

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 —

(研究課題番号 06680106)

平成6年度～8年度科学研究費補助金 (基盤研究C)

研究成果報告書

平成 9 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6年度から平成8年度までの3年間、文部省科学研究費（基礎研究C）の補助によって行われた研究の成果をまとめたものである。

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最も遅れた分野である。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。

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。概していうなら、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いわゆる「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はなく、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。

このような流れの中で、我々はここ10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トレーニング（脳波BFTと略す）の装置及びその原資料を解析するプログラムが必要となり、一応、実験装置として使用できる程度の装置及び解析プログラムを作ることができ、これを用いて実験を進めることができた。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、現在、Peak performanceと脳波の $\alpha$ 波と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、多くの場合、 $\alpha_2$ 波(9~11Hz)のみ関係し、 $\alpha_1$ 波、 $\alpha_3$ 波は無関係であること、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（優勢前額皮上電位）が

異なること。他の一つは、「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。

さて本研究では、Biofeedbackを利用した心理的トレーニングによって High Performanceをもたらすための基礎的研究を進めるため、第1年目（平成6年度）は、①国内・外の研究を検討し、それをもとに本研究の実験計画を作り ②それらの実験に必要な脳波（前額皮上電位）バイオフィードバックトレーニング装置を開発した。第2年目（平成7年度）は、それらの実験装置を用いて $\alpha_2$ 波BFTや心拍BFTを試み、実験を繰り返し膨大な資料を整理して基礎的資料を得た。そして第3年目（平成8年度）は、基礎的資料の整理と、補足すべき実験を行い、脳波BFTによって種々のパフォーマンスとの関係を検討してきた。

その結果、①脳波BFTの装置を使用し、その装置によって生み出された資料を整理する統計プログラムが新しく製作されたが、それらは、比較的高い精度で順調に機能することが確認できた。②注意を一点に集中した時の脳波の状態を、特に優勢（高い電位）脳波 $\theta_2$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\beta_2$ 波との関係から実験的に検討した結果、一点集中のパフォーマンスと優勢脳波 $\alpha_2$ 波とに相関のあることがわかってきた。③したがって一点集中のパフォーマンスを向上させるためには、優勢脳波 $\alpha_2$ 波を高めるBFTを行うことが効果的であるので、優勢脳波 $\alpha_2$ 波を長時間継続的に出現させるためのBFTの方法を試みた。その結果、イメージのみによるものはある程度成功したが、自律訓練法のみやイメージと自律訓練法を重ねた場合は成功しなかった。これは今後の課題として残された。④心理的トレーニングを用いたBFTによって優勢脳波 $\alpha_2$ 波を高めることによって、一点集中のパフォーマンスを高めることが可能であることがわかった。⑤日常生活行動を考慮して、安静状態における快適感と脳波や自律神経系現象（特に心拍）との関係を検討した結果、聴覚刺激を与えた場合、自然現象の音（自然音）で優勢脳波 $\alpha_2$ 波が多く出現し、トラック音や工事音等の生活音では概して速波（ $\beta_2$ 、 $\alpha_3$ 波等）が多く現れ、 $\alpha_2$ 波は快適感とも関係していることが明らかになり始めた。その他いくつかの新しい知見が得られている。

平成9年2月

丹羽 勲 昭

## 研究の組織・経費及び発表

### 1 研究組織

#### 1) 研究代表者

丹羽 劭 昭 (聖母被昇天学院女子短期大学教授)

#### 2) 研究協力者

長 沢 邦 子 (奈良女子大学文学部非常勤講師)

星 野 聡 子 (奈良女子大学大学院文学研究科修士過程)

八十川 睦 子 (奈良女子大学大学院文学研究科修士過程)

佐々田 尚 子 (奈良女子大学文学部)

木 匠 美優子 (奈良女子大学文学部)

禰宜田 陽 子 (奈良女子大学文学部)

長谷部 成 子 (奈良女子大学文学部)

小 林 美 紀 (奈良女子大学文学部)

浜 田 美友紀 (奈良女子大学文学部)

廣 野 園 子 (奈良女子大学文学部)

### 2 研究経費

平成6年度	500千円
平成7年度	900千円
平成8年度	900千円
計	2,300千円

### 3 研究発表

#### 1) 学会誌(原著論文及び報告書)

- (1) 丹羽劭昭 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討 -ガムチューイングによる優勢前額皮上電位を中心に-, 日本スポーツ心理学会第22回大会研究発表抄録集, A-6, 1995. 11.
- (2) 丹羽劭昭 快適感と優勢前額皮上電位との関連の検討 -聴覚刺激を手がかりに-, 日本スポーツ心理学会第23回研究発表抄録集, B-6 1996. 11.
- (3) NIWA, T. Examination of the Validity of Prevalent EEG Biofeedback Training for the Increasing of Concentration (II) - Effectiveness of the Intensification of Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub> Wave -, Journal of Assumption Junior College, No 22, 15-30, 1996. 3.
- (4) NIWA, T. Examination of the Method for Improvement of Performance through Heart Rate Biofeedback Training based on Anxiety Traits, Proceeding of the 1995 International Symposium on Medical and Gymnastic Sciences, 75, 1995. 10.

2) 口頭発表

- (1) 星野聡子・星名 倫・丹羽劭昭 ライフル射撃 performance に及ぼす biofeedback 訓練の効果 日本体育学会第 45 回大会, 1994. 10.
- (2) 八十川睦子・丹羽劭昭 前額皮上電位  $\alpha_2$  波を用いたバイオフィードバックトレーニングによる集中力の増強 —一点集中を中心に—, 日本体育学会第 45 回大会, 1994. 10.
- (3) 丹羽劭昭 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響 —メトロノームによる前額皮上電位と心拍の変化を中心に—, 日本体育学会第 45 回大会, 1994. 10.
- (4) NIWA, T. The Relationship Between the Increase of the Fp<sub>2</sub>  $\alpha_2$  Wave and Reinforcement of Concentration by the Prevalent EEG Biofeedback Training (III), 23rd International Congress of Applied Psychology 17-22 July, 1994. (Madrid, SPAIN)
- (5) 丹羽劭昭 パフォーマンス向上のための不安特性に基づく心拍バイオフィードバックトレーニング —反応時間を中心に—, 日本体育学会第 46 回大会, 1995. 10.
- (6) 丹羽劭昭 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討 —ガムチューイングによる優勢前額皮上電位を中心に—, 日本スポーツ心理学会第 22 回大会, 1995. 11.
- (7) NIWA, T. Examination of the Method for Reinforcement of Concentration through Forehead EEG Biofeedback Training, 2nd Asian South Pacific Association of Sport Psychology International Congress 12-15 January 1995 . (Hong Kong)
- (8) NIWA, T. Examination of the Method for Improvement of Performance through Heart Rate Biofeedback Training based on Anxiety Traits , The 1995 International Symposium on Medical and Gymnastic Sciences, 1995. 10. (Fukuishi)
- (9) 丹羽劭昭 快適感と優勢前額皮上電位との関連の検討 —聴覚刺激を手がかりに—, 日本スポーツ心理学会第 23 回大会, 1996. 11.
- (10) 丹羽劭昭 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, 日本体育学会第 47 回大会, 1996. 9.

# 目 次

ま え が き

研究の組織・経費及び発表

## I 注意集中とバイオフィードバックトレーニング

- 1 Examination of the Validity of Prevalent EEG Biofeedback Training for the Increasing of Concentration (II)  
- Effectiveness of the Intensification of Fp<sub>2</sub>  $\alpha_2$  Wave -  
Takaaki NIWA ..... 1
- 2 前額皮上電位 $\alpha_2$ 波を用いたバイオフィードバックトレーニングによる集中力の増強 -一点集中を中心に-  
八十川陸子 丹羽劭昭 ..... 17
- 3 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 ..... 23
- 4 色・情景・音を用いた脳波バイオフィードバックトレーニングによるパフォーマンス強化の検討 -注意の集中を中心に-  
小林美紀 丹羽劭昭 ..... 31

## II 心拍バイオフィードバックトレーニング

- 1 パフォーマンス向上のための不安特性に基づく心拍バイオフィードバックトレーニング  
-反応時間を中心に-  
丹羽劭昭 ..... 43

## III 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

- 1 優勢脳波 $\alpha_2$ 波バイオフィードバックトレーニングにおける集中力増強の検討 -自律訓練法を用いて-  
浜田美友紀 丹羽劭昭 ..... 49
- 2 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数制御がライフル射撃のパフォーマンスに及ぼす影響  
星野聡子 丹羽劭昭 ..... 61
- 3 弓道の的中率と自律訓練法による心拍制御との関係  
廣野園子 丹羽劭昭 ..... 65

## IV 聴覚刺激による快適感と脳波（前額皮上電位）

- 1 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響  
ーメトロノームによる前額皮上電位と心拍の変化を中心にー  
丹羽劭昭 ..... 75
- 2 快適感と脳波・心拍との関連の検討  
ー聴覚刺激を手がかりにー  
長谷部成子 丹羽劭昭 ..... 85
- 3 快適感と優勢前額皮上電位との関連の検討  
ー聴覚刺激を手がかりにー  
丹羽劭昭 ..... 97

## V 咀嚼運動と集中力

- 1 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討  
ーガムチューイングによる優勢前額皮上電位を中心にー  
丹羽劭昭 ..... 103

本報告書に掲載している資料の出典一覧 ..... 108

## I 注意集中とバイオフィードバックトレーニング

- 1 Examination of the Validity of Prevalent EEG Biofeedback Training for the Increasing of Concentration (II)  
- Effectiveness of the Intensification of Fp<sub>2</sub>  $\alpha_2$  Wave -
- 2 前額皮上電位 $\alpha_2$ 波を用いたバイオフィードバックトレーニングによる集中力の増強  
- 一点集中を中心に -
- 3 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
- 4 色・情景・音を用いた脳波バイオフィードバックトレーニングによるパフォーマンス強化の検討  
- 注意の集中を中心に -



# Examination of the Validity of Prevalent EEG Biofeedback

## Training for the Increasing of Concentration (II)

### - Effectiveness of the Intensification of Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub> wave - <sup>1)</sup>

Takaaki NIWA <sup>2)</sup>

#### ABSTRACT

Motor performance is greatly influenced by mental concentration. Therefore many researchers have paid great attention to ways of increasing concentration. We have developed a way of increasing concentration by EEG Biofeedback Training (BFT).

The purpose of this study is to develop a method of prevalent EEG biofeedback training, focusing special attention on intensifying the Fp<sub>2</sub> α<sub>2</sub> wave.

The subjects were 16 students belonging to sport clubs at a women's University, 18 to 22 years of age. The biofeedback system (Type FM515S) picked up the EEG of 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> wave and the artifact). It

---

1) This research was presented at the 2nd Asian South Pacific Association of Sport Psychology held in Hong Kong, January 1995.

2) Assumption Junior College, 1-13-23 Nyoidani, Minoo, Osaka 562, Japan.

distinguished one which was dominant in the EEG in each 2 second interval. The speed of A/D conversion is 20ms. The amplitude of frequency of these six waves is divided into 1/256 per full scale and each wave is output every 2 second. Signal sounds at the BFT were apparent from FM515S when the  $Fp_2 \alpha_2$  wave appeared predominantly.

BET was done with the experimental group using the following procedure. A subject was sat down on a chair and then instructed to imagine a scene of a good sports performance. Each BFT trial took a total of 10 minutes per day, and was done with the eyes closed and the body at rest. The training was conducted over a 5 day period.

The relation of the prevalent  $Fp_2 \alpha_2$  wave (9.5 - 11.5Hz) with the concentration was examined. As a result, the following conclusions were obtained :

1. A high level of concentration 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 biofeedback training of the prevalent EEG.
3. The concentration level can be increased by the intensification of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave accomplished through biofeedback training using the imagination.

Key Words : Concentration, EEG, Biofeedback training,  $\alpha_2$  wave

## INTRODUCTION

Psychological over-stress, the so-called 'stage fright', frequently prevents people from exhibiting their ability completely in sports and businesses and from achieving a peak performance. Recently its mechanism has become of wide and great concern from the physi-

ological-psychological point of view (Crews and Landers, 1993; Ichimura, 1986 ; Niwa and Nagasawa, 1991 ; Niwa and Takayanagi, 1988a; Niwa and Takayanagi, 1988b ; The Committee of Sport Sciences, 1981). More recently, augmentation of psychological aptitude, such as relaxation, concentration, and mental training have been investigated and many papers on them have begun to appear, including the peak performance feeling test proposed by Garfield (1984), the seven steps to peak performance by Suinn (1984), the attention control training by Niederffer (1978) and so on.

Biofeedback training (BFT) by use of the prevalent EEG is considered to be one of the most promising methods for increasing concentration and for achieving high performance (Niwa and Nagasawa, 1991). So far, in this BFT research, special attention has been paid to the appearance of  $\alpha$  wave and its relation to the performance level. That is because the  $\alpha$  wave appears during Yoga and Zen meditation, i.e. in a situation of high concentration and high consciousness but being relaxed mentally. Kamiya (1969) suggested that the  $\alpha$  wave was intensified by an  $\alpha$  wave BFT. He also reported the intensification of the  $\alpha$  wave could be correlated with an internal emotion called the 'comfortableness'. Such an  $\alpha$  wave was usually picked up from the back lobe. However, Siga et al. (1982) compared the  $\alpha$  wave from the frontal lobe with that from the back lobe and showed the former wave has a very large amplitude in a certain physio-psychological situation, with its appearance frequency and its intensity being very low in a usual situation, e.g., only when the eyes are closed. He also found a fairly good correlation of the  $\alpha$  wave with the internal consciousness. Hashimoto (1991) picked up the EEG from the center of the forehead (frontal lobe) and investigated the psychological situation when the  $\alpha$  wave

was predominant in the E E G, i.e., when the  $\alpha$  wave was the prevalent E E G. She found that the  $\alpha$  index is a more reasonable measure of psychological response than the integral of  $\mu v$ .

So far the  $\alpha$  wave has been considered to be associated with drowsiness and a relaxed state, while it appears at a high concentration and a situation of high consciousness during Yoga and Zen meditation. Paying attention to this apparent contradiction, Niwa and Hiro (1993) re-examined more carefully the  $\alpha$  wave in the prevalent E E G which was picked up from a forehead location,  $Fp_2$  (hereafter, referred to as the  $Fp_2$   $\alpha$  wave). Although the  $Fp_2$   $\alpha$  wave had, in general, been treated as one wave ranging from 8 to 13 Hz between the  $\theta$  wave and  $\beta$  wave, it was divided into three sub-ranges, i.e.,  $\alpha_1$  wave (8-9Hz),  $\alpha_2$  wave (9-11Hz) and  $\alpha_3$  wave (11-13Hz) and the appearance time fractions of the  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  and  $\alpha_3$  waves were being investigated as the prevalent E E G (hereafter, referred to as the  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  and  $\alpha_3$  waves appearances) during performance tests such as pursuit rotor and so on. Examining the relations with the performances, it was found that the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave appearance becomes large at situations of high performance, while the  $Fp_2$   $\theta$  and  $Fp_2$   $\beta$  waves appearances decrease in those instances. Generally, high concentration can be assumed to correspond to high performance, since those two have a close correlation with each other. If it is the case, then the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave in the prevalent E E G is assumed to be intensified at high performance levels. Conversely, if the intensification of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave, i.e., the increase of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave appearance, is achieved by some training and if it brings about high concentration and so high performance, then good results are to be expected in sports and business. This is the motivation of the present work. Thus, the purpose of this work is

to develop a method of prevalent EEG biofeedback training, focusing special attention on intensifying the  $Fp_2 \alpha_2$  wave and examining the following hypotheses ;

1. A high appearance of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave in the prevalent EEG is to be associated with high concentration.
2. Intensification of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave or increase of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave can be accomplished by EEG biofeedback training.
3. The concentration level can be increased by the intensification of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave.

## METHOD AND PROCEDURE

Subject were 16 under graduate students of a basketball club and a tennis club from a women's university, from 18 to 22 years of age. (Table 1) Items of measurement and apparatus is shown in Table 2.

Table 1 Subjects

Experiment I	Experiment II	Experiment III
All subjects:16	Experimental group:8 (Bio-feedback Training)	Experimental group:8 Control group:8

Table 2 Items of measurement and apparatus

Item of measurement	Apparatus
Performance	Concentration level meter (Type AF, Inaba Human Tech, Inst. make)
Electroencephalogram (EEG)	Bio-feedback system FM515S (FUTEX Electronics Ins. make)

A biofeedback system (Type FM515S FUTEK Electronics Inst.) was used. Two electrodes of the EEG were fixed by a sensor belt at 4cm right (Fp<sub>2</sub> position ; exploring electrode) and at 4cm left Fp<sub>1</sub> position ; earth) of the center of the forehead and a clip electrode was put on an ear lobe (A<sub>1</sub> position ; reference electrode). Common mode noises were removed because the FM515S uses 3 measuring points(Fp<sub>1</sub>, Fp<sub>2</sub> and A<sub>1</sub> position). The biofeedback system picked up the EEG of the Fp<sub>2</sub> position and, dividing it into some bandpass waves, distinguished one which was dominant in the EEG in each 2 sec. interval (referred to as the prevalent EEG). That is, in the BFT system the EEG was digitized and then processed numerically by 6 digital band pass filters. The band pass filters were prepared for the  $\theta_2$  wave (center frequency 5.6 Hz),  $\alpha_1$  wave (8.2 Hz),  $\alpha_2$  wave (10.0Hz),  $\alpha_3$  wave (12.0 Hz),  $\beta_2$  wave (18.0 Hz) and artifact. The influence of EOG is cutoff by the filter for artifacts of which the center frequency is 2.5 Hz. Six waves were changed from analog to digital by scanner. The speed of A/D conversion is 20 ms. The amplitude of frequency of these five waves is divided into 1/256 per full scale and each wave is output every 2 second. Figure 1 demonstrates their frequency responses and verifies their excellent

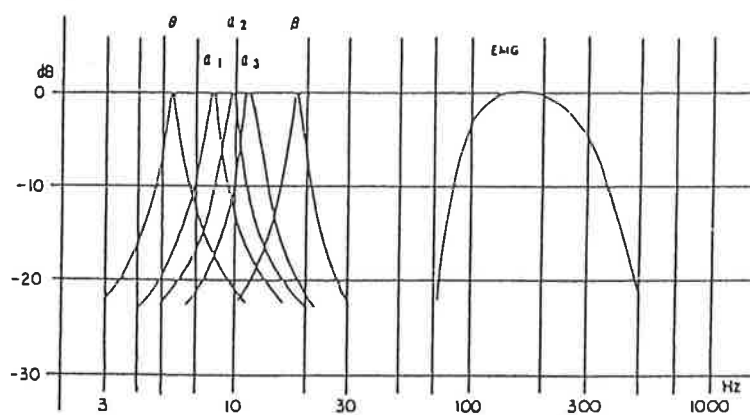


Fig.1. Frequency Response of Filters of FM515S

frequency cutoff properties. Time series of those bandpass signals came out simultaneously. Comparing the levels of the bandpass signals, the prevalent signal was detected at every 2 sec. Then, the time fraction of each wave prevalent in the EEG was calculated and displayed on the BFT system. This time fraction of each wave was used as the EEG index.

Here, it should be noted that the EEG emitted from the forehead was used as the objective signal in this work. It was preferred to that of the occipital because the  $\alpha$  wave in the forehead EEG frequently has a much stronger intensity than the occipital one in certain physio-psychological situations and it has a stronger correlation with internal perception (Shiga et al. 1982). In addition, following Hashimoto (1991), the EEG index was adopted as a measure of psychological response in the present work.

The following three experiments were performed in series;

Experiment I was the examination of the correlation between the concentration measurement by means of a concentration level meter and each EEG ( $Fp_2$ ,  $\theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  and  $\beta_2$  waves) appearance just before the concentration measurement.

Experiment II was the biofeedback training (BFT) for intensification of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave.

Experiment III was done following the same procedure as Experiment I but after the BFT, an examination was made of the effectiveness of the BFT

In all the Experiments measurements of the  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave appearance were taken.

Concentration level was measured in Experiments I and III. For that purpose a concentration level meter (Type AF, Inaba Tech. Inst.) was used. Choosing randomly one numerical character from 1 to 9, the

concentration level meter displayed that character on the screen at a fixed time interval and changed it consecutively. The time interval was preset at 2 Hz for this work. During the measurement, a subject held a switch in her hand and was asked to press the switch every time one of the three characters assigned beforehand was displayed on the screen. The number of test signals displayed on the screen at 2 Hz, together with the number of displays passed and missed by the subject (referred to as pass and miss, respectively) were counted and displayed on the screen. Following that the number of correct responses, i.e., the number of test signals minus those of pass and miss were also displayed. In the present work the percentage of correct responses were taken as a measure of concentration performance. Experiments I and III were carried out in the order shown in Fig. 2.

Setting up apparatus		
Explanation of experiment		
Practical trial		
Rest (closed eyes)	60sec	} 3 times repetition
Before the trial (closed eyes)	60sec	
Trial	30sec	
Rest (closed eyes)	30sec	
Rest (closed eyes)	300sec	

Fig. 2 Order of Experiment I and III

Setting up apparatus		
Explanation of experiment		
Rest (closed eyes)	60sec	} 10 times repetition
Bio-feedback training (BFT)	60sec	
Rest (closed eyes)	30sec	
Rest (closed eyes)	300sec	

Fig. 3 Order of Experiment II

Subjects were divided into two groups (experimental group and control group of the same concentration level based on the results of Experiment I).



The biofeedback training (BFT) was done with only the experimental group in Experiment II using the following procedure. First, a subject was sat down a chair and then imagined a scene of a good performance in a sport. BFT was done with the eyes closed and the body at rest. During the BFT the subject initially learned by herself what was happening physio-psychologically during the time the  $Fp_2 \alpha_2$  wave was prevailing in the EEG and then learnt how to create that situation internally and maintain it for a longer time. The biofeedback system emitted a biofeedback sound like the chirping of a "bell ring" insect during the time the  $\alpha_2$  wave was dominating the other waves in the EEG, i.e., during the time the  $\alpha_2$  wave was the prevalent EEG. The order of the BFT is depicted in Fig. 3. Each training period took 35 minutes in total. The training was set for 5 days. The subject did the biofeedback training using the BFT system in the laboratory.

## RESULTS AND DISCUSSION

### 1. Correlation between the concentration performance and the time fraction of each wave prevalent in the EEG ( Experiment I )

Since the time fraction of artifact being the prevalent EEG was too large if eyes were open the prevalent EEG measurements were taken with the eyes closed. In Experiments I and III the prevalent EEGs were measured for one minute before the trial (concentration level measurement) and 5 minutes after the rest (see Fig. 2) were examined.

In Experiment I the relation between the concentration performance and the time fraction of each wave being the prevalent EEG was examined. By examining the results of Experiment I, the 5-minute

rest period just after the concentration measurement was considered to be the most relaxed time for the subjects. That was taken as the base situation and so the average of ten values of the  $\alpha_1$  wave appearance in that situation was taken as the base value.

Table 3 Correlation Coefficients (r) and the Level of Significance (P) between Basic Appearance Rate (Time Fractions) of the Prevalent EEG ( $Fp_2$   $\theta_2$   $\alpha_1$   $\alpha_2$   $\alpha_3$   $\beta_2$ ) and Concentration

Prevalent EEG	r	P
$\theta_2$ wave	-.135	.361
$\alpha_1$ wave	-.155	.293
$\alpha_2$ wave	.378	.008
$\alpha_3$ wave	.242	.183
$\beta_2$ wave	.229	.047

In Table 3 the correlation coefficients between the concentration performance and the  $Fp_2$   $\theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  and  $\beta_2$  wave appearance (time fraction of the  $Fp_2$   $\theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  and  $\beta_2$  waves being prevalent in the EEG), were examined together with their significance levels. In Table 3, the basic appearance rate (time fraction of each wave) was introduced as;

Basic appearance rate (time fraction) of the prevalent EEG = prevalent EEG in concentration performance time / prevalent EEG in the base situation .

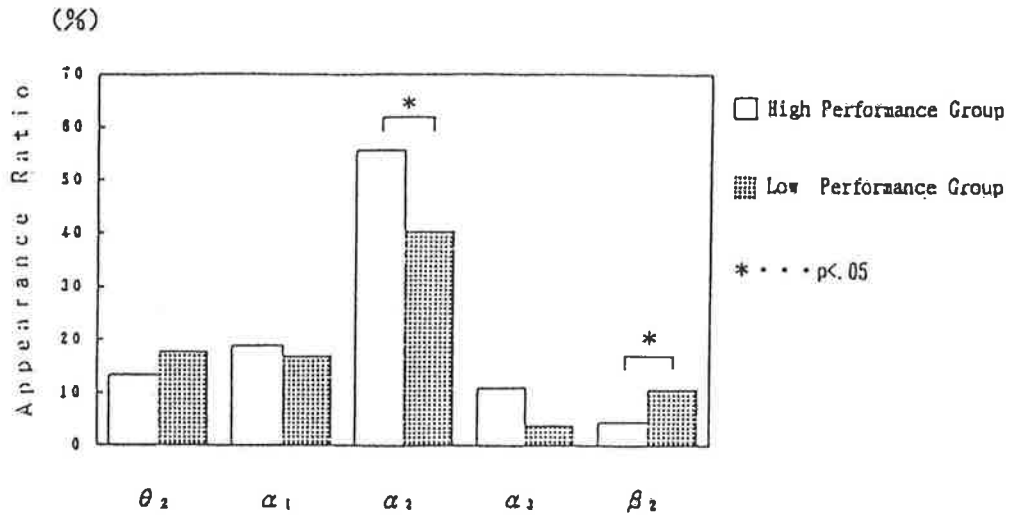


Fig. 4 t TEST Between High and Low Performance Groups about Appearance Ratio of Prevalent EEG ( $Fp_2$ ,  $\theta_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\beta_2$ ) of Experiment I

Although the other correlation coefficients were, in general low, highest correlation in the five waves is seen between the concentration performance and the  $\alpha_2$  wave appearance. The results of t test between the high and low performance groups of appearance ratio of prevalent EEG are shown in Fig.4. In this figure, the appearance ratio of  $\alpha_2$  wave of the high performance group is higher than that of the low performance group. From the these facts, it can be concluded that high concentration performance is associated with the  $\alpha_2$  wave and not with the other waves.

## 2. Effectiveness of the prevalent EEG biofeedback training

Measurements were taken 5 times (5 days) during the BFT period.

Those were taken for each subject by use of the BFT system in the laboratory. The result of t test between the experimental group and the control group about the increased value of appearance (increased value of appearance = appearance of  $Fp_2 \alpha_2$  wave in trial - that in the base situation) in Experiment I and Experiment III shown in Fig.5. In this figure, the increased value of the  $\alpha_2$  wave of the experimental group was larger than that of the control group. It can be said that the  $Fp_2 \alpha_2$  wave appearance increased significantly after the BFT in the experimental group, but the same cannot be said of the control group. So it can be concluded that a significant increase of the  $Fp_2 \alpha_2$  wave appearance can be accomplished by BFT of the prevalent EEG.

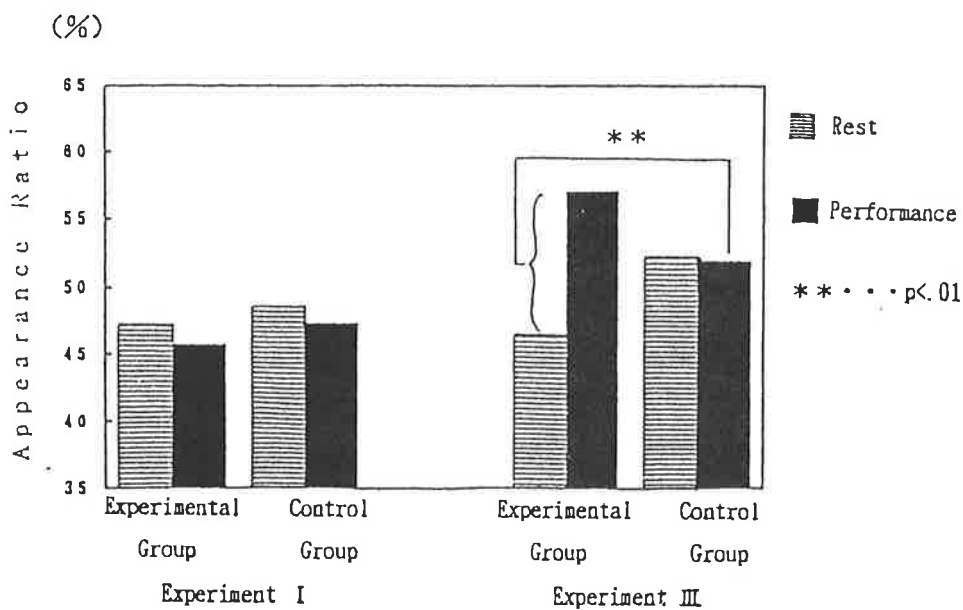


Fig. 5 t TEST Between Experiments I and III about difference of Increased Value of Prevalent  $Fp_2 \alpha_2$  Wave

### 3. Comparison of Experiments I and III about concentration level

Result of t test between Experiments I and III about performance level of concentration is shown in Fig. 6. In this figure it can be seen clearly that the concentration level is increased by the B E T, when comparing the results of Experiment III with Experiment I. From Figs.5 and 6, the increase in the concentration performance is considered to be caused by the intensification of the  $\alpha_2$  wave by means of the prevalent E E G biofeedback training.

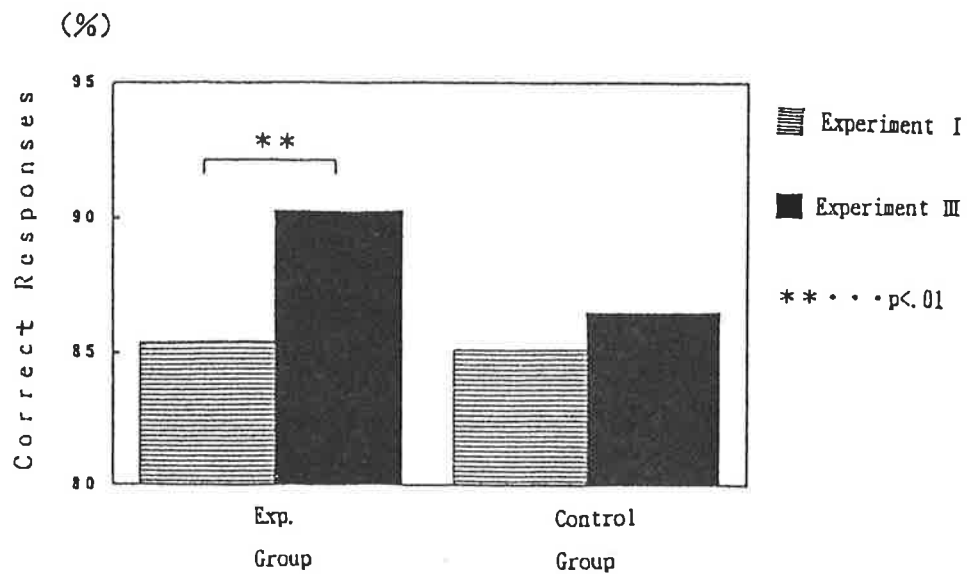


Fig. 6 t TEST Between Experiments I and III of Performance Level of Concentration in the Experimental Group and the Control Group

## CONCLUSION

In order to develop a method for increasing concentration, biofeedback training by means of the prevalent EEG was made for subjects 18-22 years of age. In the EEG picked up from the forehead (Fp<sub>2</sub> position) special attention was paid to the  $\alpha_2$  wave which was a sub-range of the so-called  $\alpha_2$  wave and ranged from 9-11 Hz in frequency with the central frequency being 10.0 Hz, and the relation of the  $\alpha_2$  wave with the concentration was examined. As a result, the following conclusions were obtained;

1. A high level of concentration is accompanied by a large time fraction of the  $\alpha_2$  wave being prevalent in the EEG, i. e., by a high appearance of the  $\alpha_2$  wave.
2. Intensification of the  $\alpha_2$  wave can be accomplished by biofeedback training of the prevalent EEG.
3. Concentration level can be increased by the intensification of the  $\alpha_2$  wave accomplished by biofeedback training.

(にわ たかあき 本学教授)

## REFERENCES

- Crews, D. J. and D. M. Landers, 1993. Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25: 116-126.
- Garfield, C. A. 1984. *Peak Performance*. Los Angeles: Jeremy P. Teacher.
- Hashimoto, K. 1991. Comparison of learning and concentration effect

- of "knowledge of results (KR)" in alpha wave feedback training. Japanese Journal of Psychology 62(3): 180-186.
- Ichimura, S. 1986. Two dimensional structural model of psycho-physiological syndrome of anxiety in sport competition. Bulletin of Health and sports Sciences, University of Tsukuba 9: 15-20.
- Kamiya, J. 1969. Operant Control of The EEG Alpha Rhythm and Some of Its Reported Effects on Consciousness. New York : Jhon Willy. pp. 480-501.
- Niederffer, R.M. and R. C. Sharp, 1978. Attention Control Training : How to Get of Your Mind through Total Concentration. New York : Wyden books.
- Niwa, T. and S. Hiro, 1993. The relationship between the increase of  $Fp_2$   $\alpha_2$  wave and reinforcement of concentration by the prevalent EEG biofeedback training (I). Proceedings of 8th world congress of sport psychology. 693-696. (Lisbon, Portugal).
- Niwa, T. and K. Nagasawa, 1991. The relationship between motor performance and physio-psychological situation. Japanese Journal of sport Psychology 17 (1): 7-14. Also see Proceeding of 7th World Congressin Sport Psychology, Singapore, 1989, Abstract No. 117.
- Niwa, T. and S. Takayanagi, 1988a. Examination of the change in time of "stage fright" in competitive situations : Especially on the two types of phenomenon of autonomic nervous system. Japanese Journal of sport Psychology 14 (1): 7-20.
- Niwa, T. and S. Takayanagi, 1988b. Examination of the personality with reference to the two types of phenomenon of autonomic nervous system. Japanese Journal of sport Psychology 14 (1): 83 -86.
- Shiga, K. Y. Matsuoka and Y. Sasaki, 1982. Increase of the fron-

tal  $\alpha$  wave by the feedback. Biofeedback Study 9 : 1-4.

Suinn, R.M. 1984. Visual motor behavior rehearsal : The basic technique. Scand. Journal of Behavior Therapy 13 : 131-142.

The Committee of Sport Science in Japan Amateur Sport Association E D., 1981. The studies of psychological aptitude for athletes (1), (2). Report of Sport Sciences in Japan Amateur Association.



