

BGM 聴取時の作業効率に関する脳部位の検討

新井良彦, 柏倉健一

群馬県立県民健康科学大学大学院診療放射線学研究科

目的：バック・グラウンド・ミュージック (BGM) が単純作業の作業効率に与える影響を、クラシックとポップスを用いて脳科学的に評価する。

方法：被験者は成人大学生 8 名 (男女各 4 名, 平均年齢 22 ± 0.7 歳)。単純作業の評価スケールとして内田クレペリン検査を用いた。同一被験者において無音時及び BGM 聴取時に内田クレペリン検査を行った。BGM として、クラシック及びポップス各 1 曲を用いた。各試行時に、近赤外計測装置を用いて前頭前皮質の機能測定を行った。

結果：内田クレペリン検査の作業量は、クラシック音楽聴取時に有意に上昇した。また、脳機能計測において単純作業時及び音楽聴取時に賦活を示す部位を特定した。

結論：単純作業に対する BGM の効果は、左外側前頭前皮質に観察された。実験に用いた音楽では、ポップスよりもクラシックの方が賦活は大きかった。

キーワード：バック・グラウンド・ミュージック (BGM), 近赤外計測法, 内田クレペリン検査, 音楽効果, 前頭前皮質

I. はじめに

我々が何らかの作業を行うとき、できるだけ多くの作業をミスなく実施することを求められる場合が多い。バック・グラウンド・ミュージック (BGM) 聴取時に作業効率が上昇し、ミスが減少したという報告¹⁾や空間認知能力及び IQ スコアが一時的に向上したという報告²⁻⁵⁾がある。一方で、空間認知能力や IQ スコアの向上はほとんど認められなかったとする報告⁶⁾もあり、現在も統一性のある結論は出ていない。

また、過去の研究は、いずれも音楽と作業効率との関係のみを評価しており、作業に関連した脳機能変化を同時に観察した研究はない。

BGM が単純作業の作業効率に与える影響を脳機能測定法を用いて評価することは、脳科学のみならず、社会的にも意義があるものと考えている。

II. 目的

本研究の目的は、①BGM の有無による作業量の変化を確認すること、②BGM の種類の違いによる作業量の変化を確認すること、③BGM 聴取下で単純作業を行った時の前頭前皮質の賦活量の変化から、BGM 有無及び種類の違いが作業に与える効果を脳科学的に評価することである。

BGM の有無及び種類による作業量の変化度は、作業スケールを用いて評価する。また、作業実施時に近赤外計測装置を用いて前頭前皮質の賦活量を観察することで、BGM 聴取並びに作業に関連する賦活部位を特定する。さらに、音楽が作業に与える影響を前頭前皮質の賦活応答特性を基準に評価する。

III. 研究対象

対象は健常成人大学生ボランティア8名（男性4名，女性4名，平均 22 ± 0.7 歳，全員右利き）である。

なお，本研究は群馬県立県民健康科学大学倫理委員会の承認を得た（診療放射線技術学研究，新井良彦，2010年）。検査実施に先立ち，被験者候補に対して本研究の目的，学術的意義，検査方法，副作用，協力の任意性，中断の自由，匿名性の保護，データの取り扱い及び保管方法などに関する内容を研究者が文書と口頭により被験者に説明し，書面による同意を得た上で実施した。

IV. 使用機器及び実験方法

前頭前皮質の賦活の有無及び程度を観察するため，近赤外計測装置（株式会社スペクトラテック OEG-16）及び解析ソフト（ビー・アール・システムズ^株 fNIRS Data Viewer）を用いた。

近赤外計測装置の測定原理である近赤外分光法は，近赤外光を用いて血液中の酸化ヘモグロビン（oxygenated hemoglobin, oxyHb）及び脱酸素化ヘモグロビン（deoxygenated hemoglobin, deoxyHb）の濃度変化量を測定する手法である。

