

クラシック音楽を用いた背景音楽のテンポが 心理的負荷作業に与える効果：生理的指標の評価

村上昌志^{†1} 坂本隆^{†2} 加藤俊一^{†3}

概要：本研究は、心理的負荷作業を受けた作業者が作業後に背景音楽のある条件で安静する場合に、音楽のテンポが安静状態である作業者の生体情報に対して効果を与えるかどうかを調査した。本研究では心理的負荷作業として英語のeラーニング教材を使用し、背景音楽としてクラシック音楽を使用した。被験者は日本語を母国語とする大学生4名であった。クラシック音楽のテンポはBPM60, BPM120, BPM180の3条件を使用した。作業者の生体情報としては、心拍間隔の変動時系列データのパワースペクトル密度から得られる周波数帯域の比であるLF/HF比を用いた。LF/HF比を指標とした音楽のテンポ3条件の評価実験に対して一元配置の分散分析を行った結果、テンポの違いはテンポの速い条件に比べてLF/HFを低下させる結果となった ($p < 0.05$)。

キーワード：環境, 音楽, LF/HF比

Effect of Classical Background Music Tempo on a Mental Stress Task: Physiological Evaluations

MASASHI MURAKAMI^{†1} TAKASHI SAKAMOTO^{†2}
TOSHIKAZU KATO^{†3}

Abstract: This research examined the effect of classical background music tempo on the biological information of the worker. Participants were non-English-speaking (Japanese) 4 male university students. We used the e-Learning English test (vocabulary and grammar) as a mental stress task and the ratio of low- to high- frequency heart rates via power spectral analysis (LF/HF) as a physiological index for our evaluation. As a result of a one-way analysis of variance, a significant difference was found between the 3 conditions (BPM60, BPM120, BPM180). We showed that the ratio of low- to high- frequency heart rates via power spectral analysis in the playing classical music environments was smaller than in the no music environment. We suggest that the classical music used in this evaluation had the effect of reducing the ratio of low- to high- frequency heart rates, measured via power spectral analysis, and low tempo classical music had the effect of reducing the ratio of low- to high- frequency heart rates more than high tempo classical music.

Keywords: Environment, Music, LF/HF ratio

1. はじめに

本研究は、背景音楽のテンポの違いが、心理的負荷作業を行った後の作業者の生体情報にどのような影響を与えるのかを調査する事を目的とする。

背景音楽はオフィスや家庭、商業施設など様々な生活環境において空間をデザインする重要な要素として使用されている[1]。特に商業施設においては、消費者が背景音楽を聴取する事によって購買行動を行う環境に対して快適性やポジティブな感情を抱き、購買意欲や満足度が高まるといった結果もある[2]。一方で、こうした背景音楽がオフィスで働く人や家庭で生活する人の作業効率や快適性に対し良い影響を及ぼすのであれば、その効果を積極的に活用し、生産性や快適性を向上させることが望まれる。またこの効果を応用した商業施設の経営や、サービス産業の展開なども期待される。現時点では、背景音楽が学習中や作業中の

聴取者に及ぼす影響について、幾つかの研究報告はあるものの、明確な因果関係が分かっていない。また、音楽と作業効率についての研究結果を調査した論文によれば[3]、音楽が作業に対してポジティブな影響を及ぼした研究とネガティブな影響を及ぼした研究は同数であった。家庭空間における背景音楽の研究事例は少ないが、心理学や福祉学の分野では、音楽が持つリラクゼーション効果に注目し、楽曲構造や再生機器、聴取環境といった要因が及ぼすリラックス効果についての研究が行われている[4][5]。これらの研究では、被験者から得られる生体情報をリラックス効果の客観的指標として扱っている。

このように、音楽が与える効果を調査する研究は様々であるが、音楽のどのような要素が聴取者の快適性に影響を与えるのか明確にはなっていない。よって本研究では、音楽の速さを表すテンポに注目し、音楽のテンポの違いが休息時の聴取者に与える影響の違いを調査した。また、音楽

^{†1} 中央大学 理工学研究科 経営システム工学専攻
Chuo University, Faculty and Industrial Engineering

^{†2} 産業技術総合研究所 人間情報研究部門
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

^{†3} 中央大学 理工学部
Chuo University, Department of Industrial and System Engineering

の効果をより得やすくする目的から、心理的負荷作業後に音楽聴取させる実験を行った。評価する指標として、先行研究と同様に心拍から得られる RR 間隔を周波数変換し、低周波パワースペクトル (LF) と高周波パワースペクトル (HF) の比 (LF/HF 比) を用いる。

2. 方法

2.1 被験者

実験は健常成人である男子大学生 4 名で行った。音楽知識が与える影響を統制する目的から、被験者である学生は事前に音楽の専門的教育の経験および知識の有無について調査を受けた。専門的な教育を受けた事がある、または専門的な知識を有する学生には実験を辞退してもらった。

