

## ギター単旋律における特殊奏法のTAB譜自動生成

金森 巨洋†      森山 剛†      小沢 慎治†

† 慶應義塾大学 理工学部

### 要 旨

ギターを演奏する際には指板上の弦を一方の手で押弦し、さらにもう一本の手で撥弦することで音を発する。この時、撥弦の方法や撥弦後の押弦位置の移動の方法によって、演奏を効率化し、さらに多様な表現を行う。これを特殊奏法と呼ぶ。ギター演奏は、西洋楽器一般に用いられる五線譜と、このような特殊奏法を押弦位置と共に指示するTAB譜とによって記述されるが、従来のTAB譜自動生成において特殊奏法はあまり扱われなかった。本研究では、撥弦がそのピッチに対応した周波数帯域にノイズを発生すること、さらに押弦位置の移動の仕方により、ピッチの遷移軌跡が異なる時間パターンを示すことを用いて、特殊奏法のTAB譜自動生成を行う手法を提案する。

## An Automated Tabulature Generation Method for Skillful Guitar Melodies

Naohiro Kanamorit      Tsuyoshi Moriyamat      Shinji Ozawat

†Dept. of Science and Technology, Keio University

### Abstract

An automated method is proposed for generating a tabulature from various and skillful melodies of a single guitar. A guitar has the body with a fret and six strings on it. The player pushes the specific position on a string down to the fret to specify a pitch by one hand (fingering), and plucks the string by the other hand (plucking). To make it efficient and expressive, the player may slide the position for fingering after plucking, and change the way of plucking itself. Together with a music sheet generally used by many instruments, a tabulature is used for guitar to describe the skillful ways in uttering sounds. Past studies have rarely mentioned how to automatically generate the tabulature from guitar sounds. We found a specific pitch accompanied a noise (picking noise) in the correspondent spectral band, and also the pitch pattern for a specific fingering showed unique.

## 1 はじめに

ギターは様々な音楽ジャンル・演奏形態に汎用的に用いられる楽器であり、現在、最もポピュラーな楽器のひとつとして演奏されている楽器である。ギターを演奏する際は、一方の手で指板上に打たれた

フレット位置（指板上の固定離散位置）を押弦し、それから他方の手に持ったピック、あるいは指を使って撥弦すること（ピッキング）で音を立ち上げる。実際のギター演奏、特にエレクトリックギターにおいては、全ての音を逐一ピッキングすることは演奏の効率が悪いので、同一弦上の連続した音の演奏に

においてはピッキングを行うことなく、押弦側の手のみを用いて音の移動を行う奏法が用いられる。また、このように音程の移動を効率化するためだけでなく、ピッキングによって音を立ち上げた後の押弦位置の移動を積極的に用いることによって、音を途切れさせることなく音程を揺らしたり、音程を移動したりするような奏法が頻繁に用いられる。これは、鍵盤楽器(ピアノ等)や打楽器(木琴等)にはないギター独特のものである。このような多様な奏法は、ピッキング方法を様々に変えることによって、撥弦側にも存在する。

ギター演奏は、西洋楽器全般で用いられる五線譜の他に、押弦位置と奏法を記述する「TAB 譜」によって記述される。TAB 譜はギター 6 弦を表す直線を縦に並べて配置した上にフレット番号が配置された直感的な楽譜であり、さらに各音符に付随して特殊奏法名の頭文字を配置することで各音符についてどの奏法を用いるべきかを記述している。

図 1 に TAB 譜の例を示す。図 1(b) に示された“H”、“P”、“sl”などがそれぞれハンマリング・オン、プリング・オフ、スライドという奏法に対応している。



(a) 特殊奏法なし



(b) 特殊奏法あり

図 1: TAB 譜

これまで、単旋律ギター音からの TAB 譜の生成に関する研究はあった [1][2][3] が、[1] は運指の負荷を拘束条件に押弦位置を決定するものであり、特殊奏法については一言述べられているに過ぎない。また [2][3] では、特殊奏法について言及すらされていない。

そこで本稿では、単旋律ギター演奏のピッキング

及び押弦に関して、演奏の効率化と演奏の多様性を実現するために行われている特殊奏法を体系的に分類した上で、それぞれの物理的特徴に基づいて、自動的に TAB 譜を生成する手法について提案する。実験により、本手法の有効性を示す。

