

● 中村 栄太 特定助教

Eita NAKAMURA (Assistant Professor)

専門領域： 情報学, 物理学 (Informatics, Physics)

受入部局： 情報学研究科 (Graduate School of Informatics)

直前所属： 京都大学 情報学研究科 (Graduate School of Informatics, Kyoto University)



統計学習と進化の理論に基づく音楽創作の
知能情報学研究

芸術家の家系に生まれて自然科学も大好きだったことから、小さい頃から芸術文化活動の背後にある知能の働きを科学的に考えることに興味を持ち続けてきました。なかでも、芸術表現に関する「明文化できない知識」の習得と伝達の仕組みを情報学と物理学の観点で調べています。例えば、音楽の作曲や演奏における作風やジャンルの特色などの表現スタイルの知識は文法規則としては捉え難く、その習得にはデータの統計的特徴の学習が重要な役割を果たしていると考えられます。また表現スタイルは時代とともに変化しますが、大規模なデータ解析により音楽スタイルの時間発展に規則性が見つかっています。私の今の目標は、統計学習を通して伝達される表現スタイルの時間発展を理論的・実験的に調べることで、芸術表現の起源や時代変化の法則を明らかにすることです。

音楽の知能情報学

言語や科学や芸術などの非常に複雑化した文化を持つことは、人間の大きな特徴です。なかでも、音楽は多くの人の生活に関わる文化ですが、作曲などの音楽創作は、一部の人間のみが行う、高度な知能を必要とする行為です。情報処理の観点では、音楽創作は楽譜などの時系列データを生成する過程と見なせます。数理モデルを用いてこの情報処理過程を分析・模倣・予測することで、人間の知能の性質を明らかにするのが知能情報学の方法論です。最近では、大量の音楽データを定量的に解析できるようになり、作曲や編曲、音楽のジャンル分類、採譜、演奏生成などの過程が調べられており、これらを自動化する技術も発展していま

Intelligence Informatics of Music Creation Based on Statistical Learning and Evolution Theories

After born in a family of artists and having been fascinated by natural science, I have been interested in scientifically understanding how intelligence works in arts and culture since my childhood. In particular, I'm studying the mechanism of acquiring and transmitting "implicit knowledge" of artistic expressions in viewpoints of informatics and physics. Knowledge about expression styles such as characteristics of individual artists or of genres in musical composition and performance, for example, is difficult to describe with grammatical rules, and the process of learning statistical features of data is considered to play an important role in its acquisition. In addition, expression styles change over time and regularities in time evolution of music styles have been found in largescale data analyses. My current goal is to reveal the origin and evolutionary laws of artistic expressions by theoretically and experimentally studying the time evolution of expression styles transmitted through statistical learning.

す。これまでの研究で、これらの情報処理過程に共通する性質として「学習」、即ちデータから知識を習得する過程の重要性が明らかになっています。

芸術表現に関する明文化できない知識と統計学習

音楽創作ではどのような知識の学習が必要でしょうか？音楽大学では、作曲に関する基礎知識として和声法などの音楽理論が教えられています。和声法の専門書に書かれている文法規則を計算規則として定式化して、作曲の計算モデルを作る試みにより、そうした規則が作曲家の持つ知識の一部でしかないことが分かっています^{*1}。特に、ジャズ風やパッサン風などの表現ス

タイルを文法規則の集まりで明文化することは難しく、音高の遷移確率などの時系列の統計量をデータから学習する方法の有効性が示されています。音楽家は音符列の表面的な統計的特徴を学習するだけではなく、データに含まれる典型的な表現スタイルの分類や、和声機能などの統語構造の分析も行っています。教師なし学習に基づく機構により、こうした分析を伴う知識習得過程も理解されてきています^{*2}。最近では深層学習を応用する研究も盛んに行われており、メロディーへの和声付けなど一部の課題では人間が作る曲と見分けがつかないレベルの自動作曲が可能になってきています。

