

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 7 月 2 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26240025

研究課題名(和文) 音楽の作曲・演奏・信号の数理モデルを融合する音楽音響情報処理の研究

研究課題名(英文) Music information processing combining composition, performance and signal models

研究代表者

嵯峨山 茂樹 (Sagayama, Shigeki)

明治大学・総合数理学部・専任教授

研究者番号：00303321

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,800,000円

研究成果の概要(和文)：音楽の作曲・演奏・信号の複数階層の数理モデルの開拓と融合を進めた。A: 信号階層では、音楽信号の多重音解析、楽譜整合、信号の変換・加工・分離、音源方向推定、音楽の電子透かしなど、B: 演奏階層では、演奏解析、リズム推定、自動演奏、自動伴奏、運指決定、自動ジャズセッションなど、C: 楽譜階層では音楽作曲理論の数理的定式化を軸にした和声認識、楽曲構造解析、歌詞からの自動作曲、自動作詞、自動編曲、画像からの自動作曲など、D: 共通基盤ではこれらを支える数理モデル化や機械学習・最適化、多階層ニューラルネットなどを階層間に渡る問題に重点をおいて、研究・開発を行った。

研究成果の概要(英文)：We pioneered and fused the hierarchical mathematical models of music composition, performance and signal such as A: the signal layer including multipitch analysis of music signals, score following, signal conversion / processing / separation, sound source direction estimation, and music watermarking, B: the performance layer including performance analysis, rhythm estimation, automatic rendition, automatic accompaniment, automatic fingering decision and automatic jazz session, C: the score layer including harmony recognition based on mathematical formulation of music composition theory, automatic music composition from lyrics, automatic lyrics creation, automatic arrangement, automatic composition from images, and D: the common infrastructure including mathematical modeling that supports them, machine learning / optimization, and deep neural networks, focusing on problems between these layers.

研究分野：音楽信号情報処理

 キーワード：音楽信号処理 音楽情報処理 自動作詞・作曲 音楽信号加工 自動運指決定・編曲 音楽電子透かし
 自動伴奏 和声解析

1. 研究開始当初の背景

(1) **世界動向**: 今世紀に入ってから音楽処理(信号処理・情報処理)の研究が世界的に急展開し、研究予算も増え続けている。背景には、デジタル音楽環境(iPodなど)の急速な普及、webベースや携帯端末での音楽配信や受聴、コンテンツベースの音楽検索への要求と期待とがあり、本研究開始時にもすでに活発な動きがあった。

国際会議も極めて活発化している。音楽情報検索関連の国際会議 **ISMIR** をはじめ、音楽関連の **SMC, ICMC, ICMP, MCM** や要素技術評価のコンテスト **MIREX** が国際競争を促している。大規模な学会としては、**IEEE 信号処理部門(Signal Processing Society)**でも、特集論文や国際会議 **ICASSP**でも音楽の比重が増していた。信号処理、マルチメディア、統計学習に関連した会議では、**NIPS, IJCAI, MLSP, MMSP, ICME, Interspeech, WASPAA** などでも音楽が占める割合が増して来ている。

これらの研究の目的は多岐に渡るが、特に音楽検索(MIR)分野が信号処理・情報学・音楽学・人工知能などを総合する形で一大勢力をなしている。

(2) **国内動向**: 日本は、かねてより音響楽器・電子楽器製造、オーディオ機器、デジタル音楽規格や機器製造、また音楽コンクールでの活躍やアジアへのポップス音楽浸透など、音楽では多面的に世界の音楽産業をリードし、大きな影響力と市場を持つ。それに見合う音楽の情報科学的・工学的研究の貢献が必要である。