演題番号 031003

## 前額皮上電位 $\alpha_2$ 波を用いたバイオフィードバックトレーニングによる集中力の増強

—— 一点集中を中心に ——

八十川睦子（奈良女子大学大学院） 丹羽劭昭（奈良女子大学）

### 〈目的〉

集中力増強のための効果的な前額皮上電位（以後、前額電位と略す）バイオフィードバックトレーニング（BFT）を検討するため、次の仮説を検討する。

- 1 パフォーマンス（一点集中）の成績と優勢前額電位 $\alpha_2$ 波は深く関わっている。
- 2 ベストプレーやベストフィーリングをイメージする方法を用いる前額電位BFTは、優勢前額電位 $\alpha_2$ 波を増大させる。
- 3 優勢前額電位 $\alpha_2$ 波を増大させた時、パフォーマンス（一点集中）の成績は高くなる。

### 〈方法〉

対象：大学または高校において、運動系クラブ（テニス、バスケット、スキー、ラクロス、バレー、ソフトボール、剣道、卓球）に所属している（いた）女子大学生16名（18歳～23歳）。各クラブにおける運動経験年数は3～5年である。

実験期日：1993年 9月13日～10月30日

測定装置及び測定内容：前額電位の測定は、前額電位バイオフィードバック装置（FM515S：FT技研製）を用い、センサーベルトを探查電極を前額の右（Fp<sub>2</sub>部）に、アースを前額の左（Fp<sub>1</sub>部）に、基準電極を左耳朶（A<sub>1</sub>部）に装着して単極誘導により前頭葉から導出される2秒毎の前額電位を測定した。その後、FM515Sによって得られたデータをパーソナル・コンピューターに導き、FT技研製の分析用専用ソフトを用いて各周波数帯域の積分値を出力した。更に、前額電位の測度としては $\mu v$ 積分値よりも優勢前額電位指数（優勢前額電位出現時間の比率）の方が適当であるとされる先行研究から、本研究でも優勢前額電位指数を測度とするため、上記のソフトを用いて2秒毎の前額電位帯域（ $\theta_2$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\beta_2$ 帯域とアーティファクト）のうち、優勢帯域となった時間とその比率（ $\theta_2$ 指数、 $\alpha_1$ 指数、 $\alpha_2$ 指数、 $\alpha_3$ 指数、 $\beta_2$ 指数等と呼ぶ）を算出した。本研究ではこの値を優勢前額電位出現率と呼ぶことにする。バイオフィードバックシステムFM515Sは、前額電位の $\theta_2$ 波（中心周波数 5.6Hz）、 $\alpha_1$ 波（中心周波数8.2Hz）、 $\alpha_2$ 波（中心周波数 10Hz）、 $\alpha_3$ 波（中心周波数 12Hz）、 $\beta_2$ 波（中心周波数18Hz）、アーティファ

クトを測定できる。図1にFM515Sのバンドパスフィルターの周波数特性を示す。

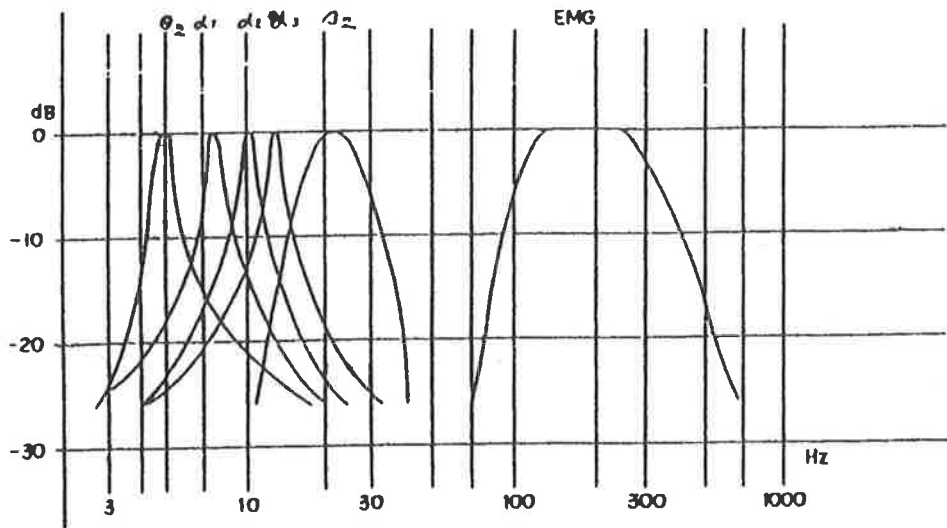


図1 FM515Sのバンドパスフィルターの周波数特性

集中力の測定は、注意力計AF型（稲葉人間工学研究所製）を用い、2Hzの速さで30秒間における3種の数字への反応の正答率を測定した。これを、パフォーマンス（1点集中）成績の測度とした。

手続き：本研究は、実験Iから実験IIIまでの3段階で構成されていて、各実験ともシールドルーム内で行った。

実験I 注意力計によるパフォーマンス（1点集中）成績と、その試行直前の優勢前額電位を測定し、集中時における優勢前額電位として、その出現状態を検討した。また、被験者をパフォーマンス成績に基づいて、平均成績が等しくなるように実験群と統制群の2群に分けた。

実験II 実験Iの分析結果をもとに実験群のみ1日10分、5日間連続でFP<sub>2</sub> α<sub>2</sub>波を増強するように優勢前額電位BFTを行い、その増強状態を検討した。被験者へのBF情報は優勢前額電位α<sub>2</sub>波が一定電圧を越えた時、信号音で知らせた。また、BFTの際には、ストラテジーとして閉眼状態でスポーツ場面における自分のベストプレーやベストフィーリングをイメージするように教示を与えた。

実験III 実験Iと同様の実験を行い、BFTの効果を検討した。

実験I・実験IIIの順序は図2に、実験IIの順序は図3に示す。

器具の装着		
実験の説明		
練習試行		
安静閉眼	(1分)	} × 3
試行前閉眼	(1分)	
試行	(30秒)	
休憩	(30秒)	} セット
安静閉眼	(5分)	

図2 実験I・IIIの実験順序

器具の装着		
実験の説明		
安静閉眼	(1分)	} × 10
BFT	(1分)	
休憩	(30秒)	
安静閉眼	(5分)	} セット

図3 実験IIの実験順序

データの扱い方：各実験において、安静開眼5分の最後の1分間の優勢前額電位出現率を各被験者の安静値とした。また、実験Ⅰ・Ⅲにおいては開眼によるパフォーマンス試行時はアーティファクトが多く出現し正確に優勢前額電位の測定ができないため、試行に最も関係すると思われる試行直前閉眼状態（1分）の優勢前額電位の出現状態を、集中時の優勢前額電位出現率とする。被験者間の安静値の個人差を考慮するため、実験Ⅰ・Ⅲにおいては試行直前閉眼状態（1分）の優勢前額電位出現率を、実験ⅡにおいてはBFT1分間の優勢前額電位出現率を各実験日の安静値で割った値を解析値とし、集中時出現率と表示する。

$$\text{集中時出現率} = \frac{\text{試行時閉眼 または BFT中の出現率}}{\text{安静値 (安静時出現率)}}$$

### 〈結果〉

#### 1 集中力と関係のある優勢前額電位の検討

実験Ⅰの各優勢前額電位の集中時出現率とパフォーマンス成績との相関係数と有意水準を表1の示す。5帯域の中では $\alpha_2$ 波の相関 ( $r = 0.378, df=47, p < .01$ )が最も高い正の相関を示した。さらに成績が高い時と成績が低い時との優勢前額電位を比較することによって成績が高い時の優勢前額電位の特徴をつかみBFTのモデルとするため、各試行において正答率が90%以上の時をH (High-performance) 群、80%未満の時をL (Low-performance) 群として2群の集中時出現率のt検定を行った。結果を図4に示す。H群とL群の間で、 $\alpha_2$ 波のみに1%水準で有意差が認められた。以上の結果から、優勢前額電位 $\alpha_2$ 波が多い時パフォーマンス成績も高いという傾向があると考えられる。そこで実験Ⅱでは優勢前額電位 $\alpha_2$ 波を増強させるBFTを行うことにする。

表1 優勢前額電位帯域の集中時出現率とパフォーマンス成績との相関係数 (r) と有意水準 (P 値)

帯域	r	P 値
$\theta_2$	-0.135	0.361
$\alpha_1$	-0.155	0.293
$\alpha_2$	0.378	0.008
$\alpha_3$	0.242	0.139
$\beta_2$	-0.229	0.200

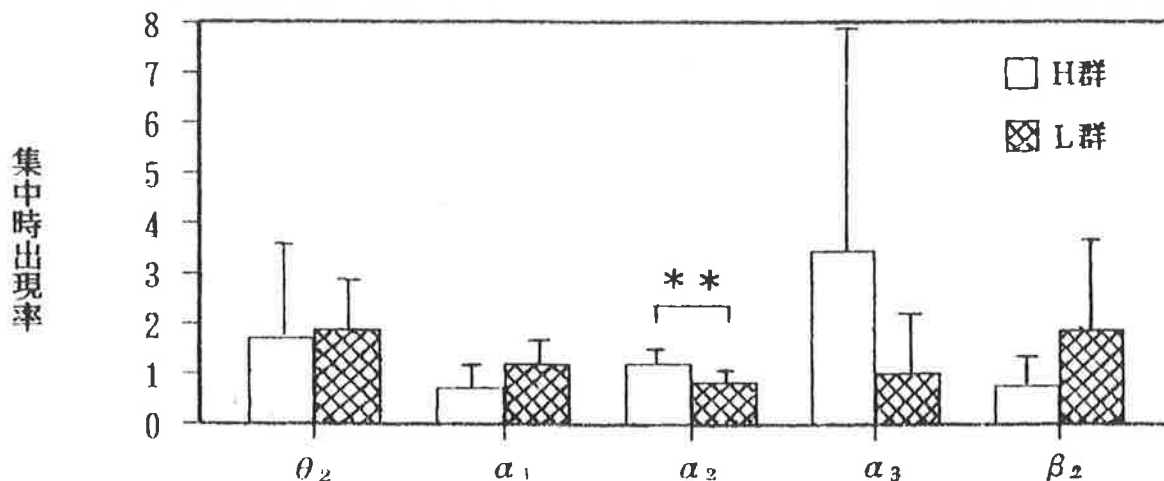


図4 成績H群と成績L群の優勢前額電位出現率

## 2 実験ⅡにおけるBFT効果の検討

実験Ⅰ終了後パフォーマンス成績によって分けた等質群（実験群・統制群）には、実験Ⅰにおける優勢前額電位 $\alpha_2$ 波（以下、優勢 $\alpha_2$ 波とする）集中時出現率も有意差は見られなかった。

実験群のBFTによる優勢 $\alpha_2$ 波集中時出現率の変化を図5に示す。また、実験群と統制群の各実験に伴う優勢 $\alpha_2$ 波集中時出現率の変化を図6に、実験Ⅰと実験Ⅲの実験群と統制群における優勢 $\alpha_2$ 波集中時出現率の比較を図7に示す。図5、6、7から、実験群ではBFT5日間全体の優勢 $\alpha_2$ 波集中時出現率は実験Ⅰより実験Ⅲで有意に増加し、BFTを行わなかった統制群では有意な増加が見られなかったことから、イメージを用いた優勢 $\alpha_2$ 波BFTによって優勢 $\alpha_2$ 波を増強できると思われる。ただし、BFTの3日目にBFT中で最も低い優勢 $\alpha_2$ 波集中時出現率を示した（図5）。この日の内省報告の中に「毎日同じことを行っていてつまらない」というものや「イメージのねたが尽きてしまった」というものもあり、トレーニングの日数や1回の長さなど、さらに細かく検討する必要があると思われる。

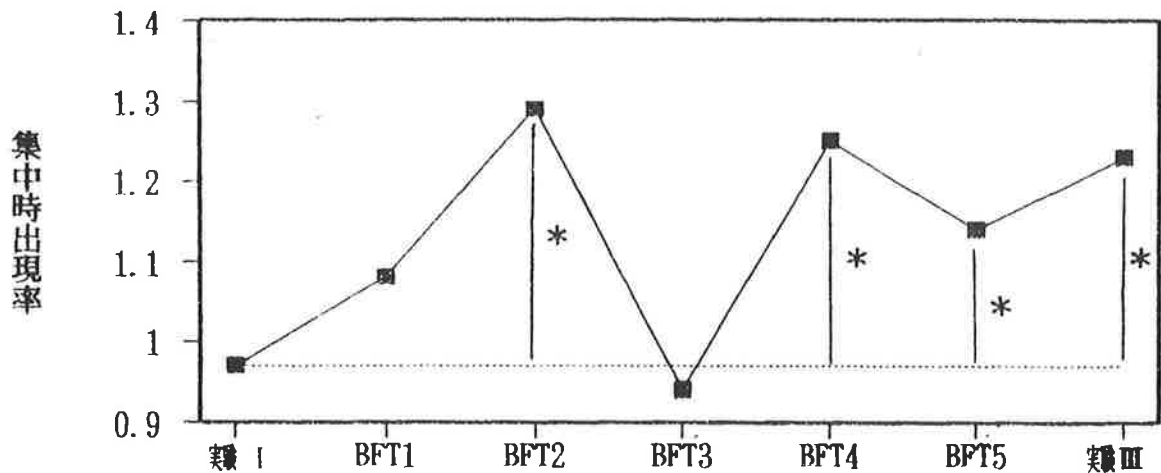


図5 実験群の各実験日における優勢 $\alpha_2$ 波の集中時出現率の変化

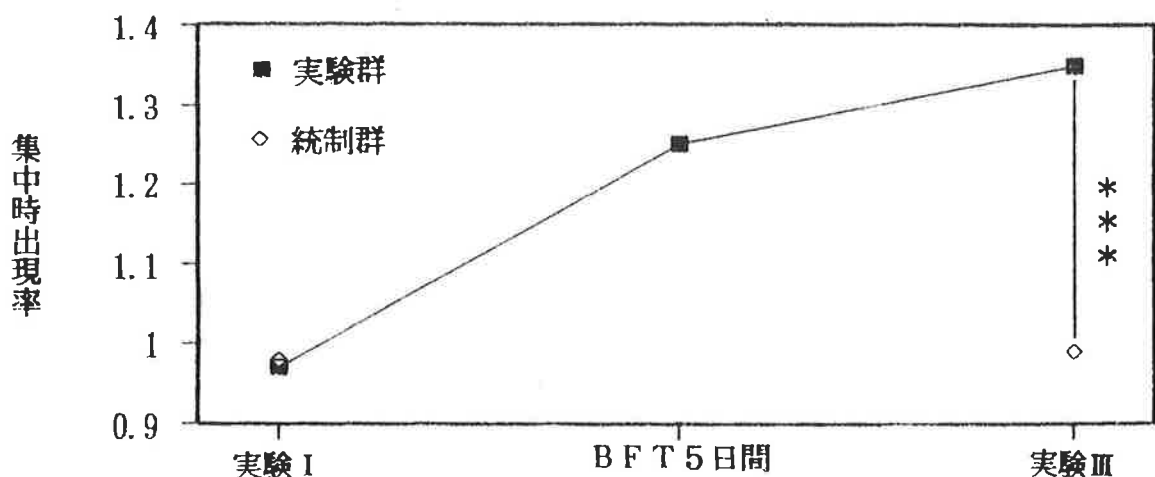


図6 実験群・統制群の各実験における優勢 $\alpha_2$ 波の集中時出現率の変化

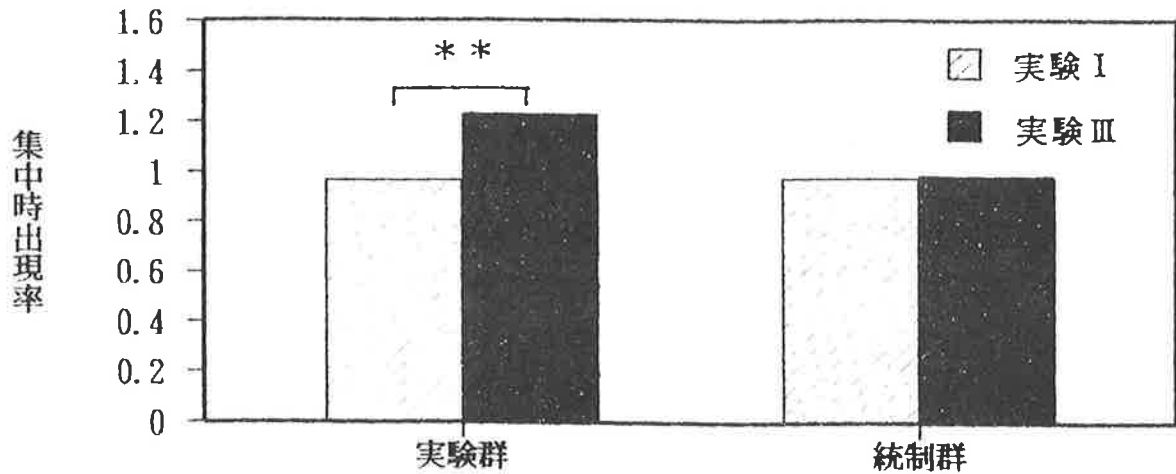


図7 実験群と統制群の実験 I・IIIにおける優勢  $\alpha_2$  波の集中時出現率

### 3 実験群と統制群における優勢 $\alpha_2$ 波集中時出現率とパフォーマンスの成績の実験 I と実験 III の比較

実験 I と実験 III のパフォーマンス成績の比較を図8に示す。図5～7における優勢  $\alpha_2$  波集中時出現率と同様、図8からパフォーマンス成績も実験 I に対して実験 III は統制群では有意な上昇は認められなかったが、実験群では有意な上昇が認められた。ストラテジーとしてイメージを用いた優勢  $\alpha_2$  波 BFT によって優勢  $\alpha_2$  波が増強されたことによって1点集中のパフォーマンス成績が向上したと考えられる。

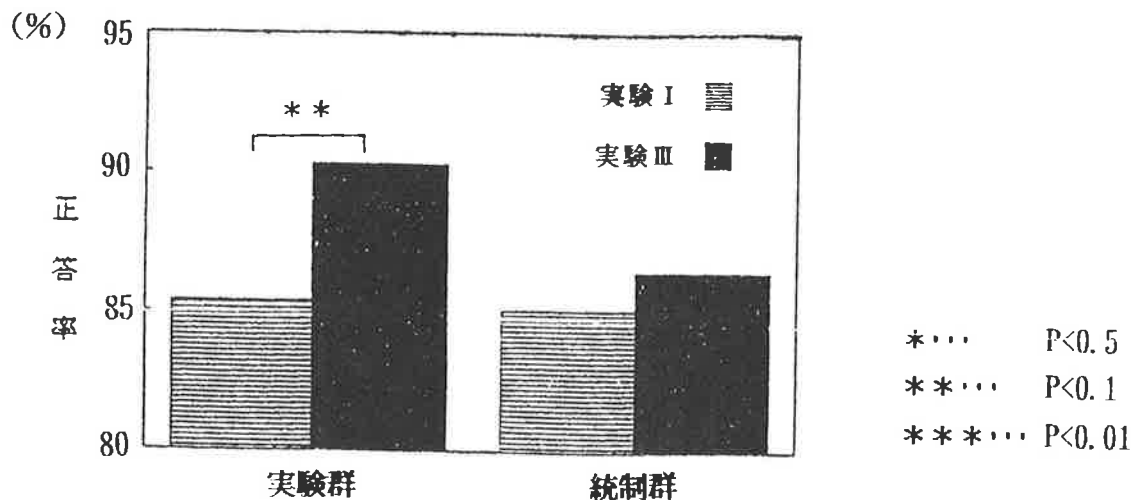


図8 実験群と統制群の実験 I・IIIにおけるパフォーマンス成績

### 〈結論〉

女子大生16名を対象に、集中力増強のための効果的な前額皮上電位バイオフィードバックトレーニングの方法を検討した結果、次の結論を得た。

- 1 一点集中のパフォーマンス成績が高いときは、優勢前額電位  $\alpha_2$  波が多く出現し、両者は密接に関係していると思われる。

- 2 ベストプレーやベストフィーリング等、いわゆるハイパフォーマンス状態をイメージする方法を用いた前額電位BFTによって優勢前額電位 $\alpha_2$ 波の出現を増強することができると考えられるが、トレーニング日数や1回の長さなどさらに細かく検討する必要がある。
- 3 優勢前額電位BFTを用いた優勢前額電位 $\alpha_2$ 波の出現の増強は、一点集中力を向上させることができると考えられる。

## 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 (聖母被昇天学院女子短期大学)

### 目 的

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  $Fp_2 \alpha_2$  波 BFT と略称する) によって一点への注意の集中状態を検討するため, 次の仮説を検討する.

- 1 注意がより集中している状態では優勢前額皮上電位  $\alpha_2$  波 (以下, 優勢  $Fp_2 \alpha_2$  波と略称する) も多く出現する.
- 2 自律訓練法による優勢  $Fp_2 \alpha_2$  波 BFT によって優勢  $Fp_2 \alpha_2$  波を増大させることができる.
- 3 自律訓練法による優勢  $Fp_2 \alpha_2$  波 BFT によって優勢  $Fp_2 \alpha_2$  波を増大させた時, 注意の集中は向上する.

### 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°C, 湿度 47～65%

測定機器: 表 1 に示す.

測定内容及び測定方法:

①前額皮上電位—BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S を用い, 探査電極を前額右

( $Fp_2$ ), アースを前額左 ( $Fp_1$ ), 基準電極を左耳に装着した. 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～

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

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、心理的变化によりよく対応するとの理由から、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—注意力計AF型を用いる。この機器では1~9の数字が2 Hzの速さでランダムに出現し、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す。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、正答率は次式で求める。

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

③疲労度—今回は発表しないので省略する。

### 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〕

注意力計によるパフォーマンス(一点集中)成績と試行中の優勢前額皮上電位を測定した後、パフォーマンス(一点集中)成績が等質な2群を作る。そして一方の群を自律訓練法を用いて5日間、連続して優勢  $Fp_2 \alpha_2$  波 BFT を行う群 (BFT 群)、もう一方の群を優勢  $Fp_2 \alpha_2$  波 BFT を行わない群(統制群)に分けた。被検者は実験室内の椅子に座り、図1に示した実験の手順でパフォーマンス成績と優勢前額皮上電位を測定した。注意力計は数字の画面と被検者の目の距離が1 m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。

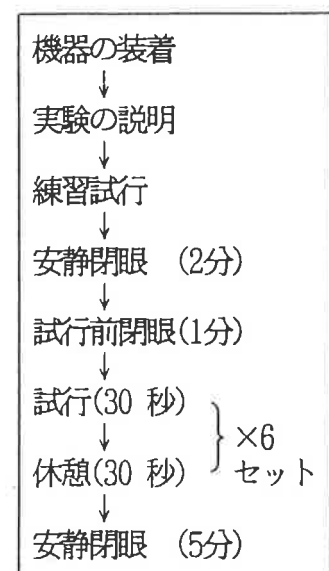


図1 実験I・IIIの  
実験手順

#### 〔実験II〕

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  $Fp_2 \alpha_2$  波 BFT を行った。自律訓練(以下、ATと略す)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, 優勢  $F_{p2}$   $\alpha_2$  波 BFT を始める前にATのテープを7分間聞かせ, その後,  $\alpha_2$  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した. また, 優勢  $F_{p2}$   $\alpha_2$  波 BFT 後の休憩時は, ATのテープのイメージを思い浮かべるように指示した.

- (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

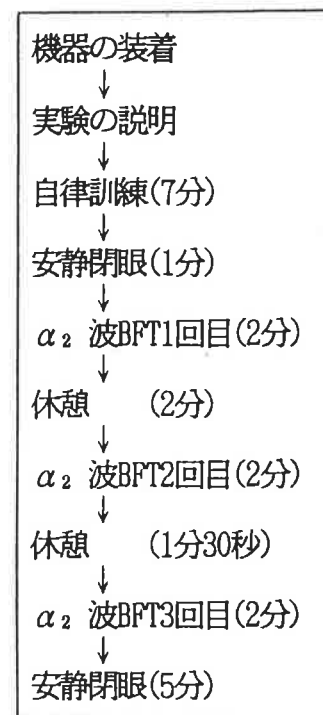


図2 実験IIの実験手順

### 〔実験Ⅲ〕

実験Ⅰと同様の手順でパフォーマンス (一点集中) 成績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 (一点集中) 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統計パッケージによる統計処理を行った.

## 結 果

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  $F_{p2}$   $\alpha_2$  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  $F_{p2}$   $\alpha_2$  波 BFT 中の優勢前額皮上電位出現率とする.

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

優勢前額皮上電位出現率 =  $\frac{\text{各実験日の安静値}}{\text{各実験日の安静値}}$

(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の相関係数（r）と有意水準（p）を表2に示す。 $\alpha_2$ 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。

次に成績を同じ人数の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群として、3群間の優勢前額皮上電位出現率の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率の共分散分析結果を示す。3群間には、

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)

	r	p
$\beta_2$ 波	0.045	0.86
$\alpha_3$ 波	0.022	0.93
$\alpha_2$ 波	0.382	0.02 *
$\alpha_1$ 波	0.279	0.27
$\theta_2$ 波	-0.11	0.68

表3 H群・M群・L群間の各優勢前額皮上電位出現率の共分散分析

優勢前額皮上電位	F値	自由度	p値
$\beta_2$ 波	0.49	2, 15	0.50
$\alpha_3$ 波	1.32	2, 15	0.30
$\alpha_2$ 波	0.78	2, 15	0.077
$\alpha_1$ 波	0.19	2, 15	0.83
$\theta_2$ 波	0.08	2, 15	0.82

表4 各優勢前額皮上電位出現率及び一点集中成績におけるH群とL群間のt検定結果

項目	p	
優勢前額皮上電位出現率	$\beta_2$ 波	0.50
	$\alpha_3$ 波	0.42
	$\alpha_2$ 波	0.045*
	$\alpha_1$ 波	0.70
	$\theta_2$ 波	0.78
一点集中成績	0.001***	

注)  
 $\alpha_2$  波の出現率の平均値  
 H群 1.21  
 L群 0.81  
 一点集中成績の平均値  
 H群 88.2  
 L群 60.6

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、H群にパフォーマンス（一点集中）成績は0.1%水準で、前額皮上電位は

優勢  $F_{p2} \alpha_2$  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  $F_{p2} \alpha_2$  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  $F_{p2} \alpha_2$  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  $F_{p2} \alpha_2$  波の出現率を増強するために優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波 BFT を行うことにする。

(2) 実験Ⅱ：優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波増強のための BFT 効果について

優勢  $F_{p2} \alpha_2$  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）、

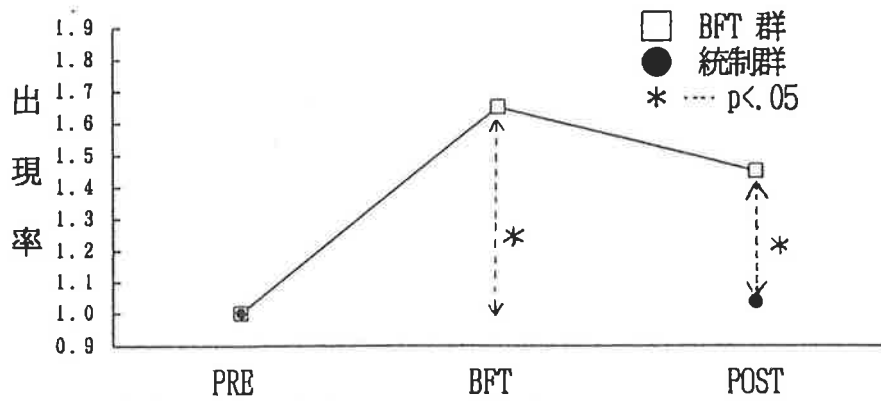


図4 各実験に伴う優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波出現率の推移

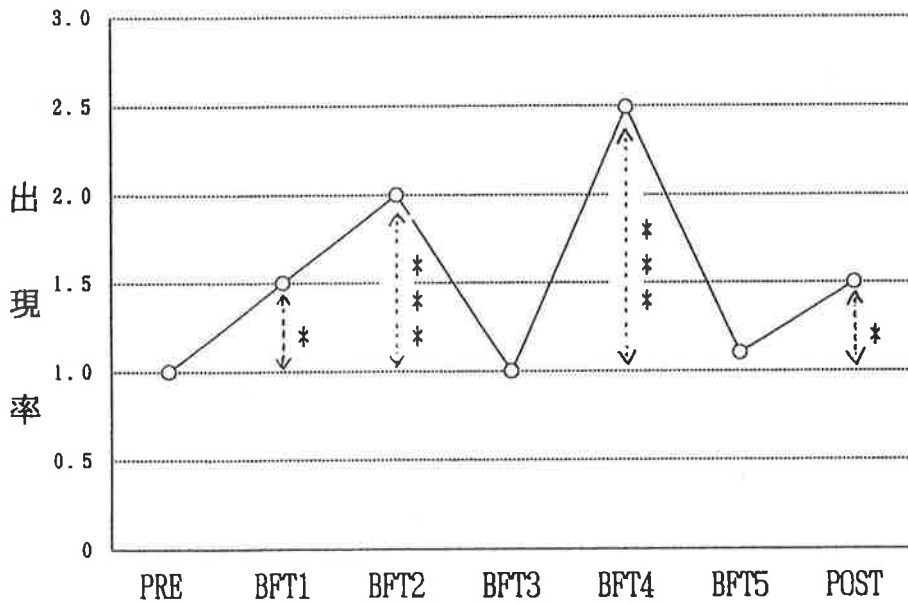


図5 BFT群のBFT5日間の優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波出現率の推移  
\* .....  $p < .05$  \*\*\* .....  $p < .001$

成績に基づきH群, M群, L群の各6人をそれぞれ3人ずつの等質な2群に分け, 優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波 BFT を行う群を BFT 群, 行わない群を統制群と呼ぶことにする. また, 実験 I を PRE テスト, 実験 III を POST テストと呼ぶことにする. また, 優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波 BFT 時や POST テスト時に ARTIFACT が多く出現した時 (出現率が 15% 以上は欠損値として資料から省く) を考慮して, 出現率の群間の比較には PRE テスト時の優勢前額皮上電位出現率を基準とし, 各実験日の共分散分析値を用いることにする. 各実験に伴う優勢  $F_{p2} \alpha_2$  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  $F_{p2} \alpha_2$  波出現率を比較すると, BFT 群の BFT 5 日間の優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波の平均出現率は, PRE テストより有意に多く出現した ( $p < .05$ ). 図 5 に BFT 群の 5 日間の優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波出現率の推移を示す.

以上のことから, AT による優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波 BFT で優勢  $F_{p2} \alpha_2$  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 $F_{p2} \alpha_2$ 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 $F_{p2} \alpha_2$ 波出現率の比較

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  $F_{p2} \alpha_2$  波出現率の比較を図 6 に示す. 図 6 から, PRE テストにおいて 2 群間に優勢  $F_{p2} \alpha_2$  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  $F_{p2} \alpha_2$  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.

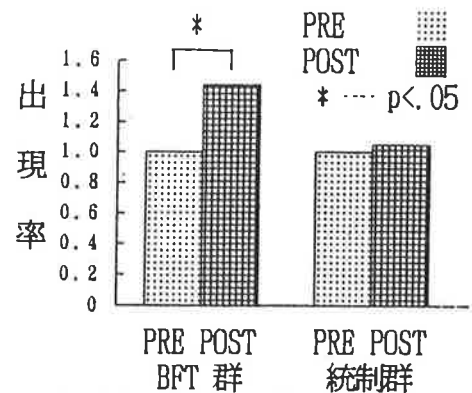


図 6 BFT 群と統制群における PRE テストと POST テストの優勢  $F_{p2} \alpha_2$  波出現率の比較

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

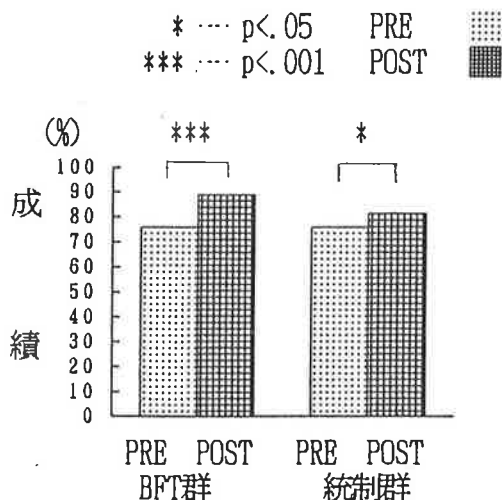


図7 BFT 群と統制群におけるPREテストと POST テストの一点集中成績の比較

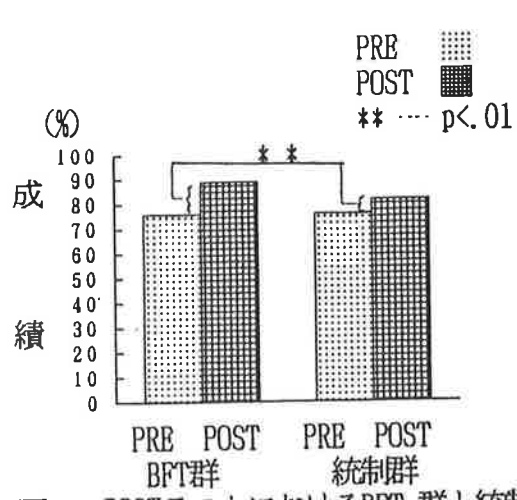


図8 POSTテストにおけるBFT 群と統制群の一点集中成績の伸び率の比較

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 群と統制群の間に有意な差は認められない。POST テストではパフォーマンス（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みとめられたため、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  $Fp_2 \alpha_2$  波が低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られる。

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、一点への集中状態の増強の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) 一点への注意が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  $F_{p2} \alpha_2$  波 BFT によって、優勢  $F_{p2} \alpha_2$  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  $F_{p2} \alpha_2$  波 BFT によって優勢  $F_{p2} \alpha_2$  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）成績が向上すると考えられる。

# 色・情景・音を用いた脳波バイオフィードバックトレーニングによるパフォーマンス強化の検討

— 注意の集中を中心に —

小林 美紀 丹羽 劭昭

## 問 題

最近、一般の人のリラクゼーションやスポーツ選手の競技力向上と関係して、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>12)</sup>。メンタルトレーニングには、イメージトレーニングやリラクゼーショントレーニング、自己暗示法等多くの方法が開発されている。その中でも特に脳波 $\alpha$ 波と関係したバイオフィードバックトレーニング（以下BFTと略す）が注目を浴び、書店でも脳波バイオフィードバックの本が数多く並べられている。

バイオフィードバックとは、生体から脳波、筋電図、心拍数、あるいは皮膚温といった生理的情報を導出し、視覚、聴覚、触覚などの感覚情報に変換してそれを生体に与えることである<sup>4)</sup>。そしてBFTの目的は、最終的には、これらの生理的情報の助けを借りずに自分の力だけで生体をコントロールできるようにすることである。

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ているが、本研究ではイメージによる色・情景及び音を用いたいと考える。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>8)</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<sup>9)</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ゼーション効果は、被験者がストレス下にあたり不安を感じているときほど顕著であるとされている<sup>3)</sup>。しかし、集中力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、心身のリラクゼーションのため、緑色の森、黒色の暗闇、青色の海をイメージさせ、それに関連してくつろげる音として小鳥のさえずり、虫の声、海の音を用いたいと考えた。

また、意識の状態と脳波の関係の研究も古くから行われている。低い覚醒や高い覚醒は行動としての結果が悪く、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の逆U字仮説<sup>6)</sup>をはじめ、ヤーキーズとドッドソン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等が出されている<sup>7)</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運動の調節が要求される運動ほど最適の動機づけの水準は低く、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、最近では覚醒という考え方ではなく、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、最適な脳波状態として $\alpha$ 波の出現が注目されている。従来、 $\alpha$ 波は安静時やくつろいだ状態、注意や集中から解放された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ーガや禅の瞑想中にも現れているという報告が出され始めた<sup>5)</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リラックスして意識が集中しやすい状態を経て強い興奮状態に至る3段階（ $\alpha_1$ 波、 $\alpha_2$ 波、 $\alpha_3$ 波）に分けて実験的に明らかにしようとした。すなわち、優勢脳波（最も高い電圧が出現した脳波）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【注意を一か所に集めて選択的応答を行った時の成績（以下、一点集中力として示す）】との関係について、優勢脳波 $\alpha_2$ 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、そして、 $\alpha_2$ 波が

増大したときには、 $\theta_2$  波か  $\beta_2$  波が減少することを報告している<sup>11)</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は多点集中時の成績の良いときには、低い周波数の  $\alpha_1$  波が多く出現すると予想されるが、この点に関する先行研究は見当たらない。

そこで本研究では、一点集中時に加えて、選択反応の方法による多点集中時での注意力の測定を行い、成績が高い時の脳波出現状態が一点集中時と多点集中時で違うのか、一点集中の最適な水準を強化することによって多点集中力が変化するのか、さらに脳波BFTによる注意力増強の可能性について検証するため、次の仮説を検討する。

1. 一点集中力が高いとき、優勢脳波  $\alpha_2$  波が多く出現する。
2. 多点集中力が高いとき、優勢脳波  $\alpha_1$  波が多く出現する。
3. 優勢脳波  $\alpha_2$  波BFTによって、優勢脳波  $\alpha_2$  波を増強できる。
4. 優勢脳波  $\alpha_2$  波を増強したとき、一点集中力は向上する。
5. 優勢脳波  $\alpha_2$  波を増強したとき、多点集中力は一点集中力と同調するとは限らない。

## 方 法

①被 験 者：女子大学生22名（18～23才）

（ただし最初の実験時37名）

②実験期日：1994年7月24日～9月30日

③環境条件：室温20°C～27°C

湿度47%～65%

④測定項目及び方法：脳波の測定及びバイオフィードバックの装置は、フューテックエレクトロニクス社製BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-Sを用いた。探査電極をセンサーベルトで前額右（Fp<sub>2</sub> の位置）に、アースを前額左（Fp<sub>1</sub> の位置）に、基準電極をクリップ型で左耳たぶ（A<sub>1</sub> の位置）に装着した（図1）。記録はバイオフィードバック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脳波を2秒毎に測定する。測定する脳波は、 $\theta_2$  波（5.0～6.2Hz、中心周波数5.6Hz）、 $\alpha_1$  波（8.0～9.0Hz、中心周波数8.2Hz）、 $\alpha_2$  波（9.0～11.0Hz、中心周波数10Hz）、 $\alpha_3$  波（11.0～13.0Hz、中心周波数12Hz）、 $\beta_2$  波（16.4～19.6Hz、中心周波数18Hz）、及びアーティファクトである。バンドパスフィルターの精度を示すためその周波数特性を図2に示す。

一点集中力測定の装置は、注意力計AF型を用いた。画面に1から9までの数字が出現速度2.0Hz でランダムに出現するなかで、被験者は利き手でスイッチを持ち、指定された3

A:探査電極  
B:アース  
C:基準電極



図1 脳波計の装着部位

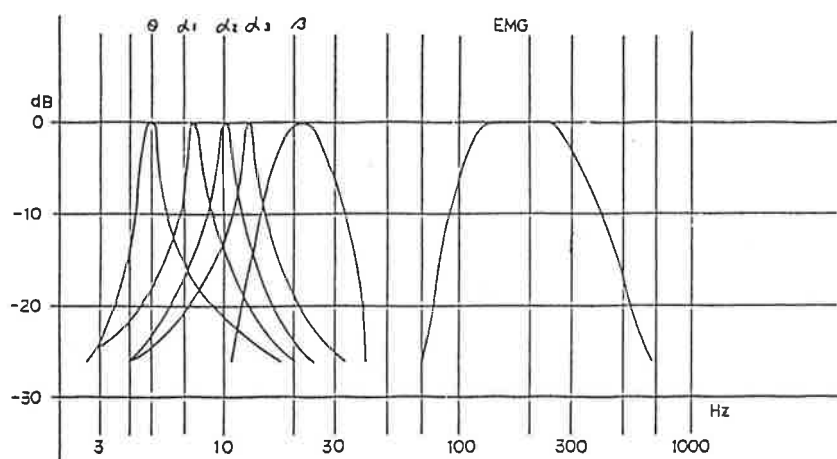


図2 FM515-Sのバンドパスフィルターの周波数特性



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、その人の一点集中力とする。

多点集中力測定装置は、独自に開発した多点集中力の測定専用ソフトを用い、ディスプレイに示した(図3)。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、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最も多いかを判断し、●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、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。

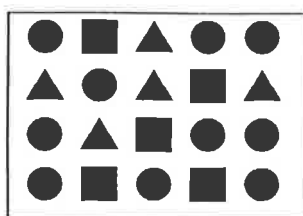


表1 予備実験における絵記号の数の比率とその正答率

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

図3 多点集中力測定装置の画面の一例

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1に示す。表1から、3種の絵記号の数の比率が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する。多点集中の正答率の算出方法は次の通りとする。

$$\text{正答率} = \frac{C}{10} \times 100$$

C : 正答回数

この正答率を以て、その人の多点集中力とする。

⑤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、注意計、約50cmのところ、ディスプレイを設置し、一点集中力、多点集中力及び試行時の出現脳波として試行前閉眼時の優勢脳波を測定する。試行時は開眼しているためアーティファクトが多く出現し、正確に脳波を測定することができないからである。そこで先行研究から<sup>10)</sup>、試行に関連していると思われる試行前閉眼時の脳波をとりあげ、試行時の脳波として検討していくこととする。それにもかかわらずアーティファクトが多く出現した被験者は、不適切な資料となる可能性が考えられることから、除外した。一点集中力と多点集中力の測定はそれぞれ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、例を図4~7に示す。

〔実験II〕実験Iから、一点集中力の等質な2群に分けた。すなわちBFT群とBFTを行わないCON群の2群に分けた。BFT群のみが、5日間連続して脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行う。実験順序は図8に示すとおりである。

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、小鳥のさえずり、虫の声、海の音を聞かせる。各音の直後にそのままリラックスした状態を続け、脳波 $\alpha_2$ 波が出現していることを示すフィードバック音をできるだけ長く鳴らすように指示する。また

器具の説明  
練習試行 <一点集中30秒間  
多点集中3セット(1セットは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 <一点集中30秒間  
多点集中3セット(1セットは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)
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)
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 <一点集中30秒間  
多点集中3セット(1セットは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  
<一点集中30秒間 多点集中3セット(1セットは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)

関連音を聞かせなくても脳波  $\alpha_2$  波を出現させることができる訓練をするため、最後に関連音無しでBFTを行う。更に、何をイメージするかについての指示もしない。

[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分において優勢脳波  $\alpha_2$  波を多く出すように心掛けてもらうが、フィードバック音は出さない。他はCON 群と全く同様の手順で行う。

