

## &lt;学術論文&gt;

**音楽鑑賞における楽曲の違いが脳血液動態に及ぼす影響**

## —光トポグラフィによる計測をもとに—

齊藤忠彦 信州大学教育学部芸術教育講座

キーワード：音楽鑑賞，光トポグラフィ，脳血液動態

**1. はじめに**

音楽鑑賞において楽曲が違っていると気分が変わるという経験は誰もがもつものである。このことに関わる音楽認知研究の手法には、被験者を対象とした質問紙調査によるもの(大場・戸田, 2004)、被験者の脈拍数や呼吸数といった生理反応計測によるもの(松井・河合ほか, 2003; 廣岡, 2008)、被験者の脳波計測によるもの(松井・河合ほか, 2003; 貫・長田ほか, 2004)などがある。そして、近年注目されている手法の一つに、被験者の脳血液動態を計測する近赤外分光法を用いた研究がある。

近赤外光を頭皮上から照射し<sup>1)</sup>、その反射光によって、脳活動により賦活した細胞に酸素を供給するために変動するヘモグロビン量を計測するのである。ヘモグロビンには、酸素化ヘモグロビン(以下, oxy-Hb)と還元ヘモグロビン(以下, deoxy-Hb)があり、計測データは、それらの濃度の相対量の変化<sup>2)</sup>として表示される。光ファイバを取り付けてあるプローブを頭に被るだけで無侵襲的に大脳表面近傍の脳血液動態を計測することができる。岩坂・菅生ら(2007)は、近赤外分光法を用いて、楽曲の違いによって前頭葉のoxy-Hbの変化に違いがあることを指摘しているが、1チャンネルの近赤外酸素モニタを用いているため、前頭葉以外の部位の計測データが不足している。そこで、本研究では、前頭葉および左右側頭葉を含む脳の広範の部位を対象とし、音楽鑑賞における楽曲の違いが脳血液動態に及ぼす影響について、計46チャンネルの計測装置を用いて検証することとする。

**2. 実験****2.1 実験目的**

近赤外分光法により脳血液動態を計測することができる光トポグラフィ装置(以下, 光トポグラフィ)を用いて、曲趣の異なる複数の楽曲を被験者に提示したときの脳血液動態を計測する。

**2.2 実験方法****(1) 被験者**

被験者は右利きの大学生6名(男性3名, 女性3名)とした。事前に計測装置や実験概要、その安全性についての説明を行った後に、被験者一人ひとりから実験の同意を得た。

(2) 装置

計測装置は、日立メディコの ETG-4000 を用いた。前頭ホルダ 22ch, 左右側頭ホルダ 12ch×2 の計 46ch で計測した。プローブの装着位置は、国際 10-20 電極配置法に基づくように配慮し装着した。測定時の被験者の姿勢は椅子坐位とした。

音楽を再生する音響装置は、アンプ A-6 (YAMAHA),

スピーカー NS-1000MONITOR (YAMAHA) を用いた。被験者の前方約 2.0m の位置に、被験者の耳の高さにあわせて左右の 2 台のメインスピーカーを配置した。音圧レベルは最大で 70.0dB 程度とした。図 1 は実験の様子を示すもので、手前が ETG-4000 本体、被験者は本体からケーブルで接続されたホルダを装着している。図 2 は各チャンネルの配置を頭上から見たものである。中央部の上の出っ張りは鼻で、左右に耳が示されている。前頭ホルダは全 22ch で構成され、1~4ch は下側 (鼻側)、19~22ch は上側 (頭頂側) である。側頭ホルダは左右各全 12ch で構成され、1~2ch は前側、11~12ch は後側である。なお、黒丸の数値は、計測の場面で便宜的に用いた数値で、チャンネルとは関係ない。



