

# 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

井藤 元<sup>a)</sup> 山下 恭平<sup>b)</sup> 徳永 英司<sup>c)</sup>

**要旨：**本研究はシュタイナー教育の意義を科学的アプローチによって明らかにすることを旨とするものである。具体的には本論考において、シュタイナー教育独自の実践である「フォルメン線描(Formenzeichnen)」の意義を線描実践者の脳波測定によって明らかにしてゆくが、ここでは問題を絞りこみ、画用紙上で行った場合とデジタルペンタブレット上で行った場合の脳波の違いを検討する。シュタイナー学校におけるフォルメン線描は通常、画用紙上で行われるものであるが、それをデジタルペンタブレットで行った場合、実践者の脳波がいかなる状態にあるか分析を試みた。

**キーワード：**シュタイナー教育、フォルメン線描、脳波測定、デジタルペンタブレット

### 1. はじめに

本論考は、シュタイナー教育独自の実践である「フォルメン線描 (Formenzeichnen)」の意義を線描実践者の脳波測定によって明らかにすることを旨とするものである。シュタイナーの教育実践は世界的に高く評価されており、その数は近年、世界規模で拡大している (全世界で 1000 を超える)。だが、シュタイナー教育の実践は広く受容されているものの、その教育実践を支える思想 (人智学) は秘教的色合いが強いため、学術的調査が十全には進められていない。では、シュタイナー教育の意義を客観的に解き明かすことは不可能なのだろうか。その全容を解明することは難しくとも、客観的なデータをもとに実践を分析していく方途は存在しているのではなかろうか。そうした問題関心のもと、筆者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。そして、まずはフォルメン線描とオイリュトミーに焦点を絞り、脳波測定を通じてシュタイナー教育の科学的検討を行ってきた。

フォルメン線描は、略して「フォルメン」と呼ばれ、名詞フォルム (Form) の複数形と、動詞 zeichnen (線で描く/素描する) が組み合わさってできた用語である。フォルメンはシュタイナー学校で、通常 1 年生から 5 年生まで行われ、年に 2、3 回、2、3 週間にわたって実施される (フォルメン線描の概要および意義については、拙稿を参照されたい<sup>1)</sup>)。筆者は既に拙稿 (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) において、様々な状況下でのフォルメン線描中の実践者の脳波測定を試みた。フォルメン線描を行うことで、散漫な状態の子どもたちの心が静まることがしばしば指摘されるが、フォルメン線描時の脳波測定を行うことで、実践者の  $\alpha$  パワーが高まっており、リラックスして集中している状態であること、また  $\gamma$  のパワーが下がることから、興奮状態が抑えられていることが示された。また、「フォルムから沸き起こってくるイメージ」に集中して行ったフォルメン、および「線そのもの」に集中を向けて行ったフォルメンにおいては、心の安静が保たれた中で論理的思考活動が行われている点も特徴的であった。フォルメン線描において、実践者は「フォルム」とい

<sup>a)</sup> 教育支援機構 教職教育センター <sup>b)</sup> 理学研究科 物理学専攻 博士課程在籍 <sup>c)</sup> 理学部第一部 物理学科

う単なる抽象的な形式に触れるのではなく、そこにおいて心の平静さがもたらされていることが示されたのである。また、心の静けさに意識を置きながら行ったフォルメンにおいては、マインドフルネス瞑想時の脳波に近い値を示すことも明らかとなった。

さて、本研究においても上記課題を引き継ぎ、シュタイナー教育の意義、中でもフォルメン線描の意義を科学的に明らかにしてゆく。本論考では、特に画用紙上で行った場合とデジタルペンタブレット上で行った場合の脳波の違いを見ていくことにする。フォルメン線描は通常、画用紙上で行われるが、それをデジタルペンタブレットで行った場合、脳波がいかなる状態にあるかを分析していく。そして、両者の比較を通じて、シュタイナー教育における実践がデジタル機器によってアップデート可能なものかどうかを吟味する。1919年に最初のシュタイナー学校が設立されて以降、シュタイナー教育は100年もの間、世界各地で実践を積み上げてきた。その間、教育をめぐる状況は変化を遂げ、現代では必要に応じてICT機器を活用した教育が行われている。では、シュタイナー教育とデジタル機器は相容れないものなのであろうか。結論を先取りすることとなるが、この実験を通じて、フォルメン線描は単に様々なフォルムを紙面に描けばよいというだけでなく、質感をともなった画用紙のうえで行うことの意義が示されることとなる。本研究によりフォルメン線描を画用紙上で行う必然性についても浮き彫りになるだろう。次節以降、実験結果について検討していくことにしたい。

## 2. フォルメン線描実践者の脳波測定

本研究における被験者数は1人（研究実施者）であり、拙稿<sup>2</sup>の被験者と同一人物である。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>3</sup>。脳波信号（電位）は、0.5sec毎に取得され、Bluetooth通信によって脳波記録用タブレットに転送された。転送された信号は、解析アプリ「Muse Monitor<sup>4</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、その結果が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。この脳波記録用タブレットの画面は、タブレット記録用PCにWebカメラを接続して録画された。ここで、フォルメン線描の動作と脳波をリアルタイムで一致させるために、脳波記録用タブレットの画面上に、「秒」の単位まで表示可能な時計アプリ「migiued+」を表示させた状態で、録画を行った（図1、2）。

