

脳波バイオフィードバックに関する一実験的研究

——バイオフィードバック訓練と時間評価——

立野由布子・杉之原正純

(受付 2000年5月10日)

脳波バイオフィードバック研究は Kamiya (1968) の研究に端を発する。彼は α 波出現状態と消失状態の弁別を可能にし、それを随意に制御できること、また、高 α 波状態がリラックスした快適な精神状態をもたらすということを見出した。この α 波のバイオフィードバックとそれにとまなう主観的状态の研究は、精神生理学的アプローチとして現在のバイオフィードバック研究の 1 領域を形成した (志和, 1996)。

Kamiya (1968) の研究以降、Brown (1970, 1971) は、 α 波は喜びや平穩、 β 波は悲しみや興奮と関係しているという脳波と主観的な心理状態との研究を、そして Beatty & Kornfeld (1972) は、EEG は呼吸と心拍を統制している脳機能から独立しているという脳機能の研究を、脳波バイオフィードバックを用いて行っている。

また、吉田 (1978) は、 α 波バイオフィードバック訓練後に 10 例中 7 例の神経症者の不安、抑鬱症状が改善されたことを、そして志和 (1996) も不安神経症者の不安除去が可能であったことを報告している。このように、臨床場面において脳波バイオフィードバックは応用されるようになっている。しかし、臨床場面においては全般的な行動変容が主となるために、基礎的な行動指標の変化についての検討はあまりなされていない。

心理学における基礎的な研究の 1 つとして、時間評価の研究がある。物理的時間は一定であるにもかかわらず、我々は長く感じたり、短く感じたりする。このような知覚された時間は、物理的時間に対して心理的時間 (Psychological time) と呼ばれる。Hicks & Allen (1979a) は、時間評価する際に、主観的秒数でカウントするカウンティング群と、数えることなく

評価する統制群とにわけ、カウントが評価時間に及ぼす影響について検討した。その結果、カウンティング群のほうが統制群に比べ時間を短く評価した。さらに、Hicks & Allen (1979b) は、時間評価試行間に休憩を入れた後の方が、休憩前の評価時間より有意に長くなることを報告した。また、Marmaras, Vassilakis & Donnias (1995) は、認知課題を負荷した状況で時間評価を行っている。そこでは、時間評価のみで評価された時間のほうが課題を負荷した条件よりも正確な時間を評価することを述べている。

ついで、この時間評価を行動指標とし、脳波バイオフィードバックによる脳波の変化における行動指標の変化の対応を検討した研究に、Suter & Dillingham (1979) と Wacker (1996) がある。前者の研究は、 α 波と時間の過大評価を示唆しているが、後者の研究では、逆に α 波と時間の過小評価を報告している。また、バイオフィードバックは用いていないが、脳波と時間評価との対応関係を検討した Raevskaya & Dzhebrailova (1987) は、時間を過大評価したものは α 波の量が多く、過小評価したものは β 波の量が多いことを指摘している。

そこで本研究では、 α 波増強訓練と α 波抑制訓練を行い、それにともなつて、行動指標としての時間評価にいかなる変化がみられるかについて検討を行った。

第 1 実験、 α 波バイオフィードバックにともなう時間評価の変化

方 法

被験者 広島修道大学の学生 20 名 (男性 8 名, 女性 12 名, 平均年齢 22.8 歳) に被験者として協力を得た。

反応測定 脳波は皿電極 (日本光電製) を用い、活性電極を Oz, 不関電極を A1, 接地電極を A2 として単極導出した。電極装着部は、皮膚の脂肪分や汚れを取り除き、皮膚の電気抵抗を極力下げるために装着前にエタノールで拭いた。導出した脳波は、生体電気用アンプ (日本光電製 AB-621G) に入力し、交流増幅 (時定数 0.3 秒, 感度 700 mv/50 μ v) を行い、A/D コ