図1 実験の様子

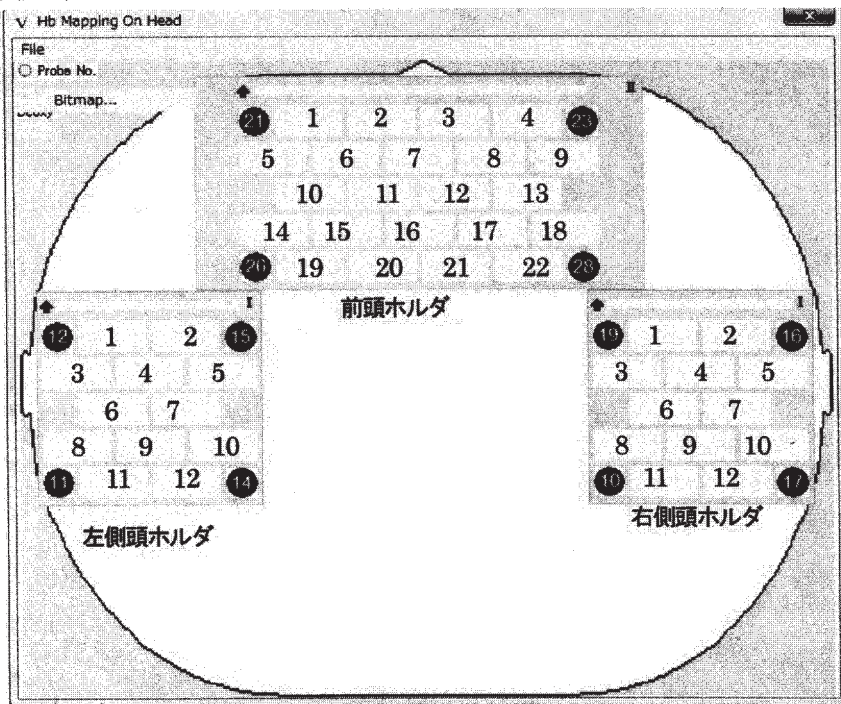
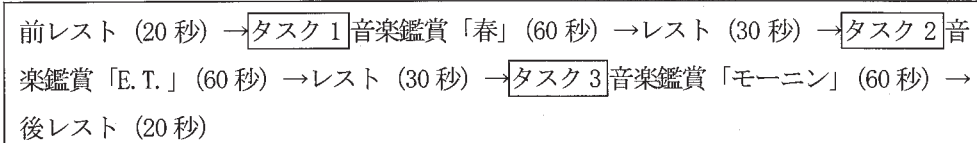


図2 各チャンネルの配置図

(3) 手続き

曲趣が異なる次の3曲の音楽鑑賞をタスクとした。ヴィヴァルディ作曲《和声と創意の試み》第1集《四季》より「春」(以下、「春」), ジョン・ウィリアムス作曲《E.T.》から「フライング・テーマ」(以下、「E.T.」), ボビー・ティモンズ作曲《モーニン》(以下、「モーニン」)である。クラシック, 映画音楽, ジャズというジャンルの異なる3曲で, 本研究では曲趣が異なる楽曲ということで取り上げた。いずれも中学校音楽科の鑑賞教材として教科書<sup>3)</sup>に掲載されている楽曲である。なお, いずれの曲も被験者6名には既知の曲であった。各タスクは各楽曲の最初から60秒間を使用した。

実験は2008年7月に信州大学教育学部にて実施した。実験の流れは次の通りである。



(4) 解析

計測されたデータを ETG-4000 本体からパーソナルコンピュータに移し, ETG4000 V1.63K を用いて解析を行った。

図3はETG4000 V1.63Kのメインの操作画面である。中央部は計測データおよび解析データを表示する画面, 左上部は被験者の情報を入力する画面, 左下部は解析パラメータを設定する画面である。下部には計測の開始・終了, ファイルの保存・読み込み等の操作を行うボタンがある。なお, 実験の様子はビデオ映像として記録することができ, 計測データとビデオ映像をリンクさせながら再生し解析を行うことができる。

