

原著論文

## 音楽聴取時の心理的指標と生理的指標の比較

### — NIRSを用いた脳活動計測を通して —

齊藤 忠彦, 小野 貴史

信州大学

## Relationship between Psychological Indices and Physiological Brain Activity

### — Measured by NIRS while Listening to Music —

Tadahiko SAITO and Takashi ONO

Faculty of Education, Shinshu University, 6-ro Nishinagano, Nagano-shi, Nagano 380-0054, Japan

**Abstract :** This study compared psychological and physiological indices while listening to different music compositions to examine whether music compositions that differ in their psychological index also differ in their physiological index. In this study, the physiological index was the brain activity measured by near-infrared spectroscopy (NIRS). First, the psychological indices of six music compositions were determined, from which two music compositions that resulted in opposite affective values were identified. The activity of the brain was measured by NIRS while the subjects listened to these two compositions. A trend was found that the two compositions with different psychological indices were also different in the physiological index, suggesting that the difference in psychological index may be reflected in the brain activity in and around the prefrontal cortex.

**Keywords :** *Listening to music, psychological index, brain activity measurement*

## 1. はじめに

感情の表出には、言語反応、生理反応、行動反応という3つの反応がある。言語反応は質問紙調査などによる心理的指標をもとに、生理反応は心拍、血圧、呼吸、脳波などによる生理的指標をもとに、行動反応は観察などによる行動的指標で計測することができる。感情計測の場面では、心理的指標、生理的指標、行動的指標のいずれかを単独で用いることもできるが、単独よりも複数の指標を同時に用い、各指標を補い合うことが望ましいと言われている [1]。

音楽聴取という行為も感情の表出を伴うものであり、音楽聴取に関わる先行研究の中にも、心理的指標と生理的指標の両指標を用いている研究が見られる。たとえば、心拍、呼吸、脳波、筋電図などによる生理的指標と質問紙調査による心理的指標を用い、パッフェルベルの『カノン』を編曲した3つの楽曲を扱った研究 [2] がある。楽曲が違えば生理的指標、心理的指標ともに異なるという結果を示唆しているが、両指標の関係性についての論議は十分とはいえない。脳血流計測による生理的指標とSD法による心理的指標を用い、打楽器音楽の楽曲を扱った研究 [3] では、生理的指標と心理的指標との関係性に注目しているが、生理的指標の実験参加者が3名ということで、その平均値を用いての考察は制約されるものとなっている。

そこで本研究では、音楽聴取の場面で心理的指標と生理的指標を用い、両指標の関係性に注目する。心理的指標が異なる楽曲は、生理的指標も異なるのか、異なるとしたらどのよ

うな特徴がみられるのかを明らかにすることを研究の目的とする。本研究では、谷口が提唱する音楽作品の感情価測定尺度 (Affective Value Scale of Music, 以下 AVSM) [4] を用いての計量心理測定による心理的指標と、非侵襲的に脳血流を計測することができるNIRS (near-infrared spectroscopy) を用いての脳活動計測による生理的指標の比較検討を行う。なお、脳活動計測時には、身体の動きに伴うノイズの発生を防ぐため、身体はできる限り動かさないように指示しなければならない。そのため本研究では、行動的指標は取り上げないこととする。

本研究の構成は以下の通りである。第2章は、心理的指標を用いた実験を行う。6つの楽曲を取り上げ、音楽作品のAVSMを用いて計量心理測定を実施し、その結果を分析し考察する。第3章は、生理的指標を用いた実験とする。第2章の分析結果を踏まえて、心理的指標が異なる2つの楽曲を取り上げ、NIRSを用いての脳活動計測による結果をもとに分析する。第4章では、心理的指標と生理的指標の実験結果をもとに総合的に考察する。

## 2. 心理的指標を用いた実験

### 2.1 目的

本章は、音楽聴取時における音楽感情価 (音楽作品に対する聴取者感情反応を数値データ化したもの) の心理的指標の算出を目的としている。つまり実験参加者が楽曲を聴取したスタンスにおける数値尺度による感情価評価を計量心理学測定手法を用いて心理的指標を数理的に導き出すことが目的で

ある。音楽の感情的反応に関する研究はSloboda [5] などを中心として様々な角度から実践されてきた。しかしSlobodaの研究は音楽知覚認知の記述説明に力点が置かれており、数理的証明はなされていない。心理統計手法を導入した音楽聴取時の感情価測定の先行研究としては、SD法を用いて8曲の楽曲に対する印象評価を分析した岩下の因子分析的研究 [6]、同じくSD法を用いた川原・野原の音楽鑑賞におけるイメージ言語の研究 [7] などが挙げられる。また、単極評定尺度を用いた研究としては菅・梅本 [8]、Asmus [9] などが挙げられる。前述した谷口の研究 [4] もAsmusの研究における音楽作品に対する聴取サイドの感情反応を測定するための多次元尺度構成によっている。また、岸原・辻 [10] も谷口の提唱した24項目の感情価を表す形容詞を用いて3次元多次元尺度法による分析を行なっている。しかし上に挙げた全ての研究は一般に広く親しまれている有名な楽曲を選んだものであり、その楽曲を既に知っている実験参加者と知らない参加者の間に介在する感情反応の差異についての尺度が明示されていない点が問題となってくる。本研究でひとつの課題となったのは楽曲選出の根拠と整合性の定義づけであった。たとえばSammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., Koelsc, S. [11] は脳波測定によって実験参加者の楽曲に対する親和性を算出する実験結果を発表しているが、18人の参加者に聴取させる10曲の楽曲選定基準はただ単に「有名曲である」という曖昧な選定基準しか述べられていない。そうした選曲に関する問題点を本実験では極力排除することを念頭に置いた。確かにサンプリング楽曲は膨大な量であり、統計学的には無作為抽出という方法が客観的だが、実験参加者が既に知っている楽曲を抽出してしまう確率が高い。既知性は感情価評価上大きなバイアスとなる可能性を予測し、より透明性を保ったデータ収集のために、本実験では楽理に傾斜した選曲とした。

