

リズム楽譜を対象とした難易度評価の調査と評価式の提案

勝俣加奈子¹ 五十嵐悠紀¹

概要：楽譜には音程、リズム、強弱、表現方法、速さなど様々な情報が含まれている。我々は、楽譜の中でもリズムに着目し、リズムの難しさという人の感覚をシステムによって評価することを試みた。具体的には音符や休符の長さ、出現回数、種類などの数値で表せる要素を利用した難易度計算式を提案する。人によるリズム楽譜の難易度評価を調査し、その結果を利用して、計算式のそれぞれの要素の重み付けを変化させることで、人による難易度評価との比較を行った。本稿では、比較実験の結果を述べ今後の展開について議論する。

キーワード：音楽、リズム、難易度評価

1. はじめに

音楽において、リズム、メロディー、ハーモニーは音楽を構成する基本的な三要素と言われている。そして、楽譜には音程、リズム、強弱、表現方法、速さなど様々な情報が含まれている。楽譜が読めない人の中には、音程は分かるがリズムが分からないということが多くある。我々は読譜においてリズムを認識することは音程を認識することよりも難易度が高いと考える。なぜなら、音程は五線譜に書かれた音符の位置から視覚的に理解しやすいが、リズムを認識するためには音符の種類（4分音符、8分音符など）と音価（1拍分、半拍分など）を対応させて覚えておく必要があるからである。

そこで、我々は人が楽譜からリズムを認識する際にどのような要素からリズムの難しさを判断しているかに着目し、2択問題を用いてユーザの難易度認識調査を行なった。その結果から、人が楽譜からリズムの難しさを判断する際に影響する要素を考察し、楽譜に現れる音符や休符の長さ、出現回数、種類などの数値で表せる要素を指標とした難易度評価式を提案する。また、1小節のリズムを入力すると難易度を評価するデモシステムを実装した。本稿では比較実験の結果を述べ、今後の展開について議論する。

2. 関連研究

音楽においてリズムは重要な要素であり、人がリズムを認識したり、リズム学習が不得意なユーザのために支援したりする様々な手法が提案されている。Ebisuらは電気刺激を用いてリズム学習を行う技術を提案した[1]。楽器経験のない人であっても電気刺激によって楽器演奏が可能になった。また、竹川らは音符の長さを五線譜の上に表示しながらピアノ学習を行うことができるシステムを提案している[2]。打鍵している間、五線譜の該当する音符の上に音長を表示することでリズムを直感的に提示している。

楽曲の難易度に着目した研究として、藤井らはSMFの楽曲データの難易度判定手法を提案し、難易度調整機能を追加した編曲システムを発表している[3]。この手法ではピアノのみを使用した楽曲を音長、音間の高低差、楽曲のテンポから難易度判定を行い、その結果が示されている。文献[3]ではリズムに関わる難易度判定では出現する音符の長さのみを利用している。リズム学習課題を難易度別に出題する学習システム[4]ではユーザが自身の課題を認識した上で学習に取り組むことの支援を目指している。

我々は、人が難しいと感じるリズムの調査を行いその結果をもとに、文献[3]の難易度判定手法を一部引用し、新たな判定要素を加えたリズムの難易度評価式を作成した。

3. 評価式设计のための事前ユーザアンケート

3.1 調査方法

難易度評価式を設計するために事前に2択問題によるアンケート調査を行った。問題はAとBの2パターンの楽譜を提示し、難しいと感じた方を回答するもので、全部で6問作成した。

3.2 調査結果と考察

被験者の人数は27人で、音楽経験がある人、楽譜が読める人がともに約85%であった。出題した問題は図1の通りである。それぞれの問題の結果は表1のようになった。

各問の結果から次のような傾向が見られた。

問1では、出現する音符の種類、数は同じでリズムパターンを交互に繰り返す場合とそうでない場合を出題した。Aが約56%、Bが約22%で同じ長さの音符が続いている場合よりもそうでない場合の方が難しい傾向がやや見られると言える。

問2では、リズムは同じであるが、2拍目が4分音符か4分休符かの違いがある。結果はAが約22%、Bが約56%

¹ 明治大学
Meiji University.

