

打楽器音楽の感性評価における近赤外分光法による 酸素化ヘモグロビン変化の定性的モデル

亀井 且有 (立命館大学情報理工学部)
E-MAIL: kamei@ci.ritsumei.ac.jp

青山美由夏 (立命館大学大学院理工学研究科)
E-MAIL: miyuka@spice.ci.ritsumei.ac.jp

木下雄一郎 (立命館大学大学院理工学研究科)
E-MAIL: kino@spice.ci.ritsumei.ac.jp

クーパー・エリック (立命館大学情報理工学部)

E-MAIL: cooper@is.ritsumei.ac.jp

星野 孝総 (高知工科大学電子・光システム工学科)

E-MAIL: hoshino.yukinobu@kochi-tech.ac.jp

1. はじめに

ストレスを感じる人が多い現代社会において、身近で簡単なストレス解消法として音楽鑑賞がある。現在、主に西洋音楽を対象として、受動的音楽療法の視点から、人間に及ぼす音楽鑑賞の効果に関する科学的研究が進められており、音楽鑑賞により不安やストレスの緩和がされ、症状の改善に良い結果をもたらしているという事例報告も多い^[1]。このような研究においては、脳波解析等の指標をもとに音楽聴取の心理、生体に及ぼす効果が論じられている。しかしながら、音楽聴取の効果と感性との関係について、科学的視点から客観的に実証し、体系化された研究事例は非常に少ない^{[2][3]}。

人間の感性は感覚受容器で外部からの刺激を受け取ると中枢神経系の脳へ情報が送られ、そこで処理をされて、言語などの高次な情報として表現される^[4]。このように、外部からの情報を受け取ってから人間の内部でその情報が変換されているため、音楽聴取時の感性を客観的にとらえるには、主観評価による心理計測と中枢神経活動や自律神経活動の連続計測による生理計測が必要である。

本論文では、脳機能計測の一つである近赤外分

光法 (NIRS)^{[5] ~ [9]} を用いて打楽器音楽の感性評価における脳活動、具体的には酸素化ヘモグロビン変化 (oxyHb) の定性的モデルを提案し、そのモデルと心理計測で得られた感性評価^[10] との関係を明らかにする。

2. 打楽器音楽

現在、我々が楽器を演奏する方法は、「叩く」「こする」「吹く」の3つである。これらの楽器の奏法にもとづいて、エーリヒ・M.v.ホルンボステルとクルト・サクスは、何千種類とある楽器を分類するために、楽器分類法を提唱した^[11]。この分類法により、全ての楽器を体鳴楽器、膜鳴楽器、弦鳴楽器、気鳴楽器、電鳴楽器に分類することができる。これらの楽器の中で、打楽器は体鳴楽器、膜鳴楽器の2つに分類される。体鳴楽器と膜鳴楽器の例を図1に示す。体鳴楽器は木や金属などの振動によって音を出す楽器である。膜鳴楽器は空洞の胴などに張られた膜の振動によって音を出す楽器であり、ドラム・太鼓全般を指す。

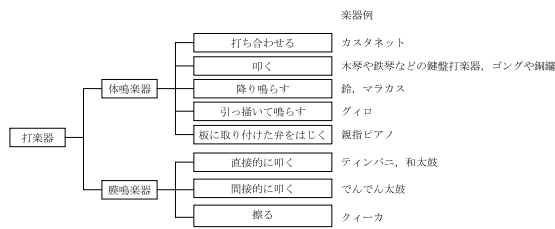


図1 打楽器の分類

打楽器は最も原始的な楽器であり、構造が単純であるため、容易に音を出すことができる。そのため、古代から祭りや労働の現場で、人間の感情を表現する道具として発達し、文化や土地の違いによって多種多様に作られてきた楽器である。世界各国に数百種類とあり、楽器固有の奏法や音色がある。メタロフォンやゴングなどの青銅打楽器は、東南アジアで発達した体鳴楽器である。青銅打楽器を主に太鼓・弦楽器等で構成された大アンサンブルのガムランは、100kHzを超える高周波が含まれ、持続する共鳴音が特徴的であり、神秘性や陶酔性を感じさせる音楽といわれている^[12a]。膜鳴楽器に分類されるドラムは、多種の民族がいるアフリカで数多く発展してきた。ドラムの低音は、精神の高揚とともに人間が足に地をつける安心感を表現し、高音は、前進する気持ちとある種の苛立ちにも似たような「あおり」の感覚を伴っている。そして、高音の連打は人間の戦意を高揚させる役目を果たしている^[13]。また、木琴や親指ピアノなどの体鳴楽器も多く作られてきた。以上より、打楽器音楽は原始的な演奏であるにもかかわらず、人間の感性に直接訴えかける音楽であり、音楽の感性研究の対象として、適した音楽の一つと考えられる。

