

# バイオフィードバック訓練が及ぼす 行動指標への影響

——時間評価を指標として——

川邊 浩史・相浦 義郎・柿木 昇治

(受付 1998年10月15日)

## 【序 論】

我々は、これまでバイオフィードバックについて理論的ならびに実験的に検討し、それらを著書又は評論としてまとめてきた（丸本，幾田，柿木，1979；柿木，古満，栗栖，1985；柿木，小川，1997；志和，稲森，柿木，1997）。バイオフィードバックは，専ら臨床適用に重点が置かれており，主として治療手段としての位置を占めてきている。例えば，脳波バイオフィードバックを適用して，偏頭痛の患者に改善効果がみられたとしよう。バイオフィードバック訓練効果は，偏頭痛の治療には効果がみられても，他の行動指標にいかなる効果をもたらすかについては，明確になっているとは言い難い。アルファ波の訓練を行うと，言語報告ではリラクセーションとか注意の集中という結果が得られてきた。過去の脳波バイオフィードバック研究に限って言えば，訓練そのものが難しく，きわめて困難なものとなってきたが，我々が開発してきた脳波積分法を用いれば，訓練は容易で，確実な結果が得られることが解ってきた。しかし，その効果についての定量化はこれからである。外国の研究でも断片的な研究が僅かに報告されているのみである。

そもそも人間の身体が神経系により全体的に機能することは，当然のことである。脳波のバイオフィードバック訓練の効果は，患者の不安除去が行われると，臨床的にはそれでよいのであるが，総合的な見地からは十分ではないことが明らかである。研究を進展させていくためには，フィードバック訓練は，行動指標にいかなる影響を及ぼしているかを検索しておく

必要があり、それが総合的な効果についての検討に繋がるからである。

本研究では、時間評価を行動指標として取り上げ、バイオフィードバック訓練により、時間評価が影響を受けるかどうかという点に焦点が当てられた。そのバイオフィードバック効果を検索する前に、時間評価がどのような性質を持つものか、また、試行の反復によってどのような変化を生じるかについて検討することとした。試行反復効果を検討した研究は、いくつかある。最近の研究では、Marmaras, Vassilakis, & Dounias, 1995; Barkley, Koplowitz, Anderson, & McMurray, 1997 のものがあるが、系統的な研究ではなく時間評価に及ぼす他の要因の効果を検討している。

## 実験 I 時間評価の試行効果

### 【目 的】

本実験では主体的時間の試行反復効果について客観的時間との差をもとに検討することを目的とする。

### 【方 法】

被験者 広島修道大学の学生28名（平均年齢20.4歳）を実験の対象とした。なお全員、時間評価に関する実験は未経験であった。

手続き 課題は1試行を30回とし、15秒、30秒、60秒の時間評価課題を作成法を用いてそれぞれ10回ずつ行なった。なお課題は30回連続で行われ、その順序については3課題でカウンターバランスされた。被験者にはストップウォッチが手渡され、実験者の合図でスタートボタンを押し、実験者の提示した時間が経過したと思われたところでストップボタンを押すよう教示した。また、数をカウントしないようにとも教示した。測定は閉眼で行わない、腕時計や他の音刺激などの外的要因となるものはすべて取り除いて行われた。

【結 果】

15秒、30秒、60秒それぞれの時間評価の結果10回をそれぞれ時系列で抽出した。各評価課題における試行毎の平均評価時間を Fig. 1, 平均評価時間を変動係数に変換したものを Fig. 2, 各課題毎の個人の評価時間を Fig. 3 に示す。また得られたデータを客観的時間との相対比に変換し、各課題の平均評価時間と個人データを求め Fig. 4, Fig. 5 に示した。

各個人のデータをもとに分散分析を行なった結果、15秒においては試行間で有意な差が認められた ( $F=1.97, df=9/279, p<.05$ )。30秒、60秒の時間評

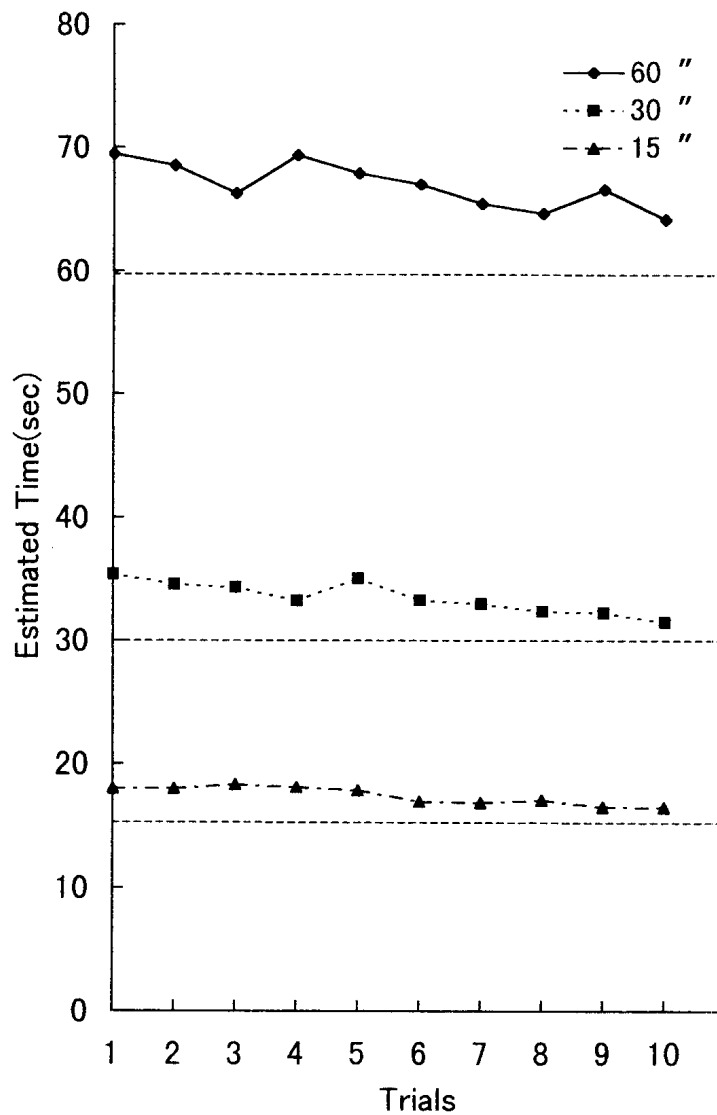


Fig. 1. Mean Estimated Time.