⑥実験後の処理：奈良女子大学情報処理センターの大型コンピュータでSAS 統計パッケージを用いて統計処理を行う。

## 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安静閉眼5分間<sup>11)</sup>の各優勢脳波の出現値を各被験者の安静値と考えることとする。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分間の各優勢脳波の出現値を、それぞれ安静時で割った値を集中時出現率(以下、出現率と呼ぶ)とし、下にその式を示す。

$$\text{出現率} = \frac{\text{一点(多点)集中試行前閉眼の各脳波出現値}}{\text{試行後安静閉眼の各脳波出現値}}$$

器具の装着  
 実験の説明  
 「まず、1分間安静にしてください」  
 安静閉眼 (1分間)  
 「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」  
 小鳥のさえざり (1分半) ※  
 「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」  
 B F T (2分間)  
 「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」  
 虫の声 (1分半)

「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」  
 B F T (2分間)  
 「青色をイメージしてください。あなたは海に来ました」  
 海の音 (1分半)  
 「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」  
 B F T (2分間)  
 「では、30秒間休憩してください」  
 休憩 (30秒間)  
 「では、もう一度鈴虫の音が鳴るようにしてみてください」  
 B F T (2分間)

(「 」はカセットテープによる指示)  
 ※バイオフィードバック音

図8 実験IIの実験手続き

成績と脳波の関係を検討していくうえで、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回毎の値を基に計算した。ただし、BFT群とCON群に分ける時のみ平均値を用いる。

実験Iの各脳波の出現率と集中力との相関係数と有意水準を表2、表3に示す。

表2、3から、一点集中においては $\alpha_1$ 波に $r = 0.30$ 、 $\alpha_2$ 波に $r = 0.25$ で相関がみられ、多点集中においては、いずれの脳波にも5%水準では有意性が認められなかった。

表2 優勢脳波出現率と一点集中力との相関係数(r)とその有意水準(p値)

脳波	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3 優勢脳波出現率と多点集中力との相関係数(r)とその有意水準(p値)

脳波	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、一点集中力が80%以上の時をH群、65%未満の時をL群とし、また多点集中力が90%以上の時をh群、60%以下の時をl群として、最も成績差の大きいH群とL群、及びh群とl群の2群において各脳波ごとに上位・下位分析(t検定)を行った。(表4、表5)

表4 一点集中時のH群とL群の優勢脳波出現率の平均値とt検定結果(p値)

脳波	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5 多点集中時のh群とl群の優勢脳波出現率の平均値とt検定結果(p値)

脳波	h群	l群	p値
$\theta_2$	1.0	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
$\beta_2$	1.26	1.24	0.9481

実験Ⅱで、BFT 群11名、CON 群11名の一点集中力の等質群に分けられた。

なお、実験ⅠをPRE テスト、実験ⅢをPOSTテストと呼ぶこととする。

そして、各集中におけるPRE テストとPOSTテストの各出現脳波の t 検定を両群について行った結果を表6~9 に示す。

表6 CON群における一点集中時のPREテストとPOSTテストの優勢脳波出現率の平均値とt検定結果(p値)

脳波	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7 CON群における多点集中時のPREテストとPOSTテストの優勢脳波出現率の平均値とt検定結果(p値)

脳波	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8 BFT群における一点集中時のPREテストとPOSTテストの優勢脳波出現率の平均値とt検定結果(p値)

脳波	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9 BFT群における多点集中時のPREテストとPOSTテストの優勢脳波出現率の平均値とt検定結果(p値)

脳波	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

また、上位群と下位群の各成績及び各優勢脳波出現率を図9~18に示す。更にCON 群とBFT 群のPRE・POSTテストの各成績及び各優勢脳波出現率についても示す。

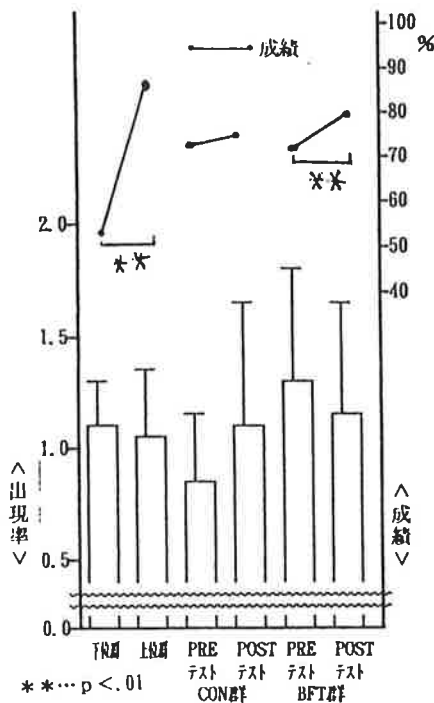


図9 一点集中力と優勢脳波 $\theta_2$ 波出現率

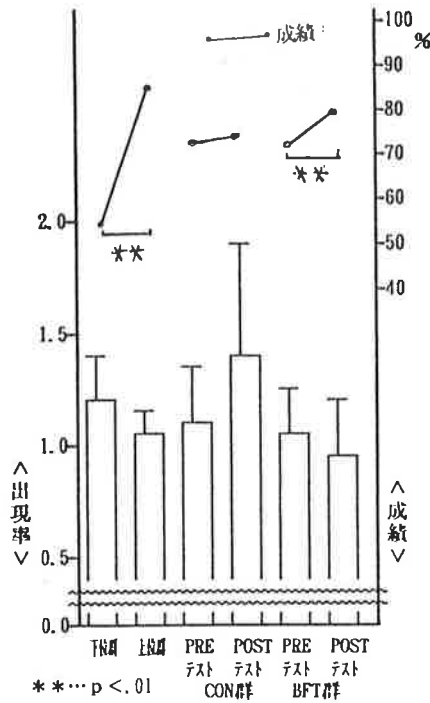


図10 一点集中力と優勢脳波 $\alpha_1$ 波出現率

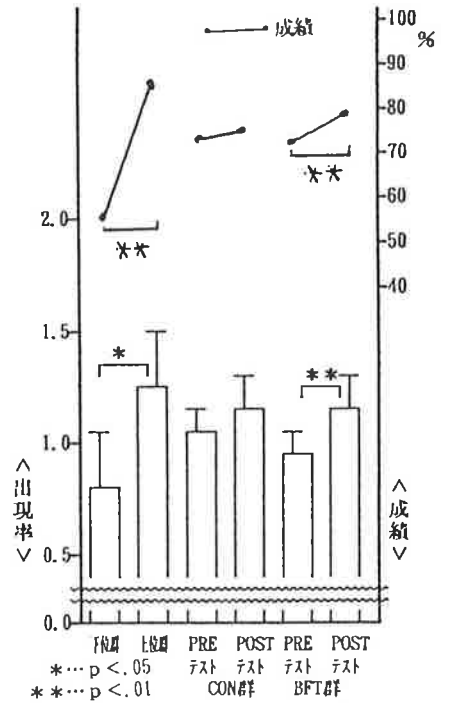


図11 一点集中力と優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率

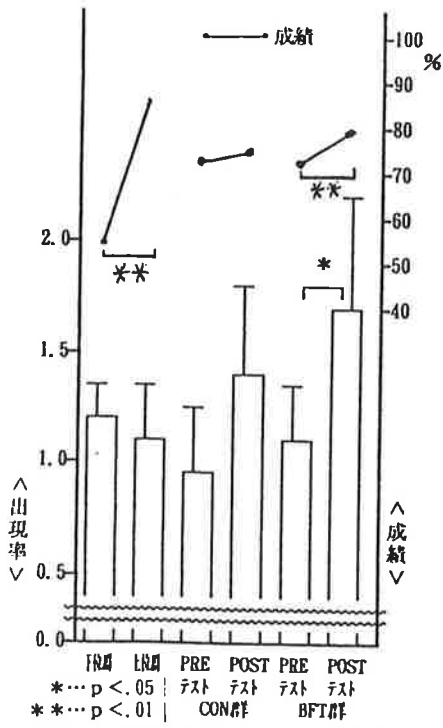


図12 一点集中力と優勢脳波 $\alpha$ , 波出現率

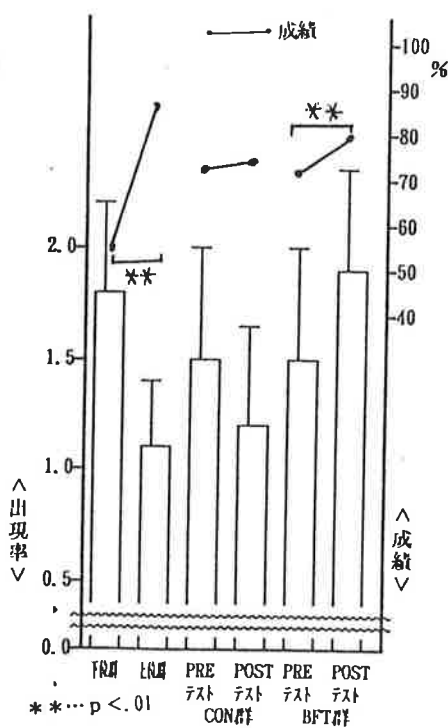


図13 一点集中力と優勢脳波 $\beta$ , 波出現率

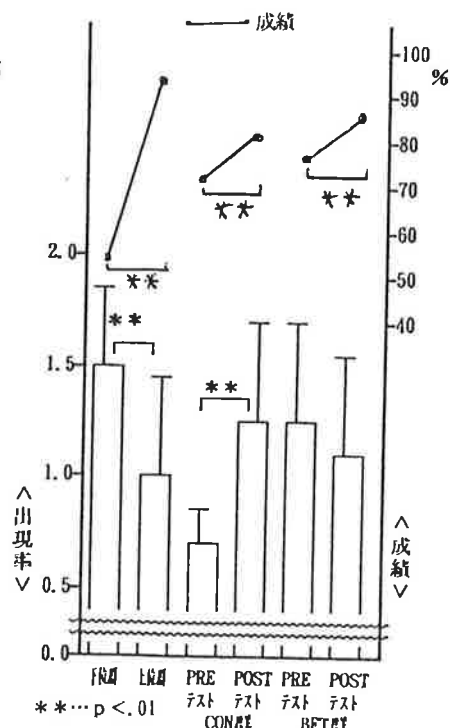


図14 多点集中力と優勢脳波 $\theta$ , 波出現率

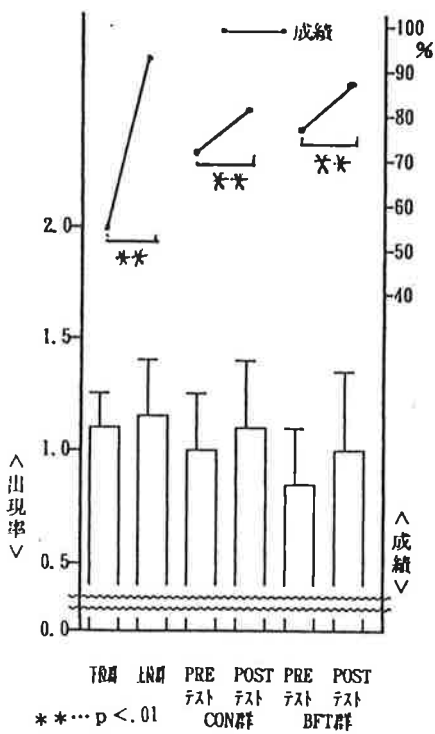


図15 多点集中力と優勢脳波 $\alpha$ , 波出現率

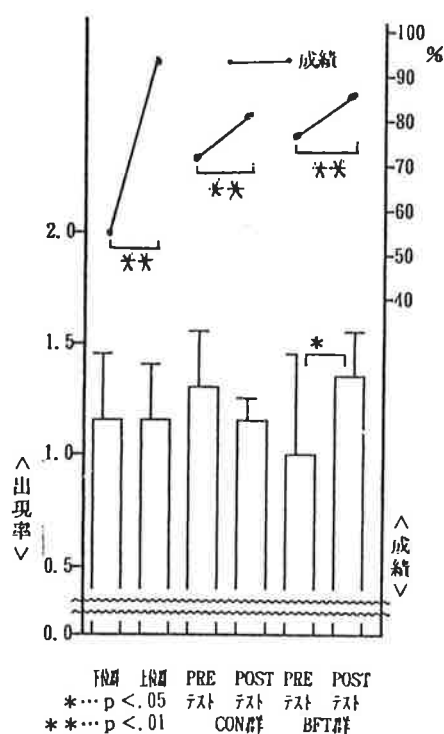


図16 多点集中力と優勢脳波 $\alpha$ , 波出現率

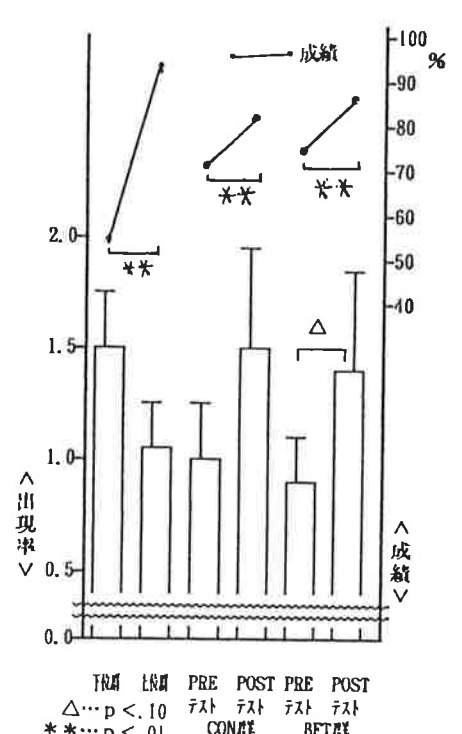


図17 多点集中力と優勢脳波 $\alpha$ , 波出現率

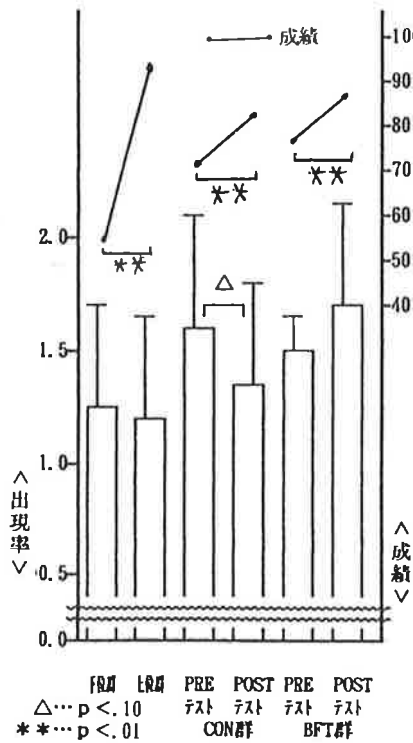


図18 多点集中力と優勢脳波 $\beta_2$ 波出現率

④CON 群とBFT 群の t 検定

PRE テストの一点集中力をもとに分けた等質群間には、一点集中力、多点集中力共有意差がみられなかった。さらに、 $\alpha_2$  波出現率においても有意差がみられなかったので、両群は両成績及び優勢脳波 $\alpha_2$  波について等質群とみなされる。

図19に一点集中時におけるPRE テスト時の優勢脳波 $\alpha_2$  波を基準として、BFT 中及びPOST テスト時の優勢脳波 $\alpha_2$  波出現率の推移を示した。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見受けられる。

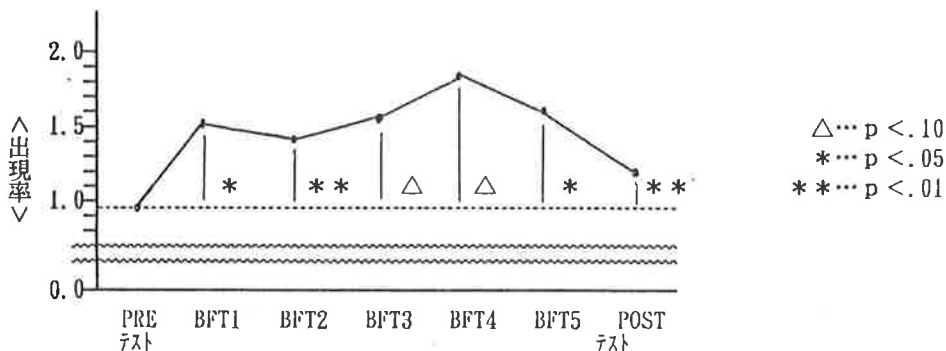


図19 一点集中のPREテスト時、BFT中及びPOSTテスト時の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率

図9~18から、以下の結果にまとめることができる。

①上位・下位分析 (t 検定)

上位群と下位群では一点集中力、多点集中力共1%水準で有意差がみられた。一点集中力上位群は下位群よりも $\alpha_2$  波が多く出現している。また、多点集中力の下位群は上位群よりも $\theta_2$  波が多く出現している。

②CON 群のPRE テストとPOSTテストの t 検定

一点集中時においては、成績及びどの脳波出現率にも有意差がみられなかった。

多点集中時においては、PRE テストよりPOSTテストの方が成績が1%水準で有意に向上し、 $\beta_2$  波出現率が10%水準で減少していた。

③BFT 群のPRE テストとPOSTテストの t 検定

一点集中時においては、PRE テストよりPOSTテストの方が成績と $\alpha_3$  波出現率が5%水準で増大し、 $\alpha_2$  波出現率が1%水準で多く出現していた。

更に、多点集中時においては、成績が1%水準で向上し $\alpha_2$  波出現率が5%水準で増大していた。また、 $\alpha_3$  波出現率が10%水準で増大していた。

考 察

1. 仮説1について

実験IのPREテスト(表2)から一点集中力及び $\alpha_1$  波に $r = .30$ の、 $\alpha_2$  波に $r = .25$ の相関がみられている。また図9~13から、一点集中力におけるL群とH群の2群間に $\alpha_2$  波出現率のみに有意差が見られている。以上のことから一点集中力が高い時 $\alpha_2$  波が多く出現していると考えられる。

2. 仮説2について

まず多点集中力はPRE テストでl群よりh群の方が高く、同様にCON 群とBFT 群におい

てもPRE テストよりPOSTテストの方が有意に高い。次に、成績の高低に伴う脳波出現率の変化をみると、図14~18から、全ての場合において同調傾向を示したのは $\alpha_1$ 波のみである(ただし有意差はない)。

他の脳波については矛盾した傾向を示している。例えば、CON 群とBFT 群はどちらもPRE テストよりPOSTテストの方が成績は有意に増大しているにもかかわらず、 $\theta_2$ 波出現率はCON 群では有意に増大、BFT 群では減少傾向がうかがえる。また $\alpha_2$ 波出現率は前者は減少傾向を示し、後者は増大している。 $\alpha_3$ 波は前者は増大傾向を示し、後者も増大しているが、多点集中力の高いh群においてはl群よりも $\alpha_3$ 波出現率は少ない。 $\beta_2$ 波は前者は減少し、後者は増大傾向を示している。

以上のことから、多点集中力が高い時、 $\alpha_1$ 波のみが多く出現している傾向がうかがえるが、有意差が見られないので証明することはできなかった。

CON 群・BFT 群の両群共、PRE テストよりPOSTテストの方が多点集中力が有意に高い理由は、練習効果によるものと考えられる。なぜなら上位・下位群間とCON 群及びBFT 群のPRE・POSTテスト間の全ての場合において、有意に増大あるいは減少するという成績向上の決め手となる特定の優勢脳波がみられないからである。練習効果のない実験をする方法として、①単純なパフォーマンスを用いるか、②練習効果が出ない位繰り返して練習した後実験することが考えられる。そのため、本研究では練習試行を多点集中は計30回(3セット)行ったが、まだ練習不足であったと考えられる。

### 3. 仮説3について

図9~18から、BFT 群は一点集中時においても多点集中時においても、PRE テストよりPOSTテストの方が $\alpha_2$ 波出現率が有意に増大している。また図19から、2日目とPOSTテストにおいて1%水準で、1日目と5日目において5%水準で有意に、3日目と4日目では10%水準で増強されていた。こうしたことから、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTによって優勢脳波 $\alpha_2$ 波を増強することができると考えられる。

表10 BFT中の情景イメージの出来具合の様子(第1日目)

	よくできた できた	ふつう	あまりできない できない
緑	8	3	1
黒	3	7	2
青	6	3	3

(名)

なお質問紙から(表10)、それぞれの色について、イメージがうまくできないと答えた者が若干名いることがうかがえる。これらの結果から、よりイメージしやすくするためにBFTの方法を更に検討していくことが望まれる。

### 4. 仮説4について

図20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、一点集中力も有意に向上している。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、 $\alpha_2$ 波を増強させることによって一点集中力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21から、 $\alpha_2$ 波を有意に増強したBFT 群をみると多点集中力が有意に向上し、また図20から、一点集中力も向上している。したがって、多点集中力が一点集中力と同調しているように見えるが、そうであれば図21のCON 群のPRE テストとPOSTテストの説明がつかない。すなわちPOSTテストの方がPRE テストより優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率が減少したにもかかわらず多点集中力が向上し、 $\alpha_2$ 波と多点集中力の同調関係を見出すことができない。

そこで、仮説5は優勢脳波 $\alpha_2$ 波を増強すると多点集中力が向上するとは限らないとい換えることができる。このように考えると、仮説2でも述べたように、優勢脳波 $\alpha_2$ 波と多点集中力は関係がみられなかったことと、図21からも優勢脳波 $\alpha_2$ 波と多点集中力では同調傾向がみられないことから、優勢脳波 $\alpha_2$ 波を増強すると多点集中力は一点集中力

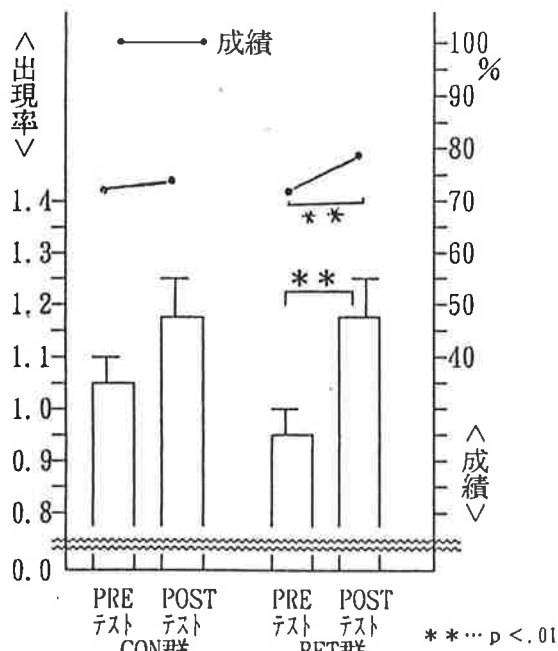


図20 CON群とBFT群のPREテスト・POSTテストにおける優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率とその成績(一点集中力)

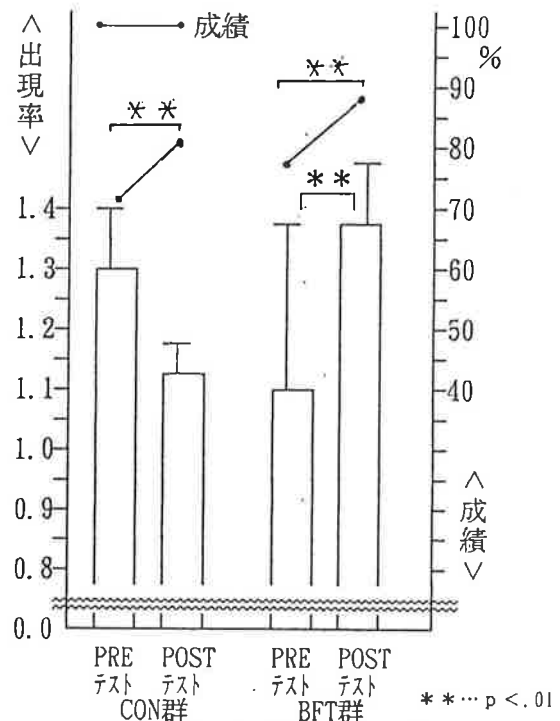


図21 CON群とBFT群のPREテスト・POSTテストにおける優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率とその成績(多点集中力)

と同調するとは限らないと考えられる。

## 結 論

優勢脳波 $\alpha_2$ 波とパフォーマンス成績との関係について5つの仮説を検討した。女子大学生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脳波及びパフォーマンス(一点集中、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力と多点集中力、及び両集中時の出現脳波を測定した。実験IIでは、実験Iの一点集中力をもとに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する。その結果、次の結論を得た。

1. 実験Iにおいて、一点集中力と優勢脳波 $\alpha_2$ 波に正の相関がみられ、また一点集中力の上位・下位分析で $\alpha_2$ 波のみに有意差がみられたことから、一点集中力が高いとき $\alpha_2$ 波が多く出現していると考えられる。

2. 実験Iと実験IIIにおいて、多点集中力の向上に伴って同傾向がうかがえたのは $\alpha_1$ 波のみであった。有意差がないので証明することはできないが、多点集中力が高いとき、優勢脳波 $\alpha_1$ 波が多く出現するのではないかと推察される。

3. 実験IIにおいて、実験Iの試行前閉眼時の $\alpha_2$ 波を基準としたとき、毎日有意に $\alpha_2$ 波が増強されていた。また、実験IIIにおいてBFT群のみ $\alpha_2$ 波が有意に増強されていた。以上のことから、脳波 $\alpha_2$ 波BFTによって優勢脳波 $\alpha_2$ 波を増強できると考えられる。

4. 実験IIIにおいて、BFT群のみ優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率と一点集中力が向上していたことから、優勢脳波 $\alpha_2$ 波を増強したとき、一点集中力は向上すると考えられる。

5.  $\alpha_2$ 波を増強した時、多点集中力も向上したが、優勢脳波 $\alpha_2$ 波が減少したにもかかわらず多点集中力が向上している傾向がみられることから、優勢脳波 $\alpha_2$ 波を増強したときは多点集中力は一点集中力と同調するとは限らないと考えられる。



## 文 献

- 1) バーバラ：石川 中 訳(1986) 心と身体対話(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 p. 23.
- 4) 松田岩男・杉原 隆 編著(1987) 前掲書 p. 57.
- 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) 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)及び発表資料.
- 10) 丹羽劭昭・弘 志穂(1992) 脳波バイオフィール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)．日本スポーツ心理学会 第19回大会研究発表抄録集(B-04)及び発表資料.
- 11) 高橋慶治(1994) メンタルトレーニング．朝日出版社：東京， Pp. 195.
- 12) 八十川睦子(1994) 集中力増強のための脳波バイオフィール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.

## Ⅱ 心拍バイオフィードバックトレーニング

- 1 パフォーマンス向上のための不安特性に基づく心拍バイオフィードバックトレーニング  
－ 反応時間を中心に －

1995年10月4～6日

於 群馬県民会館

## パフォーマンス向上のための不安特性に基づく

### 心拍バイオフィードバックトレーニング

—— 反応時間を中心に ——

丹羽劭昭( 聖母被昇天学院女子短期大学)

#### [ 目的 ]

不安特性に基づく心拍バイオフィードバックトレーニング(以下、HR・BFT と略す)によってパフォーマンスの成績を向上させる方法を考えるため、反応時間(以下、RT と略す)を用いて、次の仮説を検討する。

1 HR・BFT によって心拍数(以下、HRと略す)を一定の範囲内で制御することができる。

2 不安特性の違いに基づくHR・BFT には、それぞれに最適な自己暗示がある。すなわち、効果の高い順に、不安特性の ①高い人に精神集中の自己暗示、低い人にアクティベーション(自己意識の高揚や発奮、以下、ACと略す)の自己暗示 ②高い人も低い人も自己暗示なし ③高い人にACの自己暗示、低い人に精神集中の自己暗示 となる。

3 最適な自己暗示を用いたHR・BFT でHRをコントロールすることによって、RTを短縮できる。

#### [ 方法 ]

対象： 女子大学学生 35 名(運動部経験者33名、運動部未経験者2名)

実験期間：1993年9月9日～11月17日

実験環境：気温20～26°C、湿度45～65%

実験順序： 実験Ⅰで選択RTの最も速かったセットのHRを検討し、目標HR(率)とする。予備実験と実験Ⅰの内省報告から精神集中およびアクティベーション(AC)

の自己暗示内容を決める。実験Ⅱで集中法とAC法によって目標HRを維持するためのHR・BFT を5日間行う。実験Ⅲで再び実験Ⅰと同じ選択RTを測定する(図1)。

実験条件・方法：[実験Ⅰ・Ⅲ]

実験Ⅰ・Ⅲの手続きを図2に示す。選択RTの測定は、完全暗室で椅座居し、眼前1.5mからの光(赤と黄)と音(3000Hz と500Hz)刺激への各選択RTを測る。Foreperiodは1～5秒でランダム。

目標HR率 = (実験Ⅰの視覚RT最短時HR / 実験Ⅰの安静時HR + 実験Ⅰの聴覚RT最短時HR / 実験Ⅰの安静時HR) / 2 但し、被験者には毎回、実験当日の安静時HRから目標HRを算出し、その±2 を目標値として、毎回その値を伝える。

[実験Ⅰ]	反応時間の測定
[実験Ⅱ]	HRのBFT 1回目
	HRのBFT 2回目
	HRのBFT 3回目
	HRのBFT 4回目
	HRのBFT 5回目
[実験Ⅲ]	反応時間の測定

図1 実験順序

〔心理的動機づけ〕

CAS 不安検査とYG検査の情緒特性群(DCIN)の10段階評価の平均5以上を高不安, 4以下を低不安とした。また, 被検者の実際の運動場面における心理的緊張をほぐす方法や逆に心を高揚・発奮させる方法等をアンケート調査して, 被検者毎に自己暗示とイメージ(自分の運動場面のイメージ)を組合わせて心理的動機づけとした。そしてACの自己暗示とイメージを組み合わせた群を+群, 精神集中の自己暗示とイメージを組み合わせた群を-群とし(表1), 不安特性の高・低各不安群に+群と-群と自己暗示やイメージをしない0群をつくり, 高+, 高-, 高0, 低+, 低-, 低0の6群をつくってHR・BFTを行う。この0群の被検者には, 自己暗示をおこなったり, 試行のイメージをもったりしないようにするため, +群や-群が自己暗示+イメージをしている時間には, この実験と全く関係がなくしかも刺激の少ないマンガを読んでもらうことにした。さらに別にHR・BFTのみの効果をみるため, HR・BFTを行わない群をつくり高不安CONTROLE群(以下, 高CON群と略す), 低不安CONTROLE群(以下, 低CON群と略す)とする(表2)。なお, 結果では高・低両CON群間に有意差がみられないため, 両群をあわせてCON群として示す。

◇器具の装着・実験の説明	
◇練習試行	
視覚の選択反応(6回)	1分
聴覚の選択反応(6回)	1分
◇本試行の説明	
◇本試行	
安静	2分
各自の集中法での集中	1分30秒
視覚反応(10回) 1分40秒	} ×5セット
休憩 20秒	
聴覚反応(10回) 1分40秒	
休憩 20秒	20分
安静	3分

図2 実験I・IIIの実験手続き

表1 +群, -群に与えた心理的動機づけ

+	自分の運動場面をイメージし、「自分は絶対…するんだ」「絶対…できるんだ」と思い込む。
-	自分の運動場面で大きく深呼吸をし、それによって落ち着いた自分をイメージし、「自分は本当に落ち着いているぞ」と思い込む。

表2 不安特性に基づく群分けとHR・BFT時に与えられた動機づけ

仮説	群	不安特性	与えられた動機づけ
悪	高+	高い	イメージ+アクティベーションの自己暗示
良	高-	高い	イメージ+精神集中の自己暗示
普通	高0	高い	なし(マンガを読む)
CON	高CON	高い	BFTなし
良	低+	低い	イメージ+アクティベーションの自己暗示
悪	低-	低い	イメージ+精神集中の自己暗示
普通	低0	低い	なし(マンガを読む)
CON	低CON	低い	BFTなし

〔実験II〕

HR・BFTはトレーニング50秒+休憩10秒を1セットとし10セット行う。但し始めの3セットは心拍計を見ずに自己暗示トレーニングのみ, 次の3セットは30秒を自己暗示の

トレーニングのみ、残り20秒を自己暗示しながら心拍計をみてトレーニングする。最後の4セットは10秒を自己暗示のみ、残り40秒を心拍計をみながら自己暗示のトレーニングをする。次にこのトレーニングを試行に生かすための模擬RT実験をする。この時は、選択RTの練習効果が生じないように電鍵には触れないが、自己暗示とRTの試行がうまく結びつくよう選択反応刺激に対するイメージによる反応とし、一方で心拍計を見ながらHRのコントロールを行う(図3)。

実験機器：測定機器を表3に示す。

### [ 結果 ]

#### 1. 予備調査及び実験Ⅰでの各自の集中法の検討

予備調査の結果、概して不安特性の低群では、自分では試合等ではあがりにくいと感じ、自分を発奮させる言葉かけや自己暗示が比較的良好に使われていた。他方、高群ではむしろあがりやすいと感じ、他人との対話等の他者依存の傾向がより多くみられた。また、実験Ⅰにおいて「自分で集中力を高める努力」を課された場合に用いた方法を内省報告から検討した結果、不安特性の低い人では、自分の意識を高揚しようとする自分への言葉かけや自己暗示が多かったのに対し、不安特性の高い人では、無心になろうとしたり、落ち着こうとする精神集中の自己暗示を用いる人が多かった。“あがりやすさ”も“集中法”も前述の傾向のみられない人では、不安特性が5前後の人が多かった。

#### 2. 各指数の算出

仮説を検討する際、測定されたHRは全てその日の安静HRを基準としたHR増減率で考えることにする。すなわち

$$\text{HR増減率} = \text{各HR} / \text{安静時HR}$$

そして目標HR率への到達度を示す指数をHR到達率とし、次の式で求める。

$$\text{HR到達率} = | 1 - \text{HR増減率} / \text{目標HR率} |$$

実験Ⅲで測定したRTの成績の伸びをRT短縮率で表す。

$$\text{RT短縮率} = \text{実験ⅢRT} / \text{実験ⅠRT}$$

HR・BFTを行った群を効果があると予想される順に並べると、高-と低+, 高0と低0, 高+と低-のようになる。これを良群, 普通群, 悪群としてBFT時および実験ⅢのHR到達率を検討する。

表3 測定機器

測定項目	測定機器
反応時間 (RT)	全身反応測定装置：ヤガミ YB-1A
心拍数 (HR)	SPORT TESTER PE-3000 PORAR ELECTRO KY製

◇機器の装着	
◇実験の説明	
◇動機づけを用いたHRのBFT	
(自己暗示のみ 50秒+休憩 10秒) × 3セット	
(自己暗示のみ 30秒, 心拍計をみながら 自己暗示20秒+休憩 10秒) × 3セット	10分
(自己暗示のみ 10秒, 心拍計をみながら 自己暗示40秒+休憩 10秒) × 4セット	
◇休憩	1分
◇模擬反応実験	
各自の集中法での集中	1分
視覚反応( ボタンを押す反応はなし)	1分40
休憩( 休憩+各自の集中法での集中)	50秒
聴覚反応( ボタンを押す反応はなし)	1分40秒
◇安静	2分

図3 実験Ⅱ (HR・BFT) の実験手続き

### 3. 仮説1の検討

実験ⅢでHR・BFTを行った群と行っていない群のHR到達率を図4に示す。両群間に差はほとんどみられない。しかし仮説2が正しければ個人の不安特性に適していないHR・BFTをしている人がいるためだと考えられるので、仮説2を検討した後、再度検討することにする。

### 4. 仮説2および仮説1の再検討

HR・BFTを行った群について、前述したように自己暗示の方法が適しているため効果があると予想される順に良群、普通群、悪群として、HR・BFT時および実験ⅢのHR到達率を図5、6、7に示す。

図5から、HR・BFT 5日間の平均HR到達率をHR・BFTのトレーニング内容別にみると自己暗示のトレーニング中は良、普通、悪の順に良く ( $F(2, 51) = 5.88$ ,  $p < .005$ )、良群と悪群間には有意差がみられる。

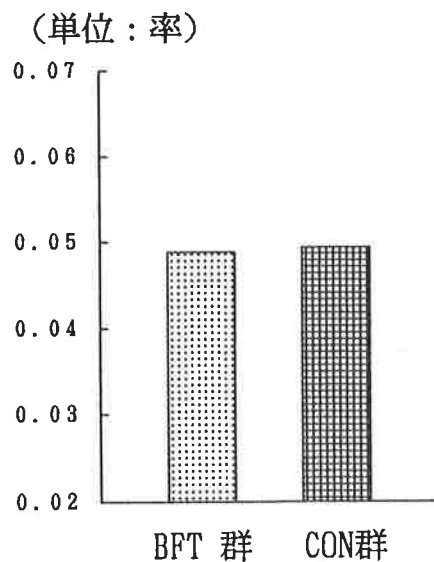


図4 実験ⅢのHR到達率 (BFT 群・CON 群)

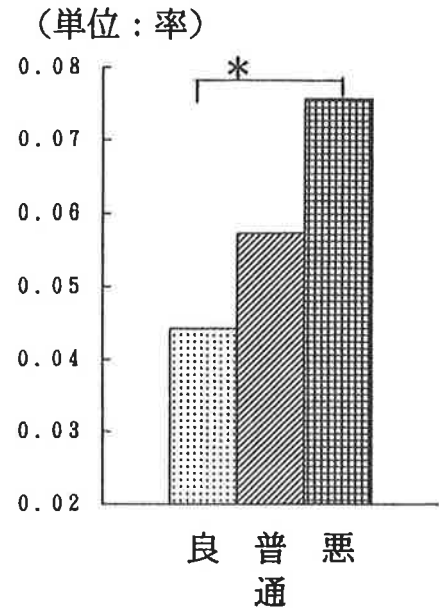


図5 実験ⅡにおけるHR・BFT中のHR到達率 (仮説群別)

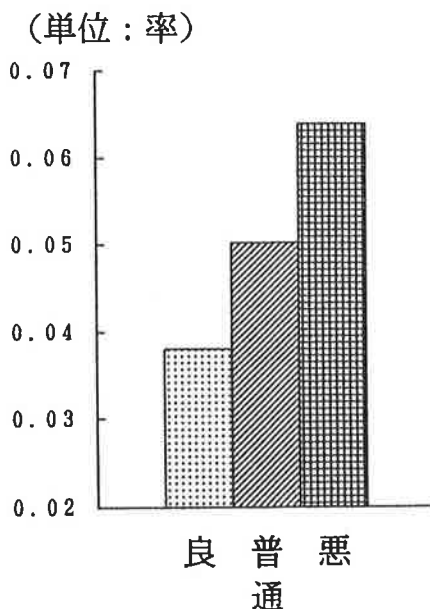


図6 実験Ⅲの視覚反応時HR到達率 (仮説群別)