クレヨンと画用紙を用いた線描の測定環境は図1に示されている。Webカメラは脳波記録用タブレット画面と、作業者の手元を映す配置となっている。フォルメン線描にあたっては、白地B4サイズの画用紙と、みつろうクレヨン（シュトックマー社製）を使用した。線描の際、クレヨンは黒板にチョークで描くように持ち、手刀（小指の付け根下の部分）は画用紙から浮かせた状態で描いた。

デジタルペンタブレットを用いた線描の測定環境は図2に示されている。ここでWebカメラは、脳波記録用タブレットと、ペンタブレットモニタPCを映す配置に設置されている。ペンタブレットは、ワコム製Intuos Draw (CTL-490)を使用した。ペンタブレットのペンは、通常の筆記作業時の持ち方で、安定性保持ため、手刀はペンタブレット面に接した状態で線描を行った（以後「ペンタブレット」は、「ペンタブ」と表記する）。

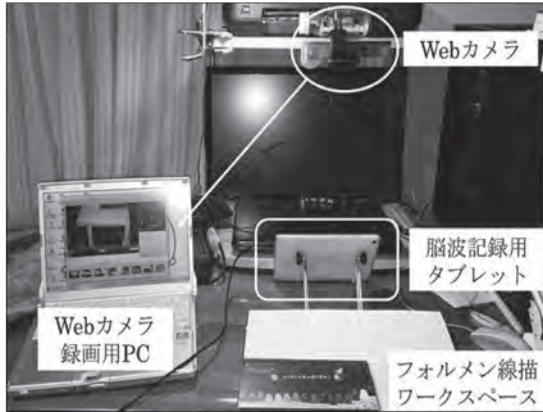


図1 脳波測定環境（クレヨン）

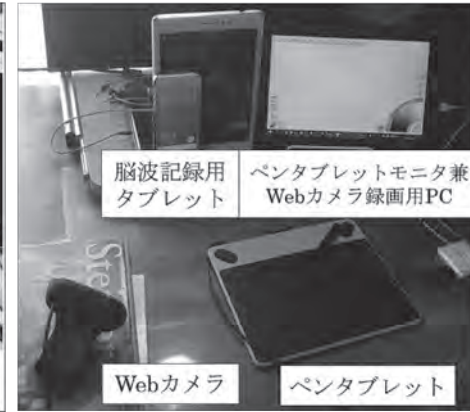


図2 脳波測定環境（ペンタブ）

フォルメンの形は単純なものから複雑なものまで形状は様々である。それらの形を網羅的に分析することは紙幅の都合上難しいため、本論文ではとりわけフォルメン線描の際に扱われるフォルムの中でも基本的な「網目」の線描パターンについて考察する。線描手順は図3に示されている。図7(g)以外の線描は、全て図3のとおりに行った。線描を開始する直前に心を落ち着けるため、「閉眼し、呼吸や静けさに集中（ゆっくり1～3呼吸程度）」、「開眼し、左と同じ」の作業を行った。線描はゆっくりと行い、1回につき約10分程度の時間をかけて実施した。図4にクレヨン、ペンタブによる実際の線描を示した（各々図5の初回の線描脳波グラフに対応）。

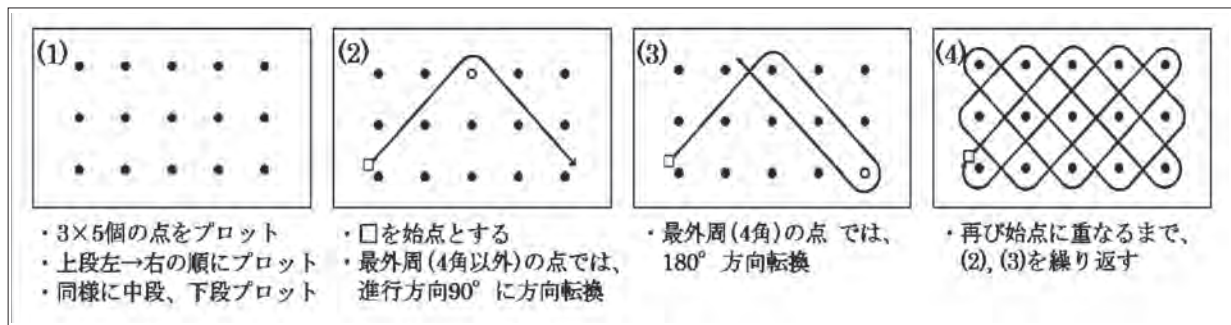


図3 網目フォルメンの作業手順

次節の「結果と考察」におけるグラフには、Muse Monitorにより取得されたデータ60点ごとの隣接平均によるスムージング処理がされている。グラフ横軸は経過時間を示し、線描開始時刻を原点とした。なお、脳波計の仕様についての詳細は、拙稿<sup>5</sup>に記載しているもので、ここでは概要のみ記しておくことにする。本研究で使用した脳波計は、ヘッドバンド型脳波センサ「MUSE (InteraXon社)」であり、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。本脳波計を用いることでスマートフォン用アプリとの連携により、時々刻々と変化する脳の状態を音としてリアルタイムにフィードバックすることにより、瞑想状態を確認及びモニタリングすることができる<sup>6</sup>。

