

演奏技法に着目した楽曲分析 —ギター奏法オントロジーを活用して—

飯野 なみ^{1,2,3,a)} 浜中 雅俊^{3,b)} 西村 拓一^{1,c)} 武田 英明^{2,4,d)}

概要: 楽器演奏において上級者のノウハウを抽出し体系化することは、効率的な弾き方や効果的な表現の実現に繋がる。我々はこれまで、多くの演奏技法が求められるクラシックギターに着目し、知識工学的アプローチによってギター奏法オントロジーを構築した。これは、クラシックギターの演奏技法を主概念として分類し、具体的な行為や手順を記述したものである。本研究では、ギター奏法オントロジーの概念を対象として、ギターコンクールで選曲率の高い楽曲における演奏技法の傾向や変遷を調査した。その結果、上級者から記譜情報の約2倍の演奏技法を抽出し、それらの使用方法や難しさについて知見を得ることができた。

Music Analysis with focusing on Techniques by using the Guitar Rendition Ontology

1. はじめに

楽器演奏において、演奏技法を正しく解釈することは重要である。上級の演奏者は、楽譜情報から音楽構造を理解した上で、それを適切に処理するための弾き方を判断し、実行する。上級者の持つ知識やノウハウを収集することによって、効率的な弾き方や効果的な表現を体系的に捉え、学習者の演奏支援に繋げることができる。

人間の持つ知識を体系化する一つの方法として、オントロジーが挙げられる [6]。我々の先行研究では、多くの演奏技法が求められるクラシックギターに着目しギター奏法オントロジーを構築した。このオントロジーは、クラシックギターの演奏技法を詳細に分類し、それらの行為や手順を記述している。図 1 に、楽曲分析におけるギター奏法オントロジーの位置付けを示す。

本研究では、ギター奏法オントロジーの概念を分析対象として楽曲分析を行う。ギターコンクールで選曲率の高い楽曲を取り上げて、時代ごとの演奏技法の特徴や、上級者が行う演奏技法の傾向や変遷を調査する。それによって、記譜情報の現状を把握したり、ギター上級者の知識やノウハウを獲得することを試みる。

楽曲分析の関連研究としては、音楽構造を分析するための理論がいくつも提唱されている [7], [8]。音楽に関する知識の体系については、オントロジーやセマンティックの分野で、楽器の分類 [4]、記譜情報の体系 [10]、セマンティック・ウェブのためのデータ化 [9] などが行われている。

以下、2章では、ギター奏法オントロジーについて説明する。3章で、ギター奏法オントロジーの概念を活用した楽曲分析について述べ、4章で分析結果について議論する。最後に、5章でまとめと今後の展望について述べる。

2. ギター奏法オントロジー

我々はこれまで、クラシックギターの演奏の行為に焦点を当てて、ギター奏法オントロジー^{*1}を構築した [3]。本章では、最新の Ver.2.4 (英語版) について述べる。なお、本稿では奏法と演奏技法を同義として扱う。

¹ 産業技術総合研究所
AIST, Koto, Tokyo 101-0062, Japan
² 総合研究大学院大学
SOKENDAI, Chiyoda, Tokyo 101-0062, Japan
³ 理化学研究所
RIKEN, Chuo, Tokyo 101-0062, Japan
⁴ 国立情報学研究所
NII, Chiyoda, Tokyo 101-0062, Japan
a) nami-iino@aist.go.jp
b) masatoshi.hamanaka@riken.jp
c) takuichi.nishimura@aist.go.jp
d) takeda@nii.ac.jp

^{*1} <https://github.com/guitar-san/Guitar-Rendition-Ontology>

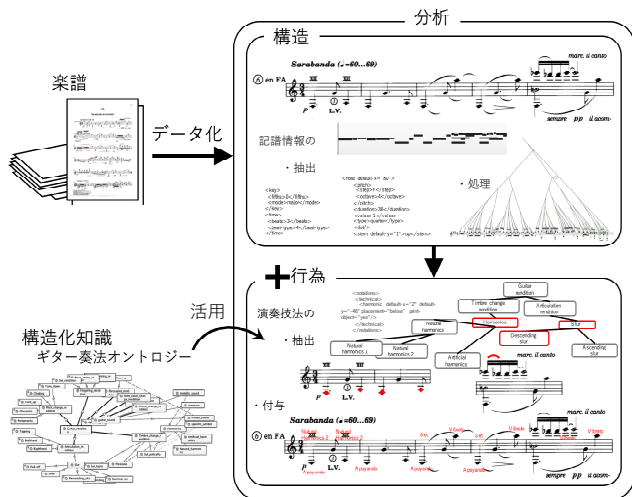


図 1 ギター奏法オントロジーを活用した楽曲分析

Fig. 1 Music analysis using the Guitar Rendition Ontology.

