

# 集団用体感音響装置による音楽と振動の 刺激呈示に対する健常者の反応特徴 —重症心身障害児者の療育への適用に向けて—

## Characteristics of the responses of non-handicapped persons to music and vibration stimulus presentation via the Body Sensory Acoustic System for Groups

— With a view towards applications for the habilitation of children or persons with severe motor and intellectual disabilities —

矢島 卓郎 雪吹 誠 山下 利之  
(Takuro YAJIMA Makoto IBUKI Toshiyuki YAMASHITA)

### Summary :

The purpose of this study is to examine the effectiveness of the Body Sensory Acoustic System for Groups that was developed on healthy individuals in aiming to harness this for habilitation activities for children or persons with severe motor and intellectual disabilities.

To begin with, 10 non-handicapped persons were given 54-Hz stimulus, which Dr. Olav Skil proposed as a comfortable frequency, for 15 minutes on Body Sensory Acoustic System for Groups. As a result, approximately 60dB was confirmed to be a pleasant stimulus intensity. Based on these results, a total of 60 healthy individuals underwent the stimulus presentation three people at a time via a program of rest – stimulus presentation – rest via three types of conditions: a vibration condition, a music condition, and a music + vibration condition. Psychological evaluations and physiological indicators were used to measure the results. Regarding the psychological evaluations, for each of the programs checks were conducted via a six-part approach that included physical condition, arousal level, and sense of relaxation. Skin temperature, ear temperature (eardrum membrane temperature), salivary amylase values, and heartrate were used for the physiological indicators, with measurements taken for each of these.

From the results it was acknowledged that the music + vibration condition significantly decreased arousal levels and increased positive feelings and a sense of relaxation. In addition, reactions concerning skin temperature, amylase values, and ear temperature from before and after each stimulus presentation were viewed via their incidence rates. Based on this it was acknowledged that skin temperature rose with the vibration condition, amylase values fell with the music + vibration condition, and ear temperature tended to fall with the music and music + vibration conditions. What is more, the deceleration in average pulse rates was

矢島 卓郎：目白大学人間学部人間福祉学科教授

雪吹 誠：目白大学人間学部児童教育学科准教授

山下 利之：首都大学大学院東京人文科学研究科教授

significantly greater with the two conditions that involved vibration than with the music condition.

This suggests that presentation of music + vibration at approximately 60dB via the Body Sensory Acoustic System for Groups is received by people as a comfortable stimulus in both a psychological and physiological sense. As such, the thinking is that this can be applied to children or persons with severe motor and intellectual disabilities in the future.

**キーワード**：集団用体感音響装置、皮膚温、アミラーゼ値、耳温（鼓膜温）、心拍率、心理的評価  
**Keywords**：Body Sensory Acoustic System for Groups, skin temperature, amylase values, ear temperature (eardrum membrane temperature), heartrate, psychological evaluation

## 1. 研究の背景

### 1) 重症心身障害児施設における療育

2012年の児童福祉法改正により障害が一元化され、重症心身障害児施設（以下重症児施設）は、医療型障害児入所施設に区分された。2018年5月現在、公法人立医療型障害児入所135カ所に12,501名、国立病院機構重症児病棟74カ所に約8,000名が入所して医療、生活支援を受けている<sup>20)</sup>。このような施設では、高齢重症者と濃厚な医療的ケアを必要とする重篤な重症児者が増加しているため施設を運営する上で、大きな課題になっている。

そのようななか、支援スタッフは、障害の程度、活動内容、時間、参加回数などに配慮、苦慮しながら日中療育活動をおこなっていることが指摘されている。日中活動にはどの施設も音楽を取り入れており、障害の程度の重い重症児者には、受容的音楽活動、つまり、音楽鑑賞を、そして、障害程度が軽くなるにしたがって、楽器演奏や歌唱など能動的音楽活動が小集団（グループ）でおこなわれている<sup>25)</sup>。

しかし、重症児施設の現実、高齢化により介護を必要とする利用者が増え、人工呼吸器や気管切開をした超重症児者や重症児者も増えているため、医療的ケアや介護量が増加している。そのために、利用者一人あたりの活動参加回数を減らさざるを得なくなり、参加回数を保障しようとするれば、グループ参加になり、障害の程度に応じた支援がやりにくくなっている。一方、少ないスタッフで懸命に療育がおこなわれている実態と療育に対する篤い想いが明らかになった<sup>25)</sup>。

療育に音楽を活用した取り組みが多いものの、重症児者は、脳の広汎な器質的障害のため、外見からは分からない視覚や聴覚に障害を持っている人もおり、難聴は重症児者の10%に認められると指摘されている<sup>6)</sup>。このことは、健聴の重症児者に対する音楽を用いた取り組み、たとえば、重篤な重症児者に対しておこなわれている集団で音楽を鑑賞するような療育活動では、難聴の重症児者には音刺激としての確に受容されていないことになり、的確に音楽活動が受容できるようにするためには、工夫や配慮が必要であることを示している。

### 2) 体感音響装置と臨床知見

自分が話をする声は、声帯から発する音波が外耳道を通り鼓膜を振動させる伝音系と骨を伝導して蝸牛に直接伝わる骨伝導系の両方の情報を聞いているため、録音された自分の声を聴いた時に違和感を覚えたことは誰もが経験しているであろう。このことは、日本のロケット開発の父で、バイオリンを弾く糸川英夫博士が、「楽器を演奏する人は、空気中を伝わる音波と楽器を持つ手などの体を通して直接振動として伝わる二つの音を聴いている」とし、それをボーンコンダクション理論で説明している。そして、振動と音を一緒に聞くことで、音のみを聴く場合に比べて、脳の旧皮質に作用して、陶酔感、恍惚感、リズム感、重低音感を一層味わうことができると指摘している。つまり、耳から聴く音楽は、脳の新皮質による判別性感覚の聴覚情報であるのに対してボーンコンダクションによる音楽呈示は原始的感覚で情動に訴えるとしている

る<sup>8)</sup>。

重症児者は、大脳皮質の重篤な器質的損傷ゆえに、筋緊張が亢進していることや精神発達が1歳未満であることが多いこと、また、難聴の重症児者が10%いることをふまえると、音楽を活用した活動も、彼らに音楽が受容できる呈示法の工夫が必要であり、それも旧・古皮質を刺激する振動呈示がその一方法と考えられた。

1976年に音楽と同時に、音楽の低音成分を体感振動に変える振動トランスデューサ（電気機械振動変換器）が開発され<sup>10) 11)</sup>、ステレオと一体化した音響装置として発売された。この装置は、スピーカーからの音楽とその音楽の低周波成分がトランスデューサで振動に変換されて呈示できるようになっている。この装置で音楽と振動を同時に呈示することで、患者に心地よさ、癒やし、恍惚感、安心感を与えるとした研究<sup>18)</sup>以降、心療内科や精神科領域でボディソニックベッドやチェアなどを活用した臨床研究がバイオミュージック学会を中心に活発に報告されてきた<sup>2) 16) 17) 24)</sup>。

