

## 隣接する音符の音高差に着目した譜めくりタイミングの推定法の検討

湊山梨紗<sup>†</sup> 野池賢二 鈴木泰山<sup>‡</sup> 徳永幸生<sup>†</sup> 杉山精\*  
 芝浦工業大学<sup>†</sup> 株式会社ピコラボ<sup>‡</sup> 東京工芸大学\*

## 1. はじめに

楽譜を見ながら音楽演奏を行う際に発生する「譜めくり」は適切なタイミングで行われないと演奏に差し支えることがあるほど重要な行為である。そのため譜めくりの自動化のために電子譜面台への取り組みがある[1][2]。しかし、これらは演奏者ごとの適切な譜めくりタイミングを考慮していない。なぜならば、譜めくりタイミングは楽曲構造や演奏経験などの様々な要因によって演奏者ごとに異なると考えられるが、具体的な要因は明らかではないからである。

これまでに本研究では演奏者が望む譜めくりのタイミングとその要因を明らかにするために、楽譜構造における時間軸方向の音符密度に着目した譜めくりタイミングの推定法を検討した[3]。その結果、被験者によってはこの推定法が有用である見通しを得たが、この推定法のみで推定精度を向上させることは難しいことがわかった。推定精度を向上させるためには、他の推定法と組み合わせる必要がある。そこで今回は、隣接する音符の音高差に着目した譜めくりタイミングの推定法を提案する。また、被験者実験を行い、提案手法によって推定した譜めくりタイミングと演奏者が望むタイミングとを比較し、提案手法の評価と考察を行った。その結果、楽曲の構造によっては時間軸方向の音符密度の推定法よりも演奏者が望む譜めくりタイミングに近いタイミングを推定できた。

## 2. 譜めくりタイミングに影響するパラメータ

本研究ではピアノ奏者の様々な意見を収集し、主要なパラメータを以下の3項目に整理した。

- 1) **曲の構成**：楽曲に由来する要因を示す。
- 2) **個人差**：演奏者に由来する要因を示す。
- 3) **演奏中のテンポ変動**：演奏に由来する要因を示す。演奏中の表情付けに伴う局所的なテンポ変動のことを指す。

図 1 に譜めくりタイミングに影響するパラメ

ータを示す。

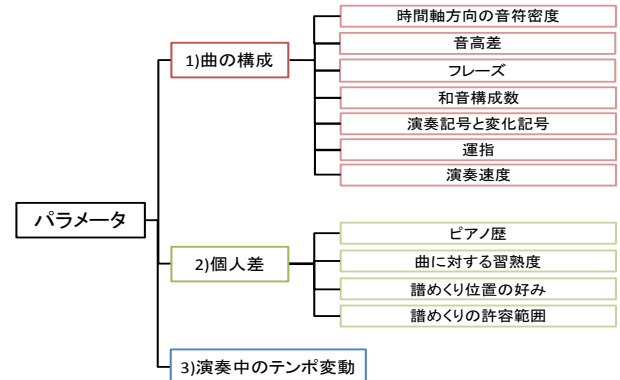


図 1 譜めくりタイミングに影響するパラメータ一覧

これまでに演奏者が譜めくりタイミングを決める理由の 1 つとして、ページ末尾の小節において同じ音が連続する場合は早めに譜めくりをしても良いという意見を得た。時間軸方向の音符密度の推定法は発音しない箇所を推定するため、そのような場合は対処することができない。そこで音高差に着目した譜めくりタイミングの推定法を提案する。さらに被験者実験を通して提案手法の妥当性を検証する。

## 3. 音高差の譜めくりのタイミング推定法

## 3.1 推定箇所の分解能

譜めくり箇所の推定は 16 分音符単位で行う。推定を行う範囲はページ末尾から 16 分音符 16 個分とする。

## 3.2 前処理

まず楽譜の上段と下段を単音化する。3.1 での分解能をもとに、上段では各拍位置における最高音を抽出し、下段では最低音を抽出する。音高は MIDI ノート番号で表し、休符などで発音する音符がない拍位置の音高は直前の音符と同じ値とする。

