

音楽呈示がビジランス課題成績に及ぼす促進効果
—音楽を用いた教育環境の整備に向けた基礎的研究—

岩城 達也*・林 光緒**・堀 忠雄**

*学術振興会特別研究員

**広島大学総合科学部人間行動研究講座

Positive effects of the presence of music on vigilance performance
—The basic study of music for equipment of an educational environment—

Tatsuya IWAKI*, Mitsuo HAYASHI** and Tadao HORI**

**Research Fellow of the Japan Society for Promotion of Science*

***Department of Behavioral Sciences, Faculty of Integrated Arts and Sciences,
Hiroshima University, Higashihiroshima 739, Japan*

Abstract : The present study explores the effects of music on the performance of vigilance task. ECG and SCL were recorded on 40 students during periods of (1) baseline, (2) pre-music, (3) music (control/musical stimulus), and (4) post-music. Twenty subjects, who were assigned to the forward replay music group, participate in the control and the music sessions. They listened to ordinary music during the music period in the music session. The other twenty subjects were assigned to reverse replay music group. They listened to the reverse playback of music, using in the forward replay group. Two types of musical stimuli increased the hit ratio in comparison with control session and maintained the hit ratio at a high level. This tendency was clear in forward replay music rather than in reverse replay music. Similar changes of performance, two types of musical stimuli increased SCL and HR. However, the positive changes of scores on mood scale (increased in vigor vs decreased in depression and fatigue) were found in only the forward replay group.

These findings indicated that the music facilitated the vigilance performance. Furthermore, it is implied that the effects on music on vigilance consisted of two functions, one of which increases vigilance level depending on quantity of musical stimuli, and the other regulates the subjects' mood in a positive direction depending on the connotative meaning of musical stimuli.

Key words : Music, Vigilance performance, Heart rate, Skin conductance level, Habituation, Orienting response, arousal level.

*本研究は、平成9年度文部省科学研究費補助金(特別研究員奨励費、受付番号3554)「音楽の覚醒調整効果がビジランス課題に及ぼす影響」の援助を受けて行われた。

1997年9月12日受付; 1997年10月13日受理

はじめに

音楽をかけながら自室で勉強するといった、いわゆる「ながら勉強」は日常的によく見かける光景である。こうした音楽の利用は、音楽を鑑賞以外の目的のために用いて、課題遂行のための環境整備に役立てることを意図している。著者らが1997年6月に大学生304名を対象に行った音楽利用に関する実態調査では(岩城・田中・林・堀、1997)、「単純な作業や運動をする場合、音楽がかかっていると快適ですか」との質問について、調査対象者の88.2%が快適・やや快適と回答していた。一方、「難しい作業や勉強をする場合、音楽がかかっていると快適ですか」という質問に対しては、快適・やや快適と回答した者は15.1%にすぎなかった。このことから、大半の大学生が思考活動を要求されない課題遂行場面の音楽呈示を、肯定的に捉えていると理解できる。

課題遂行に及ぼす音楽の効果は、取り組む課題の種類によって促進的であったり妨害的であったりすることが報告されており(Miller & Schyb, 1989; Tucher & Bushman, 1991)、このことは実態調査の結果を裏付けている。音楽が課題遂行に促進的作用をもたらすには、取り組む課題の難易度が低いことが条件の一つとされる(Sundstrom & Sundstrom, 1986)。音楽の促進的作用は、実際に工場やオフィスで応用されており、音楽が覚醒水準の低下防止やモチベーションの維持に有効であることが報告されている(Sundstrom & Sundstrom, 1986)。また、運動のトレーニング場面においても音楽の有効性が認められている(Brownley, McMurray, & Hackney, 1995; Templin & Vernacchia, 1995)。さらに、映画の背景音楽が持続的に注意を高めることも指摘されている(Thayer & Levenson, 1983)。これらの報告から考えると、難易度が低いために慣化や単調化が強調されるような課題遂行場面において、音楽は促進的に作用すると推測できる。このことから音楽は課題の処理自体を改善しているのではなく、覚醒水準の維持に貢献することで、課題に対する注意やモチベーションを二次的に高め、その結果、課題遂行を促進すると考えられる。

しかし、ビジランス課題遂行に及ぼす音楽の効果について、行動・主観・生理指標から体系的に検討した研究は知られていない。前述したとおり8割以上の大学生は、単純な作業や運動をする場面では、音楽を肯定的なものとして認識しており、こうした態度が音楽の覚醒維持効果に起因するものであれば、経験的に用いられている音楽の効果も教育場面にも応用できる可能性がある。単純な課題を繰り返して学習到達度を高るような場面では、覚醒水準の低下は課題に対する注意やモチベーションの低下を導き学習を妨害するため、課題学習を妨害せずに覚醒水準を高める外部からの刺激入力は役立つものと推測される。

そこで、本研究では、教育場面において音楽が利用可能かどうかを調べるための基礎的モデルとして、単調課題中の音楽呈示がビジランス維持に有効かどうかを行動・主観・生理指標から実験的に検討することにした。覚醒水準やモチベーションの変化を顕著に反映する課題としては、単純で個人個人の特別な能力に依存しない課題が望まれるため、ビジランス課題がよく用いられる(Beh, 1990; Dember, Galinsky, & Warm, 1992)。今回は、比較的短時間でビジランスが低下することが報告されている数字検出課題を採用した(Nuechterlein, Parasuraman, & Jiang, 1983; Munro, Dawson, Schell, & Sakai, 1987)。ビジランス課題中の音楽の効果については、Corhan & Gounard (1976)が音楽の種類と課題成績の関係を調べた結果、不確実性が高く、不連続な音楽がビジランスの維持に有効であると報告した。この報告をうけて、Fontaingé & Schwalm (1979)は、音楽の親近性(familiarity of music)がビジランス課題成績に及ぼす影響を調べたが、音楽の親近性よりも物理的特徴が重要であると結論づけた。どちらの報告も、音楽がビジランスの向上に有効であることを支持するものであるが、一方で、彼らの研究はビジランスを高めることができる音楽の特

