

高音域と低音域分割によるモーツァルト効果の分析

An Analysis of Mozart's Effect with Filtering of Low Range and High Range

林 勲 サティス スレシュタ
I.Hayashi S.Satish
関西大学大学院 関西大学
Kansai University Kansai University

堀江 政生 八塚 彩美 レベイル ジャスミン
M.Horie A.Yatsuzuka J.Leville
朝日放送 朝日放送 ボストン大学
Asahi Broadcasting Co. Asahi Broadcasting Co. Boston University

Abstract It is commonly believed that task performance is improved by listening to Mozart's music. Although this so-called Mozart effect is not often discussed in scientific literatures, those psychological experiments that have addressed it tend to confirm its existence. For example, college students who listened to Mozart's Sonata KV448 scored 8 to 9 points higher on the IQ test than students who had listened to a relaxation tape or listened to no music at all. In another recent study, students who solved a simple visual task while listening to Mozart's music displayed more coherent brain activity. The goal of the present study is to investigate the influence of different types of music on task performance - as measured by error rate and response time on a bank of arithmetic questions - and on brain activity as measured with electroencephalography (EEG). Each musical segment is divided across high- and low-frequencies, so as to test the hypothesis that the observed performance enhancements are driven by a particular frequency range. In particular, eight minutes of Mozart's KV216 (1st mov.) was segmented into high- and low-frequency ranges according to multiple division models. In general, we hypothesized that music would positively influence task performance during a learning phase, when participants become familiarized with the task, and during a subsequent test phase. We also predicted that this benefit would be further reflected in the EEG patterns. Finally, we expected brain activity patterns during the test phase to be similar to those observed in high performing individuals.

1. はじめに

音楽による集中度向上の研究の一つにモーツァルト効果 [1-7] がある。モーツァルト効果とは、モーツァルト作曲のクラシック曲を聴くことによって、聴視者が行なう作業の効率が向上することをいう。このモーツァルト効果は単なる興味範囲の話題ではなく、各種の心理実験による実証研究が行われている。例えば、モーツァルトの音楽 (K.448) を受聴することにより、IQ が 8~9 ポイント上昇したとの報告 [1, 2] がある。また、モーツァルト音楽が視覚刺激の心理実験に影響 [3] を与えることが明らかにされている。さらに、モーツァルト音楽の受聴により、脳内活動値が活性化 [4] され、 γ 波が上昇したとの報告 [5] がある。また、モーツァルト音楽により空間回転タスクの問題の正答率が高くなったとの報告 [4] もある。

本研究では、このモーツァルト効果を分析し、その集中度を高める要因を解明する。アンケート調査によりモーツァルト曲を高音域と低音域に分割し、それらの

音域曲を受聴した前後で、集中度を比較するための計算問題を解く。また、計算問題回答時の脳波を測定し分析する。具体的には、数種類の分割基準により、8 分間のモーツァルト曲 (K.216) を高音域と低音域に分割した。被験者には、それぞれの音域曲を受聴する前後でウェブ回答方式による計算問題を課した。計算中は、被験者の計算問題の正答率と回答時間を観測するとともに、計算中の脳波 (EEG) と曲の受聴中の脳波 (EEG) を計測した。ここでは、これらの結果から、モーツァルト効果と計算能力の向上との関係について議論する。

2. モーツァルト効果の分析法

モーツァルト効果を分析するため、ここでは、モーツァルトヴァイオリン協奏曲第 3 番へ長調 (K.216) 「ストラスブルグ」を選定した。この曲を高音域と低音域に分割する。高速フーリエ変換により全曲を周波数ごとのパワー度数に抽出する。曲分割基準として、高音域と低音域の分割点の候補の周波数を次の 7 種類に定義した。

平均値 (AVE) : 周波数のパワースペクトル密度分布の平均値

中央値 (MED) : 最大周波数と最小周波数の中間値

正規化パワ中央値 (MNP) : 正規化パワースペクトル密度分布の中央値

最頻値 (MODE) : 最大パワ値の周波数

指標 C_1 : 平均値と中央値の中間値

指標 C_2 : 中央値と正規化パワ値中央値の中間値

指標 O : オクターブ境界値の周波数

なお, 指標 AVE , MED , MNP は次式から求める.

$$AVE = \frac{\sum_i f_i p_i}{\sum_i p_i} \quad (1)$$

$$MED = \frac{f_{min} + f_{max}}{2}, \quad (2)$$

$$MNP = \min_i \left| \frac{p_i}{\sum_i p_i} - 0.5 \right| \quad (3)$$

ただし, f_i は i 番目の周波数の値を示し, p_i はそのときのパワ値である.