## 2.2 方法

実験方法は、谷口が提唱したAVSMを使い、6楽曲を実験参加者に聴取させ評価してもらった。さらに、それらの得点をクロス集計し、①分散分析、②階層的クラスター分析、③コレスポンデンス分析、④共分散構造分析（構造方程式モデリング）によるパス解析を行なった。

## 2.3 実験

参加者は音楽を専攻する大学生12名（男性4名、女性8名、年齢 $22.6 \pm 1.24$ 歳）とした。また12名全員が音楽実技のみならず「芸術概論」、「ソルフェージュ」、「音楽理論」、「作曲法」、「西洋音楽史」を既習しており、音楽理論及び様々な現代音楽手法に対する予備知識（音楽的スキーマ）がある。その12名に、編成の異なる6つの楽曲を聴取させ、SD法（対義語形容詞による両極評定法）ではなく形容語による単極評定法による感情価評価を実施した。これは対義語が必ずしも因子空間内で対称となるとは限らないというSD法の欠点を補うためである。音楽作品聴取における感情価評価は、実験

参加者がそれぞれの音楽作品について、用紙に記載された形容詞について1から5までの数字で「あてはまる」「あてはまらない」を評価する方法である。この測定を実施するにあたっては、谷口によれば、ある音楽作品が聴取者に対してどのような感情的反応をもたらすかという視点と、その楽曲の持つ感情的性格が聴取者にどのように受け止められるか、という2つの視点が重要視される。また選定した形容詞は、谷口が実験によって算出した24のAVSMによっている [4]。谷口の提唱したAVSMの分類では以下の6つに分類されている。

＜マイナス高揚因子＞沈んだ、哀れな、悲しい、暗い  
 ＜プラス高揚因子＞陽気な、うれしい、楽しい、明るい  
 ＜親和因子＞優しい、いとしい、恋しい、おだやかな  
 ＜強さ因子＞強い、猛烈な、刺激的な、断固とした  
 ＜軽さ因子＞きまぐれな、浮かれた、軽い、落ち着きのない  
 ＜荘重因子＞厳肅な、おごそかな、崇高な、気高い

楽曲については、異なるメディアのために作曲された以下の同時代音楽6曲を後述する選曲基準によって選出した。

- a) スティーヴ・ライヒ『管楽器、弦楽器と鍵盤楽器のためのヴァリエーションズ』（以下、ライヒ）
- b) サルヴァトーレ・シャリーノ『チェロと管弦楽のためのヴァリアツィオーニ』（以下、シャリーノ）
- c) 細野晴臣『N.D.E.』から“Heliotherapy”（以下、細野）
- d) アンリ・プスール『リエージュの3つの顔』から第1曲（以下、プスール）
- e) ジェルジ・リゲティ『演奏会用練習曲集第1巻』から第1番（以下、リゲティ）
- f) プライアン・ファーニホウ『レンマ・アイコン・エピソードラム』（以下、ファーニホウ）

これら6曲は作風上2つのグループに分割されている。グループ①ライヒ、細野はオン・ビートで調性的なサウンドを有しており、リゲティは前2楽曲に比べると複雑なポリリズムと複調的性格ながら楽曲構造が把握しやすく、反対にグループ②シャリーノ、プスール、ファーニホウはビートを知覚しにくく、かつ楽曲構造も複雑であり、音響的には無調で不協和音が中心的な作風である。実験前はグループ①はそれぞれ異なる作風ながらサウンド側面から感情価評価における＜親和因子＞が高く検出され、グループ②と対極を成すと予想した。

なお、筆者は音楽を専攻する大学生20名を同一母集団実験参加者として、本論文と同様の手法により、音楽理論系の授業を未修段階と習得後の1年半の間隔を置いて、同一楽曲6曲によって音楽聴取の親和性と構造把握側面の因果関係及び馴化傾向の変化を調査したが [12]、音楽的スキーマ（理論及び楽曲に対する知識）の構築は音楽的嗜好（親和性）には影響を与えない、という結果を得ることができた。従って、今回の実験ではサンプルサイズは12名と少数であるが、音楽理論及び現代音楽手法に対する予備知識は、実験参加者の個人的音楽嗜好との因果関係は稀薄であるという仮説のもと考察している。

本実験における選曲にあたっては膨大な同時代作品の中から、作風が著しく異なる類似した楽器編成のための楽曲を1対づつ選んだ。これらの選曲では既知性と未聴性の間に介入する感情反応によるバイアスを避けるために、参加者がこれまで聴いたことのない楽曲であることが最重視された。また選曲の対象を同時代音楽（ジャンルを問わず現代音楽と本論文では定義づけしている）に絞った理由は、楽曲の構造的時系列展開が予想しにくく、授業等によって楽理的スキーマが構築された参加者集団における構造的聴取バイアスを避けるためである。ちなみに美学上ではウンベルト・エーコによって楽曲における構造的時系列展開をRéseau（レゾー＝確率系）と定義されている [13]。前述の通り、実験参加者は全員授業で「芸術概論」、「ソルフェージュ」、「音楽理論」、「作曲法」、「西洋音楽史」を既習しており、既存の有名曲（たとえば様々なピアニストによって録音されているモーツァルトのイ短調のソナタ第1楽章など）などは純粋な楽曲聴取ではなく、ソナタ形式の持つレゾーを参加者は楽理的に聴取してしまうと考えたからである。つまりソナタ形式の展開部における作曲技術の構造的聴取、そして演奏の良し悪しなど、楽曲に対する純粋な感情反応とは異なる反応が介入してくる恐れがある。また、筆者は上記授業担当者であり、同時代音楽でも授業で紹介した楽曲は選曲から除外した。