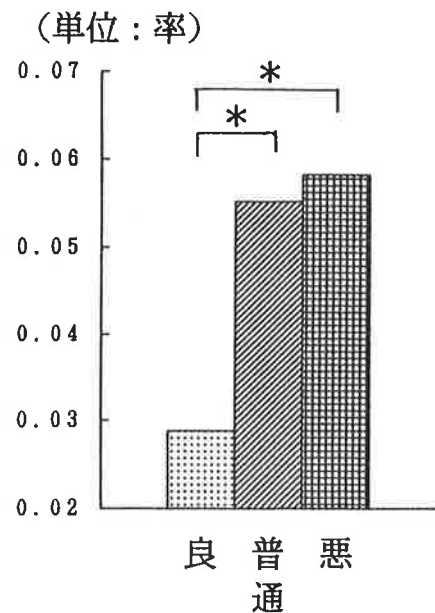


図7 実験Ⅲの聴覚反応時HR到達率 (仮説群別)

次に実験ⅢのHR到達率をみると、図6から視覚反応時では有意差は認められない。また、図7から、聴覚反応時では、良群が普通群や悪群より有意にHR到達率がよく ( $F(2, 51)=6.01, p<.005$ )、視覚、聴覚両反応時共、良、普通、悪の順にHR到達率がよい傾向がうかがわれる。

以上のことから、不安特性に基づくHR・BFTによるHRのコントロールは仮説で予想された良、普通、悪群の順に効果があると考えられる。

次に実験Ⅲの5セット間のHR到達率の変動の状態をみることによって各条件（仮説）群の特徴をみる。実験Ⅲの各条件群の5セットの反応パターン間には5%水準の有意差がみられたので ( $F(4, 285)=2.65, p<.05$ ) セット毎に多重比較をした結果（図8）、1セット以外に良群と悪群間に、4セット目には良群と普通群間にも有意差がみられた。そして良群はセットが進むにつれてHRが目標値に近づくのに対し、普通群と悪群は次第に離れていくように見える。特に「最後だから頑張ろう」と自分自身のなかで過度に動機づけが高まりがちな5セット目（内省報告から）には、普通群や悪群がコントロールを失っているにもかかわらず、良群は高いHR到達率を維持しつづけていることから、良群のHR・BFT条件はHRのコントロールにうまく適合し、効果があることを示している。

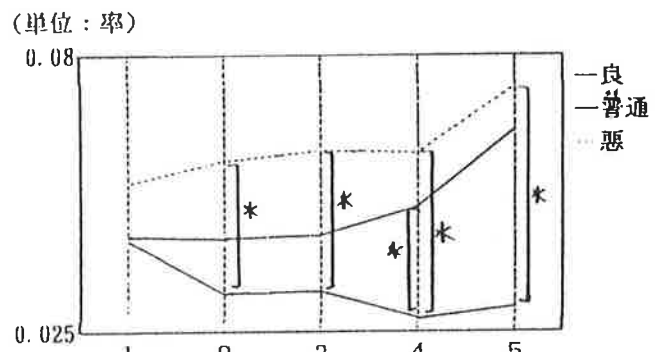


図8 実験Ⅲの各（5）セットのHR到達率の推移（仮説群別）

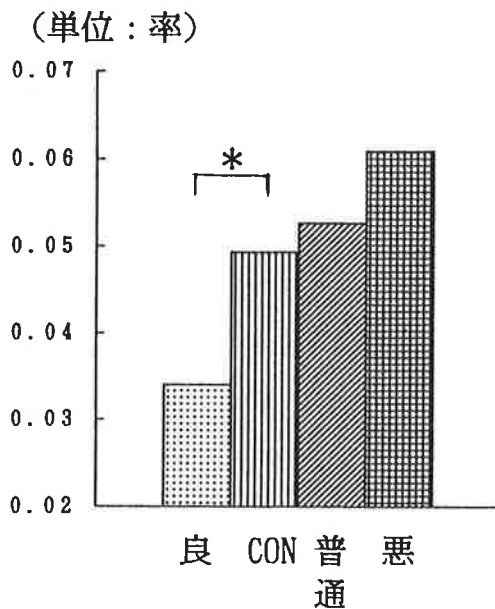


図9 実験Ⅲの反応時HR到達率（仮説群別）

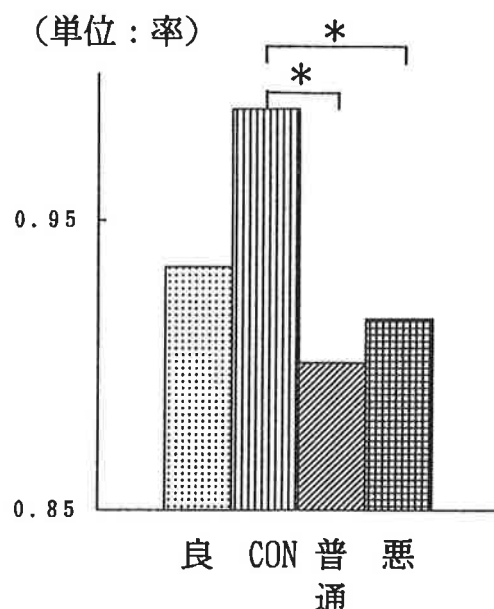


図10 RT短縮率（仮説群別）

この効果を規定する要因を検討した結果、①不安特性の高低間にも②単独での自己暗示条件間にも有意差はみられず、不安特性と自己暗示の組み合わせ、すなわち良、普通、悪の条件によるものと考えられる。

以上のことから、HR・BFTには不安特性の違いに基づく最適な自己暗示があり、それ

は、仮説2のような組み合わせと考えられる。

(仮説1の再検討)

実験Ⅲの実験条件別のHR到達率を図9に示す。図9から、HR・BFTをしていないCON群は、良群よりHR到達率は悪いが、悪群はCON群より有意差はないが、なお悪いようにみえる。このことは、最適な条件でのHR・BFTは効果があるが、個人の不安特性に適さない自己暗示(悪い条件)では、HR・BFTを行わないより悪い結果をもたらすことを示唆している。

以上のことから、仮説1について、個人の特性に適した条件で自己暗示を行った時のみHR・BFTによってHRをコントロールできると考えられる。

仮説3の検討

図10に各条件毎のRT短縮率を示す。図10からCON群は普通群や悪群より悪いことがわかる。また良、普通、悪の3群間には有意差がなく、「HRが目標値に近くコントロールされた順にRTもよく短縮された」とは言えない。しかし、HR・BFTを行った3群と行っていないCON群間にはRT短縮率は有意差( $p < .01$ )がみられた。これらの原因を検討した結果、次の二つの理由が考えられた。すなわち一つは、反応に対するイメージトレーニング効果である。HR・BFTを行う際に前述したように、自己暗示と反応を結びつけるための模擬反応実験を行った。これは、練習効果を排除するため、反応鍵を押すという動作は行わずイメージのみの模擬実験であった。その結果イメージトレーニング効果が現れたと考えられる。

他の理由は、自己暗示を用いたHR・BFTによる効果である。HR・BFTはHRの反応に意識を集中し、その出現をコントロールするトレーニングであり、一種の集中力トレーニングになっている。したがって5日間のHR・BFTにより集中力の程度が高まり、RT短縮率を高め、HR・BFTを行った群間には有意差がなく、行なわなかったCON群との間に有意差が出たと考えられる。

以上、二つの理由のいずれかあるいは、両方の理由が重なって相乗効果として現れた結果であるのかということは今後課題として残された。

## [ 結 論 ]

パフォーマンス向上のため、選択反応時間(RT)を用いて不安特性に基づく心拍バイオフィードバックトレーニング(HR・BFT)を行い、その方法について検討した。対象は女子大学生35名で、HR・BFTと自己暗示法を組み合わせる方法で三つの仮説を検討し、次の結論を得た。

1 個人の特性(不安特性)に応じた適切な自己暗示を併用することで、HR・BFTによりHRをコントロールすることができる。

2 不安特性に応じたHR・BFTには、それぞれ適した自己暗示がある。その効果的組み合わせの順位は次の通りである。

①不安特性の高い人に精神集中の自己暗示、低い人に自己意識を高揚する(アクティベーション)自己暗示

②不安特性の高い人も低い人も自己暗示なし

③不安特性の高い人にアクティベーションの自己暗示、低い人に精神集中の自己暗示

3 最適な自己暗示を用いたHR・BFTでHRをコントロールすることによってRTを短縮できるという仮説は証明できなかった。



### Ⅲ 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

- 1 優勢脳波 $\alpha_2$ 波バイオフィードバックトレーニングにおける集中力増強の検討  
— 自律訓練法を用いて —
- 2 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数制御がライフル射撃のパフォーマンスに及ぼす影響
- 3 弓道の的中率と自律訓練法による心拍制御との関係

# 優勢脳波 $\alpha_2$ 波バイオフィードバックトレーニングにおける集中力増強の検討

— 自律訓練法を用いて —

浜田 美友紀 丹羽 劬昭

## 問 題

最近、スポーツ選手が試合で自分のもつ力を十分に発揮できるようになるため、心理面の研究（メンタルトレーニング）が盛んに行われている。スポーツ選手がどのような状況であっても自分のもつ力をすべて発揮したいと思うことは当然であるが、一般の日常生活の行動においても同様のことがいえると考えられる。どのような状況においても過度の緊張や気の弛みのないパフォーマンスに最適な心理状態を保ち、活動にあった能力を十分に発揮できるように自分自身をコントロールする能力が必要である。このように自分をパフォーマンスに最適な心理状態にコントロールできるようにな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、実際の場面に取り入れられるようになってきた。しかし、人間の行動は精神的要因の他に身体的要因も大切である。人間の行動は身体的側面と精神的側面の2つにはっきりとわけて考えることはできない<sup>1)2)</sup>。普通、身も心も軽い方がパフォーマンス成績に良い影響をもたらすと考えられているが、スポーツ選手の中には身体が軽いと感ずるより、少し重く、だるく感ずるときの方が成績が良いという人もいる。従って、一般的な常識と選手のパフォーマンスに最適な心理状態とは必ずしも一致しないし、確かな共通した見解も得られていないと考えられる。

こうした問題を解明する一つの方法として本研究では心理的要因としてパフォーマンス成績の向上に欠くことの出来ない集中力の増強を検討する。集中力を客観的に測定する指標として、前頭葉からの脳波を測定する。前頭葉から脳波を測定する理由は、前頭葉 $\alpha$ 波は後頭葉 $\alpha$ 波に比べ、ただ単に閉眼しただけでは出現頻度や強度が非常に小さいが、生理心理的特有状態では、強い $\alpha$ 波の出現が観測され、内部知覚との対応性がかなり良い<sup>3)</sup>という理由による。また、パフォーマンスとして注意力計による一点集中時の成績を客観的な集中力とする。そして、身体的要因として疲労、特に視覚疲労に注目し、だるい、眠い、重いというような自覚的な症状や主観的症状の他に客観的な測定ができるフリッカー値を用いた。

パフォーマンスとして一点集中を用いた脳波の研究出、丹羽らは $\alpha$ 波を3段階に分け、それぞれを $\alpha_1$ 波(周波数8.0~9.0Hz)・ $\alpha_2$ 波(周波数9.0~11.0Hz)・ $\alpha_3$ 波(周波数11.0~13.0Hz)とし、優勢脳波の出現率とパフォーマンス(一点集中)の関係について検討した結果、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率が高い時、パフォーマンス成績が高いことを報告している<sup>4) 5) 6)</sup>。その他にもパフォーマンスに最適な心理状態を作り出す方法として、 $\alpha$ 波のバイオフィードバックトレーニング(以下BFTと略す)の有効性が数多く報告されている<sup>2) 7) 8)</sup>。しかし、 $\alpha$ 波を導き出す方法として、以前は内省報告が多かった<sup>3)</sup>ため信憑性に欠けていた。本研究では最適な心理状態に近づけるトレーニングをすることで自らをパフォーマンスに最適な心理状態にコントロール出来るようになることを試みる。また、優勢脳波 $\alpha_2$ 波のバイオフィードバックトレーニングを効率良く行うために教育・スポーツなど多くの場面で効果を発揮している自律訓練法(AUTOGENIC TRAINING, 以下ATと略す)を用いることにする。自律訓練法とはドイツの精神医学者であったヨハネス・ハインリッヒ・シュルツが考えだし、教育・スポーツなど多くの場面で効果を発揮している一種の催眠療法である<sup>1)3)</sup>。

## 目 的

優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率と集中力を測定する客観的な尺度としてパフォーマンス(一点集中)成績との関係を検討する。また、試行前後の視覚疲労(覚醒水準)の測定にフリッカー値を用いる。そして、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率、パフォーマンス成績、フリッカー値にどのよ

うな関係があるのか、また、自律訓練法を用いたBFTによる集中力増強の可能性について検討するため、本研究では次の仮説を検討する。

- ①パフォーマンス(一点集中)の成績が高い時、優勢脳波 $\alpha_2$ 波が多く出現する。
- ②自律訓練法による脳波BFTは、優勢脳波 $\alpha_2$ 波を多く出現させる。
- ③自律訓練法による脳波BFTによって優勢脳波 $\alpha_2$ 波を増大させた時、パフォーマンス成績は向上する。
- ④疲労度が高い時は、自律訓練法をもちいてもパフォーマンス成績はあまり向上しない。また、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率もあまり増大しない。

## 方 法

- (1)対象; 18歳~23歳の女子大生20名
- (2)実験期日; 1994年9月13日~10月17日
- (3)環境条件; 室温23℃~26℃ 湿度47.0%~65.0%
- (4)測定機器; 表1に示す通り
- (5)測定内容

### ①脳波

測定には脳波バイオフィードバック装置を用い、探査電極をセンサーベルトで前額右(Fp<sub>2</sub>)の位置、アースを前額左(Fp<sub>1</sub>)の位置、基準電極(グリップ電極)を左耳たぶの位置に装着した。前頭葉から導出される優勢脳

表1 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器
脳波	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

波(最も高い電圧が出現した脳波)を2秒毎に測定し、記録する。FM515-Sで測定できる優勢脳波は $\beta$ 波(周波数16.4~19.6Hz)、 $\alpha_3$ 波(周波数11.0~13.0Hz)、 $\alpha_2$ 波(周波数9.0~11.0Hz)、 $\alpha_1$ 波(周波数8.0~9.0Hz)、 $\theta_2$ 波(周波数4.0~8.0Hz)及びARTIFACTである。FM515-Sのバンドパスフィルターの性能を示すため周波数特性を図1に示す。なお、脳波の測度として $\mu V$ 積分値よりも優勢脳波出現率時間の比率(優勢脳波出現指標)の方が心理的条件差が明瞭に観察できると報告されている<sup>1)</sup>ので本研究でも優勢脳波出現時間の比率を脳波の測度とする。

### ②集中力

客観的な尺度として注意計AF型を用いた。1~9の数字が2Hzの速度でランダムに出現する中で、被験者は、指定された3種類の数字が出た時のみ手に持ったスイッチを押す事とし、その正確さを測定し、この正答率をその人の集中力とする。

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とした正答率を求める式は右に示す通り。

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

### ③疲労度

人間の行動は精神的側面と身体的側面の2つにはっきり分けて考えることはできない<sup>11)</sup>。ある一定時間、同じ作業を繰り返すと同じようにしているつもりでも作業成績や能率は下がる。そこで、この能率低下の一つの目安となる疲労度(視覚疲労)に注目した。心理学の研究分野でよく用いられるちらつき値(フリッカー値)検査を試行前後に測定する。フリッカーには、光源が点滅する方式とセクターを回転させる方式のものがある。どちらの場合も疲れてくると視知覚が鈍くなるため、ちらつき光から連続光に切り替わる時の値(運動頂)が低くなる<sup>11) 12)</sup>。フリッカー値測定器は、その点を測定する機器である。

## 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》

注意力計によるパフォーマンス(一点集中)成績と試行中の優勢脳波を測定した後、パフォーマンス(一点集中)成績が等質な2群を作る。そして一方の群を自律訓練法を用いて5日間、連続して優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行う群(BFT群)、もう一方の群を優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行わない群(統制群)に分けた。被験者は実験室内の椅子に座り、図2の手順でパフォーマンス成績と優勢脳波を測定した。注意力計は数字の画面と被験者の目の距離が1mの位置に設置した。パフォーマンス(一点集中)試行中はARTIFACTが多く出現し、正確に優勢脳波測定できないため試行前の脳波を試行時の脳波として用いることにする<sup>6)</sup>。実験Ⅰの手順は図2に示す通りである。

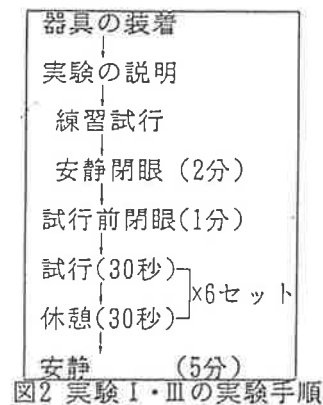


図2 実験Ⅰ・Ⅲの実験手順

### 《実験Ⅱ》

図3の手順でBFT群5日間、連続して優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行った。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>13)</sup>。本研究で用いた自律訓練法の方法を図4を示す。被験者は室内のボディソニック装置に横たわり、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを始める前にATのテープを7分間聞かせ、その後、 $\alpha_2$ 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鈴虫の音を提示した。また、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT後の休憩時はATのテープのイメージを思い浮かべるように指示した。実験Ⅱの手順は図3に示す通りである。

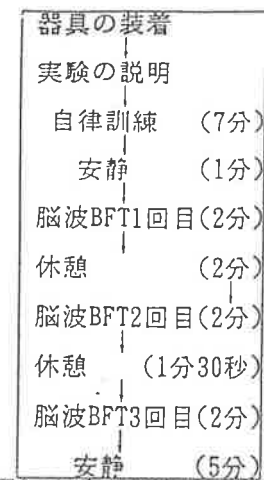


図3 実験Ⅱの実験手順

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

図4 本研究で用いた自律訓練法の練習方法

### 《実験Ⅲ》

実験Ⅰと同様にパフォーマンス(一点集中)成績と優勢脳波の測定を行う。手順は図2に示す通りである。ただし、BFT群にはパフォーマンス(一点集中)後の休憩時に、自律訓練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統計パッケージによる統計処理を行った<sup>9) 10)</sup>。

### 《結果》

実験Ⅰと実験Ⅲで用いた脳波は、予備実験の結果から実験中、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5分間の最後の1分間の、各優勢脳波の値を各被験者の安静値と考えることとする。実験Ⅰと実験Ⅲにおいては、試行前閉眼の優勢脳波出現値をそれぞれの実験日で割ったものを集中時の優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT1分間の優勢脳波出現値を各実験日の安静値で割ったものを優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT中の優勢脳波出現率とする。

#### 実験Ⅱ

実験Ⅰ・Ⅲ

$$\text{優勢脳波出現率} = \frac{\text{試行前閉眼の優勢脳波出現値}}{\text{各実験の安静値}}$$

$$\text{優勢脳波出現率} = \frac{\text{優勢脳波 } \alpha_2 \text{ 波BFT 1 分間の優勢脳波出現値}}{\text{各実験日の安静値}}$$

#### (1)実験Ⅰ;優勢脳波とパフォーマンス(一点集中)成績の相関

パフォーマンス(一点集中)成績と各優勢脳波出現率の相関係数(r)と有意水準(P)を表2に示す。 $\alpha_2$ 波に正の相関 { $r=0.382(P<.05)$ } で有意性が認められ、他の脳波と比べてパフ

パフォーマンス(一点集中)成績との相関が高かった。

次に成績を同じ人数の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、3群間の優勢脳波出現率の共分散分析を行った。表3にH群、M群、L群間の優勢脳波出現率の共分散分析結果を示す。3群間には、どの脳波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群の間で脳波の特徴的な違いをさせるためパフォーマンス(一点集中)成績と各優勢脳波ごとにt検定を行った。表4に各優勢脳波出現率のH群、L群のt検定結果及び一点集中成績のt検定結果を示す。表4から、H群にパフォーマンス(一点集中)成績のは0.1%水準で脳波は $\alpha_2$ 波のみに5%水準で有意な差が認められた。以上の結果からパフォーマンス(一点集中)成績が高い時、優勢脳波 $\alpha_2$ 波も増大している傾向が見られた。上記の結果から、集中力を上げるために優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率を増強することは適当であると考え、実験IIでは優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率を増強するために優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行うことにする。

(2)実験II:優勢脳波 $\alpha_2$ 波増強のためのBFT効果について

優勢脳波 $\alpha_2$ 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H群、M群、L群の各6人をそれぞれ3人ずつの等質な2群にわけ、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行う群をBFT群、行わない群を統制群と呼ぶことにする。また、実験IをPREテスト、実験IIIをPOSTテストと呼ぶことにする。また、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT時やPOSTテスト時にARTIFACTが多く出現した時(出現率が15%以上は欠損値として資料から省く)を考慮して、出現率の群間の比較にはPREテスト時の優勢脳波出現率を基準とし、各実験日の共分散分析値を用いることにする。各実験に伴う優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の変化を図5に示す。

POSTテストにおいて、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行ったBFT群と統制群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率を比較する。BFT群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT5日間の平均出現率はPREテスト時より有意に多く出現した( $P < .05$ )。図6にBFT群の5日間の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の推移を示す。また、図7にH、M、L群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率のBFT効果の推移を示す。

表2 パフォーマンス成績と各優勢脳波出現率

の相関係数(r)と有意水準(P)

	r	P
$\beta_2$ 波	0.045	0.86
$\alpha_3$ 波	0.022	0.93
$\alpha_2$ 波	0.382	0.02*
$\alpha_1$ 波	0.279	0.27
$\theta_2$ 波	-0.11	0.68

表3 H群、M群、L群間の優勢脳波出現率の共分散分析

優勢脳波	F値	自由度	P値
$\beta_2$ 波	0.49	(2, 15)	0.50
$\alpha_3$ 波	1.32	(2, 15)	0.30
$\alpha_2$ 波	0.78	(2, 15)	0.077
$\alpha_1$ 波	0.19	(2, 15)	0.83
$\theta_2$ 波	0.08	(2, 15)	0.82

表4 各脳波出現率のH群、L群のt検定結果、及び一点集中成績のt検定結果

優勢脳波	P値
$\beta_2$ 波	0.50
$\alpha_3$ 波	0.42
$\alpha_2$ 波	0.045*
$\alpha_1$ 波	0.70
$\theta_2$ 波	0.78

優 勢 脳 波

H群・L群の平均値  
H群1.21  
L群0.81

P>.001\*\*\*

成 績

H群・L群の平均値  
H群88.2  
L群60.6

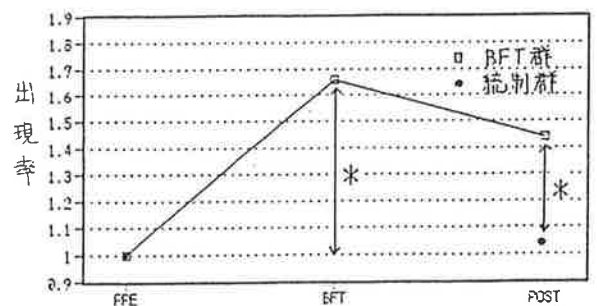


図5 各実験に伴う優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の推移

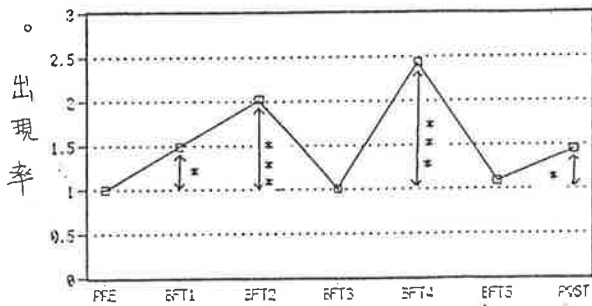


図6 BFTH群5日間の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率のBFT効果

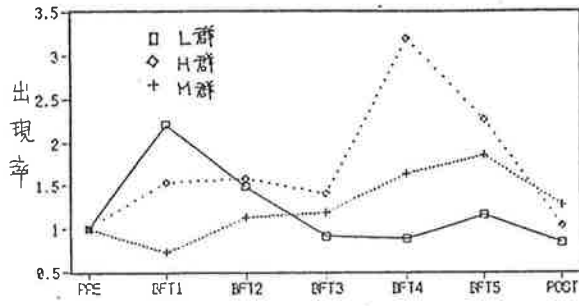


図7 H、M、L群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率

### (3)実験Ⅲ ;BFT群と統制群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率とパフォーマンス（一点集中）成績の比較

#### ①BFT群と統制群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の比較

PREテスト時、POSTテスト時の2群間の優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率を図8に示す。図8からPREテストにおいて2群間に優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率に有意な差は認められなかった。このことからこの2群は等質であると考えられる。POSTテストにおいて優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率ではBFT群の方が統制群よりも出現率が高く、5%水準で両者に有意な差が認められた。

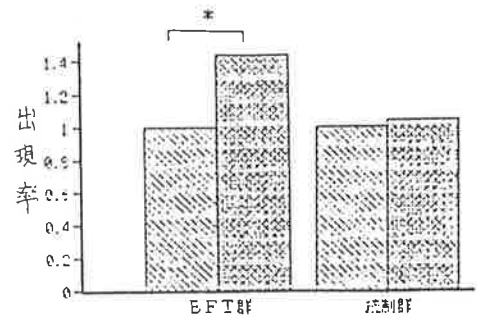


図8 BFT群と統制群におけるPREテスト・POSTテスト時の優勢脳波出現率

#### ②BFT群と統制群のパフォーマンス（一点集中）成績の比較

BFT群と統制群のパフォーマンス成績の結果を図9に示す。図9からPREテストにおいてパフォーマンス（一点集中）成績はBFT群と統制群の間に有意な差は認められなかったため、両群は等質であると考えられる。POSTテストではパフォーマンス（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10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10からBFT群のほうに1%水準で有意な上昇が認められた。

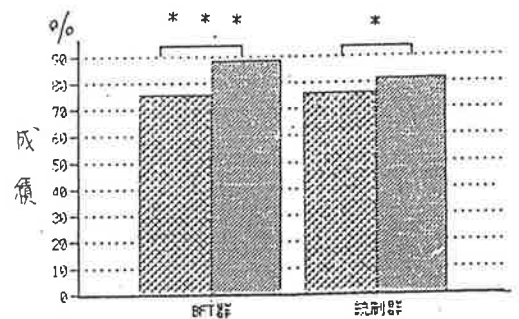


図9 BFT群と統制群における一点集中成績の比較

#### (4)疲労度について

試行前のフリッカー値を基準として全体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群が試行後にどれくらい疲労したかについて検討した。H群、M群、L群において試行後のフリッカー値の共分散分析を行った。結果、有意な差が認められた { $F=44.25$   $DF(2,9)$   $P<.001$ }。図11に試行後のフリッカー値の伸び率を示す。フリッカー値の伸び率は次のようにして算出した。

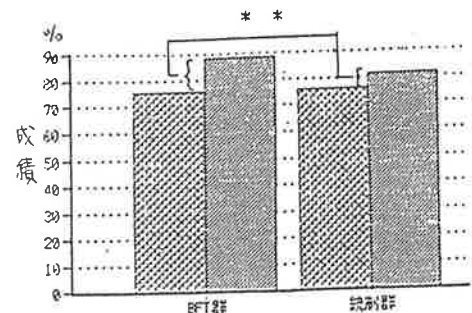


図10 POSTテストにおけるBFT群と統制群の一点集中成績の伸び率比較

フリッカー値の伸び率 = 試行後のフリッカー値の平均  
 - 試行前のフリッカー値の平均

フリッカー値の伸び率においてH、M群とL群の間に5%水準で有意な差が認められた。表5にフリッカー値と優勢脳波 $\alpha_2$ 波、及び一点集中成績の相関係数(r)と有意水準(P)を示す。次に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12に示す。パフォーマンス(一点集中)成績も図11に示したフリッカー値の伸び率と同様の傾向を示している。H、M、L群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波の伸び率の比較を図13に示す。優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の伸び率は、H群とL群、M群とL群にそれぞれに5%水準で有意な差が認められた。

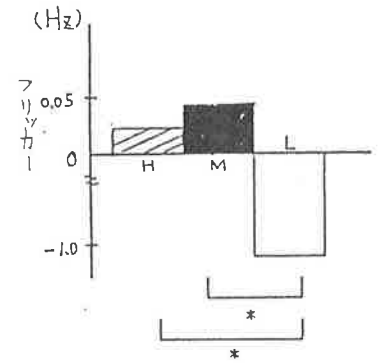


図11 H、M、L群における試行後のフリッカー値の伸び率

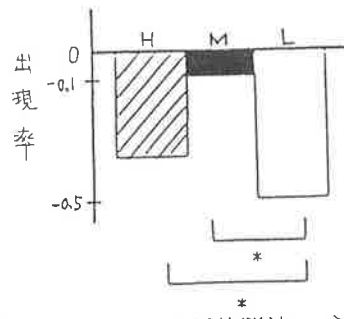
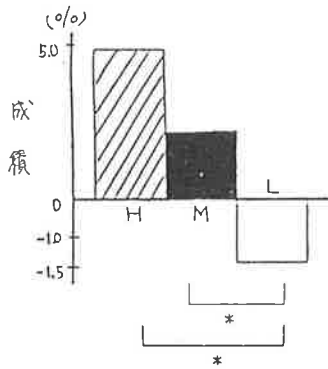


図12 H、M、L群における一点集中成績の図13 H、M、L群における優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率変化率の比較の伸び率比較

表5 フリッカー値と優勢脳波 $\alpha_2$ 波及び一点集中成績の相関係数(r)と有意水準(P)

	r	P
優勢脳波 $\alpha_2$ 波	0.356	0.06
一点集中成績	0.729	0.02*

## 考察

### (1) 仮説1について

表2・表4について検討する。表2からPREテストにおいて、パフォーマンス(一点集中)成績と各優勢脳波出現率の相関を見た結果、優勢脳波 $\alpha_2$ 波との相関が最も高かった。このことは丹羽らの回転盤追従動作や一点集中を用いた実験報告<sup>4) 6)</sup>と同様の傾向が見られる。そこで、表4から成績差の大きいH群とL群の各優勢脳波出現率の有意差検定(上位・下位分析)を行った結果、H群の優勢脳波 $\alpha_2$ 波が5%水準で有意に多く出現していることが認められた。以上のことからパフォーマンス(一点集中)成績が高いとき、優勢脳波 $\alpha_2$ 波が多く出現していると考えられる。

### (2) 仮説2について

実験Iから集中力(一点集中)と優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率が密接に関係している事が考えられるので、実験IIで自律訓練法を用いて優勢脳波BFTによって $\alpha_2$ 波の出現率増強を試みた。そして、PREテスト、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT中の5日間、POSTテストの優勢脳波出現率の分散分析を行った結果、有意な差が認められた { $F=5.88$   $DF(8, 54)$   $P<.001$ } ので、さらに、DUNCAN法による多重比較を行ったところ、図6から優勢脳波BFT中の2日目、4日目、5日目、POSTテスト時にPREテストの間に有意な差が認められた。(2日目と4日目は0.1%水準で、5日目とPOSTテストは5%水準)しかし、BFT群において優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率は、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT中の3日目に出現率が最低になっている。本研究と同様の研究をした研究報告<sup>6)</sup>(図14)でも3日目に $\alpha_2$ 波の出現率が最も低下し、極めて類似した傾向を示しているところから、中間に中だるみ現象が現れることが考えられる。しかし、優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFT5日間の平均では図5に示したように、自律訓練法を用いた優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTによって優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率は増強されている。これらのことからH、M、L群によって少し異なるが(図7)自律

訓練法を用いた優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTによって、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率を増強できると考える。

### (3) 仮説3について

POSTテスト時においてBFT群と統制群で優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率の伸び率とパフォーマンス(一点集中)成績を比較した。優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率をPREテスト時とPOSTテスト時で比較したところ、図8に見られるようにBFT群の方に有意な上昇が認められた。

次に、図9に示したようにPREテスト時とPOSTテスト時におけるパフォーマンス(一点集中)成績は、どちらの群もPOSTテスト時においてPREテスト時よりも有意な上昇が見られた。そこで図10に示したように両群の成績の伸び率を比較した結果、BFT群に有意な上昇が認められた。これらのことからBFT群の方が統制群よりも優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率、パフォーマンス(一点集中)成績ともに、有意に上昇していることが認められた。以上のことから自律訓練法を用いた優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTにより、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率を増大させることによって、パフォーマンス(一点集中)成績は向上することが考えられる。

### (4) 仮説4: 疲労度について

パフォーマンス(一点集中)試行後に試行前と比べてどれくらい疲労したかについて検討した。H群、M群、L群において試行後のフリッカー値の共分散分析を行ったところ、有意な差が認められた { $F=35.96$   $DF(2, 9)$   $P<.05$ }。さらに、DUNCAN法による多重比較を行ったところ、H群とL群、M群とL群に有意な差が認められた。図11からフリッカー値はH、M群は試行後、試行前より上昇しているが、L群は有意に減少している。図12からパフォーマンス(一点集中)成績もフリッカー値の上昇したH群とM群に類似した傾向を示している。前出の結果を考察した後、パフォーマンス(一点集中)成績が高い時、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率が高くなっていることが考えられる(仮説1)ので、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率とフリッカー値の関係を見ることにする。図13から優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の伸び率は3群とも減少しているが、減少率はH群、M群よりL群の方が有意に大きい。しかし、H群とM群を比較すると有意差は認められない。しかし、H群の出現率がM群よりも低い傾向が伺われる。この理由として、H群はPREテストの段階から優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率が高かったため、始めから集中しやすい状態にあり、M群と比べて試行前より優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率を上昇させにくかったため、このような結果になったと考える。図15にH、M、L群にお

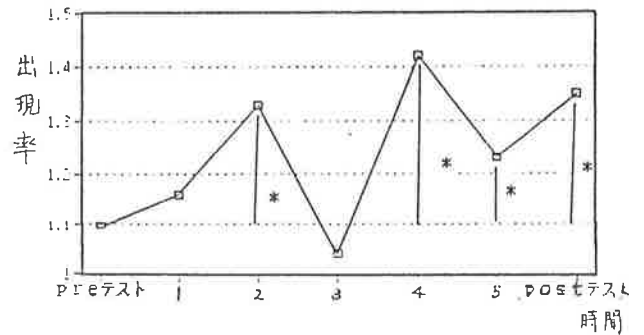


図14 BFTによる $\alpha_2$ 波の変化<sup>9)</sup>

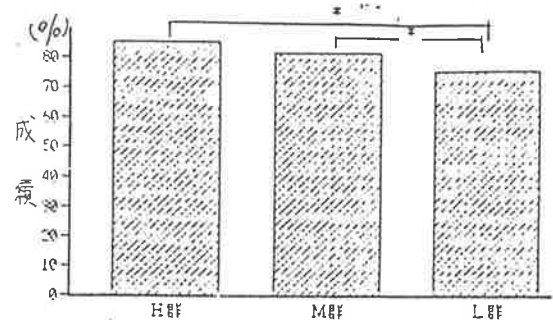


図15 H、M、L群における一点集中成績の測定値比較

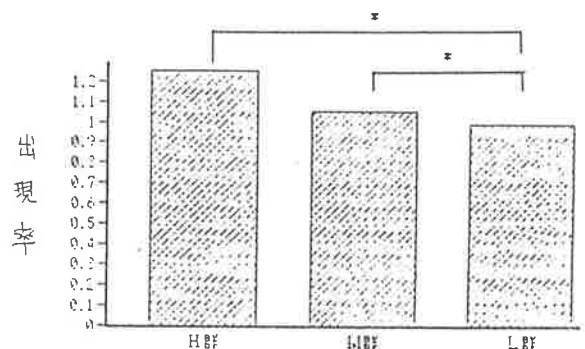


図16 H、M、L群における優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の測定値比較

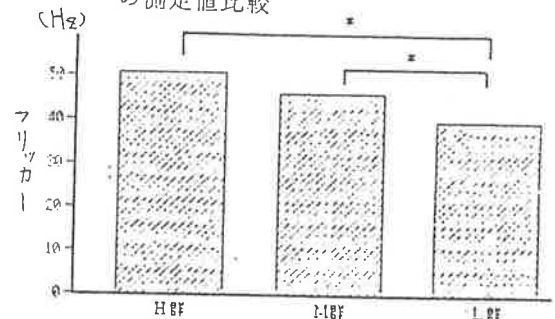


図17 H、M、L群におけるフリッカー値の測定値比較



るパフォーマンス(一点集中)成績の測定値結果、図16にH、M、L群における優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率の測定値結果、図17にH、M、L群におけるフリッカー値の測定値結果を示す。図15、図16、図17からPOSTテスト時のパフォーマンス(一点集中)成績、フリッカー値、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率にH、M、L群の順に高い傾向が見られる。

興味深いことは、図11に示したH、M、L各群のフリッカー値の伸び率と図13に示したBFTによる優勢脳波 $\alpha_2$ 波の伸び率が、逆相関の関係にあり、極めて類似していることである。このことはフリッカー値で示される視覚疲労(覚醒水準)と優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の変化率が密接に関係していることを示唆していると思われる。これを検討するために、優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率の伸び率を基準にして、H、M、L群に3等分し、各群のフリッカー値の伸び率を比較した。表6に優勢脳波 $\alpha_2$ 波とフリッカー値、一点集中成績の相関係数(r)と有意水準(P)を示す。その結果、フリッカー値と一点集中の両方に5%水準で正の相関に有意性が認められた。各群のフリッカー値の変化率を比較した結果を図18に示す。図18から前述したとおり優勢脳波 $\alpha_2$ 波出現率とフリッカー値の伸び率が逆相関の関係を示していると考えられる。このことから試行後のフリッカー値の減少率が小さいほど優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率が高いことが伺える。また、図19に実験IIで優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行ったBFT群と優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTを行わなかった統制群のPOSTテスト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19からBFT群と統制群を比較した結果、BFT群に統制群より5%水準で有意な差が認められた。図8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優勢脳波 $\alpha_2$ 波は有意に出現していることが伺えるので、フリッカー値の伸び率が大きいほど疲労度が小さく、(覚醒水準が高く)優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率は高くなると考えられる。

次に被験者の内省報告の“疲労の自覚症状調査表”ではL群に属している人ほど身体的症状である、だるい、頭がぼんやりする、眠い、目が疲れる、精神的症状では物事が気にかかる、物事に熱心に慣れない、と答えた人が多かった。図20にH群、M群、L群別の身体的疲労の割合を、そして身体的疲労の割合が高かったL群の身体的疲労の項目別の割合を図21に示す。また、図22にH、M、L群別の精神的疲労の割合を、精神的疲労の割合の高ったL群の項目別の割合を図23に示す。図24にH、M、L群別の神経的疲労の割合を示す。神経的疲労はH、M、L群の割合に大きな違いがなかったため、図25に3群の神経的疲労の項目別割合を示す。以上のことから、疲労度が高い時パフォーマンス成績はあまり上がらないし、優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現率もあまり増大しないといえる。

