

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K00390

研究課題名（和文）感性を反映した自動作曲における生成楽曲の多様性の向上

研究課題名（英文）Improvement in Diversity of Music Composed by the Automatic Composition System
Adapting the Personal Sensibility

研究代表者

大谷 紀子 (Otani, Noriko)

東京都市大学・メディア情報学部・教授

研究者番号：70328566

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、さまざまな場面における楽曲生成へのニーズを満たすことを目的として、感性に即した多様な楽曲を自動生成する手法を提案した。メロディの音高決定、和音進行の演奏方法決定、前奏と後奏の生成など、音楽的に優れた楽曲を生成するための手法に加え、クラシックバレエレッスン曲、プログレッシブハウスの曲、ハノンの代替となるピアノ練習曲、演奏を考慮したエレクトーン曲など、多様なジャンルや目的に応じた楽曲の生成手法の考案に取り組んだ。また、東宝×アルファポリスのAI子守唄プロジェクト、東京藝術大学COI主催の演奏会「AIベートーヴェン」、富国生命の企業名サウンドロゴ制作など、実践的な取組みにも参画した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、自分の創作意図の表現や鑑賞者の感性への訴えかけに効果的な楽曲を自身の作品に付与したい制作者、自分の感性に触れる楽曲を求める聴者、および普段から作曲を手がけているアーティストに対し、それぞれの目的に応じた楽曲を大きな負担を負うことなく次々と生成する手段を提供するものである。また、本研究で参画した実践的な取組みは、自動作曲技術の多様な応用可能性を示唆するものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed a method for automatically generating various musical pieces that reflect personal sensibilities, with the aim of satisfying the need for musical composition in various situations. The methods for generating musically superior pieces, such as determining the pitch of melodies, determining how to play chord progressions, and generating preludes and postludes, were developed. The methods were also developed to generate pieces for various genres and purposes, including classical ballet lessons, progressive house pieces, piano practice pieces as an alternative to Hanon, and performance-oriented electric organ pieces. In addition, we also participated in practical activities such as the AI Lullaby Project of Toho and Alphapolis, the "AI Beethoven" concert sponsored by the COI of Tokyo University of the Arts, and the creation of a sound logo for the corporate name of Fukoku Mutual Life Insurance Company.

研究分野：進化計算アルゴリズム

キーワード：自動作曲 進化計算アルゴリズム 感性モデル

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、映像編集や CG 作成が可能なパソコン用ソフトウェアの普及によって、一般の人がさまざまなデジタル作品を制作するようになり、制作した作品を独自の音楽で演出したいという要望が多く聞かれる。演劇やダンス、大道芸などにおいても、制作者やパフォーマーが目指す独自の世界をよりの確に表現するためには、新たな音楽が有効である。しかし、作曲の経験や知識のない人が思い通りの楽曲を生成することはできない。一方、音楽を聴く側は、自分の感性に触れる新たな楽曲を求めるとともに、同じアーティストの曲でも特定の時期に制作された楽曲を特に印象深く感じ、「このアーティストのあの頃のような曲をもっと聴きたい」と思うこともある。楽曲は大量に提供されているが、自分の感性に合うものを見つけるには多大な労力を要する。また、一般にアーティストの創造性は変化し続けるため、「あの頃のような」曲を再び作ることは難しい。以上より、感性に響く楽曲を意図通りに自動生成することへのニーズは高まっているといえる。各場面において、複数の選択肢から選ぶことで得られる満足感、際限なく新しいものを求め続ける欲求を考慮すると、異なる楽曲が次々と生成されることが望ましい。

(2) 先行研究として、ユーザに負荷をかけることなく個人の感性を反映した楽曲を自動生成するシステムの研究が進められている。最初に、聴者の既存楽曲に対する評価と既存楽曲の記述を用いて、帰納論理プログラミングにより感性モデルを獲得する。感性モデルは「感性 A に影響する楽曲には構造 B が含まれる」というようなルール形式で表現される。次に、進化計算により枠組構造、和音進行、メロディを生成する。解の評価に感性モデルへの合致度を盛り込むことで感性を反映させる。最後に、和音進行から生成されたベースパートを合わせて 1 つの楽曲とする。本システムの有用性はある程度示されているが、多様なニーズに対応するには改良の余地がある。