## 2 単旋律ギター演奏における特殊奏法

ギターにおける特殊奏法は押弦側主動の特殊奏法と撥弦側主動の特殊奏法の 2 つに大別される。押弦側主動の特殊奏法は音の更新の際にピッキング操作を介さないことで効率的な演奏を行うため、あるいは撥弦の際のピッキングノイズ(ピッキングを含むギター音は、ピッキングが起こった時点で周波数スペクトルの広い帯域に成分を持つ。これをピッキングノイズと呼ぶこととする。)が存在しないため、基本奏法に比べて急激な時間的パワー変化のない、滑らかな音の更新を行うために用いられる。撥弦側主動の特殊奏法はピッキングの際に何らかの操作を加えることで基本奏法とは異なった音色を得るために行われる。

撥弦側主動、押弦側主動の特殊奏法の内訳を表 1、2 に示す。まず、押弦側主動の特殊奏法と撥弦側主動の特殊奏法の違いは、音の立ち上がりの際のピッキングノイズの有無に現れる。そして、押弦側主動の特殊奏法において、その違いはピッチの時間遷移の違いに現れる。つまり、ピッチの時間遷移が C, D, E...といった音階を問わずピッチのみを取る離散的なものであるか、あるいは音階に含まれないピッチも取る連続的なものであるかによってまず分類され、さらに、前の音と比較してピッチが上がっているか下がっているか、もしくは周期的な遷移をしているかでそれぞれ分類される。また、撥弦側主動の特殊奏法においては、その違いは特殊奏法音のピッチや音色、時間的遷移の違いに現れる。つまり、前の音とのピッチ変化量の大小によりまず分類され、さらにそれぞれが持つスペクトル特徴量の違いによってさらに分類される。

## 3 提案する特殊奏法認識法

提案する特殊奏法認識法の流れを図 2 に示す。

まず、あらかじめ単音にセグメントされ、同時に

表 1: ギターの特殊奏法 押弦側

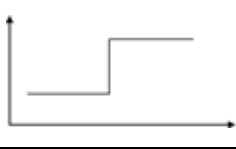
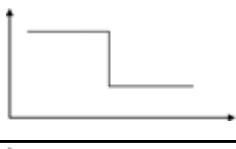


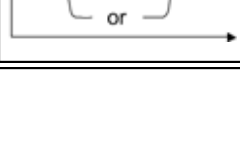
名称	奏法	物理的特徴	ピッチの時間変化
ハンマリング・オン	振動中の弦を押弦側の指で叩きそのまま押弦することで、より高い音に更新する。	ピッキングノイズ無．アタック音のない滑らかなパワー変化．ピッチは上がる．	
プリング・オフ	振動中の弦を押弦中の指で引っ掛けるように撥弦することで、より低い音に更新する。	ピッキングノイズ無．アタック音のない滑らかなパワー変化．ピッチは下がる．	
チョーキング	押弦したまま弦を持ち上げ、テンションを上げることで音高を上げる．	ピッキングノイズ無．連続的なピッチ変化．ピッチ変化速度を調節可能．	
ビブラート	チョーキングを繰り返し周期的な音高変化を行う．	ピッキングノイズ無．連続的なピッチ変化．ピッチ変化速度を調節可能．	
スライド	押弦したまま指板上を滑らせるように移動させることによって音高を変化させる．	ピッキングノイズ無．連続的なピッチ変化．ピッチ変化速度を調節可能．	

表 2: ギターの特殊奏法 撥弦側

名称	奏法	物理的特徴
ブリッジミュート	あらかじめブリッジ部分の弦に触れた状態でピッキングを行いサステーンの無い音を得る．	ピッキングノイズ有．アタック音が強調され、音程感は希薄．パワーは急速に減少する．
ナチュラルハーモニクス	弦の特定箇所に触れた状態で、ピッキングを行い、同時に触れていた指を離し、倍音を得る．	ピッキングノイズ有．ピッチが減衰し、倍音成分が強調されたスペクトル構造を持つ．
ピッキングハーモニクス	ピッキングと同時に、親指で弦に触れることで、基本振動を減衰させ、倍音のみを得る．	ピッキングノイズ有．ピッチが減衰し、倍音成分が強調されたスペクトル構造を持つ．

