

# シュタイナー教育における楽器演奏時の脳波の分析

## Analysis of Musical Instrument performance in Waldorf Education through Electroencephalogram Measurements

井藤 元<sup>a)</sup> 山下 恭平<sup>b)</sup> 徳永 英司<sup>c)</sup>  
Ito Gen Yamashita Kyohei Tokunaga Eiji

**要旨：**筆者らはこれまでにシュタイナー教育における諸実践のうち、フォルメン線描、オイリュトミー、ぬらし絵の分析を行ってきた。本研究もその延長線上に位置づくものであり、シュタイナー教育において、楽器演奏がもたらす効果を演奏者の脳波測定によって明らかにすることを目指すものである。その第一歩として、すでに脳波研究分野で実績のある脳波計 MUSE を使用し、シュタイナー教育幼稚園にて、長年音楽教育実践のある楽器演奏者を被験者として楽器演奏時の脳波測定を行い、奏者の脳波がいかなる状態になっているかを分析した。使用した楽器は、様々な形状のライアー、グロッケン（鉄琴）、木琴、笛（木製）、フィンガーシンバル、クーゲル（オルゴールボール）である。ライアーや笛のように、複雑な指の動きを要する楽器の演奏時では、論理的思考や緊張感を示す脳波が上昇した。特に、呼吸の調節も必要な笛ではこれらの脳波が顕著に上昇した。フィンガーシンバルは音を鳴らす直前に、論理的思考や緊張感を示す脳波が上昇する一方、その余韻を聴いているときは安静を示す脳波が上昇した。また、ライアーの音階を、短時間で連続的に上昇させた（アップストローク奏法）際には、深いリラクゼーション時に現れるとされる  $\theta$  波の有意な上昇が観測された。以上より、演奏者は音楽（曲）を演奏する際には、音階と時間（タイミング）の論理的整合性が要求されるため、論理的思考や緊張感を示す脳波が優位になる一方、その音色を演奏者自身が聴く際には安らぎを感じていることが示唆された。

**キーワード：**シュタイナー教育、音楽、楽器、脳波測定

### 1. はじめに

本研究は、シュタイナー教育において楽器演奏がもたらす効果を演奏者の脳波測定によって明らかにすることを目指すものである。現代において、シュタイナーの教育実践は世界的に高く評価され、広く受容されているものの、シュタイナー教育の実践を支える独自の思想（人智学）は秘教的色合いが強いため、容易に接近することができず、学術的調査が十全には進められていない。そうした現状に鑑み、筆者らはこれまでシュタイナー教育の意義を科学的アプローチにおいて明らかにする研究を進めてきた。とりわけシュタイナー教育独自の実践であるフォルメン線描、ぬらし絵、オイリュトミー実践中にリアルタイムに脳波測定を行うことにより、実践者の状態（集中、安静、興奮、論理的思考）を分析することを通じて、シュタイナー教育の実践の分析を試みてきた<sup>1)</sup>。本論文では、そうした試みの一環として、シュタイナー教育における音楽の特質を明らかにしたい。音楽は、シュタイナーの教育実践において核として位置づけられるべき最重要領域の一つであり、実践のいたるところに音楽があふれている。例えば、音楽の授業は

<sup>a)</sup> 東京理科大学教育支援機構教職教育センター <sup>b)</sup> 東京理科大学理学部第一部物理学科

<sup>c)</sup> 東京理科大学理学部第一部物理学科

---

もちろんのこと、音楽を身体運動で表現するオイリュトミーをはじめ、数字や文字を覚える際においても、全身をリズムカルかつメロディアスに動かすため、全ての科目と音楽は密接な関係にある<sup>2</sup>。

では、シュタイナー教育で音楽がかくも重視される所以は何か。そこで音楽はいかなる意義を有するのか。シュタイナー教育において音楽は、単に芸術教科の一つとみなされるだけではない。また、音楽の演奏技術の向上が目指されているわけでもない<sup>3</sup>。音楽はシュタイナー教育における最重要課題、すなわち自由獲得の問題と密接に関わっており、この点において極めて重要といえる<sup>4</sup>。「自由への教育」を標榜するシュタイナー教育。その自由への道程において音楽は極めて重要な位置づけにあるのだ。

## 2. 楽器奏者の脳波測定と楽器の音解析

シュタイナー教育においては用いられる楽器や音具（音を楽しむ玩具）にも特徴がある。代表的なものにライアーやペンタトニックのブロックフレーテ、ムジーククーゲル（メルヘンクーゲルあるいはオルゴールボールとも呼ばれる小さな金属球）、そして金属棒などがある。本研究ではこれらの楽器演奏時の脳波を測定することが課題となる。なお、楽器演奏者の脳波を測定した公知文献は存在するが<sup>5</sup>、そこで用いられている楽器はシュタイナー教育で用いられるものではなく、また考察対象とする脳波スペクトルの種類は $\alpha$ のみである（脳波の種類については後述参照）のに対し、本研究では4種である。

本研究の被験者は、シュタイナー教育実践者（以下「被験者」と表記する）であり、プロの演奏家でもある。ここで被験者の経歴を簡単に紹介しよう。被験者は幼稚園勤務を経て海外に留学し、ヴァルドルフ（シュタイナー）幼稚園教員養成ゼミナールを修了した。その後、シュタイナー音楽教育専門家のもとでライアー演奏を学んだ。帰国後は保育園勤務を経て、現在所属するシュタイナー幼稚園のクラス担任としてシュタイナー幼児教育に従事するとともに、教員養成にも携わってきた。

