

特集 「AIと美学・芸術」

コンサート「AI作曲と計算論的創造性」を終えて

After the Concert “AI Composition and Computational Creativity”

田中 翼 Institut de Recherche en Musicologie (IREMus)
Tsubasa Tanaka tsubasa.tanaka@ircam.fr, http://www.iremusc.cnrs.fr/

Keywords: automatic composition, computer-assisted composition, machine learning, computational creativity, acoustic music.

1. はじめに

2017年11月～2018年1月にかけて沖縄科学技術大学院大学(OIST)にて、人工知能にまつわる総合的な芸術展「人工知能美学芸術展」[OIST 17]が行われた。「人工知能に美意識が芽生え、自律的に芸術を創作する未来はあり得るのか」という全体テーマのもと、同展では美術などの展示のほか、多くのコンサートやシンポジウムなどが行われた。著者は音楽分野のイベントの一つとして「AI作曲と計算論的創造性」と題するコンサートの企画・監修に携わった。同コンサートは、作曲の領域における広義の人工知能研究の最先端の成果を、単なる研究のデモンストレーションにとどまることなく、通常の芸術音楽作品と同じようなコンサートという形で実際に観客に鑑賞してもらうことを意図したものである。演奏曲目は自動作曲やコンピュータ支援作曲の手法によってコンピュータが生成した楽譜を、人間奏者が演奏するタイプの作品のみを扱った特殊なコンサートであり、クラシック音楽や現代音楽のコンサートの環境にいかん自動作曲やコンピュータ支援作曲が統合され得るか、あるいは、通常の楽曲とコンピュータによる楽曲の違いを実感する場となった。

本稿では、同コンサートを改めて振り返り、その意義や、自動作曲の実際のコンサートへの実用化に向けての問題点や可能性について考察する。そして「人工知能美学芸術展」全体のテーマに関わる今後の課題として、人工知能が自律的に美学や芸術を行うようになることを目指すために、楽曲の自動生成から楽曲を自動生成する作曲家の自動生成へとシフトすることの重要性について論じ、そのための研究指針を素描する。

本稿の構成は以下のとおりである。2章では同コンサート成立の経緯および意図を述べ、3章ではコンサートの内容を振り返り考察を行う。4章では今後の課題として、

人工知能が自律的に美学や芸術を行うようになることを目指すための研究指針を素描する。

2. 企画の経緯および意図

2-1 企画の経緯

「人工知能美学芸術展」は2016年に著者を含む29名の発起人とともに立ち上げられた人工知能美学芸術研究会(AI美芸研)の活動の主要な成果である。著者は芸術音楽と音楽情報科学の両者を統合することを目指して研究を実践してきており、先端芸術音楽創作学会や情報処理学会の音楽情報科学研究会に所属している。しかし著者は、AI美芸研代表の中ザワヒデキの「人工知能美学芸術宣言」[中ザワ16]にある「人工知能が自律的に美学を獲得したときに初めて真の意味で人工知能による芸術が成し遂げられたことになり、我々はまだそこに至る途上にある」という趣旨に共感し、AI美芸研に加入した。当会は人工知能が自律的に美学を獲得することを目指さないし基準として明確に打ち出す点で独自かつ本質的に重要な主張をもつと思われたためである。

当コンサートの企画の発端としては、ユーロ圏の音楽自動生成系のプロジェクト「Learning to Create」(2013～16)[Lrn2Cre8]について述べておかなければならない。当プロジェクトの研究結果がコンサートのプログラムに深く関わっているからである。著者は2014年より現在まで博士研究員としてパリに滞在しているが、2016年にデンマークのオールボー大学に所属する共同研究者Brian Bemmanから、Learning to Createという音楽自動生成系の研究プロジェクトのミーティングのためパリを訪問すると連絡を受けた。ミーティングは著者の当時所属していた研究所のあるパリ第六大学で行われるということもあり、また著者の共同研究がプロジェクトに関係の深いものであったことから、著者もミーティングに参加することとなった。著者はそのときにLearning to

Create プロジェクトの存在を知った。ユーロ圏の多くの研究機関のメンバから構成される当プロジェクトは、学習と創造性の関係性を理解することを目的とし、既存の楽曲から効率の良い記憶を可能にする構造や表現を学習し新たな音楽作品を生成するという趣旨のものである。日本においても **CrestMuse** プロジェクト [**CrestMuse**] のような音楽情報科学系の大規模な大学間共同プロジェクトは存在したものの、**Learning to Create** のように音楽生成に特化したものは世界的に見てもまれだと思われる。パリでのミーティングの議題は、プロジェクトの最終的な成果発表の場としてのロンドンでのコンサート企画についてであり、各研究室がどのような楽曲を提供できるかというプレゼンテーションが行われていた。

そのコンサートは実際、2016年9月28日に「**Meet the computer composer**」というタイトルで開催された。宣伝文においては「これはすべての演奏曲がコンピュータによって書かれた史上初のコンサートであり、さらに重要なのはそのコンピュータは自ら学習するものであることだ。」と書かれている [**Vortex Jazz Club 16**]。

著者はロンドンでのコンサートについての情報を AI 美芸研の **Facebook** ページでシェアしたところ、AI 美芸研の中ザワヒデキと草刈ミカより、そこで演奏された楽曲を、当時企画中であった「人工知能美学芸術展」でも演奏できないだろうか、という打診を受けた。著者は、**Learning to Create** の主要メンバと交渉した結果快諾を得、**Learning to Create** の楽曲を取り入れつつ、オリジナルな沖縄版のコンサートを企画するという方針が固まった。

他方、著者は2009年、東京大学の修士課程の在学中に「情報技術時代のピアノ音楽」という自身のピアノリサイタルを開催したことがある。それは主にコンピュータによって生成された楽曲のためのものであった（ただし、自動演奏ピアノのための楽曲で有名なコンロン・ナンカローおよび一柳慧による「機械美学」に関係の深い人間による作曲作品が含まれていたため、コンピュータ生成以外の楽曲を含んでいた）。そのため、沖縄での企画に携わることに必然性を感じ、依頼を引き受けた。ちなみに「人工知能美学芸術展」の主要実行メンバである中ザワヒデキと草刈ミカの両氏は、別々に2009年の著者のリサイタルを聴きに来ていたという。その事実を「人工知能美学芸術展」の閉幕後しばらくして知ったのだが、