ンバーター（カノーブス製）により0.01秒ごとにA/D変換した。A/D変換して得られたデジタル値はマイクロコンピューターシステム（日本電気製PC-9801FA）によりフロッピーディスクに磁気記録した。また、増幅した脳波はバンドパスフィルタ（NF回路設計製P-83）に入力し、各被験者の α 波周波数成分（8-13 Hz）を抽出した。原脳波および抽出した α 波成分は、レクチコーダー（グラフテック製FWR3701）によりすべてペン書き記録した。フィードバック信号は、マイクロコンピューターにより制御し、電子スイッチ（リオン株式会社SB-10A）を介し、オーディオジェネレーター（トリオ製AG-202A）より600 Hzの純音として発した。この純音は、オーディオアンプ（ソニー製TA-F4）で増幅後、被験者の前方に設置したスピーカー（ビクター製BA-25）により提示した。時間評価は被験者の前方の机に置かれた3つのストップウォッチ（SEIKO製）により測定された。

手続き α 波増強訓練と α 波抑制訓練の2条件からなり、1日1条件の計2日間行われた。実験スケジュールは、開眼安静期（ベースライン期：BL，3分）、時間評価課題、フィードバック訓練期（FB，3分×6試行）、時間評価課題からなっており、各試行の間には1分間の休憩をとった。以上の手続きをFig. 1に示す。BLでは、被験者にはできるだけ身体を安静に保つように、また、開眼で行うようにと教示し、開眼無信号状態の脳波を測定した。FBのフィードバック信号は5秒間累積積分法（柿木・古満，1981）によって、BLにおける脳波積分値の平均を提示基準とし、FBにお

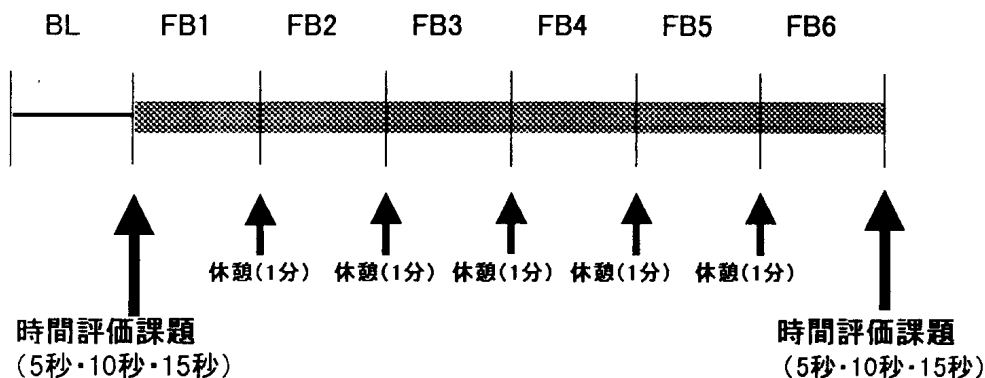


Fig. 1 脳波バイオフィードバック実験スケジュール。

ける脳波積分値がそれを上回った時に聴覚音が提示された。被験者には増強訓練では「その音をなるべく長く持続するように」と教示し、一方抑制訓練では「その音をなるべく鳴らさないように」と教示した。なお、FB 中も眼は開いて行うように教示した。訓練順序は被験者間でカウンターバランスした。時間評価課題は 5 秒、10 秒、15 秒の時間間隔を被験者自身によってストップウォッチで作成してもらった。時間間隔の作成順序を被験者内、被験者間でランダムにし、カウンターバランスした。

結 果

α 波増強訓練と α 波抑制訓練における α 波成分の平均変化率を Fig. 2 に示す。訓練 (増強と抑制) \times 試行 (FB1~FB6) で分散分析を行った。分析の結果、条件間の主効果と交互作用があり (条件間: $F=6.28$, $df=1/19$, $p<.05$, 交互作用: $F=2.90$, $df=5/95$, $p<.05$), さらに単純主効果では、増強訓練では試行を通じての α 波成分の増加に有意差があった ($p<.001$)。抑制訓練ではその減少に有意差は見られなかった。また、訓練の最終段階である FB6 において増強訓練と抑制訓練との間に有意差があった ($p<.05$)。

