

脳波測定をつうじたシュタイナー教育における 「手仕事」の分析

Analysis of Handcraft in Waldorf Education through Electroencephalogram Measurements

井藤 元^{a)} 山下 恭平^{b)}
Ito Gen Yamashita Kyohei

要旨：本論文は、シュタイナー教育における手仕事の意義を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。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、楽器演奏者の脳波分析を行ってきた。本研究もその延長線上に位置づくものであり、シュタイナー学校の独自科目である手仕事の意義を実践従事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。本研究では、すでに脳波研究分野で実績のある脳波センサ MUSE を使用し、シュタイナー教育幼稚園にて長年教育実践のある指南役と、シュタイナー教育を受けたことのない成人（学習者）を被験者として、羊毛を用いた手仕事（糸紡ぎ、指編み、鳥の作成）実践時の脳波測定を行い、各被験者の脳波がいかなる状態となっているかを分析した。

キーワード：シュタイナー教育、手仕事、脳波測定

1. はじめに -シュタイナー学校における手仕事

オルタナティブ教育の代表格とされるシュタイナー教育の実践は世界的に評価されているが、シュタイナー教育は秘教的色合いが強く、その教育実践のメカニズムが十分に明らかにされているとは言い難い状況にある。この点について、西平直は端的に「学校は歓迎され、思想は敬遠されている¹⁾」と述べている。そこで実証的なデータをもとにシュタイナー教育の実践的意義を分析すべく、筆者らはこれまでシュタイナー教育独自の諸実践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、フォルメン線描、ぬらし絵、オイリュトミー、楽器演奏中にリアルタイムで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²⁾。本研究では、フォルメンやオイリュトミーと並び、小学校1年生からシュタイナー学校のカリキュラムに設置されている「手仕事」という科目について分析を試みたい。シュタイナー学校における他の特殊な実践同様、「手仕事」についても、シュタイナー学校において重要な位置づけにあるにもかかわらず、これまでその意義は十分に解明されてこなかった。また、先行研究において「手仕事」中の実践者の脳波を測定した研究は管見の限り見当たらず、「手仕事」が実践者のうちにどのような作用をもたらすかは実証的なデータを通じて明らかにされていない。そこで本研究では、シュタイナー教育において手仕事をもたらす効果を実践者の脳波測定によって分析したい。

まずはシュタイナー学校における「手仕事（Handarbeit）」の特質について簡単に解説しておこう³⁾。「手

^{a)} 東京理科大学教育支援機構教職教育センター ^{b)} 東京理科大学理学部第一部 物理学科

仕事」はシュタイナー教育独自の科目としてカリキュラムのうちに位置づけられている。本科目は1年生から開始される科目で、編み物、人形作り、刺繍など子どもたちが発達段階に合わせて様々な課題に取り組むものである。1年生で毛糸の編み物を行い、その後、学年が上がるにつれて、バッグなども製作する。また、5年生から始まる「工芸 (Handwerk)」では、木材や粘土、金属素材の加工が行われる。

編み物など子どもたちが手を動かす作業を行うときには、リズムをもって一つひとつの動きを行うことが大切にされている。手仕事においては繰り返しが重視されており、時に何百何千に近いような繰り返しが求められることもある。1つの作品を仕上げるのに何百何千という繰り返しが必要になる場面は、他の教科（例えば子どもたちが計算問題を解く場合など）にはないが、そうした繰り返しが子どもたちにとって苦しみを与える作業としてではなく、創造的な行為として受けとめられるよう、教師は繊細な配慮のもとで子どもたちを個々の手仕事作品の完成へと導いていく。

シュタイナー学校における手仕事のカリキュラムを紹介する上で、ここでは横浜シュタイナー学園の実践を例にあげよう。1年次に入学した際、幼児期までは大人の手伝いをするという立ち位置だった子どもたちが、自ら手を動かしてものを作り出すという課題に向き合う。最初の段階では、特に子どもたちの触覚の部分に働きかけることが大切にされており、横浜シュタイナー学園では、手仕事の授業の最初の日目は目をつぶって羊の原毛を触り、匂いを嗅ぐ体験が行われる。それが羊の毛だとわかったところで、羊毛が我々の身の回りに数多く存在するという事実に目を向ける。自分の手で紡ぎ、引っ張り、細くして、まずは毛糸の原型を作ってゆく。その後は編み物が行われるのであるが、編み物は人間の手を使ってはじめられ、道具は使用せず指だけで編んでゆく。子どもたちは夏から指編みを始め、冬になると自分の首を温めるマフラーを作るが、道具は用いずすべて子どもたち自身の手だけで作られる。その後、道具が取り入れられ、棒針編みに移行する。そして棒針編みを行う際も最初は子どもたち自身が遊べるおもちゃ、たとえば編みぐるみや小さなボールを作る。

