

深層学習を用いたコルトー式ピアノ練習パターン自動生成システム手法と実装「Artificial Cortot」

加藤 綾規^{1,a)} 陶山 晴南¹ 廣瀬 友亮¹ 堀之内 陽介¹ 久野 文菜² 濱川 礼¹

概要：本論文では、ユーザがピアノ楽譜中の任意に選んだ小節から深層学習を用いて練習に適したパターンを自動生成する *Artificial Cortot* について述べる。ピアノの演奏には複雑なリズムや高速な指の動きを必要とする難易度の高い小節が存在する。このような問題に対して、「ハノン・ピアノ教本 (音楽之友社)」によると、リズムやアーティキュレーションを変更して練習するのが有効であると記載されている。フランスの名ピアニストであり、教育者でもあったアルフレッド・コルトー (Alfred Cortot) は更にこのような練習を具体的な曲に適するように発展させた練習パターンを載せた多くのピアノ曲の校訂譜を出版している。しかしながら、コルトーの校訂譜はショパンやシューベルトの曲のように限られたものしかない。そこで、私達はコルトー式の練習パターンを色々な曲に当てはめ、自動的に練習パターンを生成できたならば、練習上達のための支援に寄与するのではないかと考えた。*Artificial Cortot* では、全音楽譜出版社が出版しているコルトー版のショパンのソナタやエチュード等の楽譜から原曲と練習パターンの組み合わせ約 250 パターンを抽出し、最初に学習データを作成している。そしてユーザがピアノ楽譜中の任意に選んだ小節をピアノロール画像に変換した後に、ペア画像で学習が可能な深層学習 GAN の一種「Pix2Pix」を用いて適した練習パターンを自動生成し、ユーザに提供する。

1. 背景・目的

ピアノ学習者が学習を開始する際、ハノン・ピアノ教本 [1] やチェルニー [2] 等の練習曲を取り入れることが多い。これらの練習曲は、指の敏速さや独立性の習得を目標とした基礎訓練の楽譜である。基礎訓練を目的として演奏するのであれば問題ないが、他の楽譜中に存在する難易度の高い小節を練習するには不向きである。そのため、練習曲を練習しても全ての曲を演奏できるとは限らない。一方で、ショパンやリストらのピアノ曲の中に一部の練習パターンを記載した「アルフレッド・コルトー (Alfred Cortot) 校訂版」の楽譜がある。フランスの名ピアニストであり教育者でもあったコルトーは複数の練習パターンを考案しており、それらの練習パターンを練習することにより指の動きの練習やテクニックを身につけることができる。コルトー校訂版の楽譜には様々な練習パターンがあるが一部の曲の小節やフレーズのみである。本稿では、コルトーが考案した練習パターンを学習データとし、ユーザがピアノ楽譜中から任意に選んだ小節に対応した新たにコルトーの考えた練習パターン (以下コルトー式の練習パターンという) を

自動生成するシステム *Artificial Cortot* を開発した。

2. 関連研究

ピアノ練習曲生成や、コルトーの練習曲に関する研究は今日まで様々なものが行われている。以下に事例を挙げる。

2.1 ピアノ練習曲生成

ピアノ練習曲を提案する研究として、ユーザの技術に合わせて楽譜を編曲し練習させる研究がある [3]。これは、ピアノ演奏者がうまく弾けていなかった部分を検出し、練習すべき部分を編曲し練習曲を提案することを目的としている。この研究では、演奏曲の楽譜とユーザによる演奏データを入力とし、奏者が苦手と思われるパートを判断し、該当箇所の簡略化を行うことで、楽譜の演奏者の技術に合わせて編曲をする。その結果、ユーザの得手不得手に細かく対応した演奏の練習を実現できる。ユーザが苦手とする箇所の練習パターンを提示している点では一致しているが、*Artificial Cortot* は楽譜のみを入力としているため、演奏しなくともユーザが難しいと感じるパッセージに対して有用な練習パターンを提案することが可能である。

