

# プレイヤーの得意不得意な要素に着目した リズムゲームの難易度の表現と算出

## Expressing and Computing the Difficulty of a Rhythm Game by Considering the Strong and Weak Points of Players

山内 卓也

Takuya Yamauchi

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

E-mail: takuya.yamauchi.5e@cis.k.hosei.ac.jp

### Abstract

*The difficulty of a rhythm game is an important factor of whether a player can succeed in a musical piece. However, the difficulty of the piece sensed by the player may be different from its difficulty defined by the game. In addition, the difficulty of the piece sensed by a player may be different from the one sensed by another player. This paper proposes a new method of expressing and computing the difficulty of musical pieces of a rhythm game that considers the strong and weak points of players. This paper first presents the results of investigation on the differences of the difficulties of pieces among players and on the difficult points of pieces that the players found. The results suggest that there are differences among the strong and weak points of players. The new method of expressing the difficulty is based on four parameters related to the motions of fingers. This paper presents the result of an experiment on the evaluation of the proposed method. The experimental result suggests a potential of the method of expressing the difficulty of pieces, but also indicates the necessity of improving the method of computing the difficulty.*

### 1. はじめに

多くのリズムゲームには各楽曲に難易度を設定している。基本的に難易度はプレイヤーがその楽曲をクリアすることができるか判断する材料として機能する。プレイヤーは既知の楽曲の難易度と未知の楽曲の難易度を比較し、未知の楽曲がどれほど難しいかをある程度予測できる。しかし、実際に表記されている難易度とプレイヤーが感じる体感難易度の間に差が生じる場合がある。また、同じ楽曲でも各プレイヤーの体感難易度の間に差が生じる場合もある。このような場合、難易度が楽曲をクリアできるか判断する材料として正しく機能しない問題がある。他にもゲーム内の楽曲数が増えるにつれて同じ難易度の楽曲が増え、同じ難易度の楽曲の間にも少なくとも難易度の差が生じてしまう。

本研究では、プレイヤーの体感難易度のばらつきや、実際にプレイヤーが難しいと感じる箇所を調べるために2回のアンケートを行った。そのアンケート結果を基に、新たな難易度表現として、楽曲の難易度を評価基準の異なる4つのパラメータで表現する手法と、各パラメータの計算手法を提案した。各パラメータは、プレイヤーの

得意不得意な要素について、各要素が要求する指の動きが同じもの同士をまとめたものである。また、提案する難易度表現とその計算手法が妥当であるか判断するために評価実験を行った。実験の結果、提案する難易度表現手法は一部に有用性が見られたが、その計算手法は見直す必要があると判断した。

### 2. 関連研究

リズムゲームの難易度に関する研究は少数だが行われている。難易度は個人によって尺度や順序が異なることに着目し、ファジィ推論により個人が感じる難易度を推定する研究 [1]がある。個人の体感難易度を考慮する部分では本研究と似ているが、新しい難易度表現の提案はしておらず、楽曲の増加による同難易度での難易度差についても触れていない。また、譜面を分析する研究については、MIDIの音楽ファイルの楽曲データから難易度判定を行う研究 [2]や、ギター楽譜の音符を音程と音価に分割して難易度を推定する研究 [3]、楽譜から音楽的な表現の特徴を分析する研究 [4]、ピアノの譜面の伴奏を単純化し、練習者が好きな楽曲を演奏しやすくする研究 [5]などがある。特に [2]の研究に関しては、複数の要素について難易度を判定している点で本研究と関連している。

### 3. リズムゲーム

#### 3.1. リズムゲームとは

リズムゲームとは音楽に合わせてリズムを刻むゲームである。リズムを刻むとき、プレイヤーは何らかのアクションを要求され、そのアクションをタイミングよく決めることで得点が得られる。逆にタイミングが悪ければミス扱いになり、ゲームによってはミスによるライフの減少でライフが0になりゲームオーバーになるものもある。アクションを指示するアイコン(太鼓の達人のドンやカッ)は一般的にノーツ(ノート)と呼ばれる。