で音符と休符では休符の方が難しいと感じやすいと言える。

問3では、出現する音符の種類は同じで、音符の並び順が異なる場合である。結果は、Aが約4%、Bが約85%であった。Bの方が難しいリズムであると言える。Aには裏拍がないが、Bにはある。これより、裏拍を含むリズムは難しいと感じやすいと言える。

問4では、どちらも裏拍を含むリズムであるが休符の有無が異なる。これはAが約78%、Bが約19%で同じ休符の有無に違いのある問2の場合より結果に大きな差が見られる。

問5では、AよりBの方が最も多く出現する音符の長さが短い、Aには裏拍が含まれる場合である。Aが約56%、Bが約30%で出現する音符の長さより、裏拍の有無の方が難しさに与える影響が大きいと言える。



図1 出題した問題一覧

表1 調査の結果

| | A | B | どちらでもない |
|----|-------|-------|---------|
| 問1 | 55.6% | 22.2% | 22.2% |
| 問2 | 22.2% | 55.6% | 22.2% |
| 問3 | 3.7% | 85.2% | 11.1% |
| 問4 | 77.8% | 18.5% | 3.7% |
| 問5 | 55.6% | 29.6% | 14.8% |
| 問6 | 37.0% | 48.1% | 14.8% |

問6では、出現する音符の種類は同じで、Aは裏拍が連続して出現するのに対し、Bは裏拍が1度だけ出現する場

合である。結果はAが約37%、Bが約48%で裏拍が連続する場合とそうでない場合では難しさの感じ方に大きな違いが見られなかった。

以上のことから、

- ・長さが同じ場合、音符より休符の方が難しいと感じやすく、その傾向は対象となる休符の長さが短いほうが強く見られる
- ・裏拍を含んだリズムはそうでないリズムと比べて難しいと感じやすい

の二点が言える。この結果を踏まえて次章で難易度評価のための数式を設計する。

4. 難易度評価式の設計

本章では1小節のリズムパターンの難易度判定を数式で判定する方法について述べる。なぜなら、リズムは短いパターンの繰り返しであることが多いため、1小節だけ切り出して難易度判定ができれば楽曲全体の難易度も概ね表すことができるためである。ここでの評価式は、前章で調査を行った結果をもとにリズムの難しさの一般的な判断基準を表すためのものとする。五線譜に書かれる音符の音程は考慮せずリズムのみの難易度を判定するものとする。評価式は結果の値が1.0~10.0の範囲となるように設定した。

4.1 難易度の判定要素

楽譜のリズムの難しさを判定するにあたり、出現するそれぞれの音符の長さを判定要素とした。2分音符や4分音符などの比較的音の長さが長い音符だけで構成されるリズムよりも8分音符や16分音符などの音の長さが短い音符を含んだリズムの方が複雑になり、難易度は高くなるためである。

これに加えて休符と裏拍の有無を判定要素に加えた。楽譜には音符だけでなく休符が出現する。また、リズムを理解する上で、音が出ている時間(音符)だけでなく音が出ていない時間(休符)を意識することは重要であるためである。さらに前章の調査結果からも休符が難しさの感じ方に影響すると言えるためである。同様の理由から裏拍も難易度判定要素として加えた。

4.2 音長による難易度判定

音長による難易度判定には、文献[3]の音長に対する難易度の判定を用いた。4.3節以降の説明のため、本章に文献[3]の判定方法を示す。

難易度判定は表2のように音符の種類毎に難易度値 D_c を定め、図2に示す手順で行う。まず、基準となる音符を決定し、その音符の難易度との比較を行うことで最終的な難易度値 D_1 を求める。難易度 D_c は文献[3]を引用し、付点のある音符はない音符よりもやや難しくなるように設定する。

表 2 音符の種類毎の難易度値 D_C [3]

| 音符の種類 | 難易度値 D_C |
|--------------|------------|
| 2分音符以上の長さ | 2 |
| 4分音符 | 4 |
| 付点4部音符 | 5 |
| 8分音符 | 6 |
| 16分音符 | 8 |
| 上記に当てはまらないもの | 9 |

