

Peak Performance をもたらす
心理的トレーニング効果の基礎的研究

— 特に Bio-feedback training による脳波や自律神経系現象を中心に —

(研究課題番号 03680115)

平成5年度文部省科学研究費(一般研究C)

研究成果報告書

平成6年3月

研究代表者 丹羽 劭 昭
(奈良女子大学文学部教授)

ま え が き

この報告書は、平成3年度から平成5年度までの3年間、文部省科学研究費（一般研究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の行動場面でPeak Performance（最高能力）を発揮するためには、体力・技能・心的能力の3要素が要求される。そのうち心的能力の科学的研究は、前2者と比較すると最も遅れてスタートした分野であり、欧米諸国と比べて特に日本における基礎的研究は独創性に乏しい。

スポーツ科学の先進国では、体力や運動技術の研究が先行したが、漸く心理的要因が問題となり、十数年前から盛んに科学的に追求されるようになった。しかし一般的には競技の実践面からの要請が強いため、比較的時間のかかる基礎的研究を進めるより、経験的・応用的知識が先行しているというのが実情である。したがって各国（あるいは各コーチ陣）とも、独自のマインドコントロールや心理的トレーニングを行うことによって、「あがりの防止」「集中力の向上」「リラクセーション」等、選手のPeak Performanceを追求するための方法が試みられている。日本では、米国や西独、スウェーデン等より数年遅れて本格的研究が行われるようになったが、まだ実際面での即効性を求める研究が多い。

本研究で解明しようとしている内容は、スポーツ場面だけではなく、一般の人の仕事や日常生活面、また自律神経機能の不安定な人を安定させるための諸行動にも適用できるような幅広い心理的トレーニングの基本的原理を見つけようとするものであり、極めて重要な基礎的研究である。もちろん現在までの諸外国の論文には、いろいろな研究が紹介・報告されているが、本研究のような細かく分類された優勢前額皮上電位（以後、優勢脳波と略称する）を用いたバイオフィードバックトレーニングに関する研究はまだ見られない。日本では1989年頃から丹羽らが仮説を提出し種々の実験結果を示し始めたことから、漸くスポーツ心理学に関係した諸学会で議論を呼び始めた段階である。

さて、我々はPeak Performanceと生理心理的要因との関係を集中的に検討してきたが、現在、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。その1は、現在、Peak Performanceと α 波が関係するとされているが、 α 波（8～13Hz）を α_1 、 α_2 、 α_3 波に3分して検討すると、 α_2 波（9～11Hz）のみ関係し、 α_1 、 α_3 波は関係が弱いこと。しかもそれらの関係の仕方は、Performanceの性質によって異なること。その2は、「あがり」等の過緊張時のPerformanceの低下は、交感神経の過度の興奮が原因とされているが、こうした仮説は心拍数や皮膚温の検討からは、過緊張時に交感神経興奮型の人には適合するが、それ以外（非交感神経系興奮型と略称する）の人もあり、この人たちには適合しないことを見出した。

そこで本研究では、① Peak Performance と $\alpha 2$ 波との関係をより詳細に検討すると共に、さらに θ 波や β 波も細分して簡単に測定できる脳波分析・バイオフィードバック装置を試作し、各脳波と Performance との関係を検討すること。② 過緊張による Performance の低下が、交感神経の過緊張によるとする理論は、非交感神経興奮型の人には適合せず、それぞれの自律神経興奮型によって異なることについて、より詳細に検討すること。③ これらの反応は、性格や刺激（ストレス）の強さ等によっても異なることを検討すること。④ したがって、バイオフィードバックトレーニングの方法は、これらの諸条件を考慮する必要があるが、とりあえず優勢脳波バイオフィードバックトレーニングや心拍バイオフィードバックトレーニングの基礎的方法を考案すること。等を実験的方法や実際面への応用を通して行うことが目的である。

平成6年2月

丹羽 劭 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 勲 昭 (奈良女子大学文学部教授)

2) 研究分担者

長 沢 邦 子 (奈良女子大学文学部非常勤講師)

3) 研究協力者

星 名 倫 (同志社大学教授)

高 柳 茂 美 (九州大学健康科学センター助手)

岩 永 史 子 (奈良女子大学文学部)

市 川 英 子 (奈良女子大学文学部)

宮 城 寛 子 (奈良女子大学文学部)

弘 志 穂 (奈良女子大学大学院人間文化研究科博士課程)

須 山 千寿子 (奈良女子大学文学部)

松 井 紀 子 (奈良女子大学大学院文学研究科修士課程)

星 野 聡 子 (奈良女子大学大学院文学研究科修士課程)

小 川 奈 美 (奈良女子大学文学部)

佐々木 美奈子 (奈良女子大学文学部)

藤 谷 晶 子 (奈良女子大学文学部)

橋 本 文 子 (奈良女子大学文学部)

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)

八十川 睦 子 (奈良女子大学文学部)

禰宜田 陽 子 (奈良女子大学文学部)

石 川 久 史 (ロッテ中央研究所第一研究部チューイングガム研究室室長)

2 研究経費

平成3年度 1,000 千円

平成4年度 1,000 千円

平成5年度 200 千円

計 2,200 千円

3 研究発表

1) 学会誌 (原著論文及び報告書)

(1) 丹羽勲昭・高柳茂美 「あがり」の心理・生理的徴候の2次元モデルの検討, スポーツ心理学研究第16巻第1号, 1990.3.

- (2) 丹羽劭昭・長沢邦子 ストレスが各不安傾向者の協応的運動パフォーマンスに与える影響 — 回転盤追従動作における関係を中心に — , スポーツ心理学研究第16巻1号, 1990.3.
- (3) 丹羽劭昭・長沢邦子 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第17巻第1号, 1991.3.
- (4) Niwa T. & Hiro S., The Relationship between the Increase of Fp2 α 2 Wave and Reinforcement of Concentration by the Prevalent EEG Biofeedback Training, Proceedings of 8th World Congress of Sport Psychology, 1993.6. (Lisbon)

2) 口頭発表

- (1) 丹羽劭昭・長沢邦子・弘 志穂 不安傾向と心理的ストレスとパフォーマンスとの関係 — 回転盤追従動作を中心に — , 日本体育学会第41回大会, 1990.10.
- (2) 弘 志穂・丹羽劭昭 運動及び精神的パフォーマンス時における優勢脳波の検討 — 回転盤追従動作と短期記憶を中心に — , 日本体育学会第41回大会, 1990.10.
- (3) 松井紀子・弘 志穂・丹羽劭昭 パフォーマンスによる脳波出現の差異, 日本体育学会 第42回大会, 1991.10.
- (4) 弘 志穂・松井紀子・丹羽劭昭 運動パフォーマンスと優勢脳波について, 日本体育学会第42回大会, 1991.10.
- (5) 丹羽劭昭・弘 志穂 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), 日本体育学会第43回大会, 1992.12.
- (6) 弘 志穂・丹羽劭昭・星野聡子・星名 倫 射撃における生理心理状态的検討, 日本体育学会第43回大会, 1992.12.
- (7) 星野聡子・丹羽劭昭 対戦者の違いが剣道の試合前・中・後に於ける皮膚温, 心拍数に及ぼす影響 日本体育学会第43回大会, 1992.12.
- (8) 丹羽劭昭・弘 志穂・長沢邦子 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Fp2 α 2 波の増強と集中力増強との関係, 日本体育学会第44回大会, 1993.11.
- (9) 星野聡子・弘 志穂・星名 倫・丹羽劭昭 バイオフィードバック・トレーニングのための射撃競技時の心拍数, 皮膚温の検討, 日本体育学会第44回大会, 1993.11.
- (10) 丹羽劭昭・長沢邦子・弘 志穂 心理的パフォーマンス時における脳波の検討 — 特に β 波と α 波を中心に — , 日本スポーツ心理学会第18回大会, 1991.11.
- (11) 丹羽劭昭・弘 志穂 脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(2) — 優勢脳波Fp2 α 2 \cdot θ 2 \cdot β 2 波を中心に — , 日本スポーツ心理学会第19回大会, 1992.10.
- (12) 丹羽劭昭 意識の集中時における優勢脳波測定の方法的検討 — 視覚刺激・聴覚刺激による優勢脳波の出現率を中心に — , 日本スポーツ心理学会第20回記念大会, 1993.10.
- (13) 星野聡子・丹羽劭昭 心拍数を用いたバイオフィードバックトレーニングによる反

応時間短縮への有効性の検討, 日本スポーツ心理学会第20回記念大会, 1993.10.

- (14) Niwa T. & Hiro S., Examination of the Relationship between Visual-Motor Coordination Performance and Electroencephalograph, First Asian South Pacific Association of Sport Psychology Internatinal Congress, 1991.11. (Melbourne)
- (15) Niwa T. & Hiro S., Examination of the Validity of Prevalent EEG Biofeedback Training for the Increasing of Concentration -Effectiveness of the Intensification of Fp2 α 2 Wave-, The 1992 International Conference on Sport Science 1992.6. (Taipei)
- (16) Hiro S. & Niwa T., Examination of Validity of Index for EEG Biofeedback Training in Sports Education, The 1992 International Conference on Sport Science 1992.6. (Taipei)
- (17) Niwa T. & Hiro S., The Relationship between the Increase of Fp2 α 2 Wave and Reinforcement of Concentration by the Prevalent EEG Biofeedback Training (2), The 36th ICHPER World Congress, 1993.8. (Yokohama)

目 次

ま え が き

研究の組織・経費及び発表

I 運動パフォーマンス時における生理心理的状态の検討

- 1 「あがり」の心理・生理的徴候の2次元モデルの検討
丹羽劭昭 高柳茂美 ----- 1
- 2 運動パフォーマンスと生理心理的状态
丹羽劭昭 長沢邦子 ----- 11
- 3 ストレスが各不安傾向者の協応的運動パフォーマンスに与える影響
— 回転盤追従動作における関係を中心に —
丹羽劭昭 長沢邦子 ----- 19
- 4 不安傾向と心理的ストレスとパフォーマンスとの関係
— 回転盤追従動作を中心に —
丹羽劭昭 長沢邦子 弘 志穂 ----- 24

II 運動パフォーマンスと優勢脳波との関係についての検討

- 1 意識の集中時における優勢脳波測定の方法的検討
— 視覚刺激・聴覚刺激による優勢脳波の出現率を中心に —
丹羽劭昭 藤谷昌子 ----- 33
- 2 運動及び精神的パフォーマンス時における優勢脳波の検討
— 回転盤追従動作と短期記憶を中心に —
弘 志穂 丹羽劭昭 ----- 44
- 3 パフォーマンスによる脳波出現の差異
— 大筋運動による影響を中心に —
松井紀子 弘 志穂 丹羽劭昭 ----- 49
- 4 運動パフォーマンスと優勢脳波について
— 回転盤追従動作から —
弘 志穂 松井紀子 丹羽劭昭 ----- 54
- 5 心理的パフォーマンス時における脳波の検討
— 特に β 波と α 波を中心に —
丹羽劭昭 長沢邦子 弘 志穂 ----- 58
- 6 射撃における生理心理状态の検討
弘 志穂 丹羽劭昭 星野聡子 星名 倫 ----- 70

III 運動パフォーマンスと皮膚温・心拍との関係についての検討

- 1 対戦者の違いが剣道の試合前・中・後に於ける皮膚温，心拍数に及ぼす影響
星野聡子 丹羽劭昭 ----- 75

IV 快適感と脳波・自律神経系との関係についての検討

1 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響

— 脳波・自律神経系現象を中心に —

佐々田尚子 丹羽劭昭 ----- 79

V 咀嚼運動と優勢脳波との関係の検討

1 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討

— 優勢脳波を中心に —

木匠美優子 丹羽劭昭 ----- 89

VI バイオフィードバックトレーニングとパフォーマンスとの関係についての検討

1 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Fp2 $\alpha 2$ 波増強による事例を中心に —

丹羽劭昭 弘 志穂 ----- 99

2 脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(2)

— 優勢脳波Fp2 $\alpha 2 \cdot \theta 2 \cdot \beta 2$ 波を中心に —

丹羽劭昭 弘 志穂 ----- 110

3 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 $\alpha 2$ 波強化と集中力増強との関係

橋本文子 丹羽劭昭 ----- 120

4 The Relationship between the Increase of Fp2 $\alpha 2$ Wave and Reinforcement of Concentration by the Prevalent EEG Biofeedback Training

NIWA.T & HIRO.S. ----- 129

5 集中力増強のための脳波バイオフィードバックトレーニングの方法の検討

八十川睦子 丹羽劭昭 ----- 148

6 心拍数を用いたバイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への有効性の検討

星野聡子 丹羽劭昭 ----- 160

7 パフォーマンスを高める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の方法の検討

禰宜田陽子 丹羽劭昭 ----- 163

8 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

星野聡子 丹羽劭昭 ----- 172

本報告書に掲載している資料の出典一覧

----- 186

I 運動パフォーマンス時における生理心理的状态の検討

- 1 「あがり」の心理・生理的徴候の2次元モデルの検討
- 2 運動パフォーマンスと生理心理的状态
- 3 ストレスが各不安傾向者の協応的運動パフォーマンスに与える影響
— 回転盤追従動作における関係を中心に —
- 4 不安傾向と心理的ストレスとパフォーマンスとの関係
— 回転盤追従動作を中心に —

「あがり」の心理・生理的徴候の 2次元モデルの検討

奈良女子大学 丹羽 勲 昭

奈良女子大学 高柳 茂美

Examination of the two Dimensional Structural Model of Psychophysiological Syndrome of "Stage Fright"

Takaaki Niwa

Nara Women's University

Shigemi Takayanagi

Nara Women's University

Abstract

The following three studies were done in order to examine phenomenon of autonomic nervous system regarding to "Stage Fright" in the situation both of sports contests and of public speeches. The studies I and II had the subject, 409 members of both sex belonging to athletic clubs in high schools and universities and the study III had the subject, 200 members of both sex in universities. The questionnaire was used and such items were examined as phenomenon of autonomic nervous system, "Stage Fright" in four fields of perception-recognition system, thought-judgment system, order-practice system and feedback system, and Y-G personality inventory and Anxiety Scale (CAS), and the following conclusions were given to us.

1. It was clarified that there are two factors in phenomenon of autonomic nervous system regarding to "Stage Fright" in the situation of sports contests, that is, the syndrome factor of sympathetic nerve (the sympathetic factor) and the mixed syndrome factor of sympathetic nerve and parasympathetic nerve (the mixed factor).
2. When the mixed factor is compared with the sympathetic factor in phenomenon of autonomic nervous system regarding to "Stage Fright" just before sports contests, the mixed factor shows higher scores than the sympathetic factor in the "Four Fields of Stage Fright."
3. It is supposed that the personality factor, determining "Stage Fright" of the mixed factor group and that of the sympathetic factor group, is different from group to group.
4. In phenomenon of autonomic nervous system regarding "Stage Fright" in the situation of public speeches, the first factor and the second factor are both the mixed factor before the public speech begins, but in course of speaking in the public, there exist the mixed factor and the sympathetic factor.
5. It has been clarified that, in the situation both of sports contests and of public speeches, there exist other phenomena unexplainable in terms of more excitement of sympathetic nerve regarding phenomenon of the autonomic nervous system.
6. The two factors of which consists phenomenon of the autonomic nervous system of "Stage Fright" in the situation of sports contests and the two factors of which consists phenomenon of the autonomic nervous system of "Stage Fright" in the situation of public speeches, have the items of a similar tendency, both before and in course of performance.

緒言

Peak Performanceにおける心理・生理的要因の検討は、スポーツ場面のみでなく、他の多くの場面でも極めて重要な研究テーマである。最近は、特にスポーツ場面において、スポーツ選手の心理的適性⁹⁾⁷⁾⁹⁾¹¹⁾¹²⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²¹⁾などから多くの研究がなされてきた。そして、パーソナリティや不安傾向が「あがり」と関係することなどが明らかにされてきた⁸⁾¹⁰⁾が、あがる現象自体も人によって異なることがわかり始めた。例えば、市村は⁴⁾⁵⁾、「あがり」を構成する要因の1つである自律神経系、特に交感神経系の緊張について、生理的自覚的症候としての反応の中には、交感神経の興奮によっては十分に説明できない要因が存在することを示唆した。その研究で、最近の社会不安や社会的促進などの枠組の中で研究され始めた「あがり」の研究について検討している。そして、Buss¹⁾の文献的研究から、社会的状況における自己意識の中で、当惑感(Embarrassment)と恥辱(Shame)感には副交感神経優位の反応が、観衆不安(Audience anxiety)と羞恥心(Shyness)には交感神経優位の反応が随伴することを、また、Carver & Scheier²⁾の研究から、生理心理的反応が作業前と作業中とでは著しく変動することなどから、生理心理的データにおける自律神経系の反応は、交感神経の興奮という単一な見方では説明できないことを見出した。

丹羽ら¹³⁾¹⁷⁾も、スポーツにおける「あがり」のような反応の個体差の大きい心理・生理的現象においては、自律神経系の反応の表出に関する研究をより詳細に進める必要があるとして、調査による検討を行い、その結果、交感神経興奮現象型の因子群と、交感神経の興奮現象と副交感神経の興奮現象の混合した、いわゆる、混合型因子群を見つけ始めている。

また、「あがり」は、スポーツ場面だけではなく、人前で話したり、演技したりする場合にも起こるため、それらに共通する「あがり」の型があるかもしれない。ここでは、そうしたことを自律神経系と関係して明らかにしてみたい。そこで、本研究の目的は、「あがり」の現象解明の一助と

表1 対象の種目別人数

種目	人数
硬式テニス	20
軟式テニス	19
バレーボール	24
バスケットボール	15
ハンドボール	10
バドミントン	12
弓道	16
剣道	8
なぎなた	14
陸上競技	15
体操競技	7
卓球	9
水泳競技	12
その他	10
計	191

注)その他には、スキー、創作ダンス、アーチェリーを含む。

して、スポーツの試合場面、および、人前で話をする場面における自律神経系と関係する「あがり」の現象を分析し、交感神経興奮現象型とそれ以外の型の存在を検討することである。

<研究1>

目的

スポーツの試合場面における「あがり」の心理・生理的变化は、交感神経系優位の反応のみでなく、他の異なる型の徴候群も存在するとの仮定から、大学女子運動選手の「あがり」の心理・生理的徴候を検討する。

方法

対象： 試合に出場経験のある近畿5大学の運動部所属の女子大学生191名(表1)

手続き： 1985年7月上旬から8月下旬にかけて、質問紙による調査を行った。調査内容は、1) 試合直前のあがりの程度の5段階の自己評価、2) あがった状態の5段階の自己評価、3) Y-G性格検査、4) CAS不安診断検査である。なお、自己評価の基準は、1(あがらない)、3(普通)、5(あがる)を示し、各々の中間を2、4とした。あがった状態は、先行研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾²⁰⁾をもとに筆者らが作成したもので、あがった状態を自律神経現象(11項目)、知覚・認知系の現象(10項目)、思考・判断系の現象(8項目)、命令・実践系の現象(8項目)、フィードバック系の現象(4項目)の全41項目についての調査である。

結果と考察

1 「あがり」と関係する自律神経系の現象の因子分析的検討

あがった状態と関係する自律神経系の現象(11項目)間の相関行列に2因子説を前提として主因子解を用いて因子を抽出し、その結果をQuartimax法で直行軸回転を行い、因子負荷量0.3以上の項目を取り上げ、表2に示す。

表2 各因子の因子負荷量と寄与率(%) (因子負荷量0.3以上の項目のみ)

項目番号	(-) ← 項目 → (+)	F1	F2
2	深くなる←呼吸→息苦しい		0.41
3	非常に速い←脈拍→非常に速い	0.77	
4	全然感じない←動悸→非常にドキドキする	0.60	
5	詰まったように快く感じる←のど→特変化なし	-0.39	
6	唾がたまると口の中→カラカラに渴く	0.48	-0.48
7	サラット←唾液→ねばねばする	0.41	
10	紅潮して←顔色→血の気が引いて蒼白になる		0.57
11	かかない←手の平の汗→よくかく	0.31	
寄与率 (%)		66.9	33.1

表3 交感神経型因子選手群(23人)と交感・副交感神経混合型因子選手群(32人)の各調査項目の平均・標準偏差とt検定

項目	型	平均	SD	t検定	
自我統制力の欠如 Q ₁	1	7.96	3.74	1>2 Δ	
	2	6.25	3.57		
自我の弱さ C ⁽⁻⁾	1	6.43	3.92	Non	
	2	6.66	3.07		
疑い深さ L	1	5.87	3.07	Non	
	2	4.72	3.49		
罪悪感 O	1	9.87	3.24	Non	
	2	9.56	3.56		
衝動による緊迫 Q ₄	1	7.26	3.12	Non	
	2	7.90	3.36		
不安傾向 CAS	1	37.39	10.28	Non	
	2	35.09	12.59		
あがりの程度 FL	1	4.30	0.70	Non	
	2	4.13	0.83		
あがりの状況	知覚・認知	1	31.39	5.65	Non
	2	32.00	4.91		
思考・判断	1	24.04	4.82	Non	
	2	25.78	5.49		
命令・実践	1	26.39	4.43	Non	
	2	26.44	4.96		
Feed back	1	12.43	2.68	Non	
	2	13.31	3.53		

注) 型は1か交感神経型因子選手群
2か交感・副交感神経混合型因子選手群を示す

表2から、第1因子は、項目3, 4, 6, 7で交感神経系優位の現象に高い負荷量を示すことから交感神経興奮現象型因子(以後、交感神経型因子と略す)と名付けた。第2因子は、項目2, 10で交感神経系優位の現象、項目6, 7(負荷量-.22)で副交感神経系優位の現象に高い負荷量を示す。従って、第2因子は、交感神経・副交感神経興奮現象混合型因子(以後、混合型因子と略す)と名付けた。

2 交感神経型因子選手群と混合型因子選手群の「あがりの状態」の比較

交感神経型因子と混合型因子で因子負荷量0.3以上の項目を選び、その因子負荷量の符号別に+の項目(第1因子の項目5は+として計算した)ではX+1σ以上、すなわち第1因子では6項目の総合得点でそれ(23点)以上の得点を得た人、-の項目ではX-1σ以下の得点を得た人について、他の調査項目の平均値を出し、交感神経型因子選手群(23人)と混合型因子選手群(32人)間のt検定を行った。結果を表3に示す。

表3から混合型因子選手群が交感神経型因子選手群と比較して「あがりの状態の4領域」で、い

表4 交感神経型選手群(27人)と副交感神経型選手群(28人)の各調査項目の平均・標準偏差とt検定

項目	型	平均	SD	t検定	
自我統制力の欠如 Q ₁	1	8.70	3.57	1>2 ***	
	2	5.71	2.83		
自我の弱さ C ⁽⁻⁾	1	7.48	3.40	1>2 ***	
	2	4.14	3.04		
疑い深さ L	1	6.48	3.34	1>2 ***	
	2	3.75	2.60		
罪悪感 O	1	10.33	3.14	Non	
	2	9.00	3.03		
衝動による緊迫 Q ₄	1	8.22	3.71	Non	
	2	7.21	3.45		
不安傾向 CAS	1	41.22	10.25	1>2 ***	
	2	29.82	9.73		
あがりの程度 FL	1	4.56	0.51	1>2 ***	
	2	3.43	1.17		
あがりの状況	知覚・認知	1	33.04	5.07	1>2 **
	2	28.96	4.38		
思考・判断	1	25.70	4.67	Non	
	2	23.36	5.85		
命令・実践	1	27.89	4.54	1>2 *	
	2	24.71	5.69		
Feed back	1	13.59	3.18	1>2 *	
	2	11.39	3.86		

注) 型は1か交感神経型選手群
2か副交感神経型選手群を示す。

ずれもやや高い値を示しており（ただし有意差は認められない）、こうした因子型のあがりを経験する人がいることが推察される。

3 交感神経型選手群と副交感神経型選手群の「あがりの状態」の比較

そこで、交感神経型選手群と反対の現象を示す副交感神経型選手群を抽出し、両者の「あがりの状態」や不安傾向について検討したい。第1因子と第2因子で因子負荷量0.3以上の項目を選び、総合得点において第1因子の6項目で高い得点（6項目中4項目で $\bar{X} + 1\sigma$ 以上、あるいは合計23点以上）をとった選手群27人（交感神経型選手群とよぶことにする）と第2因子の3項目で低い得点（ $\bar{X} - 1\sigma$ 以下、すなわち8点以下）をとった選手群28人（副交感神経型選手群と呼ぶことにする）について、他の調査項目の平均値を出し、両群間のt検定を行った結果を表4に示す。

表4から、交感神経型選手群の方が副交感神経型選手群より、不安傾向が高く（ $Q_3(-)$, $C(-)$, L , CAS ）、あがりやすく（ FL ）、「あがりの4領域」でいずれも高い値を示し（ただし、思考・判断系では有意差は認められない）、あがった状態を示している。

以上のことから、交感神経型選手群と副交感神経型選手群の2群を抽出した場合、交感神経型選手群の方が副交感神経型選手群より、不安傾向が高く、また、より多くあがっていることが明らかになった。

<研究2>

目的

スポーツの試合場面における「あがり」の自律神経系現象を分析し、試合直前から試合中への時間的变化に伴う「あがり」の変化を検討し、さらに、異なる自律神経系現象を示す選手のパーソナリティの検討を行う。

方法

対象： 試合経験のある運動部所属の大学生男女165名、高校生男女53名、合計218名（表5）

手続き： 1986年7月上旬から9月上旬にかけて、質問紙による調査を行った。調査内容は、1) 試合直前、試合中における「あがりの程度」の5

表5 対象

種 目	男	女	計
バレーボール	7	29	36
軟式テニス	1	12	13
硬式テニス	0	8	8
バスケット	8	25	33
卓 球	12	6	18
体操競技	1	3	4
ハンドボール	0	3	3
バドミントン	6	19	25
弓 道	0	5	5
剣 道	21	12	33
空 手	2	0	2
合 気 道	7	0	7
なぎなた	0	18	18
ボート	1	0	1
野 球	6	0	6
ラグビー	1	0	1
サッカー	2	0	2
モダンダンス	0	3	3
合 計	75	143	218

段階評価、2) 試合直前、試合中における「あがりの状態」の5段階評価、3) Y-G性格検査、4) CAS不安診断検査である。なお、「あがりの程度」は、基準1（あがらない）、3（普通）、5（あがる）を示し、それぞれの間を2、4として示した。「あがりの状態」は、研究1の結果をもとに、筆者らが作成したものである。すなわち、研究1で、「あがりの程度」(1, 3, 5)間に有意差の認められなかった項目を除き、さらに、市村の報告⁹⁾で抽出された2つの因子と強い関連を持つ項目を新しく加えて、「あがり」を自律神経系の現象(13項目)、知覚・認知系の現象(9項目)、思考・判断系の現象(6項目)、命令・実践系の現象(8項目)、フィードバック系の現象(4項目)の全40項目から問うものである^{注2)}。

結果と考察

I 「あがり」と関係する自律神経系現象の因子分析的検討

「あがり」と関係する自律神経系現象(13項目)間の相関行列に2因子説を前提とし、主因子解を用いて因子を抽出し、さらに、Quartimax法で直交軸回転をした結果、因子負荷量0.3以上の項目を取り上げ、表6に示す。

1 試合直前の「あがり」と関係する自律神経系現象の検討

表6から、第1因子は、項目2, 3, 6, 7, 11で交感神

表6 試合場面における「あがり」の自律神経系現象の回転後の因子負荷行列 (0.3以上)

項目 番号	(－)	項目	(＋)	試合直前		試合中	
				F 1	F 2	F 1	F 2
2	遅く深くなる ←	呼吸	速くなる	0.609		-0.309	0.696
3	非常に遅い ←	脈拍	非常に速い	0.653		-0.311	0.634
4	全く感じない ←	どき	非常にドキドキする		-0.309	-0.318	
5	詰まったように感じる ←	のど		-0.630		0.419	
6	唾がたまる ←	口の中	カラカラに渴く	0.673			0.564
7	サラッとしている ←	唾液	ネバネバする	0.692			0.711
8	ひんぱんに催す ←	尿意	全く催さない		0.424		0.441
9	紅潮する ←	顔色	蒼白になる		0.512	0.411	
10	全くかかない ←	手のひらの汗	よくかく	0.380	-0.303	-0.440	
11	筋肉が緩む ←	顔面	固くこわばる	0.575	-0.380	-0.512	
12	ほてるように熱くなる ←	耳たぶや頬		-0.367	0.640	0.714	
13	熱くなる ←	頭			0.692	0.707	
14	熱をおびてくる ←	目のあたり			0.442	0.700	

経系優位の現象、項目5で副交感神経系優位の現象に高い負荷量を示す。従って、交感神経系興奮現象が優位ではあるが副交感神経系優位の現象も含んでいるので、第1因子を、交感神経・副交感神経興奮現象混合型因子（以後、混合型因子と略す）と名付ける。第2因子は、項目8,9,12,13,14で、交感神経系優位の現象に高い負荷量を示す。項目4,10,11で副交感神経系優位の現象を示しているが、いずれも因子負荷量0.4未満の低い値である。従って、第2因子を、交感神経興奮現象型因子（以後、交感神経型因子と略す）と名付ける。

また、第1因子は、呼吸が速くなる、脈拍が非常に速い、のどが詰まったように感じるといった内臓系の変化と、口の中がカラカラに渴く、唾液がネバネバするといった口の中に関する変化、顔面が固くこわばるといった筋に関する変化で構成されており、第2因子は、顔面が蒼白になるといった顔色に関する変化を伴っていることがわかる。

2 試合中の「あがり」と関係する自律神経系現象の検討

第1因子は、項目9で交感神経系優位の現象、項目10,11で副交感神経系優位の現象に、高い負荷量を示す。従って、第1因子を、混合型因子とする。第2因子は、項目2,3,6,7,8で、交感神経系優位の現象に高い負荷量を示すので、交感神経型因子とする。

また、第1因子は、顔面が蒼白になるといった顔色に関する変化と、顔面の筋肉が緩むといった

筋に関する変化などで構成されており、第2因子は、呼吸が速くなる、脈拍が非常に速いといった内臓系の変化と、口の中がカラカラに渴く、唾液がネバネバするといった口の中に関する変化などから構成されていることがわかる。

II 試合直前、試合中における混合型因子群と交感神経型因子群の「あがり」の検討

既に報告したが¹⁷⁾再度、自律神経系の「あがり」の現象の因子分析の結果、抽出された混合型因子及び交感神経型因子について検討するため、混合型因子群と交感神経型因子群を選出し、「あがりの程度」、および、知覚・認知系、思考・判断系、命令・実践系、フィードバック系の「あがりの状態の4領域」の各平均値間のt検定を行った。その結果を図1に示す。図1から混合型因子群と交感神経型因子群の相対的比較を中心に検討すると、試合直前では、混合型因子群の方が交感神経型因子群より「あがりの程度」「あがりの状態の4領域」で、有意に高い値を示している。研究1でも、試合直前では、混合型因子群の方が交感神経型因子群よりも「あがりの状態の4領域」で、有意差は認められないがやや高い値を示していた。また図2から、試合中では、「あがりの程度」は両群ともほぼ同値であるが、「あがりの状態の4領域」に関しては、交感神経型因子群の方が混合型因子群よりも、いずれもやや高い値を示している。（ただし、有意差は認められない）以上から、試合直前では混合型因子群が、試合中では交感神経型

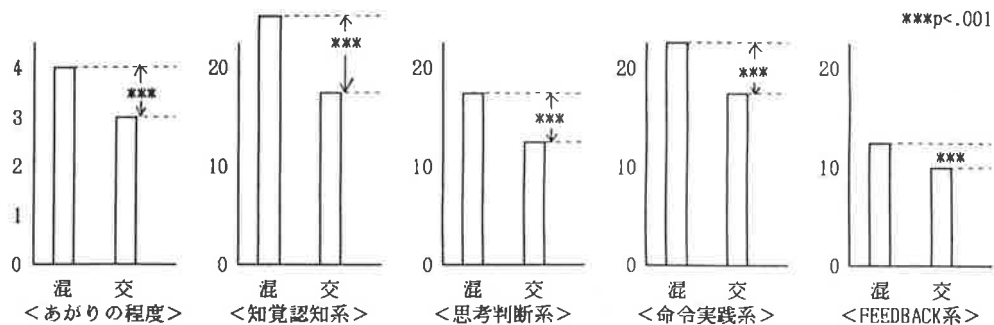


図1 試合直前の状態から抽出された混合型因子群と交感神経型因子群の試合直前における「あがりの程度」「あがりの状態の4領域」の各得点

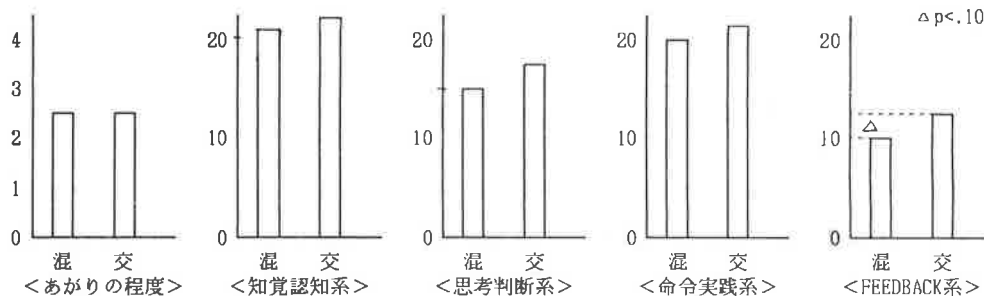


図2 試合中の状態から抽出された混合型因子群と交感神経型因子群の試合中における「あがりの程度」「あがりの状態の4領域」の各得点

因子群が、それぞれ他の群よりもあがった状態を示すことができる。

Ⅲ 混合型因子群と交感神経型因子群の「あがり」を規定する要因の重回帰分析的検討

混合型因子群、交感神経型因子群ごとに「あがりの程度」を目的変量とし、Y-G 性格特性、C A S 不安特性を説明変量として、重回帰分析を行い、その結果を表7, 8, 9, 10に示す。

表7から、試合直前の混合型因子群は、非空想性、社会適応性、支配性、非神経質、自我統御力の欠如の負値、思考的外向、客観性、疑い深さの負値といった従来あがりにくいとされている性格特徴と、非活動性、社会的内向、内省性、といった従来あがりやすいとされている性格特徴が「あがり」と関係している。また、表8から、試合中の混合型因子群は、図2を見てわかるように、あがってはいないが、あがる方向と関係する性格特徴として、非神経質、疑い深さの負値、社会的外向、非内省性といったあがりにくいとされている性格特徴と、情緒不安定性、衝動による緊迫、劣

表7 試合直前の混合型因子群の「あがりの程度」と関係するY-G性格特性、C・A・S不安特性

順位	規定する要因	解釈後の標準化偏回帰係数
1	空想性 (D, O)	-0.950
2	社会不適応性 (O, Co, Ag)	-0.939
3	活動性 (Ag, G)	-0.451
4	社会的外向 (S)	-0.384
5	支配性 (A)	0.358
6	神経質 (N)	-0.304
7	自我統御力の欠如 (Q1')	-0.253
8	衝動性 (R, G)	-0.235
9	思考的外向 (T)	0.219
10	非内省性 (R, T)	-0.183
11	主観性 (O)	-0.128
12	疑い深さ (L)	-0.109
全16要因の決定係数		0.453

注)「解釈後の標準化偏回帰係数」とは、符号について、単相関や平均値等をも検討した後、確定したものである。

表8 試合中の混合型因子群の「あがりの程度」と関係するY-G性格特性、C・A・S不安特性

順位	規定する要因	解釈後の標準化偏回帰係数
1	神経質 (N)	-0.329
2	情緒不安定性 (D, C, I, N)	0.313
3	疑い深さ (L)	-0.228
4	社会的外向 (S)	0.227
5	衝動による緊迫 (Q4)	0.193
6	非内省性 (R, T)	0.115
7	劣等感 (I)	0.115
全17要因の決定係数		0.177

注)「解釈後の標準化偏回帰係数」とは、符号について、単相関や平均値等をも検討した後、確定したものである。

等感といったあがりやすいとされている性格特徴が関係している。従って、混合型因子群は、試合直前でも試合中でも、あがりやすい性格特徴とあがりにくい性格特徴が混在していることが推察される。従来、いわゆるスポーツマン的の性格といわれる性質を、交感神経型因子群より多く持っているということになる。

表9から、試合直前の交感神経型因子群は、のんきでない、衝動による緊迫、主観性、神経質、不安傾向、自我統御力の欠如、思考的内向といったあがりやすい性格特徴が「あがり」と関係している。同時に、自我の弱さ、疑い深さ、劣等感がそれぞれ負値であり、あがりにくい性格特徴も「あがり」と関係するが、混合型因子群の場合と比較すると、あがりやすいとされてきた性格特徴が多い。また、表10から、試合中の交感神経型因子群は、あがる方向と関係して、情緒不安定性、抑うつ性、主観性、内省性、非主導性、劣等感、不安傾向、思考的内向、自我の弱さ、社会的内向といった従来あがりやすいとされた性格特徴が多く見られる。また、図1と2から、交感神経型因子群は「あがっている」状況を示す数値には達しておらず、あがっているとはいえないが、それにもかかわらず、あがりやすいといわれる性格特徴と関係していることがわかる。

<研究3>

目的

スポーツの試合場面だけでなく、人前で話す場面でも「あがり」の現象がみられるので、人前で話す場面における「あがり」の自律神経系現象について分析し、交感神経興奮現象型とそれ以外の型の存在を検討する。

方法

対象： 近畿の大学生男女 200名

手続き： 1986年7月上旬から9月上旬にかけて、質問紙による調査を行った。調査内容は、1)人前で話す直前、話し中における「あがりの程度」の5段階評価、2)人前で話す直前、話し中における「あがりの状態」の5段階評価、3)Y-G性格検査、4)CAS不安診断検査である。なお、「あがりの程度」は、基準1(あがらない)、3(普通)、5

表9 試合直前の交感神経型因子群の「あがりの程度」と関係するY-G性格特性、C.A.S不安特性

順位	規定する要因	解釈後の標準化偏回帰係数
1	のんきさ (R)	-0.608
2	衝動による緊迫 (Q4)	0.421
3	自我の弱さ (C1)	-0.418
4	疑い深さ (L)	-0.411
5	劣等感 (I)	-0.317
6	主観性 (O)	0.302
7	神経質 (N)	0.217
8	不安傾向 (Q3, C1, L, O, Q4)	0.208
9	自我統御力の欠如 (Q3)	0.201
10	思考的内向 (T)	-0.113
全16要因の決定係数		0.406

注)「解釈後の標準化偏回帰係数」とは、符号について、単相関や平均値等をも検討した後、確定したものである。

表10 試合中の交感神経型因子群の「あがりの程度」と関係するY-G性格特性、C.A.S不安特性

順位	規定する要因	解釈後の標準化偏回帰係数
1	情緒不安定性 (D, C, I, N)	2.511
2	抑うつ性 (D)	1.314
3	主観性 (O)	0.784
4	非内省性 (R, T)	-0.730
5	攻撃性 (A, S)	-0.648
6	主導性 (A, S)	-0.611
7	劣等感 (I)	0.475
8	不安傾向 (Q3, C1, L, O, Q4)	0.468
9	思考的内向 (T)	-0.307
10	罪悪感 (O)	0.302
11	自我の弱さ (C1)	0.296
12	社会不適応性 (O, C, A, S)	-0.261
13	回帰性傾向 (C)	-0.193
14	社会的内向 (S)	-0.126
全16要因の決定係数		0.593

注)「解釈後の標準化偏回帰係数」とは、符号について、単相関や平均値等をも検討した後、確定したものである。

(あがる)を示し、各々の中間を2, 4とした。話し場面における「あがりの状態」は、先行研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾²⁰⁾をもとに筆者らが新しく作成したもので、「あがり」を自律神経系現象(13項目、これは研究2と同様)、知覚・認知系の現象(9項目)、思考・判断系の現象(6項目)、命令・実践系の現象(12項目)、フィードバック系の現象(4項目)の全44項目についての調査である。

結果と考察

I 人前で話す場面における「あがり」と関係する自律神経系現象の因子分析的検討

「あがり」と関係する自律神経系の現象(13項目)間の相関行列に、2因子説を前提として主因子解を用い因子を抽出し、その結果をQuartimax法で直行軸回転を行い、因子負荷量0.3以上の項目を取り上げて表11に示す。

1 話す直前の「あがり」と関係する自律神経系現象の検討

第1因子は、項目2, 3, 6, 7, 11で交感神経系

表11 話し場面における「あがり」の自律神経系現象の回転後の因子負荷行列 (0.3以上)

項目 番号	(-)	項目	(+)	話す直前		話し中	
				F 1	F 2	F 1	F 2
2	遅く深くなる ←	呼吸	速くなる	0.710			0.776
3	非常に遅い ←	脈拍	非常に速い	0.676			0.712
4	全く感じない ←	どき	非常にドキドキする		-0.458	-0.354	
5	詰まったように感じる ←	のど		0.707			0.633
6	唾がたまる ←	口の中	カラカラに渴く	0.581			0.508
7	サラッとしている ←	唾液	ネバネバする	0.582			0.302
8	ひんばんに催す ←	尿意	全く催さない		0.399		-0.327
9	紅潮する ←	顔色	蒼白になる		0.613	0.660	
10	全くかかない ←	手のひらの汗	よくかく	0.316		-0.417	0.326
11	筋肉が緩む ←	顔面	固くこわばる	0.530		-0.444	0.523
12	ほてるように熱くなる ←	耳たぶや頬			0.769	0.804	
13	熱くなる ←	頭		-0.447	0.550	0.636	
14	熱をおびてくる ←	目のあたり		-0.344	0.581	0.632	

優位の現象に高い負荷量を示し、項目13で副交感神経系優位の現象に高い負荷量を示しているため、交感神経興奮現象が優位ではあるが、交感神経・副交感神経興奮現象混合型因子（以後、混合型因子と略す）と名付ける。第2因子は、項目8、9で交感神経系優位の現象、項目4で副交感神経系優位の現象に高い負荷量を示す。従って、第2因子も、交感神経興奮現象が優位ではあるが混合型因子と名付ける。

また、第1因子は、呼吸が速くなる、脈拍が非常に速い、といった内臓系の変化と、口の中がカラカラに渴く、唾液がネバネバするといった口の中に関する変化、顔面が固くこわばるといった筋に関する変化、および、頭が熱くなる、目のあたりが熱をおびてくるといった熱感に伴う変化で構成されており、これは、研究2における、試合直前の「あがり」と関係する自律神経系現象の第1因子と似た傾向にあることがわかる。

次に、第2因子は、顔色が蒼白になるといった顔色に関する変化を伴っており、これは、研究2における、試合直前の「あがり」と関係する自律神経系現象の第2因子と同様である。

2 話し中の「あがり」と関係する自律神経系現象の検討

第1因子は項目9で交感神経系優位の現象、項目10、11で副交感神経系優位の現象に高い負荷量を示す。従って、第1因子を混合型因子とする。第2因子は、項目2、3、6、11で交感神経系優位

の現象を示すので、交感神経型因子とする。

また、第1因子は、顔色が蒼白になるといった顔色に関する変化と、顔面の筋肉が緩むといった筋に関する変化などで構成されており、研究2における、試合中の「あがり」と関係する自律神経系現象の第1因子とやや似た傾向にあることがわかる。

次に、第2因子は、呼吸が速くなる、脈拍が非常に速いといった内臓に関する変化と、口の中がカラカラに渴く、唾液がネバネバするといった口の中に関する変化が、試合中の「あがり」と関係する自律神経系現象の第2因子と共通しており、その他は、顔面が固くこわばるといった筋に関する変化で構成されていることがわかる。

以上を総括すると、研究1、2から、試合直前では、「あがり」と関係して混合型因子群と交感神経型因子群の2つの因子群が存在していることがわかる。また、試合中についても、研究2から同様の結果が見られる。研究3から、話す直前では、スポーツの試合場面とはやや異なり、混合型の因子のみとなったが、内容的には試合場面の両因子型とよく似た因子が抽出されている。しかし、話し中では、混合型と交感神経型の両因子が抽出された。こうしたことから、スポーツの試合場面や話し場面での「あがり」と関係する自律神経系現象は交感神経系の興奮現象だけではなく、それ以外の興奮現象（例えば、交感神経と副交感

神経の興奮現象の混合)の存在することが明らかになった。

結 論

スポーツの試合場面及び人前で話す場面における「あがり」と関係する自律神経系現象について検討するため、3つの研究を行った。すなわち、研究1, 2では、運動部に所属する男女大学・高校生409名、研究3では男女大学生200名を対象に質問紙法によって、自律神経系現象及び知覚・認知系、思考・判断系、命令・実践系、フィードバック系の4領域の「あがりの状態」や、Y-G性格検査、不安診断検査などを行い、検討した結果、次の結論を得た。

1. スポーツの試合場面における「あがり」と関係する自律神経系現象には、交感神経興奮現象型因子と交感神経・副交感神経興奮現象混合型因子という二つの因子の存在することが明らかになった。

2. 試合直前の「あがり」と関係する自律神経系現象で、混合型因子群と交感神経型因子群を比較すると、混合型因子群の方が交感神経型因子群よりも「あがりの状態の4領域」で高い値を示している。

3. 混合型因子群と交感神経型因子群の「あがり」を規定するパーソナリティ要因は異なると考えられる。

4. 人前で話す場面における「あがり」と関係する自律神経系現象では、話す直前では、第1因子も第2因子も混合型因子であるが、話し中に関しては、混合型因子と交感神経型因子の存在することがわかった。

5. スポーツの試合場面においても、人前で話す場面においても、「あがり」と関係する自律神経系現象には、交感神経の興奮のみでは説明できない現象の存在することが明らかになった。

6. スポーツの試合場面における「あがり」の自律神経系現象を構成する2因子と、人前で話す場面における「あがり」の自律神経系現象を構成する2因子は、その直前、中ともに、同様の傾向を持つ項目を内容としている。

文 献

- 1) Buss, A. H. : Self-consciousness and social anxiety. Freeman, 1980.
- 2) Carver, C. S. and Scheier, M. F. : Attention and self-regulation : A control-theory approach to human behavior. Springer, 1981.
- 3) 藤田厚:「スポーツ選手の心理的適性研究の動向」, スポーツの心理的適性に関する研究第4報, 日本体育協会スポーツ科学報告, No.VI, 2-3, 1982.
- 4) 市村操一:「スポーツにおけるあがりの特性の因子分析的研究(1)」, 体育学研究 9 : 2, 18-22, 1965.
- 5) 市村操一:「スポーツにおけるあがりの心理・生理学的症候の2次元モデル」, 筑波大学体育科学系紀要9, 15-20, 1986.
- 6) 猪飼道夫・杉本良一・石河利寛, スポーツの生理学, 同文書院, 1960.
- 7) 小山哲・猪俣公宏・武田徹:「テニスプレイヤーの競技不安について」, スポーツ心理学研究 7 : 1, 1-6, 1981.
- 8) 松田岩男, 「あがる」心理, 阪本一郎編「保健体育の心理」, 金子書房, 1953, p. 175.
- 9) 松田岩男, 「スポーツ選手の心理的適性に関する研究 第4報」, 日本体育協会スポーツ科学報告, No. VI, 1-17, 1982.
- 10) 松井三雄, 体育心理学, 杏林書院, 1952. p. 158.
- 11) 丹羽劭昭, 「大学運動部員の不安傾向と心理的諸特性との関係」, スポーツ心理学研究, 7 : 1, 8-15, 1981.
- 12) 丹羽劭昭・長沢邦子・北田明子:「女子剣道選手の精神的特性」, スポーツ教育学研究, 4:2, 101-111, 1981.
- 13) 丹羽劭昭・長沢邦子:「競技場面における「あがり」の心理・生理的徴候の2次元モデルの検討」, スポーツ心理学研究, 13 : 1, 60-62, 1982.
- 14) 丹羽劭昭・長沢邦子・永井久美子:「スポーツ参加婦人のパーソナリティの特徴」, スポーツ心理学研究, 11 : 1, 19-28, 1984.
- 15) 丹羽劭昭・長沢邦子・池島和子:「なぎなた選手の心理的適性に関する検討」, 昭和58年度日本体育協会スポーツ医科学研究報告, 59-79, 1984.
- 16) 丹羽劭昭・長沢邦子・永井久美子・国枝和美:「なぎなた選手の心理的適性に関する検討(2)」, スポーツ心理学研究, 12 : 1, 4-15, 1985.
- 17) 丹羽劭昭・高柳茂美, 「競技場面における「あがり」の時間的変化の検討—自律神経系現象の2つの型を中心に—」, スポーツ心理学研究, 14-1 : 7-20, 1987.
- 18) 岡沢祥訓・猪俣公宏, 「トップレベルの卓球選手の心理的適性について」, スポーツ心理学研究, 9 : 1, 44-47, 1982.
- 19) 武田徹・猪俣公宏・小山哲, 「陸上競技者の競技事態における不安について」, スポーツ心理学研究, 8 : 1, 65-67, 1981.
- 20) 問田直幹: 神経系生理学各論, 問田直幹, 内園耕三編「新生理学上巻」, 医学書院, 1960, pp. 177-224.
- 21) 吉沢祥二・岡沢祥訓, 「全日本ホッケー選手の心理的過程について」, スポーツ心理学研究, 9 : 1, 41-43, 1982.

注表 あがった状態を調べる質問項目（5段階評価）

	質 問 項 目				
自律 神経 系現 象 (13 項 目)	(副交感神経現象)	←←←	(項目)	→→→	(交感神経現象)
	1. 息が遅く深くなる	←←←	呼 吸	→→→	息が速くなる
	2. 非常に遅い	←←←	脈 拍	→→→	非常に速い
	3. 全く感じない	←←←	ど う き	→→→	非常にドキドキする
	4. 詰まったように狭く感じる	←←←	の ど	→→→	
	5. 唾がたまる	←←←	口 の 中	→→→	カラカラに渴く
	6. サラッとしている	←←←	唾 液	→→→	ネバネバする
	7. 頻繁に催す	←←←	尿 意	→→→	全く催さない
	8. 紅潮する	←←←	顔 色	→→→	蒼白になる
	9. 全くかかない	←←←	手のひらの汗	→→→	よくかく
	10. 筋肉がゆるむ	←←←	顔 面	→→→	固くこわばる
	11. ほてるように熱くなる	←←←	耳たぶや頬	→→→	
	12. 血がのぼったようで熱くなる	←←←	頭	→→→	
	13. 熱をおびてくる	←←←	目のあたり	→→→	
知覚・ 認知系 現(9 象項 目)	1. 相手または周囲の人が、自分より落ち着いて見える。 2. 相手または周囲の人が、自分より強そうに感じる。 3. 観客や周囲の人が、自分だけを見ているように感じる。 4. 周囲またはチームの中で、自分一人浮き上がったように感じる。 5. 観客の顔がぼやけてよく見えなくなる。 6. 相手または周囲の人が、大きく見える。 7. 実際より観客を多く感じる。 8. 自分がなぜここにいるんだろう、と感じる。 9. 時間の感覚が狂う。				
思現 考象 ・ (判6 断項 系目)	1. ボーッとして試合をよく考えられない。 2. 失敗しないか、と気になる。 3. 逃げ出したくなる。 4. 自分の考えていたことを、忘れてしまう。 5. 相手（またはボール）との距離がうまくつかめない。 6. とっさの判断やタイミングが狂う。				
命 令 ・ 実 践 系(8 現項 象目)	1. 動作に不必要な力が入り過ぎる。 2. 一定の所に落ち着いていられない。 3. 手足が思うように動かなくなる。 4. プレーをする時、あわてる。 5. 落ち着こうとして、かえってあせる。 6. 普段ならしないような失敗を度々する。 7. 足が地につかないような気分になる。 8. 手足が震える。				
フ系 現 象 ド (バ4 ッ項 目)	1. 自分のプレーに自信がなくなる。 2. 自分のした失敗が非常に気になる。 3. 自分のした失敗の修正が出来ない。 4. 試合中落ち込みやすい。				

運動パフォーマンスと生理心理的状態

奈良女子大学 丹羽 劭 昭
長 沢 邦 子

The Relationship between Motor Performance and Physio-psychological Situation

Takaaki Niwa Nara Women's University
Kuniko Nagasawa

Abstract

In order to clarify the relationship between motor performance and physio-psychological state in competitive circumstances, the pursuit rotor was used to examine the relationship between the pursuit rotor performance and EEG, especially α_2 wave, heart rate, and skin temperature.

Subjects were 16 students from a women's university, 19 to 23 years of age. In the preparatory experiment, the results of performance led to three groups, that is, the high, the middle, and the low. The subjects were required to repeat six times the process of a sixty-second rest with the eyes closed, a sixty-second trial with the eyes open, and another sixty-second rest with the eyes closed. The Biofeedback System FM515 (FUTEK) was used to measure EEG, and the θ wave, α_1 wave (6.7-8.6 Hz), α_2 wave (8.6-12Hz), α_3 wave (12-14Hz), β wave were analyzed based on their cycle. During the trial with the open eyes, the apparatus could not determine the α_2 wave because of artifact, therefore, EEG, both immediately before and after the trial, was examined. Room temperature was between 19.7°C and 25.1 °C. The following conclusions were reached.

1. Those who show high performance show the α_2 wave as prevalent EEG, demonstrating that they are more relaxed and their consciousness is more concentrated than others.
2. The α_2 wave shows a different tendency from that of the α_1 wave and the α_3 wave as far as motor performance is concerned.
3. It was inferred that, there are two types of those who have sympathetic nerve pattern or non-sympathetic nerve pattern during the performance (the state of tension), viewed from autonomic nervous system function.

問 題

最近、スポーツ場面における“あがり”や集中力と関係して、運動場面における Peak Performance のための心理的要因の研究が盛んに行われている。¹⁾¹²⁾¹⁴⁾そしてそれらの研究ではスポーツ選手の競技能力の向上を目的とした様々な方法が研究され始めている。たとえば岩

崎ら²⁾は、皮膚温バイオフィードバックトレーニングを行った結果、交感神経の興奮が抑制され、パフォーマンスが上昇した例を報告し、交感神経興奮の抑制がパフォーマンスの上昇と関係あることを示している。

一方、丹羽らは⁴⁻⁶⁾調査により、試合直前、試合中、試合後における“あがり”の自律神経系現象を調べた結果、交感神経興奮現象型(以後、

交感神経型と呼ぶ)と交感神経と副交感神経の興奮現象が同時に起こっている混合型(以後、混合型と呼ぶ)の二つの因子が存在することを報告している。市村¹⁾もあがりを構成する4因子をあげ、その一つである自律神経系の緊張について検討し、“あがり”には明確な交感神経興奮の因子と、確定はできないが、副交感神経興奮の因子と推定される二つの因子があることを報告している。丹羽らや市村の研究は調査によるものであり、実験的に確かめる必要がある。もし交感神経型だけでなく、混合型や副交感神経型の人がいるとするなら、交感神経興奮の抑制とパフォーマンスとの関係は、さらに詳細な検討を要求されるからである。

一方、集中力と関係して脳波の研究も盛んに行われている。従来の研究²⁾³⁾によると、安静覚醒時に現れる α 波が、意識の集中した時やヨガや禅の瞑想中にも現れている。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 α 波が現れるというこの矛盾した事実についても、より詳細に検討する必要がある。そこで筆者らは、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段階を想定し、一般に用いられている α 波(8~13Hz)を θ 波に近い状態から β 波に近い状態まで、 α_1 波(6.7~8.6Hz)、 α_2 波(8.6~12Hz)、 α_3 波(12~14Hz)の3段階に分けて、パフォーマンスとの関係を検討することによって、前述の矛盾を解明したいと考える。

目的

運動パフォーマンスと生理心理的状态との関係を明らかにするため、回転盤追従動作(pursuit rotor)を用い、そのパフォーマンスと脳波(特に α 波)、心拍、皮膚温との関係から次の仮説を検討する。

- 1 高パフォーマンス者ほどリラックスして、かつ意識が集中した状態にあるので、 α_2 波が優勢脳波として出現しやすい。
- 2 パフォーマンスとの関係では、 α_1 波や α_3 波は α_2 波とは違う傾向を示す。

3 パフォーマンス(緊張)時における自律神経系現象(心拍数と皮膚温)からみると、交感神経興奮型とそれ以外の型の人が存在する。

方法

対象：女子大生 16名(19~23歳)。3回の各実験毎に、2試行のパフォーマンスの平均値によって、低・中・高のパフォーマンス群に分けた(表1)。

また、追跡(事例)的研究の場合は、第1回目の実験の2試行で群分けを行い、同一対象を追跡した。

手続き：パフォーマンスとして回転盤追従動作を用い、生理心理的状态を測定する項目として脳波を、交(副)感神経の興奮を調べる指標として心拍数、人さし指の皮膚温を測定した(表2)。なお、心拍数は、双極胸部誘導によってHeart rate memory(表2参照)にコードをつなぎ、10秒毎の心拍数を記録した。皮膚温は、利き手の第2指の末節骨の掌側面に温度センサーをサジカルテープで固定し、風(空気の流れ)による影響を排除するよう極力努力して3秒毎の平均温度を測定した。脳波は脳波測定器(FM515)を用いてセンサーベルトにより、前額に2箇の前面電極を、片方の耳たぶに1箇のクリップ電極を装着して単極誘導で測定した。

その結果、最も優勢に出現した脳波をとり出

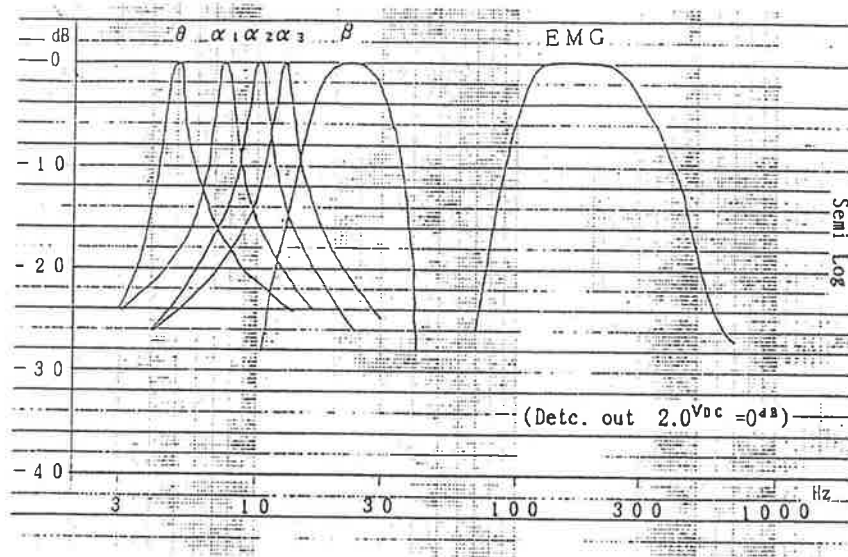
表1 各群の対象数

群 \ 実験	I	II	III
低	5	5	5
中	6	6	6
高	5	5	5

表2 測定項目と機器

測定項目	測定機器
追従動作	パーシュートローター(追従動作検査器) 竹井機器工業株式会社製
脳波(EEG)	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515 エフティ技研株式会社製
心拍数(HR)	HEART RATE MEMORY MAC MODEL VHM1-012 VINE CO, LTD製
皮膚温(ST)	MICRO MEMORYCORDER Tx-3006 TYPE T -100.0 ~ 400.0 °C NIHON KOGAKU CO.LTD 製

図1 FM515の
フィルターの
周波数特性

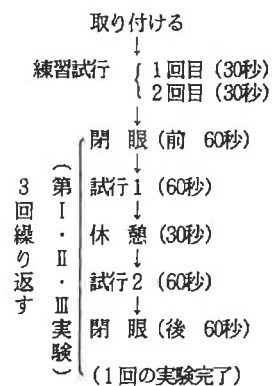


し、優勢脳波としてその出現率などを計算し図示する。脳波測定器 (FM515) のフィルターの周波数特性を図1に示す。フィルターの中心周波数は α_1 波は7.6Hz, α_2 波は10Hz, α_3 波は13Hzで、 α 波の最小・中央・最大周波数の付近をキャッチするように設計されている。これらのフィルターの周波数 cut off 特性は、現時点では非常に優れていると考えられる。

実験手順：回転盤追従動作については、予備実験で、練習効果が出にくい状態を調べ、かつ適度な回転数を検討した。そして1分間24回転、ターゲットの直径12mm、回転方向右、左回り各1回ずつ、非利き手で鉄筆を持ってターゲット上を追従させる。1/2秒毎にターゲットに接触する回数がカウントされ、60秒間の合計数がパフォーマンスの成績となるようにした。各群の被検者は、パフォーマンスと共に脳波 (2秒毎)、心拍数 (10秒毎)、皮膚温 (3秒毎) が測定された。実験の順序は、練習試行後、閉眼 (安静60秒)、試行1 (60秒)、休憩 (30秒)、試行2 (60秒)、閉眼 (安静60秒) を3回くり返す (表3)。室温は19.7~25.1°Cで無風状態。試行中は、眼球運動によるArtifactが多く出て α 波を測定できないため、試行直前と試行直後の閉眼 (安静) 時の脳波を検討する。

表3 実験順序

脳波計・心拍計・皮膚温計を



結果

I パフォーマンスの低・中・高群別にみた優勢脳波の出現率

各パフォーマンス群の各場面の優勢脳波出現率は、3回ともよく似た傾向を示すので、3回目の試行直前と試行直後の結果を図2に示す。

また、優勢脳波 α_2 波について、低・中・高群をA要因、試行前と後をB要因とする2要因の分散分析の結果、交互作用には有意差は認められないが、A・B各要因に2回目と3回目に有意差が認められたので、各群間のt検定を行った。その結果を表4に示す。

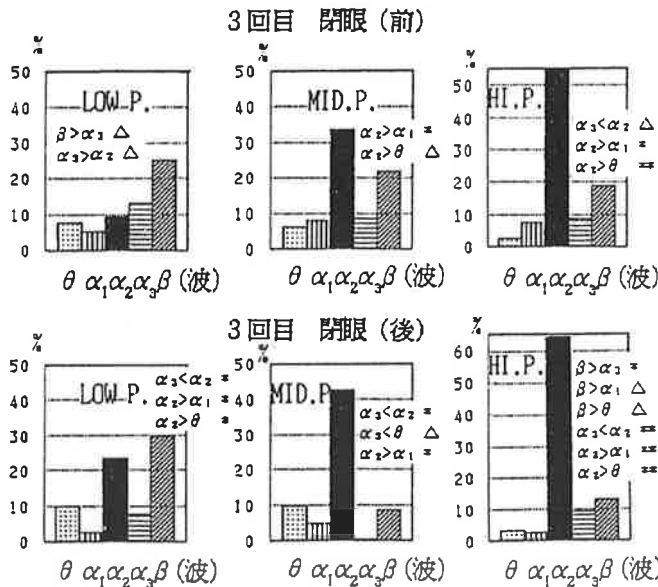


図2 低・中・高パフォーマンス群別にみた各場面の優勢脳波出現率

表5 心拍数において各場面別にみた低・中・高パフォーマンス群間のt検定結果

回	閉眼(前)	回	パフォーマンス	回	閉眼(後)
2	低>中 △			2	低>中 *
3	低>中 *			3	低>中 △
1	低>高 *	2	低>高 △	1	低>高 △
2	低>高 *			2	低>高 *
3	低>高 *			3	低>高 *
1	中>高 △				

△...P<.10 *...P<.05

表6 低・中・高パフォーマンス群別にみた心拍数の各場面間のt検定

回	中パ群	回	高パ群
1	閉(前) <パ *	1	閉(前) <パ *
1	パ>閉(後) *	2	閉(前) <パ △

パ...パフォーマンス △...P<.10 *...P<.05

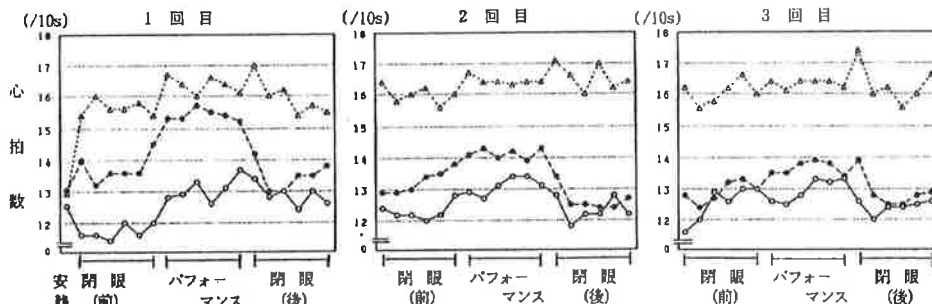


図3 各回の低・中・高パフォーマンス群別にみた心拍数の変化

注 ● 低パフォーマンス群
● 中パフォーマンス群
○ 高パフォーマンス群

表4 優勢脳波 α₂波の閉眼前、閉眼後における低・中・高パフォーマンス群間のt検定結果

回	閉眼(前)	閉眼(後)
2	低<中 △	低<中 △
3	低<中 △	低<中 △
2	低<高 △	低<高 **
3	低<高 ***	低<高 **

△...P<.10 **...P<.01 ***...P<.001

図2, 表4から, 試行前も後も, 低・中・高群と次第にα₂波が優勢脳波として出現する率が高くなる傾向がみられる。一方, 図2からは, α₁波, α₃波は, α₂波やパフォーマンスとの間に一定

の傾向はみられない。そしてβ波やθ波は, α₂波とはむしろ反対の傾向を示しているようにみえる。

II パフォーマンスの低・中・高群別にみた各場面の心拍数

交感神経の興奮度をみる一つの指標として心拍数を調べた。パフォーマンスの低・中・高をA要因, 試行中, 試行前と後をB要因とする2要因の分散分析の結果, 3回共, B要因とA・B要因間の交互作用に有意差は認められなかった。そこで, A要因と各場面との関係を検討するためt検定を行い, 有意差のみられたもののみを表5, 6に示し, 各回の各群別の心拍数の変化を図3に示す。

表5, 図3から, 各回共, 心拍数は低パフォ

パフォーマンス群 > 中パフォーマンス群 = 高パフォーマンス群の傾向がみられる。表6, 図3から、中パフォーマンス群では、試行(パフォーマンス)時がその前後より多く、高パフォーマンス群では、試行時が試行前より高い傾向がみられる。また低パフォーマンス群は、始めから交感神経の興奮度が高く、高い心理的緊張状態が終わりまで続いて、あまり変化をしていない。したがって、試行時の心拍数の少ない(交感神経の興奮度が低い)方が、パフォーマンスの成績がよいと推察される。

III パフォーマンスの低・中・高群別の各場面の皮膚温

交感神経の興奮度をみるもう一つの指標として、人さし指の皮膚温を調べた。パフォーマンスの低・中・高をA要因、試行中、試行前と後をB要因とする2要因の分散分析の結果、3回共、B要因とA・B要因間の交互作用に有意差はみられず、A要因のみに有意差が認められた。そこで、さらに低・中・高パフォーマンス群別に皮膚温の各場面間のt検定を行い、有意差のみられた場面のみを表7に示し、各回のパフォーマンス群別の皮膚温の変化を図4に示す。

表7, 図4から、概して皮膚温は低パフォーマンス群 > 高パフォーマンス群の傾向がみられる。また中パフォーマンス群では1回目(実験

I) は試行前が緊張しているためか低く、試行時、試行後と次第に高くなるが、2・3回目(実験II, III)では試行時のみ低く、試行後は緊張がゆるんで皮膚温が上昇する傾向がみられる。こうしたことから皮膚温とパフォーマンスとの密接な関係が推測される。以上を総括すると、皮膚温を支配している交感神経は、興奮度が高い程(皮膚温が低い程)、パフォーマンス量が多くなる傾向がうかがわれる。そして試行後は共通して緊張がゆるむ方向にあることがわかる。

従来、一般には Peak Performance の時は、交感神経が適度に興奮していることが必要であるが、“あがり”のように過度の心理的緊張は、強い交感神経の興奮が逆にパフォーマンスを下げると考えられてきた。しかし、今回の実験では心拍数は少ない(交感神経の興奮度は低い)方がパフォーマンスが高く、皮膚温は低い(交感神経の興奮度は高い)方がパフォーマンスが

表7 各回の低・中・高パフォーマンス群別にみた皮膚温の各場面間のt検定

回	中バ群	回	高バ群
2	閉(前) > パ △	2	閉(前) > パ *
1	パ < 閉(後) *	2	閉(前) > 閉(後) *
2	パ < 閉(後) △	3	パ < 閉(後) △
3	パ < 閉(後) *		

パ...パフォーマンス △...P<.10 *...P<.05

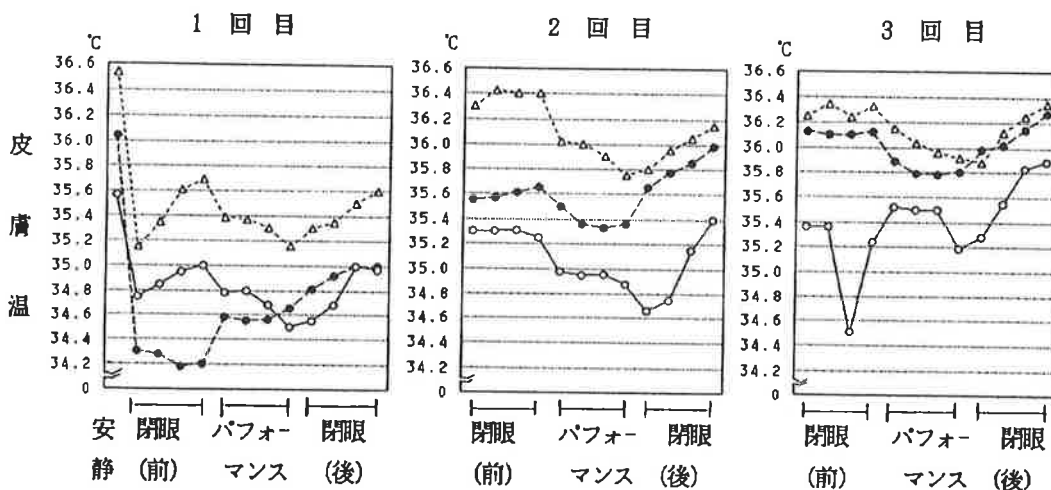


図4 各回の低・中・高パフォーマンス群別にみた皮膚温の変化

注 { △ 低パフォーマンス群
● 中パフォーマンス群
○ 高パフォーマンス群

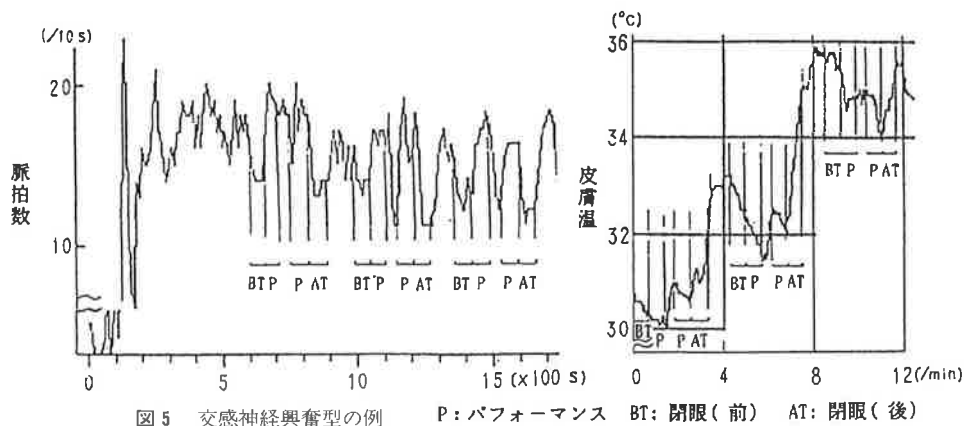


図5 交感神経興奮型の例 P: パフォーマンス BT: 閉眼(前) AT: 閉眼(後)

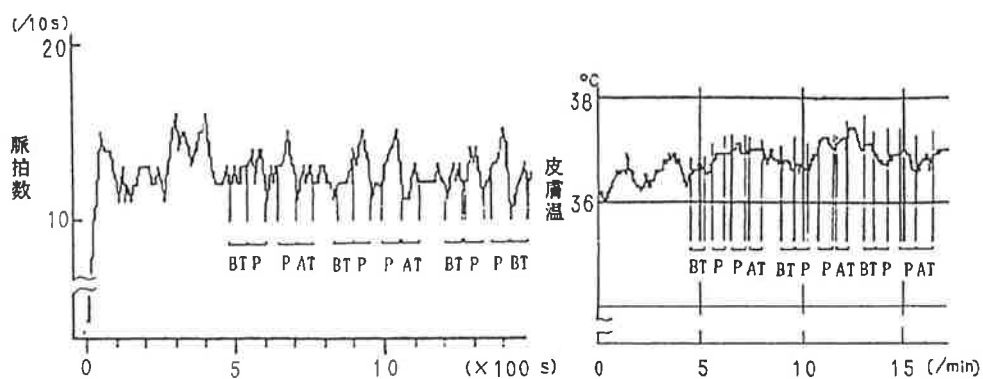


図6 非交感神経興奮型の例 P: パフォーマンス BT: 閉眼(前) AT: 閉眼(後)

高いという、交感神経の興奮傾向からみると相反する状態の共存ということがみられた。この矛盾した事実を説明する一つの考え方として、パフォーマンス時に交感神経興奮型以外の型の人の存在を仮定してみてもどうか。

そこで、非交感神経型（たとえば混合型や副交感神経型など）の人の存在を確かめるため、同一対象を追跡して事例を検討した。

IV 心拍数と皮膚温からみた自律神経の興奮型についての追跡(事例)的検討

試行時に心拍数が多くなり、皮膚温が低下するいわゆる交感型（交感神経興奮型）の例を図5に示す。この型の人是比较的によく（25%）見られた。また心拍数が多くなると共に皮膚温も上昇するいわゆる混合型（交感神経興奮現象と交感神経抑制現象または副交感神経興奮現象が同時に現れる型）の例を図6に示す。この型が最も多く（50%）見られた。その他にも、例え

ば変化が一定しない人(不定型17%)、副交感神経興奮型の人（8%）もみられたので、これらをまとめて非交感神経型と呼ぶことにする。

考察

1 仮説1と2を検討する。図2、表4から試行前、試行後とも高パフォーマンス群が低パフォーマンス群より α_2 波が優勢脳波として出現する率が高くなる傾向がみられる。また、意識がはっきりしない時にあらわれる θ 波や、緊張が高まり興奮した時にみられる β 波が、その反対の傾向を示すことから、従来いわれてきた α 波は、我々が仮定したように、 α_1 波は意識が低下している時にあらわれ、 α_2 波は意識が集中している時にあらわれ、もっと緊張していると α_3 波、そして β 波等の速波があらわれてくると考えることは、妥当だと思われる。試行中の脳波がこの実験では測定できなかったが、そうした

条件を考慮しても、仮説1と2は一応認められると考えてよいであろう。

2 仮説3を検討する。自律神経系現象を調べる指標として本実験では、心拍数と人さし指の皮膚温を用いた。これは、調べやすいという理由と予備実験の結果、心理的变化によく対応すると考えたからである。図3から、低パフォーマンス群の心拍数は多く、中・高パフォーマンス群になるほど心拍数が減る傾向がみられた。しかも試行前や後より試行中の方が心拍数が多く心理的緊張との対応もかなりよいことがわかる。

一方、図4から皮膚温は低パフォーマンス群で高く、高パフォーマンス群で低い。表7から、中パフォーマンス群では、試行後は試行中より高くなる傾向が見られるなど、心理的变化にもよく対応していると考えられる。そこで図5をみると、試行時に心拍数が増え、皮膚温が下がる交感神経型の人がいることがわかる。一方、図6から、試行時に心拍数が増えるが皮膚温もあがる、いわゆる混合型の人のいること、それ以外にも変化が一定しない不定型の人や試行時に心拍数が減り皮膚温が上昇する副交感神経型の人もいた。

前述したように、最近、現象面での自己認知をもとにした調査的研究から、こうした型の存在を示すいくつかの研究が報告され始めているが¹¹⁾¹⁵⁾、実験的に交感神経型と混合型の選手のことを報告したのは、高柳ら¹⁵⁾の弓道場面における選手および丹羽ら¹⁰⁾の回転板追従動作時における被験者の心拍数と皮膚温の時間的変化を検討した報告のみであろう。その報告では、交感型と混合型の存在を示唆したに留まっているが、本研究でも同様の結果が出たことになり、その可能性が高まったと考えられる。しかし仮説3を確証するには、もう少し多くの資料とそのメカニズムの解明が必要であると考えられるので、今後、被験者を増やし詳細な検討をした上で結論を出したいと考える。したがって、パフォーマンス時に交感神経型の人とそれ以外の型いわゆる非交感神経型の人がいるということを結論することは控えたい。

結 論

運動パフォーマンスと生理心理的状态との関係を明らかにするため、回転板追従動作を用い、そのパフォーマンスと脳波(特に α 波)、心拍、皮膚温との関係を実験的に検討して、次の結論を得た。

1 高パフォーマンス群ほど、試行前や試行後は心理的にリラックスし、かつ意識が集中した状態にあり、 α_2 波(8.6~12Hz)が優勢脳波として出現しやすい。

2 α_1 波(6.7~8.6Hz)、 α_3 波(12~14Hz)を優勢脳波出現率からみると、 α_2 波やパフォーマンスの成績との間に一定の傾向はみられない。

3 自律神経系現象からみると、パフォーマンス(心理的緊張)時に交感神経興奮型の人とそれ以外の型(たとえば混合型など、非交感神経興奮型)の人が存在すると考えられる結果が得られたが、なお被験者を増やし詳細な検討をした後に、結論を出したい。

文 献

- 1) 市村操一 「スポーツにおけるあがりの心理・生理学的症候の2次元モデル」, 筑波大学体育科学紀要, 9 : 15-20, 1986.
- 2) 岩崎健一・徳永幹雄・庭木守彦・橋本公雄 「スポーツ選手に対するメンタルトレーニングの実施と効用性」, 九州体育学研究, 1-1 : 23-35, 1987.
- 3) Lindsley, D.B., "Psychological phenomena and the electro-encephalogram", EEG, Clin. Neurophysiology, 126, 1290-1291, 1952.
- 4) 丹羽助昭・高柳茂美, 「競技場面における“あがり”の時間的変化の検討—自律神経系現象の二つの型を中心に—」, スポーツ心理学研究, 14-1 : 7-20, 1987a.
- 5) 丹羽助昭・高柳茂美, 「“あがり”における自律神経系現象の二つの型と関係するパーソナリティの検討」, スポーツ心理学研究, 14-1 : 83-86, 1987.
- 6) 丹羽助昭・長沢邦子, 「女子運動選手の“あがり”の検討」, スポーツ教育学研究, 7-1 : 102, 1987, および第7回スポーツ教育学会大会発表資料.
- 7) 丹羽助昭・長沢邦子, 「人前で話す場面での“あがり”を規定する要因」, スポーツ心理学研究, 15-1 : 66-70, 1988a.
- 8) 丹羽助昭・長沢邦子, 「人前で話す場面における“あがり”とパーソナリティ」, 日本スポーツ教育学会, 第8回大会抄録集, 59, 1988b.
- 9) 丹羽助昭・高柳茂美, 「“あがり”の心理・生理的徴候

- の2次元モデルの検討」, スポーツ心理学研究, 16-1: 6-15, 1989.
- 10) 丹羽助昭・長沢邦子, 「運動パフォーマンスにおける自律神経系現象からみた交感神経型および非交感神経型の検討」, 日本スポーツ教育学会第9回大会抄録集, 41, 1989.
- 11) Owen, H., and Lanning, W., "The effects of three treatment methods upon anxiety and inappropriate attentional style among high school athletes", *International Journal of Sport Psychology*, 13: 154-162, 1982.
- 12) Privette, G., "The phenomenology of peak performance in sports", *International Journal of Sport Psychology*, 12: 51-58, 1981.
- 13) 佐久間春男, 「運動とバイオフィードバック」, 松田岩男・杉原隆, 運動心理学入門, 大修館書店, 1987, pp. 22-28.
- 14) Suinn, R. M., "Seven steps to peak performance: the mental training manual for athletes", *The Sport Psychologist*, 1: 359-360, 1987.
- 15) 高柳茂美・丹羽助昭, 「競技場面における生理心理的反応(1)」, 日本体育学会第40回大会号(A), 202, 1989.