図4はデータ解析時に使用するマッピンググラフ画面で, 各チャンネルにおけるヘモグロビン濃度のデータをグラフで表示する。

図5はトポグラフィ画面である。ヘモグロビン濃度を, 指定した色の濃さ<sup>4)</sup>で表示することができる。

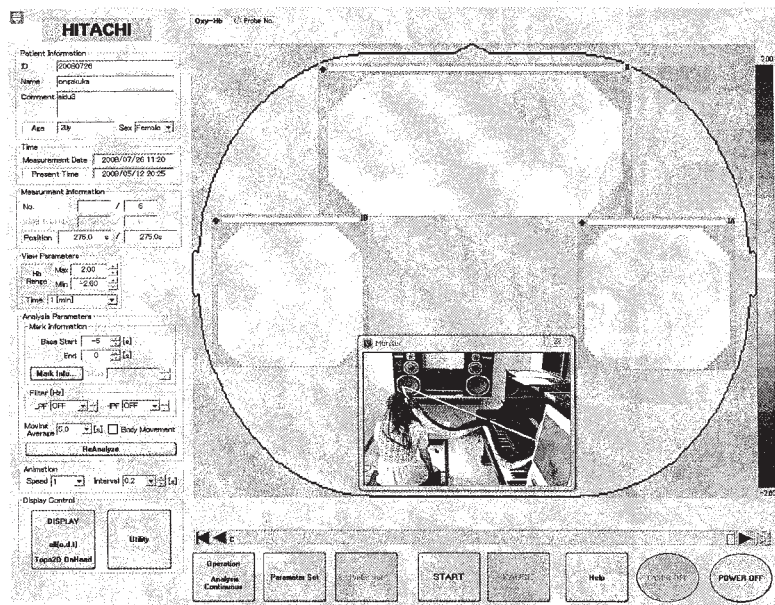


図3 光トポグラフィ本体の操作画面

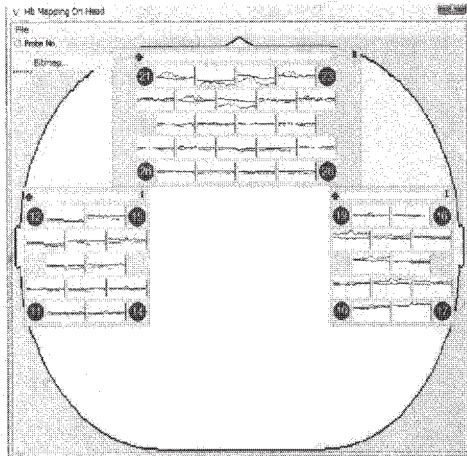


図4 マッピンググラフ画面

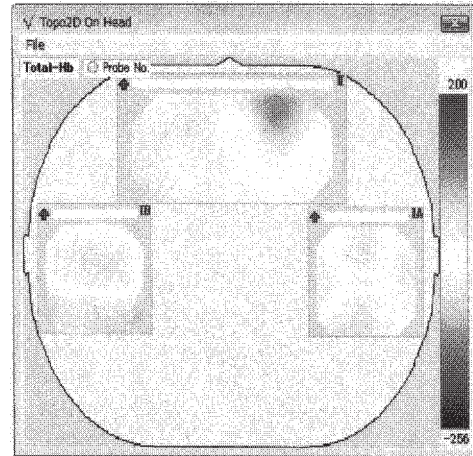


図5 トポグラフィ画面

光トポグラフィは、oxy-Hb, deoxy-Hb, total-Hb (総ヘモグロビン) を計測することができるが、動脈血流の変化を反映しているのはoxy-Hbであることから(灰田, 2008), 本研究ではoxy-Hbのデータのみを用いることとした。脳の部位別の解析については、前頭部, 右側頭部, 左側頭部の3つに分けて行った<sup>5)</sup>。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 楽曲の違いが各部位に及ぼす影響