さて、今回の実験で使用した楽器は、様々な形状のライアー、木製フルート、グロッケン、フィンガーシンバル、木琴、クーゲルである（図1、表1）。測定を実施した日付は、2020年3月7日であり、被験者の所属する幼稚園にて行われた。測定の際、被験者は椅子に安静に座り、頭部にはヘッドバンド型脳波計「MUSE (InteraXon社)」が装着された<sup>6</sup>。脳波信号（電位）はBluetooth通信によって脳波記録タブレット（iPad第7世代、Apple Inc.）に転送された（0.5 sec毎に取得）。転送された信号は、市販の脳波解析アプリ「Mind Monitor (iOS版)<sup>7</sup>」によって、5種類の脳波パワースペクトル（ $\delta$ 、 $\theta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ）に変換された。各脳波スペクトルは、リアルタイムで脳波記録用タブレット画面に表示されると共に、CSV形式で保存された。このCSVファイルには、0.5 sec毎の時刻と、それに対応する脳波信号が記録されている。ここで、楽器演奏時のメロディーと脳波記録タブレット画面を一緒にWebカメラ（Logitech C922 Pro Stream Webcam, Logitech Co Ltd.）で記録することで、それらの対応が確認できるようにした。この撮影はタブレット画面記録PCにWebカメラを接続して行った（図2(a)）。また、得られた脳波データを、楽器演奏時の進捗とリアルタイムで一致させるために、PC画面上に時刻を「秒」の単位まで常時表示させる時計アプリ「透明時計 tpc」を表示させた（図2(b)）。さらにこのPC画面を、画面録画ソフト「oCam」で録画した。

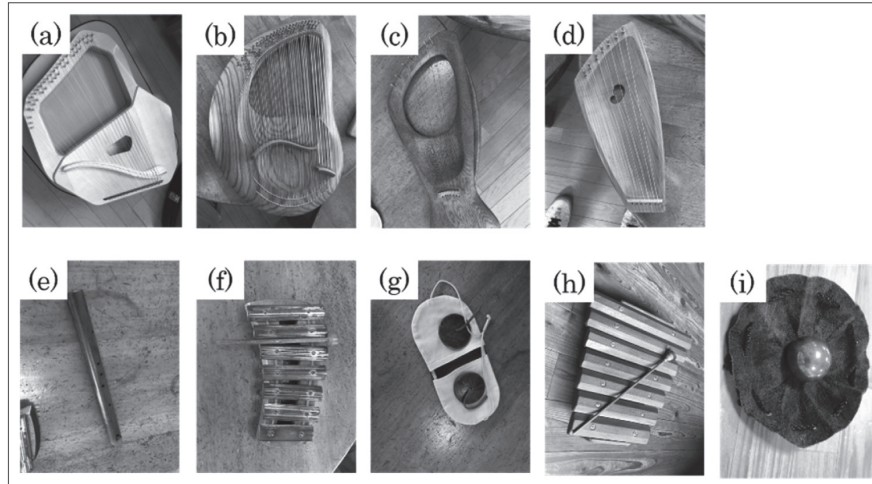


図1 シュタイナー教育で使用される楽器

表1 楽器の仕様と対応する図表番号(図1)

図1	楽器	仕様・製造元	図・表
(a)	ソロ・ソプラノライアー	コロイ	図4、9
(b)	アルトライアー	共鳴箱なし、マルティン・ニース工房	図8
(c)	キンダーハーブ	ペンタトニックライアー、被験者作	なし
(d)	キンダーハーブ	ペンタトニックライアー、グンドルフ・クーン工房	なし
(e)	木製フルート	ペンタトニック・フルート、コロイ	図4
(f)	グロックンシュピール	ペンタトニック鉄琴、アウリス	図4、5
(g)	フィンガーシンバル	ブロンズ製、ブリッタ・シュトルツェ工房	図6、7
(h)	木琴	ペンタトニック木琴、コロイ	図5
(i)	クーゲル	ブロンズ製、コーネリアス・レンチュ工房	図4、7

