

電子オルガン演奏の脳機構と筋活動

ー被験者から見た研究意義と実験レポートー

楠田 しおり

(研究責任者 小幡 哲史)

“電子オルガン演奏を科学する”

過去に例の無い、興味深い研究が始められている。電子オルガンの演奏には、手鍵盤に加え足鍵盤を操るテクニックが必要であり、これは他の楽器演奏に無い特徴だ。しかしピアノやヴァイオリンなど「手」を用いた楽器演奏の運動に関する研究はあるものの、電子オルガンの演奏に関するものはこれまで見当たらない。そこで電子オルガン奏者の脳賦活部位（活動している場所）と筋肉の活動を測定・分析し、他の楽器演奏等と比較することにより、その特異的な演奏能力について解明するのが目的である。※

本研究の責任者は、ヤマハ音楽研究所の研究員である小幡哲史氏だ。小幡氏は「楽器演奏に関わる運動制御学」が専門で、これまでもヴァイオリン演奏をはじめとして音楽演奏に関する様々な実験と研究を行っている。

筆者が被験者として参加した今回の実験では、fMRIを用いた脳活動の撮像と、筋電図を使った筋活動測定が行われた。本報告書では、電子オルガン演奏実験の内容と、被験者の立場から見た研究の意義について述べる。

※同じく足鍵盤を有する楽器に、パイプオルガンやチャーチオルガンがあるが、これらは設置される場所や種類によって奏法が異なる。そのため今回の研究では、より統一された奏法があり家庭にも普及している電子オルガンに焦点を当てる。

【I. 実験内容】

◆実験期間

2013年4月 研究開始

2014年6月 実験開始

2015年8月 実験終了、分析開始

2016年6月 追加実験開始

◆被験者

筆者を含む11名の電子オルガン奏者が、fMRI撮像実験と筋活動実験に参加した。

男性1名、女性10名で、平均年齢は24.3歳、平均電子オルガン演奏歴は18.8年である。

◆使用楽器

今回の実験に使用した楽器は、ヤマハ製「STAGEA D-DECK PACKAGE」である(2段の手鍵盤と20鍵の足鍵盤を有する)。

◆演奏曲

演奏曲に対する経験の差が結果に影響を及ぼすことのないよう、本実験のために新たに作曲された楽曲を3曲用いた。被験者はこれらの曲について十分な練習期間を経て実験に臨んだ。

この3曲は左右の手および左足をバランス良く使用することを念頭に作曲、編集されている。fMRIの撮像時間を考慮し、各課題曲の長さは前奏1小節を含む9小節で、演奏時間は20秒ほどであった。

筆者も被験者として演奏したが、いずれの曲も高度な演奏テクニックが要求され、手足共に正確に鍵盤を鳴らすためには多くの練習を必要とした。電子オルガンの音色設定はシンセ音を中心とした電子音楽風に統一されており、まさに“運動”に集中するための音楽であった。そのため、普段コンサート等で演奏する曲よりも手足の動きを頭でイメージしやすいという印象を受けた。

◆実験内容

脳機構(fMRI撮像実験)

実験に先立ち、課題曲を使った以下の3つの音源を被験者自身の演奏で録音した。

- I. 右手と左手パートのみを演奏したもの(手課題)
- II. 足パートのみを演奏したもの(足課題)
- III. 全てのパートを演奏したもの(手足課題)

被験者は MRI スキャナの中で、ヘッドフォンから I ～Ⅲまでの課題を聴取した。fMRI 内には金属や電気を発するものを持ち込めないため、撮像中に実際の電子オルガンを演奏することはできない。そこで、聴取する際にそれぞれの課題を自身が演奏する様子を頭でイメージすることで、「あたかも演奏をしているような脳の活動」を測定することを目的とした。(fMRI 中は常に撮像のための異音が鳴り響く環境であるため、被験者は実験前に模擬練習を行った)

各音源を 20 回ずつランダムな順番で聴取する実験を 2 回繰り返した。つまり各課題で 40 回ずつ、3 種類の課題合計で=120 回音源を聴取したことになる。

筋活動(筋電図)実験

まず初めに、筋活動を計測するための電極を腕・足・背中に装着した。装着した電極は、腕に 5 箇所、足に 4 箇所、背中に 4 箇所の合計 13 箇所であった。



図 1.2 筋電図実験の様子

その後、完全に筋肉の力を抜いた状態から、3 つの課題曲を 5 回ずつ演奏した。

【Ⅱ. 実験結果】

現段階では、主に fMRI 撮像実験の分析が行われているため、本報告書でも脳機構に関する実験結果について報告する。筋電図実験については、これから分析を行う予定だという。

