

音楽の覚醒調整効果に関する精神生理学的検討

岩城達也・林 光緒・堀 忠雄

Reprinted from *Memoirs of the Faculty of Integrated Arts and Sciences,*

Hiroshima University, Ser. IV, Vol. 20, December 1994

広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編 第20巻 別冊 1994年12月

音楽の覚醒調整効果に関する精神生理学的検討

岩城達也・林 光緒・堀 忠雄

広島大学総合科学部人間行動研究講座

Psychophysiological study of arousal modulation model of music

Tatsuya IWAKI, Mitsuo HAYASHI, Tadao HORI

*Department of Behavioral Sciences, Faculty of Integrated
Arts and Sciences, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 724, Japan*

Abstract : Music is known to have both stimulatory and sedative effects. We investigated whether music modulated the arousal level. EEGs, EOG, SPR, plethysmograph, and skin temperature were recorded on 14 students (mean = 22.1 yrs) during sessions of (1) baseline (pre-rest), (2) preparations of arousal (task or rest), (3) music (stimulative or calm), (4) after-effects (post-rest). Seven subjects, who were assigned to the high arousal group were preparatively increased their arousal level by the cognitive task before the music session. Other seven subjects, who were assigned to low arousal group were instructed to relax in the rest period before music session.

In the high arousal group, the EEG amplitude in alpha 3 and beta bands were significantly higher in the task session than in the baseline session. In the music session the amplitude in alpha 3 and beta bands were decreased in both the stimulative and the calm music conditions. The results show that the music may induce the de-arousing effects on the subjects in the high arousal states. This tendency was clear in the calm music rather than in the stimulative music.

In the low arousal group, on the contrary, the amplitude in alpha 2 band was significantly lower in the rest session than in the baseline session. In the music session the amplitude in alpha 1 band increased in both the stimulative and the calm music conditions, suggesting that the music may induce the arousing effects on the subjects in lower aroused states. This tendency was more remarkable in the stimulative music rather than in the calm music.

These results support a hypothesis that the music effects on the arousal mechanisms and the different type of music induces a different effect on the arousal level.

Key words : music, EEG, alpha band activity, skin temperature, arousal level, arousal modulation model.

序 論

音楽に興奮と鎮静の相反する効果があることはよく知られている。この興奮、鎮静効果は、音楽刺激そのものばかりでなく、聴取者の態度や音楽聴取時の覚醒水準の違いによって変化する。一方、ヒトには、覚醒水準をその個人のポジティブな感情状態と処理しようとする認知に最適な水準に維持しようとする平衡機能がある。古典的な脳幹網様体賦活系の働きを重視する理論では、覚醒水準は刺激入力の強さ、あるいは量に依存して上昇し、これが減少、低下すると覚醒水準も低下すると考えられてきた (Duffy, 1957)。ところが、この平衡機能を効果的に働かせ機能させる刺激 (環境要因) が与えられると、生体は刺激の量や強さに依存した一方向性の変化だけでなく、二相性の変化を示す。つまり、刺激が入力される直前の覚醒水準が低ければ、刺激の入力を受けて覚醒水準が上昇するが、刺激直前の覚醒水準が高すぎる場合には、逆に抑制的な作用を受けて覚醒水準は低下する (McDonald et al, 1964)。こうした平衡機能は、law of initial value (Wilder, 1957) の側面にもみることができる。

McFarland (1985) は、興奮的、鎮静的な感情を喚起すると被験者が評価した楽曲を、高覚醒または低覚醒となるように覚醒水準を操作した被験者に呈示して皮膚温の変化を調べた。皮膚温の変化は効果的に平衡機能が働いた結果を示しており、自律神経系に対する音楽刺激は低覚醒群では覚醒効果が、高覚醒群では鎮静効果がみられ覚醒調整効果が認められた。

脳波の α 波を指標に用いた研究においても、音楽刺激の呈示により、 α 波-抑制(覚醒反応)ばかりでなく、 α 波-増強(鎮静反応)をもたらすことが示唆されている(緒方、1992; Wagner & Menzel, 1977; Walker, 1977; Walker, 1980)。

