

音楽の終止構造認識時の脳活動

The brain activities of the perception of musical cadence

星一柴 玲子*^{1, 2, 3}, 古川 聖⁴, 岡ノ谷 一夫^{1, 2, 3}
 Reiko Hoshi-Shiba, Kiyoshi Furukawa, Kazuo Okanoya

¹東京大学大学院総合文化研究科, ²独立行政法人理化学研究所脳科学総合研究センター情動情報連携研究チーム、³JST-ERATO岡ノ谷情動情報プロジェクト、⁴東京芸術大学

¹ Graduate School of Arts and Science, The University of Tokyo, ²Emotional Information Joint Research Laboratory, Brain Science Institute, RIKEN, ³JST-ERATO Okanoya emotional information project, ⁴Tokyo University of the Arts
 reichin@msa.biglobe.ne.jp

Abstract

Cadence is a typical structure of a tonal closure. To investigate the recognition process of cadence, we composed a song with two types of cadence, Dominant-Tonic, "chord sequence V-I". To analyze perception of cadence, we have presented to the songs to thirteen musicians and analyzed their behavior performance and brain activities by EEG measurement. As a result, during presentation of chord I of "chord sequence V-I", a sense of closure was elicited. In addition, the strength of sense of closure depended on the cadence structure type. We have also detected the brain activities related to the perception of a sense of closure, during presentation of chord V in "chord sequence V-I" Type I with stronger closure, and chord I in "chord sequence V-I" Type II with weaker closure. These activities were speculated to activities related to the initial music-syntactic processing and processing of musical semantics.

Keywords — Cadence, tonal closure, EEG measurement.

1. はじめに

音楽の構造認識を支える認知機構のひとつに、終止構造の認識がある。音楽における終止構造は、はっきりと認識できるメロディの定型表現・和音進行・不協和の解決に基づく、フレーズ・楽章・曲の締めくくりである。つまり、音楽構造の終結の基盤となる定型表現である（グローブ世界音楽大事典） [1]。西洋音楽の機能と和声では、和音はその機能から主に3種類、トニカ (T)、ドミナント (D)、サブドミナント (S) に分類できる。さらに、終止形には、完全終止、半終止、偽終止、変格終止などの形があり、機能と和声における最も典型的な終止構造は完全終止である D-T の和音連結である、ということが知られている。この D-T の和音連結

の呈示により、聴取者は音楽がひと区切りついたと感じ、音楽が分節化される [2]。本実験では、D-T の和音連結のうち、最も典型的なものである、西洋長音階の V の和音（ハ長調のソシレで構成される和音）および I の和音（ハ長調のドミソで構成される和音）の連結による「終止構造 V-I」に注目した。「終止構造 V-I」には、和音の展開形や含まれる楽音により様々な形が存在することから、その形に応じて生じる終止感にも違いがあると推測される。そこで本実験では、終止構造の認知機構を調べるため、連続した和音の連結の中に異なる構造の「終止構造 V-I」を埋め込んだ楽曲を作曲し、楽曲聴取による終止構造の認識を心理学的および生理学的に計測し分析した。

2. 方法

2.1. 実験参加者

実験には、専門的な音楽教育を10年以上受けた13名の音楽家（男性5名、女性8名）が参加した。

2.2. 呈示刺激

西洋音楽理論に適合するように、26個の和音が違和感なく自然に連続し、かつ終止度の異なる2種類の「終止構造 V-I」を各2つずつ埋め込んだ楽曲を作曲した。MIDI演奏用に調整されたピアノのサンプル音源を用いて各和音1.2秒のwavファイルを作成した。異なる15曲を作曲し、各曲は、曲ごとに移調され、それぞれ異なる調のもの4種類を作成し、全60曲とした。

2.3. 実験手順

2.3.1. 心理計測

静かな部屋の中で、作曲した楽曲をヘッドホンから呈示した。呈示された各和音に対し、区切りを感じた時のみ、ボタンを押すように指示した。

2.3.2. 脳波計測

実験参加者の全頭に 64ch の脳波電極を設置した。静かな部屋の中でイヤークューブから、作曲した楽曲を呈示し、実験参加者に対しては、曲をただ注意して聴くよう指示した。被験者の状態に応じ適宜休憩を入れながら曲を呈示し、その際の脳波を記録した。

2.4. 解析手順

呈示した楽曲中の 26 の和音を、(A) 旋律も終止し、より強い終止感が予測される「終止構造 V-I」 Type I、(B) 旋律は終止しない、より弱い終止感が予測される「終止構造 V-I」 Type II、(C) 連続部の和音、の 3 つにカテゴリー分けした。

2.4.1. 心理データ解析

各カテゴリー内の和音に対するボタン押しの比率を求め終止度とし、終止構造カテゴリーを因子として分散分析により解析した。

2.4.2. 脳波解析

記録した脳波データは、0.5-40 Hz の BP フィルター処理、ノイズの除去、エポックの切り出し、ベースライン処理および加算平均を行った。N1, P2, 400-500 ms の時間窓を設定し、被験者ごとに各カテゴリーの和音に対する各成分の脳波振幅の平均値を求めた。各被験者の値に対し、ROI (計測したチャンネルから、全頭の計測領域から 5ch ずつ前部中央、前部左側、前部右側、中央、後部中央、後部左側、後部右側の 7 領域を選択、詳細は [3] を参照) および終止構造カテゴリー (強終止、弱終止、連続) の 2 因子による分散分析を行った。分散分析は、(1) 強い終止構造の V、弱い終止構