表6 優勢脳波 $\alpha_2$ 波とフリッカー値及び一点集中成績の相関係数(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	0.037*

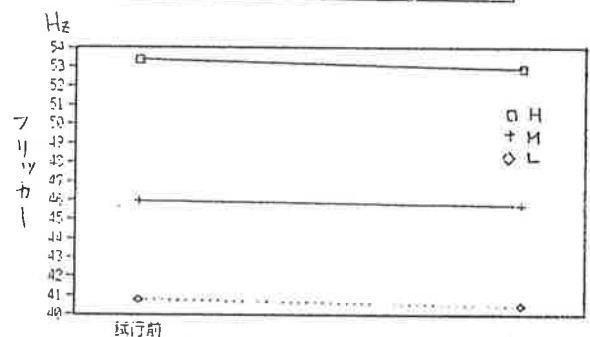


図18 H、M、L群におけるフリッカー値の変化率の比較

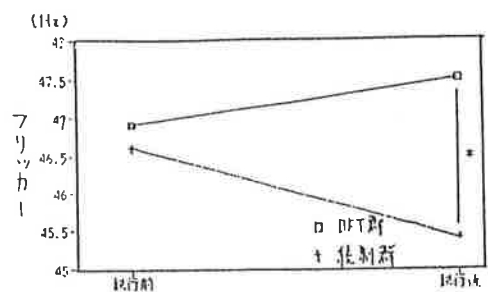


図19 BFT群と統制群におけるフリッカー値の変化率比較

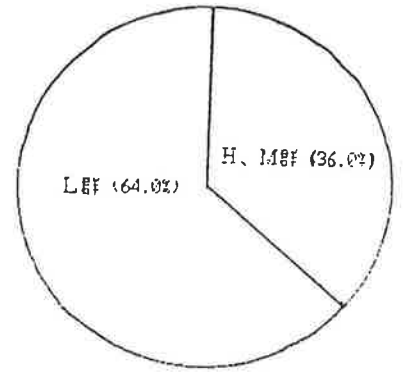
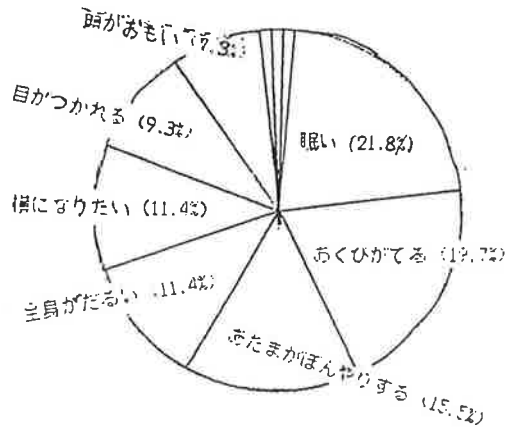
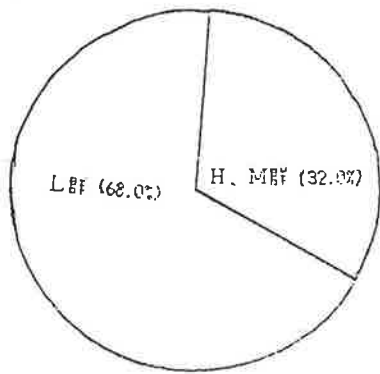


図20 II、M、L群別の身体的疲労の割合 図21 L群の身体的疲労の項目別割合 図22 II、M、L群の精神的疲労の割合

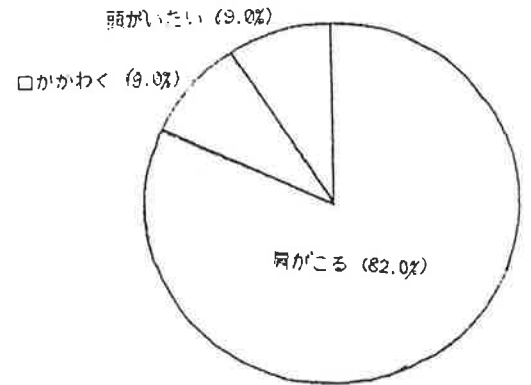
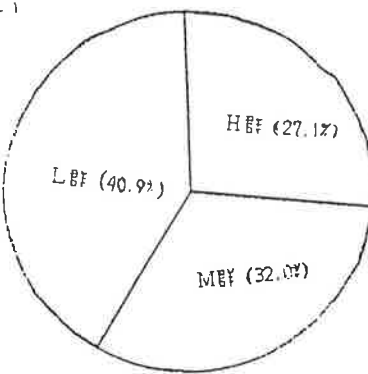
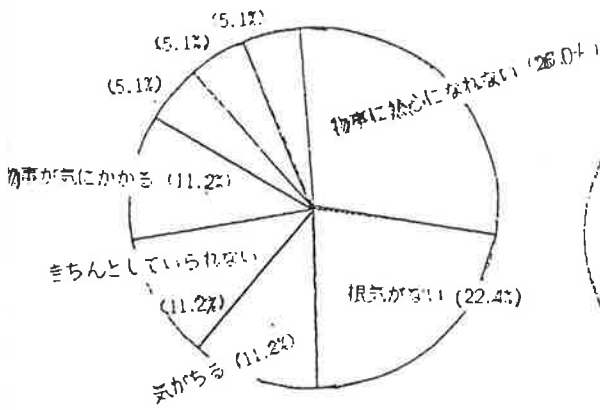


図23 L群の精神的疲労の項目別割合 図24 II、M、L群の神経的疲労の割合 図25 神経的疲労の項目別割合

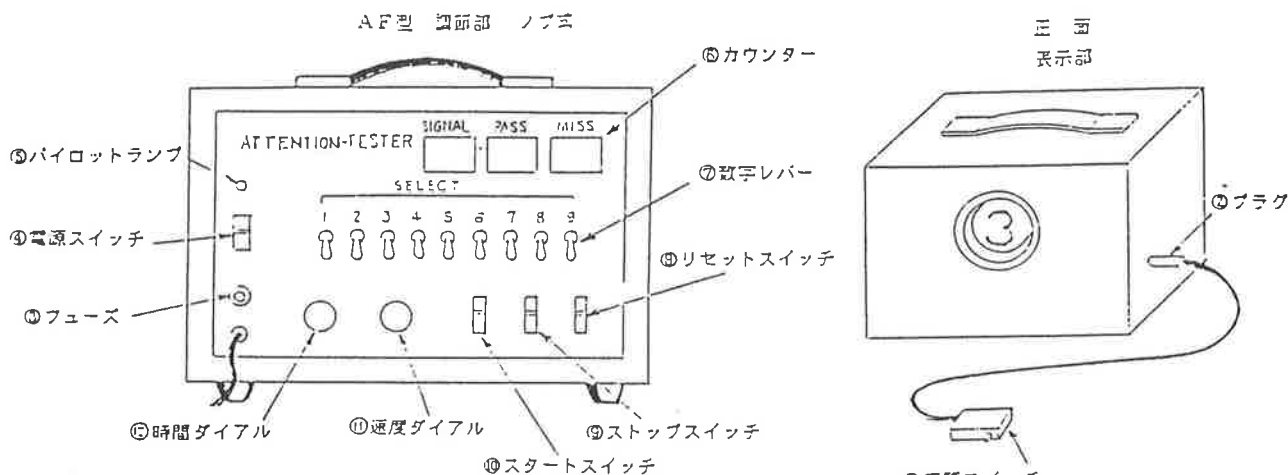
### 結論

パフォーマンスに最適な心理状態に自分自身をコントロールできるようになることを目的とした自律訓練法を用いた優勢脳波 $\alpha_2$ 波バイオフィードバックトレーニングによって集中力増強の方法を検討するため、18名（女子大生18～23歳）について実験した結果、次のような結論を得た。

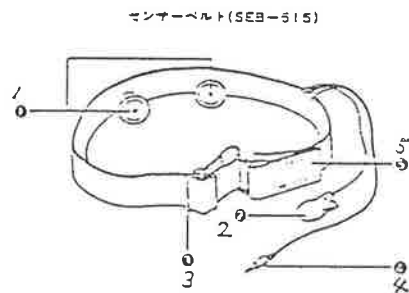
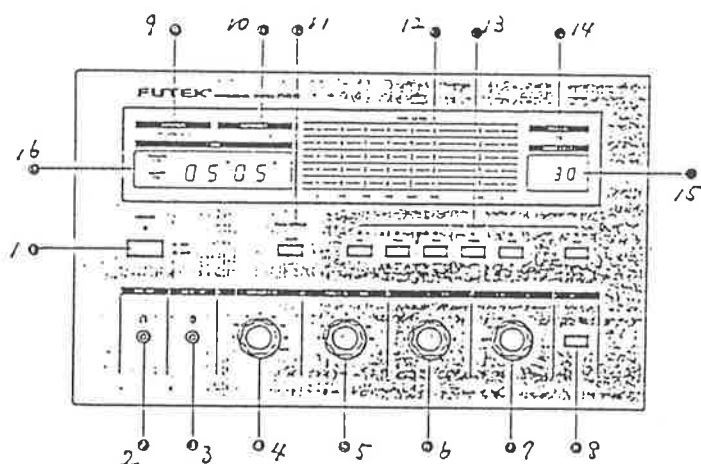
- (1)パフォーマンス（一点集中）成績が高い時、優勢脳波 $\alpha_2$ 波が多く出現すると考えられる。
- (2)自律訓練法を用いた優勢脳波 $\alpha_2$ 波BFTによって優勢脳波 $\alpha_2$ 波が多く出現すると考えられる。
- (3)自律訓練法を用いた優勢脳波BFTによって優勢脳波 $\alpha_2$ 波が多く出現した時、パフォーマンス（一点集中）成績は向上すると考えられる。
- (4)疲労度が高い時、パフォーマンス（一点集中）成績はあまり向上しない。また優勢脳波 $\alpha_2$ 波もあまり出現しないと考えられる。
- (5)フリッカー値の伸び率による視覚疲労（覚醒水準）と優勢脳波 $\alpha_2$ 波の出現の変化率とは正の相関の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とする。

## 文 献

- 1) 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
- 2) Kamiya J. (1968) Operant control of EEG alphas rhythm and some of its reported effects on consciousness; John Wiley: New York. pp480-501.
- 3) 水島恵一・上杉喬(1984)イメージの基礎心理学. 誠信書房: 東京, pp214-217
- 4) 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<sub>2</sub>α<sub>2</sub>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
- 5) 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Fpα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, 193とその資料
- 6) 丹羽劭昭・八十川陸子(1993)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的検討, 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, pp148-157
- 7) Nowlis, D. P. & Kamiya, J. (1970) The control of electroencephalographic alphas through auditory feedback and the associated mental activity. Psychophysiology, 6:476-484
- 8) 志賀一雄・松岡洋一・佐々木雄二(1982)前頭葉α波バイオフィードバックトレーニング研究, 9:1-14
- 9) 竹内哲・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, pp1-288
- 10) 谷津 進・宮川雅己(1990)品質管理; 東京, pp38-45, pp73-78.
- 11) 山下富美代(1987)集中力. 講談社現代新書: 東京, pp64-66
- 12) 横掘栄・白石伸尚・近藤 武・太田垣端一郎・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, pp239-234
- 13) 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, p29-p32



注意力計 A F 型 (稲葉人間工学研究所製)



- 1 前面電極 —— 頭に密着させます。  
 2 クリップ電極 —— 耳たぶに取り付けます。  
 3 アジャスター —— センサーベルトの長さを調節します。  
 4 センサープラグ —— 本体のセンサー端子に接続します。  
 5 マジックテープ —— センサーベルトを固定します。

1. (POWER) パワーボタン
  2. (PHONE) ヘッドホン端子
  3. (SENSOR) センサーベルト端子
  4. (THRESHOLD) スレッシュルドつまみ
  5. (TRAINING TIME) トレーニングタイムつまみ
  6. (SGT VOLUME) シグナルトーンつまみ
  7. (EMG RANGE) EMGレンジつまみ
- |               |               |
|---------------|---------------|
| FULL SCALE 25 | FULL SCALE 50 |
| ×1=0~25μVms   | 0~50μVms      |
| ×2=0~50μVms   | 0~100μVms     |
| ×5=0~125μVms  | 0~250μVms     |
8. (START/STOP) スタート・ストップ・リセットボタン
  9. ((SENSOR) センサーベルト装着ランプ

10. (ARTIFACT) アーチファクトランプ  
脳波以外の信号 (主に額と眼球からのノイズ) が混入した時点灯し、脳波検出機能がストップする。但し、EMG 機能は働く。
11. (FULL SCALE) フルスケール切換ボタン
12. (WAVE LEVEL) ウェーブレベル表示パネル
13. (WAVE SELECT) ウェーブセレクトボタン
14. (RS232C) データ出力ランプ
15. (WAVE LEVEL) ウェーブレベル表示パネル
16. (TIME) タイム表示パネル

BIOFEEDBACK SYSTEM FM515 とセンサーベルト  
 (エフティ技研株式会社製造)

## 資料 1 測定機器：脳波計及び注意力計

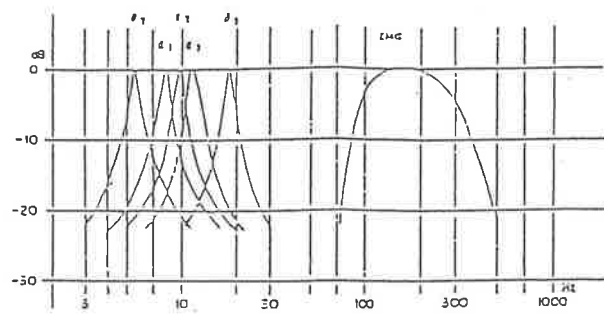


図1 バンドパスフィルターの周波数特性

# 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数制御がライフル射撃のパフォーマンスに及ぼす影響

文学研究科 星野 聡子

key words: バイオフィードバックトレーニング, 自律訓練, 心拍数, 皮膚温

## 【緒言】

過緊張のためいわゆる“あがり”の状態となって萎縮したり、逆に“緊張の糸”が切れて集中力が欠けるといった、思い通りの実力発揮が出来ないことを多くの人が経験している。スポーツ競技場面においても、peak performanceへのアプローチのための心理学研究が盛んに行われている。競技場面における心理的影響による生理反応を測定しその変化を解明することは、従来の主観的判断に基づく質問紙法による調査に比べ、より客観性を備えており、ひいてはpeak performance実現への一助として貢献するものと考えられる。

環境の変化に安定性があるため、外的影響を統制しやすいclosed skill sportsのひとつであるライフル射撃は、大きな運動負荷を伴わない静的競技であり、命中への操作の正確性がperformance成績として客観的に評価される。また、最適覚醒水準が比較的低水準であることから、心理的要因がperformanceを大きく左右する競技である。本研究では、ライフル射撃競技について、①競技場面における心理的影響による生理反応のパラメーターを明らかにし(実験Ⅰ)、②実際の競技場面に応用するためのBFTによるhigh performanceへの可能性を検討する(実験Ⅱ)。

## 実馬 Ⅰ —ライフル射撃競技における心拍数および皮膚温の変化の検討—

【目的】ライフル射撃競技のperformance成績と心理的要因が及ぼす生理反応との関係を、心拍数と皮膚温を指標として検討し、high performanceへのバイオフィードバックトレーニング(BFT)のための基礎資料を得ることを目的とした。

### 【方法】

1. 被験者 D大学体育会射撃部員男子20名、女子7名。自律神経系および呼吸循環器系に既往症を持たないものであった。

2. 測定項目 心拍数を5秒間隔で記録した。皮膚温は右手示指指尖部掌側面の温度を1秒間隔で記録した。

3. 手続き D大学射撃場において、エアライフル立射競技による試射(sighting shot)および本射(scoring shot)を各3発、図1の順序で行った。全試行終了後、各試行についての主観的集中度および主観的緊張度について質問紙法による5段階調査を行った。

4. 被験者のグループ分け 本射3発の平均スコアにより、H1群(9点以上、11名)、M1群(7点以上9点未満、11名)、L1群(7点未満、5名)の3群に分類した。また各群の特徴的な状態を検討するため、H1群上位5名をH2群、M1群の平均的な者5名をM2群、L1群全員をL2群とした。

5. データの処理 試射・本射において、試行前の閉眼1分間をPRE、撃発時10秒前を-10、撃発時5秒前を-5、撃発時をTRIGGER、撃発時後5秒を+5、撃発時後10秒を+10、試行後の閉眼1分間をPOSTと表示した。これらの各時点における心拍数および皮膚温の安静時の値を基準として算出した増減値(実測値-安静時の値)を用いて解析した。

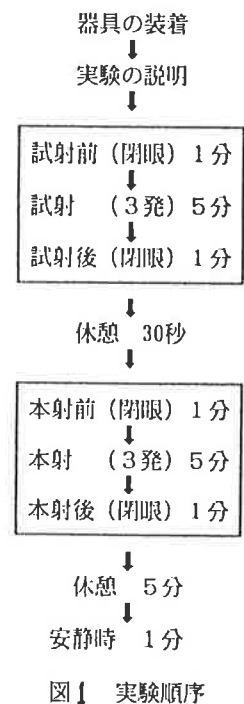


図1 実験順序

## 【結果と考察】

1) 心拍数について 正確さが求められる射撃競技には、意欲や集中力を失わない程度に低覚醒状態を保つことや、照準姿勢の安定性が大切であると考えられる。図2より、試行前から撃発直前、撃発時、撃発直後、試行後までの一連の経時的变化には、撃発時を中心としたM型の変化が示された。このことから、performance 成績に大きな影響を及ぼすと考えられる撃発時において副交感神経活動が活発となり、覚醒水準がリラックス方向へ移行したと考えられる。このM型の変化は、本射時よりも試射時に低い値をとっていた。また、H1群は他の群に比べ、一連のM型の変化が全体的に低い値になっており、試行中の心拍数の変化においても副交感神経活動が他よりも活発であり、high performer (習熟者) は心拍数を低く保ちながら試行を行っていたと考えられる。図3から、H2群における撃発時の心拍数は他よりも低く、また最も心拍数の減少した時点で撃発している傾向がみられた。特にこの変化は高スア時に顕著であった。一方、その他の者は心拍数の最低時と撃発時がややずれていた。これらのことから、high performerの高スア時に示された変化パターンである、心拍数の最低時に撃発し、かつ撃発に先行する試行準備期(照準時)に、心拍数を出来るだけ低く保つこと(high performanceモデル)により、peak performanceが導かれるのではないかと考えられる。

2) 皮膚温について 図4より、試行前から撃発直前、撃発時、撃発直後、試行後までの一連の経時的变化には、撃発時を中心としたW型の変化が示された。このことから、撃発時において交感神経活動が抑制され、覚醒水準が低下し緊張緩和の状態へ移行したと考えられる。このW型の変化は試射よりも本射時に高くなっており、緊張が高まると考えられる本射時に交感神経活動がさらに抑制されていた。このことは、本射の方が試射に比べまた、high performerは他の者と比べ、試行を通じて皮膚温のW型の変化が全体的に高かった。本射実験結果の皮膚温についてはhigh performerによる変化パターンが一定でなかったため、high performanceのモデルとなる基礎データの検討が今後さらに必要であると思われる。

3) 意識とperformance 成績の関係について 集中を感じている時ほど高スアを導き、緊張を感じている時ほど低成績であるという、performance 成績と意識との相関がみられた。特にhigh performerにおいては成績と集中という意識の関心の獲得が他の者よりも出

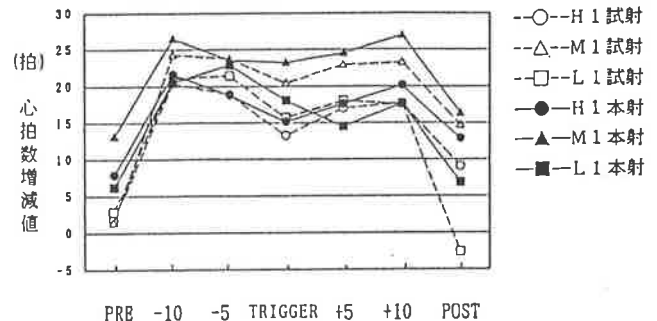


図2 時間経過に伴う心拍数増減値の変化 (H1, M1, L1群)

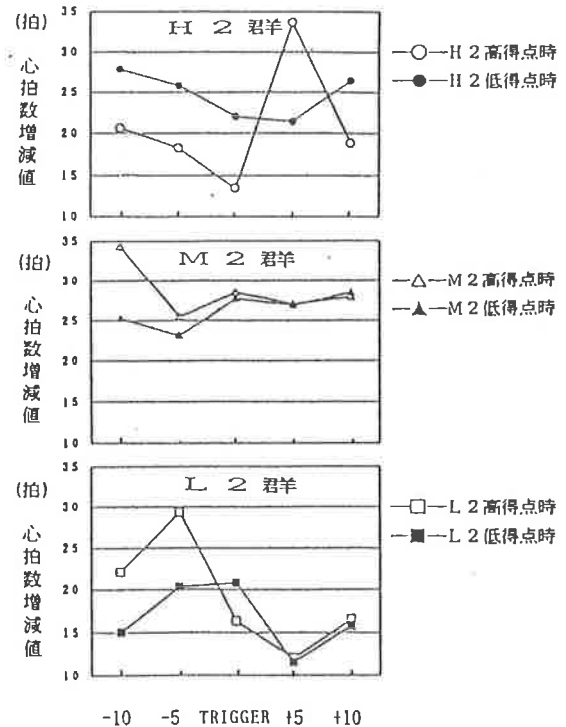


図3 時間経過に伴う心拍数増減値の変化 (H2, M2, L2群)



図4 時間経過に伴う皮膚温増減値の変化 (H1, M1, L1群)

来ており、試行中の意識集中の習得という心理的スキルの向上を図ることが、performance 成績向上にとって有効であると考えられる。

**実馬 Ⅱ** —心拍数のバイオフィードバックトレーニングの効果がライフル射撃のperformanceに及ぼす影響—

【目的】 実験Ⅰより得た心拍数のhigh performanceモデルの習得のため、バイオフィードバック情報(BF情報)をもとに心拍数の減少方向へのBFT 遂行による心拍数コントロールの可能性と、BFTによるperformance 成績の向上の有効性を検討することを目的とする。

【方法】

1. 被験者 D大学射撃部員男子18名、女子6名。合計24名の被験者をAT-BFT群、BFT群、CON群(対照群)の3条件の等質の3グループ(各8名)に分類した。

2. 測定項目 心拍数を5秒間隔で記録した。

3. 手続き 図5の実験順序で、以下のテストを行った。

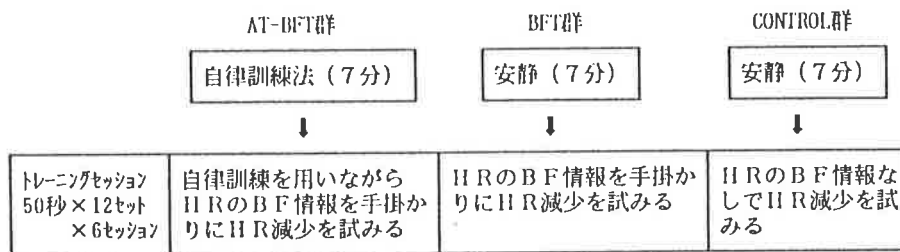


図6 トレーニングセッション(1セッション)の内容

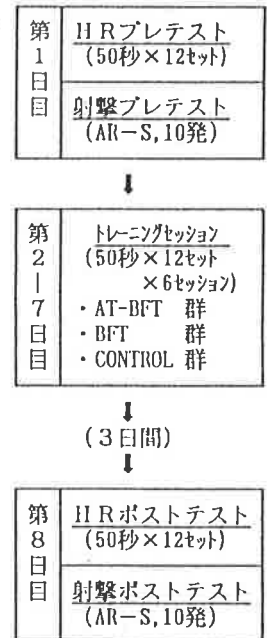


図5 実験順序

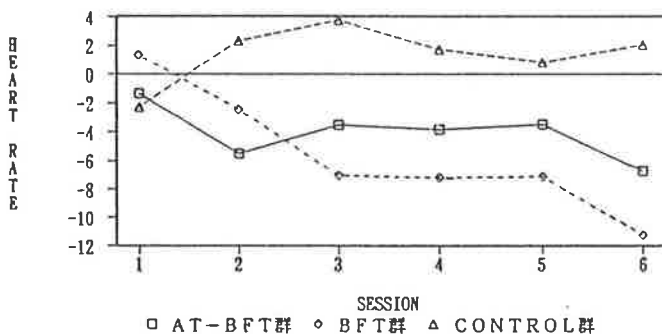
◆トレーニングセッション(6セッション): 図6に示す通り、『心拍数を出来るだけ下げるように努力して下さい』と言葉で課題を教示し、AT-BFT群およびBFT群は、椅座位姿勢の膝の上に設置した心拍数計に表示される自己の心拍数をBF情報として心拍数の減少を、1セット50秒間を合計12セット行った。また、AT-BFT群はストラテジーとして自律訓練を使用した。

◆HRテスト(プレ・ポスト): BF情報を用いずに、トレーニングセッションと同様に心拍数の制御を試みた。

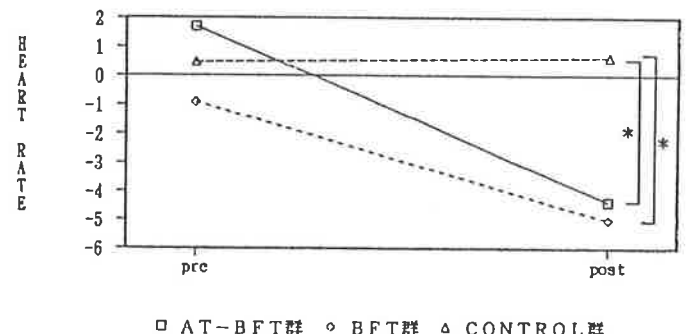
◆射撃テスト(プレ・ポスト): エアライフル立射競技課題を、10発を15分間で撃つこととした。トレーニングセッション・3, 6セッションおよびHRテスト終了後、自由記述によるアンケート調査を行った。

4. データの処理 トレーニングセッションはHRプレテストの安静時を、HRテストはプレ・ポストテストの各安静時を基準として算出した増減値(実測値-安静時の値)を用いて解析した。

【結果と考察】



□ AT-BFT群 ○ BFT群 △ CONTROL群



□ AT-BFT群 ○ BFT群 △ CONTROL群

図7 トレーニングセッションにおけるセッション平均値の経時的変化 図8 HRテストにおけるプレテスト・ポストテスト間の変化

1) トレーニングセッションについて 図7に示すように、心拍数減少を目的としたBFTを行う際には、自律訓練併用のAT-BFT群を含めBF情報の提示条件が教示のみの条件(CON群)よりも優れていた。このことから、BF情報の提示は心拍数の制御に効果があると考えられる。

2) HRテストについて 図8に示すように、プレテストにおいてはグループ間に有意差がみられな



ったが、ポストテストにおいてAT-BFT群および BFT群と、CON 群との間に有意な差が認められた。CON 群がプレ・ポストテスト共に変化がみられないことから、BF情報を得てトレーニングを行ったAT-BFT群と BFT群は、減少方向への心拍数自己制御が可能となったと考えられる。

3) BFTがHRテストに及ぼす影響について AT-BFT群、BFT群は、HRテストの心拍数減少値(ポストテスト-プレテスト)と、BFTによる心拍数減少値(各トレーニング-HRテスト)との間に高い相関が認められた。図8のHRポストテストにおいてAT-BFT群、BFT群は、CON群に比べ有意に減少していたことを踏まえると、トレーニングを重ねた効果がHRポストテストにおける心拍数の自己制御に直結していたと考えられる。また、AT-BFT群は BFT群よりも相関、信頼性共に高いことから、自律訓練というストラテジーの併用による BFTの方が心拍数の自己制御により効果的であると考えられる。

表4 射撃テストにおける撃発時 (TRIGGER) を基準とした心拍数変化のタイプ

4) 射撃テストについて

射撃テスト中の心拍数の変化を撃発時 (TRIGGER) を基準として表1に示す3タイプに分類し、それぞれT値 (T点-TRIGGER)、B値 (B点-TRIGGER) について検討した。T値と射撃スコアとの間に直接関係はみられなかったが、タイプ1のAT-BFT群のポストテストにおいて、B値とスコアに高い相関がみられた。出来るだけ心拍数の下がり切った時点での撃発が high performance を導いており、BFT に自律訓練を併用することで high performance モデルが獲得され

	t y p e 1		t y p e 2		t y p e 3	
高 ↑ 心拍数 ↓ 低						
射撃 テスト	プレテスト	ポストテスト	プレテスト	ポストテスト	プレテスト	ポストテスト
3 群全体 平均得点	205/232 (7.86)	228/240 (7.97)	12/232 (8.17)	9/240 (7.67)	15/232 (7.73)	3/240 (6.67)
AT-BFT群	70/74	75/80	4/74	5/80	0/74	0/80
BFT群	66/78	76/80	2/78	2/80	10/78	2/80
CON群	69/80	77/80	6/80	2/80	5/80	1/80

たと考えられる。本研究では、心拍制御を効果的に遂行するため、BF情報に自律訓練を併用したのであるが、競技不安の低減などに自律訓練そのものが影響したとも考えられるため、今後、自律訓練が生体に及ぼす影響をさらに検討し、performance 向上への効率の良いトレーニング法を獲得することが課題といえよう。

5) 内省報告について トレーニングセッションにおいて、AT-BFT群は試行錯誤し自分に適した具体的な自律訓練の公式を用いたのに対し、他の群はイメージや暗示といった漠然とした方法を用いており、心拍制御に対する工夫の違いは自己の生理状態の関知とストラテジーの有無によって大きな差異が生じると考えられる。心拍制御感については、AT-BFT群は思う様に、BFT群はBF情報を必要として制御出来るという回答を得たが、CON群は出来る気がするという曖昧な回答が多かった。これより、BF情報の有無が制御感の把握に影響を与えたと考えられる。また、実際の試合場面で心拍制御トレーニングの効果が示された事例として、全日本学生ライフル射撃選手権・伏射60発競技において586点で準優勝した、AT-BFT群に属していた被験者N.Eの報告を紹介する。被験者N.Eは実験終了後もトレーニングに当たる部分を、自宅にて主に呼吸調整による自律訓練を用いて毎日約30分間50~60回継続していた。試合当日は2時間前に自律訓練様のカセットテープを聴き続けて『ロッキー』のテーマソングを聴いて、自己最適水準への微調整をしていたと考えられる。

# 弓道の的中率と自律訓練法による 心拍制御との関係

廣野 園子 丹羽 勲昭

## I. 問題

筆者は、高校以来7年間弓道に携わり、普段の練習から地方・全国レベルの試合までさまざまな競技場面を経験してきた。それぞれの場面で最善を尽くしたが、いつも良い結果が出せるとは限らなかった。弓道において「平常心」が大切だとされているが、まさにこの「平常心」を保つ事ができなくて、練習の5・6割程度の結果に終わることも何度も経験した。

弓道は射撃やアーチェリーと同様に、環境の変化が少なく選手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發する弓道は、刻々と変化する自己との対峙、さらに克服の競技である。したがって、自己の最適な状態を知り、その状態を維持していくメンタルコンディショニングが、必要になってくる。筆者も試合に備えて、メンタルリハーサルやイメージトレーニングなどを試み、その必要性を実感してきた。しかし、メンタルコンディショニングの効果的な内容や方法については、曖昧であった。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を検討したい。

ところで、様々な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変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。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、さらにパフォーマンス成績向上のため、メンタルトレーニングやバイオフィードバックトレーニング（以下BFT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（以下BFと略す）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関知させるという生物・医学的手続き』と定義されている。このBF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報告されている。BFTは、BF情報を手掛かりに自己の状態を客観的に知り、そこから意図的に自己の状態をコントロールし、最終的にはBF情報なしで自己をコントロールすることが問われてくるのである。

弓道に関しては、皮膚温を上昇させるBFT、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のいうバスケットのフリスロー・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運動であるということと関係してくると考えられる。一方、星野は射撃選手を対象にした心拍減少方向への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を述べている。さらに、BFTを効果的に行うため、ストラテジー(strategy: 方略)として自律訓練法を併用しその有効性も述べている。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。

従って、弓道のパフォーマンスをあらわす生理心理的指標として心拍数を用い、心拍数

を用いたBFTを行うことにする。ここでは、試合等の緊張した場面で「心臓がドキドキする」といった心理的要因に基づく心拍数の変化を問題とするので、心拍数を生理心理的指標として用いることにする。心拍数を用いた理由として、予備実験の結果、皮膚温や脳波より弓道のパフォーマンスを反映しやすいということ、実験室から離れた場所で効果的に実験を進める効率性を考慮したうえのことである。加えて、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使ったトレーニングが、より実際の競技場面で生かされると考えたからである。

## II. 目的

弓道の行射時の状態を生理心理的指標としての心拍数により明らかにする。さらに、心拍数の減少方向へのBFTによって心拍数の自己制御能力は高まるのか、そして心拍数の自己制御能力の高まりは弓道の競技場面にどのような影響を及ぼすのかを検討する。そのため具体的には、以下の仮説を検討する。

### 仮説

- 1) 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) 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、弓道競技のパフォーマンス成績の向上に効果がある。

## III. 方法

- 1、被験者：奈良女子大学弓道部員25名（表1参照）
- 2、実験期間：1993年10月15日～11月1日
- 3、実験環境：気温 20.0℃～26.0℃，湿度 45.0%～65.0%
- 4、実験場所：奈良女子大学体育学第一実験室，奈良女子大学弓道場
- 5、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などについても適時実施した。

6、手続き：実験は、実験Ⅰから実験Ⅲまでである。実験の大まかな流れを図1に示す。実験Ⅰ・Ⅲは弓道のパフォーマンスを見るための弓道テスト、心拍の自己制御能力を見るためのHR (heart rate) テストで成り立っている。実験Ⅱは自律訓練法を用いた心拍数の減少方向へのBFTを6日間連続で行う。  
・弓道テスト：実験Ⅰと実験Ⅲの弓道テストでは、奈良女子大学弓道場で実際に弓道の行射を行った。

表1 被験者の弓道の段、  
経験年齢及び学年

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

実験Ⅰは弓道のパフォーマンスを見るための弓道テスト、心拍の自己制御能力を見るためのHR (heart rate) テストで成り立っている。実験Ⅱは自律訓練法を用いた心拍数の減少方向へのBFTを6日間連続で行う。  
・弓道テスト：実験Ⅰと実験Ⅲの弓道テストでは、奈良女子大学弓道場で実際に弓道の行射を行った。

実験順序を図2に示す。被験者は、28m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、個人又は団体で的中数が競われる。ここでは、実際の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ひいていき、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思われるからである。また、競技方法

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

図1 実験(Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ)全体の流れ

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”（矢が離れていく瞬間）時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ひいた。全試行終了後、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。

・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、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るようにしてください」という教示を与えた。さらに、BFT前後での感情の変化を見るために感情変化尺度（POMS縮小版）を用いた。

・BFT：実験Ⅲでは、自律訓練法を用いた心拍数減少方向へのHR・BFTを連続して6日間行った。手順を図4に示す。椅座位姿勢の実験者は自律訓練法（FUTEK製音楽瞑想テープTAPE1-Aを利用）を7分間行った後、それをいながら被験者のひざ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BF情報として心拍数の減少を試みた。被験者には、毎日実験終了後自由記述のアンケート調査を実施した。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を実験室内において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て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をした。

・的中得点：弓道の実際の競技場面では、直径36cmの的に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、2つの同心円からなる星の内側の直径12cmの黒丸に的中させるのは非常に難しい。従って、ここ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を採用することにする。的中得点は、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うえで、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。

7、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のプログラムを用いて統計処理を行う。

#### IV. 結果

まず、実験Ⅱの結果を、次に実験Ⅰ・Ⅲの結果を示す。

##### [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、各日のHRの平均値とHRプレテスト安

器具装着	
実験の説明	
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
休憩	1分
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

器具装着	
実験の説明	
BF情報なしで	×12セット
心拍数を減少	
させる試行(50秒)	
休憩 (10秒)	

図3 実験Ⅰ・Ⅲ(HRテスト)の実験順序

器具装着	
実験の説明	
自律訓練法(7分)	×12セット
自律訓練法を用い	
ながらHRのBF情	
報を手掛かりに	
HRを減少させる	
試行(50秒)	
休憩 (10秒)	

図4 実験Ⅱ(HR・BFT)の実験順序

静値（以下安静基準値と呼ぶ）の比較を行った結果を図5に示す。1日目に有意水準1%、4日目に有意水準10%で差がみられた。その他の日にも5日目以外は、心拍数が減少していることが同われる。また、セット毎の心拍数の変化をみるため、1日目から6日目を通しての安静基準値からの心拍増減値をセット毎に平均したものを図6に示す。11セット目と12セット目には、有意水準10%で基準安静値からの減少がみられた。さらに、セットとセット毎の増減値について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(いずれとも $P = .0001$ )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分かる。

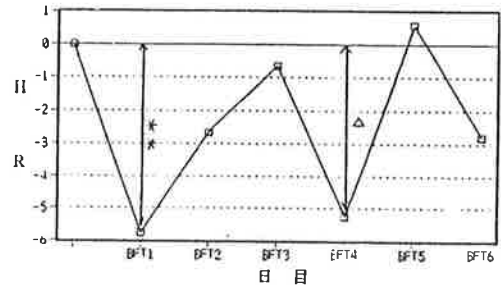


図5 BFTにおける日数毎の心拍数の変化

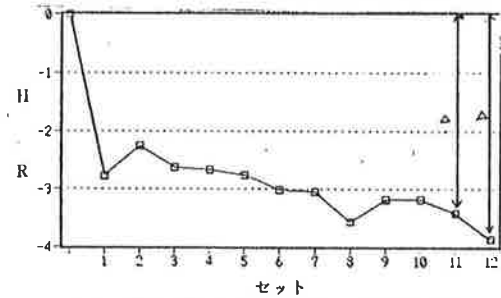


図6 BFT6日間におけるセット毎の心拍数の変化

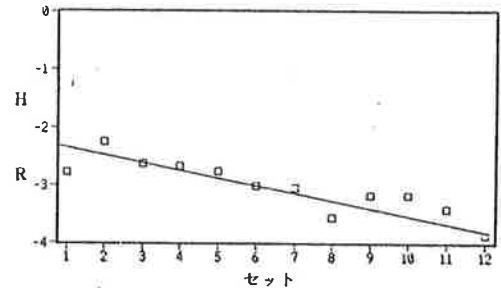


図7 セット毎の心拍数とセット間の回帰直線

## 2、HR・BFTによる感情の変化

自律訓練法を用いた心拍数減少方向への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1つとしてMcNairらにより米国で開発されたものである。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。