2.2 企画意図

そのような経緯で、「AI 作曲と計算論的創造性」は著者にとっては「情報技術時代のピアノ音楽」の自然な延長上にあり、2017年時点での最先端の研究成果を取り入れ、楽器編成も拡大してアップデートしたものとなった。本企画においては、中ザワヒデキ、草刈ミカの両氏のほか、沖縄在住の作曲家、鶴見幸代氏にも多くを負っている。特に、彼女には沖縄在住の有力な演奏者の方々

を集めていただいた。

企画意図としては、次の三点を柱とした。

- (1) 楽譜をコンピュータにより生成し、演奏は人間が行うという意味での自動作曲のみを扱うこと（即興的要素や人間による編曲を原則的に排除。また、演奏表情の自動生成研究も排除）。
- (2) 西洋クラシック音楽の時代ごとのスタイルを踏まえたプログラムとすること。
- (3) 単なるコンピュータを用いた音楽家の作品ではなく、人工知能などの研究分野としての数理的な生成手法に焦点を当てること。

(1) については、**Learning to Create** のロンドンでのコンサートがコンピュータによる作曲以外の要素（人間による編曲、「**After show**」としてではあるがジャズ・スタンダード曲など）を含んでおり、著者による「情報技術時代のピアノ音楽」においても同様だったため、そうした不純な要素を廃し、コンピュータ作曲の問題のみを集中的に扱うためである。

(2) については、**Learning to Create** によるロンドンのコンサートがこの形式をとっており、基本的にはそれを踏襲したが、そこにはロマン派および近代の作品が欠けていたため、各時代のスタイルを網羅するには不完全であった。そこで、自動作曲の「古典」として名高く、ロマン派および近代の時代をカバーしている **David Cope** による生成楽曲を取り入れることで、中世以降の各時代を網羅した（ロマン派および近代の楽曲が欠けていたことは、後述するように単なる偶然ではなく、生成手法と楽曲スタイルの相性に関わる問題だと思われる）。また、**Learning to Create** のメンバの共同研究者でもある著者による、フランスにおいて作曲された「現在の」作品も加えることとした。

(3) については、楽曲のクオリティや芸術性ばかりでなく、科学技術研究としての再現性や公共性を重視し、人工知能研究に直接資するものに焦点を絞ったコンサートが「人工知能美学芸術展」の中に含まれるべきだと考えたためである。またこれは **OIST** という科学技術系の大学院大学という会場にも適していただろう。

このように、当コンサートでは、科学技術研究としてのコンピュータ作曲への特化、時代ごとの楽曲スタイルの網羅性において徹底することを目指した。

3. コンサートの内容と考察

コンサートの演奏曲目を表1にリストアップする。中世から現代まで、音楽史上の時代の流れに沿った構成をとった。本章では、それぞれの楽曲や生成手法を紹介するとともに、そこに含まれる問題点や可能性について著者の見解を述べる。

表1 演奏曲目

区分	作品名	作曲者 (研究機関名)
中世, ルネサンス (多声合唱)	「ギョーム・ド・マショーのスタイルで」 「レイヴンズクロフトのスタイルで」 「パレストリーナのスタイルで」	Jason Sakellariou (Paris 6, Sony CSL Paris)
	パレストリーナ「神の子羊」(3 ver.)	Victor Padailla (University of the Basque Country)
バロック (コラール合唱)	バッハ「バビロンの流れのほとりに」(3 ver.)	Raymond Peter Whorley, Darrell Conklin (University of the Basque Country)
	「われ汝を呼ぶ」 「天にまします我らの父よ」 「Unconstrained generation from J.S. Bach Chorales」	Gaëtan Hadjeres (Paris 6, Sony CSL Paris)
モーツァルト	「Mozart Unchained」 「Mozart Constrained : Alla Turca Meccanica KV 415 8/11」	Stefan Lattner, Carlos Eduardo Cancino Chacón (Austrian Research Institute for Artificial Intelligence)
古典派	「ベートーヴェン風のソナタ」	David Cope (University of California at Santa Cruz)
ロマン派	「ブラームス風の狂詩曲」	
近代	「ドビュッシー風の前奏曲」 「スクリャーピン風の詩曲」 「シェーンベルク風の小品」 「ヴェーヴェルン風の Drome」	
20世紀および現代	「The Computer as Specialist (Who cares if you compose?)」 (ミルトン・バビットのスタイル)	Brian Bemman (Aalborg University)
	「バスクからロンドンへ」(バスク民謡スタイル, 3 ver.)	Izaro Goienetxea (University of the Basque Country)
	「Cellular Alchemy」(オリジナルスタイル)	Tsubasa Tanaka (Institut de Mathématiques de Jussieu-Paris Rive Gauche)

3.1 近似モデルと間違い

中世・ルネサンス期の三人の作曲家の声楽四重奏のスタイルの楽曲を生成した Jason Sakellariou は、統計物理学における多数の粒子の集団的相互作用を記述する手法としての最大エントロピーモデルを用いた [Sakellariou 15]. そこでは粒子は音符に、粒子間の相互作用は近接する音符間の相互関係に対応する。個々の音符はそれに先行する 10 音および後続する 10 音と関係をもつモデルとなっているが、その関係性を、各音符ペアに関する関係のみに分解できるという仮定に基づく近似モデルによって単純化し、学習を容易にしている。この単純化のもとで、どれほど音楽的に自然な楽曲が実現できるかを実験することが作品生成の目的だということである。実際これらの楽曲は比較的完成度が高かったように思われる。ただし、著者が聴く限り、対位法的な多旋律音楽のスタイルに違反するような不自然な箇所も見られた。例えば、不協和音程の繋留音が隣接音に移動することで協和音程へと解決すべきところを、解決しないまま跳躍してしまうといった箇所があり、短期的な記憶の喪失により音楽的コンテキストが見失われるかのような場面が見受けられた。そうした部分で演奏者は戸惑い、ごちない演奏になっている印象を受けた。

本研究のような機械学習によるスタイルの模倣、特に、本モデルのような大胆な近似を行っているモデルにおいては、細かく見ると作曲上の間違い(スタイル違反)を排除するのは困難であり、生成結果を完全に信用する

ことは難しい。しかし、それを逆手に取って、間違いを積極的に活用することを考えてみてはどうだろうか。例えば、個別的な楽曲スタイルを学ぶ音楽科学学生の試験問題として楽曲を生成し、間違いを指摘させることで現状の自動作曲システムを間違いを含んだまま活用する、といったことができるのではないだろうか。そして、その指摘をフィードバックし、モデルを修正することで、自動作曲研究が進展するという好循環が生まれはしないだろうか。