2.2 コルトーの練習法

コルトーの練習法に関する研究として、菊地智子がコル

¹ 中京大学工学部情報工学科

² 中京大学大学院工学研究科情報工学専攻

^{a)} ryo.kato0122@gmail.com

トーの作成した練習方法をまとめている [4]。これは、コルトーの練習法の種類と練習するために必要な能力について記述することを目的としている。コルトーが考案する練習法は、分散和音、反復練習、リズム変更等の特性がある。これらの特性を備えていれば、テクニクの困難を克服する術になる。またコルトーの練習法を応用するためには、演奏者が音楽的な基礎知識と能力を持ち備えなければならない。このことから、コルトーはピアノ学習者にテクニクや基礎的能力を身につけることを想定して練習法を作成していたと考えられる。Artificial Cortotでは、任意の曲に対してこれらの練習法の特性を適用させた練習パターンを提供することが目的である。

3. 提案手法

Artificial Cortotでは、ピアノロール画像を入力とし、練習パターンを生成する。学習は2つのペア画像から画像間の関係を学習してモデルを生成し [5]、入力画像に対して学習したモデルを利用して新たな画像を生成することができる敵対的生成ネットワーク「GAN」の一種であるPix2Pix[6]で行う。これは、原曲とコルトー式の練習パターンという2つの関係性を学習させるという点でPix2Pixが一番向いていると考えたからである。図1に学習と生成の流れを示す。

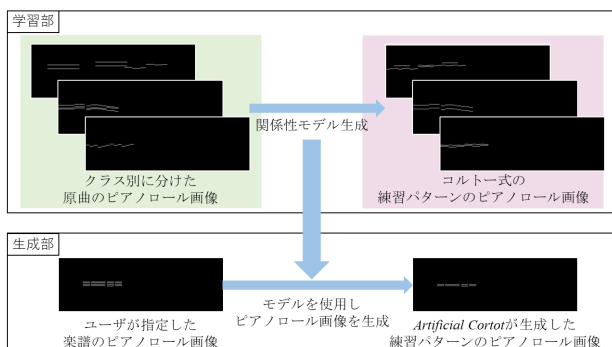


図1 学習と生成の流れ

学習部ではPix2Pixで原曲とコルトー式の練習パターンのピアノロール画像を学習データとして関係性モデルを作成し [7]、生成部では作成したモデルを使用し入力されたピアノロール画像に対して練習パターンのピアノロール画像を生成するという流れとなる。

3.1 学習データ

学習データには全音楽譜出版社が出版しているコルトー版のショパンのソナタやエチュード等の楽譜から原曲と練習パターンの組み合わせを使用した [8]~[17]。mp3ファイルやwavファイルではピアノロール画像へ変換することが困難であるため、midiデータで405パターンを手作業で作成した。そのうち、原曲と練習パターンの小節数が異なる

データを除いた240パターンのデータで学習を行った。

楽譜画像とピアノロール画像でのPix2Pixの生成結果の比較を行うためにそれぞれを学習データとして学習を行った。図2の楽譜を入力データとし例を示す。図2のコルトー式の練習パターンを図3に、楽譜データを使ったPix2Pixの生成結果を図4に、ピアノロール画像を使ったPix2Pixの生成結果のノイズ除去したものを図5に示す(ノイズ除去については4.4節で述べる)。図4と図5を比較すると、図4では6個目の臨時記号の生成がうまくできていないことが分かる。一方、図3と図5を比較すると、図5は図3と音としては同じ楽譜になっており、ピアノロール画像での学習の方が精度が良い事が分かる。midiデータをピアノロール画像にするとプログラム上で2次元配列のデータとして扱うことができる。このことからPix2Pixの生成結果のノイズの削除を楽譜画像より簡単に行える。これらのことより、Artificial Cortotではピアノロール画像での学習を行った。



図2 「エチュード」Op.10, No.10 2小節目



図3 図2のコルトー式の練習パターン



図4 図2の楽譜画像での生成結果



図5 図2のピアノロール画像での生成結果

Artificial Cortotでは原曲とコルトー式の練習パターンの各midiデータを図6に示すように大きさ512×1024のピアノロール画像とし、左に原曲、右にコルトー式の練習パターンをペア画像として学習させる。