また、Berlyne (1971) は、覚醒水準を上昇させる刺激の特性は新奇性、複雑さ、不調和、曖昧さ、変動性であり、反対に、覚醒水準を下げる刺激の特性は、親しみやすさ、単調さ、規則性であると述べている。このような観点から音楽刺激の持つ時間的な変動、あるいはゆらぎについて検討した研究では、音楽刺激の変動性が白色雑音の変動性より小さく、ブラウン雑音 (Brawnian noise) の変動性よりも大きいことを示した。多くの音楽刺激が中庸的な変動性を持ち、覚醒水準を上げるだけ、または、下げるだけの一方向性の変化を導くものではないことが推測される (Gardner, 1970-1978 一松訳、1979)。しかし、従来の研究は音楽刺激の覚醒水準に及ぼす影響を覚醒か鎮静かのいずれか一方に注目したものであり、覚醒調整効果について直接扱った研究は知られていない。

そこで、本研究では脳波を指標として、音楽刺激が単純に一方向性の効果をもたらすのではなく、覚醒調整効果を受けて双方向性の変化を示すかを検証する。さらに感情的な評価の異なる楽曲聴取が覚醒水準の違いに反映されるかを検討する。

本研究では以下の仮説をたてた。

1. 音楽刺激呈示下では覚醒調整効果を受けて、高覚醒状態の被験者は覚醒水準の低下、低覚醒状態の被験者は覚醒水準の上昇を示し、一定範囲内に調整される。
2. 音楽刺激呈示により被験者の覚醒水準は一定範囲内に調整されるが、その範囲内において興奮・緊張的な楽曲の呈示は高い覚醒水準を導き、鎮静・弛緩的な楽曲の呈示は低い覚醒水準を導く。

方 法

1. 被験者：14名の大学生及び大学院生 (男性6名、女性8名、21～27歳、平均年齢22.1歳) を対

象とし、音楽聴取前に課題を行う高覚醒群（男性4名、女性3名、21～24歳、平均年齢22.0歳）と安静を保つ低覚醒群（男性2名、女性5名、21～27歳、平均年齢22.1歳）にそれぞれ7名ずつ割り当てた。また、Bartel (1992) の音楽的な反応に対する構えの影響を検討した報告を参考に作成した質問紙 (Appendix 1) を用いてクラシック音楽を好み、音楽聴取により感動が自覚できる被験者を選抜した。

2. 呈示楽曲：楽曲は Gustav, Holst 作曲「Planets」から「Mars」, 「Venus」(Georg Solti 指揮、London Philharmonic Orchestra 演奏) を、それぞれ3分40秒抜粋して用い、CDプレーヤーで再生呈示した。これらの楽曲は McFarland (1985) が使用した楽曲と同一である。「Mars」は戦争の神と題され、勇壮さや闘争を表現した楽曲であり、一方、対照的に「Venus」は平和の神と題され、安らぎあふれる楽曲である。また、各楽曲の平均音圧レベルは「Mars」で62.2dB(A)であり、「Venus」では61.1dB(A)であった。

3. 課題：被験者の覚醒水準を高め、かつ慣れが生じにくい乱数発生課題(板垣、1987)を行った。この課題は被験者が0～9までの数字を用いて、なるべく速く、なるべくランダムに数字を言い続ける課題である。課題は3回繰り返して行い、課題間には約10秒間の休憩を設けた。

4. 実験手続き：Fig. 1 に実験スケジュールを示す。高覚醒群・低覚醒群ともにまず閉眼安静状態の生理的指標を1分間記録した。次に、高覚醒群では乱数発生課題を行い、低覚醒群では安静状態を保った。課題遂行中及び安静中の感情についての質問紙に回答した後、楽曲（「Mars」か「Venus」のいずれか一方）を呈示した。楽曲呈示後、再び閉眼安静状態を1分間記録し、楽曲聴取中の感情について質問紙に回答した。10分間の休憩の後、以上の手続きで、呈示楽曲（「Mars」または「Venus」）を入れ代えて繰り返した。楽曲の呈示順序は被験者間でカウンターバランスをとった。実験中は質問紙に回答する以外、全て閉眼とした。また、楽曲呈示中は楽しんで楽曲を聴取するよう、呈示後は楽曲の余韻を楽しむよう、教示した。実験時刻は、各被験者に合わせて10:00～18:30のうち、眠気の生じにくい時刻に設定した。

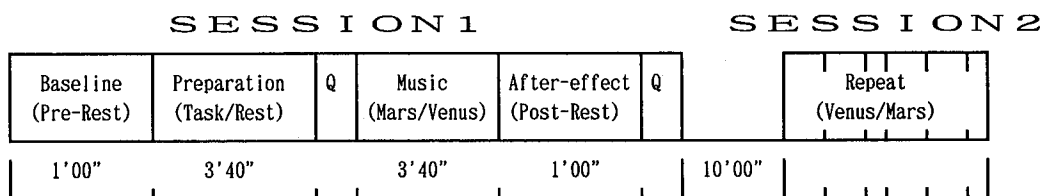


Fig. 1 Experimental schedule.