フィードバック訓練前後の平均評価時間を Fig. 3 に示す。各課題毎に訓

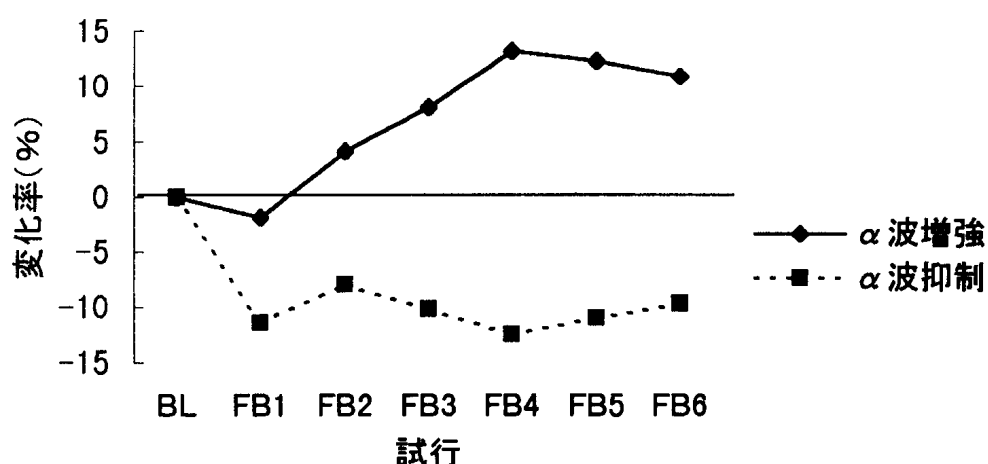


Fig. 2 増強・抑制訓練における平均変化率。

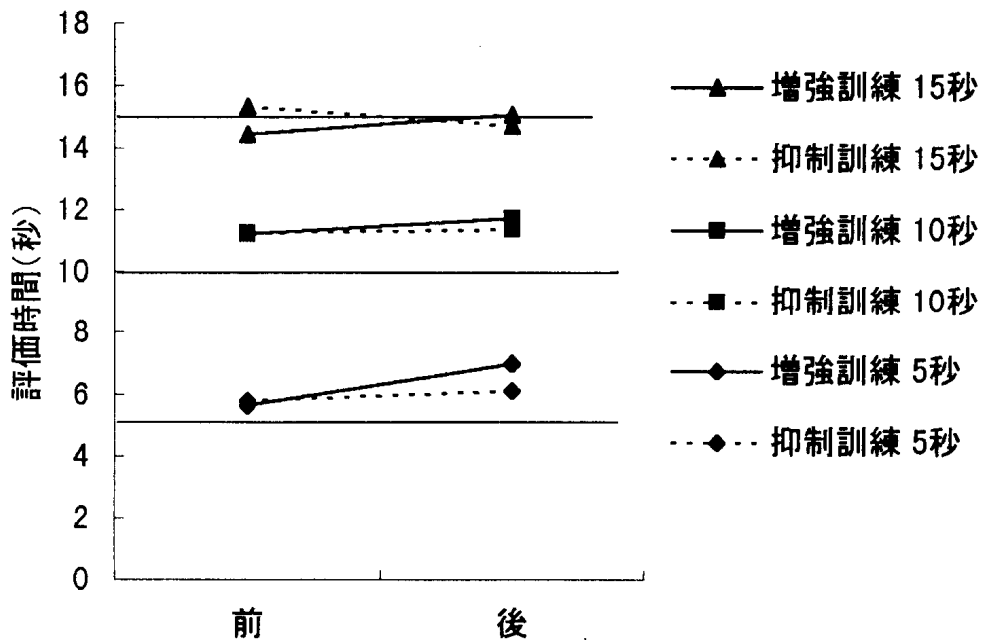


Fig. 3 増強抑制訓練前後の平均評価時間.