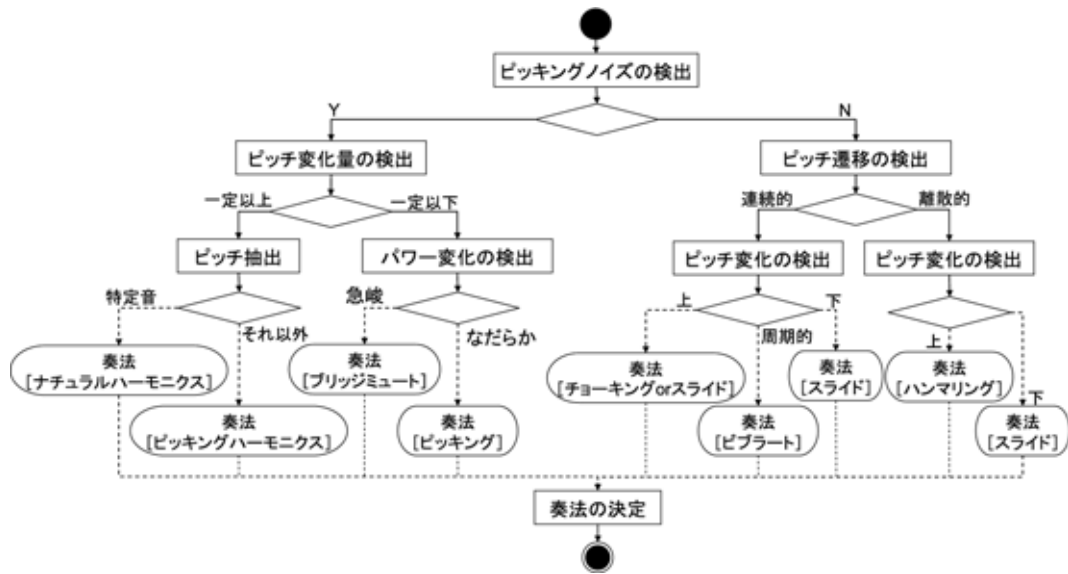


図 2: 特殊奏法認識の流れ

ケプストラム分析によってピッチ軌跡が得られている単旋律ギター音を入力とし、まずピックングが行われているかどうかを判別するためにピックングノイズの有無を検出する。ピックングノイズがあれば前の音とのピッチ変化量、音の立ち上がりからのパワー遷移を検出することでギター音が基本奏法であるピックングか他の特殊奏法かであるかを判別する。ピックングノイズが無ければそのピッチ遷移を検出することでどの特殊奏法であるかを判別する。

以後、本稿ではこれらのうちピックングノイズの検出、押弦側主動の特殊奏法の分類について主に述べる。

### 3.1 ピックングノイズの検出

ピックングノイズの検出の流れを図 3 に示す。

まずギター音に対し、10 レベルの離散ウェーブレット分解を行うことによりギター音を帯域ごとに分割して  $w_1 \dots w_{10}$  を得た後、それぞれからパワーを抽出し、正規化、平滑化を行うことでギター音の帯域ごとの時間パワー推移  $p_1 \dots p_{10}$  を得る。

ここで、 $p_1 \dots p_{10}$  の時間変化によりピックングノイズを検出するわけであるが、各ギター音のピッチによってピックングノイズが現れる  $p_n$  は異なる。そのため、あらかじめ抽出しておいた各ギター音のピッチに対応した  $p_n$  (ピックングノイズが現れたときのみパワーが増大する  $p_n$ ) を選択し、その値

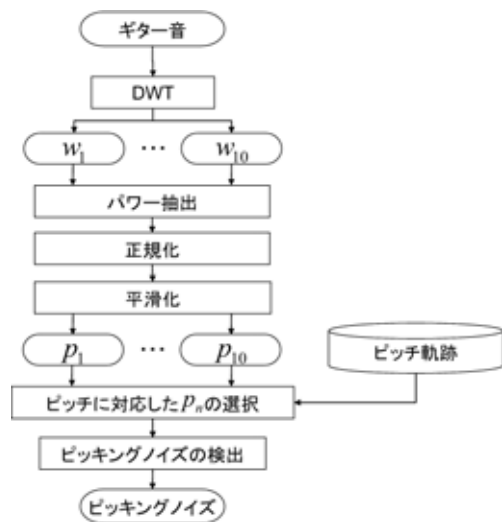


図 3: ピックングノイズ検出の流れ

がしきい値を超えたときにピックングが行われたものとする。

このようにして、ギター音からピックングノイズの検出を行う。

### 3.2 特殊奏法の認識

押弦側主動の特殊奏法におけるピッチ遷移の一例を図 4 に示す。振動中の弦を叩き、そのまま押弦することで音を更新するハンマリング・オン奏法ではただ押弦位置が変わるだけのため、前の音のピッチから次のフレットが示す音高のピッチへと離散的に