体感音響装置による音楽と振動の同時呈示の効果や一般的な音楽活動の効果の研究では、リラックス尺度や気分調査票<sup>4)</sup>、感情価測定尺度<sup>13)</sup>、感想などのアンケート調査による心理的評価や心拍反応<sup>4) 12) 13) 14) 23)</sup>、呼吸変動、血圧変化<sup>18)</sup>、表面皮膚温の変化<sup>1) 2) 4) 13) 14)</sup>、脳波解析、ストレスホルモン（コルチゾール）<sup>19)</sup>の変化など生理指標による研究が多く、心理評価と対比させながら効果を検討している。一方、障害児者の療育や教育領域では、一般的な音楽活動による研究は多いが、振動を適用した研究はまだ少ない<sup>12) 13) 23)</sup>。

### 3) 集団用体感音響装置の製作と課題

重症児施設の日中療育活動において、医療的ケアや介護量が増えるなか、できるだけ多くの利用者が活動できること、集団のなかに発達段階の低い利用者や難聴の利用者に対しても音楽を受容できるようにすること、少ないスタッフで療育活動ができること<sup>25)</sup>、この要件を満たす新たな療育活動の方法を模索した。

体感音響装置による音楽呈示が重症児者の緊張の緩和や生活の質を高める可能性があること

から、このことに考慮した装置、つまり、集団用体感音響装置を製作することを考えた。トランスデューサの振動盤<sup>11)</sup> (Acouve Lab. ; Vp6<sup>®</sup>)を開発した(株)アクーヴ・ラボに依頼し、重症児施設で研究協力施設の島田療育センターの病室、病棟外の日中療育活動の場「ほっとステーション」を参考に、いずれの場所でも、最大8名が同時に音楽と振動を受容できる集団用体感音響装置を考案した(図1参照)。この装置は、重症児者がどのような姿勢であっても体に当てることのできる1個のトランスデューサ(16-15,000Hzに対応)を内蔵した22cm×20cm×8cmのクッション(ウレタン製)と音源を再生するアンプで構成されている。また、必要に応じてスピーカーも接続が可能になっている。

一方、この装置が完成したものの、重症児者にどの程度の刺激の強さで呈示するのが適切か、また、その効果を測定する方法は何か、について検討する必要があった。重症児者は快・不快を言語表出できないため、予め心地よい音および振動の強度はどの程度であるか、振動刺激に音楽を伴う方が心地よいといえるかという呈示方法、負荷をかけずにその効果を測定する方法はどのように指標が有効か、を探るため、まず、健常者で検討する必要があった。

## 2. 目的

本報告では、言語表出の乏しい重症児者に、集団用体感音響装置を用いて音楽と振動刺激を呈示する場合、どの程度の刺激強度で呈示することが適切であるか、また、その効果を検証する指標は何か、健常者を対象に検討し、重症児者で実施する手がかりを探ることを目的とした。

なお、本研究の倫理審査は、2016年度に共同研究者で健常者に対する振動刺激呈示の効果を担当する山下教授が所属する首都大学東京人文科学部研究安全倫理委員会の承認(H27-5)を得た。

## 3. 検討課題1

### 1) 目的

健常者が自分で心地よい刺激強度を調整し、

快適な強さを確定することを目的とした。

## 2) 方法

### (1) 対象者

対象者は、取り組み内容について理解して承諾し、かつ参加可能な健常者10名（男性3名、女性7名、平均年齢 $19:70 \pm 1.41$ 歳、）とした。なお、参加者には、取り組み終了後にQUOカードが贈呈された。

### (2) 手続き

対象者は、椅子に腰掛けて骨盤部位（腰）にトランスデューサが内蔵されたクッションを当てるよう教示され、その後、以下の手順で実施された。

振動刺激は、Olav Skil氏から提供された心地よい振動周波数とされる54.5Hzで、強度（振幅）が周期的に変動する。この周波数が収録されたCDをオーディオアンプ（YAMAHA:CRX-N470<sup>®</sup>）にセットした。まず、①5分間の安静状態 ②心地よいと感じる振動強度を自分で1分間かけてアンプのボリュームを調整する ③調整した刺激強度で振動刺激を15分間呈示し、その間、振動強度を自由に調整する ④5分間安静状態で過ごす。

この取り組み場所は研究室とし、取り組み開始1時間前に26度、風向無、風速弱でエアコンを設定した。

### 3) 結果

対象者10名が心地よい振動強度と設定したオーディオアンプのレベルは28であった。このレベルにおける強度を、振動盤内蔵クッションから30cmの位置で等価騒音計（RION; NL-42<sup>®</sup>）のC特性で測定したところ、平均音圧は59.9dB、最大音圧は71.8dB、最小音圧は51.8dBであった。

## 4. 検討課題2

### 1) 目的

重症児者に体感音響装置を用いて音楽を呈示する場合、振動のみによる呈示、スピーカーのみによる呈示、スピーカーと振動による呈示のうち、どの呈示法が心地よいと感じられるか、

健常者を対象に、心理的評価、生理的評価から検討することを目的とした。

### 2) 取り組み方法

#### (1) 対象者

対象者は、取り組み内容について理解して承諾し、かつ参加可能であった健常者のべ60名（うち分析対象57名、男性36名、女性21名、平均年齢 $19:89 \pm 1.06$ 歳）とした。

