

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：33803

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300079

研究課題名(和文) 音楽感性情報処理過程の解明：脳計測，計算モデル，文化比較からの統合的アプローチ

研究課題名(英文) Investigation of music perception processing: Suggestions from Neuroimaging, computational modeling, and cross-culture approaches

研究代表者

松永 理恵 (Matsunaga, Rie)

静岡理工科大学・総合情報学部・講師

研究者番号：70399781

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究プロジェクトは、人間の音楽感性情報処理の一大基盤となっている調性的体制化(tonal organization)の処理に焦点を当てる。本研究の目的は、文化差や熟達差を含めた形で、聞き手の調性処理の過程を統一的に説明するモデルを構築することにあった。研究成果を要約すると、(1)文化普遍的特性のみを設定した調性処理の計算論モデルを構築したこと、(2)モデルに重畳する調性知覚の文化差と熟達差の特徴を、行動レベルおよびニューロイメージングレベルの両方で同定したことにある。

研究成果の概要(英文)：Our research project focuses on tonal organization processing, which is fundamental on music perception. The purpose of this project is to propose the cognitive model that can explain basic properties of tonal processing including culture and expertise differences. To summarize our findings, (1) we construct the computational cognitive model that is equipped with culture-universal properties only, and (2) we identify the properties of culture differences and those of expertise differences at both the behavioral and neuroimaging levels.

研究分野：感性情報学，認知科学，認知心理学

キーワード：音楽認知 調性的体制化 脳機能測定 計算論的モデリング 文化差 バイミュージカル

1. 研究開始当初の背景

人間は、所属する文化社会の音楽にさらされることで、その文化に特有の“音楽スキーマ”を習得する。そして、そのスキーマを基盤として音楽の感性的情報処理を行う。現在までに、その処理過程に関する研究は数多く行われ、いくつかのモデルも提案されてきた。しかしながら、それらのモデルはいずれも、西洋音楽の聞き手による西洋音楽の理解や感応を平均的に説明しようとしたものにすぎない。世界を見渡すと、例えばアラブやアフリカの人々のように、西洋音楽とは異なる音楽を享受している人々があり、彼らもまた音楽感性情報処理を行っている。そして、彼らの音楽感性情報処理は当然西欧人のそれとは異なることであろう。また、さらに言えば、同一文化社会内であっても、専門熟達者と素人との間では音楽の理解・感応は異なっているはずである。このような文化差や熟達差をも射程に入れたモデル、すなわち、人間の音楽感性情報処理を統一的に説明できる過程モデルは、国内外を問わず、未だ提案されていない。

2. 研究の目的

本研究は、人間の音楽感性情報処理の一大基盤となっている調性的体制化 (tonal organization) の処理に焦点を当てる。本研究の目的は、文化差や熟達差を含めた形で、聞き手の調性処理の過程を統一的に説明するモデルを構築することである。具体的には、いくつかの音楽文化社会 (日本、中国、インドネシア、フィンランドを予定) の成員を対象にして、ニューロイメージング手法 (MEG や fMRI 等) を用いて調性処理に関与する脳内メカニズムの解明に努め、その知見を基に、生得的制約と文化的制約の両方を兼ね備える神経回路網モデルを提案する。

3. 研究の方法

本研究では、まず、脳磁場計測法 (MEG) を用いて、調性処理に関与する神経基盤を検討する。そして、文化比較に焦点を当て、bi-musical な聞き手 (e.g., 現代日本人) の調性処理に関する神経基盤を詳細に調べ、mono-musical な聞き手 (e.g., フィンランドの聞き手) のそれとの共通点と相違点を調べる。これらの研究成果を基に、生得的制約と文化的制約の両方を兼ね備える神経回路網モデルを計算機上に実装する。最後に、モデルの予測する調性といくつかの音楽文化社会の聞き手の解釈した調性との一貫度を調べ、構築した神経回路網モデルの妥当性を検証する。

4. 研究成果

本研究の主要な成果は、以下5点にまとめられる。5点のうち (1) と (2) はニューロイメージング研究の知見、(3) は計算論的モデリング研究の知見、(4) と (5) は文化・年