2. 研究の目的

本研究では、自分の創作意図の表現や鑑賞者の感性への訴えかけに効果的な楽曲を自身の作品に付与したい制作者、および自分の感性に触れる楽曲を求める聴者を対象とし、各場面における楽曲生成へのニーズを満たすことを目的として、感性に即した多様な楽曲を自動生成するシステムを構築する。本システムでは、目標とする感性を反映しつつ音楽的にも優れた楽曲を自動生成することに加え、ユーザに負担をかけることなく多様な楽曲を次々と生成できる点を特徴とする。

3. 研究の方法

(1) 先行研究の自動作曲システムでは、目標とする感性を反映した既存楽曲を正事例、相反する感性を反映した既存楽曲を負事例として入力する必要があったが、より自然な入力により楽曲を生成するために、正事例の頻出パターンにより感性モデルを構成することとした。高速に頻出パターンを抽出するための手法として PrefixSpan を採用し、新しい形式の感性モデルを楽曲生成における適応度算出に使用できるようにして、自動作曲システムを再構築した。楽曲生成手順を図 1 に示す。最初に、入力された既存曲を学習データとして感性モデルを獲得する。感性モデルはメロディと和音進行に関する頻出パターンの集合であり、入力曲に共通する特徴を表す。次に、感性モデルに合致し、基本的な音楽理論に従う和音進行とメロディテンプレートを進化計算アルゴリズムにより生成する。メロディテンプレートは、メロディを構成する各音の発音タイミングと音価、および先行音に対する音高の変化を表す。和音進行と先行音に対する音高変化の情報に基づいてメロディの音高を決定し、和音進行とメロディを合わせて 1 つの楽曲とする。以下(2)~(4)では、本システムをベースとしてもとにしている。

(2) 音楽的に優れた多様な楽曲を効率よく生成するために、以下の手法を考案した。

感性モデル獲得の高速化

新たに導入した PrefixSpan による感性モデル獲得において、同じ和音がいくつも続く場合に処理時間が膨大になるという問題への対処である。特に処理時間の増大が顕著にみられたベートーヴェンの「月光」における感性モデル獲得時間を約 40 秒から約 1 秒に短縮することができた。

ピアノ演奏における演奏表情を考慮した MIDI ファイルの生成

ピアノ演奏における演奏表情を考慮した MIDI ファイルの生成を目的として、音の強弱とテンポの揺れを反映させた MIDI ファ

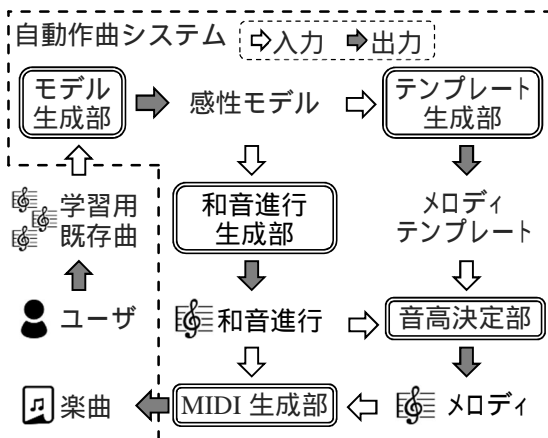


図1 楽曲生成手順

イルの生成手法を提案した。楽譜を忠実に再現した機械的な演奏ではなく、人間による演奏に近い音源が生成された。

和音進行の演奏方法の多様化

現行の自動作曲システムでは生成された楽曲の和音進行部分をすべて同時和音で演奏していたが、和音進行の演奏方法には曲調が大きく反映されていると考えられるため、入力した既存楽曲の和音進行の演奏方法を学習し、生成した楽曲の和音進行の演奏方法を決定する手法を提案した。同時和音に加え、アルペジオ上昇型、アルペジオ下降型、アルペルティ単音型、アルペルティ和音型の分散和音のなかから適切な演奏方法を選択して演奏することが可能となった。