ポータブルで低コストな脳波計は、より日常に近い活動における脳波計測を可能にする。軽量で薄いため眼鏡を掛けた状態でも装着可能であり、また乾式電極のためジェルや密着ベルト等を必要とせず、ストレスなく長時間に渡るデータ収集が可能である。

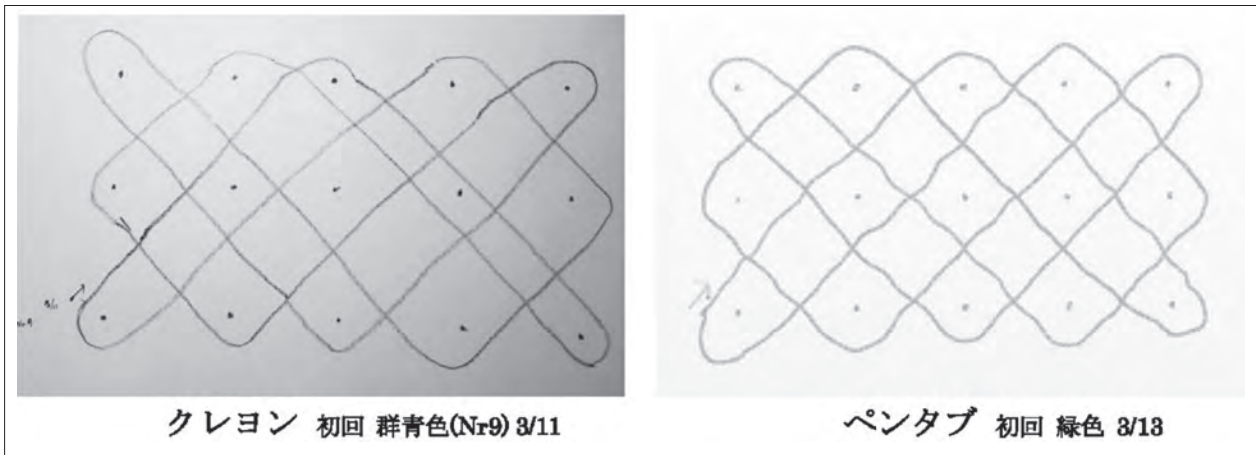


図 4 網目フォルメン (図 5 に対応)

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り、スマートフォン、タブレット、PC などの端末との通信が可能である。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。これらは国際 10-20 法の電極配置における「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>7</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>8</sup>。

さて、表 1 は、本研究で対象とする脳波について、その特徴をまとめたものである<sup>9</sup>。次節以降、網目状のフォルメンを画用紙上、あるいはペンタブ上で行った際の脳波データを分析してゆくことにする。

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
Delta $\delta$	1~4Hz	深い睡眠 (夢を見ない)
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、興奮状態

### 3. 結果と考察

図 5 ~ 9 に線描中の脳波のグラフを示した。グラフ左上のアルファベットは、識別のため各図を通して (a) ~ (j) の連続した表記とした。また、同じ日に複数回線描を行った場合、その順序はアルファベット順となっている。クレヨンの色 (Nr 数字) は、みつろうクレヨンのラベルに記載されている、色ごとの識別記号を示している。各実験で色を変えているが、はっきりとした濃い色であれば、脳波にその影響が出ないことが、事前の予備実験で確認されている。ただし、描いた軌跡が確認できない色 (白) では、睡眠移行時の微睡み状態の脳波と近くなる結果が得られているので<sup>10</sup>、淡い色は使用していない。「3/11」などの日付は、線描を実施した日付 (全て 2018 年) を示している。

図 5 は初めてクレヨン、もしくはペンタブで線描を行った際の脳波を示している。(a) は網目の線描が初めてのため、描画手順に確信が得られていない状況であるのに対し、(b) ではクレヨンで (a) を含めて 6 回線描を行っているため、手順は概ね慣れている状態である。ただし、ペンタブ操作は現実のスケール感覚との間にずれが生じるため、「線描の際には余計に注意力を要し、生理的な違和感 (現実に比べ単

調な色の濃淡とかすれ具合、ペンから伝わる触感)が生じると共に、長期間の集中作業は眼の疲労へ繋がる(輝度は適切に設定してある)」と被験者は述べている。実際に、クレヨンでは興奮状態を表す $\gamma$ が他の脳波に対してほぼ最下位のレベルを維持しているのに対して、ペンタブでは中間の高いレベルにある(測定日が違うため、脳波パワー値ではなく、各種脳波パワーの相対値で考察している)。これはペンタブ作業の方がストレス負荷が大きいため、より強い注意力が働き、興奮している状態であることを示唆している。