齢比較の行動実験研究の知見である。

(1) 世界には、異なる2種類の文化特異的な調性スキーマを有する bimusical な聞き手が存在する。現代日本人もそうであり、西洋音楽の調性スキーマと日本伝統音楽の調性スキーマの両方を有している。では、日本人 bimusical が西洋音楽と日本伝統音楽それぞれの調性処理を行う際、彼らの脳活動にどのような違いが見られるのだろうか。本研究では、脳磁場測定装置を用い、日本人 bimusicals が西洋音楽と日本伝統音楽の調性処理を行う際の脳活動を調べた。実験の結果は、西洋音楽の調性処理に関与する信号源と日本伝統音楽のそれとは下前頭回の周辺に位置しながらも有意に離れていることを示した (図1)。この結果から、聞き手の調性処理に関与する神経回路は曝される音楽にあわせて機能的に分化していく可能性が考えられた。

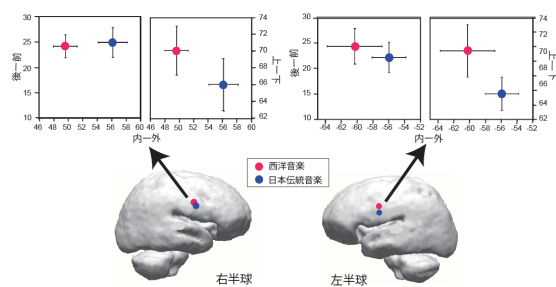


図1: 日本人 bi-musical の脳活動. 西洋音楽の調性処理に関与する信号源と日本伝統音楽の調性処理に関与する信号源。

(2) 本研究では、日本人 bimusical の M1 (西洋音楽) と M2 (日本伝統音楽) それぞれの脳活動が、M2 音楽の exposure 量に依存して変化するかどうかを調べた。具体的には、M1 の西洋音楽に曝される量は同程度ながらも、M2 となる日本伝統音楽への exposure 量が異なる bimusical を2群の脳活動を調べた。M2 の exposure 量が多い群 (More Exposure, ME) は日本伝統音楽の演奏活動経験を5年有しており、少ない群 (Less Exposure) の演奏活動経験は0年であった。この2種の bimusical 群に、西洋音楽と日本伝統音楽それぞれの提示し、メロディに出現する調性的な逸脱音を聞いた時の彼らの脳活動を測定した。実験の結果、日本伝統音楽の調性的逸脱音に対して誘発される脳波の潜伏時は、日本伝統音楽への exposure 量の少ない bimusical 群 (LE 群) よりも、多い bimusical 群 (ME 群) において有意に早いことが確認された。さらに、西洋音楽の信号源の位置と日本伝統音楽のそれとは共に下前頭回周辺に存在しながらも、両者の距離は LE bimusical 群よりも ME bimusical 群の方で短いことも見出した。この空間的特徴の変化は、言語バイリンガルの L2 の習熟に伴う脳活動の変化と一致してい

た (Golestani, Alario, Meriaux, Bihan, Dehaene & Pallier, 2006; Kim, Relkin, Lee, and Hirsch, 1997)。この一致性からすると、第二言語と第二音楽それぞれの習熟度が増すに伴って観察される機能的な変化は領域固有の制約のもとにあると考えられる。

(3) 人間の脳はどのような学習メカニズムに支えられて調性スキーマを獲得するのだろうか。学習機能を備え、かつ、学習前には(特定の文化を前提としない)普遍的な特徴のみしか備えていない神経回路網モデル“LeNTS”を作成した。そして、その LeNTS に、西洋音楽文化圏の典型的なメロディを数多く入力した。すなわち、各メロディとそれに対する(人間の)一般的な調性知覚反応結果とを対にして入力していった。この調性知覚学習によって、LeNTS の調性知覚反応がどのように変化していくのかを観察した。学習の結果、LeNTS は先に西洋全音階に従うメロディとそうでないメロディとの識別を、次いで標準的な和声進行に従うメロディと従わないメロディの識別を行うようになることが示された。つまり、音階の識別力、次いで和声の識別力の順で獲得したことが示された。LeNTS が示した識別の獲得順序は、西洋音楽文化圏の子どもが示す順序と一致していた。この結果から、調性スキーマが学習される脳内メカニズムの特徴について三つの示唆を得ることができた。すなわち、(a) 調性処理に関与する神経回路は、段階的に変化するのではなく、漸進的に変化すること、(b) 調性スキーマの獲得のスピードは生得的に定められた年齢スケジュールよりも経験量に依存すること、(c) 調性スキーマの獲得に関与する計算原理は、曝される音楽に依存して文化間で異なるのではなく、文化間で共通すること、という示唆である