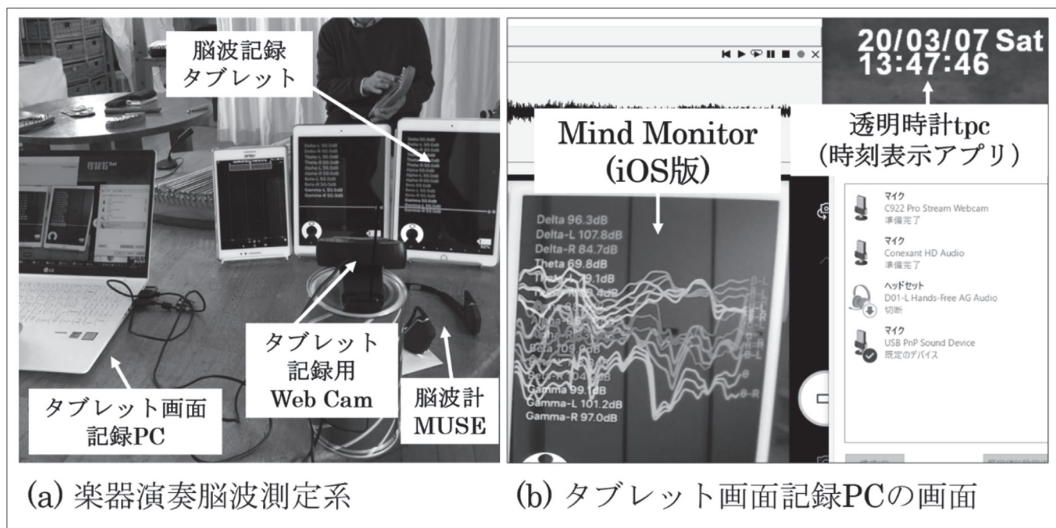


図2 楽器演奏時の脳波測定環境

楽器の音色の録音とFFT (Fast Fourier Transform) 解析には、音響分析ソフト「WaveSurfer<sup>8</sup>」を使用した。サンプリングレートは16 kHzに設定され、モノラルで録音された。録音マイクは「USB マイクロホン MM-MCUSB21W、サンワサプライ株式会社」を用い、図2 (a) の脳波記録タブレットの背面に演奏者に向けられて置かれた。

次節の「結果と考察」における脳波スペクトルは、Mind Monitor によって0.5秒毎に取得されたデータを示したものである。一部のグラフは、必要に応じて60点ごとの隣接平均によるスムージング処理をした。全てのグラフにスムージングを行わなかったのは、音楽演奏は瞬時的なタイミングやテンポが特に意味を持つ芸術活動だからである。グラフ横軸は経過時間 (min) を示し、演奏開始を原点とした。なお、脳波計 MUSE の仕様についての詳細は、拙稿<sup>9</sup>に記載しているので、ここでは概要のみ記す。

MUSE は瞑想エクササイズ用のデバイスとして開発されたものであるが、後述するように高度な学術的脳波研究にも利用できる性能を有する。一般的な使用法としては、純正アプリとの連携によって瞑想状態を音によって確認、及びモニタリングすることである<sup>10</sup>。本体は56gと軽量かつ薄いため、被験者のように眼鏡を掛けた状態でも装着可能であり、センサが乾式電極のため、ジェルや密着ベルト等を必要とせずストレスフリーな脳波測定が可能である。

MUSE は7個の脳波センサと内蔵 Bluetooth モジュールによる無線システムによって、スマートフォン、タブレット、PCなどの端末と通信が可能である。各脳波センサについては、額中央に密集した3個の電極から得られる電位を基準として、残り4個の電極の電位が計測される仕組みとなっている。これらは、広く用いられる国際10-20法の電極配置において、「Fpz (前頭部正面)」、「AF7、AF8 (前頭部側面)」、「TP9、TP10 (耳の後ろ)」に対応している<sup>11</sup>。得られる脳波データの精度は、高い品質が求められる事象関連電位 (記憶、予測など脳の高次処理によって生じる電位) の分析に適用可能であることが検証されている<sup>12</sup>。具体的には、工学分野では脳波による機器制御<sup>13,14</sup>、教育学分野では授業に対する受講生の集中力の評価<sup>15</sup>、心理療法分野ではマインドフルネス・トレーニングの有効性評価<sup>16</sup>に利用されている。これらはいずれも瞬時的な脳波の変化を、高感度かつ継続的に安定して計測することが求められる研究であり、本研究のような楽器演奏時の脳波測定に適用可能であるといえる。

表2は本研究で対象とする4種の脳波 ( $\theta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ) について、その特徴をまとめたものである<sup>17</sup>。

表2 脳波の種類と特徴

脳波	周波数帯域	発生する主な状況
Theta $\theta$	4~8Hz	浅い睡眠 (夢を見る)、深いリラクゼーション
Alpha $\alpha$	7.5~13Hz	安静時 (集中時も含む)、閉眼時、睡眠時
Beta $\beta$	13~30Hz	積極的な論理的思考活動
Gamma $\gamma$	30~44Hz	活発、興奮、緊張状態、高揚感、注意を必要とする状態

また、楽器演奏と同様な実践として、実践中の時間経過において失敗が許されず、高度な集中力と緊張感が要される芸術活動との類似性を検証するため、プロの画家による写仏実践中の脳波との比較を行った (写仏実践中の脳波測定の詳細は拙稿<sup>18</sup>を参照)。これは今後の課題として、より一般的な芸術活動中の脳波の特徴を見出すことの先駆的位置づけとなることを意図している。次節以降、楽器演奏中の奏者の脳波データを分析してゆくことにする。

### 3. 結果と考察

はじめに楽器演奏時の脳波との比較を図るべく、参考として図3に瞑想時の脳波スペクトルを示すことにする (移動平均によるスムージングを実施)。本稿での瞑想の定義は、マインドフルネス瞑想 (参考文献:



日本マインドフルネス学会 HP) を参考に、「呼吸や静けさに意識を向けて雑念を排し、今この瞬間の体験を観察すること」とした<sup>19</sup>。瞑想時の脳波測定は、安静に椅子に座り閉眼状態で行われた。 $\alpha$  (落ち着きと集中) が高く、 $\gamma$  (緊張や興奮) が低いことがわかる。この波形は、のちに見るとおり、楽器演奏時の脳波を分析する上での一つの前提データとなる。