#### (2) 刺激呈示条件

本検討課題では、①振動のみ（振動条件）②音楽のみ（音楽条件）③音楽と振動の同時呈示（音楽+振動条件）を設定した。

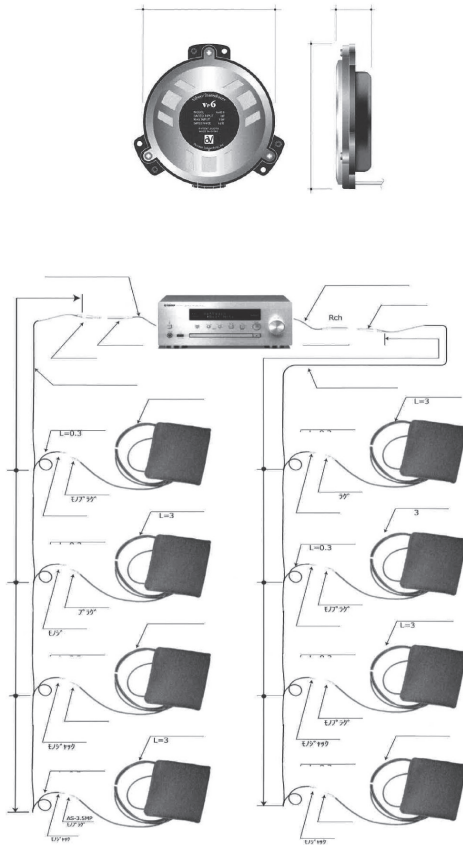
#### (3) 呈示音楽と刺激強度

呈示音楽はヒーリングミュージック<sup>®</sup>である「音楽」（宮下富美夫作曲）を14分38秒間呈示した。この曲は、デジタルオシロスコープ（Rohde & Schwarz:RTO1002<sup>®</sup>）でスペクトル分析をしたところ、呈示音楽4曲の最大パワの周波数は65Hz、73Hz、83Hz、87Hzで、各周波数の倍音で基調に、低周波数領域の強調とシンセサイザーの特徴が認められた<sup>24)</sup>。また、呈示中の平均音圧は、振動条件では61.4dB、音楽条件では61.3dB、音楽+振動条件では64.3dBであった。振動条件の音圧は課題1と同様の位置であり、音楽を含む条件では、クッションから30cm、スピーカー（TIMEDONEIN; mini; 40W<sup>®</sup>）から2.5mの位置に置いた等価騒音計のC特性で音圧を測定した。

#### (4) 各条件の実施手続き

本取り組みは、図1に示した集団用体感音響装置を重症児者に適用するため作製された装置を活用して、その装置による呈示の効果を確認するため、表面皮膚温を指標の一つにしている。しかし、測定精度を確保して一度に測定できる距離の制約から、本研究では、同時に刺激呈示する対象者は2～3名とした。

取り組みの手順は、会議用椅子に座り、腰（骨盤）にクッションを当て、他の椅子に足を伸ばす形でリラックスできる体勢をとった後、①安静1で5分間 ②刺激呈示で約14分 ③



1個のアンプ（CDレシーバー）と振動盤内蔵の8個のクッションから構成

図1 トランスジューサ（上）と  
集団用体感音響装置の設計図（下）

安静2で5分間とした。具体的には、振動条件では3名が一齐に振動のみが呈示され、その他の条件では、3名のうち1名が振動なしで音楽のみ、2名が音楽と振動が呈示されるようにした。図2にブロック図を示す。

また、入室後、安静1、刺激呈示後、安静2後に心理的評定、耳温（鼓膜温）、室温・湿度の計測と呈示前後に唾液アミラーゼ活性値を計測した。

#### (5) 室内環境

本研究では生理指標に非侵襲的指標である赤外線サーモカメラ（NIPPON AVIONICS；R300SR<sup>®</sup>：記録画素数；640×240画素、温度分解能；0.025℃）による表面皮膚温の計測をおこなうため、取り組みを開始する2時間前にエ

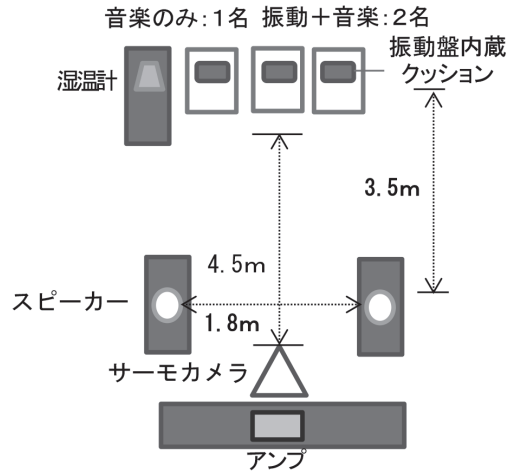


図2 ブロック図

アコンを26度、風向無、風速弱で設定し、合わせてサーモカメラの電源をセットした。

取り組み期間は、平成30年5月から7月、時間は、10時50分～14時30分の間とした。この間の室温は湿温計（SEIKO;SQ767<sup>®</sup>）で平均25.46～25.64℃、湿度は平均67～69%であった。

### 3) 指標と分析法

#### (1) 心理的評価

対象者は、入室後、安静1終了後、刺激呈示後、安静2終了後に、体調（1：非常に不良～6：非常に快調）、意識（覚醒状態）（1：とても眠い～6：よく目覚めている）、リラックス感（1：とてもリラックス～6：とても緊張）を6段階で、直感で評定することが求められた。また、その際に、湿温計の数値も記録された。その他、同様に、室温、刺激強度についても直感で評価された。

#### (2) 生理指標と評価法

本研究では、刺激呈示に伴う生理指標を効果の測定指標にした。サーモカメラによる皮膚温の測定は、安静1、刺激呈示、安静2において、それぞれ開始直後から1分ごと、それぞれ6回、16回、6回記録した。皮膚温は、体表面から放射される赤外線量（放熱量）を計測し、温度に変換してパターン化したものである。

1分間の心拍数に換算したHeart Rate

表1 生理指標に関わる装置と意義

生理指標	装置名	意義と仮説
サーモグラフィー	サーモカメラ (R300SR) NIPPON AVIONICS	リラックスすることで血管が拡張し皮膚温が上昇。 (顔面の最高皮膚温を計測)
唾液アミラーゼ値	唾液アミラーゼモニター (CM3.1) NIPRO	ストレス評価における交感神経の指標でストレスにより高値。(刺激前後の計測値を比較)
耳温 (鼓膜温)	耳式体温計 (MC-510) OMRON	鼓膜は体温調節中枢のある視床下部に隣接し、脳の血管を共有。中核温の変動が即座に反映。末梢部の放熱で鼓膜温は低下。(2回測定の前平均値で比較)
心拍 (HR)	活動量計(A370) POLAR	心理的要因による自律神経活動が反映し、注意の持続で心拍数は減少 (各3分間の平均HRで比較)

(HR：以下心拍数) は、安静1、刺激呈示中、安静2の取組中に腕時計型活動量計(POLAR; A370<sup>®</sup>)で計測した。耳温(鼓膜温)は、耳式体温計(OMRON; MC-510<sup>®</sup> 分解能: 0.1℃)で安静1前後、刺激提示後、安静2終了後に各2回測定してその平均を計4回記入した。唾液アミラーゼ活性値(AMY値)は、安静1後と刺激提示後の2回、対象者は唾液アミラーゼチップ(NIPRO; 59-010<sup>®</sup>)を舌下に30秒間置き、その後唾液アミラーゼモニター(NIPRO; CM3.1<sup>®</sup>)で計測した。計測時に気になる数値が検出された場合、再度計測して再現性を確認した。表1に生理指標と機器名、指標の持つ意義についてまとめた。