ストレスが各不安傾向者の 協応的運動パフォーマンスに 与える影響

——回転板追従動作における関係を中心に——

奈良女子大学 丹羽 劭 昭
長 沢 邦 子

The Effect of Psychological Stress to Performance for the
Motor Coordination of the Each Persons in Three Degrees
of Anxiety Tendency
——Especially Concerning the Relationship in Pursuit Rotor
Performance——

Takaaki Niwa Nara Women's University
Kuniko Nagasawa

目 的

本研究は、「あがり」や Peak performance のメカニズムを解明する一つの手がかりを得るために行う一連のものである。ここでは、心理的ストレスが協応的運動パフォーマンスに与える影響は、その人の不安傾向によって異なることを検討したい。そのため次の仮説を検証する。

I 不安傾向の低い人ほど、より大きなパフォーマンスを得るには、相対的により強いストレスを必要とする。

II ストレスによってパフォーマンス時の生理心理的状态（皮膚温、心拍数など）は変化するが、その変化の仕方は、不安傾向により異なる。

方 法

対象：女子大生45名(19~23歳)にCAS不安特性検査を行い、特性不安の高・中・低者各10名、

計30名を選ぶ。それらをさらに実験群と統制群の2群に分け、各5名の6群を編成した。(表1)。

手続き：条件を統制しやすくしかも協応性を必要とする運動パフォーマンスとして、回転板追従動作(Pursuit rotor)を用いた。パフォーマンス時の生理心理的状态を調べるため皮膚温、心拍数、脳波(本報告では省く)を測定した。パーシュートローターは練習効果が出にくい状態を調べ、かつ追従できる程度からみて適度な回転数を検討した。そして円盤の直径26cm、回転数は1分間24回、追従させるターゲットの直径12mm、回転方向は右回り・左回り各1回ずつ、非利手で鉄筆を持ってターゲット上を追従させる。1/2秒毎にターゲット

表1 被験者の班分け

グループ	実験群			統制群		
不安傾向	高	中	低	高	中	低
被験者数	5	5	5	5	5	5

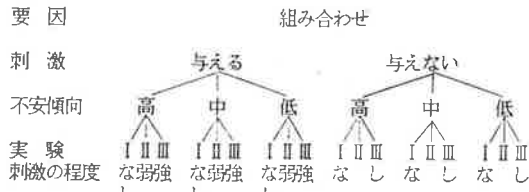
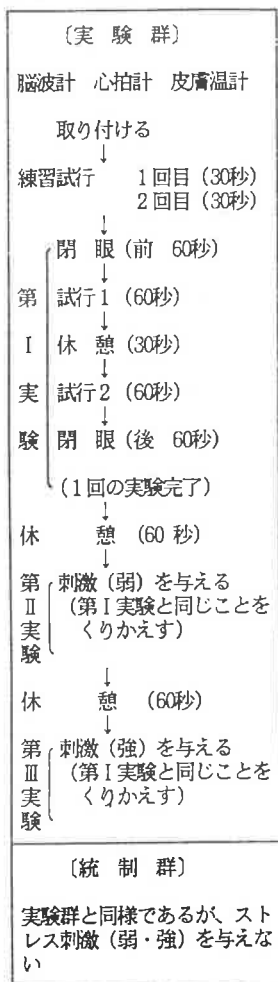


図1 要因の組み合わせ

表2 測定項目と測定機器

測定項目	測定機器
追従動作	パーシュートローター (追従動作検査器) 竹井機器工業株式会社製
脳波 (EEG)	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515 エフティ技研株式会社製
心拍数 (HR)	HEART RATE MEMORY MAC MODEL VHM1-012 VINE CO, LTD製
皮膚温 (ST)	MICRO MEMORY CORDER Tx-3006 TYPE T -100.0 ~ 400.0 °C NIHON KOGAKU CO, LTD 製

表3 実験順序



トに接触する回数がカウントされ、60秒間の合計数がパフォーマンスの成績となるようにした。さらにパフォーマンス時の心理的緊張状態を知るため、実験後に簡単なアンケート調査を行った。

実験計画：ストレス刺激の影響や練習効果などを比較するため3要因の混合計画法を用いた (図1)。

実験器具：用いた実験器具等を表2に示す。皮膚温は3秒毎、心拍数は10秒毎に測定した。室温は19.7から25.1℃、無風状態であった。

刺激の与え方：各被験者共1実験に2試行 (パフォーマンス) を3回 (第I, II, III実験) くり返したが、実験群の被験者にはストレス条件を与えるため、第II, 第III実験の直前にストレス刺激となる次のような指示語を与えた。

第II実験 「1回目の試行結果は、大学生の平均よりやや低かったので、次はもう少し頑張ってください」 (弱刺激)

第III実験 「先程の試行結果は、2回目にしてはかなり悪かったので、3回目はもっともっと頑張ってください」 (強刺激)

実験順序：実験順序は表3の通りである。

結果

I 程度の異なるストレス刺激がパフォーマンスに与える影響と不安傾向との関係

1 全体的にみたパフォーマンスの検討

ストレス刺激の程度によるパフォーマンスの変化をみて、不安傾向とパフォーマンスの最適な動

表4 不安傾向 (A要因) と第I~III実験 (B要因) を主効果とした実験群・統制群におけるパーシュートローター伸び率の要因分散分析

Source	SS	df	MS	F	P
Between sub.					
A	32.0854	2	16.0427	2.786	0.100 ns
Er (a)	69.1020	12	5.7585		
Within sub.					
B	68.9408	2	34.4704	1.533	0.235 ns
A*B	24.9759	4	6.2440	0.278	0.889 ns
Er (ab)	539.6902	24	22.4871		
Between sub.					
A	10.7548	2	5.3774	9.118	0.004 **
Er (a)	7.0770	12	0.5897		
Within sub.					
B	31.3404	2	15.6702	19.614	0.000 **
A*B	7.3046	4	1.8261	2.286	0.089 *
Er (ab)	19.1745	24	0.7989		

機づけ水準との関係を検討すること(仮説Ⅰ)が一つの目的であるので、パフォーマンスの結果は、実測値の他に、第Ⅰ実験の実測値との差の比(以下、伸び率とよぶ)を算出した。

不安傾向の程度(高・中・低)をA要因、第Ⅰ～Ⅲ実験(ストレス刺激のなし、弱、強の程度)をB要因とする2要因分散分析を実験群、統制群別に行った結果を表4に示す。表4から、統制群のA要因(不安傾向)に有意差がみられた。すなわち、ストレス刺激を与えない時(統制群)は不安傾向の程度によってパフォーマンスの伸び率に差があるが、刺激を与える(実験群)と刺激の影響と不安傾向の影響が互いに相殺しあって、その差がみられなくなったと推察される。また、刺激の程度(B要因)についても同様の傾向がみられた。すなわち、刺激を与えない場合には、回を重ねる毎に(刺激の程度が強くなるにつれて)パフォーマンスの伸び率が增大するが、刺激を与えるとそれらの有意な伸びがみられなくなる。しかしこれらの傾向は、A・B要因間の交互作用も統制群に9%の有意差が認められたことから、個々に検討する必要があると考えられる。

2 各不安傾向群におけるパフォーマンスの検討

統制群の伸び率の平均値に有意差がみられたので、各群間のt検定を行った。結果は図2に示すように、高>低、中>低となり、無刺激の場合は低不安群の伸び率が最も低いと考えられる。

一方、実験群ではF検定の結果有意差はなかったが、各群の平均値間の有意差検定を行った結

果、統制群とは反対に低>高、中>高という傾向が認められた(図2)。

したがって、低不安群は高・中各不安群より、また中不安群は高不安群よりストレス刺激がないよりは、あるほうがパフォーマンスの伸び率が高まると推察される。これは、不安傾向が強い人ほど、ストレス刺激が加わると伸び率が低下することを意味するとも考えられる。

3 強さの異なるストレス刺激を与えた場合のパフォーマンスの検討

統制群の第Ⅰ～Ⅲ実験間(B要因)に有意差がみられたので、各実験時、強さの異なるストレス刺激を与えた場合のパフォーマンスの伸び率の比較を図3に示す。図3から、ストレス刺激を与えない統制群では、第Ⅰ実験<第Ⅱ実験<第Ⅲ実験となり、回を重ねる毎に伸び率が高くなっている。

異なる強さのストレス刺激を与えた場合の実験群でも似た傾向が認められた。しかも第Ⅱ実験、第Ⅲ実験においては有意差は認められないが、図3からは実験群>統制群の傾向もうかがうことができる。これらのことから、パフォーマンスの伸び率は試行を重ねるごとに高まるが、刺激を与えないより与えた方が、また弱い刺激より強い刺激の方が、高くなる傾向があるのではないかと推察される。

4 各不安傾向群における強さの異なるストレス刺激がパフォーマンスに与える影響

そこで、各不安傾向群別にパフォーマンスの伸

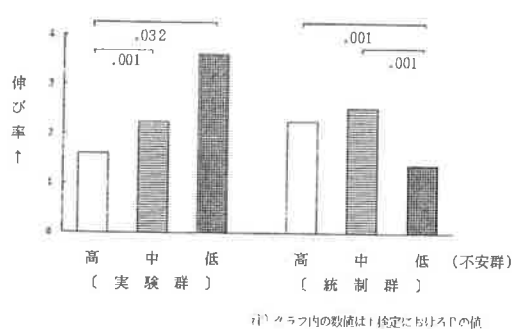


図2 実験群・統制群における各不安群のパーセントローター伸び率

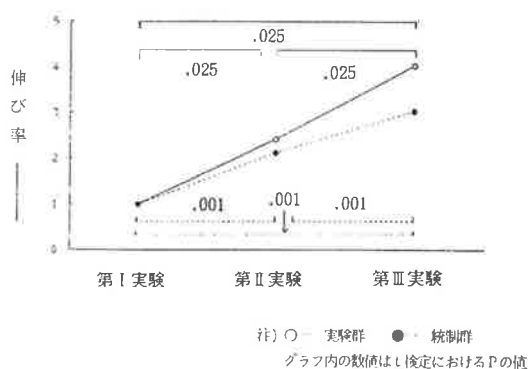


図3 各実験における実験群・統制群のパーセントローターの伸び率

び率を実験群と統制群とで比較した結果を図4に示す。図4から、高不安群では、統制群が実験群より伸び率が高く、しかも回を重ねるごとに高くなる。また、実験群では弱刺激を与えられた場合は統制群との間に有意な差はないが、強刺激を与えられると、伸び率が低下し、統制群との間に有意差がでてくる。反対に低不安群では有意差は認められないが、実験群の伸び率が高く、しかも、刺激が強くなるほどその傾向が強まると推察される。中不安群では、実験群と統制群の伸び率の差はあまりなく、共通して回を重ねるごとに高くなる。これらのことから、この程度の条件の場合、高不安群は、与えられるストレス刺激が強くなるほど、過緊張の状態に向かい、刺激を与えない場合より、パフォーマンスの伸び率が下がること。逆に低不安群では、与えられるストレス刺激が強くなるほど、緊張が最適状態に近づき、パフォーマンスの伸び率が高くなる傾向があるのではないかと推察される。

II ストレスによるパフォーマンス時の生理心理の状態の変化と不安傾向との関係

1 ストレスの程度と各不安傾向群のパフォーマンス時の皮膚温の変化

不安傾向の程度をA要因、第I～III実験（刺激の強さ）をB要因として、実験群・統制群別に、試行前・後（閉眼時）、試行中、休憩時について3秒毎の皮膚温の平均値について2要因の分散分析を行った。その結果、実験群では、休憩時を除いたすべての場合において不安傾向の程度間で5%水準で有意差が認められたので、t検定を行った。その結果を、皮膚温の不安傾向群間の比較を示した図5に示す。

図5から皮膚温の大体の傾向をみると、実験群では、高・中不安群は低不安群より、いずれの場合も低い傾向がみられ、低不安群より中・高不安群の方が交感神経の興奮度がやや高いと考えられる。

統制群ではいずれの場合でもそのような傾向はみられず、試行前を除いて他の3場面全てで、高不安群の皮膚温が、低不安群より、むしろ高い傾向がうかがわれる。こうしたことから同程度のストレス刺激を与えられても、高不安群では、低不

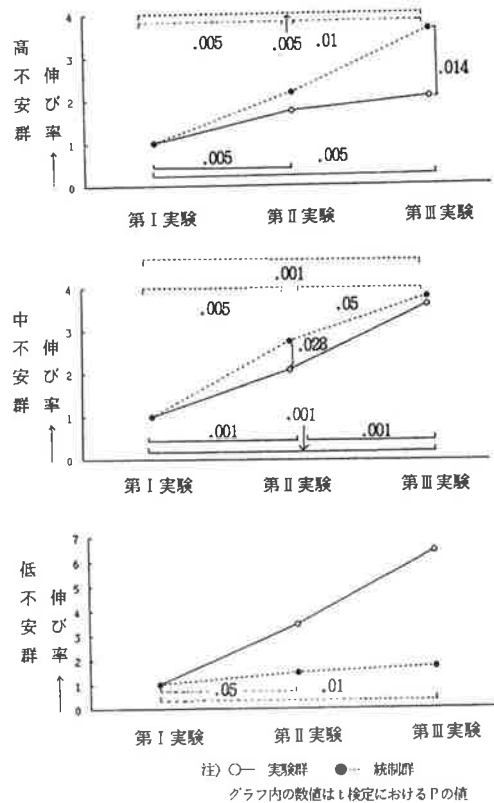


図4 各不安傾向群におけるパーシュートローター成績の伸び率

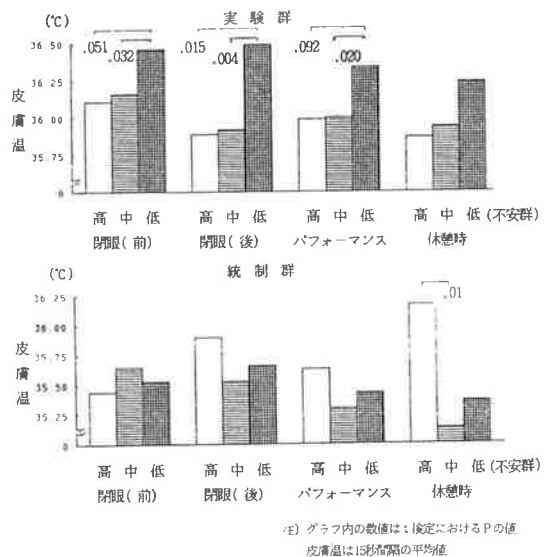


図5 実験群・統制群別にみたパーシュートローター試行前・中・後・休憩時における皮膚温の不安傾向群間の比較

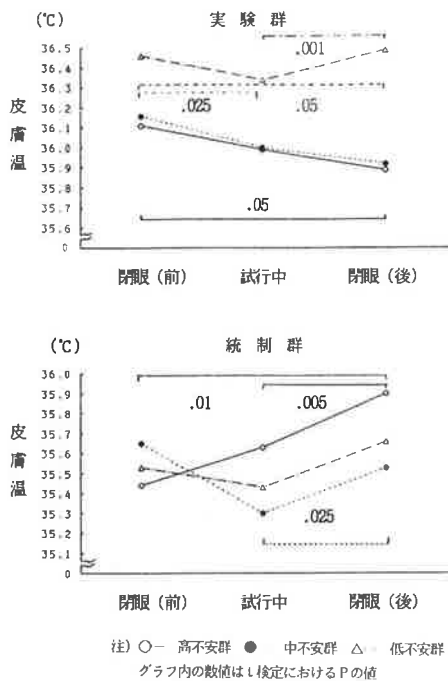


図6 実験群・統制群別にみた各不安群における皮膚温のパーシュートローター試行前・中・後の差

不安群より皮膚温を支配している交感神経が興奮しやすく、低不安群ではその反対の傾向があるのではないかと推察される。

そこで、各不安群別に皮膚温の時間的変化をみるため、試行前・中・後の第Ⅰ～Ⅲ実験の平均値のt検定をおこなった結果を含めて図6に示す。図6から実験群では、低不安群のみ試行中より試行後が有意に高くなり、統制群では、高・中不安群で試行中より試行後が有意に高くなっている。これらのことから、高・中不安群では、ストレス

刺激が与えられない場合は試行中より試行後において交感神経が抑制され皮膚温が上昇するが、刺激が与えられると逆に交感神経が興奮して皮膚温が下がる傾向がうかがわれる。しかし、低不安群では、この程度のストレス刺激が与えられると試行後は反対に皮膚温が上昇することがわかる。このことは、前述したパフォーマンスの伸び率とも対応しているようにみえる。これらのことから、ストレス刺激がパフォーマンス時からその直後の皮膚温に与える影響(変化)は、不安傾向の程度によって異なり、またパフォーマンス結果とも関係していると考えられる。

(以下紙面の都合で項目のみを示す)

2 ストレスの程度と各不安傾向群のパフォーマンス時の心拍数の変化

Ⅲ アンケート調査による各不安群の緊張の程度の比較

結論

ストレスが運動パフォーマンスに与える影響を不安傾向との関係で実験的に検討した結果、次の結論を得た。

- 1 不安傾向の低い人が、より大きなパフォーマンスを得るには、不安傾向の高い人より相対的により強いストレス刺激を必要とすると考えられる。
- 2 ストレス刺激によってパフォーマンス時の生理心理的状态(皮膚温, 心拍数)は変化するが、その変化の仕方(程度)は、不安傾向により異なると思われる。

不安傾向と心理的ストレスとパフォーマンスとの関係
——回転盤追従動作を中心に——

○丹羽 昭 長沢 邦子 弘 志穂
(奈良女子大学) (奈良女子大学大学院)

目 的

性質が異なり、程度も異なる心理的ストレスを与えた場合のパフォーマンス成績の変化から、不安傾向と心理的ストレスとパフォーマンスとの関係についての次の仮説を検討する。

- 仮説1 不安傾向の高い人には、結果の賞賛的フィードバック刺激を与える方が、結果の非難的フィードバック刺激を与えるよりパフォーマンス成績への影響が大きい。
- 2 不安傾向の低い人には、結果の非難的フィードバック刺激を与える方が、結果の賞賛的フィードバック刺激を与えるよりパフォーマンス成績への影響が大きい。

方 法

対象：大学生及び大学院生の女子98名(18～24歳)にCAS不安特性検査を行って、特性不安の高・中・低群に分け、それらをさらに非難的刺激群と賞賛的刺激群の6群に分けた。しかし、資料が不完全な被験者を除くと50名となった(表1)。

手続き：回転盤追従動作は、円盤の直径26cm、追従するターゲットの直径12mm、回転数24回/1分、左回り右回り各60秒間を1回ずつ計2試行、非利手で追従させる。そして、鉄筆とターゲットの接触回数を1/2秒毎に算出し、60秒間の平均接触回数を1実験のパフォーマンス成績とした。実験後、パフォーマンス時の心理的状態を知るため、刺激の受けとめ方(気になった程度)を5段階尺度で測定した。

実験計画：3要因の混合計画法(被験者間2要因、被験者内1要因)を用いた(図1)

刺激の与え方：各被験者共1実験に2試行(パフォーマンス)を3回(第1、2、3実験)繰り返した。そして第2、第3実験の直前に実験者が、できるだけ同じ条件で刺激を与えるように注意しながら、刺激となる表3の指示語を与えた。

実験順序：実験順序は表3の通りである。

表1 被験者の班分け

刺激のグループ	結果の非難的 フィードバック刺激			結果の賞賛的 フィードバック刺激		
不安傾向	低	中	高	低	中	高
被験者数	16	16	3	7	5	3

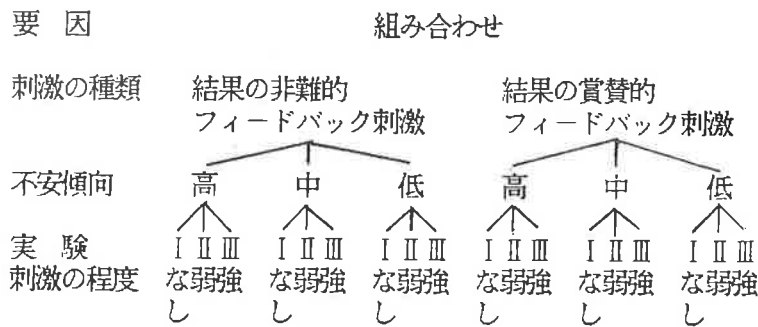
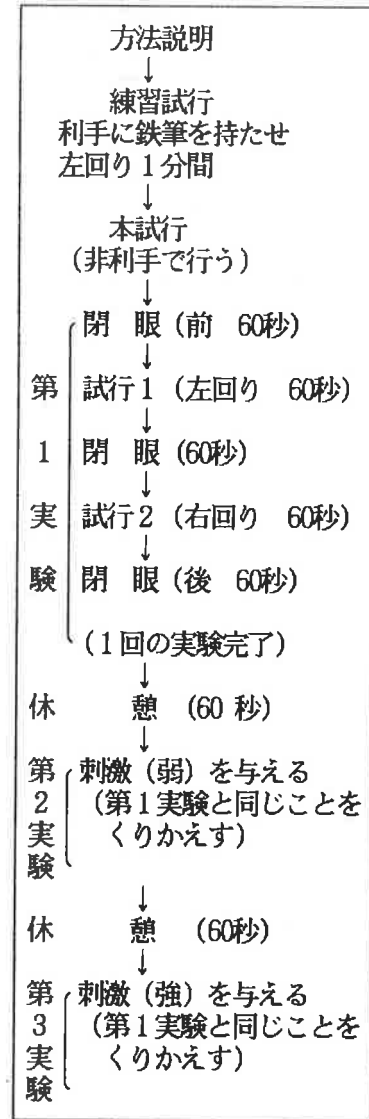


図1 要因の組み合わせ

表2 刺激となる指示語とその与え方

	非難的刺激を与える群	賞賛的刺激を与える群
第2 実験の 直前	今の成績は他の人に比べて悪かったです。次は頑張ってください。	今の成績は他の人に比べて良かったですよ。次も頑張ってください。
第3 実験の 直前	2回目の成績は2回目にしては全体の平均よりも随分悪かったので3回目はもっともっと頑張ってください。	2回目の成績は2回目の平均値よりも大変良かったです。3回目もその調子でさらに頑張ってください。

表3 実験順序



結 果

I 異なる二つの性質の刺激がパフォーマンスに与える影響と不安傾向との関係

1 全体的傾向

表4に、不安傾向（低・中・高）をA要因、刺激の種類（非難的刺激・賞賛的刺激）をB要因、刺激の強さ（刺激なし、刺激弱、刺激強）をC要因とする3要因の分散分析（3要因のうちC要因が繰り返し要因）を行った結果を示す。

表4から、C要因（刺激の程度）に有意差が認められた。また、有意差は認められないが、Aの主効果（ $p=0.161$ ）、AとB（ $p=0.271$ ）およびAとCの交互作用（ $p=.196$ ）は被験者数を増やせば何らかの傾向がみられるのではないかと思われる。

表4 不安傾向（A要因）と刺激の種類（B要因）、刺激の強さ（C要因）における回転盤追従動作のパフォーマンス成績の3要因分散分析

Source	SS	df	MS	F	P
A	1510.081	2	755.040	1.847	0.161 ns
B	86.383	1	86.383	0.211	0.652 ns
A*B	1078.960	2	539.480	1.320	0.271 ns
Er(ab)	38425.980	94	408.787		
C	8588.171	2	4294.085	49.904	0.000 **
A*C	524.394	4	131.098	1.524	0.196 ns
B*C	103.137	2	51.569	0.599	0.555 ns
A*B*C	179.789	4	43.447	0.505	0.735 ns
Er(abc)	16176.891	188	86.047		

2 刺激の種類や強さが各不安傾向に与える影響

1) 結果の非難的フィードバック刺激

図2から、非難的刺激によって低不安群は刺激なし→刺激弱→刺激強とすべて有意な成績の上昇がみられたのに対し、高不安群では、刺激弱→刺激強の間のみ有意差が認められた。

また、同等の刺激を与えた場合の低・高両不安群間の差はいずれも有意であったが、この差は刺激なしでも、すでに生じていた。

2) 結果の賞賛的フィードバック刺激

図3から、賞賛的刺激によって高不安群では、刺激なし→刺激弱の間で（但し $p<.10$ ）、低不安群では刺激弱→刺激強で有意な成績の上昇がみられた。

3 高・低不安傾向群別の刺激の種類別・強さ別にみたパフォーマンスの結果

1) 低不安群

図4から、低不安群の賞賛的弱刺激を与えられた場合を除き、非難・賞賛両刺激に対して、成績は全て上昇した。そして非難・賞賛的刺激間では、刺激なしと刺激弱の場合に有意差があり、刺激強では有意差が認められない。

2) 高不安群

図5から、高不安群では、弱い賞賛的刺激を与えた時は大きく上昇しているが（ $p<.10$ ）、弱い非難的刺激を与えた時の成績の上昇には、有意差がみられなかった。したがって、刺激なしの時には2群間に差はほとんどなかったが、弱刺激の時、賞賛的刺激と非難的刺激間には $p<.10$ 程度の差がみられる。

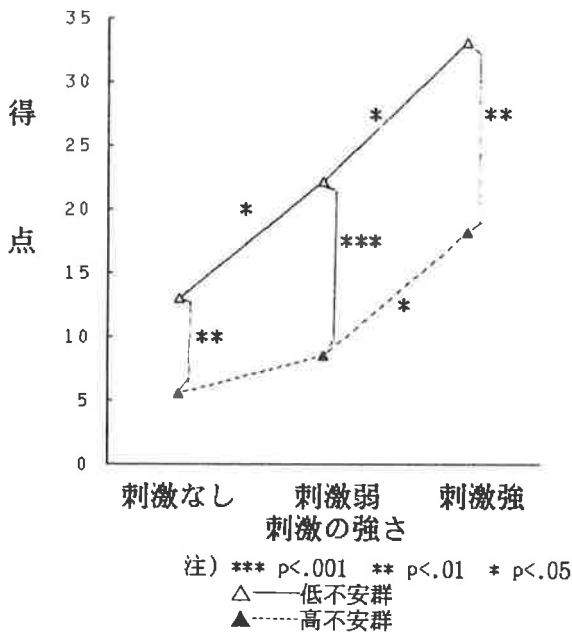


図2 回転盤追従動作における非難的刺激の各不安群への影響

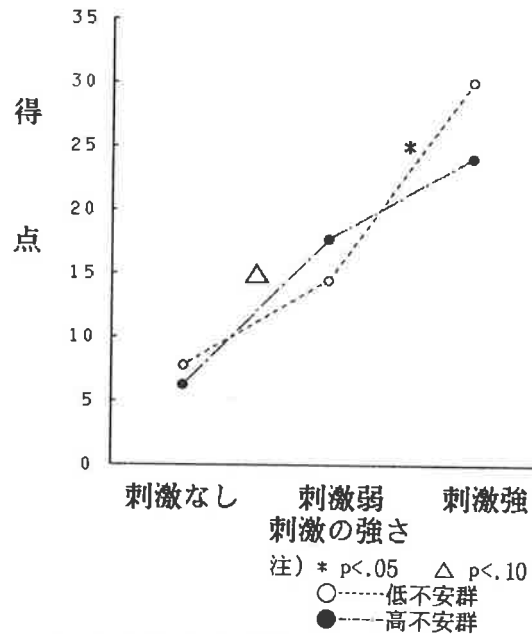


図3 回転盤追従動作における賞賛的刺激の各不安群への影響

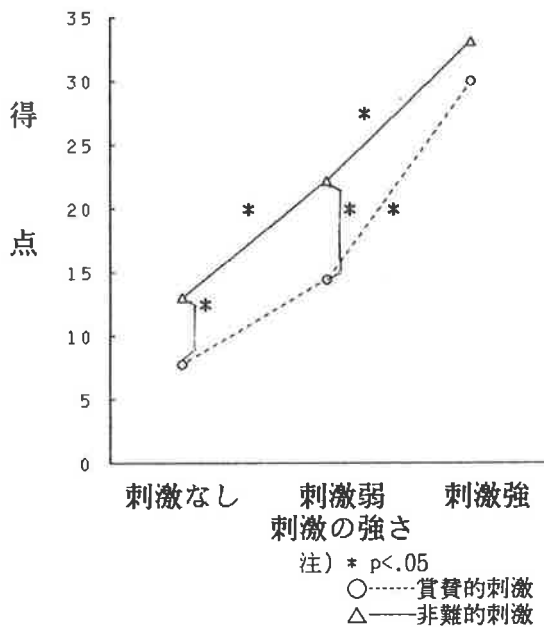


図4 回転盤追従動作における低不安群の刺激によるパフォーマンスの変化

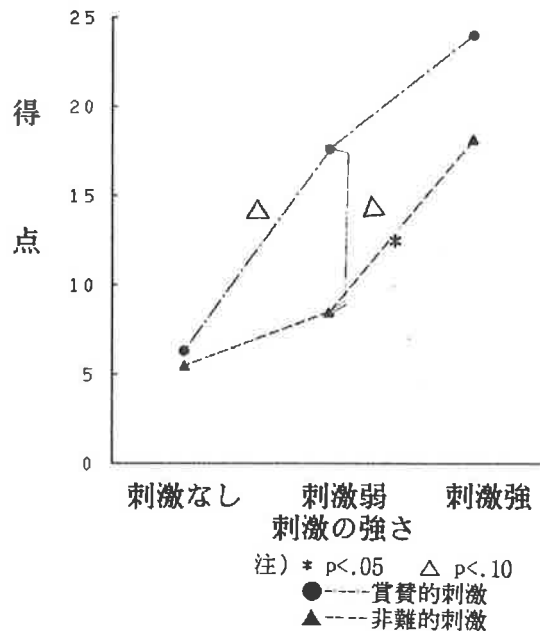


図5 回転盤追従動作における高不安群の刺激によるパフォーマンスの変化

4 増減率でみた異なる二つの性質（賞賛・非難）の刺激が各パフォーマンスに与える影響

実測値では、最初の段階（刺激なし）でのパフォーマンスの値が異なるため、その後の比較がしにくい。そこで第1実験（刺激なし）の実測値を1として、第2、3実験との差の比（以下、増減率と呼ぶ）を算出し、これをもとに比較・検討する。

図6から、全般的に刺激を与えることでパフォーマンス増減率は上昇している。また、弱い非難的刺激を与えた時は、低不安群の方が高不安群より増減率が高く、弱い賞賛的刺激を与えた時は、反対に高不安群の方が低不安群より増減率が高くなる傾向がうかがえる。これは、実測値でもみられた傾向である。こうしたことから、弱い刺激を与えた時には、仮説1、2を肯定するような一定の傾向がうかがわれる。

II 与えられた刺激の受けとめ方について

刺激を与えた際、被験者が実際にはどの程度の強さの刺激として受けとめたかということをも5段階尺度で数値化した受けとめ度を、条件毎に示したのが図7、表5である。

刺激の受けとめ方をみると、高・低両不安群の非難・賞賛の両刺激群共、刺激なしから刺激弱にかけて刺激による心理的ストレスの効果が認められる。特に高不安群の賞賛的刺激の上昇率が著しい。しかし刺激弱から刺激強にかけては4群共ストレス効果は認められず、低不安群では、反対に低下傾向さえうかがわれる（但し非難的刺激のみ有意差あり）。また、同じ賞賛的刺激を与えた時、高不安群の方が低不安群より受けとめ度が高い（但し $p < .10$ ）。

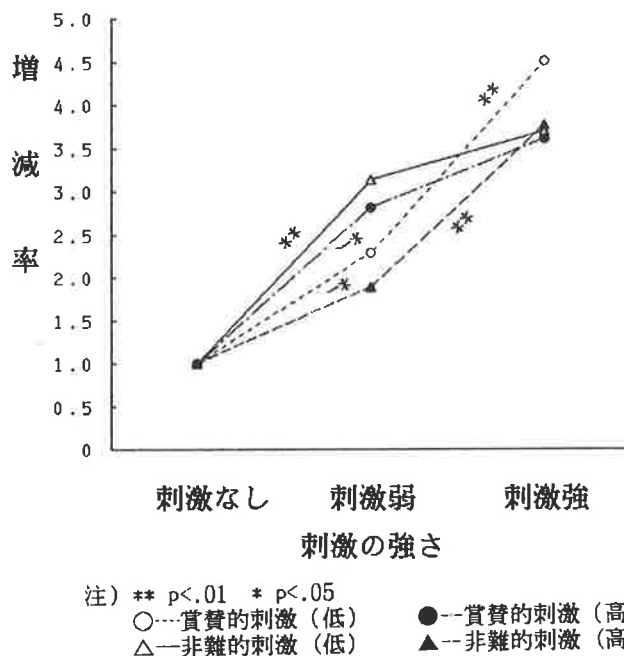
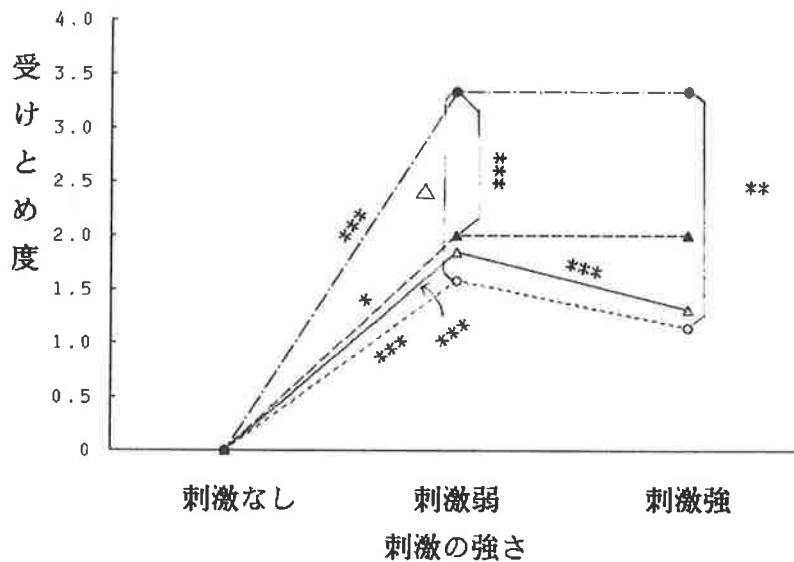


図6 回転盤追従動作における高・低各不安群の刺激によるパフォーマンスの増減率

表5 回転盤追従動作における刺激の受けとめ度の平均とSDとt検定
(刺激の種類による受けとめ度の差の検定)

		平均	SD	t検定
低不安群	なし	0.00	0.000	
	非難 賞賛	0.00 0.00	0.000 0.000	
	弱	非難 賞賛	1.844 1.571	1.3225 0.5136
強	非難 賞賛	1.313 1.143	1.2297 1.0271	t=0.48 p=0.632
高不安群	なし	0.000	0.000	
	非難 賞賛	0.000 0.000	0.000 0.000	
	弱	非難 賞賛	2.000 3.333	1.5492 0.5164
強	非難 賞賛	2.000 3.333	1.5492 1.0328	t=1.75 p=0.113



注) *** p<.001 * p<.05 Δ p<.10
○---賞賛的刺激(低) ●---賞賛的刺激(高)
△---非難的刺激(低) ▲---非難的刺激(高)

図7 刺激の種類別・程度別にみた各不安群の刺激の受けとめ方

考 察

本研究の目的は、異なる性質と程度の刺激を与えた場合のパフォーマンス成績の変化から、不安傾向とパフォーマンスと最適な動機づけとしてのストレスの程度との関係を検討することで、具体的には二つの仮説を検証することである。しかし実験後の結果（表5、図7）から、実験条件としたストレス刺激が、被験者には必ずしも実験条件通りには受けとられていないことがわかった。この点を考慮しながら考察する。まず、被験者の刺激の受けとめ方は、表5、図7からわかるように、

刺激なし<刺激弱≒刺激強（但し低不安群の非難的刺激群は低下）

という結果になった。したがって、実験条件に適合している刺激なしから刺激弱へのパフォーマンスの変化を中心に検討する。

図5、6から、高不安群の刺激なしから刺激弱へのパフォーマンスの変化をみると、賞賛的刺激群の方が非難的刺激群より高いパフォーマンスを得ていることがわかる。また、表5、図7から、高不安群では非難的刺激よりも賞賛的刺激の方が受けとめ度が高かった。したがって受けとめ度の高さすなわち心理的ストレスの程度が、パフォーマンスと密接に関係すると考えられる。そして受けとめ度は、刺激の強さと共に不安傾向の高さに影響されると考えられる。したがって、高不安群の場合、本実験における弱い刺激では、賞賛的フィードバック刺激の方が非難的フィードバック刺激より、より適当な動機づけ水準に高めることができたと考えられる。

一方、図4から、低不安群では刺激なしから刺激弱への変化において、非難的刺激を与えた時にはパフォーマンスは有意に上昇したのに対し、賞賛的刺激を与えた場合には有意な上昇を示さなかった。図6のパフォーマンスの増減率でも、弱刺激では、非難的刺激の方が賞賛的刺激より高い傾向がうかがえる。

表5、図7から刺激の受けとめ度は、低不安群は高不安群より概して低い傾向にあり、特に低不安群では賞賛的刺激が高不安群のそれより非常に低い。反対に高不安群は低不安群より受けとめ度は概して高く、しかも非難的刺激より賞賛的刺激の受けとめ度が高い傾向がある。そして、不安傾向が低い場合には、強い刺激を与えないと動機づけ水準が高まらないので、低不安群にはより強いストレス刺激と考えられる非難的刺激を与える方が、賞賛的刺激を与えるより、高いパフォーマンスが得られることになると考えられる。反対に、高不安群には賞賛的刺激を与える方がより高いパフォーマンスを得られると考えられる。

一般的に動機づけの方法としては、非難より賞賛のほうが有効とされているが、本実験の結果からは、それは不安傾向などの性格の違いによっても変わってくると考えられる。

さて、以上のように考えた場合、図6や図7から、刺激弱から刺激強への受けとめ方があまり変化しない（低不安群はむしろやや低下している）のにパフォーマンスが高くなった理由は何であろうか。ストレス刺激の実験条件が失敗しているため、この実験から結論を出すことはできないが、今のところ、練習効果が関与していることが考えられる。しかし、それ以外にどのような要因がどのように関係しているかは明らかでない。

したがって、今後ストレス刺激量の調整やパフォーマンスの練習効果の影響の除外が課題として残されている。

結 論

回転盤追従動作を用いて、不安傾向とパフォーマンスへの適切な動機づけのための心理的ストレスとの関係についての仮説を実験的に検討した結果、次の結論を得た。

1 不安傾向の高い人には、結果の賞賛的フィードバック刺激を与える方が、結果の非難的フィードバック刺激を与えるより、より高いパフォーマンスが得られる。

2 不安傾向の低い人には、結果の非難的フィードバック刺激を与える方が、結果の賞賛的フィードバック刺激を与えるより、より高いパフォーマンスが得られると考えられる。

3 不安傾向と心理的ストレス刺激（性質と強さ）とパフォーマンスとの間には密接な関係がある。すなわち、不安傾向は刺激から受ける心理的ストレスの程度に影響し、心理的ストレスの程度はパフォーマンスに影響すると考えられる。

II 運動パフォーマンスと優勢脳波との関係についての検討

1 意識の集中時における優勢脳波測定の方法的検討

— 視覚刺激・聴覚刺激による優勢脳波の出現率を中心に —

2 運動及び精神的パフォーマンス時における優勢脳波の検討

— 回転盤追従動作と短期記憶を中心に —

3 パフォーマンスによる脳波出現の差異

— 大筋運動による影響を中心に —

4 運動パフォーマンスと優勢脳波について

— 回転盤追従動作から —

5 心理的パフォーマンス時における脳波の検討

— 特に β 波と α 波を中心に —

6 射撃における生理心理状態の検討

意識の集中時における優勢脳波測定的方法的検討

— 視覚刺激・聴覚刺激による優勢脳波の出現率を中心に —

丹羽 劭昭 藤谷 晶子

目 的

意識集中時における優勢脳波測定的方法的検討を行うため、閉眼時と開眼時における意識の集中時・不完全集中時・安静時の優勢脳波の出現率を分析し、次の仮説を検討する。

仮 説

1. 閉眼時と開眼時では、優勢脳波の出現状態が異なる。
2. 与えられる刺激の種類（視覚と聴覚）によって意識集中時の優勢脳波の出現状態が異なる。
3. 意識の集中時、不完全意識集中時、安静時では優勢脳波の出現状態が異なる。
4. 閉眼時の意識集中時は、優勢脳波 α_2 波の出現率が高い。
5. 閉眼時の優勢脳波 α_2 波の出現率には個人差があるが、優勢脳波 α_2 波の高い者は意識集中度が高く、従ってパフォーマンス（短期記憶・注意集中）成績も高くなる。

方 法

対象：18～26歳の女子大学生16名（ARTIFACT 出現率50%以下の者）

実験期日：1992年8月25日～9月20日（所要時間 1人90分）

環境条件：室温20℃～25℃、湿度50%～70%

測定項目：本研究は、実験Ⅰ～Ⅲで意識集中時、実験Ⅳで意識集中時以外の優勢脳波出現状態を検討する。

実験Ⅰ — 聴覚刺激に反応するパフォーマンス（注意の集中）を行わせ、その成績（得点）と優勢脳波の出現状態を測定する。刺激は、前方約1mのテープレコーダーから、肉声で録音された1～9までのランダムな数字が与えられ、その中特定の2種の数字が出たら、スイッチを押す。数字の呈示速度は3種である。なお、聴覚刺激による注意集中を以下、聴覚注意集中と略称する。

実験Ⅱ — 視覚刺激（注意力計）に反応するパフォーマンスを行わせ、その成績（得点）と優勢脳波の出現状態を測定する。注意力計は実験Ⅰの内容と同様の仕組みで注意の集中の程度を測定する。以下、これを視覚注意集中と略称する。実験ⅠとⅡは刺激の種類が聴覚と視覚の違いのみで同じ課題と条件である。

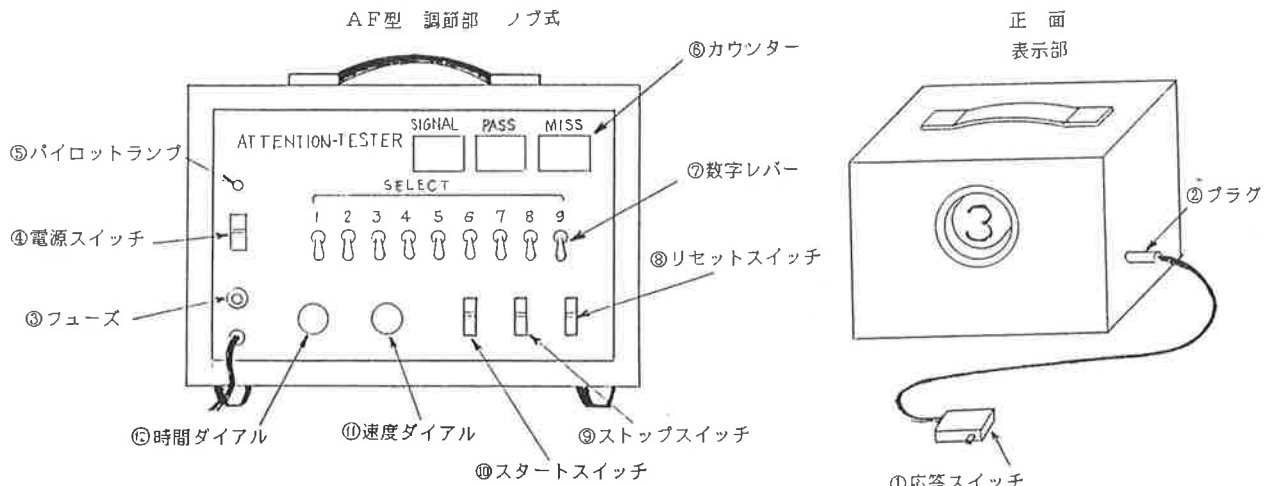
実験Ⅲ — 一定時間で短期記憶を行わせ、その成績（得点）と優勢脳波の出現状態を測定する。

- 実験Ⅳ — ①暗室で開眼での安静（以下、暗室開眼安静と略称する）
②明室で水平方向の前方の注視（以下、明室前方注視と略称する）
③明室で前方約45度の下方視（以下、明室下方視と略称する）
④閉眼での安静（以下、閉眼安静と略称する）

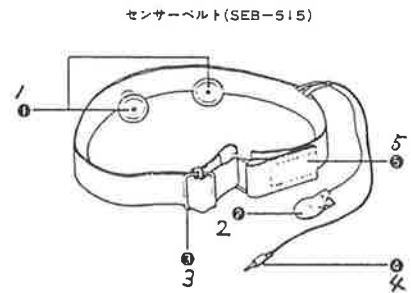
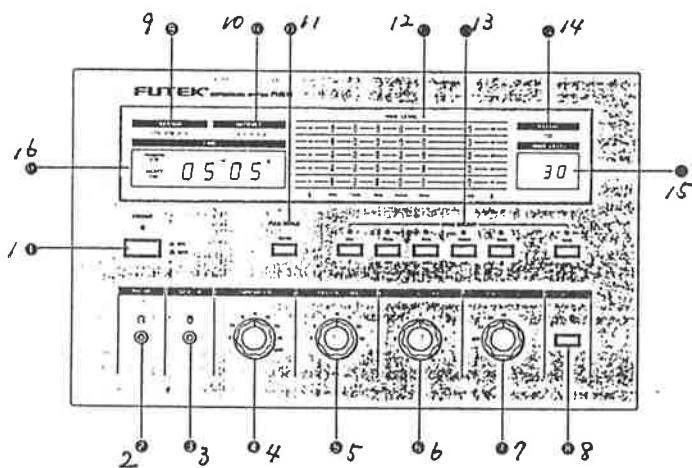
を行わせ、その時の優勢脳波の出現状態を検討する。

測定方法：測定機器は図1に示されたものである。

〔脳波〕 FM515SとFM515SSを接続して用いる。脳波は、センサーベルトにより2個の電極を前額の左（Fp₁、アース）と右（Fp₂、探査電極）に、クリップ電極を左耳たぶ（A₁、基準電極）に装着して、前額（前頭葉）から導出される2秒毎の優勢脳波（平均振幅の最も大きい周波数成分）を測定する。本研究で用いるFM515S・SSでは、脳波信号を増幅して、4.6 Hz、5.



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) スレッショルドつまみ
 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)

図1 測定機器

6 Hz, 6.8 Hz, 8.2 Hz, 10.0Hz, 12.0Hz, 14.7Hz, 18.0Hz, 21.5Hz, 25.0Hz, (2.5 Hz, 70~1K HzはARTIFACT) を中心周波数とする10個のバンドパスフィルター (BPF) に通し, その出力を $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 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AD変換するがAD変換の速さは20msである. その後, 周波数成分の振幅をフルスケールの1/256(計算の便宜のため, それを1/200に修正) に分割して判別し, 2秒毎に平均して脳波電圧をデジタル信号(パルス数のデータ)として出力している. つまり2秒毎に100個の値(但し, 1個の値の誤差はフルスケールの1/200)の平均値を出力していることになる.

脳波の測度としては, μV 積分値より優勢脳波指数(α 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橋本の研究¹⁾から, 本研究でも優勢脳波指数, つまり一定時間内における各優勢脳波出現時間の比率を用いることにする. そして優勢脳波は515Sと515SSの両方を用いて θ_1 波(中心周波数4.6 Hz), θ_2 波(中心周波数5.6 Hz), α_1 波(中心周波数8.2 Hz), α_2 波(中心周波数10.0 Hz), α_3 波(中心周波数12.0 Hz), β_1 波(中心周波数14.7 Hz), β_2 波(中心周波数18.0 Hz), ARTIFACTを測定する.

〔実験I, II〕 実験I・IIは, 図2の順序で行う. ランダムに呈示された1~9までの数字の中, 特定の2種の数字が出た時のみ, できるだけ早く, 利き手で持ったスイッチを押す. パフォーマンス(注意集中)成績(得点)は以下のように算出する.

$$\text{得点} = \frac{\text{signal数} - (\text{pass} + \text{miss})}{\text{signal数}} \times 100$$

数字の呈示速度は, 1.0 Hz, 1.5Hz, 2.0Hzの3種, 各試行時間は30秒. 実験順序は実験I, IIの順である.

実験 I		実験 II	
テープによる実験の概略説明 (1分)		テープによる実験の概略説明 (1分)	
試行前閉眼 (3分)		試行前閉眼 (3分)	
試行 (1.0 Hz) (30 秒)		試行 (1.0 Hz) (30 秒)	
休憩 (1分)		休憩 (1分)	
試行 (1.5 Hz) (30 秒)		試行 (1.5 Hz) (30 秒)	
休憩 (1分)		休憩 (1分)	
試行 (2.0 Hz) (30 秒)		試行 (2.0 Hz) (30 秒)	

図2 実験I・IIの順序

〔実験III〕 短期記憶の課題は, ランダムに並べられた0から9までの数字を, 聴覚刺激として実験Iと同じ位置に設置したテープレコーダーから, 1秒間に1数字(大熊, 1989)の速さで呈示し, その後1分間の記憶時間を与える(いずれも閉眼). その後, 15秒間で筆記による回答を行わせる.

課題は, 7試行を1セットとし, 2セット行う(以下, 1セット目を短期記憶I, 2セット目を短期記憶IIとする).

暗記する数字の呈示数は, 1試行目は1桁, 2試行目は3桁, 以後同様に1試行毎に2桁ずつ増やしていく. そして7試行目は13桁となる.

短期記憶Iは, 呈示された暗記課題を完全に同

1回目の回答欄		2回目の回答欄	
暗記した内容		暗記した内容	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	

図3 短期記憶用回答用紙

じかたちで再生できる場合のみ, 次の課題に進み, 完全な形で再生できなくなった時点で再生行為を停止させる. そして完全に再生できる場合のみ筆記による回答を行わせ, 完全回答は100点, それ以外は0点とする.

短期記憶IIは, 問題呈示後1分間は, 呈示された暗記課題の再生の完全, 不完全にかかわら

実験 III

短期記憶 I		短期記憶 II	
テープによる実験の概略説明 (1分)		テープによる実験の概略説明 (1分)	
試行前閉眼 (3分)		試行前閉眼 (3分)	
試行 1	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (1ケタ) (1秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒) 	試行 1	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (1ケタ) (1秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒)
試行 2	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (3ケタ) (3秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒) 	試行 2	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (3ケタ) (3秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒)
試行 3	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (5ケタ) (5秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒) 	試行 3	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (5ケタ) (5秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒)
試行 4	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (7ケタ) (7秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒) 	試行 4	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (7ケタ) (7秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒)
試行 5	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (9ケタ) (9秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒) 	試行 5	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (9ケタ) (9秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒)
試行 6	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (11ケタ) (11秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒) 	試行 6	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (11ケタ) (11秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒)
試行 7	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (13ケタ) (13秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒) 	試行 7	<ul style="list-style-type: none"> 暗記課題呈示 (13ケタ) (13秒) 暗記課題再生 (1分) 筆記による回答 (15秒)

図4 実験IIIの順序

ずできるだけ多く覚えさせ、問題呈示終了後から1分後に脳裏に残るものすべてを筆記によって回答させる(図3参照)。短期記憶IIの成績は、何桁目が何の数字であるかという部分的な正答を認め、部分的正答数を問題呈示桁数で割った値に100を乗じた値を得点とする。すなわち、

$$\text{短期記憶IIの得点} = \text{部分的正答数} / \text{問題呈示桁数} \times 100$$

短期記憶I, IIは、各700点満点とする。実験IIIは図4の順序で行う。

〔実験IV〕実験IVは、図5の順序で行う。

暗室開眼安静時、明室前方注視(前方の消電した注意力計の直径15cmの黒い円を注視する)、明室下方注視(下方の机上の一遍5cmの黒色の×印をみている)について各30秒間、閉眼安静時3分間の優勢脳波を測定する。

実験I~IVは全て椅座位でIからIVへの順序で行う。

実験 IV

テープによる実験の概略説明	(1分)
暗室開眼安静	(30秒)
休憩	(1分)
明室前方注視	(30秒)
休憩	(1分)
明室下方注視	(30秒)
休憩	(1分)
閉眼安静	(3分)

図5 実験IVの順序

結果と考察

I 閉眼時・開眼時における優勢脳波 α_2 波, β_2 波の比較

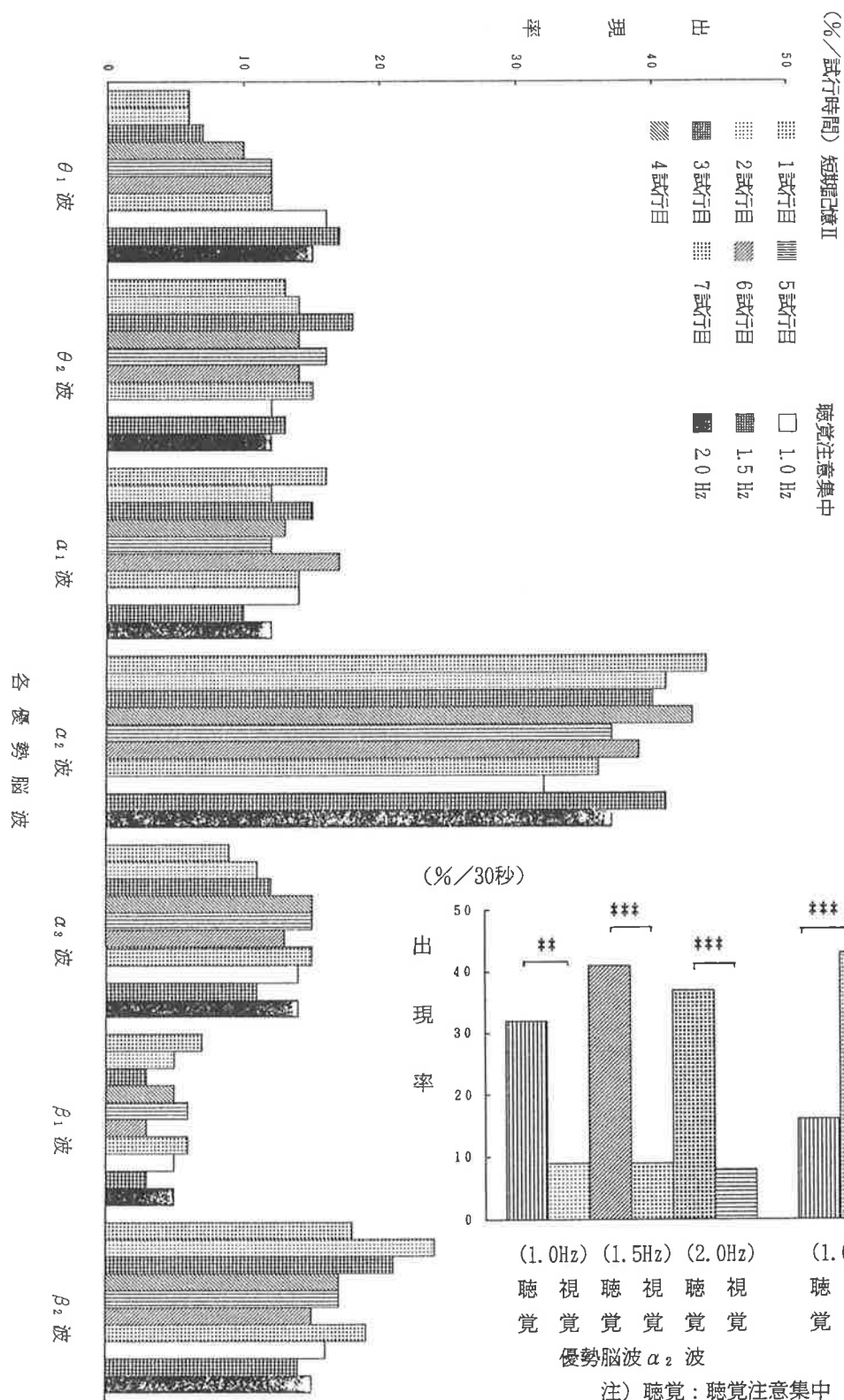


図7 短期記憶Ⅱ時と聴覚注意集中時の優勢脳波出現状態

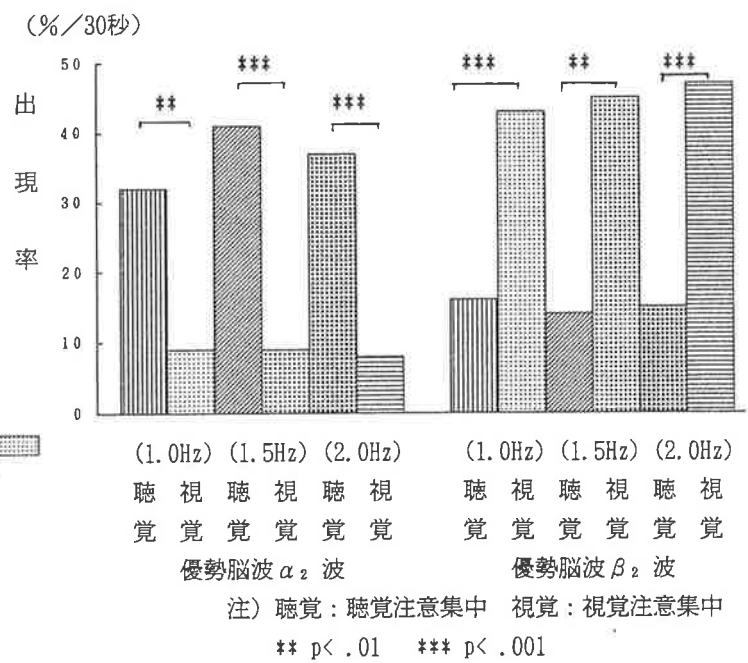


図6 聴覚注意集中時と視覚注意集中時の優勢脳波 α_2 波と β_2 波の出現状態

1 刺激の種類（聴覚刺激，視覚刺激）の異なる同じ課題（注意集中）による意識集中時の検討

図6から，閉眼意識集中時である聴覚注意集中時には，優勢脳波 α_2 波の出現率が高く，開眼意識集中時である視覚注意集中時には優勢脳波 β_2 波の出現率が高い。

2 意識集中時における閉眼時（短期記憶・聴覚注意集中）と開眼時（視覚注意集中）の検討

図7から，各優勢脳波出現状態は，短期記憶Ⅱ時と聴覚注意集中時とは似ており， α_2 波， β_2 波の出現率もこの二つの条件においては同程度であると思われる。

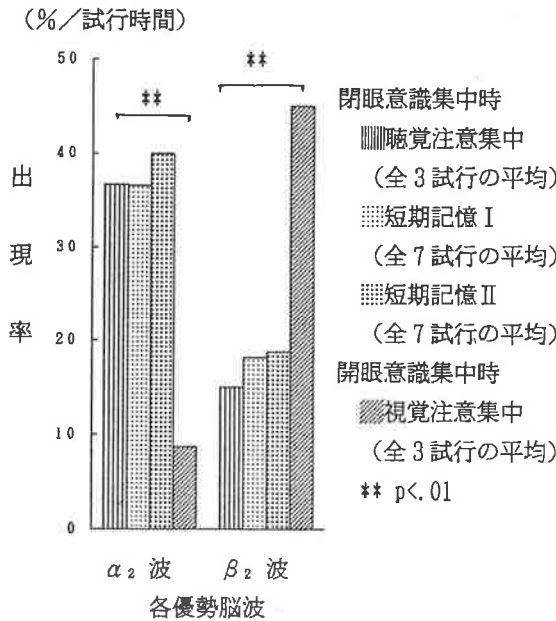


図8 閉眼意識集中時と開眼意識集中時の優勢脳波 α_2 波と β_2 波の出現状態

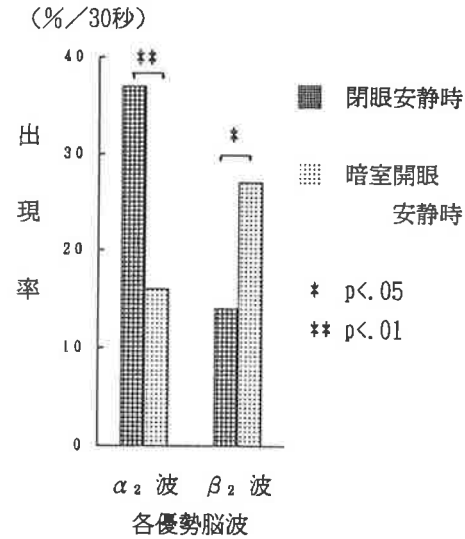


図9 閉眼安静時と暗室開眼安静時の優勢脳波 α_2 波と β_2 波の出現状態

図8から開眼視覚刺激による意識集中時は，閉眼（聴覚刺激）での意識集中時より，優勢脳波 β_2 波が高いが，優勢脳波 α_2 波は閉眼時の意識集中時に高い。

3 安静時における閉眼時と開眼時の検討

図9から，安静時における優勢脳波 α_2 波の出現率も開眼時より閉眼時の方が有意に高く，優勢脳波 β_2 波は閉眼時より開眼時が有意に高い。

4 まとめ

安静時でも意識集中時でも優勢脳波 α_2 波は閉眼時に出現率が高く，優勢脳波 β_2 波は開眼時に出現率が高い。

II 閉眼時における優勢脳波 α_2 波について

1 閉眼安静時と閉眼意識集中時（聴覚注意集中・短期記憶）における優勢脳波 α_2 波の出現率の検討

閉眼安静時の優勢脳波 α_2 波の出現率の全体平均（37%）を基準値として，安静時の優勢脳波 α_2 波が37%以上の被験者群を安静時優勢脳波 α_2 波高出現率群とし，37%未満を安静時優勢脳波 α_2 波低出現率群とする。表1は両出現率群の意識集中時（短期記憶Ⅰ，Ⅱ，聴覚注意集中）の優勢脳波 α_2 波を示している。表1から，安静時優勢脳波 α_2 波高出現率群は試行時においても優勢脳波 α_2 波の高出現率群となることがわかる。

2 パフォーマンス成績から判断する閉眼意識集中（聴覚注意集中・短期記憶Ⅰ・Ⅱ）の程度と優勢脳波 α_2 波の出現率の検討

聴覚注意集中による意識集中時は「指定された数字が呈示された時のみ，できるだけ速くス

表1 閉眼安静時の優勢脳波 α_2 波の出現率の高低と閉眼意識集中時（短期記憶 I, II・聴覚注意集中）の優勢脳波 α_2 波の出現率の高低の関係

（短期記憶 I）

試行（暗記課題の桁数）	1 (1)		2 (3)		3 (5)		4 (7)		5 (9)		6 (11)		7 (13)	
安静時の優勢脳波 α_2 波の出現率の高低によるグループ分け 高：安静時優勢脳波 α_2 波高出現率群(7人) 低：安静時優勢脳波 α_2 波低出現率群(9人)	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低
試行時の各群の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均（○：平均の高い方 単位：%/分）	46 ○	26	57 ○	25	57 ○	28	59 ○	20	47 ○	21	62 ○	23	65 ○	27
各群の試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均の差の検定：t検定の結果（p 値）	.052		.009 **		.012 *		.000 ***		.004 **		.000 ***		.001 ***	

（短期記憶 II）

試行（暗記課題のケタ数）	1 (1)		2 (3)		3 (5)		4 (7)		5 (9)		6 (11)		7 (13)	
安静時の優勢脳波 α_2 波の出現率の高低によるグループ分け 高：安静時優勢脳波 α_2 波高出現率群(7人) 低：安静時優勢脳波 α_2 波低出現率群(9人)	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低
試行時の各群の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均（○：平均の高い方 単位：%/分）	57 ○	28	54 ○	28	63 ○	27	53 ○	25	52 ○	28	54 ○	21	36 ○	22
各群の試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均の差の検定：t検定の結果（p 値）	.000 ***		.011 *		.043 *		.001 ***		.002 **		.006 **		.001 ***	

（聴覚注意集中）

試行（刺激の速さ Hz）	1. 0		1. 5		2. 0	
安静時の優勢脳波 α_2 波の出現率の高低によるグループ分け 高：安静時優勢脳波 α_2 波高出現率群(5人) 低：安静時優勢脳波 α_2 波低出現率群(11人)	高	低	高	低	高	低
試行時の各群の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均（○：平均の高い方 単位：%/30秒）	48 ○	19	66 ○	21	48 ○	27
各群の試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均の差の検定：t検定の結果（p 値）	.004 **		.001 ***		.031 *	

イッチを押す」という状態が続いており、パフォーマンス成績に関係なく試行時は意識集中を続けている状態と考えられる。短期記憶 II による意識集中時も「呈示課題を、再生の完全、不完全に関係なくできるだけ多く覚えて再生する」という状態が続いており、パフォーマンス成績に関係なく意識集中が続いていると考えられる。一方、短期記憶 I のよる意識集中時は「呈示課題を完全に同じ形で再生できない時は、再生行為を止める」ので、再生行為を止めている時は完全な意識集中時ではなく、いわば不完全な意識集中状態（以下、不完全意識集中時と略称する）であると考えられる。ちなみに不完全意識集中時における試行時のパフォーマンス成績は 0 である。このことから、パフォーマンス成績から意識集中の程度が推測でき、一応、意識集中群と不完全意識集中群とに分けることができる。こうした内容をふまえた上で図10、表2をみると、短期記憶 I においてのみ、パフォーマンス成績が高い群は、試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率が有意に高い。すなわち、短期記憶時の閉眼での意識集中時では、同じ課題に対するパフォーマンスの成績からみて意識集中の程度が高い時は、低い時より優勢脳波 α_2 波の

出現率が高いと考えられる。一方、同じ課題（聴覚注意集中、短期記憶Ⅱ）で意識集中の程度が同じであれば優勢脳波 α_2 波の出現率は成績のよしあしとは関係なく、大体同程度で出現する。

3 まとめ

閉眼時の優勢脳波 α_2 波の出現率には個人差があるが、優勢脳波 α_2 波の出現率の高い者は、意識集中の程度が高く、このことによってパフォーマンス成績（短期記憶量）も高くなると考えられる。

Ⅲ 開眼時における優勢脳波 β_2 波について

1 暗室開眼安静時、明室下方視時、明室前方注視時、意識集中時（視覚注意集中）の検討
開眼時の各状態における優勢脳波 β_2 波の出現率を図11に示す。

図11から、優勢脳波 β_2 波の出現率は開眼時に高いが、それぞれの状態によって異なることがわかる。すなわち暗室開眼安静時、明室下方視より、明室前方注視時や視覚注意集中時の方が優勢脳波 β_2 波の出現率が有意に高い。

明室前方注視時と視覚注意集中時の実験条件の違いは、前者は単に正面を「注視」するだけであるが、後者は「注視」した内容にさらに「反応」というものである。しかし、両者の優勢脳波 β_2 波出現率に有意な差がないことから、優勢脳波 β_2 波には、正面を注視することが大きく影響すると考えられる。

暗室開眼安静時と明室下方視時の実験内容の違いは、暗室と明室であり、共通している点は開眼であることと正面注視ではない点である。両者の優勢脳波 β_2 波の出現率が非常に似ていることから、正面注視でない場合は、暗室、明室の違いは優勢脳波 β_2 波の出現率に影響を及ぼさないと考えられる。

なお、閉眼安静時の優勢脳波 β_2 波の出現率は、開眼安静時と比較すると前述した（図9）ように明らかに小さいことから、「見る」行動と優勢脳波 β_2 波出現率との関係を図12のようにまとめることができる。

すなわち、見ようとしない状態の時最も小さく、見えない状態、眺める（見ている）状態、正面を注視する状態と次第に出現率が高くなり、見ようとする（見る）意識の強さに従って優勢脳波 β_2 波の出現率も高くなると考えられる。

2 まとめ

優勢脳波 β_2 波の出現率は、開眼し見ようとする（見る）意識が強いほど高くなる。

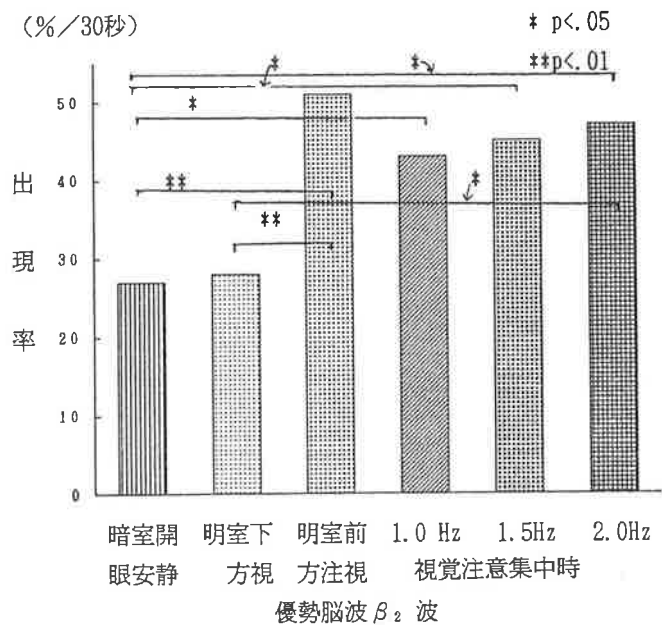


図11 開眼時における優勢脳波 β_2 波の出現状態

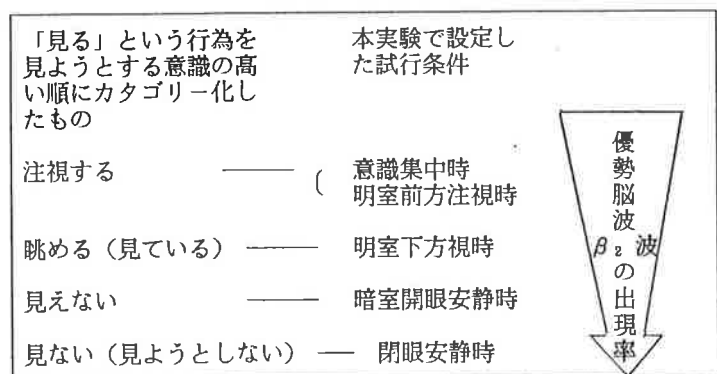


図12 「見る」という行為と優勢脳波 β_2 波の出現率の関係

表2 閉眼意識集中時（聴覚注意集中・短期記憶 I, II）のパフォーマンス成績の高低と優勢脳波 α_2 波の出現率の関係

（聴覚注意集中）

試行（速さ Hz）	1.0		1.5		2.0	
パフォーマンス成績によるグループ分け 高：平均点以上の高成績群 低：平均点以下の低成績群	平均点 77		平均点 28		平均点 16	
	高	低	高	低	高	低
各グループの試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率（○：平均の高い方 単位：%/30秒）	○ 33	29	37	○ 49	○ 45	30
各グループの試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均の差の検定(p 値)	.618		.511		.124	

注) 得点範囲：-100 ≤ 得点 ≤ 100

（短期記憶 I）

試行（暗記課題の桁数）	4（7）		5（9）	
パフォーマンス成績によるグループ分け 高：平均点以上の高成績群 低：平均点以下の低成績群	平均点 77		平均点 28	
	高	低	高	低
各グループの試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率（○：平均の高い方 単位：%/分）	○ 45	20	○ 37	21
各グループの試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均の差の検定(p 値)	.012 *		.034 *	

注) 試行 1～3 は全員 100/100 点, 試行 6, 7 は全員 0/100 点であり検定資料としては無効のため除外する（得点範囲：0 ≤ 得点 ≤ 100）

（短期記憶 II）

試行（暗記課題桁数）	4（7）		5（9）		6（11）		7（13）	
パフォーマンス成績によるグループ分け 高：平均点以上の高成績群 低：平均点以下の低成績群	平均点 79		平均点 69		平均点 11		平均点 13	
	高	低	高	低	高	低	高	低
各グループの試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率（○：平均の高い方 単位：%/分）	○ 42	41	37	37	○ 43	35	○ 45	43
各グループの試行時の優勢脳波 α_2 波の出現率の平均の差の検定(p 値)	.736		.993		.434		.646	

注) 試行 1～3 は全員 100/100 点であり検定資料としては無効のため除外する（得点範囲：0 ≤ 得点 ≤ 100）

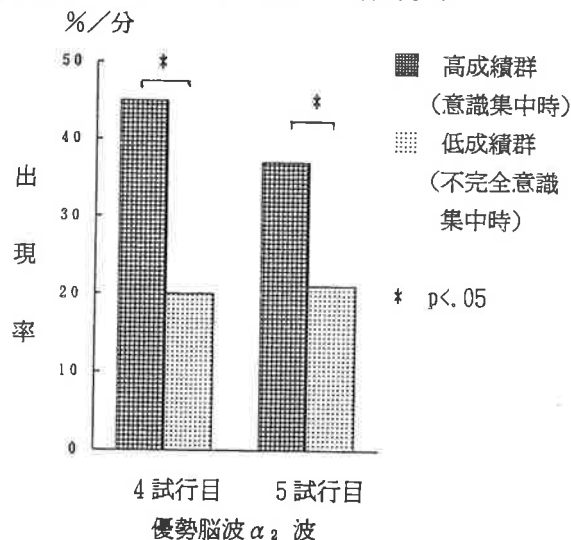


図10 短期記憶 I における意識集中時と不完全意識集中時の優勢脳波 α_2 波の出現状態

IV 閉眼時における優勢脳波 θ_1 波, θ_2 波, α_1 波について

1 安静時と意識集中時(短期記憶Ⅱ・聴覚注意集中)の検討

閉眼安静時と閉眼意識集中時(短期記憶Ⅱ)の各優勢脳波出現率を図13に示す。

図13から, 閉眼時の α_2 波の出現率は, 安静時も意識集中時も高いことがわかる。短期記憶Ⅱ(意識集中時)の試行時では, 安静時より優勢脳波 α_2 波及び θ_1 波の出現率が高くなる傾向がみられ, 逆に θ_2 波, α_1 波は安静時の方が高い傾向がみられる。

また, 図14に閉眼安静時と聴覚注意集中時(全3試行平均)の各優勢脳波出現率を示す。

図14から, 聴覚注意集中時では, 安静時より優勢脳波 θ_1 波の出現率が高く, 逆に θ_2 , α_1 波の出現率が低い傾向がみられる。

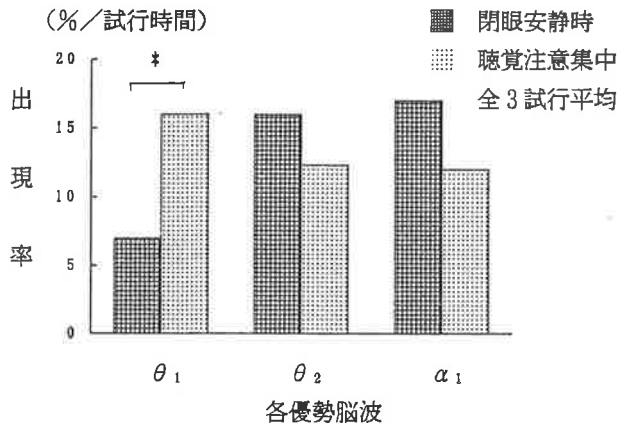


図14 閉眼での安静時と聴覚注意集中時の優勢脳波 θ_1 , θ_2 , α_1 波の出現状態

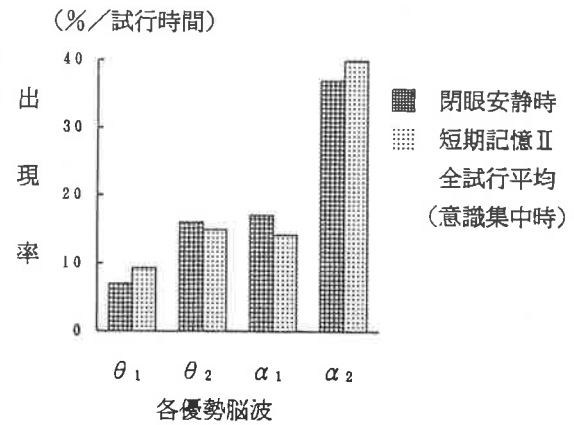


図13 閉眼での安静時と短期記憶Ⅱ時の優勢脳波 θ_1 , θ_2 , α_1 , α_2 波の出現状態

2 まとめ

安静時よりも意識集中時(短期記憶Ⅱ・聴覚注意集中)に優勢脳波 θ_1 波の出現率が高く, 優勢脳波 θ_2 波, α_1 波の出現率は低い傾向がみられる。

V 開眼時における優勢脳波 θ_2 波, α_1 波について

1 明室前方注視時・意識集中時(視覚注意集中)と明室下方視時の検討

図15から, 明室前方注視時と意識集中時(視覚注意集中)は, 明室下方視時より優勢脳波 β_2 波の出現率が高く, 逆に優勢脳波 θ_2 波, α_1 波の出現率は低い。

2 まとめ

開眼して見ようとする意識が高いほど優勢脳波 β_2 波の出現率が高いと前述したが, (結果のⅢ), 見ようとする意識が高いほど優勢脳波 θ_2 波, α_1 波の出現率は逆に低くなると思われる。

総括

本実験の結果から得られた各優勢脳波の出現状態についてまとめる。

1 優勢脳波 θ_1 波の出現率は, 閉眼時には安静時より意識集中時に高い。

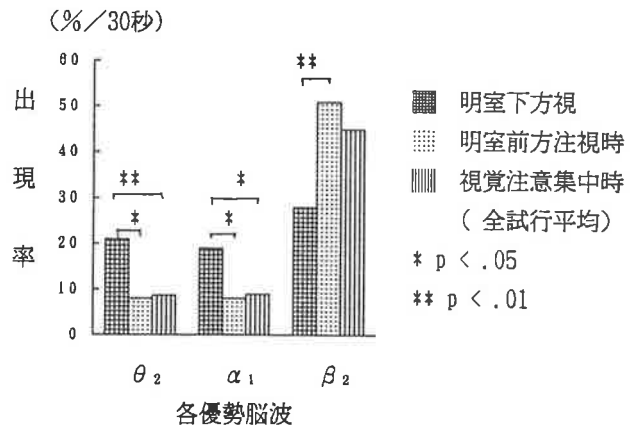


図15 明室下方視時, 明室前方注視時, 視覚注意集中時 優勢脳波 θ_2 , α_1 , β_2 波の出現状態

- 2 優勢脳波 θ_2 波と α_1 波の出現率は、閉眼時でも開眼時でも、意識を集中すると低くなる傾向がみられる。
- 3 優勢脳波 α_2 波の出現率は、閉眼時に高く、しかも閉眼時の意識集中の程度に影響される。また、閉眼安静時の優勢脳波 α_2 波の出現率が高いほど、試行時にもその出現率が高く、意識集中の程度が高くなり、このことによってパフォーマンス成績も高くなる。したがって優勢脳波 α_2 波の増強が、高パフォーマンスにつながると思われる。
- 4 優勢脳波 α_3 波と β_1 波の出現率は、本実験で設定した条件では顕著な差が認められなかった。
- 5 優勢脳波 β_2 波の出現率は、開眼時に高く、「見る」という行動（見ようとする意識）に影響されると思われる。すなわち、見ようとする意識が高いほど、優勢脳波 β_2 波の出現率が高くなる。

結 論

本研究では、聴覚刺激（注意集中・短期記憶）と視覚刺激（注意集中）を用い、閉眼時と開眼時の意識集中時・不完全意識集中時・安静時の脳波を測定し、前述の仮説と関連して次の結論を得た。

- 仮説 1 — 閉眼時と開眼時の優勢脳波の出現状態は異なる。
- 仮説 2 — 与えられる刺激の種類（閉眼時の聴覚刺激・開眼時の視覚刺激）によって意識集中時の優勢脳波の出現状態は異なる。
- 仮説 3 — 安静時と意識集中時、意識集中時と不完全意識集中時の優勢脳波の出現状態は異なる。
- 仮説 4 — 閉眼時の意識集中時は優勢脳波 α_2 波の出現率が高い。
- 仮説 5 — 閉眼時の優勢脳波 α_2 波の出現率には個人差があるが、出現率の高い者は意識集中の程度が高く、従ってパフォーマンス（短期記憶・注意集中）成績も高くなる。

文 献

- 1) 橋本圭子 (1991) アルファー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) : 東京, 180-186.
- 2) 大熊輝雄 (1989) 臨床脳波学(第3版). 医学書院: 東京, pp. 71-84.