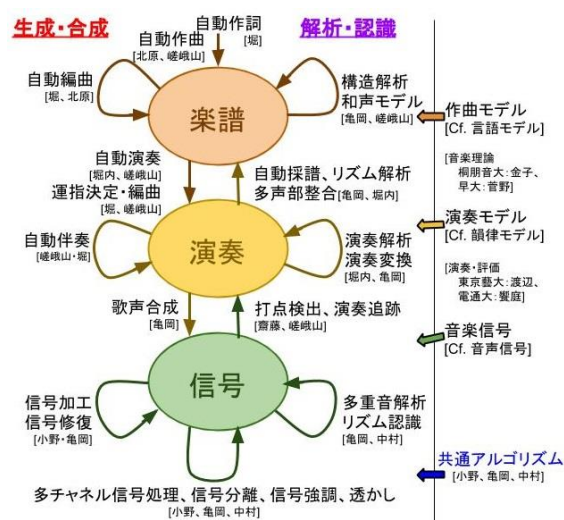
日本でも音楽情報処理の研究分野は急成長中の分野の一つである。2005~2010年には、CRESTのメディア芸術領域で「時系列メディアのデザイン転写技術の開発」(代表:片寄晴弘)が採択され、当研究グループを含む日本の音楽情報処理研究の五大拠点協力して多大な成果を挙げた。他の研究グループとしては、企業(ヤマハ、KORG、カシオ、ローランドなど)の開発部門の他にも、大学などで音楽に向けた関心や活動が急速に高まっていた。

本研究開始時は、現在の人工知能(AI)ブームが始まろうとしていた時期でもあり、当グループの自動作曲技術は、AIの芸術への進出と捉えられ、AI創作の著作権帰属の議論が始まろうとしていた。

2. 研究の目的

音楽の作曲・演奏・信号の複数階層の数理モデルの開拓と融合を進めることで、多くの原理と手法と応用を含めた成果を生み出すことを目標に置いた。これは、音声認識・合成分野では音響・韻律・言語のモデル統合が鍵であったことを強く意識した理念であった。以下の3階層(右図)のそれぞれの解析と生成の両面で、

A) 信号階層: 楽音を扱うレベルで、【解析】多チャンネル音楽信号分離、多重音解析、



音響リズム認識、信号加工(修復)・分離・認識、自動採譜、信号の楽譜追跡 / 【生成】歌声合成など

B) 演奏階層: 【解析】演奏解析、演奏リズム解析 / 【生成】自動演奏、自動伴奏など

C) 楽譜階層: 【解析】構造解析、和声解析 / 【生成】自動作曲、自動編曲、四声体生成など

D) 共通基盤: ニューラルネット学習の高速化、DNN(Deep ural Network)の上記問題への適用、補助関数法による学習、新しいモデル型(合流型HMMなど)などの階層間に渡る問題に重点をおいて検討を行い、テーマを選定して研究・開発を行った。具体的な研究内容は次ページ以降に述べるように多岐に渡るが、まとめていえば、音楽情報処理において(音声認識と同型の)確率モデルに基づくアプローチの有効性と「音楽の作曲・演奏・信号のモデル」の重要性を明らかにすることを目標とした。

3. 研究の方法

本研究は、統計的信号処理、音楽理論の確率モデル化などを中心に据えた数理的アプローチにより、音楽信号及び音楽情報の解析・認識・加工・生成に関する広汎な技術を開発するものであった。主にコンピュータ上のアルゴリズムの追求であるが、実際の音楽を音響信号・演奏情報(MIDIデータ)・楽譜・指づかいなどの形で扱った。

研究代表者、分担者らとともに多数の大学院生・学部生がこれらの分野に取り組み、研究を進めた。明治大学・東京大学メンバーを中心に、国立情報学研究所、NTT、桐朋学園大学、亜細亜大学、千葉大学らのメンバーと共同で研究を進めた。