手課題と安静時との比較

手課題と安静時（何も聞いていない状態）との比較では、「聴覚野」「運動前野」「運動性言語野」「島」「小脳」の 5 箇所での賦活(活性化するという意)が認められた。

聴覚野は聴覚の中核であるが、運動前野は視聴覚に誘導されて、運動の準備を行う時期に活動されている。次に行う動作の仕方を決める役割を担っているほか、長く順次的なパターン動作の操作によっても賦活するそうだ。本研究の結果は、先行研究でピアニストの脳活動を計測した実験結果と同様に電子オルガン奏者も音を聴取するだけで手の打鍵動作へと変換され、実際に演奏するための運動計画に関わる運動前野の賦活を促した可能性がある。

運動性言語野は、文字通り発話や書字などの言語を担っているが、本研究における言語野の賦活は、音を聴取したことによる音名の変換によるものの可能性と、音から身体の動きのイメージやリハーサルを行うことに関連していた可能性も考えられる。

小脳は、運動野から送られてきた情報を受け、滑らかな運動を行うために重要な役割を果たしている。また、運動の予測にも強く関わることが知られている。このことから、本研究では音の聴取から手の運動の予測制御のために、これらの小脳への活動が見られたと考えられる。

足課題と安静時との比較

手課題と同様に運動前野の顕著な賦活が認められたが、足課題では右半球のみの賦活であった。これは電子オルガンにおける足鍵盤操作は主に左足で行うものであるために、左足の運動の予測を行う右脳の運動前野の賦活に限定された可能性がある。

この結果は、これまで知られていなかった音と足の運動との結びつきに関係する脳機構の存在を強く示唆するものと考えられるが、手の運動との違いなどについてさらに追及する必要がある。

更に皮質下（白質）では、両側の小脳の賦活が認められており、足鍵盤動作のリズム制御に関与していた可能性が示された。筆者のこれまでの経験上、電子オルガン演奏では足鍵盤を小節の 1 拍目に弾くことが非常に多いため、足鍵盤演奏でリズムを取る習慣が身についている可能性は十分にある。

手足課題と安静時との比較

他の課題には見られなかった、補足運動野から「前帯状皮質」「前頭前野背外側部」という部位の賦活が認められた。補足運動野は、運動の高次なコントロールに強く関連していると考えられている。

また前帯状皮質は複雑な演奏音聴取により活動したという報告がある。本研究では手のみや足のみでの課題に比べて、手足課題ではより高次な運動のコントロールが必要であり、結果としてこれらの部位で強い賦活として現れたのではないかと考えられる。

【Ⅲ. 研究発表実績】

本研究の結果は、下記の学会で研究発表されており、聴衆から今後の研究に関する意見も挙げられた。

日本音楽知覚認知学会 平成 27 年度秋季研究発表会

2015 年 12 月 5-6 日 ヤマハ音楽振興会（目黒）

電子オルガン演奏の脳機構

日本音響学会 2016 年春季研究発表会

2016 年 3 月 9 日-11 日 桐蔭横浜大学（横浜）

電子オルガン演奏を支える脳機構 -fMRI を用いた実験的研究-

ICP (31st International Congress of Psychology)

（第 31 回国際心理学会）

2016 年 7 月 24-29 日 パシフィコ横浜（横浜）

Brain activity during electronic organ performance-
Experimental research using fMRI

参考資料

《参考文献》

小幡哲史『電子オルガン演奏の脳機構-fMRI を用いた実験的研究-』研究発表資料 2015 年

《インタビュー》

小川純一(ヤマハ音楽研究所) 面会インタビュー、2016 年 7 月 25 日

小幡哲史(ヤマハ音楽研究所) 面会インタビュー、2016 年 7 月 25 日

研究発表の場で聴衆から挙げた意見の多くは、足を使わない鍵盤楽器であるピアニストとの比較をするべきだ、というものであった。ピアニストが同じ曲を聴取したときに脳内で活動している範囲が明確に異なるのかどうか、それによってピアニスト(手のみで)の演奏脳と電子オルガン(手足で)の演奏脳の違いが分かるのではないか、ということだ。こうした意見を参考に、現在ピアニストの協力のもと追加実験を行う準備も進められているという。

【Ⅳ. 研究意義と今後の展望】

電子オルガンに限らず、芸術分野において科学的な知見を用いることは敬遠されがちであるが、今回の実験及び研究は、これまで数多の演奏家により構築されてきた電子オルガンの演奏テクニックを科学的に検証し、新しい切り口で電子オルガン音楽を発展させようという取り組みである。

研究結果によっては、効果的な練習方法の発案や正しい演奏姿勢の確立、また楽器の更なる改良など、多岐に渡る成果が現れる可能性がある。それにより、電子オルガン音楽の発展へと繋げていくこともできるであろう。

しかし本研究は始まったばかりで、今後は筋活動との関連性も含め追加の実験が必要だ。実験を続けていくためには、より多くの電子オルガン奏者からの理解と協力を得ることが不可欠である。

今後も様々な形で、本研究活動への興味関心を高めていくことが望まれる。

（電子オルガン活動家 くすだ しおり）