価課題においては有意な差が認められなかった。

【考 察】

3 条件 (15", 30", 60") を分析した結果, 15秒で有意な減少を示した。他の 2 条件においても試行が進むにつれて評価時間が短くなってきている

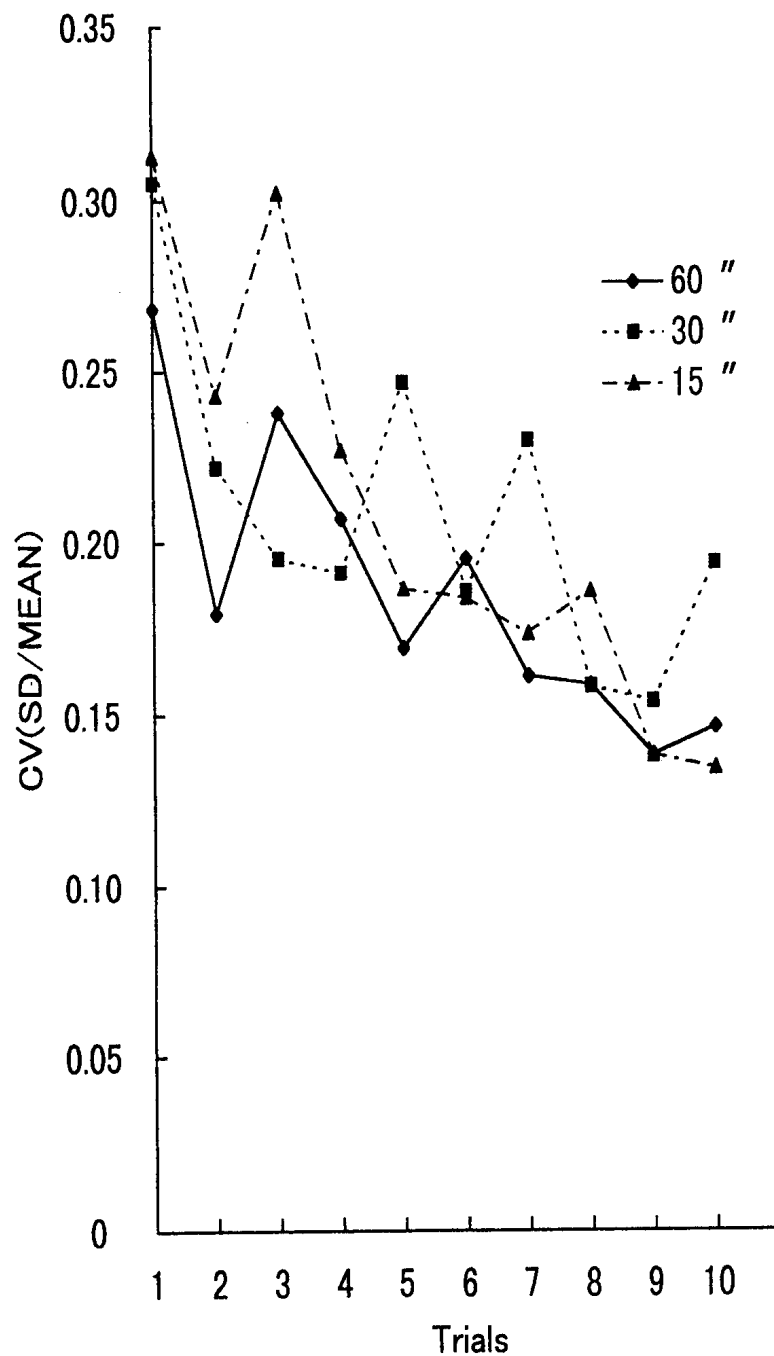


Fig. 2. Variance of Time Estimations (CV).