運動及び精神的パフォーマンス時における優勢脳波の検討

— 回転盤追従動作と短期記憶を中心に —

○弘 志穂

丹羽 勁昭

(奈良女子大学大学院)

(奈良女子大学)

目 的

近年、スポーツ場面などにおける Peak Performance時やあがり時（過緊張時）の生理心理的状态に関して、また、集中力と関係して脳波の研究も盛んに行われている。例えば、 α 波について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共に出現することが指摘され、これらの矛盾を解明する為、丹羽らは α 波を θ 波に近い状態から β 波に近い状態まで、 α_1 波、 α_2 波、 α_3 波の3段階に分けて、パフォーマンスとの関係を検討した。その結果、高パフォーマンス者ほど α_2 波が出現しやすいことを示唆した。

そこで本研究では、これらの研究結果をもとに、更に、従来Artifactの出現などで測定困難であった試行時の脳波出現状態や、パフォーマンスの性質と脳波との関係について検討し、次の仮説を証明することを目的とする。（なお、本研究で扱う脳波とは、優勢脳波のことである）。

仮説1 試行時の優勢脳波の出現状況は、パフォーマンスの性質によって異なる。

2 高パフォーマンス時は、 α_2 波が優勢脳波として出現しやすい。

方 法

対象：大学生及び大学院生の女子（18才～24才）98名（最終的には回転盤追従動作78名、短期記憶75名）。

手続き：1989年7月15日から10月14日（室温26.0℃～32.0℃，湿度50.0%～70.0%）に運動パフォーマンスとして回転盤追従動作、精神的パフォーマンスとして短期記憶を選び、試行中及び試行前後の優勢脳波（前額から誘導した θ 波、 α_1 波、 α_2 波、 α_3 波、 β 波の中、最も優勢な脳波を2秒毎に導出）を、BIOFEEDBACK SYSTEM FM515（エフティー技研株式会社製）を用いて測定した。なお、図1にFM515の周波数特性を示す。

回転盤追従動作は、パーシュートローター（竹井機器工業株式会社製）を用い、回転盤の直径26cm、追従するターゲットの直径12mm、回転数24回/分の条件で、非利き手で追従させる。そして、鉄筆とターゲットの接触回数を1/2秒毎に算出し、60秒間を1試行（1回）として、計2試行（2回）行い、1試行あたりの平均接触回数をパフォーマンス成績とする。

短期記憶は清音2字音節の無連想価10-14の範囲の無意味綴りを1項目につき3秒間隔で10項目テープレコーダーで連続して呈示し、呈示終了後直ちに口頭で再生させることを2試行(2回)行い、正しく再生出来た個数を算出し、1試行あたりの平均再生成績をパフォーマンス成績とする。なお、呈示・再生共閉眼で行う。

安静時の値は実験終了後、閉眼椅座位状態を5分間測定した中の、最後の1分間の値とする。

実験順序：実験順序は図2の通りである。練習試行は、回転盤追従動作は利き手左回り1分間、短期記憶は無意味綴り6個による試行1回を行った。また、パフォーマンスの順序効果をなくす為、約半数の被験者(48人)についてはパフォーマンスの順序を変えて(短期記憶→回転盤追従動作)実験した。

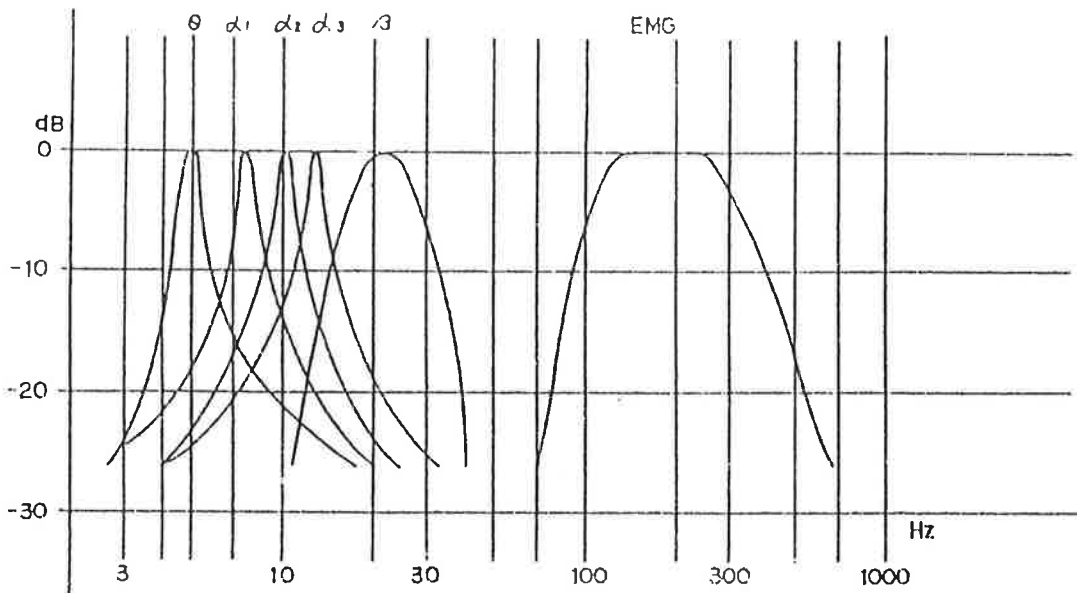


図1 FM515の周波数特性

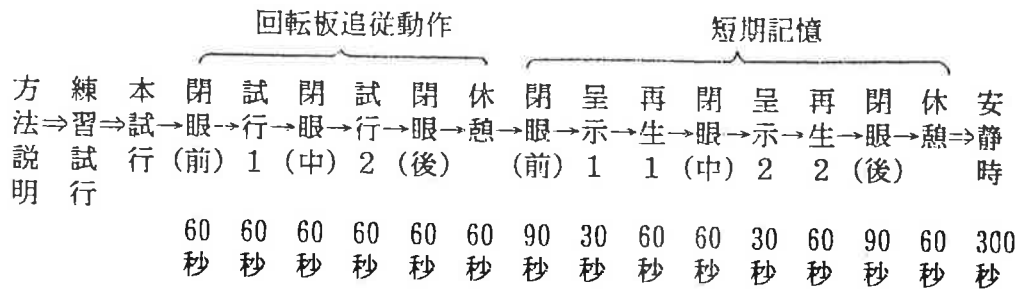


図2 実験順序

結 果

I 安静時と回転盤追従動作時及び短期記憶時における優勢脳波の出現状況

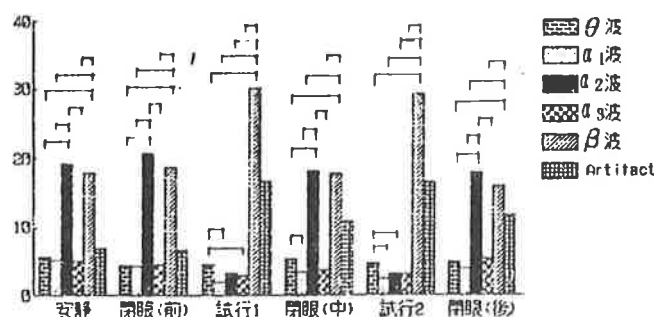
それぞれのパフォーマンスにおいて、測定した各場面（それぞれに安静時を追加する、したがって回転盤追従動作では6場面、短期記憶では8場面）の半数以上の場面にArtifactが50%以上出現した被験者を削除した結果、回転盤追従動作は78名、短期記憶は75名となり、それらの被験者について検討した。

図3から、安静時と試行直前直後においては優勢脳波 α_2 波と β 波の出現量が多い（いずれも有意差あり）。

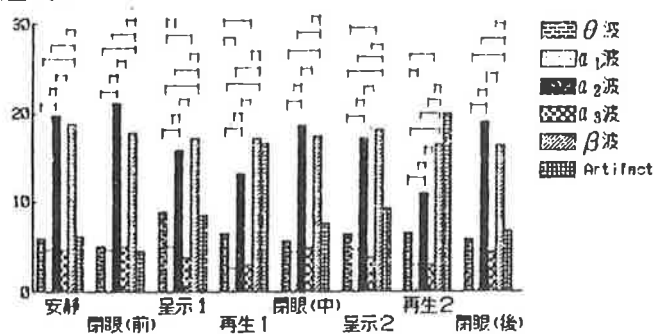
試行中は、回転盤追従動作では優勢脳波 β 波の出現量が最も多く、ついで θ 波である。短期記憶については呈示では β 波 \approx α_2 波 $>$ θ 波、再生では β 波 $>$ α_2 波 $>$ θ 波の傾向が見られる（いずれも有意差あり）。

したがって、両パフォーマンスとも、安静時及び試行直前直後は α_2 波と β 波の出現量が多い。試行時は β 波、 θ 波の出現量が多くなるが、短期記憶では α_2 波も多く出現している。試行時は、両パフォーマンス間の優勢脳波の出現状況は異なっていると考えられるが、この現象は、開眼時には α_2 波がとらえにくく、閉眼時にはとらえやすいという理由によるものかもしれない。したがって、仮説1（試行時の優勢脳波の出現状況は、パフォーマンスの性質によって異なる）は十分には検証出来なかったと考えるべきであろう。

回転盤追従動作



短期記憶



注) — は有意差 ($P < 0.05$ 以上)のあることを示す

図3 回転盤追従動作及び短期記憶の各場面（安静時を含む）における優勢脳波出現量の平均値

II パフォーマンス成績別にみた回転盤追従動作及び短期記憶の各場面における優勢脳波 α_2 波の出現状況の検討

回転盤追従動作、短期記憶のそれぞれのパフォーマンス成績によって人数を3等分し、成績の良い群を高パフォーマンス群、悪い群を低パフォーマンス群とした(表1)。ただし、同成績の人がおり、人数を正確には3等分出来なかった。以下、パフォーマンス群毎に、優勢脳波 α_2 波の出現状況を検討する。なお、両群の α_2 波の出現状況は基準となる安静時においてそれぞれ異なっているため、安静時を基準とした増減値(各場面の優勢脳波 α_2 波出現量-安静時の優勢脳波 α_2 波出現量)及び、増減率(各場面の優勢脳波 α_2 波出現量 \div 安静時の優勢脳波 α_2 波出現量)について検討し、それらの平均値を図4に示す。

図4から、回転盤追従動作では、試行直前直後の閉眼時、試行時ともに、高パフォーマンス群のほうが α_2 波の増減値、増減率が高い傾向がみられる(ただし一部で有意差なし)。短期記憶では、呈示1を除き、高パフォーマンス群のほうが α_2 波の増減値、増減率が高くなっている(閉眼(後)のみ有意差あり)。

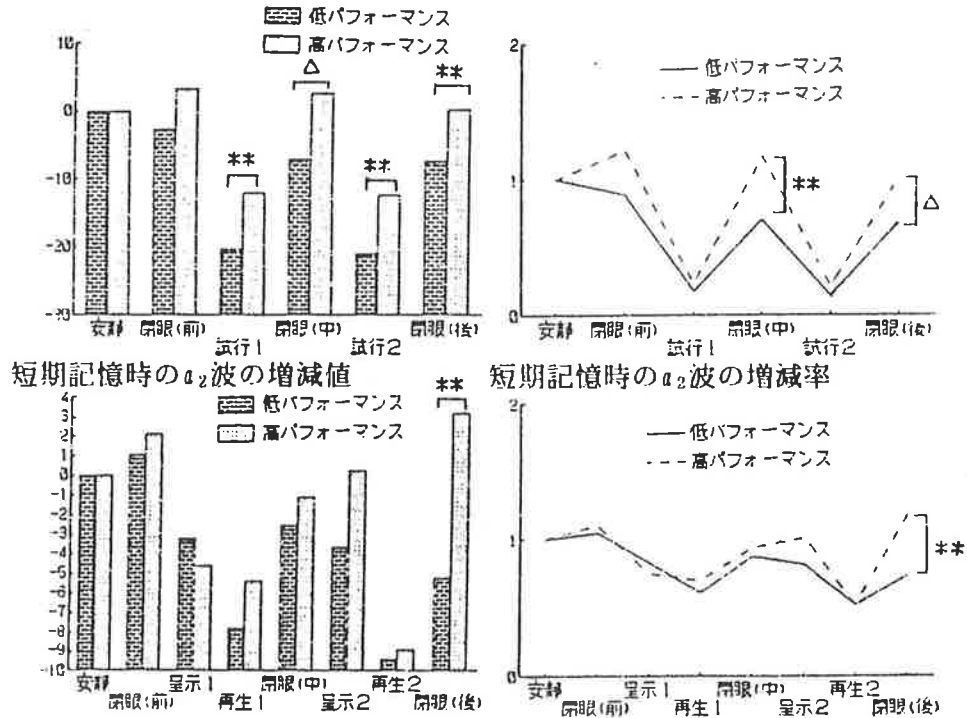
以上から、高パフォーマンス群ほど、優勢脳波 α_2 波が出現しやすい傾向が示唆される。また、高パフォーマンス群は低パフォーマンス群にくらべて意識が集中した状態で試行にいどんでいるのではないかと思われる。

なお、試行中に α_2 波が減少するのは、1でも述べたとうり β 波、Artifactが多く出現するからであると考えられる。

表1 群分け

パフォーマンス	パフォーマンス群	得点	人数
回転盤追従動作	高パフォーマンス群	9.5以上	25人
	中パフォーマンス群	6.5~9.0	25人
	低パフォーマンス群	0.0~6.0	28人
短期記憶	高パフォーマンス群	5.0以上	20人
	中パフォーマンス群	4.0~4.5	28人
	低パフォーマンス群	0.0~3.5	27人

回転盤追従動作時の α_2 波の増減値 回転盤追従動作時の α_2 波の増減率



注) Δ $P < 0.10$ ** $P < 0.01$
 図4 パフォーマンス群別にみた回転盤追従動作及び短期記憶の各場面における優勢脳波 α_2 波の増減値及び増減率の平均値

結 論

- 1 安静時及び試行直前直後の閉眼時は、優勢脳波 α_2 波と β 波の出現量が多い。
- 2 試行中は、回転盤追従動作では優勢脳波 β 波、次に θ 波の出現量が多く、短期記憶では β 波と α_2 波、次に θ 波の出現量が多い。しかし、これは閉眼・開眼による影響も考えられ、試行時の優勢脳波の出現状況はパフォーマンスの種類によって異なるとの仮説は十分には検証できなかった。
- 3 パフォーマンス直前直後の閉眼時及び試行中において、高パフォーマンス群では α_2 波が優勢脳波として出現しやすい傾向がある。したがって、高パフォーマンス時は α_2 波が優勢脳波として出現しやすい傾向が示唆される。

演題番号 0310509

パフォーマンスによる脳波出現の差異

—— 大筋運動による影響を中心に ——

松井紀子 (奈良女子大学大学院) 弘志穂 (奈良女子大学大学院)
丹羽劭昭 (奈良女子大学)

目 的

厚生省が1989年、満12歳以上の3万7千人を対象に行った保険福祉動向調査では、51.8%の人がストレス(個体にとって特別な機能的緊張を要する事柄や状況のこと)を感じたことがあると報告されている。現代社会におけるストレスの増加に並んで、ストレス解消法として運動を心がける者が増え、リラクゼーションと運動との関係の研究が盛んに行われている。そのリラクゼーションと関連して脳波の研究も盛んに行われてい、 θ 波とパフォーマンス成績・集中力との関係で相反する説が報告されたりしている。

そこで本研究では、自転車エルゴメータこぎという一つの大筋運動刺激が、目と手の協応作業や、精神作業の成績に与える影響と、その時の優勢脳波出現状態について、次の仮説を証明することを目的とする。

- 仮説1. 肉体作業と精神作業とでは、前者よりも後者の方が θ 波の出現量は少ない。
2. 大筋運動刺激を与えた場合は、与えなかった場合よりも θ 波出現率が低く、 α 波の出現率が高い。
3. 簡単な作業を課す場合、運動刺激を与えることによって覚醒水準を高めることができる。したがって、運動刺激により作業量は多くなる。

方 法

1. 被験者：大学生及び大学院生の女子82名(18~24歳)。右利き80名、左利き2名。
2. 手続き：1990年 8月17日から9月16日(室温23.0℃~28.5℃、湿度43.0%~54.0%)に大筋運動として自転車エルゴメータこぎ、協応作業として回転盤追従運動、精神作業として短期記憶を選び、試行前後及び試行中の優勢脳波を測定した。

優勢脳波はBIOFEEDBACK SYSTEM FM515S, FM515SS (エフティー技研株式会社製)の二台を用い、

前額から誘導した最も優勢な脳波を2秒毎に導出、記録する。フィルターの周波数特性を図1に示す。フィルターの中心周波数は α 波(4.8Hz)、 β_1 波(6.8Hz)、 β_2 波(7.6Hz)、 β_3 波(10.0Hz)、 γ_1 波(13.0Hz)、 γ_2 波(16.0Hz)、 γ_3 波(22.0Hz)、 δ 波(27.0Hz)である。

自転車エルゴメータこぎでは脳波計装着後、予め一律に自分が最も気持ち良く、リラックスできる状態で一分間こぎ、そのカウントを数えてもらう。負荷群(2kp群)には、2kpの負荷で先程のカウント(回数/分)を守ってこいでもらうように指示しておく。0kp群も同じカウントを守ってこぐように指示しておく。本実験では5分間こいでもらい、1分おきにカウントを被験者にしらせて予定した速さを守るようにした。

回転盤追従動作では、パーシュートロータ(竹井機器工業株式会社製)を用い、回転盤の直径26cm、追従するターゲットの直径12mm、回転数24(回/分)の条件で、非利き手に鉄筆を持たせ、ターゲットに接触するように追従させる。1分間右回りで一試行とし、続けて左回りで一試行、計二試行行い、1/2秒毎に接触回数を算出し、平均接触回数を成績とした。

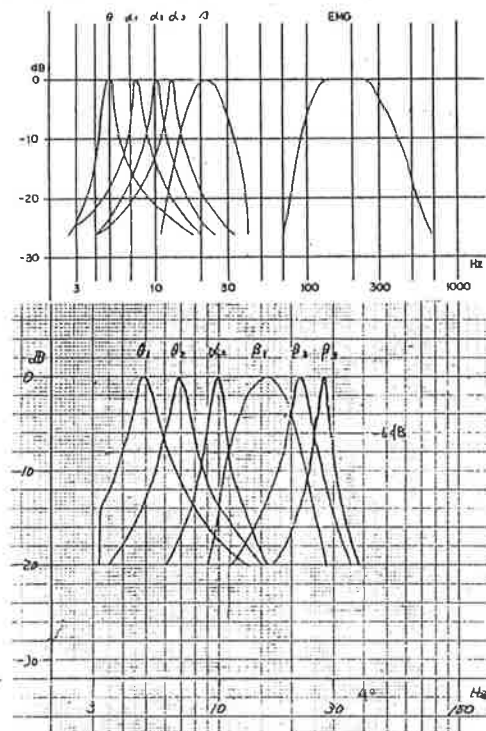


図1 FM515S(上図)、FM515SS(下図)の周波数特性

短期記憶は、全て閉眼で行い、清音二音節の無連想価10-14の範囲の無意味綴りを30秒間に等間隔で10個呈示し、呈示終了後直ちに口頭で再生させた。

安静時の測定は、器具装着及び実験説明後椅子に深く腰掛けさせ、閉眼で気持ちをリラックスするように指示し、本実験の最初と最後の5分間ずつ計2回測定した。

尚、本実験は全被験者に時間的に同一条件であることが望ましいので、カセットテープに全ての指示を吹き込んで予定時間通りに終始行った。

3. 実験順序：実験順序は図2の通りである。予め、自転車エルゴメータこぎをしない群(工無群)、自転車エルゴメータこぎで0kpの負荷にて気持ちをリラックスさせて気持ちの良い速度でこぐ群(0kp群)、2kpの負荷でこぐ群(2kp群)にランダムに区分する。

註 kp: 1回転で6m進むペダルを1kgの抵抗で、50回転/分させた時、
300kp·m / 分とする。

練習試行は、回転盤追従運動は非利き手で右回り、左回り各々15秒間行い、短期記憶は、無意味綴り5個による試行を一回行った。

尚、パフォーマンスの順序効果をなくすため、半数(41名)についてはパフォーマンスの順序を短期記憶→パーシュートロータとして実験した。

要因の組み合わせは図3に示す。

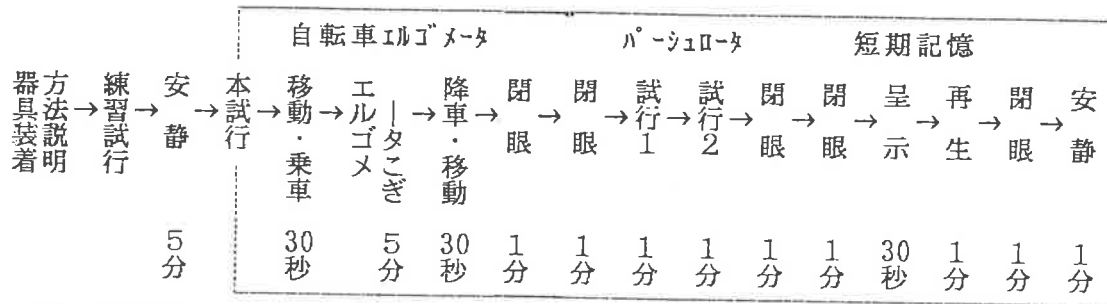


図2 実験順序

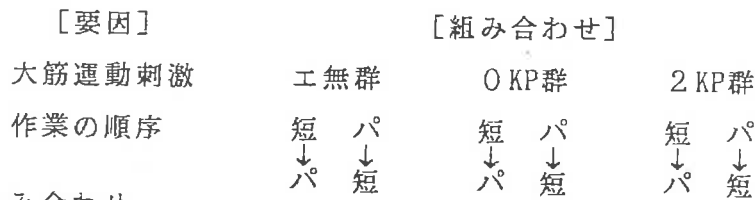


図3 要因の組み合わせ

註) 短:短期記憶 パ:パーシュートロータ
(回転盤追従運動)

結 果

脳波測定中にArtifactが多く出現すると優勢脳波が測定できないので、本研究では、被験者の対象群の人数も考えて、Artifact出現率が53%以下のものを考察の対象とした(82名中53名)。図の上での脳波出現量を計算する方法として、1分間に単一に、ある脳波だけが出たとした場合脳波出現量を34単位とした(短期記憶の呈示での30秒間は、全体を17単位とする)。

1. 肉体作業と精神作業における優勢脳波の出現の違い

図4, 5, 6より、肉体作業の一つである大筋運動(自転車エルゴメータこぎ)終了30秒後の脳波と、精神作業(短期記憶)呈示・再生中の脳波とを比べてみる。

0kp群で顕著にわかる差異は、大筋作業後にはα波が多く出現し、精神作業時にはα波が減少すると共にθ波が特に多く出現していることである。精神作業の中でも、無意味綴り語を呈示し

ているときにθ波は大きく出ている。このθ波の現象は2kp群においても同様にみられ、α波もβ波も同じ出現量を示している。

θ波出現量からみると、記憶した事柄を思い出す作業（再生）と、物事を記憶しようとする作業（呈示）とでは、呈示時にθ₁波よりθ₂波が多く出ていることから、呈示時には再生時よりも覚醒水準が高まっていると思われる。

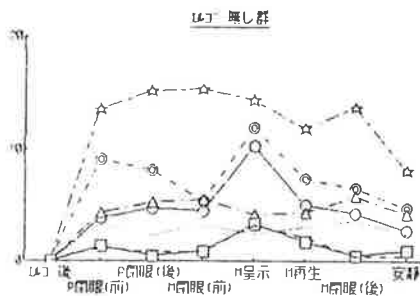


図4 エルゴ無し群の各場面での優勢脳波出現の状況

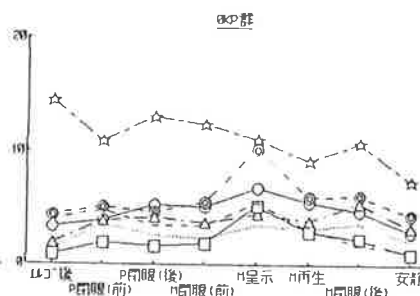


図5 0KP群の各場面での優勢脳波出現の状況

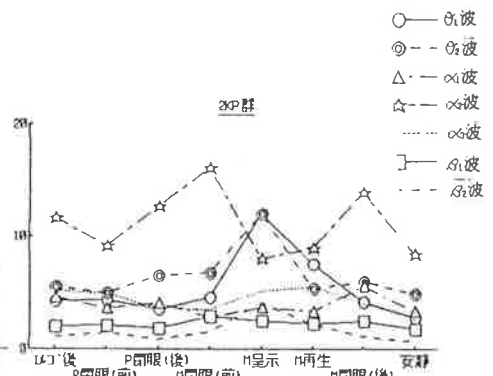


図6 2KP群の各場面での優勢脳波出現の状況

2. 自転車エルゴメータの負荷の有無の影響

図7より、自転車エルゴメータ後は、2kp群と0kp群とでは、優勢脳波の占める割合が違い、0kp群よりも2kp群の方が多く占める脳波はα₂波、α₃波である。（何れも p < 0.05）

α₃波の出現量を見てみると（図8）、0kp群 < 2kp群で p < 0.05 で出現量に有意差がある。

自転車エルゴメータこぎ終了後に行った回転盤追従運動の平均成績を見ると（表1）、2kp群 > 0kp群 > エ無群となっており（但し、有意差はエ無群 < 0kp群で p < 0.1 が認められるにとどまった）。作業能力からみるとエルゴメータの負荷によって覚醒水準が高まっていることが窺われる。

3. 安静時の脳波出現状態

どの脳波も1分間当りの出現量は減少している（図3, 4, 5）。特にα波はパーシュートロータ及び短期記憶

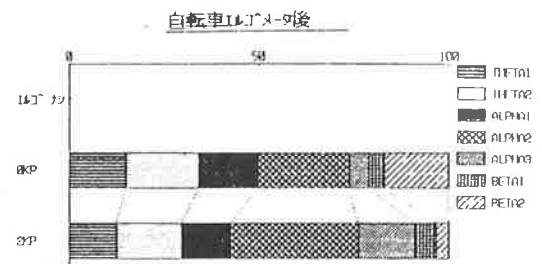


図7 自転車エルゴメータ後の優勢脳波出現量の占有率

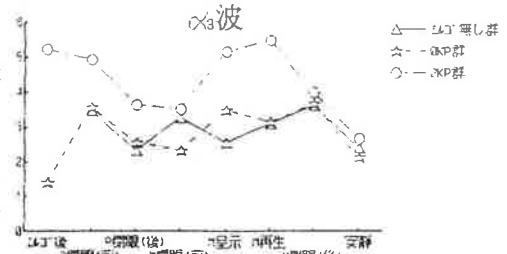


図8 1分間当りの平均値に換算し直した各場面での三群のα波の出現状況

表1 自転車エルゴメータの負荷の対象群と回転盤追従動作の平均成績

群	平均成績（点）	
	短→パ	パ→短
エ無群	16.00	13.56
0KP群	21.45	19.67
2KP群	31.00	24.43

での閉眼（後）時と比べると三群とも減少しており三群での出現量の差はなかった。

結 論

1. 大筋運動後には α 波が多く出現し、精神作業時には α 波が減少すると共に、 θ 波（特に θ_2 波）が特に多く出現する傾向がある。短期記憶の呈示時には三群とも θ 波（特に θ_2 波）の出現量が多い傾向がみられる。

又、安静時は、特に α 波の中でも α_2 波が減少する傾向がみられる。

2. 自転車エルゴメータこぎ、回転盤追従運動では試行前後とも α 波が多く出現している。2 kp群は、自転車エルゴメータこぎ後も試行前後の閉眼時にも α 波が他の二群よりも多く出る傾向がある。

3. 回転盤追従運動では、その成績は、2 kp群>0 kp群>工無群の順であり、2 kp群の成績が良かった。つまり、簡単な作業を行う場合には、比較的高い覚醒水準（本実験では2 kp群の負荷による程度）が、作業量を多くする。

演題番号 0310510

運動パフォーマンスと優勢脳波について

—回転盤追従動作から—

○弘 志穂（奈良女子大学大学院） 松井紀子（奈良女子大学大学院）
丹羽劭昭（奈良女子大学）

目 的

運動パフォーマンスの成績と優勢脳波の出現状況との関係を検討するため、本研究では回転盤追従動作を用いて、安静時と比較した試行直前・直後及び試行中の優勢脳波の出現状況と、回転盤追従動作の成績との関係を検討する。優勢脳波は、大脳の覚醒水準との関係が注目されている α 波と、安静時と比較して回転盤追従動作試行時に比較的多く出現する θ 波をその周波数によって α 波は3分割、 θ 波は2分割してパフォーマンスとの関係を検討した。

方 法

対象：大学生及び大学院生の女子（18~23歳）27人（安静時にArtifactが50%以上出現した被験者を除いた人数）

手続き：回転盤追従動作の試行直前・直後及び試行中の優勢脳波を測定した。優勢脳波はBIOFEEDBACK SYSTEM FM-515S、FM515SS（エフティー技研株式会社製）を用い、前額から単極誘導で導出し、最も優勢に出現する脳波を2秒毎に記録した。検討した脳波は θ_1 波（中心周波数4.6, 4~6Hz）、 θ_2 波（中心周波数6.8, 6~8Hz）、 α_2 波（中心周波数10, 9~11Hz）である。EMGの混入などで脳波が測定できなかった時はArtifactを記録した。図1にFM515S、FM515SSの周波数特性を示す。

なお、優勢脳波を前額から測定したのは、前頭葉 α 波は後頭葉 α 波に比べ、単に閉眼しただけでは出現頻度や強度が非常に小さく、心理・生理的特有状態では強い α 波の出現が観測され、内部知覚との対応性がかなり良いなどの理由による。

実験順序は図2に示す。安静及び試行直前・直後の閉眼時は閉眼椅座位状態で測定した。回転盤追従動作は、24回転/分の条件で回転する直径26cmの回転盤の端についた直径12mmのターゲットを非利き手で持った鉄筆で追従する試行で、鉄筆とターゲットの接触回数を1/2秒毎に算出し、2試行の平均を成績とした。

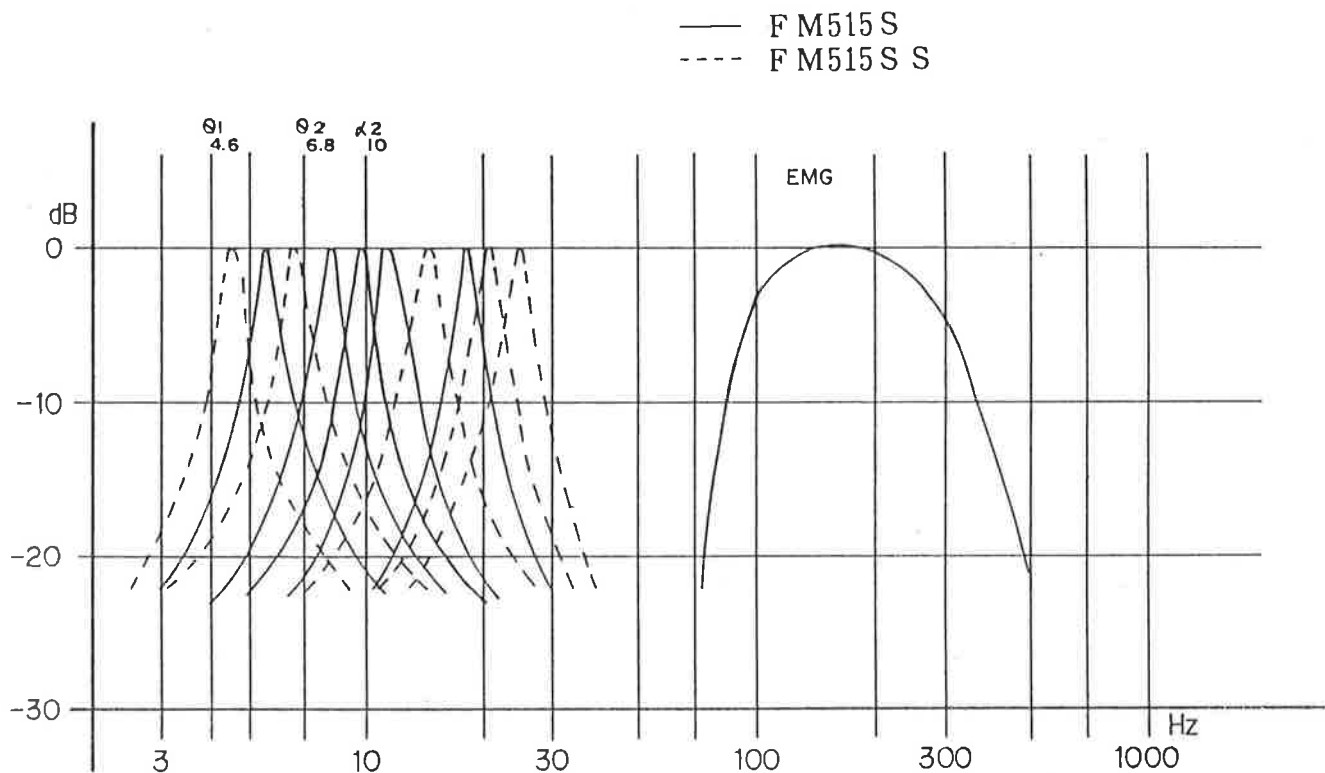


図1 FM515 S, FM515 S Sの周波数特性

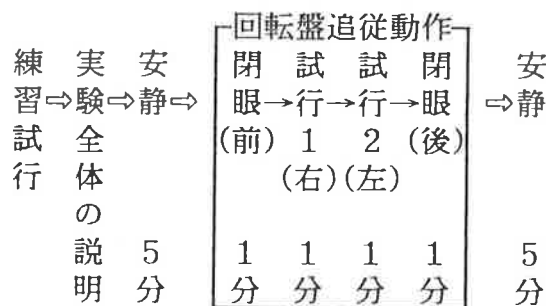


図2 実験順序

結 果

I 回転盤追従動作の成績別にみた試行の各場面における優勢脳波の検討

回転盤追従動作の試行成績から人数を約三等分し（表1）成績差の大きい（ $P=0.0003$ で有意差あり）低パフォーマンス群と高パフォーマンス群について各優勢脳波の出現状況を検討する。なお、両群の各優勢脳波の出現状況は、基準となる安静時においてそれぞれ異なっているので、安静時を基準とした優勢脳波の出現率（各場面の各優勢脳波出現量÷安静時の各優勢脳波出現量）、及び増減値（各場面の各優勢脳波出現量－安静時の各優勢脳波出現量）を計算し、その値を中心に考察する。

表1 各群の対象数及び成績

群	人数	成績(点)
低	7	7~10
中	11	11~17
高	9	18~51

1 α_2 波

両群の α_2 波の出現率及び増減値の平均値を図3に示す。

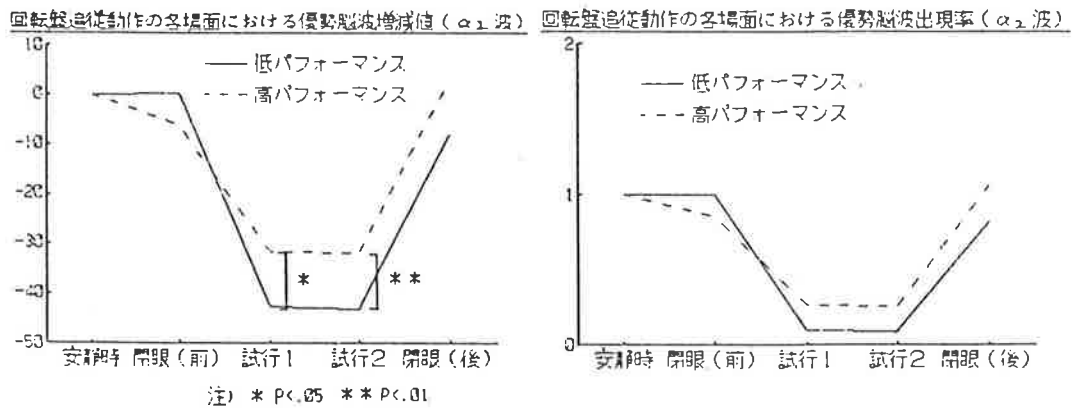


図3 パフォーマンス群別にみた回転盤追従動作の各場面における優勢脳波 α_2 波の増減値及び出現率の平均値

図3から、閉眼（前）を除いて高パフォーマンス群のほうが出現率・増減値共高い傾向が示唆される（但し試行中の増減値のみ有意差あり）。試行中は高パフォーマンス群のほうが増減値が高い。この点は昨年の丹羽らの研究結果とも一致している。 α_2 波は心理的にリラックスし、かつ意識が集中した状態であると考えられる高パフォーマンス群ほど出現しやすいといわれるが、その傾向が特に試行中に顕著にみられる。

2 θ 波

運動パフォーマンスと θ 波の出現との関係については相反する説が報告されている。そこで θ 波を周波数によって2分割することによって矛盾を解明したいと考え、 θ_1 波、 θ_2 波を測定した。 θ_1 波については一貫した傾向がみられなかった。 θ_2 波の結果を図4に示す。

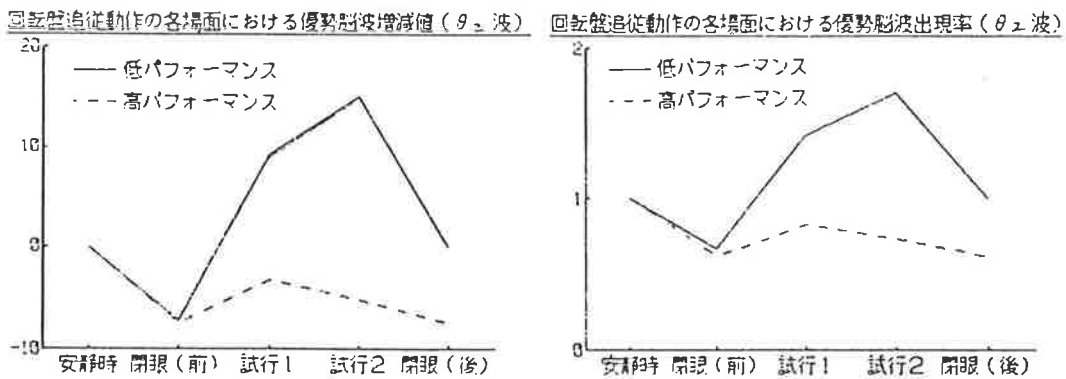


図4 パフォーマンス群別にみた回転盤追従動作の各場面における優勢脳波 θ_2 波の増減値及び出現率の平均値

図4から、低パフォーマンス群のほうが θ_2 波が出現しやすい傾向が示唆され、特に試行中にその傾向が大きくなるのではないかと考えられる(増減値-試行1 $P=0.1345$, 試行2 $P=0.1061$ 増減率-試行1 $P=0.1376$, 試行2 $P=0.0584$)。

以上から、6~8Hzの θ 波が運動パフォーマンス(回転盤追従動作)と関係があり、低パフォーマンス群で多く出現する傾向が示唆される。

結 論

回転盤追従動作において、

- 1 試行時は高パフォーマンス群で優勢脳波 a_2 波の増減値が高い。
- 2 低パフォーマンス群は優勢脳波 θ_2 波が多く出現する傾向が示唆される。

心理的パフォーマンス時における脳波の検討

——— 特にβ波とα波を中心に ———

丹羽助昭(奈良女子大学) 長沢邦子 弘 志穂(奈良女子大学)

目 的

心理的パフォーマンス時の優勢脳波の状態を注意の集中(注意力)と短期記憶を用いて考察し、主に次の仮説と関連して検討する。

- 1 高いパフォーマンスの直前の閉眼時には優勢脳波α₂波が多く出現する。
- 2 高いパフォーマンスの直前の閉眼時には優勢脳波β波の出現率は低く、優勢脳波α₂波とは反対の出現傾向を示す。

方 法

対象：19歳から23歳までの女子大学生16名。

時期：1988年9月上旬～10月上旬。

測定内容と測定方法：測定内容と測定機器を表1に示す。実験室は無風状態、室温は19.7～21.5℃であった。

測定法は次の通りである。

① 注意力の測定は注意力計AF型を用いた。被験者は20秒間に、指定された数字(2、5、8)が点灯した時にスイッチを素早く押す。Pass(見落とし)とMiss(押し違い)の合計が5回以内で応答できた最高の弁別速度のHz数を求め、注意力の量を測定する。

② 短期記憶の測定はテープ式メモリードラムを用いた。記憶の内容は、無連想価分類表(清音2字音節の無連想価分類表から無連想価10～14%の範囲のもの)の中から10項目の無意味綴りを選びランダムに組み合わせた。10項目を選ぶにあたっては予備実験を行い、平均5項目が再生できる程度の難易度の項目にした。各項目は3秒間隔で呈示され(合計30秒間)、その直後から1分以内に正しく再生された無意味綴りの数をもって短期記憶量とした。③ BIO-FEEDBACK SYSTEM FM-515S は、優勢に出現した脳波のθ波、α₁波、α₂波、α₃波、

表1 測定内容と測定機器

測定内容		測定機器
心理的 パフォーマンス	注意力	注意力計AF型 稲葉人間工学研究所製 テープ式メモリードラム 竹井機器工業株式会社製
	短期記憶	
生理的状態	脳波(EEG)	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515S エフティ技研株式会社製 MAC HEART RATE MEMORY VHM-α2 VINE CO. LTD製 MICRO MEMORY CORDER TX-3006 TYPE T -100.0～400.0℃ NIHON KOGAKU CO.LTD 製
	心拍数(HR)	
	皮膚温(ST)	

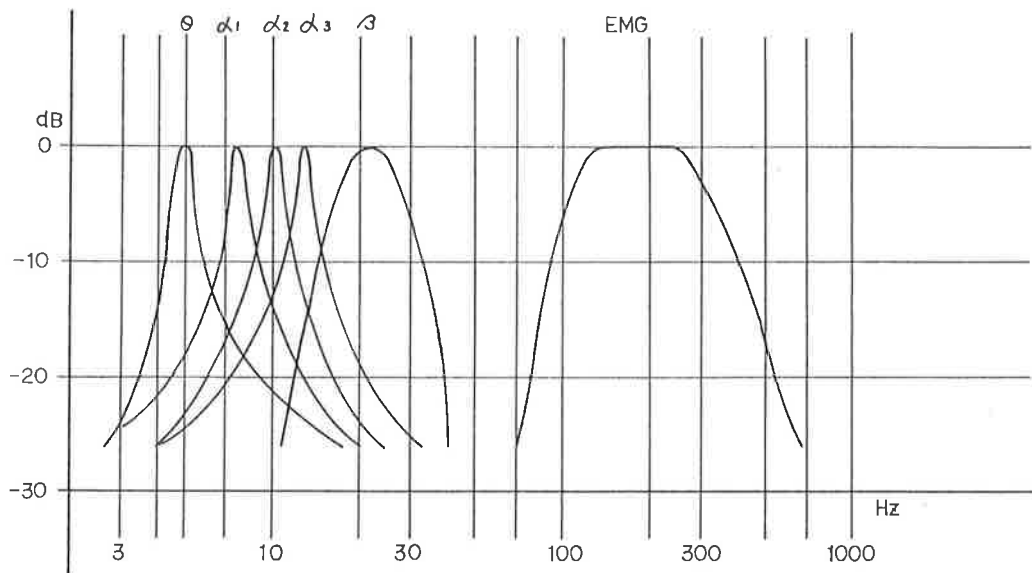


図1 脳波を測定する FM515S の周波数特性

β 波、ARTIFACTを測定できる。測定された脳波のうち、本研究では2秒毎に優勢に出現した脳波（最も μv 数が高い脳波で優勢脳波と呼ぶ。以下、優勢脳波の語を省略して示す）を表示させた優勢脳波出現率のグラフを中心に解析した。図1にFM515Sのフィルターの周波数特性を示す。測定はセンサーベルトにより2個の電極を前額中央から左右各4cmのところと位置するようにつけ（右はアース）、クリップ電極を耳たぶ（左）に装着し、単極誘導によった。

④ 皮膚温の測定はMICRO MEMORY CORDER TX-3006(NIHON KOGAKU CO.LTD)を用いた。センサーを環境温度の直接的影響がないように被験者の右手人指し指にサジカルテープで装着し、3秒間隔で測定した。（今回は報告せず）

⑤ 心拍数の測定は、MAC HEART RATE MEMORY VHM- α 2 (VINE CO.LTD)を用い、10秒間隔で値をまとめている。（今回は報告せず）

実験順序：図2の通りである。順序効果をなくすため被験者により順序を変えて行った。なお注意力の場合、最高の弁別速度のHz数を求めるため、本試行に要する時間は被験者により異なる。また、短期記憶（以下、記憶と略す）の本試行とは、無意味綴りの呈示のことを意味する。

資料の処理における群分け：資料処理の際、二つの方法で被験者を3群に分けた。

方法1は、注意力、記憶それぞれの試行毎のパフォーマンス量から、高パフォーマンス群5人（以下、高群と略す）、中パフォーマンス群6人（以下、中群と略す）、低パフォーマンス群5人（以下、低群と略す）に分ける。

方法2は、注意力、記憶各1回目のパフォーマンスの結果から、高・中・低群（それぞれ5、6、5人）に3分し、同じ対象を2・3回目と追跡した。ただし、記憶は1回目の本試行1の再生量を基準とした。

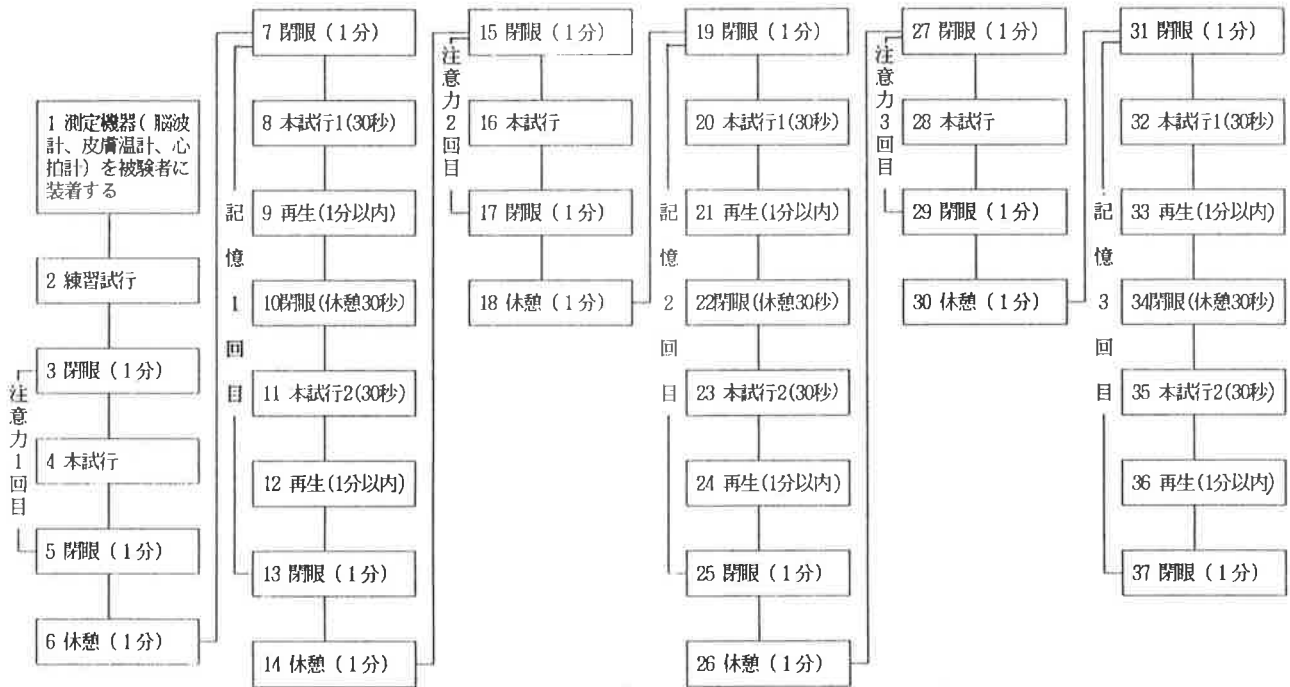


図2 実験順序

結果と考察

試行中は、開眼となるためARTIFACTが多く出現して正確な脳波が測定できない。したがって、脳波は試行直前・直後、休憩時等の閉眼時について検討する（なお、本報告では、心拍数、皮膚温については省略する）。

1 各試行時のパフォーマンス量に応じて分類した被験者の閉眼時における優勢脳波の検討 —— 注意力と関係して ——

1 パフォーマンス量の高・中・低各群の閉眼時における脳波別出現率の検討

高・中・低各群の優勢脳波の出現率を要因A、試行直前閉眼時（以下、前閉眼と略す）、試行直後閉眼時（以下、後閉眼と略す）の優勢脳波出現率を要因Bとして2要因の分散分析をし

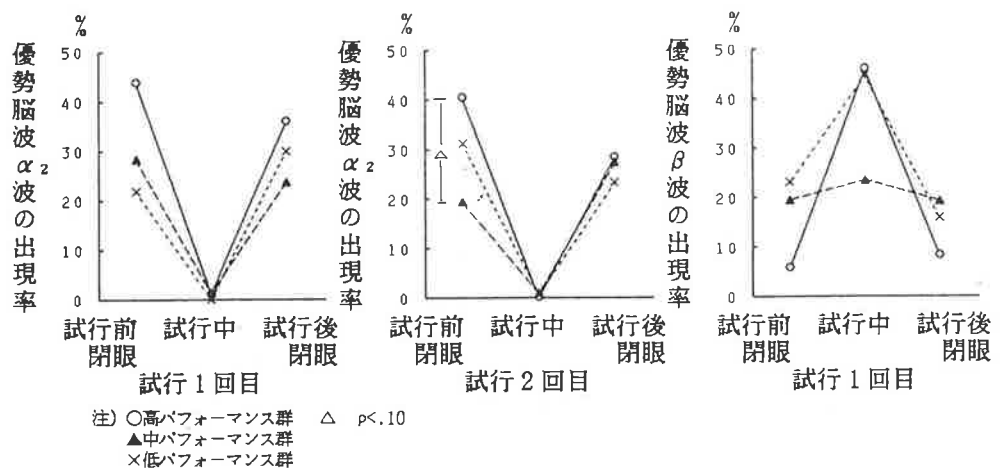


図3 試行前閉眼時、試行中、試行後閉眼時の優勢脳波の変化：注意力（試行毎のパフォーマンスの結果から分類した被験者の場合）

た結果、有意差はなかった。しかし要因Aについて確かめたいのでt検定をした結果、2回目の前閉眼の α_2 波の出現率は、高・中間で $p=9.3\%$ の有意水準であった(図3)。また図3から有意差はないが高群では、各試行共前閉眼も後閉眼も α_2 波が他群より多く出現している。反対に β 波は前閉眼、後閉眼共に最も低い(ただし、いずれも有意差なし)。そして、 α_2 波・ β 波とも、前閉眼の方が後閉眼より大きな差がみられるように思われる。

以上のことから、前閉眼に α_2 波の出現量が多く、 β 波の出現量が少ない時、注意力のパフォーマンス量が多くなるのではないかと推察される。そうした意味では前閉眼の優勢脳波の方が後閉眼のそれよりパフォーマンスとの関係が密接であるように思われる。

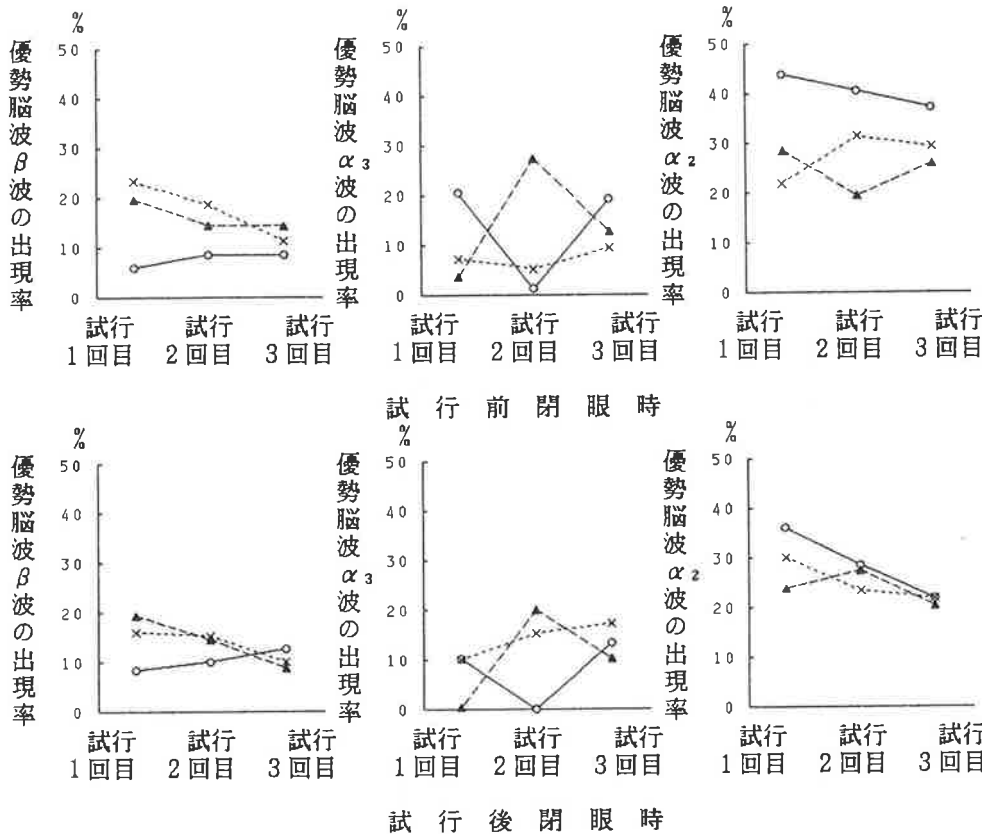
2 パフォーマンス量の高・中・低各群と各試行前後の閉眼時における脳波別の出現傾向の検討

図4から、前閉眼の優勢脳波の出現傾向をみると、 β 波では試行1、2回目では高・中・低群の順に出現率が低く、その差は1回目の試行で最も大きく、2、3回目と次第に小さくなっている。そして、高群は試行1・2・3回目共に他群より出現量が少ない(ただし、有意差なし)。

α_3 波では、低群の出現量が安定しているが、高・中群の出現傾向は一定しておらず

しかも対称的な現れ方をしている。

α_2 波では、高・中・低群の差が β 波と同様に試行の1回目で最も大きく、3回目では小さくなっている。そして高群は試行1・2・3回共に他群より出現量が多く、 β 波の場合とは反対の出現傾向を示す。



注) ○高パフォーマンス群
▲中パフォーマンス群
×低パフォーマンス群

図4 試行前閉眼時、試行後閉眼時における優勢脳波 β 波、 α_3 波、 α_2 波の出現率：注意力
(試行毎のパフォーマンスの結果から分類した被験者の場合)

2 パフォーマンス量の高・中・低各群と各試行後閉眼時における脳波別出現傾向の検討

高・中・低各群の優勢脳波出現率を要因A、1～3回目の後閉眼の優勢脳波出現率を要因Bとして2要因の分散分析を行った結果、いずれにも有意差はみられなかった。しかし、後閉眼のβ波の出現傾向(図8)とパフォーマンス成就率(図7)との関係は高・低群とも共通して反対の傾向を示していると思われる。一方、α₂波、α₃波の出現傾向とパフォーマンスの結果及び成就率との関連は高・中・低群とも共通して低いと思われる。しかし、α₂波の試行1回目の高群では、優勢脳波出現率が中・低群より高い傾向がみられる(但し有意差はない)。以上のことから、試行1回目のパフォーマンス量により分類した対象についてみると、後閉眼のβ波の試行1回目の出現率が低い時、試行1回目のパフォーマンスの結果が高いと思われる。また、試行1回目のα₂波が高いと試行1回目のパフォーマンスの結果も高いと思われる。

以上、前閉眼とあわせて考えると、前閉眼の方が後閉眼より、パフォーマンスと優勢

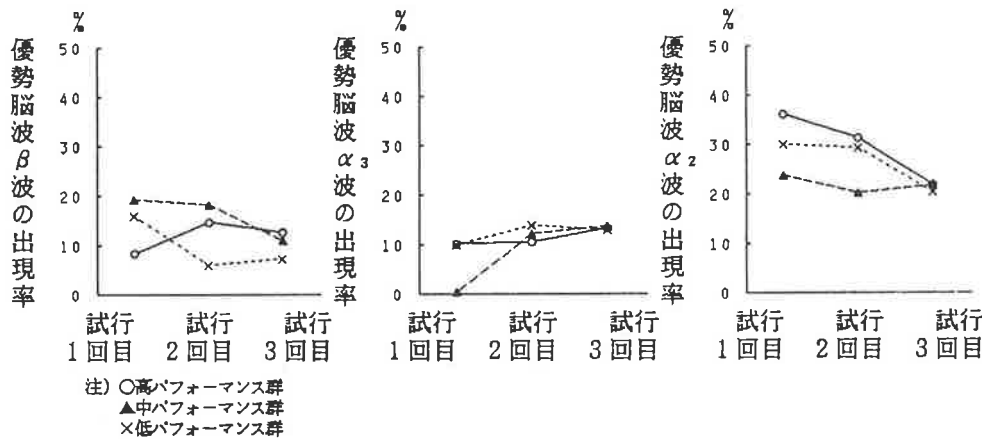


図8 試行後閉眼時における優勢脳波β波、α₃波、α₂波の出現率：注意力(1回目のパフォーマンスの結果から分類した被験者の場合)

脳波との関係が明確に出やすく、概してパフォーマンスとβ波とは逆傾向、α₂波とは同調傾向にあり、β波とα₂波とは同一パフォーマンスに対して逆の出現

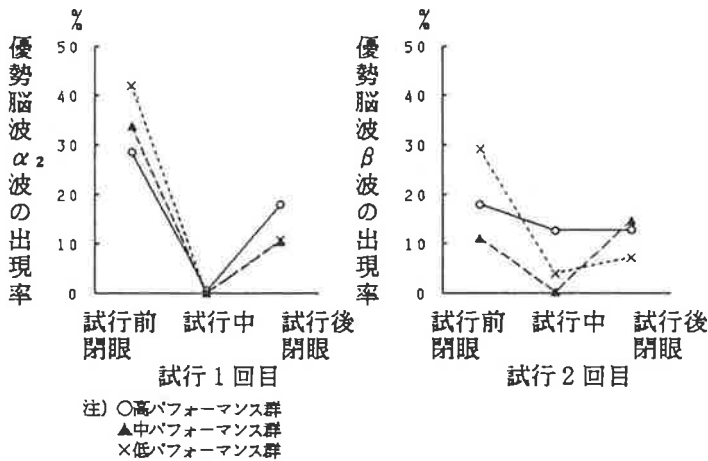


図9 試行前閉眼時、試行中、試行後閉眼時の脳波の変化：短期記憶(試行毎のパフォーマンスの結果から分類した被験者の場合)

傾向を示すと思われる。

Ⅲ 各試行時のパフォーマンス量に応じて分類した被験者の閉眼時における脳波別出現率の検討 — 短期記憶と関係して —

1 パフォーマンス量の高・中・低各群の閉眼時における脳波別出現率の検討

高・中・低群の優勢脳波出現率を要因A、前閉眼と後閉眼の優勢脳波出現率を要因Bとして2要因の分散分析を行った結果、1回目のα₂波の出現率は要因Bに有意差(p=.039)があった。すなわち図

9から、1回目のα₂波の出現率は前閉眼が後閉眼より高いことがわかる。

2 パフォーマンス量の高・中・低群と各試行前後の閉眼時における脳波別出現傾向の検討

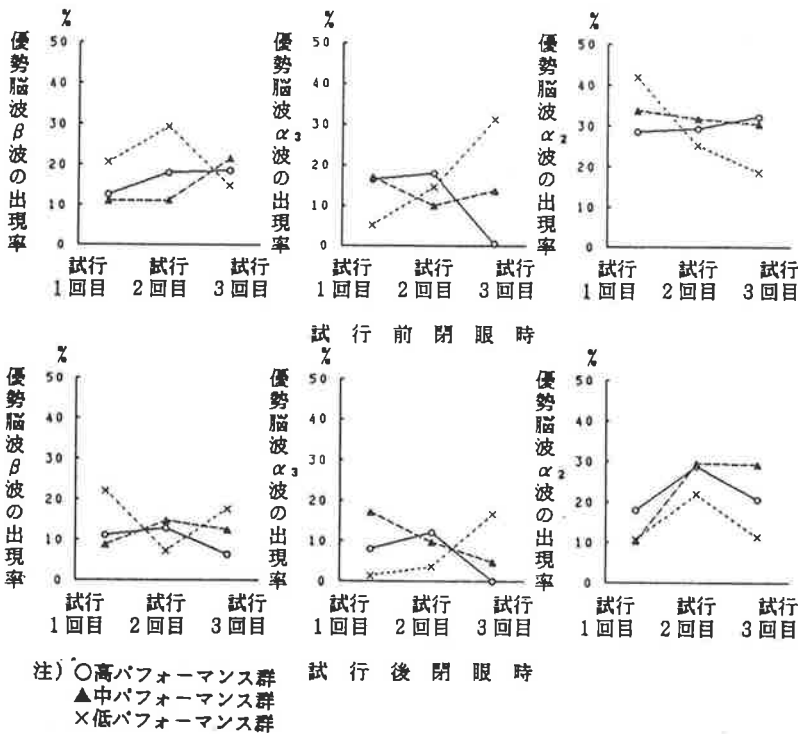


図10 試行前閉眼時、試行後閉眼時における優勢脳波 β 波、 α_3 波、 α_2 波の出現率：短期記憶
(試行毎のパフォーマンスの結果から分類した被験者の場合)

検討

図10から、パフォーマンスと優勢脳波出現量との関係を見ると、 β 波では後閉眼の3回目で、 α_3 波では試行前・後共3回目で、 α_2 波では前閉眼の3回目がパフォーマンス量に対して各脳波の出現量が一定の順序を示しているようにみえる。しかし、明確な関係は読みとれない。これは注意の集中とは異なる。したがって、パフォーマンスの性質によって閉眼前や後のパフォーマンスの成績と脳波の出現量との関係の密接さの程度が異なると思われる。

3 閉眼時の優勢脳波における高・中・低各パフォーマンス群間および各脳波間の出現率の検討

高・中・低群の優勢脳波出現率を要因A、 β 波、 α_3 波、 α_2 波、 α_1 波、 θ 波の出現率を要因Bとして2要因の分散分析を行った結果、要因Bに有意差がみられた。そこで β 波、 α_3 波、 α_2 波についてt検定を行ったところ、図11にみられるように、 β 波、 α_3 波より α_2 波の出現率が高い傾向がみられる。なお、 α_1 波、 θ 波と比較しても、高・中・低各群共、閉眼時では α_2 波の出現率が高い傾向にあると思われる。

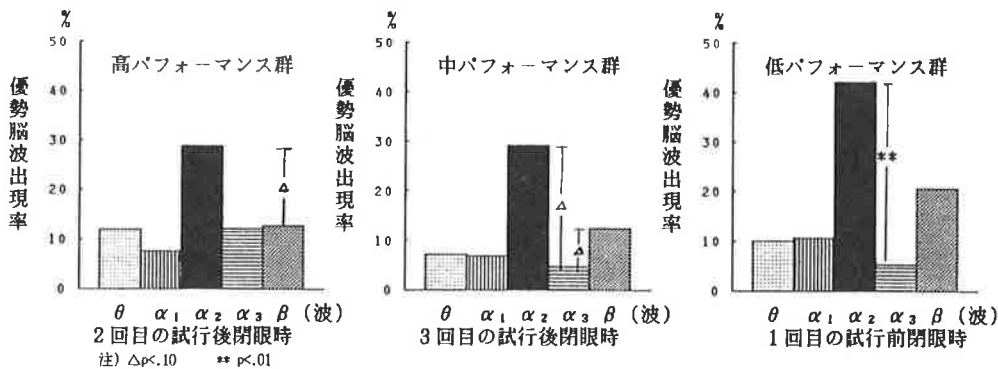


図11 パフォーマンスの高・中・低別の閉眼時の優勢脳波出現率：短期記憶
(試行毎のパフォーマンスの結果から分類した被験者の場合)

IV 1回目のパフォーマンス量を基準に分類した被験者の閉眼時における優勢脳波の検討 —— 短期記憶 ——

記憶の場合、各回につき2試行行ったが、各試行を表2に示す略称で表示する。

表2 短期記憶における各試行の略称

回	試行	略称
1回目	本試行1	①-1
	本試行2	①-2
2回目	本試行1	②-1
	本試行2	②-2
3回目	本試行1	③-1
	本試行2	③-2

1 パフォーマンス量の高・中・低各群と各試行前後の閉眼時における脳波別出現傾向の検討

高・中・低各パフォーマンス群の優勢脳波出現率を要因A、1~3回目について各試行の前・中間・後における優勢脳波出現率を要因Bとする2要因の分散分析を行った。その結果、2回目の α_2 波の出現率の要因Aに有意差($p < .05$)がみられたのでt検定をしたが、いずれの対間にも有意差はみられなかった(図12)。また、図12から、1回目の試行前に α_2

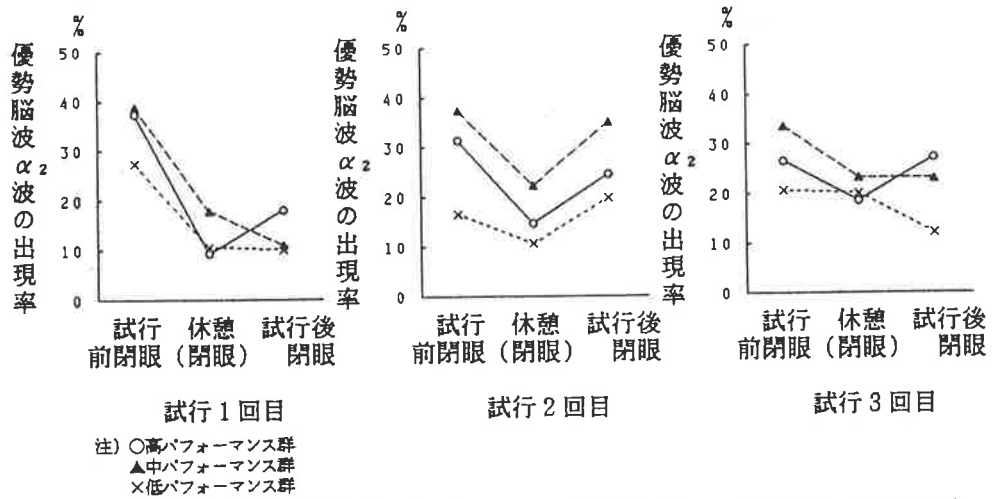


図12 試行前閉眼時、休憩閉眼時、試行後閉眼時の優勢脳波 α_2 波の変化：短期記憶 (1回目の試行結果から分類した被験者の場合)