### (3) 分析法

皮膚温は、安静1、刺激後、安静2後における各対象者の顔面で最も高温の数値を解析ソフト(NIPPON AVIONICS; InfReC Analyzer NS9500 Standard<sup>®</sup>)で同定した。唾液アミラーゼ活性値は、刺激前後の唾液アミラーゼ活性値の変化量を分析対象とした。耳温(鼓膜温)は4回の計測値の変化を対象とした。心拍数は、測定データをComma Separated Value (CSV)形式でMS EXCELに入力後、安静時は計測1分後から3分間、刺激呈示時は4分後から3分間の心拍数を分析対象とした。これらが3刺激条件の間で差が認められるか、心理統計<sup>30)</sup>による検定をおこなった。

## 4) 結果

### (1) 3条件における心理的評価

対象者は、実施手続きにそって、安静1終了後、刺激呈示後、安静2終了後に、体調、意識(覚醒)状態、リラックス感を6件法で直感的に記入した。その結果を、安静プログラム前を基準に各評定値の比率を3条件で示したものが、図3である。

体調の変化は、いずれの条件とも有意な変化ではないものの、刺激呈示終了後の評価で「非常に快調」方向へ変化し、振動が伴う2条件では安静2終了後もその快適さが持続し、音楽条件では安静1と同程度に戻っていた。

意識(覚醒)の状態は、刺激呈示終了後にいずれの条件とも最も眠い方向に変化しており、その後、安静2では目覚め方向に変化しているが、多重検定比較で、安静0に対して音楽条件が5%(統計値: 2.74, 基準値: 2.67)、音楽+振動条件が1%水準(統計値: 3.60, 基準値: 3.28)で覚醒レベルが低下している。観察およびサーモカメラによる写真から、2名を除いた15名の対象者は軽眠状態にあった。また、安静2では、安静1の80%程度に覚醒レベルは回復していた。更に、リラックス感でも、心理的評価は同様の傾向を示していた。

刺激呈示前後において対応のあるt検定では、体調が振動条件(df=10, t=1.9, P<0.05)および音楽+振動条件(df=10, t=1.9, P<0.05)で5%、また、覚醒およびリラックスが音楽+振動条件の評価においても有意な変化(r=0.455, P<0.05)と有意な相関が認められた。

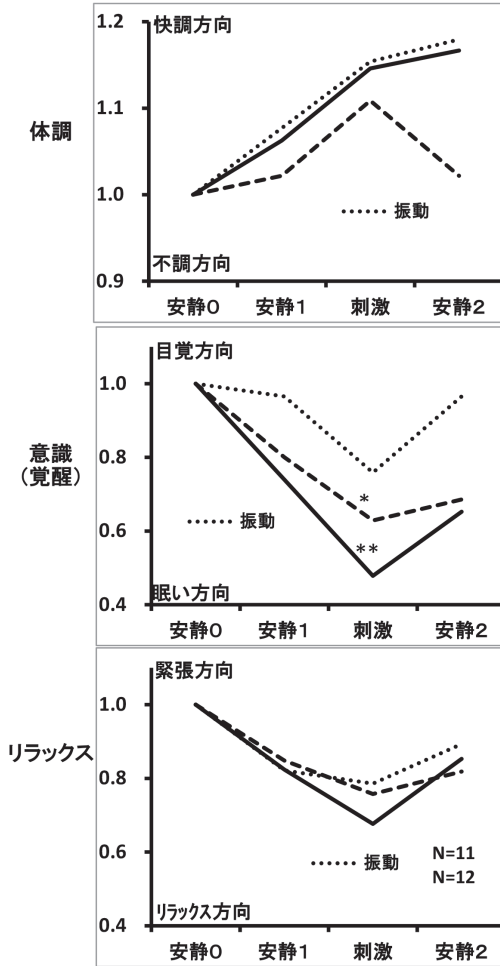
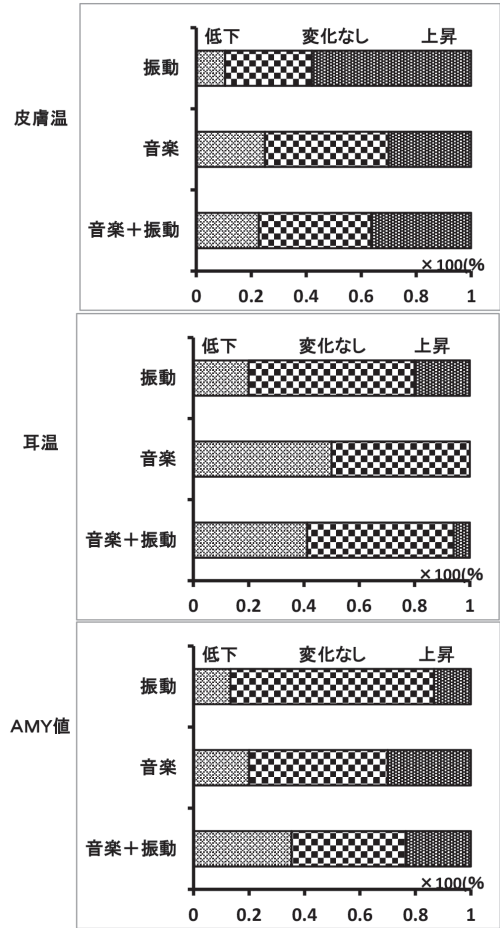


図3 各プログラムにおける心理的評価



(AMY値：唾液アミラーゼ値)

図4 刺激呈示前に対する3指標における各変化の出現率

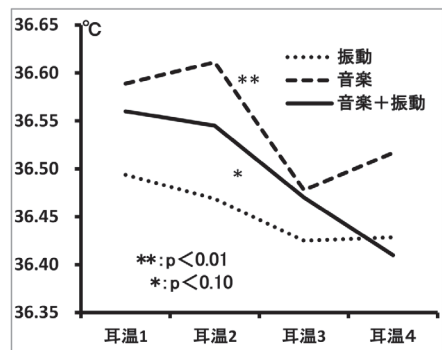
(2) 3条件における生理指標の変化

皮膚温、耳温（鼓膜温）、唾液アミラーゼ活性値（AMY値）を「上昇、変化なし、低下」の出現率を各条件別に図4に示した。

皮膚温は、刺激呈示前後の変化値の標準偏差の1/2である±0.25℃の変化を基準に「上昇、変化なし、低下」を同定してその出現率を求めた。各条件で出現率に有意差は認められないが、振動条件で皮膚温が上昇する割合が約60%と多く、音楽+振動でも上昇の出現率は約40%で、音楽条件の約30%よりも多い。

刺激前後の耳温（鼓膜温）の変化を皮膚温と同様に±0.15℃を基準に同定し、その出現率をみると、いずれの条件も「変化なし」が50%程度あるが、音楽条件では約50%、音楽+振動条