2年生になると、自分で普段使う笛の袋を編ませたり、定規入れを作ったりという作業が行われ、弁当入れや水筒入れなども制作する。学校や自分の普段の生活の中で使えるものを自分の手で作るということが重視されるのだ。ここでは紙幅の都合上、詳細には論じられないが、3年次以降も手仕事の授業において様々な課題が用意されている。

2. 手仕事実践者の脳波測定

さて、本研究では手仕事実践時の指南役と学習者の脳波を測定し、その教育的意義を客観的に解き明かすことを課題とする。簡易脳波計を用いて学習者の心的状態を把握することで、その教育効果を把握する方法が、既に報告されている⁴。手指の運動を伴う作業中での脳波計測に関する先行研究として、あやとり⁵や運針⁶に関するものが報告されている。しかし、これらはシュタイナー教育とは関連がなく、脳波解析結果は本研究のように4種類の脳波をスペクトルとして実践中の一部始終を記録したものではない。また、被験者は実践者のみで、教える-教わるプロセス中の各被験者の脳波を提示している本研究とは異なる。

本研究の被験者は、手仕事の指南役となるシュタイナー教育実践者（以下「指南役」と表記する）と、シュタイナー教育を受けたことのない理系大学院生（学習者）の2名であり、医学的見地から健常者である。また、被験者には事前に本研究の趣旨を伝え、本研究によって得られたデータを論文として公表することに関する承諾を得ている。ここで指南役となる教師の経歴を簡単に紹介しよう。指南役はシュタイナー教育実践者であり、プロの演奏家でもある。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。また、拙稿「シュタイナー教育における楽器演