そこで、6種の感情尺度ごとに合計した得点の平均について群別にプレとポスト間でt検定をおこなった。結果は図8に示すとおりで、「緊張-不安」はBFT群のみがプレよりポストのほうが有意に低かった( $P = .0012$ )。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6%で差がみられた。その他には、有意な差がみられなかった。

### 〔実験Ⅰ・Ⅲ〕

#### 1、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、各安静時で割った値(心拍変化率とする)を用いて、群別にプレとポスト間でt検定をおこな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群より有意に低かった( $P = .0067$ )。つまり、BFT群は心拍数の減少方向への自己制御能力がCON群より優れていると考えられる。そこで、プレの心拍変化率を基準として共分散分析をおこなった結果を、図9に示す。ポストにおいて群間の有意差は5%水準で認めら

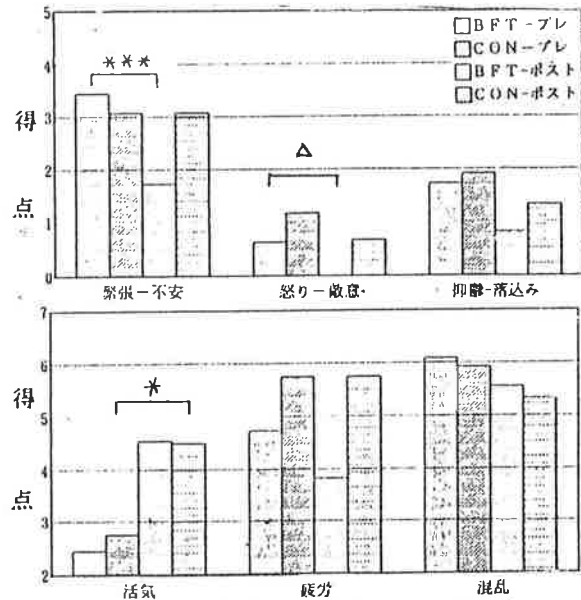


図8 POMS得点のプレテスト・ポストテスト間の変化

れた。両群でプレの心拍変化率を同じにすると、ポストのBFT群の心拍変化率は高くなっており、CON群の心拍変化率はほとんど

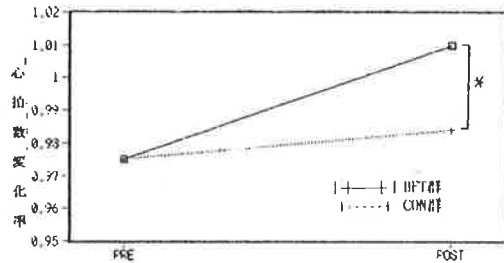


図9 HRテストにおけるプレテスト・ポストテストの変化(心拍変化率)

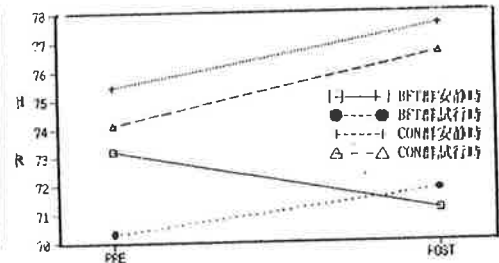


図10 HRテストにおけるプレテスト・ポストテストの変化(心拍数)

変化しなかった。この理由の検討のため、安静時と試行時の心拍数を図10に示す。BFT群の心拍変化率がポストで高くなったのは、安静時の心拍数が低くなったためだと考えられる。

## 2、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合計5つ(-15~-10、-10~-5、-5~0、0~+5、+5~+10)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の合計的中数により3群に分けた(表2参照)。それら3群間で、1射から8射までを各時間毎に平均した値を用い、プレの安静時を基準として共分散分析を行った結果を図11に示す。図11からM群、L群、H群の順で心拍数が高いことが分かる。特に、-10、離れ、+5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、得点の高いH群は、M群やL群よりも行射中の心拍数が低い傾向が伺われる。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、心拍数の各安静時から

表2 弓道テストにおける的中得点による群分け(被験者全員、BFT群)

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

の増減値を1射から8射までを各時間毎に平均したもの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、2に示す。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群はプレよりポストのほうが心拍増減値が増加している傾向がみられ、一方、BFT群は同じ傾向が伺われた。さらに、BFT群内における心拍変化の特徴を見るため、BFT群内を弓道テストの得点により3群に分けた(表3)。そして先程と同様、BFT群内において3群別にプレとポスト間のt検定を行った結果を図13-1、2、3に示す。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4参照)、プレとポスト間でt検定を行った結果は、図14-1、2、3のとおりである。また、弓道テストの行射時の心拍増減値が、プレよりポストで低くなった者(以下HR低群とする)、逆に高

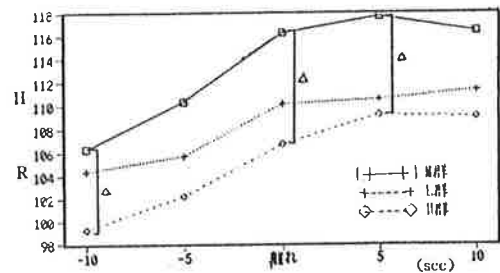


図11 弓道テスト(プレ)の心拍数の経時の変化(H群、M群、L群別)

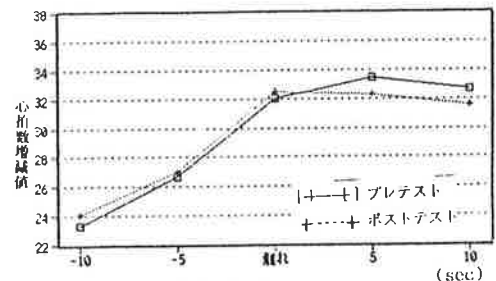


図12-1 弓道テストプレテスト・ポストテスト間の心拍数の経時の変化(BFT群)

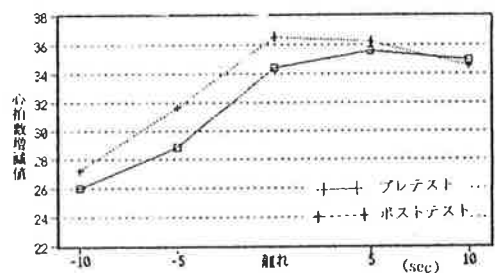


図12-2 弓道テストプレテスト・ポストテスト間の心拍数の経時の変化(CON群)

く、弓道テストの行射時の心拍増減値が、プレよりポストで低くなった者(以下HR低群とする)、逆に高

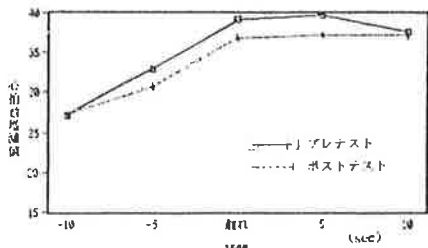


図10-1 的中射点による弓道テストのプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(L2群)

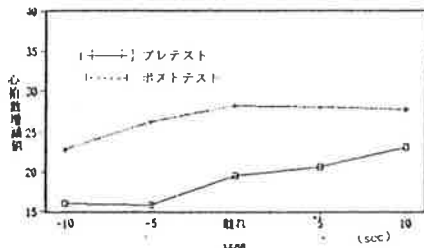


図10-2 的中射点による弓道テストのプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(H2群)

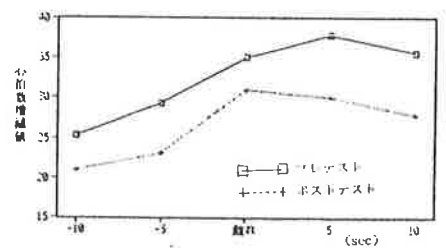


図10-3 的中射点による弓道テストのプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(H2群)

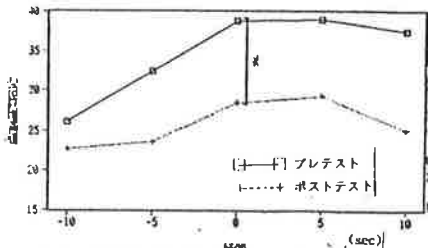


図14-1 心拍の自己制御による弓道テストプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(L2群)

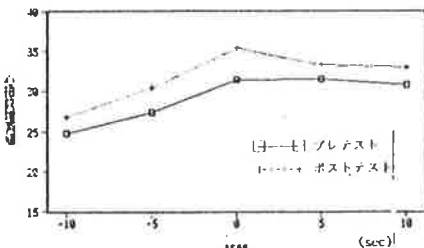


図14-2 心拍の自己制御による弓道テストプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(H2群)

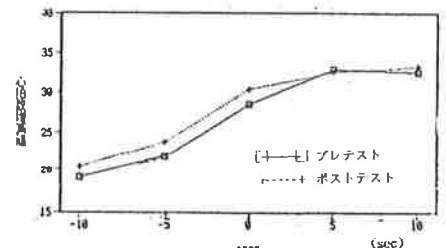


図14-3 心拍の自己制御による弓道テストプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(L2群)

くなった者(以下HR高群とする)を、抽出し、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。

表3 HRテストにおける心拍変化率による群分け(BFT群のみ)

HRテスト平均心拍変化率	群分け	人数
0.94-0.96	H2群	3
0.97-0.98	H2群	5
0.99-1.03	L2群	3

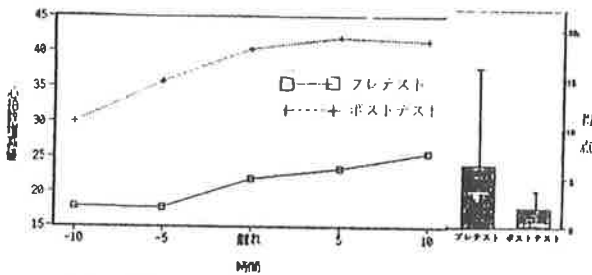


図15-1 弓道テストプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化と得点の変化(HR高群)

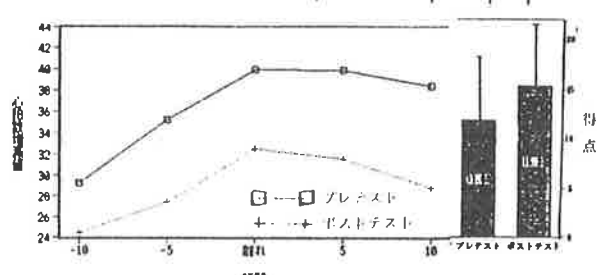


図15-2 弓道テストプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化と得点の変化(HR低群)

### 3、弓道テストの得点の変化

弓道テストにおけるプレとポスト間の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。BFT群にのみ有意水準10%で

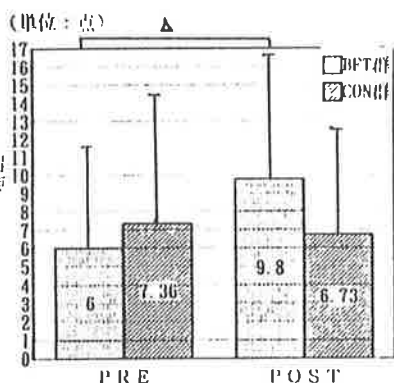


図16 弓道テストのプレ・ポスト間での的中得点の変化

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

種類	主観的集中度								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
プレ	r	.4432	.4544	.5084	.3862	.3173	.6438	.4098	.4374
	p	*.0442	*.0385	*.0186	△.0838	.1611	** .0016	△.0651	*.0474
	n	21	21	21	21	21	21	21	21
ポスト	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

得点の上昇がみられた。また、行射時の被験者の意識と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(10段階評価)について、得

点との相関を調べた結果を表4に示す。表4から、主観的集中度と得点の間にほとんどの射で正の相関がみられた。一方、主観的緊張度と得点の間には相関がみられなかった。さらに、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17参照)。

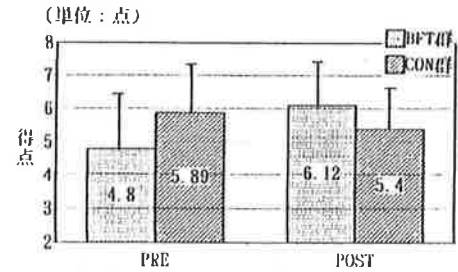


図17 弓道テストのプレ・ポスト間での主観的集中度の変化

## V. 考察

### 1. 仮説(1)の検討

HR・BFTにおける心拍数の変化は、基準安静値と各日のHRの平均値、さらにBFT6日間を通しての各セットごとのHRの平均値との比較により検討する。図5から、各日の心拍数は1日目と4日目に基準安静値より有意に低かった。一方、5日目の心拍数は基準安静値より高い傾向にあったが、それ以外は低い傾向にあった。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思われる( $P = .1604$ )。次に図6から、BFT6日間を通しての各セット毎の心拍数は、基準安静値より低い傾向がみられ、11セット目、12セット目では、有意水準10%の差があった。ここで、12セットの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。心拍数の変化と増減値のレベルという2つの観点から12セットを分類してみると、第一期(1~5セット目)、第二期(6~12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、心拍数の変動があり比較的増減値のレベルも高い。第二期は、心拍数の変動が少なく安定しており、増減値のレベルも低い。さらに図7から、セットと増減値の間に、マイナスの相関がみられたことを併せて考えると、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られる。

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、日を迫るにつれ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とき、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ことどの被験者も答えていた。ある被験者はトレーニングの後半に「心拍が下がったときは自分でも分かる」と心拍数が下がった状態を自覚できるようになり、さらに「心拍数が上がっても、あせらず落ち着いていられる」とBF情報に左右されずに心拍数をコントロールできるようになり、加えて「下げようと意識するよりも自然体でいようとすると心拍数は下がる」と心拍数を下げるときの自然体でいることの重要性を述べている。また、トレーニングを行うことで、気持ちよくなった、リラックスできた、体が軽くなった、落ち着くことができたなど自律訓練の効用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用いながら心拍数をコントロールしていく様子が伺われた。また、自律訓練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の効果と思われるさまざま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。BFT群における6種の感情尺度の中の「緊張-不安」「怒り-敵意」の有意な低下は、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一致する。

以上のことから、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、自律訓練法を用いたHR・BFTが、被験者の心身状態及び感情に影響を与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BF情報なしで減少させる自己制御能力をみるためのHRテストの結果から、BFT群はBFT後のHRテストにおいて、心拍数を減少できなかったと考えられる。しかし、HRプレテストにおける心拍変化率が、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推察できる。すなわち、もともとの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とえでもう一度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、プレの心拍変化率を基準にして共分散分析をおこなった。図9からポストにおいて両群間に有意な差が認められた。つまり、プレとポスト間でCON群の心拍変化率は変化していないが、BFT群の心拍変化率は高くなっている。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つたと考えざるを得ない。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から、全体的にプレよりポストの方が、心拍数が高い傾向がある事から、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。しかし、BFT群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があるということは、BFTの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。

## 3、仮説（3）の検討

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群の心拍数は増加傾向が、BFT群の心拍数はほぼ同じ傾向がみられたが、いずれも有意差はなかった。これは、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。さらに、図13から、BFT群内を得点によりII、M、Lの3群に分けプレとポスト間の心拍数の変化をみたところ、BFT-L群は心拍数が増加し、BFT-IIは、心拍数が減少し、BFT-M群はその中間の傾向がみられる。このことは、BFT群の中でも成績の低かったものは、BFTを行ったにもかかわらずその効果が見られず、行射中の心拍数が増大している。したがって、BFT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、BFT群で成績の高かったものは、行射中の心拍数が低くなっている。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、BFTによる心拍の自己制御の影響が考えられる。

また、図14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から、HRテストでの自己制御能力の低いものが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、プレテストの増減値のレベルが、3群で違うことが考えられる。プレテストの増減値は、II、M、Lの順で低いですが、ここに自己制御の差が現れているのではなからうか。自己制御能力の低いBFT-L群は、BFTを行うことにより心拍数が

低下し、一方、M群とII群は、最初から自己制御能力が高いためBFTの効果が現れなかったと考えられる。しかし、M群とII群の得点は、プレよりポストで高い傾向がみられた。II群は、プレのときからすでに、行射時において心拍の最適状態にもっていくことができている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、自己制御の現れであり、したがって、プレとポストの心拍数の変化が少なくなっていると推察される。

さらに、弓道テストの行射場面で、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増減値が増大したHR高群と減少したHR低群との得点には、有意差がみられなかったが、HR高群はプレよりポストが低く、HR低群は高い傾向がみられた。HR低群は、合計6人おり、その中の4人がBFT群であった事は、BFTによる心拍の自己制御が少しは関与しているかもしれない。

また、これと逆に成績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、抽出し心拍変化をみたところ、図18-1、2のようになった。つまり、成績の良い時は心拍数が低く、成績の悪いときは高い傾向がみられた(ただし有意差なし)。以上のことから、成績と心拍制御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付くということが伺われる。

さらに、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%で上昇が見られた。このことから、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にはできないが、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)、内省報告の結果から、自律訓練法によって心身が安定し、HRを減少させるトレーニングにより集中力が増大したことによるのではないかと考えられる。

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、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、パフォーマンス成績の向上に有効であったと考えられる。

## VI. 結論

弓道の効果的なメンタルトレーニングの検討のため、女子大学生弓道部員25名を対象に、自律訓練法を用いた心拍数減少方向へのHR・BFTを実施し、その効果と競技場面に及ぼす影響を検討し、3つの仮説の検証を行った。その結果、次の結論を得た。

- 1) 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) 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に影響を与えると思われる。
- 3) 心拍数の減少方向への自己制御の獲得は、弓道のパフォーマンス成績の向上に効果があると思われる。

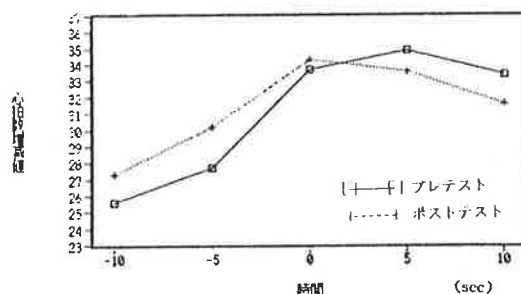


図18-1 弓道テストプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(パ低群)

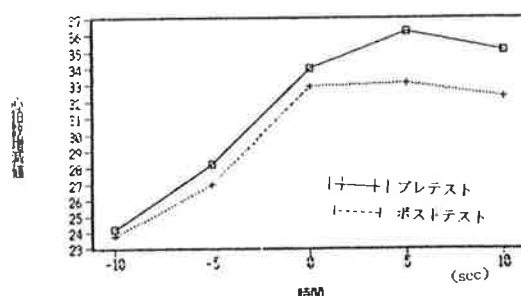


図18-2 弓道テストプレ・ポスト間の心拍数の経時的変化(パ高群)

- 4) 自律訓練法を用いたHR・BFTの実施は、自律訓練法による心理的効果とHRを下げるトレーニング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関与したと思われる。

## 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. 245.
- 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. 64-153.
- 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ゼーションの効果(1)-座禅法の生理心理学的検討-. 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) 丹羽昭助・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) 榎宜田陽子(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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 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.  
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.
- 15) 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.
- 16) 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: pp. 913-917.

## Ⅳ 聴覚刺激による快適感と脳波（前額皮上電位）

- 1 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響
  - － メトロノームによる前額皮上電位と心拍の変化を中心に －
- 2 快適感と脳波・心拍との関連の検討
  - － 聴覚刺激を手がかりに －
- 3 快適感と優勢前額皮上電位との関連の検討
  - － 聴覚刺激を手がかりに －

1994年10月4～6日

於 山形大学

## 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響

— メトロノームによる前額皮上電位と心拍の変化を中心に —

丹羽劭昭(奈良女子大学)

### 〔 目 的 〕

音楽等の音刺激がストレスや快適感に及ぼす影響をみる手がかりとして、メトロノームのテンポの変化と快適感との関係を取りあげ、次の仮説を検討する。

1 人は個人差があるが概して速いテンポ(F)より遅いテンポ(S)の方に快適感を持つ。

2 テンポの変化は前額皮上電位(以後、前額電位と略称する)や心拍数に影響する。すなわち、遅いテンポによって周波数の低い前額電位が増加し、心拍数は減少する。逆に速いテンポでは、高い周波数の前額電位が増加し、心拍数も増加する。

3 個人の感じる快適テンポより速いテンポの方が遅いテンポより生理心理的变化が大きく現れる。

4 テンポへの好みに個人差があり、その生理心理的反応も好みのテンポの遅速に影響される。

### 〔 方 法 〕

対象：女子大学生(18～23歳)33名

実験期間：1993年9月20日～10月27日

環境条件：室温19.0～26.0℃，湿度47.0～65.0%，室内照度150Lux。

実験機器：表1に示す。メトロノームはダイヤル調整によって速度が選択できるものである。

心拍数は5秒毎に記録される。前額電位は前額のFp<sub>2</sub>に探查電極，Fp<sub>1</sub>にアース，左耳たぶ(A<sub>1</sub>)に基準電極を装着して誘導し，FM515NKのコンピュータソフトによって $\theta_2$ ， $\alpha_1$ ， $\alpha_2$ ， $\alpha_3$ ， $\beta_2$ 波の $\mu V$ 値を記録した。なおFM515SのA/D変換速度は20ms，周波数成分分解能はフルスケールの1/256，2秒毎の平均前額皮上電圧をデジタル信号(パルス数のデータ)として出力する。

手続き：本研究は3つの実験から成り立つ。

実験I：各人の快適テンポの決定(図1参照)

本研究での快適テンポは知覚性の精神テンポを問題とするため、従来からよく用いら

表1 実験器具

メトロノーム	SEIKO QUARTZ METRONOME MODEL SOM-318 (40cpm～208cpm)
心拍計	SPORT TESTER PE-3000 PORAR ELECTRO KT製
前額皮上電位測定器	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S フューテックエレクトロニクス社
ボディソニック	BODYSONIC SYSTEM MC-300



図1 メトロノームの初めのセット位置

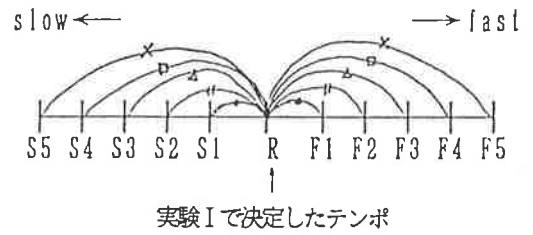


図2 実験IIで与える10個のテンポ

れてきたメトロノームの断続音を用いて被験者調整法により好みの速さを決定する方法を用いる。従来の研究によると快適テンポは一つではなく、遅い、中程度、速いの3つ位はあるとの報告もあるが、ここでは一つの快適テンポを決定するため、図1の1～7の目盛りにセットされているところから始め、被験者がダイヤルを操作して計7回行う。(最終的には図1の5～7の位置から聴き始めて選んだ快適テンポの平均値をもって、各被験者の快適テンポとする。)

なお、実験開始前に、各被験者に快適テンポの定義を文章で示している。その中核は「平常の状態でも速くも遅くもなく、ちょうどよく被験者の心に響くテンポ」のことについてである。

実験II：テンポの変化に伴う快適感の変化(心理的側面の変化、図2参照)

実験Iで決定した各人の快適テンポのRから近い測定限界値までを5等分し、同じ比率で反対方向に配分した値(FとS)計10個(図2)のテンポを聴いた時のそれぞれの感じを5段階評価で回答する。与えるテンポの順番はS1→S5またはF1→F5で、始める位置(S1またはF1)はランダムとして最終的には半数ずつになるようにしている。また最初に各人の快適テンポを聴かせて評定5の基準とすることを告げてから、他のテンポの快適感を問う実験に入る。なお、始めの5つのテンポを聴き終わった後は、1分間の休憩を入れ、再び各人の快適テンポを聴かせて後、残りの5つのテンポの評価を行う。

実験III：テンポの変化に伴う心拍数・前額電位の変化(生理心理的側面の変化)

図2中のS5, S3, R, F3, F5の5テンポ(以後VS, S, P, F, VFと略す)を聴いた時の心拍数と前額電位を測定する。刺激提示順序はランダム、実験順序を図3に示す。

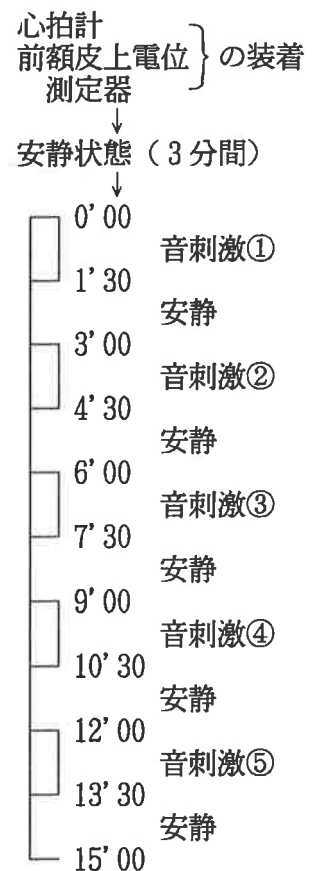


図3 実験IIIの順序

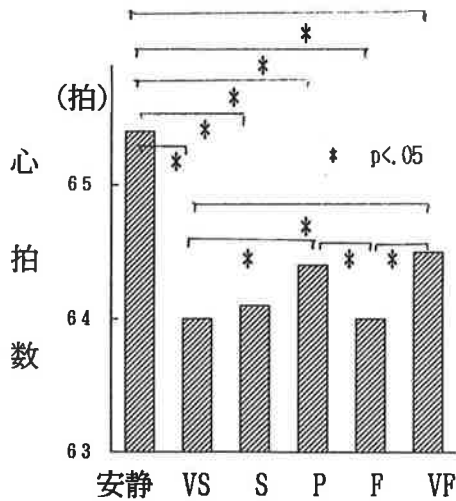


〔仮説2の検討〕

2 生理心理的側面について

1) 心拍数の変化

心拍数の変化を図6に示す。実験順序はランダムであったのでテンポの速さ順に並びかえて平均値を示したものである。安静時を含め6条件での心拍数の分散分析の結果に有意差が認められた ( $F=14.02$   $p<.0001$ ) のでDuncan法による多重比較を行った結果、5%でVSとVF, VSとP, PとF, FとVF間に有意差が認められた。また安静時はすべてのテ



何れ音(テンポ)が「よい」より、多少「どう」であれテンポが「剛」=速さというのには気分がいいし、ゆるりした=テンポに「なる」ほど、気分がいい。自分自身を調整しているような感じがした。

図6 心拍数の変化

ンポと有意差がみられた。個々の資料では、VSからVFにかけて一貫して増加する人はみられなかった。これらの結果から速いテンポほど心拍数が増加するとはいえないが、VSとVF間に有意差がみられたことから、仮説2の遅いテンポの方が速いテンポより心拍数が減少するという事は認められる。なおこうしたテンポの聴覚刺激は一般に安静時より心拍数を減少させることがわかる。ちなみにアンケートの一例を示す。

2) 優勢前額皮上電位の変化

図7にテンポ別の平均  $\mu$  v 値, 図8に同じく各優勢前額電位の出現率(出現時

実験終了後のアンケートより

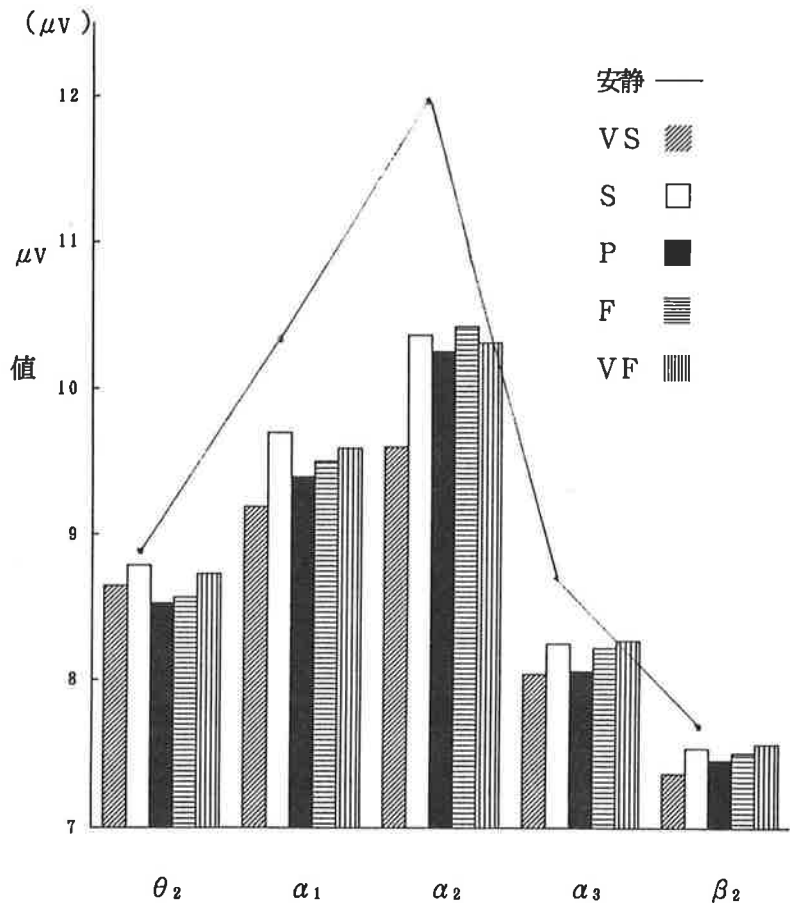


図7 各前額電位 ( $\mu$ v) 値の変化



表4 各前額電位 ( $\mu v$ ) 値の検定結果

前額電位	分散分析の結果	多重比較(Duncan の法)の結果 有意差のみられた箇所
$\theta_2$	F(5, 104)=4.30 p<.0013**	} 安静時と全てのテンポ間 安静時とS間
$\alpha_1$	F(5, 104)=6.92 p<.0001***	
$\alpha_2$	F(5, 104)=5.13 p<.0003***	
$\alpha_3$	F(5, 104)=4.03 p<.0022**	
$\beta_2$	F(5, 104)=1.68 p<.1468	

表5 各優勢前額電位出現率の検定結果

前額電位	分散分析の結果	多重比較(Duncan の法)の結果 有意差のみられた箇所
$\theta_2$	F(5, 105)=1.69 p<.1436	安静時とVS間
$\alpha_1$	F(5, 105)=0.72 p<.6076	
$\alpha_2$	F(5, 105)=2.77 p<.0215*	安静時と全てのテンポ間 安静時とVF, VS 間, VFとS, VFとP, VFとF間
$\alpha_3$	F(5, 105)=3.95 p<.0025**	
$\beta_2$	F(5, 105)=0.82 p<.5396	

間の平均値) の変化を示し、それぞれの有意差検定の結果を表4, 5に示す。

図7, 表4から, テンポ別平均 $\mu v$  値(電圧)でテンポ間に有意差がみられたのは,  $\theta_2$  波のSとPの間のみである。そこで図8, 表5から, 優勢前額電位の出現時間の平均値をみると,  $\alpha_3$  波でVFが安静時, およびVS以外の全てのテンポより有意に多く出現し,  $\alpha_2$  波では, 安静時より全てのテンポで有意に少なく出現していることがわかる。つまり, こうしたテンポの聴覚刺激は安静時と比較して,  $\alpha_3$  波では増加の方向で,  $\alpha_2$  波では減少の方向で作用することがわかる。

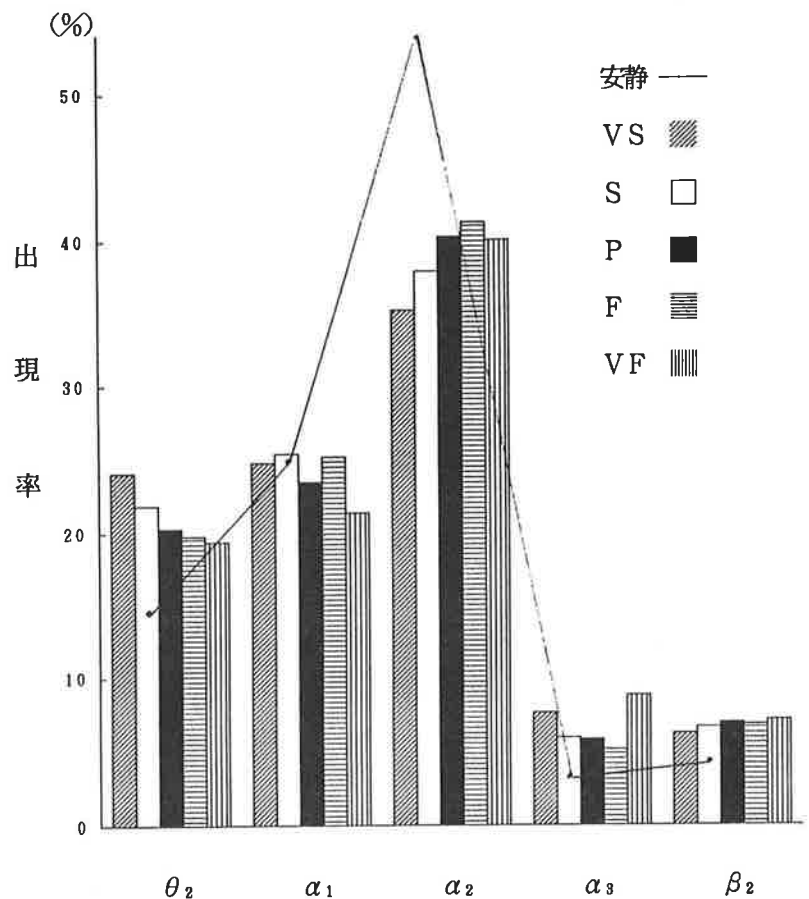


図8 各優勢前額電位出現率の変化

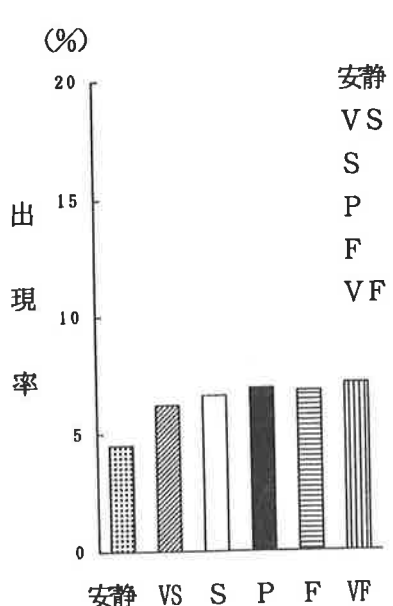


図9 優勢 $\beta_2$ 波の出現率の変化

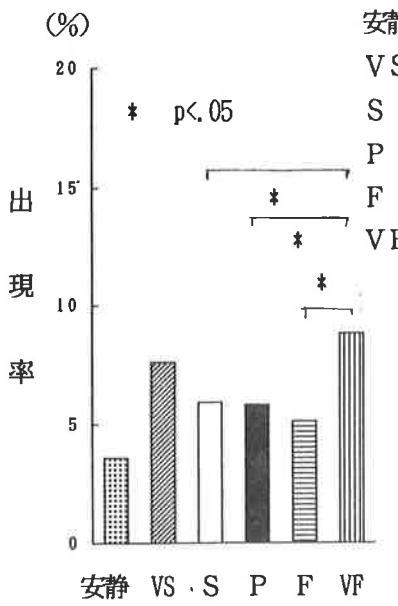


図10 優勢 $\alpha_3$ 波の出現率の変化

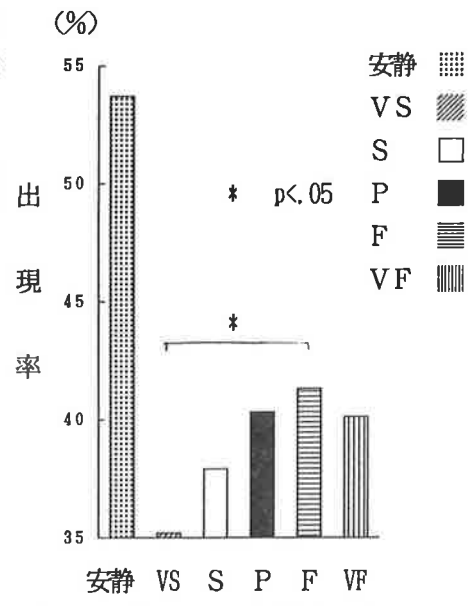


図11 優勢 $\alpha_2$ 波の出現率の変化

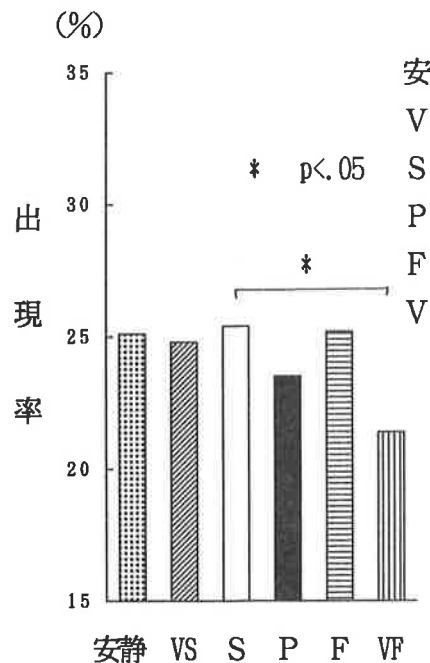


図12 優勢 $\alpha_1$ 波の出現率の変化

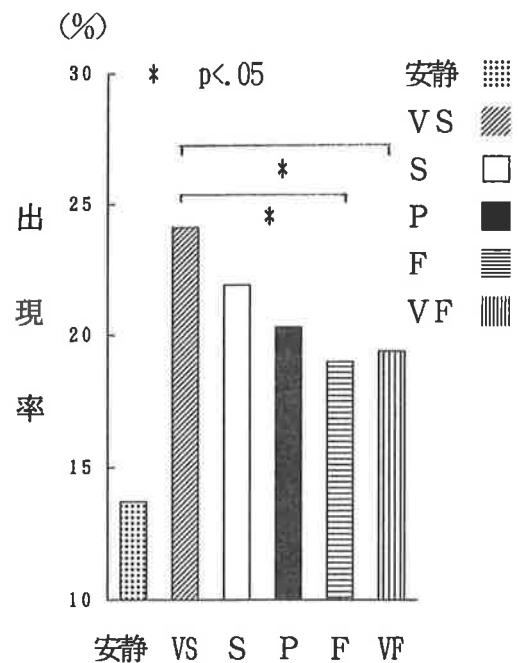


図13 優勢 $\theta_2$ 波の出現率の変化

さて、仮説2の後半、すなわち「遅いテンポによって周波数の低い前額電位が増加し、逆に速いテンポでは、高い周波数の前額電位が増加する」ということと関係して、改めて高い周波数として $\beta_2$ と $\alpha_3$ 波を、低い周波数として $\alpha_1$ と $\theta_2$ 波を取り出し、前額電位間の有意差検定(t検定)を試みた。その結果を図9~13に示す。