選出された楽曲の編成は a), b) = 管弦楽, c), d) = 電子メディア（エレクトロ・アコースティック作品の総称）, e), f) = ピアノ独奏曲という編成で作曲された作品である。また、それぞれの楽曲は音価密度が高い（発音間隔が短く、テンポが速い）という共通点を有している。さらに選曲及び音源選択として、①全て第2次大戦後に書かれた同時代作品である、②作風が折衷的でないもの、③冒頭からその楽曲の主要要素が提示される楽曲、④録音がデジタル録音でありサウンドがクリアに収録されているもの、⑤電子メディア作品以外はスコアと照合しつつ演奏が正確であること（電子メディアの作品は機械による演奏である）、の5つの基準を設け精査した。また、上記5つの基準を満たしている楽曲を楽理的分析によって＜親和性＞のファクター予想に基づき2つのグループに分割し、6曲に絞り込む手順をとった。

さらに実験後、今回の実験のために選出した6曲をこれまで聴いたことがないことを調査し、未聴の楽曲に対する感情価評価であることを確認した。

感情価測定実験にあたっては冒頭の1分を聴いてから2分間で評価を記入してもらい、冒頭から合計3分で1曲の楽曲聴取を終了するという方法を使った。

## 2.4 結果と考察

まずクロス集計されたそれぞれの楽曲に対する感情価評価データをもとに分散分析によってパワー・アナリシスを実施した結果、24形容詞における楽曲ごとの分散分析では全ての楽曲で有意 ( $p < .01$ ) となった。また、因子分析（バリマックス回転後）の結果は以下（表1）のように算出された。

表1 楽曲別の音楽感情価反応における因子分析結果

楽曲	第1因子	第2因子
ライヒ	-0.060	0.758
シャリーノ	0.807	-0.542
リゲティ	0.823	0.317
ファーニホウ	0.933	-0.162
プスール	0.833	-0.547
細野	-0.115	0.990

Test of the hypothesis that 2 factors are sufficient.  
The chi square statistic is 6.96 on 4 degrees of freedom.  
 $\alpha = 0.05$ , The  $p$ -value is 0.138

この結果  $p$  値は有意とならなかったものの、第1因子ではシャリーノ、リゲティ、ファーニホウ、プスールが、第2因子ではライヒと細野が高い相関を示していることが観察された。

これらの2群を確定的因子と定めその要素を分割するファクターを探索する必要性から、本実験で採用した24形容詞の整合性をワード法階層的クラスター分析で解析した。結果は切断点50での以下5つの階層に分類された。左から順に、1) おだやかな、いとしい、恋しい、優しい【親和因子】、うれしい【プラス高揚因子】、2) 陽気な、楽しい、明るい【プラス高揚因子】、浮かれた、軽い【軽さ因子】、3) 猛烈な、強い、刺激的な【強さ因子】、気まぐれな、落ち着きのない【軽さ因子】、4) 暗い、哀れな、沈んだ、悲しい【マイナス高揚因子】、5) 断固とした【強さ因子】、崇高な、気高い、厳肅な、おごそかな【荘重因子】、となっている。したがって本実験で選定した24形容詞の分類がワード法による階層的クラスター分析でもほぼ適合することが証明された（図1）。

続いて実験に用いられた楽曲と感情価との間におけるカテゴリデータ構造を視覚化するためにコレスポンデンス分析（図2）を行った。コレスポンデンス分析ではプスール、シャリーノと細野の楽曲、及びライヒとファーニホウが感情価評価において対極に位置することが証明された。