Task : Random production (high arousal group).

Rest : Eye closed Rest (low arousal group).

Q : Questionnaire for emotional feelings.

5. 装置と記録：

実験装置：記録室は有効寸法2800^W×2200^D×2950^Hの調光・空調・シールド室（室温24±1℃、暗騒音40±5dB(A)）を用いた。楽曲は市販のCDソフトをCDプレーヤー（DENON製DCP-1600）、オーディオアンプ（VICTOR製A-X5）を用いて再生し、安楽椅子に座った被験者の耳の高さに合わせて前方1.5mに設置した一対のスピーカ（Lo-D製HS450）から呈示した。

記録：生理的指標として脳波、眼球運動、皮膚温、皮膚電気反射、脈波を記録した。皮膚温以外は全て汎用脳波計（日本電気三栄製1A97）で紙記録し、脳波計の紙送り速度は1cm/sとした。時定

数の設定は脳波を 0.3s、眼球運動を 1.0s、皮膚電位反応と脈波を 3.0s とした。また、脳波及び脈波はデータレコーダ (TEAC 製 SR-50) に磁気記録し、記録速度は 1.2cm/s とした。

脳波：国際基準 10/20 法に基づき F_{p1} , F_{p2} , F_7 , F_8 , F_z , C_3 , C_4 , T_5 , T_6 , P_z , O_1 , O_2 の 12 部位を探查電極とし、左右耳朶を基準電極として導出した。

眼球運動：水平方向の運動を両眼角外 1 cm の部位から双極導出した。

皮膚電位反応：皮膚電位反応は左手掌母指球とセロハンテープ法により不活性化した前腕部から導出した。電極糊には 0.05mol の NaCl を 4% の寒天で固めたものを使用した。

皮膚温：皮膚温は左手第 2 指末節掌側から温度センサー (安立計器製 AM-7000) を用いて 5 秒毎に記録した。

脈波：脈波は左手第 3 指末節から反射型光電脈波計 (日電三栄製 45261) を用いて記録した。

6. 質問紙：課題遂行中、休憩中、楽曲聴取中の感情と覚醒度について質問紙を用いて調べた。質問紙は McFarland (1985) の用いた感情評価のための 12 の形容詞対に、明暗と覚醒度についての項目を加えた計 14 項目の 7 ポイント尺度であった。今回は、質問紙については省略する。

7. 資料の解析：脳波のスペクトル分析にはスペクトルアナライザ (日本電気三栄製シグナルプロセッサ 7T18A) を用いて、12 チャンネルの脳波を 30s (5s×6 区間) 毎に分析した。サンプリング間隔 5ms で、1024 点のデータを A/D 変換した後、高速フーリエ変換し 5s 間のパワースペクトルを求めた (周波数分解能 0.2Hz)。これを 6 回単純加算平均して、30s 間の平均パワを算出した。スペクトルの平滑化処理としてハニングウインドウを用いた。得られたスペクトルデータを $\alpha 1$ (7.6-9.4Hz)、 $\alpha 2$ (9.6-11.4Hz)、 $\alpha 3$ (11.6-13.4Hz)、 β (13.6-15.4Hz) の 4 帯域に分け、部位毎に平均振幅値 (μV) を求め、実験条件毎に平均した。ただし、粗大なアーチファクトが混入した場合は、その区間全体を分析対象から除外した。前頭部の F_{p1} , F_{p2} , F_7 , F_8 , F_z 部位の脳波記録において、課題遂行中には激しい眼電位が混入したため、これらの部位については分析から除外した。

今回は楽曲呈示中の脳波と皮膚温の結果について報告し、脈波と皮膚電位反応、及び楽曲呈示後の結果は省略する。

結 果

1. 脳波からみた覚醒水準の変化

(1) 課題遂行中及び安静中の変化

Table 1, 2 はベースライン (Pre-Rest) 時の各帯域の振幅値を 100 として課題遂行時、安静時、楽

Table 1. Percent changes of amplitude (μV , O_1) in each band between task and baseline (Pre-Rest) and between music (Mars vs Venus) and baseline (Pre-Rest) in the high arousal group.