既存楽曲の曲調や雰囲気をもっと反映させたメロディの音高の決定

近年のJPOPなどでは、意図的にアポイドノートを使用して一時的に不快感を与えることで、曲に多様性やストーリー性を持たせることがあるが、アポイドノートがメロディ上で長い音や目立つ音として使われると、違和感を覚えることが多い。現行の自動作曲手法では、和音と協和しないアポイドノートが必要以上に含まれるという問題点があった。また、順次進行を基本としてメロディを生成していたため、起伏がなく単調に感じられる楽曲を生成する傾向にあった。以上の問題を受け、本年度は、既存楽曲におけるメロディの曲調や雰囲気をもっと楽曲に反映することを目的として、和音進行およびメロディの音高列から状態遷移を学習したマルコフモデルを用いて音高を決定する手法を提案した。従来手法では登場しなかった経過音を含み、多様性のある楽曲を生成できるようになった。

その他

3拍子から4拍子への自動編曲、メロディに合うドラムパートの生成、主部に適合するような前奏と後奏の生成手法を考案し、有用性を確認した。

(3) アーティストの創作活動における自動作曲システムの活用を調査するため、以下の協働制作に取り組んだ。

プロのアーティストとの協働

男女のフォークデュオ「ワライナキ」が自動作曲システムを使用して、AIと人間のコラボレーションをコンセプトとした楽曲「AIとぼく」を完成させた。歌詞入りのアニメーション動画とともにインターネットで公開したり、アーティストがイベントで演奏したりしたところ、「口ずさみやすく、印象に残る楽しい楽曲にしたい」という制作時のアーティストの意図が反映できていることが確認できる意見が多く得られた。その後、ワライナキからの意見に基づき、アーティストが自動作曲システムを創作活動で使用する際に有用な機能を追加した。

音楽大学の学生との協働

それぞれ専門が異なる3名の音楽大学の学生が、自動作曲システムを使用して「きっとAI」を制作した。制作過程における自動作曲システムの効果を認知科学の観点から分析した。「きっとAI」は音楽大学の学園祭で披露するほか、YouTubeでも公開し、好評を得た。

(4) 以下のような特定の効果を狙った楽曲、あるいは特定のジャンルの楽曲を生成する手法の開発に取り組んだ。

クラシックバレエ初心者でも踊りを楽しめるようなクラシックバレエレッスン曲

生成する曲は、クラシックバレエ楽曲でよくみられる3パート構成とし、最初のパートはアンシェヌマンなどの細やかな動きが可能な単調な音楽、次のパートはグランパディシャなどの大きな跳躍が可能な壮大な音楽、最後のパートはピケターンなどの回転が可能な細やかでリズムカルな音楽となるようにした。

リラックス効果のある楽曲

リラックス効果のある楽曲は心身のリラックスを促すヒーリングや音楽療法など、さまざまな場面で用いられ、個人向け楽曲として活用場面が広い。リラックス効果のある楽曲の特徴として1/fゆらぎに着目し、(1)のシステムが生成した楽曲のメロディの音高を調整して1/fゆらぎを含む楽曲を生成する手法を提案した。

エレクトーンで演奏するための楽曲

メロディと和音進行で構成される楽曲を生成する(1)の手法をもとに、エレクトーンでの演奏が可能な手法を開発した。エレクトーンの足元の鍵盤で演奏するためのベースパート生成部分を追加するとともに、メロディの音高が大きく飛躍しないようにしたり、和音を適切に転回したりして、演奏可能性を高めた。

(4) 対話型進化計算アルゴリズムを使用した楽曲生成手法として、以下の手法を提案した。

水野式黒鍵作曲法に基づく楽曲生成

水野式黒鍵作曲法は機械的な手順で作曲できる方法で、アルペジオ、コード、ベースライン、およびメロディで構成される曲を生成する。アルペジオは本来演奏方法を指すが水野式黒鍵作曲法では楽曲の構成要素として扱う。各パートでは黒鍵の音のみ用いられるので、増8度音程、短2度音程が発生せず、濁った音のない曲を作成できる。水野式黒鍵作曲法に従うと音楽の専門知識を持たなくても作曲することができるが、個人の感性を反映できない。本研究では、対話型遺伝的アルゴリズムと水野式黒鍵作曲法に基づいて、感性に即した楽曲を生