徴に焦点を当てており、音楽の覚醒効果自体の特徴については言及していない。特に、時間芸術と称される音楽については、その効果においても時系列的な観点からの分析が求められるため、ビジランス水準の変動を時間軸上に捉える必要がある。著者らは、音楽に対する生理的反応を時系列的に分析した結果、聴取前半と後半では反応が異なることを確認している (Iwanaga, Ikeda, & Iwaki, 1996; Iwaki, Hayashi, & Hori, 1997)。さらに、今回試みたビジランス課題遂行中に音楽呈示するといった実験デザインでは、被験者は単純課題を連続的に遂行するため、課題に対する慣化や課題遂行環境における単調化が促進すると予測された。これに加えて、音楽の開始、終了は課題遂行環境の変化を生じさせると考えられた。そこで、本研究では音楽刺激の呈示開始、呈示終了に課題遂行環境の変化の効果を、それぞれ音楽刺激のオンセット効果 (effects of music-on)、オフセット効果 (effects of music-off) と呼ぶことにして、これらの反応についても検討することにした。他方、音楽がもつ楽典的な構造は多分に音楽呈示中のビジランスに影響すると考えられるが、本研究では課題遂行環境としての音楽呈示に注目したので、音楽の楽曲構造に関わるような細かなビジランス変動は分析から除くことにした。

このような課題遂行環境の変化に伴う反応、例えば、慣化や定位反応については、皮膚電気活動や心臓血管系の活動が有効な指標になることが知られている (Lacey, 1959)。音楽に対する生理的な反応を検討する際にも、自律神経系の活動は音楽の効果を示す指標として古くから用いられてきた (Henkin, 1957; Davis & Thaut, 1989; Iwanaga et al., 1996)。そこで本研究においても、自律神経系活動の指標である皮膚コンダクタンス水準と心拍数を用いることにより、これらの生理指標の賦活水準から音楽がビジランスに及ぼす効果を調べることにした。もし、音楽呈示がビジランスの上昇を促すとしたら、生理指標の賦活水準が高くなることが予想された (皮膚コンダクタンス水準の上昇・心拍数の上昇)。

また、音楽に対するヒトの反応を研究する分野では、対照刺激の設定が問題点であると Ogata (1995) により指摘されている。今回は、音楽を呈示しない対照条件の他に、使用した楽曲を逆再生したものを比較刺激として用いた。これは、楽曲に含まれる刺激量が同一であるにも関わらず、時間順序性が逆転して楽曲構造が崩壊することにより、単なる音刺激による反応と音楽刺激による反応を比較検討できると考えたからである。

方 法

被験者：40名の大学生及び大学院生 (男性19名、女性21名、19-25歳、平均年齢21.9歳、SD = 1.4) を対象とした。被験者は、刺激として普通に楽曲を呈示した順再生曲群 (男性10名、女性10名、19-25歳、平均年齢22.1歳、SD = 1.4) と順再生曲群に使用した楽曲の逆再生を呈示した逆再生曲群 (男性9名、女性11名、20-25歳、平均年齢21.8歳、SD = 1.3) に20名ずつ割り当てた。全ての被験者は右利きであり、特別な音楽訓練は受けておらず、聴覚的な障害もなかった。

呈示楽曲：楽曲は Gustav Holst 作曲「Planets」から「Jupiter」(Georg Solti 指揮、London Philharmonic Orchestra 演奏、演奏時間7分16秒) を使い、カセットテープレコーダで再生呈示した。この楽曲はいくつかの先行研究で使用されており (McFarland & Kennison, 1989; Vanderark & Ely, 1992; 1993; 1994)、これらの研究では「Jupiter」が肯定的な感情を喚起すると一貫して報告している。本研究では、音楽がビジランス課題に及ぼす促進効果について、その可能性を問う意味で、肯定的な感情を促す「Jupiter」を呈示楽曲に選定した。また、音楽の呈示時間があまりに短いと、得られたデータの大部分に定位反応成分が混入することになるため、一定の演奏時間をもった楽曲

が必要になる。このことも「Jupiter」を呈示楽曲に採用した理由の一つである。呈示楽曲の音圧レベルは平均62.2dB (A)、最大78dB (A)であった。以下、普通に再生した「Jupiter」を順再生曲、逆に再生したものを逆再生曲、両者を音楽刺激と呼ぶことにする。

ビジランス課題：課題はパーソナルコンピュータでプログラムされ、調光室内の被験者から90cm離れたディスプレイに0～9までの中の1つの数字が50msの持続時間で2s毎 (ISI = 2s) に呈示された。標的刺激は「0」であり出現確率は0.247であった。呈示刺激の合計数は654で、その内、標的が162回、非標的が492回呈示された。被験者が課題に取り組む時間は、21分48秒であった。この時間は楽曲呈示の前後に楽曲呈示時間 (7分16秒) と同一時間の課題遂行を設定したことにより決定された。標的呈示はランダムで、全ての被験者に同一であった。被験者は標的検出を表すために反応ボタンを押した。

実験手続き：実験室に到着すると、被験者は実験についての手続きと方法について説明された。電極は、実験室に隣接する部屋で装着された。被験者は安楽椅子に腰掛け、実験機器が接続された。正確さと敏速さを強調した教示がディスプレイ表示と口頭の両方で告げられた。また、実験中は体動と瞬きを可能な限り抑制するように告げられた。全ての被験者は音楽刺激セッションとコントロールセッションの2つのセッションに参加した。(1)音楽刺激セッション：課題試行前に、標的が出現しても反応せずに呈示刺激を見ているだけの期間 (2分30秒) を設けた (baseline)。コンピュータのビップ音を課題試行開始の合図とし、その後21分48秒の課題試行が続いた。課題開始から7分16秒経過した時点で、各群に応じて順再生楽曲・逆再生楽曲のどちらかを呈示した。課題遂行中は、音楽刺激前区間 (Pre-music phase)、音楽刺激区間 (Music phase)、音楽刺激後区間 (Post-music phase) の3区間を設定した。(2)コントロールセッション：音楽刺激区間に音楽刺激を呈示しなかったこと以外は音楽刺激セッションと同一の手続きを用いた。音楽セッションとコントロールセッションの順序は被験者間でカウンターバランスをとった。両セッションの間には約15分間の休憩を設けた。