3.2 チューリングテストと関係性の美学

University of the Basque Country の Darrell Conklin の研究室からはパレストリーナ「神の子羊」(Victor Padailla)、バッハ「バビロンの流れのほとりに」(Raymond Peter Whorley)、バスク民謡「バスクからロンドンへ」(Izaro Goienetxea)に関する三作品が出品された(前二者は声楽四重奏、後者はソプラノ+ピアノ伴奏)。これらの楽曲の生成法は、反復や、旋律概形のような抽象的な関係性を記述するテンプレートを人為的に設定することで作品の一貫性を保ちつつ、そのうえで既存の楽譜からの統計学習に基づく確率モデルによって具体的な音符を生成する方式であった。

これらはいずれも各三バージョンを聴き比べる形で演奏された。三バージョン中一つがオリジナル、他はコンピュータ生成によるもので、観客にはどれがオリジナルかを知らされない状態で聴き比べるというチューリング

テストの形である。どれがオリジナルかわからないほどの作品ができるかどうか、自動生成手法の精度をテストできることもあるが、それ以上に興味深いのは、観客参加型の作品に関する美術批評家ニコラ・ブリオの「関係性の美学」[Bourriaud 98]に通じる側面である。つまり、観客が積極的に聴取に参加し、自分の耳を信用できるかどうか問われる点で、観客と作品の間の新たな関係性や聴取態度が生じたり、同じ場にいる他の観客との間にオリジナルの判別に関わるコミュニケーションが誘発される可能性が含まれているという側面である。

パレストリーナとバッハについてはどれがオリジナルかはほとんど明らかだったように思う。旋律としての不自然な跳躍や統一性のなさが顕著であり、予期できない旋律に演奏者がとまどっていることが伝わってきた。演奏家にとって、たいていのクラシック音楽のレパートリーの曲の進展の仕方は予測の範囲内に収まるだろう。しかし、自動生成作品の場合、コンピュータの選択と演奏解釈の衝突が起り、演奏者の長年の修練による慣れが通用しない部分が出てきてしまうために、迷いが生じたり、つじつま合わせをしたりする必要に迫られる。聴衆はそれをハラハラしながら聴くような体験をしたことだろう。

他方、ベルチョ (bertso) と呼ばれる現在も続くバスク地方 (スペインとフランスにまたがる地域) の民謡のスタイルの「バスクからロンドンへ」は、楽曲のクオリティが非常に高く、どれがオリジナルかについてプロの作曲家ですら誤答するケースが見られた。後日行ったある講演において聴講者に動画で聴き比べを行ってもらった際も、オリジナルよりも自動生成バージョンのほうをオリジナルだと判定する人が多く、そちらのバージョンのほうが音楽的に面白いという感想を得た。パレストリーナとバッハの楽曲は四声のポリフォニーであり複雑で自動生成では対応しきれない感があったが、当作品はコンサートの中でも唯一、単旋律にピアノ伴奏というシンプルで役割が明確な形式の楽曲であり、自動生成は比較的容易であったものと考えられる。当コンサートの楽曲以外でも、2018年にはソニー CSL パリの研究開発に関連する成果として、世界初の人工知能とアーティストの協働によるポップソングアルバムを謳う「HelloWorld」[SKYGGGE 18] がリリースされており、単旋律歌曲の生成 (作詞や編曲は人間による) は実用の段階に入ってきたといえるのではないだろうか。

3-3 DeepBach の成果

Gaëtan Hadjeres によるバッハのコラールスタイルの三曲の楽曲は、バッハの四声コラールのコーパスからの深層学習に基づく手法によるものである。そこでは、過去の情報および未来の情報を扱う二つのリカレントニューラルネットワーク (RNN)、それらの情報を現在において統合するニューラルネットワーク、それを確

率値に変換するネットワークの四つのディープニューラルネットワークが組み合わされており、ギブスサンプリングを用いて楽曲を生成するモデルとなっている。それによって、必ずしも楽曲の最初から最後に向かって順に作曲されていくとは限らない実際の作曲プロセスの時間スコープをモデル化している [Hadjeres 15]。本研究は人為的な音楽的知識の導入なしにニューラルネットワークに生成させる試みであり、その点は同じくバッハのコラールスタイルの楽曲を生成した Raymond Peter Whorley らの先述のモデルと対照的である。

生成楽曲においては、コラールの特徴であるフェルマータでの終止において、一つの声部だけ静止せずに動きだしてしまっている事象や、おかしなタイが出現しているなど、終止形の形成に必要な条件を考慮し損なっている部分が散見された。そうした間違いを含んではいるが、半音階的進行による一時的転調や旋法性のようなコラールスタイル特有の現象がしばしば起こることで感情を揺さぶるようなパッセージが多く、また不自然な旋律進行が少ないという印象を受けた。そうした点で、データからのスタイルの学習が一定の成果を得ている印象を受け、人為的なプログラムに極力依存しない人工知能音楽の可能性を感じさせられた。

3-4 人工音楽家の脳としてのニューラルネットワークと無意志的記憶

Stefan Lattner と Carlos Eduardo Cancino Chacón の二人組は、奇妙な二曲のモーツァルト風ピアノソロ曲を生成した。モーツァルトのピアノ曲を学習データとして使い、確率的ニューラルネットワークの一種である畳み込み制限ボルツマンマシンをモデルとして用いている。二つの楽曲は対となる作品である。彼らが作品化するのには、中長期的な楽曲構成や繰返し構造が確率モデルによっては扱うことが困難だという自動作曲の現状の弱点そのものである。モデルに手を加えない一曲目の「Mozart Unchained」においては、モデルが時間的コンテキストに関する非常に限定されたスコープしかもたないため、異なる楽想の間をせわしなくさまようかのような音楽となっている。対して二曲目の「Mozart Constrained : Alla Turca Meccanica KV 415 8/11」では、自己相似性、調性、リズムの観点からの制約がモデルに課されており、構成感のある楽曲が目指されたものであるが、生成結果は、特定の楽想への過剰な固執や唐突な楽想の推移などによって不気味なものとなっていた。

いずれの場合も、モーツァルトらしさの片鱗を至る所に感じさせながらも、楽曲構成としては明らかに破綻しているのだが、単なる失敗では片付けられない面白さがそこにはあった。ニューラルネットワークは学習した楽曲の流れをそのまま記録しているのではなく、ノート間の重みの形で多数の音楽的な流れを「圧縮して」記憶するものであり、アウトプットは、オリジナルその