波長の異なる2種類の近赤外光（770nm，840nm）を用い，酸化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの吸光スペクトルの違いを利用して，各ヘモグロビン濃度（mmol/mm）の相対変化量を分離測定する。測定されるパラメータは，酸化ヘモグロビン，脱酸素化ヘモグロビン，及び両者を合わせたトータルヘモグロビンの3種類となる。このうち，酸化ヘモグロビンの濃度変化が局所脳血液量と高い相関を持つという先行研究⁷⁾の結果に従い，本研究では酸化ヘモグロビンの濃度変化を脳活動の指標とした。

実験に用いた近赤外計測装置のセンサーの配列と装着例を図1に示す。OEG-16では12センサー（発光6個，受光6個， 6×2 配列）を使用している。これを前頭前皮質相当部直上の皮膚面にセンサーバンドを用いて装着した。

刺激パラダイムを図2に示す。各試行は課題開始前の安静状態測定を20秒，課題負荷を180秒，課題終了後の安静状態測定を20秒とした。各試行の間には約3分間の休憩を挟んだ。測定の様子を図3に示す。

被験者に対し，次の5種類の課題をランダムに実施した。なお，作業量の評価スケールとして「内田クレペリン検査」（土屋書店，2009）（以下クレ

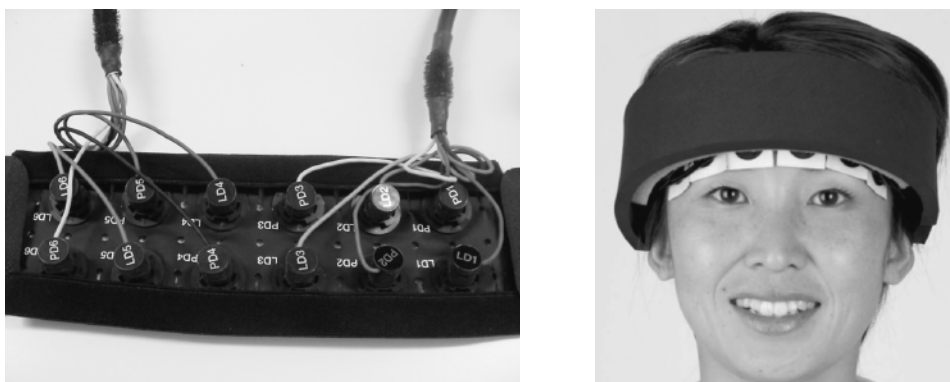


図1 センサーの配列（左）と装着例（右）

発光センサー6個及び受光センサー6個は，センサーバンドに交互に取り付けられている（左）。計測部位は，射出プローブと受光プローブの中間部位となり，計16チャンネル分となる。センサーバンドを写真右のように被験者の前頭前皮質相当部直上の皮膚に密着させるように装着し，測定を行った。

ペリンと略す)を用いた。

○課題① (クレペリンのみ)

静寂状態で、クレペリン検査のみを行った。

○課題② (クラシックのみ)

クレペリンは実施せず、クラシックをBGMとして用いた。

○課題③ (ポップスのみ)

クレペリンは実施せず、ポップスをBGMとして用いた。

○課題④ (クレペリン+クラシック)

クラシックをBGMとして用いた状態で、クレペリンを実施した。

○課題⑤ (クレペリン+ポップス)

ポップスをBGMとして用いた状態で、クレペリンを実施した。

BGMとして用いた音楽はクラシックとポップ



図2 刺激パラダイム

各試行は、課題開始前の安静状態での測定 (20秒)、課題負荷時の測定(180秒)、課題終了後の安静状態での測定 (20秒) から構成される。各被験者に対して、5種類の課題をランダムに試行した。