奏時の脳波の分析」での被験者である⁷。

さて、今回の実験で行った手仕事は、羊毛を用いた糸紡ぎ、指編み、鳥の作成である（図1）。

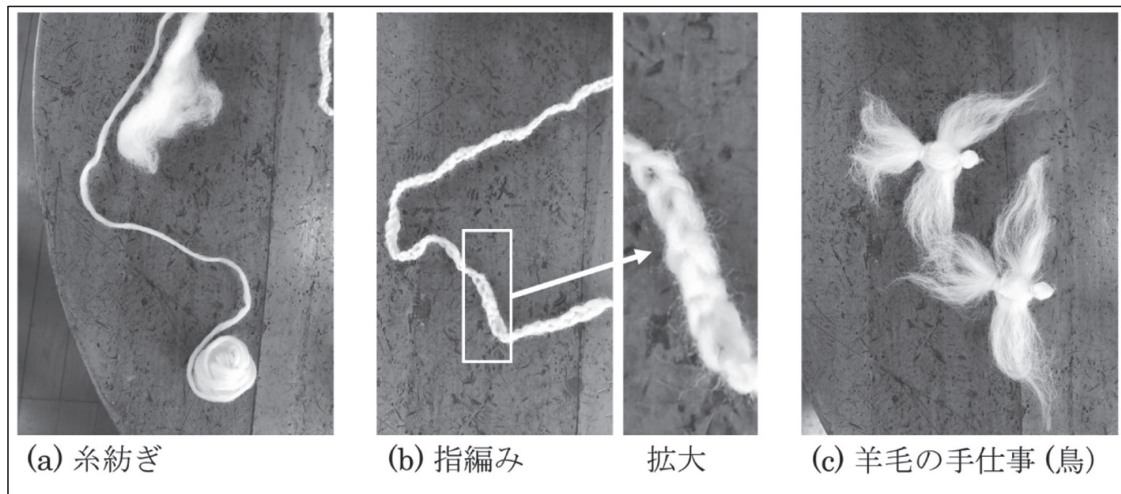


図1 羊毛を用いた手仕事

測定を実施した日付は、全て2021年8月17日であり、指南役の所属する幼稚園にて行われた。測定の際、2人の被験者は安静に床に座り、頭部にはヘッドバンド型脳波センサ「MUSE（Interaxon社）」が装着された⁸。脳波信号（電位）はBluetooth通信によって脳波記録タブレット（iPad, Apple Inc.）へ0.5 sec毎に転送された。転送された脳波信号は、市販の脳波解析アプリ「Mind Monitor（iOS版）⁹」によって、5種類の脳波パワースペクトル（ δ 、 θ 、 α 、 β 、 γ ）に変換された。各被験者の脳波スペクトルは、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毎のデータ取得時刻と、それらに対応する脳波信号が記録されている。得られた各時刻における脳波データを、手仕事実践の進捗とリアルタイムで一致させるために、脳波記録タブレット画面上に、時刻を「秒」の単位まで常時表示させる時計アプリ「クロックズ」と、脳波解析アプリ「Mind Monitor」を表示させた（図2（a））。ここで、脳波記録タブレット画面と被験者の動作を一緒にWebカメラで記録することで、それらの対応が確認できるようにした（図2（c））。この撮影はタブレット画面録画用PCに、Webカメラを接続して行った（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。なお、図2において、タブレット画面録画用PCは、脳波記録タブレットの画面を主として録画し、被験者録画用PCは被験者の手元の動作を主として録画している。

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。各脳波スペクトルは、60点ごとの隣接平均によるスムージング処理をした。グラフの横軸は実践開始からの経過時間（min）を示している。なお、脳波計MUSEの仕様についての詳細は、拙稿¹⁰に記載しているので、ここでは概要のみ記す。

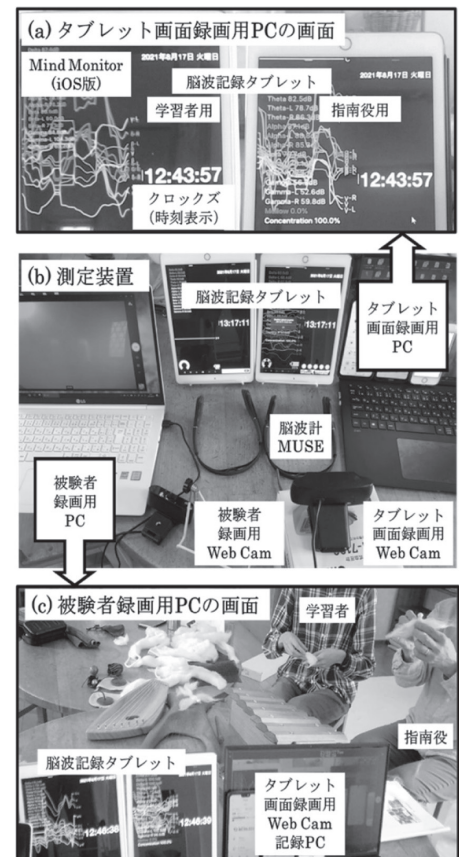


図2 測定装置と録画PC画面

非侵襲な脳機能測定法には、磁気共鳴機能画像法 (fMRI)、近赤外線分光法 (NIRS)、脳磁計 (MEG)、脳波計 (EEG) 等が挙げられる¹¹。MRIのように優れた測定精度を有する測定法は、日常的なシチュエーションでの使用には向いていないのに対し、コンシューマー向け脳波計は手頃な価格で使いやすいが、測定精度が劣るといった特徴がある¹²。MUSEは瞑想エクササイズ用のデバイスとして、一般コンシューマー向けに開発された脳波計であるが、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、デバイス販売会社が提供するスマホ、タブレット用アプリによって、瞑想状態を各種音色によって確認、及びモニタリングすることである¹³。本体は56gと軽量かつ薄いため、被験者(指南役)のように眼鏡を掛けた状態でも装着可能である。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。これらは脳波研究分野で広く用いられる、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¹⁴。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¹⁵。具体的には、工学分野では脳波による機器制御^{16,17}、教育学分野では授業に対する受講生の集中力の評価¹⁸、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¹⁹に利用されている。これらはいずれも瞬間的な脳波の変動を、高感度かつ継続的に安定計測することが求められる研究であり、本研究のような手仕事実践時の脳波測定に適用可能である。