ものではない、ある意味「非実実」な形で呼び起こされた記憶である。本作品を生成したニューラルネットワークは、モーツァルトを偏愛する「人工作曲家」のどめどない音楽的夢想において呼び起こされる無意志的記憶 (*mémoire involontaire* (マルセル・ブルースト)) をシミュレートしているようなものである。二つの性格の異なる楽曲の組での提示は、そのようなある種のキャラクター性を感じさせる「人工作曲家の脳」に対して、自由連想させてみたり (一曲目)、制約をかけてオブセッションをもった状態になるよう介入し (二曲目)、「人体実験」をしているかのようでもある。なお、これは入力画像を機械学習の記憶によってデフォルメしてサイケデリックな画像を出力する Google のシステムとして有名な DeepDream [Mordvintsev 15] に近いアプローチの音楽版とも解釈できる*1。

3-5 David Cope と物まね

古典派、ロマン派、近代に該当するピアノ曲六作品は、*Learning to Create* のメンバではなく、自動作曲の代名詞ともいえる David Cope の *Experiments in Musical Intelligence* (EMI) という 1981 年から開発されてきた有名な楽曲生成システム [Cope 96] によるものである。本システムでは、既存の特定楽曲のスタイル分析と既存楽曲のモチーフの再利用により楽曲スタイルを模倣する。EMI においてはローカルなモチーフの遷移が *augmented transition network* によって表現されるが、音楽理論家シェンカーによる SPEAC (*Statement, Preparation, Extension, Antecedent, Consequent*) の枠組みによる楽曲部分の意味論的な特徴付けや、部分どうしの統語論的な結合の妥当性のコントロールがなされる。また、*signature* (リズム、和声、旋律などの要素を含む、様式的特徴を表すフレキシブルなフレーズ)、*earmark* (カデンツのようなセグメントの終わりや始まりを表す動き)、*unification* (その楽曲の内的構造に関わる音楽的布置) といった楽曲の形式的な特徴を捉える仕組みが実装されている。そのため、楽曲の大域的な特徴が良く捉えられた質の高い楽曲が生み出されている。

ちなみに、*Learning to Create* の作品にはロマン派および近代の楽曲が欠けていたが、これは偶然ではないだろう。対位法や和声法などの共通言語からの逸脱度の少ない古典派あたりまでであれば、複数の楽曲を混ぜて学習データとしてもそれほど問題にはならないかもしれない。しかし、ロマン派以降では特に、作曲家ごとの個性や、一つ一つの楽曲における創意や詩情などが重視されてくる。その場合、データからの確率統計的な学習の枠

組みにおいては、楽曲の個別性ゆえに学習データが不足するという問題が生じる。対して David Cope の手法は、モデルをつくり込んでいたり、既存の楽曲そのものを再利用するような形であるため、全く新しい曲をつくるのは難しいかもしれないが、多くの学習データを必要ない手法だと考えられる。このように、楽曲の生成法と生成楽曲の様式の組合せには相性があり、万能の手法をつくり上げることは困難である。このことは、後に述べる Milton Babbitt のスタイルの作品についてもいえることである。

コンサートでは、ピアニストの佐久間龍也氏 (沖縄県立芸術大学教授) に、演奏や曲の解釈にあたっての実感を解説をしていただいた。David Cope が楽曲生成の下敷きにしていると感じられる楽曲の話や、調性の推移を見失ってしまう箇所があること、ベートーヴェン風「ソナタ」において、「悲愴ソナタ」の構造を踏襲しているが、ソナタ形式といっても展開部において展開がほとんどできていない奇妙な「ソナタ」であること、速度の解釈のつじつまが合わない部分があること、といった違和感などを指摘していただいた。コンピュータが生成した楽曲に対する人間の感覚を言語化する試みとして有意義だったのではないかと著者は考える。

David Cope の作品は、クオリティが高いがゆえに、ついまじめに聴いて引き込まれてしまいそうになるが、既存曲の断片の「引用」が聞こえたり、展開部が展開できずに終わってしまうことなどを聴くと、笑いを誘われずにはいられない。凝った作りではあるが、どこか無理がある物まねのようなところに、著者は、さまざまな名画の登場人物に作家自らが扮して笑いを誘う森村泰昌の自画像に共通する感覚を見いだす*2。物まねにおいては、単に似ていることだけではなく、どこかに模倣の無理が生じている点こそが面白さにつながる。EMI のようなシステムは、オリジナルのスタイルの忠実な模倣を目指すだけではなく、物まねマシンとしての面白さを追求した開発を行えば、クラシックないし現代音楽のコンサートで取り上げられるような真正な名曲を生成し得るのではないだろうか。

3-6 人間作曲家のシステムティックな手法と自動作曲

Brian Bemman によるフルートと弦楽四重奏のための作品「*The Computer as Specialist (Who cares if you compose?)*」は、ミルトン・バビット (Milton Babbitt, 1916 ~ 2011) のスタイルの楽曲であるが、ほかの作品とは生成手法やスタイルの模倣の意味が大きく異なる。バビット自身、総音列主義の作曲法に基づくシステ

*1 「人工知能美学芸術展」の出品作として、DeepDream の開発者の一人でもある Mike Tyka が同プログラムを用いて生成した作品がコンサート会場入口近辺に展示されていた。また、同展の広報用画像ならびにそれに関連した展示も DeepDream を用いたものであった。

*2 森村泰昌の自画像では、自分とは異なる性別や民族の人物に無理をして扮している点の一つの重要なポイントだと思われるが、この点は David Cope の作品で、モーツァルトの協奏曲とガムラン音楽という異種の音楽を組み合わせた「*Mozart in Bali*」[Cope 95] の異様さを思わせる。

マテックな作曲法を編み出した作曲家だったからである。バビットは、12 音音列の内部の組織化としての *combinatorality* や、楽曲の大域的な構成に関わる *all-partition array*、リズムを音列主義的に扱う *time-point system* など、もともと一貫して、かなりの程度数理的に記述される手法を用いて作曲を行っていた [Mead 94]。Brian Bemman はバビットの作曲手法に基づき、バビット自身は行わなかった（あるいは行えなかった）完全なアルゴリズム化に向けた研究 [Bemman 18] を行っており、本作品はその研究成果である*3。これは、単なるスタイルの模倣というよりも、作曲プロジェクトの継承・発展という意味合いをもつ研究である。

本作品の生成においては、バビットによる作曲プロセスに関する制約や手順に則っているが、そこでは複雑な制約充足問題を解くための探索手法を要する。バビットの作品のように、上記のような概念、ルール、制約、組合せ問題などに基づく楽曲を、データからの機械学習によって模倣しようとするのは、そもそもナンセンスであろう。自動作曲においては、データドリブンな手法以外に離散数理的な手法をも併せて研究する必要があることを本作品は示している。