2.1 演奏技法の分類

ギター奏法オントロジー Ver.2.4 は、98 の概念と 20 の属性で構成されている。概念は、クラシックギターの演奏技法を主要な概念 (Class) として is-a 関係*2で階層化している。Guitar rendition を上位概念とし、その下位概念 (SubClass) に以下の 8 つ概念を定義して演奏技法を大分類している。

- *Articulation rendition* : 音と音の繋ぎ方を変えるための演奏技法
- *Chord change rendition* : 和音の弾き方についての演奏技法
- *Fingering rendition* : 手や指の動かし方に関する演奏技法。さらに *Pluck string rendition*, *Press string rendition*, *Set rendition* に分かれている。
- *Note value change rendition* : 音の長さを変えるための演奏技法
- *Ornament rendition* : 装飾的に音を変化させるための演奏技法。
- *Percussive rendition* : 効果音や他楽器を模倣した音を出すための演奏技法
- *Pitch change rendition* : 音程を変化させるための演奏技法
- *Timbre change rendition* : 音色を変えるための演奏技法

そして、これらの下位概念に具体的な演奏技法を定義している。例えば、*Timbre change rendition* の構造は記述論理 (DL) [2] で次のように表現される；

*2 Class 間の包含関係を定義するもので、A is a B の場合、ClassA が ClassB の一種であることを示している。

Timbre change rendition \sqsubseteq *Guitar rendition*
Artificial harmonics \sqsubseteq *Timbre change rendition*
Harmonics \sqsubseteq *Timbre rendition*
Pizzicato \sqsubseteq *Timbre rendition*
Sul ponticello \sqsubseteq *Timbre rendition*
Sul tasto \sqsubseteq *Timbre rendition*

Harmonics においては、行為の違いを考慮してより詳細に分類している；

Artificial_harmonics \sqsubseteq *Harmonics*
Natural_harmonics \sqsubseteq *Harmonics*

Natural_harmonics1 \sqsubseteq *Natural_harmonics*
Natural_harmonics2 \sqsubseteq *Natural_harmonics*

2.2 行為の記述

ギター奏法オントロジーにおいて最も重要な要素は、各演奏技法を達成するための行為の記述である。これによって、前述した概念の分類だけではなく、行為の構造に基づく概念間の関係を明らかにすることを目指している。

行為の記述では、次のような属性のルールを設けている。(a) 行為の順序は、“action+数字”で定義する。(b) 「行為 A をしながら行為 B をする」という同時進行の行為は、行為 A を “conditional-action”，行為 B を “primary-action” で定義する。(c) 実行する行為は “playing-action” の値として定義する。(d) 構造化は (a), (b), (c) の順で行い、行為を実行する場所や使用する指などの詳細情報は (c) と同じ階層で記述する。

図 2 に、*Artificial harmonics* の行為を示す。記述言語には、Manchester OWL Syntax[5] を用いている。*Artificial harmonics* の “action1” では、「ネック側の指で弦を押す (press string neck) と indice で弦を触る (touch string body) をしながら、anular, medio, pulgar (親指) のいずれかで弦を弾く (pluck string body)」。次の “action2” では、「ネック側の指で弦を押す をしながら、indice (人差し指) を弦から離す (release finger from the string bod)」。indice, anular, medio, pulgar は、それぞれ人差し指、薬指、中指、親指を指す用語である。なお、target sound は目的とする音の種類を、symbol は楽譜に記載される記号の種類を示している。

