

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04434

研究課題名（和文）音楽認知の文化差の生起機序：その神経基盤，脳計算，発達過程の総合的検討

研究課題名（英文）How do cultural differences in music cognition arise? Its neural basis, computer processing, and developmental changes

研究代表者

松永 理恵（Matsunaga, Rie）

神奈川大学・人間科学部・准教授

研究者番号：70399781

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の成果は、次の3点にまとめることができる。1点目は、幼児は明示的な教師信号が与えられなくても、自分の文化の調性スキーマ（分かりやすく言えば音階）の獲得にあたっては、自力で環境、特に入力旋律の中から教師信号となり得る音高を見つけ出して使っている、ということである。2点目は、mono-musicalな音楽環境でも、bi-musicalな音楽環境でも、調性スキーマの学習にあたっては旋律上の最終音高を教師信号として使っていることである。3点目は、発達初期からbi-musicalな環境で育った聞き手と、発達後期にbi-musicalな環境で育った聞き手では脳内調性処理の違いがあることである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は以下3つの学術的意義を提案する：(a) 先行研究は西洋音楽文化に属する聞き手の調性スキーマを説明しようとしてきたのに対し、本研究は西洋音楽文化だけでなく非西洋音楽文化の聞き手も含めた形で文化差を統一的に説明した点；(b) 調性知覚の文化差を記述するだけでなく、発達の視点を取り入れながら、行動・脳機能計測手法、計算論的モデリング手法を複線的に使用することで、文化差の生成機序を追究した点；(c) 心理学の重要な問題、具体的には、いかに人間は認知的スキーマを獲得するのか、なぜ獲得されたスキーマは文化間で異なるのか、そして、何がスキーマ獲得の文化普遍的な特性か、という疑問に対して示唆を与えた点。

研究成果の概要（英文）：Our research project reports three findings: (a) young children can self-detect the potential teacher signal on an input melody and use it to quickly extract a common feature, i.e., tonal schema (a musical scale), across input melodies; (b) regardless of mono-musical and bi-musical environments, children use the final pitch in each melody to learn the tonal schema of their culture; (c) brain activities of tonal processing are different between early-spontaneous bi-musical listeners and later-subsequent bi-musical listeners.

研究分野：認知科学

キーワード：音楽認知 調性知覚 調性スキーマ 脳機能計測 計算論的モデル 文化差 スキーマ獲得

1. 研究開始当初の背景

世界には、多種多様な音楽文化が存在する。ヒトは、それぞれの文化に生まれ、当該文化の音楽に曝されて育つ。その途上、ヒトは知らず知らずのうちに、その文化に固有の複雑で精緻な“音楽スキーマ(音楽知覚の処理手続き)”を心内に獲得するようになる(Matsunaga, Hartono, Yokosawa, & Abe, 2020)。この獲得については、他の認知スキーマの獲得と同じく、環境からの刺激情報の中に共通して内在する特徴、規則性を帰納的に学習する能力をヒトが生得的に備えていることに大きくは支えられていると考えられる。本研究は、音楽に関わる諸スキーマの中で調性スキーマ(tonal schema)に焦点を当て、その文化普遍的な獲得の仕組みがどのようなものかについて、行動実験の結果、深層回帰的神経回路網 Deep Recurrent Neural Network (DRNN) によるシミュレーション結果、脳磁場計測装置を用いた実験結果から総合的に考察し、獲得メカニズムの理論を構築することを目指すものであった。本稿では、DRNN のシミュレーション実験に焦点を当てて研究成果を報告する。

調性スキーマの基本的な特徴の一つは、それぞれ文化の音階と密接に関係した規則性にある(Krumhansl, 1990; Matsunaga & Abe, 2005)。今日までの研究知見の蓄積は、ヒト、特に幼児は、文化固有の音階的規則性を、比較的短期間で、比較的数少ない音楽の exposure の中で獲得することを明らかにしてきた(Lynch & Eilers, 1992; Corrigan & Trainor, 2019)。この獲得は、親や大人から直接的に教えたり書物から学んだりして、抽出できるようになるわけではない。また、音階的規則性は、旋律を構成する相対的音高の間の規則性であり、旋律を構成する音高の絶対的な高さそれ自体は直接的な手がかりにはならない。この点で、この学習作業は単純なものにならないはずである。それらにもかかわらず、幼児は比較的短期間に、あるいは、比較的少ない音楽の exposure から、音階的規則性を迅速に抽出することができる。この獲得を支える学習の仕組みとはどのようなものであろうか。