また, これらの候補値の中間指標として, 周波数平均値と周波数中央値の中間値 C_1 , 周波数中央値とパワ度中央値の中間値 C_2 , オクターブの境界値周波数 O を考慮した. 指標 C_1 と C_2 は次式から求める.

$$C_1 = \frac{AVE + MED}{2} \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{MED + MNP}{2} \quad (5)$$

図 1 に分割結果を示す. 結果は, 周波数の昇順で, $MODE$, MNP , C_2 , O , MED , C_1 , AVE の順となった.

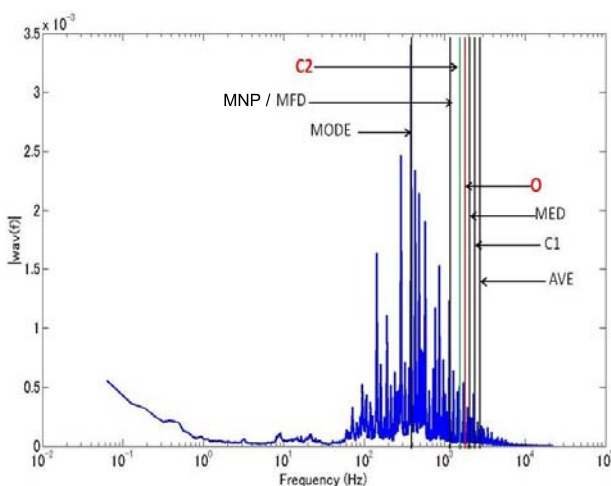


Fig. 1: Division of Music Frequency

さて, これらの分割法の中で最も良い分割値を求める. 分割法の決定は, 被験者が実際に分割された音源を試聴

し, そのアンケート評価から最適な分割法を定めた. 具体的には, 被験者が, 7 種類に分割された高音域と低音域の曲を試聴し「最も高音域と低音域とが分割され, かつ, オリジナル曲に近似している (曲) 分割法」を回答する. ただし, アンケートは 5 段階評価とし, 評価項目は (1: 非常に似ていない, 2: 似ていない, 3: 普通, 4: 似ている, 5: 非常に似ている) とした.

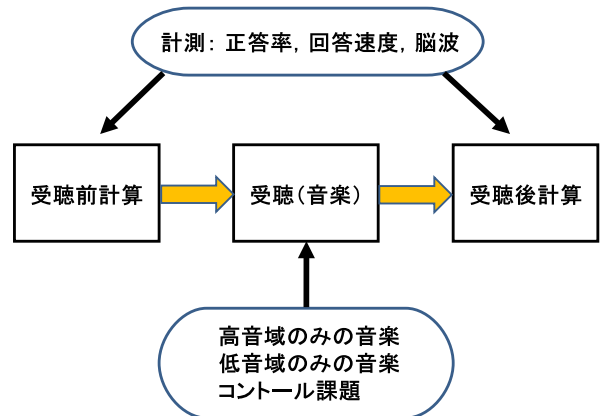


Fig. 2: Process of Experiments

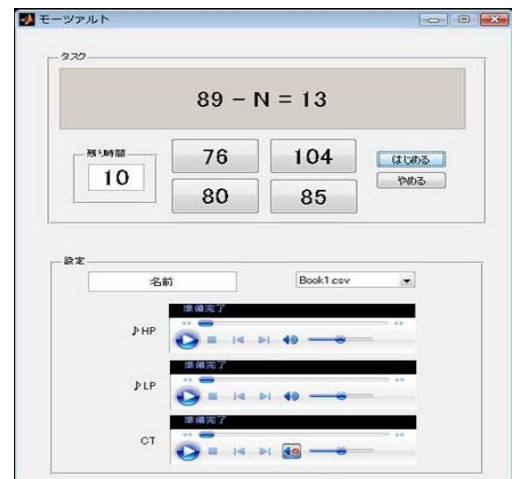


Fig. 3: Numerical Task

7 人の音源分割評価の結果では, 高音域と低音域が分割していると回答した程度は, AVE : 62.2%, MED : 68.4%, MNP : 62.2%, $MODE$: 61.3%, C_1 : 76.8%, C_2 : 77.2%, O : 73.4% となった. ただし, オリジナル曲に類似している評価は, 平均値が 3.03 で標準偏差が 0.83 の分割法 C_2 が最も良く, 平均値が 2.96 の分割法 O が 2 番目に良い結果となった. これらの結果により, 7 種類の分割法の中から, 指標 C_2 (1536.1Hz) と指標 O (1569.6Hz) をモーツァルト効果の実験音源とした.