3. 演奏技法に着目した楽曲分析

本章では、上級者の知識やノウハウを取り出すことを目的として、ギター奏法オントロジーで定義している概念 (演奏技法) を対象とした楽曲分析を行う。

```

Class: Artificial harmonics
SubClassOf:
  Timbre change rendition,
  action1 some
    ((conditional-action1 some (playing-action some press string neck))
    and (conditional-action2 some
      ((place of action some the 12th fret from pressed fret)
      and (playing-action some touch string body)
      and (used finger some indice)))
    and (primary-action some
      ((playing-action some pluck string body)
      and (used finger some
        (anular or medio or pulgar))))),
  action2 some
    ((conditional-action1 some (playing-action some press string neck))
    and (primary-action some
      ((playing-action some release finger from the string body
      and (used finger some indice))))),
  symbol some specific symbol,
  target sound some overtone
    
```

図 2 ギター奏法オントロジーのデータ構造

Fig. 2 The data structure of Guitar Rendition Ontology

表 1 分析楽曲の一覧

Table 1 A list of guitar pieces.

composer	title	period
L.Brouwer	Sonata	contemporary
J.Dowland	Fantasia No.7	renaissance
J.Rodrigo	Invocation y Danza	contemporary
J.K.Mertz	Fantasia Hougroise	classic
D.Aguado	Introduction and Rondo Op.2 No.2	classic
J.S.Bach	BWV998 Prelude, Fuga, Allegro	baroque

3.1 分析する楽曲

上級者が演奏する楽曲として、国際的なギターコンクールで使用される楽曲が考えられる。筆者の先行研究では、東京国際ギターコンクールの過去 13 年分の選曲傾向を調べた [1]。東京国際ギターコンクールの本選では、ルネッサンス・バロック期の作品、1750 年頃より 1920 年頃の作品、1920 年頃以降の作品の 3 つの時代を含むプログラムが求められる。そこでまず、時代別の演奏技法の特徴を明らかにするために、先行研究でリストアップされた楽曲の中から、選曲回数が多い 6 曲を取り上げた (表 1)。次に、上級者の演奏技法の特徴を調査するために、多くの演奏技法が含まれている 1920 年以降の作品から L.Brouwer 作曲の Sonata に焦点を当てて分析した。

3.2 データ化

3.2.1 フォーマット : MusicXML

本研究では、楽曲データの処理が可能な形式として MusicXML を用いた。MusicXML は、XML 形式で楽譜を表記できるフォーマットであり、様々な音楽記号に対応

```

<measure number="2" width="232">
  <note default-x="14">
    <pitch>
      <step>B</step>
      <octave>4</octave>
    </pitch>
    <duration>2</duration>
    <voice>1</voice>
    <type>quarter</type>
    <stem default-y="20.5">up</stem>
    <notations>
      <articulations>
        <staccato default-x="3" default-y="27"
          placement="above"/>
      </articulations>
    </notations>
  </note>
    
```

図 3 MusicXML のデータ構造

Fig. 3 The data structure of MusicXML

している。図 3 に、MusicXML の基本的な構造を示す。measure は小節を、note は音高や音価などの音符情報を、notations は音符に付与される演奏記号の種類を、それぞれ示している。本稿では、notations から演奏技法の抽出を行った。例えば、図 3 の notations では、アーティキュレーションに関する記号 (articulations) の一つとして staccato が定義されている。articulations 以外には、ornaments と technical がある。

データ化には、MusicXML ファイルを扱うことができる楽譜作成ソフト「Finale」を使用した。ただし、Finale の notations で定義されている演奏技法は限られている。そこで、notations として記述できないものは、図 4 のように direction の words の値として記述し、用語を抽出でき

```
<measure number="2" width="232">
  <direction placement="above">
    <direction-type>
      <words default-y="40" font-family="Times
        New Roman" relative-x="3">pizz.</words>
    </direction-type>
  </direction>
  <note default-x="14">
```

図 4 MusicXML のデータ構造

Fig. 4 The data structure of MusicXML

るようにした。ここでは、ギター奏法オントロジーの概念である *Pizzicato* が記述されている。

3.2.2 演奏技法の付与

楽曲のデータ化の手順を以下に示す。

- (1) ギター奏法オントロジーの概念の中から、記譜されている全ての演奏技法を付与する。なお、ルネサンスとバロックの2曲は原曲がリュート作品であるため、編曲者の解釈に伴って演奏技法が影響を受けないように原曲に忠実な版を選定した。
- (2) ギターコンクールで優勝経験のある上級者にヒアリングし、(1) 対して演奏技法の追加や修正を行う。この時、ギター奏法オントロジーの概念を見ながら、最下位層の演奏技法を付与する。