まず、図9の $\beta_2$ 波は速いテンポほど増加してみえるが、有意差がみられない。図10の $\alpha_3$ 波は、速いテンポ(VF)の時のみ有意に増加している。周波数の低い方では、図12から、 $\alpha_1$ 波が遅いテンポ(S)で最も速いテンポ(VF)の時より増加していた。図13から、 $\theta_2$ 波は仮説通り、遅いテンポ(VS)によって速いテンポ(VF, F)の時より優勢前額電位出現率が増加していることがわかる。ただし、遅いテンポほど増加するとは言えない(有意差がない)。

### 3. 仮説3の検討

図5から、仮説1は一応証明され、人は速いテンポより、遅いテンポの方により快感情を持つことがわかった。もしそうだとすると、最も快適なPの時と遅い方のテンポを聴いている時の生理心理的状态は近い筈であり、逆に速いテンポを聴いた時の方が変化が大きくなる筈である。そこで具体的には

$X_1$  (PとSとの差) 対 (PとFとの差)

$X_2$  (PとVSとの差) 対 (PとVFとの差)

$X_3$  (VSとSの平均値とPとの差) 対 (VFとFの平均値とPとの差)

の3点について心拍数と前額電位で検討する。なお、前額電位では、2で考察した結果、 $\mu V$  値には特定の傾向がみられなかったこと及び先行研究(橋本)から優勢前額電位の出現率の方がより適していると考えられるため、優勢前額電位について考察する。また  $X_1, X_2, X_3$  とも変化量をみる目的なので絶対値によって比較した。

まず、心拍数及び、優勢前額電位の各  $X_1 \sim X_3$  の t 検定の結果を表6に示す。表6から、心拍数では  $X_2$  にのみ有意差がみられた。すなわち仮説の表現とは逆の結果となったが、変化の仕方は、図6から速いテンポで心拍数がP(最も早いテンポ)より高くなるより、遅いテンポでPより低くなる変化の方が大きいことがわかる。

表6から、優勢前額電位の出現率で有意差のみられたのは、 $\alpha_2$  波と  $\theta_2$  波のいずれも  $X_1$  と  $X_3$  である。すなわち、すべて遅いテンポへの変化率の方が大きい結果となり、その内容を検討すると、図11から  $\alpha_2$  波では  $X_1, X_3$  共に速いテンポで出現率が増加するより遅いテンポで減少する変化の方が大きいことを示した。図13より  $\theta_2$  波では、

表6 心拍数と各優勢前額電位出現率の t 検定の結果

	心拍数	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
$X_1$	p<.9679	p<.0136*	p<.4541	p<.0337*	p<.3295	p<.4546
$X_2$	p<.0001***	p<.1270	p<.1619	p<.3078	p<.4922	p<.1851
$X_3$	p<.1032	p<.0129*	p<.1321	p<.0358*	p<.8637	p<.3726

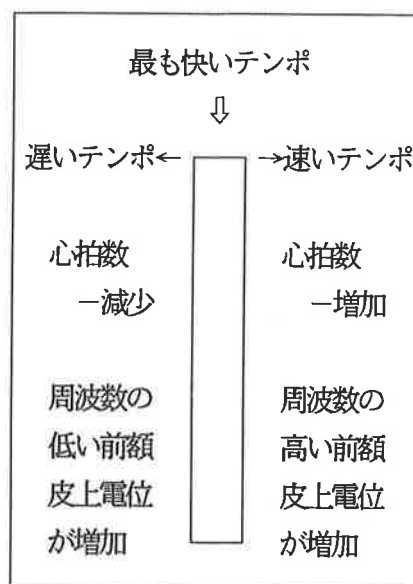


図14 テンポによる心拍数・前額皮上電位の変化

X<sub>1</sub>, X<sub>9</sub>とも速いテンポで出現率が減少するより、遅いテンポで増加する変化の方が大きいことを示した。

以上をまとめると図14のようになる。仮説1から、遅いテンポを聴いている時の方が速いテンポを聴いている時より快適と感じる評価が高かった。これを前提にして、「快適感のさほど変化しなくても、遅いテンポを聴いて起こる生理的変化は大きい」また「快適感が大きく減少するが、速いテンポを聴いて起こる生理的変化は小さい」と考えられる。

#### 4 テンポの個人への適合性（仮説4の検討）

「概して速いテンポと遅いテンポではどちらの方が聴きやすかったですか」というアンケートの結果、「速いテンポ」と答えた人が33名中5名いた。この5名について仮説1がどうなるかを検討する。この5名をF群とし、それ以外の人をS群として、仮説4を検討する。

F, S両群の実験IIの結果を図15に示し、テンポの速さ対間の有意差検定の結果を表7に示す。

図15から、F群ではS2とF2の評価は等しく、S3より遅いテンポとF3より速いテンポを比較するといずれも速いテンポの方が高い（快い）評価になっているように見える。そこで、表7をみるとF群には有意差がみられないが、S群ではいずれも遅いテンポの快適さに比べ、速いテンポが不快だとしている（ $p < .001$ ）。F群とS群では、明らかにテンポの速さへの快感情（適合性）に差があることがわかる。

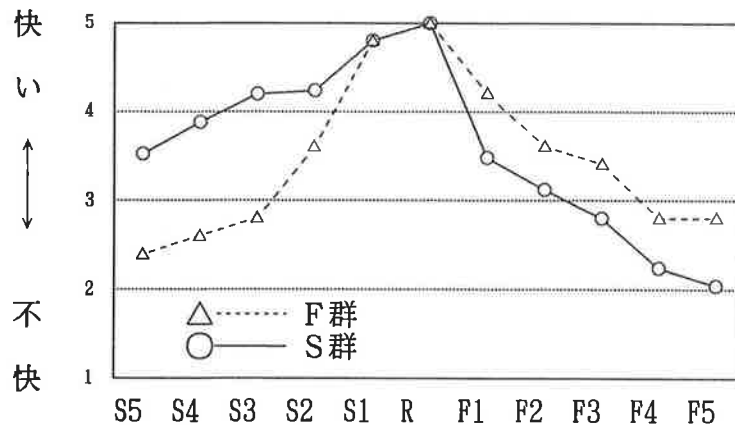


図15 F群とS群の快感情の5段階評価

表7 F・S群別の遅いテンポと速いテンポの快適感の比較（t検定）

	S1-F1	S2-F2	S3-F3	S4-F4	S5-F5
F群	$p < .208$	$p < 1.00$	$p < .305$	$p < .749$	$p < .477$
S群	$p < .001***$	$p < .001***$	$p < .001***$	$p < .001***$	$p < .001***$

そこで、心拍数について $X_1$  : ( P と S との差 ) 対 ( P と F との差 ) ,  $X_2$  : ( P と VS との差 ) 対 ( P と VF との差 ) ,  $X_3$  : ( VS と S の平均値と P との差 ) 対 ( VF と F の平均値と P との差 ) の検定結果を表 8 に示し、S・F 各群の比較を図 16 に示す。表 8、図 16 および個々人のデータ (資料略) から S 群は速いテンポで心拍数が高くなるより、遅いテンポで低くなる変化の方が大きい。一方 F 群はいずれのテンポでも心拍数は低くなるが、遅いテンポの方が速いテンポより低くなる。なお、S 群より F 群の方が全体の平均値は有意に少ない ( $p < .001$ )。

表 8、図 17 から S 群で  $\theta_2$  波 (低い周波数) で速いテンポの時より遅いテンポの時の方が P との差が大きく有意に多く出現していることがわかる。

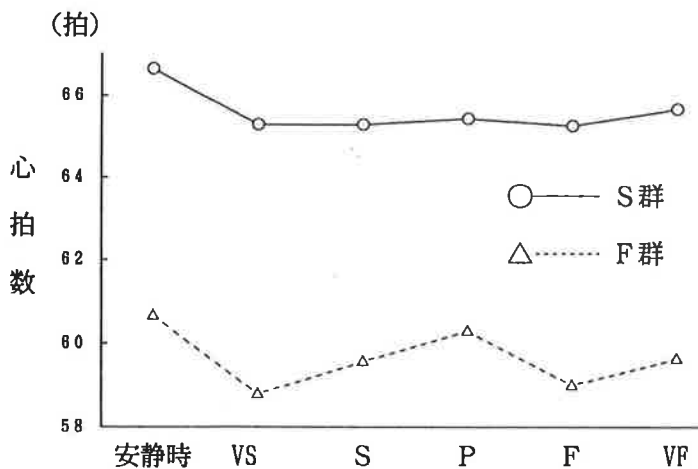


図 16 F 群と S 群の心拍数の変化

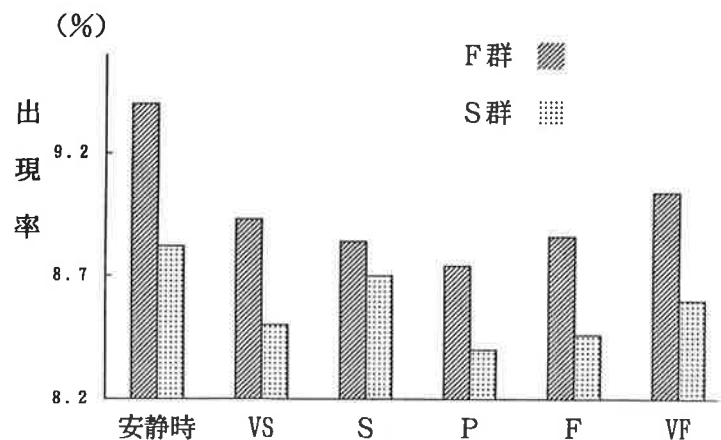


図 17 F 群と S 群の優勢  $\theta_2$  波の出現率の変化

表 8 F・S 群別の心拍数と各優勢前額電位出現率の比較 (t 検定)

		心拍数	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
F 群	$X_1$	$p < .9530$	$p < .7941$	$p < .9031$	$p < .1858$	$p < .5663$	$p < .4458$
	$X_2$	$p < .7083$	$p < .1400$	$p < .7834$	$p < .3302$	$p < .4095$	$p < .1452$
	$X_3$	$p < .0003^{***}$	$p < .3676$	$p < .7756$	$p < .6681$	$p < .7942$	$p < .6880$
S 群	$X_1$	$p < .9829$	$p < .0126^*$	$p < .4651$	$p < .1772$	$p < .2430$	$p < .1822$
	$X_2$	$p < .0001^{***}$	$p < .0073^{**}$	$p < .0769 \Delta$	$p < .1303$	$p < .4499$	$p < .1375$
	$X_3$	$p < .0076^{**}$	$p < .0042^{**}$	$p < .0594 \Delta$	$p < .0174$	$p < .8063$	$p < .4349$

## 〔 結 論 〕

音刺激によるテンポの変化が、聴取者の快適感にどのように影響するかを女子大生33名を対象に生理心理的内容を中心に検討した結果、次のような結論を得た。

1. 人は概して速いテンポより遅いテンポの方に快適感を持ちやすい。
2. 心拍数は安静時よりテンポ聴取時の方が常に少ないが、テンポの変化によって変化する。その変化は概して速いテンポの方が多い心拍数となる。前額皮上電位は、安静時と音刺激聴取時では明確に異なるが、一定の傾向を見出すことはできなかった。しかし、前額皮上電位出現時間の比率では、低い周波数の出現率は遅いテンポほど増加する傾向があるようにみえる。
3. 最も早く感じるテンポを聴いている時の状態を基準にして、それよりも速いテンポを聴くより遅いテンポを聴いた時の方が心拍数や前額皮上電位は変化する。これは仮説1の結論と合わせて、快適感はそれほど変化しなくても、遅いテンポを聴いて起こる生理心理的变化は大きい。一方、快適感は大きく減少するが速いテンポを聴いて起こる生理的变化は小さいと考えられる。
4. 速いテンポを好む人も少数だがおり、その人達は速いテンポの方が快適だが、遅いテンポでも不快というわけではなく、どちらにも適（対）応している。そして速いテンポを好む人たちでは、心拍数が遅いテンポの方で速いテンポよりP（最も快適なテンポ）との差が大きく、より減少する。前額皮上電位では、遅いテンポを好む人は、 $\theta_2$  波（低い周波）が速いテンポの時より遅いテンポの時の方がPとの差が大きく、より多く出現する。

# 快適感と脳波・心拍との関連の検討

—聴覚刺激を手がかりに—

長谷部 成子 丹羽 劭昭

## 1. 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だろうか。

わたしたちは、日々、様々な音に囲まれて生活している。商店街を歩けば、スーパーマーケットやパチンコ屋から軽快な音楽が流れてくる。これらは、感情に与える音の効果を期待して、音を利用していると言うことができるであろう。このように、人間は耳を閉じることが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、快適感と生理的変化との関係を検討することによって、主観的な人の快適感について、客観的に分析したいと考えた。

音と一口にいても、音楽、小鳥のさえずりや虫の音、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において何気なく音を耳にする時の、快、不快の感情を知りたいという個人的な興味もあり、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、家の中や都市で聴かれる生活音に大別できる。そこで、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のは

①環境音として一般的であると思われるので、音刺激として用いた時、わかりやすいと考えられる。

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、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。しかし、個人によってどのような音環境に囲まれて生活してきたかが異なることなどにより、音に対して抱く感情は個人によって異なると思われる。

③CD化されていて、入手可能である。

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で十分であるとされる。生理的測度は、様々なものが考えられるが、本研究では、心拍と脳波を採用することにする。心拍数は、一般的に興奮状態では交感神経が興奮しそのために増加するとされるのが一致した報告である。したがって、音刺激による感情の興奮を調べるのに適した測度の1つであると考えられる。脳波は一般に、振幅が小さく周波数の高い速波から振幅が大きく周波数の低い徐波までを順に、 $\beta$ 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 $\beta$ 波に近い状態から $\theta$ 波に近い状態まで周波数によって $\alpha_3$ 波(11.0~13.0Hz)、 $\alpha_2$ 波(9.0~11.0Hz)、 $\alpha_1$ 波(8.0~9.0Hz)、の3段階に分けている。また、一般に脳波は、覚醒水準が高く興奮した状態に $\beta$ 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、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。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をよく目にするが、音によって脳波はどのような変化をするのかを知りたいという個人的な興味があることによる。

以上のように本研究では生理的測度として心拍数と脳波を用い、心理的測度としてSD法（段階評定尺度）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。

## 2. 目的

以上のことから、本研究の目的は、種々の「感じ方」の1つとして、快適感を指標とし、快適感と脳波、心拍数との関連を検討することである。具体的には以下の仮説を検討していくことにする。

仮説Ⅰ) 同じ音を聴いても個人によって快適感に差がある。

仮説Ⅱ) 音を聴取する時、快適感の程度によって心拍数に違いがある。

仮説Ⅲ) 音を聴取する時、快適感の程度によって脳波に違いがある。

## 3. 方法

- ・対象：女子大学生52名（18～23歳）
- ・実験場所：奈良女子大学体育学第一実験室
- ・実験期間：1994年8月30日～9月21日
- ・環境条件：室温25.0℃～28.0℃、湿度50～70%
- ・実験器具と使用法：実験

表1 実験器具

に使用した器具等を表1に示す。心拍計は胸部に装着したセンサーベルトで5秒毎に心拍数を記録するようにした。脳波の測定部位は図1に示す。前額に2個の電極を、耳たぶに1個のクリップ電極を装着して、単極誘導で導出し、FM515NKのコンピューターソフトに

心拍計	SPORT TESTER PE-3000 PORAR ELECTRO KT製
脳波計	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S フューテックエレクトロニクス社
ボディソニック	BODYSONIC SYSTEM MC-300
CD (音)	決定版効果音全集 海・砂浜の波、川・せせらぎ、鳥のコーラス、オートバイ ビクターエンタテインメント(株) Victor 新効果音第百科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 日本効果音専門研究会
カセットデッキ	CSD-XR20 アイワ(株)

によって2秒毎の $\beta_2$ 波(16.4～19.6Hz、中心周波数18Hz)・ $\alpha_3$ 波(11.0～13.0Hz中心周波数12Hz)・ $\alpha_2$ 波(9.0～11.0Hz、中心周波数10Hz)・ $\alpha_1$ 波(8.0～9.0Hz 中心周波数8.2Hz)・ $\theta_2$ 波(5.0～6.2Hz、中心周波数5.6Hz)の $\mu V$ 値を記録した。また各脳波の優勢出現時間の比率も同時に記録される。音はCDからテープにダビングしたものを共通に聴かせ、音のボリュームも一定にした。

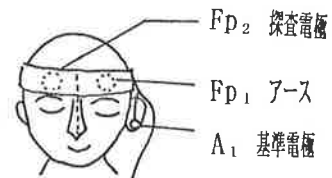


図1 脳波計の装着部位

・データの処理：統計処理は全て奈良女子大学情報処理センターの大型計算機でSASのプログラムを用いて行った。

・実験手順：実験順序を図2に示す。被験者は心拍計、脳波計を装着し、ボディソニックに楽な姿勢で座る。実験中は目を閉じて、音から想像できる情景を心の中に描くようにする。音は川のせせらぎ、波の音、鳥のさえずり、オートバイの音、トラックの音、道路工事の音の6つ聴取してもらうが、音の順序効果をなくすため、被験者によって順序を変えた。音聴取時の脳波、心拍を測定する。音を6つ聴いてもらった後それぞれについて、快適感を図3のような7段階の段階評定尺度により内省報告とあわせて回答してもらう。また、快適感をより詳しく調べるためSD法でいくつかの形容詞対(表2)を用いて7段階評定をしてもらった。形容詞の選定は、音楽を聴いているときの心理的反応や、運動をし



た後に生じる感情について検討されている先行研究をもとに行い、22項目の形容詞対に回答してもらった。

#### 4. 結果と考察

##### I-1. 心理的側面の検討 — 仮説 I について

各音に対する快適感の評価の結果を表3、図4に示す。ただしここでいう快適感とは、ただ単に、快適か不快かを問うているだけである。しかも快適感の定義づけを被験者に事前に提示していない。こうしたことを前提として検討する。表3、図4から、6つの音の中で、最も評価に個人差が現れたのはオートバイの音で、反対に個人差があまりなかったのは道路工事の音であった。また、自然音に高い快適感を抱く人が比較的多く、生活音に不快感を抱く人が多いことが示された。ここでは同じ音に対する快適感の個人差について詳しく考察する必要がある。川のせせらぎは6つの音の中で快適感の平均値が最も高く、多くの人に快適さを感じさせる音であると思われる。内省報告では「涼しげ」「落ち着く」「気持ちいい」といった感想が目立った。ただ「単調」「耳障り」といった感想もあった。波の音については「快適だ」とするものと「落ち着かない」とするものの主に2通りの感想がみられた。鳥のさえずりも「快適だ」とするものと「うるさい」「耳につく」といった否定的な感想もみられた。オートバイの音は前述したように快適感の評価に最もばらつきのみられた音であるが、「自分が乗っているように楽しい」とする感想がある一方で「とても不快」とする感想もあり、内省報告からも快適感の個人差がうかがえる。トラックの音についても「落ち着いた」「のどかな感じ」といった感想と「いらいらする」といった感想があった。道路工事の音は不快感を訴える感想がほとんどであった。以上のことから、同じ音に対して抱く快適感個人によって異なると思われる。その違いは、詳細には調査していないが、個人の感じ方がそれぞれの経験に基づいていることから生じていると思われる。

ここででは同じ音に対する快適感の個人差について詳しく考察する必要がある。川のせせらぎは6つの音の中で快適感の平均値が最も高く、多くの人に快適さを感じさせる音であると思われる。内省報告では「涼しげ」「落ち着く」「気持ちいい」といった感想が目立った。ただ「単調」「耳障り」といった感想もあった。波の音については「快適だ」とするものと「落ち着かない」とするものの主に2通りの感想がみられた。鳥のさえずりも「快適だ」とするものと「うるさい」「耳につく」といった否定的な感想もみられた。オートバイの音は前述したように快適感の評価に最もばらつきのみられた音であるが、「自分が乗っているように楽しい」とする感想がある一方で「とても不快」とする感想もあり、内省報告からも快適感の個人差がうかがえる。トラックの音についても「落ち着いた」「のどかな感じ」といった感想と「いらいらする」といった感想があった。道路工事の音は不快感を訴える感想がほとんどであった。以上のことから、同じ音に対して抱く快適感個人によって異なると思われる。その違いは、詳細には調査していないが、個人の感じ方がそれぞれの経験に基づいていることから生じていると思われる。

その違いは、詳細には調査していないが、個人の感じ方がそれぞれの経験に基づいていることから生じていると思われる。

##### I-2. 快適感の性質の検討

次に、22項目の形容詞対を用いた快適感についてのアンケートの結果について検討する。22項目の合計得点を算出しその結果を図5、表4に示し、因子分析によって検討する。各音について、主成分解を用いて因子を抽出した。因子数の決定は、固有値1.0以上を基準とした。川のせせらぎ、波の音、鳥のさえずりでは各5因子を、オートバイの音、トラックの音、道路工事の音では各6因子を決定した。回転は直交軸回転でVarimax法を用いた。因子は負荷量の大きい項目を中心に解釈し、命名する。川のせせらぎ、波の音、鳥のさえずりでは内容（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」



図2 実験順序

表3 各音に対する快適感の7段階評価の平均・SD

音の種類	平均	SD
川のせせらぎ	5.955	1.180
波の音	5.659	1.099
鳥のさえずり	5.568	1.129
オートバイの音	3.345	1.308
トラックの音	2.764	1.186
道路工事の音	1.545	0.959

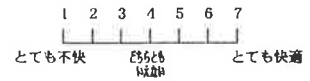


図3 快適感の評価基準

表2 快適感の形容詞対一覧

1	楽しい	——	苦しい
2	すっきりした	——	もやもやした
3	愉快な	——	不愉快な
4	落ち着いた	——	いらいらした
5	頭がさえた	——	ぼーっとした
6	生き生きした	——	無気力な
7	リラックスした	——	緊張した
8	満足な	——	不満足な
9	爽快な	——	憂うつな
10	浮き浮きした	——	沈んだ
11	明るい	——	暗い
12	ゆったりした	——	せかせかした
13	はつらつした	——	意気消沈した
14	のびのびした	——	萎縮した
15	穏やかな	——	腹立たしい
16	うれした	——	悲しい
17	気が充実した	——	気が減った
18	軽快な	——	重々しい
19	気が晴れた	——	気がふさいだ
20	くつろいだ	——	気が重った
21	上機嫌な	——	不機嫌な
22	幸せな	——	不幸な

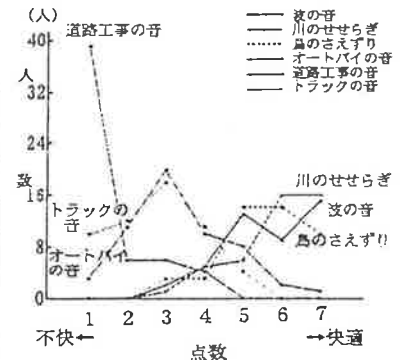


図4 各音に対する快適感の7段階評価と得点別人数

ス感」、「満足感」、「明朗感」「すっきり感」と命名した。1例として波の音を表5に示す。またオートバイの音、トラックの音、道路工事の音でも内容(因子構造)は極めて類似し、共通して「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。1例としてトラックの音を表6に示す。ここで命名した各因子の因子負荷量0.4

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・SD

音の種類	22項目対(1期評価)	SD(2期)
川のせせらぎ	112.932(5.133)	12.267
波の音	111.227(5.056)	12.195
鳥のさえずり	111.637(5.074)	14.098
オートバイの音	74.782(3.399)	12.661
トラックの音	72.564(3.298)	8.669
道路工事の音	64.927(2.951)	11.995

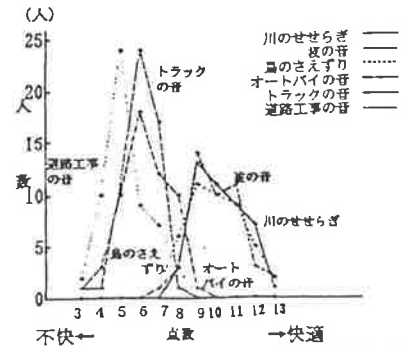


図5 各音に対する形容詞対を用いた快適感の7段階評価の総合得点別人数

注) 3=39, 4=40~49, 5=50~59, 6=60~69, 7=70~79, 8=80~89, 9=90~99, 10=100~109, 11=110~119, 12=120~129, 13=130~(点)

表5 波の音聴取時の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)

項目	対	F1	F2	F3	F4	F5
はつらつ感	はつらつしたー重気沈した	0.808				
	気が晴れたー気がふさいだ	0.776				
	気が元来たー気が減入った	0.752				
	頭がさえたーぼーっとした	0.723				
	生き生きしたー無気力な	0.716				
ゆったり感	のびのびしたー萎縮した	0.714				
	爽快なー憂うつな	0.705				
	上機嫌なー不機嫌な	0.691				
	軽快なー重々しい	0.608				
	幸せなー不幸せな	0.600				
リラックス感	くつろいだー気が張った		0.873			
	リラックスしたー緊張した		0.872			
	ゆったりしたーせかせかした		0.833			
	穏やかなー腹立たしい		0.821			
満足感	落ち着いたーいらいらした		0.819			
	うれしいー悲しい			0.812		
愉快感	満足なー不満足な			0.728		
	浮き浮きしたー沈んだ			0.672		
すっきり感	明るいー暗い				0.892	
	愉快なー不愉快な				0.594	
落ち着き感	すっきりしたーちやちやした					0.817
	楽しいー苦しい					0.662

表6 トラックの音聴取時の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)

項目	対	F1	F2	F3	F4	F5	F6
落ち着き感	落ち着いたーいらいらした	0.858					
	すっきりしたーちやちやした	0.801					
	生き生きしたー無気力な	0.727					
	気が元来たー気が減入った	0.693					
	頭がさえたーぼーっとした	0.595					
ゆったり感	ゆったりしたーせかせかした		0.827				
	のびのびしたー萎縮した		0.814				
	気が晴れたー気がふさいだ		0.749				
	満足なー不満足な		0.654				
	幸せなー不幸せな		0.538				
上機嫌感	うれしいー悲しい		0.472				
	上機嫌なー不機嫌な			0.926			
	明るいー暗い			0.791			
愉快感	爽快なー憂うつな			0.661			
	愉快なー不愉快な				0.682		
リラックス感	楽しいー苦しい				0.634		
	浮き浮きしたー沈んだ				0.451		
	リラックスしたー緊張した					0.832	
満足感	くつろいだー気が張った					0.796	
	穏やかなー腹立たしい					7.539	
すっきり感	はつらつしたー重気沈した						0.708
	軽快なー重々しい						0.584

以上の項目の総合得点を算出し結果を表7、8、図6、7に示す。表4、7、8のSDや、図5~7の人数分布から判断して音を聴取する時、22項目の形容詞対を用いた快適感のアンケート結果についても、個人差があると考えるのが自然である。このこととI-1での検討とあわせて考えると、仮説Iは認められたと考える。他方個人差がみられるにもかかわらず、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。

表7 音(川のせせらぎ・波の音・鳥のさえずり)聴取時の形容詞対を用いた快適感の7段階評価の因子毎の合計得点の平均・SD

音	川のせせらぎ(10)		波の音(5)		鳥のさえずり(3)		道路工事(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	7.34	29.1	4.06	14.5	2.16	9.5	1.56	10.0	1.62

表8 音(オートバイの音・トラックの音・道路工事の音)聴取時の形容詞対を用いた快適感の7段階評価の因子毎の合計得点の平均・SD

音	川のせせらぎ(5)		波の音(5)		鳥のさえずり(3)		道路工事(3)		トラック(3)		オートバイ(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	1.25
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

さて、形容詞対を用いたアンケートは、快適感の特定の性質について評価を求めたものである。従って、快適感の指標として適当であると考えられるので、これ以降、快適感の指標は、形容詞対の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(以下快適感②とする)の2種類を用いることにする。

II. 快適感と心拍数との関連の検討 — 仮説IIについて

快適感の高低と心拍数との関連を検討するにあたって、心拍数（以下HRとする）は、実験前に測定した安静時のHRに対する聴取時のHRの増減率（HR増減率＝聴取時のHR/安静時のHR）で考えることにする。快適感①の得点とHR増減率との相関はほとんどなかった。次に、快適感②の得点とHR増減率との相関を表9、表10に示す。表9、表10からトラックの音の

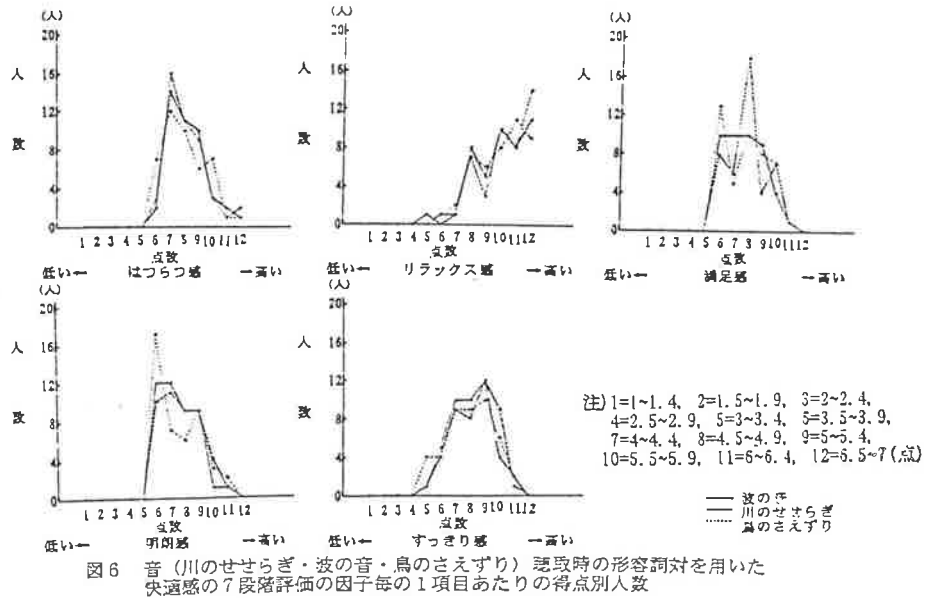


図6 音(川のせせらぎ・波の音・鳥のさえずり)聴取時の形容詞対を用いた快適感の7段階評価の因子毎の1項目あたりの得点別人数

「リラックス感」でプラスの相関（相関係数0.34、有意水準0.028）が、トラックの音の「はつらつ感」でプラスの低い相関が、またオートバイの音の「落ち着き感」でマイナスの低い相関が認められた。快適感②の得点の上位27%を高い群（以下H群とする）、下位27%を低い群（以下L群とする）とし、HR増減率を群間で比較したところ有意差は全くみられなかった。このことから、快適感の程度は、HRにほとんど影響を与えていないと思われる。つまり、快適感の違いという心理的な差はあっても、それに基づく心拍数という生理的な差はないと考えられる。以上のことから仮説Ⅱは本研究では成立しないと考えられる。その理由の1つとしてとして、音の性質そのものが、心拍数を決定する要因となっており、快適感とは直接関係しないことが考えられる。つまりHRは、快適感の高低には関係なく、音刺激によって変化した可能性があると思われる。

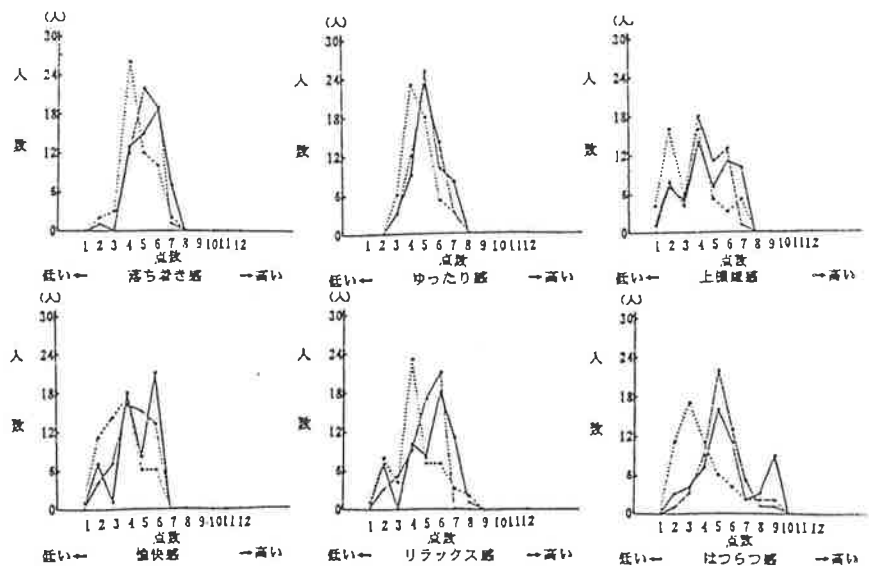


図7 音(オートバイの音・トラックの音・道路工事の音)聴取時の形容詞対を用いた快適感の7段階評価の因子毎の1項目あたりの得点別人数

### Ⅲ. 快適感と脳波との関連の検討 — 仮説Ⅲについて

音ごとに、快適感と脳波の $\mu$ 値と優勢脳波出現時間の比率（以下優勢出現率と記す）と

表10 音（オートバイの音・トラックの音・道路工事の音）聴取時のHR増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

		オートバイ音	トラック音	道路工事音
落ち着き感	r	-.278	-.199	-.133
	p	.075 Δ	.206	.403
ゆったり感	r	.244	.105	.241
	p	.120	.509	.124
上機嫌感	r	.086	.101	.192
	p	.586	.524	.223
愉快感	r	-.014	-.112	.069
	p	.930	.481	.564
リラックス感	r	.237	.340	.058
	p	.132	.028 *	.713
はつらつ感	r	.232	.283	.174
	p	.140	.070 Δ	.270

表9 音（川のせせらぎ・波の音・鳥のさえずり）聴取時のHR増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

		川のせせらぎ	波の音	鳥のさえずり
はつらつ感	r	-.067	.047	-.070
	p	.682	.774	.669
リラックス感	r	-.204	-.084	-.173
	p	.207	.605	.286
満足感	r	-.088	.025	-.066
	p	.589	.876	.685
明朗感	r	-.154	-.023	-.084
	p	.343	.886	.607
すっきり感	r	-.095	.030	.069
	p	.560	.853	.671

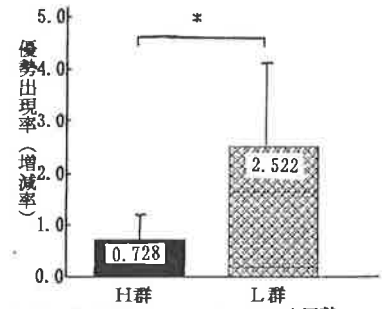


図8 川のせせらぎ聴取時のβ<sub>2</sub>波優勢出現率(増減率)の快適感①のH・L群間比較 \* p<.05

の関連を検討する。μV値、優勢出現率ともに、増減率（増減率＝聴取時の脳波/安静時の脳波）で考えることにする。まず快適感①と脳波増減率との相関を表11に示し音ごとに検討する。川のせせらぎでは、快適感とβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率とにマイナスの相関がみられた。また快適感①の得点上位27%をH群、下位27%をL群とし、群間で比較したところ、L群の方がH群よりも有意にβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率が大きかった（図8）。鳥のさえずりでも同様に快適感とβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率とにマイナスの低い相関がみられた。β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と考えられているが、川のせせらぎや鳥のさえずりを聴いた時に生

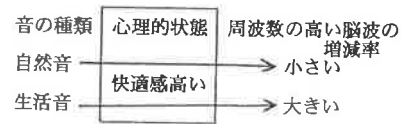


図9 音・快適感①・脳波の関連

ずる快適感の程度の違いが、β<sub>2</sub>波に影響を与えたと考えられる。またトラックの音では快適感とα<sub>3</sub>波優勢出現率の増減率とにプラスの相関が、快適感とα<sub>1</sub>波μV値増減率とにマイナスの相関、快適感とβ<sub>2</sub>波μV値増減率とにマイナスの相関が認められた。道路工事の音で快適感とβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率とにプラスの相関がみられた。このように、快適感の違いがβ<sub>2</sub>波に違いをもたらすことが示唆された。具体的には、優勢出現率については、快適感が高い方が、自然音である川のせせらぎ、鳥のさえずりの2つはβ<sub>2</sub>波増減率が小さくなり、生活音であるトラックの音ではα<sub>3</sub>波増減率が大きくなり、道路工事の音ではβ<sub>2</sub>波増減率が大きくなると考えられる。また、μV値については、トラックの音を聴いている時、快適感が高い方がα<sub>1</sub>波、β<sub>2</sub>波のμV値増減率が小さいと考えられる。ここで優勢出現率に関して、本研究での測定脳波の範囲からα<sub>3</sub>波とβ<sub>2</sub>波を周波数の高い脳波としてまとめるならば、川のせせらぎと鳥のさえずりでは快適感と周波数の高い脳波の増減率とにマイナスの相関が、トラックの音と道路工事の音ではプラスの相関があるという反対の結果となった。つまり、快適感が高いと、自然音では周波数の高い脳波の増減率は小さくなり、生活音では周波数の高い脳波の増減率が大きくなる傾向があると推察される。この違いは、各音で音の特性（その周波数や強さ等）が異なり、脳波はその音の特性の影響を受けるが、その影響は快、不快という心理的狀態によって規定されていることによると推察される（図9）。快適感①とμV値増減率との相関は、トラックの音でα<sub>1</sub>波、β<sub>2</sub>波にマイナスの相関が認められただけであるので、快適感①とμV値増減率との相関はほとんどないと考えられる。

次に快適感②と脳波増減率との相関を表12~17に示し、音ごとに検討する。川のせせらぎでは、「はつらつ感」、「満足感」、「明朗感」について、共通して $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率にマイナスの相関がみられた。また「リラックス感」についてもマイナスの低い相関が認められた。前述したように快適感①と $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率とにマイナスの相関があったが、ここでの分析で特に「満足感」とのマイナスの相関が高いことがわかった。以上のように川のせせらぎを聴いている時の「満足感」「はつらつ感」、「明朗感」が高い方が $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が小さいと考えられる。