脳波のピークについて、大きなピークでは、(a)、(b)共に全種脳波が同期する傾向が見られた。特に $\delta$ 、 $\theta$ 、 $\alpha$ が顕著である。大きなピークの数、(a)で4つ(0.5、4.5、5.7、8 min)、(b)で2つ(3.3、7.5 min)であり、(a)の方が多。動画データから線描中の動作と脳波の対応を調べた結果、点描や線描におけるフォルムの対称性、等間隔性を意識して点を配置したり、線の軌道を修正したりする際に、大きなピークが生じる傾向が見られた。また、軌跡が最外周の点に突き当たり、方向転換する際にも、同様な傾向が確認された。よって、大きなピークの数、幾何学的秩序のある線描を模索的に試行錯誤しながら行う際に多くなると考えられる。また、脳波パワーの高い上位2位以内の脳波は、クレヨンでは $\delta$ と $\alpha$ 、ペンタブでは $\alpha$ と $\beta$ となっている。 $\alpha$ が共通して高いことから、両作業では落ち着いて集中していることがわかる。さらに、 $\delta$ が(a)で高く(b)で低いことから、 $\delta$ が高いほど模索的で試行錯誤の度合いが強く、線描における創造体験の指標となる可能性を示唆している。

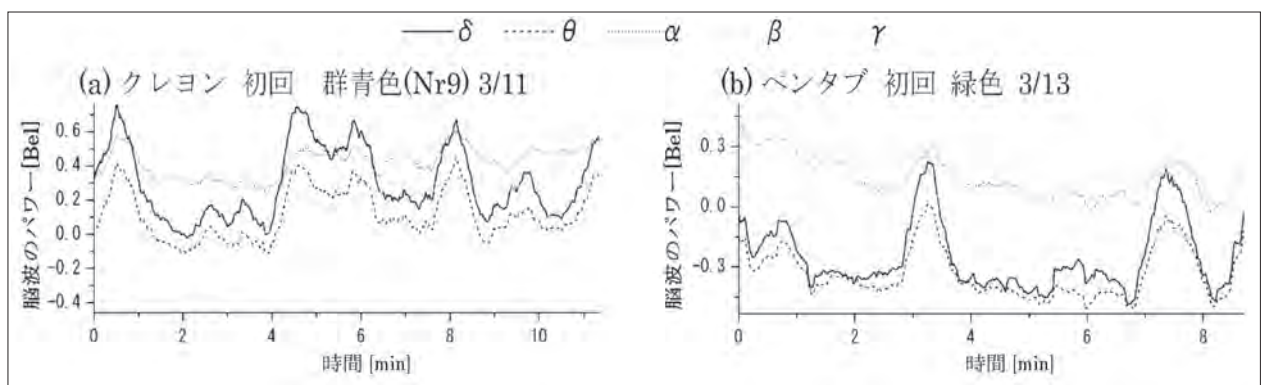


図5 線描中の脳波(初めての線描)

図6は、連続して複数回線描を行った際の脳波を示している。各種脳波パワーの大小関係について、(c)と(d)は、それぞれ前述の(a)と(b)と似た傾向を示している。(c)と(a)における大きなピークの数と比較すると、(c)は1つ(0.5 min)であり、かつ $\delta$ が概ね $\alpha$ よりも低いパワーを維持していることから、模索的要素が少なくなった線描作業であると考えられる。これに対して被験者は、描画手順における不安はなく、描かれる線の動的挙動や、そこから想起されるイメージに集中しながら、余裕を持って線描を行えたと述べている。

以上は1回目のクレヨン-ペンタブにおける脳波の特徴であり、2回目もほぼ同じ傾向を示した。3回目のクレヨン線描(e)では、大きな変化が見られた。まず、(c)に比べ $\delta$ のパワーが大幅に下がり、 $\theta$ 、 $\gamma$ と共にほぼ同じパワーで最下位を維持した。また、 $\alpha$ パワーが下がったのに対し、 $\beta$ パワーにはほぼ変化が見られなかったため、結果として $\alpha$ と $\beta$ が近接した形で上位を維持する波形となった。これはペンタブで線描した際の脳波(b, d, f)と同様な傾向を示している。異なるのは、クレヨン(e)では $\gamma$ が低いのに対し、ペンタブ(f)では高く、ペンタブでの線描の方がより興奮した状態であるということである。一方、(d)に対する(f)の変化の特徴は、 $\delta$ が下がり $\theta$ とほぼ同じパワーと形状を示したことである。また、大きなピークも2個から1個となったため、より慣れた状態で線描を行っていると考えられる。

被験者によると、2回目から3回目における作業において、特に心情的変化(飽きる、疲労する)といっ

たものではなく、それまでと同様であったとのことであった。この後、1時間散歩をしてクレヨン（同色）で線描を行ったところ、再び（e）と同じ傾向の脳波が得られた。また、睡眠をはさんで8時間後に行ったクレヨン（同色）による測定結果も同様であった。よって、線描の手順に十分慣れてしまうと、慣れる前とは異なる脳波パターンを示し、散歩や睡眠といった休息を挟んでも慣れる前の脳波に戻らないことが確認された。