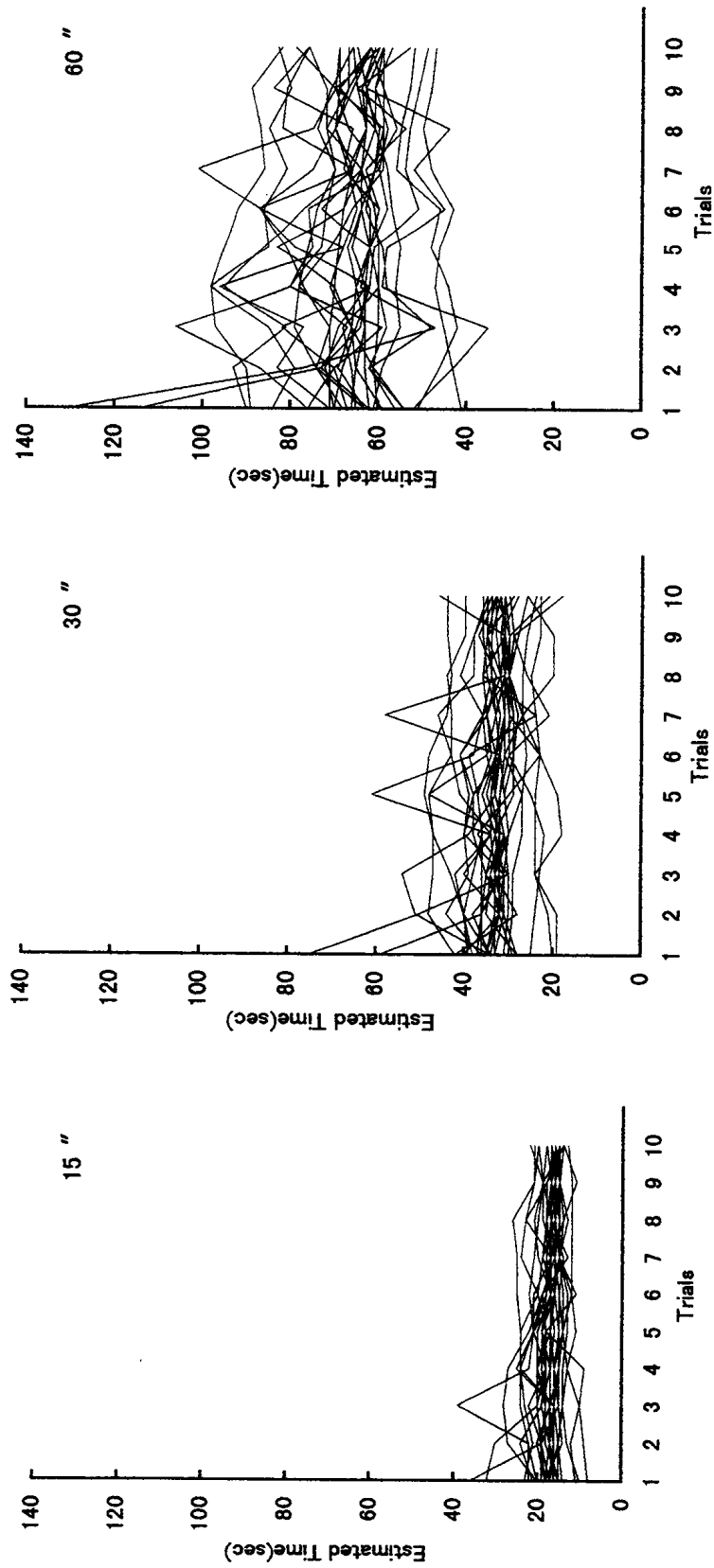


Fig. 3. Individual Time Estimations.

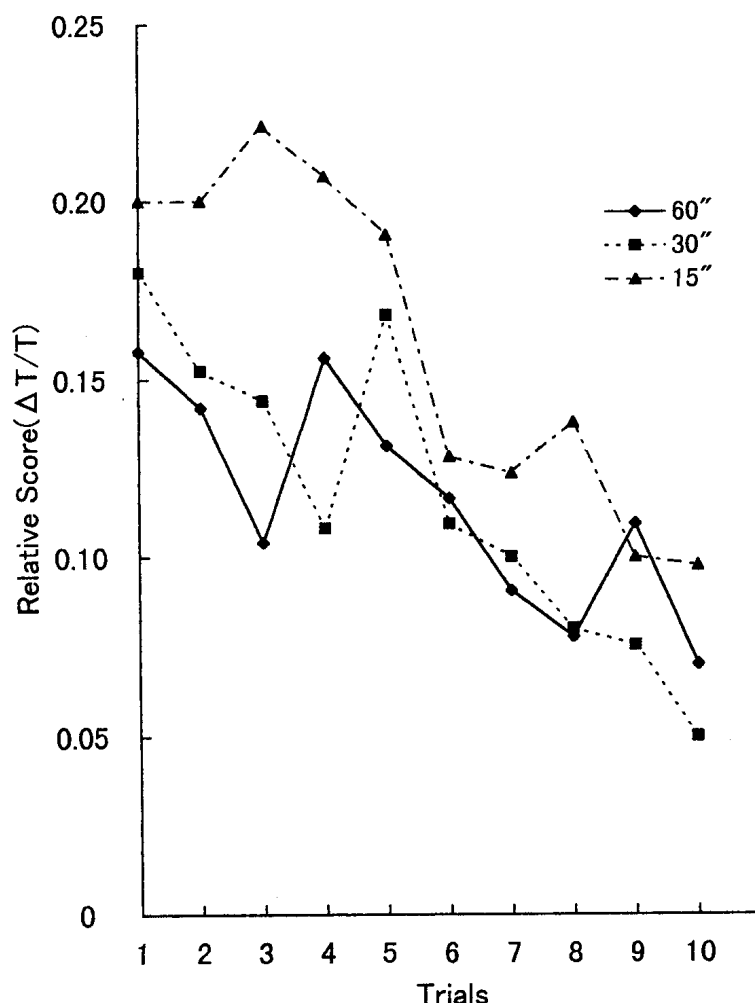


Fig. 4. Relative Time Estimated Score to the Standard Time.

が、有意差はない。このことは注意欠陥多動障害児と健常児で12秒～60秒の時間再生課題を行い、評価時間は試行間でほとんど変化しないとした Barkley, et al. (1997) の結果を支持するものである。また Allen & Hicks (1979) が17人の学生グループ3群を対象に8秒～20秒の時間評価課題を行っている。彼らは試行の反復によって評価時間が下降し、刺激の強度ではなく覚醒レベルが評価時間の下降に関係していると述べている。

また、客観的時間と主観的評価時間を相対比で見ると、試行が進むにつれ、主体的評価時間が客観的時間に近づいていることが分かる。Emley, Schuster, & Lucchesi (1968) は5人の被験者を用いて、5秒、15秒の時間評価を10試行繰り返すことで主観的時間が客観時間に比べ長くなっていく