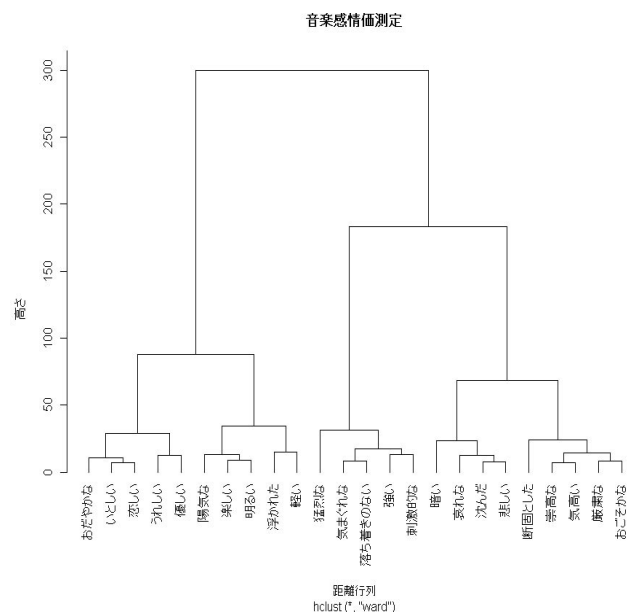


図1 24の形容詞におけるクラスター分析結果

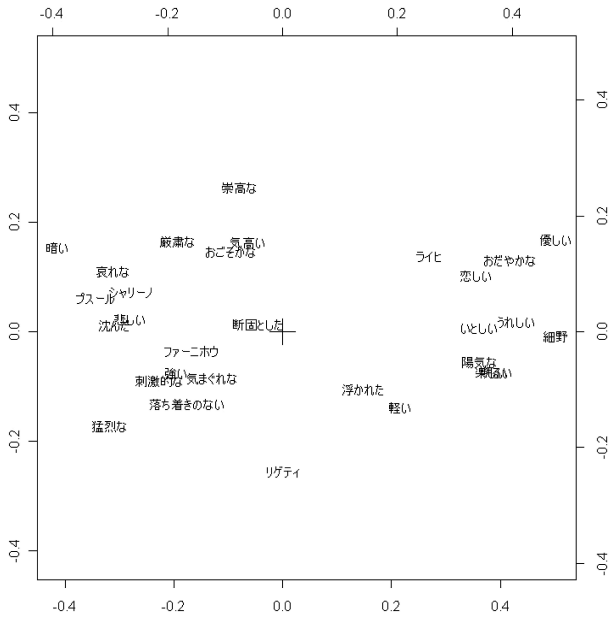


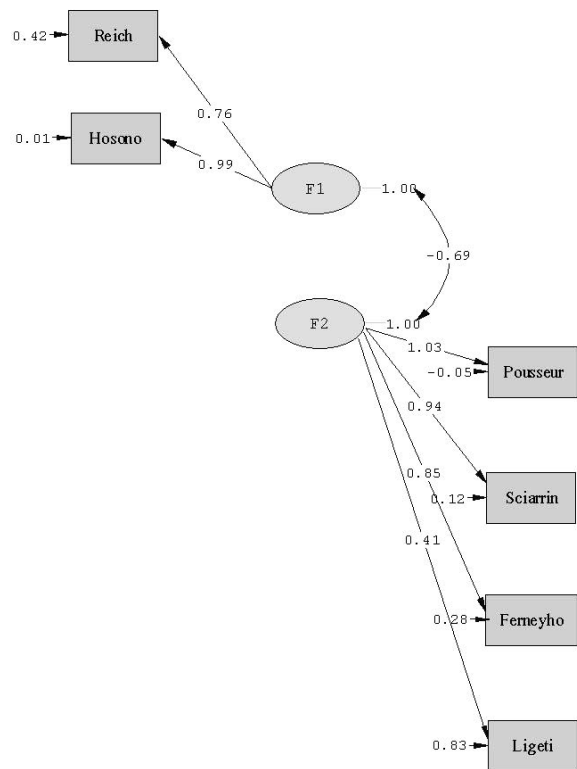
図2 24の形容詞と楽曲のcorespondens分析結果

また、corespondens分析では計測できない間隔・比率尺度データにおける潜在変数間の隠れた構造を探索するために、確定的因子モデルを設定した共分散構造分析によるパス解析(図3)を行った。その結果①プラス高揚因子+親和因子+軽さ因子(浮かれた, 軽い)=(F1)と②マイナス高揚因子+強さ因子+軽さ因子(気まぐれな, 落ち着きのない)+荘重因子=(F2)にカテゴリーが分割された。①のグループにはライヒ, 細野の楽曲が, ②にはプスール, シャリーノ, ファーニホウ(パス解析ではリゲティも含まれる)の楽曲が該当する。共分散構造分析におけるパス図では各楽曲における感情価は全て内生変数であり, 確定的因子モデルとして設定した第1因子(F1)と第2因子(F2)は外生変数であり, 両因子間の差異は-0.69となり対極関係にあると判断した。

楽理的見地からは音価・音色・リズム・和声等の音楽要素から総合的に分析すると, 楽曲構造が最もシンプルなのが細野の楽曲であり, 反対にファーニホウは現代音楽の中でも“新しい複雑性”(New Complexity)と音楽学上ではカテゴライズされる1970年代に台頭した, 極端に複雑な音楽パラメーターを要求する楽派を代表する作曲家であり, 当然楽理的にも楽曲聴取が困難を極める作品である。

ちなみに先述した[12]の実験でもニュー・コンプレキシティシステムの楽曲は極めて低い親和性が観測されている。従って, 今回の聴取実験で得られた結果はリゲティを除いて概ね予想通りのものであったと言える。また, どの統計解析結果でもファーニホウ, シャリーノ, プスールの楽曲群と細野, ライヒの楽曲群に二極分割された原因は, 以下の2つの因子が大きく感情価に影響を与えていると観測できる。

- ①リズム構造(音価要素):リズム知覚が容易な楽曲(オンピートと知覚される)は細野, ライヒ, リゲティである。
- ②旋法的構造(音高要素):楽曲における音高構成におい



Chi-Square=19.76, df=8, P-value=0.01130, RMSEA=0.366

図3 2因子間における構造方程式モデリングによるパス図

て垂直/水平双方の領域で半音階の使用頻度が高く, 協和音和声及び旋法という音高要素を知覚しにくい楽曲はファーニホウ, シャリーノ, プスール, リゲティである。

実験前の予想と異なりリゲティの楽曲が分割された2極群から外れた位置に観測されたのは因子②の旋法的構造が複雑であったという理由が挙げられる。これは先に述べた複調的作風によるものであると判断した。以上の結果, 2因子間で異なる楽器編成のために作曲され, なおかつ因子が大きくかけ離れたファーニホウと細野の楽曲を抽出し生理的指標を用いた実験を行った。