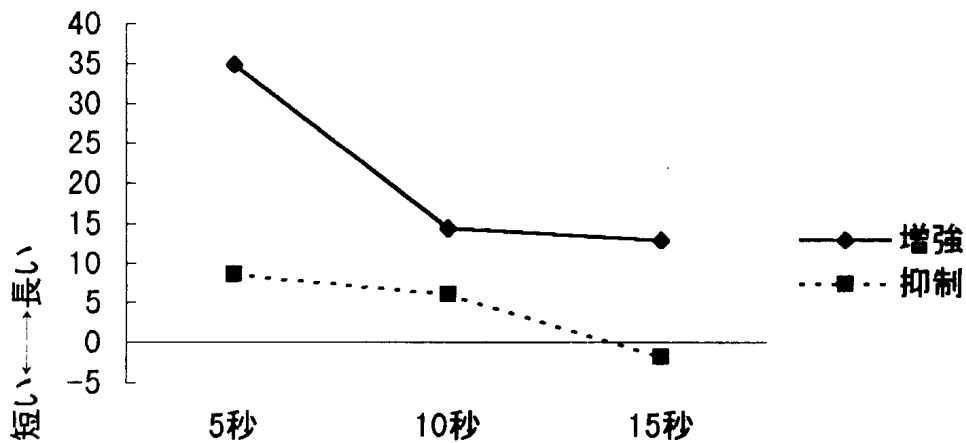


Fig. 4 時間評価変化率.

練×試行（前と後）で分析した。その結果、いずれの場合にも有意差はみられなかった。

Fig. 4 は訓練前の評価時間を基準値とし、訓練後の評価時間の変化率を示したものである。この図から、いずれの時間においても増強訓練後の評価時間の方が長くなっていることが分かる。訓練×時間（5秒、10秒、15秒）の分析の結果、条件間と試行間に傾向差があった（条件間： $F=3.60$, $df=1/19$, $p<.10$, 試行間： $F=2.60$, $df=2/38$, $p<.10$ ）。訓練×各時間毎

で分析を行った結果、5秒と15秒において傾向差がみられた(5秒:F=3.34, df=1/19, p<.10, 15秒:F=3.20, df=1/19, p<.10)。

考 察

抑制訓練では有意ではなかったが、バイオフィードバック訓練によって α 波の増加が獲得され、増強訓練後と抑制訓練後において α 波成分に差があることがわかった。時間評価においては有意差は得られなかったが、全ての時間間隔において増強訓練後の評価時間は抑制訓練後の評価時間よりも長い時間を作成している。時間評価に関する先行研究と比較すると、Marmaras, Vassilakis, & Donnias (1995)の研究では時間評価のみを行うときと認知課題を負荷した状態で時間評価を行うときとの評価時間の比較を行っており、前者における時間評価のほうがより正確な、つまり物理的時間に近い時間評価を行うと報告している。本実験では全ての時間評価課題時には時間を評価することに集中していたにもかかわらず、増強訓練時の時間評価では評価時間は長くなっており、一方抑制訓練時では評価時間の延長はほとんど認められてなかった。以上のことから、 α 波の増加により主観的な評価時間は長くなると考えられ、脳波成分の変化によって主観的な時間評価が変化する可能性を示した。

しかしながら、時間評価課題ではいずれの評価時間からも統計的には有意差が得られなかった。これは評価する時間の長さにより変動性が顕著なものとしてそうでないものとの差がでたと考えられる。そこで、本実験で用いられた時間(5秒, 10秒, 15秒)の時間評価における性質を理解するために、次の実験を行う。