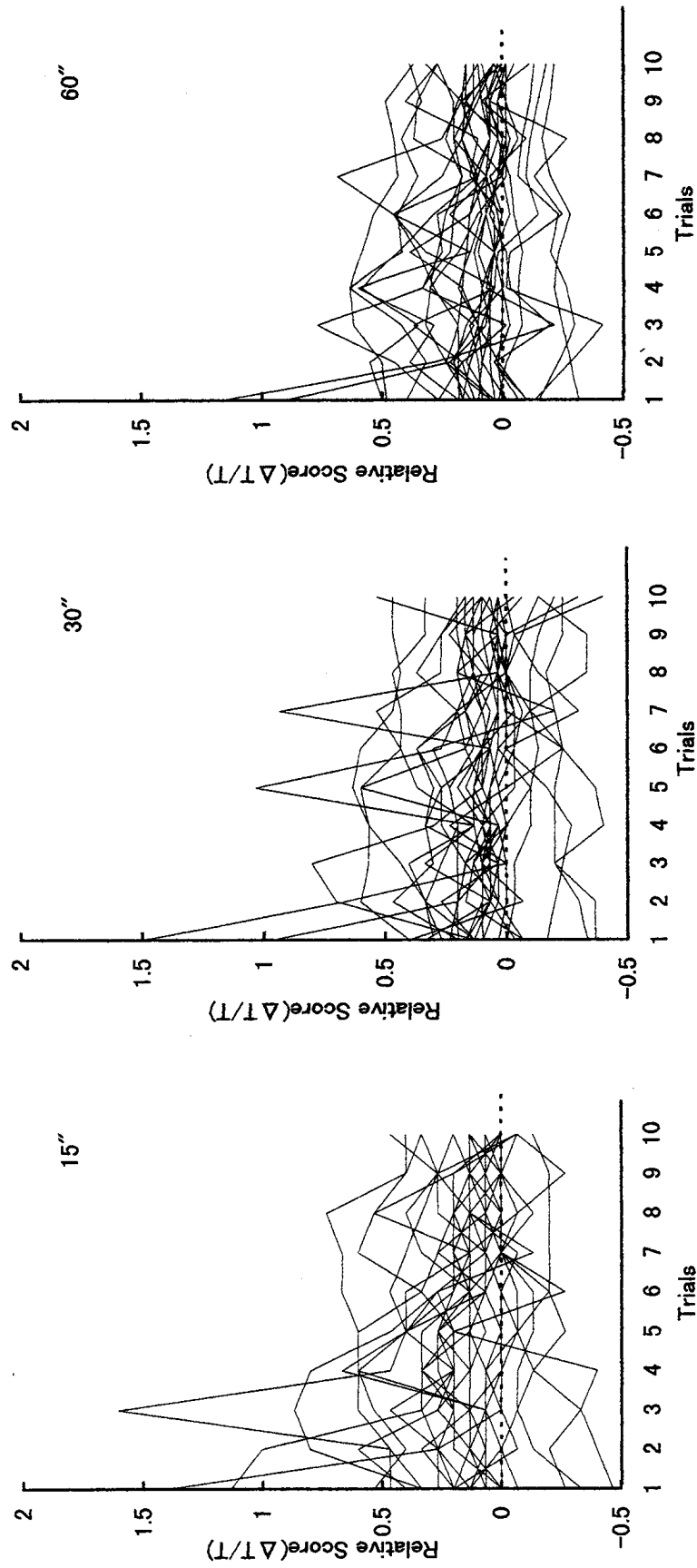


Fig. 5. Individual Relative Time Estimated Scores.

という結果を見出している。これは5人という少ない被験者数が個人差を反映させたために生じた結果と考えられる。Hicks & Allen (1979a), Marmaras et al. (1995) は負荷課題を設けて時間評価を行ない、負荷課題のない条件下での主体的評価時間は客観時間に近くなると述べている。また Hicks & Allen (1979b) は時間評価試行間に休憩を入れ、休憩後の方が有意に評価時間が長くなるという結果を得ている。本実験では、被験者数が28名で、負荷課題や試行中の休憩もなく、かつ外的刺激のない環境で時間作成に集中していたことから、Hicks et al. (1979a, 1979b), Marmaras et al. (1995) の見解を基礎として松田 (1985) のいう「時間の経過に意識を集中すればするほど評価時間は客観時間に近くなる」という説を支持したことになる。

## 実験Ⅱ 脳波バイオフィードバック訓練が時間評価に及ぼす影響

### 【目 的】

Wacker (1996) の実験では、被験者間要因で分析を行なったという点、また  $\alpha$ 波増強訓練と  $\beta$ 波増強訓練2条件で時間評価課題の提示順序がカウンターバランスされていなかったという問題点があった。そこで本実験では被験者内要因で時間評価をカウンターバランスし、脳波バイオフィードバック訓練が行動指標である時間評価にどのような影響をもたらすかを検討することを目的とする。

### 【方 法】

**被験者** 広島修道大学の学生7名(平均年齢20.5歳)を被験者とした。7名は脳波の測定は未経験で、バイオフィードバック訓練において訓練効果あまりみられなかったために、再度、訓練を行なった者である。

**反応測定** 脳波は皿電極(日本光電製)を用い、活性電極を後頭部(Oz)とし、不関電極は左耳たぶ(A1)、接地電極を右耳たぶ(A2)として単極導出した。導出した脳波は、生体電気用誘導パネルを介して、生体電



川邊・相浦・柿木：バイオフィードバック訓練が及ぼす行動指標への影響

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 uv）を行い、A/Dコンバーター（カノープス製）により0.01秒毎に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 $\alpha$ 波周波数成分（8-13Hz）及び $\beta$ 波周波数成分（14-30 Hz）を抽出した。原脳波及び抽出した $\alpha$ 波成分、 $\beta$ 波成分は、レクテコーダー（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（リオン株式会社製 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の純音として発振した。発振した純音は、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。

手続き フィードバック訓練は $\alpha$ 波増強訓練と $\beta$ 波増強訓練の2条件で、開眼安静期、フィードバック練習試行、フィードバック訓練期5試行からなる。各試行は3分間で、それぞれの試行の間には1分間の休憩が設けられた。なお実験は開眼で行い、著しい体動は避けるよう教示した。 $\alpha$ 波増強訓練では被験者にリラックスするよう教示し、 $\beta$ 波増強訓練ではいらしたことを思い出したり、何か考え事をするよう教示した。また、開眼安静期における $\alpha$ 波積分値（5秒積分）の平均をフィードバック信号の提示基準とした。練習試行及び訓練期では、この平均値を超過すると次の5秒間にフィードバック信号を提示した。被験者にはこの音をできるだけ長く持続するよう努力することを教示した。

時間評価は15秒、30秒、60秒を被験者間でカウンターバランスし、開眼安静期終了直後とフィードバック第5試行終了直後の計2回行なった。なお、被験者にはストップウォッチを手渡し、実験1と同様の教示を行なった。また、数をカウントしない、測定は閉眼で行うなどの諸注意をし、腕

