

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25540052

研究課題名(和文)音楽の進化心理学：事象関連電位研究

研究課題名(英文)Evolutionary psychology of music: an event-related potential approach

研究代表者

伊藤 浩介 (Itoh, Kosuke)

新潟大学・脳研究所・助教

研究者番号：30345516

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)："No music, no life" などという言葉があるが、言語や他の高次脳機能と異なり明らかな適応的意義の見当たらない音楽が、何故どのように進化したのかは不明である。本研究は、霊長類における音楽の進化を調べるために、頭皮上誘発電位(ERP)記録というこの研究分野において新しい方法論を導入し有用性を検討した。様々な音刺激に対するERPをヒトとサルで比較したところ、聴覚野において音処理の時間スケールがヒトにおいて延長していることを示唆する結果が得られた。

研究成果の概要(英文)：This work investigated the utility of scalp-recorded auditory event-related potentials (ERPs) for investigating the human evolution of music. ERPs to various sounds, from pure tone to musical chord progressions, were recorded in human and non-human primate species to investigate species differences in how these sounds are processed in the brain. Results suggested that the time scale of auditory cortical processing is elongated in humans, which would enable neural representations of complex auditory features that characterize music and language.

研究分野：脳科学

キーワード：音楽 言語 進化 脳 事象関連電位 聴覚誘発電位

1. 研究開始当初の背景

言語や他の高次脳機能と異なり、明らかな適応的意義の見当たらない音楽が、何故、どのように進化したのかは、不明である。

音楽の進化を研究しようとする、すぐに重大な困難に直面する。動物の音楽知覚や認知を、いかに調べるかという問題である。無論、行動実験で、和音の弁別や音楽の“好み”など、音楽知覚・認知の様々な側面を調べることが出来る。しかし、行動特性が種によって大きく異なるなどの要因により、ヒトを含む霊長類を横断する統一した方法論で、音楽知覚・認知の種間比較を大規模に系統的に行うことは、実際には、かなり困難である。

2. 研究の目的

霊長類における音楽の進化を調べるために、頭皮上誘発電位記録という、この研究分野において新しい方法論を導入し、その有用性を検討することが、この「挑戦的萌芽」研究の目的である。

既にヒトでは、申請者を含む多くの研究者によって、音楽知覚・認知の様々な側面に対応する種々のERP成分が、明らかにされている(Itoh et al, 2003, 2005, 2010, 2012 等)。これらに相同する成分を、ヒトを含む様々な霊長類種において可能な限り同じ方法で記録することにより、音楽知覚・認知機能の進化を調べることが出来る。例えば、音楽的文法に違反した和音進行に対して誘発されるearly right anterior negativity (ERAN) がサルで記録されれば、そのサルが、ヒトと同様の音楽的文法を獲得していることが示唆される。

本研究の第一の目的は、マカクザルとマーモセットを対象に、無麻酔で頭皮上から聴覚誘発電位を記録する方法論を確立することである。第二の目的は、ヒトの聴覚誘発電位成分とサルの誘発電位成分の対応関係を探ることである。第三の目的は、上で明らかにした対応関係をもとに、様々な聴覚刺激に対する聴覚誘発電位の種差を検討することである。

(大脳新皮質から発生する誘発電位 evoked potential, EP と事象関連電位 event-related potential, ERP との定義上の

区別は明確でなく、本報告書でも厳密な区別はせずに用いる。)

3. 研究の方法

(1) アカゲザル実験

専用に改変したチェアで体や頭部の動きを制限し、国際10-20法に基づいて設置した最大19個の電極から脳波を記録した(両耳葉連結基準)。電極はヒト用に市販されている電極を、コロディオで固定して設置した。頭部は事前に剃毛した。体動によるアーチファクトが多く混入するため、脳波記録にはヒトで同様の記録を行う場合の数倍の記録時間が必要な場合が多かった。それ以外の点は、通常のヒトの脳波記録と基本的に同様である。

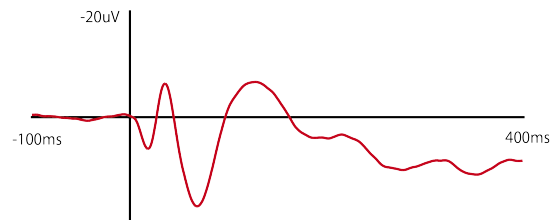
(2) コモンマーモセット実験

専用のチェアでサルを保定し、Fz, Cz, Pz の3か所から脳波を記録した。頭部が小さいため、1mm径の銀皿電極を作成して利用した。電極はリード線部分にカーゼを当ててコロディオで固定し、電極本体はテープで押さえた。それ以外の点は、アカゲザルの脳波記録と基本的に同様である。

4. 研究成果

(1) 記録法の開発

動物の保定法や電極の選択・設置などにつき試行錯誤し、小さい頭部の正確な位置にしっかりと電極を固定するための実験者の手技の熟達も必要だったが、最終的には、アカゲザルとコモンマーモセットのそれぞれにつき、聴覚EPを頭皮上から安定して記録できるようになった。