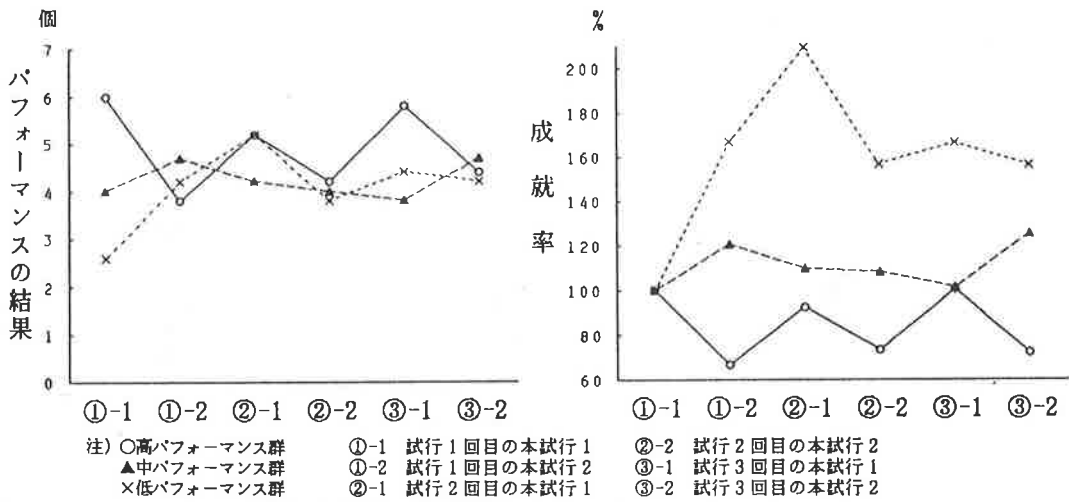


図13 パフォーマンス結果と成就率：短期記憶 (1回目の試行結果から分類した被験者の場合)

波の低い人は、実験終了時まで低い傾向があるという個人の型があるのかもしれない。したがって優勢脳波は短期記憶の場合には、個人の型があって、その型によっても規定されているのかもしれない。つまりパフォーマンスの性質によって α_2 波の関係の仕方が異なるのかも知れない。この点は今後詳細に検討する必要がある。

図12と13を比較検討した結果、 α_2 波の出現率とパフォーマンスの成績との間には、特に述べるような関係はみられなかった。したがって、前述したように短期記憶の場合のパフォーマンスと α_2 波出現率との関係は回転盤追従動作や注意力の場合とは異なるのではないかと考えられる。

2 パフォーマンス量の高・中・低各群と各試行の試行前閉眼時における脳波別の出現傾向の検討

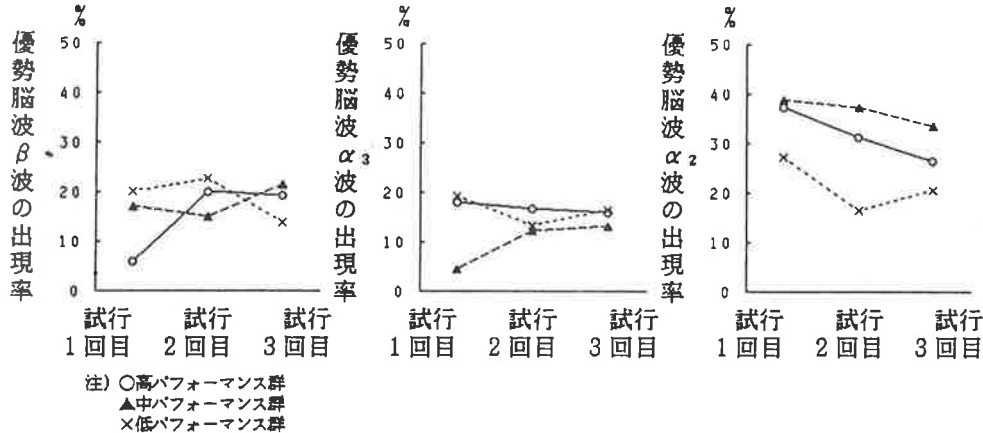


図14 試行前閉眼時における優勢脳波 β 波、 α_3 波、 α_2 波の出現率：短期記憶
(1回目の試行結果から分類した被験者の場合)

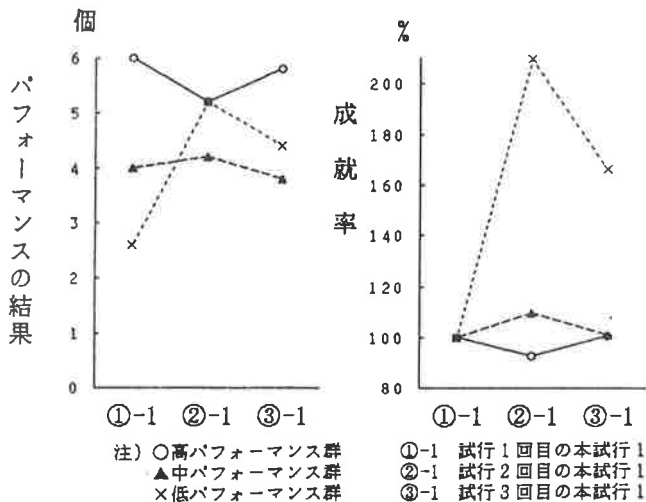


図15 各回の本試行1におけるパフォーマンス結果と成就率：短期記憶
(1回目の試行結果から分類した被験者の場合)

傾向の検討

高・中・低各群の優勢脳波出現率を要因A、1~3回目の前閉眼の優勢脳波出現率を要因Bとする2要因の分散分析をした結果、 α_2 波の要因Aに有意差 ($p < .05$)があった。しかし、平均

対間には有意差が認められなかった。有意差はないが、高・中・低別に1~3回目の前閉眼時の β 波、 α_3 波、 α_2 波の出現傾向(図14)と①-1、②-1、③-1のパフォーマンスの結果および成就率の傾向(図15)について検討する。

図14と図15から、試行1回目の β 波の出現率(図14 高:6.00 中:17.20 低:20.00)と試行1回目の本試行1の成績(図15)とは反対の傾向を示している。また、試行1回目の α_2 波では、(高:37.32 中:38.88 低:27.3)低が最も低く、中・高が高く、 β 波とは逆の出現傾向を示しているように見える。 α_3 波は、パフォーマンスとの間に一定の傾向を認めにくい。

以上のことから、 β 波の出現率が低く α_2 波の出現率が高い時、パフォーマンスは高く、その反対の時は、パフォーマンスは低い傾向があるように見える。

3 パフォーマンス量の高・中・低各群と各試行の休憩閉眼時における脳波別の出現傾向の検討

高・中・低各群の優勢脳波出現率を要因A、1～3回目の休憩閉眼時の優勢脳波出現率を要因Bとする2要因の分散分析をした結果、 β 波の要因Aに有意差 ($p=.020$) があつた。しかしいずれの平均値対間にも有意差はみられなかつた。有意差はないが、高・中・低群別に1～3回目の休憩閉眼時の各優勢脳波(図16)とその直後のパフォーマンスである各回の本試行2(後半)の結果(図17)とを比較する。

まず β 波について、高および中パフォーマンス群では、図16の β 波の出現傾向と図17のパフォーマンスの結果や成就率との型が似ている。 α_2 波の出現傾向では、高・低パフォーマンス群とパフォーマンスの結果や成就率との型が似ている。しかし、いずれもどのような対応関係があるかは不明である。

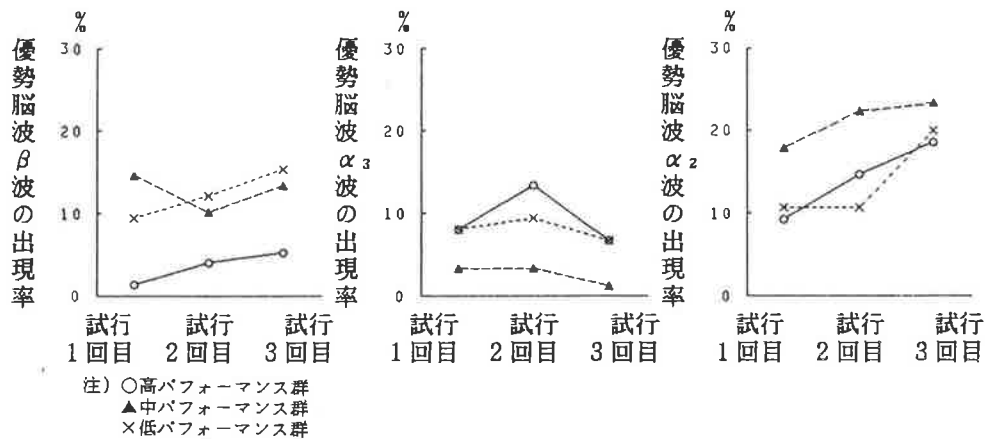


図16 休憩閉眼時における優勢脳波 β 波、 α_3 波、 α_2 波の出現率：短期記憶
(1回目の試行結果から分類した被験者の場合)

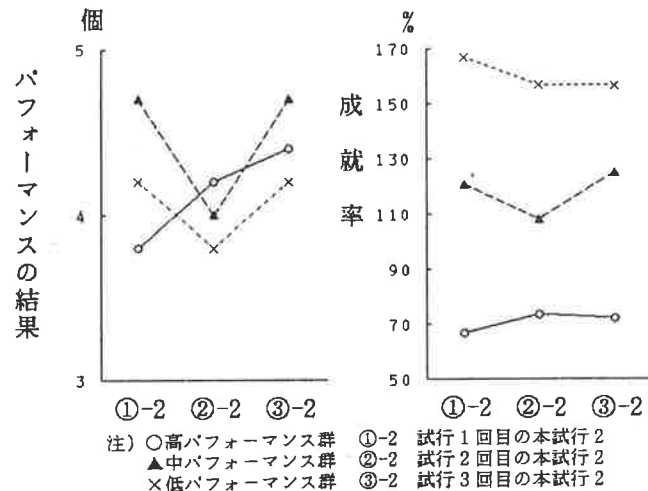


図17 各回の本試行2におけるパフォーマンス結果と成就率：短期記憶
(1回目の試行結果から分類した被験者の場合)

結 論

注意の集中（注意力）と短期記憶を用いて、心理的パフォーマンスと優勢脳波との関係を検討するため、大学生女子16名を対象に実験した結果、次のような要約と結論を得た。

〔Ⅰ 注意力の場合の結果の要約〕

- 1 試行前閉眼時における優勢脳波 α_2 波の出現量の多い時はパフォーマンス量も多い傾向がある。
- 2 試行前閉眼時における優勢脳波 β 波の出現量が少ない時は、パフォーマンス量が多い傾向にある。
- 3 閉眼時における優勢脳波 α_2 波と優勢脳波 β 波は反対の出現傾向を示すと思われる。
- 4 試行1回目の方が、2・3回目より、また試行前閉眼時の方が試行後閉眼時より各群間の優勢脳波（ α_2 波・ β 波）の出現量の差が大きい。そして、1回目の試行前閉眼時の優勢脳波の状態がパフォーマンス量と強い関係を示すと思われる。
- 5 閉眼時には、高・中・低各パフォーマンス群共、優勢脳波 α_2 波の出現率が優勢脳波 θ 波、 α_1 波、 α_3 波、 β 波の出現率より高い。

〔Ⅱ 短期記憶の場合の結果の要約〕

前述の「注意力の場合」で述べられていない結果のみ示す。

- 1 注意力と短期記憶の場合では、前者の方がパフォーマンスと優勢脳波 α_2 波との関係が強くあらわれると思われる。したがってパフォーマンスの性質によって優勢脳波の出現状態に違いがあると思われる。
- 2 優勢脳波とパフォーマンスとの関係は、パフォーマンスの性質や心理状態によって異なると共に、個人の優勢脳波出現の型によっても異なると思われる。

以上の結果の要約をさらにまとめて次の結論を得た。

- 1 心理的パフォーマンスのうち、注意力の場合の試行前の閉眼時における優勢脳波 α_2 波の出現量が多く、優勢脳波 β 波の出現量の少ない状態の時、パフォーマンス量は多くなる傾向がみられる。
- 2 注意力の場合、閉眼時の優勢脳波 α_2 波・ β 波の出現量とパフォーマンスとの関係は最初の本試行前が、その後の状態における関係より、より密接であると思われる。
- 3 閉眼時の優勢脳波出現量は高・中・低各パフォーマンス群共 α_2 波が、 θ 波、 α_1 波、 α_3 波、 β 波より多い。
- 4 パフォーマンスと優勢脳波との関係は、パフォーマンスの性質、心理状態によって異なると共に、各個人の優勢脳波出現の型によっても影響されるのではないかと思われる。

射撃における生理心理状態の検討

○弘 志穂（奈良女子大学大学院） 丹羽 劭昭（奈良女子大学）
星野 聡子（奈良女子大学大学院） 星名 倫（同志社大学）

射撃 優勢脳波 集中度 緊張度

目的

射撃のように鋭い知覚判断や高い集中力・細かい運動の調節が要求されるスポーツ競技においては、比較的低い覚醒水準が心理的に最適であるため、他のスポーツ競技と比べて最適な覚醒水準を保つことが難しいと考えられ、心理的要因が競技成績に大きな影響を及ぼすと思われる。従って、心理的競技能力の向上を目的としたバイオフィードバック・トレーニング等の必要性がでてくる。そこで本研究では射撃選手のバイオフィードバック・トレーニングを行う際の有効な方法を見いだすため、様々な心理的状況における脳波を検討したい。

方法

対象：D大学体育会射撃部員（18～23才）14名

実験日：1991年 8月23日～24日、9月 6日

手続き：射撃前後の閉眼時及び安静時の優勢脳波・皮膚温・心拍数を測定した（皮膚温・心拍数は今回発表せず）

優勢脳波はBIOFEEDBACK SYSTEM FM 515Sを用い、前額のFp₂部から単極誘導で導出し、最も優勢に出現する脳波を2秒毎に記録した。測定した優勢脳波

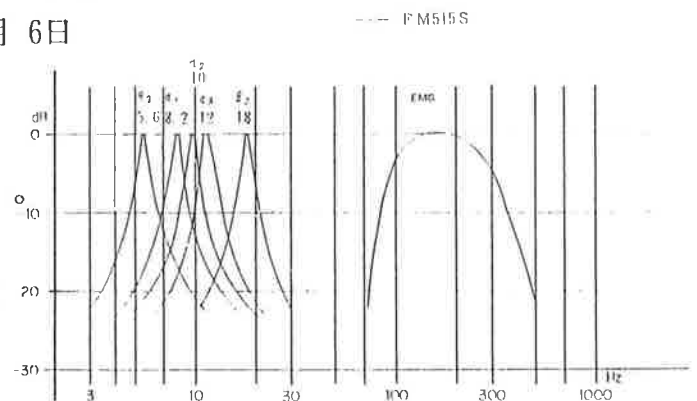


図1 FM515Sの周波数特性

の中心周波数は θ_2 波 (5.6 Hz)、 α_1 波 (8.2 Hz)、 α_2 波 (10Hz)、 α_3 波 (12Hz)、 β_2 波 (18Hz) である。FM515Sのバンドパスフィルターの周波数特性を図1に示す。また、内省報告から、主観的集中度・緊張度のデータを得た。

実験順序は図2に示す。試射・本射共5分の制限時間内に3発の立射を行うものとし、3発の合計得点(最高10点×3回)を成績とした。

安静及び射撃直前・直後の閉眼時は閉眼椅座位状態で測定した。

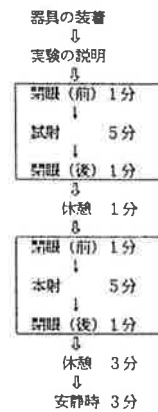


図2 実験順序(射撃)

結果と考察

I 射撃前後の各優勢脳波の出現状況

被験者全員(14名)による射撃前後の閉眼時及び安静時における各優勢脳波出現量(出現時間)の平均値とt検定結果を図3に示す。

図3から、安静時よりも射撃前後の閉眼時において α_2 波及び β_2 波が他の脳波よりも多く出現する傾向が顕著にみられる。また θ_2 波や α_1 波は、安静時に比べ射撃前後の閉眼時に出現量が減少し、とくに射撃後の閉眼時では有意に減少する。これは射撃による心理的影響によって覚醒水準が高まったことの影響であると考えられる。

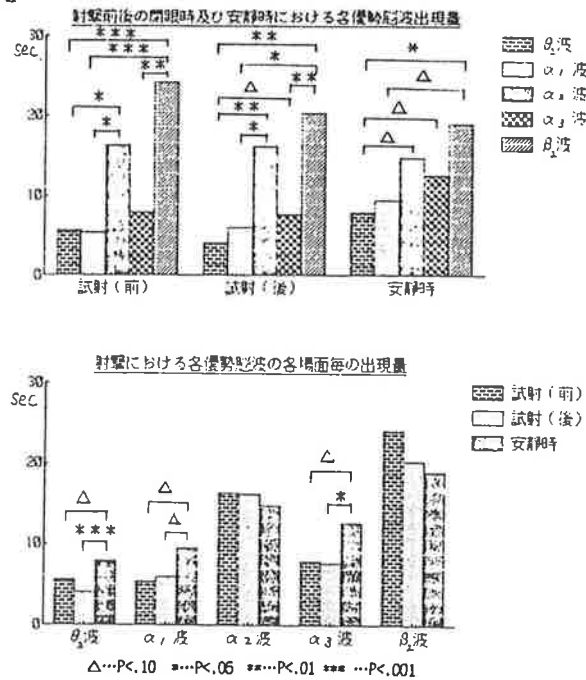


図3 被験者全員による射撃における各優勢脳波の出現状況

II 射撃前後の心理的状況や優勢脳波と射撃成績との関係

射撃の成績から被験者を2群に分け、低成績群(25点以下、6名)と高成績群(26点以上、8名)の優勢脳波出現状況を検討した。各成績群の増減率(各場面の

各優勢脳波出現量 ÷ 安静時の各優勢脳波出現量)、増減値(各場面の各優勢脳波出現量 - 安静時の各優勢脳波出現量)を図4に示す。 θ_2 波、 α_2 波は高成績群の方が増減率、増減値が高くなる傾向が窺える。一方 β_2 波は低成績群で増減率、増減値が高くなる傾向が窺える。 θ_2 波に関しては、回転盤追従動作等を使用した従来の研究結果とは異なった傾向が窺えたが、この相違の主な原因として課題の違いによる影響が考えられる。

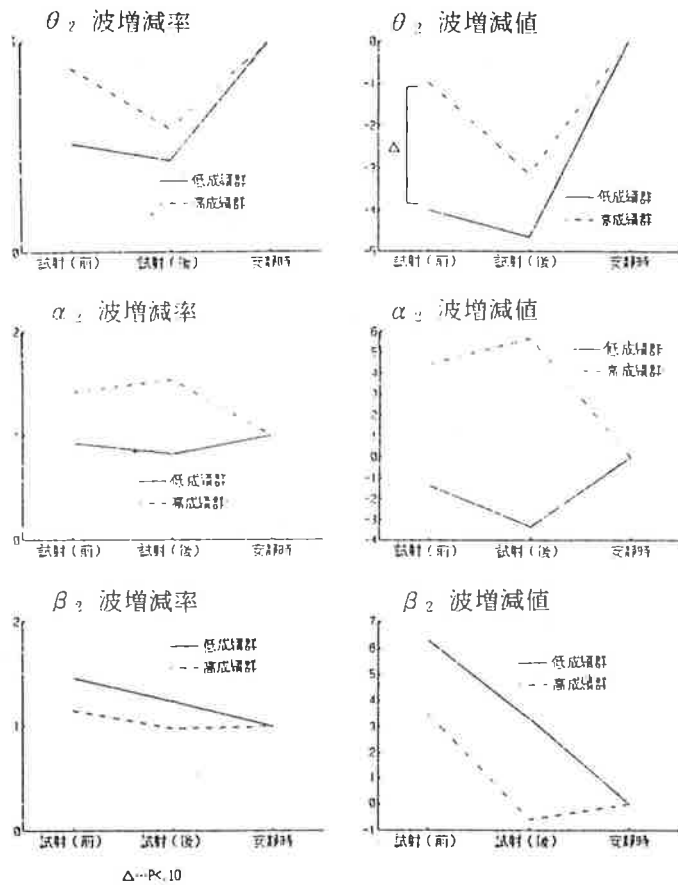


図4 成績群別にみた射撃の各場面における優勢脳波 θ_2 波・ α_2 波・ β_2 波の増減率及び増減値の平均値と両群間のt検定結果

課題によって最適な覚醒水準は異なるといわれているが、射撃では比較的低い覚醒水準が望ましく、その影響が θ_2 波の出現状況に現れたと考えられる。

射撃前後の心理的状況を検討するために、内省報告を検討した。5段階評価による内省報告(精神的緊張度調査, 集中度調査)から、各試行を①緊張度が高く、集中度が低い状態(A状態) ②緊張度が高く、集中度も高い状態(B状態) ③緊張度が低く、集中度が高い状態(C状態) ④緊張度が低く、集中度も低い状態(D状態)の4つの心理状態に分類し、射撃前後における4つの各心理状態での優勢脳波を検討した。

その結果、A状態では全体的には射撃前に比べ射撃後 β_2 波・ α_2 波共に減少する傾向が見られた。また、D状態でも β_2 波・ α_2 波共に減少する傾向が見られた。一方、C状態では5人中4人が β_2 波が12~20%減少するなど、全体的にも減少傾向が見られたが、 α_2 波は増加傾向を示した。また、B状態については分析可能なサンプル数が少なく、全体的な傾向を分析できなかった。この結果から、主観的集中度と α_2 波の出現には何らかの関係があることが考えられる。しかし、各状態とも個人差が大きく、より詳細な検討が必要である。また、各心理状態と試行成績との関係も一貫した傾向は見られなかった。

結 論

射撃選手の有効な脳波バイオフィードバック・トレーニングの方法を見いだすため、射撃場面における脳波と内省報告を検討した結果、次の結論を得た。

1. 安静時に比較して射撃前後の閉眼時では、 θ_2 波、 α_1 波、 α_2 波、 α_3 波、 β_2 波の中では α_2 波、 β_2 波が多く出現し、 θ_2 波、 α_1 波の出現量が減少する。
2. 試行成績と優勢脳波出現量との関係では、高成績群で θ_2 波、 α_2 波が多く出現することが示唆される。

Ⅲ 運動パフォーマンスと皮膚温・心拍との関係についての検討

- 1 対戦者の違いが剣道の試合前・中・後に於ける皮膚温,
心拍数に及ぼす影響

対戦者の違いが剣道の試合前・中・後に於ける 皮膚温、心拍数に及ぼす影響

○星野聡子（奈良女子大学大学院） 丹羽助昭（奈良女子大学）

【目的】

競技場面に於ける競技遂行能力は、対戦者の違いに起因する心理的影響によって変化するとと思われる。そこで、対戦者の違いが自律神経系活動に及ぼす心理的影響を解明するため、一つの方法として皮膚温（ST）、心拍数（HR）を指標とした検討をおこなう。

【方法】

被験者：心臓血管系に特別の障害をもたない大学生剣道部員女子10名（年齢19～21才）。そのうち、三段3名（被験者a, b, c）、二段4名（被験者d, e, f, g）、初段3名（被験者h, i, j）。

手続き：表1の実験順序で、各被験者とその被験者より段位の高い相手（HP）、同じ相手（MP）、低い相手（LP）とを、剣道の試合場面を想定して対戦させた。試合前（term A, B）には、各被験者に「対戦者を意識し、試合前の状態を思い浮かべて、精神を集中して下さい。」と指示した。

測定項目：皮膚温（ST）、心拍数（HR）

測定機器および測定方法：測定機器を表2に示す。STは1秒毎、HRは5秒毎の平均値を記録した。STへの精神的変化を測定する場所として、一般的に第2指と第3指が用いられるが、予備実験の結果その両者の値に有意差がなかった。そこで剣道競技場面において、竹刀を握るのに支障の少ない左手第二指末節掌側面に、センサーをサディカルテープで固定し、STを測定した。また、HRは胸部にセンサーベルトを装着して測定した。安静時及び試合前は、椅座位状態で、左手は掌側面を上向きにして、膝の上に置いた。

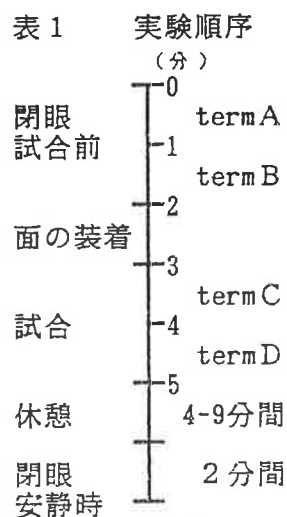


表2 測定機器

測定項目	測定機器
皮膚温 (ST)	DATA COLLECTOR AM7002 TYPE-E 安立計器株式会社製
心拍数 (HR)	SPORT TESTER PE-3000 POLAR ELECTRO KY製

環境条件：気温16.8～18.0℃、湿度45.0～71.0%、無風状態。

【結果と考察】

I 試合前から後にかけてのSTとHRの時間的变化

多くの被験者に共通したSTの時間的变化の例を図1に示す。図1から、試合直前であるterm A, Bでは、STは対戦者を意識し緊張状態にある為、交感神経活動が活発になり、安静時のSTと比較すると低い。試合中であるterm C, Dでは、更に低下し心理的緊張が高まっていると考えられる。すなわち、試合中の緊張状態において、交感神経興奮現象が見られる。また、試合開始直前、あるいは試合開始直後に若干STが低下する被験者がいた。試合開始直前・直後のST低下は、試合に臨む時点での緊張の反射的現象と考えられ、これは性格などによる個人差が関係していると思われる。試合終了後約30秒に約1~2℃低下するが、これは主動筋として活動した骨格筋に血液が集中し、皮膚の血流配分が減少した為と考えられる。その後、交感神経活動は抑制され、安静時にはかなり上昇する。

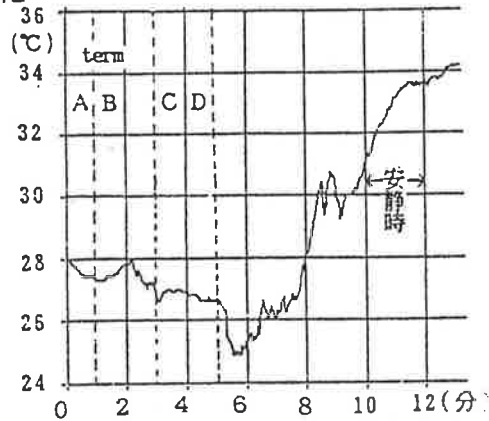


図1 皮膚温の時間的变化例

次に、HRにおけるほとんど全ての被験者に共通した、時間的变化の例を図2に示す。図2より、term A, Bでは安静時に比べ交感神経活動が促進されて増加しているので、緊張状態にあると思われる。term C, Dではその運動強度に応じて増加するので、心理的要因による変化の検討は困難である。したがって、以後、term C, Dにおける検討は省略する。試合後は時間経過にしたがい減少していく。

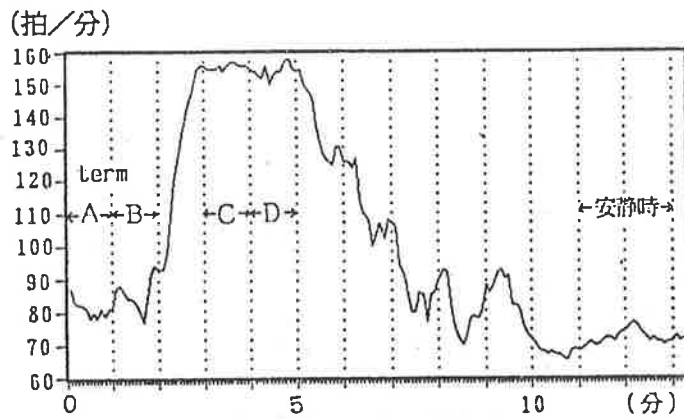


図2 心拍数の時間的变化例

II. 対戦者の段位が異なる時の皮膚温と心拍数の変化の型

ST (term A, B, C, D) とHR (term A, B) について、安静時を基準とした時の各termの増減値 [増減値 = term毎の実測値 - 安静時の実測値] を用いて、HP (各被験者より高い段位の者)、MP (各被験者と同じ段位の者)、LP (各被験者より低い段位の者) の順に対戦者を並べた結果を、各被験者のterm毎に図示した例を図3~図7に示す。また、対戦者の違いに基づくSTとHRの変化を4つのモデル型にまとめたものを表3に示す。さらに、実測値から対戦者の違いによるSTとHRの変化の型を分類し、まとめたものを表4に示す。

表4から、対戦者の違いが心理的影響をもたらして自律神経系に作用し、各被験者の競技遂行能力に大きく影響を及ぼすと考えられるが、心理的影響による自律神経系活動は、個人によって異なると思われる。対戦者をHP, MP, LPの順に自律神経系の興奮状態を並べた

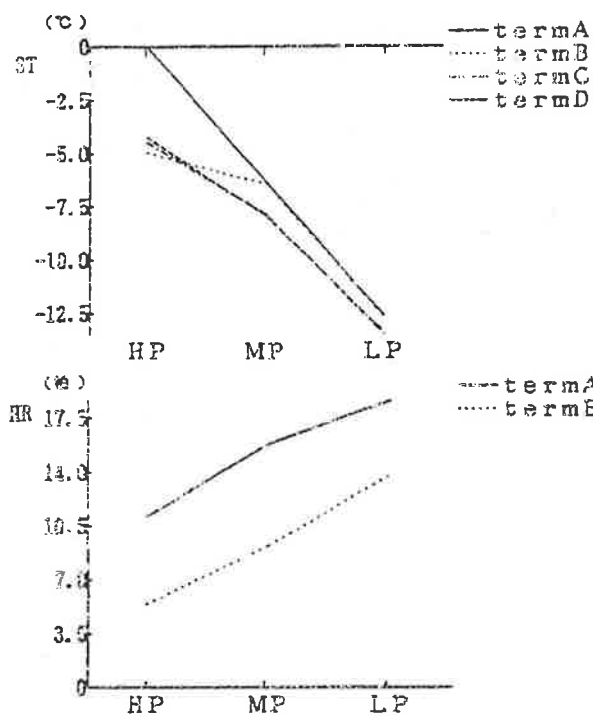


図3 皮膚温・心拍数増減値(被験者a)

HP: 対照者の段位が被験者より高い時

MP: 対照者の段位が被験者と同じ時

LP: 対照者の段位が被験者より低い時

増減値 = term毎の実測値 - 安静時の実測値

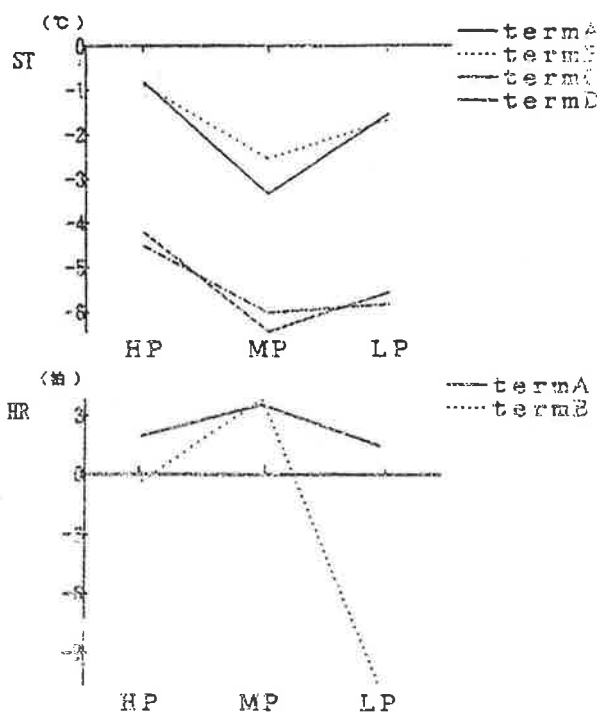


図4 皮膚温・心拍数増減値(被験者b)

HP: 対照者の段位が被験者より高い時

MP: 対照者の段位が被験者と同じ時

LP: 対照者の段位が被験者より低い時

増減値 = term毎の実測値 - 安静時の実測値

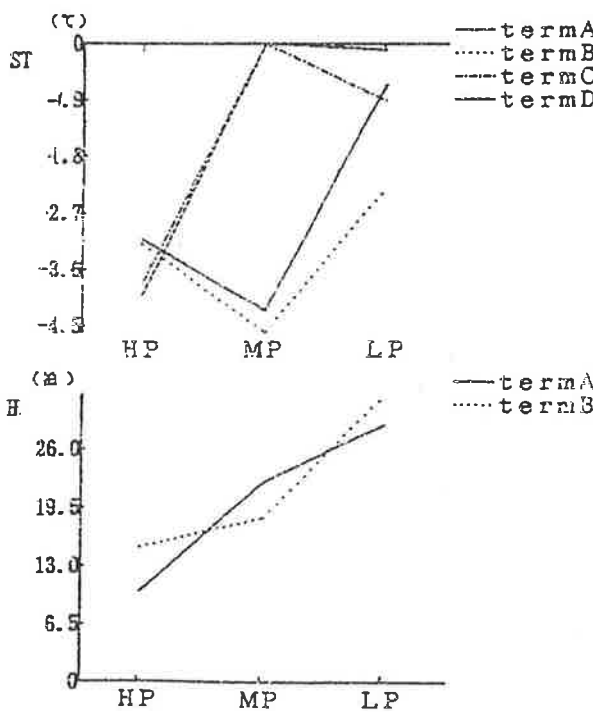


図5 皮膚温・心拍数増減値(被験者d)

HP: 対照者の段位が被験者より高い時

MP: 対照者の段位が被験者と同じ時

LP: 対照者の段位が被験者より低い時

増減値 = term毎の実測値 - 安静時の実測値

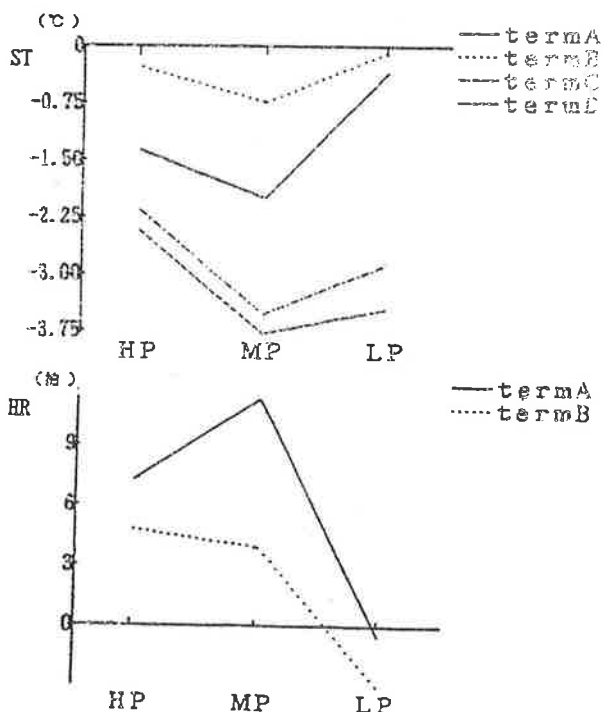


図6 皮膚温・心拍数増減値(被験者e)

HP: 対照者の段位が被験者より高い時

MP: 対照者の段位が被験者と同じ時

LP: 対照者の段位が被験者より低い時

増減値 = term毎の実測値 - 安静時の実測値

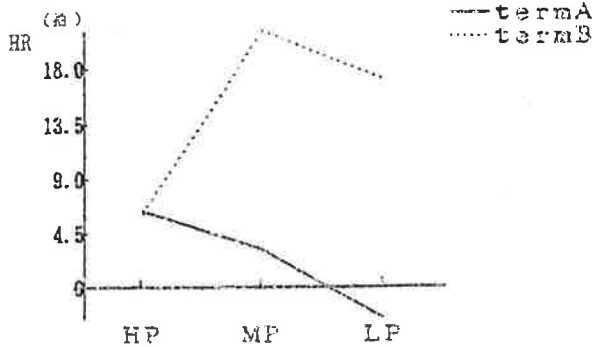


図7 心拍数増減値(被験者g)

HP: 対戦者の段位が被験者より高い時
 MP: 対戦者の段位が被験者と同じ時
 LP: 対戦者の段位が被験者より低い時
 増減値 = term A の実測値 - 安静時の実測値

表4 対戦者の違いによる皮膚温, 心拍数の変化の型

	モデル型	皮膚温			心拍数			被験者
		HP	MP	LP	HP	MP	LP	
毎の傾向が一定している者	交感型	高 低	↑	↓	多 少	↓	↑	該当者なし
	副交感型	高 低	↓	↑	多 少	↑	↓	a, h i
	混合型	高 低	↓	↑	多 少	↓	↑	(b) (c)
		高 低	↑	↓	多 少	↑	↓	(d) j
		測定不可			多 少	↓	↑	f
変化する者	高 低	A, B	↑	C, D	多 少	↓	↑	e
	測定不可				多 少	A, B	↓	g

() 内の被験者はHP時にモデルと異なる傾向を示すため、HP, LPのみの関係で分類した。
 HP: 対戦者の段位が被験者より高い時
 MP: 対戦者の段位が被験者と同じ時
 LP: 対戦者の段位が被験者より低い時

表3 対戦者の違いによる皮膚温, 心拍数を基準とした自律神経系興奮の4モデル型

4モデル型	皮膚温			心拍数		
	HP	MP	LP	HP	MP	LP
交感神経興奮型 (交感型)	高 低	↑	↓	多 少	↓	↑
副交感神経興奮型 (副交感型)	高 低	↓	↑	多 少	↑	↓
交感神経・副交感神経興奮混合型 (混合型)	高 低	↓	↑	多 少	↓	↑
	高 低	↑	↓	多 少	↑	↓

HP: 対戦者の段位が被験者より高い時
 MP: 対戦者の段位が被験者と同じ時
 LP: 対戦者の段位が被験者より低い時

時、対戦者がHPになるほどST, HRともに交感神経が興奮する型(交感型)の者がいなかった。これは相手が強いほど心理的な過緊張状態になって、いわゆる“あがり”の状態になりやすいと一般にいわれてきたが、そうした状態の時に交感神経が興奮すると考えられてきたことを再考するひとつの資料となるのではないかと考えられる。あるいはこうした結果は、対戦者の強さの順(HP, MP, LP)が、過緊張を生み出す動機づけ水準の高さの順序を表さないという理由によるものとも考えられる。今後この点の検討が必要である。

【結論】

対戦者の違いが剣道の試合前・中・後の皮膚温, 心拍数に及ぼす心理的影響を明らかにするため、剣道選手を対象に試合を行わせその結果を検討した結果、次の結論を得た。

1. 競技者は対戦者の違いによって、皮膚温と心拍数に影響を受ける。しかし、その影響の受け方は、個人によって異なる。

2. 対戦者を強さの順(HP, MP, LP)に並べて検討した結果からは、自律神経系活動には一定の傾向は見られず、むしろ多くの自律神経系興奮型が存在すると考えられる。

IV 快適感と脳波・自律神経系との関係についての検討

1 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響

— 脳波・自律神経系現象を中心に —

音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響

— 脳波・自律神経系現象を中心に —

佐々田尚子 月羽勲昭

はじめに

◇目的

どんなに小さなことでも必ず賛否両論あるように、同じ体験をしても、それを快く感じる人もいれば、不快に思う人もいるということは、日常生活の中でも経験することである。それは快さの尺度が『人それぞれ』であることの現れに他ならないだろう。そして当然人の心は杓子定規ではかれるものではないし、又はかれないからこそ人間であるとも言える。しかし、それをただ『人それぞれ』で済ますのではなく、その中にも個人を超えて共通性を見いだすことができるのではないだろうか。本研究は、人の快適感というものを科学にしてみたいという大きな目的を据え、始めたものである。

◇研究課題

日々の生活の中で、わたしたちは毎日のように音楽を耳にしている。私たちにとって、音楽なしの生活は考えられないほど、音楽の果たす役割は実に多様で、また必要不可欠なものだと思われる。例えば、最近、ストレス解消音楽、 α 波を導くリラクゼーション音楽のようなものが数多く売り出され、その種のCDが店の一角を占めるほど、さまざまなものを目にするようになった。ストレスの多い社会の中でそれだけ多くの人々が求めているということになるだろう。実際、ストレス緩和の策として75%の人が「音楽を聞くこと」を挙げたという調査も報告されている。¹⁾

このように、音楽が私たちの内面＝こころに働きかけることは簡単であるが、音楽によって起こる気持ちの変化は決して小さくはない。²⁾そこで、個人的な興味にもより、音楽を聴いているときに感じる快適さをテーマにしたいと考えた。

しかし、音楽と一口に言っても、メロディー、リズム、ハーモニー、テンポ、調性等、どの要素が作用しているのかを知るのは難題である。³⁾そこでHevnerも提言しているように、人の情動に最も影響を与えそうな要因として「テンポ」⁴⁾に的を絞ることで断念せざるを得なかった。そこで本研究では、テンポの変化が快適感にどのような影響を及ぼすのか検討する。

◇生理心理学的方法について

“快適”と感じるかどうかは個人の主観的な判断による心理的な問題である。Galanterによれば、そのような問題は必ずしも物理・化学的なタームで記述される必要がないどころか、そう志向すること自体無意味である、とされる。⁵⁾そこで“快適”を解明するためには心身一如という言葉のように、心と身体に対応関係がある、という事実に基づき、生理心理学的方法が考えうる。なぜなら、生理学的測度は、立派な物質化学であり、心理学的測度という非物質化学に対応しうると考えられるからである。そしてこの両者の間の対応関係を調べていくことこそ、生理心理学の実験方法として基本的なことである。

ここで、生理学的測度はさまざまなものが考えられるが、中でも情動と自律神経系現象の関わりについては古くから研究されている。心拍数については、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。また渡辺によれば、音楽の一曲のまとまりが生体に受容された時に、その影響が最も反映されるのが生体の意識水準（覚醒水準）であり、それを知る最も有効な手段が脳波の測定である、とされる。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 β 波、 α 波、 θ

波、 δ 波などに分類されるが、丹羽らは α 波をさらに β 波に近い状態から θ 波に近い状態まで周波数によって α_3 波(11.0~13.0Hz)、 α_2 波(9.0~11.0Hz)、 α_1 波(8.0~9.0Hz)、の3段階に分けている。¹¹⁾各脳波についての覚醒状態の定義は研究者によって細かな点で異なる場合も多いが覚醒水準が高く興奮した状態に β 波が優勢に現れ、ぼんやりした状態になるにつれ周波数の低い θ 波が優勢に、眠りに至ると δ 波に支配されるという一定の方向性は共通する見解である。

そこで本研究では、心理学的測度として、SD法(段階評定尺度)や質問紙法を用いた快適さに関する内観報告を、生理学的測度として脳波と、自律神経系現象のうちの心拍数を使用し両者の対応関係を検討する。

目的

一定間隔の断続的な音刺激を聴取する際、そのテンポが変化することにより1)快適感はどのように変わるかという心理的側面を検討し、2)聴取時の生理状態(心拍数・脳波)の変化を調べ、最後に3)生理心理学的に検討してゆく。具体的には以下の仮説を検証することを中心として本論を進める。

仮説1) 人は、概して速いテンポよりも遅いテンポのほうに快適感を持つ。

仮説2) テンポが変化することによって、心拍数・脳波も変化する。それは心理的原因によって起こる生理状態の変化と考えられ、心拍数は速いテンポほど増加し、周波数の高い脳波は速いテンポほど、周波数の低い脳波は遅いテンポほど増加する。

仮説3) 最も早いテンポを聞いている時の状態を基準にして、それよりも速いテンポになるより遅いテンポを聞いている時の方が生理的变化は少ない。

方法

表1 実験器具

◇実験I~IIIに共通する諸項目

- ・対象：女子大学生33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：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

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
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

・実験器具と使用法：実験に使用した器機を表1に示す。メトロノームはダイヤル調整によって自由に速度が選択できるものである。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。¹²⁾脳波計については前額に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よって2秒毎の β_2 ・ α_3 ・ α_2 ・ α_1 ・ θ_2 波の μ V値を記録した。また、観測時間に対する各脳波の優勢出現時間の比率も同時に記録される。¹³⁾ボディソニックは、気楽な気持ちで実験に臨んでもらうため、すべての実験を通してそれに深く腰掛けてもらっていた。また各被験者に実験条件を等しくするため、実験の進行は事前に作成したデモテープを使用し、それに従ってもらった。

・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¹⁸⁾を用いて行った。

◇実験I：各人の快適テンポの決定

「精神テンポ」は心理学のさまざまな領域からとりあげられているが、中でも本研究における快適テンポは、知覚性の精神テンポと考えられFrischeisen-Kohler(1933)、Rimoldi(1951)、Mishima(1965)、などによって研究されてきた¹⁷⁾。実験的には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がとられることが多い。先行研究²⁴⁾によれば、遅いテンポから聴き始めて選んだものの方が速いテンポから聴き始めて選んだものよりも遅い、という結果がみられる。また、それは1つに限られずたいいてい人は少なくとも遅い、中程度、速い、の3つくらいは快く感じるテンポをもつという報告もある⁵⁾。そのことを考慮した上で

あえて1つの快適テンポを決定するため、以下の方法を用い、計7回の試行により決定した。メトロノームは図1の(1)~(7)の目盛りにセットされているところから聴き始め、被験者自身にダイヤルを操作して決定してもらう。最終的には(5)~(7)で選ばれたテンポの平均値を決定値とする。なお、実験開始前に、各被験者に快適テンポの定義を示してある。

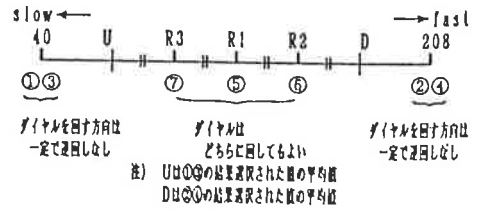


図1. メトロノームの初めのセット位置

◇実験II; テンポの変化に伴う快適感の変化 (心理的側面)

実験Iで決定した各人の快適テンポを基準にし、図2のように、そこから遅い方、速い方それぞれ比率が同じになるような5ポイントをとる。その計10のテンポを聴いてもらって、それを快く感じるかどうか図3のような5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。与えるテンポの順番は必ずS1→S2→S3...かF1→F2...であるが、S1からF1からかはランダム表により決定し最終的に半数ずつになるようにしてある。また、始めに各人の快適テンポを聴いてもらい、そのテンポを評定5と考えるよう告げる。なお、始めの5つのテンポを聴き終わった後、1分間の休憩を入れ、再び各人の快適テンポを聴いてもらい、残りの5つのテンポの評価を行ってもらう。

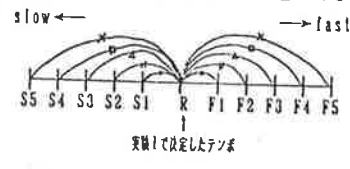


図2. 実験IIで与える10個のテンポ

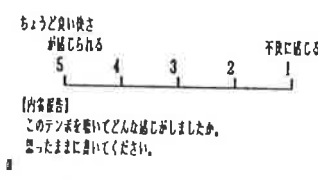


図3. 実験II 回答用紙

◇実験III; テンポの変化に伴う心拍数・脳波の変化 (生理的側面)

図2の中でS5、S3、R、F3、F5の5つのテンポをそれぞれverryslow、slow、preferred、fast、verryfastとし(以下これらをvs、s、p、f、vfと記す)これらを聴いているときの心拍数と脳波を測定する。5つのテンポは順序効果が見られる可能性があるのでランダムに与えることにし、同じ順序の被験者は一人もいないようにした。実験の順序は図4に示す。

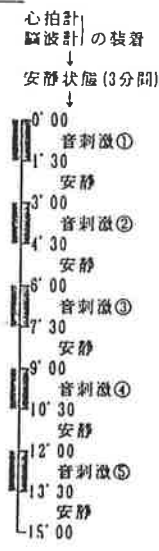


図4. 実験IIIの順序

結果と考察

1) 心理的側面について

実験I・IIの結果を示し、仮説1)を検討する。

実験Iの結果を図5に示す。やはり先行研究からも予想される通り、遅いテンポ(40cycle per minute(cpm))から聴き始めて選んだ値(U)と速いテンポ(208cpm)から聴き始めて選んだ値(D)には差があり、Uの方がDより遅いテンポとなった。最終的に個人の快適テンポと決めるRは、3回の試行の平均であるが、R1、R2、R3(図1参照)と、聴き始めるテンポが異なるにもかかわらずそれぞれから選ばれた3つが極めて近い値となった。これはRの信頼性を高くする結果と考えられる。また、U、D、RともにSDが大きくかなり個人差はみられた。

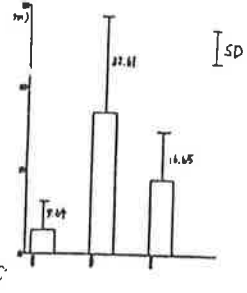


図5. 快適テンポ平均 (subJ=33名)
Uは40cpmから始めた上層層用
Dは208cpmから始めた下層層用
RはR1, R2, R3から始めたもの

次に、実験IIの結果を図6に示す。遅いテンポ聴いた時と速いテンポを聴いた時では明らかに差がみられ、遅いテンポの方が快適と感じる評価が高い、という仮説通りの結果となった。テンポの決め方上、S1とF1、S2とF2...は、そのまま比較しうるので(図2)その5組についてt検定を行ったところ全て0.1%水準で、遅いテンポの方が有意に評価が高い(=快い)と言えた。さらにS1~S5の合計とF1~F5の合計を有意差検定

した結果も0.1%水準で同様の結論が導かれたので、ここに仮説1)は認められた。これは言い換えれば「快適さを感じるのは遅いテンポの方には許容範囲が広いが速い方には狭く、遅い方よりも、すぐに不快感をもつ。」ということにもなる。

資料(12)

また、このことを裏づける内省報告も実に興味深い。一例を表2に示した。

しかし内省報告を読むうちに、とても気になる点が出てきた。私としては“快適”というものをごく簡単には右のようにとらえ、実験前にも提示したつもりであったが、眠りに近い状態をも“快適”としてとらえている被験者が多いようなのである。この“快適”の定義は本研究が成り立つための基本として大いに議論の余地があるところなのだが、それは結果的なものとして後述することにし、まずは仮説1)が証明されたとして次に進めたい。

2) 生理的側面について

実験Ⅲの結果を心拍数、脳波の順で示し、仮説2)を検討する。

図7に心拍数の変化を示した。被験者ごとに聴いた順番はランダムであったので、それをテンポごとに並びかえ、平均した値である。テンポの変化に伴う心拍数の変化を調べるため、安静時も含め6条件での心拍数を分散分析した結果 $F(df, error) = (5, 2227) = 14.02$ $P < .0001$ で有意差がみられた。そこでDuncan法による多重比較を用い、どのテンポに差があるのか下位検定を行ったところ、5%水準でvsとvf、vsとp、pとf、fとvfの間に差が認められた。また、安静時は全てのテンポと有意な差が認められた。以上より、テンポ間に統計上にも有意と認められる差がみられる箇所があったため、テンポの変化は心拍数の変化に影響を及ぼす、と考えられる。しかしその変化には、速いテンポほど心拍数が増加するという方向はなかった。実際、各被験者ごとの変化をみても、vsからvfに至るまで増加するのみ、という人はみられなかった。しかしvsとvfに有意差がみられたことからテンポに差が出てくると、速いテンポの方が増加するといえる。

次に脳波の変化を検討する。図8にテンポ別の μV 値を各脳波ごとに示した。テンポによる影響を調べるため心拍数と同様の統計処理を行った結果が表3である。

表3. 各脳波 μV 値の検定結果

脳波	分散分析の結果	多重比較の結果 有意差のみられた箇所
θ_2	$F(5, 104) = 1.88$ $p < .1488$	安静時と 全てのテンポ間 安静時と全てのテンポ、slowとprefer
α_3	$F(5, 104) = 4.03$ $p < .0022^{**}$	
α_2	$F(5, 104) = 5.13$ $p < .0003^{***}$	
α_1	$F(5, 104) = 6.92$ $p < .0001^{***}$	
θ_1	$F(5, 104) = 4.30$ $p < .0013^{**}$	

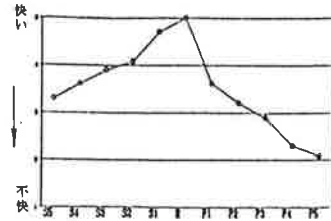


図6. R R O S R R R R R R

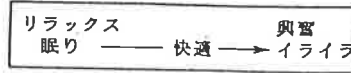


表2. 内省報告の一例

slow ← → fast
 1. 旗を立てたりするとき
 2. 一頭の中一のはやきの
 3. 少しイライラするテンポ
 4. 走ったり運動した後の
 5. 頭痛がするときこれくらい
 6. テンポでスキズキする
 7. 少し急いでいるときの
 8. 歩く速さ
 9. 起きている状態で音楽をお
 10. 聴いて眠りしている感じ
 11. 快適というよりは物事をお
 12. ついでゆるときのスピード
 13. 時計の秒針くらいのテンポ
 14. 眠りにつくときのような心地
 15. よさを感じる
 16. 普通の心臓の速さくらいで氣
 17. にかからない程度のテンポ
 (じやまにならない)

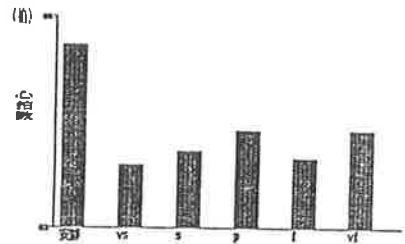


図7. 心拍数の変化

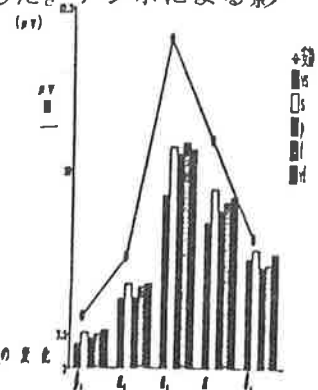


図8. 各脳波 μV 値の変化

このようにテンポ間では θ_2 波のsとpの1箇所には有意な差がみられなかった。

同じ脳波を、今度は優勢出現時間の比率（以下、優勢率と記す）で表したものが図9である。

表4. 各脳波優勢率の検定結果

脳波	分散分析の結果	多重比較の結果 有意差のみられた箇所
β_2	F(5, 105)=0.82 p<.5396	
α_3	F(5, 105)=3.95 p<.0025**	slow, pslow, f, v, m
α_2	F(5, 105)=2.77 p<.0215*	安静時と全てのテンポ間
α_1	F(5, 105)=0.72 p<.6076	
θ_2	F(5, 105)=1.69 p<.1436	

統計処理の結果は表4に示した。このように、分散分析の結果有意差がみられたのは α_3 、 α_2 波のみで、中でも α_2 波にはテンポ間には差はみられなかった。つまりテンポによって変化したのは α_3 波のみという結果になった。しかし、遅いテンポほど周波数の低い脳波が増加し、速いテンポほど周波数の高い脳波が増加する、という仮説2)の後半は優勢率に関するもので、この傾向が θ_2 波にみられそうであったので、改めて周波数の高い脳波として $\beta_2 \cdot \alpha_3$ 波を、周波数の低い脳波として $\alpha_1 \cdot \theta_2$ 波を取り出し、傾向性の検定を試みた。その結果、 α_1 波と θ_2 波に有意差がみられた箇所があったので、図11に示した。図10の α_3 波については前述のDuncanの多重比較の結果なので信頼できるものである。まず速波からみると β_2 波は速いテンポになるほど増加しているが統計的には有意ではなかった。 α_3 波は速いテンポほど増加するというわけではないが、最も速いテンポの時に他よりも有意に増加していた。次に周波数の低い α_1 波は、これも遅いテンポほど増加するというわけではないが最も速いテンポの時に遅いテンポよりも減少する傾向がみられ、 θ_2 波は仮説通りの傾向があるといえた。ただし、どちらも多重性を考慮した検定結果ではないため、結論の出し方は控え目にせねばならない。

ここで、 α_2 波についても述べる必要があるだろう。一般に α 波は行動効率との関連で注目されることが多く、Linsleyは習熟した運動のスムーズな遂行、つまり行動効率の良い状態に出現するとしている。⁷⁾¹⁵⁾さらに周波数を狭めた丹羽らの回転盤追従動作のじっけんでは成績の良いときに α_2 波が出現しやすく、¹²⁾中田によれば α_2 波帯域では勘や閃きが冴える、などの報告がある。これらはいずれも活動する際により良い状態であると考えられる。本実験では α_2 波は傾向検定でvsとfに有意差がみられ（図12）速いテンポの方が増加する傾向があるといえた。

以上より脳波については、 μv 値も優勢率もテンポによる変化がみられる、ということとはできない。しかし優勢率については、速いテンポほど周波数の高い脳波が増加し遅いテンポほど周波数の低い脳波が増加する、という仮説は完全に棄却されるわけではなく、その傾向があるということではある。また α_2 波は速いテンポの方が増加する傾向がみられた。

ここで少し付け加えることがある。あまり触れなかったことだが、心拍数、脳波ともに安静時はいずれのテンポとも、かなり差がある。しかしここでさらにこのことを考察するのは音刺激そのものについての影響を検討することになり、テンポの変化による影響という本論から外れかねない。右のような内省報告もあることからおそらく音刺激そのものに

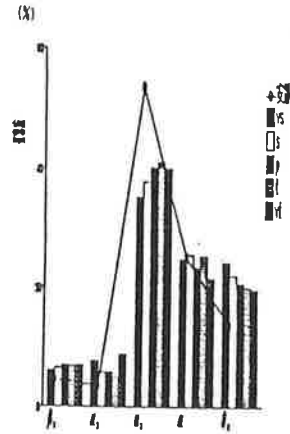


図9 各脳波優勢率の変化

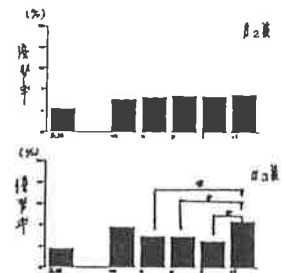


図10. β_2 、 α_3 波の変化

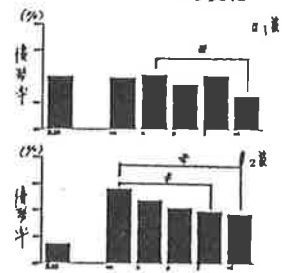


図11. α_1 、 θ_2 波の変化



図12. α_2 波の変化

19) 音(音)が刺激し、AやBの音の
 音の音(音)が刺激し、AやBの音の
 音の音(音)が刺激し、AやBの音の
 音の音(音)が刺激し、AやBの音の

実験終了後の
アンケートより

鎮静的な作用があるのではないか、という予想のみにとどめておくが興味深いところである。

3) 生理学的検討

実験結果と、前述の心理的側面・生理的側面の考察をふまえ仮説3)を検討する。

今、仮説1)は証明され、人は速いテンポよりも遅いテンポの方に快さを感じることがわかった。それならば、最も快と感じているpの時と遅いテンポを聴いている時の生理状態も近いものなのではないかと考えられる。逆に言えば速いテンポを聴いたときの方が変化する、ということになろう。具体的には、X1;<pからsへの変化>対<pからfへの変化> X2;<pからvsへの変化>対<pからvfへの変化> X3;<(遅いテンポとしてまとめて)vsとsの平均値とpの差>対<(速いテンポとしてまとめて)vfとfの平均値とpの差>の3点について心拍数と脳波で検定を行う。なお、脳波については2)で考察した結果 μ 値には特定の傾向がみられなかったこと、心理的条件に反応する脳波の測度としては優勢率のほうが妥当であるという報告があることなどから以後は優勢率についてのみ考察を行うものとする。またX1とX2の「変化」もX3と同様、差を意味するが、遅いテンポあるいは速いテンポへの変化量を見るという目的で、差に絶対値をつけたもので比較した。

まず心拍数の結果を表5に示す。X2にのみ0.1%水準で遅いテンポへの変化の方が大きいという有意差がみられた。これは仮説と逆の結果となったが、その変化のしかたは、速いテンポで心拍数が高くなるよりも、遅いテンポで低くなる変化の方が大きいということがわかった。

表5. t検定の結果 (心拍数)

X1	p<.9879
X2	p<.0001 ***
X3	p<.1032

次に各脳波の優勢率についての結果は表6の通りである。有意差があったのは α_2 波 θ_2 波で、それぞれのX1、X3ともに5%水準ですべて遅いテンポへの変化率の方が大きかった。

表6. t検定の結果 (各脳波の優勢率)

	β_2	α_3	α_2	α_1	θ_2
X1	p<.4546	p<.3295	p<.0337*	p<.4541	p<.0136*
X2	p<.1851	p<.4922	p<.3078	p<.1619	p<.1270
X3	p<.3726	p<.8637	p<.0353*	p<.1321	p<.0129*

またしても仮説とは逆の結果になってしまったが、その結果を考察すると、 α_2 波についてはX1、X3ともに速いテンポで出現率が増加するよりは遅いテンポで減少する変化の方が大きい、という結果になった。 θ_2 波についてはX1、X3ともに速いテンポで出現率が減少するよりは遅いテンポで増加する変化の方が大きい、ということであった。

ここでおもしろい結果が見えてきた。仮説3)の検討結果をまとめると、仮説3)は棄却されたが、次のように考察できる。心拍数と α_2 波・ θ_2 波の優勢率は、このどれもが、遅いテンポになる方が変化したのである。ただし仮説2)よりそれぞれの変化は図13のように異なるものである。仮説1)より、遅いテンポを聴いている時=快い状態、速いテンポを聴いている時=不快な状態、と考える。以上のことから一つには「快適感は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变化は大きい」、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变化は小さい」といえる。

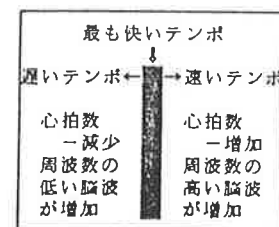


図13. テンポによる心拍数・脳波の変化

4) テンポの適合性に基づく検討

これまで、仮説1)に基づいて、人は遅いテンポに快適感を持つことを証明し考察してきた。たしかに統計的にも認められ『人それぞれ』を越えた傾向だと考えられる。しかし、実は実験終了後に「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。」というアンケートをとっており、その結果「速いテンポ」と答えた人が33名中5名いたのである。おそらくこの5名については仮説1)が当てはまらなると考えられ、無視できない。そこで、以下、この5名をF群、他をS群とし、主にF群について、これまでの仮説を再検討する形で考察す

る。

4)-1 仮説1)の再考

実験IIの結果が図14である。仮説1)を検証した時と同じ手続きでS1とF1、S2とF2…の有意差検定を行った結果が表7である。図14を見るとF群はS2-F2の評価は等しく、S3-F3以降は速いテンポの方が高い評価(=快い)になっている。また表7の検定結果はS群は0.1%水準で遅いテンポの方が有意に評価が高いが、F群に有意差は見られない。ここから、S群は遅いテンポの快適さに比べ速いテンポが不快だということが明らかであり、F群は速いテンポの方が快適なようだがそれに比べて遅いテンポがそれほど不快というわけではない、と考えられる。

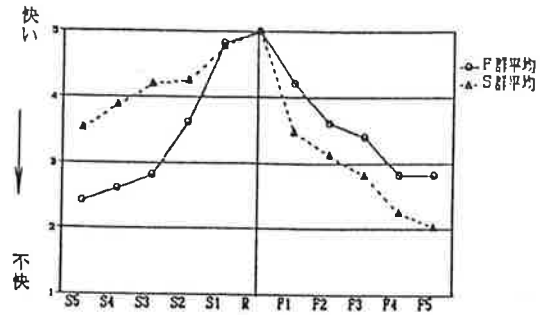


図14. 快適度の5段階評価 - 群別

表7. 遅いテンポと速いテンポの快適性の比較 - 群別
t 検定の結果

	S1-F1	S2-F2	S3-F3	S4-F4	S5-F5
F群	p<.2080	p<.000	p<.3046	p<.7489	p<.4766
S群	p<.0001***	p<.0001***	p<.0001***	p<.0001***	p<.0001***

4)-2 仮説2)の再考

F群の生理的側面は次のようであった。まず心拍数について、分散分析を行った結果、F(5, 445)=8.90 P<.0001で、テンポ間では、vsとvf、vsとp、vsとs、sとp、pとfに5%水準で有意な差があったため、テンポの変化がF群の心拍数にも影響を及ぼす、といえる。ただしテンポに伴う方向性を持った変化はみられず、pが最も高い値であった。

次に脳波の μ v値と優勢率についても検定を行ったが、 β_2 波の μ v値でpとvf間1箇所にしかな有意差が見られず、特定の傾向も見出せなかったため、テンポの変化がF群の脳波に影響を及ぼすとはいえなかった。

4)-3 仮説3)の再考

F群の、遅いテンポと速いテンポでの変化のしかたの違いをS群と比較するという形で検討する。

まず心拍数についてX1、X2、X3(P.19参照)の検定結果は表8のようであった。有意差のみられた箇所をさらにもどのような変化であるかを考察すると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という全体と同じ結論になり、それに対しF群はいずれのテンポでも心拍数は低くなるが、速いテンポの方がより低くなる、といえる。

表8. t 検定の結果 - 群別
(心拍数)

	F群	S群
X1	p<.9530	p<.9829
X2	p<.7083	p<.0001***
X3	p<.0003***	p<.0076**

次に各脳波の優勢率の結果を表9に示す。さらにどのような変化であるかを考察するとS群は周波数の低い脳波で、遅いテンポの方が増加するという結果がはっきり出た。一方F群の5名は、いずれのテンポによる変化も差がないといえる。これは、4)-2の、脳波はテンポの影響を受けない、という結果から考えても当然のことであった。

表9. t 検定の結果 - 群別 (各脳波の優勢率)
~F群~

	β_2	α_3	α_2	α_1	θ_2
X1	p<.4458	p<.5663	p<.1858	p<.9031	p<.7941
X2	p<.1452	p<.4095	p<.3302	p<.7834	p<.1400
X3	p<.6880	p<.7942	p<.6681	p<.7756	p<.3676

	β_2	α_3	α_2	α_1	θ_2
X1	p<.1822	p<.2430	p<.1772	p<.4651	p<.0128*
X2	p<.1375	p<.4489	p<.1303	p<.0789 Δ	p<.0073**
X3	p<.4349	p<.8063	p<.0174*	p<.0594 Δ	p<.0042**

糸言 論

音楽の中でも「テンポ」という要素のみをとりあげた際、音刺激としてのテンポの変化が、

聴取している人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学的に考察した結果、仮説と関連して次のような結論をえた。

1)人は概して速いテンポよりも遅いテンポの方に快適感を持つ。

2)心拍数はテンポが変化することによって変化する。ただし、速いテンポほど増加するという方向性は見られないが概して速いテンポの方が高い心拍数である。脳波は安静時と音刺激聴取時は確実に異なるが、今回の実験から、テンポの変化に伴う脳波の変化は明確には認められない。しかし、各脳波の優勢出現時間の比率で見れば、周波数の高い脳波の出現率は速いテンポほど増加し、周波数の低い脳波の出現率は遅いテンポほど増加する傾向がある。

3)最も早く感じるテンポを聴いているとき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と脳波は変化する。これは仮説1)の結論も含め、快適感はずほど変化しなくても遅いテンポを聴いて起こる生理的变化は大きい一方、快適感はず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、といえる。

多くの人について以上の結論が当てはまるが、実験の結果、速いテンポに適合する人も少数だが存在することがわかり、その人たちについては仮説と関連して次の結論を得た。

4)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、どちらにも対応しうる。

5)心拍数はテンポが変化することによって変化する。それは速いテンポでも遅いテンポでも最も早いテンポを聴いている時より減少する変化である。また、脳波はテンポの変化に影響を受けない。

6)心拍数、脳波ともに最も早いテンポを聴いている時の状態を基準にして、それより速いテンポを聴いても遅いテンポを聴いても同様の状態になる。

おわりに

『人それぞれ』を超えることができたのだろうか。やはり“快適感”は、一言で定義することはできない。本研究では、音刺激について遅いテンポの方に快適感を持つことを検討してきたが、その作用には、心身共に落ち着き、リラックスさせる効果があるようだった。筆者が思うところ、どんな活発な動きでも激しい音楽でも、それを早く感じる根底には心にこの“静”の方向が必要なのではないだろうか。逆の例になるが、有名な指揮者カラヤンは、フォルティッシモを鳴らすために身体的努力をした瞬間ではなくて、最も情動的な反応が大きいフレーズを指揮した時が最高の心拍数を記録した、という研究報告もある¹³⁾。つまり、もし、心が“静”の状態であるならば、それが一般的には“静”を導くものでなくとも、その人にとっては早く感じるのではないか。これは本研究からは飛躍した考えかもしれないが、基礎的な研究のひとつになったと考えたい。

文 献

- 1) 橋本圭子(1991) α 波フィードバック訓練における“結果の認知”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) 平井タカネ(1988) Preferred Tempoとその変容に関する研究. 一般研究C研究成果報告書: 49-60.
- 3) 今村護郎(1975) 生理学的心理学の方法. 八木 編 心理学研究法 I. 東京大学出版: 東京, pp79-90.
- 4) 岩永誠・坂上ルミエ・矢内直行(1989) テンポの好みに関する基礎的研究(I). 作陽音楽大学研究紀要 22-2:1-13.
- 5) 岩永誠・坂上ルミエ・矢内直行(1989) テンポの好みに関する基礎的研究(II). 作陽音楽大学研究紀要 23-2:55-65.

- 6) 泉山中三 (1989) アメニティの視点から見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.
- 7) 市村操一編 (1933) トップアスリートのための心理学. 同文書院: 東京, pp70-74.
- 8) クルト=ザックス (1979) リズムとテンポ. 音楽之友社: 東京, pp28-30.
- 9) M. クリッチェリー・R. A. ヘンスン (1983) 音楽と脳 I. サイエンス社: 東京, pp3-6.
- 10) 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 - α 波からの検討 -. 筑波大学体育研究科修士論文
- 11) Niwa, T. and Hiro, Shiho. (1992) Examination of the Validity of Prevalent EEG Biofeedback training for the Increasing of Concentration.
- 12) 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.
- 13) 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, pp103-108.
- 14) 芋阪良二 (1992) 環境音楽. 大日本図書; 東京, p136.
- 15) 佐久間春男 (1987) 運動とバイオフィードバック. 松田岩男・杉原隆編著 運動心理学入門. 大修館書店: 東京, p23.
- 16) 篠原弘章 (1987) 行動科学のBASIC統計解析. ナカニシヤ出版: 京都, pp113-121.
- 17) 杉之原正純・松田俊・平伸二 (1984) 精神テンポの基礎的実験研究. 広島修道大学総合研究所: 広島, pp3-24
- 18) 竹内啓監修 (1991) SASによるデータ解析入門. 東京大学出版会: 東京, Pp233.
竹内啓監修 (1993) SASによるデータ解析入門 (第2版). 東京大学出版会: 東京, Pp. 242.
竹内啓監修 (1989) SASによる実験データの解析. 東京大学出版会: 東京, Pp358.
- 19) 渡辺茂夫 (1988) 応用音楽療法. 学芸書林: 東京, pp160-168.
- 20) 渡辺茂夫 (1992) 健康と音楽. 誠文堂新光社: 東京, pp126-144.