ピッチが遷移しているのに対し、チョーキング奏法では弦を押し上げ、弦のテンションを上げることでピッチの変更を行うため次の音へ遷移する際に数フレームかかることが読み取れる。このことから、押弦側主動の特殊奏法ではピッチに遷移にかかる時間、そしてピッチ遷移の増減からその分類が可能であると考えられる。

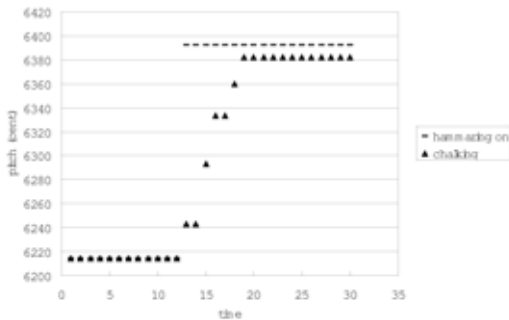


図 4: ハンマリング・オンとチョーキングのピッチ遷移の例

具体的な手法を図 5 に示す。

まず、前の音から次の目的音に到達するまでの経過フレーム数を検出し、3 フレームをしきい値とし、しきい値以上であれば、ピッチの遷移が音程のない経過音を伴っていると認識し、次にピッチ遷移の周期性を検出する。ここで周期性が検出されればその奏法をビブラートであると認識し、検出されなければさらにピッチ遷移の増減を検出し、増えていけばチョーキングあるいはスライド、減っていればスライドであると認識する。

また、目的音到達までの経過フレーム数がしきい値以下であった場合はピッチ遷移は離散的であると認識し、さらにピッチ遷移の増減を検出し、増えていけばハンマリング、減っていればプリングと認識する。

## 4 実験

実際にギター音を用いてピッキングノイズ検出、押弦側主動の特殊奏法の認識を行った。ピッキングノイズ検出実験では、ある音符列に対して本手法を適用し、ピッキングノイズの検出を行っている。押弦側主動の特殊奏法分類実験では、連続する 2 音のピッチ軌跡から特殊奏法のうちハンマリング・オン、プリング・オフ、チョーキングの認識が可能である

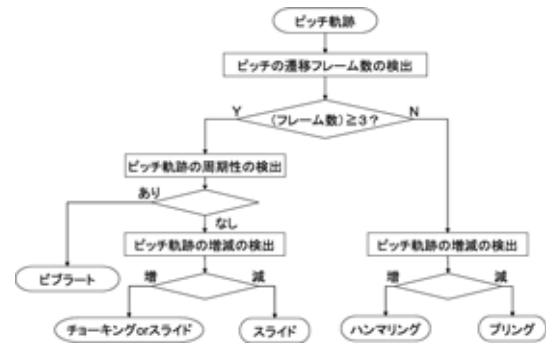


図 5: 特殊奏法の分類の流れ

かを調べる。

実験に用いるギター音はプラスチック製のピックを用いてピッキングし、ROLAND 社の PC オーディオインターフェース「UA-3」を用いて直接ハードディスクに録音を行った。よって、録音時のノイズは無いものと仮定される。また、録音時のサンプリング周波数は 44100Hz、量子化 bit は 16bit である。DWT では MATLAB のツールボックスを用い、その基底関数にはメジャー・ウェーブレットを用いた。FFT 時の時間窓にはハミング窓を用い、その窓長を 8192 サンプルとし、512 サンプルずつ移動させた。