国内外での多数の学術発表、ソフトウェア公開、発表会や展覧会、マスメディア(TV等)など、多面的に成果を発信し、反応を得た。

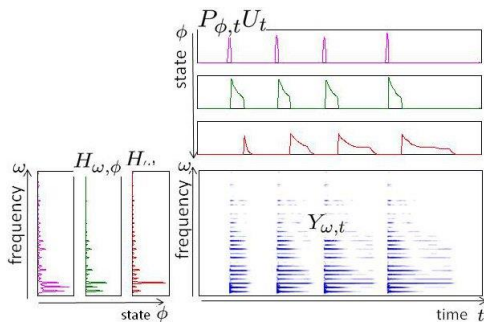
自動作曲を一般向けwebサービスによって提供した。自動演奏・自動伴奏などの成果もソフトウェア化を進めた。

4. 研究成果

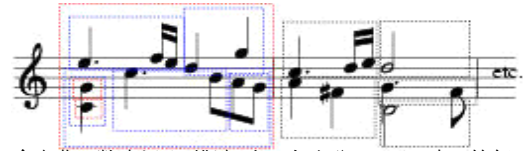
以下のような多数の研究成果を得た。[]内は、それに寄与した研究者名・学生名である。

A: 信号階層

- 1) NMFによる高度な多重音解析 [亀岡、院 Smaragdīs(2003)]らによって導入された非負値行列因子分解(NMF)法(下図)は、モデルなしで頻出する楽音スペクトルとそれらの生起時系列の積に分解する手法であるが、本研究では L_p ノルムに基づく NMF と、歌唱音声のエンハンスメントへの応用、畳込み NMF に基づく高精度な多重音解析法を開発した



- 2) 音楽音響信号に対する高耐性電子透かし
音楽創作物の著作権の保護はますます重要な問題となって来ている。一つの対策は創作時に著作権情報を電子透かしとしてコンテンツに埋め込むことであるが、それによってコンテンツが劣化しない高品質性と、電子透かしを削除しようとする悪意のある攻撃や、圧縮符号化のような変換に対して高い耐性をもつ必要があり、その技術を開発し、著作権保護に貢献するために、ステレオ音楽音響信号に対し、時間周波数領域の位相差に情報を埋め込む、新しい頑健な音響電子透かしの手法を開発した。本手法は国際会議 The Tenth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIHMSP)で Excellent Paper Award を受賞した。
- 3) 複合ウェーブレットモデル(CWM)による音声の合成
従来のソース・フィルタモデルによる音声合成では巡回型フィルタを仮定するため、F0 周波数とフォルマントの関係によって利得が大きく変動し、安定感のある音声合成は難しかった。我々は、音声スペクトルを混合ガウス分布(GMM)でモデル化し、各ガウス関数は波形領域では Gabor wavelet で表されることから、wavelet 波形重畳での合成を提唱したが、これを歌唱音声合成に用いるためのステップとして、テキスト音声合成に用いて、振幅特性と時間特性が改善されることを示した。
- 4) スペクトログラムからの無矛盾位相復元に
基づく信号変換



多声曲は数式と同じ構造:上の左半分は、下の式に等価
($1.5e/4+f/16+e/16$)*($G/4*C/4+1.5c/4+B/8+A/8+G/8$)

パワースペクトルは位相情報を失っている

で波形が復元できないのが常識だ(だった)が、窓を重畳した短時間スペクトル分析からは、重畳部分に基づいて逐次位相回復できる。ウェーブレット変換は、音階と同様に対数周波数スケールの周波数分解能のスペクトログラムを得ることができ時間周波数解析法であり、音楽信号処理において非常に有用である。この原理を確認するために、高音質かつ楽音の自然性を維持したテンポ変換、ピッチ変換、ケブストラム領域での信号加工を検討した。

