

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K12011

研究課題名(和文) 早期教育のブローカ野における音楽・行為表象への影響：子どもピアニストのブローカ野

研究課題名(英文) The effects of early music training on the music representation in Broca's area

研究代表者

脇田 真清 (Wakita, Masumi)

京都大学・霊長類研究所・助教

研究者番号：40301270

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、成人の脳でみられるブローカ野を含む脳左半球の下前頭野の系列処理のドメイン普遍性を、子どもの発達脳でもみられるかどうかを検証した。そのために、既知メロディ条件と未知メロディ条件でメロディの見本合わせ課題を遂行中の両側下前頭野の賦活を調べた。結果、子どもでは学習歴に関わらず、条件間で賦活の強さに差がなかった。一方、成人では未知条件、すなわち処理の負荷が高い条件で賦活が高かった。すなわち、子どものメロディ知覚、すなわち系列処理はブローカ野を含む下前頭野に依存しない可能性を示唆した。この結果より、子どもでは成人のように言語を系列(すなわち文法)に依存して理解しない可能性を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果は、児童の下前頭前野が音楽の系列・階層を表現しない、あるいは児童が音やフレーズの時間的構成に依存して音楽を知覚しないことを示している。つまり、(1)音楽を児童に訓練しても前頭前野における系列・階層の表現が早まることはなく、(2)ある程度難しい曲をピアノで弾ける児童であっても、成人と同じようにメロディを知覚しているわけではないと言える。すなわち、本研究結果は早期教育の効果に洞察を与えた点で社会的意義が高い。

研究成果の概要(英文)：The present study was aimed to examine whether the hierarchical/sequential processing in the inferior frontal region including Broca's area is also found in child brain as reported in the adult brain. To this end, I conducted matching-to-sample task using familiar and unfamiliar melodies. Unfamiliar melodies may require larger cognitive load for the melody processing, inducing a larger activation of the inferior frontal region, particularly in the left hemisphere. Consequently, I found that nine children (8-12 yrs) did not show higher activation in the unfamiliar melody condition, regardless of their training length. Such results indicate that children's perception of melodies does not rely on the inferior frontal system as found in adults. However, further studies are needed to rule out technical problems and to confirm the present results.

研究分野：認知神経科学

キーワード：ブローカ野 音楽 行為 言語 子ども 発達 近赤外分光法

1. 研究開始当初の背景

ブローカ野を含む大脳下前頭前野は、言語(特に文法処理)、音楽(リズムなど)や行為(ダンスなど)における系列・階層処理にドメイン普遍的に関わるとされる。言語ドメインにおいては文法処理、音楽ドメインにおいてはリズムやコードの理解に関わることがわかっている。また、ドメイン普遍的で、脳における音楽と言語の処理能力が対応づけられるなら、音楽の訓練で言語能力を伸ばしたり、補ったりできる可能性を示唆することになる。実際に、音楽教育の効果の言語習得への転移が報告されている。

申請時までには研究代表者は、行為(演奏行為も含む)を観察中のこの皮質領域の賦活を測定してきた。具体的には、1) 右利き被験者のブローカ野は、左手で箸を操作している動画刺激よりも、右手で箸を操作している動画刺激に対して賦活が高い；2) 鍵盤上の指の動きからメロディー(音や行為の順序の規則性)を抽出する成績は同等でも、課題の難度の効果はピアノ学習歴の長い被験者にしか現れないことを明らかにした。つまり、行為の表象を獲得するには、長期間の訓練が必要であることを明らかにしてきた。

ところで、こうした表象はどのように発達の影響を受けるのだろうか。言語ドメインにおいて、文法規則は生まれた時から下前頭前野に表現されているわけではない。言語機能の発達は脳の解剖学的成熟(年齢)に裏付けられ、文法処理機能の側性化や賦活部位の局在化は言語能力との関連が報告されている。具体的には、言語の意味処理と文章処理の神経基盤が独立し、左半球の方が右半球よりも文法処理に高い賦活を表すようになるには11歳以降まで待たなければならない。つまり、子どもでは、行動レベルでの言語能力はブローカ野での選択的なシンタクスの表現と関連していない。一方で、言語能力の高い子どもでは、シンタクス課題に選択的なブローカ野の賦活が高いことが知られている。

音楽ドメインでは、年齢や音楽能力と下前頭前野でのメロディ表現との関連などは不明であった。下前頭前野の機能や発達様式に、行為・言語・音楽のドメイン間で普遍性と特異性を明らかにできれば、言語習得に転移可能な音楽や行為のパラダイムを確立させることにつながると考えた。早期の音楽教育によって言語能力が高まることは以前から報告されているが、ブローカ野の機能的発達あるいは早熟を伴っているのかも明らかにできると考えた。

2. 研究の目的

成人の下前頭前野にドメイン普遍的な階層処理過程のあることは、特に言語-音楽ドメイン間で指摘されていた。しかし、近年になって、ドメイン間でのドメイン特異性も明らかにされるようになった。例えば、音楽ドメインには、言語ドメインにおける文法のような厳格な規則や単語の意味に相当する特徴がない。時系列パターンに対する前頭前野における賦活も、ドメイン共通の領域と特異的な領域に分けられることも知られるようになってきた。つまり、ブローカ野は階層処理に関与するが、ブローカ野内の全ての領域の機能がドメイン普遍的でないことになる。