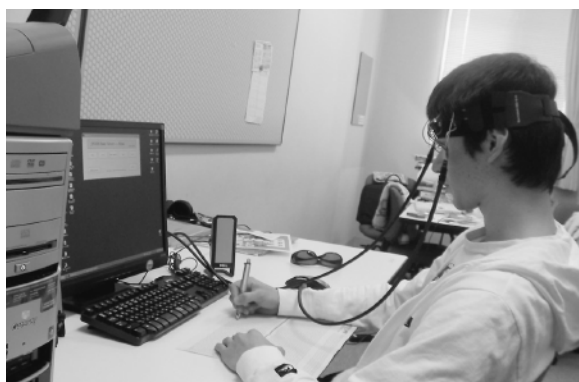


図3 測定の様子

センサーバンドを前頭前皮質相当部に装着し、BGM聴取下でクレペリン検査を実施した。課題① (クレペリンのみ)、課題②と③ (音楽のみ) も同様の状態で行った。

スから各1曲を選曲した。

クラシックは、Classic BEST 100(EMI ミュージック ジャパン) からカノン (作曲/Johann Pachelbel)を選んだ。ポップスは、Best selection 2010 (rhythm zone) から Purple line (作詞/Yoo young jin, Ryoji Sonoda, 作曲/Yoo han jin, JJ650, Yoo young jin) を選んだ。

BGMの音量は、耳障りにならない程度の音量とし、スピーカーから流した。

課題負荷実施時の180秒間の測定データのうち、データとして比較的安定していた測定開始直後及び終了直前の10秒間を除いた中間160秒間を解析に用いた。被験者8人分の加算平均を行った後、チャンネルごとに解析を行った。

なお、1チャンネルのみにアーチファクトが発生したデータは当該チャンネルデータを解析から除外した。

統計解析には Dr. SPSSII for Windows (SPSS Japan) を用いた。

V. 結果

図4は、課題① (クレペリンのみ)、課題④ (クレペリン+クラシック) 及び課題⑤ (クレペリン+ポップス) 実施時のクレペリンの回答数の平均値及び標準誤差を示す ($n = 8$)。課題④及び⑤と

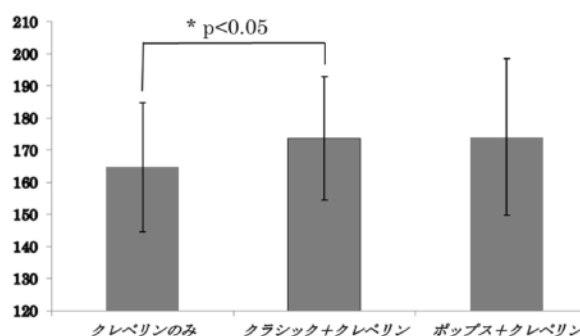


図4 「内田クレペリン検査」の結果

課題① (クレペリンのみ)、課題④ (クレペリン+クラシック) 及び課題⑤ (クレペリン+ポップス) 実施時のクレペリンの回答数の平均値及び標準誤差を示す ($n = 8$)。クラシック聴取時に作業量は有意に増加した ($p < 0.05$)。

もに、課題①よりも平均値が増加したことが分かる。対応のある t 検定の結果、課題①と比較し、課題④の作業量は 5%未満の確率で有意に増加した ($P=0.021$)。一方、課題⑤の増加は有意ではなかった ($P=0.146$)。

図5は、課題①の実施時に、眼窩前頭皮質を中心に右腹外側前頭前皮質、左腹外側前頭前皮質が賦活したことを示す。図右は全被験者の加算平均

画像、図左は対応するチャンネルごとの信号強度グラフである。(以下同様の表記とする)

図6は、課題②(クラシックのみ)及び課題③(ポップスのみ)の実施時に、主として右外側前頭前皮質が賦活したことを示す。ただし、賦活量はポップスよりもクラシックの方が大きかった。