B: 演奏階層

- 1) 外積型HMMの演奏モデルに基づく高精度な楽譜追跡と自動伴奏システム実現
演奏の数理モデルの対象として、今までもテンポ変動・弾き間違い・曲中のジャンプなどを HMM でモデル化し、Viterbi 尤度最大基準で楽譜を追跡する研究を行ってきた。ユーザーによる誤りや任意の弾き直し・弾き飛ばしを含む多様な演奏に対して追従できる自動伴奏技術の研究・開発を行った。遷移確率行列がベクトルの外積で表される HMM (隠れマルコフモデル) を考案し、楽譜追跡に必要な計算量を大幅に低減するアルゴリズムを導出した。このモデルにより、弾き直しは小節やフレーズの頭からされやすいなどの演奏の傾向を記述でき、楽譜追跡の精度が向上することも確認し、自動伴奏システム "Eurydice" の開発に逐次反映した。
- 2) 出力合流型HMMに基づくピアノ運指自動決定とリズム採譜
緩く同期した多声部の演奏を記述する出力合流 HMM を考案し、楽譜追跡、ピアノ運指の自動決定とリズム採譜の精度向上に有効であることを検証・確認した。
- 3) 自動伴奏におけるテンポ変化プラン推定
伴奏システムにおいて、人間の演奏者の事前独奏・事前合奏(リハーサル)によりテンポ変化プランを推定し、テンポ変化の大きな楽曲に対し、追従性能を向上した。
また、名演奏の合奏の録音データを詳細に解析し、二人の人間同士の合奏で両者が互いに聴き合い両者ともテンポ制御するモデルを実現した。録音された合奏データでの評価実験で予測精度の向上を確認した。
- 4) 隠れマルコフモデルによる自動編曲
ピアノ曲をギターに編曲するとは、曲のダメージが小さい変更を施して演奏可能な楽譜へ落とし込むことである、演奏可能とは

運指が存在することである、と我々は考えた。編曲先の楽器の演奏状態を隠れ状態とし、編曲元の楽譜の音符を出力記号とする隠れマルコフモデルの復号問題として、異なる楽器間の自動編曲を実行するアルゴリズムを開発した。オーケストラ譜からのピアノへの編曲などに取り組んだ。編曲先の楽器の運指も含めた現実的な編曲結果を得られた。

与えられた楽曲を移調することにより最適な編曲を得る手法を考察し、可能な移調先を全探索することにより自動的に最適な移調を決定する方法を提案した。

また、ギター演奏者の左手と右手を独立にモデリングすることにより、アルペジオなどギターに特徴的な演奏法を利用する自動編曲が可能となることを示した。

また、良い音で演奏するために、開放弦を用いないギター運指、あるいは弦間の移動を最小化する運指など自動的に探索するアルゴリズムを開発した。

C: 作曲階層

1) 多声音楽の2次元LRパーサによる自動採譜

我々は、多声楽曲が図のように数式同様に文脈自由文法で表せることに気づいていたが、入力言語のように一次元に並んで入力されず、*の記号では同時に演奏されるので、構文解析のためには縦(和音方向)と横(時間方向)の2次元パーサを案出せねばならなかった。人間のように殆ど遅れなく音楽理解を進めるため、LRパーサの2次元版を開発した。さらに、人間の演奏には横の伸縮や縦のずれもあるため、音符の演奏データから楽譜を復元するには、楽譜生成と演奏変動の両方の確率モデルの同時モデルの最尤解を得る手法を開発した。

2) 和声進行の統計的モデルと四声体実現

作曲の背後には和声進行(いわゆるコード進行)があるが、その確率モデルを学習するために和声の、専門家による和声解析データを作成していた。その逆方向として、和声進行から和声学の理論に基づいて具体的な各声部が実現される。その基礎は「四声体和声」と呼ばれる四部合唱形式であり、各声部の旋律(横)と声部間の関係(縦)を同時に良好に実現しなければならず、音楽大学における音楽教育の重要な部分である。これを数理的な最適化問題として定式化し、実現した。