(1) では、楽譜の音型または運指から判断しなければならない演奏技法が見られた。例えば、*Figura* は、胴板側の親指と人差し指を交互に連続して弾く奏法であり、運指が記されている場合のみ4音で1回となるよう付与した。また、*metalico* という金属的な音を出すという演奏記号は、一般的に *Sul ponticello* という演奏技法で実現するため、用語を置き換えた。*Arpeggio* は分散和音を示すが、ここでは、同時和音をあえてずらして演奏するものを対象とした。

(2) については、分析結果に大きな偏りが出ないように、上級者が常用している *Al aire* を除外した。*Al aire* は、弦の弾き方に関する演奏技法で、弦を弾いた後の指の行き先が空中であることを示す。*Set (Planting)* は、予め複数の指を弦上に準備した状態から順次に弦を弾く演奏技法であり、ここでは3つ以上の音に対して行なった場合に付与した。

4. 結果と考察

前章で行なった演奏技法の分析結果について述べる。

4.1 時代による演奏技法の変化

表 2 に、時代別の演奏技法を示す。All は、*Ornament rendition* における *Vibrato* と *Schleifer* 以外の演奏技法を示す。これは、*Fantasia No.7* において、演奏者が任意に選択できる装飾記号が用いられていたためである。平均情報量^{*3}は、以下の式で算出した。

*3 平均情報量は情報理論の1つであり、熱力学における分子の「無

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

抽出した演奏技法の傾向を見ると、1920年以降の作品では音色、効果音、和音に関する演奏技法が増え、平均情報量も大きくなっていった。音響的な効果を実現するために、演奏技法が多様化していることが伺えた。それ以前の楽曲では、Introduction and Rondo Op.2 No.2 の平均情報量が最も小さく、次いで BWV998 が小さかった。バロック期におけるバッハ作品の多くは、対位法の要素が強く反映されており、同じ音価による旋律が絶えず繰り返される。そのため、和音や音価に関する演奏技法がなく、平均情報量に偏りが生じたと考えられる。

演奏技法の種類では、記譜されている記号が細かく分類されていないことが分かった。例えば、アーティキュレーション記号である *Slur* は、クラシックギター奏法オントロジーでは、指先で弦を叩く *Ascending slur (Hammar on)* と、指で弦を引っ掻く *Descending slur (Pull off)* に分類されている。しかし、同じ記号で記譜されるために区別できず、前後の音符情報あるいは運指情報を考慮しなければならない。同様に、*Harmonics* や *Ceja* も最下位層の演奏技法は抽出できなかった。

4.2 上級者の演奏技法

表 3 は、1920年以降の作品の Sonata に対して上級者の演奏技法を付与した結果である。合計で約2倍の演奏技法を抽出することができた。その理由としては、ギター奏法オントロジーの最下位層の概念を付与したことで、演奏技法を詳細に分類できたことが挙げられる。例えば、*Ceja* は一本の指で複数の弦を押さえる演奏技法であるが、押さえ方の種類が記されていない。そのため、多くの演奏者が6弦全てを押さえてしまい、効率的な指の動きを妨げていることがある。本結果からは、上級者の *Ceja* では、6本押さえる *All ceja* は少なく、5本以下を押さえる *Few ceja* を多用していることが分かる。このように、上級者の演奏技法を付与することで、記譜情報では曖昧であった部分を補うことができた。

さらに、記譜されない演奏技法が追加されていた。*Set (planting)* は、演奏者が指を安定して動かすために用いる技法であり、音色などの音楽表現には影響しないことから記譜されることはない。しかし、クラシックギター演奏において動きの安定性は必要不可欠である。上級者が記譜されない演奏技法をどのくらい使っているのか、どのような場面で使っているのかを知ることは、学習者にとって有用なノウハウであると考えられる。

上級者が用いる演奏技法の使い方を分析したところ、音

「秩序さ」の尺度を表すエントロピーに相当する。複数の事象が均等に出現するほど値が大きくなる演算手法により得られる数値尺度である

表 2 時代別の記譜情報の一覧
Table 2 List of score information according to periods.