第2実験 時間評価課題の反復効果

方 法

被験者 広島修道大学の学生18名(男性9名, 女性9名, 平均年齢22.8歳)に被験者として協力を得た。

手続き 課題は1試行3条件（5秒，10秒，15秒）からなり，12試行の時間評価課題を行った。各試行間，条件間ともに時間評価後から次の時間評価までの間隔は15秒で，合計36回の時間評価作業が連続して行われた（Fig. 5に示す）。時間評価課題は，5秒，10秒，15秒の時間間隔を被験者自身にストップウォッチで作成してもらった。なお，課題の時間間隔作成順序は被験者内，被験者間でランダムにし，カウンターバランスした。被験者にはストップウォッチが渡され，実験者の合図でスタートボタンを，実験者の提示した時間が経過したと思われた時点でストップボタンを押し，実験者にストップウォッチを渡すように教示した。また，時間評価中に数をカウントしないこと，閉眼で行うことも教示した。腕時計や他の音刺激などの外的要因となるものは全て取り除いて行われた。

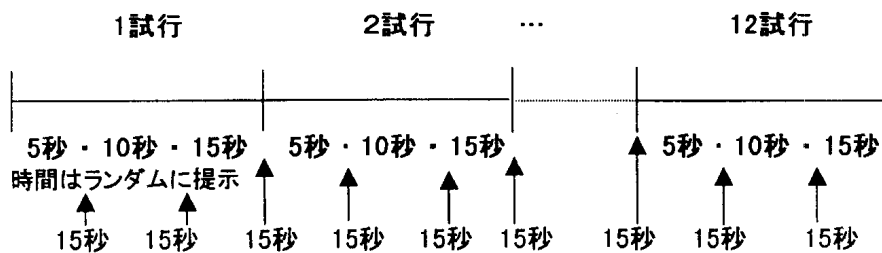


Fig. 5 時間評価実験スケジュール。

結 果

Fig. 6は，5秒，10秒，15秒それぞれの時間評価の結果を試行毎に平均したものである。図から各時間とも試行を通じて上昇しているのがわかる。試行（1～12試行）×各条件で分散分析を行った結果，5秒と10秒において，試行間に有意差があった（5秒： $F=2.73$ ， $df=11/187$ ， $p<.005$ ，10秒： $F=2.37$ ， $df=11/187$ ， $p<.01$ ）。15秒においては傾向差だった（ $F=1.61$ ， $df=11/187$ ， $p<.10$ ）。続いて，提示された時間によって変化に差があるのかを確認するために，1試行目を基準として，変化率を算出したものをFig. 7に示した。試行×条件（5秒，10秒，15秒）の分散分析を行った結果，試行において主効果があった（ $F=3.07$ ， $df=11/187$ ， $p<.001$ ）が，条件間と

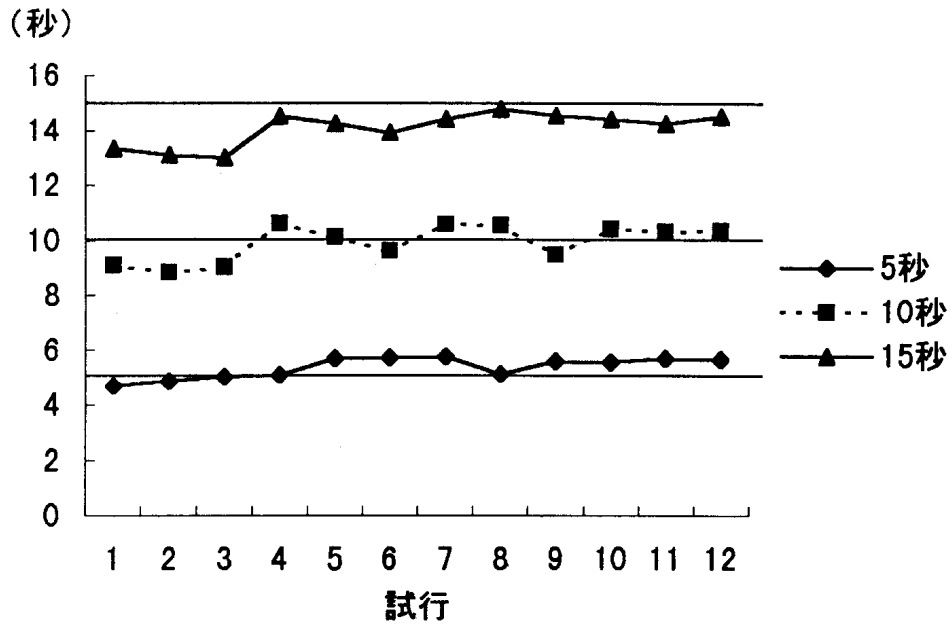


Fig. 6 時間評価の反復効果.