本作品は、無調であり、複雑なリズムやダイナミクスをもっており、聴取や演奏における挑戦を含んでいる。特にリズムの複雑さゆえに演奏者間の同期が困難であり、演奏可能かどうか最後まで不安であったが、第一ヴァイオリンの阿波根由紀氏（琉球交響楽団コンサートマスター）の強いリーダーシップによって、効率的に練習とリハーサルを行い、何とか上演に至ることができた。曲のタイトルは、論争を巻き起こしたバビットの文章のタイトル「The Composer as Specialist (Who Cares if You Listen?)」[Babbitt 58] をもじったものである。この文章においてバビットは、「serious」で「advanced」な現代音楽の作曲は、数学のように少数の専門家にのみ理解できるようなものであるため、作曲家は一般の聴衆から退き、研究に専念できるようにすべきだと論じ、聴き手の役割に対する挑発的な議論を行った。対して本作品は、人間の作曲家の役割への挑発を含んでいる。もしコンピュータがバビット以上に「serious」で「advanced」な楽曲を生み出せるようになれば、専門家としてのコンピュータが、今度はバビットのような作曲家を置いてきぼりにするというわけだ。バビットのようなルールに基づく離散数理的な作曲においてこの問題は、コンピュータ将棋や囲碁における、コンピュータが人間を超えた後の人間棋士の役割は何かという問題と平行であろう。

*3 ちなみに、本作品にはまだ反映されていなかったが、著者と Brian Bemman の共同研究 [Tanaka 16] においては、*all-partition array* の生成問題の数理的な定式化および求解に成功した。

3.7 数理的な表現形式がつくり出す新たな楽曲スタイル

著者によるピアノソロ曲「Cellular Alchemy」(細胞錬金術)は関数プログラミングのためのアルゴリズム作曲作品であり、コンサートの中で唯一、既存のスタイルの模倣ではなくオリジナルなスタイルの作品である。

一般論として、既存スタイルを模倣した作品は、既存の作曲家のスタイルの劣化コピー以上になりにくいことや既存の作品が有する歴史的価値をもたないことから、芸術作品としての価値の獲得が困難であろう。すでに述べたようなデフォルメやパロディのような特殊な方向性において価値を見いだせる場合はあるだろうが、それらは既存のものの変形であり、一からオリジナルなものを創造するものではない。

では、オリジナルな楽曲スタイルはどのようにして生み出せるのか。著者の仮説は、新しい楽曲スタイルは、楽曲のつくられる際の条件にふさわしいものへと音楽が正しく適応した結果として生じるというものである。例えば、プラトンやアリストテレスが論じたように、古代より特定の感情を表現するために特定の技法が使用されてきたのだとすると [Aristotelis 97, Plato 05]、技法は特定の感情を表現するという条件に適応して生じた一つのスタイルだと逆に解釈してみることができる。そこで著者は過去に、特定の感情に基づく人間からの評価値を強化学習の報酬に用いてそれにふさわしい新たな技法を生成する研究を行い、実際にそのような適応が起こり、既存の特定の技法に近いものが生じ得ることを確認したことがある [Tanaka 16]。

本作品において、適応の対象としての「楽曲のつくられる際の条件」として設定したのは、音楽情報をコンピュータで記述するための表現形式 (*representation*) そのものである。人間による音楽は、五線譜に音符として書かれることが多いが、コンピュータの内部においては、ピアノロール、*midi*、*MusicXML* などをはじめ、五線譜とは異なる形式で表現されることが多い。こうした表現形式の差異こそがコンピュータによる音楽のオリジナリティーの一つの源として重要だと著者は考える。例えばナンカロウの自動演奏ピアノにおけるロール紙へのパンチングや、クセナキスのシステム *UPIC* における二次元平面への描画という新しい楽譜の表現形式が、それに応じた新たな音楽スタイルと結び付いていることも、それに近い例としてあげられる。

「Cellular Alchemy」の作曲において適応の対象とした具体的な表現形式は、著者が滞在していた *IRCAM* の開発する *Lisp* ベースの作曲支援プログラミング環境 *OpenMusic* における、小節のリズム構造を扱う *rhythm tree* と呼ばれる形式である (詳しくは、作曲家ブライアン・ファーニホーの複雑なリズムをこの形式で表現した文献 [Malt 06] を参照)。*Rhythm tree* は木構造や多重的なリストとしても捉えられるが、著者はそれを図 1 のような関数表現 (合成関数) として捉えている。一つの

小節 (*bar*) は、拍子 (*meter*) とリズム (*rhythm*) を変数とする関数であり、リズムはいくつかの細胞 (*cell*) を変数とする関数である。さらにその細胞は細胞を変数とする関数である。各細胞は一つのリストであり、その要素は *proportion* (細胞の相対的な長さを表す数)、または *proportion* と別の細胞の組 (*proportion, cell*) のいずれかの形をとる。このリズム表現が独特なのは、他の変数 (*proportion* の割り当てられる小さなリズム細胞) を固定すると、一つの小節 (合成された関数としての *bar*) が拍子の分子 (*numerator*)、分母 (*denominator*)、各細胞の長さ (*proportion*) のみを変数とする関数として捉えられることである。これは、一音一音の音符や休符の集合として小節を表すのとは異なる小節の捉え方であり、変数を一つ動かすと、小節の構造を保ったまま、小節の長さや諸細胞の長さ (*proportion*) の比率が変わり伸縮する「トポロジック」な変形がなされる表現である。これらの変数の操作は、不規則な拍節感やリズム感、右手パートと左手パートの「トポロジックな」ずれなどの効果を生み出す。それを利用して著者はこの表現形式固有の音楽スタイルをつくり出した。なお、そこにおいては、楽曲全体もまた多くの関数の合成による一つの大きな関数として構造化される。

3・4 節で先に述べた、モーツァルトから学習するニューラルネットワークにおいてもまた、ノードとコネクションによるネットワークという数理的な表現形式がベースとなっている。そしてコネクション主義的な表現形式がもたらす記憶のしかたの独自性そのものが音楽の個性につながっている。そうした隠れた基礎の部分としての数理的な表現形式こそが、既存スタイルの模倣を超えて新たな音楽スタイルを生み出す源として重要だというのが本作に含まれる著者の主張である。

$bar = B(meter, rhythm).$
 $meter = M(numerator, denominator).$
 $rhythm = C(cell_1, cell_2, \dots, cell_N).$
 $cell_i = C(cell_{i,1}, cell_{i,2}, \dots, cell_{i,N_i}).$
 ...
 A cell is a list whose elements are in the form of either *proportion* or (*proportion, cell*).