ここで、 $t_i$  を  $i$  番目のノート番号、 $d_i$  を  $t_i$  と  $t_{i+1}$  の差とする。

$$d_i = |t_i - t_{i+1}| \quad (1 \leq i \leq 15)$$

$d_i$  のうち、値が閾値以上でありかつ添え字  $i$  が最大である  $d_i$  を選ぶ。なお、閾値は 3 とする。選ばれた  $d_i$  の添え字  $i$  に対し、 $i+1$  を添え字に持つ  $t$  の位置 (つまり  $t_{i+1}$ ) を譜めくりタイミング候補として推定する。例として図 2 にランゲ作曲「花の歌」の上段のページ末尾の楽譜と  $t_i$  と

Estimation of Page Turning Point based on Pitch Transition

<sup>†</sup>Risa MINATOYAMA(m110132@shibaura-it.ac.jp)

Kenzi NOIKE(knoike@gmail.com)

<sup>‡</sup>Taizan SUZUKI(taizan@picolab.jp)

<sup>†</sup>Yukio TOKUNAGA(tokunaga@sic.shibaura-it.ac.jp)

\*Kiyoshi SUGIYAMA

<sup>†</sup>College of Engineering Shibaura Institute of Technology

<sup>‡</sup>PicoLab Co., Ltd.

\*Tokyo Polytechnic University

$d_i$ を示す.

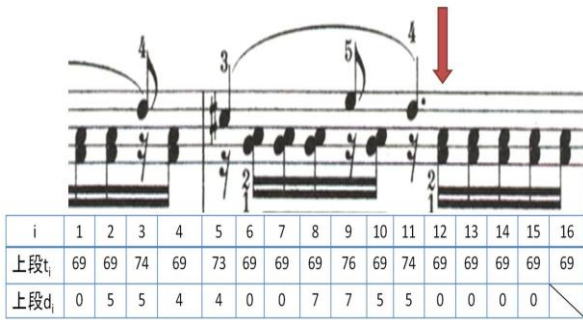


図2 花の歌に対する前処理の実行結果

図2の場合、閾値以上である  $d_i$  のうち、 $i$  が最大値であるものは  $d_{11}$  である. そのため  $t_{12}$  の位置である図の矢印の箇所を上段の譜めくりタイミングの候補として推定する.

### 3.3 タイミングの推定処理

楽譜の上段, 下段それぞれに3.2での処理を適用する. 上下段で譜めくりタイミングの候補となった箇所が異なる場合はよりページ末尾に近い箇所を推定箇所とする. 例えば, 上段が  $t_{12}$  で下段が  $t_{14}$  であるならば,  $t_{14}$  を推定箇所とする. 上下段とも譜めくりタイミングの候補となる箇所がない場合は,  $t_1$  の箇所を推定箇所とする.

## 4. 実験

### 4.1 実験目的

音高差に基づく譜めくりタイミング推定法の妥当性を検証するために, 推定したタイミングと演奏者が望むタイミングとの差を調べる.

### 4.2 実験方法

演奏者が望む譜めくりタイミングは, 時間軸方向の音符密度に基づく推定法での被験者実験の際に得たタイミングを用いる. その譜めくりタイミングと, 今回提案する音高差に基づく推定法でのタイミングを比較することで提案手法の妥当性を検証した.

### 4.3 被験者

被験者は演奏経験が異なるピアノ奏者 12 名である. 演奏した曲数は被験者により 2 曲から最大 7 曲までである.

### 4.4 考察

表 1 に音高差に基づく推定法での実験結果, 表 2 に時間軸方向の音符密度の推定法での実験結果を示す. 表には被験者名, 実験で使用した曲, 推定法と被験者の望む譜めくりタイミングの差を 16 分音符 1 個を 1 拍とした拍数の差で示す. なお, 被験者が望む譜めくりのタイミングの位置よりも推定箇所が後ろの場合は数値を正数とし, 前の場合は負数としている. 曲名の後ろの番号は譜めくりが 1 曲につき複数回発生した場合の回数の番号を示している.