以上, 第2章における心理指標実験手法を総括すると, ①AVSMと楽曲とのパワー・アナリシス=分散分析と因子分析, ②AVSMにおけるグルーピングと切片の確認=階層的クラスター分析, ③AVSMと楽曲との相関関係の可視化=corespondens分析, ④①で観察された確定的因子モデルの立証と可視化=共分散構造分析(構造方程式モデリング)によるパス解析, という4つの手順により対極となる楽曲を2群に分割した。この結果を続く生理的指標を用いた実験のための楽曲選択基準として採用することとした。

### 3. 生理的指標を用いた実験

#### 3.1 目的

第2章の結果より, 細野とファーニホウの楽曲は対照的な感情価をもつことが明らかとなった。そこで本章では, この

2つの楽曲を取り上げる。NIRSを用いた脳活動計測を通して、細野とファーニホウの生理的指標を検討する。

### 3.2 方法

NIRSを用いて大脳皮質の脳血流を計測した。大脳皮質は、厚さ数mmの灰白質（gray matter of brain）の層で、すべての感覚情報が送られ、認知され記憶される部位である [14]。NIRSで使用されている近赤外光が頭皮上から届くのは20mm程度で [15]、ちょうど大脳皮質あたりとなる。なお、NIRSで使用されるレーザー光は5～15mW程度のもので曇天時の太陽光より微弱である。また、照射による皮膚温の上昇は照射直下においても最大1℃程度であり、非侵襲的である [16]。

なお、実験終了後に実験参加者を対象とした簡単な質問紙調査を行った。内容は、聴取した楽曲の「好き嫌い」について、5段階評価（とても好き、好き、どちらともいえない、嫌い、とても嫌い）で回答するものと、楽曲を聴取した感想を自由記述方式で回答するものとした。

### 3.3 実験

#### 3.3.1 実験参加者

実験参加者は第2章で参加した大学生の中から8名を無作為に抽出し、いずれも音楽経験者（経験については前述）で、右利きの大学生8名（男性3名、女性5名、年齢 $22.3 \pm 1.28$ 歳）とした。事前に実験概要や計測装置およびその安全性について説明を行い、文書で同意を得た上で実験を行った。

#### 3.3.2 測定

本研究で使用するNIRSは日立メディコの光トポグラフィ装置（以下、光トポグラフィ）、ETG-4000（図4）である。最大48チャンネルで計測することができるが、脳全域を同時に計測することはできない。大脳皮質は前頭葉（frontal lobe）、側頭葉（temporal lobe）、頭頂葉（parietal lobe）、後頭葉（occipital lobe）の4つからなるが、本研究では、高次機能を司る前頭前野（prefrontal area）を含む前頭葉を中心とした前頭部と、聴覚の情報処理を司る一次聴



図4 ETG-4000

覚野（primary auditory area）を含む側頭葉を中心とした側頭部に限定し、前頭部22チャンネル、右側頭部12チャンネル、左側頭部12チャンネルの計46チャンネルで計測することとした。各チャンネルの配置を図5に示す。これは各チャンネルの配置を頭上から見たものである。中央上の三角の出っ張りは鼻、左右の出っ張りは耳を示す。数値はチャンネル番号を示している。

なお、解析の場面では、前頭部については、前頭前皮質（prefrontal cortex）の辺りの1chから13chまでの計13チャンネルを用いることとする。前頭前皮質は前頭部の中で、その機能が顕著にみられる部位であるからである。また、NIRSの空間分解能は20～30mmにとどまるため、大脳皮質の詳細な部位の特定は行わない。

実験は2010年7～8月に信州大学教育学部音響実験室にて実施した。NIRSは、近赤外光を照射するプローブが組み込まれているホルダーを頭にかぶり脳活動を計測する。ホルダーの装着は、下段のプローブが、国際10-20電極配置法のFpz-T3 (T4)-Ozの曲線と平行となるように装着した。測定時の実験参加者の姿勢は椅子座位とした。体動によるノイズを低減するために、実験中は頭部をできるだけ動かさないように指示した。音楽聴取はCDによる音源再生とし、アンプはA-6（YAMAHA）、スピーカーはNS-1000M（YAMAHA）を用いた。実験参加者の前方約2.0mの位置に実験参加者の耳の高さに合わせてスピーカーを配置した。音圧レベルは平均で70dB程度とした。

#### 3.3.3 実験の手続き

計測ブロックは次のようにデザインした。前レスト(20秒)→タスクI(30秒)→レスト(30秒)→タスクII(30秒)→レスト(30秒)→タスクI(30秒)→レスト(30秒)→タスクII(30秒)→後レスト(30秒)。実験参加者8名のうち4名はタスクIを細野、タスクIIをファーニホウの聴取とした。残りの4名はタスクIをファーニホウ、タスクIIを細野の聴取とした。データの信頼性を高めるために、同じタスクを2回繰り返すようにした。