先行研究であるSD法による打楽器音楽の感性評価結果にもとづき、打楽器音楽を聴取したときの感性と代表的な楽曲を表1に示す^[10]。以後、これら6楽曲I~VIについて分析を行う。

表1 感性と楽曲の分類

No.	感性	演奏形態	使用楽器分類	使用楽器
I	男らしい	アンサンブル	膜鳴楽器	太鼓
II	丸みのある	アンサンブル	体鳴楽器	ムビラ, ガラガラ
III	生き生きした	アンサンブル	膜鳴楽器と体鳴楽器	和太鼓, 鉦
IV	落ち着いた	アンサンブル	体鳴楽器	青銅鍵盤打楽器, ゴング
V	明るい	アンサンブル	膜鳴楽器と体鳴楽器	太鼓, マラカス, ギョロ
VI	単純な	ソロ	膜鳴楽器	和太鼓

3. 近赤外分光法(NIRS)による感性評価

3.1 調査結果

生理学的計測法は、感性情報を受け取った人間の体の反応を測定し、得られた計測値によって、感性情報を表す方法である^[12b]。また、外部刺激を受けて発生する感性情報を自律神経反射や脳波などで生理学的に測定する方法である^[14]。中枢神経系(脳)に驚き、感動、不快、不安、ストレスなどの情報が発生すると交感神経が活動し、心身のバランス保持のために効果器は活発に反応を始める。したがって、脳あるいは効果器にセンサを取り付けて生理信号を取り出すことは、脳中枢で発生した感性情報を計測する上で有用である。計測方法として、脳波、心電図(心拍)、血圧、血流、呼吸、眼球制御(焦点調節、瞳孔反応、眼球運動)、瞬き、筋電、皮膚電位、皮膚温度、ストレスホルモン等々、非常に多種の方法が存在する。この計測法は、感性情報をより客観的なデータとして捉えることで、心理事象を脳や神経の機能と関連づけできる。また、感性情報を言語という高次元情報に変換することなく、ほぼリアルタイムで計測できる。このような利点から、感性の新しい計測法として試みられている^[4]。

3.2 感性と脳科学

感性情報処理へのアプローチの一つとして、脳

科学からのアプローチがある。これは人間の持つ感性や感情といったものを生み出す脳機能を明らかにしようとするアプローチである。感性を脳の情動系神経回路に起こるプラス反応、あるいは、脳の報酬系神経回路の活性化プロセスと捉え、そうした反応を脳に引き起こさせる刺激としての感性情報と脳活動との関連を工学的に分析することは今後の感性研究において重要である^[12a]。

近年、脳の活動に伴う脳内の血流の変化や磁気の変化などを光や磁気のセンサを用いて測定し、身体を傷つけずに脳の機能を計測する技術が急速に発達している。このような非侵襲脳機能計測の発展により、情動に関する研究は知覚、注意、記憶、学習、行動などの側面との関連から、多くの成果をあげている。しかしながら、前頭前野機能を中心とした人間らしさの基盤となる複雑で高次の情動機能や感性については、未解明の点も多い。

人間の感性は多岐のパラメータが融合した極めて複雑な精神活動である。感性を形成するさまざまな要素を分類し、その特徴を詳細に記述できない限りは、脳科学のみによるアプローチには限界がある^[15]。日本感性工学会感性脳機能部会は、ここの一側面としての「感性」について、脳の高次機能を解明する立場から、脳科学・分子生物学・医学など自然科学の研究者、創造性や感受性の機構を研究対象とする感知情報学・芸術学・心身障害学分野の研究者が参画し、「感性」を産み出す脳機構の生物学的特性とその破綻のメカニズム、美術やデザインとの関わりが及ぼす脳機能への影響とその反映としての感性など、分野横断的なテーマを掲げ、研究を行っている^[16]。このような自然科学的方法と人文科学的方法をつないだ新しいアプローチは、未知の心的生命現象に科学的論拠を与え、こころが繰り広げる多様な機能に対して具体性や論理性のある説明を可能にすると考えられる。

