

脳波計測によるピアノ演奏課題の練習効果の測定の試み

An Attempt to Evaluate Effect of Practicing a Piano Task by EEG Measurement

三宅 圭音^{*1}, 石野 未沙^{*1}, 秋元 頼孝^{*1}, 中平 勝子^{*1}

Keito MIYAKE^{*1}, Misa ISHINO^{*1}, Yoritaka AKIMOTO^{*1}, Katsuko T. NAKAHIRA^{*1}

^{*1}長岡技術科学大学

^{*1}Nagaoka University of Technology

あらまし：初心者のピアノ演奏技能の上達を客観的に評価する手法の確立に向け、練習に伴う脳波の変化の基礎的データを得るために、未経験者を想定した実験を3回行った。実験では、試行の初めに七音音階でC4-C5の音をランダムに5つ聴覚呈示し、その後、楽譜を視覚呈示した。実験参加者は対応する音をMIDI/PCキーボードで入力した。実験の結果、入力に要する時間が短縮されたが、脳波ではそれに対応する変化は認められなかった。

キーワード：ピアノ演奏、楽器、技能評価、脳波測定

1. はじめに

ピアノ演奏は楽譜認知と打鍵を組み合わせた技巧性の運動学習で、その上達には継続的な練習が必要である。しかし、初心者にとっては楽譜を読むことさえ難しく、演奏技術の向上には多大な時間を要する。そのため、継続的な自主練習は容易でなく、途中で挫折してしまうこともある。そのため、自主練習時に客観的な演奏者パフォーマンス変化を評価し、学習者へフィードバックが可能となれば困難からくる継続練習挫折は減るだろう。一つの可能性として、簡易脳波計を用いた読譜から打鍵への動作接続を行う訓練システムの設計が挙げられる。本研究では、その先駆的研究の一つとして、初心者のピアノ演奏技能の向上を客観的に評価する手法の確立に向け、未経験者を想定したピアノ演奏課題を行い、演奏中の脳波・行動反応（打鍵までの時間）に対する短期間練習の効果を評価する。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

右利きの日本人大学生・大学院生9名が実験に参加した。うち2名は10年以上のピアノ経験者だったため集団解析からは除外した。他に1名がキーボードを用いた演奏経験者だったが、しばらく演奏をしていないこと、他の参加者とキー入力に要した時間が大幅に異なっていたわけではないことから解析対象に含めた。

2.2 実験装置

本実験ではEmotiv社製のEPOC Xを脳波計測に用いた。本装置は国際10-20法に基づいてAF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1, O2の14箇所電極が配置されており、生理食塩水を用いて容易に装着が可能である。サンプリングレートは128Hzである。

また、課題呈示プログラムは心理実験環境構築用

ソフトウェアであるPsychoPy3を用いて作成した。課題呈示用と脳波データ記録用の二台のPCをシリアルケーブルで接続し、課題呈示プログラムの刺激提示のタイミングを脳波データに記録した。

2.3 実験手順

図1に実験課題の流れを示す。実験を開始すると、演奏機器確認画面（キーボード種別はMIDI/PC）が表示される。その後、画面中央に注視点が1秒間視覚呈示される。続いて、七音音階でC4-C5（低いドから高いドまでの半音を除いた8音）のランダムな5音が3秒間の間に聴覚呈示された後、これに対応する楽譜が画面上に表示される。参加者は対応するキーを入力し、エンターキーを押すと正誤判定結果が表示される。

各参加者は、日を変えて合計3回実験を行った。一回の実験では、演奏機器（MIDIキーボード、PCキーボード）、演奏音（あり、なし）の組み合わせによる4条件をそれぞれ40試行連続で行った（合計160試行）。条件の順番は、参加者ごとにランダムであった。ただし50%の確率で、条件ごとに事前に決められた音列（繰り返し刺激）5種類のうちいずれかが呈示された。3回の実験を通して、条件に対する繰り返し刺激の割り当ては変更しなかった。また、条件と繰り返し刺激の組み合わせについては、参加者ごとに変更した。解析では、実験回数（1日目、2日目、3日目）と実験の前半後半（前半80試行、後半80試行）の影響についても調べた。

2.4 データ解析

脳波データの解析にはEEGLABVersion2021.1を使用した。課題音呈示前の1秒間をベースラインとして設定し、課題音呈示後の6秒間を解析対象とした。初めに1Hzのハイパスフィルタをかけ、ASR(Artifact Subspace Reconstruction⁽¹⁾)を用いてノイズの除去を行った。その後、独立成分分析(ICA)を行い、目視で眼球運動などのノイズを除去した。