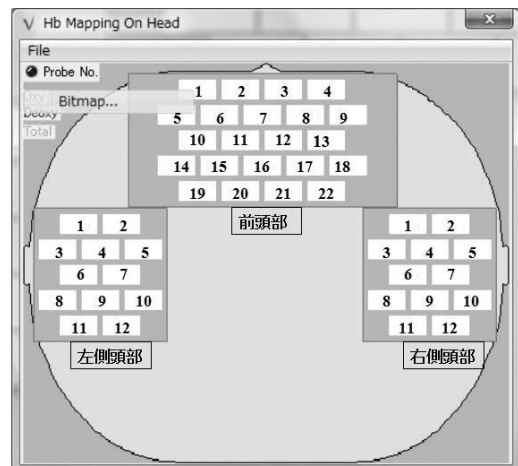


図5 各チャンネルの配置図

### 3.3.4 解析

光トポグラフィでは、酸素化ヘモグロビン（以下、oxy-Hb）、還元ヘモグロビン（以下、deoxy-Hb）の2種類のヘモグロビン量を計測し、それらの総ヘモグロビン（以下、total-Hb）を表示させることができるが、タスクに伴う脳血流（動脈血流）の変化をより反映しているのはoxy-Hbといわれている[17]。そこで、本研究では、oxy-Hbのデータを用いて解析することとした。なお、計測データは、基準状態（レスト）からの相対的な変化に対応した量であり絶対値ではない。単位は、ヘモグロビン濃度（mM）に光路長（mm）を乗じたものでミリモラ・ミリメートル（以下、mM・mm）である。光トポグラフィ本体で計測されたデータを、パーソナルコンピュータに取り込み、ETG4000 V1.63Kを用いて解析を行った。解析の前処理としてノイズチャンネルのデータ除去およびデータのベースライン補正を行った。設定は、タスク直前のPre Timeを5秒、Recovery Timeを20秒、Post Timeを5秒とした。Pre TimeとPost Timeのoxy-Hbの平均値を結ぶ直線をoxy-Hbのベースラインとする線形ベースライン補正は、Integral解析の自動補正機能を利用した。

なお、計測の結果、ノイズチャンネルが多かった実験参加者3名については解析から除外することとし、次の「3.4.結果と考察」では、実験参加者5名分のデータを用いる。

## 3.4 結果と考察

### 3.4.1 前頭部

前頭部における細野とファーニホウの2群の比較を行う。図6は、細野とファーニホウの各タスク（30秒）の時間に伴うoxy-Hbの変化の状況をグラフ化したものである。縦軸はoxy-Hb（mM・mm）、横軸は時間（second）で、実験参加者5名の加算平均波計である。グラフの実線は細野で、波線はファーニホウである。細野は時間経過とともに、oxy-Hbがやや減少しているのに対し、ファーニホウはやや増加していることがわかる。

前頭部の13チャンネルそれぞれについて、2回分のタスク（25秒間）のoxy-Hbの平均値を算出した。実験におけるタスクは各30秒としたが、最初の5秒はタスクの立ち上がりが必要とされる時間と判断し、ここでは25秒間の平均値を用いた。続いて、それらの値をもとに前頭部の全13チャンネル分のoxy-Hbの平均値を算出する。これらは実験参加者別に行う。

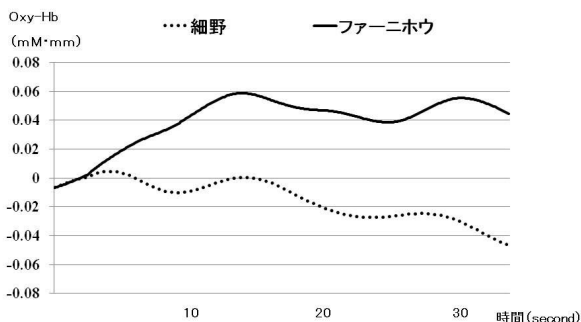


図6 前頭部のoxy-Hbの変化

次に、5名の実験参加者の全13チャンネル分のoxy-Hbの平均値をもとに分散分析（一元配置反復）を行った。その結果、2群間に有意傾向がみられた（ $F(1, 4) = 4.97, p < .1$ ）。前頭部においては、細野の方がファーニホウのoxy-Hbより高いという傾向である。

### 3.4.2 右側頭部

右側頭部における細野とファーニホウの2群の比較を行う。図7は、細野とファーニホウの各タスク（30秒）の時間に伴うoxy-Hbの変化の状況をグラフ化したものである。縦軸はoxy-Hb（mM・mm）、横軸は時間（second）で、実験参加者5名の加算平均波計である。細野、ファーニホウともに、時間経過とともにoxy-Hbがやや減少している傾向がみられる。

右側頭部の12チャンネルそれぞれについて、2回分のタスク（25秒間）のoxy-Hbの平均値を算出した。実験におけるタスクは各30秒としたが、最初の5秒はタスクの立ち上がりが必要とされる時間と判断し、ここでは25秒間の平均値を用いた。続いて、それらの値をもとに右側頭部の全12チャンネル分のoxy-Hbの平均値を算出する。これらは実験参加者別に行う。次に、5名の実験参加者の全12チャンネル分のoxy-Hbの平均値をもとに分散分析（一元配置反復）を行った。その結果、2群間に有意差はみられなかった（ $F(1, 4) = 0.33, n.s.$ ）。右側頭部においては、細野とファーニホウの2群には違いはみられない。

### 3.4.3 左側頭部

左側頭部における細野とファーニホウの2群の比較を行う。図8は、細野とファーニホウの各タスク（30秒）の時間に伴うoxy-Hbの変化の状況をグラフ化したものである。縦軸はoxy-Hb（mM・mm）、横軸は時間（second）で、実験参加者5名の加算平均波計である。右側頭部では、細野、ファーニホウともに、時間経過とともにoxy-Hbがやや減少している傾向がみられたが、左側頭部では、その傾向はみられない。

左側頭部の12チャンネルそれぞれについて、2回分のタスク（25秒間）のoxy-Hbの平均値を算出した。実験におけるタスクは各30秒としたが、最初の5秒はタスクの立ち上がりが必要とされる時間と判断し、ここでは25秒間の平均値を用いた。続いて、それらの値をもとに左側頭部の全12チャ