Frequency band	High arousal group			
	Mars		Venus	
	Task	Music	Task	Music
$\alpha 1$	96.7 (9.7)	88.0 (4.2)	95.7 (10.3)	84.5 (10.9)
$\alpha 2$	97.9 (8.9)	95.8 (7.6)	104.2 (7.9)	86.8 (7.8)
$\alpha 3$	104.6 (4.9)	106.3 (5.5)	127.2 (12.7)	110.2 (6.4)
β	129.8 (10.6)	104.5 (5.9)	131.6 (9.6)	102.4 (4.7)

Figures in parenthesis show the SEs.

Table 2. Percent changes of amplitude (μV , O_1) in each band between rest and baseline (Pre-Rest) and between music (Mars vs Venus) and baseline (Pre-Rest) in the low arousal group.

Frequency band	Low arousal group			
	Mars		Venus	
	Rest	Music	Rest	Music
$\alpha 1$	81.6 (3.8)	101.1 (7.2)	84.1 (3.9)	87.3 (3.8)
$\alpha 2$	62.2 (8.1)	92.9 (6.7)	73.2 (9.8)	81.9 (5.4)
$\alpha 3$	89.7 (5.8)	105.8 (4.2)	96.6 (9.0)	104.8 (5.8)
β	91.1 (3.6)	104.8 (5.4)	93.8 (4.2)	97.5 (4.0)

Figures in parenthesis show the SEs.

曲聴取時の振幅を変化率(%)で表したものである。覚醒水準の操作の確認をするために α 波の出現しやすい O_1 部位を示した。高覚醒群における課題遂行時の脳波変化(Task: Table 1)と、低覚醒群における安静時の脳波変化(Rest: Table 2)に差が見られるかどうかを検討するために、帯域毎($\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, β)に覚醒水準の操作(課題・安静) \times 楽曲(Mars・Venus)の分散分析を行った。その結果、楽曲の主効果、交互作用は認められなかった。 $\alpha 2$, $\alpha 3$, β 帯域の覚醒水準の操作に主効果が認められた($\alpha 2$: $F(1/12)=9.27$, $P < 0.05$; $\alpha 3$: $F(1/12)=6.75$, $P < 0.05$; β : $F(1/12)=18.82$, $P < 0.01$)。 $\alpha 2$, $\alpha 3$, β 帯域ともに課題中の振幅値の方が安静中よりも大きい。ベースラインからの変化率をみると $\alpha 2$ 帯域は安静中に顕著な振幅値の減少を示し、 $\alpha 3$, β 帯域は課題中に増加することがわかった。以上の結果は課題中の $\alpha 3$, β 帯域の振幅値の増加は覚醒水準が上昇したことを示し、安静中の $\alpha 2$ 帯域の減少は覚醒水準が低下したことを示しており、覚醒水準の操作が確実に行われていたことを示している。

(2) 楽曲聴取中の変化

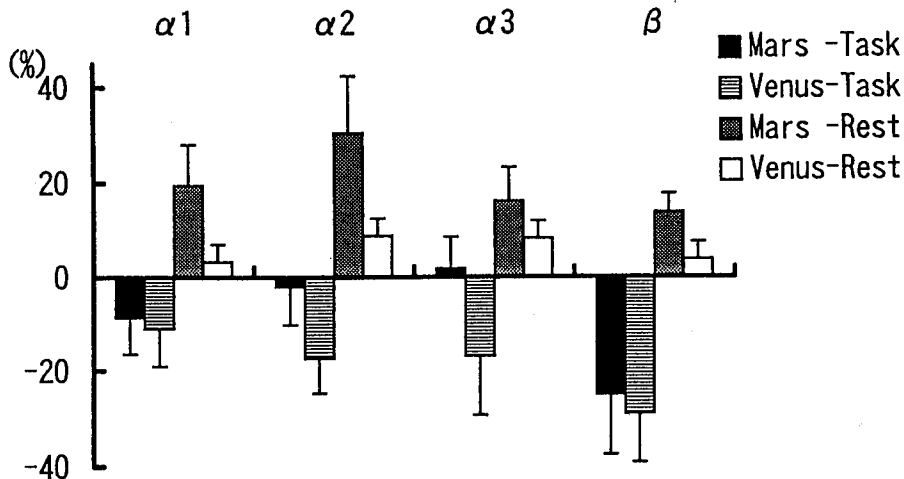


Fig.2 Differences between percent changes EEG amplitude (O_1) between two preparatory conditions (Mars-Task or Venus-Task) and percent changes between two music conditions (Mars-Rest or Venus-Rest).

