

論文の内容の要旨

聴覚情報処理に及ぼす音楽訓練と他感覚入力の影響

上山 景子

背景

環境の変化を察知するには、外界の状態を予め把握し、そこから生じる期待と実際の感覚入力とで比較を行って変化を検出し、更に把握内容を更新するという各段階が必要と考えられる。この一連のプロセスは、特に聴覚に関して、逸脱検出に関わる脳波のミスマッチネガティビティ (MMN)[1]や P300[2]を指標とした研究で検証が為されてきた。本研究では、視覚や運動の感覚といった聴覚以外の感覚入力が、聴覚的処理にどのような影響を与えるのかを検討した。また、その影響において、個人の経験や能力が果たす役割を検討した。

実験 1

背景 過去の研究から、非音楽家が旋律をピアノで演奏する訓練を数日間続けると、旋律を聴

いただけで運動関連の脳領域が活性化するようになる事[3]、また聴覚領域の再組織化が促される事が知られている[4]。実験 1 では、このような系列的な打鍵動作が聴覚的記憶の形成に与える影響について、脳波のエラー検出反応を指標として示す事、更に、音楽的な経験や能力が果たす役割を明らかにする事を目的とした。

方法 始めに音感テストを行った。続けて、学習セッションとして参加者(n = 20)に短い音系列 2 つを交互に繰り返し呈示し、一方が聞こえているときにはそれを真似してピアノで演奏するよう(打鍵あり条件)、もう一方は単に聴取するよう求めた(打鍵なし条件)。打鍵あり条件での演奏が獲得された後、脳波計測セッションに移行し、再び 2 つの音系列を聴取させながら脳波を計測した。

この時、系列中の 10%の音は高さが逸脱するよう操作した。

結果 打鍵あり/なし条件の標準音と逸脱音に対する脳波の反応(事象関連電位;ERP)を、音感テストのスコアが高い群(高音感群)と低い群(低音感群)とで別々に加算平均した(図 1)。逸脱音開始から 170—210 ミリ秒の ERP 振幅が音の種類から受ける影響は、音感群間で異なった(音刺激の種類×音感群×電極の位置: $F(18, 324) = 2.99, p < 0.0001$)。高音感群では打鍵なし条件よりも打鍵あり条件で逸脱音に対する ERP の陰性方向への反応(MMN)が大きくなる傾向があったが($F(1, 11) = 9.58, p < 0.05$; 図 1A), 低音感群ではこのような差は検出されなかった($F(1, 7) = 0.01, p = 0.92$; 図 1B)。

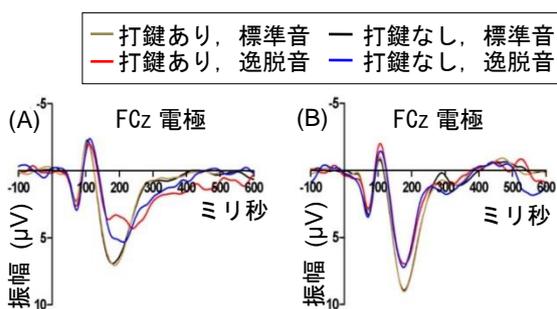


図 1: (A) 高音感群と (B) 低音感群の ERP。

考察 打鍵あり条件での MMN 反応の増大は、系列的な打鍵動作が聴覚的な記憶形成を促し、逸脱に対する無意識的なエラー検出の活動を高めた事を示唆する[1]。また、この効果に対して、高音感群に見られる高い音感の能力や、個々の豊富なピアノ訓練経験を通して確立された打鍵動作の制御過程が貢献した事が示された。

実験 2

背景 系列的な打鍵動作には複数の動作要素が含まれる。実験 2 では、単一の指を上下に動かすという要素に着目し、この単純な動作が演

奏行為と同様に音の記憶形成に影響するかどうかを検証した。

方法 参加者($n = 20$)に 2 つの音系列を交互に繰り返し呈示し、一方の系列が聞こえている時は 1 つ 1 つの音の開始に合わせてキィを押すよう(同期あり条件)、もう一方に対しては系列の始まりから終わりまでキィを押したままにするよう(同期なし条件)求めた。続けて、全体の 10%を逸脱音に置き換えた 2 つの音系列を再び聴取させ、脳波を計測した。参加者には、各系列中の逸脱音を見つける課題を遂行させた。この後に音感テストを実施した。