図6は、被験者6名の前頭部, 右側頭部, 左側頭部の各タスクのoxy-Hbの平均値<sup>6)</sup>を、部位別に表したものである。各部位における「春」「E.T.」「モーニン」の群間について、分散分析(一元配置反復)を行ったところ、前頭部( $F(2, 10)=1.39, p>.10$ ), 右側頭部( $F(2, 10)=0.92, p>.10$ ), 左側頭部( $F(2, 10)=0.56, p>.10$ )という結果となった。いずれも有意差は認められなかった。

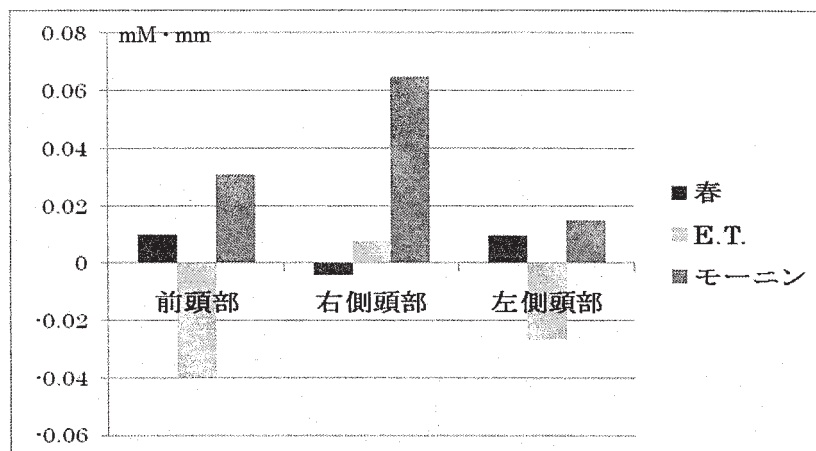


図6 各部位におけるoxy-Hbの比較

### 3.2 楽曲の違いが各チャンネルに及ぼす影響

図7は、前頭部、右側頭部、左側頭部の3つの部位を構成する各チャンネルにおける楽曲別のoxy-Hb変化量(被験者6名の平均値)を示したものである。横軸は時間の流れで、各チャンネルの幅は60秒である。縦軸はoxy-Hbの相対値である。前頭部では、下側のチャンネルにおいて楽曲による差異が目立つ。右側頭部では、「モーニン」の前半部において山型のグラフが見られる。これは前頭部や左側頭部では見られない特徴である。肥田・大久保ら(2002)は、旋律の認知過程では脳の右半球が優位に賦活すると述べているが、「春」や「E.T.」とは異なる「モーニン」の特徴的な旋律が、脳血液動態に影響を及ぼしている可能性がある。左側頭部は、前頭部や右側頭部と比較すると、楽曲による差異が小さい。