(4) 本研究では、日本人 bimusical の中でも現代の大学生とシニアに注目し、彼らが西洋音楽と日本伝統音楽それぞれに対して有する調性的感受性を比較した。大学生の結果においては日本伝統音楽よりも西洋音楽に対して高い調性的感受性が示されたが、シニア層の結果はその逆であった。すなわち、シニア層の結果においては、日本伝統音楽よりも西洋音楽に対してより高い感受性が示された。調性スキーマの形成は子ども時代になされることが知られている (Trainor & Hannon, 2013)。本研究の参加者群が過ごした子ども時代の音楽背景を見ると、大学生参加者群は西洋音楽の方が日本伝統音楽よりも主流な環境で育ち、シニア参加者群は日本伝統音楽の方が西洋音楽よりも主流な環境で育っていた。これらのことを総合すると、聞き手の調性知覚能力は、目下の音楽環境に柔軟に対応して変化するというよりも、子ども時代に獲得した性質が固定化(安定化)されている可能性が示唆される。

(5) 本研究では、音楽文化の違いで、同じ音楽(西洋音楽と日本伝統音楽)に対する調性知覚と情動的反応が異なるかどうかを調べた。同年代の日本人、インドネシア人、ベトナム人、中国人、欧米人に西洋音楽と日本伝統音楽を呈示し、彼らから調性的感受性と情動的印象のデータを得た。現在までに集まったデータを分析したところ、日本人は西洋音楽と日本伝統音楽のどちらに対しても高度な調性的感受性を有しているが、インドネシア人、ベトナム人、中国人は西洋音楽と日本伝統音楽どちらに対しても日本人ほどに鋭敏な調性的感受性を有していないことが明らかになった。

<引用文献>

- ① Golestani N., Alario F.-X., Meriaux S., Le Bihan D., Dehaene S., & Pallier C. (2006). Syntax production in bilinguals. *Neuropsychologia*, 44, 1029-1040.
- ② Kim, K. S., Relkin, N. R., Lee, K.-M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388, 171-174.
- ③ Trainor, L. J., & Hannon, E. E. (2013). Music development. In D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music* (p. 423-497). New York: Academic Press.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 23 件)

1. Matsunaga, R., Hartono, P., & Abe, J. (2015). The acquisition process of musical tonal schema: Implications from connectionist modeling. Manuscript submitted for publication. 査読中
2. Matsunaga, R., & Abe, J. (2015). All foreign music are not learned equally for adult listeners: Roles of prior scale schema. Manuscript submitted for publication. 査読中
3. 竹下悠哉・角屋智香・木村勁介・松永理恵・栗城真也・横澤宏一 (2015). 聴覚性定常脳磁界応答の音楽的期待による変調, 生体医工学誌, 53 卷 (2), pp. 未定. 査読有
4. 松永理恵・横澤宏一・阿部純一 (2014). 音楽の bimusicals と言語の bilinguals に共通する脳の可塑的变化. 日本生体