Fig. 2 は Table 1, 2 に示した楽曲聴取時の変化率と覚醒水準の操作時の変化率との残差を求めたものである。覚醒水準の操作の違いが楽曲聴取中に及ぼす影響を比較すると、覚醒水準の操作にお

いて高覚醒となるように課題遂行を负荷した群は負の値を示し、楽曲聴取中に振幅値が減少していることがわかる。一方、覚醒水準の操作において低覚醒となるように安静を保っていた群は正の値を示し、楽曲聴取中に振幅値が増加している。このように覚醒水準の操作の違いによって楽曲聴取時の変化方向が反対になっていることがわかった。楽曲の違いを比較すると、Mars 聴取時は高覚醒群において振幅値の減少が Venus 聴取時より小さく、低覚醒群において Venus 聴取時より振幅値の増加が大きいことがわかる。Fig. 2 に示した楽曲聴取時における脳波変化について帯域毎 ($\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, β) に覚醒水準の操作 (課題・安静) \times 楽曲 (Mars・Venus) の分散分析を行った結果、覚醒水準の操作の主効果が全帯域で認められた ($\alpha 1$: $F(1/12)=4.77$, $P < 0.05$; $\alpha 2$: $F(1/12)=7.99$, $P < 0.05$; $\alpha 3$: $F(1/12)=4.88$, $P < 0.05$; β : $F(1/12)=9.11$, $P < 0.05$)。楽曲の主効果は $\alpha 2$ 帯域だけに認められ ($\alpha 2$: $F(1/12)=4.74$, $P < 0.05$)、交互作用は認められなかった。同様の検定を残りの 6 部位 (C_3 , C_4 , T_5 , T_6 , P_z , O_2) のそれぞれについて行った。覚醒水準の操作の主効果については全ての部位で、ほぼ同様に認められたが、楽曲の主効果については有意差傾向も含めて T_5 の $\alpha 2$ 帯域 ($\alpha 2$: $F(1/12)=3.91$, $P < 0.1$), T_6 の $\alpha 2$, $\alpha 3$ 帯域 ($\alpha 2$: $F(1/12)=6.09$, $P < 0.05$; $\alpha 3$: $F(1/12)=4.93$, $P < 0.05$)、 O_2 の $\alpha 2$ 帯域 ($\alpha 2$: $F(1/12)=4.44$, $P < 0.05$) だけに認められた。交互作用は認められなかった。

2. 皮膚温からみた覚醒水準の変化

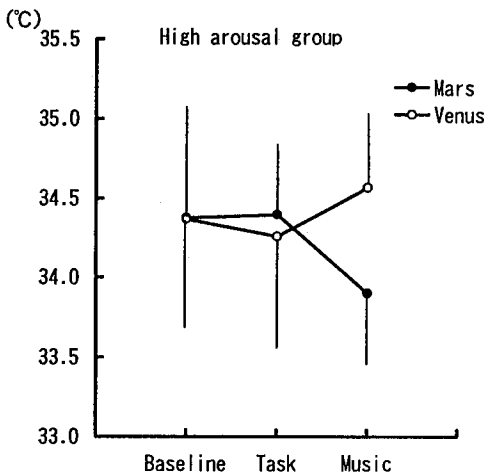


Fig.3 Changes of the mean values of skin temperature (left finger tip) in the high arousal group. The vertical lines indicate SEs.

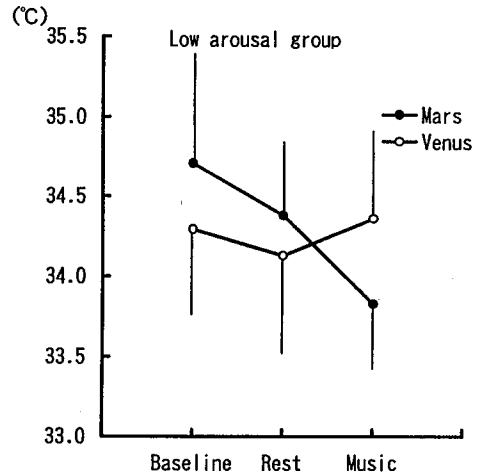


Fig.4 Changes of the mean values of skin temperature (left finger tip) in the low arousal group. The vertical lines indicate SEs.