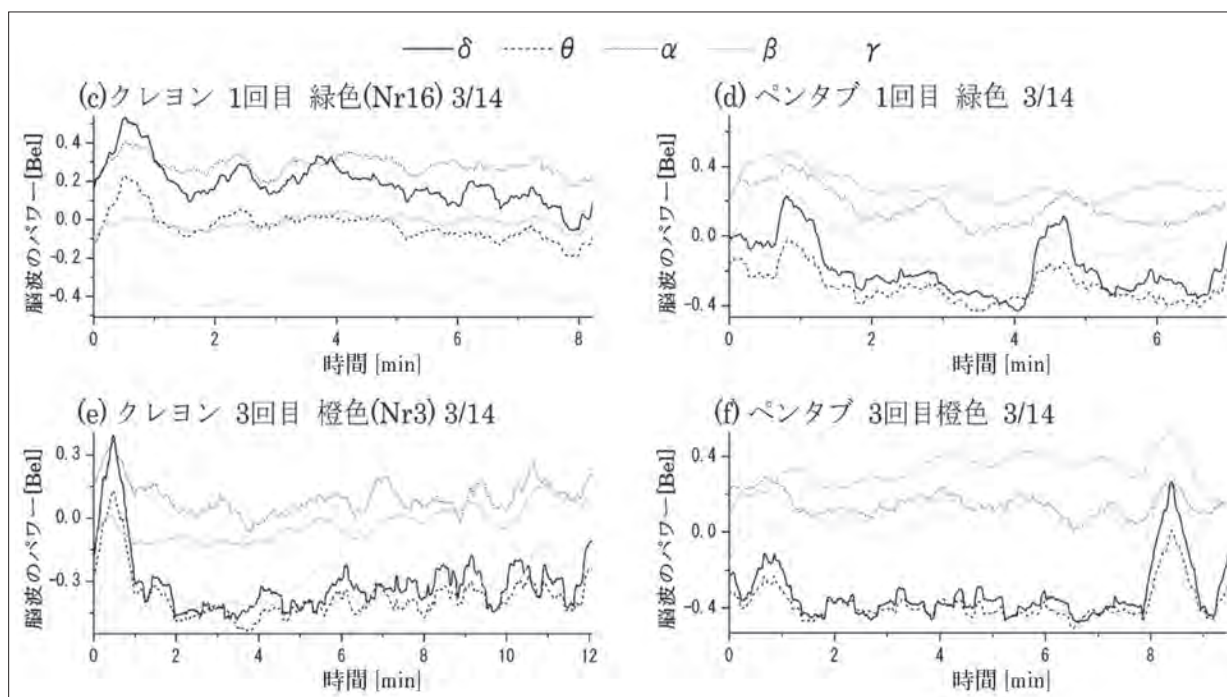


図 6 線描中の脳波（連続して多数回実施）

図 7 は、線描の描画手順を変えた際の脳波を示しており、前述の睡眠後に行った測定の 1 時間後に測定したものである。描画手順の変更点は、図 3 (1) の点描をランダムにしたこと、(2) の始点の位置を変え、線描方向を反対にしたことである。得られた脳波スペクトルは、高い  $\delta$  パワーと、全脳波が同期した多数の大きなピーク (1、3.9、5.2、6.5、8 min) を有することを特徴とし、初めてクレヨン線描を行った (a) と同様な傾向を示した。これは線描手順の変更により、模索的かつ試行錯誤的な要素が再び加わったためであると考えられる。被験者によると、模索しながら進める感覚が、最初の線描時 (a) の感覚を彷彿とさせ、新鮮な感じがしたとのことである。同じフォルムを何度も描く場合、描き順を変えるだけでも脳は新しいフォルムと認識することが示唆された。以上より、フォルメン線描では、反復作業を通じて、幾何学的秩序のある特定のフォルムを完璧に描けるようになることよりも、フォルムを描くことそのものを通じて、創造的体験をすることに重きが置かれることを示唆している。これは、フォルメン線描の本質が、線描の結果（紙に描かれた静的なフォルム）にあるのではなく、フォルムを

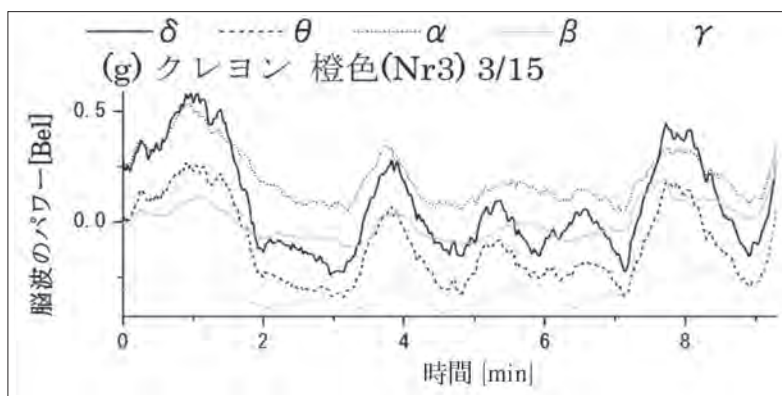


図 7 線描中の脳波（手順変更）

描いているまさにその瞬間に、実践者が新たに体験する動的なプロセスの中にあるともいえる。ただし、色の変更は描き順の変更ほどは脳波に影響を及ぼさなかった。

図8は、線描を行わず1日経過した後に、再び線描を行ったときの脳波である。線描の描画手順は従来の図3のとおりである。(h)、(i)共に、それぞれ(e)、(f)と似た脳波の特徴を示した。よって、一度定着した線描操作のパターン認識は、異なる手順で線描したり、1日線描を行わなかった程度では失われないことがわかった。