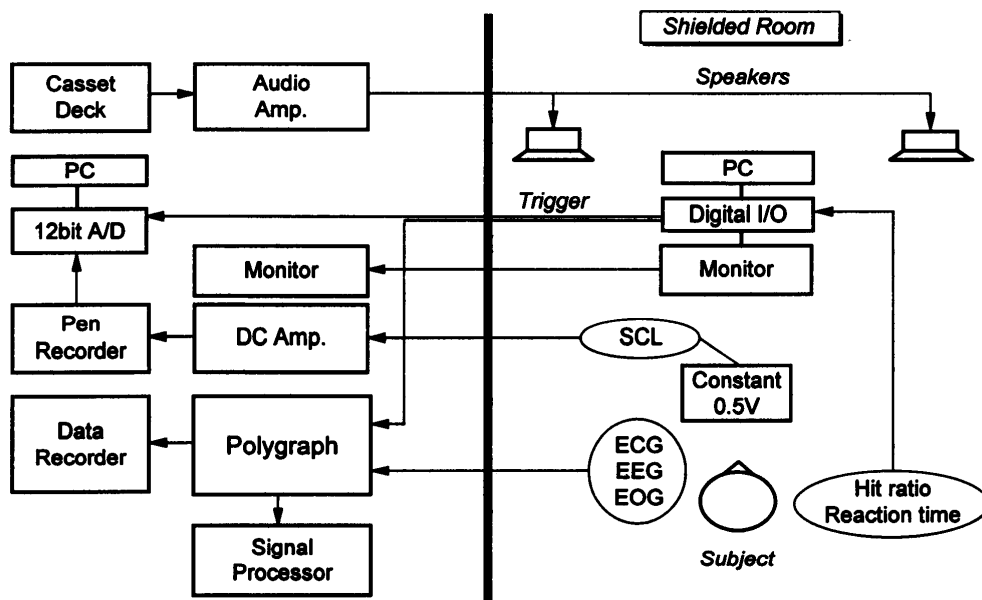


Fig.1 Block diagram of experimental set-up

実験装置：記録室は有効寸法2950W×2800D×2200Hの調光・空調・シールド室（照度52lux、室温 $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、暗騒音 $40\pm 5\text{dB(A)}$ ）を用いた。楽曲は市販のCDソフトをカセットテープレコーダに録音し（DENON製 DCD-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。本研究の刺激呈示、及びデータ記録システムについては、そのブロック図をFig.1に示した。

記録：生理的指標として脳波、眼球運動、心電図、及び皮膚コンダクタンスを記録した。皮膚伝導度以外は全て汎用脳波計（日本電気三栄製 1A74）で紙送り速度1.5cm/sで紙記録した。脳波計の時定数の設定は脳波、眼球運動を3.2s、心拍を1.0sとした。また、脳波、眼球運動、及び心拍はデータレコーダ（TEAC製 SR-50）に磁気記録し、記録速度は1.2cm/sとした。ただし、今回の報告では脳波データの結果については割愛する。

心拍（HR）：HRは左右の手首から第1誘導で導出し、30秒毎にR波の数を計測し、1分間の心拍数（bpm: beat per minute）を算出した。

皮膚コンダクタンス水準（SCL）：SCLの測定はアメリカ精神生理学会のガイドラインに準拠して非利き手から記録した（Fowles, Christie, Edelberg, Grings, Lykken, & Venables, 1981）。被験者は全て右利きであったため、左手第2指中節と第3指中節を関部位とした。電極はAg-AgCl電極（日本電気三栄製）で、0.05mol NaCl溶液中で電極間電位差 $\pm 0.1\text{mV}$ 以内のものを使用した。電極電解質は0.05mol NaClのUnibaseペーストを用いた。0.5V定電圧ブリッジ回路により測定されたSCLは直流電圧ユニット（日本光電製 AD-611G）で増幅し、ペンレコーダ（理化電気製 R-62A）で紙送り速度10cm/mで記録した。SCLは6秒毎にコンダクタンス値を読みとった。

内省評価：各セッションの開始と終了時にMcNair（1971）の気分尺度（POMS）を測定した。セッション終了後には、作業成績の自己評価を7ポイント尺度で行い、課題遂行中の主観的覚醒度をUMACL（Matthews, Jones, & Chamberlain, 1990）を用いて測定した。さらに、音楽刺激セッション終了後に各群それぞれに順再生楽曲、逆再生楽曲の印象評定をcognitive-affective response test-music（CART-M）（Bartel, 1992）を用いて行った。

課題成績：課題成績は各試行に対する反応をhit、miss、false alarm、correct rejectionに分類して記録し、hitとfalse alarmについての反応時間を求めた。反応時間は潜時窓を150~900msとしミリ秒単位で計測したが音楽呈示による有意な変化は認められなかったので省略する。

データ分析：課題成績は課題の正答率を音楽刺激前区間、音楽刺激区間、音楽刺激後区間について、それぞれを前半（ $\sim 2' 00''$ ）、中半（ $\sim 4' 00''$ ）、後半（ $\sim 7' 16''$ ）の3つのブロックに分割して求めた。同様に、HR及びSCLについても、各区間を3分割して平均化した値を代表値とした。統計処理は、各区間の区間内変化について2被験者群（順再生曲群 vs 逆再生曲群）×3ブロック（前半 vs 中半 vs 後半）の2要因分散分析を行った。また、音楽刺激呈示のオンセット効果をみるために、2被験者群（順再生曲群 vs 逆再生曲群）×2区間変化（音楽呈示前区間の後半 vs 音楽呈示区間の前半）の2要因分散分析、及びオフセット効果をみるために2被験者群（順再生曲群 vs 逆再生曲群）×2区間変化（音楽呈示区間の後半 vs 音楽呈示後区間の前半）の2要因分散分析を行った。分散分析の要因に繰り返しがあられる場合には、Greenhouse & Geisserの調整自由度（Winer, Brown, & Michels, 1991）を用いて検定した。下位検定には、Newman-Keuls法を使用した。UMACL、POMS、及びCART-Mについては対応のあるt検定を用いた。