period		renaissance	baroque	classic		contemporary	
music title		Fantasia	BWV998	Rondo	Hongroise	Danza	Sonata
Articulation rendition	Slur		22	112	217	136	319
	Slide				3		
Chord change rendition	Arpeggio					7	8
	Rasgueado					10	
	Tremolo				7	237	2
Pluck string rendition	Figeta	4					
Press string rendition	Ceja	16	15		8	36	7
Note value change rendition	Staccato			6	70		32
Ornament rendition	All	116					
	Mordent			1			3
	Inverted mordent		2				
	Schleifer	28					
Pitch change rendition	Glissando			2			
Percussive rendition	Bartók pizzicato						5
Timbre change rendition	Harmonics					82	159
	Sul ponticello (metalico)						16
	Sul tasto						1
	Pizzicato						22
sum		164	39	226	210	511	574
information entropy		1.247	1.216	0.290	1.414	1.993	1.848

楽的な側面と技術的な側面があった。音楽的な側面では、音を強調するために、*Vibrato* と *Apoyando* を併用していた。*Vibrato* は、音に揺らぎを与え、*Apoyando* は弦を弾いた後に隣の弦に寄りかかることで音量を上げることができる。また、和音を強調するために、分散して音を出す *Arpeggio* を使っていた。さらに、音を滑らかに演奏するために *Slur* を使っていた。

技術的な側面では、ネック側の指で弦を押しした状態を維持させるために、もう一方の指（胴板側の指）で倍音を出す *Natural harmonics*¹ を使っていた、その他、速いテンポで複数の音を演奏するために *Slur* を使っていた。

4.3 難しさとの関係

図 5 は、前節で分析した楽曲における楽章ごとの演奏技法の変遷である。上級者にヒアリングしたところ、1 楽章、3 楽章、2 楽章の順に難しく感じていた。このことから、演奏技法の数（縦軸）よりも種類の密度（横軸）と対応している可能性が高いことが分かった。同じ演奏技法が連続している場合、数は増加するが、同じ動きの繰り返しであるために難しさは低くなる傾向にある。一方、複数の演奏技法が密集している場合、それぞれを適切に処理しなければならないため、難しさが高くなると考えられる。ただし、苦手な演奏技法が連続している場合は難しさが高くなることも考慮しなければならない。

本研究では、ギター奏法オントロジーの概念のみを活用

したため、行為の構造に基づく分析は行っていない。そのため、楽曲の難しさの定義は今後の課題としたい。

5. おわりに

本稿では、楽器演奏で使用される演奏技法に着目し、ギター奏法オントロジーの概念を対象とした楽曲分析を行った。上級者のノウハウを取り出すために、国際的なギターコンクールで選曲回数が多い 6 曲を取り上げて、演奏技法の傾向やパターンについて調査した。まず、記譜された演奏技法のみを抽出したところ、時代別に演奏技法が異なることが分かった。特に、1920 年以降の新しい楽曲は演奏技法が多様化し、中でも音響的な効果を実現するための演奏技法が増えていた。次に、6 曲うちで最も新しい楽曲に対して、上級者が実際に行なっている演奏技法を追加、修正したところ、約 2 倍の演奏技法を抽出した。これは、記譜情報よりも要求される演奏技法が多いことを示唆している。また演奏技法の使い方について、音楽的な側面と技術的な側面があることが分かった。さらに、楽曲中の演奏技法の変遷を調べたところ、演奏者が感じる難しさが演奏技法の種類の高さや密度と対応している可能性があることが分かった。

今後、演奏技法の効率的なデータ化に向けたアプリケーションの開発を目指す。また、ギター奏法オントロジーの行為の構造を活用して難しさの定義を行い、楽曲選定を支援できる枠組みを構築する。