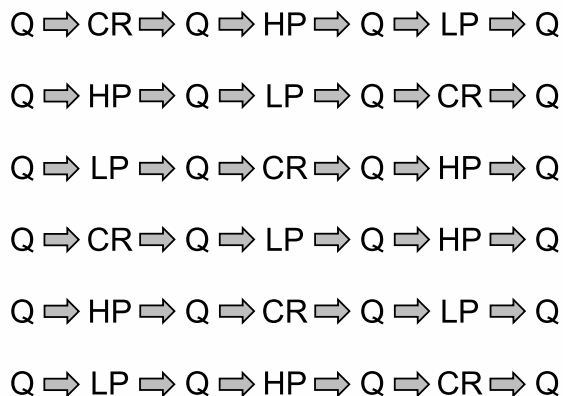


Fig. 4: Sequence of Audition Experiment

3. 実験結果と考察

モーツァルト効果の分析は，計算問題の測定と脳波測定から行った．図 2 に実験の過程を示す．計算問題は，ウェブ入力を用いた小学低学年程度の簡単な穴埋めの計算問題であるが，解より穴埋め箇所を補う逆問題となっている（図 3 参照）．被験者は音源試聴前後でこの計算問題に回答し，その際の正答率と回答時間を観測した．同時に，ティアック社製 *PolymateIIAP216* により，被験者の脳波 (EEG) を測定した．脳波の収録は国際 10-20 法を用い，被験者の頭部の 10 箇所の電極位置で測定した．なお，*AP216* の収録サンプリング周波数は 200Hz である．

実験では，被験者は指標 C_2 (1536.1Hz) と指標 O

(1569.6Hz) で分割された高音域と低音域のモーツァルト曲を受聴して，コントロール課題を含めた合計 5 種類に対して計算問題 (Q) に回答した．受聴では，まず，オリジナルのモーツァルト曲 ($K.216$) を 1 分間受聴し，分割された 2 音源の高音域 (HP) と低音域 (LP) も 1 分間の受聴とした．ただし，分割法を変更して新たな曲を受聴する際には，再度，オリジナル曲を 1 分間受聴することとした．なお，計算結果が音源の受聴順序に依存することを防ぐため，何も受聴しない (無音の安静状態) のコントロール課題 (CR) も加え，これらの両音源とコントロール課題の順序を全順序で並び替えることとした．受聴の曲順番を図 4 に示す．

C_2 と O の 2 種類の分割法に対して，高音域 (HP) と低音域 (LP)，及び，コントロール課題 (CR) に分割すると，音源の順序を並び替えた全組み合わせは 12 通りとなる．21 人の被験者に対して，これらの 2 種類の音源とコントロール課題を与え，計算問題の正答率と回答時間を観測して被験者の脳波を測定した．計算問題の正答率と回答時間の結果を図 5 に示す．受聴前後で最も正答率が改善したのは O 法の低音域であり，0.04 ポイントの改善が見られ，コントロール課題と比較しても 0.04 ポイント高く，集中度が高まっている．また，最も回答時間が改善したのも O 法の低音域であり，平均回答時間は 4.2 秒から 3.3 秒に改善され，コントロール課題よりも 0.76 秒も速く回答して集中度が高まっている．

一方，計算回答中の脳波計測の結果では， FP_1 ， FP_2 ， O の計測点で脳波に大きな違いが見られた．脳波計測の結果の一例を図 6 に示す．分割 O における FP_2 の δ 波 ($1\text{Hz} - 3\text{Hz}$) は，受聴前後でパワ値が上昇し，特に，右前頭葉でより活性化されていることがわかる．右前頭葉での δ 波の上昇と集中度との関係は不明であるが，この結果は大変興味深い．

