄、赤、淡青、黒、白に色分けされている。行射得点は中心円が10点で外側に行くに従って1点ずつ減じ、円外は0点である。

優勢前額皮上電位については、行射テスト直前1分間と行射後安静5分間の最後1分間を測定し、 $\alpha$ 1.2.3波について検討した。

トレーニング群、コントロール群ともにpreテストでのHRテスト、アーチェリーパフォーマンステスト、優勢前額皮上電位、POMS、主観的集中度、主観的緊張度の結果を基準として、middle、post各テストの結果と比較した。

## 結 果

### 1. トレーニングによる行射成績の向上

9日間のトレーニング効果とその残存効果をみるためにpreとmiddle、postの行射成績の得点を比較し、図1に示した。

図1から、トレーニング群の行射成績は pre より middle の方が有意に高く(0.1%水準)、トレーニング群とコントロール群の行射成績の比較では middle でトレーニング群のほうが有意に高かった(0.5%水準)。両群ともに pre と post の間では有意な差はみられなかった。

## 2. 心拍制御トレーニングにおける心拍の変化

トレーニング群を対象に9日間行った心拍制御トレーニングの心拍数と心拍率 [(測定心拍数/テスト日安静時心拍数)×100] の変化を図2、3に示した。

安静時心拍数はトレーニング開始前の安静6分間のうち、最後の1分間の心拍数の平均値とした。トレーニング心拍数は[(心拍数減少方向への心拍制御試行50秒+休憩10秒)×12回]の試行時の心拍数の平均値とした。

図2から、トレーニングの後半は安静時心拍数よりもトレーニング心拍数のほうが有意に低かった。また、図3からトレーニング開始時と比較して、トレーニング前半は心拍率の変動が大きい日もあったが、トレーニングの後半(6日目以降)では心拍率の変動が比較的小さく、安静時心拍数よりもトレーニング心拍数を低く制御することができており、心拍制御がある程度成功したと考えられる。

## 3. HRテスト時の心拍の変化

トレーニング群、コントロール群それぞれのHRテストの心拍数の平均値を pre と middle、post で比較するため、心拍率を図4に示した。

図4から、心拍率で見ると、pre ではトレーニング群とコントロール群に差はみられなかったが、post ではトレーニング群のほうがコントロール群より有意に低くなった(5%水準)。また、middle と post においてコントロール群では、安静時の心拍数よりもHRテスト時の心拍数を低く制御することが出来ず心拍率が100%を越えたが、トレーニング群では100%より低く制御することができた。

## 4. 行射時の心拍の変化

アーチェリーパフォーマンステストの行射時の心拍率の変化を図5に示した。

図5から、pre と middle では両群に有意な差はみられなかったが、post においてトレーニング群のほうがコントロール群より心拍率が低かった(5%水準)。

## 5. 行射時の主観的緊張度、主観的集中度

行射時の主観的緊張度、集中度を図6に示した。

図6から、pre の主観的緊張度においてのみコントロール群のほうがトレーニング群より有意に高かった(0.1%水準)。有意差はみられなかったが pre、middle、post のいずれにおいても主観的緊張度はコントロール群の方が高く、主観的集中度はトレーニング群のほうが高い傾向がみられた。

## 6. 行射前後の優勢前額皮上電位の変化

行射前後の優勢前額皮上電位を各1分間測定し、α1.2.3波について図7.8.9に示した。また、優勢電位率を各測定優勢前額皮上電位/安静時電位×100で求めて各図に折れ線グラフで示した。

図 7.8.9 から、優勢前額皮上電位  $\alpha$  1.2.3 波ともに、pre、middle、post における行射前と行射後(安静時)およびトレーニング群とコントロール群間、各群内の pre と middle、pre と post 間の全てにおいて有意な差はみられなかった。先行研究でも  $\mu$  V 値より優勢脳波出現率の方が心理的状況をより反映するとの報告があり、優勢脳波出現率と集中力との関係を検討する必要があると思われる。しかしながら出現電位でみると、トレーニング群では安静時の  $\alpha$  1.2 波にわずかながら出現増加傾向がみられ、またコントロール群より常に多くの  $\alpha$  1.2 波の出現がみられる傾向であった。