3.3 NIRSによる脳機能計測の特徴

NIRSは脳内の酸素化ヘモグロビン (oxyHb) と脱酸素化ヘモグロビン (deoxyHb) 双方の濃

度変化を計測することにより脳機能計測を行う非侵襲脳機能計測装置である^[6]。

fMRIやPETと比較すると小型・可搬型の装置で実現でき、誰にでも比較的容易に脳活動を観察できる。被験者は光ファイバを装着したキャップを冠るだけでよいので拘束性が少なく、自然な日常環境下で計測できる。なお、自然な検査環境とは、狭い空間に閉じ込められない、ある程度動くことができる、騒音がないなどの点である。特に、本研究のように音楽聴取をしながらの脳機能計測には、最適な計測装置である。空間分解能はPET以下の水準 (20~30mm)にとどまるが、時間分解能は10画像/秒であり、リアルタイムに画像表示ができ、結果的に時間空間分解能が高い点に応用上の特徴がある。

3.4 実験方法

被験者は健康な20代前半の男性3名で、事前に実験内容を説明し、参加への同意を得た上で実験を開始した。音楽の聴取方法は心理計測実験と同様とした^[10]。ただし、外的ノイズを避けるために、被験者には実験時は閉眼してもらった。

脳活動計測のために、近赤外光イメージング装置NIRStation^[17]を使用し、被験者の前頭前野部位に赤外光ファイバを取り付けて、ファイバ間の全17チャンネルのoxyHb、deoxyHb、totalHbの変化量を計測した。同時に、ストレス測定器^[18]を使用して、実験中のストレスを測定した。また、PGR (psycho galvanic reflex:精神反射電流)測定器^[19]を用いて、自律神経系、特に交感神経系の活動から生じる緊張度や動揺度を測定した。

被験者は実験データのばらつきとノイズやアーチファクトをおさえるために、1試行中に60秒間の安静の後、30秒間の聴取を4回繰り返した。また、被験者は十分な休息を取りながら、楽曲ごとに1試行を実施し、合計6試行の実験を行った。

3.5 実験結果および考察

ストレス測定結果は全被験者とも実験の前後で1桁の数値であった。本計測器によるストレス度

合いの目安として、30KU/L以下であればストレスは少ない状態と言われていることから、被験者は実験の過程でストレスを受けていないと判断した。また、PGR測定結果は、全被験者の全試行において交感神経系の活動を示すデータは得られなかった。

NIRSから得られる17チャンネルのoxyHb、deoxyHb、totalHb濃度変化時系列データにおいて、乱雑な振幅がある場合は、毛髪などの外的要因から生じるノイズと判断し、削除した。測定結果の一例（被験者3、ch6、楽曲I）を図2に示す。

全ての被験者において、楽曲によってoxyHbがdeoxyHbを上回る場合と下回る場合が観測された。oxyHbがdeoxyHbを上回る時は、測定部位に血流が増加し、その部位の脳活動が活発になっていることを意味する。また、oxyHbがdeoxyHbを下回る時は、測定部位への血流が減少し、その部位の脳活動が抑制されているといえる。これより、楽曲の違いによって、前頭前野の脳活動に変化が見られることがわかる。各被験者の特徴は以下の通りである。

被験者1： 安静時のoxyHbが大きく変化している状態があり、安静時と聴取時の脳活動変化の見分け方が困難であるが、聴取を開始した時点でoxyHbの変化が起こり、一定の傾向を示している場合が多かった。

被験者2： 安静時と聴取時に関わらず、oxyHbの変化量が少なく、楽曲聴取による前頭前野の脳活動への影響が他の被験者に比べて少ないといえる。

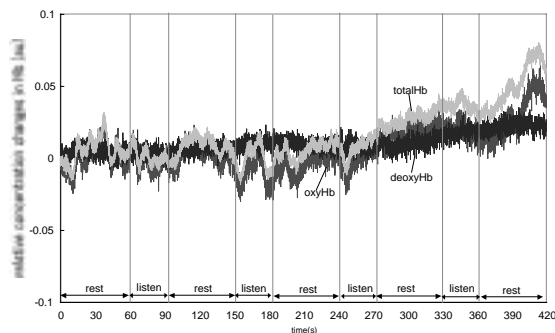


図2 Hb濃度変化の一例（被験者3、ch6、楽曲I）

被験者3： 各安静開始後30秒付近でoxyHbがdeoxyHbと同じ濃度になる傾向が見られた。さらに、安静開始後30秒付近から聴取開始までにoxyHbが増加する傾向があった。これは、被験者が次の曲がいつ流れるかを待ち構えたり推測したりして、緊張状態になっていたためと考えられる。