V 咀嚼運動と優勢脳波との関係の検討

1 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討

— 優勢脳波を中心に —

咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討

—— 優勢脳波を中心に ——

木匠 美優子 丹羽 劭昭

1. 緒言

近年、スポーツ選手の心理面に関する研究が注目されているが、心理状態を自分自身でコントロール（セルフコントロール）し、より良い成果を上げたいと望むことはスポーツ選手に限ったことではない。

どのような場面、環境においても個人にとって「最適な心理状態」を作り、それを保持できるようにすることを目的とした様々な「メンタルトレーニング」の方法が検討されているが、「最適な心理状態」とは、大脳の活動水準が目的とするパフォーマンスに適した状態で、心理的には過度の緊張や弛緩もない状態であると考えられる。またこの「最適な心理状態」を客観的に測りみる指標として、脳波、心拍数、皮膚温などの現象が分析され、一般的に「最適な心理状態」とは、パフォーマンス成績が高いときにみられるこれらの現象をもって、「最適な心理状態」とされている。

本論文では、あらゆるパフォーマンス成績の向上に欠かせない集中力に焦点を置き、集中力を測る指標として、心理状態と関係が深いとされている前頭葉からの脳波¹⁴⁾を前額皮上から測定する。

また集中力を測るパフォーマンスとして、聴覚単純反応と、聴覚複雑反応の反応時間を測定する。反応時間を集中力を測る指標として用いる理由は、

- ①集中力が高まった状態では反応時間が速くなると考えられる。
- ②もっとも安静閉眼状態に近い状態で行えるので、脳波を正確に測定できる。
- ③練習効果が比較的少ないと思われる。
- ④特にスポーツの場面では、反応時間が短いことは特に重要である。⁷⁾

という理由からである。従って本論文では、集中力を、「刺激が呈示されてから、中枢神経を経由して末梢神経へ伝達し、運動が実行されるまでの時間」として考えることにする。

一点集中時における、脳波からみた「最適な心理状態」とは、丹羽らの報告によると、優勢脳波 α_2 波（周波数9～11Hz）の出現率が高いときだとされている⁹⁾。しかしながら、 α_2 波の出現率を高める契機となるものは、明らかにされていない。そこで筆者は、最も身近な「噛む」という運動に注目した。かなり古くから経験的にはその大脳への影響がいい伝えられてきたが、最近の食べ物の固さの軟化に伴い、咀嚼運動の重要性についての研究がなされ始めた²⁾。例えばラットを使った実験では、硬い食物ばかりを食べて育ってきたラットと、柔らかい食物ばかりを食べて育ったラットとでは学習能力に差がみられた。また固形食を粉にしたものをマウスに食べさせていると、その顎が次第に小さくなっていったり、脳の機能の発達が遅れてくる、と報告されている⁵⁾。人間においても、チューイングガムを噛むと咀嚼に関わる筋肉内の血流量が増加し、大脳皮質の咀嚼知覚・運動領の血流量が増大して、脳機能の発達に好影響を及ぼすことが明らかだとされている⁵⁾。

また、リズムカルな咀嚼運動がヒトヒラメ筋H反射に影響を及ぼすことから“噛む”ことが全身の運動能力に影響を与えることが報告されたり⁸⁾、長谷川²⁾は「…顎を動かして、ゆっくり噛むことは大脳皮質を刺激してストレスの解消になるのです。…(中略)…噛むことは精神の安定、

ストレスの解消となり、セルフコントロールのためにも大切なことです。…(中略)…運動選手がチューイングガムや噛みたばこを噛みながら試合をしているのを見かけます。これは、噛むことによって集中力、判断力を高め、さらに闘争本能を奮い起こさせるためです。また緊張感があると唾液がでにくくなったり、でなくなります。チューイングガムなどを噛むことで、大脳皮質を刺激して活発に活動させ、唾液の分泌を促し、その結果、リラックスできるからなのです。…」と述べている。

このように、咀嚼運動が人体に及ぼす影響についても、かなり認められてきている。

これらのことから、咀嚼運動により、覚醒中枢である脳幹網様体賦活系に刺激を与え、大脳の活動水準を最適な状態に近づけ、それを保持することができるのであれば、集中力を高めることができ、そのことによってある種のパフォーマンス成績を向上させることができるのではないかと考えられる。

II. 目的

集中力が高まると、 α_2 波が多く出現することはこれまでの実験で報告されている¹⁾³⁾。実際には α_2 波を多く出現させる、つまり集中力を高める契機となるものは明らかにされていない。そこで咀嚼運動により大脳の働きが活発になるということに注目し、咀嚼運動で、脳幹網様体賦活系を刺激し、大脳の活動水準を最適な状態に保持することができるのであれば、集中力を高めることができ、ある種のパフォーマンス成績を向上させることができるという仮説が成り立つ。そこで本実験では、咀嚼運動による集中力増強への有効性を実験的に検討する為、次の仮説を検証する。

1. α_2 波が安静時より多く出現するとき、ある種のパフォーマンス成績が向上する。
2. 物を噛む運動(咀嚼運動)を契機として α_2 波を多く出現させることができる。
3. 咀嚼運動によって集中力を高めることができる。

III. 方法

1. 対象：18歳～22歳の女子大学生16名
2. 実験期日：1993年11月6日～11月25日
3. 実験条件：室温 20.0～25.0°C
湿度 50.0～70.0%
4. 測定機器：
脳波計 FUTECH FM515S^{#1)}
筋電計 J & J EMG, M57
反応時間 ヤガミ全身反応測定装置YB-1A

5. 器具の装着部位：

脳波計 前額の右(Fp₂の位置)に探查電極を、左(Fp₁の位置)にアースをセンサーベルトにより装着し、基準電極(クリップ電極)を左耳たぶ(A₁の位置)に装着する。(図1)

筋電計 顔面左側の咬筋部に探查電極とアースを装着する。(図2)



図1 脳波計の装着部位

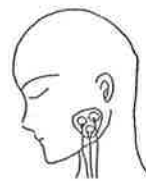


図2 筋電計の装着部位

6. 測定内容：

脳波

前頭葉から導出される優勢脳波^{#2)}を単極誘導^{#3)}により2秒ごとに測定、記録する。ここでは

2秒ごとの優勢帯域成分を基に各脳波帯域が優勢帯域となった観測時間に対する、出現時間の比率（優勢脳波出現率）を用いる。その理由は優勢脳波出現率の方が μV 積分値を使うより心理的条件差が明瞭に観察されるという先行研究による³⁾からである。

FM515Sでは、 θ_2 波（5.0~6.2Hz,中心周波数5.6Hz）, α_1 波（8.0~9.0Hz,中心周波数8.2Hz）, α_2 波（9.0~11.0Hz,中心周波数10Hz）, α_3 波（11.0~13.0Hz,中心周波数12Hz）, β_2 波（16.4~19.6Hz,中心周波数18Hz）, ARTIFACTを測定できる。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3に示す。

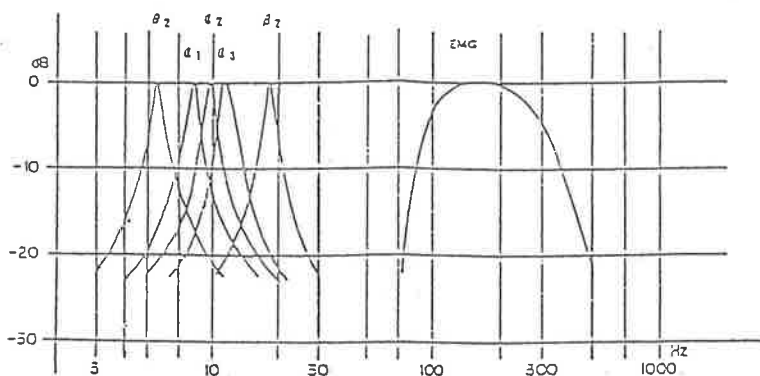


図3 バンドパスフィルターの周波数特性

筋電

顔面左側咬筋部から導出される筋放電を測定する。本実験で筋放電を測定する理由は、噛む速度には個人差（500ms/1回~1200ms/1回）が大きく見られることから、噛んだ回数による違いが得られ、回数を基準とした、検討も可能になると考えたからである。従って明らかに噛んだ回数を数える必要があるためである。

また噛む回数、強さ、ペースなどは個人の最も快適でかつ、非日常的な運動にならないように個人に任せ、特にこちらで規定しないものとする。

反応時間

Foreperiodは1秒~5秒の間で、その間隔、順序は乱数表によりランダムにする。単純反応では被検者にあらかじめ利き手の人指し指を、反応スイッチの上に置いた閉眼状態で待機してもらい1000Hzの信号音がなれば、できるだけ速くスイッチを押し、信号音を止めてもらう。複雑反応では両手の人指し指を反応スイッチの上にそれぞれ置いた閉眼状態で待機してもらい、500Hz（低音）がなれば左、3000Hz（高音）がなれば右のスイッチをなるべく速く、正確に押しってもらうよう指示する。

また、利き手、非利き手の差をなくすため低音と高音は同じ回数、刺激呈示順序は乱数表を用い、ランダムにする。

IV. 実験手続き

練習試行	
聴覚単純反応 (10試/1回×3回)	0' 50"
休憩 (説明も含む)	0' 30"
聴覚弁別反応 (10試/1回×3回)	0' 50"
本試行	
安静 (優勢脳波測定)	3' 00"
噛む	
試行前閉眼 (優勢脳波測定)	1' 00"
聴覚単純反応 (優勢脳波測定) (10試/1回×10回 1セットで3セット行う。各セットの間に20秒の休憩を入れる。)	5' 40"
試行後閉眼 (優勢脳波測定)	1' 00"
休憩	1' 00"
噛む	
試行前閉眼 (優勢脳波測定)	1' 00"
聴覚弁別反応 (優勢脳波測定) (10試/1回×10回 1セットで3セット行う。各セットの間に20秒の休憩を入れる。)	5' 40"
試行後閉眼 (優勢脳波測定)	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6 実験手順

実験手順は図4に示すとおりに行う。噛む時間は、0'00", 1'00", 3'00", 5'00"の4段階とし、それぞれ実験1, 実験2, 実験3, 実験4とする。どの被検者にも全ての場合を実験してもらおう。また、各実験日も脳の活動水準をできるだけ等しくするため、実験時間帯を統一する。反応時間の練習試行はできるだけ練習効果を避けるため、実験初日にのみ行う。また噛む時間の長さの順序は、1~4までの数字の書かれたカードを無作為に抽出する方法で、ランダムにする。

また噛むものは、日常的な食べ物で、咀嚼してもなくならないよう、なるべく味の無いガム状のものとする。これは市販のガムから風味成分をとりのぞいたガムベース1gを、1回につき2個噛んでもらう。^{#4)}

V. 実験結果の処理

奈良女子大学情報処理センター内で、SASによる統計処理を行った。

VI. 結果

1. パフォーマンス成績について

パフォーマンス成績については、単純反応、複雑反応ともに、実験4, 実験3, 実験1, 実験2の順に速くなっており、多重比較の結果どちらの場合も、実験2と実験3, 実験4に、実験1と実験4に有意差がみられた(5%水準)(図5)。

また、反応時間と噛んだ回数、時間に相関はほとんどなかった。

2. 優勢脳波について

優勢脳波は前述のとおり、優勢脳波出現率で算出している。各脳波とも、試行前、試行中、試行後と安静時に測定しているが、試行前後(特に後)の脳波は、パフォーマンス成績との相関性にも欠け、値に一貫性もなく偶然性が高いのではないかとと思われるため、本論文ではとりあげないことにする。但し、試行前の脳波は、パフォーマンスに関係なく、咀嚼運動によって、心理状態の安定性などに変化があったかどうか見るため、少し触れることにする。優勢脳波の有意差検定は、各日、実験前に測定している安静時の脳波をその日の基準値として、基準値からの増減分について多重比較を行った。その結果、有意差が認められたのは単純反応試行前 α_3 波、実験1と実験2, 実験3に5%水準で、実験1と実験4に1%水準で認められたほか、単純反応試行前 β_2 波、実験1と実験2に5%水準で、実験1と実験3, 実験4に1%水準で有意差が認められた。

また有意な差は認められなかったが、試行前、試行中の各優勢脳波の各実験別の変化を図6~9までに示す。

噛んだ回数、時間と各優勢脳波出現率との相関

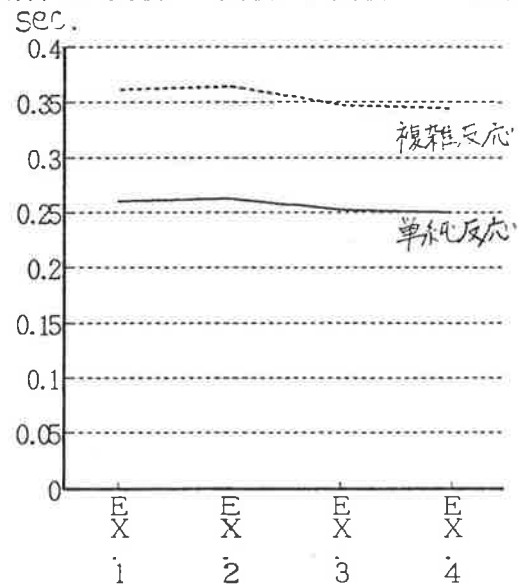


図5 反応時間の推移

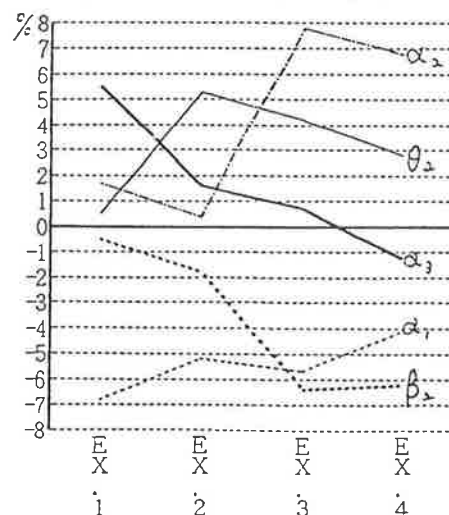


図6 単純反応 試行前と安静時の優勢

脳波の差の推移

がみられたのは、有意差がみられた単純反応試行前の α_3 波に、噛む回数と時間の両方にマイナスの相関（相関係数-0.318、-0.296、有意水準0.011、0.017）が、 β_2 波に噛んだ時間とのマイナスの相関（相関係数-0.252、有意水準0.045）がみられた。

3. 反応時間と優勢脳波の相関について

単純反応と相関の認められた脳波は、 θ_2 波、 α_1 波の試行前、試行中にマイナスの低い相関が、試行前、試行中の α_2 波にはプラスの低い相関がみられた。

また複雑反応の場合は、試行前、試行中の α_1 波、 β_2 波にマイナスの低い相が、試行前、試行中の α_2 波にはプラスの低い相関が認められた。（表1）

4. 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、1分のときには「短い、噛み足りない」という意見が4%を占め、3分のときには「ちょうど良い」という意見が、5分のときには「ちょっと長い、疲れた」という意見がそれぞれ4%を占めた。（図10～図12）

また、「実際にガムを噛んでみて集中できたと思うか？」という質問に対して、「集中できた」と断言したものと、「集中できたかどうかよく分からないが、何らかの効果（例えば頭がすっきりする、心が落ち着くなど）はあった。」と答えたものを合わせると4%が咀嚼運動による集中力への効果を認めた（図13）。

また、「余り思わない」と答えたうちの一人は、「この実験では、余り集中できたとは思わない。」と答えたが、「普段ガムなどを口ににする。」とも答え、その理由を「物を噛むことによって、何となく安心するから。」としている。そのほかにも「良く分からない」と答えた一人は、「噛むことには集中できたが、パフォーマンスにつながったかどうかは、不明。」とし、咀嚼運動の効果については、「人によるのではないか。」と答えている。

5. 各優勢脳波出現率の相関について

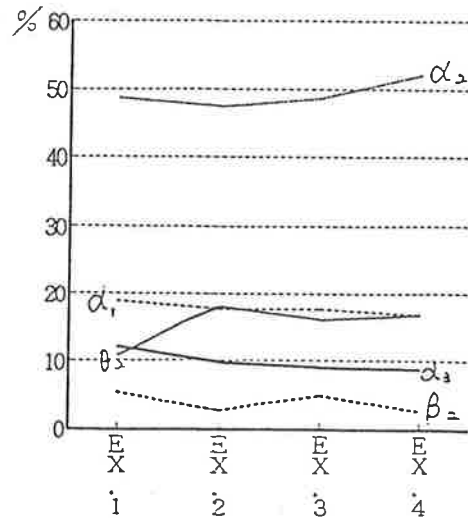


図7 単純反応 試行中と安静時の優勢脳波の差の推移

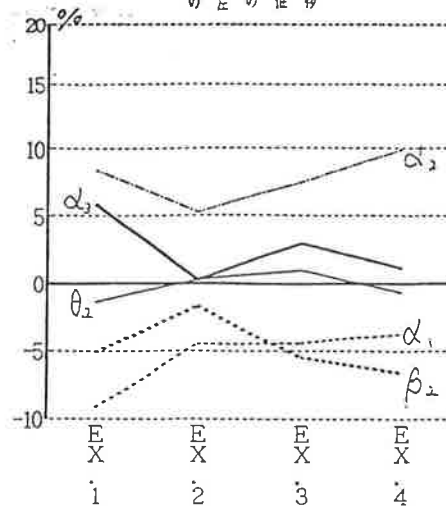


図8 複雑反応 試行前と安静時の優勢脳波の差の推移

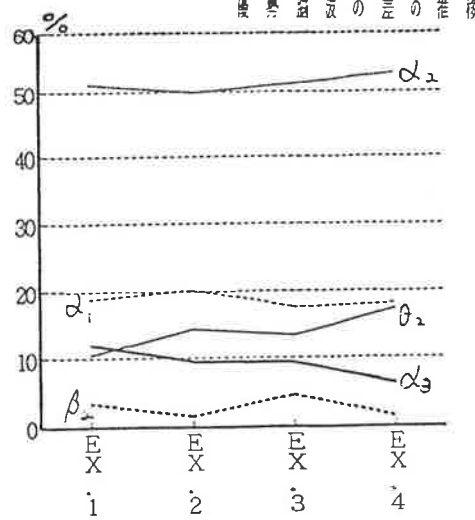


図9 複雑反応 試行中と安静時の優勢脳波の差の推移

各優勢脳波の出現率間の相関については表2のような結果になったが、概して α_2 波と各脳波との出現率の相関はマイナスの相関であることが分かる。

VII. 考察

仮説1において、 α_2 波が安静時より多く出現するとき、ある種のパフォーマンス成績が向上するということは丹羽ら⁹⁾の実験で報告されているが、報告されているパフォーマンスは、注意力計による一点集中のみで、今回行った反応時間とどの脳波に相関があるかははっきり分かっていない。そこで、4実験64事例中 α_2 波が安静時より多く出現しているもの上位8例と、下位8例を選出し、その時の反応時間の成績について有意差検定を行った。また反応時間には、運動経験者と非運動経験者、また運動の経験種目などにより個人差が大きいことが報告されている¹³⁾ので、反応時間の成績は個人の4実験の平均をマイナスしたもので検定した。その結果、上位8例と下位8例の α_2 波の出現率について、1%水準で有意な差は認められたが、反応時間については、単純反応、複雑反応のどちらにも有意差は認められなかったため、仮説1は成り立たないことになる。

では反応時間と関係があるのはどの脳波なのかを検討してみることとする。

リンズレイ¹⁰⁾によると、「選択的で速やかな反応、注意集中」の時には、「はっきり目覚め状態」、つまり α 波(8~13Hz)よりも少し周波数の高い脳波が出るときに、作業能力は「良好」としている。また覚醒状態にある正常成人にはほとんど出現しないとされている θ 波¹¹⁾も、暗算など精神作業を负荷した場合などにも出現する。¹¹⁾また集中力の要る作業中に出ることが多い¹⁰⁾とも言われていることから、反応時間と各脳波の出現率との相関を調べてみた。すると本実験では結果で述べたとおり、単純反応においては θ_2 波、 α_1 波が多く出現すれば反応時間は速くなり、 α_2 波が減少すれば、反応時間が速くなることが分かった。また複雑反応では、 α_1 波、 β_2 波が多く出現し、 α_2 波が減少する時、反応時間が短縮すると考えられる。

仮説2について、優勢脳波 α_2 波における有意差検定を各日の安静時の値を基準として行ったところ、有意な差は認められなかった。しかし、 α_2 波と噛んだ回数との相関を調べると、単純反応、試行中の α_2 波と1分噛んだときと3分噛んだときの回数にそれぞれ正の相関が認められた(相関係数0.442, 0.446、有意水準0.085, 0.084)。また複雑反応、試行中の α_2 波にも3分間噛んだときの回数とに正の相関(相関係数0.509、有意水準0.044)が、5分噛んだときの回数と正の相関(相関係数0.43

		単純反応	複雑反応
θ_2	試前 r	-0.202	-0.058
	p	0.109	0.647
	試中 r	-0.351	-0.189
	p	0.004	0.135
α_1	試前 r	-0.212	-0.269
	p	0.092	0.032
	試中 r	-0.306	-0.383
	p	0.014	0.002
α_2	試前 r	0.230	0.222
	p	0.068	0.079
	試中 r	0.347	0.341
	p	0.005	0.006
α_3	試前 r	0.161	0.133
	p	0.205	0.294
	試中 r	0.157	0.132
	p	0.214	0.297
β_2	試前 r	-0.083	-0.242
	p	0.513	0.054
	試中 r	-0.176	-0.246
	p	0.165	0.050

表1 反応時間と優勢脳波との相関係数

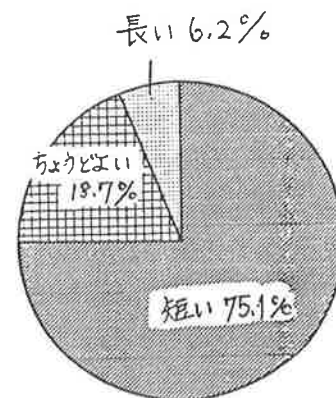


図10 ガムを噛む時間について(1分)

2、有意水準 0.095) が認められた。これらのことから考えると、咀嚼運動時間の長さが優勢脳波 α_2 波を多く出現させる契機となるものではない難いが、咀嚼回数と正の相関があることや、咀嚼回数が多いほど優勢脳波 α_2 波が多く出現すると考えられる。少なくとも被検者の内省報告から、最も「ちょうど良い」と感じられた3分のときに α_2 波の優勢出現率と咀嚼回数に正の相関が最も高くあったことは、適度の咀嚼運動が α_2 波を増大させることに一役かっていると言えるのではないかと考えられる。

以上の結果から考えると、咀嚼運動(回数)により増大したと思われる α_2 波(図7, 9参照)とは正の低い相関関係にある反応時間にも、実験2より実験3, 4、実験1より実験4の反応時間が有意に速くなる(図5参照)という逆の関係がみられたのはどうしてであろうか。

実験順序はランダムになっていたため、練習効果とは考えられない。ここで一つ考えられることは、咀嚼運動が心理面に及ぼしている効果についてである。前述のとおり、「実際ガムを噛むことによって集中できたと思うか」という質問に対して全体の%はガムを噛むことによって「集中できた」と感じたり、「頭がすっきりした」、「心が落ち着いた」など何らかの効果を認めている。このことから、脳波にはその効果は現れなかったものの、パフォーマンス成績が向上していることから考えて、咀嚼運動が心理状態を「最適な心理状態」へ近づけたのではないかとということが考えられる。従って、咀嚼運動の回数が多くなるということは、集中力を高め、反応時間を速くすることができると思われる。

そう考えると、1分のときに成績が最も悪かったことについても、咀嚼時間が短すぎて脳の活動水準を高めるに至らず、かえって「噛み足りない」というストレスのみを残してしまったからではないだろうか。

さらに、このような結果になった理由として考えられることは、個人差についての配慮に欠けていたということである。優勢脳波については、各実験日、各被検者について測定している安静時の各優勢脳波出現率を基準値とした増減値で咀嚼運動による効果のみをみているため、かなり個人差を埋めたかたちで考察している。しかし、反応時間についても個人差はかなり認められたにもかかわらず、個人差を埋める方法が十分に検討されなかった。このことから、優勢脳波と反応時間との相関の取り方についての結果は、こうした視点をうまく反映していないのではないかとと思われる。

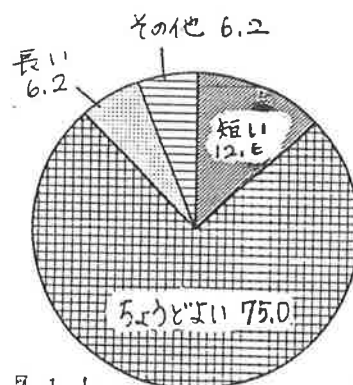


図11 (%)
ガムを噛む時間について(3分)

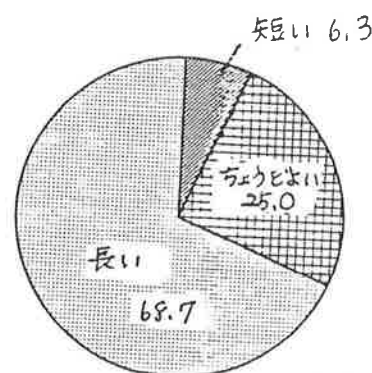


図12 (%)
ガムを噛む時間について(5分)

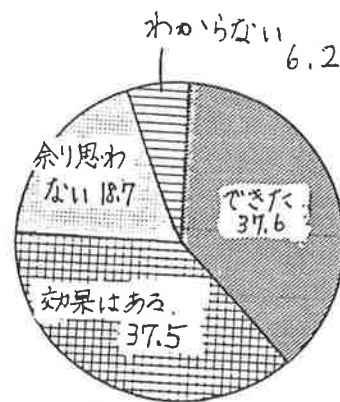


図13 (%)
咀嚼運動によって集中できたと思うか

また本実験で有意差の認められた α_3 波と β_2 波についてであるが、このように細かく脳波が分類されるようになってからまだそれ程研究が進めていられないため、これらの脳波がどのようなときに出現するのかははっきり分かっていないが、 α_2 波よりも周波数が高いことから、やや興奮ぎみのときに多く出現すると考えられる。これらが有意に減少しているのは咀嚼運動によるリラクセーションの効果ではないかと考えられる。またこれらの脳波は、単純反応試行前にしか認められていないが、このことについては、全ての実験を単純反応から始めてしまったので、優勢脳波 α_3 波、 β_2 波が単純反応の試行前に減少するとは言えない。つまり順序効果が出ているのかもしれないと考えられる。むしろ、余りパフォーマンスとは相関性のない試行前に有意に減少していることから、単純反応試行前であるということより、咀嚼運動直後で、しかも精神的負荷の余り課せられていない状態だから減少したと考えるほうが自然ではなからうか。

ここまでの考察から咀嚼運動が集中力の増強に及ぶ影響について、明確な結果は得られていないことになるが、実験を始め、進めていくうちに一つ気付いたことがある。それは優勢脳波出現率の個体差についてである。閉眼時の優勢脳波 α 波には個体差がある。¹¹⁾といわれているように、各実験日に安静時の優勢脳波を測定しているが、安静時から α_2 波の出現率が80~90%を占めている者、 α_2 波以外の脳波が非常に多く出現している者など、優勢に出現している脳波の個体差はかなり大きい。そこで、どうしてこのような個体差が現れるのかということについて考えてみたところ、咀嚼回数に大きな差があるということに気が付いた。前述のとおり、確かに噛む速さには倍以上の差がみられ、全実験を通しての1

		θ_2	α_1	α_2	α_3	β_2
θ_2	試前 r	1.000	-0.092	-0.486	-0.213	0.047
	p	0.000	0.472	0.0001	0.092	0.709
	試中 r	1.000	-0.234	-0.361	-0.202	0.039
	p	0.000	0.063	0.003	0.109	0.759
α_1	試前 r	-0.092	1.000	-0.559	0.194	-0.413
	p	0.472	0.000	0.0001	0.124	0.0007
	試中 r	-0.234	1.000	-0.476	0.156	-0.354
	p	0.063	0.000	0.0001	0.219	0.004
α_2	試前 r	-0.486	-0.559	1.000	-0.208	-0.194
	p	0.0001	0.0001	0.000	0.100	0.124
	試中 r	-0.361	-0.476	1.000	-0.223	-0.217
	p	0.003	0.0001	0.000	0.077	0.085
α_3	試前 r	-0.213	0.194	-0.208	1.000	-0.199
	p	0.092	0.124	0.100	0.000	0.114
	試中 r	-0.202	0.156	-0.223	1.000	-0.493
	p	0.109	0.219	0.077	0.000	0.0001
β_2	試前 r	0.047	-0.413	-0.194	-0.199	1.000
	p	0.709	0.0007	0.124	0.114	0.000
	試中 r	0.039	-0.354	-0.217	-0.493	1.000
	p	0.759	0.004	0.085	0.0001	0.000

単純反応¹⁾

		θ_2	α_1	α_2	α_3	β_2
θ_2	試前 r	1.000	-0.199	-0.221	-0.072	-0.134
	p	0.000	0.114	0.079	0.574	0.290
	試中 r	1.000	-0.302	-0.268	-0.228	-0.045
	p	0.000	0.015	0.032	0.069	0.725
α_1	試前 r	-0.199	1.000	-0.593	0.025	-0.261
	p	0.114	0.000	0.0001	0.845	0.037
	試中 r	-0.302	1.000	-0.433	0.176	-0.410
	p	0.015	0.000	0.0004	0.165	0.0008
α_2	試前 r	-0.221	-0.593	1.000	-0.354	-0.237
	p	0.079	0.0001	0.000	0.004	0.060
	試中 r	-0.268	-0.433	1.000	-0.256	-0.237
	p	0.032	0.0004	0.000	0.041	0.060
α_3	試前 r	-0.072	0.025	-0.354	1.000	-0.246
	p	0.574	0.845	0.004	0.000	0.051
	試中 r	-0.228	0.176	-0.256	1.000	-0.383
	p	0.069	0.165	0.041	0.000	0.002
β_2	試前 r	-0.134	-0.261	-0.237	-0.246	1.000
	p	0.290	0.037	0.060	0.051	0.000
	試中 r	-0.045	-0.410	-0.237	-0.383	1.000
	p	0.725	0.0008	0.060	0.002	0.000

複雑反応¹⁾

表 2 各優勢脳波出現率間の相関

分あたりの咀嚼回数を算出したところ、最少の者で1分当り48.6回、最多の者で1分当り101.5回であった。また全実験の安静時の優勢脳波出現率の平均を算出してみると、咀嚼回数の最も少なかった者は α_2 波出現率13.7%、最も多かった者は77.0%であった。咀嚼速度と優勢脳波 α_2 波の出現率に関係があるかどうかを調べるため、咀嚼回数の平均値ぐらいの被検者を除いて回数の多い者と少ない者の優勢脳波について有意差検定を行おうとしたが、標本数が少なくなり過ぎるため検定は行わず、全16名の安静平常時の優勢脳波の平均値と1分当りの咀嚼回数との相関係数を算出した。すると、優勢脳波 α_2 波にのみ咀嚼回数との正の相関（相関係数0.577,有意水準0.019）がみられた。（図14）

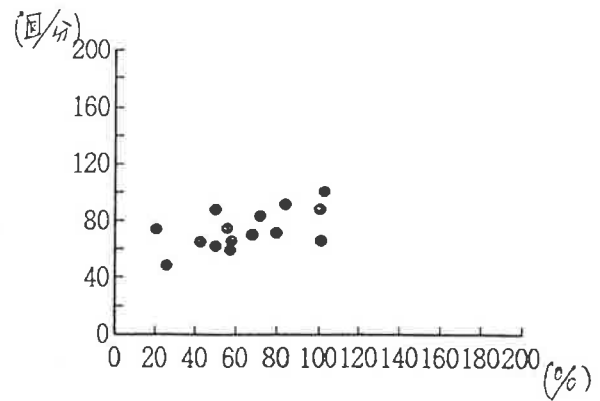


図14 咀嚼速度と安静時の優勢脳波 α_2 波出現率との相関

Ⅷ. 結論

優勢脳波 α_2 波をより多く出現させ、パフォーマンス成績を向上させる契機としての咀嚼運動の、集中力増強への有効性を検討するため、以下の実験を行った。すなわち、女子大学生16名を被検者とし、0分、1分、3分、5分の4条件で、味のないガムベースを噛んだ後の、聴覚単純反応と聴覚複雑反応の反応時間及び、試行前、中、後の優勢脳波等を測定し、両者の関係から仮説を検討した結果、次の結論を得た。

1. 優勢脳波 α_2 波が安静時より極端に、増大する時に反応時間が速くなるとはいえない。
2. 咀嚼回数と α_2 波には正の相関がみられた。従って、適度の咀嚼運動により優勢脳波 α_2 波は増大すると考えられる。
3. 咀嚼運動によりパフォーマンス成績が向上することから、咀嚼運動によって集中力を高めることができると考えられる。すなわち咀嚼運動によって、心理状態をパフォーマンスに応じた「最適な心理状態」へ近づけることができると考えられる。
4. 咀嚼運動速度と安静時（平常時）に出現する優勢脳波の種類とは深い関わりがあると考えられる。咀嚼運動速度が速いほど、安静時の優勢脳波 α_2 波の出現率が高く、咀嚼運動と優勢脳波 α_2 波の増大とは深い関係があると考えられる。
5. α_2 波と他の脳波とは概してマイナスの相関があり、 α_2 波の増大は他の脳波を減少させる傾向にあると考えられる。

注釈

注1) ①アンプリチュードの精度はFull Scaleの1/256である。

②A/D変換の速さは20msである。

すなわち、2秒ごとに出力される値は100個の値の平均値となる。

注2) 最も優勢に出現した脳波。

注3) 頭皮上においた探查電極と、耳たぶあるいは乳様突起の上においた基準電極との間で脳波を記録する方法。

注4) このガムはロッテの中央研究所に依頼して、市販のチューイングガムの、味をつけていな

い段階のものを特別に試作して送付してもらったものである。
謝辞；本研究を進めるにあたり、実験資料として特別のガムを試作し、提供して頂いたロッテ中央研究所第一研究部チューイングガム研究室 石川久史室長に心から感謝いたします。

文献

- 1) 藤谷 晶子 1992 意識の集中時における優勢脳波出現状態の検討。奈良女子大学卒業論文。
- 2) 長谷川 正康 1990 噛む一歯は生命。求龍堂, pp.23-183.
- 3) 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, 180-186.
- 4) 岩原 信九郎 1979 教育と心理のための推計学。日本科学文化社, Pp.477.
- 5) 窪田 金次郎 1992 咀嚼システムと生態機能システム。J. J. SPORTS SCIENCES Vol.11 No.6 June, pp.349-352.
- 6) Lindsley, D.B. 1952 Psychological phenomena and the electroencephalogram. EEG. clin. Neurophysiol, 126, 1290-1291.
- 7) 松田 岩男・藤田 厚・長谷川 浩一 1979 スポーツと競技の心理。大修館書店, pp.62-85.
- 8) 宮原 隆男・萩谷 昇・大山 喬史・中村 嘉男 1992 噛むことが運動に及ぼす影響。 J. J. SPORTS SCIENCES Vol.11 No.6 June, pp.353-356.
- 9) 丹羽 劭昭・弘 志徳 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への妥当性の検討。日本体育学会第43回大会号, 176.
- 10) 能力開発研究事業部 1989 アルファサイエンス, 能力開発研究アルファプロモーション, pp.209-212.
- 11) 大熊 眞男 1990 臨床脳波学第3版。医学書院, pp.19, pp.72
- 12) 佐久間 春夫 1990 運動とバイオフィードバック。松田 岩男・杉原 隆編, 新版運動心理学入門。大修館書店, pp.23-24.
- 13) 佐々木 美奈子 1992 心拍を用いたバイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への有効性の検討。奈良女子大学卒業論文。
- 14) 志賀 一雄・松岡 洋一・佐々木 雄二 1982 前頭葉 α 波のフィードバック増強。バイオフィードバック研究9, .1-14.
- 15) 竹内 啓 監；市川 伸一・大橋 靖雄 1990 SASによるデータ解析入門

VI バイオフィードバックトレーニングとパフォーマンスとの関係についての検討

- 1 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Fp2 $\alpha 2$ 波増強による事例を中心に —
- 2 脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(2)
— 優勢脳波Fp2 $\alpha 2 \cdot \theta 2 \cdot \beta 2$ 波を中心に —
- 3 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 $\alpha 2$ 波強化と集中力増強との関係
- 4 The Relationship between the Increase of Fp2 $\alpha 2$ Wave and Reinforcement of Concentration by the Prevalent EEG Biofeedback Training
- 5 集中力増強のための脳波バイオフィードバックトレーニングの方法の検討
- 6 心拍数を用いたバイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への有効性の検討
- 7 パフォーマンスを高める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の方法の検討
- 8 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

脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討（1）

——— 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波増強による事例を中心に ———

丹羽 助昭 弘 志穂（奈良女子大学）

目 的

脳波によるバイオフィードバックトレーニング（以下BFTと略す）によって集中力を高める方法を検討するため、次の仮説を検討する。

- 1 集中力が増大している時は優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が多く出現する。
- 2 脳波BFTによって優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増強することができる。
- 3 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増強することによって、集中力を増大することができる。

方 法

対象：女子大学生（18～21歳）9名

実験期日：1991年5月25日～6月4日，10月2～28日

環境条件：室温18.0～24.0℃，湿度54.0～72.0%

測定内容：脳波バイオフィードバック装置（FM515S:FT 技研製）を用い、探査電極をセンサーベルトで前額の右（ Fp_2 部）とクリップ電極で左耳たぶ（ A_1 部）に、基準電極をセンサーベルトで前額の左（ Fp_1 部）に装着して双極誘導により、前頭葉から導出される2秒毎の優勢脳波を測定する。前額から脳波を測定する理由は、前頭葉 α 波は後頭葉 α 波に比べ、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 α 波の出現が観測され、内部知覚との対応性がかなり良い（志賀ら³⁾）という理由による。脳波の測定は、FM515Sによって得られた積分値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数値として出力し、更に出現時間の分析を行う。分析ソフトは、RAW DATA用と基本ソフトの二つである。このうち前者では、2秒毎の周波数帯域積分値が μv 単位で表示さる。後者では、2秒毎の優勢帯域成分（優勢脳波とARTIFACT）がそれぞれ逐次表示され、これを基に α_2 帯域、 θ_2 帯域、 β_2 帯域等が優勢帯域となった時間とその比率（これを α_2 指数、 θ_2 指数、 β_2 指数等と呼ぶ）を算出できる。後者の方が条件差が明瞭に観察されるとの先行研究（橋本¹⁾）から、本実験では後者の優勢脳波指数を用いるが、それを優勢脳波出現率と呼ぶことにする。BIOFEEDBACK SYSTEM FM515Sは、優勢に出現した脳波の θ_2 波（中心周波数 5.6Hz）、 α_1 波（中心周波数 8.2Hz）、 α_2 波（中心周波数 10Hz）、 α_3 波（中心周波数 12 Hz）、 β_2 波（中心周波数 18 Hz）、ARTIFACT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。

安静時の値は、試行前と後の閉眼時の5分間の値を用いる。

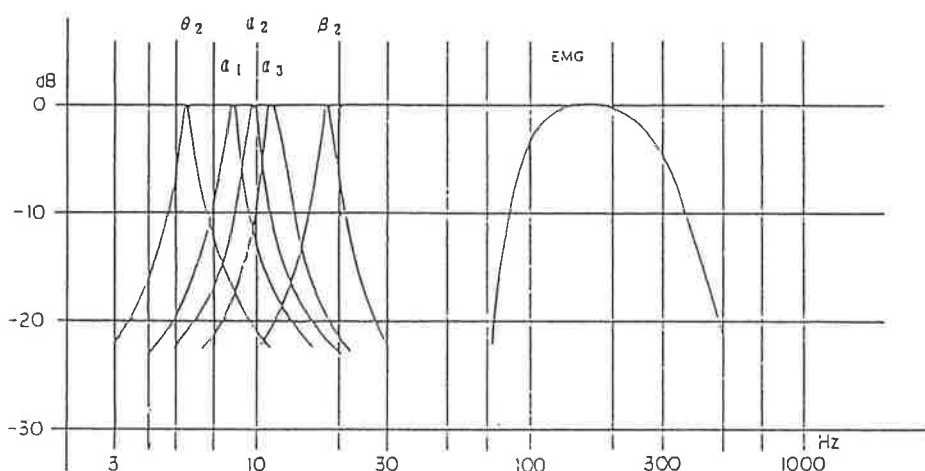


図1 FM515Sのバンドパスフィルターの周波数特性

実験の構成：実験Ⅰ 注意力計による集中力の測定と、その直前・直後の閉眼時の優勢脳波特に $Fp_2 \alpha_1$ 波・ $Fp_2 \alpha_2$ 波・ $Fp_2 \alpha_3$ 波の出現状態を検討する。

実験Ⅱ 実験Ⅰの分析結果をもとに、脳波BFTによって優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増強させ、その増強状態を検討する。

実験Ⅲ 脳波BFTの効果を確認した後、再び集中力の測定とその直前・直後の閉眼時の優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波の出現状態を検討して、集中力と優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波との関係を明らかにする。

測定方法：実験Ⅰ 注意力計AF型（稲葉人間工学研究所製）により2 Hzの速さで30秒間における3種の数字への反応の正答率で集中力を測定し、その直前・直後の閉眼時の優勢脳波特に $Fp_2 \alpha_1$ 波と $Fp_2 \alpha_2$ 波・ $Fp_2 \alpha_3$ 波の出現状態を検討する。この実験を3回繰り返す（図2）。

実験Ⅱ 脳波BFTの方法は、Bodysonic System（BODYSONIC社製）に着席させ、リラクゼーションと脳波BFTのために、閉眼状態でシンセサイザータイプの音楽（エフティ技研製の音楽瞑想テープのTAPE2・応用編のB面第3曲）を聴かせる。次に脳波BFT機であるFM515Sを用いて $Fp_2 \alpha_2$ 波を多く出すように指示する。FM515Sの機械は、優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が出たら信号音が出る仕組みになっているので、この音を手掛かりに脳波BFTをすることになる（図3）。BFTは3日単位とし、1日は実験室で行い、あと2日は、自宅で1日1回、実験Ⅱのテープを聞いた後、実験室での体験をもとに自分でトレーニングする。期間は合計13日間、したがって実験室での脳波BFTは、1、4、7、10、13日目の計5回である。

実験Ⅲ 実験Ⅰと同様の実験を1回のみ行う。

安静・閉眼	(5分)	脳波測定)
練習試行	(30秒)	
試行前閉眼	(1分)	脳波測定)
試行	(30秒)	
試行後閉眼	(1分)	脳波測定)
安静・閉眼	(5分)	脳波測定)
(以上を3回繰り返す)		

図2 実験ⅠとⅢの測定順序

器具の装着	
実験の説明	
リラクゼーション音楽	(約4分)
休憩	(1分)
脳波BFT①	(3分)
休憩	(1分)
脳波BFT②	(3分)
休憩	(1分)
脳波BFT③	(3分)

図3 実験Ⅱのトレーニングの順序

結 果

優勢脳波の測定は、閉眼時にはARTIFACTが多く出るので、閉眼時の測定値を検討する。すなわち、実験ⅠとⅢでは、試行（集中力の測定）の直前と直後の1分間の閉眼時の優勢脳波を、また安静時の優勢脳波は、各試行前と後の各5分間を測定した結果をそれぞれ試行時、安静時の優勢脳波の値と呼ぶことにし、それらを検討する。

1 実験Ⅰ：個人別にみた集中力の成績と優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波出現状態との関係

各被験者の優勢脳波 $Fp_2 \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 各波の出現率と集中力の成績との相関係数とその有意水準を表1に示す。表1から、個人によって多少違いがあり、測定回数も少ないため（3回）有意水準の低いものも多いが、概して集中力の成績と $Fp_2 \alpha_2$ 波との間には高い正の相関がみられる。すなわち現象的には集中力の成績が高い時には、 α_2 波も増大しているようにみえる。したがって、集中力を増大させるためには、まず α_2 波を増強させることが有効であると考えてよいであろう。そこで実験Ⅱでは、優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を脳波BFTによって増強することを試みる。

表1 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$ 波の出現率と集中力の成績との相関係数（r）とその有意水準（p）

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
α_1	試行前 r	-.771	.960	-.779	.000	-.999	-.976	-.329	-.625	.000
	p	.440	.180	.432	1.000	.035	.139	.787	.570	1.000
	試行後 r	-.771	.912	-.986	.000	.240	-.315	-.982	.045	.000
	p	.440	.270	.108	1.000	.846	.760	.120	.971	1.000
α_2	試行前 r	.970	.998	.870	.500	.996	.854	-.013	.990	.866
	p	.156	.044	.329	.667	.056	.349	.991	.091	.333
	試行後 r	.996	.996	-.851	-1.000	.945	.301	.999	.999	.000
	p	.167	.056	.352	.000	.212	.805	.032	.022	1.000
α_3	試行前 r	-.166	.912	.967	.000	.000	.000	.757	-.853	.651
	p	.894	.270	.163	1.000	1.000	1.000	.453	.350	.548
	試行後 r	-.971	.912	-.431	.000	.000	.000	-.329	-.920	-.327
	p	.153	.270	.716	1.000	1.000	1.000	.787	.256	.788

2 実験Ⅱ：優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波増強のための脳波BFTの効果の検討

実験Ⅰの結果を検討した結果、最もリラックスした状態であると思われる集中力測定後の安静時5分間の3回の各優勢脳波出現率の平均値を各被験者の基準値と考え、この基準値に対する試行時の優勢脳波出現率の増減値をBFT値、増減率をBFT率と呼ぶことにする。すなわち、

$$\text{BFT値} = \text{試行時の優勢脳波出現率} - \text{基準値}$$

$$\text{BFT率} = \text{試行時の優勢脳波出現率} \div \text{基準値}$$

そこで1例として被験者Aが実験室で行った脳波BFT時(1, 4, 7, 10, 13日目)のBFT値, BFT率を図4, 5に示す。

図4, 5から被験者Aは優勢脳波 Fp_2 α_2 波が4日目の測定以後, 他の優勢脳波より確実に多く出現するようになってきていることがわかる。

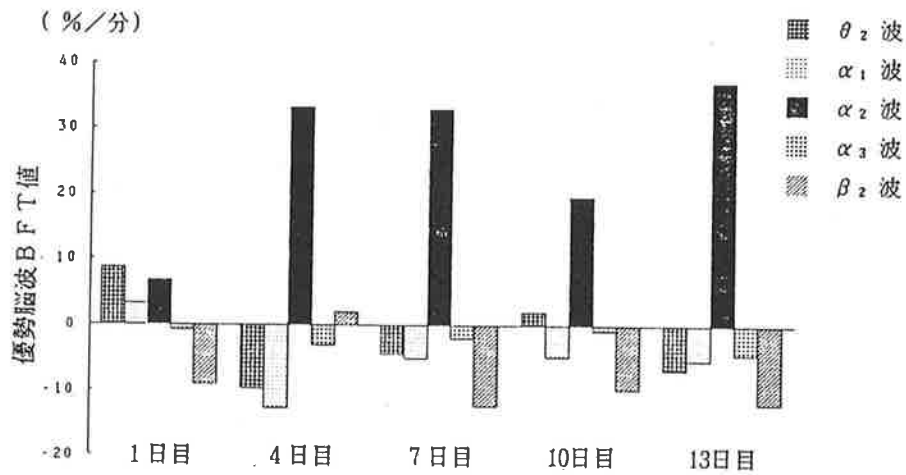


図4 脳波BFT中のBFT値(被験者A)

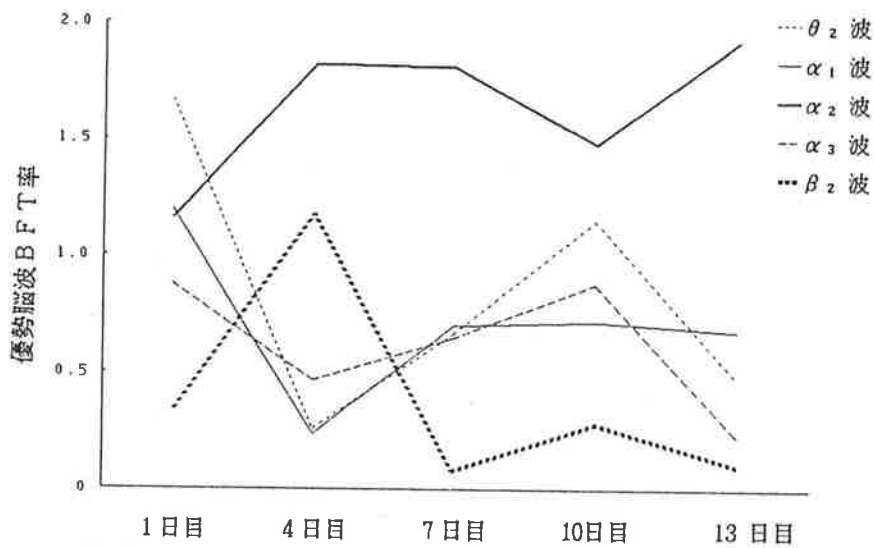


図5 脳波BFT中のBFT率(被験者A)

次に、各被験者の優勢脳波 Fp_2, α_2 波の出現率についての脳波BFT中と安静時との比較（t検定）を表2に示す。表2から、 α_2 波は9名中8名までが安静時と比べて脳波BFT中の方が増大傾向を示し、6名が有意に増大したことがわかる。これは脳波BFTによる効果だと考えられる。なお、被験者Aの内省報告の一部を表3に示す。

表2 安静時と脳波BFT中の優勢脳波出現率のt検定結果
(p)

脳波	被験者	1日目	4日目	7日目	10日目	13日目
α_2	A	.226	.022	.014	.072	.023
	B	.105	.500	.174	.350	.248
	C	.445	.075	.378	.019	.017
	D	.076	-.139	.243	.022	.114
	E	.008	.006	.043	.029	.103
	F	.053	.225	.036	.155	.002
	G	.178	.073	.103	.086	.225
	H	.020	.011	.033	.070	.068
	I	.420	-.448	.303	.232	-.413

表3 脳波BFTの内省報告の一部分（被験者Aの場合）

月日	簡単な感想
10/8	試合中や勉強中を思い出していた。 ビビビという音をただ聞いていた。
10/14	実験Ⅱの1回目のトレーニング(①)は元気に集中できるが、3回目(③)は半分もうろうとしている。
10/17	ビビビという音が止まるとびくっと反応してしまう。
10/21	昼食後すぐなので眠かった。
10/24	3回目のトレーニング(③)になると集中出来なくなって音がとぎれがちになってしまった。

注) 「脳波BFT前と脳波BFT後で変わったと思われることは何ですか」の質問に対して

- ① 集中するとき力がこもるのがわかるようになった。
- ② 集中する前に「さあ集中するぞ」と考えるようになった。

3 実験Ⅲ：脳波BFTによる優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波増強後の集中力の状態の検討

被験者B, C, F, Gの実験ⅠとⅢの結果, すなわち, 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波の基準値に対する試行時(前・後)の値の増減値(BFT値), 増減率(BFT率)と集中力の成績を例として図6~13に示す. 図6, 7から, 被験者Bは実験Ⅰの時より実験Ⅲの時の方が優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が多く出現し, 集中力の成績も上がっていることがわかる. この成績の上昇は, 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波と同調しているところから実験Ⅱの脳波BFTによる優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波の増強によるものと考えられる.

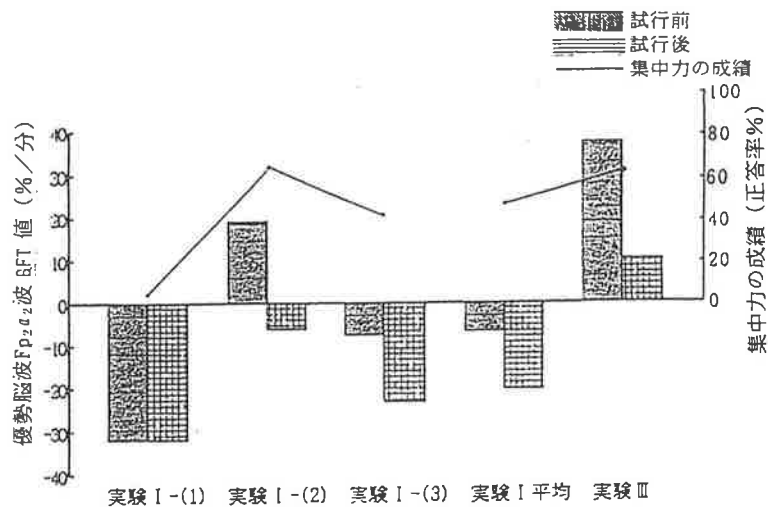


図6 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波のBFT値と集中力の成績(被験者B)

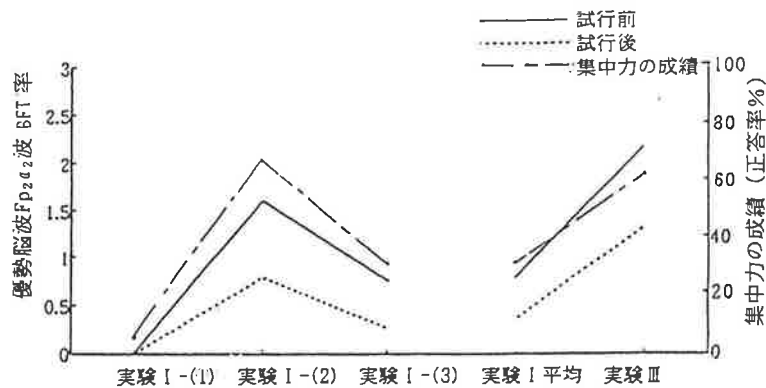


図7 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波のBFT率と集中力の成績(被験者B)

表 8～11から、被験者 C、F についても同様の現象を示していることがわかる。

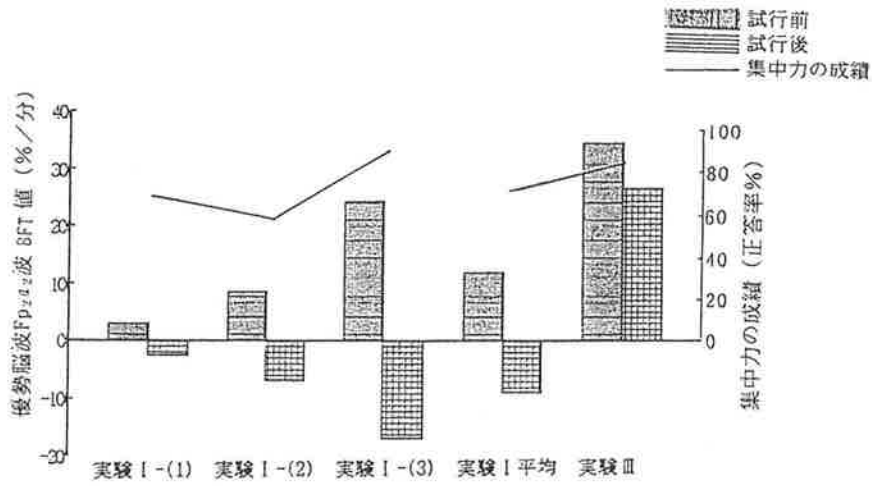


図 8 実験 I・IIIにおける優勢脳波 Fp_2a_2 波の B F T 値と集中力の成績 (被験者 C)

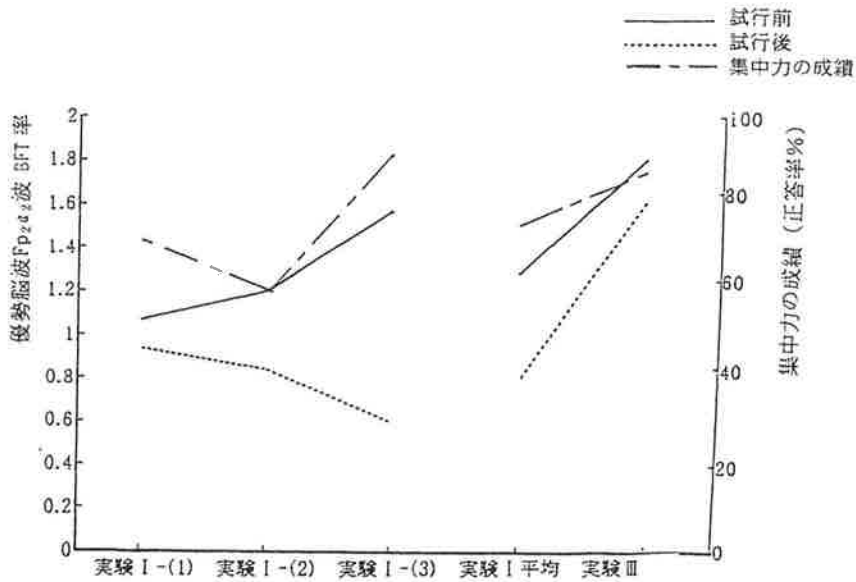


図 9 実験 I・IIIにおける優勢脳波 Fp_2a_2 波の B F T 率と集中力の成績 (被験者 C)

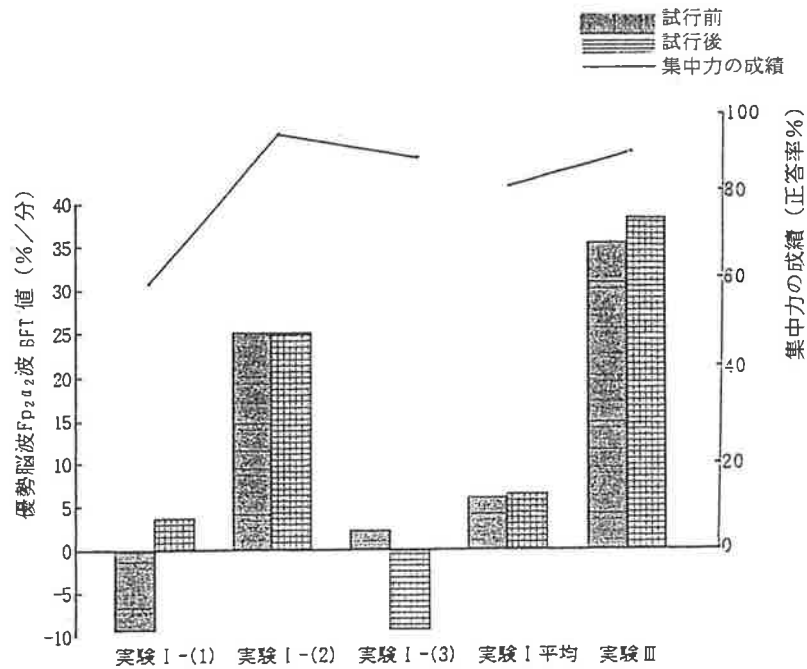


図 10 実験 I・IIIにおける優勢脳波 $Fp_2\alpha_2$ 波の B F T 値と集中力の成績（被験者 F）

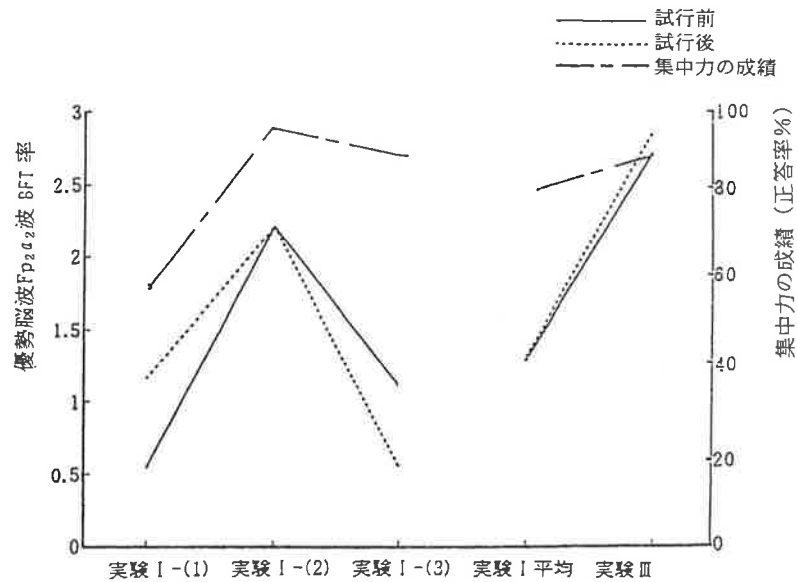


図 11 実験 I・IIIにおける優勢脳波 $Fp_2\alpha_2$ 波の B F T 率と集中力の成績（被験者 F）

実験 II の B F T によって優勢脳波 $Fp_2\alpha_2$ 波の増大した被験者は 9 名中 8 名であり，しかもその中，7 名は集中力が増大した．集中力が増大しなかった被験者 I は優勢脳波 $Fp_2\alpha_2$ 波は増大したが，集中力はほとんど変化しなかった．

残りの1名の被験者Gは図12,13からわかるように、実験Ⅲで優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が減少したが、集中力も減少しているのので、両者の同調傾向という関係は同様である。もちろん、被験者全員の実験ⅠとⅢの優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波の平均も集中力の平均も増大していた。

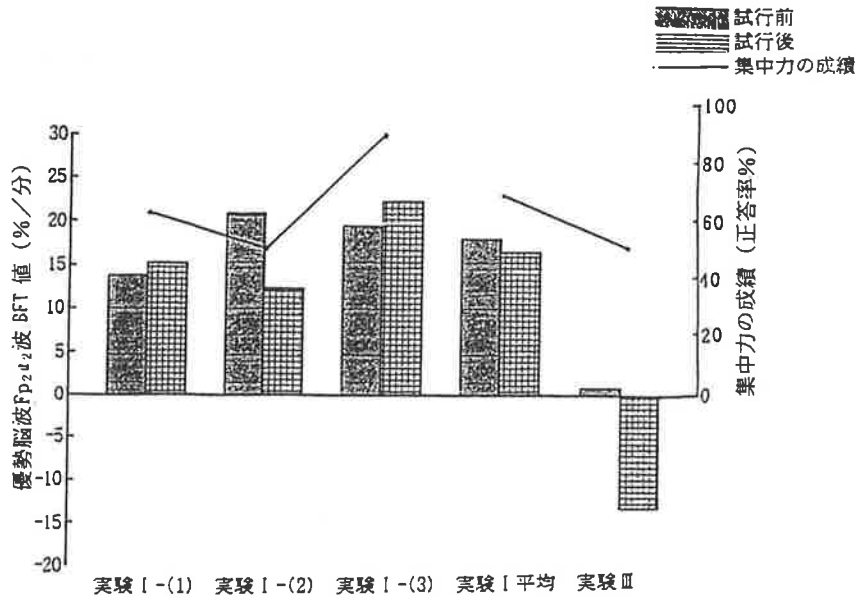


図12 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波のBFT値と集中力の成績(被験者G)

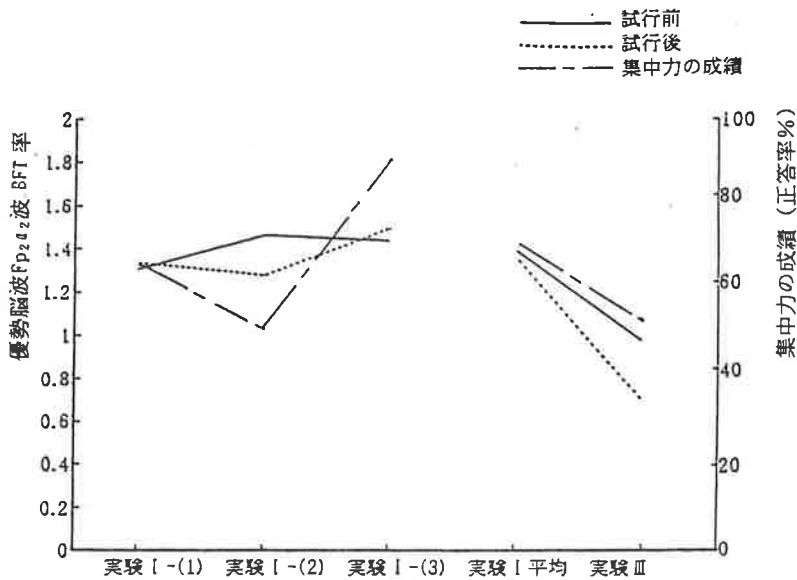


図13 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波のBFT率と集中力の成績(被験者G)

以上のことから、脳波BFTによって優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増大させることによって、集中力を増大させることができると考えてもよいであろう。

考 察

仮説1を検討するため、表1を検討する。

集中力の成績と優勢脳波 α_2 波の出現傾向には試行前では、被験者G、試行後では、被験者C、D、Iを除いて他はすべて現象的には同調傾向を示していることがわかる。しかも高い相関値を示している(ただし、有意差のないものが多い)。こうした傾向は、丹羽ら²⁾が、回転盤追従動作を用いて行った実験の結果と同様である。すなわち、注意の集中が増大している時は、そのテストの前・後における優勢脳波 α_2 波も多く出現する傾向がみられる。そしてこの傾向は特に試行前閉眼時に著しいと思われる。ただし、実験Iの段階では、両者に有意差はないが、高い相関がみられるということのみで、集中力の増大が α_2 波の増大によるという根拠はない。

仮説2を検討する。集中力と優勢脳波 Fp_2 α_2 波とが密接に関係しているという事実から、優勢脳波 Fp_2 α_2 波を脳波BFTによって増強させたら集中力が高まることが予想される。そこで実験IIで α_2 波増強のための脳波BFTを行ったら、表2や図4、5の例にみられるように α_2 波が増大した。すなわち、表2から、脳波BFT中の5回の測定の中、3回以上有意($p < .05$)に増大した被験者は9名中3名(被験者A、E、H)、また2回有意に増大した被験者は2名(被験者C、F)、1回有意に増大した被験者は1名(被験者D)となっている。また残りの被験者の中B、Gに関しては、有意差はでなかったが、 α_2 波出現率は増大している。被験者Iは有意差はないが3回増大2回減少で一定の傾向がみられず、脳波BFTの効果がみられなかった。したがって、脳波BFTの効果が全くみられないと思われる被験者は1名で、後の8名は程度の差はあるが優勢脳波 Fp_2 α_2 波が増大または増大傾向を示したと考えてよいであろう。

以上のことから、個人によって多少異なるが、本実験でおこなった脳波BFTによって優勢脳波 Fp_2 α_2 波を増強できると考えてよいであろう。

仮説3を検討する。実験IIで優勢脳波 Fp_2 α_2 波を脳波BFTで増大させた結果、ほとんどの被験者で α_2 波の増大がみられたことから、実験Iより実験IIIの Fp_2 α_2 波の増大にともなって集中力にも増大傾向が認められれば仮説3は認められることになる。また、実験Iの両者の相関は、優勢脳波 Fp_2 α_2 波が高く出る状態の時、集中力が増大することを示すことを意味すると考えることが可能になる。

そこで、図6から11をみると、いずれも実験Iより実験IIIで優勢脳波 Fp_2 α_2 波の増減値も増減率も増大し、さらに集中力も増大していることがわかる。こうした傾向は9人中7名でみられた。残る被験者2名の中の一人(被験者G)は、実験IIIの時優勢脳波 Fp_2 α_2 波が減少したが、集中力もまた減少しているので、両者の同調傾向という関係は同様である。そして被験者Iは優勢脳波 Fp_2 α_2 波が増大したにもかかわらず集中力の増大がみられなかった。その理由は、実験Iですでに集中力は94.1%という極めて高い成功率を示しており、実験IIIの94.4%の成功率から推測すると、被験者Iにとってそれ以上に集中力の成功率を増大させるには、非常に困難な状態まですでに実験Iで成功率が上昇していたと考えられる。もちろん、被験者全員の実験IとIIIの優勢脳波 Fp_2 α_2 波の平均も集中力の平均も有意に増大している。

以上のことから、脳波BFTによって優勢脳波 Fp_2 α_2 波を増大させることによって、集中力を増大させることができると考えてもよいであろう。

結 論

脳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、9名

の被験者（18～20歳）について実験した結果，次の結論を得た。

- 1 集中力が增大しているときは，優勢脳波Fp₂ α₂ 波も多く出現する。
- 2 脳波BFTによって優勢脳波Fp₂ α₂ 波を増強することができる。
- 3 優勢脳波Fp₂ α₂ 波を増強することによって集中力を増大することができる。

引用文献

- 1) 橋本圭子 1991 アルファー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, 180-186.
- 2) 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.
- 3) 志賀一雄・松岡洋一・佐々木雄二 1982 前頭葉α波のフィードバック増強．バイオフィードバック研究9, 1- 14.

脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討（2）

—— 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2 \cdot \theta_2 \cdot \beta_2$ 波を中心に ——

丹羽助昭 弘 志穂（奈良女子大学）

〔 目 的 〕

優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を用いたバイオフィードバックトレーニング（BFT）による集中力増強の方法をみつけるため、次の仮説を検討する。

- 1 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が多く出現する時は、優勢脳波 $Fp_2 \theta_2$ 波または β_2 波の出現が減少する。
- 2 集中力が増強している時は、優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が増大し、 $Fp_2 \theta_2$ 波または $Fp_2 \beta_2$ 波の出現が減少する。
- 3 脳波BFTによって優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増大させ $Fp_2 \theta_2$ 波または β_2 波を減少させることができる。
- 4 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増大させ、 $Fp_2 \theta_2$ 波または β_2 波の出現を減少させることによって集中力を増強できる。

〔 方 法 〕

対象：女子大学生（18～21歳）9名

実験期日：1991年5月25日～6月4日，10月2～28日

環境条件：室温18.0℃～24.0℃，湿度54.0%～72.0%

測定内容：脳波バイオフィードバック装置（FM515S:FT 技研製）を用い、探査電極をセンサーベルトで前額の右（ Fp_2 部）とクリップ電極で左耳たぶ（A1部）に、基準電極をセンサーベルトで前額の左（ Fp_1 部）に装着して双極誘導により、前頭葉から導出される2秒毎の優勢脳波を測定する。前額から脳波を測定する理由は、前頭葉 α 波は後頭葉 α 波に比べ、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 α 波の出現が観測され、内部知覚との対応性がかなり良い（志賀ら¹⁾）という理由による。脳波の測定は、FM515Sによって得られた積分値データをパーソナル・コンピュータに導き、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数値として出力し、更に出現時間の分析を行う。分析ソフトは、RAW DATA用と基本ソフトの二つである。このうち前者では、2秒毎の周波数帯域積分値が μv 単位で表示され、それぞれの帯域の全帯域に対する積分値の比率（ μv 出現率とよぶ）を計算できる。後者では、2秒毎の優勢帯域成分（優勢脳波）がそれぞれ逐次表示され、これを基に α_2 帯域、 θ_2 帯域、 β_2 帯域等が優勢帯域となった時間とその比率（これを α_2 指数、 θ_2 指数、 β_2 指数等と呼ぶ）を算出できる。両者には本質的差異はないが、後者の方が条件差が明瞭に観察されるとの先行研究（橋本²⁾）から、本実験では後者の優勢脳波指数を用いるが、それを優勢脳波出現率と呼ぶことにする。

安静時の値は、試行前と後の5分間の値を用いる。

実験の構成：実験1 注意力計による集中力の測定と、その直前・直後の閉眼時の優勢脳波特に $Fp_2 \alpha_2$ 波と $Fp_2 \theta_2$ 波・ $Fp_2 \beta_2$ 波の出現状態を検討する。

実験Ⅱ 実験Ⅰの分析結果をもとに、脳波BFTによって優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増強させ、 $Fp_2 \theta_2$ 波または $Fp_2 \beta_2$ 波の減少状態を検討する。

実験Ⅲ 脳波BFTの効果を確認した後、再び集中力の測定とその直前・直後の優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波、 $Fp_2 \theta_2$ 波、 $Fp_2 \beta_2$ 波の出現状態を検討して、集中力と優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波、 $Fp_2 \theta_2$ 波、 $Fp_2 \beta_2$ 波との関係を明らかにする。

測定方法：実験Ⅰ 注意力計AF型（稲葉人間工学研究所製）により2Hzの速さで30秒間における3種の数字への正答率で集中力を測定し、その直前・直後の閉眼時の優勢脳波特に $Fp_2 \alpha_2$ 波と $Fp_2 \theta_2$ 波・ $Fp_2 \beta_2$ 波の出現状態を検討する。この実験を3回繰り返す（図1）。

実験Ⅱ 脳波BFTの方法は、Body-sonic System（BODYSONIC社製）に着席させ、リラクゼーションと脳波BFTのために、閉眼状態でシンセサイザタイプの音楽（エフティ技研製の音楽瞑想テープのTAPE2・応用編のB面第3曲）を聴かせる。次に脳波BFT機であるFM515Sを用いて $Fp_2 \alpha_2$ 波を多く出すように指示する。FM515Sの機械は、優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が出たら信号音が出る仕組みになっているので、この音を手掛かりに脳波BFTをすることになる（図2）。BFTは3日単位とし、1日は実験室で行い、あと2日は、自宅で1日1回、実験Ⅱのテープを聞いた後、実験室での体験をもとに自分でトレーニングする。期間は合計13日間、したがって実験室での脳波BFTは、1、4、7、10、13日目の計5回である。

実験Ⅲ 実験Ⅰと同様の実験を1回のみ行う。

（結果）

1 実験Ⅰ：個人別にみた集中力の成績と優勢脳波 Fp_2 各波との相関

表1 優勢脳波出現率と集中力の成績との相関係数(r)とその有意水準(p)

脳波	被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I
θ_2	試行前 r	-.936	.100	-.967	-.327	-.996	-.352	-.187	.999	.866
	p	.173	.936	.163	.788	.056	.771	.880	.022	.333
	試行後 r	-.983	.912	-.997	.808	-.999	-.634	.984	.568	.969
	p	.117	.270	.049	.402	.014	.562	.114	.612	.158
α_1	試行前 r	-.771	.960	-.779	.000	-.999	-.976	-.329	-.625	.000
	p	.440	.180	.432	1.000	.035	.139	.787	.570	1.000
	試行後 r	-.771	.912	-.986	.000	.240	-.315	-.982	.045	.000
	p	.440	.270	.108	1.000	.846	.760	.120	.971	1.000
α_2	試行前 r	.970	.998	.870	.500	.996	.854	-.013	.990	.866
	p	.156	.044	.329	.667	.056	.349	.991	.091	.333
	試行後 r	.996	.996	-.851	-1.00	.945	.301	.999	.999	.000
	p	.167	.056	.352	.000	.212	.805	.032	.022	1.000
α_3	試行前 r	-.166	.912	.967	.000	.000	.000	.757	-.853	.651
	p	.894	.270	.163	1.000	1.000	1.000	.453	.350	.548
	試行後 r	-.971	.912	-.431	.000	.000	.000	-.329	-.920	-.327
	p	.153	.270	.716	1.000	1.000	1.000	.787	.256	.788
β_2	試行前 r	-.166	-.995	.418	.138	.957	-.588	.136	.842	-.996
	p	.894	.066	.725	.912	.187	.600	.913	.362	.060
	試行後 r	.974	-.949	.954	-.757	.908	.283	.145	-.967	-.144
	p	.145	.205	.195	.453	.275	.818	.908	.165	.908

安静・閉眼（5分 脳波測定）
 練習試行（30秒）
 試行前閉眼（1分 脳波測定）
 試行（30秒）
 試行後閉眼（1分 脳波測定）
 安静・閉眼（5分 脳波測定）
 （以上を3回くり返す）

図1 実験ⅠとⅢの測定順序

器具の装着
 実験の説明
 リラクゼーション音楽（約4分）
 休憩（1分）
 脳波BFT①（3分）
 休憩（1分）
 脳波BFT②（3分）
 休憩（1分）
 脳波BFT③（3分）

図2 実験Ⅱのトレーニングの順序

表1から、回数が少ないため（3回）有意水準は低いですが、概して集中力の成績と高い正の相関を示すのは α_2 波（中心周波数10Hz）であり、高い負の相関を示すのは θ_2 波（中心周波数5.6 Hz）と β_2 波（中心周波数18 Hz）であることがわかる。そこで本研究では優勢脳波 Fp_2 α_2 、 θ_2 、 β_2 波をとりあげることとする。

2 実験Ⅱ：優勢脳波 Fp_2 α_2 波増強のための脳波BFTの効果の検討

最もリラックスした状態と思われる各被験者の実験Ⅰの試行後安静時5分間の3回の各優勢脳波出現率を各被験者の基準値とし、この基準値に対する試行時の優勢脳波出現率の増減値をBFT値、増減率をBFT率と呼ぶこととする。すなわち、

$$\text{BFT値} = \text{試行時の優勢脳波出現率} - \text{基準値}$$

$$\text{BFT率} = \text{試行時の優勢脳波出現率} \div \text{基準値}$$

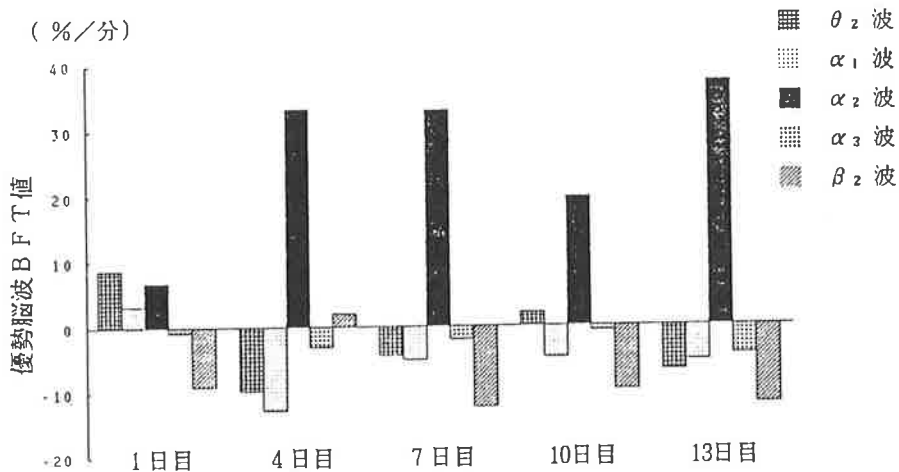


図3 脳波BFT中のBFT値（被験者A）

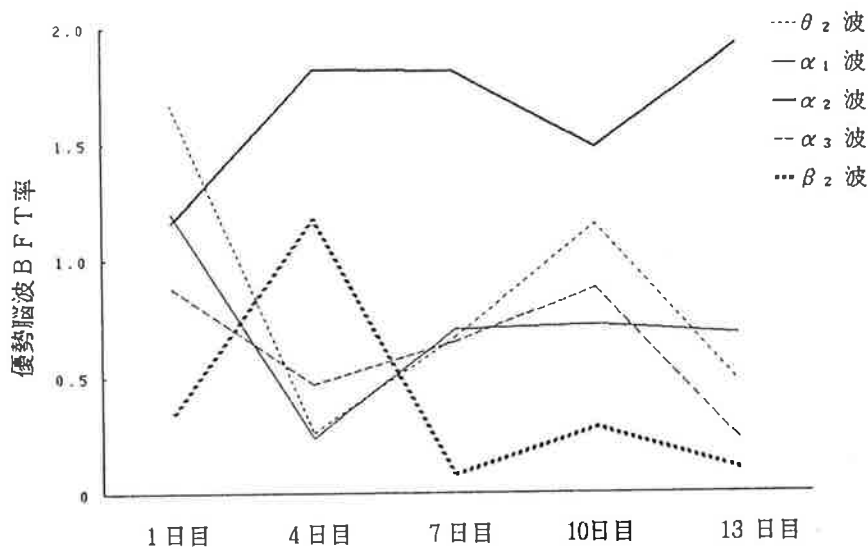


図4 脳波BFT中のBFT率（被験者A）

そこで1例として被験者Aが実験室で行った脳波BFT時(1, 4, 7, 10, 13日目)のBFT値, BFT率を図3, 4に示す。図3から, α_2 波が増大すると β_2 波が, 図4からは同じく θ_2 波が減少する傾向のあることがわかる。

次に安静時と脳波BFT中の優勢脳波($Fp_2 \alpha_2$, θ_2, β_2 波)の出現率とのt検定の結果を表2に示す。

表2 安静時と脳波BFT中の優勢脳波出現率のt検定結果(p値)

脳波	被験者	1日目	4日目	7日目	10日目	13日目
θ_2	A	.074	-.027 *	-.159	.376	-.063
	B	-.425	-.416	.044 *	.030 *	.048 *
	C	.135	.051	.234	.398	.096
	D	.318	-.451	.027 *	.165	.068
	E	.245	.295	.010 *	.500	-.127
	F	.018 *	.017 *	.039 *	.100	.045 *
	G	.083	.219	.098	.037 *	.047 *
	H	.008**	-.141	.448	.404	.082
	I	.132	-.439	-.378	.116	-.146
α_2	A	.226	.022 *	.014 *	.072	.023 *
	B	.105	.500	.174	.350	.248
	C	.445	.075	.378	.019 *	.017 *
	D	.076	-.139	.243	.022 *	.114
	E	.008**	.006**	.043 *	.029 *	.103
	F	.053	.225	.036 *	.155	.002**
	G	.178	.073	.103	.086	.225
	H	.020 *	.011 *	.033 *	.070	.068
	I	.420	-.488	.303	.232	-.413
β_2	A	-.094	.265	-.051	-.071	-.049 *
	B	-.263	-.497	-.098	-.098	-.098
	C	-.153	-.098	-.206	-.086	-.069
	D	-.126	.187	-.101	-.102	-.116
	E	-.101	-.090	-.078	-.095	.231
	F	-.004**	-.004**	-.003**	-.047 *	-.004**
	G	-.059	-.065	-.063	-.083	-.056
	H	-.044 *	-.076	-.069	-.038 *	-.045 *
	I	-.036 *	-.053	-.321	-.172	.334

表2から, α_2 波増大のためのBFTを行った結果, $Fp_2 \alpha_2$ 波が有意に増大している人が多いことがわかる。一方全員, 殆どのBFT時で $Fp_2 \beta_2$ 波が減少している。しかし, β_2 波が増大しているところが4箇所みられるが, その時には $Fp_2 \theta_2$ 波が減少している。要するに, $Fp_2 \alpha_2$ 波が増大する時は β_2 波が減少するが, β_2 波が減少しない時は θ_2 波が減少する。逆に $Fp_2 \alpha_2$ 波が減少する時は β_2 波が増大し, そうした関係の時には θ_2 波は α_2 波に同調するという傾向がみられる。

3 実験Ⅲ：脳波BFTによる優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波の増大と $Fp_2 \theta_2$ 波や $Fp_2 \beta_2$ 波の減少後の集中力の状態の検討

実験Ⅰ・Ⅲでの集中力測定時における $Fp_2 \alpha_2, \theta_2, \beta_2$ 波のBFT値やBFT率と集中力の成績との関係を図5～14に示す。

図5～8から、被験者B、Fは実験ⅠよりⅢの方が集中力の成績が上昇し、その時の優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波も増大している。一方、 β_2 は減少し、 θ_2 はやや増大傾向を示している。こうした傾向は、9名中4名(A, B, D, F)にみられる。

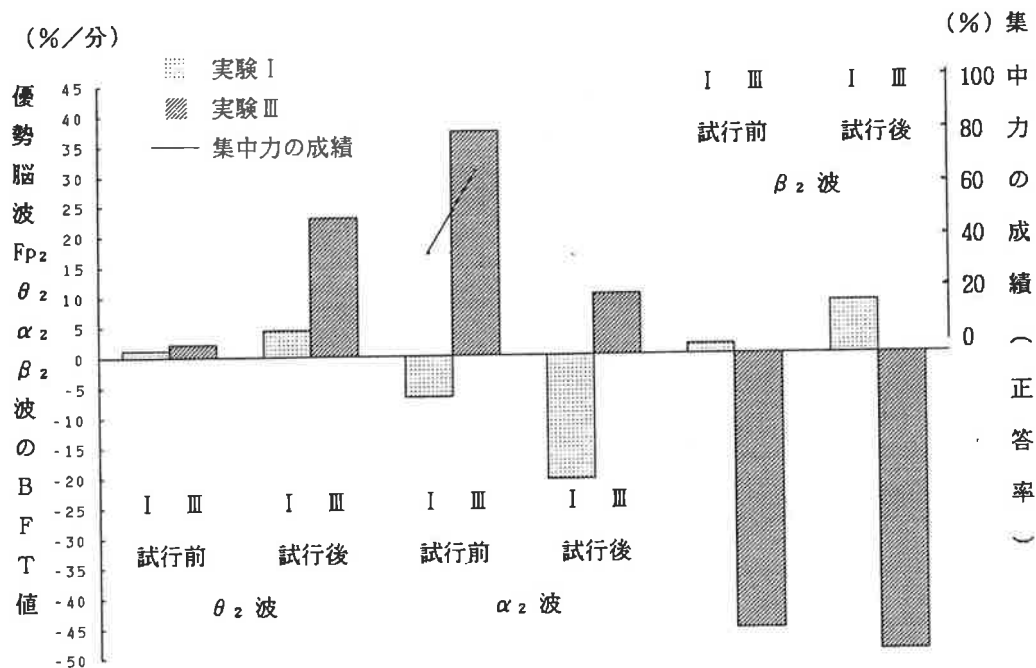


図5 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 $Fp_2 \theta_2 \cdot \alpha_2 \cdot \beta_2$ 波のBFT値(被験者B)

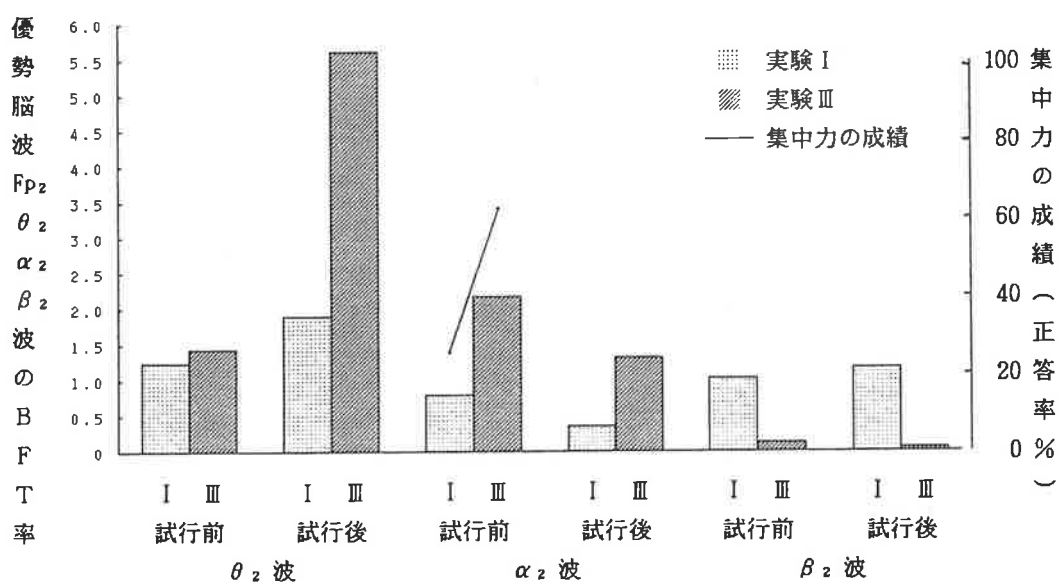


図6 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 $Fp_2 \theta_2 \cdot \alpha_2 \cdot \beta_2$ 波のBFT率(被験者B)

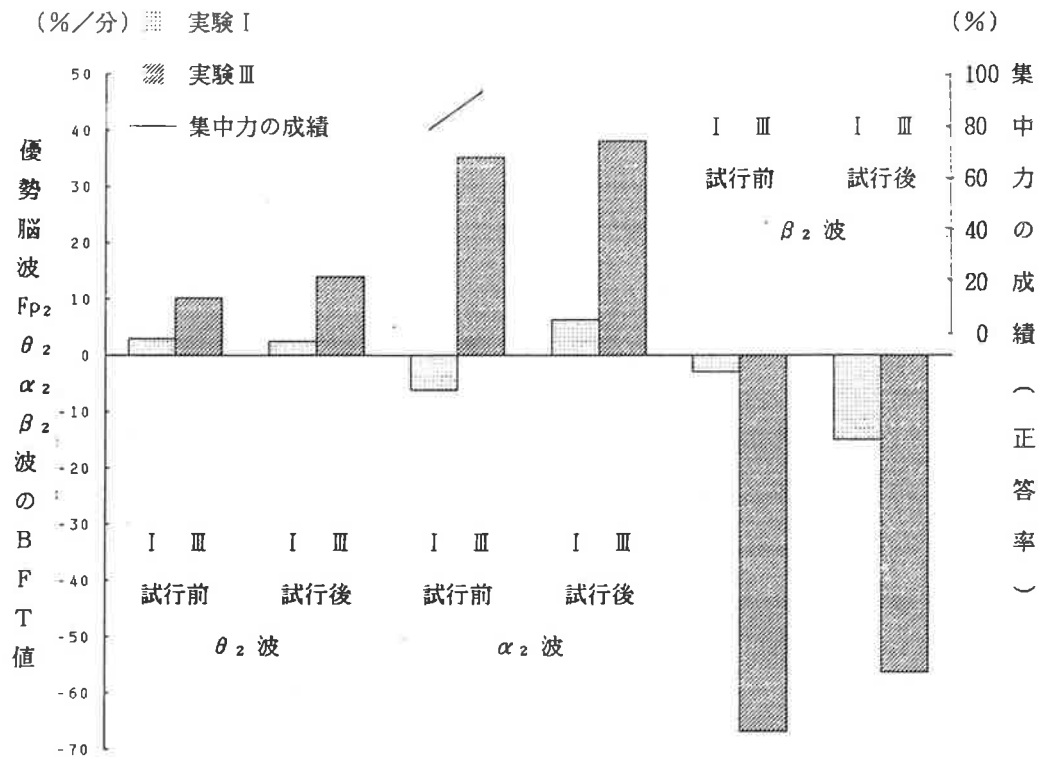


図7 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 Fp_2 ・ θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT値(被験者F)

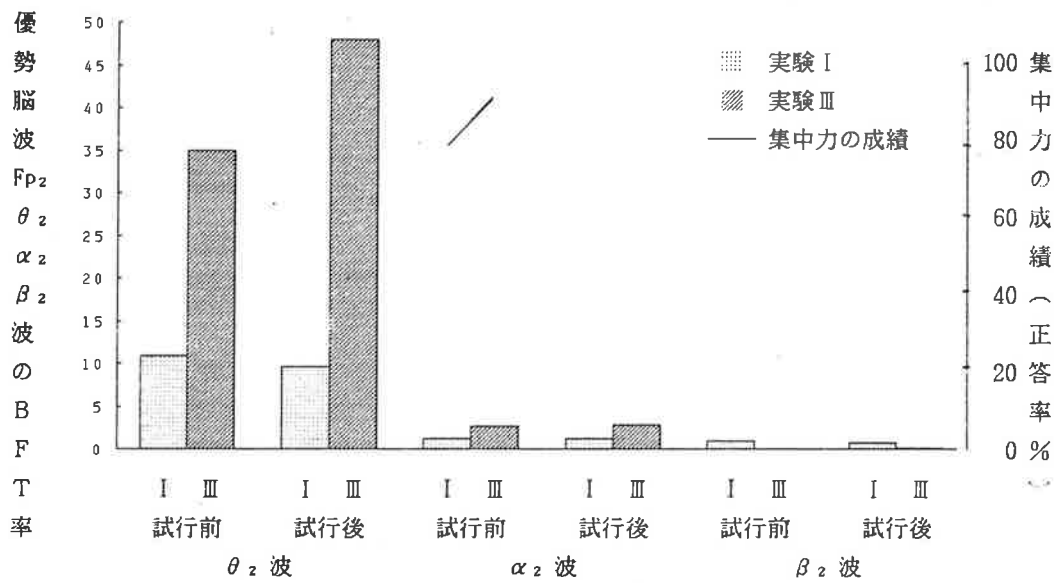


図8 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波 Fp_2 ・ θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT率(被験者F)

図9～12から、被験者C、Eは実験Iより実験IIIの方が同様に集中力の成績が上昇し、 α_2 波も増大し、 β_2 波は減少している。しかし θ_2 波（試行前後の平均値）が減少し被験者Bとはこの点が異なる。こうした傾向は、被験者C、E、H、Iの4名にみられる。

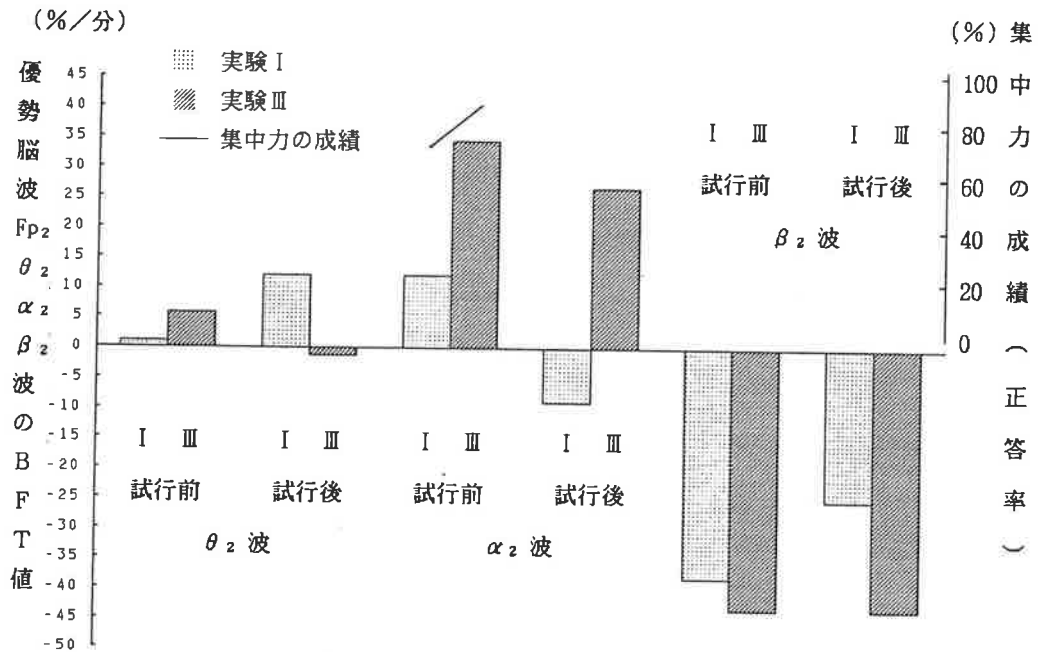


図9 実験I・IIIにおける優勢脳波 Fp_2 ・ θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT値(被験者C)

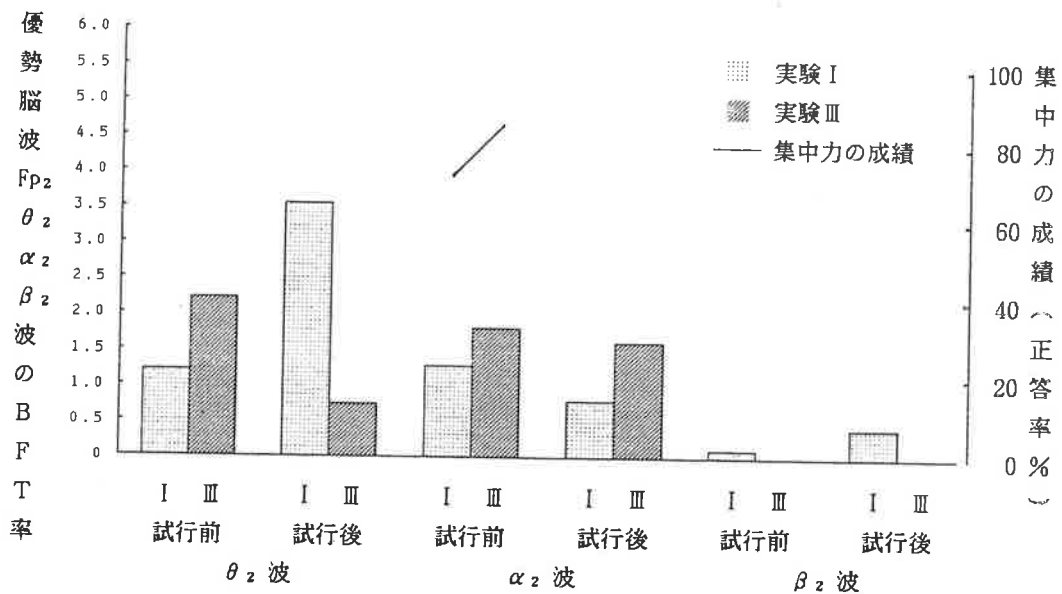


図10 実験I・IIIにおける優勢脳波 Fp_2 ・ θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT率(被験者C)

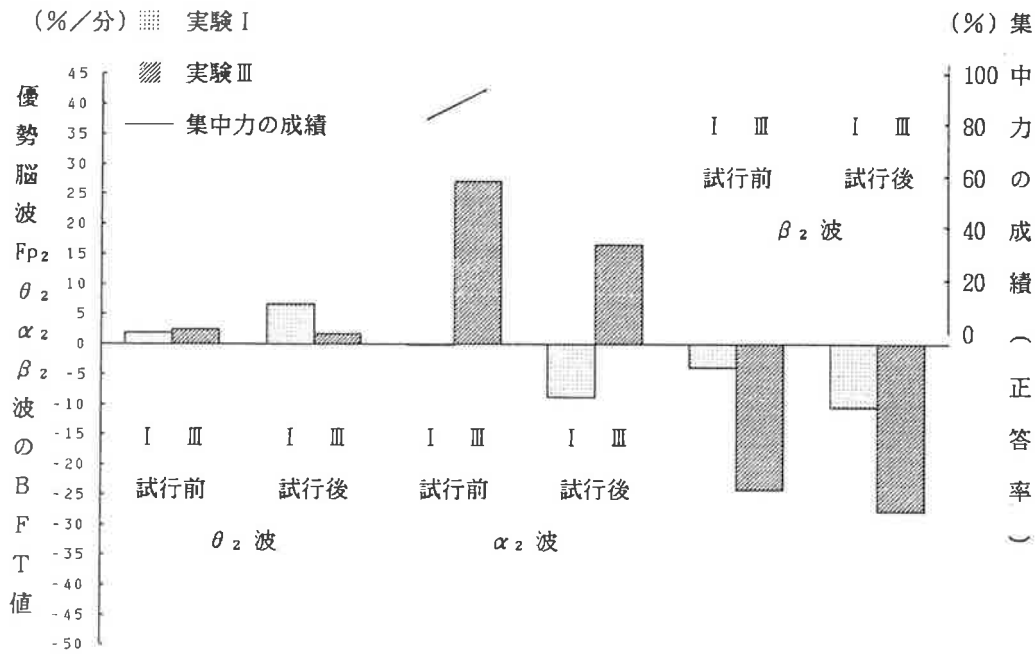


図11 実験I・IIIにおける優勢脳波 Fp_2 θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT値(被験者E)

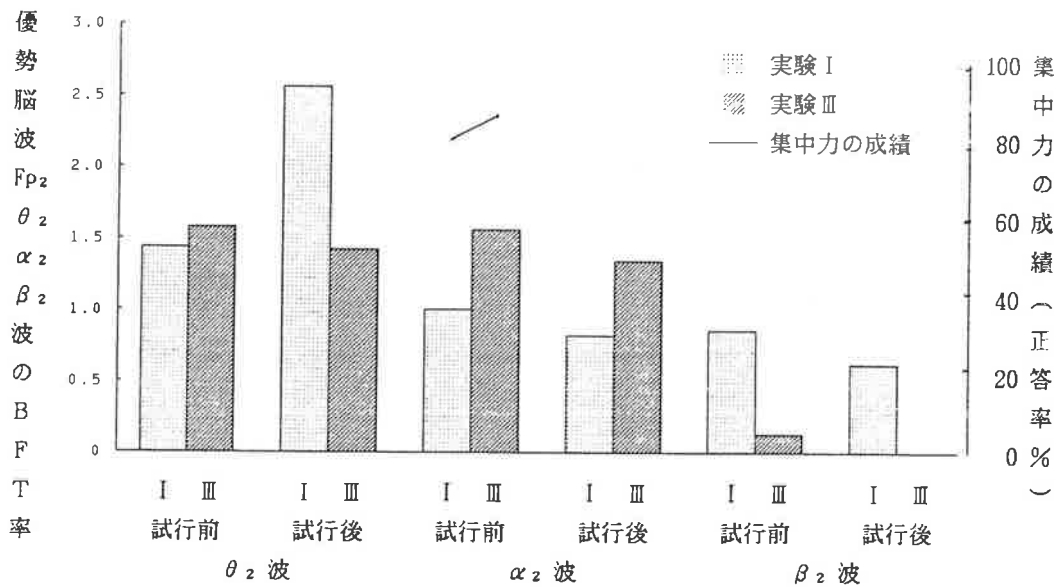


図12 実験I・IIIにおける優勢脳波 Fp_2 θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT率(被験者E)

以上からは、被験者によって前者の型と後者の型の二つの型が存在することがうかがわれる。次に図13・14から、被験者Gは、9名中ただひとり実験Ⅰより実験Ⅲの方が集中力の成績が減少している。その時の α_2 波は減少し、 β_2 波も減少しているが、 θ_2 波は増大している。したがって、集中力と α_2 波とが同調し、 α_2 波と β 波または θ 波のどちらかが逆相関にあるという関係は同様である。

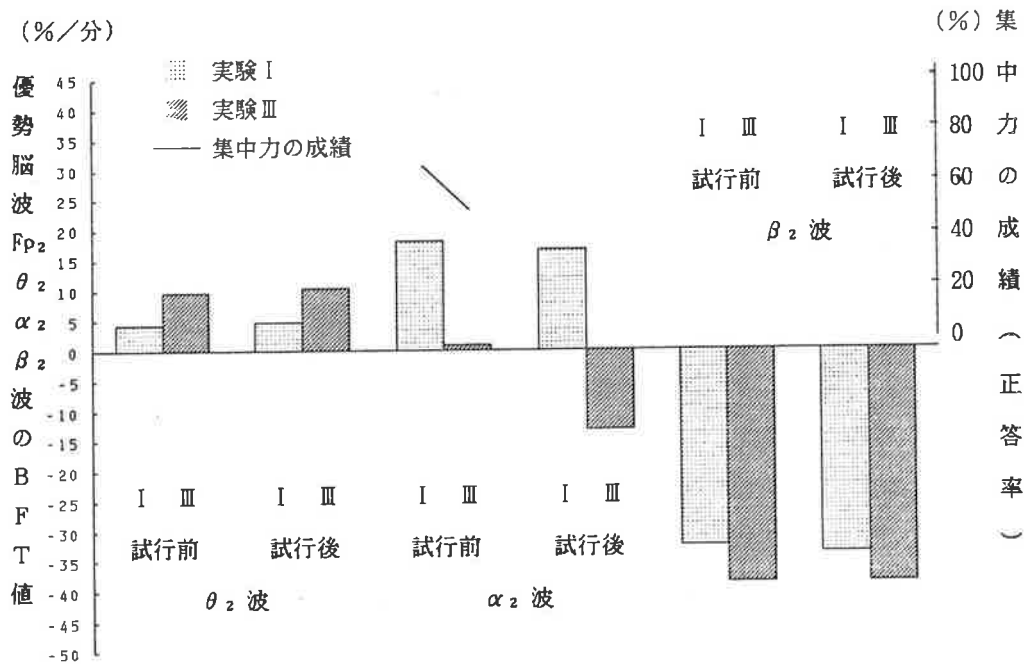


図13 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波Fp₂・ θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT値(被験者G)

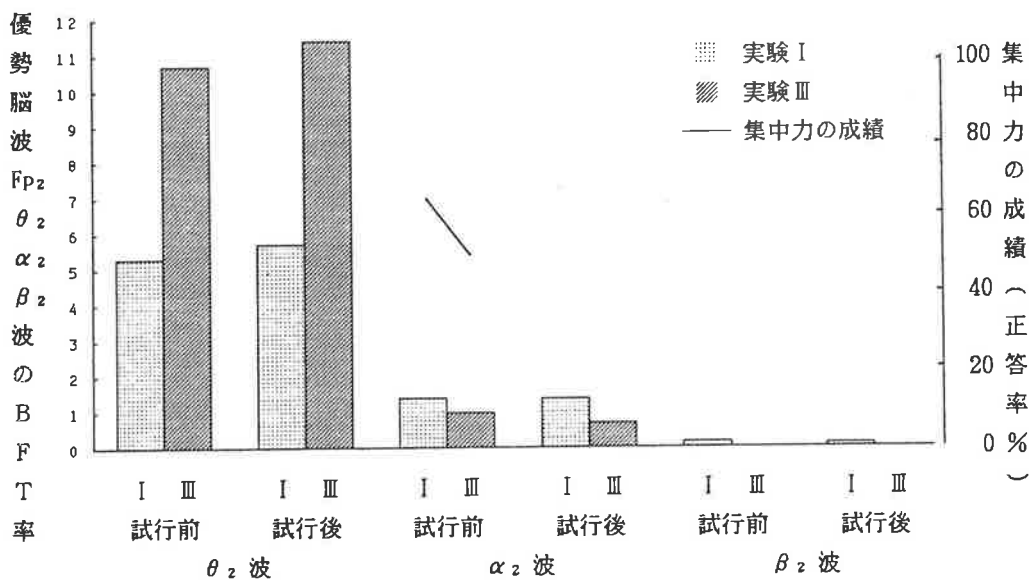


図14 実験Ⅰ・Ⅲにおける優勢脳波Fp₂・ θ_2 ・ α_2 ・ β_2 波のBFT率(被験者G)

〔 結 論 〕

脳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、9名の被験者（18～20歳）について実験した結果、次の結論を得た。

- 1 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が多く出現する時は、優勢脳波 $Fp_2 \theta_2$ 波または β_2 波の出現が減少することがほぼ認められる。
- 2 集中力が増強している時は、優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波が増大し、 $Fp_2 \theta_2$ 波または $Fp_2 \beta_2$ 波の出現が減少することがほぼ認められる。
- 3 脳波BFTによって優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増大させ $Fp_2 \theta_2$ 波または β_2 波を減少させることができると思われる。
- 4 優勢脳波 $Fp_2 \alpha_2$ 波を増大させ、 $Fp_2 \theta_2$ 波または β_2 波の出現を減少させることによって集中力を増強できると考えられる。
- 5 仮説2では、被験者によって $Fp_2 \alpha_2$ 波の増大と逆傾向を示す脳波が $Fp_2 \theta_2$ 波の場合と、 $Fp_2 \beta_2$ 波の場合の二つの型が存在する。

〔 引用文献 〕

- 1) 志賀一雄・松岡洋一・佐々木雄二 1982 前頭葉 α 波のフィードバック増強、バイオフィードバック研究9, 1-14.
- 2) 橋本圭子 1991 アルファ α 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, 180-186.

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 α_2 波強化と集中力増強との関係

橋本文子 丹羽勸昭

問 題

バイオフィードバック（以下BFと略す）とは人の不随意的な神経・生理反応の変化を、外部情報に変換しその人に伝達する操作と定義される。1960年後半からJ. Kamiya⁴⁾によって脳波、特に α 波の多発訓練と意識状態との対応関係についての研究が行なわれ、BF情報をもとに反応的的確な方向づけを行うための自己管理をする訓練が試みられてきた。

加賀²⁾らのPeak performance時の精神状態の分析や、その他の報告^{5) 6)}によってスポーツ選手の心理的適性やメンタルトレーニング（以下MTと略す）についての研究が発表され、MTの手段としてのBFトレーニング（以下BF Tと略す）とパフォーマンス成績に関係があることが示唆されている。

脳波を使った研究には Beatty¹⁾の行なった θ 波によるBF Tの報告がある。また、丹羽⁹⁾の報告によれば、 α 波を α_1 波(6.7~8.6 Hz)、 α_2 波(8.6~12.0Hz)、 α_3 波(12.0~14.0Hz)、に分け、最も優勢に出現した脳波を優勢脳波とすると、パフォーマンス²¹⁾成績が高いときに優勢脳波 α_2 波が出現しやすく、 θ 波、 β 波は出現しにくいことが報告されている。そして優勢脳波 α_2 波を使ったBF T（以下脳波BF Tと略す）による集中力増強の可能性を示唆している。

しかし集中状態とはどのような状態かを客観的に捉えることは難しく、今まで集中力の測定には質問紙法によるものが多かったので信憑性に欠けていた。優勢脳波 α_2 波と集中度を測る客観的な基準の1つとしてのパフォーマンス成績との関係を検討する。丹羽⁹⁾が扱っているのは一点集中時であるが、実際の生活の場や競技場面では二点集中場面が多くある。そこで本研究では一点集中時に加えて、二点集中時での脳波BF Tによる集中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、一点集中時のパフォーマンス成績が高いとき、優勢脳波 α_2 波が多く出現する。
- 2、二点集中時のパフォーマンス成績が高いとき、優勢脳波 α_2 波が多く出現する。
- 3、脳波BF Tによって優勢脳波 α_2 波を増強できる。
- 4、優勢脳波 α_2 波を増強したときには一点集中力は増大する。
- 5、優勢脳波 α_2 波を増強したときには二点集中力は増大する。

方 法

実験Ⅰは視覚刺激による一点集中時と二点集中時での測定（注意力計による）と、聴覚刺激による一点集中時での測定（短期記憶）を行なう。短期記憶については、従来解明されていない、聴覚刺激による実験中の脳波と成績（記憶量）との関係を検討する。実験Ⅲは実験Ⅰと全く同じ内容を実験Ⅱの後に行なう。実験Ⅱは優勢脳波 α_2 波を増強させるための脳波BF Tを3日に一度行なう。脳波BF Tを行なった効果を調べるため実験Ⅰと実験Ⅲのパフォーマンス成績と優勢脳波出現量について比較する。

- ① 被験者：女子大学生17名（18歳～21歳）
- ② 実験期日：1992年 8月17日～10月20日
- ③ 環境条件：室温 20℃～27℃

湿度 49℃~57℃

④ 実験後の処理：奈良女子大学情報処理センターでSASを使用して統計処理をする。⁷⁾

⑤ 実験手続き：右の表の通りに行なう。

[実験 I]

・実験 I - 1：注意力計を用いた二点集中の実験

脳波 BFT 装置 (FM515 型 FT 技研製) を用いセンサーベルトで探査電極を前額の右 (Fp₂ 部) と、クリップ型を左耳たぶ (A₁ 部) に、基準電極を前額の左 (Fp₂ 部) に装着して、単極誘導により前頭葉から脳波が導出される。2 秒毎の周波数帯域積分値が μV 単位で表わされるので分析専用ソフト (FT 技研製) を用いて分析する。各周波数帯域 (θ_2 波…中心周波数 5.6Hz、 α_1 波…中心周波数 8.2Hz、 α_2 波…中心周波数 10Hz、 α_3 波…中心周波数 12Hz、 β_2 波…中心周波数 18Hz) の脳波が優勢 (最も強く出現する状態) になった時間とその比率 (θ_2 指数、 α_2 指数等とする¹⁰⁾) を優勢脳波出現率とする。図 3 に FM515 型のバンドパスフィルターの周波数特性を示す。注意力計 2 個を同時に使い、集中力を測定する。眼球の左右運動を少なくするため 2 つの数字の間隔は機械の都合上最少の 27cm とし、2 つの数字の中間点と被験者の目の距離は約 1m とする。視線は水平より下へ約 15° とする。注意力計 AF 型 (稲葉人間工学研究所の 1988 年 6 月製造 - No. 1 - と 1992 年 6 月製造 - No. 2 - の各一台) で数字出現速度は 1.5Hz を使用し、被験者は両手にスイッチを持ち、1 から 9 の数字のうち指定された 2 種類の数字が出たら、機械が提示した側の手に持っているスイッチを押す。これを 20 秒間行なう。

・器具の装着	
・実験の説明	
・練習試行	
短期記憶 暗記 57 秒 再生 1 分	
休憩	1 分 10 秒
注意力計二点集中	25 秒
注意力計一点集中	35 秒
・本試行	
安静時	5 分
休憩	1 分 10 秒
短期記憶 暗記 57 秒 再生 1 分	} ※
休憩	
注意力計二点集中	25 秒
休憩	1 分 10 秒
注意力計一点集中	35 秒
休憩	1 分 10 秒
安静時	5 分
終了	
※ 3 回繰り返す	

図 1 実験 I と III の実験手続き

・器具の装着	
・実験の説明	
・リラクゼーション音楽	約 4 分
休憩	1 分
脳波 BFT 1 回目	3 分
休憩	1 分
脳波 BFT 2 回目	3 分
休憩	1 分
脳波 BFT 3 回目	3 分

図 2 実験 II のトレーニング順序

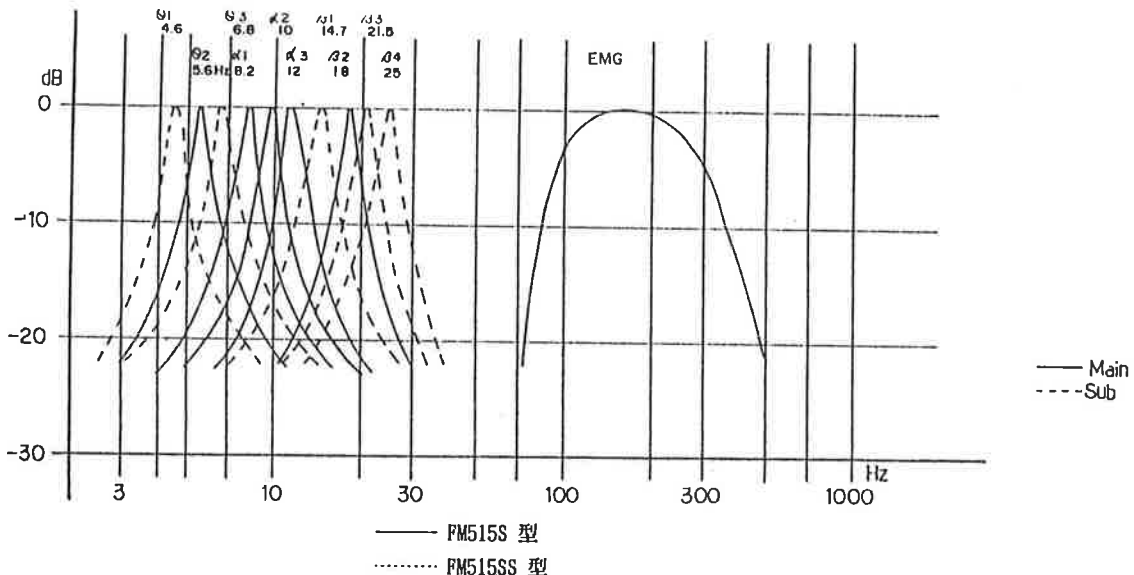


図 3 バンドパスフィルターの周波数特性

Frequency response of FM515 BPF

・実験 I - 2：注意力計を用いた一点集中の実験

一点集中では、No. 1 の台を二点集中と同じ位置で使用し、数字出現速度 2 Hz で 3 種類の数字を指定し 30 秒間行なう。

I-1とI-2の集中力の測度には正答値を成績として使う。Signal数(信号)をS、Pass数(見落とし)をP、Miss数(押し違い)をM、と略し正答値は次式で計算する。

$$[S - (P + M)]$$

$$\text{正答値} = \frac{\quad}{S}$$

・実験I-3:聴覚による短期記憶の実験

清音2時音節の無連想価表から無連想価10-14の範囲の無意味連想綴りを12項目使用する。2秒で1項目提示。2回繰り返して提示し、1分間以内に再生した正答率を成績とする。姿勢は二点、一点集中と同じで暗記中も再生中も閉眼状態とする。

[実験II]

ボディソニック装置に横たわり、脳波BFTを始める前にリラクゼーション音楽を聞いてから、FM515型(一定 μv 以上の優勢脳波 α_2 波が出現しているときに鈴虫の音を鳴らして被験者に知らせる)で優勢脳波 α_2 波をだすトレーニング3分間を3度繰り返し、この実験を1、4、7、10、13日目に行なう。被験者の拘束期間を短縮するため、1日目の脳波BFTは実験Iの直後に行ない13日目の脳波BFTは実験IIIの直前に行なう。トレーニングは3日単位とし、1日は実験室で行ない、後2日は自宅で1日1回、実験IIのテープを聞いた後で実験室での体験をもとに自分で行なう。自宅では脳波を測定できないので実際に優勢脳波 α_2 波が出ているかを確認することはできない。使用曲はFT技研製音楽瞑想テープのTAPE2、応用編のB面第3曲で実験の指示はすべてテープで行なう。

[実験III]

13日目に実験I-1、I-2、I-3と同じ内容を実験III-1、III-2、III-3として行なう。

結 果

実験IとIIIで結果に用いた脳波は二点集中時の20秒間の試行前の閉眼時1分間と一点集中時の30秒間の試行前の閉眼時1分間、短期記憶の暗記中の1分間で、いずれも試行時と呼ぶことにする。安静時の脳波は実験開始前の5分間の測定値を用いる。なお二点集中と一点集中の試行中は脳波がとりにくいので使えなかった。また短期記憶の再生時は被験者が目を閉じたまま眼球を動かすことが多く、脳波の測定が上手く出来なかったので使用しない。

1、実験Iの各実験の成績と優勢脳波 α_2 波出現状態との相関について

表1 実験Iのperformanceの成績と各優勢脳波の相関(r)が ± 0.4 以上の人数の百分率

脳波	θ_2	α_1	α_2	α_3	β_2
短期記憶	33.3	20.0	28.6	21.4	28.6
	40.0	33.3	21.4	14.3	21.4
二点集中	6.3	56.3	43.8	25.0	37.5
	50.0	18.8	12.5	37.5	25.0
一点集中	33.3	33.3	58.3	41.7	25.0
	16.7	33.3	16.7	25.0	25.0

注) 上段は+のrの人の%
下段は-のrの人の%

実験ⅠとⅢとも3種類の実験についてそれぞれ3回ずつしか行なっていないので信憑性が低くなるが、相関係数とその信頼水準の結果について述べる。短期記憶、一点集中、二点集中ごとに、欠けることなくデータを記録できた人数（3回の実験中で1回でも測定できなかった被験者を省いたため）を、100%として各実験成績と各優勢脳波について相関関係が見られた（相関係数が±0.4以上）被験者の割合を、実験Ⅰについて表1に示す。

- ① 短期記憶：成績と優勢脳波 α_2 波について相関の認められたものは14名中7名（内、負の相関が3名）で、正の相関があったとはいえない。
- ② 二点集中：成績と優勢脳波 α_2 波については15名中9名（内、負の相関が2名）で相関がうかがえる。しかし優勢脳波 α_1 波をみると16名中12名（内、負の相関が3名）で、優勢脳波 α_2 波よりも多くの被験者に相関が示された。
- ③ 一点集中：成績と優勢脳波 α_2 波については12名中9名（内、負の相関が2名）で相関が認められたが優勢脳波 α_3 波についても12名中8名（内、負の相関が3名）に相関が表れていた。

実験Ⅰの結果より、優勢脳波 α_1 波と優勢脳波 α_3 波にも集中力と相関がある可能性が示されているが、実験Ⅱでは従来行なわれてきた優勢脳波 α_2 波に限定して増強を目的とした脳波BFTを行なう。

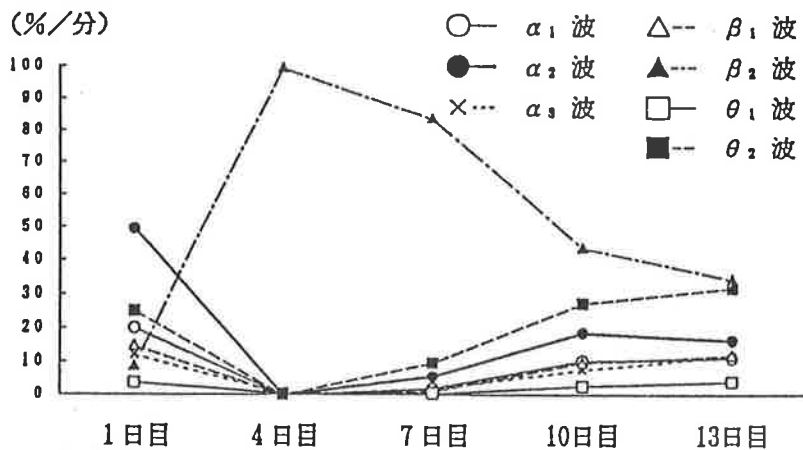


図4 脳波BFT中の優勢脳波出現率（被験者1）

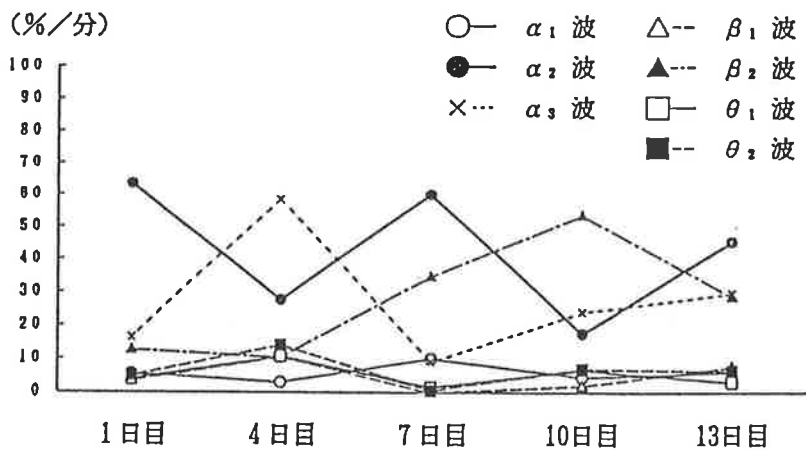


図5 脳波BFT中の優勢脳波出現率（被験者4）

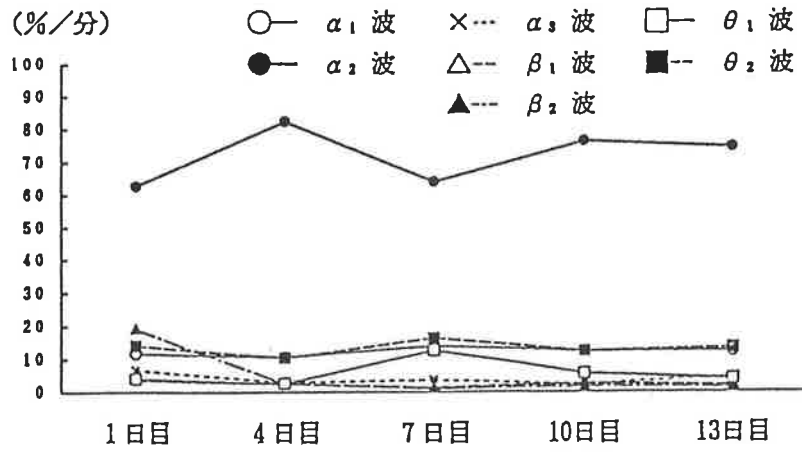


図6 脳波BFT中の優勢脳波出現率(被験者5)

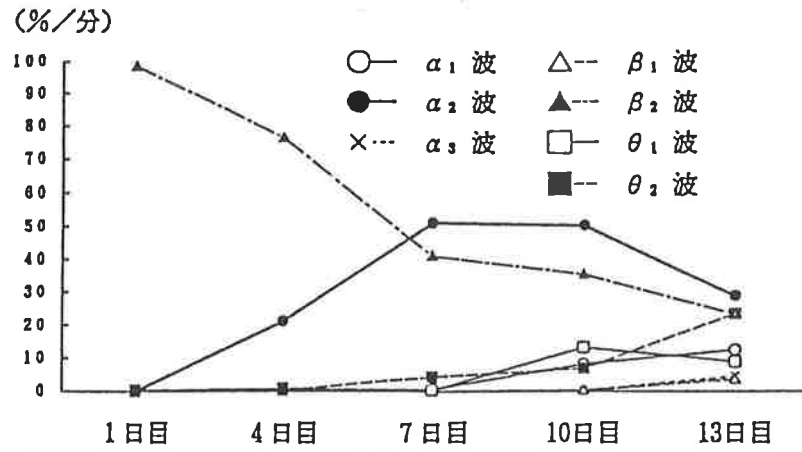


図7 脳波BFT中の優勢脳波出現率(被験者11)

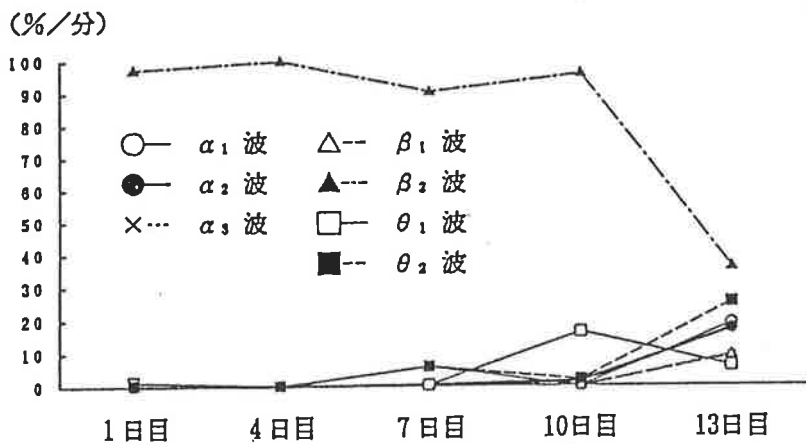


図8 脳波BFT中の優勢脳波出現率(被験者15)

2、脳波BFT中の優勢脳波 α_2 波の出現状況の変化

安静時の優勢脳波 α_2 波であっても人によって出現率には大きく差がある。丹羽⁹⁾の実験では基準値として、最もリラックスした状態であると思われる実験後の安静時5分間の優勢脳波出現率の平均値を用いたが、今回の実験は1時間以上被験者を拘束するため、疲れが出ていない実験前の安静時を基準値と考えて、基準値に対する試行時の優勢脳波出現率の増減値をBFT値、増減率をBFT率とし、次式で算出した。

BFT値＝試行時の優勢脳波出現率－基準値

BFT率＝試行時の優勢脳波出現率÷基準値

優勢脳波 α_2 波増強を目的とした脳波BFTを行なった結果、幾つかの似た型に分けられる変動があったので、それぞれを5グループに分けた。①被験者1のように4日目で減少し、7日目以降増加、或いは僅かに増加傾向を示したもの(図4)②被験者4のように上がり下がりを繰り返したもの(図5)③被験者5のように変化の少なかったもの(図6)④被験者11のように逆U字型に変動したもの(図7)⑤被験者15のように最後に増加したもの(図8)である。

1日目と13日目を比較して優勢脳波 α_2 波が増加していた被験者は16名中10名いたが、t検定の結果では有意水準が5%以内で3名、10%以内で5名が認められた。脳波BFT5回の中で1回でも有意に脳波を増強できた被験者は7名であった。

3、実験Ⅲの各実験の成績と優勢脳波 α_2 波出現状態との相関について

実験Ⅲについて各実験成績と各優勢脳波に相関関係が見られた被験者の割合を、実験Ⅰ同様に表2に示す。

表2 実験Ⅲのperformanceの成績と各優勢脳波の相関(r)が±0.4以上の人数の百分率

脳波	θ_2	α_1	α_2	α_3	β_2
短期記憶	60.0	14.3	14.3	42.9	57.1
	13.3	57.1	57.1	14.3	21.4
二点集中	33.3	20.0	40.0	26.7	6.7
	26.7	53.3	26.7	20.0	33.3
一点集中	28.6	35.7	42.9	7.1	28.6
	14.3	50.0	35.7	42.9	14.3

注) 上段は+のrの人の%
下段は-のrの人の%

- ① 短期記憶：成績と優勢脳波 α_2 波について相関があったのは14名中10名(内、負の相関が8名)で、負の相関が高く表われた。優勢脳波 θ_2 波と成績の相関は実験Ⅰにおいても一番高かったが、実験Ⅲでも優勢脳波 θ_2 波が最も相関のあった人数が多かった。
- ② 二点集中：成績と優勢脳波 α_2 波については15名中10名(内、負の相関が4名)に相関があった。優勢脳波 α_1 波については16名中11名(内、負の相関が8名)であった。
- ③ 一点集中：成績と優勢脳波 α_2 波については12名中11名(内、負の相関が5名)に相関が見られた。優勢脳波 α_3 波については12名中7名(内、負の相関が6名)だった。

考 察

1、各優勢脳波と各実験成績との相関

実験Ⅰの結果から優勢脳波 α_2 波以外にも、二点集中実験で成績と優勢脳波 α_1 波の、一点集中実験で優勢脳波 α_3 波の正の相関がうかがえたため短期記憶、二点集中、一点集

中の実験の種類によって集中時に出現する脳波の周波数に違いがあるのではないかと思われた。しかし、実験Ⅲの結果から二点集中実験の成績と優勢脳波 α_1 波、一点集中実験の成績と優勢脳波 α_2 波に正の相関が見られなかったため、二点集中と一点集中については実験Ⅰ・Ⅲともに成績と正の相関が高かった優勢脳波 α_2 波を強化することが集中力増強ともっとも関係が深いと思われる。

短期記憶に関しては実験Ⅰ・Ⅲともに成績と優勢脳波 θ_2 波に最も相関が高かった。

一度でもBFTの効果があり(P<.05)に現われた人は測定できた16名中7名で、この7名について、実験ⅠとⅢの優勢脳波 α_2 波の出現率平均値間および各パフォーマンス成績平均値間の有意差検定の結果を図9に示す。図9から、実験ⅠよりⅢでパフォーマンス成績が有意に増大していることが認められた。

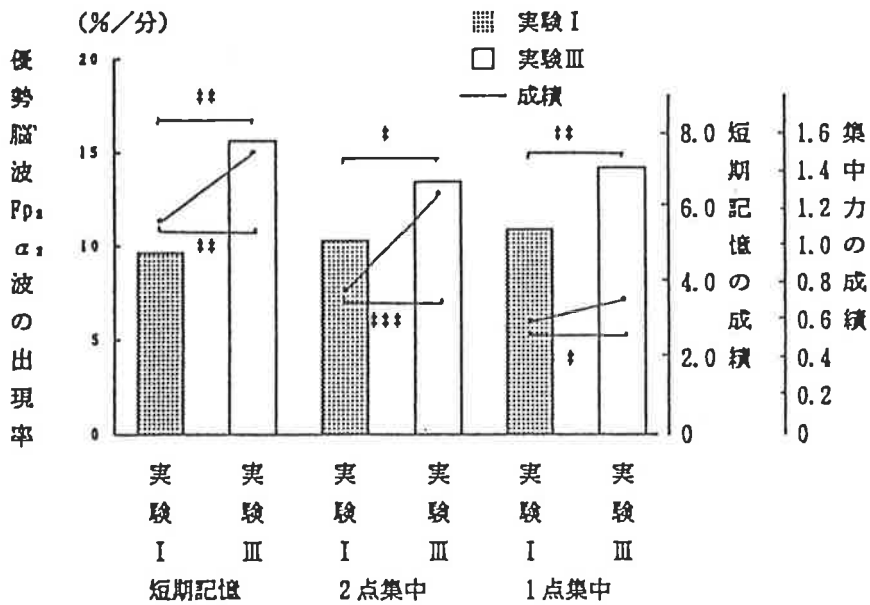


図9 短期記憶、2点集中、1点集中の実験ⅠとⅢにおける優勢脳波 $Pp_2 \alpha_2$ 波の出現率とその成績(BFT効果のみられた被験者7名)

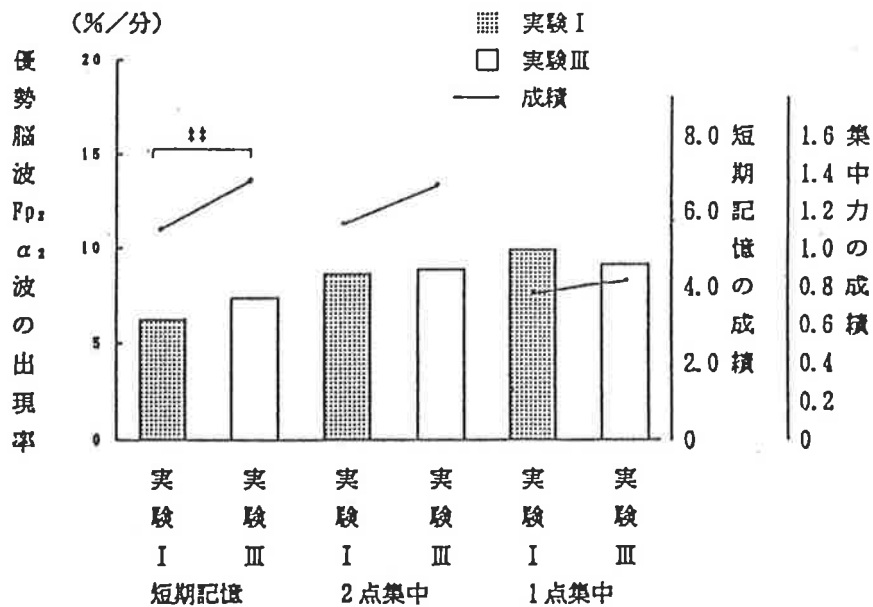


図10 短期記憶、2点集中、1点集中の実験ⅠとⅢにおける優勢脳波 $Pp_2 \alpha_2$ 波の出現率とその成績(BFT効果のみられなかった被験者9名)

効果が認められなかった9名（図10）については短期記憶に成績の有意な上昇が見られるが二点集中、一点集中では有意な上昇は見られなかった。

二点集中、一点集中に関しては優勢脳波 α_2 波と成績との正の相関が高いため、脳波BFTに有意な効果が認められた7名で成績の有意な上昇が見られ、有意な効果が認められなかった9名で上昇がなかったと思われる。

しかし、脳波BFTで効果が無かった9名の二点、一点集中における実験Ⅰの成績が高く、更に成績を高めることが困難であったとも考えられるので、BFT効果の有無で成績の上昇の有無が決まるとは断定できない。

短期記憶に関しては優勢脳波 α_2 波よりも優勢脳波 θ_2 波と成績の相関が高いと思われるので優勢脳波 α_2 波の有意な上昇に関わらず、優勢脳波 θ_2 波の増加が成績を向上させた可能性がある。

2、脳波BFTによる脳波の変動について

本実験の方法による脳波BFTを行なって表われる脳波の変動パターンは一つに定まらなかった。大別しただけでも5パターンに分けられるが、被験者全員で成功したと考えられないことから更に成果の認められるような方法を考案する必要があると考えられる。

結 論

優勢脳波 α_2 波とパフォーマンス成績との関係について仮説を検討するため、注意力計を用いた（視覚刺激）二点集中状態と一点集中状態及び、短期記憶時（聴覚刺激）について女子大学生を対象に実験を行なった。実験Ⅰとして各試行中に優勢脳波を測定し、最もパフォーマンス成績との相関が認められた人数の多かった優勢脳波 α_2 波について脳波強化のための脳波BFTを行なったところ、脳波BFTは全ての被験者に対して効果があったのではないが、脳波BFT中に一度でも有意に優勢脳波 α_2 波を強化できた被験者では、実験Ⅲにおいて優勢脳波 α_2 波と二点集中、一点集中のパフォーマンス成績がともに有意に上昇した。そこで以下の結論を得た。

1、実験ⅠとⅢにおいて、優勢脳波 α_2 波と一点集中時のパフォーマンス成績とに正の相関が多くみられたことから一点集中時のパフォーマンス成績が高いときに優勢脳波 α_2 波は多く出現すると思われる。

2、実験ⅠとⅢにおいて、優勢脳波 α_2 波と二点集中時のパフォーマンス成績とに正の相関が多くみられたことから二点集中時のパフォーマンス成績が高いときに優勢脳波 α_2 波は多く出現すると思われる。

3、今回の実験では、脳波BFTによって優勢脳波 α_2 波を被験者全員について増強できたとはいえないので、さらに有効な方法を考案する必要があると思われる。

4、優勢脳波 α_2 波を増強したときに一点集中力は強化されると思われるが、脳波BFTの効果の有無で成績の上昇の有無が決まるとは断定できない。

5、優勢脳波 α_2 波を増強したときには二点集中力は増大すると思われるが、脳波BFTの効果の有無で成績の上昇の有無が決まるとは断定できない。

注1) 本論文では「パフォーマンス」を課せられた作業という意味で用いる。

文 献

- 1) Beaty J., Greenberg A., Deibler, W. Phillip and O'Hanlon, J. F. (1974) Operant control of occipital thetarhythm affects performance in a radar monitoring task. *Science*183:371-373.
- 2) 加賀秀夫他(1986)
peak performance時の精神状態に関する研究. 日本体育協会スポーツ科学委員会, スポーツ選手のメンタル・マネージメントに関する研究(第1報) 2:89-113.
- 3) 志賀一雄・松岡洋一・佐々木雄二(1982)
前頭葉 α 波のフィードバック増強. バイオフィードバック研究9, 1-14.
- 4) Kamiya J. (1968)
Operant control of the EEG alphasrhythm and some of its reported effects on consciousness: John Wiley. pp480-501.
- 5) Suinn R. m. (1984)
Visual motor behavior rehearsal: The basic technique. *Scand. J. Behavior Therapy* 13:131-142.
- 6) 杉江 征・佐々木雄二(1986)
バイオフィードバックとセルフコントロール. *心理学評論* 29(1):70-88.
- 7) 竹内 啓・市川伸一・大橋靖雄(1989)
SASによるデータ解析入門. 東京大学出版: 東京, pp252.
- 8) 徳永幹雄(1990)
精神集中のためのプログラムーその事例. *臨床スポーツ医学* 5(11):92-99
- 9) 丹羽 劭昭・弘 志穂(1992)
脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(2).
日本スポーツ心理学会第19会大会研究発表抄録集, B-14.
- 10) 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*63, 180-186.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE INCREASE OF Fp2 α 2 WAVE
AND REINFORCEMENT OF CONCENTRATION
BY THE PREVALENT EEG BIOFEEDBACK TRAINING

Takaaki NIWA
Shiho HIRO

Department of Sport Psychology
Faculty of Letters
Nara Women's University
Kitawoyanishimachi Nara 630, Japan

The 8th World Congress of Sport Psychology
June 22-27, 1993
Lisbon, Portugal

ABSTRACT

Motor performance is greatly influenced by mental concentration. So 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 report about cases of increased concentration using EEG BFT.

The subjects were 9 students of one basketball club from a Women's University, 18 to 21 years of age. Subjects were laid on the Bodysonic System and listened to synthesized sounds, three BFT trials were then done (each trial lasting three minutes) with FM515S. Signal sounds were apparent from FM515S when the Fp2 α 2 wave appeared predominantly. Immediately before and after BFT, the concentration level and the appearance of the Fp2 α 2 wave were measured. This program was done every day for 13 days.

As a result, the following conclusion were obtained;

1. Persons with a high concentration showed a dominant appearance of Fp2 α 2 wave as prevalent EEG.
2. Prevalent FP2 α 2 wave can be increased by EEG BFT.
3. Concentration can be reinforced by increasing the prevalent Fp2 α 2 wave .

From this research, it is suggested that increasing the Fp2 α 2 wave by BFT increases concentration, and we want this result to be applied at practically in educational situations.

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 physio-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 be appear, including the peak performance feeling test proposed by Garfird(1984), the seven steps to peak performance by Suinn(1984), the attention control training by Niderffer(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 α wave and its relation to the performance level. That is because the α 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 α wave was intensified by an α wave BFT. He also reported the intensification of the α wave could be correlated with an internal emotion called the 'comfortableness'. Such an α wave was usually picked up from the back lobe. However, Shiga et al.(1982) compared the α 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 the usual situation, e.g., only when the eyes are closed. He also found a fairly good correlation of the α 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 α wave was predominant in the EEG, i.e., when the α wave was the prevalent EEG. He found that the α index is a more reasonable measure of psychological response than the integral of μ v.

So far the α 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 et al. reexamined more carefully the α wave in the prevalent EEG which was picked up from a forehead location, Fp2 (hereafter, referred to as the Fp2 α wave). Although the Fp2 α wave had, in general, been treated as one wave ranging from 8 to 13 Hz between the θ wave and β wave, it was divided into three subranges, i.e., α 1 wave (8-9 Hz), α 2 wave (9-11 Hz) and α 3 wave (11-13 Hz) and the appearance time fractions of the α 1, α 2 and α 3 waves were being investigated as the prevalent EEG (hereafter, referred to as the α 1, α 2 and α 3 waves appearances) during performance tests such as pursuit rotor and so on. Examining the relations with the performances, it was found that the Fp2 α 2 wave appearance becomes large at situations of high performance, while the Fp2 θ and Fp2 β 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 Fp2 α 2 wave in the prevalent EEG is assumed to be intensified at high performance levels. Conversely, if the intensification of the Fp2 α 2 wave, i.e., the increase of the Fp2 α 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 Fp2 α 2 wave and examining the following hypotheses;

1. High appearance of the Fp2 α 2 wave in the prevalent EEG is to be associated with high concentration.
2. Intensification of the Fp2 α 2 wave or increase of the Fp2 α 2 wave can be accomplished by EEG biofeedback training.
3. Concentration level can be increased by the intensification of the Fp2 α 2 wave.

METHOD AND PROCEDURE

Subjects were 9 under-graduate students of one basketball club from a women's university, from 18 to 21 years of age. Experiments were done during two periods, i.e., 25 May to 4 June 1991 and 2 to 28 October 1991, under the room conditions of 18.0-24.0 °C (room temperature) and 54.0-72.0 % (relative humidity),

A biofeedback system (Type FM515S, FT Tech. Inst.) was used. Two electrodes of the EEG were fixed by a sensor belt at 4 cm right (Fp2 position ; exploring electrode) and at 4 cm left (Fp1 position ; earth) from the center of forehead and a clip electrode was put on an ear lobe (A1 position ; reference electrode). Common mode noises are removed because the FM515S uses 3 measure points (Fp2, Fp1 and A1 position). The biofeedback system picked up the EEG of Fp2 position and, divided it into some bandpass waves, it 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 θ wave (center frequency 5.6 Hz), $\alpha 1$ wave (8.2 Hz), $\alpha 2$ wave (10.0 Hz), $\alpha 3$ wave (12.0 Hz), β wave (18.0 Hz) and artifact. The influence of EEG is cutoffed by the filter for artifact which center frequency is 2.5Hz. Six waves were changed from analog to digital by scanner. The speed of AD change is 20ms. These the amplitude of frequency 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 frequency cut-off 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. interval. Then, the time fraction of each wave prevalent in the EEG was calculated and displayed on the BFT system.

Here, it should be noted that the EEG emitted from the forehead was used as the objective signal in the present work. It was preferred to that from the occipital because the α wave in the forehead EEG frequently has a much

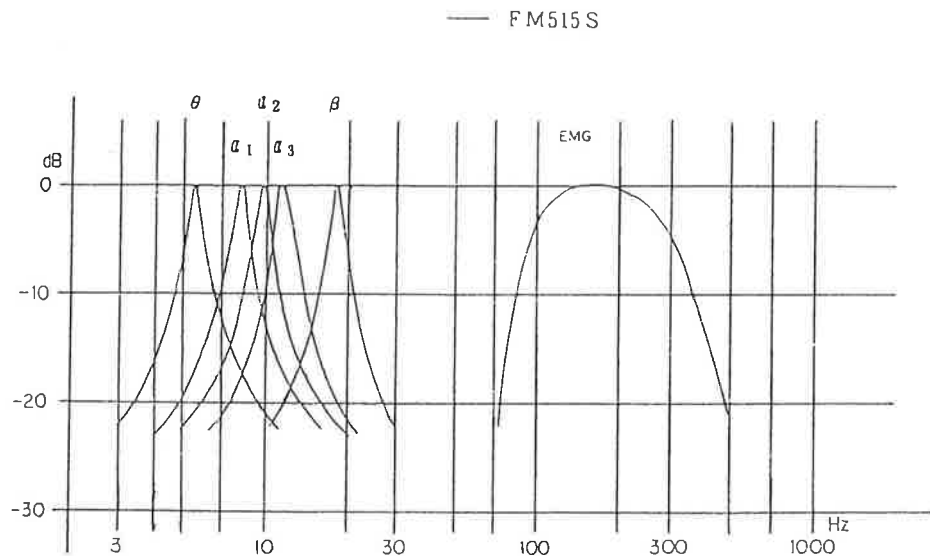


Fig. 1. Frequency Response of Filters of FM515S

stronger intensity than the occipital one in certain physio-psychological situations and it has a stronger correlation with the internal perception (Shiga et al. 1982). In addition, following Hashimoto(1991), the α index was adopted as a measure of psychological response in the present work.

The following three experiments were performed in series;

Experiment I consisted of the concentration measurement by means of a concentration level meter and comparison of the Fp2 α 2 wave appearances just before and just after the concentration measurement.

Experiment II was the biofeedback training (BFT) for intensification of the FP2 α 2 wave.

Experiment III was done following the same procedure as Experiment I but after the BFT, an examination was made on the effectiveness of the BFT. In all the Experiments measurements of the Fp2 α 2 wave appearance were performed .

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 the pass and miss, respectively) were counted and displayed on the screen. Following that the number of correct responses, i.e., number of test signals minus those of pass and miss were also displayed. In the present work the percentage of correct responses was taken as a measure of concentration performance. Experiments I and III were carried out in the order shown in Fig.2.

Rest(closed eyes)	300 sec.
Practical trial	30 sec.
Before the trial(closed eyes)	60 sec.
Trial	30 sec.
After the trial(closed eyes)	60 sec.
Rest(closed eyes)	300 sec.

↓
3 times repeat

Fig.2. Order of Experiment I • III

Setting up	
Explain of experiment II	
Music of relaxation	240 sec.
Rest	60 sec.
EEG BFT(1)	180 sec.
Rest	60 sec.
EEG BFT(2)	180 sec.
Rest	60 sec.
EEG BFT(3)	180 sec.

Fig.3. Order of Experiment II

The biofeedback training (BFT) was done in Experiment II by the following procedure. At first, a subject was laid on the Bodysonic system (Bodysonic Co.) and listened to music with her eyes closed. The music played was synthesized. It was the 3rd one on the B side of the music cassette for consciousness (Tape 2: for Application, FT Tech. Inst. Co.). This relaxed the subject and prepared her psychologically for the BFT.

BFT was done under a condition without music (no sound) and with the eyes closed. During the BFT the subject initially learned by herself what was happening physiopsychologically during the time the $Fp2\alpha 2$ 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. Thus, the subject through training learnt how to create a situation where by she could hear the biofeedback sound and keep it ringing as long as possible. The order of the BFT is depicted in Fig.3. Each training period took 16 minutes in total. The training period was set for 13 days. On the first day and every third day (so, 1st, 4th, 7th, 10th and 13th day, 5 times in total) the subject did the biofeedback training using the BFT system in the laboratory, while on the other days she trained at home once a day, without using such a biofeedback system. At home she listened to the music mentioned above, closing her eyes, and then under a no sound condition she recalled the memory of the situation in which the $\alpha 2$ wave was prevalent in the EEG.

RESULTS

1. Correlation between the concentration performance and the time fraction of $\alpha 2$ wave prevalent in the EEG (Experiment I)

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

In Experiment I the relation between the concentration performance and the time fraction of the FP2 $\alpha 2$ wave being the prevalent EEG (referred to as the $\alpha 2$ wave appearance) was examined for each individual subject. In Table 1 the correlation coefficients between the concentration performance and the Fp2 $\alpha 1$, $\alpha 2$ and $\alpha 3$ wave appearances (time fractions of the Fp2 $\alpha 1$, $\alpha 2$ and $\alpha 3$ waves being prevalent in the EEG), are examined together with their significance levels. Although the other correlation coefficients were, in general, low and scattered among subjects, remarkably high

Table 1 The Coefficient of Correlation(r) and the Level of Significance(p) between Appeared Rate of the Prevalent EEG(α_1 , α_2 , α_3 wave) and Concentration

sub.		A	B	C	D	E	F	G	H	I
α_1	BT r	-.771	.960	-.779	.000	-.999	-.976	-.329	-.625	.000
	p	.440	.180	.432	1.000	.035	.139	.787	.570	1.000
	AT r	-.771	.912	-.986	.000	.240	-.315	-.982	.045	.000
	p	.440	.270	.108	1.000	.846	.760	.120	.971	1.000
α_2	BT r	.970	.998	.870	.500	.996	.854	-.013	.990	.866
	p	.156	.044	.329	.667	.056	.349	.991	.091	.333
	AT r	.996	.996	-.851	-1.000	.945	.301	.999	.999	.000
	p	.167	.056	.352	.000	.212	.805	.032	.022	1.000
α_3	BT r	-.166	.912	.967	.000	.000	.000	.757	-.853	.651
	p	.894	.270	.163	1.000	1.000	1.000	.453	.350	.548
	AT r	-.971	.912	-.431	.000	.000	.000	-.329	-.920	-.327
	p	.153	.270	.716	1.000	1.000	1.000	.787	.256	.788

BT: before trial AT: after trial

correlation is seen between the concentration performance and the α_2 wave appearance. The correlations of the concentration performance with the α_1 and α_3 wave appearances are not distinguishable in Table 1. Thus, it can be concluded that high concentration performance is associated with the α_2 wave and not with the α_1 and the α_3 waves. Then, is the contrary true? Or can we increase the concentration level by intensifying the α_2 wave? If the augmentation of the concentration level can be accomplished by the α_2 wave intensification, it is very useful for sports and business. Then, how can the α_2 wave be intensified? The EEG biofeedback training was examined for this purpose in Experiment II.

2. Effectiveness of the prevalent EEG biofeedback training (Experiment II)

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 three values of the α_2 wave appearance in that situation was taken as the base value. For evaluating the effective-

ness of the prevalent EEG biofeedback training, the following values were introduced as;

Increase of appearance = appearance of a certain wave in the trial - that in the base situation

Increased ratio of appearance = appearance of a certain wave in the trial ÷ that in the base situation

Measurements were taken 5 times (on 1st, 4th, 7th, 10th and 13th days) during the BFT period. Those were taken for each subject by use of the BFT system in the laboratory. As a typical example, the result of subject A is presented in Figs. 4 and 5, where the increase of the appearance and the increased ratio, respectively, were plotted against the day. From these figures it can be seen that the α_2 wave ap-

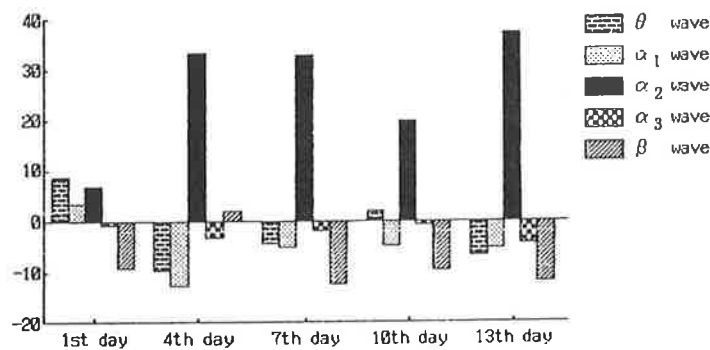


Fig. 4. Increase of Appearance of Prevalent EEG in EEG BFT(Subject A)

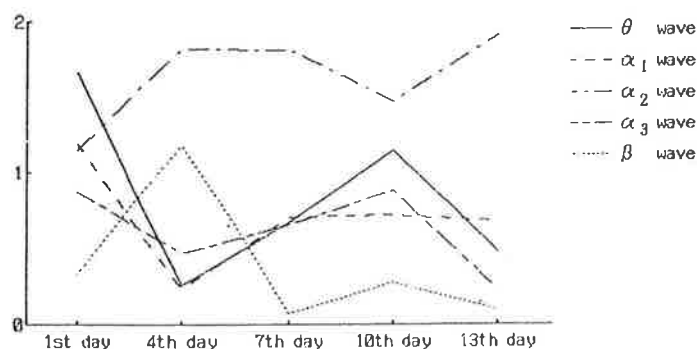


Fig. 5. Increased Ratio of Appearance of Prevalent EEG in EEG BFT(Subject A)

Table 2 t Test between Rest Situation and BFT of the Prevalent EEG(Fp₂a₂ wave)

EEG	sub.	1st day	4th day	7th day	10th day	13th day
a ₂	A	.226	.022	.014	.072	.023
	B	.105	.500	.174	.350	.248
	C	.445	.075	.378	.019	.017
	D	.076	-.139	.243	.022	.114
	E	.008	.006	.043	.029	.103
	F	.053	.225	.036	.155	.002
	G	.178	.073	.103	.086	.225
	H	.020	.011	.033	.070	.068
	I	.420	-.448	.303	.232	-.413

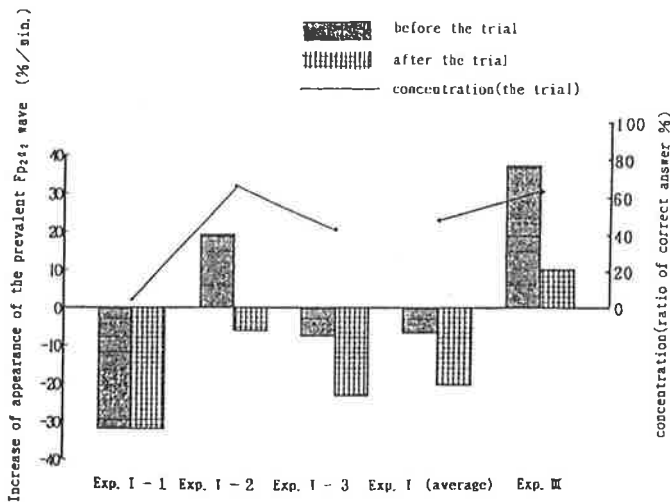


Fig. 6. Increase of Appearance of Prevalent EEG(Fp₂a₂ Wave) and Concentration at Experiment I (1~3 Times) and Experiment III (Subject B)

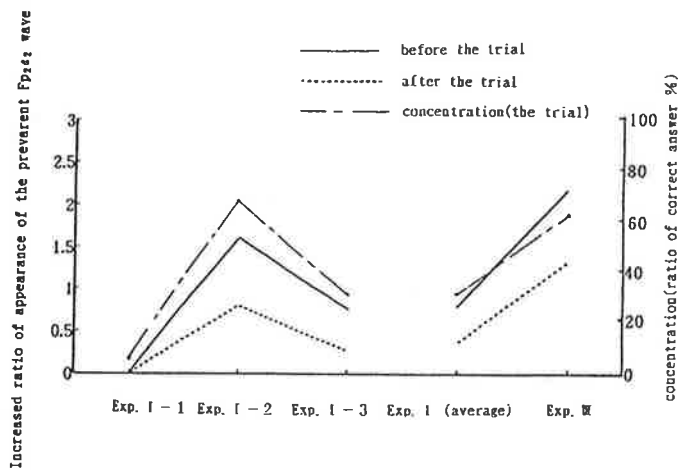


Fig. 7. Increased Ratio of Appearance of the Prevalent EEG (Fp₂a₂ Wave) at Performance and Concentration of Experiment I (1~3) and Experiment III (Subject B)

pearance increased significantly after the first measurement. Table 2 summarizes the result of the t-test. A significant increase of the $Fp2\alpha 2$ wave appearance, i.e., significant intensification of the $\alpha 2$ wave could be observed in the course of the prevalent EEG biofeedback training for all the subjects. As seen in Table 2, effectiveness of the BFT was confirmed for 8 subjects, of which 6 subjects showed high significance levels.