図7は、課題④及び⑤の実施時に、眼窩前頭皮質を中心に右腹外側前頭前皮質、左腹外側前頭前

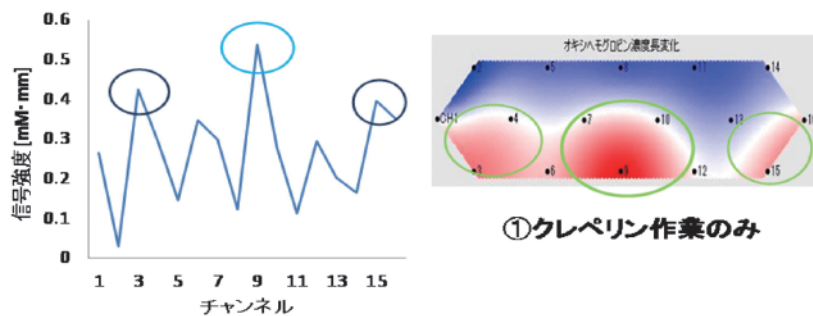


図5 課題①における賦活部位

図左のグラフは、酸化ヘモグロビン濃度の平均値 (mmol/mm) をチャンネル別に表示したもの。図右の画像は、全被験者の酸化ヘモグロビン濃度データを加算平均し、色スケール表示した画像を示す。課題①(クレペリンのみ)の条件では、眼窩前頭皮質を中心に、左腹外側前頭前皮質、右腹外側前頭前皮質が賦活した。なお、特に賦活の大きかった部位を円で囲っている(以下同様の表記とする)。

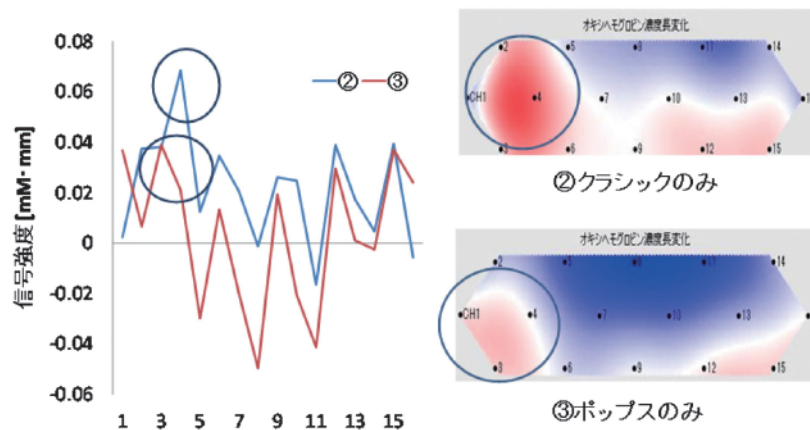


図6 課題②及び課題③における賦活部位

図左のグラフは、酸化ヘモグロビン濃度の平均値 (mmol/mm) をチャンネル別に表示したもの(青線:課題②, 赤線:課題③)。図右の画像は、グラフに対応する全被験者の酸化ヘモグロビン濃度データを加算平均し、色スケール表示した画像を示す。課題②(クラシックのみ)及び課題③(ポップスのみ)ともに、右背外側前頭前皮質が賦活したが、その程度はクラシック聴取時の方が大きかった。

皮質が賦活したことを示す。ただし、賦活量はポップスよりもクラシックの方がわずかに大きかった。

図8は、課題①と課題②を加算した場合に課題④と一致するか否か、及び課題①と課題③を加算した場合、課題⑤と一致するか否かを比較したグラフである。両者ともほぼ一致することが分かる。

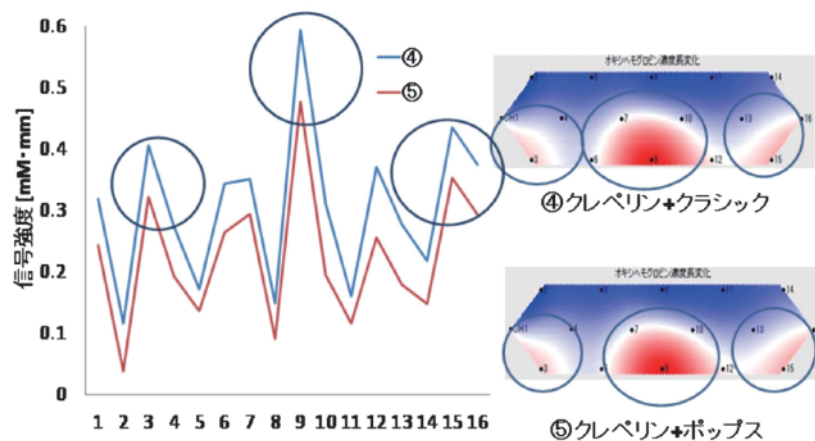


図7 課題④及び課題⑤における賦活部位

図左のグラフは、酸化ヘモグロビン濃度の平均値 (mmol/mm) をチャンネル別に表示したもの (青線：課題④，赤線：課題⑤)。図右の画像は、グラフに対応する全被験者の酸化ヘモグロビン濃度データを加算平均し、色スケール表示した画像を示す。課題④ (クレベリン+クラシック) 及び課題⑤ (クレベリン+ポップス) とともに、眼窩前頭皮質を中心に、左腹外側前頭前皮質、右腹外側前頭前皮質が賦活したが、その程度はクラシック聴取時の方がわずかに大きかった。