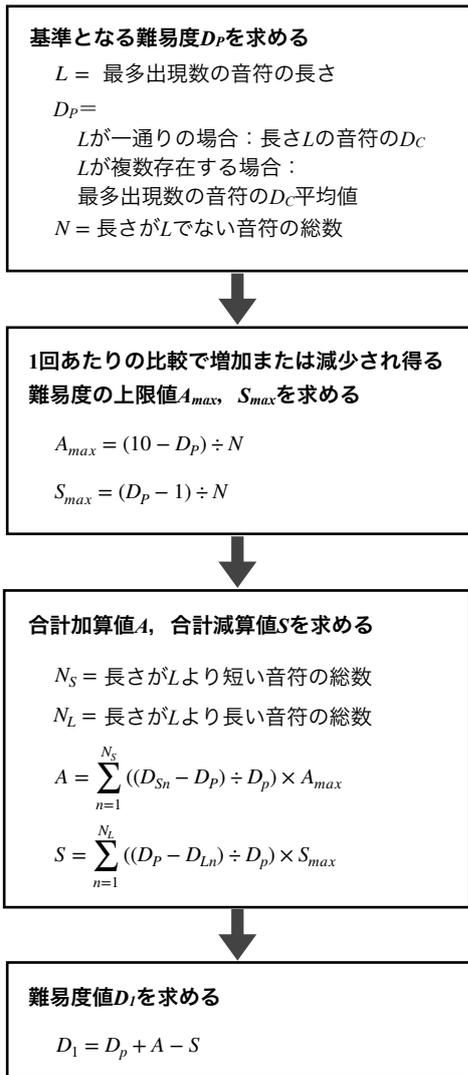


図 2 音長による難易度判定[4]の流れ

4.3 休符による難易度判定

休符による難易度判定は評価対象のリズムに含まれる休符のうち最も短いものを判定対象とする。ただし、休符の出現回数は考慮しない。重み付けの条件は表3の通りで、休符が連続して出現する場合は重み付けを行わない。判定対象となる休符の出現箇所に対しそれぞれの重み付けの条件が当てはまる場合、4.2節の D_1 に対象となる休符と同じ長さの音符の難易度値 D_C と重み W_1 の積を加算する。

表 3 休符による重み付けの条件

| 休符の出現箇所 | 重み付けの条件 |
|---------|----------------|
| リズムの最初 | 対象の右隣の要素が音符である |
| リズムの最後 | 対象の左隣の要素が音符である |
| 上記以外の箇所 | 対象の両隣の要素が音符である |

4.4 裏拍による難易度判定

本研究では、評価するリズムのそれぞれの音符の長さを配列 A とすると、 n 番目の音符に対し以下の条件が成立するとき裏拍であるとした。

- ・ $n-1$ 番目までの音符の長さの和 S_{n-1} が整数でない
- ・ただし、 $n-1$ 番目に登場する要素が音符かつ A_{n-1} と A_n の和が1である場合を除く

難易度判定を行うリズムが上記の条件に当てはまる場合は4.2節の D_1 に重み W_2 を加算する。ただし、裏拍の出現回数は考慮しない。

4.5 全体の難易度判定

4.2節の計算を行った後に、4.3節、4.4節で述べた判定を順に行う。最終的な難易度 D とすると W_1 , W_2 を用いて以下の式で表すことができる。

$$D = D_1 + W_1 D_C + W_2$$

5. 結果と考察

4章で定めた数式を用いて図1の問題の難易度評価を行った。今回は $W_1 = 0.15$, $W_2 = 1.5$ とする。難易度値 D_1 と D は表4の通りである。

表 4 難易度値 D_1 と D

| リズム | 難易度値 D_1 | 難易度値 D |
|---------------|------------|----------|
| 問 3 A | 3.5 | 3.5 |
| 問 3 B (問 4 B) | 3.5 | 5 |
| 問 4 A | 3.5 | 5.9 |

3章の結果より、表1の問3と問4を人が感じた難しさの順に並べると問3A, 問3B(問4B), 問4Aの順になる。表4より、音符の長さのみを利用した難易度値 D_1 は3つの値が全て同じである。一方、休符と裏拍の有無を判定に加えた難易度値 D は数値が小さいものから順に問3A, 問3B(問4B), 問4Aである。3つのリズムは出現する音符(休符)のそれぞれの長さや出現回数は同じであるが、休符や裏拍の有無が異なる。人による難しさの判断と式による数値の結果が一致しており、設定した評価式は概ね信頼できると言える。