3. Concentration level after the prevalent EEG biofeedback training (Experiment III)

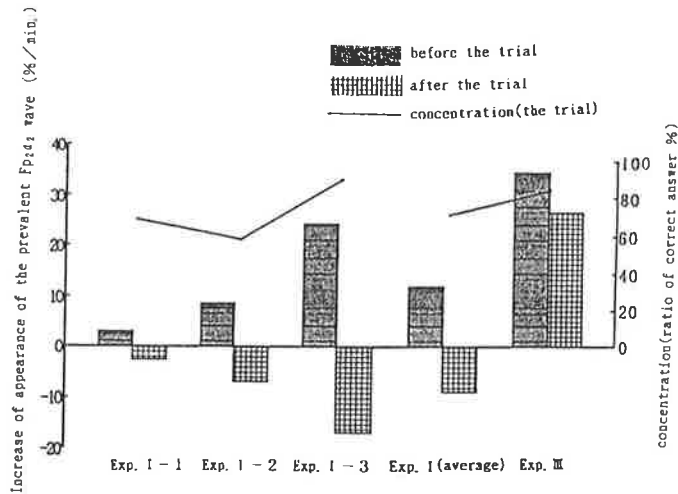


Fig. 8. Increase of Appearance of Prevalent EEG($Fp2a2$ Wave) and Concentration at Experiment I (1~3 Times) and Experiment III (Subject C)

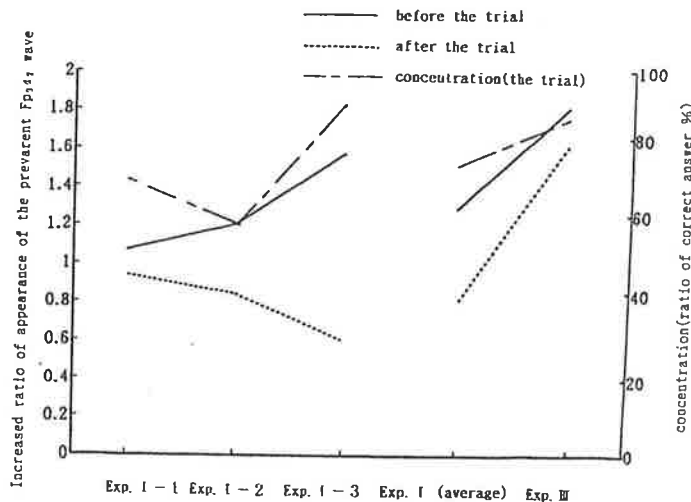


Fig. 9. Increased Ratio of Appearance of the Prevalent EEG ($Fp2a2$ Wave) at Performance and Concentration of Experiment I (1~3) and Experiment III (Subject C)

Results of the BFT for subjects B, C and F are shown in Figs. 6 to 11, where the concentration performance and the increase of the $\alpha 2$ wave appearance and its increased ratio after the BFT were compared with those before the BFT. For example, from Figs. 6 and 7 it can be seen clearly that both the concentration level and the $\alpha 2$ appearance were increased by the BFT, when comparing the results of Experiment

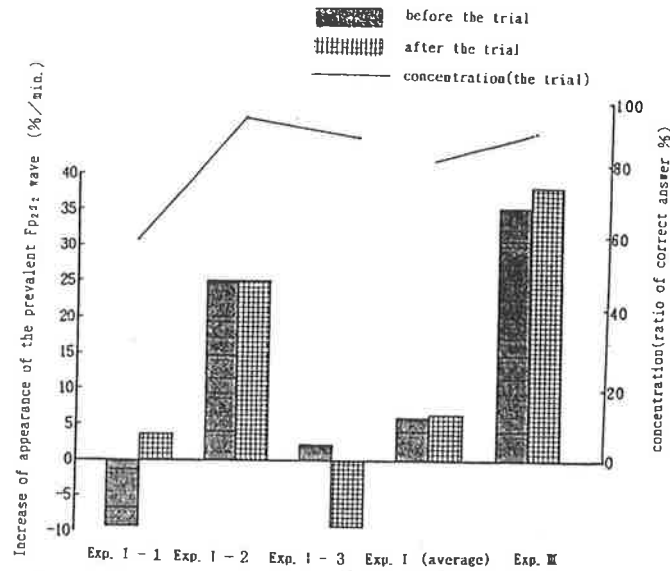


Fig. 10. Increase of Appearance of Prevalent EEG(Fp_2a_2 Wave) and Concentration at Experiment I (1~3 Times) and Experiment III (Subject F)

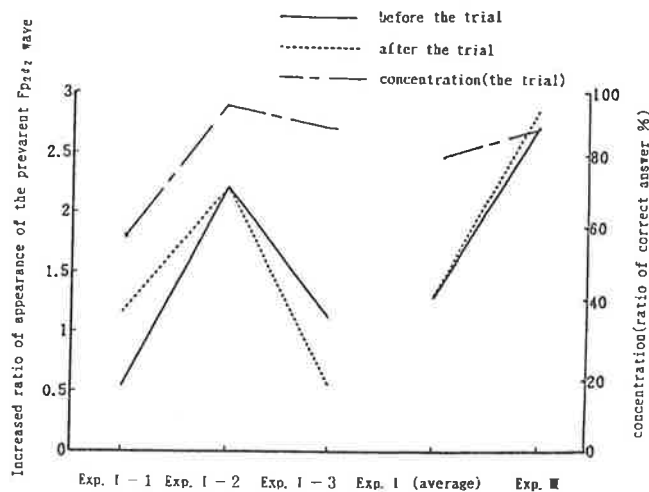


Fig. 11. Increased Ratio of Appearance of the Prevalent EEG (Fp_2a_2 Wave) at Performance and Concentration of Experiment I (1~3) and Experiment III (Subject F)

III with Experiment I. From this fact the increase in the concentration performance, i.e., augmentation of the concentration level, is considered to be caused by the intensification of the $\alpha 2$ wave by means of the prevalent EEG biofeedback training. The results for subjects C and F (Figs.8-11) also support the effectiveness of this BFT. Results of subject G are shown in Figs. 12 and 13. The

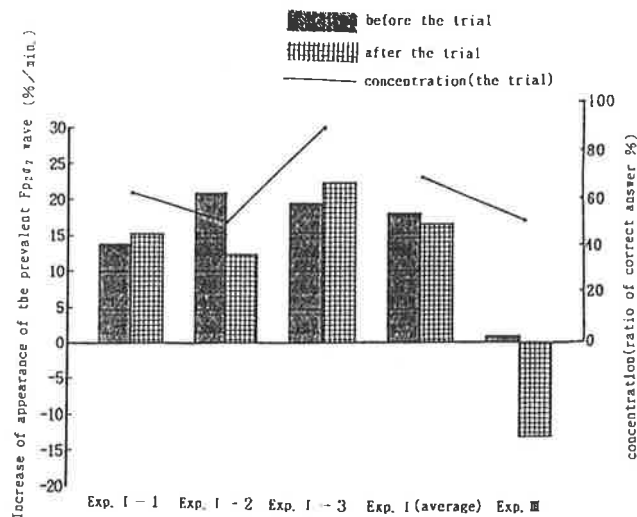


Fig. 12. Increase of Appearance of Prevalent EEG(Fp_{2d2} Wave) and Concentration at Experiment I (1~3 Times) and Experiment III (Subject G)

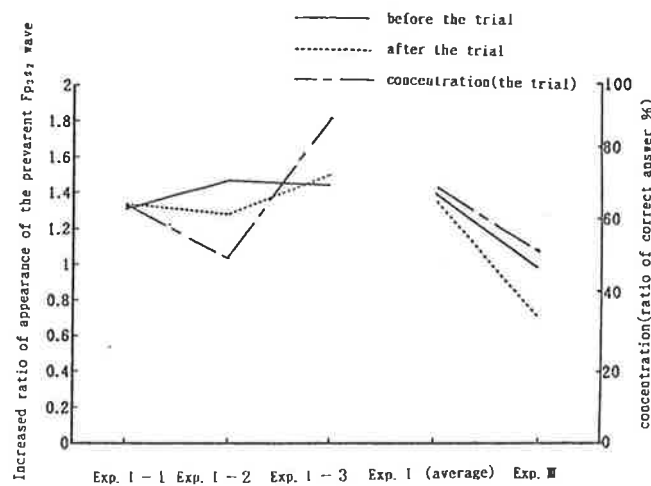


Fig. 13. Increased Ratio of Appearance of the Prevalent EEG (Fp_{2a2} Wave) at Performance and Concentration of Experiment I (1~3) and Experiment III (Subject G)

decrease of concentration performance is considered to be caused by the decrease of the $\alpha 2$ wave appearance when comparing the results of Experiment III with Experiment I .

DISCUSSION

Hypothesis I, i.e., high correlation between the concentration performance and the $\alpha 2$ wave appearance, may be examined in Table 1. High correlation was observed for all the subjects except for subject G before the trial. It was also confirmed in the pursuit rotor test (Niwa and Nagasawa, 1991). Therefore, it can be concluded that the high concentration level is associated with the high appearance of the Fp2 $\alpha 2$ wave. Those high levels occurred just before and after the concentration test, in particular, just before the test with the eyes closed. However, these high correlation coefficients could not be concluded with the high significance level. That is due to the small number of trials, i.e., three times.

Taking into account the high correlation between the concentration performance and the Fp2 $\alpha 2$ wave appearance, the next step of the present work is to examine whether the prevalent biofeedback training can intensify the Fp2 $\alpha 2$ wave and then confirm whether the intensification of the $\alpha 2$ wave does bring about a high concentration performance. Hypothesis II assumes the effectiveness of the prevalent EEG biofeedback training for the intensification of the $\alpha 2$ wave. Its evaluation was made in Experiment II . As seen in Table 2, a significant increase (significance level $p < 0.05$) of the Fp2 $\alpha 2$ wave appearance was observed more than 3 times for 3 subjects (subjects A, E and H), twice for 2 subjects (subjects C and F) and once for subject D.

Of the remaining subjects, an increase in the Fp2 $\alpha 2$ appearance was observed in subjects B and G, although their significance levels were not high enough. However, of all the 9 subjects, only one subject (subject I) did not show clear effectiveness of the prevalent EEG biofeedback train-

ing, whose Fp2 α 2 wave appearance increased twice but decreased once. From these results, the prevalent EEG biofeedback training was considered to be effective for increasing the time fraction of the Fp2 α 2 wave being prevalent in the EEG and so for intensifying the α 2 wave, even though the effectiveness level was different for each subject.

Next, an examination was made on Hypothesis III, i.e., high performance of concentration can be accomplished by the intensification of the Fp2 α 2 wave, referring to the results of Experiment III. That experiment was done following the same procedure as Experiment I but only for the subjects whose α 2 wave had been intensified by the prevalent EEG biofeedback training. If the concentration level after the BFT (Experiment III) is higher than that before (Experiment I), then Hypothesis III is established to be true.

As seen in Figs. 6 to 13, both the Fp2 α 2 wave appearance and the concentration performance were increased in Experiment III, i.e., those values were higher than those of Experiment I. That can be seen clearly in 7 subjects out of 9. Of the remaining 2 subjects, one (subject G) showed a decrease of α 2 wave appearance which was accompanied by a decreased concentration performance, even so the correlation was high between the α 2 wave appearance and the concentration performance. Only one subject (subject I) was exceptional and showed a significant increase in the α 2 wave appearance but not in the concentration performance. This subject was also the one exception that did not show effectiveness for the intensification of the α 2 wave by the BFT. These facts were caused by the following reasons; Subject I recorded an extremely high concentration performance, 94.1%, even before the BFT (in Experiment I). That value was already high enough before the BFT and so in Experiments II and III, therefore, the subject was in a very difficult position for increasing her concentration performance significantly more than that in Experiment I, although the concentration performance attained in Experiment III was a little higher than 94.4%, moreover, accompanied by the increased α 2 wave appearance. It was, of course, clearly seen

that both the average value of the $\alpha 2$ wave appearances and the average of concentration performances of all the subjects were increased in Experiment III. Therefore, it can be concluded that concentration performance can be increased by intensification of the Fp2 α wave by means of the EEG biofeedback training.

CONCLUSION

In order to develop a method for the increase of concentration, biofeedback training by means of the prevalent EEG was made for subjects of 18-20 years of age. In the EEG picked up from the forehead (Fp2 point) special attention was paid to the $\alpha 2$ wave which was a subrange of the so-called α -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. High concentration level 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 the biofeedback training.

In this way, the prevalent EEG biofeedback training has been verified to be effective and applicable for the increase of the concentration level. Intensification of the $\alpha 2$ wave, as well as, other subranges, $\alpha 1$ and $\alpha 3$ waves, and their effects on other performances, e.g., those of short memory and pursuit rotor, are interesting in the understanding of the relation of the $\alpha 1$, $\alpha 2$ and $\alpha 3$ waves with physio-psychological situations. Those results will be published in near future.

References

- Crews, D.J. and Landers D.M. (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 effects 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 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 : John Willy. pp.480-501.
- Niederffer, R. M. and Sharp, R. C. (1978) *Attention Control Training : How to Get of Your Mind through Total Concentration*. New York : Wyden books.
- Niwa, T. and Nagasawa, K. (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 Congress in Sport Psychology*, Singapore, 1989, Abstract No.117.
- Niwa, T. and Takayanagi, S. (1990) Examination of the two dimensional structural model of psycho-physiological syndrome of "stage fright". *Japanese Journal of Sport Psychology* 17(1), 7-14.
- Niwa, T. and Takayanagi, S.(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 Takayanagi, S.(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., Matsuoka, Y. and Sasaki, Y.(1982) Increase of the frontal α 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 Ed. (1981) The studies of psychological aptitude for athletes (1), (2). Report of Sport Sciences in Japan Amateur Sport Association.

集中力増強のための脳波バイオフィードバックトレーニングの方法の検討

八十川 睦子 丹羽 劭 昭

問 題

スポーツにおいて、勝敗を競っている試合では、試合展開が緊迫したものであれそうでないものであれ、どのような状況であっても練習の成具を100%発揮することを要求される。普段上手くできていたプレーが試合になって突然できなくなってしまうのは、過度の緊張やリラクセスのし過ぎによってそのプレーを行うのに最も効率のよい覚醒水準 (arousal level) に自分を持っていくことができなくなっているからだと思われる。練習の成果を十分に発揮するためには、どのような状況下であってもそのプレーに合った最適な覚醒水準に自分自身の状態を持っていき、それぞれのパフォーマンスに自分の能力を十分に発揮できるように、意識を集中させることができる能力が必要である。本研究では、この能力のことを集中力と定義する。種目ごとの最適な覚醒水準の目安として、実験的に確かめられたものではないが、Oxendineが5段階に分けてその基準を示している。それによると、環境が比較的安定していて全身の運動の早さの要素の多い種目は、非常に高い覚醒が必要であり、環境の変化に対応して技能を発揮しなければならない種目は、比較的中程度以下の覚醒水準が最適である。集中力を高めるトレーニングにおいて、その目標となる最適な覚醒水準は種目によって異なっているので、それぞれの種目に適した覚醒水準で行うことが大切であると思われる。本研究では、環境の変化に対応して技能を発揮しなければならない種目に絞ってその集中力増強の方法を検討する。

志賀らは、覚醒水準の生理的指標として脳波を用いた実験で、 α 波周波数帯域の特に10~12Hzの周波数帯域が動や閃きに冴え思考に適した頭脳状態で、問題解決に最適な覚醒水準であることを、また丹羽らは、 α 波を θ 波に近い状態から β 波に近い状態まで α 波(8.0~9.0Hz)、 α_1 波(9.0~11.0Hz)、 α_2 波(11.0~13.0Hz)の3段階に分け、優勢脳波(最も優勢に出現した脳波)出現率と、注意力計を用いた一点集中のパフォーマンス(意識を一か所に集めて選択的反応を行う)成績の関係について、優勢脳波 α 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を報告している。環境の変化に対応して技能を発揮するという事は、冷静に相手の動きを読みながら自分がどの様に動くべきかを決定していくことであると考えられるので、その最適な覚醒水準は先行研究から、 α 波周波数帯域の中の特に9.0~12.0Hzぐらいであろうと推測される。更に、この最適な覚醒水準をつくり出す方法として α 波バイオフィードバックトレーニング(以下BFTとする)の有効性が丹羽らや廣田などによって数多く報告されている。しかし、 α 波を誘導する具体的な内容については、実験後の被験者の内省報告によるものが多く、効果的な方法が明確にはなっていない。したがって効果的な α 波誘導の方法を検討する必要があると思われる。

人はイメージを思い浮かべることで筋感覚だけでなく、気持ち(感情)なども同時に感じることができる。小谷は、脳波中の緩電位を用いた実験によってイメージ想起中に実際の運動と同じ状態が脳内においても起こることを報告している。したがって、ベストプレーやベストフィードバックをイメージすることで最適な覚醒水準が効果的に作り出され、 α 波が誘導されるのではないかとと思われる。また、試合前に選手が深呼吸する場面がほとんどのスポーツで目につく。これは、深呼吸を行うことによって不規則になったり短くなったりする呼吸パターンを変え、緊張を緩和し精神集中のきっかけとすることが可能である

からであろう。市村は、腹式呼吸を4週間練習した被験者がそれを用いて落ち着こうとしたときの脳波を測定し、3分以内に多くの α 波成分を含む波に変化したことを報告している。これらのことから、イメージと、深呼吸による呼吸調整を併用することで、より効果的に α 波が誘導されるのではないかと思われる。以上のことから、集中力増強のための効果的な脳波BFTの方法について、実験的に検討していくことを試みる。なお、実験にあたり脳波の測度としては、 μV 積分値より優勢脳波指数（優勢脳波出現時間の比率）のほうが適当であると報告されているので、本研究でも優勢脳波指数を測度とする。更に集中力が増強されたかどうかの客観的尺度として、注意力計を用いた一点集中のパフォーマンス成績を用いる。

本研究では次の仮説を検討する。

- 1) 環境の変化に応じて技能を発揮しなければならないスポーツ種目をイメージすることで意識を集中させる時、パフォーマンス（一点集中）成績が高い時は、優勢脳波 α_1 波が多く出現している
- 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た脳波BFTは優勢脳波 α_2 波の出現を増大させる
- 3) 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脳波BFTに深呼吸による呼吸調整を併用する方法では、イメージのみを用いた脳波BFTの場合よりも、優勢脳波 α_2 波の出現により効果的である
- 4) 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や、それらをイメージすることに呼吸調整を併用する方法による脳波BFTによって、優勢脳波 α_2 波の出現は増大し、パフォーマンス成績は向上する

方 法

- ① 被験者；大学または高校において運動系クラブに所属している（いた）女子大学生、24名（18～23才）
- ② 実験期日；1994年9月13日～10月31日
- ③ 環境条件；室温19.0℃～26.0℃
湿度47.0%～65.0%

④ 測定項目及び方法；測定項目及び測定機器は表1に示す通りである。脳波測定の装置

は、FM515S型脳波BFT装置を用いた。探查電極をセンサーベルトで前額右（Fp0位置）に、アースを前額左（Fp0位置）に、基準電極をセンサーベルトで前額右（Fp0位置）をクリップ型で左耳たぶ（A10位置）に装着した。記録はバイオフィードバックコンピュータソフト（FT技研株式会社製）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。バンドパスフィルタを通して測定する優勢脳波は、 θ_2 波、 α_1 波（8.0～9.0Hz）、 α_2 波（9.0～11.0Hz）、 α_3 波（11.0～13.0Hz）、 β_2 波、及びアーティファクトである。なお、優勢脳波を前頭葉から測定するのは、前頭葉 α 波は後頭葉 α 波に比べ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、生理心理特有状態では強い α 波の出現が観測され、内部知覚との対応性がかなり良いという理由による。集中力の客観的尺度の測定装置は、注意力計AF型を用いた。画面に1から9までの数字がランダムに出現する中で、実験者がランダムに指

表1 測定項目と測定機器

測定項目	測定機器
脳波	BIOFEEDBACK SYSTEM FM515-S エフティー技研株式会社製
注意力計	注意力計AF型 稲葉人間工学研究所製

定した3種類の数字が出現した時のみ、直ちに利き手に持ったスイッチを押させ、その正確さを測定する。数字の出現速度は2 Hzで、Signal数（発信数）= S, Pass数（見落とし数）= P, Miss数（押し間違い）= Mとし、以下の式によって正答率を算出する。

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

この正答率を以て、その人の集中力とする。

⑤ 実験手続き；実験ⅠからⅢまでの3段階があり、実験Ⅰでイメージを用いて集中した時の優勢脳波の出現状況とパフォーマンス成績を検討した後、イメージのみによるBFT群、呼吸調整+イメージによるBFT群、BFTを行わない対照群の3群に分けた。被験者は、シールド室内の椅子に座らされた。数字の表示画面と被験者の目の距離が、約1 mになる位置に注意力計を設置した。実験Ⅰの実験順序は図1-1に示す通りである。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出現脳波を測定をできないため、試行前閉眼(1分)の生理心理的現象が試行に強い影響を与えると思われるので、試行前閉眼(1分)の脳波の出現状態を集中時の生理的指標として記録した。また、この影響を与えると思われるので、試行前閉眼(1分)の脳波の出1分間に「あなたが、試合や練習で上手くいったプレーや影響を与えると思われるので、試行前閉眼(1分)の脳波の出現状態を集中時の生理的指標として記録した。また、この影響を与えると思われるので、試行前閉眼(1分)の脳波の出気持ちをイメージしながら意識を集中させてください」と言う指示を与えた。

器具の装着		
実験の説明		
練習試行		
安静閉眼	(1分)	} x3回
試行前閉眼	(1分)	
試行	(30秒)	
休憩	(30秒)	
安静閉眼	(5分)	

図1-1 実験Ⅰ・Ⅲの実験順序

実験Ⅱでは、イメージのみによるBFT群、呼吸調整+イメージによるBFT群の2群のみが5日間連続して脳波BFTを行う。実験順序は図1-2に示す通りである。 α 波が優勢に出現するとそれに付随してフィードバック刺激（鈴虫の鳴き声）を提示して、被験者にはこのフィードバック音をできるだけ長く継続させるように指示した。呼吸調整+イメージ群のBFT前の呼吸調整3分間の時、呼吸調整がスムーズに行われるように、呼吸調整のための音楽テープをで用いた。更に、BFT中に呼吸調整を併用するように指示を与えた。

イメージ群		呼吸調整+イメージ群	
器具の装着		器具の装着	
実験の説明		実験の説明	
安静閉眼	(1分)	安静閉眼	(1分)
		呼吸調整	(3分)
BFT	(1分)	BFT	(1分)
休憩	(30秒)	休憩	(30秒)
安静閉眼	(5分)	安静閉眼	(5分)

図1-2 実験Ⅱの実験順序

⑥ 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で、SASのプログラムを用いて統計処理を行う。

結 果

1. 意識集中時における優勢脳波出現率の測度の決定

各実験において、最もリラックスした状態であると思われる試行後安静5分間の最後の1分間の各優勢脳波の出現値を、各被験者の安静値と考え、実験Ⅰ、Ⅲにおいては試行前閉眼1分間の優勢脳波の出現値を、また、実験ⅡにおいてはBFT1分間の優勢脳波の出

現値を、それぞれその日の安静値で割ったものを集中時出現率（以下、出現率と呼ぶ）とする。

2. 最適な覚醒水準の決定と群分け

実験Ⅰの各脳波の出現率とパフォーマンス成績についての相関係数と有意水準を表2に示す。 α_2 波に $r=0.352$ ($df=71, P<.01$)で有意性が認められやや相関が見られた。さらに各試行において正答率が90%の時をH群、80%以上90%未満の時をM群、80%未満の時をL群とし、出現率の群間の分散分析を行った結果、 α_2 波のみに有意な差が認められた($F(2, 69)=4.33, P=.016$)。ただし、わずかではあるが安静値が0である脳波が含まれているため、安静値をベースラインとして出現値の群間の共分散分析を行った。結果を、表3に示す。3群の間でいずれの脳波にも有意な差は認められなかった。H群の特徴をつかむため、最も成績差の大きいH群とL群の2群において、各脳波ごとにt検定をおこなった結果、 α_2 波のみに5%水準で有意な差が認められた。図2に各脳波のごとの出現値の比較を示す。以上の結果より α_2 波が増えるほどパフォーマンスが高くなるという傾向が見られた。被験者の種目における経験年数が3~5年であるので、著しい練習段階の差や経験の差はないと思われることから、その差によって生じる覚醒水準の違いはないと考えることにする。したがって、最適な覚醒水準はパフォーマンス成績が高い時にあると考え、 α_2 波増強を目的としたBFTを行うこととする。

実験ⅡでBFTを行うため、実験Ⅰのパフォーマンス成績に基づき、3群に分ける。各群、3試行の平均正答率がH群の者2人、M群の者4人、L群の者2人で構成されている。なお、実験ⅠをPREテスト、BFT後の実験ⅢをPOSTテストと呼ぶことにする。

3. 実験群と対照群の出現率と成績の、PREテストとPOSTテストの比較

PREテストにおける α_2 波出現率に3群間に有意差は認められず($F(2, 69)=2.31, P=.106$)、3群は等質であると考えられるが、BFTまたはPOSTテストにおいてアーティファクトが多く出現した時(被験者数を考慮して、アーティファクト出現率が15%以上の時は欠損値とした)を考慮して、出現率の群間比較にはすべてPREテストにおける出現率をベースラインとして、各日の出現率の共分散分析値を用いることとする。

各実験に伴う3群の出現率の変化を図3に示す。POSTテストにおいてBFT行った実験群はともに対照群の α_2 波出現率よりも有意に高い。図4にPREテストの出現率とPOSTテストの出現率の比較を示す。PREテストを基準としてPOSTテストで、対照群には有意な増加は認められなかったが実験群2群は、イメージ群が1%水準で、呼吸調整+イメージ群が5%水準でそれぞれ有意な増加が認められた。

表2 優勢脳波出現率とパフォーマンス成績との相関係数(r)とその有意水準(P値)

	r	P値
θ_2 波	-0.098	0.412
α_1 波	-0.075	0.530
α_2 波	0.352	0.002***
α_3 波	-0.123	0.360
β_2 波	-0.215	0.129

表3 出現値分散分析表

θ_2 波	$F(2, 69)=0.64, P=.528$
α_1 波	$F(2, 69)=0.95, P=.376$
α_2 波	$F(2, 69)=4.33, P=.075\Delta$
α_3 波	$F(2, 69)=0.79, P=.603$
β_2 波	$F(2, 69)=1.29, P=.115$

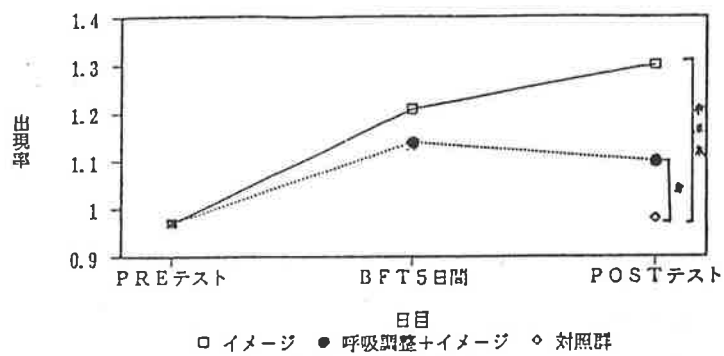


図3 出現率の変化

次にPREテストとPOSTテストの成績の比較を図5に示す。出現率同様、PREテストに対してPOSTテストで対照群には有意な上昇は認められなかったが実験群2群は、イメージ群が1%水準で、呼吸調整+イメージ群が5%水準でそれぞれ有意な上昇が認められた。以上のことから、BFTによって α_2 波の出現率が増強され、その結果パフォーマンス成績が向上したことが示唆されている。

4. 実験群2群の出現率と成績の比較

図6に各実験日の出現率の変化を、図7にBFT5日間をトータルした出現率の変化を示す出現率の群間の共分散分析を行った結果、4日目のみにイメージ群の出現率の方が高いということが5%水準で認められたが5日間のトータルした平均出現率では、2群の間に有意な差は認められなかった。また、群とBFT日数経過の間でも交互作用は認められなかった。このことは、2群の間で α_2 波増強の学習パターンが日ごとにおいては同じであることを示している。 α_2 波増強に、方法の違いによる効果の差はなかったことが示唆されているPOSTテストの成績にも有意差はみられなかった。

考 察

1. 仮説1について

本研究では、始めに、環境の変化に応じて技能を発揮しなければならない種目の最適な覚醒水準をみつけるため、その種目が選択的反応を必要とするという性質と、注意力計を用いた一点集中のパフォーマンスが類似した性質を持つということから種目を一点集中のパフォーマンス

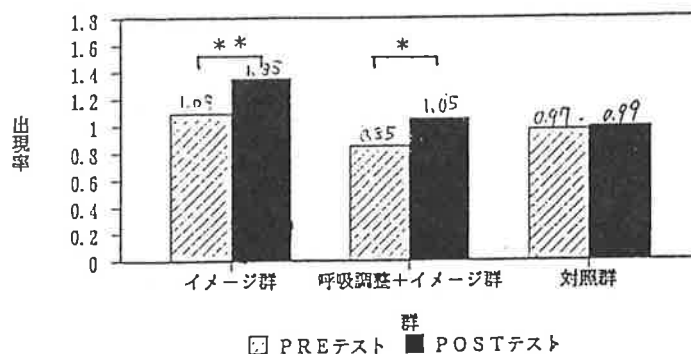


図4 PREテスト・POSTテスト出現率比較

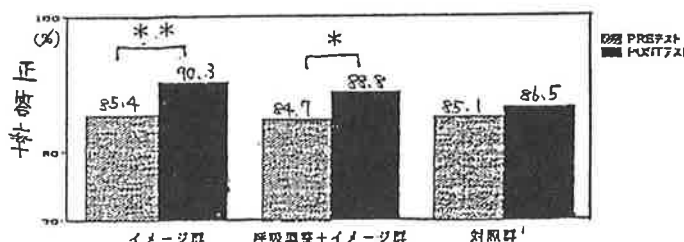


図5 PREテスト・POSTテスト成績比較

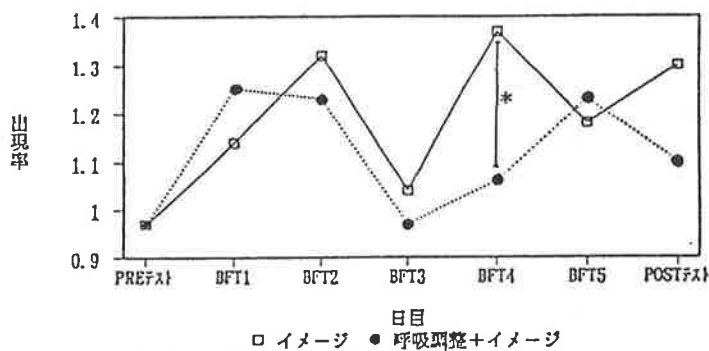


図6 各実験ごとの出現率の変化

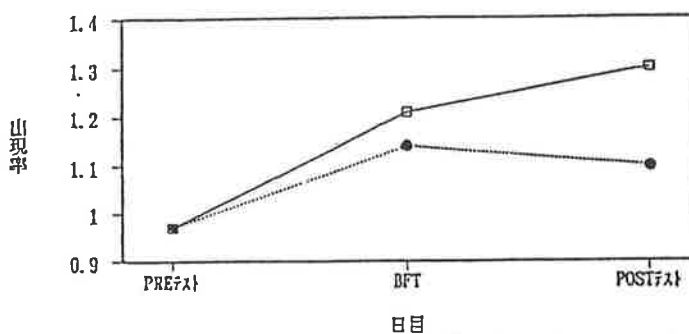


図7 5日間トータルの出現率の変化

スに置き換えて、その成績が高いときにその最適な覚醒水準があると考えた。そしてPREテストにおいてパフォーマンス成績が高い時ほど、 α_2 波が多く出現するという傾向が得られた。また、実験群2群がBFTを行った後のPOSTテストにおいても成績の高い群の α 波が多く出現するという結果を得た。POSTテストの成績を図8に、出現率を図9に示す。以上のことから成績と α 波には相関が見られ、パフォーマンス成績が高い時には α_2 波が多く出現していると思われる。

2. 仮説2について

BFTによる α 波の変化の様子をイメージ群を図10に、呼吸調整+イメージ群を図11に示すPREテストからPOSTテストまでの出現率の分散分析を行った結果、2群とも0.1%水準で有意な差が認められた{イメージ群 $F(6, 109) = 2.16, P < .001$ } {呼吸調整+イメージ群 $F(6, 104) = 1.77, P < .001$ }。更にDUNCAN法による多重比較を行った結果、イメージ群はBFT2, 4, 5日目とPOSTテストに、呼吸調整+イメージ群はBFT1, 2, 4, 5日目とPOSTテストにそれぞれ5%水準で、PREテストよりも有意に増加していることが認められた。また、BFT3日目に2群ともBFT中で最も低い出現率になっている。これは、トレーニングに飽きがきていることが考えられる。内省報告の中にも「毎回同じことを行ってつまらない」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日の時間のとりかたなど、検討し直していく必要があると思われる。しかし、BFT5日全体と

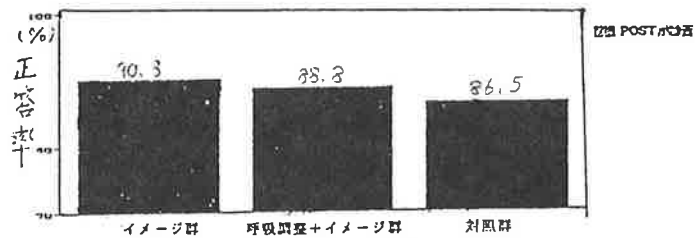


図8 POSTテスト群別成績

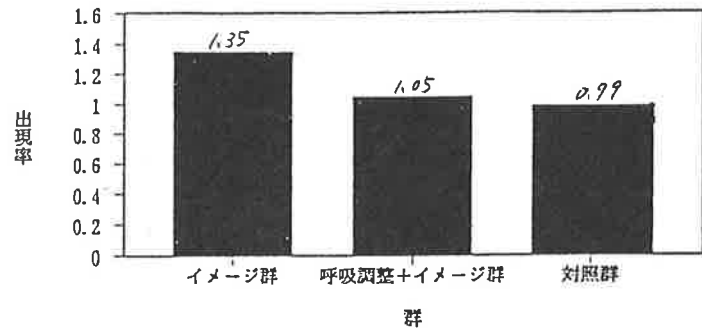


図9 POSTテスト群別出現率

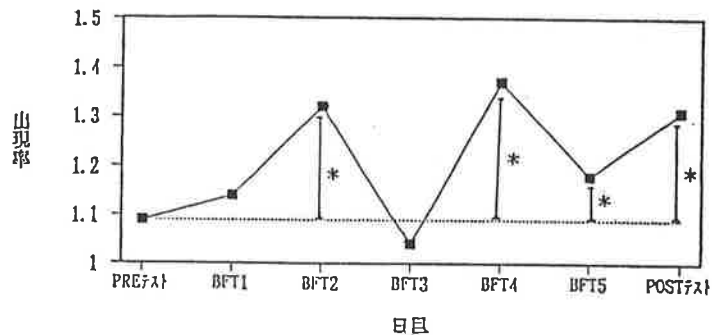


図10 イメージ群のBFTの効果

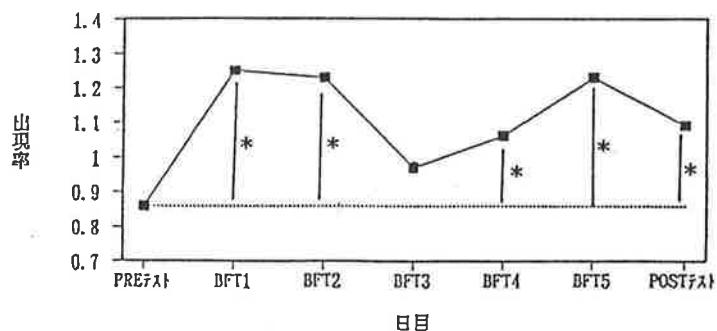


図11 呼吸調整+イメージ群のBFTの効果

しては両群とも有意に出現率は増加し、一方、BFTを行わなかった対照群にはPOSTテストにおいて、有意な増加は見られなかったことから、イメージを用いた脳波BFTは α_2 波の出現に有効な方法であることは確かだと思われる。

3. 仮説3について

イメージすることに呼吸調整を併用することでより効果的に α_2 波の出現率を増加させることができると思われたが、結果としては差は認められなかった。しかし、呼吸調整を併用することが全く意味を持たないかというそうではないと思われる。なぜなら、イメージ群の被験者の内省報告の中で、「イメージを浮かべている時は普段よりも呼吸がゆっくりで深くなっている気がする」という内容のものを、BFT5日間で8人中5人が1日は答えているからである。イメージ群においては自然と呼吸調整が行われていたことが伺われる。つまり、2群とも呼吸調整が行われていた可能性があり、そのために2群に差がみられなかったのではないかと考えられる。一方、呼吸調整群において意図した呼吸調整ができていなかった可能性も考えられる。胸式呼吸よりも腹式呼吸の方が筋肉の緊張をときほぐし、心身の不調和を取り除くという先行研究から、被験者へ腹式呼吸を行うことを指示した。呼吸調整+イメージ群の被験者の内省報告の中に「腹式呼吸ができていないのかどうかわからない」「呼吸調整をすることばかりに意識がいきってしまい、イメージしにくかった」という内容のものが毎回2~3名みられ、呼吸調整を行うことへの固執傾向が見られた。

上記の2つのことを考え合わせると、呼吸調整が無意識的にできている時、最も集中できる状態にあり、そのための呼吸調整の練習期間として5日間では短かったと思われる。また、それによって心身の不調和が取り除かれた後は、呼吸法を意識せずに自然に行ったほうが集中できると思われる。呼吸調整の効果は、群全体としては差は認められなかった

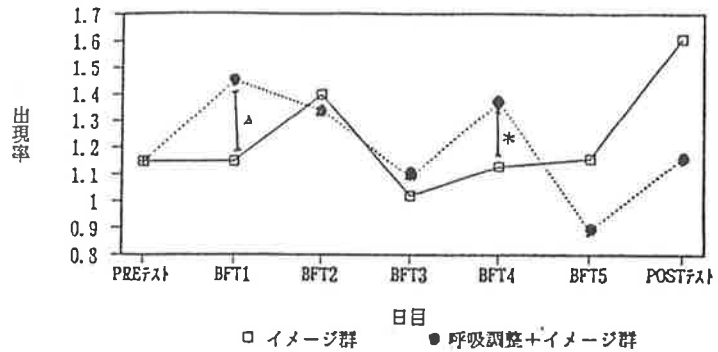


図12 H群出現率比較

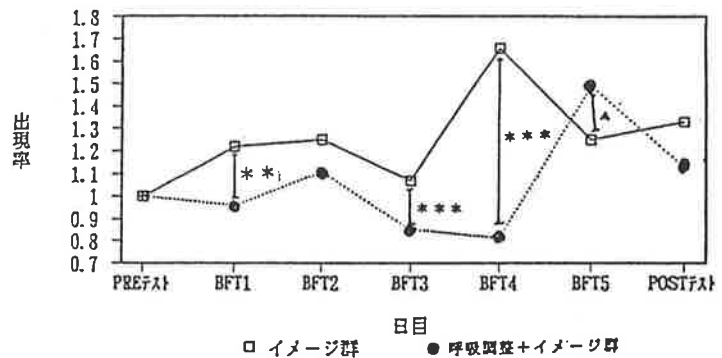


図13 M群出現率比較

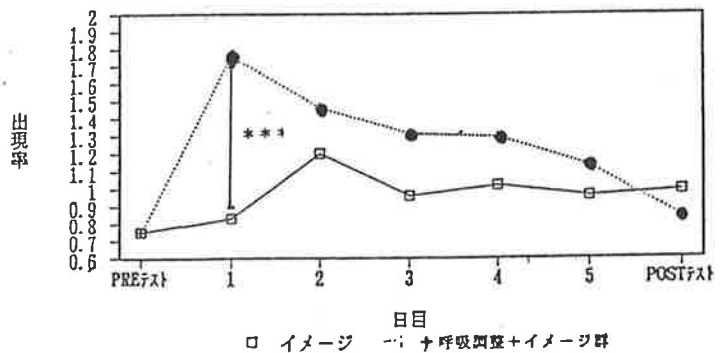


図14 L群出現率比較

が、呼吸調整+イメージ群の被験者の内省報告の中に、「呼吸がゆっくりになると、肩の力が抜けてリラックスできる気がする」というものもあり、このことがPREテストにおけるL群2人から得られたものであったことから、呼吸調整の影響を受けやすい人とあまり受けない人がいるのではないかと思われる。

図12, 13, 14にBFTにおけるH群、M群、L群のそれぞれ2群の α_2 波出現率の変化の様子を示す。各群ごとに2群の分散分析を行なった。その結果、H群では呼吸調整+イメージ群にBFT1日目、4日目においてPREテストよりも有意に出現している傾向がみられたがBFT5日間のトータルでは有意な差は認められず、H群には、 α_2 波増強のために呼吸調整を併用することはほとんど効果が無かったと思われる。この理由として、H群はPREテストにおける α_2 波の出現率がM群、L群よりも高い。始めから出現率が高いということは、集中しやすい状態が作られていると考えられ、意識的に呼吸調整を用いることがほとんど必要ない状態にあったのではないかと思われる。M群では、BFT5日目を除いてイメージ

群の方が出現率が高い傾向が見られた。また、L群では、M群とは反対にPOSTテストを除いて、呼吸調整+イメージ群の方が出現率が高い傾向が見られた。5日間トータルでは、M群では、0.1%水準でイメージ群が呼吸調整+イメージ群よりも出現率が高く、L群では1%水準で呼吸調整+イメージ群がイメージ群よりも出現率が高いことが認められた。H・M・Lを合わせた全体のイメージ群と呼吸調整+イメージ群との間で α_2 波に群差がなかったことは、呼吸調整によってM群とL群が全く反対の影響を示したからであって、呼吸調整を併用することが α_2 波増強に効果を持たないというわけではないと思われる。3群とも明らかに異なった経過であり、呼吸調整が成績によって異なった影響を与えていると考えられる。図15, 16, 17にPREテストの成績をベースラインとする、POSTテストの成績の群間の比較を示す。共分散分析の結果、H群・M群・L群ともBFTの違いによる有意差は見られなかった。これは、イメージの効果だけでもかなり高成績となったため呼吸調整の効果が現れにくくなったことが原因であると思われる。

正答率

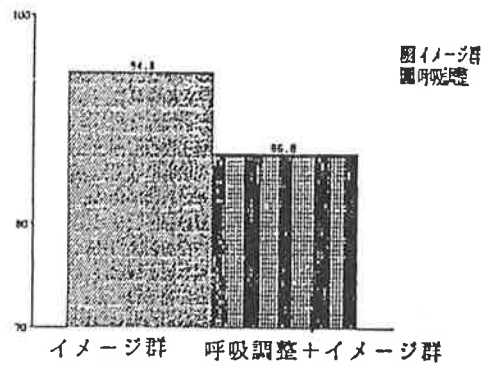


図15 H群POSTテスト成績比較

正答率

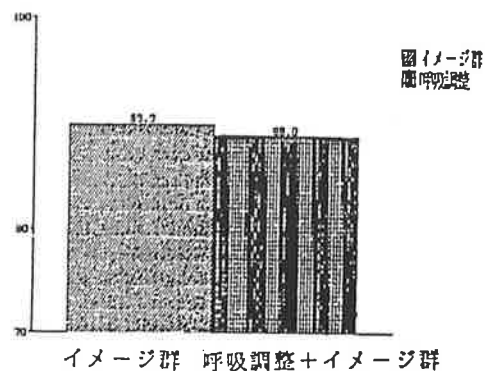


図16 M群POSTテスト成績比較

正答率

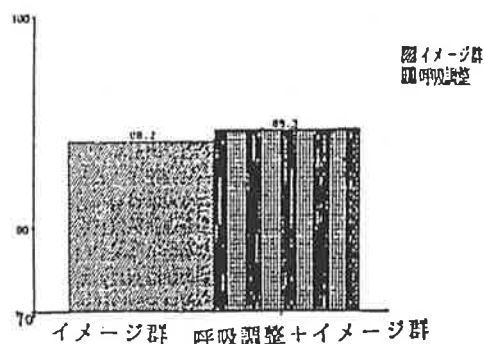


図17 L群POSTテスト成績比較

また、実験ではパフォーマンスと最適の覚醒水準の関係は、課題の性質・人の抑制能力練習段階によって影響を受けるという報告に基づき、課題の性質と練習段階を固定して、人の抑制能力のみがパフォーマンスと最適の覚醒水準の関係に影響を与えるという前提で実験を行った実験室で行うため、実際の競技場面におけるパフォーマンスよりも緊張感が少ないので実際場面より呼吸調整を必要としなかったのであるかもしれない。パフォーマンスをを難しくすることで緊張感を持たせることも必要であったと思われる。いずれにせよ、被験者数が少ないためはっきりしたことは分からなかったが、被験者の成績状況や呼吸調整法の体得状況によって、呼吸調整の効果は変わるのではないと思われる。

4. 仮説4について

イメージ群、呼吸調整+イメージ群、対照群の3群でPREテストの出現率を補正した後のPOSTテストの出現率を図18に、その成績を図19に示す。PREテストの α_2 波出現率をベースラインとしてPOSTテストの出現率の群間の共分散分析を行った結果、BFTを行っていない対照群に対して、イメージ群が0.1%水準で、呼吸調整+イメージ群が5%水準でそれぞれ有意な差が認められた。BFTによって α_2 波の出現率が増強されたといえる。また、PREテストの成績をベースラインとしてPOSTテストの成績の群間の共分散分析を行った結果BFTを行っていない対照群に対して、イメージ群が5%水準で有意な差が認められた。呼吸調整+イメージ群は対照群に対して有意な差は認められなかったが、呼吸調整+イメージ群にはPREテストとPOSTテストの間で有意な成績の上昇が認められたが、対照群には有意な上昇が認められなかったことから、やはりBFTの効果によって成績は上昇したと思われる。3群ともPREテストにおける成績がかなり高いために上昇可能範囲がわずかであったので、有意な差がはっきりと見られなかったと思われる。

結 論

女子大生24名を被験者として、環境の変化に応じて技能を発揮しなければならない種目における集中力増強について、より効果的な脳波BFTの方法を考えるため、4つの仮説を検討した結果、次の結論を得た。

1. 環境の変化に応じて技能を発揮しなければならない種目をイメージすることで意識を集中させるとき、パフォーマンス（一点集中）成績が高い時は、優勢脳波 α_2 波が多く出現している傾向がみられる。

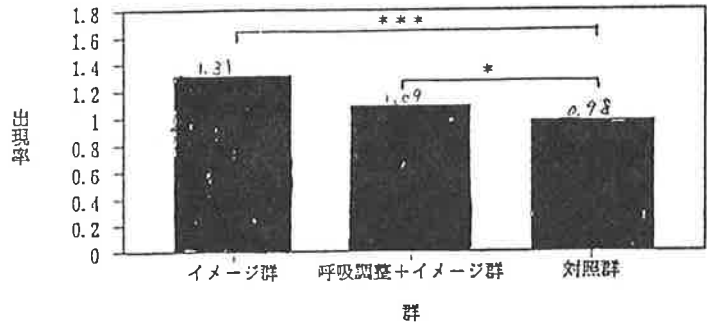


図18 POST出現率群比較

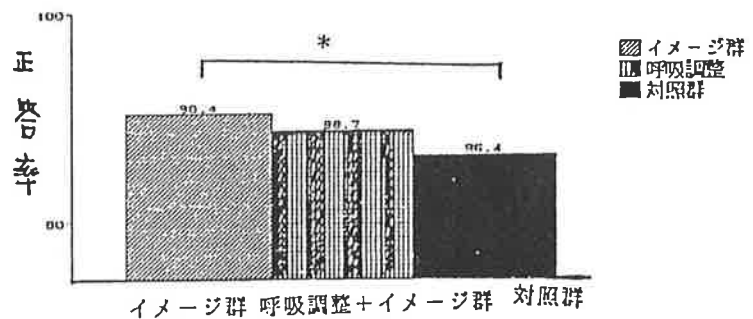


図19 POSTテスト成績群間比較

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た脳波BFTは、優勢脳波 α 波の出現を増大することができると思われる。

3. 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脳波BFTに、呼吸調整を併用する方法では、優勢脳波 α_2 波の誘導に与える影響が、個人の置かれた状況や呼吸調整の体得段階の違いによって異なると思われる。個人差に応じる方法や呼吸調整を体得するために必要な期間・方法などを詳細に検討することで、より効果的な方法になると思われる。

4. 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や、それらをイメージすることに呼吸調整を併用する方法による脳波BFTによって、優勢脳波 α_2 波の出現は増大し、パフォーマンス成績は向上すると思われる。

注

- 1) バイオフィードバックとは、道具的条件付けの研究過程で生まれた研究領域であり、生体内部の特定の部位から送られてくる情報を受容し、それを手がかりとして訓練(学習)によりその部位の活動をコントロールすることをいう
- 2) 経験年数3~5年、種目は、テニス、バスケット、スキー(基礎)、剣道、卓球、ラクロス、バレー、体操、ソフトボールで、Oxendineの示す、各種スポーツ技能に最適な覚醒水準の表の、覚醒水準#3から#4にあてはまるものと、それに類似すると思われる種目経験者
- 3) A/D変換の速さは20msで、2秒で100個の値を測定して平均する
- 4) ここでは、心理的原因でおこる生理的現象を指す

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性効果の比較。心理学研究62(3):180-186
- 2) 平井富雄(1960)座禅の脳波的研究—集中性緊張解放による脳波変化—精神神経学雑誌, 61:76-105.
- 3) 廣田昭久(1993)リラクゼーションのためのバイオフィードバック法。平井久・廣田昭久編者現代のエスプリ, 311:111-120.
- 4) 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, p10
- 5) 児玉昌久・峰岸学(1993)スポーツにおけるリラクゼーション。平井久・廣田昭久 者現代のエスプリ, 311:166-178.
- 6) 小谷泰則(1993)連続反応課題遂行中の頭皮上緩電位から見たイメージトレーニングの効果。日本体育学会第44回大会号, 223とその資料
- 7) 丹羽暁昭・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Fpa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
- 8) Nowlis, D. P. & Kamiya, J. (1970) The control of electroencephalographic alpha rhythms through auditory feedback and the associated mental activity. Psychophysiology, 6:476-484.
- 9) 岡村豊太郎(1976)運動とアクティベーション。松田岩男編運動心理学入門。大修館;東京, p24.
- 10) Oxendine, J. B.(1970) Emotional arousal and motor performance. Quest 13:23-30
- 11) 佐久間春男(1987)運動とバイオフィードバック。松田岩男・杉原隆編者運動心理学入門。大修館書店:東京, pp22-28.
- 12) 志賀一雅・松岡洋一・佐々木雄二・(1982)前頭葉 α 波フィードバック増強バイオフィードバック研究, 9:1-4.
- 13) 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, pp1-189.
- 14) 竹内哲・高橋行雄・大橋靖雄・芳賀敏郎(1989)SASによる実験データ解析。東京大学出版会:東京, pp1-288.
- 15) 徳永幹夫(1985)スポーツ競技の社会心理。徳永幹夫編者現代スポーツの社会心理。遊戯社:東京, p108.
- 16) 徳永幹夫・橋本公雄(1984)スポーツ選手に対する心理的競技能力のトレーニングに関する研究(1)—イメージ・トレーニングの予備調査・実験。健康科学, 6:165-79.

資料

表1 Oxendineの示す
スポーツ技能に最適な覚醒水準

覚醒水準	スポーツ技能
#5 非常に高い覚醒	フットボールのブロックとタックリング 中距離走 重量あげ
#4	走り幅跳び 短・長距離走 砲丸投げ 水泳競技 レスリング・柔道
#3	バスケットボールの諸技能 ボクシングの諸技能 サッカーの諸技能 高跳びの諸技能 大部分の体操技能
#2	野球の投球・打撃技能 フェンシング 飛び込み フットボールのクォーターバック テニス
#1 (わずかに覚醒している)	アーチェリー バスケットボールのフリースロー ゴルフ フィールドゴールのキック フィギュアスケート (8の字)
0 (平常の状態)	

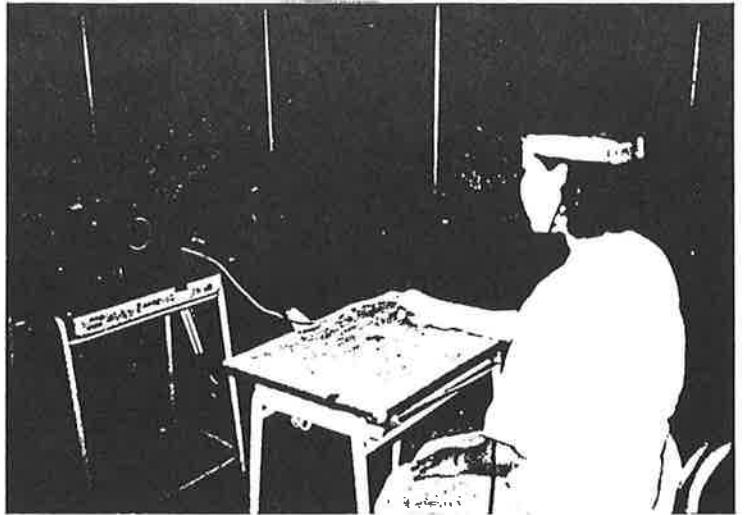


写真 実験風景

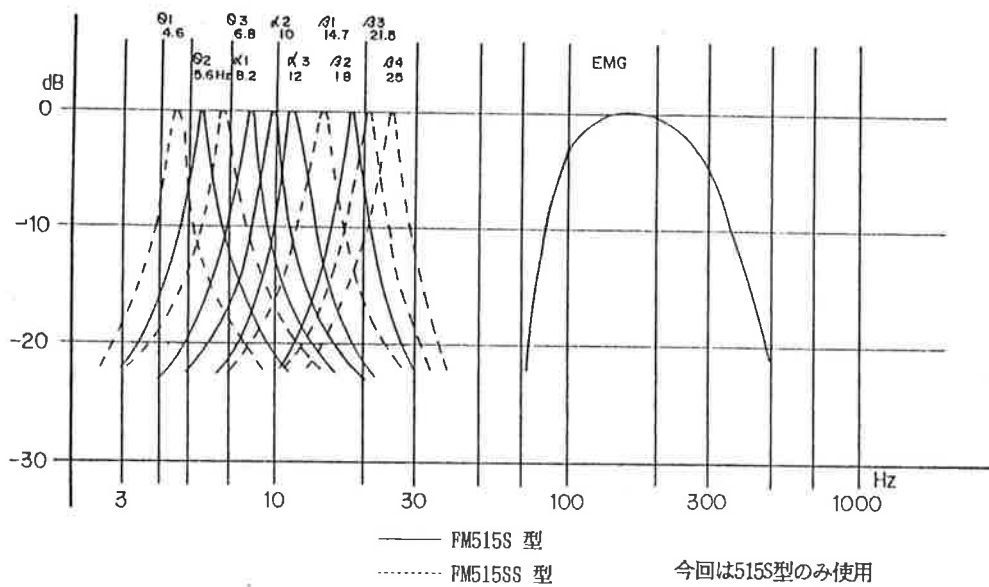


図1 バンドパスフィルター (FM515 フィルターの周波数特性)

アンケート（実験Ⅱ）

氏名

BFT 回目

Q1, 自分では、何セット目が上手く集中できたと思いますか。上手くできたと
思われる順番に並び変えてください

1・2・3・4・5・6・7・8・9・10

Q2, 鈴虫の音が聞こえたとき、またはならし続けようとしたとき、その様なこ
とをしないとき（普通の状態）と比べて、体に違いが感じられますか

Q3, 呼吸調整は上手くできたと思いますか

すごく	まあまあ	ふつう	あまり	全く
できた	できた		できなかった	できなかった
5	4	3	2	1

—感想があれば自由に書いてください—

資料6)

内省報告用紙

心拍数を用いたバイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への有効性の検討

星野 聡子 (奈良女子大学大学院) 丹羽 勲昭 (奈良女子大学)

心拍数 (HR)、バイオフィードバックトレーニング (BFT)、反応時間 (RT)

【目的】

心拍数 (HR) を用いたバイオフィードバックトレーニング (BFT) を行うことにより、反応時間 (RT) 短縮への有効性を検討し、心拍バイオフィードバックトレーニングによるパフォーマンス向上の可能性について検討する。

仮説 1. BFT によって HR をコントロールできる。

仮説 2. HR-BFT で RT を短縮できる。

仮説 3. 運動種目やその経験の違いが RT の違いを生む。

【方法】

対象：N 女子大学、陸上競技部員 (以下陸上部員と略す) 8 名、剣道部員 8 名、運動部未経験者 8 名、合計 24 名。

環境：気温 23.0℃～27.0℃、湿度 45.0%～65.0% の実験室内。視覚反応時は完全暗室。

手続き：本実験は、実験 I (BFT 前の RT の測定)、実験 II (BFT)、実験 III (BFT 後の RT の測定) からなる。

実験 I では、図 1 の順序で、視覚と聴覚による単純・弁別反応の RT を測定した。また、単純反応において最も RT の速かったセットの HR を検討し、各被験者別の最適心拍数として定めた。

実験 II では、図 2 の順序で、実験 I の最適心拍数を目標心拍数としてその維持を心がける BFT を 1 日おきに 5 回、合計 9 日間、弁別反応と共に進行。実験 III では、BFT に続いて再び実験 I と同様の RT の測定を行う。

具体的な RT 課題を、以下に記す。

①単純反応：視覚刺激は被験者の眼前 2 m に提示した緑色の光源、聴覚刺激は約 1000Hz の音とする。視覚・聴覚刺激それぞれに、練習を 3 試行後、本試行では 10 試行で 1 セットとし、セット間隔 20 秒で各 3 セット行う。

②弁別 (選択) 反応：視覚刺激は、被験者の眼前 2 m に提示した緑色光を +、青色光を - 刺激とする。聴覚刺激は約 1000Hz の音を +、約 500 Hz の音を - 刺激とする。視覚・聴覚刺激それぞれに、練習試行は + と - 刺激を 3 試行ずつランダムに提示して合計 6 試行、本試行では + と - 刺激を 5 試行ずつランダムに提示して合計 10 試行で 1 セットとし、セット間隔 20 秒で各 3 セット行う。また、「早く、正確に」を心がけるよう指示した。

単純・弁別反応とも foreperiod の長さは、尚早反応防止の為、1 秒、2 秒、3 秒、4 秒、5 秒の 5 条件を用意し、1 セットにつき各 2 回、ランダムに設定した。被験者は椅座位姿勢で、利き手前方に設置された電鍵を押えることをもって反応とする。なお、練習試行は実験 I のみに行う。

実験器具：表 1 の器具を用い、1/1000 秒単位で RT を測定、5 秒毎に HR を

表 1. 実験器具

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

計測した。実験 I、実験 III では被験者に心拍計の値が見えないようにし、

実験 II では各被験者の目標心拍数を基準として上限値と下限値を設定し、値が見えるよう机の上に置いた。心拍数計は上限値と下限値をオーバーすると音が鳴り、フィードバックされるように設定しているため、被験者はその範囲内で目標心拍数を維持する練習を行う。

【結果と考察】

I. 実験 I (RT の測定) について

単純・弁別両反応の視覚・聴覚間と、視覚・聴覚における単純・弁別反応間に有意差が認められた。また、運動経験別にみると、剣道部員、陸上部員、運動部未経験者の順に RT が速く、視覚の弁別反応では剣道部員が運動部未経験者より、聴覚では単純反応・弁別反応ともに運動経験者が運動部未経験者より有意に速かった。聴覚の弁別反応では剣道部員が陸上部員より有意に速かった。これは、陸上競技が、一定の foreperiod で、音という単一刺激に対して特定の反応を行うのに対し、剣道は弁別反応形式のスポーツであることが関係していると思われる。

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

図 1 実験 I, III の実験順序

器具の装着 実験の説明	所要時間
目標心拍数維持の練習	1 分 5 0 秒
休憩	10 秒
HR の BFT	
聴覚の弁別反応 (目標心拍数の維持)	1 分 4 0 秒
休憩	20 秒
視覚の弁別反応 (目標心拍数の維持)	1 分 4 0 秒
休憩	10 秒
安静時	3 分

図 2 実験 II の実験順序

II. 実験II (HR-BFT) について

目標心拍数に対する BFT試行中のHRの増減率をもとに、BFT率を次の様に定める。

$$\text{BFT率} = |1 - \text{BFT試行中のHR} \div \text{目標心拍数}|$$

BFT率が小さいほど BFT効果があり、0 の時に BFT試行中のHR=目標心拍数となる。また、図3に BFT中の BFT率とRTの変化を示し、以下のことを検討する。

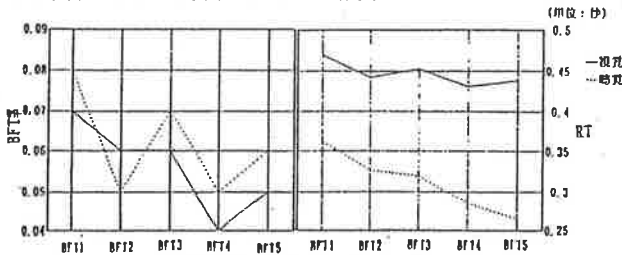


図3 HRのBFTにおけるBFT率・RT率の関係

1. 視覚の弁別反応における BFT効果の検討

BFT1回目とBFT2~5回目のBFT率を検討した結果、4回目に有意にBFT率の減少がみられた。BFT率を用いてBFT効果を個人別に検討すると、BFT率が最も小さくなったところは、BFT1回目に3人、2回目に6人、3回目に5人、4回目に8人、5回目に7人であった。以上より、BFT4、5、2、3、1回目の順にBFT効果が大きいと考えられる。

2. 聴覚の弁別反応における BFT効果の検討

BFT1回目とBFT2~5回目のBFT率を検討した結果、2回目と4回目に有意にBFT率の減少がみられた。また、BFT率を用いてBFT効果を個人別に検討すると、最もBFT率が小さくなっているところは、BFT1回目に2人、2回目に7人、3回目に5人、4回目に9人、5回目に8人であった。以上から、BFT4、5、2、3、1回目の順にBFT効果が大きいことがわかった。

1、2からBFT効果は4、5、2、3、1回目の順に大きく現れているが、これはBFTを重ねる上での弛緩と緊張のリズムや、心理的飽和の影響等が考えられる。全体的に見て4、5回目にBFTの効果が現れていると考えられる。

3. 視覚、聴覚における弁別反応時間の検討

図3から、BFT効果が大きく現れている時にRTも有意に速くなっていることが推察される。

III. 実験III (HR-BFT後のRTの測定)

実験Iと同様に、単純、弁別両反応の視覚・聴覚間と、視覚、聴覚における単純・弁別反応間に有意差が認められた。また、運動経験別にみると、実験Iと同様に剣道部員、陸上部員、運動部未経験者の順にRTが速かったが、聴覚の弁別反応で剣道部員と非運動経験者に有意差が認められただけであった。またRTは実験Iより実験IIIの方が有意に速くなっていた。実験Iから実験IIIへのRTの短縮率をRT率 [RT率=実験IIIのRT/実験IのRT] と呼ぶことにする。つまりRT率が小さいほど実験Iから実験IIIへのRTが速くなっていることを示す。また運動部未経験者、陸上部員、剣道

部員の順にRT率は小さかった。

4. BFT効果とRT率の関係

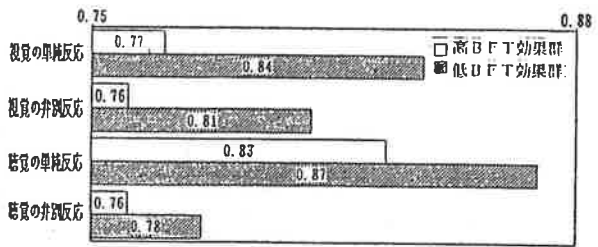


図4 HRのBFT効果とRT率の関係

実験IIのHRのBFTの結果、BFT効果の大きい9人を高BFT効果群とし、その他を低BFT効果群とする。この両群のRT率を見ると、図4から低BFT効果群より高BFT効果群のほうが有意差は認められないがRT率は小さかった。このことからHR-BFTによりRTを短縮できたのではないかと考えられるが、RT率は実験IでRTが遅かった人ほど大きな練習効果が出ると考えられるため、一概にHRのBFT効果とはいえない。

そこで、大きな練習効果が出にくいと考えられる実験IでRTの速かった者(上位33%)を選び、かつその中で高BFT効果群に属していた4人の被験者について、実験Iから実験IIIへのRTの変化を検討する。視覚では4人中3人が、



図5. 実験IのRTが早く(上位33%)かつBFT効果が大きい者の実験Iから実験IIIへのRTの変化(聴覚の単純反応)

聴覚では4人(図5、6)が、これ以上RTを縮めることは難しいと考えられるにもかかわらず、RTは僅かながら短縮している。したがって、HR-BFTによってHRをコントロールすることにより、RTを短縮することができるのではないかと考えられる。

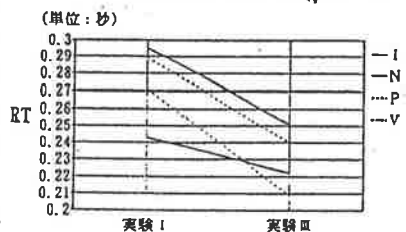


図6. 実験IのRTが早く(上位33%)かつBFT効果が大きい者の実験Iから実験IIIへのRTの変化(聴覚の弁別反応)

【結論】

1. BFTによってHRをコントロールできると考えられる。
2. BFTによってHRをコントロールすることでRTを短縮することができる。
3. 一般的に、運動経験の有無や運動種目の違いが、RTの違いを生むと考えられる。その理由は、常に速く反応するという運動経験を持つことや、その経験した運動の性質がRTの違いに大きく関係していると考えられる。

低い水準の動機づけ<a>（ここでは精神集中の自己暗示を用いる）、低い人は高い水準の動機づけ（ここではアクティベーションを高める自己暗示を用いる）となる。

以上のことから、本研究では、次の仮説を検討する。

- 1) HR・BFTによってHRをコントロールすることができる。
- 2) 特性不安の違いにより、HR・BFTにそれぞれ最適な自己暗示がある。
○HR・BFTがうまくいく順に、特性不安の、
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、反応時間(RT)を短縮することができる。

II 方法

1. 対象：奈良女子大学女子学生35名（運動経験者33名、非運動経験者2名）
2. 実験期間：1993年9月9日～11月17日
3. 実験環境：気温20.0℃～26.0℃，湿度45.0%～65.0%
4. 実験場所：奈良女子大学体育心理学第一実験室
5. 実験順序：本実験では実験Ⅰ～実験Ⅲまでの段階がある。実験Ⅰでは、選択反応時間実験を行い、その結果RTの最も速かったセットのHRを検討し、目標HR（目標HR率）を決める。また、予備調査と実験Ⅰの内省報告から、BFTに用いる心理的動機づけ法を決定する。実験Ⅱでは、この動機づけ法を用いて目標HRを維持するHR・BFTを5日間行い、実験Ⅲで再び実験Ⅰと同じ選択反応の測定を行う。
6. 実験条件、方法：

《実験Ⅰ、Ⅲ》被験者は電気を消して暗室にした実験室の実験台の前で椅座位の楽な姿勢で合図を待つ。刺激としては、被験者の前方約1.5mに位置する刺激装置からの光（赤または黄）と、音（高音として3000HZ、低音として500HZ）を用いる。被験者は刺激の発生に対して、赤または低い音なら左のボタン、黄または高い音なら右のボタンをできるだけ速やかに押さえる。反応の速さに影響を及ぼす要因をなくすため、反応は利き手の人差し指で行い、反応するとき以外はその指を中央のボタンの上において、次の試行に備えることにする。また、刺激は実験者の「用意」の合図の後、尚早反応防止のため1～5秒の準備期間（foreperiod）をランダムにおいて与えられる。被験者がこれに反応することをもって一試行とするが、実験では試行間に5～10秒をおいて、10試行を1セットとし、視覚と聴覚の反応を5セットずつ交互に、合計10セット行う。また、実験者と被験者の間は障壁で遮断してある。なお、RTは1/1000秒単位で測定し、HRは被験者の胸にセンサーベルトを巻いて5秒ごとに計測した。

《目標HR率》実験ⅠでHRのRTが最も速かったセットのHRを目標HRとする。しかし、HRは日によって、時刻によって、体の状態によって、運動直後や食後など上昇が予

【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2. 実験順序

◇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
休憩	20秒
聴覚反応（10回）	1分40秒
休憩	20秒
安静	3分

図3. 実験Ⅰ、Ⅲの実験順序

想される条件以外にも変化するので、最適覚醒水準にいる状態（RT最高セット）を安静状態からの変化で見ることとする。すなわち、目標HRは安静HRからの上昇、または下降の率で表されるので、BFT期間中の目標HRの具体的な数字は安静HRによって変動する。また、実験Iで視覚と聴覚の最高反応時のHRには有意な差が見られなかったので、この2試行の最適覚醒水準（最適HR）は同じであると考えることができる。よって、目標HRは聴覚時と視覚時の平均をとることとする。

以上より、目標HR率は次のようにして求めることにする。

・目標HR率＝

$(\text{実験I 視覚最高時HR} / \text{実験I 安静HR} + \text{実験I 聴覚最高時HR} / \text{実験I 安静HR}) / 2$

ただし、被験者にはその日の安静HRから目標HRを数字でだし、そのHRに±2したものを目標として伝える。

《心理的動機づけ》予備調査では、CASの不安特性調査と、Y-G性格検査、それに運動や試験場面などで緊張し過ぎたり、気が緩み過ぎたときなどに自分で行う心理的対応策についてのアンケートを行った。そして、CASの得点と、Y-Gの中の情緒に関する尺度(D,C,I,N)の得点をそれぞれ10段階でだし、その平均をもって、5点以上を特性不安の高群、5点未満を特性不安の低群とした。また、心理的対応策についてのアンケートの中から、よく使われるものを取り出して、徳永らの分類名を参考にすると、次の3つがあげられる。

・アクティベーションの自己暗示；“絶対…できるんだ”というふうな自己の意識を高めるような自己暗示

・精神集中の自己暗示；大きく深呼吸をして“自分は本当に落ち着いているぞ”というような、気持ちを集中させるような自己暗示

・自分の運動場面におけるイメージ；自分が運動している場面を思い浮かべる。

よって、この中で、自己暗示とイメージを組み合わせたものを心理的動機づけとして与えることにする。そして、アクティベーション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、特性不安の高、低各群に+群と-群を設定する。また、この効果を見るため、なにも自己暗示をしない群(0群とする)を高、低各群に含める。ただし、この0群の人には、試行のイメージを持ったり、自己暗示を行ったりしないようにするため、+や-群が自己暗示をしている間この実験とは全く関係がなく、刺激の少ないまんがを読んでもらうことにした。

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。

これらのことから、特性不安と自己暗示の種類により、高+、高-、高0、低+、低-、低0の6群が実験IIでHR・BFTを行う事になるが、これとは別にBFTの効果を見るためにBFTを行わない群も設定した。(高CON、低CONとする)

《実験II》被験者は電気のついた実験室の実験台の前に実験Iと同じように、胸にセンサーベルトを巻いて座る。HR・BFTはトレーニング50秒+休憩10秒を1セットとして10セット行う。ただし、始めの3セットは心拍計を見ずに自己暗示のトレーニング、次の3セットは30秒を自己暗示のみ、残りの20秒を

表2. 実験を行った群の群わけと与えられた動機づけ

仮設	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(まんがを読む)
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(まんがを読む)
CON	低CON	低い	BFTなし

自己暗示しながら心拍計を見てのトレーニング、そして、最後の4セットは、10秒を自己暗示のみ、残り40秒を心拍計を見ながらのトレーニングにする。そして、次にこのトレーニングを試行に生かすため模擬反応時間実験をする。この時実際に反応すると、練習効果がでるので、ボタンに触れないでトレーニングした自己暗示と試行がうまく結び付くように各自心拍計を見ながら、HRのコントロールを行う。

以上のような方法で、本実験を行うが、結果に関する統計処理はすべて奈良女子大学情報処理センターの大型計算機によって行う。

Ⅲ 結果と考察

1. 予備調査及び実験Ⅰでの各自の集中法の検討

予備調査より、緊張をほぐすためには、高群も低群も自分に“集中”といいきかせたり、深呼吸をしたりして、精神集中の自己暗示や競技のイメージ作りをする人が多い。そして低群にはアクティーベーションの自己暗示をする人も見られる。また、発奮させるためには、低群はアクティーベーションの言葉がけや成功場面のイメージなど、積極的に自分の中で解決する傾向にあるのに対して、高群では成り行きにまかせたり、他人と話をしたりして、他人との関係の中で解決を望む人が多いことから、高群には、あえて自己の中で解決しようとせずに他人との積極対話を対応策としているなど他者依存型の傾向が見られる。また、実験Ⅰで行った集中法の内省報告から、この実験に臨むにあたって、高群は無心になったり、落ち着くような精神集中の自己暗示やイメージを、低群では、アクティーベーションの自己暗示を行っており、それが自分にとって一番の集中法だと考えていることが分かる。

2. 視覚・聴覚のRTの検討

視覚と聴覚の選択反応時間では、視覚の方が有意に速かった($P < .001$)。しかし、先行研究からは、単純反応や弁別反応では、聴覚が視覚よりも有意に速いことが報告されている。この矛盾は選択反応では、刺激を受容してから、反応するまでに必要ないくつかの過程の中でも、決断時間が発達や経験、鍛練によって短縮されるという性格をもつことから説明できるように思われる。日常生活では、身体運動、特に高速度で複雑に変化する事態に対する身体運動をする際には視覚情報をうけての運動が、聴覚情報をうけての運動よりもはるかに多い。そのため、視覚情報の選択反応の決断時間は経験によってかなり短縮され、その結果、単純反応では聴覚の方が速いが、選択反応では視覚の方が速くなったものと推測される。

3. 仮説1) 2) 3) の検討

まず、仮説を検討する際に、測定されたHRはすべてその日の安静HRとの増減率(HR増減率=各HR/安静HR)で考えることにする。そして、目標HR率にどれだけ到達できたかという指数をHR到達率とし、次のように求める。

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

このHR到達率は値が小さいほど目標HR率に近づいてHRがコントロールされ、0のときに目標HR率と全く等しくなることになる。

また、実験Ⅲで測定したRTの成績の伸びもRTの短縮率で考えると、

◇器具の装着	
◇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	
集中	1分
視覚反応(ボタンを押しての反応なし)	1分40秒
休憩(休憩+集中)	50秒
聴覚反応(ボタンを押しての反応なし)	1分40秒
◇安静	2分

図4. 実験Ⅱ(HR・BFT)の実験順序

・RT率=実験ⅢRT/実験ⅠRT

となり、これも値が小さいほどRTが速くなっていることを示す。

○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到達率を比較すると、図5のように、この群の間に差はほとんど見られない。しかし、これは仮説2)が正しければ、HR・BFTに適さない自己暗示をしている群が含まれているためだと考えることができる。そこで、先に仮説2)を検討した後に、再びこれを扱うことにする。

○仮説2)及び仮説1)の検討

HR・BFTを行った群を、うまくいく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。そこで、これらの群を、順に良群、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。

BFT5日間の平均HR到達率をBFTのトレーニング内容別に見ると、自己暗示のトレーニング中(図6)は良、普通、悪の順に有意に良く、模擬反応実験時(図7)には普通、良、悪の順に有意に良いという2つのパターンがみられた。これは、自己暗示のトレーニング中は、与えられた暗示によるHRのコントロールの成果がそのまま到達率に表れるが、視覚や聴覚の模擬反応になると自己暗示を反応実験につなげることをHR到達よりも力を入れるよう指示されたために、自己暗示に力を入れている良群と、具体的な自己暗示が与えられないためHR到達のみに力を入れていた普通群が逆転してしまったものと考えられる。そこで、実験ⅢのHR到達率をみると(図8、図9)、聴覚では良群が普通群より有意に到達率が良く、視覚では有意差はないものの両方とも良、普通、悪の順にHR到達率が良い。