結果と考察

1. 順再生曲・逆再生曲の印象評定

印象評定に用いた CART-M の18項目について因子分析を行った。因子は固有値1.0以上のものを抽出し、回転には Varimax 法を用いた。その結果、4つの因子が抽出され、それぞれ評価性因子、快適性因子、活動性因子、力量性因子とした。Fig.2は各因子毎に順再生曲・逆再生曲の印象評価得点を比較したものである。活動性、力量性では音楽刺激間に有意差は認められなかったが、評価性 ($t(38)=8.15, p<.01$)、快適性 ($t(38)=4.26, p<.01$) は異なっていた。このことは、2つの音楽刺激が物理的な刺激量、例えば、音圧(力量性)やテンポ(活動性)は違わないが、音楽的な時間構造や(評価性)、それに由来する感情的な評価(快適性)が異なっていたことに対応したものと理解できる。音楽的な時間構造と、感情的な評価の関係については、Martindale & Moore (1989) が、楽曲のもつ音楽的な典型性 (typicality of music) が音楽に対する好みに関与すると指摘している。さらに、Gaver & Mandler (1987) は、個人のもつ音楽的な知識が音楽聴取によって生じる快感情と関連することを述べており、順再生曲は逆再生曲よりも明らかに音楽的な典型性が高く、個人のもつ音楽的な知識に当てはまりやすかったことが、評価性と快適性因子における音楽刺激間の相違として表れたと推察される。

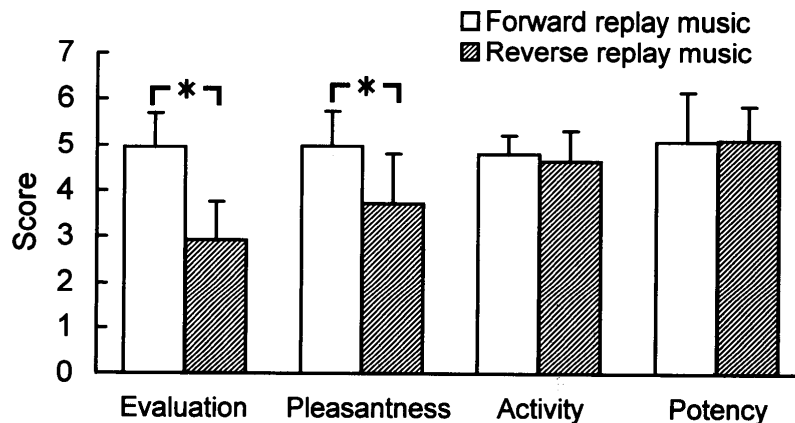


Fig.2 The comparison of mean scores on four impressions between forward and reverse replay music. The vertical lines indicate SDs. ** $p<.01$

2. 主観的覚醒度の変化

Fig.3は UMACL の3つの尺度(エネルギー覚醒、緊張覚醒、快感度)をコントロールセッションと音楽刺激セッションで比較したものである。UMACLは全身的な活動性に関与するエネルギー覚醒、緊急事態への予期反応としてストレスに関与する緊張覚醒、快-不快に関与する快感度を測定する尺度である。順再生曲群(Fig.3、上段)ではコントロールセッションに比べ、エネルギー覚醒($t(19)=3.03, p<.01$)、快感度($t(19)=3.06, p<.01$)で得点が上昇していることがわかった。このことは順再生曲が主観的覚醒度を上昇させたことを示し、同時に快適さを伴っていたと考えられる。音楽が快感度を上昇させた点は Matthews et al. (1990) の報告と一致する。

一方、逆再生曲群では(Fig.3、下段)、コントロールセッションに比べ、エネルギー覚醒($t(19)=2.19, p<.05$)、緊張覚醒($t(19)=3.54, p<.01$)で得点が上昇していた。このことについては、逆再

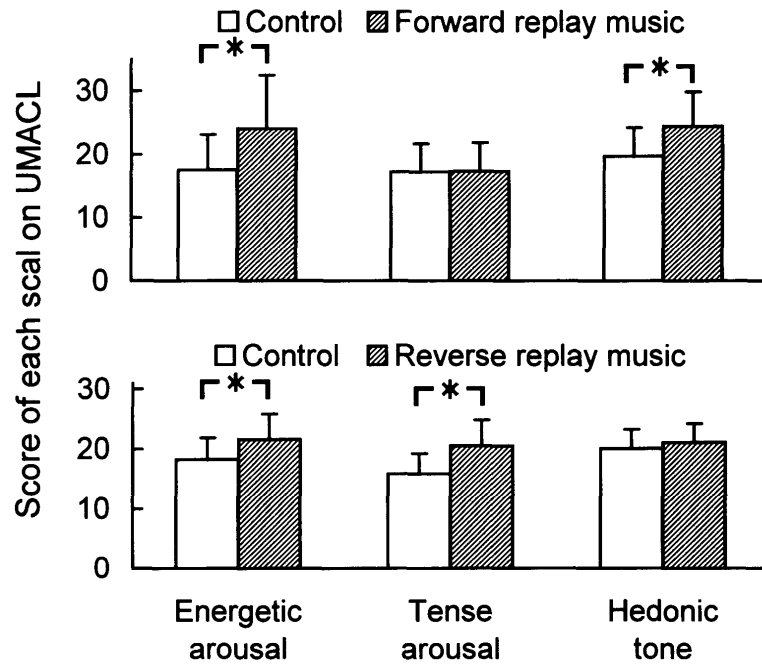


Fig.3 The comparison of mean scores of each scales on UMACL between control and music session for two subject groups (forward and reverse replay). The vertical lines indicate SDs. * $p < .05$

生曲が主観的覚醒度を上昇させたことを示すが、他方でストレスに関与するような緊張覚醒も同時に高めていたことが注目される。

3. 気分の変化

Table 1、2は、POMSの6つの気分尺度（緊張、抑鬱、怒り、活力、疲労、困惑）得点についてセッション開始時と終了時の残差を求め、各群毎にコントロールセッションと音楽刺激セッションで比較したものである。Table 1の順再生群では、活力尺度に有意差が認められたことから

Table 1. Mean differences and SDs of each scale on POMS between prior and post experimental session (control of forward replay music)