2.2 実験環境および装置

本節では、実験を行った機器およびソフトウェアについて記述する。実験は図 1 にある照度・色温度・音量レベルを変化させられる室内環境において行われた。被験者が装着した心電測定機は、MEG-6108 (日本光電) を用いた。また心電図の波形データ記録には VitalRecorder (キッセイコムテック) を用い、波形データ解析には BIMUTAS II (キッセイコムテック) を用いた。心電計測の際のサンプリング周波数は 10kHz とした。音源は図 1 中の(4)スピーカーの位置から流した。音源の再生には CD 音源を用い、SONY 製デジタルオーディオコンポーネントを使用した。再生する音楽は、RWC 研究用音楽データベース[6]:クラシック音楽から選曲した[7]。音楽の楽器構成を統制するために、楽器構成がピアノ単体のもの中から選出した。また、音楽のテンポを変化させるにあたって、音響信号処理ソフトウェア Audacity (Audacity Team) を使用し、楽曲の BPM (Beat per Minute) の算出した。楽曲のテンポを変化させる際の機能に基づき、BPM120 であった以下の楽曲を選曲し、楽曲の BPM を 60, 180 に変化させた。

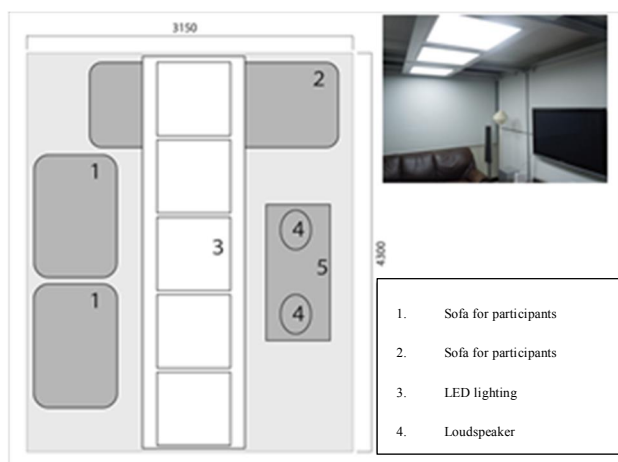


図 1 聴取実験環境

Figure 1 Listening room for data acquisition

心理的負荷を与えるタスクは、TOEIC 受験者向けの e-Learning 用問題を使用した。

実験環境において、楽曲以外の刺激を統制するために、LED 電球で照度と色温度を可変させる照明装置を用いた。本実験では日常空間を想定し、照度を約 1100lx, 色温度を約 3900K で統一した。また温熱環境も日常空間を想定し、20°C で統一した。

表 1 選出した楽曲情報

Table 1 Information about selected music

曲名	Suite <Ma Mère l'Oye> (Mother Goose), 3. Laideronnette, Impératrice des Pagodes
長さ	3 分 25 秒
楽器構成	ピアノソロ演奏

2.3 実験方法

実験参加者は、図 1 の環境において心電測定機を装着し、ソファに着座後、楽な姿勢をとってもらった。また実験開始前に自律神経活動に影響を与えないように、実験開始前の食事・喫煙から 2 時間以上時間を取って行った。

心電の誘導は両手足の II 型誘導を用いた。測定前に心電図の減波形をモニタリングし、正常同調律 R 波を測定できることを確認した後に測定した。測定では心電図測定器装着後、1 分間の順応を行った後、5 分間安静状態での測定、30 分間心理的負荷作業を行っている状態の測定、12 分間作業せずに音楽を聴取している状態の測定を連続して行った。(表 2)。

表 2 実験の流れ

Table 2 Data acquisition sequence

時間 (分)	状態		
0 - 5	安静		
6 - 36	心理負荷作業		
37 - 40	楽曲を 聴きながら 安静 (BPM60)	楽曲を 聴きながら 安静 (BPM120)	楽曲を 聴きながら 安静 (BPM180)
40 - 43			
43 - 46			
46 - 49			

得られた心電図測定結果から、R 波のピーク時間を検出し、RR 間隔を算出した。得られた RR 間隔データに、3 次スプライン補間を用いて 1.2Hz で再サンプリングを行った後に、FFT 法によりパワースペクトル密度を求めた。求めたパワースペクトル密度のうち、低周波成分 (Low

Frequency, LF:0.05Hz～0.15Hz) と高周波成分 (High Frequency, HF:0.15Hz～0.4Hz) の積分値を算出し, 交感神経系活動の指標といわれる LF/HF 比の値を求めた. 音楽を聴きながら安静にしている状態の LF/HF 比の 3 分毎に平均値をそれぞれ BPM60, BPM120, BPM180 条件の群とした.