#### 3.2. 題材とするリズムゲーム

バンダイナムコエンターテインメントより配信されているスマートフォン用リズムゲーム、アイドルマスター シンデレラガールズ スターライトステージ(以下デレステ)を題材として研究を進める。

デレステでは1つの曲に対して異なる難易度の楽曲が5つ存在し、難易度の低い順に DEBUT, REGULAR, PRO, MASTER, MASTER+ (一部の曲には MASTER+は存在し

ない)となっている。この5つの難易度とは別に各楽曲の難しさを表す楽曲がレベル設定されており、これは5～31の数値で表される。本研究では難易度MASTERの楽曲を対象に研究を行う。また、デレステではノーツをリズムアイコンと呼び、本研究でも同様の呼称を使用する。

### 3.3. リズムアイコンの種類

MASTERの楽曲には以下の3種類のリズムアイコンが出現し、それぞれ要求されるアクションが異なる。2つのリズムアイコンが同時に来る場合があり、その2つの組を同時組みと呼ぶ。

- タップアイコンで要求されるアクションはタップである。
- フリックアイコンで要求されるアクションはフリックである。フリックアイコンはフリックの向きが右向きと左向きの二種類が存在する。本研究では同一方向のフリックが連なっているような配置の場合、それらのフリックは連結であると呼ぶ。
- ロングアイコンで要求されるアクションはホールドとリリースである。ロングアイコンには始点と終点が存在し、始点はタップ(ホールド)、終点はリリース(離す位置は問わない)が要求される。また、終点がフリックアイコンになっているパターンも存在し、その時はリリースの代わりにフリックを行う。片方の指のみがホールド中の時を片手拘束と呼ぶ。

## 4. 体感難易度調査

実際に各プレイヤーの体感難易度の間に差があるのか調査をした。調査はアンケート形式で、実際にデレステをプレイしている5人が回答した。

### 4.1. アンケートの形式

アンケートではデレステ内の難易度MASTER、楽曲レベル26の全58楽曲について難しさを1～5の数値で回答してもらった。各数値の基準は以下の通りになっている。

1. 25相当、あるいはそれ以下の難しさ
2. 25相当ではないが☆26の中では簡単
3. 26相応の難しさ
4. 27相当ではないが☆26の中では難しい
5. 27相当の難しさ

### 4.2. 調査結果

体感難易度調査の結果、被験者A～Eの中で表1のように一部の楽曲に被験者の体感難易度のばらつき(体感難易度の評価値が2以上離れているもの)、表記難易度と被験者の体感難易度の差(被験者全ての評価が1, 2または3, 4のもの)が見られた(表1)。

### 4.3. 考察

各プレイヤーの体感難易度の評価が分かれる原因は、プレイヤーによって得意不得意な要素が異なるからだと考えられる。例えばテンポが速い楽曲が得意なプレイヤーAと、逆に不得意なプレイヤーBがいたとする。このときテンポが速い楽曲を2人がプレイすると、プレイヤーAは簡単に感じる一方でプレイヤーBは難しく感じる。

このように体感難易度に関わるプレイヤーの得意不得意な要素を難易度として数値化することができれば、それが難易度の指標になると考えられる。

表1 体感難易度の差に特徴が見られた楽曲

|                 | A | B | C | D | E |
|-----------------|---|---|---|---|---|
| イリュージョニスタ!      | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 |
| ∅∅Over!!        | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 |
| Orange Sapphire | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| エンジェルドリーム       | 4 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| つぼみ             | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| こいかぜ            | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| あんきら!? 狂騒曲      | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| Near to You     | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |

## 5. 指標の調査

指標になりうる、難易度に深く関わってくる要素を調べるため調査を行った。

### 5.1. 調査方法

指標調査では、特定の楽曲に対して難しい箇所とその理由をできる限りで答えてもらう。回答者は体感難易度調査の時と同じである。対象となる楽曲は、体感難易度調査で体感難易度にばらつきがあった曲、全体的に難しいという意見が多かった曲に加えて☆27, ☆28の一部楽曲を含む全31曲を対象とした。