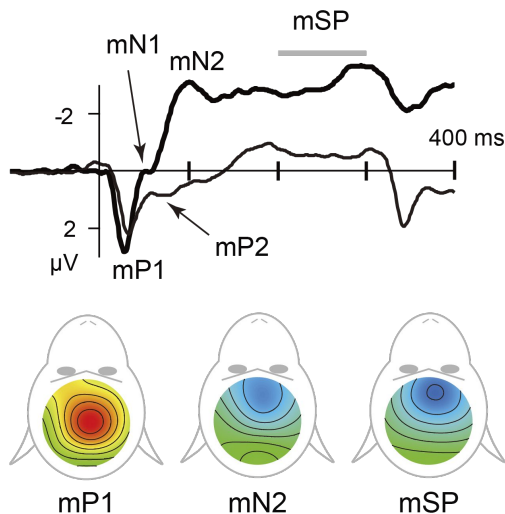
【図1. コモンマーモセットの聴覚EP】

(2) マカクとヒトとの聴覚誘発電位成分
ヒトとアカゲザルの聴覚EPにつき、成分の対応関係を検討した。マーモセットについては今後の課題である。

周波数 1500Hz 持続時間 300 ミリ秒の純音刺激をスピーカーから提示し、聴覚 EP を記録した。

ヒトの頭皮から記録される聴覚 EP は、潜時の短い順に P1, N1, P2, N2, SP (sustained potential) の成分からなる。無麻酔で頭皮上から記録されたアカゲザルの聴覚 EP 成分にも、ヒトの聴覚 EP と極性と頭皮上分布がよく対応する成分が同定できた。これら成分には、macaque を示す接頭辞 m を付け、mP1, mN1, mP2, mN2, mSP と命名して報告した (Itoh et al., 2015)。

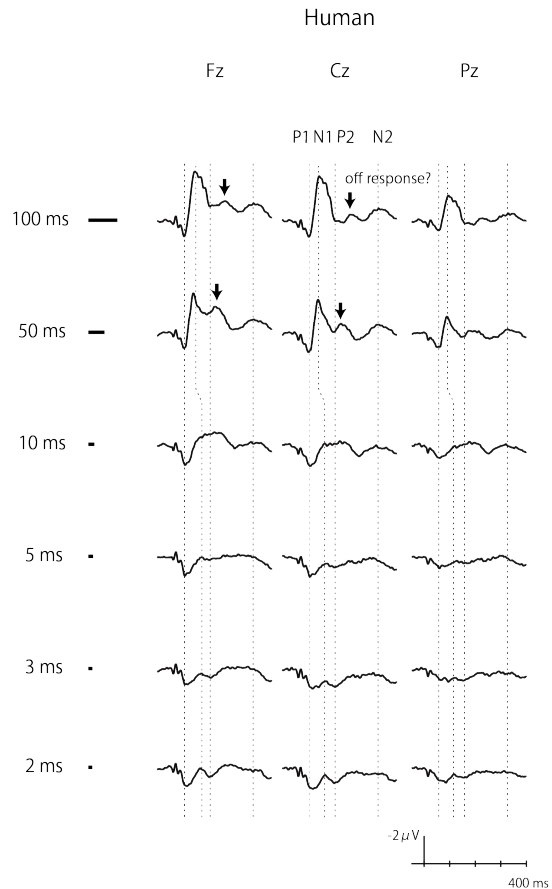
これらの成分の潜時は、ヒトの半分程度と短かった。また他の相違点として、サルの mN1 振幅はヒトの N1 よりかなり小さく、むしろ mN2 が大きかった。図 2 に 3 頭のアカゲザルから得られた EP の平均波形と、その頭皮上分布を示す (Itoh et al., 2016 より)。