次に具体的に被験者による楽器演奏時の脳波を見ていくことにしよう。図4に各種楽器演奏時の脳波を示した。

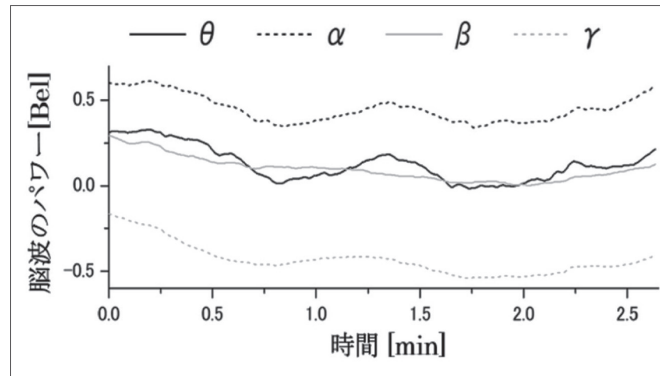


図3 瞑想時の脳波 (移動平均)

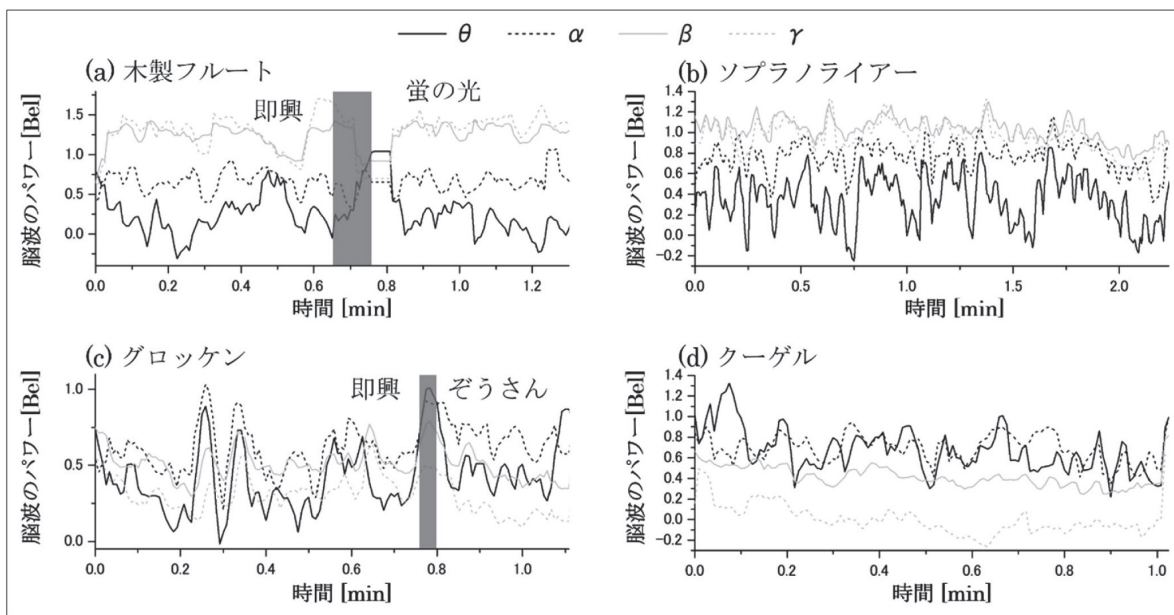


図4 楽器演奏中の脳波

(a)、(c) の灰色塗りつぶし部は演奏を中断した状態の小休止を示している。演奏された曲の目録を表2にまとめた。

表3 図4の目録

	楽器	曲	備考	使用する身体部位
(a)小休止前	木製フルート	—	即興	両手指、肺（呼吸）
(a)小休止後	木製フルート	蛍の光	童謡	両手指、肺（呼吸）
(b)	ソプラノハーブ	ライアーのために	Wolfgang Friebe 作曲	両手指
(c)小休止前	グロッケン	—	即興	両腕（打鍵）
(c)小休止後	グロッケン	ぞうさん	童謡	両腕（打鍵）
(d)	クーゲル	—	即興	両掌（転がすだけ）

まず、図4の $\beta$ （論理的思考）と $\gamma$ に着目すると、(a) から (d) にかけて、これら脳波の値が小さくなっていくのがわかる。これは、演奏中に使用される身体の部位と数やその動きの複雑さに比例して、 $\beta$ と $\gamma$ が大きくなることを示している（表3、「使用する身体部位」）。例えば図4(a)の木製フルートのように、指の動きに連動して呼気の調節を要する複雑な操作の楽器演奏では、 $\beta$ と $\gamma$ が最も高く上昇した。ソプラノライアーは10本の指を使用するために、2番目にこれらの脳波が高く、指は使用せず両手首と腕を利用するグロッケンはその次に高かった。一方、クーゲルは掌の上で転がすだけの最も単純な操作であり、これらの脳波が最も低かった。