4. oxyHb濃度変化の定性的モデル

4.1 データの前処理

NIRSで計測されるのは、oxyHb、deoxyHbおよび両者の和としてtotalHbである。大脳皮質の神経細胞活動と局所血行動態は密接にリンクしており、神経細胞による脳血流増加は、血流速度の増加と血管床面積（動・静脈を除いた毛細血管等の血管網の面積）の増加という2つのメカニズムにより生じる。このメカニズムにおいて、deoxyHbの挙動は非常に複雑であり、totalHbは血流変動とほぼ対応するが、その変動幅が小さい時には信頼できない。一方、oxyHbは常に血流変動を反映しているため、脳血流変化を示す信頼できる指標と考えられる^[9]。また、NIRSによる計測データは、短時間の単純課題に対しては、多数回加算平均することによりアーチファクトを最小限にすることが可能であるが、認知課題による前頭部の反応に対しては基線の揺れをはじめとして、さまざまなゆらぎが混入し、どれが生理反応によるものであるかの解釈が難しい^[8]。

以上を配慮して、本研究では、解析対象をoxyHb濃度変化データとし、1試行における4聴取データ間の相関にもとづき、下記の手順に従って、測定チャンネルとoxyHb濃度データを決定し、脳活動を解析するためのデータ（解析データ）を作成する。

4.1.1 平滑化処理

これまでの経験にもとづき、9点の重み付き移動平均の平滑化処理を行った。

4. 1. 2 ベースライン補正処理

NIRSによる計測データは、modified Lambert-Beerの法則に基づいて、ヘモグロビン濃度の相対的变化を算出したデータである。したがって、目的に応じて何を測定するかを明確にし、ベースラインの設定などのパラメータの決定をする必要がある^[9]。本実験では、安静時60秒間のoxyHb濃度平均値を安静時30秒におけるoxyHb濃度と仮定し、聴取前後安静時における各平均値2点を通る1次式をバックグラウンドとして補正処理を行った。また、データのサンプリングタイムを1秒とした。平滑化および補正処理を行ったHb濃度変化の一例を図3に示す。

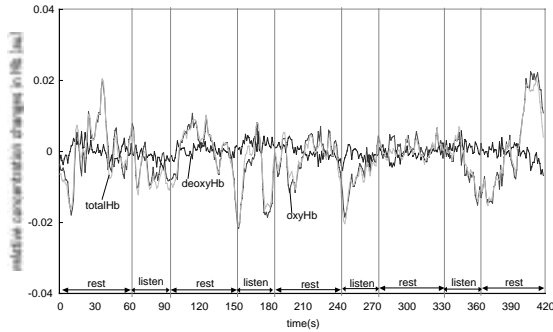


図3 平滑化およびベースライン補正処理されたHb濃度変化の一例（被験者3、ch6、楽曲I）

4. 2 解析データの作成

被験者*s*、楽曲*m*、チャンネル*c*におけるoxyHb濃度変化データ x_i^{smc} , y_j^{smc} ($i=1, \dots, 4$)を図4のように定義する。被験者*s*において、すべての*m*および*c*に対して x_i^{smc} と x_j^{smc} の相関係数 r_x^{smc} が0.7以上且つ、 y_i^{smc} と y_j^{smc} の相関係数 r_y^{smc} が0.7以上の中から、 r_x^{smc} が最大となるチャンネル c_s^* を被験者*s*における最適な測定チャンネルとする。また、最大相関係数 $r_x^{smc^*}$ を与えるoxyHb濃度変化データ ($x_i^{smc^*}$, $x_j^{smc^*}$) を (x_a^{sm} , x_b^{sm}) とし、その平均 x^{sm} を以降の脳機能解析に用いる解析データとする。

測定結果より、最適測定チャンネルは、被験者1および2では c_1^* , $c_2^* = \text{ch9}$ 、被験者3では $c_3^* = \text{ch6}$ となった。

$$c_s^* = \{c \mid r_x^{smc}, r_y^{smc} > 0.7, \max\{r_x^{smc}\} \text{ for } \forall m, c\} \quad (1)$$