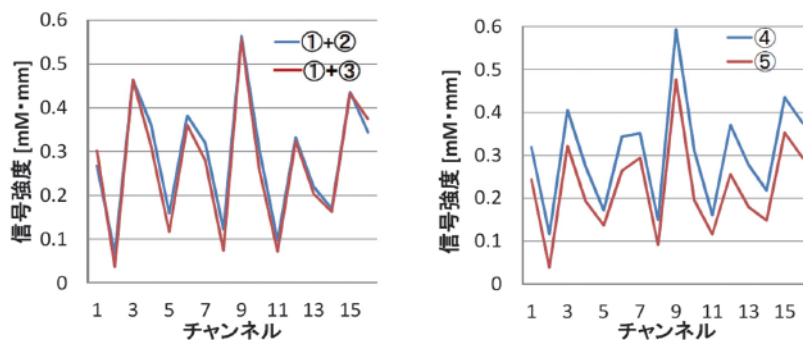


図8 線形性の確認

グラフは、酸化ヘモグロビン濃度の平均値 (mmol/mm) をチャンネル別に表示したもの。左グラフは、青線が [課題①+②]、赤線が [課題①+③] を示す。右グラフは、それぞれ対応する課題④ (青線) と課題⑤ (赤線) の結果を示す。両者はほぼ一致したことから、本実験結果において線形性が保持されていると判断した。

図9は、課題④から課題②を減算した結果 (クラシック聴取時の作業効果)、並びに課題⑤から課題③を減算した結果 (ポップス聴取時の作業効果) を示す。結果から、BGM 聴取時の作業効果は、主として眼窩前頭皮質に観察された。また、クラシック聴取時の方が、ポップス聴取時よりもわずかに賦活量が大きかった。

図10は、課題④から課題①を減算した結果 (作

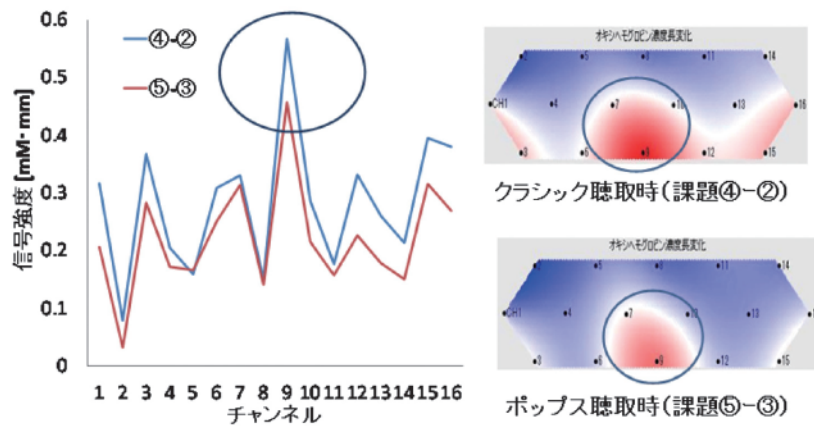


図9 音楽聴取時の作業効果

図左のグラフは、酸化ヘモグロビン濃度の平均値 (mmol/mm) をチャンネル別に表示したもの (青線：課題④—課題②，赤線：課題⑤—課題③)。図右の画像は、グラフに対応する全被験者の酸化ヘモグロビン濃度データを加算平均し、色スケール表示した画像を示す。課題④ (クレペリン+クラシック) の結果から課題② (クラシックのみ) の結果を減算し、クラシック聴取時の作業効果を抽出した。同様に、課題⑤ (クレペリン+ポップス) の結果から課題③ (ポップスのみ) の結果を減算し、ポップス聴取時の作業効果を抽出した。BGM 聴取時の作業効果は、主として眼窩前頭皮質に観察され、その程度はクラシック聴取時の方がわずかに大きかった。