表1は本研究で対象とする4種の脳波(θ 、 α 、 β 、 γ)について、その特徴をまとめたものである²⁰。

表1 脳波の種類と特徴

脳波	周波数帯域	発生する主な状況
Theta θ	4.0~8.0Hz	浅い睡眠(夢を見る)、深いリラクゼーション
Alpha α	7.5~13.0Hz	安静時(集中時も含む)、閉眼時、睡眠時
Beta β	13.0~30.0Hz	積極的な論理的思考活動
Gamma γ	30.0~44.0Hz	活発、興奮、緊張、高揚感、注意を要する状態

次節以降、手仕事実践中の被験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

はじめに手仕事実践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。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²¹。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。両被験者とも α (落ち着きと集中)が高く、 γ (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、手仕事実践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各手仕事実践時の脳波を見ていくことにしよう。図4に最も単純な作業である、糸紡ぎ実践時の脳波を示した。

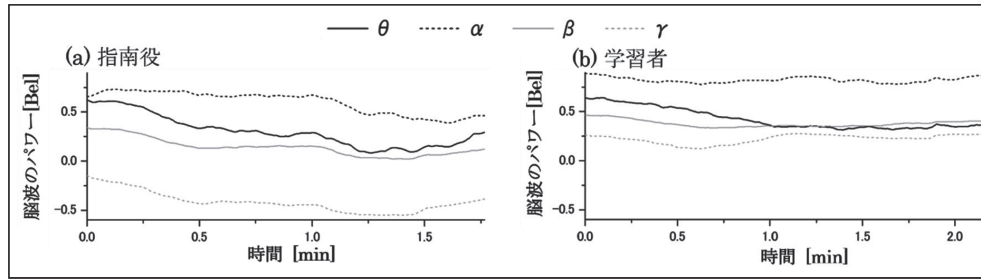


図3 瞑想時の脳波スペクトル

まず、指南役が学習者に糸紡ぎの作業を教えているときの各被験者の脳波について考察する（図4 (a), (c)）。指南役の脳波の特徴は、 β と γ がほぼ同じレベルで同じ形状を示し、他の脳波に比べて高いことである。これは、作業手順を言語化しながら同時に手作業を行うため、論理的思考を示す β と、注意を要する状態による γ の上昇と考えられる。0.6 minで一連の説明が終わり、それ以降はこれまでの作業の繰り返しであることを説明している。よって、新規で新しい内容を説明するときは β 、 γ が高くなり、そうでないときは下がる傾向にある。

一方、学習者が作業を教わるときの脳波の特徴は、 β が他の脳波に比べて高い。これは、指南役の説明を言語的に理解しようとする傾向が強いことを示している。 γ は β とほぼ同じ形状を示しているが、指南役に比べると低い。これは、説明をする者に比べて、説明を受ける者の方が論理的思考や注意を要さないためと考えられる。0.6 minを過ぎる頃に、指南役が糸紡ぎの完成したものを学習者に提示した。このとき、学習者は紡ぎ出された糸が真っ直ぐで、太さが均一であることに感動したという。学習者の θ は0.2 minを経過した頃から上昇し、0.6 min以降で顕著に高い。これまで脳波測定を行ったシュタイナー教育実践の中で、 θ が高くなるのは特定の楽器や奏法を演奏している最中の実践者においてであった。このとき、被験者（指南役）は音色のハーモニーにとっても心地よさと深い安らぎを感じていた²²。今回の学習者は、紡がれた糸の形状に対する心地よい感覚が、 θ を上昇させたと考えられる。指南役、学習者共に、説明の後半に向かうに従って β と γ が低下していく傾向が見られた。これは、説明内容の完成形が実体化して行くことで、言語や想像のような思考による寄与が減少したためと考えられる。