以上より、演奏時は音階と時間（タイミングやテンポ）の論理的整合性が要求されるため、複雑な操作であるほど、論理的思考や緊張を示す脳波が優位になると考えられる。ただし、 $\alpha$ の値はどの楽器演奏時でも0.8 bel前後を示している。この値は瞑想時（図3）と同程度かそれ以上を示しているため、落ち着きや集中も同時に体験していることが示唆される。特にクーゲルにおいては $\theta$ （深いリラクゼーション）が $\alpha$ と同レベルまでに上昇している。クーゲルはヒーリングボールとして瞑想のための楽器として使用されている。楽器の形態は少々異なるが、シンギングボールを用いた瞑想には、緊張、怒り、疲労、抑うつ気分を有意に減少させるとの報告がある<sup>20</sup>。クーゲルの音色にはシンギングボールと似たような効果がある可能性があり、かつ被験者は演奏が単純であることにより、クーゲルの音色に多くの意識を向けられたため、 $\alpha$ と $\theta$ が上昇したと示唆された。なお、即興で奏でたメロディーと楽曲の演奏では、脳波に大きな変化は見られなかった。ただし、グロッケンでは即興に比べて童謡（ぞうさん）演奏時の方が $\gamma$ の値が低下した。

音色の違いが脳波に及ぼす影響を調べるため、グロッケンと木琴を演奏する際の脳波を測定した（図5）。グラフは移動平均によるスムージングを行った結果を示している。グラフ内の灰色塗りつぶし部は、演奏を中断した小休止を示している。両グラフとも、小休止前は即興でメロディーを奏で、小休止後は図5(a)では「ぞうさん（童謡）」、図5(b)では「蛍の光（童謡）」を演奏した。比較を容易にするため、縦軸は両グラフとも同じスケールにした。

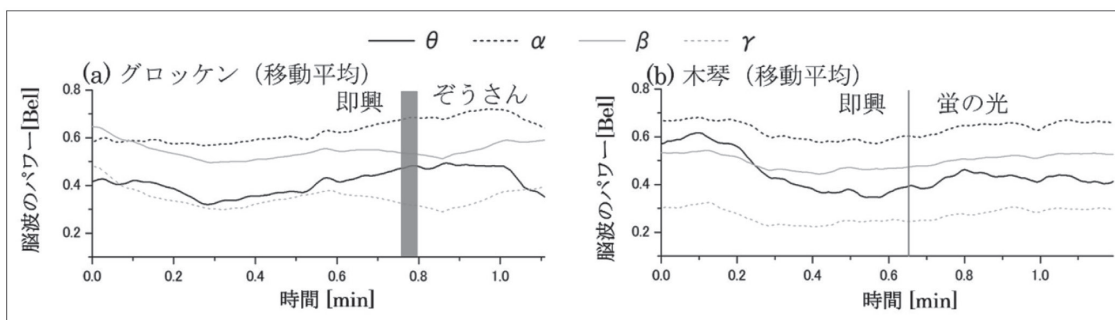


図5 グロッケンと木琴演奏中の脳波の比較（移動平均）

図5の $\gamma$ に着目すると、(a)の一部を除き両者とも脳波パワーは最下位であるが、グロッケン（金属製）に比べて木琴（木製）演奏時の方が、その値が低い（小休止を除く演奏中の $\gamma$ の平均値を比較すると、(a) 0.30 bel、(b) 0.26 belである）。ただし $\alpha$ はほぼ同じレベルなので、どちらも落ち着いた集中状態であったと考えられる。

次に、音階のない打楽器（フィンガーシンバル）の演奏中の脳波測定を行った（図6）。フィンガーシンバルは、図中のシンボル（◆）付きの縦線のタイミングで叩かれ、音が発生した。破線の縦線は、叩く直前に $\beta$ と $\gamma$ が上昇したものを示す。また、図6(b)は、図6(a)の0.45～0.55 minの範囲を拡大したものである。