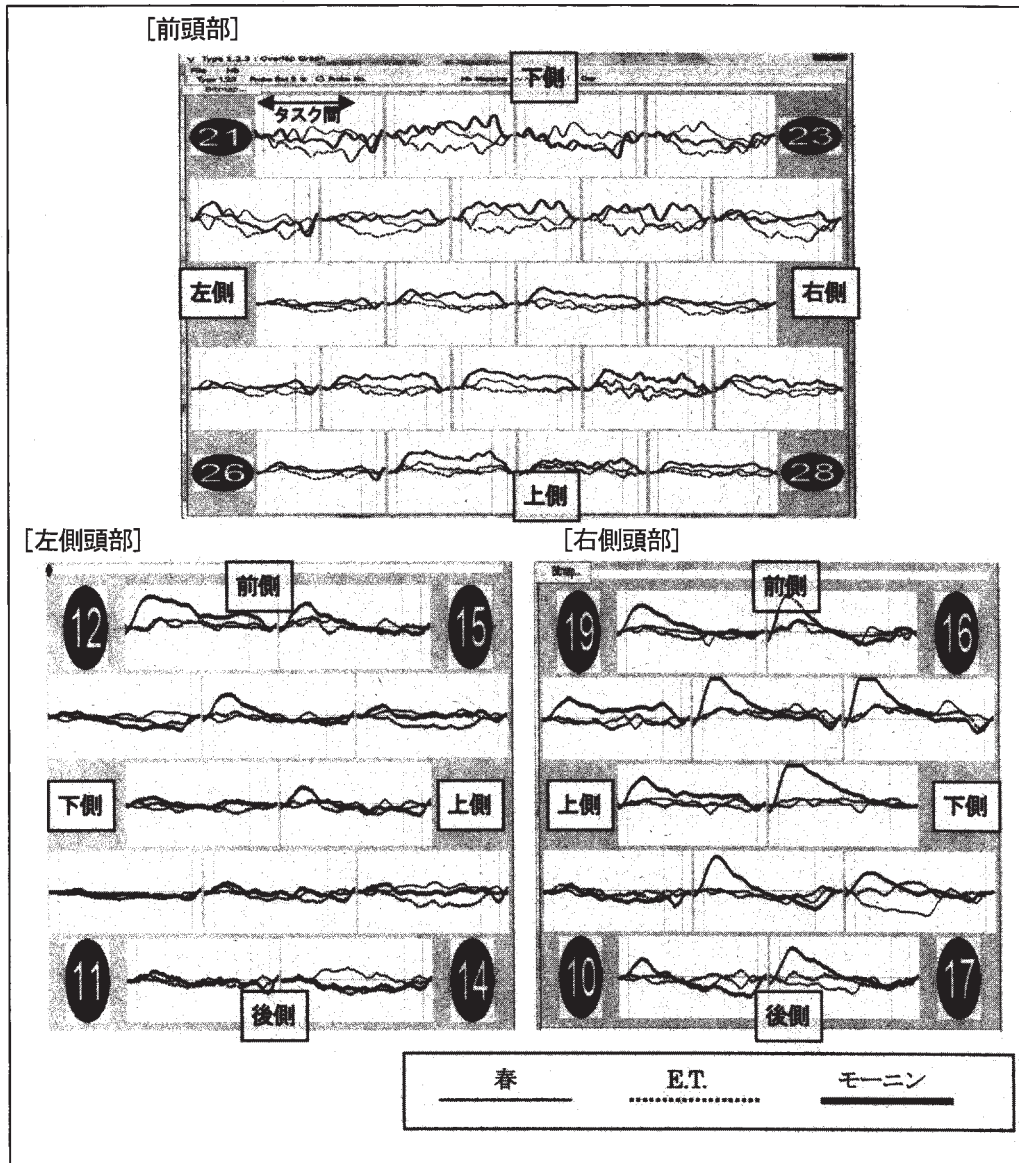


図7 各部位の各チャンネル別のoxy-Hb変化量

図8は、各チャンネルについて、「春」と「E.T.」の2つの群間のoxy-Hb変化量（被験者6名の平均）を時間系列にそってt検定したものである。被験者6名の平均波形を、「春」と「E.T.」の群間で差分処理を行った。横軸は時間の流れで、各チャンネルの幅は60秒である<sup>7)</sup>。各チャンネルの図の中で、内側の横ライン（上下の2本）が5%有意水準、外側の横ライン（上下の2本）が1%有意水準を表している。前頭部は全22chで構成されているが、5%有意水準のラインを越えているチャンネル数は15箇所である。それに対して、右側頭部は0箇所、左側頭部は6箇所であった。