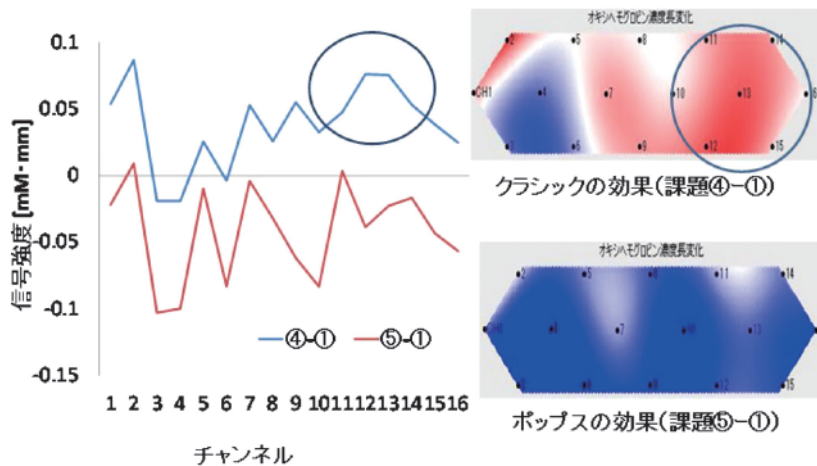


図10 作業時の音楽効果

左のグラフは、酸化ヘモグロビン濃度の平均値 (mmol/mm) をチャンネル別に表示したもの (青線：課題④—課題①，赤線：課題⑤—課題①)。図右の画像は、グラフに対応する全被験者の酸化ヘモグロビン濃度データを加算平均し、色スケール表示した画像を示す。課題④ (クレペリン+クラシック) の結果から課題① (クレペリンのみ) の結果を減算することで、作業時のクラシックの効果を抽出した。同様に、課題⑤ (クレペリン+ポップス) の結果から課題① (クレペリンのみ) の結果を減算することで、作業時のポップスの効果を抽出した。作業時のクラシックの効果は、主として左外側前頭前皮質で観察された。一方、作業時のポップスの BGM 効果は、認められなかった。

業時のクラシックの効果), 並びに課題⑤から課題①を減算した結果(作業時のポップスの効果)を示す。作業時のクラシックのBGM効果は, 主として左外側前頭前皮質に観察された。一方, 作業時のポップスのBGM効果は, 認められなかった。

VI. 考 察

脳活動は, 個別課題による活動変化の積算として扱われ, 線型モデルを前提としている⁸⁾。本実験でも, 線形性が確保されているかどうかを確認するため[課題①+課題②]と[課題④], [課題①+課題③]と[課題⑤]を比較した(図8)。両者ともほぼ一致したことから, 各測定結果に信頼性があると判断した。これを受けて, [課題④-課題②]よりクラシック聴取時の作業効果を, [課題⑤-課題③]よりポップス聴取時の作業効果を抽出した(図9)。

図4から, クラシック聴取時のクレペリン検査の作業量は有意に上昇した。一方で, ポップス聴取時には有意な向上は認められなかった。クラシック音楽聴取が単純作業量の向上につながったという結果は, 同様の労働, 学習環境下におけるBGMの有用性を示すものと考えられる。

また, クラシックとポップスの作業効果の違いは, 図9に示された眼窩前頭皮質の賦活量の違いと関連する可能性を持つ。眼窩前頭皮質は, 一般に情動, 意志決定, 期待に関係するとされ⁹⁾, 特にヒトでは報酬と罰に対する感受性に関連した行動計画を制御していると考えられている¹⁰⁾。音楽の種類による作業効果の違いは, クレペリン検査実施に対する意欲の違いを反映している可能性がある。

時間内にできるだけ多くの単純計算を行う作業では, その作業量は音楽の有無及び種類によって影響を受け, その効果は主として眼窩前頭皮質に観察された。また, その心理的要因は, 被験者の

