



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Automatic generation of stage data for music games with an appropriate difficulty control method [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s)           | 有働, 篤人                                                                                                                                                              |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                               |
| Degree Name         | 博士(情報科学)                                                                                                                                                            |
| Dissertation Number | 甲第15547号                                                                                                                                                            |
| Issue Date          | 2023-03-23                                                                                                                                                          |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/89461">https://hdl.handle.net/2115/89461</a>                                                                                   |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>                                                             |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                                     |
| File Information    | Atsuhito_Udo_abstract.pdf, 論文内容の要旨                                                                                                                                  |



## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 有働 篤人

### 学 位 論 文 題 名

Automatic generation of stage data for music games with an appropriate difficulty control method  
(音楽ゲームのステージデータの自動生成における適切な難易度調整手法について)

音楽ゲームは人気のゲームジャンルの一つである。音楽ゲームでは、プレイヤーは背景で流れている音楽に含まれる音の立ち上がりなどの特定のタイミングで特定の行動(例: ボタンを押す)を求められる。行動のタイミングや種類はあらかじめ決められており、そのデータはステージデータないしは譜面と呼ばれている。

譜面によって指示される行動は、ゲーム画面の中で静止している物体に別の物体が移動してきて重なることによって、そのタイミングをプレイヤーに伝達する仕組みであることが多い。

譜面の制作は、音楽に関する知識を持った者が、譜面に使用する音楽を何度も聞き返すことで操作を決定する必要があるため、時間がかかる。また、音楽ゲームにおいては同じ音楽に対してしばしば異なる熟練度のプレイヤーに向けた譜面を複数製作するため、さらに長い時間を要する作業となる。

近年、この作業を機械学習を用いて自動化する研究が見られる。

Donahue らは Dance Dance Revolution(DDR) と呼ばれる音楽ゲームの譜面を、任意の音楽が記録された音声ファイルとユーザが希望する大まかな難易度の2つの入力をもとに生成する手法 Dance Dance Convolution(DDC) を発表した。この手法には2つの機械学習モデルが含まれ、それぞれ step placement と step selection と名付けられている。step placement モデルは CNN と LSTM を用いて操作指示の出現タイミング、step selection モデルは LSTM を用いて具体的な操作指示の種類を学習しているが、過去に人が作った DDR の譜面とそれに対応する楽曲を教師データとしているため、人が作ったような譜面を生成できるとされている。

しかし、ユーザの希望する大まかな難易度が低い時、人が作った譜面よりも多くの操作指示を配置した譜面を生成する問題が確認された。

そこで、本論文では既存手法よりユーザの希望する難易度に近い譜面を生成する手法について検討する。既存手法に対して次の2つの手法を適用し、その効果を確認する。

\* 譜面に含まれる操作指示に正確に従った時のプレイヤーの動きを定量化して難易度と結びつけ、生成された譜面の難易度を評価・調整する手法

\* 音楽的知識を用いて、人の作った譜面と生成された譜面それぞれを分析した結果に基づいて生成譜面の難易度を調整する手法

人の作った譜面を、それらに含まれる操作指示の密度の観点から分析すると、譜面の難易度は主に操作指示の密度に支配されていることがわかる。しかし筆者は、操作指示の密度だけではなく、操作指示がプレイヤーに求める動作の複雑性も難易度に関わる可能性があると考えた。

筆者は操作指示の複雑性を反映した値として Movement Cost(MC) を提案し、人が作った譜面の平均の MC に対して生成された譜面の MC を比較することで、既存手法の用いている機械学習モデルの提案する操作指示を調整する手法を提案した。

この手法で生成される譜面は、ある程度難易度が適切に調整されているケースが見られたが、同時に人が作った譜面には見られない操作指示の配置も見られることがわかった。

筆者はもう一つのアプローチとして、4分音符などのリズム表記を用いて譜面を分析し、定量化可能な性質から難易度を評価・調整する手法を提案した。

リズム表記を用いると、譜面に含まれる操作指示のタイミングをクラス分けすることが可能になる。

まず、譜面に用いられている楽曲を1小節と呼ばれる時間単位で分割し、それをさらに一定間隔で等分した時間間隔の立ち上がり部分をクラスとみなし、そのタイミングで出現する操作指示をクラス分けした。

人が作った譜面に含まれる操作指示をこの手続きでクラス分けした結果を難易度ごとに平均したところ、各難易度ごとに操作指示が存在しうるクラスが偏っていることが確認された。

提案手法では、既存手法が生成した譜面の操作指示をクラス分けした結果と、難易度ごとのクラスごとの出現頻度の偏りを比較することで、人が特定難易度では配置するはずのないタイミングで配置される操作指示を削除する処理を導入した。

これにより、ユーザの希望する大まかな難易度が低い時、人が作った譜面よりも多くの操作指示を配置した譜面を生成する可能性を減らすことに成功した。

これらの提案手法を通じて、筆者は、機械学習だけでは学習できていないと考えられる情報を機械学習を用いずに導入することで、機械学習モデル単体で得られる成果よりもより良い成果を得られる可能性を示した。この可能性は、他の機械学習を用いた手法に関しても検討されるべきだと筆者は考える。