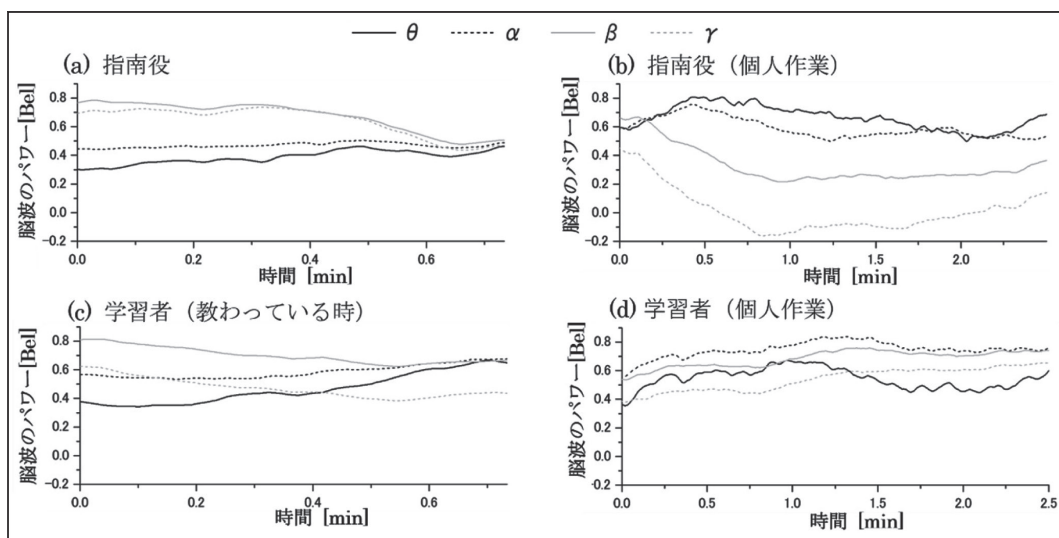


図4 糸紡ぎ実践時の脳波

- (a), (c) : 指南役が学習者に糸紡ぎの作業を教えているとき
 (b), (d) : 二人の被験者が個々に糸紡ぎの作業をしているとき

次に、各被験者が個別に手仕事の作業のみを行っているときの脳波について考察する（図4 (b), (d)）。指南役の脳波の特徴は θ が最も高く、次に α が高いことである。また、 γ が最も低い状態であったため、落ち着きと集中が維持されていたと考えられる。特に θ が高いのは、心地よさや深いリラクゼーションを感じていたためであると考えられ、学習者へ教えているときの脳波とは全く異なった。開始から0.8 minまでの間に、 β と γ の一貫した低下が見られ、その後各脳波の変動は小さく、安定していた。よって、実践を行う時間が短い（1 min 以内）と、落ち着きや集中した状態を十分に体感できない可能性がある。

これに対し、学習者の脳波の特徴は、 α が最も高く、 β が次に高いことである。これより、落ち着いて作業に集中しているが、慣れない作業のため論理的思考が優位であったと考えられる。特に、 γ は1.3 minまでは最下位を維持していたが、その後は下位2位となっている。学習者によると、作業に慣れてくると、より完成度の高いものを作りたくなり、特に後半は均一な太さになるように試行錯誤をしながら進めていたとのことであった。これは、1.0 min以降では、 β と γ が上昇し、 α と θ が低下したことに対応し、論理的思考や注意の意識が高まったことが示唆される。また、教わっているとき（図4 (c)）に比べて、各脳波の変動が大きいことも特徴である。これは、一人で実践することで試行錯誤や感情の変動が生じることを示している。また、熟練した指南役の脳波（図4 (b)）に比べても変動が大きい。よって、糸紡ぎの実践により、落ち着きと集中を体感するためには、繰り返しの作業を行い、熟練することが必要であることが示唆された。

次に、図5に指編み実践時における指南役の脳波を示した。これより α 、 θ の順に高いことがわかる。また、実践開始から0.4 minにかけて、 β と γ の一貫した低下が見られ、それ以降はほぼ一定の値を維持している。これより、被験者は落ち着いて集中している状態であったと考えられ、その状態に至るには0.4 min程度の時間を要し、糸紡ぎの実践時に比べて短い時間である。これは糸紡ぎの実践後に行ったので、既にある程度落ち着いた状態となっており、その時よりも早く β 、 γ が低下して一定値をとるようになった可能性がある。結果として、先程見た指南役の個人作業における糸紡ぎ（図4 (b)）と類似する脳波スペクトルとなったが、指編みでは θ が α より低い点が異なることである。これは、指編みは同じ動作の繰り返しであることが糸紡ぎと同様であるが、より複雑な作業であることに起因していると考えられる（糸紡ぎ程の深いリラクゼーションは得られない）。