3) 確率的言語モデルと動的計画法に基づく自動作詞システム

歌詞コーパスを形態素解析して得られた形態素リスト上の経路探索により、自動的に歌詞を生成するアルゴリズムを開発した。2段階の動的計画法によりユーザーが指定したキーワードを含む歌詞を生成する手法を開発した。さらに、トピックモデルに基づき関連語をキーワードとして追加して自動

作詞し、歌詞に基づく作曲システムへ入力した。

4) 歌詞からの自動作曲システムの改良と人工知能創作の検討

我々は歌詞の韻律に基づいて自動作曲するシステム(Orpheus)を作成し公開し、好評を得ている。このシステムのユーザインタフェースの改善を行った。

このシステムは人工知能による作曲の代表とされ、作曲数は40万曲を超え、作品へのアクセスは150万回を超え、Google検索「自動作曲」では数年間常に1位を保っており、他の同種の機能を大きく引き離している。

人工知能創作物の著作権帰属の問題は、社会的関心も呼び、マスメディアでたびたび報道された。

自動作曲の条件設定を歌詞から自動的に行う手法を開発した。Word2vec手法による歌詞のベクトルと、自動作曲作品の代表例の歌詞ベクトルとを比較して、最も近い設定を条件設定することにより、ユーザーが希望する曲想に近い自動作曲がなされることが確認された。

5) メロディの操作加工技術

音楽の非専門家が自由にメロディを操作・加工できるように、メロディをより抽象度の高い表現に変換し、専門知識なしにメロディの操作・加工を実現する方法を検討した。また、メロディに和声付けをする方法としてベイジアンネットワークを用いたものに着目し、詳細な比較検討を行った。

D: 共通基盤と応用

1) 機械学習アルゴリズムの実現と高速化

本研究の様々な用途で用いるDNN(深層学習ニューラルネット)、LSTM、NMF、HMMなどの機械学習アルゴリズムを実現し、高速化を行った。

2) ギター演奏のMIDI化技術開発

ギターは人気の高い楽器であるが、計算機への入力手段としてはあまり活用されていない。そこで、ギター演奏をMIDI化する技術の開発に取り組んだ。

3) 自動作曲応用とタテ線譜

演奏支援(自動伴奏システム、ジェスチャー認識による自動譜めくり、MIDIファイルからのタテ線譜の生成)、作曲とその応用(画像の印象にマッチした楽曲の半自動生成、ARによる古墳の遺物と発掘調査状況の表示と雰囲気にあった楽曲生成)、編曲(既存の楽曲のダンス調への変換)、演奏(自動伴奏の表現力向上のためのMIDI演奏表情付けの基礎検討)の研究を行った。

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〕（査読あり論文誌論文および査読あり会議録掲載論文：61編）