- 磁気学会誌特別号, 27, pp. 78-79. 査読有
5. Matsunaga, R., Yokosawa, K., & Abe, J. (2014). Functional modulations in brain activity for the first and second music: A comparison of high- and low-proficiency bimusicals. *Neuropsychologia*, 54, 1-10. 査読有
 6. Kuriki, S., Yokosawa, K., Takahashi, M. (2013). Neural Representation of Scale Illusion: Magnetoencephalographic study on the auditory illusion induced by distinctive tone sequences in the two ears. *Plos one*, e75990, Vol. 8, Issue 9. 査読有
 7. Yokosawa, K., Pamilo, S., Hirvenkari, L., Hari, R., Pihko, E. (2013). Activation of auditory cortex by anticipating and hearing emotional sounds: an MEG study. *Plos one*, e80284, Vol. 8, Issue 11. 査読有
 8. Yokosawa, K., Watanabe, T., Kikuzawa, D., Aoyama, G., Takahashi, M., & Kuriki, S. (2013). Amplitude modulation of alpha-band rhythm caused by mimic collision: MEG study. *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp. 6187-6190. 査読有
 9. Matsunaga, R., & Abe, J. (2012). Dynamic cues in key perception. *International Journal of Psychological Studies*, 4, 3-21. 査読有
 10. Matsunaga, R., Yokosawa, K., & Abe, J. (2012). Magnetoencephalography evidence for different brain subregions serving two musical cultures. *Neuropsychologia*, 50, 3218-3227. 査読有
 11. Sakuraba, S., Sakai, S., Yamanaka, M., Yokosawa, K., & Hirayama, K. (2012). Does the human dorsal stream really process a category for tools?. *Journal of Neuroscience*, Vol. 32, No. 11, pp. 3949-3953. 査読有
 12. Shibata M., Toyomura, A., Motoyama, H., Itoh, H., Kawabata, Y., & Abe, J. (2012). Does Simile Comprehension Differ from Metaphor Comprehension? -A functional MRI Study-. *Brain and Language*, 121, 254-260. 査読有.
 13. 関大輔・横澤宏一 (2012). 純正律和音が与える印象と脳磁界活動の関係性の評価, IEICE Technical Report, Vol. 111, No. 483, NC2011-184, pp. 371-376. 査読無
 14. Shibata, M., Toyomura, A., Motoyama, H., Itoh, H., Kawabata, Y., & Abe, J. (2012). Does Simile Comprehension Differ from Metaphor Comprehension? - A functional MRI Study-. *Brain and Language*. 査読有
 15. Matsunaga, R., Yokosawa, K., & Abe, J. (2011). MEG study of music processing in Bimusicals. *International Journal of Bioelectromagnetism*, 13(4), 239-244. 査読有
 16. Momiki, T., Yokosawa, K., Sata, M., Nakazono, Y., Takahashi, M., & Kuriki, S. (2011). Desynchronization of alpha-band rhythm related to retrieving short-term memory. *Proceedings of 2011 World Congress on Engineering and Technology*, Vol. 05. Pt. 01, pp. 165-168 (ISBN: 978-1-61284-365-0/11/ IEEE) 査読有
 17. Shibata, M., Abe, J., Itoh, H., Shimada, K., & Umeda, S. (2011). Neural processing associated with comprehension of an indirect reply during a scenario reading task. *Neuropsychologia*, 49, 3542-3590. 査読有
 18. Yokosawa, K., Pamilo, S., Hirvenkari, L., Ramkumar, P., Pihko, E., & Hari, R. (2011). 感情音の予測に伴う聴覚皮質の低周波活動, 第26回日本生体磁気学会大会, 日本生体磁気学会誌 Vol. 24, no. 1, pp. 200-201. 査読有
 19. 渡辺隼人・横澤宏一・室橋春光 (2011). N1m (M100) 潜時と自閉症傾向の関係に関する検討, *臨床神経生理学*, Vol. 39, No. 5, p. 405. 査読有
- [学会発表] (計 24 件)
1. 竹下悠哉・田村菜月・横澤宏一 (2015). リズム変化音列に対する脳磁界応答. 電子情報通信学会. 東京.
 2. Han, R., Miyazaki, A., Kadoya, T., Takahashi, T., & Yokosawa, K. (2014). Correlation between impulsivity and auditory sustained field strength