件では約40%が「低下」している。また、図5は取り組み中に4回計測した鼓膜温の変化を



(耳温1：安静1前 耳温2：安静1後 耳温3：刺激後 耳温4：安静2後)

図5 各条件下の耳温の変化

示しているが、いずれの条件とも開始前の測定値に比べて鼓膜温は「低下」し、安静1と刺激呈示では、音楽条件で1%以下の有意差 ( $df=8, t=3.77 \quad p<0.001$ )、音楽+振動条件で約10%の優位傾向 ( $df=9, t=1.20 \quad p<0.13$ ) が示された。しかし、安静2終了後には、前者の耳温は「上昇」したのに対して、後者は「低下」が持続し、振動刺激もほぼ同様の耳温を示しており、振動の有無で様相は異なっていた。

図4の唾液アミラーゼ活性値の出現率は、最小検出値であった3 ku/lの絶対値を基準に出現率を同定した。その結果、条件間に有意差はないが、振動条件で「変化なし」が多く、音楽条件で「上昇」が約30%、音楽+振動条件で「低下」が約40%を示した。

### (3) 3条件における生理指標間の関係

刺激呈示、すなわち、振動のみ、音楽のみ、音楽+振動の各条件において呈示前後における

各対象者の皮膚温、耳温、唾液アミラーゼ活性値 (AMY値) の関係を散布図で図6に示す。

皮膚温 (横軸) と耳温 (鼓膜温) (縦軸) の関係では、振動および音楽のみの条件で、皮膚温と鼓膜温に相関関係は認められないが、音楽+振動条件では、強い負の相関 ( $r=-0.518 \quad p<0.05$ ) が認められた。

皮膚温 (横軸) とAMY値 (縦軸) の変化の相関はいずれの条件でも認められないが、振動および音楽+振動条件で皮膚温の上昇とAMY値の上昇傾向が関連している傾向がみられた。

耳温 (横軸) とAMY値 (縦軸) の散布図では、振動条件では耳温とAMY値の間に正の有意な相関 ( $r=0.475 \quad p<0.05$ ) が、また、音楽+振動条件では弱い負の相関 ( $r=0.236 \quad p=ns$ ) が示された。

### (4) 3条件における平均心拍数

対象者の腕に装着した活動量計から導出した

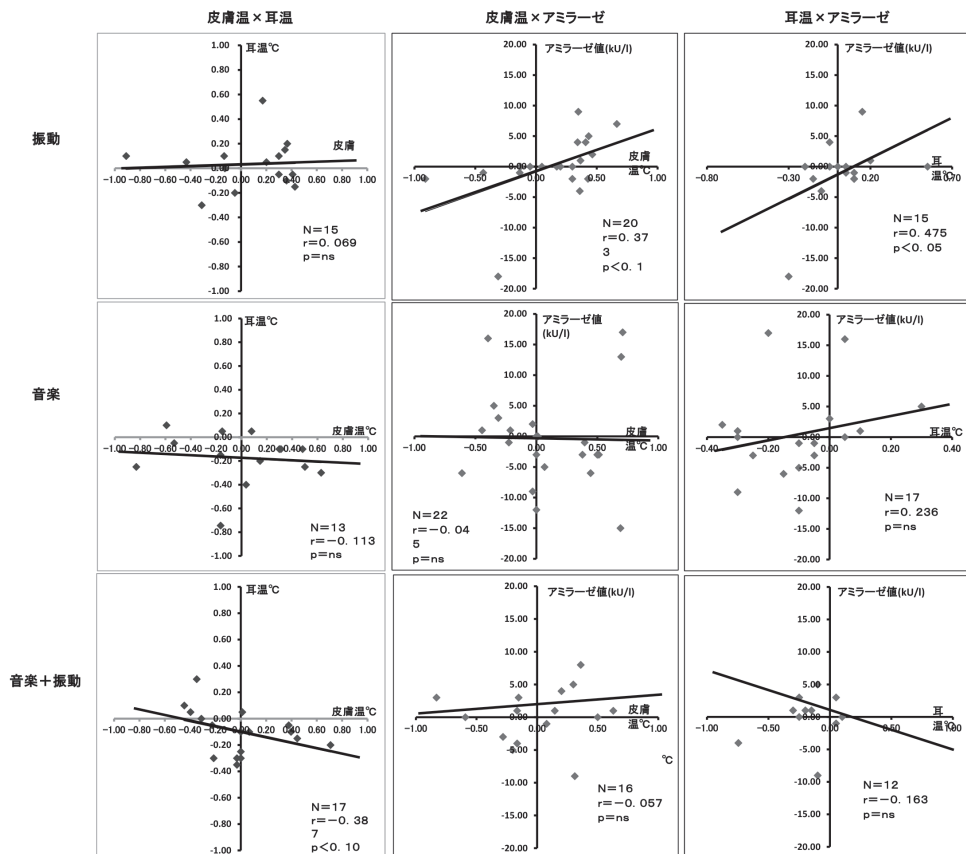
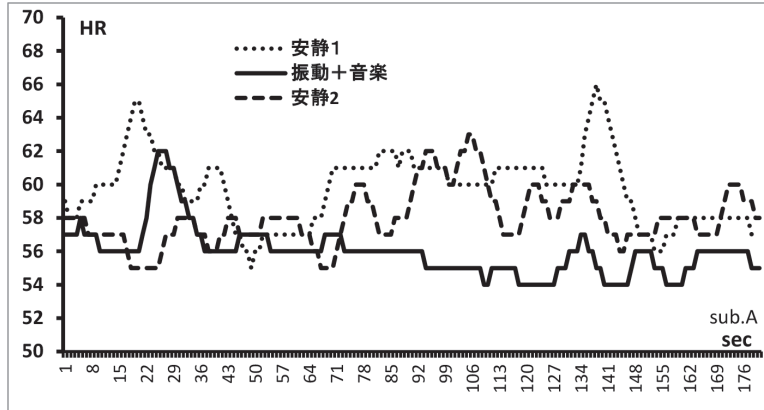


図6 3条件における指標間の相関関係





(各取り組みの3分間の心拍数の変動経過：振動+音楽呈示時に心拍数が減少している)

図7 音楽+振動条件における心拍率の変動例

音楽+振動条件における3分間の心拍数をトレースしたものが図7である。刺激呈示により心拍は安静時に比べて減速しており、変動も少ないことが視察から認められる。

5名の対象者について3条件ごとに安静1、刺激呈示、安静2の平均心拍数を図8に示す。安静時に対して刺激時に心拍が減速するV字パターンは、振動条件で3名、音楽条件で2名、音楽振動条件で5名であり、対象者毎に多重検定比較をおこなったところ、いずれの条件とも安静1と刺激呈示の平均心拍数の間で1%の水準で有意な心拍数の減少が認められた。また、音楽条件でV字パターンに個人差があるのに対して、振動を伴う条件では、個人によるばらつきは少ない。