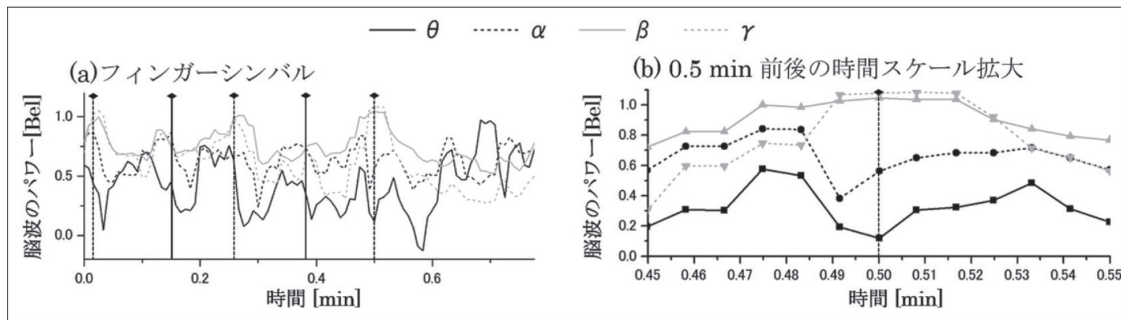


図6 フィンガーシンバル演奏中の脳波

フィンガーシンバルは、叩くと風鈴のような軽やかな金属音を奏でる。 $\alpha$ は瞑想時と同程度のパワーであるため、落ち着きと集中は維持されていると考えられる。演奏に必要な動作は叩くだけの単純なものであるが、 $\beta$ と $\gamma$ が高い。これは、次に叩く最適なタイミングを現在の余韻の状態から分析しており、そのタイミングを逃さないよう注意しているためと考えられる。 $\beta$ と $\gamma$ が上昇する要因は、音を聴いたことによる外因的な結果としてだけでなく、「然るべきタイミングで叩く」と意思を持った瞬間（図6の縦破線）にも上昇すると考えられるので、内因的なものにも由来する可能性がある。図6(a)の0.5 min以降は演奏を行わず、その余韻を聴いている状態である。0.6 minから $\theta$ が上昇して最上位に至り、その後も高いレベルを維持した。この状態の演奏者は、演奏を止めて余韻を聴くことにほぼ全ての意識を向けられるので、聴者もこのような脳波になっていることが示唆される。また、クーゲルと同様にフィンガーシンバルの音色には、シンギングボウルのような気分を落ち着かせる効果があることが示唆された。クーゲルとの違いは、フィンガーシンバルの方が演奏（叩く）のタイミングを考慮するために、論理的思考や注意を要することであり、発せられる音色が単音であることである。図7にこれら楽器の音色をFFT解析した結果を示した。通常、楽器から発せられる独特の音色は、様々な周波数成分の音波から成り立っている。ここで、周波数は1秒間に音波が振幅する数を示し、周波数が大きいほど高い音に相当する。FFT解析は、ある時間内に検出された音の中に、どの周波数成分がどのくらいの大きさで含まれているかを分析するものである。具体例として、図7にフィンガーシンバルとクーゲルのFFT解析結果が示されているので、そちらも参照されたい。

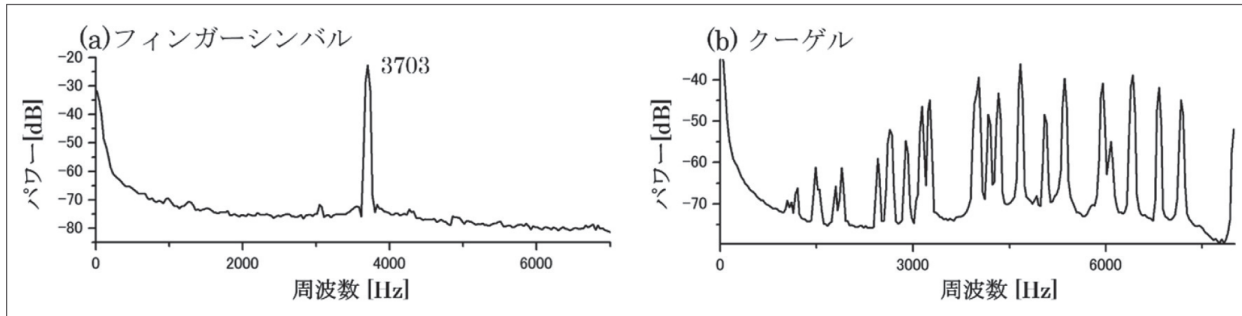


図7 フィンガーシンバルとクーゲルのFFT解析

図7グラフの簡単な解釈を次に示す。横軸の周波数は値が大きいほど高い音の成分を示し、縦軸のパワーはその成分がどれだけ含まれているかを示す。フィンガーシンバルは3703 Hzに単一のピークを持つ。これは高い単音（ラ# / A#7、88鍵盤ピアノの86番目）に相当する。一方、クーゲルは3000～8000 Hzに複数のピークを持ち、これら様々な音色から構成されることがわかる。金属音やブザー音のような高い単音には、注意を引き付ける効果があることが報告されている<sup>21</sup>。これは、フィンガーシンバルを叩いたときに $\gamma$ が上昇した一因と考えられる。

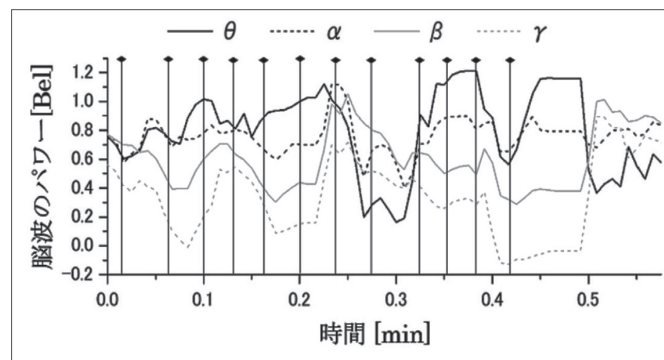


図8 アルトライアー演奏中の脳波

また、同じ楽器から発せられる複数の音色が、持続的に響いているときの脳波を測定した。楽器はアルトライアーを用い、あまり複雑でない演奏法として、アップストローク（隣り合う弦を連続的に低音から高音に向かって素早く鳴らしていく奏法）を行った。このときの脳波を図8に示した。図中のシンボル(◆)付きの縦線は、アップストロークが行われたタイミングを示す。

図8から、アップストローク演奏時と、演奏を止めた後しばらく（0.42～0.5 min）の脳波は、上位から順に $\theta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ であった。演奏を止めた0.42 min以降は音を聴くことに集中できるので、聞き手としての脳波を反映していると考えられる。ここでは $\theta$ が大きいこととは対照的に、 $\gamma$ が小さいことが特徴である。演奏中も含め、被験者は音色のハーモニーにとっても心地よいよさと深い安らぎを感じていた。なお、 $\theta$ が単独で上位を維持するケースは、他の実践（フォルメン線描、ぬらし絵、オイリュトミー、写仏）も含めて、今回が初めてである。先述のクーゲルやフィンガーシンバルでも、 $\theta$ が高くなったため、特定の音（音楽）には深いリラクゼーションを感じさせる効果があることが示唆された。