2. 研究の目的

本 DRNN シミュレーション研究の目的は、幼児はなぜ容易に自分の音楽文化に特異的な音階的規則性を学習できるのか、その明確な記述的説明を提供することにある。

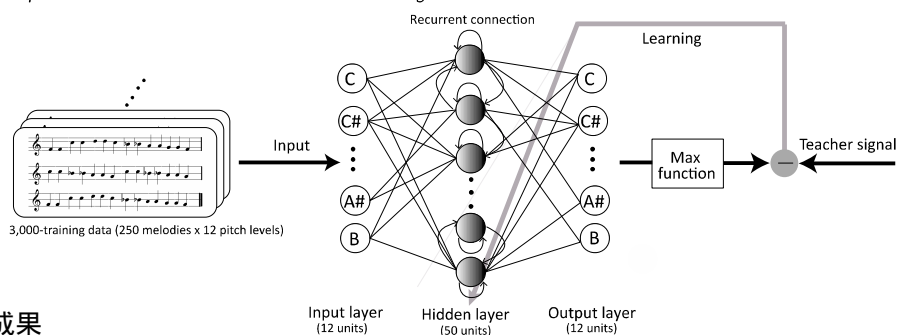
本研究における一般的仮説は、「幼児は自力で環境(特に、当該の入力データ)の中から教師信号になり得る手がかりを見つけ出して使う」である。幼児はそうすることで、入力データ群に共通する特徴や規則性を素早く抽出することに成功していると考えられる。では、幼児が自力で見出す手がかり(教師信号)とは何であろうか。本研究に即した個別専門的な問いに言い換えると、入力旋律データ群に共通する特徴である音階的規則性を抽出するために幼児が使用する手がかり(教師信号)とは何なのであろうか。この問いの検討が本研究の具体的な狙いである。

3. 研究の方法

本シミュレーション研究は、2つの実験から構成されていた。その内の一つの実験(実験1)では、西洋音楽のみの mono-musical な音楽文化環境(例えば、欧米諸国)に注目した。別の実験(実験2)では、西洋音楽と日本伝統音楽の bi-musical な音楽文化環境(つまり、現代日本)に注目した。どちらも実験でも、それぞれの文化において幅広く多くの聞き手に受け入れられている文化慣習的な歌の旋律を 250 曲準備した。

本研究では、時系列データの処理を得意とする DRNN の中でも LSTM を使用した。LSTM を用いたシミュレーションの学習の概要を Figure 1 に示す。学習では、DRNN に慣習的な歌の旋律を入力データとして与え、DRNN に学習させた。旋律と共に与える教師信号の条件としては、幼児が使っていると想定され得る手がかり音高(旋律中で目立つ特徴を有する音高)を下記の 4 条件設定した。その 4 条件とは、1) 旋律中で最も頻度が多く出現する音高、2) 旋律の冒頭の音高、3) 旋律の最後の音高、4) コントロール条件として旋律の中ほど(8 番目)に出てくる音高であった。学習の後、DRNN に(訓練では使用していない新奇な)テスト旋律を与え、その旋律に対して DRNN が出力する音高と聞き手が知覚する中心音とが一致する程度(予測率と呼ぶ)を調べた。