言語と音楽のドメインでの階層処理の発達過程はドメイン普遍的で類似しているのだろうか、あるいはドメイン特異的で異なるのであろうか。つまり、音楽ドメインにおいても、ピアノ演奏などのスキルの程度に関わらず、言語の文法がブローカ野に表現されてい

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

ないと考えられる11歳未満の子どもでは、ブローカ野がメロディなどの音列を表現しないのであろうか。あるいは、スキルが高ければ、子どもであってもメロディの音列処理は下前頭前野では左半球が優位になるのであろうか。本研究では、言語ドメインと比較して、下前頭前野における音楽ドメインでの系列・階層表現の発達を調べることを着想した。

3. 研究の方法

課題

研究には年齢とピアノ学習歴のさまざまな小学生と成人の被験者が参加した。下前頭前野における系列・階層処理を表現する賦活を記録するために、メロディの見本合わせ課題を行なった。刺激メロディ刺激には、「小さな世界」や「アンパンマンのマーチ」など馴染みのある曲の冒頭4小節の、ピアノ音による5秒間のメロディ刺激を作成した。メロディ刺激は2条件下で提示された。既知条件ではこれらのメロディを見本・選択刺激として用いた。未知条件ではこれらの曲を逆方向に弾いたメロディを見本・選択刺激として用いた。また、見本合わせ課題での一致条件では、見本・選択刺激が同一の刺激が提示された。不一致条件において、見本刺激の3小節目の2音の順序を変えたメロディを選択刺激とした。

また、メロディ刺激は動画刺激とともに呈示した。被験者は実験中に頭や体を動かさないよう座り、刺激は被験者のおよそ1m前に置かれたパソコンで呈示した。見本刺激と選択刺激を交互に2回ずつ呈示した。両方の刺激が一致していた場合、選択刺激呈示の3秒以内にボタンを押して答えるように教示した。不一致の場合はボタンを押さないように教示した。刺激呈示期を20秒、刺激間隔を30秒とし、1試行を50秒とした。一致条件試行と不一致条件試行の順序は擬似ランダムに決定し、それぞれの条件で、見本刺激と選択刺激とが一致する試行と一致しない試行を4試行ずつ、計8試行(400秒)おこなった。

課題遂行中の皮質活動の記録

小学生児童と成人を対象に、10-20法のF7とF8の部位を目安に両側下前頭前野(左半球ではブローカ野周辺)の活動を近赤外分光法により記録した。実験中は信号を10Hzのサンプリングレートで連続的に記録した。酸素化ヘモグロビンの濃度に対応するデータを5秒の時間窓で平滑化し、刺激呈示のタイミングでベースラインを補正した。血液動態を顧慮し刺激呈示後5秒から25秒までの平均信号強度を、条件間で比較した。処理に認知的負荷の大きさに差があると考えられる未知メロディと既知メロディに対する信号強度に差があれば、児童の下前頭前野がメロディを表現していることになると考えた。また、その差分が右半球よりも左半球で高ければ、メロディーなど時間的規則性の表象がドメイン普遍的にブローカ野に現れると考えた。

4. 研究成果

成人では、未知条件において一貫して既知条件よりも下前頭前野の賦活が高かった。しかし、この条件間の差分は半球間では認められなかった。一方、児童の被験者では、既知条件に対する活動がより高い例や、未知条件に対して活動がより高い例などがあり、全体

として反応の傾向には一貫性がなかった。結果、年齢や学習歴に関連する下前頭野の賦活の左右差や認知的負荷に応じた賦活は観察されなかった。つまり、下前頭前野においてメロディが表現されていたのは成人のみであった。しかし、この結果は、全体として被験者の年齢が低いため、年齢とピアノ学習歴が必然的に相関してしまい、年齢や学習歴の独立した脳賦活への効果が小さくなったことを反映したかもしれない。本研究の結果は、成人とは異なり、子どもの下前頭前野が音楽の系列・階層を表現しない、あるいは児童が音やフレーズの時間的構成に依存して音楽を知覚しないことを示している。つまり、メロディの処理が成人とは異なる神経基盤で処理されていることを示している。これらの結果は、音楽の早期教育によって下前頭前野の機能の成熟が早まる可能性があるとは言えないことを示唆する。

しかし、この研究結果はあまり信頼性が高いとは言えないことは反省点である。被験者数が不十分であったためである。本研究期間中は、キャンパスの耐震補強工事のための重機の出入りや、新型コロナウイルス感染防止対策のため、児童の被験者を募ることができなくなったためである。

音楽学習によって、音楽ドメインでのメロディなどのシンタクス処理能力を訓練して高めることで、その神経基盤であるブローカ野のドメイン普遍的なシンタクス処理機能の発達を促すことができる可能性がある。また、その音楽ドメインでの効果が言語ドメインに波及する可能性もある。つまり、音楽の早期教育による神経基盤への影響を調べることによって、言語ドメインでの認知・神経基盤の発達研究への波及効果が期待できる。今後も継続してこの課題を検討し、ブローカ野を中心とする左下前頭前野のメロディ表現の発達とドメイン普遍的な機能の解明を目指す予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 脇田真清
2. 発表標題 児童のプロローカ野におけるメロディの表現
3. 学会等名 日本心理学会第83回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Nobuo Masataka (Ed.)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 345
3. 書名 The origins of language revisited	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------