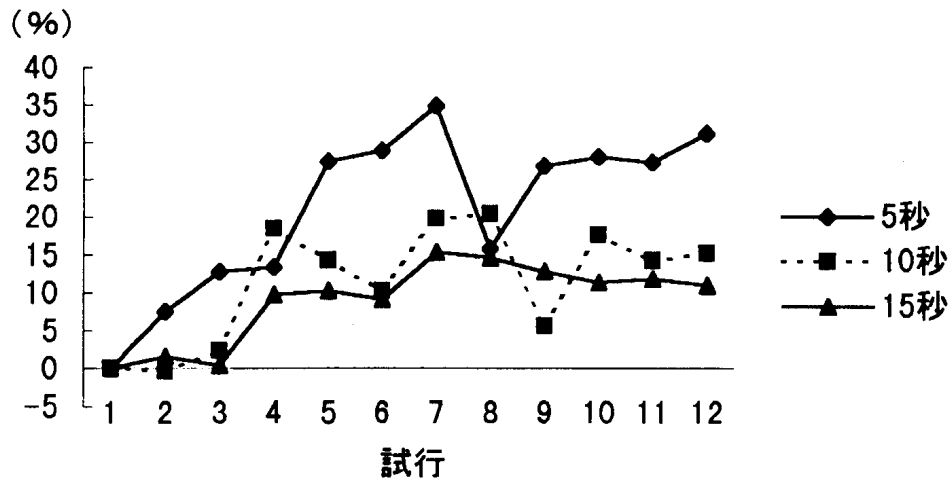


Fig. 7 時間評価の変化率.

交互作用においては有意差はなかった。

考 察

評価時間の変化は、5秒と10秒において有意だった。5秒、10秒、15秒における時間評価の反復効果は、いずれも試行を重ねると増加していく傾向が見られた。また、1試行を基準として変化率をみたところ、有意差は試行間のみで、条件、交互作用ともに有意な変化はなかった。以上のこと

は、5秒と10秒は時間評価を繰り返すと評価時間に変化が現れやすいと考える。しかしその変化は、5秒、10秒、15秒の時間によつての差はないといえる。

総 合 考 察

第1実験における評価時間の変化は、提示された時間によつて変動性が違うのではないかという問題を、第2実験において検討してみた。結果は5秒、10秒において反復効果があることが見出された。第1実験では、5秒と15秒で評価時間が変化する傾向が見られたが、10秒ではその変化はなかった。また、第2実験において変化率での評価時間の分析は、5秒、10秒、15秒という時間について時間評価する際の変動性に差はないという結果であった。つまり、第1実験における評価時間の変化は、バイオフィードバック訓練における脳波の変化の影響があったと考えられる。川辺・相原・柿木(1999)は、本第2実験と類似した実験を15秒、30秒、60秒で行い、15秒ではその変化が有意なものであったが、30秒と60秒においてはほとんど時間評価の反復効果はないとしている。反復効果がなければ、脳波バイオフィードバック前後の評価時間に差が現れれば、より脳波の影響が明らかなものとなると考えられる。提示時間についてもさらなる研究が必要である。

また、第1実験における脳波の変化についてであるが、 α 波の増強については有意であるものの、抑制ではその減少は有意でなかった。そのことについては、柿木・古満・栗栖(1985)の研究においても同様のものとなっている。さらに、古満・柿木(1990)では、 α 波増強訓練と β 波増強訓練を行い、両訓練における α 波成分と β 波成分の変化を見ている。その結果、 α 波増強訓練時には α 波成分は有意な増加を示し、その時 β 波成分は変化が認められていない。にもかかわらず、 β 波増強訓練時には有意な β 波成分の増加とともに、 α 波成分も有意な増加を示している。以上のことから、 α 波は非常に増加を示しやすいものと考えられる。 α 波は一般にリ