Figure 1
A Simplified Architecture of Our LSTM Network and Its Training Process



4. 研究成果

実験1の結果は、旋律の最終音高と教師信号として与えた時、DRNNの予測率は92%であることを示した。これに対して他3種の音高を教師信号として与えた時、その予測率は40%以下であった。同様の結果が、実験2においても確認された。実験2では、旋律の最後の音高を教師信号として与えた時、DRNNの予測率は約80%（西洋旋律=88%、日本旋律=76%）であった。対して、他の3種の音高条件の予測率は40%を下回った。以上、実験1と実験2の結果を通して、最終音高条件で訓練されたDRNNは他の条件よりも高い予測率を示すことが分かった。すなわち、西洋音楽のmono-musical環境でも、西洋音楽と日本伝統音楽のbi-musical環境でも、共通して、最終音高が教師信号として与えられた時のみ、DRNNはその文化に特異的な音階的規則性を学習することが出来ていたということが分かった。

本DRNNシミュレーション結果から、2つの示唆が得られた。一つは、一般的な仮説とは矛盾せず、幼児は調性スキーマの獲得にあたって、教師信号にあたる手がかりを入力旋律データの中に見つけて使っている、という示唆である。もう一つは、調性スキーマの獲得にあたっての手がかりはmono-musicalな音楽文化でも、bi-musicalな音楽文化でも、旋律の最後の音の高さがその機能を果たしているという示唆である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Matsunaga Rie, Hartono Pitoyo, Yokosawa Koichi, Abe Jun-ichi	4. 巻 37
2. 論文標題 The Development of Sensitivity to Tonality Structure of Music	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Music Perception	6. 最初と最後の頁 225 ~ 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1525/MP.2020.37.3.225	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yokosawa Koichi, Murakami Yui, Sato Hiroaki	4. 巻 150
2. 論文標題 Appearance and modulation of a reactive temporal-lobe 8?10-Hz tau-rhythm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 44 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2019.02.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takano Kazuyoshi, Watanabe Hayato, Yagyu Kazuyori, Shimojo Atsushi, Boasen Jared, Murakami Yui, Shiraishi Hideaki, Yokosawa Koichi, Saito Takuya	4. 巻 1
2. 論文標題 Semi-automated brain responses in communication: A magnetoencephalographic hyperscanning study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc	6. 最初と最後の頁 2893-2896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC44109.2020.9176538	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yokosawa Koichi, Kimura Keisuke, Takase Ryoken, Murakami Yui, Boasen Jared	4. 巻 15
2. 論文標題 Functional decline of the precuneus associated with mild cognitive impairment: Magnetoencephalographic observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0239577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0239577	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yokosawa Koichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Overview of Magnetoencephalography?Brief History of its Sensors and Hardware	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 217 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.9.217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogawa Kana、Hartono Pitoyo	4. 巻 25
2. 論文標題 Collaborative General Purpose Convolutional Neural Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing	6. 最初と最後の頁 53 ~ 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2299/jsp.25.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hartono Pitoyo	4. 巻 8
2. 論文標題 Mixing Autoencoder With Classifier: Conceptual Data Visualization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 105301 ~ 105310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2999155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsunaga Rie、Hartono Pitoyo、Yokosawa Koichi、Abe Jun-ichi	4. 巻 37
2. 論文標題 The Development of Sensitivity to Tonality Structure of Music	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Music Perception: An Interdisciplinary Journal	6. 最初と最後の頁 225 ~ 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1525/mp.2020.37.3.225	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sabol Patrik, Sincak Peter, Magyar Jan, Hartono Pitoyo	4. 巻 33
2. 論文標題 Semantically Explainable Fuzzy Classifier	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 2051006 ~ 2051006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218001420510064	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Torabi Sina, Wahde Mattias, Hartono Pitoyo	4. 巻 NA
2. 論文標題 Road Grade and Vehicle Mass Estimation for Heavy-duty Vehicles Using Feedforward Neural Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. The 4th International Conference on Intelligent Transportation Engineering 2019	6. 最初と最後の頁 316-321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICITE.2019.8880261	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yokosawa Koichi, Murakami Yui, Sato Hiroaki	4. 巻 150