### 5.2. 調査結果

調査した結果、半数以上が難しいと感じる要素や、逆に半数未満が難しいと感じる要素が存在することが分かった。また調査結果から各要素を要求される指の動きでグループ分けすると、4つに分けることができた(表2)。

表2 要素に対して要求される指の動き

| 要求される指の動き   | 要素数 | 難しいと答えた延べ人数 |
|-------------|-----|-------------|
| 素早いタップ      | 8   | 34          |
| フリック        | 7   | 27          |
| 同時に複数のアクション | 3   | 12          |
| リズム感        | 4   | 11          |

## 6. 難易度の表現と計算

4章, 5章で行った調査を基に新しい難易度表現方法とその計算方法を定めた。以下、定めた難易度表現方法を提案表現手法、各指標の計算方法を提案計算手法と呼ぶ。

### 6.1. 提案表現手法

指標調査で得られた4つの指の動きの難しさを1～5の整数値で評価し、評価値を成分とする4つ組みを最終的な難易度表現とする。指標は、素早いタップや指を左右に素早く動かすことを要求する瞬発性( $P_1$ )、フリック操作を要求するフリック性( $P_2$ )、それぞれの指に違う動作を同時に要求する複雑性( $P_3$ )、リズム感を要求するリズム性( $P_4$ )の4つとする。 $P_i$ の値が高いほどその傾向が強い。

## 6.2. 提案計算手法

$N$ 個のリズムアイコンについて、直前のリズムアイコンとの位置関係からそのリズムアイコンを処理する指標  $P_i$  に関する難しさ ( $E_n^i$ ) を割り出す。また、デレステにはライフが存在し、各リズムアイコンにはミスした時に減少するライフ量 ( $S_n$ ) が決まっている。これを利用してミスした時のライフ減少量と処理する難しさの積をそのリズムアイコンが持つ評価値とする。全てのリズムアイコンの評価値の総和が指標  $P_i$  の評価値となる。

$$P_i = \sum_{n=1}^N S_n E_n^i$$

### 6.2.1. 瞬発性

瞬発性では  $Br_1$  (基礎倍率),  $Sd_n$  (直前のリズムアイコンとの時間差),  $Ld_n$  (一番近い直前のリズムアイコンとの横幅),  $Ath_n$  (アクションがタップまたはホールドか),  $St_{n+1}^n$  (同時組みか),  $L_n$  (片手拘束時か),  $A_n^{n-1}$  (交互性の有無) から  $E_n^1$  を求める。交互性とは直前のリズムアイコンと今回のリズムアイコンが左右の指を両方使って処理できるかどうかを表し、今回か直前が同時組みの場合や片手拘束有りの場合は交互性無しとなる。同時組みが続く場合の  $Ld_n^1$  は右側同士と左側同士のレーンの差の合計となる。  $BR_1, I_0 \sim I_5$  は定数であり、式は以下ようになる。

$$\begin{aligned} Coi_1: Ath_n \\ Coi_2: Coi_1 \wedge Sd_n \leq I_0 \end{aligned}$$

$$E_n^1 = \begin{cases} 0 & : \overline{Coi_1} \\ Br_1 & : Coi_1 \wedge Sd_n \geq I_0 \\ Br_1 + \frac{Ld_n}{I_1 \times Sd_n^3} & : Coi_2 \wedge A_n^{n-1} \\ Br_1 + \frac{1}{I_2 \times Sd_n^3} + \frac{Ld_n}{I_3} & : Coi_2 \wedge (A_n^{n-1} \wedge \overline{St_{n+1}^n}) \vee L_n \\ Br_1 + \frac{Ld_n}{I_4 \times Sd_n^3} & : Coi_2 \wedge St_{n-1}^{n-2} \vee St_{n+1}^n \\ Br_1 + \frac{Ld_n}{I_5 \times Sd_n^3} & : Coi_2 \wedge St_{n-1}^{n-2} \wedge St_{n+1}^n \end{cases}$$