ただし、

$r_x : (x_i, x_j)$ の相関関数, $r_y : (y_i, y_j)$ の相関関数,
 $i, j = 1, \dots, 4$

$$(x_a^{sm}, x_b^{sm}) = \{x_i^{smc^*}, x_j^{smc^*}\} \max\{r_x^{smc^*}\} \quad (2)$$

$$x^{sm} = \frac{x_a^{sm} + x_b^{sm}}{2} \quad (3)$$

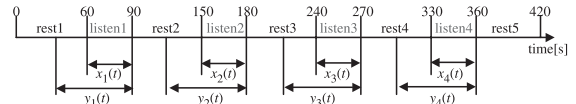


図4 oxyHb濃度変化データの定義

4. 3 モデル構築

被験者*s*楽曲*m*における楽曲聴取の脳活動への影響度を表す指標 S^{sm} および聴取開始から終了までの脳血流変化の傾向を表す指標 D^{sm} を次式で定義する (図5参照)。すなわち、 S^{sm} は楽曲聴取時血流量から安静時血流量を減した血流量の変化であり、 D^{sm} は楽曲聴取開始時血流量から終了時血流量を減した血流量の変化である。

$$S^{sm} = (S_{lp} - S_{ln}) - (S_{rp} - S_{rn}) \quad (4)$$

$$D^{sm} = \frac{H_e - H_s}{T_l} \quad (5)$$

$$S^{sm} = \frac{1}{3} \sum_{s=1}^3 S^{sm} \quad (6)$$

$$D^{sm} = \frac{1}{3} \sum_{s=1}^3 D^{sm} \quad (7)$$

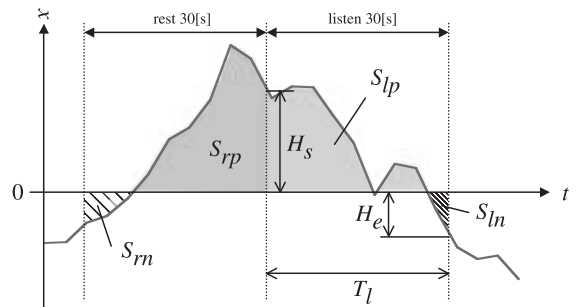


図5 指標Sおよび指標Dの定義

平均的な前頭前野の脳活動傾向を見るため、図6に $\bar{S}^m - \bar{D}^m$ 平面における各楽曲を示す。ここで、 S の絶対値が大きいほど、楽曲聴取の脳活動への

影響度は高く、これが小さいほどその影響度が少ない。また、 D が正の場合は測定部位への血流が増加し、負の場合は血流が減少している。したがって、音楽聴取の過程で前頭前野の脳活動が抑制されることが多いと言える。このことは、音楽聴取時に前頭前野の血流低下が認められたという先行研究結果と一致している。

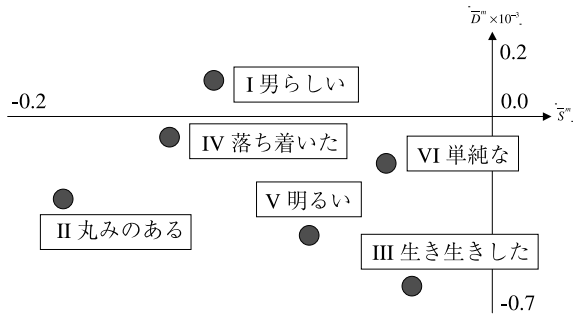


図6 $\bar{S}^m - \bar{D}^m$ 平面における各楽曲の相対的關係

図6が示すように、全ての楽曲において、 $\bar{S}^m < 0$ となった。また、楽曲Iは $\bar{D}^m > 0$ となり、その他の楽曲は、 $\bar{D}^m < 0$ となった。図6にもとづいて各楽曲の定性的特徴を表2に示す。表中の記号の意味は以下の通りである。

- + : わずかに増加
- : わずかに減少
- : 減少
- : 非常に減少

表2 楽曲に対するoxyHb濃度変化の定性的特徴

楽曲m	\bar{S}^m	\bar{D}^m
I	--	+
II	---	--
III	-	---
IV	--	-
V	-	--
VI	-	-

表2に示した \bar{D}^m および \bar{S}^m の定性的特徴（わずかに減少、減少、非常に減少、わずかに増加）にもとづいてoxyHb濃度変化の定性的モデルを以下のように構築し、その変化の挙動を図7に示す。

楽曲I 表2より聴取終了時のoxyHb濃度変化は+（わずかに増加）かつ全体としてのoxyHb濃度変化量は--（減少）である。すなわち、oxyHb濃度変化が聴取終了時にわずかに増加しているにもかかわらず、全体としてのoxyHb濃度変化量は減少しているということは、聴取開始時の変化は減少すると推測することができる。したがって、図7(a)に示すようにoxyHb濃度変化は始めは減少し、全体としての変化量が減少となる適当な時点で増加に転じ、最終的にはoxyHb濃度変化が増加で終了する定性的モデルを考えることができる。