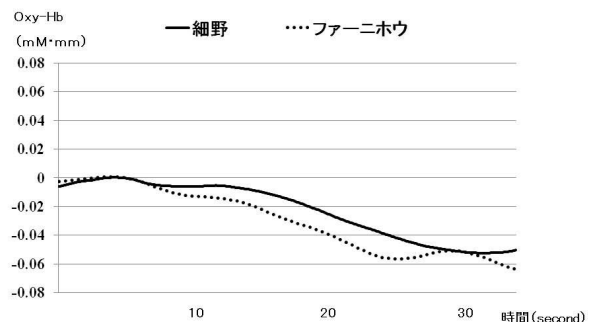


図7 右側頭部のoxy-Hbの変化

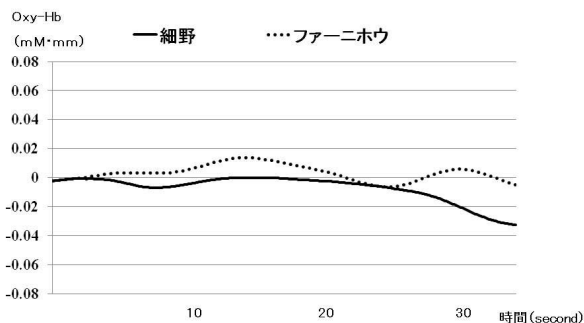


図8 左側頭部のoxy-Hbの変化

ンネル分のoxy-Hbの平均値を算出する。これらは実験参加者別に行う。次に、5名の実験参加者の全12チャンネル分のoxy-Hbの平均値をもとに分散分析（一元配置反復）を行った。その結果、2群間に有意差はみられなかった ( $F(1,4) = 2.76, n.s.$ )。左側頭部においては、細野とファーニホウの2群には違いはみられない。

#### 4. 総合考察と今後の課題

本研究では、第2章で心理的指標を用いた実験、第3章で生理的指標を用いた実験を行った。第2章では6つの楽曲を取り上げ、実験参加者12名を対象に実験を行った。その結果、細野とファーニホウは対照的な感情価をもつことが明らかとなった。そこで第3章では、細野とファーニホウの2つの楽曲を取り上げ、実験参加者5名のデータをもとに分析を行った。その結果、細野とファーニホウでは、前頭部のoxy-Hbが有意に異なる傾向がみられた。前頭部は前頭前皮質と呼ばれる辺りを含む。ここは最も高次な脳機能に関わっている重要な部位といわれている [18]。右側頭部および左側頭部においては有意差がみられなかったことから、心理的指標の違いが、前頭前皮質周辺の活動に反映している可能性を指摘することができた。

表2は、細野とファーニホウについて、第2章と第3章の結果を一覧で示したものである。

表中の第3章の「好き嫌い」の欄は、それぞれの楽曲についての親和性5段階評価の数値を得点化したもので、その平均値と標準偏差である。「自由記述」の欄は、自由記述の中から感情に関わるキーワードのみを取り上げて記したもので

表2 細野とファーニホウの比較

	第2章	第3章		
	心理的指標 (音楽感情価)	好き嫌い	自由記述	生理的指標
細野	プラス高揚因子+親和因子+軽さ因子(浮かれた, 軽い)	4.2(0.84)	おもしろい, 落ち着く, おだやか, 明るい, ふわふわ, 安心	前頭部のoxy-Hbが減少する傾向
ファーニホウ	マイナス高揚因子+強さ因子+軽さ因子(気まぐれな, 落ち着きのない)+荘重因子	2.8(1.48)	びっくりする, 圧迫感, ドキドキ, 鋭い, 暗い, こわい	前頭部のoxy-Hbが増加する傾向

ある。これらと第2章の心理的指標を重ね合わせてみると、細野については、プラス高揚因子と親和因子が強く、好感度も4.2と高く、自由記述では「おもしろい」「落ち着く」というように、プラスイメージの要素が強い。これに対して、ファーニホウは、マイナス高揚因子と強さ因子が高く、好感度は2.8と低く、自由記述では「びっくりする」「ドキドキ」などのマイナスイメージの要素が強い（ただし、現代音楽美学においては、これらの表現はネガティブな感情反応であるとは言い難いことを付記しておく）。軽さ因子については細野は「浮かれた」、軽い、ファーニホウは「気まぐれな」、落ち着きのない」と感情価評価は2つに分かれた。本研究を通して、プラスイメージの強い細野は、前頭部のoxy-Hbが減少する傾向、そして、マイナスイメージの強いファーニホウは前頭部のoxy-Hbが増加する傾向をみる事ができた。音楽経験者では、音楽聴取に対する没入時に、前頭部の活動が低下するという研究報告 [19] があるが、本研究においてもプラスイメージが強い細野の楽曲の聴取時には、実験協力者が音楽に没入しているという可能性がある。これはTh.W. アドルノが提唱した情緒的聴取 [20] という現象と類似している。それに対して、マイナスイメージが強いファーニホウの楽曲の聴取時は、没入には至っていないという解釈ができなくはない。さらにリズム構造と旋法的構造が稀薄なファーニホウの楽曲においては、複雑な音響の法則性を把握しようとする聴取形態、つまり同じくアドルノの提唱する構造的聴取 [20] の働きが生理的指標の変動に作用している可能性がある。