成する手法を提案した。

プログレッシブハウスに属する楽曲の生成

プログレッシブハウスの楽曲は、サビ部分で高音の電子音のリードを短いメロディパターンで繰り返し演奏する点を特徴とする。既存楽曲からプログレッシブハウスの特徴を獲得して、獲得された特徴が盛り込まれるように初期集団の個体を生成する対話型遺伝的アルゴリズムによって、ユーザの感性に基づいたプログレッシブハウスのメロディ生成手法を提案した。

初心者がピアノの練習に楽しく取り組めるようにするためのピアノ練習曲の生成

ハノンは、単調なフレーズを繰り返す形式の練習曲を 60 曲収録した練習曲集であり、指をまんべんなく鍛えるために利用される。非常に有効な練習曲であるが、単純な曲調がつまらないという意見が多く聞かれる。以上を受け、ピアノ奏者にハノンの練習を楽しませることを目的として、ハノンの原曲と同等の練習効果を発揮でき、かつユーザの好みが反映された楽曲を生成するシステムを構築した。

4. 研究成果

前節に記した各提案手法については、主観評価をはじめとする実験により効果が示されている。また、本研究の成果を応用して、富国生命の企業名サウンドロゴの制作にも関与した。社員 160 グループがそれぞれの思いを込めて口ずさんだ社名のメロディの特徴を学習し、その特徴を盛り込んだ 2 小節のメロディを作成した。2 小節という短かさ、和音進行がない状態でのメロディ生成、譜割りの考慮など、これまでとは異なる点について新しい手法を考案し、クライアントが満足するようなサウンドロゴを完成させることができた。また、東宝×アルファポリスの AI 子守唄プロジェクトに参画し、プロのアーティストと協働して、日本に古来から伝わる子守唄から新たな子守唄「ほうやれほ」を完成させた。東京藝術大学 COI 主催のオンライン演奏会“AI ベートーヴェン”にも加わり、自動作曲システムで生成された楽曲とコンテンポラリーダンスを合わせた作品を披露した。さらに、空間音響作家である宮木朝子氏とともに作品を制作し、第 7 回 両国アートフェスティバルで披露した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 大谷紀子	4. 巻 25
2. 論文標題 個人の感性に即した自動作曲システムの活用	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会誌	6. 最初と最後の頁 18-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部大介, 大谷紀子, 永盛祐介	4. 巻 37-2
2. 論文標題 音楽大学の楽曲制作プロジェクトにおける人工知能を活用した学習環境デザインの一事例	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 161-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.37.161	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 向瑞稀, 大谷紀子	4. 巻 2
2. 論文標題 自動作曲システムにおけるHMMを用いたメロディの音高決定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第19回情報科学技術フォーラム講演論文集	6. 最初と最後の頁 113-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Noriko Otani	4. 巻 -
2. 論文標題 Generation of a Corporate Sound Logo Based on Symbiotic Evolution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation 2019	6. 最初と最後の頁 2107-2113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CEC.2019.8790096	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 向瑞稀, 大谷紀子	4. 巻 2
2. 論文標題 自動作曲システムにおけるメロディの確率的な音高決定手法の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会第82回全国大会予稿集	6. 最初と最後の頁 333-334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部大介, 大谷紀子	4. 巻 61
2. 論文標題 アーティストと人工知能技術の協働作曲にみる創造と省察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 質的心理学研究	6. 最初と最後の頁 61-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Noriko Otani, Daisuke Okabe, Masayuki Numao	4. 巻 -
2. 論文標題 Generating a Melody Based on Symbiotic Evolution for Musicians' Creative Activities	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference 2018	6. 最初と最後の頁 197-204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大谷紀子	4. 巻 10-2
2. 論文標題 個人の感性に即した自動作曲とその応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 先端芸術音楽創作学会会報	6. 最初と最後の頁 15-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 片山尊弘, 岡部大介, 大谷紀子	4. 巻 -
2. 論文標題 自動作曲システムを介したアーティストの楽曲制作場面のフィールドワーク	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第1回日本AI音楽学会フォーラム予稿集	6. 最初と最後の頁 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 福田尚人, 大谷紀子	4. 巻 -
2. 論文標題 自動作曲のための効率的な感性モデル抽出方法の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第1回日本AI音楽学会フォーラム予稿集	6. 最初と最後の頁 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 向瑞稀, 町田美穂, 大谷紀子	4. 巻 -