このことから、実験Ⅲの反応時ではBFTのトレーニングの中

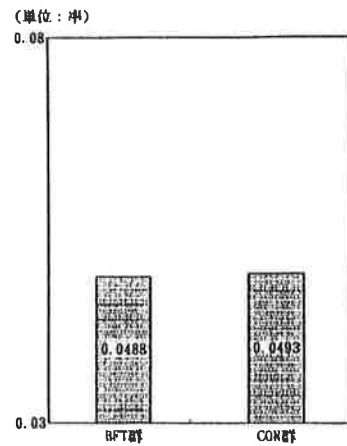


図5. 実験ⅢHR到達率(BFT群:CON群)

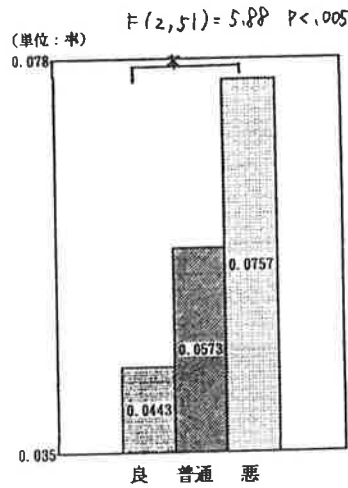


図6. 実験Ⅱ自己暗示を用いたHR・BFT中のHR到達率

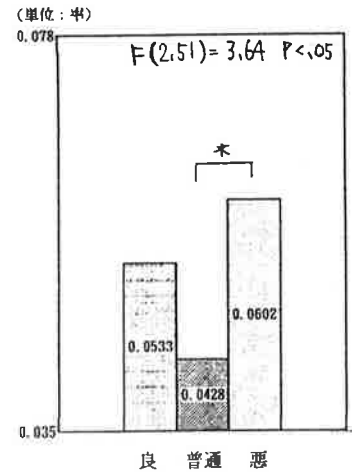


図7. 実験Ⅱ模擬反応時

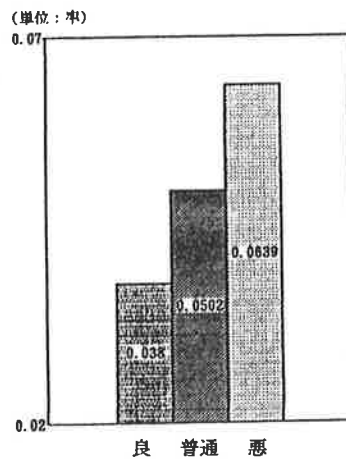


図8. 実験Ⅲ視覚反応時HR到達率

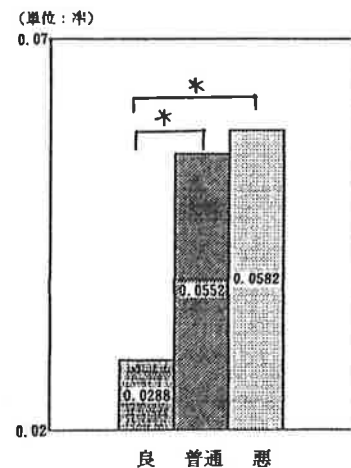


図9. 実験Ⅲ聴覚反応時HR到達率

でも、自己暗示のトレーニング(図6)の成果が現れていることが分かる。また、BFTの模擬反応で到達率が最も良かった普通群はそれを実験Ⅲの反応につなげることができておらず、やはり、具体的な方法をもたない一時的なHRのコントロールは効果がないということを示した結果となった。

以上から、HR到達率は、良、普通、悪の順に良く、この順にHRのBFTに効果があるといえる。

次に、実験Ⅲの5セットのHR到達率の変動をみることによって、この仮説群の特徴を見る。また、それを規定する要因には“不安特性”、“自己暗示の種類”、及び“それらの相互作用”が考えられるが、それらのいずれであるかを検討する。

まず、図10から、仮説群の5セットの反応パターンには5検水準で有意な差がみられたため、セットごとにみると、1セット目には有意な差がみられないものが、2、3、4、5セットには良群と悪群の間に、また、4セット目には良群と普通群の間に有意差が認められるようになる。そして、良群はセットが進むにつれてHRが目標に近づいていくのに対して、普通群と悪群はだんだんはなれていくようにおもわれる。特に、「最後だから頑張ろう」と被験者の中で過度に動機づけが高まりがちな5セット目には、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、良群は変わらず高い到達率でいることから、良群はBFTによってHRのコントロールがうまくできていることを示している。

では、仮説群のこの特徴を規定すると考えられる要因について検討する。図11と図12を見ると、両方とも反応のパターンに変化はみられない。そして、この相互作用、つまり、BFTを行った6群でみたとき(図13)は、2、3、5セット目には部分的に認められたものの、全体のパターンの差としてはみられなかった。こうしてみると、反応パターンに有意差がみられるのは、特性不安と自己暗示の相互作用の中でも、良、普通、悪という決まった組み合わせに限る、ということが分かった。つまり、仮説群を規定するのは不安特性のみでも、自己暗示法のみでもなく、それらの相互作用であるといえるが、中でもその組み合わせが重要となる。

以上のことから、HR・BFTに最適な自己暗示は不安特性の違いによって異なると考えられる。そして、効果のある組み合わせは、仮説2)どおり、特性不安の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の自己暗示をしたときであり、その次に、高低ともに自己暗示をしなかったとき、そして、特性不安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を与えたときとなる。このことから、個人の特性に合わない自

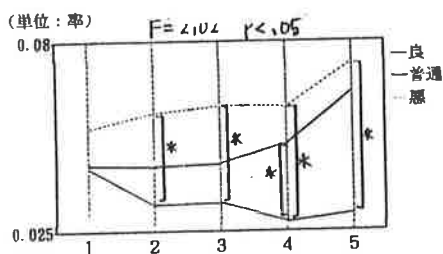


図10. 実験Ⅲ5セットのHR到達率の推移(仮説群)

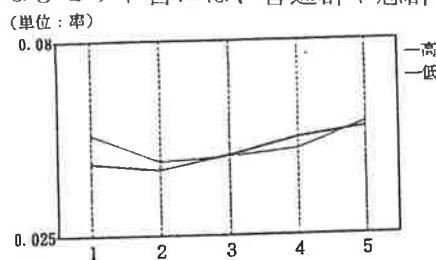


図11. 実験Ⅲ5セットのHR到達率の推移(不安傾向)

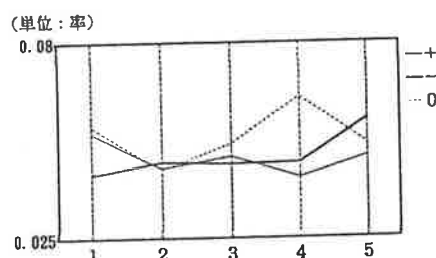


図12. 実験Ⅲ5セットのHR到達率の推移(自己暗示)

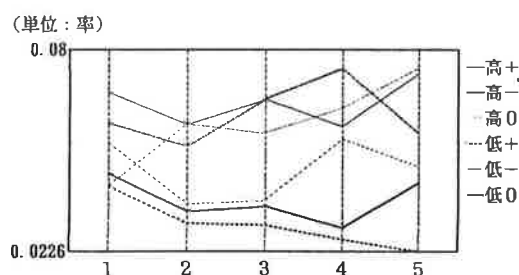


図13. 実験Ⅲ5セットのHR到達率の推移(BFTを行った全群)

己暗示をすることは自己暗示をしないよりも悪影響を及ぼすものと思われる。

ここで、図14から、BFTをしていないCON群と良、普通、悪群をそれぞれ比較すると、良群はCON群と有意に差があり、BFTの効果がみられる。一方、動機づけのない普通群はCON群とほとんど差がみられず、悪群は有意差は認められないものの、CON群よりも悪いように思われる。このことから、最適な動機づけを用いたBFTには効果があるといえる。また、自己暗示のないBFTには効果がないと考えられ、個人の特性に合わない動機づけによるBFTは、BFTをしないよりも悪い結果となり、逆効果であると考えられる。

以上のことをまとめると、仮説1)については、個人の特性に適した自己暗示、つまり、不安特性の高い人に精神集中の自己暗示、不安特性の低い人にアクティベーションの自己暗示を行ったときに、はじめてBFTによってHRはコントロールすることができると思われる。

○仮説3)の検討

BFTでHRをコントロールすることができた良群とBFTを行っていないCON群のRT率を比較すると、有意な差はみられない($P < .14$)が、図15より、良群はCON群よりRTを短縮している。したがって、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ができればHRを短縮できると思われる。

では、ここで、HRのコントロールがうまくいかなかった普通群と悪群も含めてみると(図16)、普通、悪、良、CONの順に良く、普通群とCON群、悪群とCON群にそれぞれ有意差が見られた。また、良、普通、悪の3群には有意差がなく、HRが良くコントロールされた順にRTもよく短縮されるとは言えなかった。しかし、BFTを行った3群と行っていないCON群に1桁水準の有意差がみられた。これを検討すると、次の2つの原因が考えられる。

1つは、反応に対するイメージトレーニング効果である。BFTを行う際に、自己暗示を反応と結び付けるために、反応実験を行ったが、これは、練習効果を排除するため、ボタンを押して反応するという行為を取り除いた模擬実験であった。そして、その結果、ボタンを速く押せるようになるという身体的練習効果は排除できたのだが、頭の中の練習、すなわち、イメージトレーニングは取り除かれずにBFT中に行われていたものと思われる。そして、このトレーニングの結果、BFTを行った群は心理的反応に練習効果をもたらし、(熟練し)、覚醒水準はそれに影響を受けて最適水準の幅が広がり、その結果、図17の太線で表されるように最適動機づけの幅も広がる。(BFTを行わな

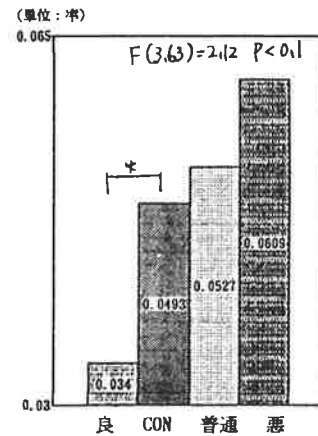


図14. 実験Ⅲ反応時HR到達率(仮説群)

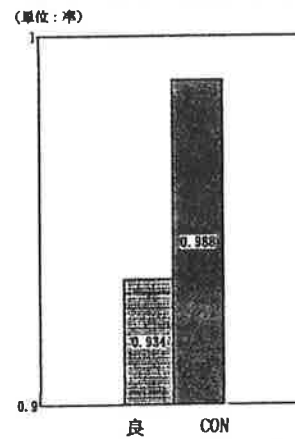


図15. RT率(良群:CON群)

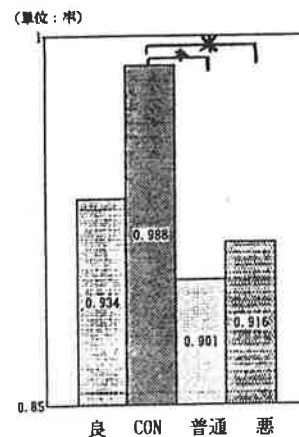


図16. RT率(仮説群)

いCON群は点線)そして、この状態で実験Ⅲを行うと、目標HR到達率の良い順に良、普通とCON、悪となった。このときの縦軸のパフォーマンスの水準(ここでは、RT率を見ると、BFTを行った群は、最適動機づけ水準の幅が広がったために、HR到達に差があるものの、どれも最高のパフォーマンス水準を得ることができ、またそのためにこの3群のRT率に差はなかったものと推測される。一方、CON群のHR到達率は普通群とほぼ同じであるが、BFTを行っておらず、最適覚醒水準の幅は実験Ⅰの時と同じであるため、この到達率ではパフォーマンスの水準はBFTをした3群よりも劣ってしまってRT率もよくなかったのではないかと考えられる。

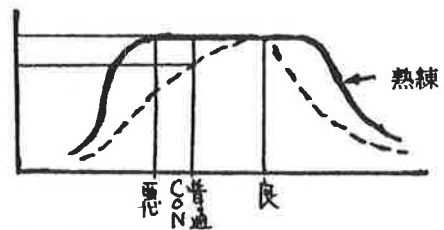


図18. 熟練による最適動機づけの水準の変化とパフォーマンス水準の変化

そして、考えられるもう一つの原因は、自己暗示を用いたHR・BFTそのものの練習効果である。HR・BFTはHRの反応に意識を集中してその出現をコントロールするトレーニングであり、それはすなわち集中力を高めるトレーニングとなる。したがってBFTを5日間行うことで集中力の能力程度が高まる(熟練する)。そして、それによって1つ目と全く同じ理由で、動機水準の幅が広まり、結果としてBFTを行った群とCON群のRT率に差が生まれ、BFT3群の中では、有意な差が生まれなかったものと思われる。

このようにみると、実験ⅢでパフォーマンスとしてのRT率が先のような結果になった原因は、この2つのどちらかであるか、あるいはこれら2つの原因が重なって相乗効果として現れたのだと考えられる。

IV 結論

最高のパフォーマンスをもたらす最適覚醒水準をつくるため、女子大学生35名を対象にRTを用いて、最適な動機づけ水準をもたらす方法としてのHR・BFTと自己暗示法を検討し、3つの仮説の検証を行った。その結果次の結論を得た。

- 1) 個人の特性に適した心理的動機づけを伴えばHR・BFTによってHRをコントロールすることができる。
- 2) 特性不安の違いにより、HRのBFTにはそれぞれ最適な自己暗示がある。すなわち、HR・BFTがうまくいく順を示すと次のようになる。
 - ①特性不安の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の自己暗示
 - ②特性不安の高い人も低い人も自己暗示なし
 - ③特性不安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反応時間(RT)を短縮することができると思われる。
- 4) BFTで模擬実験を行うことはイメージトレーニングとなったと考えられる。また、HRをコントロールするトレーニングをすることは集中力のトレーニングともなり、RT短縮には、それらの効果が目標HR到達率の差よりも大きく現れたと思われる。

V 文献

- 1) Borkobek, T. D. (1976), "Physiological and Cognitive Process in the Regulation of Anxiety", In Swartz, G. and Shapiro, D., Consciousness and Self Regulation: advance in Research, 1, N. Y. Phelem Press.
- 2) ガルウェイ, W. T. (後藤新弥訳)(1983), インナーゲーム, 日刊スポーツ出版社, 第16刷, pp. 137-50.
- 3) ヘップ 白井常(監訳) (1970) 行動学入門 紀伊国屋書店 (Hebb, D. O. 1966 A text-book of psychology. 2nd ed. W. B. Saunders.)
- 4) 廣田昭久 (1993) リラクゼーションのためのバイオフィードバック法 平井久 廣田昭久(編) 現代のエスプリ 311 リラクゼーション 東京;至文堂 pp111-113.
- 5) 藤田厚 (1990)運動反応のメカニズム 視覚・聴覚と運動 松田岩男・杉原隆(編) 新版 運動心理学入門 東京:大修館書店 pp15-22. pp40-46.
- 6) 平井久(1982) 行動の異常. 現代基礎心理学 東京:東京大学出版会 pp253-276.
- 7) マーテンズ, R. (徳永幹雄訳), スポーツにおけるイメージ, 九州体育学会第二分科会研究会資料, 1983.
- 8) Spielberger, C. D. (1966) Theory and re-serch on anxiety. In Spielberger, C. D (ed.) Anxiety and behavier. N. Y. :Academic Press, pp3-20.
- 9) 杉原隆(1990)動機づけと運動のパフォーマンス 松田岩男・杉原隆(編) 新版 運動心理学入門 東京:大修館書店 pp64-67.
- 10) 徳永幹雄・梅田靖次郎 (1986)競技不安の対応策 徳永(編) 競技不安の形成・変容過程と不安解消へのバイオフィードバック適用の効果の研究 九州大学健康科学センター報. pp46-66.
- 11) 徳永幹雄 (1985) 心理面のトレーニング 徳永幹雄他著 現代スポーツの社会心理 東京:遊戯社. pp142-149.
- 12) 山本勝昭 (1985) 最適動機づけ理論 徳永幹雄他著 現代スポーツの社会心理 東京:遊戯社. pp107-111.

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

星野 聡子 丹羽 劭昭

<実 験 I >

【目的】

Performance に先行する準備段階は、結果に対して大きな影響を及ぼすと考えられる。そこでSkilled performanceを生みだすために、バイオフィードバック・トレーニング(BFT) によって準備段階を調整することは重要である。本研究では、正確さを競う代表的な静的競技であるライフル射撃競技における、競技成績と生理心理状態の関係をとりあげ、特に心拍数と皮膚温を測度として検討し、ライフル射撃のメンタルトレーニングのための基礎的な資料を得ることを目的とする。

【方法】

対象：D大学射撃部に所属する男子部員20名、女子部員7名、合計27名。うち、全日本女子学生ライフル射撃選手権で優勝経験（AR）をもつ者1名、全日本ライフル射撃選手権（AR）1位および、国体出場経験をもつ者1名、国体優勝経験をもつ者1名を含んでいる。

装置：心拍計はPOLAR ELECTRO KY製のハートレートモニターを用い5秒毎に、皮膚温計は安立計器株式会社製のデータコレクタAM-7002を用い、右手人差し指の末節掌側面の皮膚温を1秒毎に測定した。

手続き：エアライフル（4.5mm, 177口径）による立射（standing position）を図1の実験順序で、試射および本射につき各3発行い、記録者はその得点と、撃発（trigger）時のタイムを記録した。

標的は9号標的を用い、射座から標的までの距離は公式競技と同様の10mである。被験者は、原則として自分の銃で撃ったが、入部間もない初心者は、他人の銃を借用した。サイト（sight）の調整は、実験の事前に行い、実験中に調整することは認めなかった。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5段階評価で調査した。

※9号標的とは、直径46mmの固定圈的で、10点の直径が1mmで1～9点まではその線の外周までが2.5mm ずつの間隔を有する9個の同心円をもって分け、10点を白地、4～9点までを黒色とする。

対象の群分け：

H1群（本射平均得点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
H2群（H1群の高得点者上位5名 本射平均得点9.20点）	5名
M2群（M1群の平均的な者5名 " 8.33"）	5名
L2群（L1群全員 " 5.20"）	5名

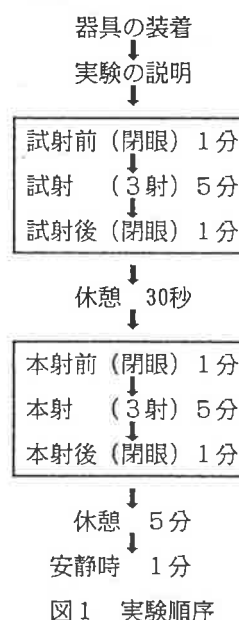


図1 実験順序

データの扱い方：

試射・本射前の閉眼時1分間をPRE
 試射・本射の撃発時の10秒前を-10
 " " 5 " -5
 " の撃発時 をTRIGG.
 " の撃発時の5秒後を+5
 " " 10" +10
 試射・本射後の閉眼時1分間をPOST

と表示し、これらの時点における
 安静時を基準とした増減値（実測
 値-安静時の値）を算出し、この
 値を用いて分析した。

【結果】

I. 試射・本射における撃発時前後の心拍数・皮膚温の変化

被験者全員の時間経過に伴う心
 拍数および皮膚温の増減値変化を
 図2、図3に示す。図2、図3か
 ら、試行前閉眼時に比べ撃発直前
 には、心拍数は増加、皮膚温は減
 少していた。その後撃発時につ
 けて、心拍数は減少、皮膚温はや
 や増加していた。撃発後、再び心拍
 数は増加、皮膚温は減少し、試行
 後閉眼時には試行前閉眼時の値に
 近づいた。したがって、撃発時を
 中心として、心拍数はM型、皮膚
 温はW型の変化パターンを示した。

II. H1、M1、L1群別の撃発
 時前後の心拍数、皮膚温の変化の
 違い

本射の平均得点によって分けた
 H1群（高得点者群）、M1群（
 中得点者群）、L1群（低得点者
 群）の心拍数と皮膚温の変化の違
 いをみるため、撃発時（TRIGG.）

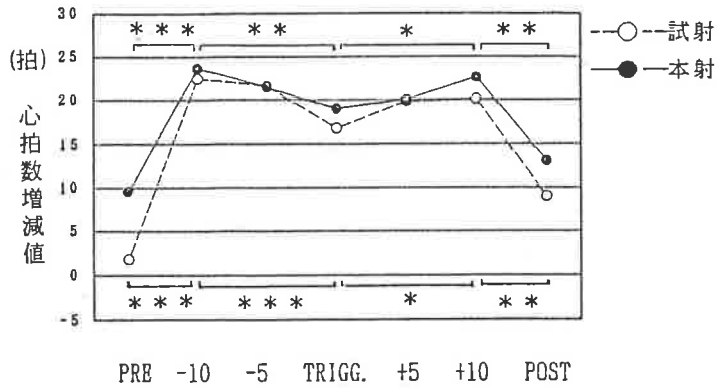


図2 時間経過に伴う心拍数増減値の変化（被験者全員）

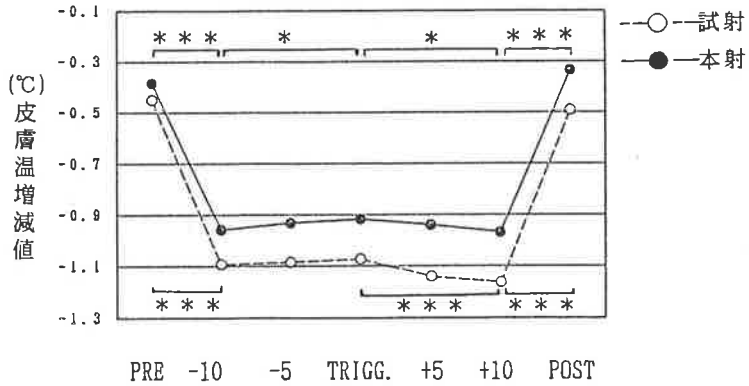


図3 時間経過に伴う皮膚温増減値の変化（被験者全員）

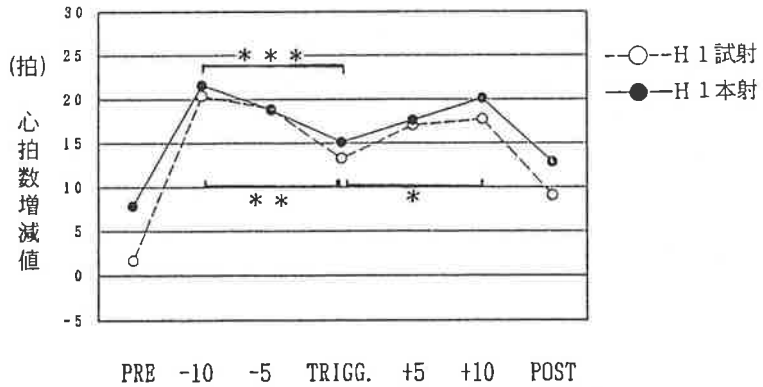


図4 時間経過に伴う心拍数増減値の変化（H1群）

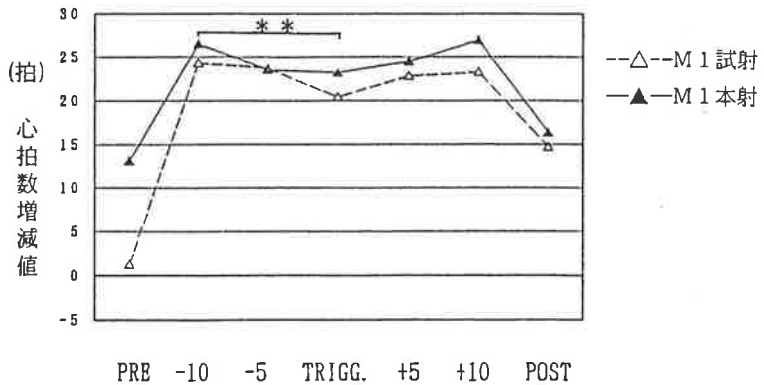


図5 時間経過に伴う心拍数増減値の変化（M1群）

とその前後10秒時 (-10, +10) を比較した。

1) 心拍数について

H1、M1、L1群の時間経過に伴う心拍数増減値の変化を図4、5、6に示す。撃発10秒前から撃発時にかけて、H1群の本射および試射(図4)と、M1群の本射(図5)において、心拍数増減値が有意に減少していた。一方、撃発後はH1群試射においてのみ、

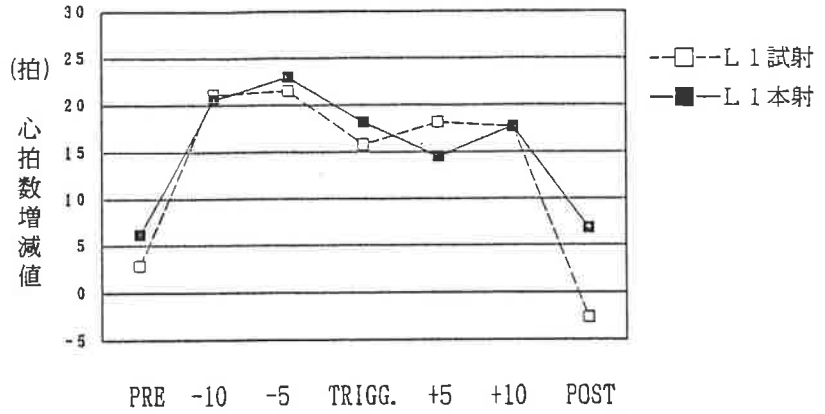


図6 時間経過に伴う心拍数増減値の変化 (L1群)

有意に増加していた。L1群は(図6)本射において撃発時直前(-5)に高く、直後(+5)に低くなっており、H1、M1群とは異なった変化を示した。このことから、低得点者は心拍数の最も下がった時を待たずに引き金を引いていると考えられる。また、H1、M1、L1群の心拍数増減値の変化を比べると、安静時(0)を基準として、試射、

本射ともM1、L1、H1群の順に高く、H1群は他の群より心拍数を低く保つことができていた。このことから、射撃という正確さを競う静的競技には、姿勢のぶれを防ぐために心拍数を低く保つことが大切な要因であると考えられる。また、試射と本射では各群とも共通して試射よりも本射時に高くなっており、試し撃ちよりも本番にはやや緊張していると考えられる。

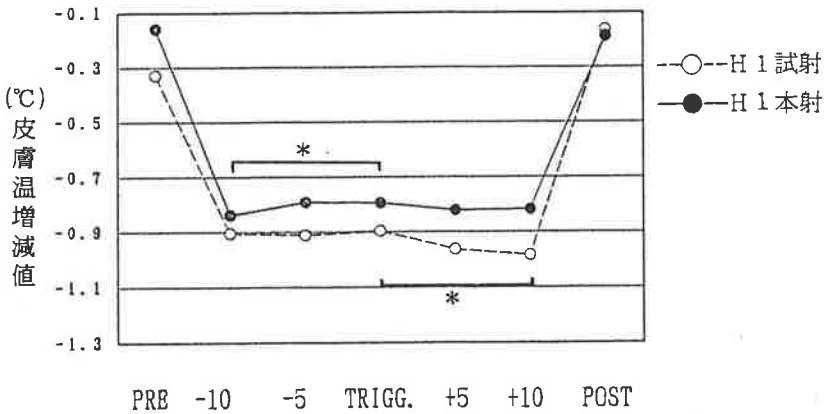


図7 時間経過に伴う皮膚温増減値の変化 (H1群)

2) 皮膚温について

H1、M1、L1群の時間経過に伴う皮膚温増減値の変化を図7、8、9に示す。撃発10秒前から撃発時にかけて、H1群(図7)の本射にのみ有意に増加、撃発後はH1群試射およびM1群試射・本射(図8)において有意に減少していた。しかし、L1群(図9)の変化に有意な差はみられなかつ

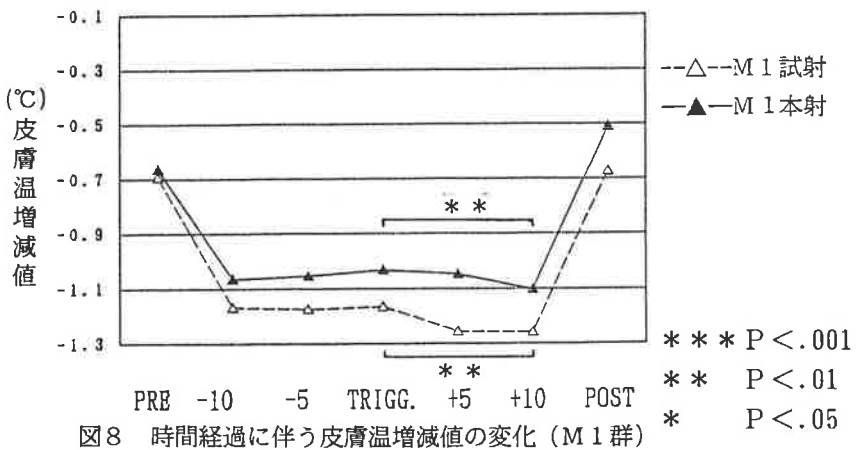


図8 時間経過に伴う皮膚温増減値の変化 (M1群)

*** P < .001
** P < .01
* P < .05

た。このことから、高・中得点者は緊張状態にあっても撃発時には、最も皮膚温は上がり、撃発後下がるパターンをとる傾向があると思われる。しかし、低得点者については、皮膚温変化に撃発時との有意な関係はみられなかった。

またH1、M1、L1群間の皮膚温増減値の変化を比べると安静時(0)を基準として、試射・本射ともM1、L1、H1群の順に皮

膚温は低かった。つまり、H1群は他の群よりもリラックスした状態で射撃に臨んでいると考えられる。また、試射・本射では各群とも共通して、本射時に高い値を示しており、試し撃ちよりも本番の方が皮膚温に関しては心拍数とは逆に、リラックス状態であると考えられる。

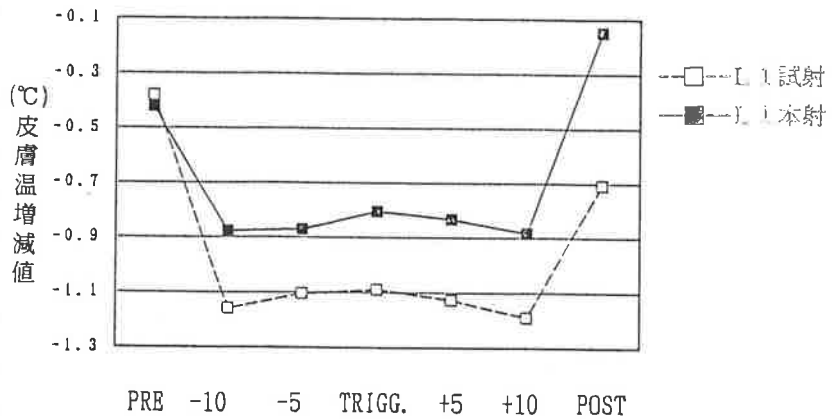


図9 時間経過に伴う皮膚温増減値の変化 (L1群)

Ⅲ. H2、M2、L2群における得点と心拍数、皮膚温の関係

H1、M1、L1群における特徴的な被験者であるH2、M2、L2群の高得点時と低得点時における心拍数と皮膚温の時間的変化を図10、図11に示す。図10から、H2群の高得点時は心拍数が下がりきった時に撃発しているが、低得点時には下がりきっていない時に撃っている。M2群は逆に心拍数が下がりきった時を逃して撃発している(ただし-5とTRIGG.間に有意差なし)。L2群は心拍数が下がりきるのを待たずに撃発している(ただしTRIGG.と+5の間に有意差なし)。これらより、H2群の高得点時を心拍数のBFTモデルに利用できるのではないかと考える。図11から、皮膚温は全体的に撃発時に、やや高くなっているが、H2群の高得点時のみ、その傾向の例外となっている。このことに関しては今後さらに検討する必要があると思われる。

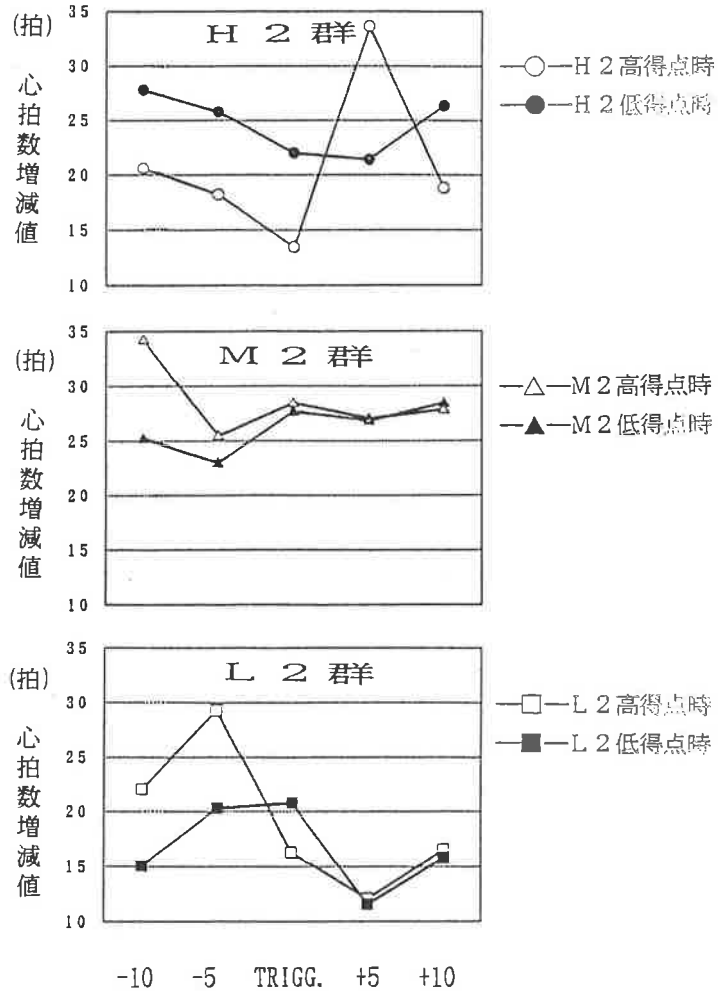


図10 時間経過に伴う心拍数増減値の変化 (H2、M2、L2群)

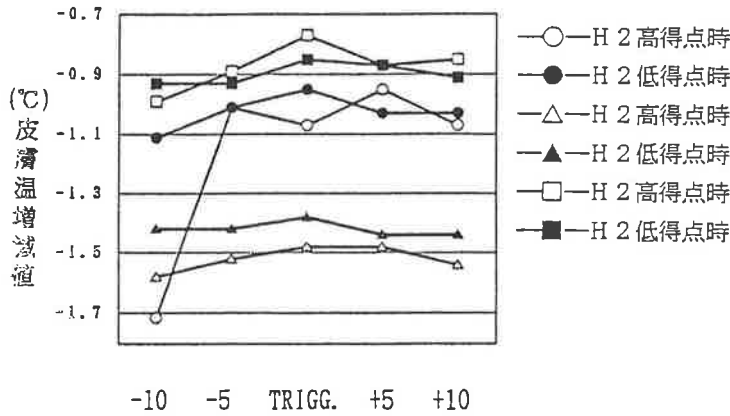


図11 時間経過に伴う皮膚温増減値の変化 (H2, M2, L2群)

表1 本射平均得点、主観的集中度、主観的緊張度相互の相関係数(r)とその有意水準(P)

		本射得点	集中度
本射平均得点	r		—
	n		—
	p		—
主観的集中度	r	.5711	
	n	27	
	p	.001	
主観的緊張度	r	-.4562	-.5870
	n	26	26
	p	.010	.001

IV. 主観と得点の関係

被験者全員の本射における平均得点と、主観による集中度および緊張度の関係を表1に示す。表1から、得点と集中度の間に負の相関がみられた。さらに、これらの主観をH2、M2、L2群の各群について、高得点と低得点の間で比較した(表2)。この結果、H2群の高得点時の主観的集中度は、低得点時のそれよりも有意に高かった。すなわち、習熟した者(高得点者)はperformanceと集中という意識との関係を、ある程度関連させることができていると考えられる。しかし、緊張と得点の関係はみられなかった。

表2 H2、M2、L2群の高得点時と低得点時の平均得点(10点満点) 主観的集中度(5段階評価)、主観的緊張度(5段階評価)一覧

		H2群 (n=5)		M2群 (n=5)		L2群 (n=5)	
		HIGH SCORE	LOW SCORE	HIGH SCORE	LOW SCORE	HIGH SCORE	LOW SCORE
平均得点	M	10.00	8.20	9.40	7.00	8.25	1.50
	SD	0.00	0.45	0.55	0.25	1.50	1.73
	P	.0005***		.0045**		.006**	
主観的集中度	M	4.80	2.80	3.20	3.40	2.25	2.25
	SD	0.45	1.30	0.84	1.14	1.50	0.96
	P	.011*		.187		.500	
主観的緊張度	M	2.20	2.00	2.60	2.40	3.50	3.50
	SD	1.30	1.41	1.52	1.14	1.00	1.00
	P	.399		.310		.500	



<実 験 II>

【目 的】

実験 I より、射撃競技における心拍数の変化についてのhigh performance モデルを得た。そこで、バイオフィードバック情報（以下BF情報と略す）をもとに心拍数を減少方向に調節する、BFTの遂行により心拍数のコントロールを獲得することは、射撃競技場面におけるhigh performance モデルの習得に有効であると考えられる。

本研究では、high performanceを導くため、個々の被験者に各自の心拍数を正否フィードバック(binary feedback) よりも効率の高い比例フィードバック(proportional feedback) によるBF情報をデジタル信号で与え、心拍数の減少方向へ制御課題についてのBFTの継続や自己制御に及ぼす影響と、射撃のperformance 向上への可能性について検証する。

また、BFTを効率よく行うために、ストラテジー(strategy: 方略)として、自律訓練(autogenic training: AT)の標準公式の利用を考えた。標準公式は、安静・四肢重感・四肢温感・心臓調整・呼吸調整・腹部温感・額部涼感の7段階練習で構成されている。また、自律訓練はスポーツ競技場面において、あがりや不安などの低減によるpeak performanceや実力発揮への有効な手法として利用されることが多い。この自律訓練の併用が心拍数のBFTにどのような影響をもたらすかを検証する。

以上より、次の仮説を検証することを目的とする。

仮説1 BF情報の提示は、心拍数の減少方向への課題遂行に効果がある。

仮説2 BFTにより心拍数の減少方向への自己制御を可能にする。

仮説3 心拍の自己制御には自律訓練の併用がより効果的である。

仮説4 心拍数の減少方向へのBFTは射撃競技のperformance 成績の向上に効果がある

仮説5 心拍数の自己制御の獲得は、射撃競技のhigh performanceに有効である。

【方 法】

1. 被験者

D大学体育会射撃部男子部員18名、女子部員6名、合計24名(18~23歳)を被験者とした。これらの被験者を、射撃競技歴や競技能力をすべて考慮してカウンターバランスをとり、各8名の等質の3グループに分類した。これらの被験者は自律神経系および呼吸循環器系に既往症を持たない者であった。なお被験者には、エアライフル競技において、国体出場経験を持つ者2名(うち1名は国体優勝)、高校総体2位および西日本大会優勝経験を持つ者が含まれた。

2. 測定項目

心拍数の測定には実験 I と同様の、POLAR ELECTRO OY製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により、データをパソコン転送し、解析ソフトによって算出した。

3. 実験実施日、実験場所

1993年8月17日~23日は、D大学射撃場およびD大学体育研究棟実験室内(環境条件: 気温25.5~28.0℃, 湿度55.0~65.0%), 8月26日は京都府園部町ライフル射撃場において実験を実施した。

4. 手続き

図12に実験順序を示す。第2~7日目の午前中に実験室内で

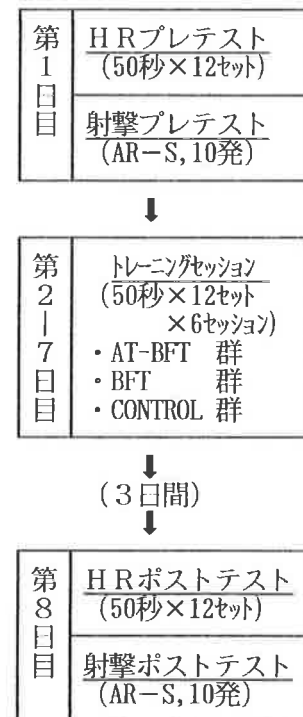


図12 実験順序

心拍数の減少方向への「トレーニングセッション」を行った。実験課題条件は、『心拍数を、出来るだけ下げるように努力して下さい。』と、心拍数の減少方向への調整を試みることである。課題を言葉により教示したのち、AT-BFT群および BFT群は、椅座位姿勢の被験者の膝の上に設置し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。さらに、AT-BFT群はストラテジーとして自律訓練を併用した（FUTEK 製音楽瞑想テープTAPE1-A を利用）。対照群（以下、CON群と呼ぶ）はBF情報を与えなかった。以上のように、AT-BFT群、BFT群、CON群の3条件を設定した。トレーニングセッションは1日につき1セッションを6日間連続で行った。手順は図13に示すとおり、1セッションにつき50秒間のトレーニングを1セットとして12セット行い、セットごとに10秒間の休憩を挟んだ。これらは、先行研究をもとに被験者の疲労を考慮して設定した。また、第1日目および第8日目の午前中には、安静時を10分間（最後の2分間を安静時の値とした）とった後、トレーニングセッション同様に『心拍数を、出来るだけ下げるように努力して下さい。』という教示を被験者全員に与え、BF情報なし

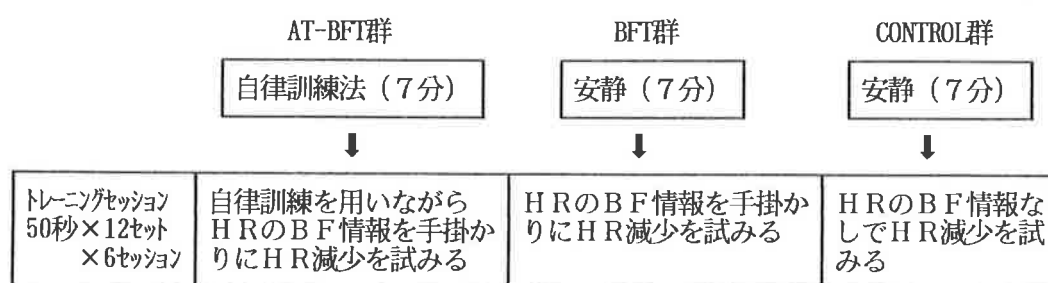


図13 トレーニングセッション（1セッション）の内容

で心拍数の減少を自己制御することを課題とした「HRテスト（heart rate test）」のプレテストおよびポストテストを実験室にて椅座位姿勢で行った。手順は、トレーニングセッションと同様に、50秒間を1セットとして12セット行い、セットごとに10秒間の休憩を挟んだ。

第1日目および第8日目の午後は、実際に射撃のperformanceを行った。エアライフル・立射により、15分の所要時間内でセルフペースにより10発撃つことを課題とする「射撃テスト」のプレテストおよびポストテストを射撃場において実施した。各被験者の担当記録者は、スコアと撃発時のタイムを1発ごとに記録した。また、前試行の結果の知識（knowledge of result:KR）を被験者が得ることを防ぐため、記録者が担当被験者の標的の交換を行った。原則として自分自身の銃で行ったが、入部間もない初心者は教習銃を使用した。実験中に照準調整をすることは認めなかった。

トレーニングセッションの3、6セッションおよび、HRテストのプレ、ポストテスト終了後に、自由記述によるアンケート調査を実施した。

データに及ぼす外的影響を避けるため、HRテストおよびトレーニングセッションは実験室内において運動や食事の直後を避け、グループ毎に基本的に毎日同じ時間に行った。

これら全ての実験過程はメンタルトレーニングとして射撃部の練習内容に組み込まれ、被験者には一切実験の被験者になっているという気持ちを抱かせないように設定した。

5. データの処理

トレーニングセッションにおいては、HRプレテストの安静時平均値をベース値とした心拍数増減値を、被験者を3条件にグループ分けしたGROUP要因、トレーニングセッションのSESSION要因、各セッションにつき測定した12セットの時間経過を2セット毎にブロック化したTIME要因（6block）について3要因の分散分析を行った。

H Rテストは、プレおよびポストテストの各安静時平均値をベース値とした心拍数増減値のGROUP 要因、プレおよびポストテストのTEST要因、各H Rテストにつき測定した12セットの時間経過を2セット毎にブロック化したTIME要因（6block）について3要因の分散分析を行った。

射撃テストにおいては、撃発時の値をベース値として算出した心拍数増減値と射撃テストの各スコアの関係について、共分散分析と相関係数による分析を行った。

【結果】

I. トレーニングセッションにおける心拍数の変化

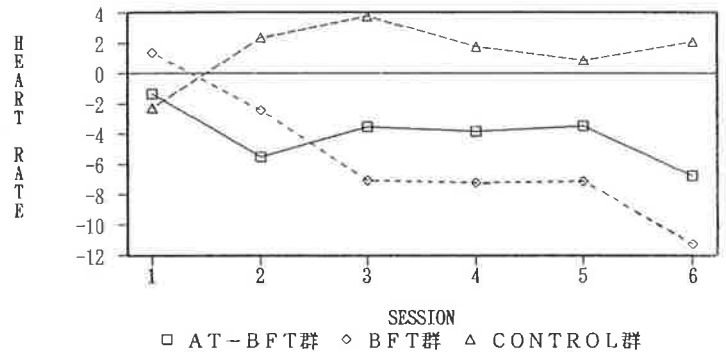
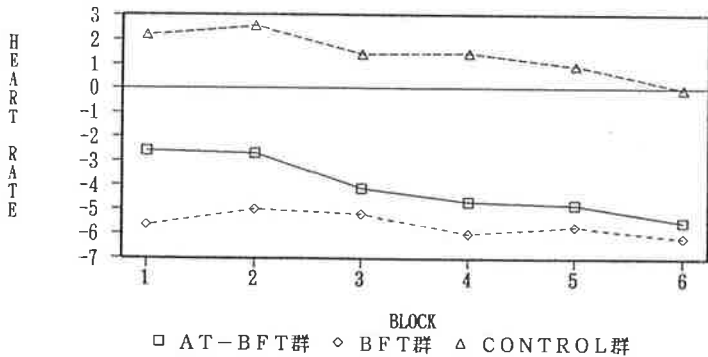


図14 全トレーニングセッションにおけるブロック平均の経時的変化

図15 トレーニングセッションにおけるセッション平均の経時的変化

トレーニングセッション（6session）における心拍数の経時的変化をみるため、GROUP（3条件：AT-BFT群， BFT群，CON群）×SESSION（6session）×TIME（12set/2set=6block）の3要因分散分析を、H Rプレテスト平均値を基準とした各session の増減値を用いて実施したところ、TIME（6block）要因の主効果が認められた（ $F(5/105)=9.40, p=.0001$ ）。図13から、各グループについて時間経過に伴い心拍数が減少していることがうかがえる。

また SESSION×GROUP（ $F(10/105)=1.94, p=.047$ ），およびSESSION ×TIME（ $F(25/525)=2.09, p=.002$ ）にそれぞれ交互作用が認められた。

そこで、GROUP 条件の違いによるセッションの効果をみるため、各群について群内1要因分散分析を実施した結果、 BFT群に有意差がみられた（ $F(5/35)=3.91, p=.0064$ ）。そこで、 BFT群について各セッション間の多重比較を行った結果、図14に示すとおり、1セッションと3，4，5，6セッション間、および2セッションと6セッション間に有意な減少がみられた。

II. H Rテストにおける心拍数の変化

H Rテストのプレテストおよびポストテストにおける心拍数の経時的変化をみるため、GROUP（3条件：AT-BFT群，BFT群，CON群）× TEST（pre, post）×TIME（12set/2set=6block）の3要因分散分析を、各安静時を基準とした各block の増減値を用いて実施したところ、TEST要因の主効果が認められた（ $F(1/21)=6.35, p=.019$ ）。

また、TIME×GROUP に交互作用が認められ（ $F(10/105)=2.31, p=.017$ ），TEST×TIME×GROUP の3要因間にも10%水準で交互作用が示された（ $F(10/105)=1.90, p=.052$ ）。

さらに、プレテスト・ポストテストそれぞれについて、グループ間のDuncan法による多重比較を行ったところ、図15に示すとおり、プレテストにおいてはグループ間に有意差はみられなかったが、ポストテストにおいてはAT-BFT群および BFT群と CON群の間に有意な差が示された。

また、ポストテストにおいてAT-BFT群および BFT群の心拍数が大きく減少しているのに対し、CON群はプレテストとほとんど変化がみられなかった。

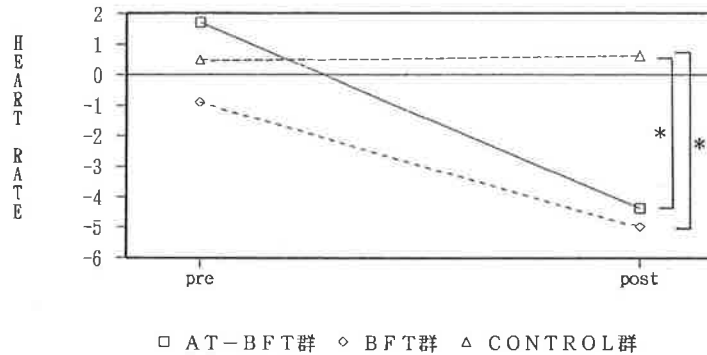


図16 HRテストにおけるプレ・ポストテスト間の変化

このことから、AT-BFT群および BFT群はトレーニングセッションを行ったことで、心拍数を自己制御出来るようになったと考えられる。一方、教示のみのトレーニングセッションを行った CON群は、心拍数の自己制御に効果がなかったと思われる。

Ⅲ. バイオフィードバックトレーニングがHRテストに及ぼす効果 HRテスト減少値（ポストテストの心拍数－プレテストの心拍数）と各セッションにおけるBFT減少値（トレーニングセッション各セッションの心拍数－プレテストの心拍数）との相関を表3に示す。表3から、AT-BFT群および、BFT群には、HRテスト減少値とBFT減少値の間に高い相関が認められた。このことは、図16のHRポストテストにおいて、AT-BFT群および BFT群はCON群に比べて有意に減少していたことを踏まえると、各トレーニングセッションにおける心拍数の減少の効果が、HRポストテストにおける心拍数の減少に密接に関係していたと考えられる。

また、前述したようにトレーニングセッションにおける心拍数減少の変化については、BFT群の方がAT-BFT群よりも顕著であった（図15）にもかかわらず、HRテストに対するBFTの効果は、AT-BFT群の相関がBFT群より著しく高く、しかも信頼性も高水準であった。これらのことから、AT-BFT群条件によるトレーニングの方が、BF情報なしで心拍数減少を自己制御するHRテストに直結していると考えられる。

一方、CON群は図16から、HRテストのプレおよびポストテストに変化がなく、また表3の相関も低いことから、HRテストへのトレーニングセッションの効果がみられなかった。したがって、手がかりとなるBF情報を得ず、教示のみで心拍数減少トレーニングを行うことは自己制御に関連がないと考えられる。

Ⅳ. 射撃テストにおける心拍数の変化

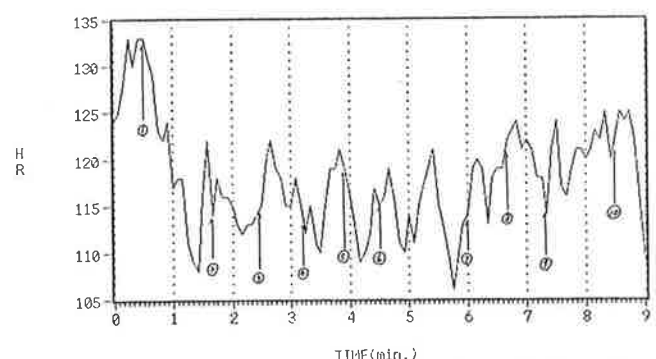
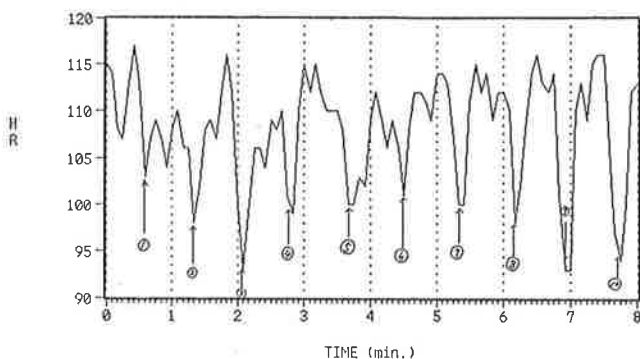


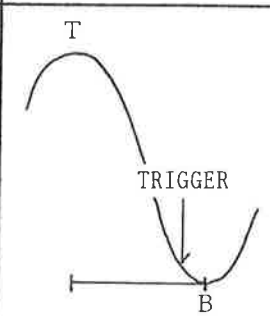
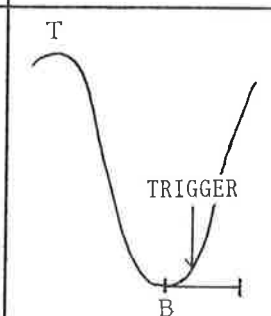
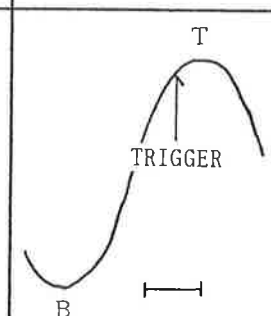
図17 射撃テストにおける心拍数変化の例（習熟者） 図18 射撃テストにおける心拍数変化の例（初心者）

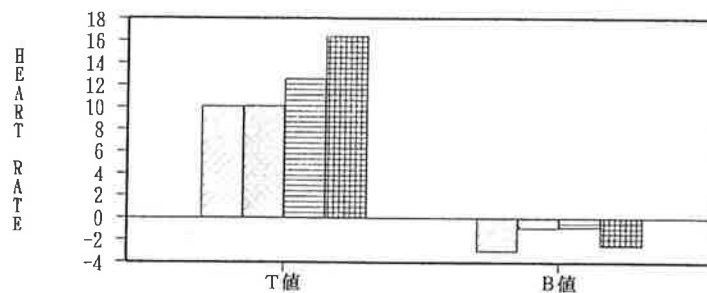
射撃テストにおける心拍数の変化の例を、図17、図18に示す。これらの射撃テスト中の心拍数変化を撃発時を基準として、表4に示す3つのタイプに分類する。type1の心拍数変化にエアライフル競技のhigh performerの多くの試行パターンが含まれていると考えられ、そのサンプル数もtype2、3より著しく多いことから、主にtype1の心拍数変化に

注目して以下の検討を進める。

撃発 (TRIGGER) 時を基準にしてその前後の心拍数の最高点 (T点:top) と最低点 (B点:bottom) の心拍数変化を調べるため、 $T \text{ 値} = T \text{ 点の値} - \text{撃発時の値}$ 、 $B \text{ 値} = B \text{ 点の値} - \text{撃発時の値}$ を算出し、以後T値およびB値を用いて検討した。まず、図19に示すとおり、射撃テストのプレ・ポストテストにおけるtype 1の心拍数の変化をみるため、T値およびB値について、それぞれプレテストの値をベースラインとしてポストテストのGROUP (3条件：AT-BFT群, BFT群, CON群) 間の共分散分析を実施したところ、T値に有意な差がみられた ($F(2/192) = 9.88, p = .0001$)。B値についても同様に差があるように思われたが、10%水準でしか認められなかった ($F(2/192) = 2.53, p = .0823$)。これらのことから、T値、B値ともに心拍数のBFTにより、何らかの変化が生じたのではないかと推察される。

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とそのサンプル数

	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



□ プレテストベース □ AT-BFT群 ▨ BFT群 ▩ CONTROL群

図19 射撃テストにおける心拍数T値およびB値についてのプレテスト補正後のポストテストの変化

V. 射撃テストにおける心拍数変化とスコアとの関係

type 1 について、GROUP 条件の違いが射撃テストの成績にどのように影響したかを調べるため、各射撃テストにおける10発の合計得点の変化を、プレスコアをベースラインとしてポストスコアのGROUP 間の共分散分析を行った結果、ポストスコアのGROUP 間に有意な差は認められなかった (F (2/201)=1.17, p=.1723). そこで、1 発毎の心拍数の変化と射撃スコアの関係について、撃発時を基準に、その前後のT値およびB値とスコアとの相関を調べた。

1) T値について

表5から、射撃テストのプレテストおよびポストテストにおいて、T値とスコアの相関がみられなかった。このことから、撃発前の心拍数最高値から撃発時にかけての心拍数の変化量は、スコアに直接関係がないと考えられる。

2) B値について

表5から、type 1 については射撃テストのプレテストでは、B値とスコアとの間に各グループとも相関がみられなかった。しかし、ポストテストでは、AT-BFT群にのみ高い相関がみられた。つまり、出来るだけ心拍数の下がり切った時点で撃発することが、射撃performanceの高成績を導いた。したがって、自律訓練を併用してBFTを継続することにより、high performanceモデルが獲得されたと考えられる。また表5から、type 2 についてはAT-BFT群において、プレテストおよびポストテストに相関がみられ、心拍数の最低値であるB点を過ぎてB点に近い値で撃発していれば、射撃performanceの高成績を導くことが出来ていたことが示された。

VI. BFTにおける内省報告

BFTの3セッションおよび6セッション終了後、被験者全員に対して、第1に『心拍数減少のためにどのような工夫をしましたか。』、第2に『どの程度心拍数を減少させることが出来ましたか。』という2項目について自由記述のアンケート調査を行った。

第1の質問回答から、AT-BFT群は、試行錯誤して、自分に適した具体的な自律訓練公式を用いていたのに対し、CON群は独自の暗示やイメージを、BFT群は呼吸法やイメージを用いていたものの、それらはいずれも漠然とした方法であることが分かった。心拍数減少に対する工夫の違いは、自己の生理状態の関知と具体的なストラテジーの提示の有無によって、大きな差異が生じると考えられる。また、第2の質問については、AT-BFT群において思うように出来るようになったという回答が多く、効果があったと考えられる。BFT群では、制御にBF情報を必要とする回答が目立ち、ある程度制御出来るようになってい

表5 射撃テストにおける射撃成績と、心拍数の最高点T点および最低点B点の撃発時をベース値とした心拍数増減値T値、B値との相関表
(nの表示は、該当サンプル数/全体の数)

		プレテスト心拍数		ポストテスト心拍数			
		T値	B値	T値	B値		
心拍数変化タイプ1	射撃成績	AT-BFT群	r	.0696	.1228	.2700	.6646
		n	70 / 74	70 / 74	75 / 80	75 / 80	
		p	.5667	.3110	.0191	.0001	
	射撃成績	BFT群	r	.1091	.1322	-.0465	.1764
		n	66 / 78	66 / 78	76 / 80	76 / 80	
		p	.3831	.2897	.6903	.1274	
	射撃成績	CON群	r	.0870	.1703	-.3342	.2005
		n	69 / 80	69 / 80	77 / 80	77 / 80	
		p	.4768	.1617	.0030	.0803	
心拍数変化タイプ2	射撃成績	AT-BFT群	r	.1608	.8165	-.8663	.6392
		n	4 / 74	4 / 74	5 / 80	5 / 80	
		p	.8392	.1835	.0575	.2456	
	射撃成績	BFT群	r	---	---	---	---
		n	2 / 78	2 / 78	2 / 80	2 / 80	
		p	---	---	---	---	
	射撃成績	CON群	r	-.0067	-.0178	---	---
		n	6 / 80	6 / 80	2 / 80	2 / 80	
		p	.9898	.9733	---	---	
心拍数変化タイプ3	射撃成績	AT-BFT群	r	---	---	---	---
		n	0 / 74	0 / 74	0 / 80	0 / 80	
		p	---	---	---	---	
	射撃成績	BFT群	r	.1894	-.1735	---	---
		n	10 / 78	10 / 78	2 / 80	2 / 80	
		p	.3831	.2897	---	---	
	射撃成績	CON群	r	.4504	-.3874	---	---
		n	5 / 80	5 / 80	1 / 80	1 / 80	
		p	.4465	.5193	---	---	

と思われる。CON 群は出来る気がするといった曖昧な回答が多く、このことはBF情報が無いために、他のグループよりも実感としての制御感を把握しにくいことが影響していると考えられる。また、AT-BFT群に対し自律訓練を行う際に用いた音楽について、自由記述のアンケートを採ったところ、『自分の世界に入りやすい』『周りのことが気にならない』『自分の身体のイメージがしやすく、自律訓練がやりやすい』『実現したい(performanceの)イメージを持ちやすい』『ゆったりとした気分になる』といった、いずれも音楽の使用は自律訓練にとって効果的であるという回答を得た。

Ⅶ. 自律訓練を用いた心拍数減少トレーニングの継続が試合場面に生かされたケース例

実験終了後、D大学射撃部よりメンタルトレーニング(本実験のトレーニングセッションにあたる部分)を続けたいという連絡を受けたため、全日本学生ライフル射撃選手権大会に向けてさらに2回、実験と同じ条件のもとでトレーニングセッションを実施した。この時には、BFT群、CON群にもAT-BFT群と同様の自律訓練を紹介した。その後、D大学へ赴けなくなったため、希望者が自主的にトレーニング出来るよう、実験で用いた部分を含む自律訓練用の音楽瞑想テープ(30分程度)を送付した。このカセットテープは音楽のほかに、アナウンスによる自律訓練の各公式についての指示が組み込まれている。その後、被験者N.Eから、『メンタルトレーニングを続けたことが、全日本大会で高成績を残すことにつながった。』という思い掛けない吉報を受け、早速質問紙によるアンケート調査を行った。被験者N.Eは、全日本大会の専門種目のスモールボアライフル(SB)・伏射60発競技(600点満点)において、自己タイ記録の586点で準優勝に輝いた。実験ⅡではAT-BFT群に属しており、メンタルトレーニングに対して非常に興味を持っており、動機づけ水準がかなり高いと見うけられた。また、副将として主将に代わって部をまとめる存在でもあり、メンタルトレーニングに対して積極的に取り組んでいた。

被験者N.Eは帰宅後、カセットテープを聴きながら呼吸調整を中心とした自律訓練を用いて、心拍数を減少させるトレーニングをほぼ毎日約30分間、自主的に重ねていた。この自主的トレーニングの回数は50~60回にのぼり、トレーニング中は、『自分が優勝して表彰される』という、肯定的なイメージを持ちながら行っていた。心拍数の減少について、確実に自己制御出来るようになったと報告している。また、心拍数の減少および自律訓練を用いたトレーニングの競技場面での有効性を問う質問に対して、『特に伏射は地面と心臓が接近しているため心拍数が高いと鼓動を感じて銃の動揺につながるため、心拍数減少は必須条件であると思う。』と答えている。また、腹式呼吸による呼吸調整を中心に行っていた自律訓練については、脱力やリラクスの効果を認めており、『競技中に体に変な力が入った時には、一旦射座から出て自律訓練を利用して心身を整えてから射座に戻り、再開すると効果的である。』と報告している。

全日本大会当日は、試合開始2時間前に自律訓練のカセットテープを聴き、その後続けて、いつも聴いている映画『ロッキー』のテーマソングを聴いている。こうすることで、『リラックスしながら燃えるような気がした』と述べている。このことから、独自の工夫により自己の最適な覚醒水準に対する微調整がなされ、効果的に働いたと考えられる。

【考察】

図15に示すように、心拍数減少を目的とした訓練を行う際には、自律訓練を併用したAT-BFT群を含めBF情報の提示をしたものは、教示のみによるものよりも優れていた。したがって、仮説1のとおり、BF情報の獲得は、心拍数の減少方向への変化に効果があったと考えられる。だが、BFTの最終目標はそれによって自分自身の生理の自由なコントロールを獲得することであろう。図16から、AT-BFT群およびBFT群は、トレーニングセッションを行ったことで、心拍数の減少方向への自己制御が可能となっており、仮説2のB

F Tによる自己調整ができるようになったと考えられる。

ところで、図15ではトレーニングセッションにおいて、BFT群がAT-BFT群よりも心拍数の減少が顕著であったにもかかわらず、図16のHRテストにおいては、AT-BFT群条件とBFT群条件は同じ程度に心拍数の自己制御の効果を示していた。そこで、自律訓練というストラテジーの使用と心拍数の自己制御には何らかの関係があると考えられる。

表3から、AT-BFT群はBFT群よりも各トレーニングセッションの心拍数の減少変化が、心拍の自己制御と高い相関を示していた。また、内省報告から、AT-BFT群には、自分に合った具体的な自律訓練公式の併用により、自己制御について制御感を感じている者が多数いた。一方、BFT群は心拍数の減少にはBF情報を用いる必要性を訴えており、自己制御はまだ獲得されていないと感じている回答が多かった。これらのことから、仮説3のとおり、BF情報という手がかりだけでなく、自律訓練という具体的なストラテジーを提示し、併用することで、不随意的な生理反応を適正な方向に向けて試行錯誤し、獲得していく学習過程を容易にしたと考えられた。

さて、BFTは射撃performanceの向上を目的とし、実験Iの結果をモデルに行ったが、射撃ポストテストのスコア(100点満点)にグループ条件の違いによる有意差は認められなかった。したがって、仮説4のようにBFTによって、即座にスコアに顕著な変化が表れるわけではなかった。

ところが、図25に示したように、BFTによって射撃performanceにおける心拍数に何らかの変化がうかがえた。そこで、1発毎の射撃performanceの心拍数変化について、心拍数の最低時に撃発するhigh performanceモデルに注目し検討した。表6に示した撃発時と、撃発時を基準とした最低値との差(B値)とperformance成績の関係において、AT-BFT群は射撃ポストテストで高い相関を表した。すなわち、AT-BFT群はポストテストにおいて、撃発時の心拍数が最低値に近ければ近いほど高スコアを獲得しており、言い換えれば、射撃競技場面において、心拍数の自己制御によって心拍数最低値に撃発することが出来れば、高スコアを招く確率が高くなっていると考えられた。一方、BFT群はAT-BFT群同様にHRテストにおいて心拍数を自律制御出来ていたにもかかわらず、射撃テストにおいてはB値とperformance成績にはCON群同様に、high performanceモデルのような一定の規則性は示されなかった。このことは、自己制御に対する実際の競技場面(射撃テスト)と実験室内(HRテスト)の状況の違いによる影響が考えられる。表3に示したように、トレーニングセッションの心拍数の変化とHRテストにおける心拍数の自律制御とが、より密接に直結していたAT-BFT群のように、具体的なストラテジーを獲得して自己制御出来れば、実際の競技場面においても応用が出来ると考えられよう。

これらのことから、仮説5のように実際の射撃競技場面における、high performanceモデルへの有効性は、心拍自己制御を自律訓練を併用したBFTで獲得することにより、高められると考えられる。

ところで、本研究では、心拍制御を効果的に行うために自律訓練を提示したのであるが、high performanceへの有効性は、心拍制御に自律訓練を併用したことによってこそ得られた結果とも考えられる。したがって、performance成績の向上に、自律訓練そのものの影響が少なからず考えられるのではないだろうか。自律訓練とは心身を緊張から弛緩へと変換させることを主目的としており、自己調整力の回復や注意集中力の向上、試験やスポーツにおけるあがりの対策、ストレスの解消などに適用されている。よって、射撃競技場面における競技不安などの低減にも貢献した可能性が考えられる。そこで、一連の自律訓練公式が生体に及ぼす影響をさらに検討し、performance成績向上への効率の良いトレーニング法を獲得することが今後の課題といえよう。

【結 論】

本研究では、正確さを競い低覚醒水準のもとでの微調整を必要とされる、closed skill sportsのひとつであるライフル射撃競技をとりあげ、生理反応を生理心理学的に検討し、バイオフィードバックトレーニングによるhigh performanceへの有効性を検討することが目的である。

まず、実験Ⅰにおいて、安静時を基準とした心拍数および皮膚温増減値について、射撃の試行前・撃発時直前・撃発時・撃発時直後・試行後の一連の経時的变化を検討したところ、撃発時を中心として心拍数はM型、皮膚温はW型の変化パターンを示した。また、心拍数については心拍数の最低時に撃発し、かつ撃発時および撃発時直前の心拍数を出来るだけ低く保つhigh performerによる高スコア時のパターンを、high performanceを導くためのバイオフィードバックトレーニングモデルとして得た。

実験Ⅱでは、実験Ⅰから得た心拍数のhighperformanceモデルに基づき、撃発時における心拍数の減少方向への制御につなげるバイオフィードバックトレーニングによって、心拍の自己制御と射撃のhigh performanceへの可能性について検討した。

バイオフィードバック情報を得ることにより心拍数は減少方向に変化した。しかし、心拍数の自己制御には、手がかりとなるバイオフィードバック情報だけでなく自律訓練の併用によってより効果が示された。また、自律訓練を併用した心拍自己制御により、high performanceモデルの心拍数パターンと射撃スコアの関係が習得された。

以上から、ライフル射撃競技における、high performanceを導くための心拍数バイオフィードバックトレーニングは、自律訓練を併用することでその可能性が示された。

付記

本研究の実験Ⅰは、1993年11月に第44回日本体育学会（大阪）で口頭発表したものである。

本報告書に掲載している資料の出典一覧

I 運動パフォーマンス時における生理心理的状态の検討

- 1 丹羽劭昭・高柳茂美 「あがり」の心理・生理的徴候の2次元モデルの検討，スポーツ心理学研究第16巻第1号，6-15，1990.3.
- 2 丹羽劭昭・長沢邦子 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第17巻第1号，7-14，1991.3. 及び 市川英子 脳波の状态と生理的状态や協応的パフォーマンスとの関係，奈良女子大学文学部卒業論文，1989.1.
- 3 丹羽劭昭・長沢邦子 ストレスが各不安傾向者の協応的運動パフォーマンスに与える影響 — 回転盤追従動作における関係を中心に — ，スポーツ心理学研究第16巻1号，62-66，1990.3. 及び 岩永史子 ストレスが心理的・協応的パフォーマンスに与える影響 — 不安傾向を中心に — ，奈良女子大学文学部卒業論文，1989.1.
- 4 丹羽劭昭・長沢邦子・弘 志穂 不安傾向と心理的ストレスとパフォーマンスとの関係 — 回転盤追従動作を中心に — ，日本体育学会第41回大会号A，203，1990.10. 及び 須山千寿子 不安傾向と Stress と Performance の関係 — 回転盤追従動作・注意の集中・暗記学習を中心に — ，奈良女子大学文学部卒業論文，1990.1.

II 運動パフォーマンスと優勢脳波との関係についての検討

- 1 丹羽劭昭 意識の集中時における優勢脳波測定の方法的検討 — 視覚刺激・聴覚刺激による優勢脳波の出現率を中心に — ，日本スポーツ心理学会第20回記念大会抄録集，B-06，1993.10. 及び 藤谷晶子 意識の集中力時における優勢脳波出現状態の検討 — 聴覚刺激・視覚刺激・短期記憶から — ，奈良女子大学文学部卒業論文，1993.1.
- 2 弘 志穂・丹羽劭昭 運動及び精神的パフォーマンス時における優勢脳波の検討 — 回転盤追従動作と短期記憶を中心に — ，日本体育学会第41回大会号A，206，1990.10.
- 3 松井紀子・弘 志穂・丹羽劭昭 パフォーマンスによる脳波出現の差異 — 大筋運動による影響を中心に — ，日本体育学会第42回大会号A，189，1991.10.
- 4 弘 志穂・松井紀子・丹羽劭昭 運動パフォーマンスと優勢脳波について — 回転盤追従動作から — ，日本体育学会第42回大会号A，190，1991.10.
- 5 丹羽劭昭・長沢邦子・弘 志穂 心理的パフォーマンス時における脳波の検討 — 特にβ波とα波を中心に — ，日本スポーツ心理学会第18回大会抄録集，D-6，1991.11. 及び 宮城寛子 脳波の状态と心理的パフォーマンスや生理的变化との関係，奈良女子大学文学部卒業論文，1989.1.
- 6 弘 志穂・丹羽劭昭・星野聡子・星名 倫 射撃における生理心理状态の検討，日本体育学会第43回大会号A，178，1992.12.

III 運動パフォーマンスと皮膚温・心拍との関係についての検討

- 1 星野聡子・丹羽劭昭 対戦者の違いが剣道の試合前・中・後に於ける皮膚温，心拍数に及ぼす影響 日本体育学会第43回大会号A，182，1992.12.

IV 快適感と脳波・自律神経系との関係についての検討

- 1 佐々田尚子 音刺激によるテンポの変化が快適感に及ぼす影響 — 脳波・自律神経系現象を中心に — , 奈良女子大学文学部卒業論文, 1994.1.

V 咀嚼運動と優勢脳波との関係の検討

- 1 木匠美優子 咀嚼運動による集中力増強への有効性の検討 — 優勢脳波を中心に — , 奈良女子大学文学部卒業論文, 1994.1.

VI バイオフィードバックトレーニングとパフォーマンスとの関係についての検討

- 1 丹羽勲昭・弘 志穂 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Fp2 $\alpha 2$ 波増強による事例を中心 — , 日本体育学会第43回大会号A, 176, 1992.12. 及び 小川奈美 脳波バイオフィードバックによる集中力増強への有効性の検討, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1992.1.
- 2 丹羽勲昭・弘 志穂 脳波バイオフィードバックトレーニングによる集中力増強の方法的検討(2) — 優勢脳波Fp2 $\alpha 2 \cdot \theta 2 \cdot \beta 2$ 波を中心に — , 日本スポーツ心理学会第19回大会抄録集, B-4, 1992.10. 及び 小川奈美 脳波バイオフィードバックによる集中力増強への有効性の検討, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1992.1.
- 3 橋本文子 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 $\alpha 2$ 波強化と集中力増強との関係, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1994.1. 及び 丹羽勲昭・弘 志穂・長沢邦子 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Fp2 $\alpha 2$ 波の増強と集中力増強との関係, 日本体育学会第44回大会号A, 193, 1993.11.
- 4 Niwa T. & Hiro S., The Relationship between the Increase of Fp2 $\alpha 2$ Wave and Reinforcement of Concentration by the Prevalent EEG Biofeedback Training, Proceedings of 8th World Congress of Sport Psychology, 693-696, 1993.6.
- 5 八十川睦子 集中力増強のための脳波バイオフィードバックトレーニングの方法の検討, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1994.1.
- 6 星野聡子・丹羽勲昭 心拍数を用いたバイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への有効性の検討, 日本スポーツ心理学会第20回記念大会抄録集, B-05, 1993.10. 及び 佐々木美奈子 心拍を用いたバイオフィードバックトレーニングによる反応時間短縮への有効性の検討, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1993.1.
- 7 禰宜田陽子 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トレーニングの方法の検討, 奈良女子大学文学部卒業論文, 1994.1.
- 8 星野聡子 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, 1994.1. 及び 星野聡子・弘 志穂・星名 倫・丹羽勲昭 バイオフィードバック・トレーニングのための射撃競技時の心拍数, 皮膚温の検討, 日本体育学会第44回大会号A, 190, 1993.11.

平成6年2月26日 印刷
平成6年3月12日 発行
(非売品)

発行責任者 丹羽 劭 昭
〒630 奈良市北魚屋西町
奈良女子大学文学部
教育学科体育学教室
電話 (0742) 20-3345

製本所 株式会社 新踏社