Scale	Score/Item				
	Control		Forward replay music		Difference
	Mean	SD	Mean	SD	
Tension	0.083	0.085	-0.033	0.136	0.117
Depression	0.270	0.143	0.083	0.088	0.187†
Anger	0.038	0.016	-0.013	0.018	0.050
Vigor	-0.793	0.088	0.313	0.019	-1.106*
Fatigue	0.942	0.695	0.442	0.326	0.500†
Confusion	0.171	0.126	0.157	0.108	0.014

† $p < .05$; * $p < .10$

Table 2. Mean differences and SDs of each scale on POMS between prior and post experimental session (control or reverse replay music)

Scale	Score/Item				
	Control		Reverse replay music		Difference
	Mean	SD	Mean	SD	
Tension	-0.056	0.087	-0.078	0.212	0.022
Depression	0.183	0.062	0.087	0.067	0.097
Anger	-0.004	0.008	0.050	0.059	-0.054
Vigor	-0.450	0.427	-0.579	0.276	0.129
Fatigue	0.600	0.259	0.558	0.512	0.042
Confusion	0.171	0.158	0.193	0.105	-0.021

($t(19) = 2.33, p < .05$)、音楽が活力低下を抑制したと考えられた。さらに、抑鬱尺度、疲労尺度に傾向差が認められ、音楽が抑鬱感、疲労感の増強を抑制していたことがわかる (Depression: $t(19) = 2.06, p < .10$; Fatigue: $t(19) = 2.01, p < .10$)。これらの結果は、音楽が気分を改善し、課題遂行を促進するように作用したことを示唆している。一方、Table 2は逆再生群における気分得点の変化を示している。セッション間に有意差は認められず、逆再生曲は気分の変化に影響しなかったと考えられる。

4. 課題の正答率と生理指標の時系列変化

Fig.4は、課題の正答率、SCL、及びHRの課題遂行中の時系列変化を示している。いずれの図も横軸は、課題の遂行時間に対応しており、音楽刺激区間 (Pre: Pre-music phase)、音楽呈示区間 (Music: Music phase)、音楽呈示後区間 (Post: Post-music phase) の順で、それぞれの区間が前・中・後半に分かれている。縦軸は、音楽刺激セッションとコントロールセッションの差分値を表している (音楽刺激セッションからコントロールセッションを差し引いた値)。縦軸の数値が正の値の場合、音楽刺激セッションの方がコントロールセッションよりも大きな値を示したことになる。正答率は区間の進行に伴い10%以下に至った被験者を逸脱データとして各群から1名ずつ除いた19名の平均値である。SCLは、音楽刺激セッションとコントロールセッションの差分値を、さらに、ベース期の後半30秒間の平均SCLからの変化量に換算してある。SCLの測定では、被験者2名に測定不良が生じたため、その2名を正答率の平均値を算出するのに除いた1名とともにデータから除き、残りの17名のデータを用いて平均値を求めた。HRもSCLと同様に、ベース期の平均HRからの変化量を示しており、正答率の被験者平均を算出するのに用いた被験者と同様の19名をもとに平均値を求めた。

1) 音楽刺激前区間：音楽刺激前区間における正答率、SCL及びHRは、それぞれ0に近い値を示しており、コントロールセッションと変わらないことがわかる。それぞれの指標について、2被験者群 (順再生曲群 vs 逆再生曲群) × 3ブロック (前半 vs 中半 vs 後半) の2要因分散分析を行った結果、いずれの指標にも有意差は認められなかった。このことから、音楽刺激が呈示される前の行動・生理的な状態が、被験者群の間で統制されていたことが確認できた。

2) 音楽呈示のオンセット効果 (音楽呈示前から音楽呈示区間への変化)：音楽刺激呈示のオンセット効果を調べるために正答率、SCL及びHRの変化について、2被験者群 (順再生曲群 vs 逆再生曲群) × 2区間変化 (音楽呈示前区間の後半 vs 音楽呈示区間の前半) の2要因分散分析を行った。

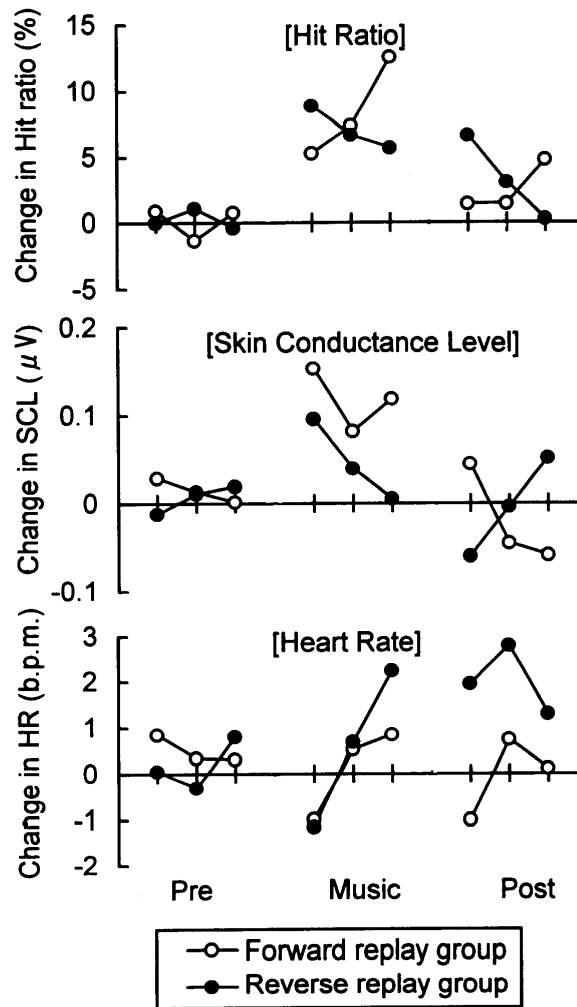


Fig.4 Time series of hit ratio, skin conductance level (SCL), and heart rate (HR) for two subject groups (forward and reverse replay). The upper part of the figure shows mean change of hit ratio. The middle and lower part of figure show mean change of SCL and HR from baseline, respectively. The values in each part of figure indicate the difference between control and music session.