### 4.1 ピッキングノイズの検出

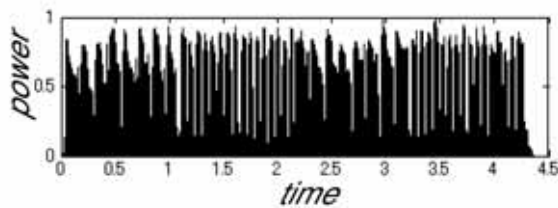
図 6 で示される音符列について選択レベルのパワーをピッキングノイズと判定するしきい値を 0.4 に設定して本手法を適用し、ピッキングノイズの検出を行った。



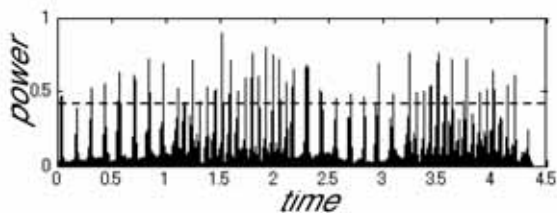
図 6: 実験音符列

図 7 に実験結果を示す。図 7(a) で示される原波形のパワー軌跡が音の持続部分において緩やかな変化を示しているのに対して、図 7(b) で示される本手法によって得られたパワー軌跡はピッキングと同時に急激に立ち上がり、すぐに減衰していることから、しきい値処理でピッキングノイズを検出可能であることがわかる。

また、検出精度を表 3 に示す。91 % 程度の精度でピッキングノイズの検出が行われている。まだ過



(a) 原波形のパワー遷移



(b) 本手法により選ばれた帯域のパワー遷移

図 7: ピッキングノイズ検出結果

検出数，検出漏れ共に存在するが，これは，しきい値のより精密な選択や原信号のパワーとの比較，曲のテンポ情報から推察される音符長の情報などから減少させることができると考えられ，より精度を向上することができると思われる．

表 3: ピッキングノイズ検出精度

音数	正解検出数	過検出数	検出漏れ数
48	44	5	4

## 4.2 押弦側主動の特殊奏法の認識

特殊奏法の認識結果を表 4 に示す．84 % 程度の精度で特殊奏法の認識が行われている．しかし，とりわけチョーキングにおいて誤分類が起こっている．これは，チョーキングの速度が毎回違うことによってその遷移をカバーし切れなかったこと，また，ピッチの分解能の限界から実際には連続的に遷移しているにもかかわらず，それが検出できなかったことなどが考えられる．よって，しきい値のより精密な選択やより精密なピッチ抽出アルゴリズムの実装などから誤分類をより減少させることができると考えら

れ，より精度を向上することができると思われる．

表 4: 特殊奏法の認識結果

		正解数		
		chalk	hammer	pull
認 識 数	chalk	37	8	4
	hammer	4	24	0
	pull	0	3	25

## 5 あとがき

本稿では，ギター演奏における特殊奏法を押弦側主動か撥弦側主動かにより 2 種類に大別した後，さらにそれぞれが持つ音色的特徴から分類を行った．さらに具体的手法として，ギター音に対して離散ウェーブレット分解を行うことでギター音の各帯域のパワー遷移を得た後，そのギター音のピッチに対応した帯域のパワー遷移から，ピッキングノイズを検出する手法を提案し，さらに，ピッチの時間遷移の特徴から特殊奏法を認識する手法を提案している．また，実際のギター音に対して本手法を適用し，ピッキングノイズの検出，ビブラート，ハンマリング・オン，プリング・オフの認識において良好な結果を得た．

## 謝辞

本研究は，文部科学省科学技術振興調整費「環境情報獲得のための高信頼性ソフトウェアに関する研究」の支援による．

## 参考文献

- [1] 伊藤雅，林田巧: “単旋律におけるギター運指の最適化”，電気学会論文誌 C，Vol.124, No.7, pp.1396-1403, 2004..
- [2] 三浦雅展，広田勲，浜将彦，柳田益造: “単旋律ギター演奏における最適押弦位置決定システムの構築”，信学論 (D-II)，Vol.J86-D-2, No.6, pp.755-763, 2003.
- [3] 青木直史 “ギタータブ譜作成における遺伝的アルゴリズムの適用”，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.102, No.142(NLP2002 20-26), pp.33-38, 2002.
- [4] 宮脇俊郎: “みるみる上達！究極のギター練習帳”，リットーミュージック，2000.
- [5] 井桁 学: “ギタリストのための楽典 (改訂版)”，リットーミュージック，2004.