意欲への効果と推測している。

図10から, 作業時の音楽効果は左外側前頭前皮質の賦活量の上昇と関係することが示された。課題②と③(音楽効果のみ)からは観察されなかった左外側前頭前皮質の賦活は, 当該部位が作業と音楽との相互作用によって生じた可能性を示す。また, クラシックのみにこの効果を認めたことは, 図4及び図9の結果と整合性を持つ。

このBGM効果の違いが, クラシック, ポップス等の音楽ジャンル一般に適用できるものか, あるいは被験者の嗜好等に左右されるものかについては今後の検討が必要である。

VII. 結 論

本研究から, ①BGM聴取により単純作業量の向上が見られた, ②BGM聴取時の作業効果は眼窩前頭皮質に観察された, ③作業時のBGM効果は左背外側前頭前皮質に観察された, ④作業量の変化は音楽の種類によって異なり, その程度は③及び④の結果と整合性を持つことが分かった。ただし, BGM聴取の効果に関しては, 音楽の種類以外にもさまざまな要因が関係する可能性があり, 引き続き検討が必要と考えられた。

参考文献

- 1) 相馬, 松永, 曾我他(2005): 音楽環境の違いによる作業効率に関する人間工学的基礎研究, IEICE technical report. ME and bio cybernetics 105: 43-46
- 2) Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN (1993): Music and spatial task performance. Nature 14: 611
- 3) Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN (1995): Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning towards a neurophysiological basis. Neurosci Lett 6: 44-47
- 4) Rideout BE, Laubach CM (1996): EEG

- correlates of enhanced spatial performance following exposure to music. *Percept Motor Skills*, 82 : 427-432
- 5) Rideout BE, Dougherty S, Wernert L (1998) : Effect of music on spatial performance : a test of generality. *Percept Motor Skills* 86 : 512-514
- 6) Steele KM, dalla Bella S, Peretz I, et al. (1999) : Prelude or requiem for the 'Mozart effect'? . *Nature* 400 : 827-828
- 7) 灰田宗孝 (2002) : 脳機能計測における光トポグラフィ信号の意味, *MEDIX* 36 : 17-21
- 8) MI ポスナー, ME レイクル (1997) : 脳を観る—認知神経科学が明かす心の謎, p 48-53, 日経サイエンス, 東京
- 9) Kringelbach ML (2005) : The orbito-frontal cortex : linking reward to hedonic experience. *Nature Reviews Neuroscience* 6 : 691-702
- 10) Bechara A, Damasio AR, Damasio H, et al. (1994) : Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition* 50 : 7-15

Brain Activation Related to Work Efficiency While Listening to Background Music

Yoshihiko Arai, Kenichi Kashikura

Graduate School of Radiological Technology, Gunma Prefectural College of Health Sciences

Objectives : This study aimed to evaluate the effects of background music (BGM) on work efficiency while listening to classical and popular music by means of neuroscientific methods.

First, we measured the work efficiency with/without BGM using Uchida-Kraepelin test, and found that the efficiency rise “with” background music (BGM). Then we evaluated the effects of BGM on work efficiency by examining changes in brain activation.

Subjects and Methods : Four female and four male undergraduate students participated in the study (mean age, 22 ± 0.7 years). Uchida-Kraepelin test is used as the scale of simple work, and we compared the score of the test with and without music to find the difference.

A classical and a popular music (Pachelbel Canon and Tohoshinki (TVXQ!)), respectively) were used individually for BGM. During each trial, brain activation of the prefrontal cortex was measured using near-infrared spectroscopy (NIRS).

Results : Work efficiency, as measured by the Uchida-Kraepelin test, was significantly increased ($p < 0.05$) when listening to classical music. The functional localization of brain activity in the prefrontal cortex during simple work while listening to music was shown by NIRS measurements.

Conclusions : The effects of BGM on simple work were observed in the left lateral prefrontal cortex. Brain activation was increased when listening to classical music than that of popular music. For both sentences, your alternative suggestion seems to be great!

Key words : background music (BGM), near-infrared spectroscopy (NIRS),
Uchida-Kraepelin test, music effect, prefrontal cortex