次に、図6に羊毛による実践（鳥の作成）時における被験者の脳波を示した。これは本研究で取り扱う手仕事の中で、最も複雑なものである。

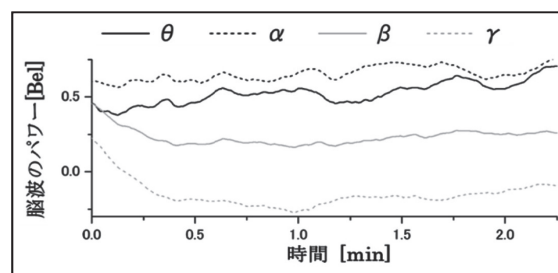


図5 指編み実践時の指南役の脳波

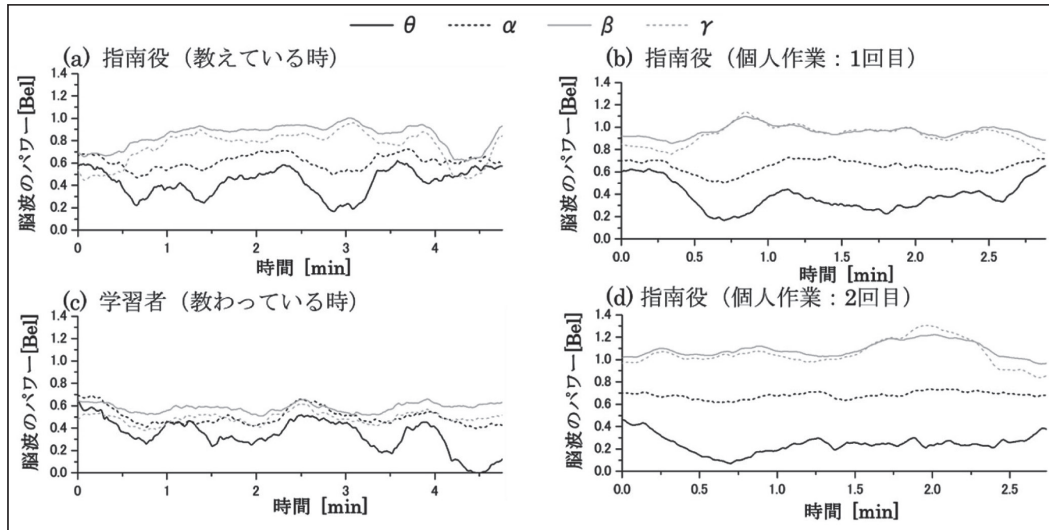


図6 羊毛の手仕事（鳥）実践時の脳波

- (a), (c) : 指南役が学習者に手仕事（鳥）の作業を教えているとき
 (b), (d) : 指南役が手仕事（鳥）の作業をしているとき

まずは指南役が学習者に糸紡ぎの作業を教えているときの、各被験者の脳波について考察する(図6(a), (c))。指南役の脳波の特徴は、 β 、 γ の順で上位にあり(表2, No.14, 15)、形状がほぼ同じことである。これは、糸紡ぎを教えているときと同様に、作業手順を言語化しながら同時に手作業を行うため、論理的思考を示す β と、注意を要する状態による γ の上昇によるものと考えられる。ただし、今回はより複雑な作業であり、手順の進捗状況、形状の最適化(対称性や全体のバランス)を把握しながらそれらを言語化する必要があるため、論理的思考がより優勢に働いたと考えられる。また、糸紡ぎのときに比べて各脳波の変動が大きい。これは、繰り返しの単調作業でないことに起因すると考えられる。2.8～3.0 minにかけて、最も β と γ が高い値を示した。ここでは胴体部の片面を鳩胸にするように膨らみをつける工程を説明する箇所であり、感覚的で説明が難しかったためと考えられる。それに対して、4.0～4.5 minでは、 β と γ が急に低い値となった。ここは鳥のくちばしを作成する作業であり、言語的な説明よりも作業に没頭していたため、論理的思考(β)や注意(γ)に関する脳波が低下したと考えられる。

一方、学習者が作業を教わるときの脳波の特徴は、 β が最も高いのは共通しているものの、 α と γ が同程度のレベルで同じような形状を示していることである。これは、糸紡ぎを教わるときと同様、指南役の説明を言語的に理解しようとするためと考えられる。また、指南役に比べて β と γ が顕著に優位にならないのは、より複雑な作業においても、説明をする者に比べて、説明を受けるの方が、論理的思考や注意を要さないためと考えられる。糸紡ぎの時と異なり、 γ が最下位となることはないのは、作業が複雑であることによると思われる。