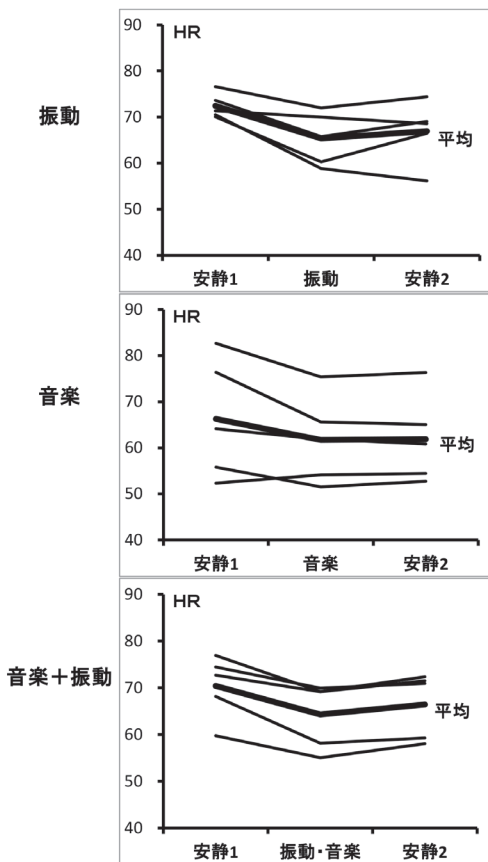


図8 3条件の取り組みにおける心拍数の変化

## 5. 考察

### 1) 心理的評価からみた特徴

スピーカーを介した音楽や体感音響装置による音楽の効果に関わる研究では、気分評価やリラックス尺度<sup>4)</sup>、顕在性不安尺度<sup>2)</sup>、感情価測定尺度や多面的感情状態尺度<sup>14)</sup>など既成の心理尺度のほか、音楽をどう感じたかなどアンケート調査を活用して、生理指標との関係で論述する論文が多い。これらは、質問項目が多いため、本研究では対象者がストレスを感じないことに考慮して、短時間に簡易に評価できるように、主に体調、意識(覚醒状態)、リラックス感について6件法で直感的に記入することを

もとめ、取り組み開始前、安静 1、刺激呈示、安静 2 の終了直後に実施した。その結果、音楽条件および音楽+刺激条件で覚醒レベルが低下し、よりリラックスを感じる一方で体調もより快適になったと評価していた。特に、振動や音楽+振動条件では、体調が安静 2 終了後も持続している傾向も認められ、音楽条件と異なる評価が示された。

音楽および音楽+振動呈示により覚醒が低下し、よりリラックス感を感じたことは、安静に比べて刺激呈示時間が長いことが反映した可能性は否定できない。しかし、刺激呈示を介入として、その前後の安静 1 と安静 2 を比較すると、リラックス感はほぼ同じであるのに対して音楽+振動条件では、安静 2 の覚醒レベルは安静 1 よりも低いことから、音楽と一緒に振動を呈示したことが、覚醒レベルの低下につながったと考えられる。同様の研究で、音楽+振動では、多面的感情状態の「集中」が下がっており、それを緊張状態の緩和と解釈している<sup>14)</sup>。本研究では、取り組み初期から緊張と記した対象者はいなかったが、それでも取り組み経過を通じて、緊張が一層緩和し、より覚醒レベルが低下したものと推察される。また、音楽のみの呈示と異なり、振動が伴う条件では、快適感が振動呈示終了後も持続していたが、これは、骨伝導による振動音響にともなう原始感覚に作用した余韻のような、振動による特有の効果である可能性が考えられる。

## 2) 生理指標からみた反応特徴

刺激呈示にともなう効果を推定する生理指標として、表面皮膚温、耳温（鼓膜温）、唾液アミラーゼ活性値、心拍数を選定した。これらの指標は、いずれも非侵襲的であり、対象者の負荷が少ない状態で生理データが得られる。

生理指標の持つ意味は、表 1 に示したとおり、刺激の呈示によりリラックスできたかを知る指標である。リラックスした場合、自律神経系の交感神経の興奮が抑制され、それにより末梢の血管が拡張して放熱、つまり皮膚温が上昇するとされる。また、医療機器として認可されている唾液アミラーゼモニター<sup>27) 28)</sup>で計測する唾液アミラーゼ活性値もストレスによる交感

神経の興奮の程度を表す指標であり、数値が低下することでストレスが緩和されたと推測ができる。一方、耳温（鼓膜温）は、鼓膜が体温調節中枢のある視床下部に隣接し、脳の血管を共有していることから、中核温である深部体温の変動を即座に反映しているとされる。そのため、身体の末梢においてリラックスすることで放熱されると、血液温度が低下するため、鼓膜温は低下するとされている<sup>29)</sup>。

まず、心拍数の変化を条件別でみると、いずれも刺激呈示で有意に減速し、特に、音楽+振動条件で変化が大きいこと、音楽条件よりも振動をとまなう条件で変化に個人差が少ないことが示された。心拍は、交感神経系と副交感神経系に支配されて変動するが、一般的に運動、興奮、ストレスを感じることで加速し、安心、安静、リラックス、覚醒の低下、集中・定位反応などで減速すると理解されている<sup>7)</sup>。本取り組みでは、対象者は、会議用の椅子にもたれる形で座った状態で安静や音楽あるいは振動刺激を受けるため、一過性の刺激を与えて心拍反応をみる研究ではない。ここでは、刺激を持続的に呈示しているため、その間における心拍の加速・減速変動は、刺激に対する心理的要因が反映していると考えてよい。このことから、刺激呈示、特に、音楽+振動条件、振動条件など振動伴う条件での心拍の減速は、心地よい、リラックスが反映したものと推察された。

また、他の指標について刺激呈示前後で比較すると、表面皮膚温が上昇する出現率の割合が振動条件多いこと、唾液アミラーゼ活性値は音楽+振動条件で低下傾向を示したこと、鼓膜温が、刺激前に比べて呈示後に低下する出現率が、音楽条件と音楽+振動条件で40～50%あること、そして、取り組みの経過でみると、音楽+振動条件では取り組み終了後まで鼓膜温の低下が持続していること、が示された。このような結果は、必ずしも他の条件との間に統計的に有意な差が認められたわけではないが、音楽+振動条件で皮膚温の上昇と耳温の低下、唾液アミラーゼ活性値の低下が全体的傾向としては認められるといえよう。