大規模データ解析により明かされる音楽の進化の法則

現在までに蓄積された大量の音楽データの中には、創作者や鑑賞者など音楽に関わる人間の知性や感性が表されており、人間の知能の性質を理解する鍵が隠されていると考えられます。データ解析により音楽の表現スタイルの時代変化に規則性が見つかっています。例えば、西洋クラシック音楽では音高の分布の分散や不協和音程の頻度などが時代とともに単調増加しています。また、アメリカのポピュラー音楽のトップチャート曲では、属七の和音の頻度が時代とともに単調減少する一方で、調性が曖昧なコード進行の頻度が徐々に増加しています。音楽スタイルの多くの特徴量は滑らかに変化すること、そして標準偏差など各時代の分布の統計量にも規則性があることが見つかりました^{*3}（図1）。こうした規則性は、芸術表現のスタイルの変化には一般的な法則があることを示唆しており、今後の大規模なデータ解析により音楽の進化の法則がさらに明らかになることが期待されます。

動的で能動的な統計学習の理解に向けて

通常の自動作曲では、学習に用いるデータは人が選択していて、生成される音楽はそのデータを模倣したものです。一方で、人間による創作では、学習の段階でデータの選択や分類を行い、自らの表現スタイルを

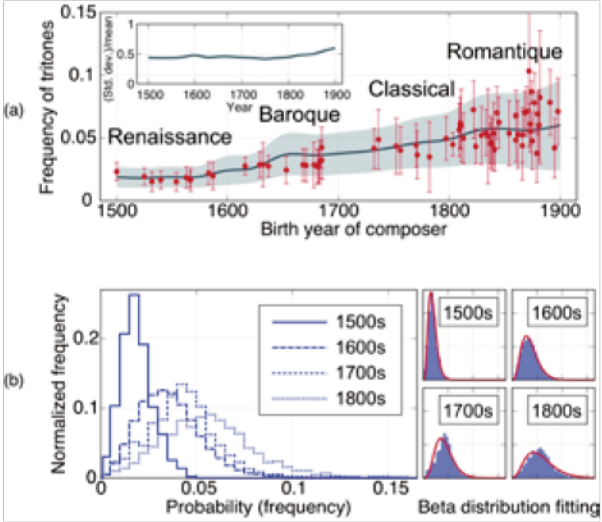


図1 西洋クラシック音楽における三全音（トライトーン：半音6つに対応する不協和音程）の曲中頻度の分布の時間変化^{*3}。(a) 平均値（太線）および標準偏差（帯の幅）が単調増加し、それらの比はほぼ一定に保たれている。(b) 近似的にベータ分布に従う各時代の分布の時間発展の様子。

能動的に獲得しています。また、表現スタイルの時代変化を理解するには、創作者の行動だけではなく、その音楽を評価する鑑賞者の役割も理解する必要があります。表現スタイルが創作者により受け継がれながら、鑑賞者により評価されることで、徐々に変化を繰り返す過程は、遺伝子の複製と環境による選択を通して生物の形質が変化する過程と類似しています。私のプロジェクトの目標は、統計学習と進化理論を融合した枠組みによって、芸術表現における動的で能動的な統計学習の側面を理解することです（図2）。芸術表現の起源や時代変化の法則を明らかにすること、そして将来の表現スタイルの予測を可能にすることを目指します。

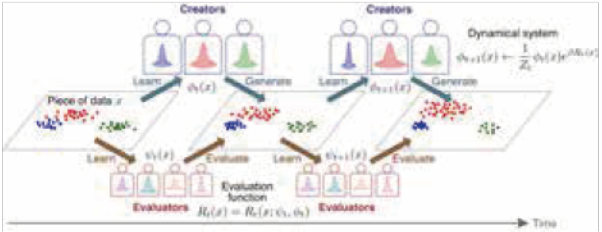


図2 統計学習する創作者と評価者からなる進化モデル。各世代において、評価者は創作者が生成したデータを、データ分布および評価者のモデルに依存する評価関数により評価する。次の世代では、この評価値を重みとして無作為に選択されたデータを用いて、創作者と評価者双方のモデルが統計学習される。この過程の繰り返しにより、表現スタイル（データの統計的特徴量）が変化する。

^{*1} K. Ebcioglu, "An expert system for harmonizing chorales in the style of J. S. Bach," *The Journal of Logic Programming* 8, pp. 145–185, 1990.

^{*2} H. Tsushima, E. Nakamura, K. Itoyama, and K. Yoshii, "Generative statistical models with self-emergent grammar of chord sequences," *Journal of New Music Research* 47(3), pp. 226–248, 2018.

^{*3} E.Nakamura and K. Kaneko, "Statistical evolutionary laws in music styles," *Scientific Reports* 9(15993), 2019.