Fig. 3, 4 は安静閉眼、覚醒水準の操作 (課題・安静)、楽曲聴取 (Mars・Venus) に関連させて平均皮膚温の推移を示したものである。覚醒水準の操作時の平均皮膚温と楽曲聴取時の平均皮膚温との残差を求め、覚醒水準の操作 (課題・安静) \times 楽曲 (Mars・Venus) の分散分析を行った。その結果、覚醒水準の操作の主効果は認められず、交互作用もみられなかったが、楽曲の違いに主効果が認められた ($F(1/12)=4.87$, $P < 0.05$)。Mars 聴取時には皮膚温が低下し、反対に、Venus 聴取時には上昇した。

考 察

はじめに覚醒水準の操作（課題・安静）により、被験者の覚醒水準がどの程度上昇、または低下したかを考える。一般的に覚醒水準が高いと、 α 帯域の振幅は減少し、 β 帯域の振幅が増加する。やや覚醒水準が低下しリラックス状態にあると α 帯域の振幅は増加する。さらに覚醒水準が低下し、眠気を感じるくらいになると、 α 帯域の振幅は再び減少する（太田ら、1990）。Table 1, 2に示した O_1 部位の各帯域の脳波振幅の変化率をみると、課題遂行時には α 帯域の振幅は減少せず、 $\alpha 3$ 、 β 帯域が増加した。このことは、課題遂行時の覚醒水準が α 帯域活動の減衰を引き起こすほどの高覚醒状態ではなく、リラックスした状態からやや覚醒が高まった状態を示すと考えられる。一方、安静中は優勢周波数帯域である $\alpha 2$ 帯域活動の減少が認められたことから、強い眠気を感じるほどではないが、覚醒水準が低下したと考えられる。以上のように覚醒水準の操作によって課題を行った高覚醒群と安静を保った低覚醒群は異なった覚醒水準に誘導されたことが確認された。ただし、Table 1に示した課題遂行時の $\alpha 3$ 帯域の振幅の増加については、Mars聴取前のTaskが104.6% (SE=4.9)であるのに対して、Venus聴取前のTaskが127.2% (SE=12.7)と高い値を示したことに起因すると考えられ、データにばらつきがあることがわかる。そこで $\alpha 3$ 帯域について統計的に直接比較することは危険であると判断し、今後の考察では、 $\alpha 3$ 帯域については取り扱わないことにした。

課題遂行時に β 帯域活動の増強がみられ覚醒水準の上昇が認められた高覚醒群は、楽曲の種類（Mars・Venus）にかかわらず、楽曲聴取時において β 帯域の振幅に減少がみられた。このことは楽曲聴取時に覚醒水準が低下したことを示している。一方、 $\alpha 2$ 帯域に顕著な減少を認め、覚醒水準の低下を示した低覚醒群では、楽曲の種類（Mars・Venus）にかかわらず楽曲聴取時において、 $\alpha 2$ 帯域を中心にして振幅の増加を認めた。このことは楽曲聴取時に覚醒水準が上昇したことを示している。つまり、今回用いた楽曲のどちらとも、被験者の覚醒水準が低ければ上昇させ、高ければ低下させたと推測される。これらの所見は使用した2つの楽曲に覚醒調整効果が存在することを示唆し、仮説1は支持されたと考えられる。

一方、皮膚温では課題遂行時と安静時の間に違いがみられず、覚醒水準の操作を示すような所見は得られなかった。脳波指標から判断される覚醒水準は課題遂行時と安静時の間に有意な差が認められたが、皮膚温には、このような微妙な覚醒水準の違いは反映されにくいことが指摘される。