時計や他の音刺激などの外的要因となるものはすべて取り除いて行われた。

【結 果】

$\alpha$  波増強訓練と  $\beta$  波増強訓練における 1 回目と 2 回目の平均振幅を Fig. 6, Fig. 7 に, 変化率を Fig. 8, Fig. 9 に示す。これらを検定した結果, セッション間および試行間で有意な差は認められなかった。

訓練前後の時間評価課題の評価時間を Fig. 10 に示す。 $\alpha$  波増強訓練に

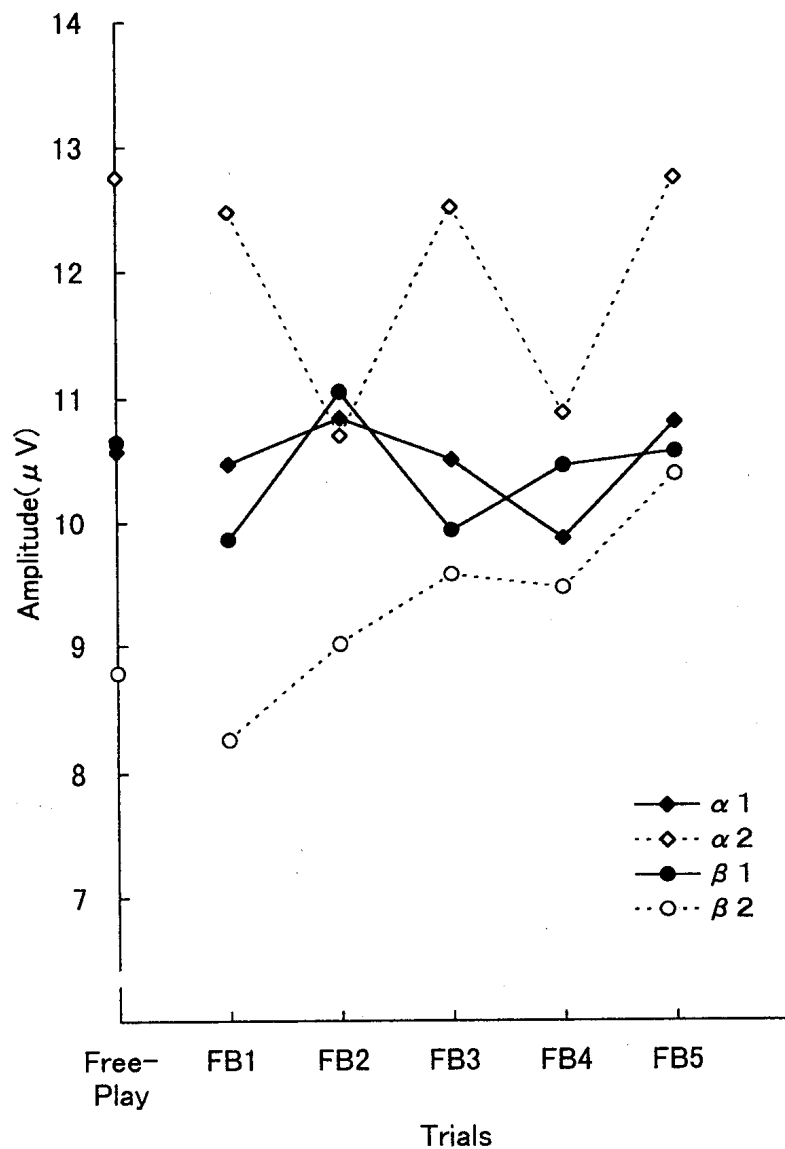


Fig. 6. Alpha brainwave Training.

おける1回目と2回目の訓練後の時間評価では15秒で傾向差 ( $F=4.21, df=1/27, p<.10$ ), 30秒と60秒で有意差が認められた (30":  $F=4.79, df=1/27, p<.05$ , 60":  $F=5.96, df=1/27, p<.05$ )。さらに訓練2回目の3課題で訓練前後の評価時間に有意な増加が認められた (15":  $F=14.3, df=1/27, p<.01$ , 30":  $F=22.56, df=1/27, p<.01$ , 60":  $F=17.42, df=1/27, p<.01$ )。一方,  $\beta$  波増強訓練においては1回目と2回目および訓練前後で有意な差は認められなかった。