#### 7. 心拍制御トレーニングによる感情の変化と行射前後の感情の変化

心拍制御トレーニングによる感情の変化と HR テスト及びアーチェリーパフォーマンステスト前後の感情の変化を POMS を用いて比較した。トレーニング期間中のトレーニング前と後では、トレーニング後に「緊張-不安(T-A)」「怒り-敵意(A-H)」「混乱(C)」「活気(V)」が減少傾向を示す日が多くみられたが、いずれも有意な差がみられるまでには至らなかった。

## 結 論

メンタルトレーニングの効果的な方法を検討するため、高校生アーチェリー選手を対象として、リラクセーションと瞑想のトレーニングに加えてバイオフィードバックを用いた心拍制御トレーニングを平行して行い、その効果をアーチェリーパフォーマンスの向上、心拍制御能力の獲得、優勢前額皮上電位の出現、気分評価、主観的集中度・緊張度の変化から検討した。

その結果次の結論を得た。

1. 2 週間にわたる心拍制御トレーニングではトレーニング実施直後はパフォーマンスに効果がみられたが、トレーニング終了から 2 週間経過後はパフォーマンスへのトレーニングの残存効果はみられなかった。
2. トレーニング期間中の心拍率はほぼ一定で、トレーニング期間の後半にやや安定した心拍制御傾向がみられた。
3. 心拍制御トレーニングによって測定各日の HR テストでの心拍数(心拍率)は安静時より低く制御できた。
4. 行射時の心拍制御能力は、コントロール群と比較してトレーニング終了 20 日後でも残存効果が認められた。
5. 心拍制御トレーニングによってアーチェリーの射的パフォーマンスに向上がみられた。
6. 仮説③については明確な結論を得られなかった。