2. 論文標題 拍子変更による自動変奏	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第1回日本AI音楽学会フォーラム予稿集	6. 最初と最後の頁 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡邊稜祐, 大谷紀子	4. 巻 -
2. 論文標題 水野式黒鍵作曲法に基づく対話型作曲システム	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第1回日本AI音楽学会フォーラム予稿集	6. 最初と最後の頁 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大谷紀子	4. 巻 -
2. 論文標題 多様なイメージを反映した企業名サウンドロゴの生成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 進化計算シンポジウム2018予稿集	6. 最初と最後の頁 331-336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部大介, 大谷紀子	4. 巻 -
2. 論文標題 楽曲創作における自動作曲システムの活用 音楽大学における学習環境デザインのケーススタディ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会インタラクション2019論文集	6. 最初と最後の頁 590-591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 向瑞稀, 大谷紀子	4. 巻 2
2. 論文標題 ピアノ演奏における表情付けを考慮したMIDIの生成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会第81回全国大会予稿集	6. 最初と最後の頁 429-430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 向瑞稀
2. 発表標題 自動作曲システムにおけるHMMを用いたメロディの音高決定
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Noriko Otani
2. 発表標題 Generation of a Corporate Sound Logo Based on Symbiotic Evolution
3. 学会等名 IEEE Congress on Evolutionary Computation 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大谷紀子
2. 発表標題 個人の感性に即した自動作曲とその応用
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会九州支部夏季ワークショップ2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向瑞稀, 大谷紀子
2. 発表標題 自動作曲システムにおけるメロディの確率的な音高決定手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Noriko Otani, Daisuke Okabe, Masayuki Numao
2. 発表標題 Generating a Melody Based on Symbiotic Evolution for Musicians' Creative Activities
3. 学会等名 The Genetic and Evolutionary Computation Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷紀子
2. 発表標題 個人の感性に即した自動作曲とその応用
3. 学会等名 先端芸術音楽創作学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山尊弘, 岡部大介, 大谷紀子
2. 発表標題 自動作曲システムを介したアーティストの楽曲制作場面のフィールドワーク
3. 学会等名 第1回日本AI音楽学会フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福田尚人, 大谷紀子
2. 発表標題 自動作曲のための効率的な感性モデル抽出方法の提案
3. 学会等名 第1回日本AI音楽学会フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 向瑞稀, 町田美穂, 大谷紀子
2. 発表標題 拍子変更による自動変奏
3. 学会等名 第1回日本AI音楽学会フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊稜祐, 大谷紀子
2. 発表標題 水野式黒鍵作曲法に基づく対話型作曲システム
3. 学会等名 第1回日本AI音楽学会フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷紀子
2. 発表標題 多様なイメージを反映した企業名サウンドロゴの生成
3. 学会等名 進化計算シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡部大介, 大谷紀子
2. 発表標題 楽曲創作における自動作曲システムの活用 音楽大学における学習環境デザインのケーススタディ
3. 学会等名 情報処理学会インタラクション2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向瑞稀, 大谷紀子
2. 発表標題 ピアノ演奏における表情付けを考慮したMIDIの生成
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大谷紀子, 岡部大介, 沼尾正行
2. 発表標題 共生進化に基づく自動作曲システムでの創作活動支援 『AIとぼく』のケーススタディ
3. 学会等名 進化計算シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

感性を反映した自動作曲における生成楽曲の多様性の向上
<https://www.comm.tcu.ac.jp/otani-lab/kaken17-19/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	沼尾 正行 (Numao Masayuki) (30198551)	大阪大学・産業科学研究所・教授 (14401)	
連携研究者	饗庭 絵里子 (Aiba Eriko) (40569761)	電気通信大学・情報理工学研究科・准教授 (12612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------