- measured by magnetoencephalography. 30th International Congress of Clinical Neurophysiology, Berlin, Germany.
3. 木村勁介・角屋智香・竹下悠哉・栗城眞也・横澤宏一 (2014). 聴覚性定常脳磁界応答の音楽的期待による変調 -聴取音及び前音の影響の評価, 生体医工学シンポジウム 2014. 東京
 4. Matsunaga, R., Takeshita, Y., Sugino, Y., Yokosawa, K., & Abe, J. (2014). Bimusical brains revealed by magnetoencephalography studies. The 19th International Conference on Biomagnetism, Halifax, Canada.
 5. 松永理恵 (2014). 音楽スキーマ獲得に伴う行動と脳の変容: Bimusical な聞き手の場合. 企画シンポジウム「SS-057 習熟に伴う行動と脳の変容: 言語, 音楽, 運動から探る」. 日本心理学会第 78 回大会. 同志社大学
 6. 松永理恵 (2014). 音楽をおぼえる心と脳の仕組み: 認知心理学的アプローチ (ポスター発表). 静岡大学女性研究者研究活動支援事業 (拠点型). (静岡県コンベンションアーツセンター)
 7. 宮崎茜・韓若康・角屋智香・高橋泰城・久住一郎・横澤宏一 (2014). 時間知覚と聴覚 sustained field の相関. 第 29 回日本生体磁気学会大会. 大阪
 8. 竹下悠哉・横澤宏一 (2014). 音楽聴取中のリズム変化に対する脳活動の評価. 生体医工学シンポジウム 2014. 東京.
 9. Yokosawa, K., Han, R., Kadoya, T., Miyazaki, A., & Takahashi, T. (2014). Left auditory sustained fields representing individual time perception. PThe 19th International Conference on Biomagnetism, Halifax, Canada.
 10. Kadoya, T., Matsunaga, R., Kimura, K., & Yokosawa, K. (2013). Amplitude modulation of transient MEG responses caused by unexpected chord progressions. ISACM meeting 2012. Sapporo, Japan.
 11. 角屋智香・松永理恵・横澤宏一 (2013). 和音進行中の期待や注意による脳磁場の変調. 第 28 回日本生体磁気学会. 東京.
 12. Hahn, L., Matsunaga, R., Nakata, T., Falk S., & Jentschke S. (2013) Shared preference for simple contours in melodies of children's songs and prosody of infant-directed speech. Berlin, Germany.
 13. Matsunaga, R., Hartono, P., & Abe, J. (2013). Tonal schema learning in an artificial neural network. Conference program of the Society for Music Perception and Cognition (pp. 131). Ryerson University. Toronto, Canada.
 14. 松永理恵・Pitoyo Hartono・阿部純一 (2013). 音楽スキーマ学習過程のニューラルネットワークモデル. 日本心理学会第 77 回大会, 札幌.
 15. 松永理恵・Pitoyo Hartono・阿部純一 (2013). ニューラルネットワークモデルによる西洋音楽と日本伝統音楽の調性識別: Restricted Radial Basis Function (RBF) Network を用いた検討. 平成 25 年度日本音楽知覚認知学会秋季大会, 千葉.
 16. Yokosawa, K., Takahashi, M., Kuriki, S., Pihko, E., & Hari, R. (2013). Brain functions associated with sociality measured by magnetoencephalography. The 7th East Asia Symposium on Superconductivity Electronics, Taipei, Taiwan.
 17. Hahn, L., Matsunaga, R., & Jentschke S. (2012). Lullabies and playsongs in a cross-linguistics perspective. The International workshop "Language, music and cognition: Psychological and neurocognitive modeling of action, perception, processing and learning", Köln, Germany.
 18. Hahn, L., Matsunaga, R., & Jentschke S. (2012). LExplorative Comparison of Children Songs. The 52th Studentische Tagung Sprachwissenschft, Berlin, Germany.
 19. Matsunaga, R., Asano, Y., Yokosawa, K., & Abe, J. (2012). The impact of proficiency level on bimusical brains: Does it parallel with that of bilinguals? The International workshop "Language, music and cognition: Psychological and neurocognitive modeling of action, perception, processing and learning",

Köln, Germany.

20. Yokosawa, K., Tamada, K., Pamilo, S., Hirvenkari, L., Pihko, E., & Hari, R. (2012). Modulation of auditory-cortex lower alpha-band rhythm by anticipated emotional sounds. 18th International Conference on Biomagnetism, Paris, France.
21. Matsunaga, R., Yokosawa, K., Seki, D., Anbo, S., & Abe, J. (2011). Tonality Perception of Bi-musical Listeners: an MEG Study. The 2011 Cognitive Neuroscience Society Annual meeting, San Francisco, USA.
22. 松永理恵・横澤宏一・阿部純一 (2011). 「西洋音楽-日本伝統音楽」の二重音楽的 (bi-musical) な聞き手の脳内調性処理: MEG 研究. 日本心理学会第 75 回大会, 東京.
23. Yokosawa, K., Kikuzawa, D., Watanabe, T. Takeuchi, F., ekihara, K. Aoyama, G., Takahashi, M., & Kuriki, S. (2011). Event-Related Desynchronization of Alpha-band Rhythm Caused by Anticipation of Mimic Collision: MEG study, 8th IBRO (International Brain Research Organization) World Congress of Neuroscience, Florence, Italy.

[図書] (計 4 件)

1. Matsunaga, R., & Abe, J. (in press). The way in which the brain treats tonal organization.
2. 松永理恵 (2012). 音楽心理. 『基礎心理学入門』 田山忠行・須藤昇(編), pp. 149-161. 東京: 培風館.
3. 松永理恵・今田匡彦 (2011). 感情的コミュニケーション. 『演奏を支える心と科学』 安達真由美・小川容子(編), pp. 341-369. 東京: 誠信書房.
4. 松永理恵・荒川恵子 (2011). イントネーション: 音楽演奏におけるピッチとは? 『演奏を支える心と科学』 安達真由美・小川容子(編), pp. 281-308. 東京: 誠信書房.

[その他]

ホームページ等

<http://133.88.240.21/~matsunaga/~matsunagarie/index.php?Research>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松永 理恵 (MATSUNAGA, Rie)

静岡理工科大学・総合情報学部・専任講師

研究者番号: 70399781

(2) 研究分担者

阿部 純一 (ABE, Jun-ichi)

北海道大学・名誉教授

研究者番号: 40091409

横澤 宏一 (YOKOSAWA, Koichi)

北海道大学大学院・保健科学研究所・教授

研究者番号: 20416978