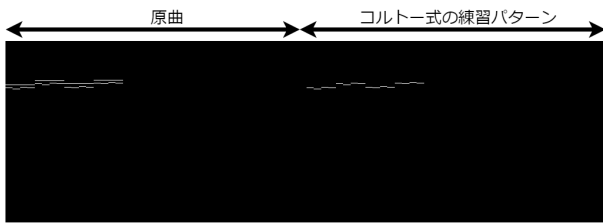


図 6 学習データの例

3.2 練習パターンのクラス分け

3.2.1 手作業による練習パターンのクラス分け

2.2 節でも述べたように、練習パターンにも種類が存在するため、学習データを7つのクラス、音を減らす練習パターン「dec」、トリル奏法「tr」、練習パターンに8分音符、16分音符、16分音符の3連符、32分音符が含まれるものをそれぞれ「8分」、「16分」、「16分3連」、「32分」に手作業で分けた。また上記の6つのクラスに該当しない練習パターンは不規則な練習パターンが多いため「その他」のクラスに分けた。各クラスのデータ数を表1に示す。

表 1 各クラスのデータ数

クラス名	dec	tr	8分	16分	16分3連	32分	その他
データ数	87	11	12	12	23	7	88

各クラス「dec」「tr」「8分」「16分」「16分3連」「32分」「その他」の例を図7、図9、図11、図13、図15、図17、図19に示し、それぞれに対応するコルトー式の練習パターンを図8、図10、図12、図14、図16、図18、図20に示す。



図 7 「演奏会用アレグロ」
Op.46 19 小節目



図 8 図 7 のコルトー式の
練習パターン



図 9 「舟歌」Op.60
24 小節目



図 10 図 9 のコルトー式の
練習パターン



図 11 「バラード第2番」
Op.38 47 小節目



図 12 図 11 のコルトー式の
練習パターン



図 13 「3つの新しい
エチュード」1 小節目



図 14 図 13 のコルトー式の
練習パターン



図 15 「舟歌」Op.60
15 小節目



図 16 図 15 のコルトー式の
練習パターン



図 17 「エチュード」
Op.25, No.3 1 小節目



図 18 図 17 のコルトー式の
練習パターン



図 19 「ポロネーズ」
Op.53 14 小節目



図 20 図 19 のコルトー式の
練習パターン

「16分」のような学習データ数が少ない場合、ベートーヴェンの「ソナタ」Op.106, No.29[18]の1小節目の楽譜図21の練習パターンを生成すると図22のような生成結果となる。生成結果からデータ数が少ないと規則性を見つけれず精度が落ちるため、データ数が一番多いクラス「dec」を利用して学習を行った。



図 21 「ソナタ」Op.106,
No.29

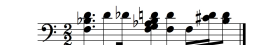


図 22 図 21 の Artificial
Cortot の生成結果

3.2.2 k平均法による練習パターンのクラス分け

3.2.1 節の手法とは別に、k平均法を用いた自動でクラスを分ける手法を作成した。

この手法ではコルトー式の練習パターンにおける音価を主な基準としてクラス分けをした。これは手作業でのクラス分けにおける「8分」、「16分」、「16分3連」、「32分」という音符による分け方を参考に自動化を目指したものである。

まず入力された midi データからピアノロールを取得した。そして Friedman らの手法を参考にそのコルトー式の練習パターンに含まれる音1つ1つから音高、音価を抽出

し、2次元ベクトルに変換した[19]. 次に k 平均法を用い、それによって分けられた2次元ベクトルのクラスの音価の平均値をそれぞれ導出した. そしてその2次元ベクトルのクラスの音価の平均値を比較して、最も小さい値を基にコルトー式の練習パターンを分けた.

240のコルトー式の練習パターンをクラス分けした結果、全9種類のクラスに分類された. 各クラスのデータ数を表2に示す.

表 2 各クラスのデータ数

クラス No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
データ数	4	8	2	56	2	17	4	143	4

また各クラスの例を番号順に図23, 図25, 図27, 図29, 図31, 図33, 図35, 図37, 図39に示し、それぞれに対応するコルトー式の練習パターンを図24, 図26, 図28, 図30, 図32, 図34, 図36, 図38, 図40に示す.