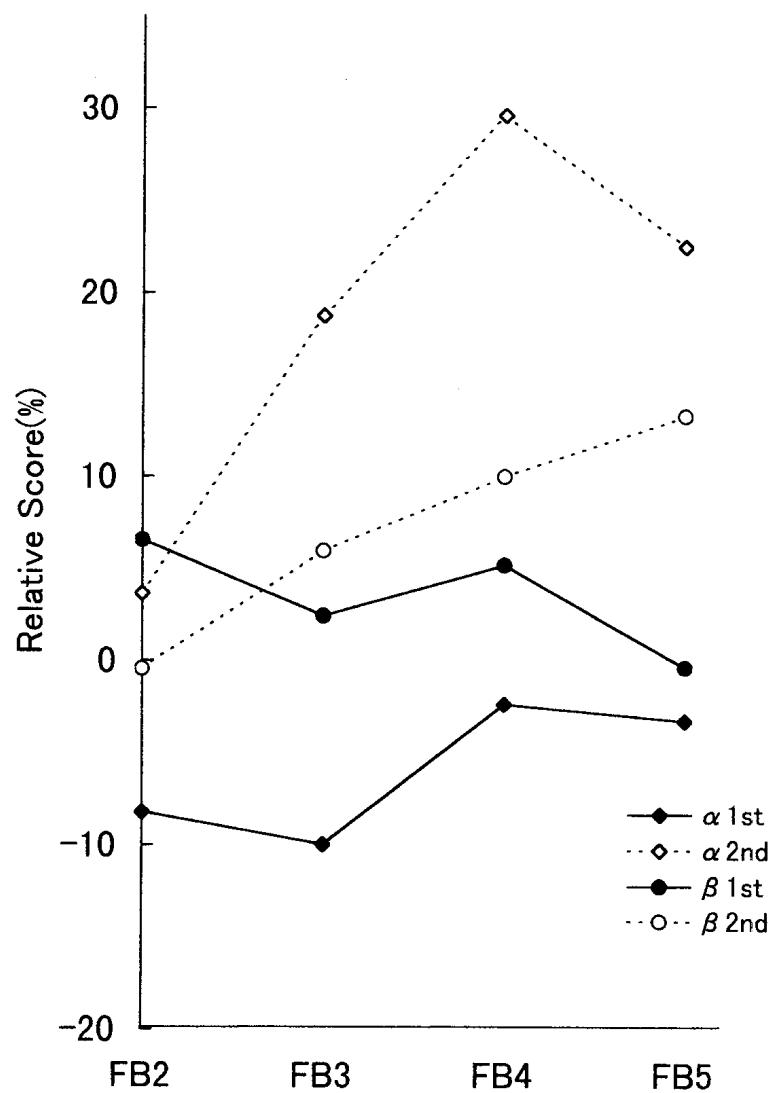


Fig. 7. Beta Brainwave Training.

【考 察】

本実験では時間評価に及ぼす脳波バイオフィードバック訓練の効果について  $\alpha$  波増強訓練と  $\beta$  波増強訓練および両訓練で時間評価課題を行なった。

脳波に関して 1 回目と 2 回目を分析した結果、 $\alpha$  波、 $\beta$  波の出現量には有意な差は認められなかった。しかし、訓練試行における  $\alpha$  波出現量、 $\beta$  波出現量を見てみると、1 回目の訓練に比べ 2 回目の方が増加傾向にあることが分かる。柿木・古満・栗栖 (1985) は  $\alpha$  波増強、 $\alpha$  波抑制訓練を行

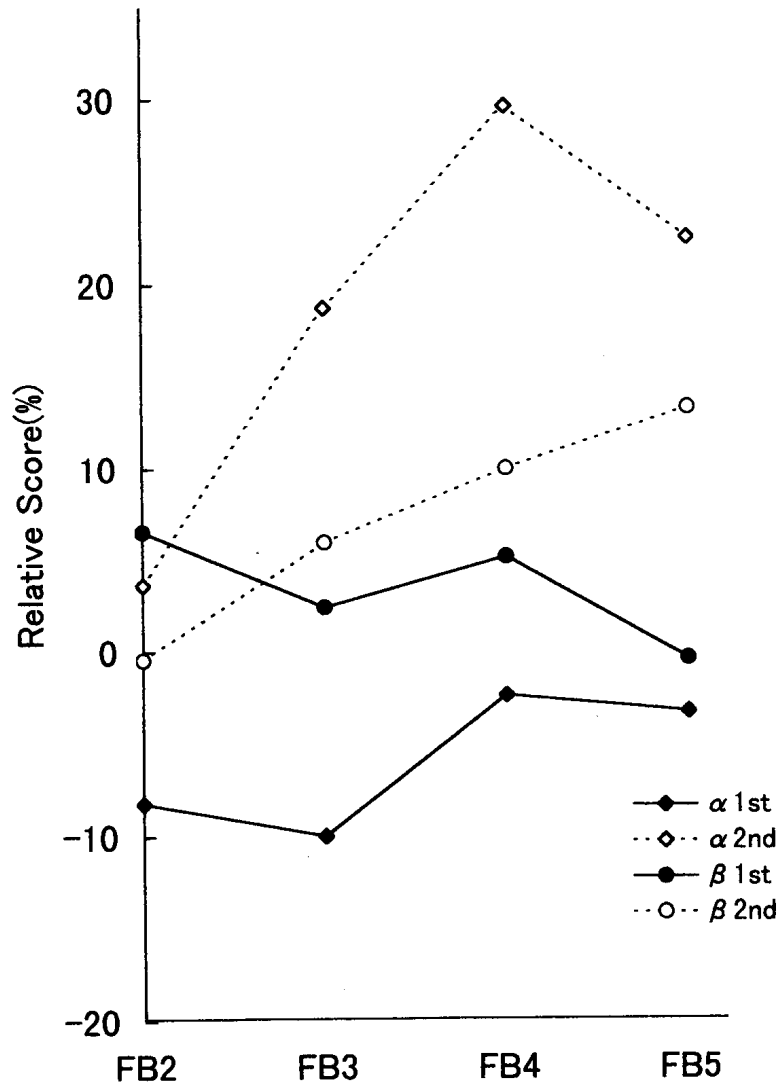


Fig. 8. Relative Score During Alpha Brainwave Training.

い、その試行間で  $\alpha$  波出現量の有意な増加および減少傾向を見いだしている。彼らは48名の被験者を用いているが、それに比べ、本実験では7名と被験者数が少ない。また被験者全員が脳波測定に関して初体験ということもあり、顕著な訓練効果が得られなかったと考えられる。

一方、時間評価では  $\alpha$  波増強訓練において2回目の訓練前後で有意な増加傾向を示している。また  $\beta$  波増強訓練においては1, 2回目で有意な差はなく、かつ訓練前後でも有意差を見いだしていない。このことから Wacker (1996) は  $\alpha$  波増強訓練における評価時間は客観的時間に比べて短