### 6.2.2. フリック性

フリック性では  $Br_2$  (基礎倍率),  $Sd_n$  (直前のリズムアイコンとの時間差),  $Ld_n$  (一番近い直前のリズムアイコンとの横幅),  $Af_n$  (アクションがフリックか),  $Ff_n$  (フリックが右向きか),  $Fl_n$  (フリックが左向きか),  $Fd_b^a$  (二つのフリックの向きが同じか),  $Lf_n$  (連結フリックの一部か),  $Rf_n$  (折り返し地点か),  $Lef_n$  (ロング終点フリックか),  $Stf_{n+1}^n$  (同時組みのフリックか) から、  $E_n^2$  を求める。  $BR_2, F_0 \sim F_9$  は定数であり、式は以下ようになる。

$$\begin{aligned} Cof_1: Af_n \\ Cof_2: Cof_1 \wedge \overline{Lef_n} \wedge Sd_n \leq F_0 \\ Cof_3: Cod_2 \wedge \overline{Stf_{n+1}^n} \\ Cof_4: Cof_2 \wedge Stf_{n+1}^n \wedge \overline{Stf_{n-1}^{n-2}} \\ Cof_5: (Ff_n \wedge Fr_{n-1}) \vee (Fl_{n+1} \wedge Fl_{n-1}) \\ Cof_6: Cof_2 \wedge \overline{Stf_{n+1}^n} \wedge \overline{Stf_{n-1}^{n-2}} \\ Cof_7: Cof_2 \wedge Stf_{n+1}^n \wedge \overline{Stf_{n-1}^{n-2}} \end{aligned}$$

$$E_n^2 = \begin{cases} 0 & : \overline{Cof_1} \\ Br_2 + F_1 & : Lef_n \\ Br_2 + F_2 & : Lef_n \wedge Stf_{n+1}^n \\ Br_2 + F_3 \times Sd_n & : Cof_3 \wedge Lf_n \\ Br_2 + \frac{1}{F_4 \times Sd_n^2} & : Cof_3 \wedge Rf_n \\ Br_2 + \frac{Ld_n}{F_5 \times Sd_n^2} & : Cof_3 \wedge \overline{Lf_n} \wedge \overline{Rf_n} \\ Br_2 + F_6 \times Sd_n & : Cof_4 \wedge Cof_5 \\ Br_2 + \frac{1}{F_7 \times Sd_n^2} & : Cof_4 \wedge \overline{Cof_5} \\ Br_2 + \frac{1}{2} \left( F_1 \times Sd_n + \frac{1}{F_2 \times Sd_n^2} \right) & : Cof_6 \wedge \overline{Fd_{n-1}^{n-2}} \\ Br_2 + F_8 \times Sd_n & : Cof_7 \wedge Lf_n \wedge Lf_{n+1} \\ Br_2 + \frac{1}{F_9 \times Sd_n^2} & : Cof_7 \wedge Rf_n \wedge Rf_{n+1} \\ Br_2 + F_1 \times Sd_n + \frac{1}{F_2 \times Sd_n^2} & : Cof_7 \wedge (Lf_n \vee Lf_{n+1}) \end{cases}$$

### 6.2.3. 複雑性

複雑性では  $Br_3$  (基礎倍率),  $Sd_n$  (直前のリズムアイコンとの時間差),  $Ra_n$  (リズムアイコンが要求するアクション) から  $E_n^3$  を求める。  $Br_3, C_0 \sim C_2$  は定数であり、式は以下ようになる。

$$\begin{aligned} Coc_1: Sd_n \leq C_0 \wedge Ra_{n-1} \neq Ra_n \\ Coc_2: Ra_{n-1} \neq \text{ロング系} \vee Ra_n \neq \text{ロング系} \\ E_n^3 = \begin{cases} 0 & : Ra_{n-1} = Ra_n \\ Br_3 + C_1: Coc_1 \wedge Coc_2 \\ Br_3 + C_2: Coc_1 \wedge \overline{Coc_2} \end{cases} \end{aligned}$$