図 23 「エチュード」Op.25, No.1 205 小節目

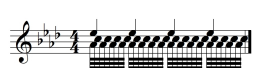


図 24 図 23 のコルトー式
の練習パターン



図 25 「ポロネーズ」Op.44, No.5 204 小節目

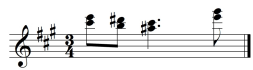


図 26 図 25 のコルトー式
の練習パターン



図 27 「エチュード」Op.10, No.2 6 小節目



図 28 図 27 のコルトー式
の練習パターン



図 29 「エチュード」Op.10, No.1 1 小節目



図 30 図 29 のコルトー式
の練習パターン



図 31 「バラード第1番」Op.23 206 小節目

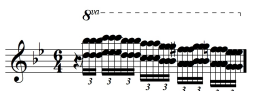


図 32 図 31 のコルトー式
の練習パターン



図 33 「エチュード」Op.25, No.9 3 小節目



図 34 図 33 のコルトー式
の練習パターン



図 35 「演奏会用アレグロ」Op.46 180 小節目



図 36 図 35 のコルトー式
の練習パターン



図 37 「3つの新しいエチュード」1 小節目



図 38 図 37 のコルトー式
の練習パターン



図 39 「ポロネーズ」Op.40, No.3 48 小節目

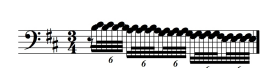


図 40 図 39 のコルトー式
の練習パターン

3.2.3 両手法の比較

表 3 手作業と k 平均法とのデータの分布

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計
dec	3	5	0	24	0	5	0	50	0	87
tr	0	2	0	1	0	1	0	5	2	11
8分	0	0	0	11	0	0	0	1	0	12
16分	0	0	0	6	0	0	0	6	0	12
16分3連	0	0	0	0	2	0	0	21	0	23
32分	1	0	0	1	0	1	2	2	0	7
その他	0	1	2	13	0	10	2	58	2	88
合計	4	8	2	56	2	17	4	143	4	240

表3は手作業で分けたデータが k 平均法ではどのクラスに分布されているかを示す. 縦軸が k 平均法, 横軸が手作業の手法である.

「8分」に分けられた12のうち11のコルトー式の練習パターンはクラス4に、「16分」や「16分3連」に分けられた35のうち27のコルトー式の練習パターンはクラス8に分布していた.



図 41 「舟歌」Op.60 1 小節目



図 42 図 41 のコルトー式
の練習パターン

しかし図 41 のように「16 分」に分けられた 12 のうち 6 のコルトー式の練習パターンがクラス 4 に分布していたため、ピアノロールを取得した際に同一の音高である連続した 16 分音符 2 つと 8 分音符 1 つとの区別ができなかったと考えられる。加えてクラス 8 に「16 分」が 6, 「16 分 3 連」が 21 と分布していたことから 16 分音符と 16 分 3 連符との区別が曖昧であった。他にもクラス 4 と 8 以外のクラスのデータの分布が少なかったことから、実質使用できるクラスが 2 つとなってしまった。

これらの理由により実際の学習および評価実験では、 k 平均法によるクラス分けは使わず手作業によるクラス分けを使用した。

4. システム概要

Artificial Cortot は入力データをピアノロール画像に変換する変換部①、練習パターンを生成する生成部、生成部の出力画像を楽譜画像に変換する変換部②の 3 つのモジュールから構成されている。図 43 にシステム構成図を示す。