波の音で、快適感②と脳波増減率の相関を調べたところ、「満足感」と $\alpha_3$ 波 $\mu$ 値増減率とにプラスの相関がみられただけ

であった。そこで快適感②の上位27%をH群、下位27%をL群とし、群間で比較したところ「明朗感」でH群の方がL群よりも $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が有意に小さかった(図10)。「リラックス感」でも同様の傾向が認められた(図11)。また「すっきり感」では、H群の方がL群よりも $\alpha_2$ 波優勢出現率の増減率が有意に大きかった(図12)。 $\alpha_2$ 波については、丹羽らによると回転盤追従動作の成績の良い時に $\alpha_2$ 波が出現しやすく、中田によれば $\alpha_2$ 波帯域では勘や閃きが冴える等の報告があるが、波の音聴取時にも「すっきり感」が高いと $\alpha_2$ 波が増加すると考えられる。以上のように波の音を聴いている時は、「明朗感」が高い方が $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が小さくなり、「すっきり感」が高い方が $\alpha_2$ 波優勢出現率の増減率が大きくなると考えられる。また「満足感」が高い方が $\alpha_3$ 波 $\mu$ 値増減率が

表11 音聴取時の脳波増減率と快適感①との相関係数(r)とその有意水準(p)

音	川のせせらぎ									
	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
r	-.231	.072	-.089	.014	-.456	.097	.045	.102	.055	-.211
p	.220	.705	.640	.940	.011 *	.610	.815	.591	.774	.263

音	鳥のさえずり									
	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
r	-.235	-.085	.077	.115	-.348	.297	.221	.295	.282	-.031
p	.221	.657	.685	.544	.060 $\Delta$	.111	.240	.114	.131	.870

音	波の音									
	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
r	.097	.045	.102	.055	-.211	-.154	.063	-.002	.147	-.179
p	.610	.815	.591	.774	.263	.417	.743	.993	.437	.345

音	オートバイの音									
	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
r	.175	-.218	.013	-.171	.287	-.247	-.232	-.122	-.165	-.222
p	.356	.247	.947	.368	.125	.188	.217	.522	.382	.238

音	トラックの音									
	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
r	.241	.012	-.073	.411	.298	-.150	-.422	-.333	-.280	-.441
p	.200	.948	.702	.024 *	.109	.429	.020 *	.072 $\Delta$	.135	.012 *

音	道路工事の音									
	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
r	.112	-.206	.125	-.167	.435	-.240	-.010	-.043	-.099	-.180
p	.554	.275	.551	.379	.016 *	.201	.603	.820	.602	.342

きくなると思われる。

鳥のさえずりでは、「明朗感」と $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率とにマイナスの相関が認められた。またH群とL群間で比較したところ、 $\alpha_3$ 波 $\mu$ 値増減率について「満足感」のH群の方がL群よりも有意に大きかった(図13)。つまり鳥のさえずりを聴いている時は「明朗感」が高い方が $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が小さくなり「満足感」が高い方が $\alpha_3$ 波 $\mu$ 値が大きくなる。

ここで面白い結果がみえてきた。今まで検討してきた自然音3つに、共に、「明朗感」と $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率との間に関連があった。つまり音を聴いている時「明朗感」が高い方が $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が小さいという結果が3つの音に共通して出た。このことから自然音3音については、快適感の中でも特に「明朗感」が高い方が $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が小さくなると考えられる。また $\mu$ 値増減率に

表12 川のせせらぎ聴取時の脳波増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

音	川のせせらぎ										
	脳波	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
		$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
はつらつ感	r	-.216	.050	-.076	.013	-.385	.100	-.013	.071	.042	-.223
	p	.251	.579	.690	.944	.036 *	.598	.947	.718	.825	.235
リラックス感	r	-.205	.059	-.054	-.054	-.353	.119	.150	.104	.034	-.117
	p	.276	.755	.777	.776	.055 $\Delta$	.530	.429	.585	.858	.539
満足感	r	-.167	.067	-.145	.108	-.429	.082	-.029	.081	.171	-.145
	p	.378	.724	.445	.568	.018 *	.665	.879	.572	.367	.446
明朗感	r	-.156	.175	.002	.020	-.372	-.039	.030	.083	-.045	-.139
	p	.409	.355	.992	.915	.043 *	.836	.873	.564	.812	.463
すっきり感	r	.004	-.056	.058	.007	-.160	-.079	-.019	.050	-.033	-.138
	p	.983	.770	.760	.726	.399	.579	.923	.792	.861	.468

\*  $p < .05$ ,  $\Delta p < .10$

表13 波の音聴取時の脳波増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

音	波の音										
	脳波	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
		$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
はつらつ感	r	-.141	.119	-.011	.122	-.143	.213	.119	.133	.245	-.095
	p	.457	.532	.953	.521	.450	.258	.533	.482	.192	.619
リラックス感	r	-.059	-.059	-.049	.045	-.102	.196	.085	.013	-.083	-.115
	p	.579	.758	.796	.813	.591	.230	.554	.945	.562	.544
満足感	r	-.167	.131	.025	.164	-.108	.186	.144	.218	.366	.046
	p	.377	.490	.897	.387	.572	.326	.449	.247	.047 *	.808
明朗感	r	-.088	.021	.002	.237	-.196	.097	.061	.040	.118	-.229
	p	.645	.910	.990	.207	.299	.509	.750	.832	.535	.223
すっきり感	r	.048	-.020	.177	.149	-.282	.078	.216	.219	.027	-.032
	p	.802	.915	.349	.431	.131	.682	.252	.245	.148	.868

\*  $p < .05$

表14 鳥のさえずり聴取時の脳波増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

音	鳥のさえずり										
	脳波	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu$ 値(増減率)				
		$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
はつらつ感	r	-.190	-.037	.091	.114	-.253	.305	.185	.275	.292	-.056
	p	.314	.847	.634	.549	.177	.102	.329	.142	.117	.769
リラックス感	r	-.114	-.061	-.074	.049	-.298	.195	.141	.116	-.090	-.062
	p	.549	.751	.699	.797	.109	.303	.457	.540	.637	.745
満足感	r	-.233	-.134	.137	.083	-.243	.251	.206	.319	.332	.020
	p	.216	.482	.472	.661	.197	.180	.274	.086 $\Delta$	.073 $\Delta$	.914
明朗感	r	-.305	-.040	.159	.150	-.368	.124	.190	.268	.196	.012
	p	.102	.833	.403	.430	.045 *	.513	.315	.152	.299	.950
すっきり感	r	-.234	-.166	.171	.086	-.278	.131	.195	.278	.214	.155
	p	.213	.380	.368	.652	.137	.490	.302	.137	.256	.414

\*  $p < .05$ ,  $\Delta p < .10$

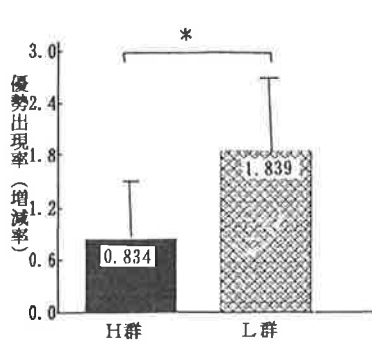


図10 波の音聴取時の $\beta_2$ 波優勢出現率(増減率)の明瞭感のH・L群間比較 \*  $p < .05$

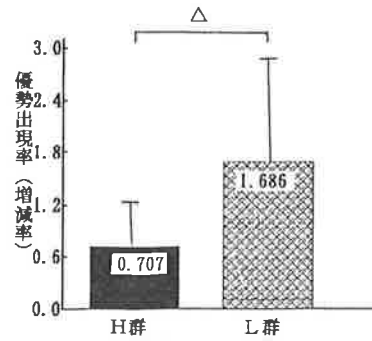


図11 波の音聴取時の $\beta_2$ 波優勢出現率(増減率)のリラックス感のH・L群間比較  $\Delta p < .10$

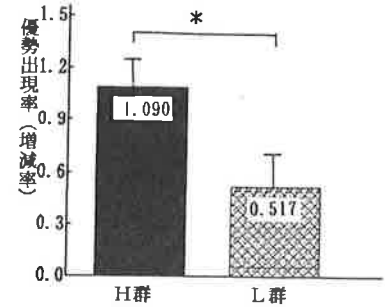


図12 波の音聴取時の $\alpha_2$ 波優勢出現率(増減率)のすつきり感のH・L群間比較 \*  $p < .05$

については、波の音で $\alpha_3$ 波、鳥のさえずりで $\alpha_3$ 波が「満足感」が高い方が大きくなると思われる。

オートバイの音について快適感②と脳波との相関を調べたところ、「上機嫌感」と $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率とにプラスの相関が、「ゆったり感」と $\theta_2$ 波 $\mu V$ 値増減率とにマイナスの相関が認められた。H群、L群感での比較では「ゆったり感」「上機嫌感」においてL群の方がH群よりも有意に $\theta_2$ 波 $\mu V$ 値増減率が大きかった(図14、図15)。したがってオートバイの音を聴いている時、「上機嫌感」が高い方が $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が大きくなり、「ゆったり感」、「上機嫌感」が低い方が $\theta_2$ 波 $\mu V$ 値増減率が大きくなると思われる。

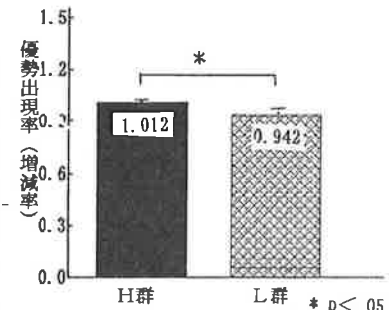


図13 鳥のさえずり聴取時の $\alpha_3$ 波 $\mu V$ 値(増減率)の満足感のH・L群間比較 \*  $p < .05$

トラックの音では「ゆったり感」と $\alpha_3$ 波優勢出現率の増減率との間にプラスの相関が、また $\alpha_3$ 波優勢出現率の増減率と「上機嫌感」「愉快感」「リラックス感」との間にプラスの低い相関が認められた。また $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率と「上機嫌感」にもプラスの低い相関が認められた。また、 $\mu V$ 値増減率については、「ゆったり感」、「上機嫌感」と $\alpha_1$ 波、 $\alpha_2$ 波、 $\alpha_3$ 波、 $\beta_2$ 波とに、いずれもマイナスの相関がみられ「愉快感」と $\beta_2$ 波とにマイナスの相関がみられた。トラックの音では、4つの快適感と $\alpha_3$ 波優勢出現率とに相関があることから、トラックの音を聴いた時快適感が高い方が、 $\alpha_3$ 波優勢出現率の増減率が大きくなる傾向があると思われる。また、「ゆったり感」「上機嫌感」が低い方が $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、

表15 オートバイの音聴取時の脳波増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

音	オートバイの音										
	脳波	優勢脳波出現率(増減率)					$\mu V$ 値(増減率)				
		$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$	$\theta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_2$
落ち着き感	r	.128	-.070	.075	-.347	.225	-.065	-.030	.035	-.017	-.115
	p	.502	.714	.695	.060 $\Delta$	.231	.731	.875	.855	.928	.544
ゆったり感	r	.188	-.205	-.097	-.128	.248	-.420	-.340	-.240	-.301	-.310
	p	.320	.277	.608	.500	.187	.021 *	.066 $\Delta$	.202	.107	.096 $\Delta$
上機嫌感	r	.175	-.107	-.126	.120	.433	-.325	-.284	-.256	-.218	-.115
	p	.355	.573	.507	.527	.017 *	.080 $\Delta$	.128	.172	.248	.547
愉快感	r	.197	-.222	-.117	-.108	.231	-.182	-.259	-.194	-.212	-.413
	p	.297	.239	.538	.570	.219	.337	.166	.303	.261	.024 *
リラックス感	r	.044	-.320	.222	-.169	.166	.165	.022	.117	.088	.102
	p	.818	.085 $\Delta$	.240	.372	.381	.383	.908	.537	.646	.591
はつらつ感	r	.058	-.120	.278	-.231	.055	-.242	-.155	.099	-.014	-.178
	p	.763	.290	.137	.219	.772	.198	.414	.604	.943	.347

\*  $p < .05$   
 $\Delta p < .10$



表16 トラックの音聴取時の脳波増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

音	トラックの音										
	脳波	優勢脳波出現率 (増減率)					μν値 (増減率)				
		θ <sub>2</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	α <sub>3</sub>	β <sub>2</sub>	θ <sub>2</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	α <sub>3</sub>	β <sub>2</sub>
落ち着き感	r	.142	-.031	.001	.294	.332	.104	-.191	-.114	-.076	-.220
	p	.453	.869	.997	.115	.073 Δ	.583	.312	.547	.689	.243
ゆったり感	r	.225	-.075	-.138	.367	.270	-.269	-.446	-.396	-.366	-.460
	p	.233	.694	.467	.046 *	.149	.150	.014 *	.030 *	.047 *	.011 *
上機嫌感	r	.299	.016	-.304	.361	.352	-.163	-.457	-.436	-.365	-.431
	p	.108	.933	.102	.050 Δ	.057 Δ	.388	.011 *	.016 *	.047 *	.017 *
愉快感	r	.184	-.058	-.083	.338	.166	-.150	-.357	-.260	-.268	-.495
	p	.329	.762	.662	.068 Δ	.380	.427	.053 Δ	.165	.152	.005 **
リラックス感	r	.160	.126	.193	.338	.013	.160	-.225	.131	-.062	.233
	p	.397	.506	.307	.068 Δ	.947	.398	.232	.489	.743	.214
はつらつ感	r	.107	-.126	.151	.280	.219	-.057	-.326	.181	-.111	-.232
	p	.575	.508	.426	.134	.246	.764	.079 Δ	.339	.559	.217

\*\* p < .01  
\* p < .05  
Δ p < .10

表17 道路工事の音聴取時の脳波増減率と快適感②との相関係数(r)とその有意水準(p)

音	道路工事の音										
	脳波	優勢脳波出現率 (増減率)					μν値 (増減率)				
		θ <sub>2</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	α <sub>3</sub>	β <sub>2</sub>	θ <sub>2</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	α <sub>3</sub>	β <sub>2</sub>
落ち着き感	r	-.015	-.075	.071	-.250	.310	-.018	.073	.128	.050	-.072
	p	.938	.692	.709	.183	.096 Δ	.927	.700	.500	.793	.705
ゆったり感	r	.127	-.094	.025	-.178	.363	-.334	-.065	-.081	-.099	-.114
	p	.505	.620	.897	.347	.049 *	.072 Δ	.735	.670	.602	.547
上機嫌感	r	.186	-.196	.037	.059	.497	-.190	-.165	-.144	-.085	-.069
	p	.326	.299	.847	.757	.005 **	.314	.383	.446	.657	.717
愉快感	r	.234	-.282	-.022	-.131	.355	-.359	-.267	-.237	-.303	-.179
	p	.214	.131	.908	.492	.054 Δ	.052 Δ	.154	.208	.104	.345
リラックス感	r	-.004	-.304	.431	-.112	.259	-.029	-.030	.128	-.063	-.126
	p	.982	.102	.017 *	.555	.168	.880	.873	.501	.741	.509
はつらつ感	r	-.028	-.119	.194	-.205	.279	-.219	-.062	.021	.005	-.106
	p	.884	.531	.305	.277	.136	.245	.756	.912	.979	.579

\*\* p < .01  
\* p < .05  
Δ p < .10

β<sub>2</sub>波μν値増減率が大きくなり、「愉快感」が低いとβ<sub>2</sub>波μν値増減率が大きくなると思われる。

道路工事の音では、「リラックス感」とα<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率とにプラスの相関が、「ゆったり感」、「上機嫌感」とβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率とにプラスの相関が認められた。β<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率については「落ち着き感」、「愉快感」との間にもプラスの低い相関があった。道路工事の音では4つの快適感について快適感が高い方がβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率が大きくなることから、道路工事の音を聴いて抱く快適感が高い方がβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率が大きくなる傾向があると思われる。生活音3音では、共通して「上機嫌感」とβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率との間にプラスの相関がみられ、他の快適感の因子でもβ<sub>2</sub>波優勢出現率の増減率との間に相関がみられる傾向があった。つまり、これらの音に限って言えば、快適感が

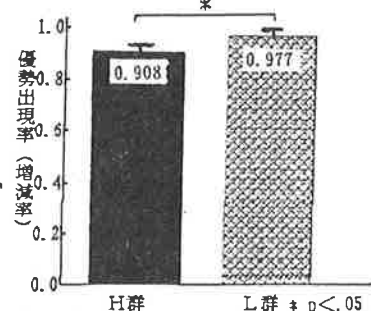


図14 オートバイの音聴取時のβ<sub>2</sub>波μν値(増減率)のゆったり感のH・L群間比較



高い方が $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が大きくなるという関係があると考えられる。また、 $\mu$ 値増減率と快適感②については、相関があるという結果が得られたものについては、概してマイナスの相関であった。すなわち快適感が高い方が $\mu$ 値増減率が小さくなる傾向があると考えられる。

以上をまとめると、音の特性をこえて傾向があると思われるのは、 $\beta_2$ 波優勢出現率の増減率が、自然音3つについては「明朗感」が高い方が小さく、生活音3つについては「上機嫌感」が高い方が大きいという傾向である（図16）。快適感②でのこの傾向と、前述した快適感①と周波数の高い脳波との関係をあわせて考え、音聴取時の快適感の程度の差は、周波数の高い脳波、特に $\beta_2$ 波優勢出現率の変化に反映されやすいと考えられる。また音の特性をこえて共通性は見出せなくても、これまで考察してきたように各音で快適感と脳波に相関がみられたことから、仮説Ⅲは証明されたと考える。付け加えるとすれば、優勢出現率の方が $\mu$ 値よりも一定の傾向が見出されたことから、快適感との関連を検討する測度としては優勢出現率の方が適していると考えられる。これに関しては、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妥当であるとする先行研究と一致する。

ところで本研究では音間の音聴取時の生理心理的反応の比較については触れないことにする。その理由は音の特性（周波数等）が各音で異なることから、HRや脳波がある音の聴取時と別の音の聴取時とで異なっていたとしても、それが快適感の違いによるものなのか、HRや脳波が音の特性の影響を受け、その特性の違いによるものなのかがわからないと思われる。従って音どうしでの比較はあえて行わない。この点は問題として残された。

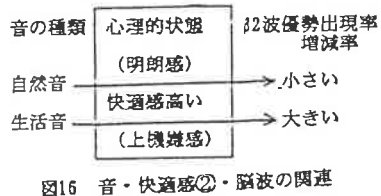
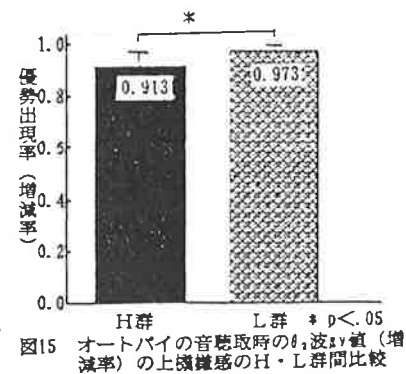
## 5. 結論

6つの聴覚刺激（川のせせらぎ、波の音、鳥のさえずり、オートバイの音、トラックの音、道路工事の音）を用いて、同じ音の聴取時の快適感の違いと心拍数、脳波との関連を検討するため、女子大学生52名を対象に実験を行った結果、次のような結論を得た。

1. 同じ音を聴いても快適感個人によって差がある。また、快適感を様々な性質（因子）に分けても、個人によって快適感の各性質（因子）における程度に差がある。
2. 同じ音を聴取する時、快適感の程度によって心拍数が変化するとはいえない。
3. 同じ音を聴取する時、快適感の程度によって脳波に違いがみられる。概して言うと、自然音での快適感が高い方が、優勢脳波 $\beta_2$ 波出現率の増減率が小さくなり、生活音では逆に快適感が高い方が優勢脳波 $\beta_2$ 波出現率の増減率が大きくなる。また、各脳波の $\mu$ 値よりも優勢脳波出現時間の比率の方が、快適感との関連を調べるのに適していると考えられる。

## 6. 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・徳永幹雄・斉藤篤司・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. 八木晃編 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) 騒音とヒトの生理機能. 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) 音響環境. 大山正・秋田宗平編 知覚工学. 福村出版: 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) 苧阪良二 (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, p. 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影響. 作陽音楽大学・短期大学研究紀要 26-2: 13-21.

# 快適感と優勢前額皮上電位との関連の検討

——— 聴覚刺激を手がかりに ———

丹羽 劭昭（聖母被昇天学院女子短期大学）

快適感，前額皮上電位， $\alpha_2$ 波，音，聴覚刺激

## 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	SUPPORT 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
CD (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)

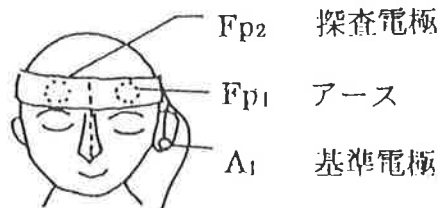


図1 前額皮上電位測定機の装着部位

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

表2 快適感の形容詞対一覧

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

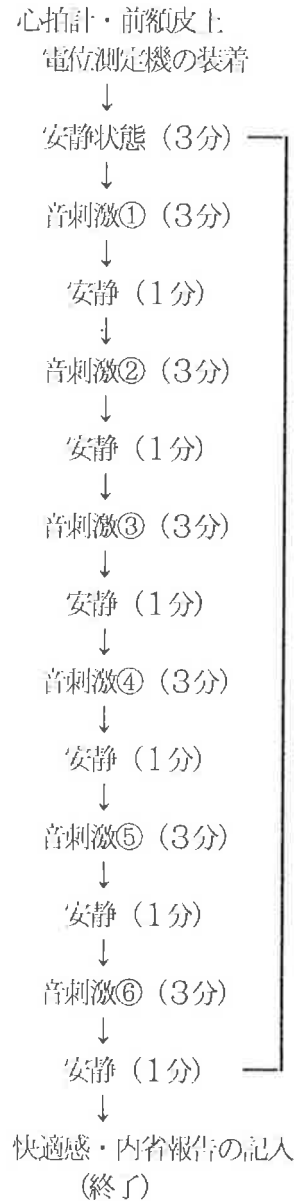


図2 実験順序

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とする。なお測定は, 各周波数の  $\mu v$  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。

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。順序効果をなくすよう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 7 段階評定をさせる。

## 結 果

### 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。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。

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	SD
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

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	SD(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

## 2 快適感の性質の検討

2 2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。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

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)

	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-つとした		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 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	
	愉快な-不愉快な					0.594	
す っ き 感	すっきりした-もやもやした						0.817
	楽しい-苦しい						0.662

表6 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

快適因子(項目数)	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7 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

快適因子(項目数)	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

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。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(資料略)。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6, 7に示す。

表4, 6, 7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。

#### 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 $\mu$ 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、川のせせらぎと鳥のさえずりでは $\beta_2$ 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。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 $\beta_2$ 波で有意にL群の出現率(増減率)が高かった(図3)。結果をまとめると、概して図4に示したように、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 $r = -.37$   $p < .04$ ）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。

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。

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 $\beta_2$ 波出現率の増減率に-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。

### 結 論

- 1 同じ音に対する快適感には個人差がある。快適感因子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 $Fp_2\beta_2$ 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 $Fp_2\beta_2$ 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、快適感との関係を調べる場合は適している。

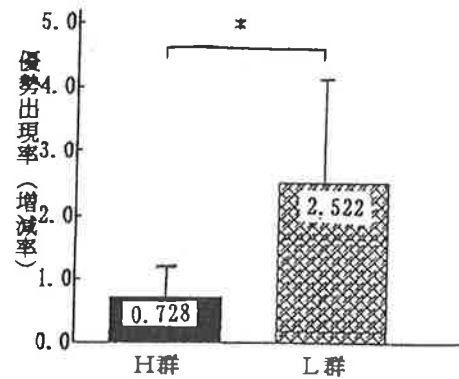


図3 「川のせせらぎ」聴取時における優勢 $\beta_2$ 波出現率（増減率）の快適感①のH・L群間比較（ $p < .05$ ）

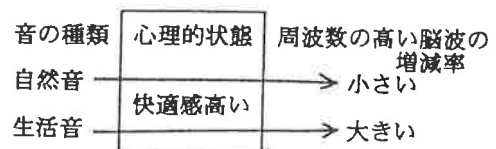


図4 音・快適感①・前額皮上電位の関連

## V 咀嚼運動と集中力

- 1 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討  
—ガムチューイングによる優勢前額皮上電位を中心に—



# 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討

—— ガムチューイングによる優勢前額皮上電位を中心に ——

丹羽 劭昭（聖母被昇天学院女子短期大学）

前額皮上電位,  $\alpha$  波, 集中力, 咀嚼運動

## 〔 目 的 〕

咀嚼運動によって大脳を刺激し, その活動水準を保ち, また心理的にはリラックス状態をもたらすと考えられることから, ガムを噛むことによって集中力が高まり, パフォーマンスも向上すると予想される. そこで, 咀嚼運動による集中力増強の有効性を検討するため, 次の仮説を検討する.

- 1 優勢前額皮上電位（以後, 優勢前額電位と略称する） $\alpha_2$  波が増大するとある種のパフォーマンス成績も向上する.
- 2 咀嚼運動は優勢前額電位  $\alpha_2$  波を増大させる.
- 3 咀嚼運動によって集中力を高めることができる.

## 〔 方 法 〕

対象：女子大学生（18～22歳）16名

実験期間：1993年11月 6日～25日

環境条件：室温20.0～25.0℃, 湿度50.0～70.0%

測定機器：表1に示す.

表1 測定器具

前額皮上 電位測定器	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S フューテックエレクトロニクス社
筋電計	J & J EMG. M57 (Washington)
反応時間測定器	ヤガミ全身反応測定装置 YB-1A

機器の装着部位：優勢前額電位の測定では前額の右 ( $Fp_2$  の位置) に探查電極, 左 ( $Fp_1$ ) にアース, 左耳たぶ ( $A_1$ ) に基準電極を装着. 筋電計は顔面左側の咬筋部に探查電極, 基準電極, アースを装着する.

測定内容：①優勢前額電位—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 は前額電位を増幅して, 5.6 Hz, 8.2 Hz, 10Hz, 12Hz, 18 Hz 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秒毎の平均前額電位をPM515NKのコンピュータ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。前額電位の測度としては、 $\mu\text{V}$ 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電位指数、つまり一定時間内における各優勢前額電位出現時間の比率を用いることにする。

②筋電—顔面左側咬筋部から導出される筋放電によって噛む速度(1回噛む速さまたは一定時間に噛む回数)を測定する。噛む回数、強さ、ペースなどは個人の最も快適かつ日常的運動に近いものとするため個人に任せる。

③反応時間—音刺激による反応時間を測定する。Foreperiodは1~5秒でランダム。単純反応では、1000 Hzの信号音への電鍵による反応。複雑反応では、500 Hzの信号音で左、3000 Hzの信号音で右の電鍵を押す反応。利手・非利手の差をなくするため左右の電鍵の反応方式をランダムに変える。また、低音・高音同回数で刺激呈示順序はランダムとする。

実験手続き：実験順序を図1に示す。ガムを噛む時間は、0分、1分、3分、5分の4段階とし、それぞれ実験I、II、III、IVとする。各被験者共、大体同じ時間帯に実験を行う。

練習試行	
聴覚単純反応 (10秒/1回×3回)	0' 50"
休憩(説明も含む)	0' 30"
聴覚弁別反応 (10秒/1回×3回)	0' 50"
本試行	
安静(優勢前額電位測定)	3' 00"
噛む	
試行前閉眼(優勢前額電位測定)	1' 00"
聴覚単純反応(優勢前額電位測定) (10秒/1回×10回を1セットとして 3セット行う 各セットの間に20秒 の休憩を入れる)	5' 40"
試行前閉眼(優勢前額電位測定)	1' 00"
休憩	1' 00"
噛む	
試行前閉眼(優勢前額電位測定)	1' 00"
聴覚弁別反応(優勢前額電位測定) (10秒/1回×10回を1セットとして 3セット行う 各セットの間に20秒 の休憩を入れる)	5' 40"
試行前閉眼(優勢前額電位測定)	1' 00"
実験後;アンケートを行う	
・本日の体調	
・普段、よくガムを噛んだりするのか?	
・実験条件に関する質問など	

図1 実験順序

練習試行は実験初日のみ行い、実験 I ~ IV の順序はランダムとする。噛むものは市販のガムから風味成分をとり除いたガムベース 1g を 1 回につき 2 個噛むこととする。

〔 結 果 〕

1 パフォーマンス成績について (図 2)

図 2 から、単純・複雑両反応共、実験 IV, III, I, II の順に速い傾向がみられ、実験 II と III, IV の間、実験 I と IV の間に有意差 (5%) がみられる。

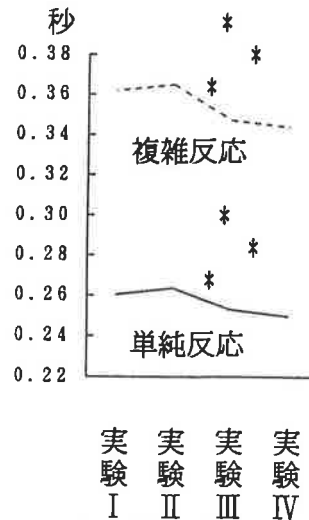


図 2 反応時間の推移

2 優勢前額電位について (図 3, 4)

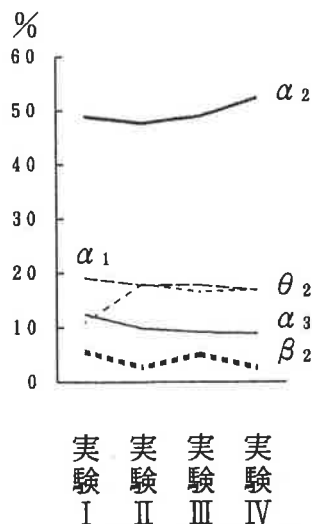


図 3 単純反応試行中の優勢前額電位の推移

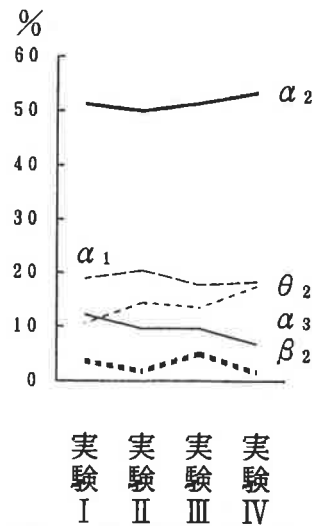


図 4 複雑反応試行中の優勢前額電位の推移

優勢前額電位の測定値について多重比較を行った結果を図 3, 4 に示す。図 3, 4 から、単純・複雑両反応とも試行中の各前額電位の実験 I ~ IV の間には有意差はみられなかったが、優勢前額電位  $\alpha_2$  波が両反応と比較的的反比例関係を  $\alpha_1$  波が複雑反応と比例関係を示していると思われる。

3 アンケート結果について

ガムを噛む時間についてのアンケートでは、図 5 ~ 8 から、「ちょうどよい」という意見は 1 分で 18.7%, 3 分で 75%, 5 分で 25% である。「咀嚼運動によって集中できた」「効果はある」と答えたものは 75% で、多くの人は集中できたと思っているようである。

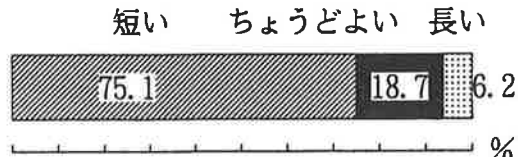


図5 ガムを噛む時間について（1分）

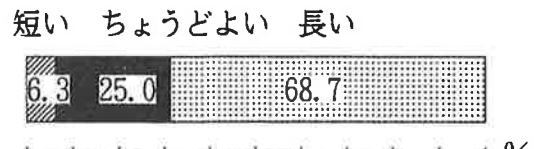


図7 ガムを噛む時間について（5分）

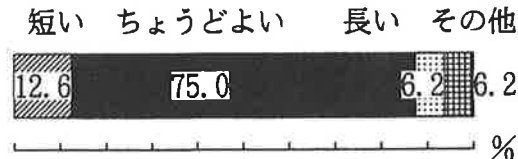


図6 ガムを噛む時間について（3分）

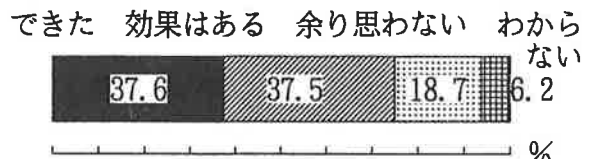


図8 咀嚼運動によって集中できたと思うか

〔 考 察 〕

1 仮説1の検討

優勢前額電位  $\alpha_2$  波の実験 I ~ IV の間に有意差がみられない。また、4 実験64事例中、 $\alpha_2$  波が安静時より多く出現しているもののうち上位8例と下位8例を選び、その時の反応時間の成績の有意差を検定した結果、単純・複雑両反応とも有意差はみられなかった。優勢前額電位  $\alpha_2$  波が有意に増大しなかったこともあり、優勢前額電位  $\alpha_2$  波が増大した時反応時間が速くなるという仮説の証明はできなかった。

2 仮説2の検討

単純反応の試行中の  $\alpha_2$  波と1分、3分噛んだ時の回数との間に正の相関 ( $r=.44, p<.09, r=.45, p<.08$ )、複雑反応試行中の  $\alpha_2$  波にも3分時と5分時の噛んだ回数との間に正の相関 ( $r=.51, p<.04, r=.43, p<.01$ ) が認められた。内省報告で「ちょうどよい」が最も多い3分時の  $\alpha_2$  波の出現率と咀嚼回数との間に比較的高い正の相関がみられたことは、咀嚼運動が  $\alpha_2$  波の増大に効果があることを意味していると思われる。

また、全被験者の安静時の  $\alpha_2$  波出現率と快適と思われる咀嚼回数との相関図を図9に示す。図9から安静時に  $\alpha_2$  波が多く出る人ほど1分間の咀嚼回数が多い傾向がみられる。そこで安静時の各優勢前額電位の平均値と1分当りの咀嚼回数との相関を算出すると  $\alpha_2$  波にのみ  $r=.58, p<.02$  で有意な相関がみられた。これらの結果から、快適咀嚼回数が増えると優勢前額電位  $\alpha_2$  波が増大すると考えられる。

3 仮説3の検討

図5~8のアンケート調査の結果から、主観的には咀嚼運動によって集中できたと考えている人が多い。また図2から、咀嚼運動時間が一定時間(3~5分)の範囲内で長くなることによって反応時間が短縮していることがわかる。このことは咀嚼運動によって、反

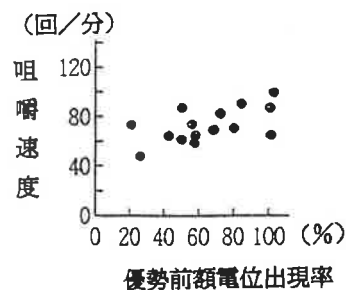


図9 快適と思われる咀嚼速度と安静時の優勢前額電位  $\alpha_2$  波出現率との相関図

応時間に適した心理状態に近づけることができたことを意味する。一般に、パフォーマンスが高まる状態では、集中力が高まっていると考えられるので、そうした意味では、一定時間快適な咀嚼運動を続けることによって、ある程度集中力を高めることができると思われる。

#### 〔 結 論 〕

- 1 優勢前額電位  $\alpha_2$  波が安静時より増大する時、反応時間が速くなるということは証明できなかった。
- 2 適度な咀嚼運動は、心理的リラックス感を増大させると考えられる。また咀嚼時間よりは1分間当たりの快適咀嚼回数の多さが優勢前額電位  $\alpha_2$  波を増大させるのに効果をもつ。
- 3 3～5分間の咀嚼運動時間により反応時間が短縮することから、咀嚼運動によって反応時間に適した心理状態に近づけることができ、そうした意味で一応集中力を高めることができると考えられる。
- 4 快適咀嚼運動速度と安静時の優勢前額電位  $\alpha_2$  波との間に正の相関がみられる。すなわち、安静時の優勢前額電位  $\alpha_2$  波の出現率の高い人ほど快適と思われる1分当たりの咀嚼回数が多いという関係がみられる。

本報告書に掲載されている資料の出典一覧

#### I 注意集中とバイオフィードバックトレーニング

- 1 NIWA, T. Examination of the Validity of Prevalent EEG Biofeedback Training for the Increasing of Concentration (II) - Effectiveness of the Intensification of Fp<sub>2</sub>  $\alpha_2$  Wave -, Journal of Assumption Junior College, No 22, 15-30, 1996, 3.
- 2 八十川睦子・丹羽劭昭 前額皮上電位 $\alpha_2$ 波を用いたバイオフィードバックトレーニングによる集中力の増強 ―一点集中を中心に―, 日本体育学会第45回大会, 1994. 10.
- 3 丹羽劭昭 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, 日本体育学会第47回大会, 1996. 9.
- 4 小林美紀 丹羽劭昭 色・情景・音を用いた脳波バイオフィードバックトレーニングによるパフォーマンス強化の検討 ―注意の集中を中心に―奈良女子大学文学部卒業論文, 1995. 1.

#### II 心拍バイオフィードバックトレーニング

- 1 丹羽劭昭 パフォーマンス向上のための不安特性に基づく心拍バイオフィードバックトレーニング ―反応時間を中心に―, 日本体育学会第46回大会, 1995. 10. 1

#### III 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

- 1 浜田美友紀 丹羽劭昭 優勢脳波 $\alpha_2$ 波バイオフィードバックトレーニングにおける集中力増強の検討 ―自律訓練法を用いて―, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1995. 1
- 2 星野聡子 丹羽劭昭 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数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抄録, 1994. 1
- 3 廣野園子 丹羽劭昭 弓道の的中率と自律訓練法による心拍制御との関係, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1995. 1

#### IV 聴覚刺激による快適感と脳波（前額皮上電位）

- 1 丹羽劭昭 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響 ―メトロノームによる前額皮上電位と心拍の変化を中心に―, 日本体育学会第45回大会, 1994. 10.
- 2 長谷部成子 丹羽劭昭 快適感と脳波・心拍との関連の検討 ―聴覚刺激を手がかりに―, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1995. 1
- 3 丹羽劭昭 快適感と優勢前額皮上電位との関連の検討 ―聴覚刺激を手がかりに―, 日本スポーツ心理学会第23回研究発表抄録集, B-6 1996. 11.

## V 咀嚼運動と集中力

- 1 丹羽劭昭 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討 —ガムチューイングによる優勢前額皮上電位を中心に—, 日本スポーツ心理学会第22回大会研究発表抄録集, A-6, 1995. 11.

---

平成9年2月26日 印刷

平成9年3月12日 発行

(非売品)

発行責任者 丹羽 勲 昭

〒562 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) 20-3345

製本所 株式会社 大谷 印刷

---