2. 論文標題 Appearance and modulation of a reactive temporal-lobe 8-10-Hz tau-rhythm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 44 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2019.02.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 横澤 宏一	4. 巻 57
2. 論文標題 脳磁計 (MEG) の50年	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 113-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 松永理恵
2. 発表標題 音楽聴取機能の本質的機能とは何か（指定討論）
3. 学会等名 日本心理学会第84会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuyoshi Takano, Hayato Watanabe, Kazuyori Yagyu, Atsushi Shimojo, Jared Boasen, Yui Murakami, Hideaki Shiraishi, Koichi Yokosawa, and Takuya Saito
2. 発表標題 Semi-automated brain responses in communication: A magnetoencephalographic hyperscanning study
3. 学会等名 Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 42nd Annual International Conference of IEEE
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Risa Anada, Ryoken Takase, Hayate Onishi, Jared Boasen, and Koichi Yokosawa
2. 発表標題 Suppression of 20-Hz mu-rhythm relating to directional memory
3. 学会等名 Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 42nd Annual International Conference of IEEE
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横澤宏一
2. 発表標題 脳磁計による脳機能計測 - 記憶とコミュニケーションの神経基盤 -
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松永理恵・竹下悠哉・横澤宏一・Pitoyo Hartono・阿部純一
2. 発表標題 脳内調性処理における発達初期の音楽聴取経験の影響：日本人バイミュージカルを用いたMEG実験
3. 学会等名 日本音楽知覚認知学会令和元年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横澤宏一
2. 発表標題 超伝導分科会シンポジウム 超伝導が可能にするセンシング技術～SQUIDの最新応用展開～「脳磁計による無侵襲脳機能計測 - 記憶とコミュニケーション - 」
3. 学会等名 2020年（令和2年）春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横澤宏一
2. 発表標題 脳の機能計測と認知科学
3. 学会等名 物理教育学会北海道支部 物理教育研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yokosawa K, Shimojo A, Watanabe H, Yagyu K, Sonehara T, Boasen J, Shiraishi H, Saito T
2. 発表標題 A magnetoencephalographic hyperscanning system enabling natural face-to-face communication
3. 学会等名 Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 41st Annual International Conference of IEEE (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yokosawa K, Suzuki N, Ogino K, Takase R, Murakami Y, Boasen J
2 . 発表標題 Relationship between precuneus activity and mild cognitive impairment
3 . 学会等名 The Meeting of the International Society for the Advancement of Clinical MEG (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takano K, Shimojo A, Watanabe H, Yokosawa K
2 . 発表標題 Development of dual MEG system - non-invasive hyper-scanning of brain functions
3 . 学会等名 The Fourth FHS International Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Onishi H, Takase R, Yokosawa K
2 . 発表標題 Differential modulation of the prefrontal theta oscillation depending on the memory strategies
3 . 学会等名 The Fourth FHS International Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takase R, Boasen J, Yokosawa K
2 . 発表標題 Different roles for theta- and alpha-band brain rhythms during sequential memory
3 . 学会等名 Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 41st Annual International Conference of IEEE (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Yagyu K, Watanabe H, Shimojo A, Sonehara T, Yokosawa K, Saito T
2. 発表標題 Communication study: Hyperscanning using dual-MEG
3. 学会等名 The Meeting of the International Society for the Advancement of Clinical MEG (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 子安 増生、丹野 義彦、箱田 裕司	4. 発行年 2021年
2. 出版社 有斐閣	5. 総ページ数 1002
3. 書名 有斐閣 現代心理学辞典	

1. 著者名 大串 健吾、桑野 園子、難波 精一郎、小川 容子、谷口 高士、中島 祥好、星野 悦子、三浦 雅展、山崎 晃男	4. 発行年 2020年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 416
3. 書名 音楽知覚認知ハンドブック	

〔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
研究分担者	横澤 宏一 (Yokosawa Koichi) (20416978)	北海道大学・保健科学研究院・教授 (10101)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	阿部 純一 (Abe Jun-ichi) (40091409)	北海道大学・文学研究院・名誉教授 (10101)	
研究分担者	ハルトノ ピトヨ (Pitoyo Hartono) (90339747)	中京大学・工学部・教授 (33908)	

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