正答率、SCL、HRのそれぞれに区間変化の主効果が認められた (正答率: $F(1/36) = 12.54, p < .05$; SCL: $F(1/32) = 26.35, p < .01$; HR: $F(1/36) = 7.16, p < .05$)。さらに、SCLにおいては、被験者群×区間変化の交互作用の傾向差も認められた ($F(1/32) = 2.82, p < .10$)。3指標にみられた区間変化の主効果は、順再生曲、逆再生曲に関わらず音楽刺激が呈示されたことによって、正答率とSCLが急激に上昇し、その一方でHRが低下したことを示している。正答率とSCLの上昇は音楽刺激入力に伴うビジランスの上昇を反映したものと理解できる。他方、HRの低下については、音楽刺激呈示によるビジランスの上昇が背景にあったことを考慮すれば、定位反応による一過的な変化を反映したと考えられる (Sokolov, 1963)。HRの変化方向が、課題成績やSCLと逆転したことは、刺激-反応特殊性を反映したのかもしれない (Lacey, 1959)。また、SCLにおける被験者群×区間変化の交互作用の傾向差は、逆再生曲よりも順再生曲の方が、SCLを高く上昇させたことを示唆

している。逆再生曲は普段聞き慣れない刺激であり、新奇性の強さから考えれば、順再生曲よりも高いビジランス水準や大きな定位反応を生み出す可能性がある。一方、順再生曲は楽曲構造を備えており、楽曲構造の中には心理的に楽曲の開始・終結感を高める構造も含まれていると推測される。今回の実験データだけでは結論づけられないが、順再生曲呈示に伴う SCL の上昇には、楽曲構造が関与していた可能性がある。

3) 音楽刺激区間：順再生曲、及び逆再生曲の呈示時間に伴う変化を調べるために、音楽刺激前区間と同様に 2×3 の 2 要因の分散分析を音楽刺激区間のデータについて行った。正答率では被験者群 \times ブロックの交互作用の傾向差が認められた ($F(2/56) = 2.65, \epsilon = .77, p < .10$)。この傾向差は、順再生曲呈示中の正答率の上昇に起因しており、順再生曲がブロックの進行に伴い効果的に作用したことがわかる。SCL ではブロックの主効果に傾向差が認められた ($F(2/64) = 2.87, \epsilon = .86, p < .10$)。Fig.3 から、被験者群の主効果や被験者群 \times ブロックの交互作用が期待されたが、有意差は認められなかった。HR においてもブロックの主効果が認められた ($F(2/68) = 12.67, \epsilon = .94, p < .01$)。SCL におけるブロックの主効果の傾向差は、ブロックの進行に伴う SCL の緩やかな低下を示唆しており、順再生曲、逆再生曲の両方に対する慣化の過程を反映したものと理解される。一方、HR におけるブロックの主効果は、ブロックの進行に伴う急激な HR の上昇を示しており、音楽刺激呈示に伴い生じた定位反応に続き、生理的覚醒水準の上昇を反映したものと推測される。

音楽刺激区間でみられた正答率・SCL・HR の独立した変化パターンは、音楽刺激に対する反応にいくつかの過程が存在することを暗示する。順再生曲と逆再生曲の最大の違いは、楽曲構造の有無であり、順再生曲呈示中にみられた正答率の上昇傾向は、刺激入力による単純なビジランスの上昇に加えて、楽曲構造を備えていたことに依る作用が関与したと考えられる。楽曲構造に関連した作用として、本研究では気分の改善や主観的覚醒度における快適性が確かめられている。しかし、正答率が音楽刺激の特徴による作用の違いを示唆したにも関わらず、生理指標に刺激間の相違は反映されなかった。つまり、SCL や HR は単純に刺激入力、もしくは、刺激間に共通の要素、例えば、物理的な刺激量や複雑さに対応して変化したと考えられる。音楽刺激中にみられた SCL の低下は、行動的なビジランスの上昇・維持をよそに、音楽刺激呈示下という環境に対する慣化が速やかに生じていたことを示唆する。一方で、慣化の過程を示した SCL とは対照的に、HR の上昇は生理的覚醒水準の上昇を示しており、正答率の変化に対応する。また、Carter & Beh (1989) は、間欠雑音呈示がビジランス課題成績の低下と HR の上昇をまねくと報告している。本研究において、逆再生曲が順再生曲よりも正答率を相対的に低下させる方向で作用したことで、同時に急激な HR の上昇がみられたことは、2つの指標の変化方向に関していえば、彼らの知見に一致する。

音楽刺激区間で得られた結果は、音楽刺激呈示中には持続的にビジランスが高く維持されていたことを、行動的・生理的側面から支持するものである。さらに、音楽刺激の効果には次の 2つの側面が存在することが示唆された。一つは、主に生理指標によって支持されたが、刺激入力といった順再生曲と逆再生曲に共通した要素に依存してビジランスを高める側面であり、もう一つは、主に気分や主観的覚醒度によって支持されたが、楽曲構造といった音楽的な要素によってビジランスを高める側面である。

4) 音楽のオフセット効果 (音楽刺激から音楽刺激後区間への変化) : 音楽刺激のオフセット効果を調べるために正答率、SCL、及び HR について 2 被験者群 (順再生群 vs 逆再生群) \times 2 区間変化 (音楽呈示区間の後半 vs 音楽呈示後区間の前半) の 2 要因分散分析を行った。正答率においては、区間変化の主効果に傾向差 ($F(1/36) = 3.57, p < .10$) と被験者群 \times 区間変化の交互作用が認められた ($F(1/36) = 4.99, p < .05$)。下位検定の結果、被験者群 \times 区間変化の交互作用は順再生曲群に

おける正答率が順再生曲呈示に伴い低下したことを示した。このことは、逆再生曲呈示後には、残効 (after-effect) によって刺激呈示中のビジランス水準が維持されるが、順再生曲には残効がなく、ビジランスが初期水準に速やかに戻ったことを示唆する。SCL では区間変化の主効果が認められた ($F(1/32)=6.90, p<.05$)。このことは音楽刺激区間でみられた SCL の低下が、音楽刺激終了後にも継続したと考えられる。HR には有意差がみられなかったことから、音楽刺激後も音楽刺激中と同様の水準が維持された、つまり残効が生じていたと推測される。