図1 小節のリズムの関数表現

4. 楽曲自動生成から作曲家自動生成へ

前章ではコンサートの内容を説明し、それぞれの作品から垣間見えるコンピュータ生成音楽の意義や可能性について論じた。それぞれの作品にはコンピュータ音楽としての固有の美点が見いだされたものの、ラジカルに見れば、システムの作者がメタレベルで作品の方向付けを

行っていることに変わりはなく、人工知能が作品の大本となる美の基準を自律的に発見・設定するところまで到達しているわけではない。そこで本章では、人工知能美学芸術研究会のテーマである人工知能による自律的な美学や芸術の獲得という困難な課題について、今後どのような研究が必要なのかを考えてみたい。

4.1 作曲の背後にある創作の動機

David Cope の諸作品は、かなりの完成度に至っているにもかかわらず、真面目な作品とは受け取りがたい部分があるのはなぜなのか。それは、作品生成の主体を人工知能だと解釈した場合、自発的な創作動機が見えないという点に関係していると著者は考える。人間による作品の場合は、美意識、表現欲求、歴史意識、政治意識、ブランディング意識などの多岐にわたる動機や思慮によって作品は背後から支えられている。観客も作者の思いを読み取ろうとし、それとの関係で作品を鑑賞することは一般的であろう (ロラン・バルトの「作者の死」やジャック・ランシエールの「解放された観客」のような意味での観客による能動的な解釈は、それとは別に重要であるが)。他方、特定の作曲家のスタイルを模倣することを他律的な命令によって行うコンピュータの作品に対して、観客は、作者の思いを読み取ろうとする解釈行為が宙づりにされたり、聴いている対象がシステム自身の自発的な表現ではないことを感じ取り、物足りなさを感じるのではないだろうか。

小崎哲哉によれば、アートの構成要素はインパクト、コンセプト、レイヤの三つであり、アーティストの創作動機は「新しい視覚・感覚の追求」、「メディウムと知覚の探求」、「制度への言及と異議」、「アクチュアリティと政治」、「思想・哲学・科学・世界認識」、「私と世界・記憶・歴史・共同体」、「エロス・タナトス・聖性」の7種類あり、それに尽きるという。そして、それらの観点からの作者の動機の推定値と鑑賞者の判定値に基づく「現代アート採点法」を提示している [小崎 18]。現状の人工知能音楽は、システム自身を作者とみなしてこのような採点にかけた場合、多くの評価軸において低評価となる場合がほとんどだろう (ただし、コンピュータからの支援を得つつも、創作の背後の動機は人間が担うコンピュータ支援作曲 (computer-aided composition) のアプローチとしてみればその限りではないが、本章ではコンピュータ支援作曲は自動作曲とは別ものとして考察の対象外とする)。

現状の人工知能音楽に欠けているのは、そうした創作の背後にある動機の部分だと著者は考える。それを埋めるには、単に楽曲を生成するプログラムを書くだけでなく、楽曲が存在する理由を与える多様な動機をも生成する必要があるだろう。つまり、単なる楽曲生成の研究から、作曲家 (あるいは音楽に限らず他の芸術も含めた芸術家全般) そのものを生成対象とする研究へとシフトす

ることが重要になってくると考えられる。

4.2 生物の美意識の創発に関するマルチエージェントシミュレーション

創作の動機をもつ主体を生み出す研究のためのヒントとしては、「人工知能美学芸術展」の参加者でもある畝見達夫らによる作品「進化する恋人達の社会による高速伝記」[Unemi 17, Unemi 18]は参照に値する。彼らは、社会の中での生物個体間の恋愛・生殖のダイナミクスをマルチエージェントシミュレーションによって視覚的に模擬し、各個体の「人生」の記録を文章と音声で表現するメディアインスタレーションを発表した。そこにおいて、生物個体のモデルは好み (preference) と外見 (appearance) という、異性との関係性を規定する「美」のパラメータをもっている。シミュレーションの初期世代は異性愛であるか同性愛であるかについての偏りをもたない状態でスタートするが、後続の世代は、進化の過程で性的な嗜好に偏りが生じていく。つまり、この作品においては、恋愛・生殖を美の起源と仮定するモデルによって、「美」の基準が進化的・社会的なダイナミクスによって変化していく様がシミュレートされる。

この作品における美は異性を魅きつける美に限定されたものであるが、著者が提案したいのは、このようなマルチエージェントシミュレーションの対象を、単純に恋愛・生殖を行う生物個体から、作品の鑑賞・創作をも行う芸術家モデルへと改変する研究を行うことである。求愛行動としてのダンスや歌、衣服やアクセサリーの創作といったことが、恋愛・生殖の動機の延長線上にある「作品制作」の原始的な形態の例としてあげることができる。しかし、より現実の人間社会における芸術に近づけるには、生物としての低次の要求から出発して、進化の過程で社会的承認欲求のような高次の欲求の創発ともリンクする形でエージェントが芸術活動を行うような、高度なシミュレーションモデルが求められるだろう。そこでは、前述の小崎の採点法に現れるような創作の動機と鑑賞行為のさまざまなアスペクトが考慮に入れられるのが望ましい。それが可能になったとしても、人工芸術家がシミュレーション上で作り出した作品を人間が直ちに感覚的に理解できるとは限らないが、シミュレーション結果の定量的な分析により、作品の意味や動機を解明したり、どのように芸術が進化の過程で発生するに至るのか、新しい美学がどのようにして発生するのか、といった実証的な研究が困難な問題にアプローチする道も開けるかもしれない。

4.3 聴覚のチーズケーキとパティシエモデル

そうしたシミュレーションを行ううえで、有性生殖の動物においては畝見らの恋愛・生殖と美を結び付けるモデルは有効かもしれないが、その前提なしに生物一般をシミュレートする場合には、むしろエネルギー摂取と美

を結び付けるモデルを立てるほうが有効かもしれない。ここで著者が注目したいのはパティシエ (菓子職人) という存在である (ここではパティシエも芸術家を含めることとする)。音楽は「聴覚のチーズケーキ」[Pinker 03]であるという言葉があるように、音楽とデザートには余剰性という意味での共通性がある。味覚や聴覚はもともと生物にとって生存のために有用なセンサとして発達したはずだが、今となっては逆に、発達してしまった味覚系や聴覚系を刺激し報酬を与えるためという本末転倒した目的でデザートや音楽がつくられているという見方である。