このこともふまえて各指標の相関をみると、皮膚温と耳温では音楽+振動条件で強い負の相

関、つまり、皮膚温が上がると耳温は下がることが、また、振動および音楽+振動条件で皮膚温が上昇すると唾液アミラーゼ活性値（AMY値）も上昇する傾向が、振動条件では耳温が上がる時にAMY値も上昇しているが、音楽+振動条件では耳温が下がるとAMY値は上がる弱い負の相関があること、が示された。

表面皮膚温に反映する血管運動機能は、交感神経系の支配を受けており、内的・外的因子に敏感に作用する。特に、内的因子では、年齢、食事、季節差などのほかに、情動、ストレス、精神機能などの影響を受けるとされている<sup>9)</sup>。そのため、皮膚温は、心理的実験の指標として活用されており、音楽や体感音響装置による振動呈示で、指尖や鼻部、額面などの皮膚温が上昇する報告は多い<sup>1) 2) 4) 13) 14)</sup>。また、鼓膜温は、中核温のひとつで、末梢で放熱されて低下した血液の温度を示すとされているが、それを活用した生理心理学的研究は少ない<sup>29)</sup>。しかし、理論的には、リラックスすることで、皮膚温が上がり放熱された場合、耳温は低下すると考えられ、本取り組みで音楽+振動の呈示でその傾向が認められたことは、この呈示法がリラックスに有効であることを示唆していると考えられる。

しかし、血管運動も唾液アミラーゼ活性値も交感神経の支配を受けている。つまり、リラックスで交感神経の興奮が抑制されると皮膚温は上がり、唾液アミラーゼ値は低下することが予想されたが、この点については、皮膚温と耳温の関係とは異なっていた。

赤外線サーモカメラによる表面皮膚温の測定箇所は、一般的には額面、手掌、指尖、鼻部など近接撮影をしているが、本研究では、遠距離撮影で対象者の顔の観測点が少なく、精度において課題があった。また、唾液アミラーゼ活性値は、ストレスの簡便な指標として多くの研究に活用されるようになり、有用な指標といえる。しかし、研究対象者は、刺激呈示前のアミラーゼ値が5 ku/l前後と低い例が多く、取り組み開始前からストレスの少ない状態であった可能性がある。極端な数値を示す場合、再度計測をおこなったが、いずれも再現が確認できており、計測上の問題はないと思われた。生理心理

学の指標は、初期値の扱いに課題があり、今後は、その視点で個人別に整理し、他の指標との関連を検討する必要がある。

### 3) 集団用体感音響装置による刺激呈示の効果

元来、生理指標は個人差が大きいものの、外観からは認めにくい心理的要因を反映した変化をある程度とらえることは可能である<sup>7)</sup>。一方、直感により評定する6件法の評価法は、記入時点での個人の評価であり、統計的処理がしやすい利点がある。

これまで、体感音響装置による音楽や振動呈示は、ベッドパッドなどで一人に対しておこなっていた。今回、重症心身障害児者などへ集団で呈示する方法を模索するなかで集団用体感音響装置を作製した。本研究では、赤外線サーモグラフィで一定の精度を持って同時に計測できるのが最大3名であったため、8名まで対応した集団用体感音響装置で2～3名を対象とし、音楽、振動、振動+音楽を呈示する条件のなかで、どの呈示法がリラックスを促す効果があるか、心理的評価と生理指標から検討したが、このような装置による研究は、これまで確認されていない。

今回得られた心理的評価は、刺激呈示、特に振動をともなう条件では、体調が快調、覚醒レベルが低下、リラックス感が上昇、といずれも有意に変化していたことと、安静状態よりも音楽+振動刺激呈示などで心拍が減速していたことは、心理評価と生理評価が一致して、振動を伴う刺激によって心地よい状態になっていたことを示したものとえよう。

また、他の生理指標においては、仮に、心拍変動で認められた刺激呈示でリラックスが促された場合、皮膚温は上昇するのに対して耳温（鼓膜温）と唾液アミラーゼ活性値は低下すると予想された。本結果では、刺激前後の各指標の変化と同定される「上昇」「変化なし」「低下」の出現率では、振動を伴う刺激で皮膚温の「上昇」と耳温の「低下」傾向が認められた。また、各指標の相関関係から、音楽+振動条件で皮膚温と耳温で想定された傾向が認められた。これらのことから、音楽を聴くだけ、振動を感じるだけよりは、音楽と振動をそれぞれ同時に耳と

骨伝導などから受容することが、リラックスにつながると推察された。

健常者に同様の刺激条件で心拍スペクトル解析と皮膚温（鼻部）の変化から検討した研究<sup>14)</sup>では、覚醒しながらリラックスしていたと報告されているが、本研究では、リラックスを感じているものの覚醒レベルはかなり低かった。この違いについて、更に検討すると、この装置を重症児者に適用するうえで、重要になると思われる。

いずれにしろ、健常者を対象とした集団用体感音響装置によるリラックスを促す取り組みは、効果測定の指標に課題はあるものの、音楽と振動を伴う刺激呈示の方法が、最もリラックスを促す可能性が高いことが示唆された。

#### 4) 重症児療育に向けて

本研究は、重症児施設では、少ない職員で利用者の生活の質を高める療育活動がおこなわれている実情を知り、緊張の強い状態像を持つ重症児者に有効と考えられる振動刺激を、より多くの参加者に対して一斉に呈示することで、筋緊張の緩和、リラックスを促すことができないか思考するなかで、集団用体感音響装置の開発を発想したことからはじまった。

これまでの研究もふまえて、(株)アクーヴ・ラボの協力で、重症児施設の実情に合わせて、最大8名まで対応可能な集団用体感音響装置が作製されたが、重症児者に適用するには、どのような呈示方法が適しているのか、刺激の強さはどの程度が心地よいと感じるのか、また、効果があるのかについて健常者で確認する必要があった。

本研究の結果、重症児施設には、難聴の重症児者がいることを考慮しても、体感音響装置で音楽+振動刺激をそれぞれ約60dBで呈示することが適当であると示唆された。また、その際の効果測定は、非侵襲的なサーモカメラによる皮膚温の測定と短時間で測定可能な耳式体温計による鼓膜温の測定が、重症児者に適していると考えられた。今回の皮膚温の測定は、3名を一斉に記録するため、4.5mの距離から計測したが、その結果、計測点（ピクセル）が少なかった。これまでの知見では、顔面以外に、手掌、

指先、鼻部などで測定しており、身体のどの場所が効果を測定するのに有効であるか、今後、検討する必要がある。その上で、室内の温度や湿度の管理とその測定に配慮しながら、丁寧に症例を重ねることが重要であり、そのことでより正確な効果の判定につながると考えられる。