ラックス時に出現するといわれ、ストレス時代の現在では、盛んに取り上げられている脳波である。吉田(1978)や志和(1996)の研究にも見られるように、神経症等の治療としてもバイオフィードバックを用い、効果をあげている α 波だが、特に健常者において α 波増強訓練とリラックスと結びつけるのにはさらなる研究が必要であろう。

REFERENCE

- Beatty, J & Kornfeld, C. 1972 Relative independence of conditioned EEG changes from cardiac and respiratory activity. *Physiology and Behavior*, 9, 733-736.
- Brown, B. B. 1970 Recognition of aspects of consciousness through association with EEG alpha activity represented by a light signal. *Psychophysiology*, 6, 442-452.
- Brown, B. B. 1971 Awareness of EEG-subjective activity relationships detected within a closed feedback system. *Psychophysiology*, 7, 451-464.
- 古満伊里・柿木昇治 1990 脳波の帯域別フィードバック訓練— α 波と β 波を指標として—。広島修大論集, 30(2), 157-166.
- Hicks, R. E. & Allen, D, A 1979a Counting eliminates the repetition effect in judgements of temporal duration. *Acta Psychologica*, 43, 361-366.
- Hicks, R. E. & Allen, D, A 1979b The repetition effect in judgements of duration: Evidence for a chemical clock. *Journal of General Psychology*, 9, 267-287.
- 柿木昇治・古満伊里 1981 脳波バイオフィードバックに関する基礎的研究： α 波積分法による刺激提示効果の検討。広島修大論集, 22, 165-180.
- 柿木昇治・古満伊里・栗栖久恵 1985 バイオフィードバックに関する基礎的研究。広島修道大学研究叢書, 32.
- Kamiya, J. 1968 Conscious of brain waves. *Psychology Today*, 1, 57-60.
- 川辺浩史・相原義郎・柿木昇治 1999 バイオフィードバック訓練が及ぼす行動指標への影響, 一時間評価を指標として—。広島修大論集, 39, 289-306.
- Marmaras, N., Vassilakis, P., & Dounias, G. 1995 Factors affecting accuracy of producing time intervals. *Perceptual and Motor Skills*, 80, 1043-1056.
- Raebaskaya, O. S. & Dzhebrailova, T. D. 1987 Dynamicks of physiological parameters during perception of minute time intervals. *Human Physiology*, 13, 90-96.
- 志和資朗 1996 バイオフィードバック療法 (biofeedback therapy) に関する研究。広島修道大学大学院博士学位論文
- Suter, S. & Dillingham, C. 1979 EEG alpha biofeedback and time perception. *Perceptual and Motor Skills*, 48, 698.

立野・杉之原：脳波バイオフィードバックに関する一実験的研究

Wacker, M. 1996 Alpha brainwave training and perception of time passing.

Preliminary findings. *Biofeedback and Self-Regulation*, 21, 303-309.

吉田穂東 1978 α 波バイオフィードバック学習の臨床的適応. 臨床脳波, 20, 589-598.

Summary

An Experimental Study on EEG Biofeedback —Biofeedback Training and Time Estimation—

Yuko Tatsuno and Masazumi Suginozara

EEG biofeedback studies originated with the work of Kamiya in 1968. Recently, it has been used in psychophysiological clinic. But, it still doesn't clear objectively the reason why that how biofeedback training changes our behavioral measures.

In experiment 1, we used time estimation tasks to see our behavior changes, and examined how increase of alpha wave and decrease of it in biofeedback training influence time estimation tasks. As a result, we found that we tended to overestimate when alpha wave increased.

In experiment 2, we examined the aspect of estimated time which we presented at experiment 1 in case of estimation. As a result, we found that our estimations are easy to change in 5 sec and 10 sec. But, there were no difference between three conditions (5 sec, 10 sec, 15 sec). We thought that changes of time estimations in experiment 1 depended on biofeedback training.