1. 栗原 拓也, 木下 尚洋, 山口 竜之介, 横溝 有希子, 竹腰 美夏, 馬場 哲晃, 北原 鉄朗, “カラオケを盛り上げるためのタンバリン演奏支援システム,” 情報処理学会論文誌, 採録決定 (採録日: 2017年2月10日) 【論文誌】
2. Hideyuki Tachibana, Yu Mizuno, Nobutaka Ono and Shigeki Sagayama, "A Real-time Audio-to-audio Karaoke Generation System for Monaural Recordings Based on Singing Voice Suppression and Key Conversion Techniques," Journal of Information Processing, vol. 24, no. 3, pp. 470-482, May 2016. 【論文誌】
3. Gen Hori and Shigeki Sagayama, "Minimax Viterbi algorithm for HMM-based guitar fingering decision," Proc. 17th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR2016). 【国際学会】
4. Antoine Liutkus, Fabian-Robert Stoeter, Zafar Rafii, Daichi Kitamura, Bertrand Rivet, Nobutaka Ito, Nobutaka Ono and Lujie Fontecave, "The 2016 Signal Separation Evaluation Campaign," Proc. LVA/ICA, pp. 323-332, Feb. 21-23, 2017. 【国際学会】
5. Tomohiko Nakamura and Hirokazu Kameoka, "Shifted and Convolutional Source-Filter Non-Negative Matrix Factorization for Monaural Audio Source Separation," Proc. 41st IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 489-493, Mar. 2016. 【国際学会】
6. Eita Nakamura, Nobutaka Ono, Shigeki Sagayama, Kenji Watanabe, "A Stochastic Temporal Model of Polyphonic MIDI Performance with Ornaments," Journal of New Music Research, Vol. 44, No. 4, pp. 287-304, 2015. 【論文誌】
7. Tomohiko Nakamura and Hirokazu Kameoka, " L_p -Norm Non-Negative Matrix Factorization and Its Application to Singing Voice Enhancement," Proc. 40th IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 2115-2119, Apr. 2015. 【論文誌】
8. Hideyuki Tachibana, Yu Mizuno, Nobutaka Ono and Shigeki Sagayama, "A Real-time Audio-to-audio Karaoke Generation System for Monaural Recordings Based on Singing Voice Suppression and Key Conversion Techniques," Journal of Information Processing, vol. 24, no. 3, pp. 470-482, 2016. 【論文誌】
9. Tetsuro Kitahara and Yuichi Tsuchiya, "A Machine Learning Approach to Support Music Creation by Musically Untrained People," Proceedings of the Constructive Machine Learning Workshop, in conjunction with NIPS 2016, December 2016. 2016年12月05日~2016年12月10日 Barcelona (Spain) 【国際学会】
10. Takuya Kurihara, Yukiko Yokomizo, Minatsu Takekoshi, Tetsuaki Baba, and Tetsuro Kitahara, "A Tambourine Support System to Improve the Atmosphere of Karaoke: Support of Play by Multiple Players," Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE 2016), October 2016.
11. Viktor Erdélyi, Nobutaka Ono and Shigeki Sagayama, "Implementation of Harmonic-Percussive Sound Separation for Audacity," Proc. ISMIR, (demo paper) Dec. 2015. 【国際学会】
12. Tetsuro Kitahara, Shunsuke Hokari, and Tatsuya Nagayasu, "Supporting Jogging at an Even Pace by Synchronizing Music Playback Speed with Runner's Pace", IEICE Transactions on Information and Systems (Letter), Vol.E98-D, No.4, pp.968-971, April 2015. 【論文誌】
13. Jun-ichi Suzuki, Naoyuki Suetsugu, and Tetsuro Kitahara, "A Music Recommender for a Group of People," The 2015 International Society of Music Information Retrieval (ISMIR 2015), Late Breaking/Demo, October 2015. (not deeply reviewed), 2015年10月26日~2015年10月30日 Malaga (Spain) 【国際学会】
14. Hideyuki Tachibana, Hirokazu Kameoka, Nobutaka Ono and Shigeki Sagayama, "Harmonic/Percussive Sound Separation based on Anisotropic Smoothness of Spectrograms," IEEE/ACM Trans. ASLP, vol. 22, no. 12, pp. 2059-2073, Dec. 2014. 【論文誌】
15. Eita Nakamura, Tomohiko Nakamura, Yasuyuki Saito, Nobutaka Ono and Shigeki Sagayama, "Outer-Product Type Hidden Markov Model and Polyphonic MIDI Score Following," Journal of New Music Research, vol. 43, no. 2, pp. 183-201, 2014. 【論文誌】
16. Shigeki Sagayama, Tomohiko Nakamura, Eita Nakamura, Yasuyuki Saito, Hirokazu Kameoka and Nobutaka Ono, "Automatic music accompaniment allowing errors and arbitrary repeats and jumps"; Proceedings of Meetings on Acoustics,