5) 音楽刺激後区間：音楽刺激後の時間変化に伴う変化を調べるために、音楽刺激後区間のデータを用いて音楽刺激前区間と同様に 2×3 の 2 要因の分散分析を行った。正答率に有意差は認められなかった。SCL には被験者群 \times ブロックの交互作用が認められた ($F(2/50)=4.40, \epsilon = .79, p<.05$)。HR では被験者群の主効果の傾向差 ($F(1/36)=3.04, p<.10$)、及びブロックの主効果 ($F(2/69)=3.20, \epsilon = .96, p<.05$) が認められた。まず、正答率には有意差が認められなかったことから、音楽刺激後区間に依存した行動的な変化はみられなかったと考えられる。一方、生理指標のふるまいは極めて複雑である。本研究の結果には、行動指標と単純な対応関係がみられないことから、音楽刺激後区間における生理指標の変化が覚醒水準の変化だけを反映したとは理解しにくい。音楽刺激後区間において、生理指標を変化させる要因を考えると、覚醒水準以外に音楽刺激の残効、ビジランスの低下に対処するための努力、課題遂行時間の増加に伴うストレスなどが挙げられる。逆再生群における SCL は、正答率の低下とは対照的に音楽呈示後区間で上昇しており、努力やストレスを反映したかもしれない。同様に、逆再生群における HR は音楽刺激区間の後半と同水準を示しているにも関わらず、正答率は低下しており、心拍数の上昇が行動指標に反映されていないことになる。一定水準以下にビジランスが低下した場合に、課題遂行を続けようとするれば、主観的な課題の難易度は上昇すると考えられ、努力や課題負荷の増大をまねくことが知られている (Eysenk, 1979)。Beh (1990) も、ビジランス課題の成績が改善しなくても、課題遂行に対する努力を反映して心拍数は上昇すると述べている。逆再生群における主観的覚醒度は、ストレスに関与する緊張覚醒が上昇していたことを考慮しても、音楽刺激後区間の生理指標のふるまいは覚醒水準以外の要素を反映した可能性がある。音楽呈示終了後の作用に焦点を当てた研究は知られていないことから、この区間の問題については、今後データを蓄積することが望まれる。

まとめと今後の展望

本研究は音楽が課題遂行中のビジランス維持に促進的に働くかを調べる目的で行われた。得られた結果は音楽刺激がビジランス維持に貢献することを支持し、音楽の作用には、刺激入力に依存した側面と、楽曲構造といった音楽的要素に依存した側面があることが示唆された。序論で述べたが、著者らの調査結果では、大半の大学生が単純な作業や運動をする際の音楽聴取に積極的態度を示しており、今回の実験結果は、彼らの音楽行動が有効に機能していることを裏づけたといえる。本研究の実験枠組みから考えると、単調環境に対する音楽のビジランス維持効果が課題遂行を促進したと理解されるが、運動のトレーニング場面における音楽呈示や (Brownley et al., 1995; Templin & Vernacchia, 1995)、映画の背景音楽 (Thayer & Levenson, 1983) は、運動や映画自体の興味・関心を高めることが示唆されており、本研究においても、音楽刺激呈示が課題に対する興味・関心を高めたと考えることもできる。気分の改善が順再生曲だけに認められたことは、音楽が単純にビジランス維持を促進したこと他に、課題に対する積極的な態度を生じさせたことの傍証になるかもしれない。こうした効果が音楽にあるとすれば、反復学習のような教育場面へ音楽を適用すること

は一層有効なものになる。一方、何らかの課題に取り組んでいなくても、音楽自体が自律神経系の活動の変化を引き起こすことは知られており (Henkin, 1957; Davis & Thaut, 1989; Iwanaga et al., 1996)、音楽が課題に対する興味・関心に影響していなかった可能性もある。本研究の結果から、これ以上言及することはできないが、この点については、ビジランスを低下させないにも関わらず、興味や関心をひきにくい課題を用いるか、ビジランスが上昇しても成績が向上しない課題を用いて再度検討してみる必要がある。この他、音楽の効果について、課題に対する興味・関心とビジランスに対する影響を分離して捉えようとするなら、複数の生理指標を組み合わせることで検討することが重要と考えられる。本研究では、皮膚コンダクタンス水準と心拍数を用いたことにより、刺激-反応特性と考えられるふるまいや、2指標の変化の一致・不一致から行動の内的変化を推測することができた。しかし、音楽刺激後区間における生理指標の変化については、不明瞭な部分も残った。今後の研究では、自律神経系の指標に加えて、脳波のような中枢神経系の覚醒水準を反映する指標も合わせて検討することによって、ビジランスとそれ以外の成分を体系的に整理するための分析力を高めることが期待できる。

また、今回の分析では、ビジランス維持に対する音楽の有効性を検討することに焦点を絞ったので、分析区間の数を最小限に設定して、音楽の効果を単純化するように努めた。このことが音楽のビジランス維持効果を把握しやすくしたと考えられるが、オンセット効果やオフセット効果については、分析区間に定位反応成分と定位反応終了後のデータが混在した結果、定位反応成分の検出が不明瞭になった可能性がある。これらの効果をみるには、より細かい分析区間を設定するか、1試行ずつの反応について、皮膚コンダクタンス反応や瞬時心拍数などを利用して検討する必要がある。

最後に、今回得られた結果は、わずかに1つの楽曲を用いて検討した結果にすぎないため、音量やテンポなどの音楽の物理的・楽典的な特徴や、楽曲のもつ感情価など面から、多次的に検討することが望まれる。しかし、順再生曲には、音楽刺激のオンセット効果やオフセット効果として、速やかにビジランスを上昇させ、呈示後は速やかに低下させる特徴がみられたことや、逆再生曲よりもビジランス維持に効果的なことが確かめられた。このことは、応用的な側面を考えた場合、逆再生曲よりも順再生曲の方が扱い易いことを示唆している。今後、多種類の楽曲を用いて検証を繰り返す必要があることは言うまでもないが、本研究では単調な学習場目における音楽の利用可能性について道を開くことができたと考える。勉強しながら音楽を聴くといった、いわゆる「ながら勉強」にも学習に及ぼす促進効果があるとすれば、促進効果を強調できる条件を設定することによって、今後、音楽が教育環境の整備に貢献できると見込まれる。

引用文献

- Bartel, L. R. (1992) The development of the cognitive-affective response test-music. *Psychomusicology*, 11: 15-26.
- Beh, H. C. (1990) Achievement motivation, performance and cardiovascular activity. *International Journal of Psychophysiology*, 10: 39-45.
- Brownley, L. A., McMurray, R.G., & Hackney, A.C. (1995) Effects of music on physiological and affective response to graded treadmill exercise in trained and untrained runners. *International Journal of Psychophysiology*, 19: 193-201.
- Carter, N. L., & Beh, H. C. (1989) The effect of intermittent noise on cardiovascular functioning during vigilance task performance. *Psychophysiology*, 26: 548-559.