次に、指南役が個別に手仕事の作業のみを行っているときの脳波について考察する(図6(b), (d))。二回の測定での脳波スペクトルに共通する点は、 β と γ がほぼ同じレベルで同じ形状を示し、 θ が最下位となり α がそれらの中間にあることである。ここでは、被験者(指南役)は作業に没頭しており、 β と γ が高いのは作業に向けられた論理的思考や注意(手順、形状の対称性やバランス)によるものと考えられる。また、1回目より2回目の方が、各脳波の起伏が小さい。これは、作業に対する慣れが生じたためであると考えられる。2回目の実践(図6(d))の1.7～2.2 minでは、 γ が優位に最上位となっている。ここでは鳥の尾部付け根を結く糸を作るため、綿の塊をちぎり、糸状に整形しているところである。必要な糸の長さを綿の塊の体積から換算して取り出す操作が1回目よりも困難だったため、注意力がより強く要されたと思われる。この工程には、塊の綿の体積が糸状に伸ばされた際には、どのくらいの長さになるか

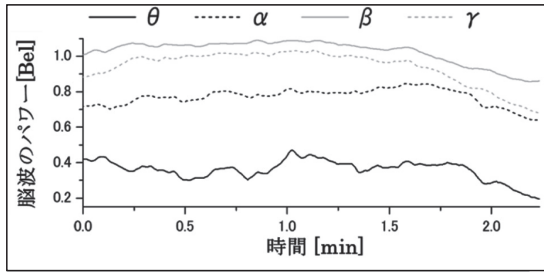


図7 ライアー演奏時の指南役の脳波

という量的感覚を養う効果があると推測される。糸紡ぎや指編みの個人作業の脳波では、 θ と α が上位であるのに対し、この実践では β と γ が上位となる。これは、前者が簡単な繰り返し作業による、落ち着きやリラクゼーションの効果が得られる実践であるのに対し、後者は高度な思考や注意力を要する実践であることが示唆された。被験者（指南役）によると、「糸紡ぎのような単調作業であれば、無意識でもできるが、本実践（鳥の手仕事）のような複雑なもの（特に糸を結ぶ場所や引っ張る

場所など）は、意識や注意を要する。技巧的なメロディーのライアー演奏のように、慣れていても全くの無意識では作業できない」とのことであった。実際、指南役がライアーを演奏している時の脳波（図7）は、手仕事（鳥）の個人作業をしているときの脳波と同様の脳波スペクトルを示す。ここで、図7は拙稿「シュタイナー教育における楽器演奏時の脳波の分析」の図9（a）を再掲したものであり、被験者（指南役）は本研究と同一人物である。以上を総括すると、手仕事はその実践内容から得られる効果が異なり、発達段階に応じて適切な課題を選択することが重要である。特に単純な繰り返し作業の手仕事からは、落ち着きや集中した状態を体感する効果が期待されるが、繰り返し作業を行い熟練することと、一定時間以上継続して行うことが重要であることが示唆された。また、複雑な手仕事では、量的感覚、対称性やバランスなどに関わる、より高度な論理的思考や注意力を養うのに適してい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手仕事実践中の脳波がいかなる状態にあるかを明らかにするための端緒を開くことができた。シュタイナー学校の手仕事においては、低学年の子どもには最終的に何が出来るか、何が出来るかを最初に伝えないという工夫がなされている。編み物をする間に子どもたちは、何度も同じ手の動きをするわけだが、その積み重ねの先に何が待っているかはわからないのである。そして、小さな積み重ねを経てできあがったものを見ると、子どもたちは、小さな積み重ねが自分を喜びへ導いてくれるということについて身をもって体験するのであり、過程に没頭できるということがとても重要なのである。完成形を見せないということは、子どもたちがプロセスに没頭するための仕掛けになっているのだ。

そして本研究をつうじて、手仕事において繰り返し実践者が同じ作業を行い、作業が身体化されるにしたがって、実践者のうちには落ち着きと集中がもたらされることが示唆された。そうした結果は、シュタイナー教育において低学年の段階で比較的単純な作業を繰り返し行うことが重視されていることの裏付けにもなる。さて、本研究の試みについては課題も多く残されている。今回は比較的単純な手仕事の作業の脳波測定を行ったのだが、高学年において実施される木材や粘土、金属素材などを用いた複雑な手仕事において実践者がどのような脳波を示すのか、今後の研究において計測を行いたい。また、今回は素材を羊毛に限定して実験を行ったが、今後は羊毛などの柔らかい素材ではなく、硬質な素材を扱った場合、実践者の脳波がいかなる状態にあるか、計測を試みたい。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。