### 6.2.4. リズム性

リズム性では  $Br_4$  (基礎倍率),  $Sd_n$  (直前のリズムアイコンとの時間差),  $Lf_n$  (連結フリックの一部か),  $St_{n-1}^n$  (同時組みか),  $Cr_n$  (直前のリズムと異なるか),  $Ob_n$  (裏拍のリズムか),  $Tr_n$  (連符のリズムか),  $D_n$  (付点のリズムか) から  $E_n^4$  を求める ( $Cr_n \sim D_n$  は真なら 1, 偽なら 0)。  $Br_4, R_0 \sim R_4$  は定数であり、式は以下ようになる。

$$\begin{aligned} Cor_1: Sd_n \leq R_0 \\ Cor_2: Lf_n \wedge Sd_n \leq R_1 \\ Cor_3: Cor_1 \wedge Cor_2 \wedge \overline{St_{n-1}^n} \\ E_n^4 = \begin{cases} 0 & : \overline{Cor_1} \vee Cor_2 \\ Br_4 + Cr_n R_2 + Ob_n R_3 + Tr_n R_4 + D_n R_5: Cor_3 \end{cases} \end{aligned}$$

## 7. 実装

難易度の計算は Python で作成したプログラムで行った。使用する楽曲のデータは、Python とライブラリの OpenCV を使用して楽曲譜面の画像を基に生成した。楽曲の譜面の画像は有志の方が作成しているものを用いた。

## 8. 評価実験

提案表現手法と提案計算手法の妥当性を調べるために、提案表現手法における各プレイヤーの指標の評価と提案計算手法で導出した数値の違いを評価した。

### 8.1. 実験方法

被験者は体感難易度調査を行った5人のうちB, C, Eの3人, 実験に使用する楽曲は過去2回の調査で使用していない楽曲かつ2つの調査の後に実装された全20楽曲とした。被験者には事前に各指標の説明と, 各指標の傾向が強い楽曲の例をいくつか伝えた。実験ではまず被験者に提案表現手法に基づいて各楽曲の指標の評価をもらう(被験者評価と呼ぶ)。それとは別に提案計算手法を用いて各楽曲の難易度を割り出す(実験評価と呼ぶ)。

### 8.2. 実験結果

楽曲内の被験者評価が $X$ の範囲で一致した楽曲の数の割合を表3に, 楽曲内の被験者評価に対して $X$ の範囲で一致した同楽曲の実験評価の数の割合を表4に, 全ての被験者評価に対して $X$ の範囲で一致した実験評価の数の割合を表5に示す。 $X$ は差の絶対値の最大値を表す。

表3 被験者評価の一致率

| $X$ | 瞬発性  | フリック性 | 複雑性  | リズム性 |
|-----|------|-------|------|------|
| 0   | 15%  | 5%    | 10%  | 10%  |
| 1   | 65%  | 65%   | 45%  | 65%  |
| 2   | 95%  | 85%   | 90%  | 95%  |
| 3   | 100% | 95%   | 95%  | 100% |
| 4   | 100% | 100%  | 100% | 100% |

表4 各楽曲の被験者評価に対する実験評価の一致率

| $X$ | 瞬発性  | フリック性 | 複雑性  | リズム性 |
|-----|------|-------|------|------|
| 0   | 10%  | 5%    | 0%   | 5%   |
| 1   | 60%  | 65%   | 15%  | 85%  |
| 2   | 100% | 90%   | 85%  | 95%  |
| 3   | 100% | 100%  | 100% | 100% |
| 4   | 100% | 100%  | 100% | 100% |

表5 全ての被験者評価に対する実験評価の一致率

| $X$ | 瞬発性   | フリック性 | 複雑性   | リズム性  |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 0   | 33.3% | 36.7% | 18.3% | 41.7% |
| 1   | 81.7% | 88.3% | 61.7% | 93.3% |
| 2   | 100%  | 96.7% | 95.0% | 98.3% |
| 3   | 100%  | 100%  | 100%  | 100%  |
| 4   | 100%  | 100%  | 100%  | 100%  |