造の V および連続する和音、(2) 弱い終止構造の I、弱い終止構造の I および連続する和音、(3) 強い終止構造 V-I の次の和音、弱い終止構造 V-I の次の和音および連続する和音、の 3 種類を行った。

3. 結果

3.1. 心理解析

2 種類の「終止構造 V-I」とともに、I の和音聴取時に終止感を感じていた。さらに、より強い終止感が予測された「終止構造 V-I」 Type I では、より弱い終止感が予測された「終止構造 V-I」 Type II より、有意に強い終止度が認められた。

3.2. 脳波解析

3.2.1. 「終止構造 V-I」 Type I

より強い終止度が認められた「終止構造 V-I」 Type I の V の和音聴取時に、400-500 ms の時間帯の陽性の脳波振幅に主効果が認められた ($F(2,24) = 5.87, p < 0.01$)。さらに多重比較の結果、強い終止度の「終止構造 V-I」 Type I 聴取時の活動は、弱い終止度の「終止構造 V-I」 Type II ($p < 0.05$) および連続する和音 ($p < 0.05$) よりも有意に大きかった。

3.2.2. 「終止構造 V-I」 Type II

より弱い終止度の「終止構造 V-I」 Type II の I の和音聴取時に、P2 の振幅に有意な主効果が認められた ($F(2,24) = 5.05, p < 0.05$)。さらに多重比較の結果、弱い終止度の「終止構造 V-I」 Type II 聴取時の活動は、連続する和音よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。

4. 考察

強い「終止構造 V-I」 Type I の V の和音聴取により、400-500 ms に有意に陽性に大きな脳活動が認められた。この活動は、V の和音を聞いた時点で終止を予測したために起きた脳活動と推測される。さらに、この時点で終止が予測されていたため、次に I の和音が呈示することを期待しており、I の和音を聞いても大きな脳活動は観察され

なかった可能性がある。

これに対し、弱い「終止構造 V-I」 Type II では、V の和音聴取時に終止を予測できず、400-500 ms には特異的な脳活動は観察されなかったと推測される。しかし、次に I の和音が呈示され終止構造の V-I が完成することにより、P2 に有意に大きな脳活動が観察された可能性が考えられる。

これまでの先行研究から、音楽の文法および意味の処理過程において、初期の音楽文法処理は 150-400 ms に行われ、音楽の意味理解に関する処理は 300-500 ms に行われると考えられている [4]。本研究の結果で、終止構造の予測に関連すると推測した 400-500 ms の脳活動は、音楽の意味理解に関連する活動の時間帯と一致していた。さらに、終止構造認識に関連すると推測した P2 の脳活動は、初期の音楽文法処理が行われる時間帯と一致していた。

5. おわりに

楽曲に埋め込まれた終止構造の呈示により、区切り感を認識し、終止構造認識に関連する脳活動が認められた。また終止構造の終止度の違いにより、その認識時の脳活動が異なることが明らかとなった。音楽と言語処理に共通に用いられる脳内過程の研究が近年増加しており、これらの研究結果と比較検討していくことも重要だと考えられる [5]。

我々はこれまでに終止構造認識を基盤とした音楽階層構造のモデルを提唱している [6]。今後さらに、終止形の音楽的構造、それにより引き起こされる終止感、終止形認識時の生理的反応に基づき、音楽階層構造の認識過程を明らかにしていきたい。

参考文献

[1] William S. Rockstro, et al. "Cadence." In Grove Music Online. Oxford Music Online, <http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/article/grove/music/04523> (accessed

March 23, 2012).

- [2] Barbara Tillmann, Emmanuel Bigand, Francois Madurell, (1998) " Local versus global processing of harmonic cadences in the solution of musical puzzles", *Psychological Research*, Vol. 61, p. 157-174.
- [3] Fang Sun, Reiko Hoshi-Shiba, Dilshat Abla, Kazuo Okanoya, (2012) "Neural correlates of abstract rule learning: An event-related potential study", *Neuropsychologia*, Vol. 50, No. 11, p. 2617-2624.
- [4] Stefan Koelsch, (2005) "Neural substrates of processing syntax and semantics in music", *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 15, pp. 207-212.
- [5] Lisianne Hoch, Benedicte Poulin-Charronnat, Barbara Tillmann, (2011) " The influence of task-irrelevant music on language processing: syntactic and semantic structures", *Frontiers in Psychology*, Vol. 2, No. 112, p. 1-10.
- [6] 古川聖, 藤井晴行, 柴玲子, 岡ノ谷一夫, (2009) “機能と声と音楽の認知について”, 音楽情報科学研究会資料、Vol.2009-MUS-81, No.16, p. 1-5.