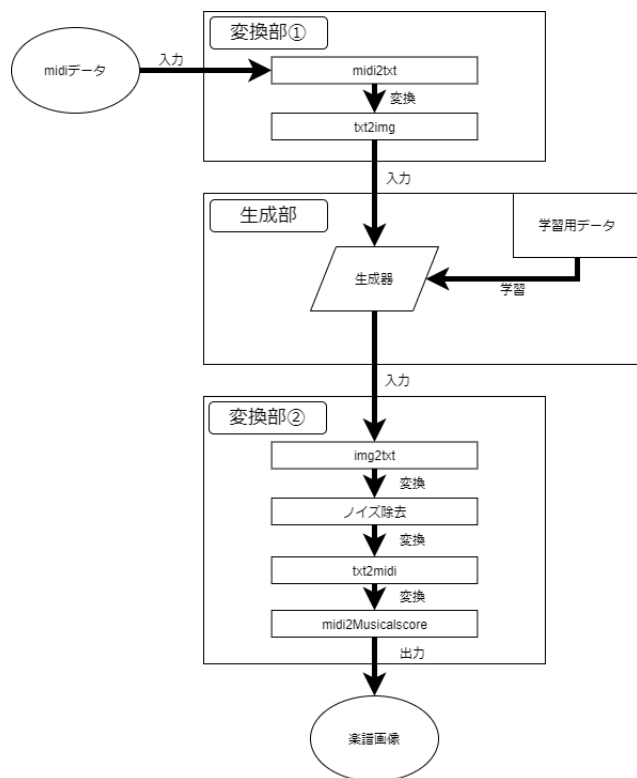


図 43 システム構成図

ここでは txt, img のデータ形式をベートーヴェン作曲、ルビンシテイン編曲の「トルコ行進曲」[23] の 13 小節目を例にして述べる。図 44 のピアノロールを一部抜粋した txt データが図 46 である。この txt データは横軸に並ぶ 1 の個数で音の長さを表現している。また、4 分音符 1 つと 8 分音符 2 つの txt データをピアノロール画像に変換したも

のが図 45 である。

4.1 入力データ

入力するデータは midi データであり、練習したい任意のピアノ曲の一小節分のデータを取り込む。

4.2 変換部①

この変換部①では入力された midi データを Pix2Pix で用いられる図 45 のようなピアノロール画像に変換する。

midi2txt では、入力された midi データを Python のライブラリである pretty_midi を用いて ndarray 型のピアノロールを取得し、512×512 のデータに整形し txt データを作成する。

次に txt2img でテキストデータを画像データに変換する。白黒画像での学習のために txt データの値を 255 倍することで 0 と 255 の値だけで再構成する。このデータを OpenCV で画像データとして保存する。

4.3 生成部

Pix2Pix で学習したモデルを使用して、変換部①で変換した画像データを練習パターンに変換する。モデル生成の学習は batch size 4 で 700 epoch を行った。700 epoch に定めた理由は最も精度が良かったからである。700 epoch 未満の時は学習が足りておらず音の消し方に規則性がなく綺麗な練習パターンが生成できなかった。700 epoch より大きい場合は反対に音を減らしすぎる結果になってしまった。

学習データには 3.2.1 節で示したクラス「dec」のデータを使用した。曲の長さを統一するために小節ごとに区切った。小節で分けることでデータ数は 159 枚になった。また学習データのオーギュメンテーションのため、原曲から調を -5~+5 度それぞれ移調させた曲も学習データとしてデータ数は 1749 枚になった。

4.4 変換部②

Pix2Pix で生成されたデータにはノイズが入っている。図 44 を Pix2Pix で練習パターンを生成し、そのまま楽譜に変換してしまうと図 47 のような元の楽譜に沿わない長さの音符や音が出力され練習パターンとは言えない楽譜になってしまう。そのため変換部②では、Pix2Pix の生成データのノイズを削除して楽譜のデータに変換する。