結果 同期あり、なし条件の両方で、MMN 反応が得られたが、この大きさには、条件間で有意差が無かった($p > 0.05$)。一方 P300 は同期あり条件でのみ現れた(図 2)。P300 の解析として、刺激呈示後 300—450 ミリ秒の振幅について ANOVA を行った。条件(同期あり/なし)と音の種類(標準音/逸脱音)の間に交互作用があり($F(3, 54) = 11.24, p < 0.001, power > 0.99$)、同期あり条件でのみ逸脱音と標準音の振幅に有意差がある事が確かめられた(同期あり条件: $p < 0.005$; 同期なし条件: $p = 1.00$)。また、CPz 電極近辺のデータを用いた解析から、学習セッション時のタッピングが音によく同期していた場合ほど、P300 の振幅が大きくなる傾向があった事が示された($r = -0.58, p < 0.01$)。

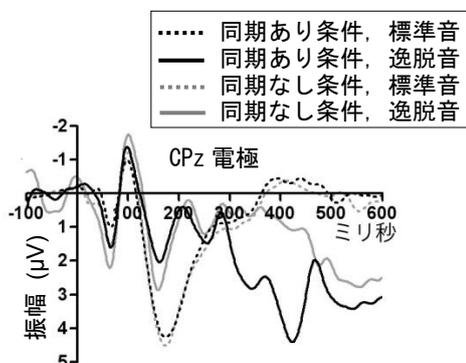


図 2: 各条件で音刺激が誘発した ERP。

考察 MMN 反応に条件間で有意差が無かった一方で、同期あり条件でのみ P300 反応が得られた。この事は、同期タッピングが、学習時に聴覚的な記憶形成そのものを促進する効果を持たなかったが、音系列への注意を促し、後に再び同じ音刺激を聴いたときに意識的なエラー検出を高めた事を示唆している[2]。また、音に動作を合わせる能力はある程度経験と関わりなく獲得されるが[5]、その精度や柔軟性は経験に依存するものであり[6]、これを司る脳構造の働きが、同期タッピングの聴覚的な処理を促す効果を支えていたと推測される。

実験 3

背景 聴覚以外からの感覚が聴覚的な処理を促す効果において、それらに系列的な繋がりが成立しているという要因はどれ程の重要性を持つのか。実験 3 では、音の高さと空間的な高さには知覚的に対応関係が成立するという報告に基づき[7]、空間的に高さの変化する視覚刺激が、音系列の記憶形成に影響するかを検証した。

方法 脳波を計測しながら、参加者に短い音系列 288 個を 2 回ずつ聴取させた。各系列 1 回目の試行(学習試行)では音と同時に、3 条件のいずれかで視覚刺激を呈示した: 視覚刺激が画面の中央で点滅する(統制条件)、視覚刺激が音の高さに一致して画面上を上下に移動する(一致条件)、視覚刺激は画面上を上下に移動するが音の高さと対応しない(不一致条件)。学習試行直後に各系列を再び呈示した時には(テスト試行)、系列中の音の高さを希に逸脱させた。視覚刺激は呈示しなかった。参加者には、テスト試行で逸脱音を見つける課題を遂行させた。反応の正確さのスコアは、一致条件と不一致条件とで別々に、(一致条件または不一致条件でのヒッ

ト率)/(統制条件でのヒット率)-(一致条件または不一致条件での誤警報率)/(統制条件での誤警報率)として算出した。また実験の最後に、音高の逸脱に対する感受性を評価するため、MBEA [8]を実施した。

結果 一致条件と不一致条件の間で反応の正確さに有意差はなかった($d(19) = 0.22, p = 0.82$)。また、一致条件で観察された陰性電位は、標準音よりも逸脱音で振幅が大きくなったが、電位の分布から、MMN とは異なる成分であった事が示された。

考察 脳波の結果から、音系列と視覚刺激系列との間に対応関係が成立する場合、視聴覚の統合処理が働いていた事が示唆される[9]。だが、エラー検出反応や、行動テストの正確さに条件間で差異が見られなかったため、実験 3 においては、視覚的な手掛りは、聴覚的記憶の形成促進に関わる要因とならなかったと結論づけられる。