以上、音楽聴取時に心理的指標が異なる楽曲は、右側頭部および左側頭部における生理的指標の違いはみられないが、前頭部の前頭前皮質周辺の生理的指標が異なるという可能性を示唆することができた。一次聴覚野を含む右側頭部および左側頭部において特徴がみられなかったことについての検討は、今後の課題となる。本研究の生理的指標では、2つの楽曲について実験参加者5名のみ結果をもとに分析し考察したもので、取り上げた楽曲数および実験参加者数は限られている。今後は、複数の楽曲を取り上げ、実験参加者を増やした実験を行い、心理的指標と生理的指標の関係についての検討をさらに深めたいと考えている。

#### 謝辞

本研究は、科学研究費（課題番号：23330256）の助成を受けて実施した。本実験に協力していただいた実験参加者の皆様に謝意を表します。

#### 参考文献

- [1] Bradley, M. M., Lang, P. J.: Measuring emotion: Behavior, feeling, and physiology, *Cognitive Neuroscience of Emotion*, Oxford University Press, pp.242-276, 2000.

- [2] 松井琴世, 河合淳子, 澤村貫太, 小原依子, 松本和雄: 音楽聴取による生体反応に関する生理・心理学的研究, 臨床教育心理学研究, 29, 1, pp.43-57, 2003.
- [3] 亀井且有, 青山美由夏, 木下雄一朗, クーパー・エリック, 星野孝総: SD法による心理計測および近赤外分光法による生理計測にもとづく打楽器音楽の感性評価, 日本感性工学会研究論文集, 6, 4, pp.67-75, 2006.
- [4] 谷口高士: 音楽作品の感情価測定尺度の作成および多面的感情状態尺度との関連の検討, 心理学研究(日本心理学会) 65, pp.463-470, 1995.
- [5] Sloboda, J.: Exploring the musical mind, Oxford University Press, pp.175-240, 2005.
- [6] 岩下豊彦: 情緒的意味空間の個人差に関する一実験的研究, 心理学研究 43, pp.188-200, 1972.
- [7] 川原浩・野原健彦: 音楽教育における実験的研究II - 享受体験におけるイメージの言語化に関する分析, 広島大学教育学部紀要第4部, 26, pp.75-85, 1977.
- [8] 菅千索・梅本堯夫: 音楽の情緒的意味次元の分析(1), 日本心理学会第47回大会発表論文集, p.155, 1983.  
菅千索・梅本堯夫: 音楽の情緒的意味次元の分析(2), 日本心理学会第48回大会発表論文集, p.107, 1984.
- [9] Asmus, E. P.: The development of a multidimensional instrument for the measurement of affective responses to music, Psychology of Music, 13, pp.19-30, 1985.
- [10] 岸原万梨子・辻光宏: 感情価を用いた音楽作品分類への試み, 情報処理学会研究報告, 音楽情報科学, 113, pp.33-36, 2006.
- [11] Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., Koelsch, S.: Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music, Psychophysiology, 44, pp.293-304, 2007.
- [12] 小野貴史: 音楽的スキーマ構築過程における聴取馴化測定, 学校音楽教育研究, 14, pp.101-102, 2009.
- [13] ウンベルト・エーコ著, 篠原資明, 和田忠彦訳: 開かれた作品, 青土社, p.146, 2002.
- [14] A.R.クロスマン, D.ニアリー著, 野村巖, 水野昇訳: 神経解剖カラーテキスト, 医学書院, p.149, 2008.
- [15] 山本大誠, 森川孝子, 中前智通, 松尾善美, 奈良勲: 近赤外分光法を用いた脳光イメージングの現状と可能性 - 文献的考察, 神戸学院総合リハビリテーション研究, 1, 1, p.84, 2006.
- [16] 福田正人: 精神疾患とNIRS - 光トポグラフィ装置による脳機能イメージング -, 中山書店, p.224, 2009.
- [17] 灰田宗孝: 光トポグラフィを用いた学会発表・論文作成のポイント, 日立メディコユーザー会資料, p.20, 2008.
- [18] M.J.T.フィッツジェラルド, ジーン・フォラン=カーラン著, 井出千東, 杉本哲夫, 草田正男訳: カラー臨床神経解剖学機能的アプローチ, 西村書店, p.261, 2008.
- [19] 須田一哉, 森悠太, 山岡晶, 八田原慎吾, 片寄晴弘: f-NIRSによる音楽聴取時の没入感に関する検討, 情報処理学会研究報告, 2006(19), pp.41-46, 2006.
- [20] Th.W.アドルノ著, 高辻知義, 渡辺健訳: 音楽社会学序説, 平凡社, pp.18-51, 2007.

#### 齊藤 忠彦 (正会員)



1998年信州大学大学院教育学研究科修了。長野県内公立中学校教諭を経て、現在、信州大学教育学部准教授。初等・中等音楽科指導法を中心とした授業科目を担当。音楽科指導法の開発に関する研究および音楽教育と脳科学に関わる研究に従事。日本音楽教育学会、日本教育工学会、日本音響学会、各会員。

#### 小野 貴史 (非会員)



2000年東京学芸大学大学院修士課程修了。現在、信州大学教育学部准教授。日本交響楽振興財団作曲賞(1998年)、文化庁舞台芸術創作奨励賞(1999年)、日本音楽コンクール作曲部門第1位(2000年)、ISCM World Music Days シェトゥットガルト大会(2006年)、名古屋文化振興賞(2008年)、ユトレヒト管楽アンサンブル国際作品公募(2010年)、ドイツ・ジーモン出版社作曲賞(2011年)等に入選・入賞。“Ensemble sans-limite”ディレクター、音楽音響芸術研究会事務局長。日本作曲家協議会、日本音楽知覚認知学会各会員。