楽曲II 表2より聴取終了時のoxyHb濃度変化は---（非常に減少）かつ全体としてのoxyHb濃度変化量は---（非常に減少）である。すなわち、oxyHb濃度変化は聴取開始時から減少を始め、終了までそれが続くと推測することができる。したがって、図7(b)に示すようにoxyHb濃度変化は始めから減少を始め、全体としての変化量が非常に減少まで減少し、最終的にはoxyHb濃度変化が減少で終了する定性的モデルを考えることができる。

楽曲III 表2より聴取終了時のoxyHb濃度変化は---（非常に減少）かつ全体としてのoxyHb濃度変化量は-（わずかに減少）である。すなわち、oxyHb濃度変化が聴取終了時に非常に減少しているにもかかわらず、全体としての変化量はわずかな減少で済んでいるということは、聴取開始時のoxyHb濃度変化は増加していると推測することができる。したがって、図7(c)に示すようにoxyHb濃度変化は始め増加し、全体としての変化量がわずかに減少となる適当な時点で減少に転じ、最終的にはoxyHb濃度変化が非常に減少で終了する定性的モデルを考えることができる。

楽曲IV 表2より聴取終了時のoxyHb濃度変化は-（わずかに減少）かつ全体としてのoxyHb濃度変化量は--（減少）である。すなわち、oxyHb濃度変化の傾向は楽曲IIと同様であるが、その変化は楽曲IIより少ないと推測することができる。したがって、図7(d)に示すようにoxyHb

濃度変化は始めから減少を始め、全体としての変化量が減少まで減少し、最終的にはoxyHb濃度変化が減少で終了する定性的モデルを考えることができる。

楽曲V 表2より聴取終了時のoxyHb濃度変化は-- (減少) かつ全体としてのoxyHb濃度変化量は- (わずかに減少) である。すなわち、oxyHb濃度変化の傾向は楽曲IIIと同様であるが、その変化は楽曲IIIより少ないと推測することができる。したがって、図7(e)に示すようにoxyHb濃度変化は始めは増加し、全体としての変化量がわずかに減少となる適当な時点で減少に転じ、最終的にはoxyHb濃度変化が減少で終了する定性的モデルを考えることができる。

楽曲VI 表2より聴取終了時のoxyHb濃度変化は- (わずかに減少) かつ全体としてのoxyHb濃度変化量も- (わずかに減少) である。すなわち、oxyHb濃度変化の傾向は楽曲IIや楽曲IVと同様ではあるが、その変化は楽曲IVよりもさらに少ないと推測することができる。したがって、図7(f)に示すようにoxyHb濃度変化は始めから減少を始め、全体としての変化量がわずかに減少まで減少し、最終的にはoxyHb濃度変化がわずかに減少で終了する定性的モデルを考えることができる。