- Corhan, C. M., & Gounard, B. R. (1976) Types of music, schedules of background stimulation, and visual vigilance performance. *Perceptual and Motor Skills*, 42: 662.
- Davis, W. B., & Thaut, M. H. (1989) The influence of preferred relaxing music on measures of state anxiety, relaxation, and physiological responses. *Journal of Music Therapy*, 26: 168-187.
- Dember, W. N., Galinsky, T. L., & Warm, J. S. (1992) The role of choice in vigilance performance. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 30: 201-214.
- Eysenk, M. W. (1979) Anxiety, learning and memory: a reconceptualisation. *Journal of Research in Personality*, 13: 363-385.
- Fontaingé, C. W., & Schwalm, N. D. (1979) Effects of familiarity of music on vigilance performance. *Perceptual and Motor Skills*, 49: 71-74.
- Fowles, D. C., Christie, J. M., Edelberg, R., Grings, W. W., Lykken, D. T., & Venables, P. H. (1981) Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, 18: 232-239.
- Gaver, W. W., & Mandler, G. (1987). Play it again, Sam: On liking music. *Cognition and Emotion*, 1: 259-282.
- Geringer, J. M., & Nelson, J. K. (1979) Effects of background music on musical task performance and subsequent music preference. *Perceptual and Motor Skills*, 49: 39-45.
- Henkin, R. I. (1957) A prediction of behavior response patterns to music. *Journal of Psychology*, 44: 111-127.
- Iwaki, T., Hayashi, M., & Hori, T. (1997) Changes in alpha band EEG activity in the frontal area after stimulation with music of different affectional content. *Perceptual and Motor Skills*, 84: 515-526.
- 岩城達也・田中秀樹・林 光緒・堀 忠雄 (1997) 音環境が入眠に及ぼす影響. 第6回日本睡眠環境学会大会報告集, 34-37
- Iwanga, M., Ikeda, M., & Iwaki, T. (1996) The effects of repetitive exposure to music on subjective and physiological responses. *Journal of Music Therapy*, 33: 219-230.
- Lacey, J. I. (1959) Psychophysiological approaches to the evaluation of psychotherapeutic process and outcome. In E.A. Rubinstein & M. B. Parloff (Eds.), *Research in Psychotherapy*. Washington, D. C., American Psychological Association.
- Martindale, C., & Moore, K. (1989) Relationship of musical preference to collative, ecological, and psychophysical variables. *Music Perception*, 6: 431-446.
- Matthews, G., Jones, D. M., & Chamberlain, A. G. (1990) Refining the measurement of mood: The UWIST mood adjective checklist. *British Journal of Psychology*, 81: 17-42.
- McFarland, R. A., & Kennison, R. (1989) Asymmetry in the relationship between finger temperature changes and emotional state in males. *Biofeedback and Self-Regulation*, 14: 281-290.
- McNair, D. M. (1971) *EITS manual for the profile of mood states*. Educational and Industrial Testing Service. San Diego CA.
- Miller, L. K., & Schyb, M. (1989) Facilitation and interference by background music. *Journal of Music Therapy*, 26: 42-54.
- Munro, L. L., Dawson, M. E., Schell, A. M., & Sakai, L. M. (1987) Electrodermal lability and rapid vigilance decrement in a degraded stimulus continuous performance task. *Journal of Psychophysiology*, 1: 249-257.
-

- Nuechterlein, K. H., Parasuraman, R., & Jiang, Q. (1983) Visual sustained attention: Image degradation produces rapid sensitivity decrement over time. *Science*, 220: 327-329.
- Ogata, S. (1995) Human EEG responses to classical music and simulated white noise: Effects of a musical loudness component on consciousness. *Perceptual and Motor Skills*, 80: 779-790.
- Sokolov, E. N. (1963) *Perception and the conditioned reflex*. Pergamon Press.
- Sundstrom, E., & Sundstrom, M. G. (1986) *Work places. The psychology of the physical environment in office and factories*. New York: Cambridge University Press.
- Templin, D. P., & Vernacchia, R. A. (1995) The effect of highlight music videotapes upon the game performance. *Sport Psychologist*, 9: 41-50.
- Thayer, J. F., & Levenson, R. W. (1983) Effects of music on psychophysiological responses to a stressful films. *Psychomusicology*, 3: 44-52.
- Tucker, A., & Bushman, B. J. (1991) Effects of rock and roll music on mathematical, verbal and reading comprehension performance. *Perceptual and Motor Skills*, 72: 942.
- Vanderark, S. D., & Ely, D. (1993) Biochemical and galvanic skin responses to music stimuli by college students in biology and music. *Perceptual and Motor Skills*, 74: 1079-1090.
- Vanderark, S. D., & Ely, D. (1993) Cortisol, biochemical, and galvanic skin responses to music stimuli of different preference values by college students in biology and music. *Perceptual and Motor Skills*, 77: 227-234.
- Vanderark, S. D. & Ely, D. (1994) University biology and music majors' emotional ratings of musical stimuli and their physiological correlates of heart rate, finger temperature, and blood pressure. *Perceptual and Motor Skills*, 79: 1391-1397.
- Winer, B. J., Brown, D. R., & Michels, K. M. (1991) *Statistical Principles in Experimental Design*. Ed 3, McGraw-Hill, New York.