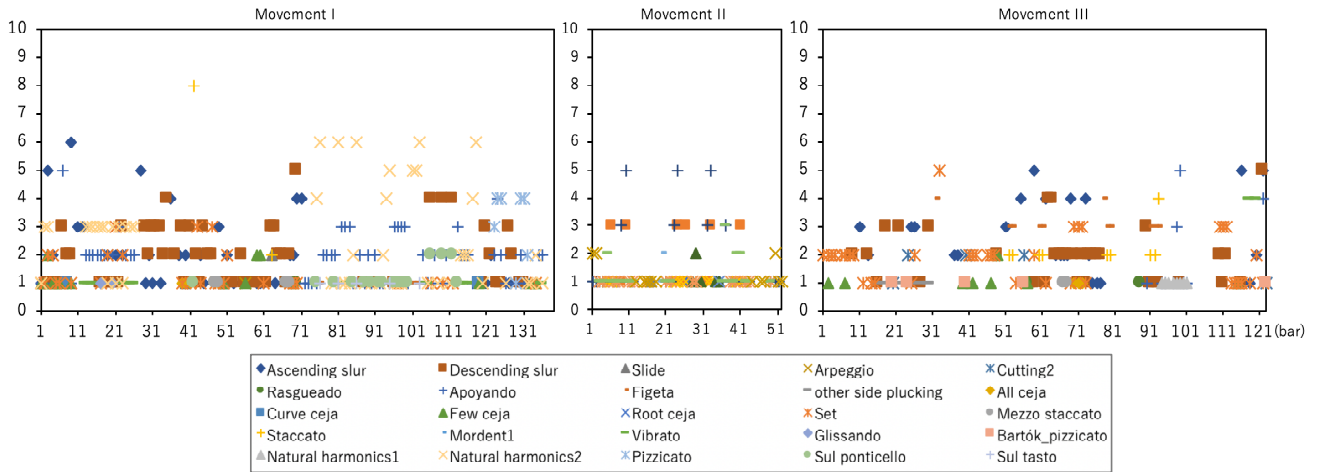


図 5 各楽章の演奏技法の遷移
 Fig. 5 The changes of guitar techniques.

表 3 上級者の演奏技法の一覧

Table 3 List of guitar techniques of a player.

piece	Sonata / L.Brouwer			
	I	II	III	total
Ascending slur	81	5	69	155
Descending slur	119	24	70	213
Slide	4			4
Arpeggio	2	7		9
Cutting2			8	8
Rasgueado	6		2	8
Apoyando	118	45	18	181
Figueta	10		35	45
Other side plucking			7	7
All ceja	5		3	8
Curve ceja	2			2
Few ceja	18	6	9	33
Root ceja		1		1
Set	43	17	71	131
Mezzo staccato	4		2	6
Staccato	10		20	30
Mordent1		3		3
Vibrato	21	26	8	55
Glissando	2			2
Bartók pizzicato			5	5
Natural harmonics1		1	8	9
Natural haemonics2	131	16		147
Pizzicato	22			22
Sul ponticello	20			20
Sul tast 1 o	5			5
sum	623	151	335	1109
information entropy	3.219	2.969	3.108	3.460

[2] Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah McGuinness, Daniele Nardi, and Peter F. Patel-Schneider, editors. 2007. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications, second edition, Cambridge University Press.

[3] Iino, N., Nishimura, S., Nishimura, T., Fukuda, K., and Takeda, H. 2019. The Guitar Rendition Ontology for Teaching and Learning Support, IEEE 13th International Conference on Semantic Computing. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/icosc.2019.8665532>.

[4] Kolozali, S., Barthet, M., Fazekas, G., and Sandler, M. 2011. Knowledge Representation Issues in Musical Instrument Ontology Design, 12th International Society for Music Information Retrieval Conference, 465-470.

[5] Horridge, M., Drummond, N., Goodwin, J., Rector, A., Stevens, R., and Wang, H. H. 2006. The Manchester OWL Syntax, Proceedings of the OWLED06 Workshop on OWL.

[6] Mizoguchi, R.: Knowledge acquisition and ontology, Proc. of the KB & KS'93, Tokyo, 121-128 (1993).

[7] Narmour, E.: The analysis and Cognition of Basic Melodic Structure, University of Chicago Press (1990).

[8] Lerdahl, F. and Jackendoff, R.: A Generative Theory of Tonal Music, MIT Press (1983).

[9] Raimond, Y., Abdallah, S., Sandler, M., and Giasson, F. 2007. The Music Ontology, Austrian Computer Society (OCG).

[10] Rashid, S. M., McGuinness, D. L., and Roure, D. D. 2018. A Music Theory Ontology, International Workshop on Semantic Applications for Audio and Music.

参考文献

[1] 飯野なみ, 飯塚泰樹, 沖野成紀: クラシックギターコンクールにおける選曲支援のための演奏プログラムに関する研究, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.3 904-911 (2018).