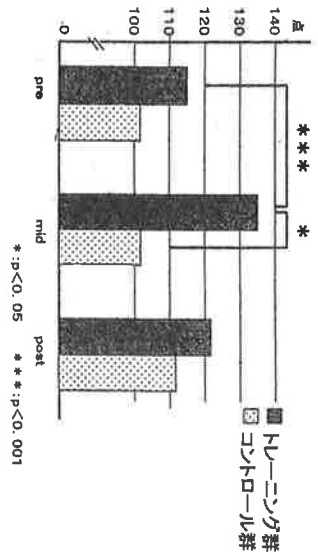


図1 行射得点

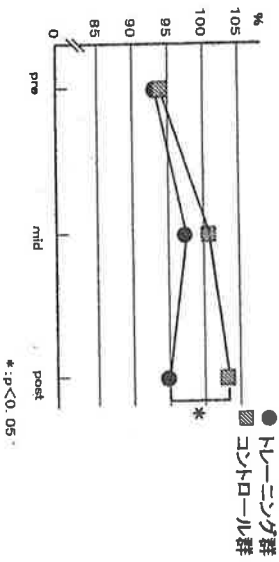


図4 HRテスト時の心拍率

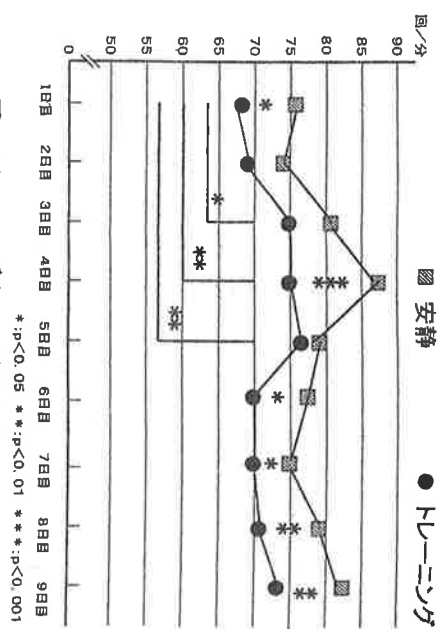


図2 ホーニング中の心拍数の変化

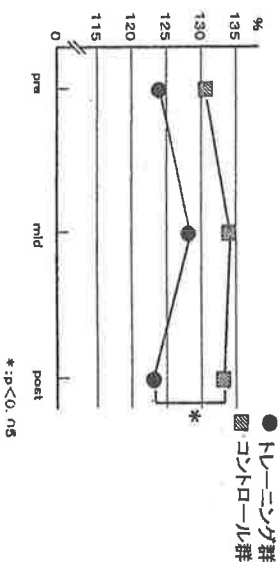


図5 行射テスト時の心拍率

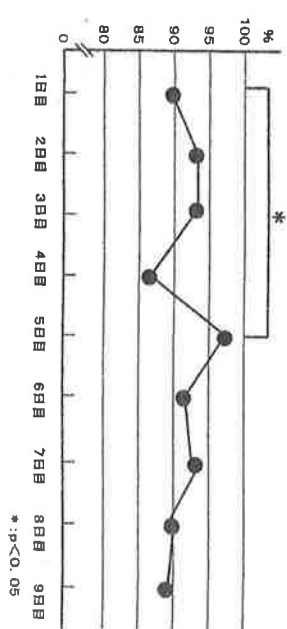


図3 ホーニング中の心拍率の変化

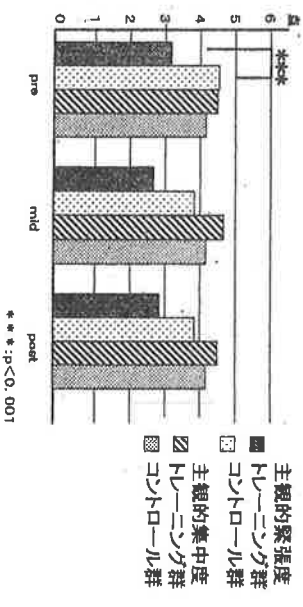


図6 主観的緊張度・集中度

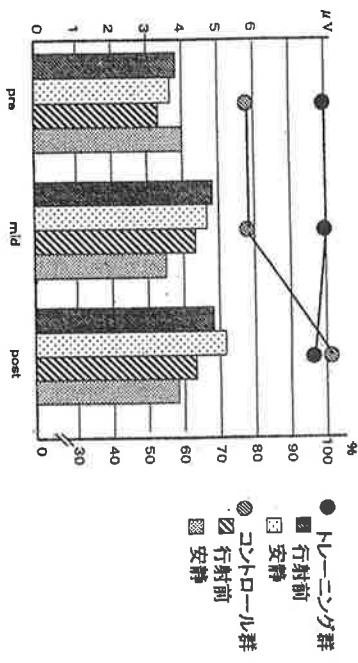


図7 優勢前額皮上電位α1波

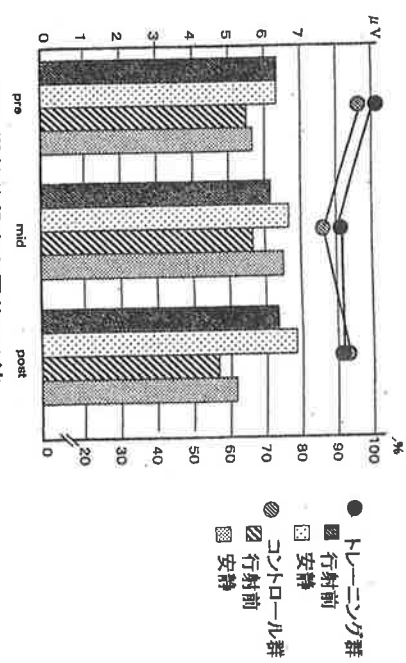


図8 優勢前額皮上電位α2波

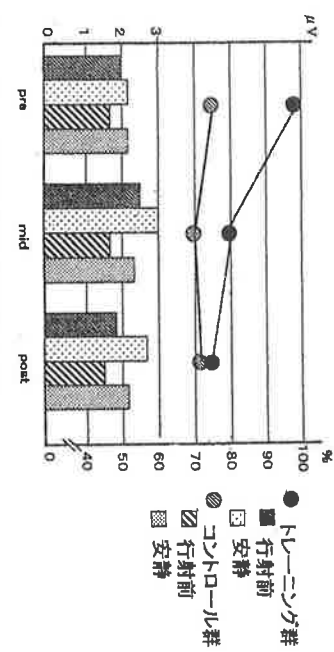


図9 優勢前額皮上電位α3波

---

平成13年 2月26日 印刷  
平成13年 3月12日 発行  
(非売品)

発行責任者 丹羽 劭 昭  
〒562-8543 箕面市如意谷 1丁目12-23  
聖母被昇天学院女子短期大学  
電話 (0727)23-5854

製 本 所 株式会社 大谷 印刷

---