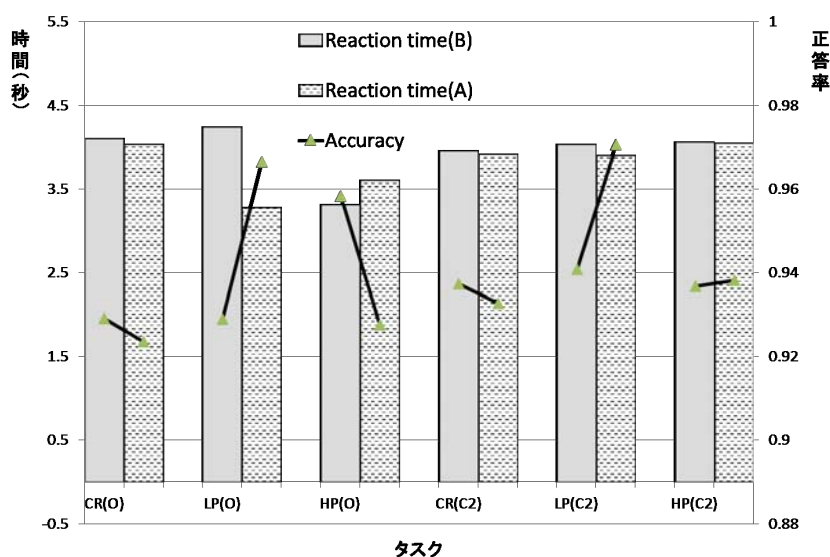


Fig. 5: Task Performance by Mozart's Music

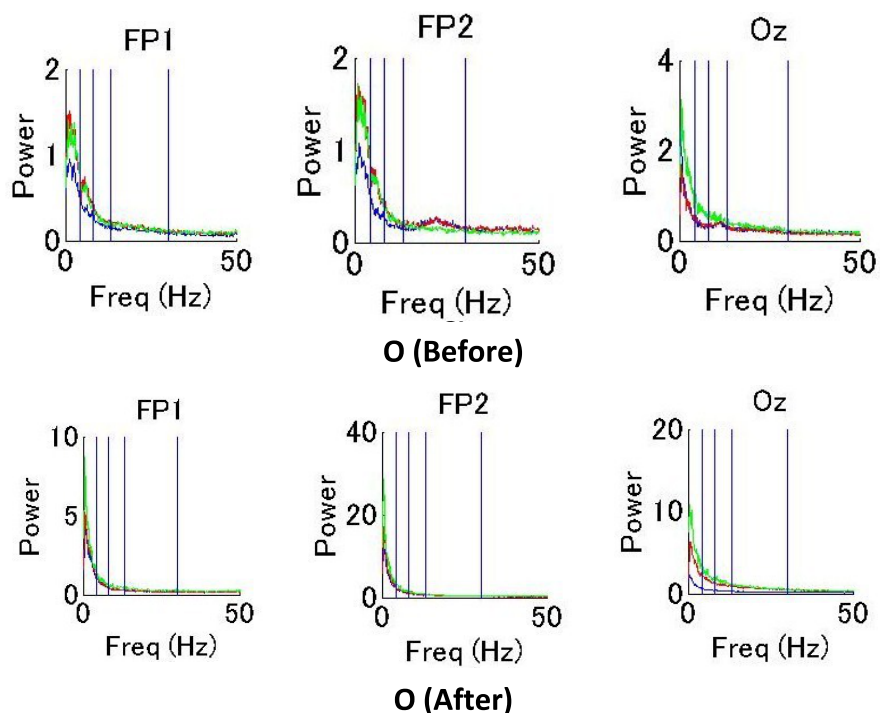


Fig. 6: Brain Activity Measured with EEG

4. おわりに

本研究では、モーツァルト曲を高音域と低音域に分割し、それぞれの音域曲の受聴前後の計算問題の正答率、回答時間、脳波を測定し、モーツァルト効果を議論した。今後、より詳細に周波数を分割し周波数を特定化するとともに、他の音楽についてもモーツァルト効果を検証する必要がある。

本研究の一部は、関西大学研究拠点形成支援経費「脳認知ロボティクスによる橋梁診断スキームの構築」(2013年～2014年)の助成を得た。

また、本実験に際し、朝日放送(株)の堀江 政生氏と八塚 彩美氏、並びに関係者の皆様にご多大なるご協力を頂きましたことに対し深甚なる感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] F.H.Rauscher, G.L.Shaw and K.N.Ky, Music and spatial task performance, *Nature*, vol.365, p.611 (1993).
- [2] F.H.Rauscher, G.L.Shaw and K.N.Ky, Listening to Mozart enhances spatial temporal reasoning: towards to neurophysiological basis, *Neuroscience Letters*, Vol.195, pp.44-47 (1995).
- [3] N.Jausovec and K.Have, The influence of auditory background stimulation (Mozart's sonata K 448) on visual brain activity, *International Journal of Psychophys*, Vol.51, pp.261-271 (2004).
- [4] N.Jausovec, and K.Hae, The influence of Mozart's sonata K.448 on brain activity during the performance of spatial rotation and numerical tasks, *Brain Topography*, Vol.17, pp.207-218 (2005).
- [5] J.Bhattacharya, H.Petsche and E.Pereda, Long-range synchrony in the gamma band: role in music perceptiopn, *Journal of Neuroscience*, Vol.21, pp.6329-6337 (2001).
- [6] N.Jausovec and K.Have, The "Mozart effect": an electroencephalographic analysis employing the methods of induced event-related desynchronization/synchronization and event-related coherence, *Brain Topography*, Vol.16, pp.73-84 (2003).
- [7] N.Jausovec, K.Jausovec, and I.Gerlic, The influence of Mozart's music on brain activity in the process of learning, *Clinical Neurophysiology*, Vol.117, pp.2703-2714 (2006).

[連絡先]

林 勲 関西大学大学院 総合情報学研究科
〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1
tel. 072-690-2448
fax. 072-690-2491
e.mail ihaya@cpii.kutc.kansai-u.ac.jp