次に、呈示楽曲の効果の違いがみられた $\alpha 2$ 帯域の脳波振幅の変化について考察する。 $\alpha 2$ 帯域の振幅はMars聴取時と課題遂行時では大きな変化はみられなかったが、Venus聴取時と課題遂行時との比較では減少を示した。安静時と各楽曲を比較すると、Mars聴取時に振幅が著しく増加しているのに対して、Venus聴取時には大きな変化を示さなかった。このような脳波振幅のふるまいが呈示楽曲による相違を導いたと考えられる。さらに、これらのことは、課題遂行に楽曲が続く場合、Venus聴取時よりもMars聴取時の覚醒水準が相対的に課題遂行時の覚醒水準に近く、Mars聴取時はVenus聴取時よりも高い覚醒水準を示したと考えられる。一方、安静状態に楽曲が続く場合、Marsは強い覚醒効果をもつが、Venusは低い覚醒水準を維持する方向に働いていたことがわかる。皮膚温も2つの楽曲間に違いがみられ、Mars聴取時は皮膚温が低下し、Venus聴取時は上昇した。この結果はMcFarland (1985)の所見と一致する。これらの所見は2つの楽曲の導く覚醒水準が異なることを示唆し、仮説2は支持されたと考えられる。

これらのことをまとめると、音楽刺激の覚醒調整効果によって導かれる最適水準は、乱数発生課

題遂行中に示された少し高い覚醒水準と、安静維持状態で示されたやや低い覚醒水準の間に存在することが推測される。最適水準が認知処理の水準に依存するならば、音楽刺激の聴取、あるいは音楽刺激の情報処理に必要とする覚醒水準は、乱数発生に必要とする覚醒水準よりも低く、特に処理を求められない安静状態の水準より高い処理水準にあることがわかる。さらに、2つの楽曲間で覚醒水準に違いがあったことは、それぞれの楽曲の必要とする認知処理の水準が異なることを推測させる。分析に用いた7部位のうち楽曲の違いによって脳波に変化が現れたのはT₅, T₆, O₁, O₂ 部位に限られていた。O₁, O₂ 部位は α 波が多量に出現する部位であり、覚醒水準の変化との対応が考えられる。T₅, T₆ 部位の場合は聴覚野に近く、聴覚情報処理に関連した機能局在部位の活性化の違い等が考えられる (David et al, 1987; 柏原, 1987; Mckee et al, 1976)。これらのことから考えて、今後は音楽刺激の情報量と覚醒水準の対応関係を求めることと同時に、音楽刺激の情報処理と脳の機能局在や半球機能差の関連について調べる必要がある。

文 献

- Bartel, L. R. (1992) : The effect of preparatory set on musical response in college students. *J Research in Music Education* 40 : 47-61.
- Berlyne, D. E. (1971) : *Aesthetics and psychobiology*. New York : Appleton, 1971.
- David, B., Wilfried, G., Pierre, R. (1987) : Auditory perception of music measured by brain electrical activity mapping. *Neuropsychologia* 5 : 765-774.
- Duffy, E. (1957) : The psychological significance of the concept of "arousal" or "activation". *Psychological Review* 64 : 265-275.
- 板垣文彦(1987) : 人間の生成するランダム系列の評価に関する研究—新しいランダム性判定の基準の作成—. 日本大学心理学研究, 8 : 1-9.
- 柏原恵龍(1987) : 精神作業時頭皮上アルファ帯域成分—電位分布のパターン分類—. 脳波と筋電図, 15 : 318-324.
- ガードナー 一松 信(訳)(1979) : 別冊サイエンス *Scientific American* 日本語版「数学ゲーム I」. 日本経済新聞社.(Gardner, M. (1970-1978) : *Scientific American*)
- McDonald, D. G., Johnson, L. C., Hord, D. J. (1964) : Habituation of the orienting response in alert and drowsy subjects. *Psychophysiology* 1 : 163-173.
- McFarland, R. A. (1985) : Relationship of skin temperature changes to the emotions accompanying music. *Biofeedback and Self-regulation* 10 : 255-267.
- McKee, G., Humphrey, B., McAdam, B. W. (1976) : Scaled lateralization of alpha activity during linguistic and musical tasks. *Psychophysiology* 10 : 441-442.
- 太田敏男、大島浩伸、豊嶋良一、山内俊雄(1990) : α 帯域平均振幅の二相性変化に着目した覚醒水準判定の試み. 脳波と筋電図, 18 : 258-267.
- 緒方茂樹(1992) : 音楽のもつ音圧変動が脳波に及ぼす影響とその心理学的意義. 脳波と筋電図, 20 : 337-346.
- Wagner, M. J., Menzel, M. B. (1977) : The effect of music listening and attentiveness training on the EEG's of musicians and nonmusicians. *J Music Therapy* 14 : 151-164.
- Walker, J. L. (1977) : Subjective reactions to music and brain wave rhythms. *Physiol Psychol.* 5 : 483-489.