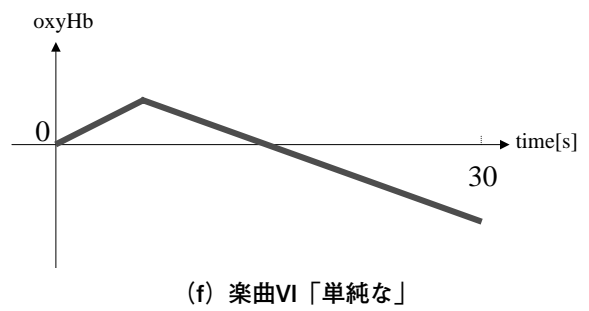
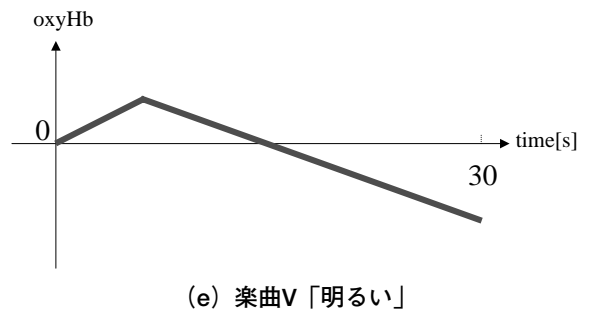
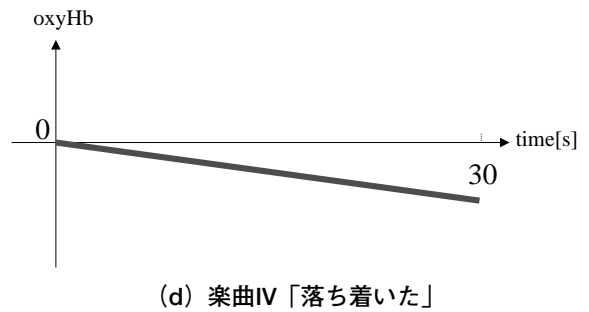
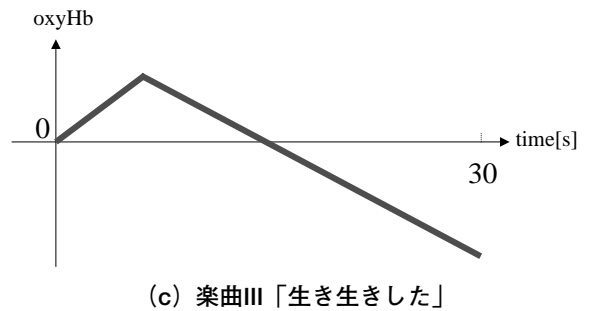
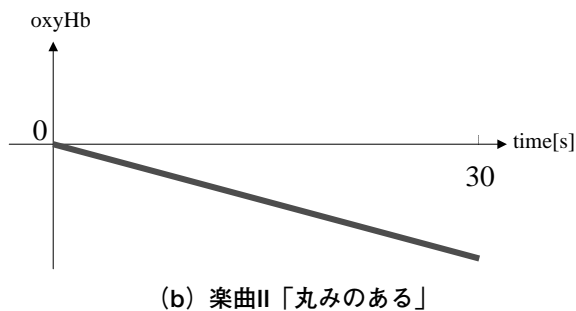
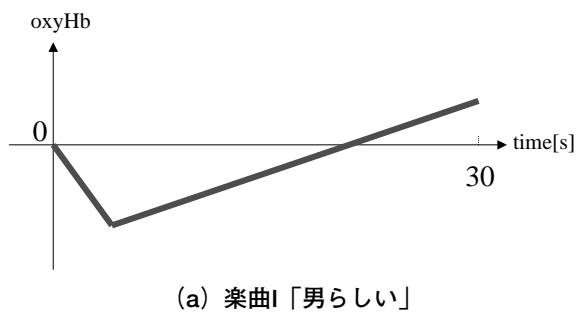


図7 楽曲に対するoxyHb濃度変化の定性的モデル

5. 定性的モデルと感性

楽曲Iを聴取している時は、図7(a)に示すように測定部位の血流は初め減少し、聴取の過程で徐々に血流が増加する。すなわち、前頭前野の脳活動が一旦は抑制された後、活性化されていく状態が「男らしい」というイメージに繋がると言える。この楽曲Iは膜鳴楽器によるアンサンブル演奏であり、膜鳴楽器の連打によって人間を高揚さ

せるという特徴を示す。

楽曲IIと楽曲IVを聴取している時は、図7(b)および(d)に示すように測定部位の血流が徐々に減少する。すなわち、前頭前野の脳活動が徐々に抑制されていく状態が「丸みのある」や「落ち着いた」というイメージに繋がると言える。これらの楽曲は体鳴楽器のアンサンブル形態で演奏されたメロディ楽曲である。楽曲IIはメロディを認識しにくい楽曲であり、楽曲IVは独特な音階ではあるが、楽曲IIと比較するとメロディを認識しやすい楽曲である。すなわち、メロディの認識しやすさと楽曲聴取による脳活動の抑制効果には正の相関関係があると考えられる。

楽曲IIIと楽曲Vを聴取している時は、図7(c)および(e)に示すように測定部位の血流は初めは増加し、楽曲の聴取によって徐々に減少する。すなわち、前頭前野の脳活動が一旦は活性化した後、抑制されていく状態が「生き生きとした」や「明るい」というイメージに繋がると言える。これらの楽曲は膜鳴楽器と体鳴楽器のアンサンブル形態で演奏されている。楽曲IIIはリズム楽曲、楽曲Vはメロディ楽曲である。楽曲Vは長音階のメロディ楽曲であり、他のメロディ楽曲である楽曲II、楽曲IVと比較すると、一般的に長音階のメロディ楽曲は被験者が聞き慣れているため、メロディを認識しやすい。ここでもメロディを認識しやすい楽曲は脳活動を抑制する効果があることが確認できる。