図 44 「トルコ行進曲」



図 45 図 44 の画像データ例

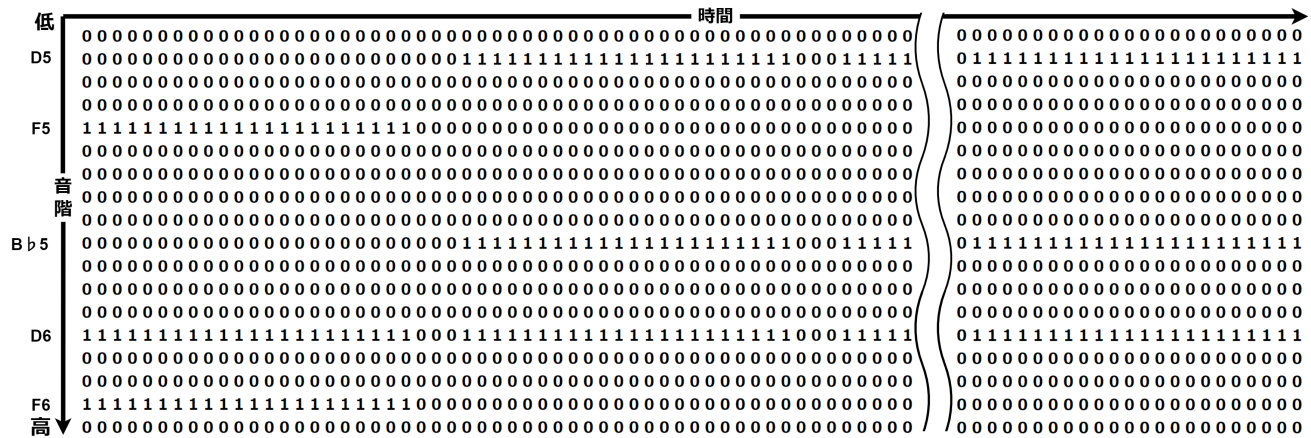


図 46 図 44 の txt データの例

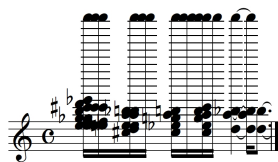


図 47 ノイズが入っているピアノロールを変換した楽譜

Pix2Pix はピアノロール画像として生成結果が出力される。そこで、img2txt で出力された画像データを OpenCV で ndarray 型で取得し、txt データとして保存する。

次に txt データとして保存したデータには 0 と 255 以外の数値が存在するため閾値を取り 0 と 255 だけの txt データに変換する。変換したデータを 255 で割ることでノイズ除去で扱いやすい 0 と 1 だけで構成されたデータに変換する。1 が 5 個以下しか並んでいない場合は 1 を 0 に変換することでノイズを除去している。5 個以下と定めた理由は 5 個以下の時は音の長さが 32 分音符以下であり、これらの音符は一般的に使用頻度が少ないためである。図 47 で示したデータのノイズを除去した結果を図 48 に示す。



図 48 ノイズを除去した楽譜

次に txt2midi でノイズを削除した 0, 1 で構成している

txt データを MIDIData ライブラリ [22] を利用して midi データに変換する。

最後に midi2Musicalscore で楽譜作成ソフトウェアである MuseScore を利用して midi データを読み込み楽譜画像の PDF にエクスポートする。

4.5 出力

入力データに対応した練習パターンの楽譜の画像として出力される。実際に生成したデータの例としてドビュッシーの「月の光」[23]を図 49、ジョプリンの「エンターテイナー」[23]を図 51、シューベルトの「楽興の時」第 3 番 [23] を図 53 に示す。



図 49 「月の光」
20 小節目



図 50 図 49 の Artificial Cortot の生成結果



図 51 「エンターテイナー」
7 小節目



図 52 図 51 の Artificial Cortot の生成結果



図 53 「楽興の時」第 3 番 17 小節目
図 54 図 53 の *Artificial Cortot* の生成結果

5. 評価実験

Artificial Cortot の評価実験として、難易度の高い曲に挑戦しやすいピアノ学習歴 10 年以上の 9 名に *Artificial Cortot* の生成結果の評価に関するアンケート調査を行った。また学習データとして使用していないコルトー式の練習パターンが存在するピアノ曲に対し、*Artificial Cortot* で生成した練習パターンの客観的評価を行った。

5.1 性能評価

5.1.1 実験内容

被験者に練習パターンを生成したい曲の一部分を選んでもらい、*Artificial Cortot* の生成結果の練習パターンとしての有用性を検証した。曲を選んでもらう際、音を減らす練習パターンを生成させるため、複数音を同時に演奏する部分が含まれるものを選んでもらった。選んでもらった楽譜の例としてフェルディナンド・デイビッド作曲、ロベルト・ミュラー編曲の「トロンボーンのためのコンチェルティーノ」変ホ長調 Op.4 [20] を図 55、学習データに使用していないショパン作曲の「華麗なる大円舞曲」[21] を図 57 に示す。



図 55 「トロンボーンのためのコンチェルティーノ」
変ホ長調 Op.4 第 3 楽章 113, 114 小節目



図 56 図 55 の *Artificial Cortot* の生成結果



図 57 「華麗なる大円舞曲」
5, 6 小節目



図 58 図 57 の *Artificial Cortot* の生成結果

5.1.2 結果

被験者に対して行ったアンケートの結果を表 4、表 5 に示す。

表 4 性能評価のアンケート内容と結果

項目	質問内容	はい(人)	いいえ(人)
1	<i>Artificial Cortot</i> の練習パターンは原曲に沿っていたか	8	1
2	<i>Artificial Cortot</i> の練習パターンは有用性があったか	7	2