2.4 安静状態と比較対象状態との差の比較

本研究では背景音楽の有無による LF/HF 比の比較ではなく, テンポの違いによる LF/HF 比を比較することから, 楽曲を聴きながら安静にしている状態と初期 5 分間との間で差を取った. 一つの要因における群とした.

3. 結果

表 3 に初期 5 分間の安静時における BPM 条件毎の LF/HF 比の平均値, および背景音楽を聴きながら安静状態における BPM 条件毎の LF/HF 比の平均値を 3 分毎に示す.

初期 5 分間では, BPM60 では平均値 2.21 ± 1.02 , BPM120 では 3.63 ± 1.78 , BPM180 では 5.21 ± 3.98 となった. 背景音楽を聴きながら安静状態においては, BPM60 では平均値 1.51 ± 0.81 (37~40 分), 1.38 ± 0.38 (40~43 分), 1.85 ± 0.72 (43~46 分), 2.54 ± 0.95 (46~49 分)となった. BPM 条件毎に LF/HF 比の値を比較するために, 得られた安静時 5 分間の平均値と休息時 12 分間の 3 分毎の平均値の差分を計算し, BPM 条件毎の要因とした. 図 3 に各条件における LF/HF 比の値を示す. 図より, BPM180 条件では楽曲聴取時と安静時の間で差は無く, BPM60 条件では安静時よりも LF/HF 比の値が低下しているのがわかる. また, 時間が経過するにつれて, LF/HF 比の値が安静時の値に近づいている事がわかる. BPM3 条件を要因とする一元配置の分散分析を実施した. 結果を図 4 に示す. 分散分析の結果, BPM3 条件の間では有意な差が認められた ($p < 0.05$).

表 3 各条件での平均と標準偏差値

Table 3 Mean \pm SD values in each conditions

	BPM 60	BPM 120	BPM 180
0min - 5min	5.21 \pm 3.98	3.63 \pm 1.78	2.20 \pm 1.02
37min - 40min	1.51 \pm 0.81	2.27 \pm 1.02	1.29 \pm 0.57
40min - 43min	1.38 \pm 0.38	1.60 \pm 0.99	1.78 \pm 1.14
43min - 46min	1.85 \pm 0.72	2.05 \pm 1.25	1.42 \pm 0.53
46min - 49min	2.54 \pm 0.95	2.40 \pm 1.81	1.87 \pm 0.52

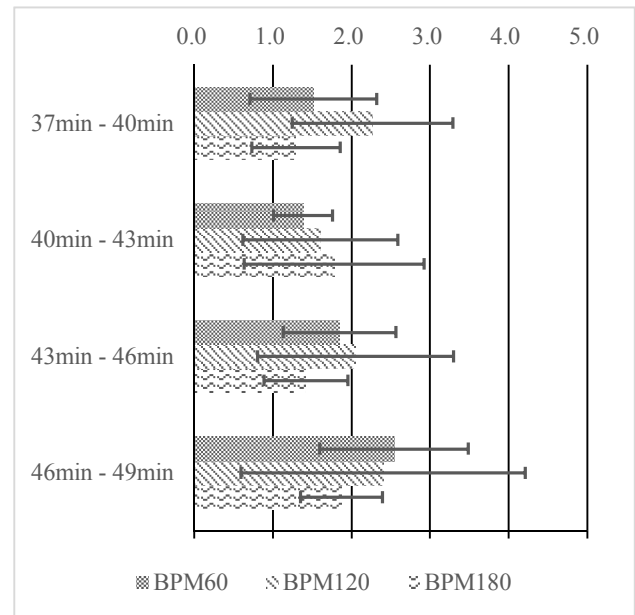


図 2 BPM 条件毎の LF/HF 比平均値
Figure 2 LF/HF ratio mean and SD value while in rest environment