また、今回は健常者への振動刺激呈示であったため、予備検討で得られた心地よいと感じられる平均の振動強度であったが、本装置が個別に振動刺激強度を調整できないため、重症児者で振動刺激を呈示する場合、予備的検討で対象者の振動に対する反応を丁寧に確認して振動強度を決めることが必要になるであろう。

今後、このような点に配慮しながら、病室のベッドで生活する超重症児者や療育活動室に車椅子で参加する重症児者の療育活動に活用されることを期待したい。

#### 【謝辞】

本稿を書くに当たり、体感音響装置の開発者で体感音響研究所の小松 明氏、(株)アクーヴ・ラボ社長今村嘉男氏、島田療育センター院長木実谷哲史氏にご助言、ご協力を頂いた。各氏に心よりお礼を申し上げます。

なお、この研究は、科研費基盤研究 (B) (25285167) の助成を受けておこなった。

#### 【引用文献】

- 1) 阿部万里子, 星山麻木, 佐木川れい子「重症心身障害児・者に対する人が直接的介入による音楽療法の効果の検討—サーモグラフィーを指標とする録音音楽と歌いかけの比較から—」日本音楽療法学会誌, 6, 1, 67-74, 2006.
- 2) 千島康稔, 西條正城, 吉田豊一, 青木文彦, ほか「形成外科手術患者に対する音楽療法—サーモグラフィーを用いた皮膚温測定による評価—」日本バイオミュージック学会誌, 11, 20-28, 1994.
- 3) Eha Ruutel, Lvar Vinkel, Priit Eelmae「The Effect of Short-Term Vibroacoustic Treatment on Spasticity and Perceived Health Condition of Patients with Spinal Cord and Brain Injuries」Music and Medicine, 9, 3, 202-208, 2017.
- 4) 藤森麻衣子, 坂野雄二, 野村忍「リラクセー

- ション映像と音楽が嫌悪ストレスに及ぼす効果について」日本バイオミュージック学会誌, 18, 2, 229-237, 2000.
- 5) 福井一, 豊島久美子「音源及び音楽嗜好が内分泌変化に及ぼす影響」日本音楽療法学会誌, 4, 2, 168-180, 2004.
  - 6) 針谷しげ子, 大山直美, 三谷芳美, 田中美郷「難聴を伴う重症心身障害児(者)のコミュニケーション障害と対策」日本重症心身障害学会誌, 25, 1, 59-69, 2000.
  - 7) 稲森義雄「心拍の計測と処理」宮田 洋監修『新生理心理学』158-171, 北大路書房, 1998.
  - 8) 糸川英夫「ボーンコンダクションと音楽療法」小松明・佐々木久夫 編著『音楽療法最前線』155-183, 1994, 人間と歴史社.
  - 9) 栢沼勝彦「サーモグラフィ」日本自律神経学会編『自律神経機能検査第2版』110-116, 1990.
  - 10) 小松明「身体で聴く音響装置, ボディソニック・システム」日本オーディオ協会誌, 21, 6, 54-60, 1981.
  - 11) 小松明「体感音響装置と振動トランスデューサ Vt7, Vp6」日本オーディオ協会誌, 42, 3, 9-13, 2002.
  - 12) 栗延孟, 田口愛, 木実谷哲史, 矢島卓郎「重症心身障害児に対する体感音響装置による音楽呈示の有効性—心拍変動のスペクトル解析による検討—」日本重症心身障害学会誌, 36, 3, 477-483, 2011.
  - 13) 栗延孟, 小沢陽子, 木実谷哲史, 矢島卓郎「重症心身障害児に対する体感音響装置による音楽呈示の有効性(2)—行動反応と生理的な反応による検討—」日本重症心身障害学会誌, 37, 3, 385-391, 2012.
  - 14) 栗延孟, 伊藤紗也香, 細川拓郎, 山下利之, 矢島卓郎「体感音響装置を用いたヒーリングミュージックの呈示が自律神経活動に及ぼす影響」首都大学東京心理学研究, 23, 19-27, 2013.
  - 15) Kvam MH「The effect of vibroacoustic therapy」Physiotherapy, 83, 6, 290-295, 1997.
  - 16) 牧野真理子, 坪井康次, 筒井末春「心療内科クリニックにおける音楽療法の試み」日本バイオミュージック学会誌, 11, 39-44, 1994.
  - 17) 村林信行, 坪井孝次, 中野弘一, 筒井末春「音楽が健常人に及ぼす生理学的変化に関する検討(第1報)」日本バイオミュージック学会誌, 8, 46-51, 1993.
  - 18) 永田勝太郎, 片山蘭子, 日野原重明「音楽療法の研究(第1報)不安定高血圧治療における体感音響システムの効果」心身医学26, 150, 1986.
  - 19) 貫行子, 吉内一浩, 野村忍「ヒーリング・ミュージックのストレスホルモンへの効果—心理学的調査と内分泌学的実験を通して—」日本音楽療法学会誌, 3, 1, 64-70, 2003.
  - 20) 社会福祉法人全国重症心身障害児(者)を守る会編「重症心身障害児施設一覧」両親の集い, 5・6, 2018.
  - 21) 下村依子, 玉村由佳, 巢黒慎太郎, 松本和雄「音楽刺激による生体反応のポリグラフの研究(第II報)—サーモグラフィを中心として—」日本バイオミュージック学会誌, 18, 1, 109-116, 2000.
  - 22) Tony Wigram「振動音響療法と体感振動療法の装置」小松明 訳:『振動音響療法—音楽療法への医用工学的アプローチ—』260-266, 2003, 人間と歴史社.
  - 23) 矢島卓郎「重症心身障害児に対する体感音響装置による音楽療法の適用」日本バイオミュージック学会誌, 17, 1, 116-125, 1999.
  - 24) 矢島卓郎, 雪吹誠, 山下利之「重症児者の小集団における体感音響装置を用いた療育活動の開発」, 平成23年度科学研究費報告書, 2012.
  - 25) 矢島卓郎, 有本潔, 木実谷哲史「医療型障害児入所施設の利用者に対する日中活動の現状と課題」目白大学総合科学研究, 13, 1-18, 2017.
  - 26) 矢島卓郎, 有本潔, 木実谷哲史「体感音響装置による音楽療法の現状と展望—重症心身障害児者への更なる適用を目指して—」目白大学総合科学研究, 14, 67-79, 2018.
  - 27) 山口昌樹「唾液マーカーでストレスを測る」日本薬理学会誌, 12, 980-984, 2007.
  - 28) 山口昌樹「唾液を用いたストレスの計測と回復支援」精密工学会誌, 82, 8, 731-734, 2016.
  - 29) 山田富美雄「体温調節系」宮田洋監修『新生理心理学』222-236, 北大路書房, 1998.
  - 30) 柳井久江:『エクセル統計 第4版』オーエムエス, 2014.