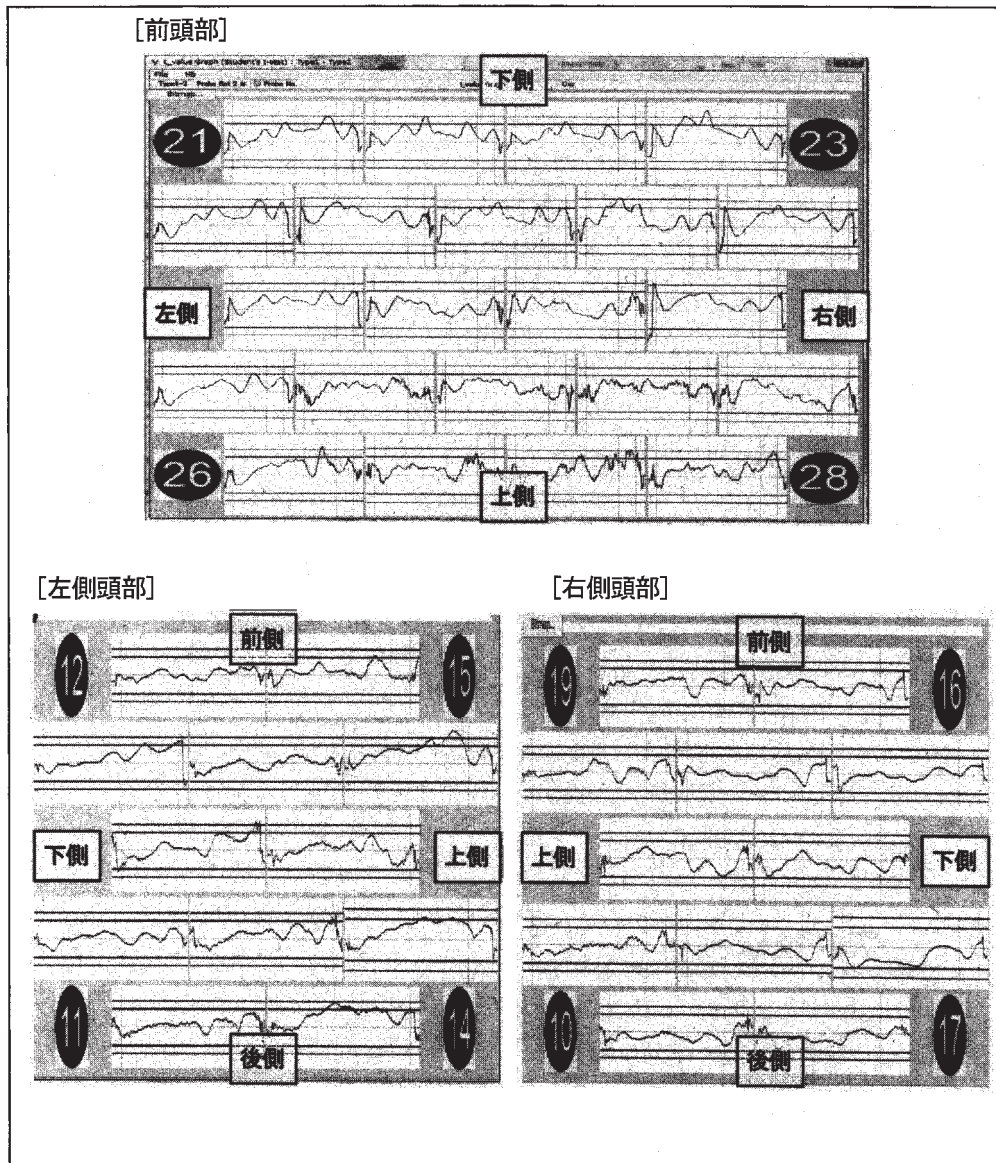


図8 「春」と「E.T.」の群間の差分処理

同様の手法で、「春」と「モーニン」の群間、「E.T.」と「モーニン」の群間についてもt検定を行い、その結果、5%有意水準を越えたチャンネル数を表1に記す。なお、紙面の都合でデータ（図）は省略する。

群 間	前頭部	右側頭部	左側頭部
「春」と「E.T.」	15	0	6
「春」と「モーニン」	4	3	0
「E.T.」と「モーニン」	7	1	0
計	26	4	6

表1 5%有意水準を越えたチャンネル数

表1より、前頭部では5%有意水準を越えたチャンネル数は計26箇所であったが、右側頭部では計4箇所、左側頭部では計6箇所であった。楽曲の違いの認知には、右側頭部や左側頭部と比較すると、前頭部が強く関与している可能性があることが示唆された。