6. 評価式を組み込んだデモシステムの実装

本稿で提案した評価式を組み込んだデモシステムを実装した。このシステムでは、マウス操作で1小節の楽譜を作成し、その楽譜のリズムの難易度を評価することができる。画面の流れは図3の通りである。

まず、図3の画面1の破線で囲まれた部分で入力したい音符の長さ、ラジオボタンで音符か休符いずれかを選択する。この状態で、五線譜をクリックすると選択した長さの音符(休符)が五線譜に入力される。この時、音符(休符)の位置はその要素の長さに応じて適切な位置に配置される。選択時、音符画像と五線譜は枠線の色が変わり、ラジオボタンは塗りつぶしで表示する。

1小節のリズムを入力後「難易度を調べる」をクリックすると、入力されたリズムを5章で作成した評価式を用いて難易度を計算する。その値が図3の画面2のように画面下部に表示される。

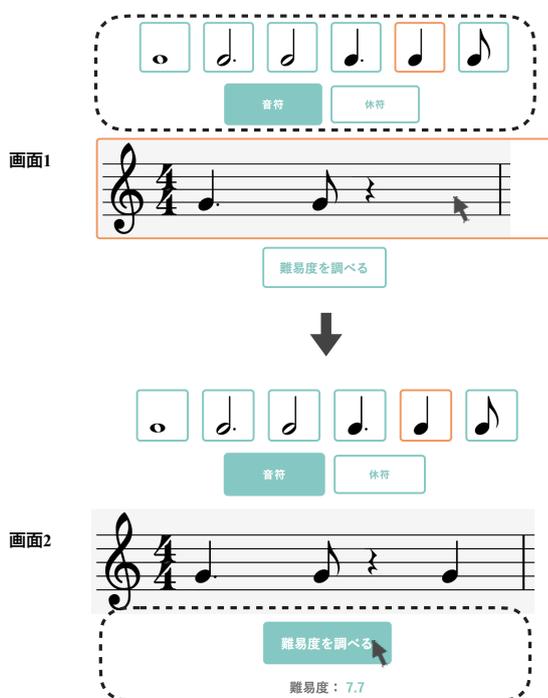


図3 評価式を実装したデモシステム。

7. まとめと今後の課題

本稿では人が楽譜からリズムを認識する際、どのような要素からリズムの難易度を判断しているかを調査し、その結果を考察した。その結果を元に楽譜に現れる音符や休符の長さ、出現回数などを指標とした難易度評価式を作成し、リズムの難易度評価を行なった。また、作成した評価式を組み込んだデモシステムを実装した。

今後は、音符や休符の並び順や拍子、3連符やシンコペーションなどの特殊なリズムパターンなどを評価要素として加えることで評価式の精度向上を目指す。評価式の利用

としては、難易度が近いリズムパターンを自動で作成することでドラムなどのリズム楽器の演奏に役立てることができると考える。また、機械学習を取り入れ、ユーザに合わせて重み付けの値を変化させることで人の感覚とより近い難易度評価が可能になるよう努めたい。

参考文献

- [1] Ayaka Ebisu, Satoshi Hashizume, and Yoichi Ochiai. 2018. Building a feedback loop between electrical stimulation and percussion learning. In ACM SIGGRAPH 2018 Studio (SIGGRAPH 2018). Article No.1.
- [2] 竹川佳成, 寺田 努, 塚本昌彦. リズム学習を考慮したピアノ演奏学習支援システムの設計と実装. 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 1383-1392 (2013年4月).
- [3] 藤井ほのか, 齋藤康之. SMF 解析による楽曲の難易度判定. 映像情報メディア学会技術報告 40.5(0),33-36, 2016.
- [4] 勝俣加奈子, 五十嵐悠紀. リズム譜の難易度を数値化し類題を出題するリズム学習システムの提案. 第27回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2019), 2019年9月25日-9月27日.