### 9. 議論

提案表現手法について, 被験者評価の一致率は $X = 1$ の範囲でも半分程度であり, 特に複雑性は半分以下だった。しかし, 楽曲の中には同じ楽曲レベルの曲でも瞬発性( $P_1$ )とフリック性( $P_2$ )の評価に差が出るなど, 傾向の差が強く確認できたものも存在した(表6)。被験者評価の一致率の低さについて, プレイヤーある程度蓄積された難易度に関する経験を基に難易度を評価するが, 今回の実験ではその経験が被験者に無かったことが原因として考えられる。よって, 楽曲の難しさをいくつかの指標に分解することはできるが, 各指標に関しては, 実験方法の見直しをして再度実験による再評価が必要だと判断した。

提案計算手法について, 表3と表4はほぼ変わらない結果になった。しかし全ての被験者評価に対する実験評価の一致率では,  $X = 1$ の範囲で複雑性以外は80%以上

の一致が確認できた。よって複雑性以外の3つの指標の提案計算手法は精度を高めれば被験者の評価に近づけることができると考えた。また表4と表5が大きく異なる理由として, 1人だけ提案計算手法による評価と大きな差が出る楽曲が一部存在し, その結果実験評価との一致率が下がった事が考えられる。この原因も提案表現手法に対する被験者の経験不足だと考えた。複雑性の一致率が低かった原因は, 連結フリックの各フリックを個別に評価していたことが原因だと考えた。例えば短い間隔の連結フリックと1つのタップアイコンが存在したとき, タップとフリックの組み合わせが複数存在すると認識してしまう。これは連結フリックを1つのフリックとして扱うなどの対策が必要だと考えた。また,  $X = 0$ の範囲ではどの一致率もまだ十分有用と言える数値では無かったので計算手法の見直しが必要であると判断した。

表6 2つの楽曲(☆27)の傾向の違い

|   | $P_1$ (楽曲1) | $P_2$ (楽曲1) | $P_1$ (楽曲2) | $P_2$ (楽曲2) |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| B | 3           | 4           | 4           | 2           |
| C | 3           | 3           | 4           | 3           |
| E | 3           | 4           | 4           | 2           |

### 10. まとめ

本研究では, プレイヤーの得意不得意な要素に着目し, リズムゲームの新しい難易度表現方法とその計算方法を構築した。評価実験の結果, 提案表現手法は有用である可能性があるが, 指標とその提案計算手法の妥当性は確認できなかった。

今後の課題としては, 提案手法を用いた長期間の実験や, 指標と提案計算手法の見直しなどが挙げられる。

### 文 献

- [1] 紺野凌, 西野順二, "音楽ゲームの個人難易度ファジィモデル," 情報処理学会研究報告: ゲーム情報学, vol. 39, no. 9, pp. 1-4, 23 2018.
- [2] 藤井ほのか, 佐藤陸, 齋藤康之, "SMF解析による楽曲の難易度判定," 情報処理学会研究報告: 音楽情報科学, vol. 112, no. 1, pp. 1-6, 2016.
- [3] 吉原拓海, 加藤誠, 吉川正俊, "生成モデルに基づくギター楽譜からの演奏難易度推定," DEIM 論文集, no. F4-4, pp. 1-8, 2018.
- [4] 長谷川隆, 西本卓也, 小野順貴, 嵯峨山茂樹, "楽譜情報からの作曲家らしさ認識のための音楽特徴量の提案," 情報処理学会論文誌, vol. 53, no. 3, pp. 1204-1215, 2012.
- [5] 吉川晃平, 新井イスマイル, "楽曲の盛り上がりに対応したピアノ譜の簡単化," 情報処理学会研究報告: 音楽情報科学, vol. 110, no. 19, pp. 1-8, 2016.