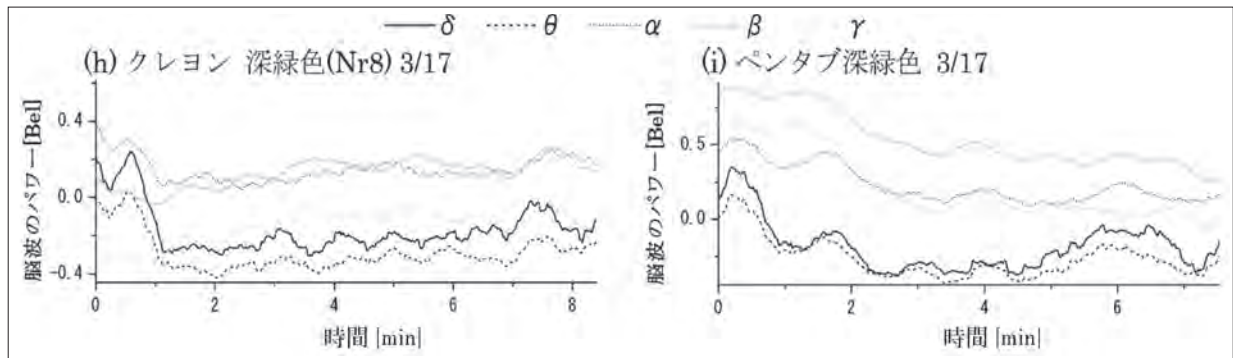


図8 線描中の脳波（線描せず1日経過後）

ペンタブを用いた線描に慣れた状態である(f)と(i)から、このとき脳波は $\alpha$ と $\gamma$ がほぼ等しい脳波パワーになることがわかる。線描に慣れている状態にも関わらず、高い周波数の $\beta$ や $\gamma$ が高い状態であることは、脳が安静や平穏な状態から遠く離れた活発な状態であることを示している。これに対して被験者は、ストレスの自覚症状はないが、強制的に注意や意識が液晶画面に向けられる（引き出されている）ような感じがたと述べている。シュタイナーのエーテル学を、科学的に基礎づける研究に貢献したE・マルティは、『四つのエーテル』の中で、「光線は眼のなかに入り込みながら、私たちの意識を周辺へ、空間のなかへ連れ出しているのです」と述べている<sup>11</sup>。街なかのイルミネーションやLED搭載の看板が人々の注意を集めるのは、光のこのような性質によると人智学の立場から解釈が可能である。

線描の画面から眼に入る光は反射光と透過光の2種類があり、画用紙の場合は周囲の光が紙面で反射した反射光であるが、液晶画面の場合は画面から直接発せられる透過光であるという違いがある<sup>12</sup>。また、先行研究として、メモ書き時の認知負荷は、紙ノートよりもタブレット端末の方が高いことを、脳波測定で実証した報告がある<sup>13</sup>。以上より、クレヨンとペンタブにおける脳波の違いは、媒体である紙と液晶画面の違いに起因することが示唆された。

そこで、ペンタブ線描とPC作業時の脳波の比較を行った。PCの作業内容は、表計算を行い、その結果をグラフ化するというものである。記号や言語を介した論理的思考力と、記入や編集ミスに対する注意力を要するキーボード入力とマウス作業であるため、フォルメン線描とはかけ離れている。

図9はPC作業中の脳波であり、 $\beta$ が最も高いパワーを示し、 $\alpha$ と $\gamma$ が次に高く、ほぼ同じレベルを維持している。これはペンタブ線描の脳