次に、ソプラノライアー演奏中の脳波と、異なる分野の芸術実践（プロの画家による写仏実践）中の脳波の比較を行った。写仏実践中の脳波測定の詳細は拙稿に詳しく記しており、図9(b)はそこから引用した。各脳波は、移動平均によるスムージング処理がされている。比較にソプラノライアー演奏時の脳波を選定した理由は、メロディーが単調過ぎないためである。



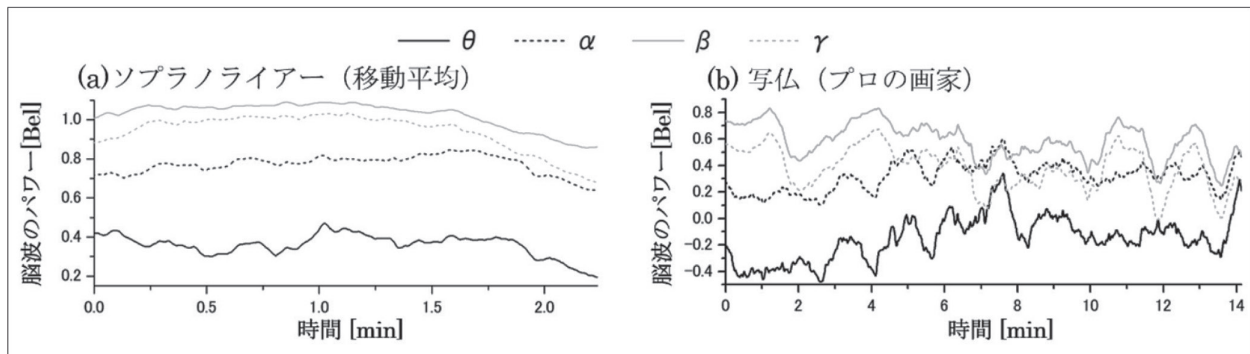


図9 ソプラノライアー演奏時と写仏実践時の脳波（移動平均）

図9より、プロの芸術家による芸術実践中の脳波は、 $\beta$ と $\gamma$ が共通して高いことが特徴である。これは、熟練者の芸術活動に対する注意ポイントが極めて多いため、論理的思考や注意力（興奮や焦燥感ではない）が優勢になっていると考えられる。両者とも作業に迷いはなく、 $\alpha$ は瞑想時と同じレベルであるので、落ち着いて集中した状態が共存しているといえる。拙稿<sup>23</sup>では非熟達者との脳波比較を行ったが、両者には大きな違いが見られた。よって、熟練したアーティストの脳波には上記のような共通した特徴があることが示唆された。

#### 4. おわりに

本研究を通じて、シュタイナー教育の音楽実践において用いられている様々な楽器演奏時の脳波がいかなる状態にあるかを明らかにするための第一歩を踏み出すことができたように思われる。楽器演奏時にはいずれの楽器においても $\alpha$ 波の値が高く、奏者のうちに落ち着きと集中がもたらされていることを見ることができた。本論文で示したデータは、シュタイナー教育における音楽体験の最中における体感とも一致しているように思われる。つまり、シュタイナー教育に携わる者が日々の実践の中で感じ取っていることの裏付けが客観的データとともに示されていると考えられるのだ。

だが、本研究の試みはいまだ始まったばかりであり、当然ながら課題も多く残されている。今回、楽器演奏時の脳波測定を行うにあたって被験者は成人男性1人であり、しかも熟達した演奏家であった。今後、本研究を深めていくためには楽器演奏時の非熟達者の脳波および児童、生徒の脳波を測定するということが必要となってくる。また、被験者の数自体も増やし、様々な年齢層において脳波の違いを見ていく実験も進めていきたい。

さらには楽器奏者の脳波だけでなく、聴衆の脳波がいかなる状態にあるかも分析を試みてゆく。楽器奏者と聴衆の脳波を同時に計測することにより、両者の関連性を明らかにすることが大きな課題となる。以上のような問題を今後の課題として示しつつ、本稿を閉じることにしたい。