図1 実験課題の流れ

解析では、音楽処理に関与することが知られている右下前頭回付近に位置するF8チャンネル⁽²⁾に着目し、時間周波数解析によりパワースペクトル密度の変化を計算した。

3. 実験結果

平均正答率は約90%であり十分に高かった。正答の試行について、データごとに5音目の平均入力時間+2×標準偏差を超えたものを外れ値として除外したうえで、平均入力時間を計算した(図2)。演奏機器と演奏音を要因とした2要因参加者内分散分析を行った結果、入力に要した時間の演奏機器・演奏音の違いによる有意な差は認められなかった。次に、実験回数と前半後半を要因とした2要因参加者内分散分析を行った。その結果、日数 ($F(1, 6)=12.89$, $p<0.05$) および前半後半 ($F(2, 12)=11.11$, $p<0.05$) の主効果が有意であった。事後検定の結果、1日目より2日目・3日目の入力に要した時間が有意に短かった。また、繰り返し刺激による入力時間の短縮が見られた。

実験回数ごとのF8チャンネルの時間周波数解析および実験日数間での統計検定の結果を図3に示す。各条件の図の色彩は、赤に近いほどベースラインと比較したパワースペクトル密度の強弱を表しており、パワースペクトルが高いほど赤く、低いほど青く表示される。右端の図では各条件間で5%水準の有意差(多重比較補正無し)が得られた場合は領域が赤く表示されている。F8チャンネルの時間周波数解析の結果は実験回数において統計的に有意な差がみられなかった。

4. 考察

5音目までの入力時間に関して1日目の前半の入力時間が遅かった理由として、解析対象者は1名を除いて全員演奏未経験者であったため、最初は楽譜を読むことや対応するキーを押すことに全く慣れていなかったことが理由として考えられる。それ以降は課題を繰り返すほど入力時間が早くなっていった。そのため、短期間の練習でも楽譜を見て対応するキーを入力するという基礎的技能は上達することが示された。繰り返し刺激に関して、入力時間の短縮が見られたが、視覚による効果なのか聴覚による効果なのか本実験では不明瞭であった。

脳波データの時間周波数解析の結果については、行動データの結果と異なり、実験回数による有意な

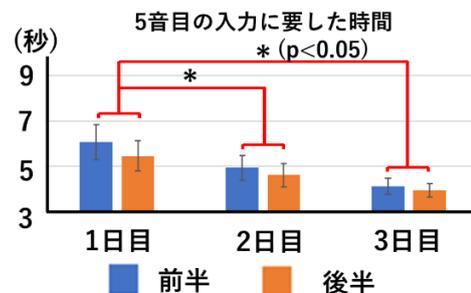


図2 実験回数ごとの5音目の入力に要した時間.*は5%水準で有意, エラーバーは標準誤差を示す

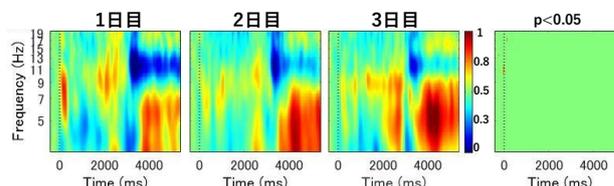


図3 F8チャンネルの時間周波数解析結果

違いは認められなかった。しかし、いずれの実験回数においても、ベースラインから3.5秒以降でシータパワー(3-8Hz)に増加がみられた。ピアノ演奏時にはシータ波が生じることが先行研究より示されており⁽³⁾、本実験の結果はそれに一致している。

本実験では、短期間の練習で入力に要する時間が短縮されること、特に1日目の前半から後半の練習効果が高いことが行動データより示された。本実験では脳波と行動データとの対応は認められなかったが、取得した行動データ以外の技能上達の指標を脳波が反映する可能性も考えられる。そのため、脳波をピアノ演奏技能向上の客観的な指標になり得るかは今後まだ検討の余地があると思われる。

今後は実験で視線計測を併用し、楽譜と演奏機器との視線の往復回数や各音符に対応する音高探索するのに要した時間などについて検討するのが有用ではないかと考える。もし、楽譜で音高の位置を捉えていて、楽譜を見る回数や時間が減ったことに対応する脳波が変化した場合、その変化が演奏技能の向上を客観的に評価する指標になり得る可能性がある。

謝辞：本研究は科研費(19K03026, 19K12246)の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) Chang, C. -Y., Hsu, S. -H., Pion-Tonachini, L., Jung, T. -P. : "Evaluation of Artifact Subspace Reconstruction for Automatic EEG Artifact Components Removal in Multi-channel EEG Recordings", IEEE Transactions on Biomedical Engineering (2019)
- (2) Vincent K.M Cheung, Lars Meyer, Angela D.Friederici & Stefan Koelsch. "The right inferior frontal gyrus processes nested non-local dependencies in music", Scientific Reports (2018)
- (3) Katayama, S., Hori, Y., Inokuchi, S., Hirata, T., & Hayashi, Y. "Electroencephalographic changes during piano playing and related mental tasks" Acta Medica Okayama, 46(1), 23-29. (1992)