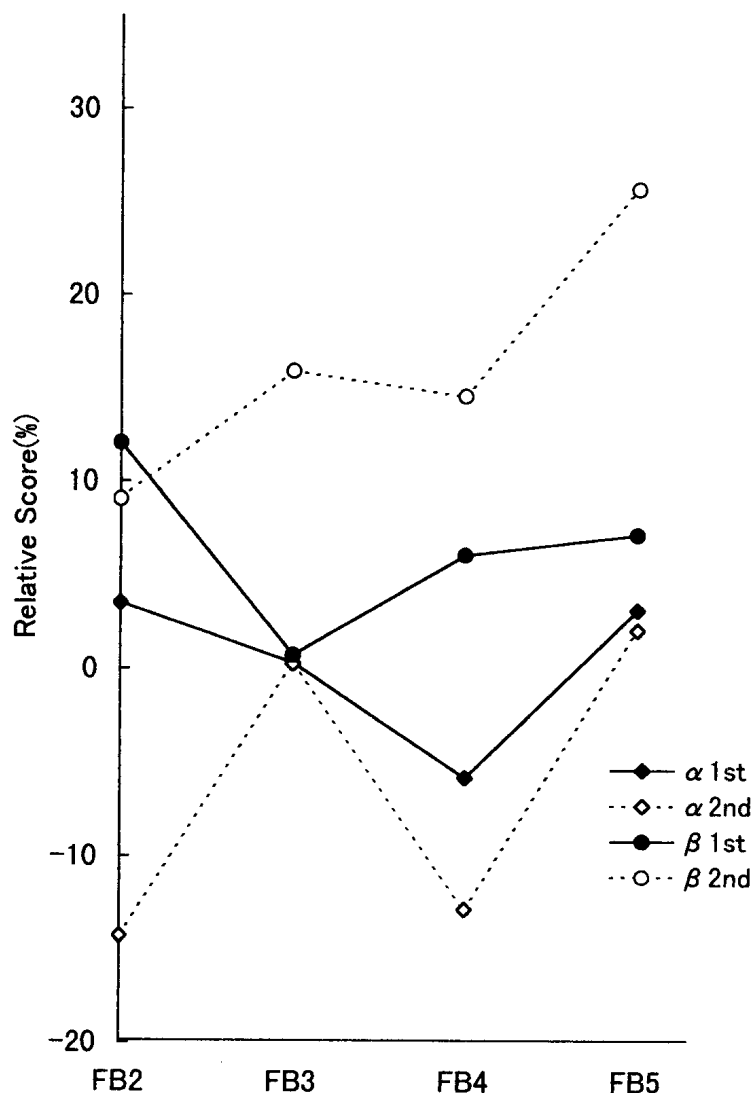


Fig. 9. Relative Score During Beta Brainwave Training.

く、一方、 $\beta$ 波増強訓練における評価時間は客観的時間に近いという見解を見出している。この見解は $\alpha$ 波増強訓練の時間評価に関して本実験の結果とは異なるが、 $\alpha$ 波成分の顕著な増加が見られなかったために評価時間が短くなったと述べている。一方、Suter & Dillingham (1979) は12名の被験者を用いて $\alpha$ 波増強および $\alpha$ 波抑制訓練を行ない、 $\alpha$ 波増強では $\alpha$ 波抑制に比べて評価時間が長くなっていると報告している。このことは本実験の結果を支持している。

【総合考察】

本研究では実験Ⅰで時間評価の試行効果、実験Ⅱにおいて時間評価に及ぼすバイオフィードバック訓練の影響について検討した。実験Ⅰでは15秒課題において評価時間が有意に減少する、つまり客観的時間に近づく結果を生じた。3課題(15秒, 30秒, 60秒)で考えると第1試行から徐々に減

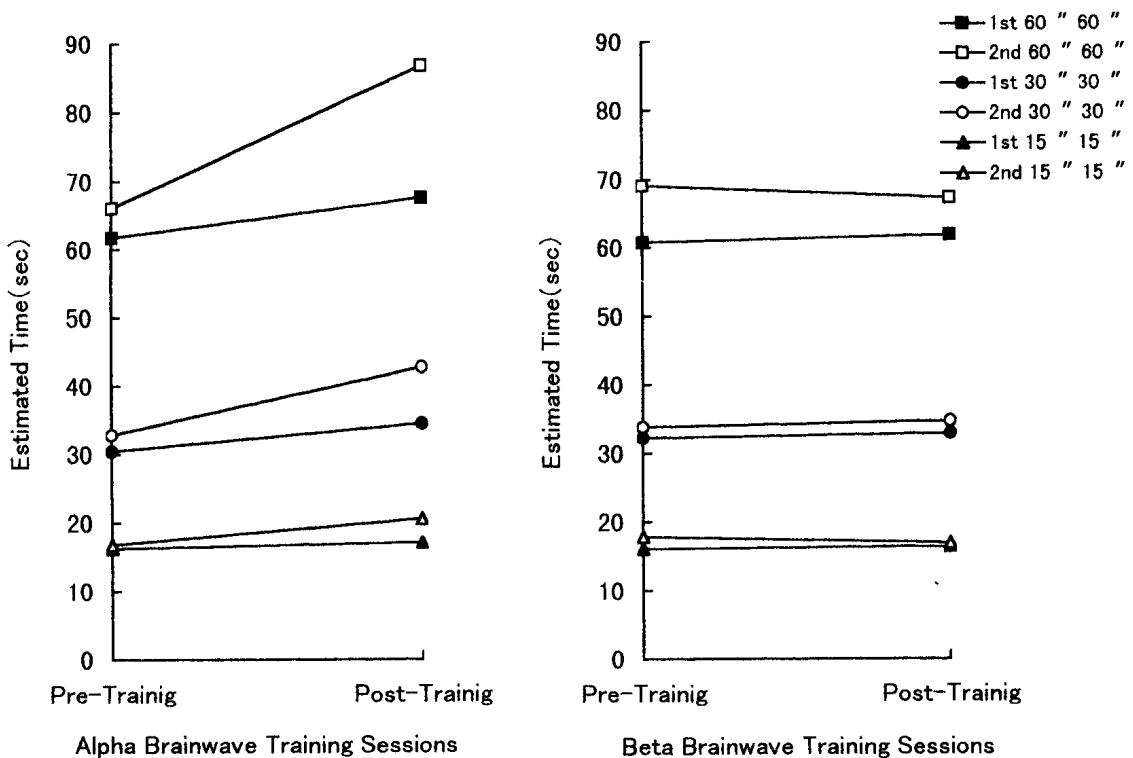


Fig. 10. Mean Estimated Time in Biofeedback Training.