実験 4

背景 視覚的な刺激と聴覚的な刺激の間に複雑な対応関係が成立する場合の、視聴覚統合処理が聴覚的な記憶の形成に与える影響について検討するため、表情画像刺激の呈示が音楽刺激に対する認知的処理に与える影響について検討した。

方法 視覚刺激として楽しい表情と悲しい表情の静止画像、聴覚刺激として楽しい音楽と悲しい音楽からの抜粋を用いた。各参加者に対し、情動的な意味の一致した表情—音楽の組を 96 組(一致条件)、一致しない組を 96 組(不一致条件)呈示した。各組では、最初に表情を 500 ミリ秒呈示し、50 ミリ秒間の間隔を空けて音刺激を呈示した。脳波の計測を行い、音刺激が誘発した ERP を条件間で比較した。

結果 不一致条件では、一致条件に比べて、音刺激によって誘発される N400 成分(250—450 ミリ秒の陰性電位)の振幅が大きかった($F(1, 22) = 12.25, p < 0.005$; 図 3).

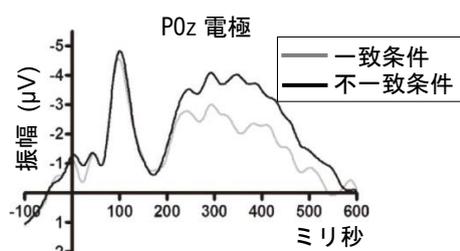


図 3：各条件で音刺激が誘発した ERP.

考察

N400 は情動的な意味の統合過程を反映していると言われる[10]. 不一致条件で N400 の振幅が大きくなった事から、表情刺激に対する認知は自動的に、音楽の情動的な意味の処理過程に統合されたと考えられる.

実験 5

実験 4 の補足として、情動処理に関する視聴覚統合プロセスが、音楽の情動的意味の最終的な判断に対し、どのように影響するかを検証した。結果から、音楽の直前に表情が呈示されると、音楽の情動的な意味に対する認知が、表情の表す意味に引きつけられる事が示唆された。

まとめ

本研究では、聴覚以外からの感覚入力や、個人の音楽経験や能力が聴覚的処理に与える影響について検討し、記憶形成の促進(実験 1)、注意の促進(実験 2)、情動的意味の拡張または抑制(実験 4, 5)といった様々な側面での影響について示した。視覚的な手掛りが音系列の記憶形成に与える影響は検出されなかった事については(実験 3)、今後、方法を改善して再検討する

必要があるだろう。また、系列的打鍵動作や同期タッピングが、特定の音系列に関する聴覚的記憶の形成を促す効果には、長期的な音楽経験によって獲得された音楽的能力が貢献している事が示唆された。一方で、情動的意味の認知に関する視聴覚統合過程には音楽経験による影響が見られず、多感覚統合過程が聴覚的処理に及ぼす影響には、特定の音楽経験や音楽能力に依存したものと、音楽経験に関わらず日常生活の中で形成される複数感覚統合処理に基づくものがあると解釈される。これらの事を利用すれば、複数感覚統合の過程が認知プロセスのどの段階で生じ、それらがどの程度経験に依存するものなのかという問題について、今後更に発展した研究が可能になるだろう。

参考文献

- [1] Näätänen, R. (1979)
- [2] Duncan, C. C., Barry, R. J., Connolly, J. F., Fischer, C., Michie, P. T., Näätänen, R., Polich, J., Reinvang, I., & Petten, C. V. (2009).
- [3] Lahav, A., Saltzman, E., Schlaug, G. (2007).
- [4] Lappe, C, Herholz, S. C., Trainor, L. J., & Pantev, C. (2008).
- [5] Zentner, M & Eerola, T. (2010).
- [6] Baer, L. H., Thibodeau, J. L. N., Gralnick, T. M., Li, K. Z. H., & Penhune, V. B. (2013).
- [7] Evans, K. K. & Treisman, A. (2010).
- [8] Peretz, I, Champod, A. S., & Hyde, K. (2003).
- [9] Teder-Sälejärvi, W. A., Russo, F. D., McDonald, J. J., & Hillyard, S. A., (2005).
- [10] Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984).