※本研究は、研究代表者：井藤元「脳波測定を通じたシュタイナー教育の実践的有効性の検討」（2021～2023年度科学研究費補助金、基盤研究（C））の研究成果の一部である。

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. 手仕事実践者の脳波測定」、「3. 結果と考察」の執筆に携わった。

-
- ¹ 西平直『シュタイナー入門』、講談社現代新書、1999年、12頁。
- ² 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。藤元、山下恭平、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。
- ³ シュタイナー学校における手仕事の詳細については、フライヤ・ヤフケ（高橋弘子訳）『シュタイナー幼稚園の遊びと手仕事—生きる力を育む7歳までの教育』、地湧社、2009年、井藤元『シュタイナー学校の道徳教育』、イザラ書房、2021年、横浜シュタイナー学園「野ばら 特集 教育に息づく色彩」第21号、2016年、横浜シュタイナー学園「野ばら 特集 手から育つもの」第19号、2014年、横浜シュタイナー学園「野ばら」第5号、2007年を参照。
- ⁴ F.C. Kao, Y.K. Lin, and C.C. Hung, “Brainwave Analysis During Learning,” *Advanced Science Letters*, vol. 19, no. 2, 2013, pp. 439–443.
- ⁵ 野田さとみ、佐久間春夫「手指の運動を伴う遊びにおける脳波および覚醒度・快感度の変化について」『バイオフィードバック研究』vol. 36, no. 1, 2009年、41–46頁。
- ⁶ 鈴木明子、迫秀樹、佐藤希代子「運針熟練・未熟練者の指貫使用に伴う作業効率及び生理反応の比較：心臓血管・呼吸活動および脳波活動を指標にして」『日本生理人類学会誌』vol. 5, no. 3, 2000年、7–14頁。
- ⁷ 井藤元、山下恭平、徳永英司「シュタイナー教育における楽器演奏時の脳波の分析」『東京理科大学 教職教育研究』第6号、2021年。
- ⁸ 「MUSE™ | Meditation Made Easy」. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2021年9月10日].
- ⁹ 「Mind Monitor」. [Online]. Available at: <https://mind-monitor.com>. [参照：2021年9月10日].
- ¹⁰ 「Mind Monitor」. [Online]. Available at: <https://mind-monitor.com>. [参照：2021年9月10日].
- ¹¹ 宮内哲「脳を測る」『心理学評論』、vol. 56, no. 3, 2013年。
- ¹² P. Bashivan, I. Rish, and S. Heisig, “Mental State Recognition via Wearable EEG,” *ArXiv160200985 Cs*, 2016, Accessed: Nov. 26, 2021. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1602.00985>
- ¹³ 「MUSE™ | Meditation Made Easy」. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2021年9月10日].
- ¹⁴ 「MUSE 公式HP」および、J. Kasperuniene, M. Jariwala, E. Vaškevičius, S. Satkauskas Affective Engagement to Virtual and Live Lectures, 2016, 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
- ¹⁵ O. E. Krigolson, C. C. Williams, A. Norton, C. D. Hassall, F. L. Colino, Choosing MUSE: Validation of a Low-Cost, Portable EEG System for ERP Research, *Front. Neurosci.*, vol. 11., 2017.
- ¹⁶ 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。
- ¹⁷ P. Pan, G. Tan & A. A. Phyo Wai, Evaluation of Consumer-Grade EEG Headsets for BCI Drone Control, *IRC CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY*, 2017, 参照: 2021年、7月18日. [Online]. Available at: <http://oar.a-star.edu.sg:80/jspui/handle/123456789/2149>.
- ¹⁸ J. Kasperuniene, M. Jariwala, E. Vaškevičius, S. Satkauskas, Affective Engagement to Virtual and Live

Lectures, 2016 ,pp. 499–508.

¹⁹ S. Bhayee ほか, Attentional and affective consequences of technology supported mindfulness training: a randomised, active control, efficacy trial, *BMC Psychol.* vol. 4, no. 1, 2016 , p. 60

²⁰ 「MUSE™ | Meditation Made Easy」. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照 : 2021 年 9 月 20 日].

²¹ 「日本マインドフルネス学会 公式サイト」. <http://mindfulness.jp.net/> [参照 2021 年 9 月 20 日].

²² 井藤元、山下恭平、徳永英司 「シュタイナー教育における楽器演奏時の脳波の分析」『東京理科大学 教職教育研究』第 6 号、2021 年。