少し、客観時間に近い値を示すことが見出された。本実験では集中して試行を反復したので、反復の効果は評価課題における覚醒レベルに起因していると述べている Hicks et al. (1979a) の実験結果を支持している。

実験Ⅱでは  $\alpha$  波増強訓練において訓練前後で評価時間を比較した場合に有意な増加が認められた。 $\alpha$  波成分の出現量についてはフィードバック試行を通して有意ではなかったが増加傾向がみられた。また  $\beta$  波増強訓練における評価時間は訓練前後でほとんど変化はみられなかった。 $\alpha$  波バイオフィードバックと行動指標との関係について柿木・小川 (1997) が  $\alpha$  波増強訓練における反応時間の変容を検討している。彼らは  $\alpha$  波増強訓練後の反応時間は長くなるという傾向を認めている。しかし有意差はなかった。Hicks et al. (1979b) は時間評価の反復効果を検討しているが、課題中に休憩することで評価時間は増大すると述べている。この実験における休憩とは  $\alpha$  波の出現がリラックス状態を生じる (Brown, 1970) ことと無関係ではないと考えられる。また Marmaras et al. (1995) の実験では時間評価のみを要求することが正確な評価に効果的であると結論している。実験Ⅱでは訓練後に時間評価のみを行なっている。つまり他の負荷課題なしで時間評価をしているが、結果は Marmaras et al. (1995) と異なっている。松田 (1996) は時間評価について4要因乗法モデルを提唱している。モデルの1つの要因として神経生理学的要因を掲げており、神経生理学的に抑制されている時に評価時間は長くなると述べている。

これらのことから実験Ⅰと実験Ⅱの結果を総合して検討すると、時間評価課題、 $\alpha$  波増強訓練における時間評価そして  $\beta$  波増強訓練における時間評価を比べたときバイオフィードバック訓練に単純な試行効果があるとは考えにくい。むしろ  $\alpha$  波および  $\beta$  波が出現することによって中枢神経系の過程で興奮あるいは抑制が生じ、評価時間が影響されたと述べるのが妥当である。従って、松田 (1996) のモデルに神経生理学的基盤を与えるものと考えられる。

本研究では実験Ⅰで実験Ⅱの基礎となる結果を導き出した。実験Ⅱにお

いては被験者数が 7 名と少なかったために個人差が生じたが、更に被験者数を増やすことで脳波と行動指標との関連について示唆的な意味合いを持つものが導き出されるであろうと思われる。

引用文献

- Allen, D. A., & Hicks, R. E. 1979 The repetition effect in time judgments is not a function of the stimulus defining the interval: Implications for an arousal theory. *Acta Psychologica*, 43, 169-176.
- Barkley, R. A., Koplowitz, S., Anderson, T., & McMurray, M. B. 1997 Sense of time in children with ADHD: Effects of duration, distraction, and stimulant medication. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 359-369.
- Brown, B. B. 1970 Recognition of aspects of consciousness through association with EEG alpha activity represented by a light signal. *Psychophysiology*, 6, 442-452.
- Emley, G. S., Schuster, C. R., & Lucchesi, B. R. 1968 Trends observed in the time estimation of three stimulus intervals within and across sessions. *Perceptual and Motor Skills*, 26, 391-398.
- Hicks, R. E., & Allen, D. A. 1979a Counting eliminates the repetition effect in judgments of temporal duration. *Acta Psychologica*, 43, 361-366.
- Hicks, R. E., & Allen, D. A. 1979b The repetition effect in judgments of temporal duration across minutes, days, and months. *American Journal of Psychology*, 92, 323-333.
- 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研究。広島修道大学研究叢書 広島修道大学総合研究所。
- 柿木昇治・小川栄一 1997 バイオフィードバック研究の推移と脳波バイオフィードバック訓練による行動変容。バイオフィードバック研究, 24, 14-21.
- Marmaras, N., Vassilakis, P., & Dounias, G. 1995 Factors affecting accuracy of producing time intervals. *Perceptual and Motor Skills*, 80, 1043-1056.
- 丸本直美・幾田芳水・柿木昇治 1979 心搏率の道具的条件づけと随意統制。心理学評論, 22, 115-124.
- 松田文子 1985 時間評価とその発達に関するモデル。心理学評論, 28, 597-623.
- 松田文子 1996 第 2 章 時間評価。心理的時間 松田文子・調枝孝治・甲村和三・神宮英夫・山崎勝之・平 伸二 (編著) 北大路書房 Pp. 88-146.
- 志和資朗 1997 第 5 章 バイオフィードバック療法の基礎。新生理心理学 柿木昇治・山崎勝男・藤澤 清 (編) 北大路書房 Pp. 156-167.



川邊・相浦・柿木：バイオフィードバック訓練が及ぼす行動指標への影響

Suter, S. & Dillingham, C. 1979 EEG alpha biofeedback and time perception.  
*Perceptual and Motor Skills*, 48, 698.

Wacker, M. S. 1996 Alpha brainwave training and perception of time passing: preliminary findings. *Biofeedback and Self-Regulation*, 21, 303-309.

## Summary

### Time estimation as a function of trial and its relation to EEG biofeedback training

Hirofumi Kawabe, Yoshiro Aiura and Shoji Kakigi  
Department of Psychology, Hiroshima Shudo University

We have studied a series of EEG biofeedback experiment in order to understand the biofeedback training effect upon integrated EEG as well as upon subjective rating. For the next step of the study the effect of EEG biofeedback training upon behavioral measures has to be clarified in a systematic way. Although a number of its clinical application have been done, no parametric study has appeared so far. The purpose of the present study was to test the repeated trials upon time estimation being used as a behavioral measure in a future study.

In Experiment 1 three different time intervals of 15, 30 and 45 sec were estimated 10 times by 28 college students. It was observed that the time estimations for the three intervals decreased as the trial proceeded. In Experiment 2 the effect of alpha and beta EEG biofeedback training was tested separately. The findings were that the alpha feedback training tended to increase time estimation, although the beta feedback tended to decrease the time. Taking these findings together it is suggested that the alpha feedback would relax central nervous system which leads to increased time estimation, and the beta feedback has the reverse effect.