#### 執筆者の役割・分担

井藤元：「1. はじめに」、「4. おわりに」の執筆を行うとともに、実験の方針や考察について統括としての役割を担った。

山下恭平：実験系を考案・構築し、取得データを解析した。「2. 楽器奏者の脳波測定と楽器の音解析」、「3. 結果と考察」の執筆に主として携わった。

徳永英司：「2. 楽器奏者の脳波測定と楽器の音解析」、「3. 結果と考察」の執筆に携わった。

- 
- <sup>1</sup> 井藤元、山下恭平、はたりえこ、徳永英司「脳波測定を通じたオイリュトミーの分析—シュタイナー教育の科学的検討に向けて」、『東京理科大学紀要（教養篇）』第51号、2019年a。井藤元、山下恭平、はたりえこ、徳永英司「脳波測定によるフォルメン線描の検討—デジタルペンタブレット上でフォルメン線描は可能か」『東京理科大学 教職教育研究』第4号、2019年b。山下恭平、井藤元、徳永英司「フォルメン線描とマインドフルネス—脳波測定を通じたフォルメン線描の分析—」、『ホリスティック教育/ケア研究』第22号、日本ホリスティック教育/ケア学会、2019年c。井藤元、山下恭平、徳永英司「脳波測定を通じたぬらし絵（にじみ絵）の分析」、『東京理科大学 教職教育研究』第5号、2020年a。山下恭平、井藤元、徳永英司「デジタルペンタブレットを用いてぬらし絵は可能か—ぬらし絵実践時の脳波測定—」、『ホリスティック教育/ケア研究』第23号、日本ホリスティック教育/ケア学会、2020年b。
- <sup>2</sup> 子安文『いつもいつも音楽があった：シュタイナー学校の12年』、音楽之友社、1998年、25頁。
- <sup>3</sup> ヴェンシュ,W.(森章吾訳)『シュタイナー学校の授業 音楽による人間形成』、風濤社、2007年、25頁。
- <sup>4</sup> 井藤元 山原麻紀子、「ルドルフ・シュタイナーの音楽理論—その思想的背景と教育実践の連関—」『東京家政学院大学紀要』、vol. 52、2012年、45–54頁。
- <sup>5</sup> T. De Smedt, L. Menschaert, P. Heremans, L. Lechat, and G. Dhooghe, “An EEG study of creativity in expert classical musicians,” *ArXiv161206719 Q-Bio*, Dec. 2016, Accessed: Nov. 18, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1612.06719>.
- <sup>6</sup> 「MUSE™ | Meditation Made Easy」. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2020年9月10日].
- <sup>7</sup> 「Mind Monitor」. [Online]. Available at: <https://mind-monitor.com>. [参照：2020年9月10日].
- <sup>8</sup> 「WaveSurfer」, *SourceForge*. <https://sourceforge.net/projects/wavesurfer/> [参照：2020年9月8日].
- <sup>9</sup> 「Mind Monitor」. [Online]. Available at: <https://mind-monitor.com>. [参照：2020年9月10日].
- <sup>10</sup> 「MUSE™ | Meditation Made Easy」. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2020年9月10日].
- <sup>11</sup> 『MUSE 公式HP』およびJ. Kasperuniene, M. Jariwala, E. Vaškevičius, S. Satkauskas 2016 : Affective Engagement to Virtual and Live Lectures , pp. 499–508. および、長嶋洋一 「脳波センサ "MUSE" は新楽器として使えるか」『情報処理学会研究報告』、2016年、2頁。
- <sup>12</sup> O. E. Krigolson, C. C. Williams, A. Norton, C. D. Hassall, F. L. Colino, 2017 : Choosing MUSE: Validation of a Low-Cost, Portable EEG System for ERP Research, *Front. Neurosci.*, vol. 11.
- <sup>13</sup> 長嶋洋一「脳波センサ "MUSE" は新楽器として使えるか」、『研究報告音楽情報科学 (MUS)』、vol. 2016–MUS–110、no. 11、2016年、1–8頁。
- <sup>14</sup> P. Pan, G. Tan & A. A. Phyto Wai, 「Evaluation of Consumer-Grade EEG Headsets for BCI Drone Control」, *IRC CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY*, 2017, 参照：2018年7月18日 . [Online]. Available at: <http://oar.a-star.edu.sg:80/jspui/handle/123456789/2149>.
- <sup>15</sup> J. Kasperuniene, M. Jariwala, E. Vaškevičius と S. Satkauskas, 「Affective Engagement to Virtual and Live Lectures」, 2016, pp. 499–508, doi: 10.1007/978-3-319-46254-7\_40.
- <sup>16</sup> S. Bhayee Attentional and affective consequences of technology supported mindfulness training: a randomised, active control, efficacy trial, *BMC Psychol.*, vol. 4, no. 1, p. 60, 2016, doi: 10.1186/s40359-016-0168-6.
- <sup>17</sup> 「MUSE™ | Meditation Made Easy」. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2020年9月20日].
- <sup>18</sup> 井藤元、山下恭平、徳永英司「プロの画家による写仏実践時における脳波の分析」、『東京理科大学紀要（教養篇）』第53号、2021年a。
- <sup>19</sup> 「日本マインドフルネス学会 公式サイト」. <http://mindfulness.jp.net/> [参照 2020年9月20日].
- <sup>20</sup> T. L. Goldsby, M. E. Goldsby, M. McWalters と P. J. Mills, 「Effects of Singing Bowl Sound Meditation on Mood, Tension, and Well-being: An Observational Study」, *J. Evid.-Based Complement. Altern. Med.*, vol. 22, no. 3, pp. 401–406, 2017, doi: 10.1177/2156587216668109.

- <sup>21</sup> 桑野園子「警告信号音の心理的評価」、騒音制御、vol. 25、no. 1、pp. 3-7、2001年。
- <sup>22</sup> 井藤元、山下恭平、徳永英司「プロの画家による写仏実践時における脳波の分析」、『東京理科大学紀要（教養篇）』第53号、2021年a。
- <sup>23</sup> 山下恭平、井藤元、徳永英司「フォルメン線描と写仏実践時の脳波測定—プロの画家と非熟達者の比較—」、『ホリスティック教育/ケア研究』第24号、日本ホリスティック教育/ケア学会、2021年b（近刊）。