楽曲VIを聴取している時は、図7(f)のように、測定部位の血流はほとんど変化しない。すなわち、前頭前野の脳活動がほとんどない状態が「単純な」というイメージに繋がると言える。この楽曲は膜鳴楽器によるソロ演奏である。

以上より、打楽器音楽の聴取時に抱く感性和脳活動状態との間には固有の関係が存在することがわかった。

6. おわりに

本研究では、SD法による心理計測とNIRSによる生理計測にもとづき打楽器音楽の感性評価を行い、感性イメージと脳活動との関係を明らかにした。

問題点としては、被験者3名という非常に少ない実験データを用いたため、統計的処理は不可能であり、定量的ではなく、定性的なモデルを構築せざるを得なかった。今後の課題として、より多くの被験者を対象としたNIRSによる脳機能計測を行い、提案モデルのより詳細な検証が必要と考える。また、前頭前野の脳活動が音楽聴取に起因する現象であることを証明するため、聴覚野の脳活動計測や自律神経系の活動と連動させた計測も必要である。さらに、今回の実験結果より楽曲のメロディの有無と脳活動との関係も示されたので、今後は楽曲のリズムやメロディなどの音楽要素と生理計測結果との関係を明らかにしたい。

参考文献

- [1] 櫻林仁：音楽療法入門、芸術現代社、1988
- [2] 畠山英子、宮崎良文：生命科学を基礎とする感性和音楽環境の相関に関する研究、感性福祉研究所年報、Vol.3、pp.89-90、2002
- [3] 片寄晴弘：音楽における没入感に関する検討—技能の拡張と身体性の視点から—音楽とエンタテインメント、日本バーチャルリアリティ学会誌、No.9、Vol.1、pp.10-14、2004
- [4] 飯田健夫：感知情報処理の解明とその社会的貢献、計測と制御、Vol.41、No.10、pp.692-695、2002
- [5] 岡田英史：NIRS測定の工学的シミュレーション、臨床精神医学、Vol.33、No.6、pp.735-740、2004
- [6] 小泉英明、牧敦、山本剛：NIRSによる機能画像の基礎、臨床精神医学、Vol.33、No.6、pp.723-732、2004
- [7] 江田英雄：光計測で脳活動を見る、臨時別冊・数理科学2003年6月 脳の謎に挑む、pp.44-

- 57、サイエンス社, 2003
- [8] 松尾幸治、加藤進昌、加藤忠史：NIRSにおける機能画像と気分障害／PTSD、臨床精神医学、Vol.33、No.6、pp.779-786, 2004
- [9] 福田正人、亀山正樹、山岸裕、上原徹、伊藤誠、須藤友博、井田逸朗、三國雅彦：精神疾患の生理学におけるNIRSの意義、臨床精神医学、Vol.33、No.6、pp.787-798, 2004
- [10] 青山美由夏、Eric W. Cooper、星野孝総、亀井且右：因子分析法による民族打楽器音楽の感性評価、第6回日本感性工学会大会予稿集2004、p.284, 2004
- [11] 柘植元一、塚田健一：はじめての世界音楽、音楽之友社, 1999
- [12a] 大橋力：「音がみちびく感性反応と脳」、辻三郎（編）『感性の科学—感性情報処理へのアプローチ—』、pp.62-67、サイエンス社, 1997
- [12b] 松山隆司：「感性情報処理のパラダイム」、辻三郎（編）『感性の科学—感性情報処理へのアプローチ—』、pp.10-43、サイエンス社, 1997
- [13] みつとみ俊郎：音楽はなぜ人を幸せにするのか、新潮選書, 2003
- [14] 長沢伸也：感性をめぐる商品開発—その方法と実際、日本出版, 2002
- [15] 川島隆太：感性のブレインマッピング、第6回日本感性工学会大会予稿集2004、pp.41-45, 2004
- [16] 五十嵐浩也：部会報告「脳機能部会」、感性工学、Vol.4、No.1、pp.48-51, 2005
- [17] 島津製作所社製近赤外光イメージング装置 NIRStation（ニルステーション）、
<http://www.med.shimadzu.co.jp/application/other/t05.html>
- [18] NIPRO製ストレス測定器CM-1.1,
<http://www.nipro.co.jp/topics/051109.pdf>
- [19] 竹井機器工業製PGR測定器T.K.K.2701、
<http://www.rakuten.co.jp/keiryotsuhan2/233554/¥¥301503/>