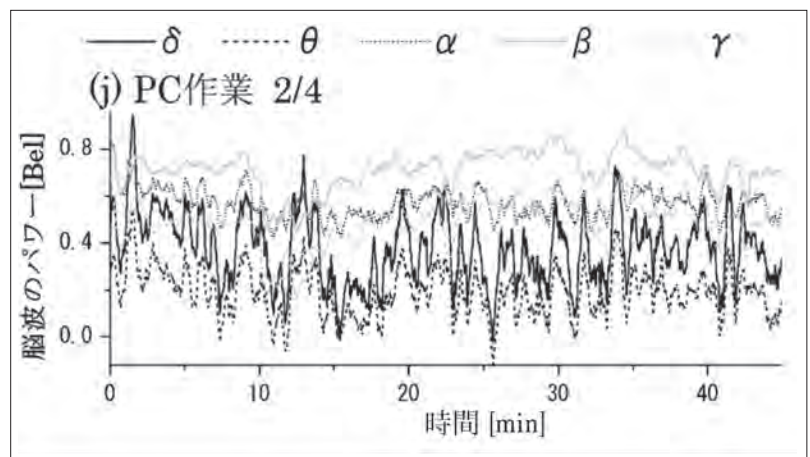


図9 PC作業中の脳波

波と同じ特徴を示している。よって、ペンタブで線描を実施する場合、脳波はフォルメン線描の体験よりも、液晶画面（から発する光）へ（強制的に）向けられる意識の集中の方が大きいことを反映していると考えられる。また、液晶画面に集中することは、自覚を伴わずとも脳を興奮させる作用があることが示されたため、フォルメン線描の媒体としては好ましくないと結論される。ただし、近年開発が進んでいる「電子ペーパー」は反射型表示媒体であり<sup>14</sup>、現在はモノクロ表示であるが、カラー版が開発されれば、新しいフォルメン線描の媒体としての可能性が考えられる。ただし、筆圧に応じた線の濃淡や、クレヨンと画用紙の擦れる触感を電子媒体で実現するには、さらなる技術的発展が必要である。また、コストの面からも、しばらくは従来のクレヨンと画用紙に軍配が上がりそうである。

#### 4. 画用紙上でフォルメン線描を行うことの意義

フォルメン線描ではプロセスこそが重視される。できあがったフォルムが重要なのではなく、実践の最中にいかに深くフォルムの形成過程を味わうことができるかが問われる。また、シュタイナー教育において繰り返し強調されることではあるが、フォルメン線描は外側から眺めただけでは、教育効果が期待できない<sup>15</sup>。シュタイナー自身、子どもに特定の何かを模倣させようとするのではなく、線描を通して根源的な図形を表現させることが必要であると述べている<sup>16</sup>。我々は通常、フォルムを固定したものとして知覚しており、その終着、硬直した最終段階だけを捉えている。結果、フォルムの生成過程を把握するには至らない。

シュタイナーは、すべての形態を「静止した動き」として捉え、フォルメン線描を、凝固したフォルムの形成過程を辿る作業とみなしている。「自然の中のどのような形態も、そのできそこないでさえも、創造的、形成的な自然力の静止した姿<sup>17</sup>」と彼は述べているのだ。子どもの内面のフォルムを形成する動きが活性化していなければ、どれだけ自然を観察しても、生きた自然に触れることはできないのである。心を落ち着け、自然を内側から理解するための力を育ててゆくことが目指される。

フォルメン線描の実践者は様々なフォルムを描くことで、固着したフォルムを見たときに動きの形跡を発見することが可能となる。シュタイナーは「外界にある自然物が正しく模倣されているかいないかは、まったく問題ではない<sup>18</sup>」とし、「必要なのは、形態そのものと内的に結びつくこと<sup>19</sup>」だと述べる。

フォルメン線描を通じて観察者自身が運動することでフォルムの内在的知覚が可能となる。フォルメン線描を通じた曲線と直線の体験により、子どもたちはあらゆる形態の基本形をなぞることとなり、基本フォルムの体験を通して、万物の創造行為が追体験される<sup>20</sup>。そうした創造行為を追体験するなかで、我々は固着したフォルムのうちにもそこに生きて働いている動的な力を看取することができるようになるのである。

心を平静に保ち、自然の生成を内的に体験することをねらったフォルメン線描において、実践者がフォルムの生成を体験するにあたって、外的要因（主に液晶画面からの人工的な光）によって $\gamma$ が高い状態となってしまうことは、やはり望ましくはないであろう。先に示した通り、ペンタブを用いたフォルメンにおいては、 $\gamma$ が高い状態を示しており、脳が安静や平穏な状態から遠く離れた活発な状況にあった。なお、 $\gamma$ の上昇が内的な体験に起因する事例として、洞察やひらめき（アハ体験）によるもの<sup>21</sup>、熟練した瞑想者が達する深い瞑想状態によるもの<sup>22</sup>が考えられる。しかし、前者は短期的な事象であること、後者は拙稿（図7、d）における実践者の瞑想中の $\gamma$ が他の脳波に比べて最も低いことから、実践者の内的体験に起因するものとは考えられず、外的な物理的刺激に起因すると考えるのが妥当である。被験者は外的刺激による興奮や高揚感を自覚してはいなかったが、フォルムを内的に味わいつくすことが求められるフォルメンにおいては、脳が内的に生じた洞察やひらめき（アハ体験）からではなく、外的刺激によって強制的に興奮させられた状態にあることは、生理的、情緒的観点から考えても好ましくないと見える。

また、シュタイナー教育では「一回性」が重視されている。ある教材との出会いを、いま、この瞬間に



おける一回限りのものとみなしている。したがって、惰性によってフォルムを描き出す状態は教師たちによって厳しく諫められる。フォルメン線描において教師は子どもたちに対して、できるだけゆっくりと丁寧にフォルムを描くよう指示する。