甘さの感覚がエネルギー摂取のセンサだとすれば、甘いものを積極的に追求するエージェントや、それを満たすことを生業とするエージェントの創発を、生存欲求から派生したものと理解することができる。カロリー摂取が過剰な現代においても、一度定着した甘さへの欲求やパティシエの職業は淘汰されず、社会的な制度として再生産される。パティシエの創作コンクールのように、新たな味覚を求めた創作活動も活発である。そこではエネルギー摂取のことを忘れて味覚的な美が追求され、生存のための欲求が作品創作の原動力へと転化される形となる。こうして「芸術のための芸術」のような自家撞着が社会連関の中で成立し得る。

社会の中でパティシエが安定したステータスの高い職業とみなされれば (例えばフランスでは国家資格をもつパティシエは高い社会的地位をもつとみなされる)、パティシエになることは子供をもち育てるために有利となり、結果的に異性を魅きつける戦略としても成立し得る。したがって、甘いものが特別好きでなくても、異性を魅きつけるためにパティシエになるという戦略をとる個体が現れないとも限らないし、おいしい店を知っていることが、その個体の他者からの評価につながるために情報通になろうとするといった振舞いが見られてもおかしくない。このように、高度に発達した社会においては、一つの欲求がほかの欲求と混合したり入れ替わるなどといったことが起こり得る。その中で、作品制作の動機や芸術ジャンルの存在意義が変化していくことだろう。

こうしたすべての社会連関との関連で初めて芸術家の創作行為の全貌が理解できる。パティシエのモデルは、生存欲求から始まり、いかに芸術への欲求が社会の中で変化、創発するかをシミュレートするためのプロトタイプとして有用かもしれない。

4.4 適応度関数の内在化の重要性

シミュレーション上の世界において生物個体の進化のための計算手法の代表的なものに遺伝的アルゴリズムがある。これは、各個体の良し悪しを判定する適応度を定義し、適応度の高い個体の遺伝子を用いて次世代の個体の生成を行うというステップを繰り返すことで、生存に有利な個体を出現させていく手法である。しかし、残

すべき遺伝子を選択する基準となる適応度関数 (fitness function) それ自体は人為的に設定する必要がある。適応度関数を人為的に設定するということは、何が残されるべきかを設計者が事前に知っているということであり、結局シミュレーション全体が、設計者の想定範囲内に収まってしまい、予定調和的な結果しか生まれない恐れがある。

適応度を人為的に設定するような遺伝的アルゴリズムによる音楽や他の芸術作品の生成研究はすでに多く行われているが、神でない人間の設計者が、芸術の良し悪しをあらかじめ適応度関数として設計することは、自律した美学をもった芸術家エージェントの生成というシミュレーションの趣旨に反する。むしろ、自分自身で美の基準を発見するようなエージェントを創発させられるかどうかの問題である*4。そもそもこの世界において、適応度の普遍的な基準は見だしにくく、時間に応じて適者も変化するはずである。例えば、どんなに優れたように見える個体であったとしても、何の前触れもなく偶然事故にあって死ぬかもしれないし、ある一時期は商売が繁盛したとしても、そのうち同じ商品が社会の変化とともに時代遅れになり倒産するかもしれない。結果論として残ったものが適者なのであり、あらかじめ決められた適応度の基準に従って選別されるのが適者なのではないはずである。

先に述べた覬見らのシミュレーションにおいても遺伝子の伝達は行われているが、遺伝的アルゴリズムとは異なり適応度関数はいらされていない。その代わりに、シミュレーションの中で、偶然的、あるいは運命的に出会い、カップルが成立し、子供が生まれる際に遺伝がなされるだけであり、超越的な基準による評価、選別が起こっているわけではないことに注目したい。適応度の高さは、実際にカップルが成立し子供が生まれるという出来事によって、後付けで証されるにすぎない。

このように、シミュレーションの中で芸術創作の動機や美意識を誕生させ、予定調和的でない芸術家を創発させるためには、超越的な適応度関数を設定するのではなく、シミュレートする世界の予期できない時間発展そのものが内在的に淘汰を行うような「適応度関数」として働く世界設定をうまくつくることこそが重要だと考えられる。

4.5 生命体の創発の促進者としての「時間」

最後に、さらに考えを進めれば、エネルギー摂取のような低次の欲求すらもプログラムされていない状態から生命を誕生させるという課題に行き着く。先述のパーティ

シエモデルなどは、研究の初期段階のモデルとして、かなりの程度は人為的にプログラミングする必要があるだろうが、理想的には、それらのモデル自体も創発的に獲得されるのが望ましく、究極的には、生命体それ自体の創発の段階からシミュレートできるのが望ましい。それによってこそ、生物にとって芸術や美とは何かという問題を根源的に扱えることになるだろう。

そのためには、何の評価基準もあらかじめ与えられていない原初の世界において、なぜ生命体が発生し得るのか、そもそも生命体とは何か、という難問に答えなければならない。現時点での著者の解答は「この世界において、一方向に流れタイムリープが不可能であるような時間の中にすべてのものが存在していることが生命体の発生の根拠である」、「生命体とは、時間が消去法的に残した存在者のなかで最も複雑なものである」というものである。

どういうことか。一方向に流れタイムリープが不可能な時間の中において、物事は一度消滅すると将来には影響力を及ぼせないため、時間は、現在の連続において「存在を継続するもの」に優位性を与える。例えば、継続する形をもたらず固体は、継続して同じ形をとることが困難な液体や気体に比べてある種の優位性をもつ。また、周期運動を続け、安定した状態で存在し続ける惑星は、一時的な存在である流星や彗星に比べてある意味優位性をもつ。このように時間というものは、一時的な存在を排除しようとする傾向性であり、固体物や周期性などのように「存在を継続するもの」を消極的に支持する(力学系における不動点、サイクル、アトラクタのようなものにも近い)。ウイルスや生命体は、自己が壊れても、修復したり増殖したりできるようなロバストな存在であり、ただの固体物や周期運動よりも複雑ではあるが「存在を継続するもの」である点は同じである。「存在を継続」し得ないものは現在から退き影響力を失うため、消去法的に、安定的に存在し続けるものが支配的なものとして残る、そして残されたもの達を前提として、「存在の継続」をめぐるさらに高度化した局面が開かれ、さらに複雑な存在様態をもつものが遅れて誕生する。それが行き着いた先が生命体である。この遅れはあるものの、生命体は固体物や周期運動が存在するのと同じく「時間」の力によって出現が促進されているものだと考えることができる。