表 1 音高差での実験結果

曲名	被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ノクターンOp.9-2		2.0	0.0	-1.0	1.0	1.0	0.0			1.0			
忘れな草		0.0	0.0	-2.0	-1.0	1.0	-1.0	-3.0	8.0	-5.0	2.0	-2.0	
紡ぎ歌		2.0	-1.0	14.0	1.0	1.0	1.0	7.0	14.0	6.0			
ジプシーの踊り		-12.0	-11.0	-12.0									
水車					-3.0	-2.0	-3.0						
ドナウ河のさざ波1								-1.0					
ドナウ河のさざ波2								-2.0					
あやつり人形		3.0						2.0	6.0	5.0	4.0	2.0	10.0
花の歌1		0.0									-1.0		3.0
花の歌2		-2.0									-2.0		2.0
スケーターズワルツ1		1.0									0.0		3.0
スケーターズワルツ2		2.0									4.0		8.0
スケーターズワルツ3		5.0									2.0		2.0

表 2 時間軸方向の音符密度での実験結果

曲名	被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ノクターンOp.9-2		1.0	-1.0	-2.0	0.0	0.0	-1.0			0.0			
忘れな草		-1.0	-1.0	-3.0	-2.0	0.0	-2.0	-4.0	7.0	-6.0	1.0	-3.0	
紡ぎ歌		1.0	-2.0	13.0	0.0	0.0	0.0	6.0	13.0	5.0			
ジプシーの踊り		0.0	1.0	0.0									
水車					2.0	0.0	2.0						
ドナウ河のさざ波1								9.0					
ドナウ河のさざ波2								-3.0					
あやつり人形		-6.0						-7.0	-3.0	-4.0	-5.0	-7.0	1.0
花の歌1		-3.0									-4.0		0.0
花の歌2		-2.0									-2.0		2.0
スケーターズワルツ1		6.0									5.0		8.0
スケーターズワルツ2		9.0									11.0		15.0
スケーターズワルツ3		2.0									-1.0		-1.0

花の歌やスケーターズワルツの 1 か所目と 2 か所目では時間軸方向の音符密度での推定よりも被験者の望むタイミングに近いタイミングで推定できた. これらの曲はページ末尾まで同じ音が連続する特徴を持つ曲であり, 演奏者へのインタビューでもそのような特徴を持つために早めに譜めくりしてほしいという意見を得た. 音高差に基づく推定法はそのような曲に対し適切に推定することが目的であるため, この結果は妥当であるといえる.

一方でジプシーの踊りについては, 被験者の望むタイミングと音高差の推定法でのタイミングとに大きな差がある. この曲はページ末尾にフェルマータがあり, そこで音を伸ばす間に譜めくりを望むという意見を得た. これは音高差よりフェルマータという音楽記号がタイミングに強く関わっていると考えられる. したがって今後は音楽記号や変化記号など, 音符以外の楽譜情報も推定法に考慮していく必要がある.

## 5. まとめ

隣接する音符の音高差に着目した譜めくりタイミングの推定法を考案した. 今後は残りのパラメータに基づいた推定法を構築し, 現在までに提案した譜めくりタイミングの推定法と組み合わせ, 演奏者がどのように譜めくりタイミングを決めているかを明らかにする.

### 参考文献

- [1]渡邊 朋子: "電子ふめくり" 情報処理学会研究報告, 音楽情報科学, 2007-MUS-70, May 2007.
- [2]MusicPad Pro® <http://www.freehandsystems.com/index.html>
- [3]湊山梨紗, 野池賢二, 鈴木泰山, 徳永幸生, 杉山精: "楽譜構造における時間軸方向の音符密度に着目した譜めくりタイミングの推定法の検討" 情報処理学会研究報告, 音楽情報科学, 2010-MUS-88, Dec 2010.