本研究では、繰り返し同じフォルムを描き出すことによって、 $\delta$ の値が低下することが観察された。これは、画用紙上で行ったフォルメンの場合も、ペンタブ上で行ったフォルメンの場合も同様であった。フォルムを描くことに慣れてしまうことによって、 $\delta$ の値が下がったこととフォルメン線描における一回性重視の観点に相関があるかどうかについては今後、検討が必要となってくる。本研究では示唆するにとどめるが、 $\delta$ の値がフォルメン線描における「生成を味わう体験」と緊密に関連している可能性がある予想される。繰り返し同じフォルムを描くことによって、惰性が生じることはやはり避けられるべきことといえるのである。

## 5. おわりに

本研究を通じて、シュタイナー学校の教師が日々の実践において行っていることの意図を客観的データによって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。フォルメン線描を画用紙のうえで行うことの必然性が、デジタルペンタブレット上でのフォルメン線描との比較を通じて明らかとなった。フォルメン線描においては、媒体を問わず、ただ単に様々なフォルムを描き出せばよいというのではない。やはり画用紙の質感のうえで、心を平静に保ちつつ、フォルムを描き出すことが求められるのである。

シュタイナー教育の意義を科学的アプローチで検討するという本研究の試みは始まったばかりであり、課題も多く残されている。今回、フォルメン線描実践時の脳波測定を行うにあたって被験者は成人男性であった。今後、本研究を深めていくためにはフォルメン時の児童、生徒の脳波を測定するということも必要となってくる。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、フォルムの種類自体も様々なバリエーションもので実験を試みる必要がある。

今後はフォルメン線描だけでなく、にじみ絵など、シュタイナー学校独自の実践における脳波の測定を継続して行ってゆく予定である。

### 執筆者の役割・分担

井藤元：「1. はじめに」「4. 画用紙上でフォルメン線描を行うことの意義」「5. 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：被験者としてデータを提供した。実験系を考案・構築し、取得データを解析した。「2. フォルメン線描実践者の脳波測定」、「3. 結果と考察」の執筆に、主として携わった。

徳永英司：「2. フォルメン線描実践者の脳波測定」、「3. 結果と考察」の執筆に携わった。

<sup>1</sup> 井藤元 2017：「フォルメン線描における自然認識と芸術的創造—シュタイナー教育の道徳的基盤」『ホリスティック教育研究』第20号、日本ホリスティック教育協会

<sup>2</sup> 山下恭平、井藤元、徳永英司 2019：「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

<sup>3</sup> MUSE™ | Meditation Made Easy. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2018年7月18日].

<sup>4</sup> Muse Monitor. [Online]. Available at: <https://musemonitor.com/#page-top>. [参照：2018年7月18日].

- 
- <sup>5</sup> 同上
- <sup>6</sup> MUSE™ | Meditation Made Easy. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2018年7月18日].
- <sup>7</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 2016 : 「脳波センサー "MUSE" は新楽器として使えるか」『情報処理学会研究報告』、2 頁
- <sup>8</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>9</sup> MUSE™ | Meditation Made Easy」. [Online]. Available at: <http://www.choosemuse.com/>. [参照：2018年7月18日].
- <sup>10</sup> 同上
- <sup>11</sup> マルティ, E. 2013 : (石井秀治訳) 『四つのエーテル』、耕文舎+イザラ書房、24 頁。
- <sup>12</sup> 松山麻珠 池内淳 2015 : 「表示媒体の違いが誤りを探す読みに与える影響」『研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)』、vol. 2015、no. 2、1–8 頁
- <sup>13</sup> 波多野文、関根崇泰、籠伊智充 2015 : 「紙ノートとタブレット端末の使用が学習時の認知負荷に及ぼす影響：脳波を用いた検討 (ヒューマンコミュニケーション基礎)」『電子情報通信学会技術研究報告 IEICE Tech. Rep. 信学技報』 vol. 115, no. 185、39–44 頁
- <sup>14</sup> 「電子ペーパー | 凸版印刷」、凸版印刷、[Online]. Available at: <https://www.toppan.co.jp/denshipaper/>. [参照：2018年9月22日].
- <sup>15</sup> ニーダーホイザー, H.R. 1983: (高橋巖訳) 『シュタイナー学校のフォルメン線描』、創林社、33 頁
- <sup>16</sup> Steiner, R. 2005: *Erziehungskunst Methodisch-didaktisches*, Rudolf Steiner Verlag, Dornach, S.14.=1985: (高橋巖訳) 『教育芸術 1 方法論と教授法』、創林社、13–14 頁
- <sup>17</sup> ニーダーホイザー 1983、68 頁
- <sup>18</sup> Steiner 2005, S.28.=1985、15 頁
- <sup>19</sup> *Ibid.* = 同上
- <sup>20</sup> 高橋巖 1987: 『シュタイナー教育の方法』、角川書店、104 頁
- <sup>21</sup> J.Kounios M.Beeman, 2009 : The Aha! Moment: The Cognitive Neuroscience of Insight, *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, vol.18, no.4, pp.210–216
- <sup>22</sup> A.Lutz, L.L.Greischar N.B.Rawlings, M.Ricard R.J.Davidson, 2004: Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol.101, no. 46, pp.16369–16373

本研究は、研究代表者：井藤元「シュタイナー学校における教員養成プログラムを支える理論とその実態の解明」(平成30～32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。