いったん生じた生命体は時間が経つにつれて固体や種の自己保存欲求を発達させていく。自己保存欲求とは「存在を継続する」ことを、時間に促されてではなく自ら積極的に追求する姿勢である。しかし、それをもつに至ることは、自己の「存在を継続する」ために有利であるため、時間に促されて必然的に起こるものと考えられる。やがて進化によって誕生した人間という生命体は、今度は文字、録音、映像のような、人間の自己保存に役立ちそうな他のものの「存在を継続させる」ための各種の新しい

*4 「人工知能美学芸術展」において展示された「スマホロボット (smartphone robots)」(銅谷賢治とスマホロボット開発チーム)はこの問題と関係が深い。スマホロボットは、強化学習における報酬を変化させることで自ら目標を設定することを目指して開発された簡易なロボットである。

保存技術を「時間に促されて」見いだしていく。このように、時間こそが生命体の発生や進化を駆動する大本の力だと考えることができる。

こう考えると、適応度関数の内在化と、生命体の創発の原動力としての「時間」さえ適切に実装できれば、シミュレーション上の世界で「存在を継続するもの」がさまざまに創発され、その中にやがて生命体のようなものが見いだせるようになるかもしれない。そしてそれが進化し、ささやかにでも芸術や美学のような振舞いを開始してくれることを期待したい。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Aristotelis 97] アリストテレス 著, 山本光雄 訳: 政治学, 岩波書店 (1997)
- [Babbitt 58] Babbitt, M.: *Who Cares if You Listen?*, High Fidelity (1958)
- [Bemman 18] Bemman, B. and Meredith, D.: Generating new musical works in the style of Milton Babbitt, *Computer Music Journal*, Vol. 42, Issue, 1, Spring 2018, pp. 60-79 (2018)
- [Bourriaud 98] Bourriaud, N.: *Esthétique Relationnelle*, Les Presses du réel (1998)
- [Cope 95] Cope, D.: *Mozart in Bali*, CreateSpace Independent Publishing Platform (2015)
- [Cope 96] Cope, D.: *Experiments in Musical Intelligence*, A-R Editions; Pap/Cdr edition (1996)
- [CrestMuse] CrestMuse, <http://www.crestmuse.jp/index-j.html>
- [Hadjeres 15] Hadjeres, G. Pachet, F. and Nielsen, F.: DeepBach: a Steerable Model for Bach Chorales Generation, *Proc. 34th Int. Conf. on Machine Learning*, PMLR, 70, pp. 1362-1371 (2017)
- [小崎 18] 小崎哲哉: 現代アートとは何か, 河出書房新社 (2018)
- [Lrn2Cre8] Leaning to Create, https://cordis.europa.eu/project/rcn/109697_en.html
- [Malt 06] Malt, M.: *Some Considerations on Brian Ferneyhough's Musical Language Through His Use of CAC: Part I - Time and Rhythmic Structures*, The OM Composer's Book, 2, Delatour France; Musique/Sciences edition (2006)
- [Mead 1994] Mead, A.: *An Introduction to the Music of Milton Babbitt*, Princeton University Press (1994)
- [Mordvintsev 15] Mordvintsev, A., Olah, C. and Tyka, M.: DeepDream - A code example for visualizing Neural Networks (2015), <https://web.archive.org/web/20150708233542/http://googleresearch.blogspot.co.uk/2015/07/deepdream-codeexample-for-visualizing.html>
- [中ザワ 16] 中ザワヒデキ: 人工知能美学芸術宣言, <https://www.aloalo.co.jp/ai/manifesto.html>
- [OIST 17] OIST: 人工知能美学芸術展, <https://groups.oist.jp/ja/aiaae>
- [Pinker 03] Pinker, S. 著, 棕田直子 訳: 心の仕組み~人間関係にどう関わるか, NHK ブックス (2003)
- [Plato 05] プラトン 著, 藤沢令夫 訳: 国家 (上), 岩波書店 (2005)
- [Sakellariou 15] Sakellariou, J., Tria, F., Loreto, V. and Pachet, F.: Maximum entropy model for melodic patterns, *ICML Workshop on Constructive Machine Learning* (2015)
- [SKYGGE 18] SKYGGE: Hello World, <https://www.helloworldalbum.net/>
- [Tanaka 13] Tanaka, T. Ohmura, H. and Furukawa, K.: Reinforcement learning models for acquiring emotional musical modes, *Proc. Sound and Music Conference* (2013)
- [Tanaka 16] Tanaka, T., Bemman, B. and Meredith, D.: Constraint programming approach to the problem of generating Milton Babbitt's All-partition Arrays, *Proc. 22nd Int. Conf. on Principles and Practice of Constraint Programming* (2016)
- [Unemi 17] Unemi, T. and Bisig, D.: Rapid biography in a society of evolutionary lovers, *Proc. 20th Generative Art Conference (GA 2017)* (2017)
- [Unemi 18] Unemi, T. and Matsumoto, H.: LoversFlow v2: An individual-based evo-eco simulator on sexual dimorphism - A challenge toward evolutionary aesthetics -, *23rd Int. Symp. on Artificial Life and Robotics 2018 (AROB 23rd 2018)*, *3rd Int. Symp. on BioComplexity 2018 (ISBC3rd 2018)* (2018)
- [Vortex Jazz Club 16] Vortex Jazz Club: Meet the computer composer, <http://www.vortexjazz.co.uk/event/electronic-music-meet-the10computers-composers/>

2018年9月8日 受理

著 者 紹 介



田中 翼

音楽情報科学研究者, 作曲家, ピアニスト。京都大学理学部数学系卒業。東京大学大学院情報理工学系研究科修士課程修了。東京藝術大学美術研究科先端芸術表現専攻博士課程修了。2009年, コンピュータ生成の音楽作品などに焦点を当てた自身のピアノリサイタル「情報技術時代のピアノ音楽」を開催。2014年より渡仏し, フランス国立音響音楽研究所 (IRCAM), ジュシュー・バリ左岸数学研究所 (IMJ-PRG), ソルボンヌ大学音楽学研究所 (IReMus) にて博士研究員を歴任。専門は楽曲の自動生成および自動分析。2016年作曲家ミルトン・バビットの all-partition array 生成問題の数学的な定式化, 求解に成功。2018年, SMC および ICMC にてアルゴリズムコンポジション作品が入選。