#### 4. まとめと今後の課題

音楽鑑賞における楽曲の違いが脳血液動態に及ぼす影響について、前頭部、右側頭部、左側頭部の各部位での楽曲の違いによる有意差は認められなかった。しかし、表1で示したようにチャンネル別に見たときに、右側頭部や左側頭部と比較すると、前頭部が強く関与している可能性があることを示唆することができた。前頭部は、高次の思考や判断などを司る前頭葉が位置する部位である。音楽鑑賞という行為は、前頭葉のoxy-Hbを減少させ、前頭葉の活動が全体的に抑制される傾向にあると言われているが(川島, 2002)、抑制された状態の中でも、楽曲の違いの認知には前頭葉が強く関与している可能性がある。

今後は、特に前頭部に注目し、楽曲のもつどのような要素が、脳血液動態にどのような影響を及ぼしているのかについて検証を進めていきたい。なお、研究手法として質問紙調査や生理反応計測も部分的に取り入れ、光トポグラフィによる計測データとクロスさせながら分析を行いたい。将来的に学校音楽教育の鑑賞指導の在り方について、脳科学の視点から再考を試みる研究へと発展させたいと考えている。

#### 注

- 1) 近赤外光は2mW程度のもので人体には無害である。
- 2) Hbの濃度(mM)に光路長(mm)を乗じた分子吸光係数(mM・mm)が計測単位となる。
- 3) ヴィヴァルディ作曲《和声と創意の試み》第1集《四季》より「春」とジョン・ウィリアムス作曲《E. T.》から「フライング・テーマ」は、『中学生の音楽1』教育芸術社(2005検定)に、ボビー・ティモンズ作曲《モーニン》は、『中学生の音楽2』教育芸術社(2005検定)に掲載されている。
- 4) 本解析では、赤と青の二色で表示させ、赤が濃くなるとヘモグロビン濃度が高いことを、青が濃くなるとヘモグロビン濃度が低くなるように設定した。

- 5) 前頭部に装着したプローブの位置を前頭葉, 側頭部に装着したプローブを側頭葉と表記することがあるが, プローブの位置の関係で, 厳密に脳の部位を分けることができないため, 本研究では, 前頭部, 右側頭部, 左側頭部と表記とする。
- 6) タスク中に得られた oxy-Hb の平均値と, 各タスクの前レストの平均値の差を, タスク中の oxy-Hb 平均値とみなす。
- 7) 各チャンネルの図の中で, 左側の縦ラインから右側から 2 番目の縦ラインまでの間が, 計測区間 (タスク) である。

#### 参考文献

- 岩坂正和・菅生恵子ほか (2007) 「近赤外分光法による脳血液計測を用いた能動・受動的な音楽聴取時の脳活動観察」情報処理学会 MUS-69
- 大場公博・戸田須恵子 (2004) 「音楽鑑賞領域における情動変化に関する研究」北海道教育大学紀要第 55 巻第 1 号
- 川島隆太 (2002) 「高次機能のブレインイメージング」医学書院 pp.4-9
- 貫行子・長田乾・川上央 (2004) 「音楽聴取による脳波変動と気分変化, 音楽選好と性格特性の関連性」情報処理学会 MUS-57
- 灰田宗孝 (2008) 「光トポグラフィを用いた学会発表・論文作成のポイント」日立メディコ光トポグラフィユーザー会資料 p.20
- 肥田道彦・大久保善朗・田中博 (2002) 「歌の認知の fMRI」『脳の科学』第 24 巻 10 号 pp.24-26
- 廣岡瑞穂 (2008) 「音楽聴取時における情報の比較—シューベルトとベルリオーズの作品を通して—」日本女子大学人間社会研究科紀要第 14 号
- 松井琴世・河合淳子・澤村貫太・小原依子・松本和雄 (2003) 「音楽刺激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 vol.29 No.1

(2009年 5月26日 受付)

(2010年 2月17日 受理)