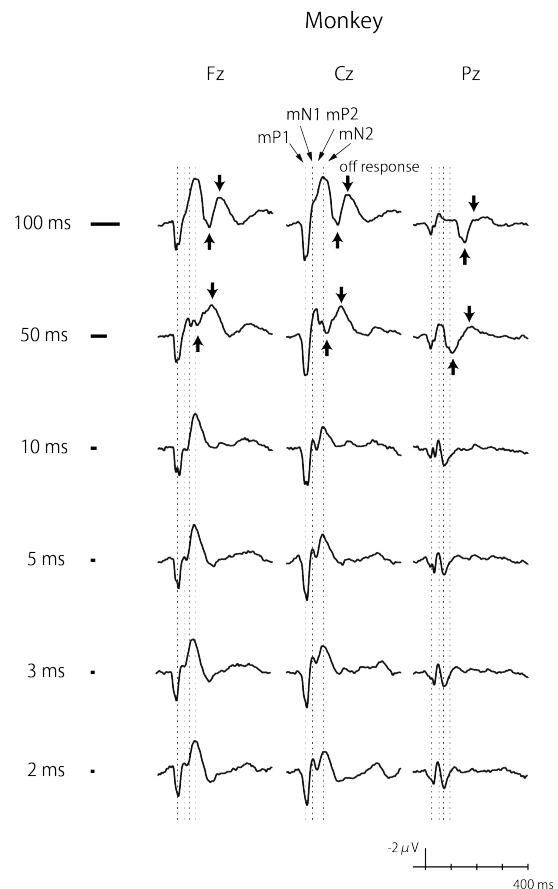
【図 2 . アカゲザルの頭皮上聴覚 EP】

(3) 様々な刺激を用いた種間比較
刺激持続時間の影響

上の実験で見られたようにマカクの EP 成分の潜時が短いということは、聴覚処理の時間統合窓がヒトより短いことを強く示唆する。この仮説を検証するため、純音刺激の持続時間を 100ms から 2ms まで短くしていき、EP の振幅がどのように変化するか、ヒトとアカゲザルの種差を調べた。



【図 3 . 様々な長さの純音に対するヒト EP。波形左のバーは刺激の時間長を表す。】



【図 4 . 様々な長さの純音に対するサル EP。波形左のバーは刺激の時間長を表す。】

結果、ヒトでは、10ms 以下の短い刺激に対して N1 以降の成分は殆ど誘発されなかった。一方サルでは、そのような短い刺激にも全ての EP 成分が明瞭に記録された。サルの聴覚処理が、ヒトよりも短い時間スケールにチューニングされていることを示す結果である。

逆に言えば、ヒトの聴覚処理の時間窓が進化によって延長したといえる。この延長は、言語音や音楽などの複雑な音刺激の処理に役立つものと思われる。

音楽刺激

上の実験から、ヒトの聴覚処理の時間窓はサルに比較して長いことが示された。このことが音楽の知覚にどのように影響するか、和音刺激を用いて検討した。

同じ和音を4回繰り返して提示した後、5回目にも同じ和音を提示する条件 (SAME) と、5回目だけ異なる和音を提示する条件 (DIFFERENT) を設けた。また、これらの和音をレガート奏法で切れ目なく提示する条件 (LEGATO) と、スタッカート奏法で時間的に区切って演奏する条件 (STACCATO) を設けた。つまり、2 (SAME/DIFFERENT) × 2 (LEGATO/STACCATO) の実験デザインである。

具体的には、各和音は 600ms 毎に提示し (SOA=600ms)、和音の持続時間は LEGATO 条件では 600ms、STACCATO 条件では 300ms であった。5 つ目の和音に対する聴覚誘発電位を解析した。

結果、ヒトでは、LEGATO および STACCATO のいずれの条件においても、SAME 条件と DIFFERENT 条件の聴覚誘発電位は明瞭に異なった。つまり、奏法によらず、5 つ目の和音の変化を検出したことが分かった。一方、サルでは、LEGATO 奏法については SAME 条件と DIFFERENT 条件で聴覚誘発電位が異なったものの、STACCATO 奏法における脳応答は、SAME 条件と DIFFERENT 条件で区別がつかなかった。サルは、短い無音区間が挟まると、和音の変化が検出できなくなることを示唆する。

これは、サルの聴覚処理の時間窓が短いことに起因すると解釈できる。逆に言えば、ヒトは聴覚処理の時間窓の延長によって、STACCATO 奏法により時間的に区切られている和音進行の知覚が可能になったと考えられる。

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2件)

1. Itoh K, Nejime M, Konoike N, Nakada T, Nakamura K. Noninvasive scalp recording of cortical auditory evoked potentials in the alert macaque monkey. *Hearing Research* 2015 Sep;327:117-25. 査読あり
2. 伊藤浩介, 中田力 音楽の神経基盤 *Clinical Neuroscience* Aug; 33(8), 2015. 査読なし

[学会発表](計3件)

1. Itoh K, Nejime M, Konoike N, Nakamura K, & Nakada T. Evolutionary elongation of the time window of auditory cortical processing: comparison of effects of stimulus time parameters on human and macaque scalp auditory evoked potentials. 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and the Acoustical Society of Japan. 2016.11.20, Honolulu, U.S.A.
2. 伊藤浩介, 禰占雅史, 鴻池菜保, 中田力, 中村克樹無麻酔アカゲザルにおける頭皮上聴覚誘発電位の長潜時成分: 記録法と成分同定 第46回日本臨床神経生理学学会学術大会 2016.10.29 ホテルハマツ 福島県郡山市
3. Kosuke Itoh, Masafumi Nejime, Naho Konoike, Tsutomu Nakada, & Katsuki Nakamura Noninvasive scalp recording of cortical auditory evoked potentials in the alert macaque monkey. 生理研 - 新潟脳研 合同シンポジウム 2016.3.4 新潟大学脳研究所セミナーホール 新潟県新潟市

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:

番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 浩介 (ITOH, Kosuke)
新潟大学・脳研究所・助教
研究者番号：30345516

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

中村 克樹 (NAKAMURA, Katsuki)
鴻池 菜保 (KONOIKE, Naho)
禰占 雅史 (NEJIME, Masafumi)
中田 力 (NAKADA, Tsutomu)