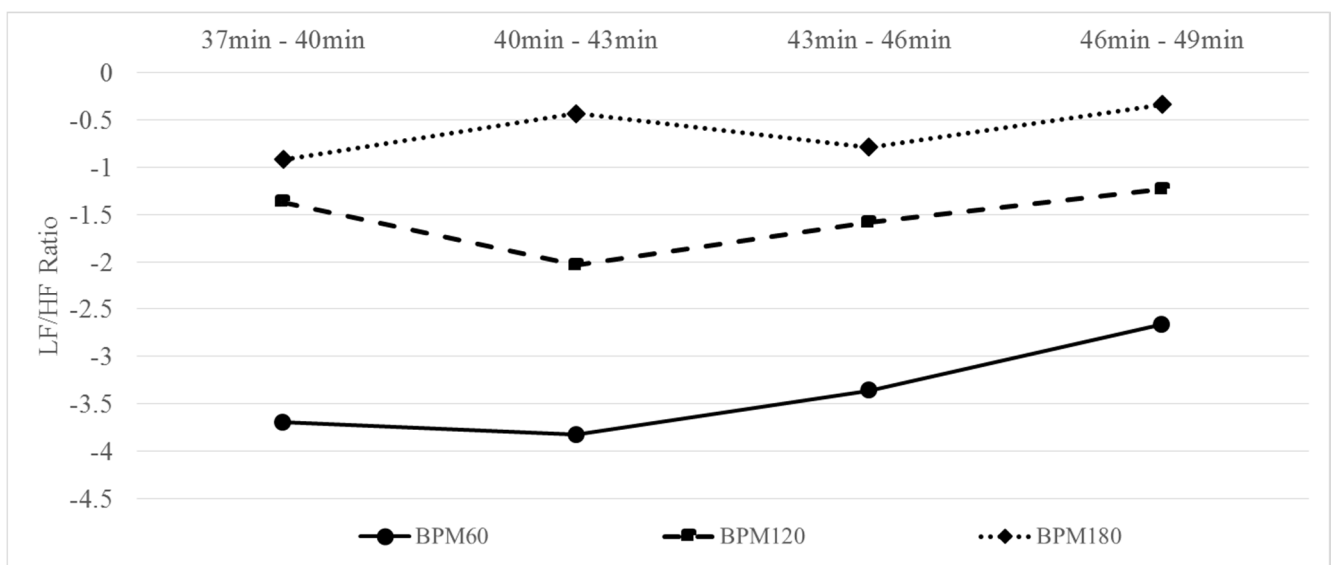


図 3 初期安静時 5 分間と楽曲聴取時 3 分間の LF/HF 平均値の差分

Figure 3 Subtraction of LF/HF ratio during the rest environment (5 minutes) and the rest with classical music environment (3 minutes) mean value for each of the BPM conditions

Summary

Group	Count	Sum	Average	Variance
BPM60	4	-13.55755891	-3.389389728	0.269004051
BPM120	4	-6.212139883	-1.553034971	0.122524452
BPM180	4	-2.475651159	-0.61891279	0.076764725

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-Value	F crit
Between Groups	15.89376735	2	7.946883673	50.90966422	1.23971E-05	4.256494729
Within Groups	1.404879685	9	0.156097743			
Total	17.29864703	11				

図4 音楽のテンポ3条件毎の安静時と休息時のLF/HF比平均値の差分に対する一元配置の分散分析結果

Figure 4 Results of one-way analysis of variance between the BPM conditions (Groups are BPM60, BPM120, BPM180)

4. まとめ

本研究では、心理的負荷作業後の安静時に、テンポを変えたクラシック音楽を聴取し、条件による被験者のストレス状態を調査した。安静状態のLF/HF比の値と音楽聴取時のLF/HF比の値を比べると、どのBPM条件でもLF/HF比が減少する結果となった。このことから、使用したクラシック音楽が、心理的負荷作業後にLF/HF比を減少させ、ストレスの回復に対して有効である事が示唆された。また、BPM条件間で比較すると、テンポの遅い条件のほうがLF/HF比の値が低くなる結果となった。LF/HF比の値は被験者のストレスに対する生理的指標であることから、音楽のテンポが遅いほうが、心理的負荷作業後のストレスが回復する可能性が示された。

謝辞 日頃より、熱心な研究討論や実験への協力を戴く、中央大学理工学部ヒューマンメディア工学研究室の皆様、感性ロボティクス研究センターの皆様に深謝します。

参考文献

- [1] Kotler, P. Atmospherics as a Marketing Tool. 1974, Journal of Retailing, 49(4), p.48-64.
- [2] Milliman, R. E.. The Influence of Background Music on the Behavior of Restaurant Patrons. 1986, Journal of Consumer Research, 13, p.286-289.
- [3] Kampfe, J., Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. 2010, The impact of background music on adult listeners. A meta-analysis Psychology of Music, 39(4), p.424-448.
- [4] Noriko K., Keiko N., Yuki T.. 2005, Research on the Relaxation Effect of Music Therapy. Proceeding of Siebold University of Nagasaki 5, 1-10, 2005-02
- [5] Yohei S., Tetsuo M., Jin S., Hisashi U.. 2005, A Basic Study of Human Engineering on Different Music Environment for Work Efficiency. IEICE technical report, ME and Bio Cybernetics, 105(304), p.43-46, 2005-09-15
- [6] Real World Computing Music Database: (<https://staff.aist.go.jp/m.goto/RWC-MDB/>)
- [7] Masataka, G., Hiroki H., Takuichi N., and Ryuichi O.. RWC Music Database: Music Genre Database and Musical Instrument Sound Database. Proceeding of the 4th ISMIR2003, p. 229-230.