- vol. 21 (Issue 1), 035003, pp.1-11, Dec. 2014. (Publisher: Acoustical Society of America (online)). 【論文誌】
17. Tomohiko Nakamura and Hirokazu Kameoka, "Fast Signal Reconstruction from Magnitude Spectrogram of Continuous Wavelet Transform based on Spectrogram Consistency," Proc. 17th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-14), pp. 129--135, Sep. 2014. 【国際学会】
 18. Tomohiko Nakamura, Hirokazu Kameoka, Kazuyoshi Yoshii and Masataka Goto, "Timbre Replacement of Harmonic and Drum Components for Music Audio Signals," Proc. 2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP2014), pp. 7520--7524, AASP-P10.7, May, 2014. 【国際学会】
 19. Gen Hori, Shigeki Sagayama, "HMM-based automatic arrangement for guitars with transposition and its implementation," Proc. Joint ICMC|SMC, pp. 1257-1262, Sep. 2014. 2014年9月17日 アテネ 【国際学会】
 20. Tetsuro Kitahara, Shogo Matsukata, Masaki Matsubara, and Hiroko Terasawa, "A Preliminary Experiment of Predicting Muscle Activity from Musical Acoustic Features," Proceedings of the 7th International Workshop on Machine Learning and Music (MML 2014), (Extended Abstract), November 2014., 2014年11月28日 Barcelona (Spain) 【国際学会】
 21. Shizuka Wada, Yasuo Horiuchi, Shingo Kuroiwa, "Tempo Prediction Model for Accompaniment System" Proceedings of ICMC & SMC 2014 Joint Conference, pp.1298-1303, Sep.2014. 【国際学会】
 22. Syunpei Suzuki and Tetsuro Kitahara, "Four-part Harmonization Using Bayesian Networks: Pros and Cons of Introducing Chord Nodes", Journal of New Music Research, Vol.43, No.3, pp.331--353, September 2014. 【論文誌】
 23. Eita Nakamura, Tomohiko Nakamura, Yasuyuki Saito, Nobutaka Ono and Shigeki Sagayama, "Outer-Product Type Hidden Markov Model and Polyphonic MIDI Score Following," Journal of New Music Research, vol. 43, no. 2, pp. 183-201, 2014. 【論文誌】

その他 38 編

[学会発表] (査読なし講演論文および招待講演: 71 編)

1. Shigeki Sagayama, "Fun with Music Research," Proc. APSIPA, Dec. 13-16,

2016. Jeju (South Korea) 【国際学会・基調講演・招待】

2. 嵯峨山 茂樹, "人工知能と音楽," 情報処理学会 2017年全国大会 大会イベント企画「コンピュータは、どんな作品を生み出していくのだろうかー人工知能と創造性」, 情報処理学会, 3月, 2017年. 名古屋大学 【招待講演】

その他 69 編

6. 研究組織

(1) 研究代表者

- 嵯峨山 茂樹
明治大学・総合数理学部・専任教授
研究者番号 00303321

(2) 研究分担者

- 小野 順貴
国立情報学研究所・情報学プリンシプル研究系・准教授
研究者番号 80334259
- 堀 玄
亜細亜大学・経営学部・教授 (開始当初は准教授)
研究者番号 60322658
- 堀内 靖雄
千葉大学・融合科学研究科 (研究院)・准教授
研究者番号 30272347
- 中村 和幸
明治大学・総合数理学部・准教授
研究者番号 40462171
- 北原 鉄朗
日本大学・文理学部・准教授 (開始当初は講師)
研究者番号 00454710
- 齋藤 康之
木更津工業高等専門学校・情報工学科・准教授
研究者番号 40331996

(3) 連携研究者

- 亀岡 弘和
日本電信電話株式会社・NTTコミュニケーション科学基礎研究所メディア情報研究部・特別研究員 (開始当初は研究主任) / 東京大学・情報理工学系研究科・客員准教授
研究者番号 20466402
- 金子 仁美
桐朋学園大学・音楽学部・教授 (開始当初は准教授)
研究者番号 00408949
- 菅野 由弘
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号 90298141