表 5 *Artificial Cortot* の練習パターンは練習になったと感じたか

	感じなかった				感じた
感じた度合い	1	2	3	4	5
人数(人)	0	0	2	3	4

5.1.3 考察

表 4、表 5 から、コルトーが練習パターンを作成した曲以外にも原曲に沿った有用性のある練習パターンが生成されているという意見が多い結果となった。これは、練習パターンに肯定的な被験者の回答として「練習パターンが原曲より音が減ったことにより曲の流れを理解できた」「指の動きの練習になった」という意見が多かったことが関係していると考えられる。このことから、*Artificial Cortot* はコルトーが作成した曲以外にも有用性のある練習パターンを生成できると考えられる。しかし、練習パターンに否定的な被験者の回答として「効果的ではない練習パターンになっていた」という意見があった。これは、単調な減らし方をする傾向が高いのが原因であると考えられる。

5.2 コルトー式の練習パターンとの比較

5.2.1 実験内容

Artificial Cortot の生成結果がコルトーの練習法に沿ったものであったか、生成結果と本来の練習パターンを比較し、どちらの方が有用性があるのか検証を行った。検証には練習パターンの原曲として学習データに含まれていない図 59、図 62、図 65 の楽譜を使用した。

5.2.2 結果



図 59 「ノクターン」Op.15, No.1 25 小節目
図 60 図 59 のコルトー式の練習パターン



図 61 図 59 の *Artificial Cortot* の生成結果
図 62 「ワルツ」Op.69, No.2 114 小節目



図 63 図 62 のコルトー式の
練習パターン



図 64 図 62 の *Artificial
Cortot* の生成結果



図 65 「マズルカ」Op.33, No.1 図 66 図 65 のコルトー式の
第 2 楽章 49 小節目 練習パターン



図 67 図 65 の *Artificial
Cortot* の生成結果

5.2.3 考察

図 60 と図 61, 図 63 と図 64 の比較すると, コルトー式の練習パターンと同じ楽譜を *Artificial Cortot* で生成できることがわかった. 一方で図 66 と図 67 を比較するとコルトー式の練習パターンと異なる楽譜が生成された. 3つの結果を比較すると, 同じリズムで複数音同時に演奏する楽譜はコルトー式の練習パターンと同じ楽譜が生成される. このことから, コルトー式の練習パターンと同じ楽譜を *Artificial Cortot* で生成させるには同じリズムの楽譜が有用だと考えられる.

6. 展望

Artificial Cortot は細かい規則を設けずに, ピアノロール画像に Pix2Pix を用いることで, 新たな練習パターンを生成することが可能である. 今回コルトー式の練習パターンを学習データとしたが, 同様な手法で柔軟に練習パターンを生成することができる.

本稿ではコルトー式の練習パターンの中でもクラス「dec」にフォーカスを当てて学習を行った. 3.2.1 節で示したようにクラス「dec」以外のクラスが存在し音符を増やす練習もあるので, 音符の減少以外の練習パターン生成の実現を目指していく. また 3.2.2 節で示したようなクラス分けの自動化を実現することで, 人手で分類できなかった練習パターンも学習し生成したいと考えている. 加えて学習データを 240 用意して学習を行ったが, 学習データに入っていないコルトー校訂版のデータを作成することでデータ数を 400 まで増やすことができたのでクラス分けを実施してより精度の向上を行う.

その他にも, 現在はコマンドプロンプト上でプログラムを実行しているので, スマートフォン用のアプリケーショ

ンを作成し, 楽譜の写真を撮って *Artificial Cortot* を使用できるなど, よりユーザが使いやすいシステムに改良していく予定である.

参考文献

- [1] 小鍛冶邦隆, 中井正子, シャルル・ルイ・ハノン: ハノン・ピアノ教本, 音楽之友社 (2006)
- [2] 末吉保雄, 上杉春雄, カール・チェルニー: チェルニー 30 番, 音楽之友社 (2007)
- [3] 福田翼, 池宮由菜, 糸山克寿, 吉井和佳: ユーザの技術に合わせた自動編曲機能をもつピアノ演奏練習システム, 情報処理学会第 77 回全国大会 (2015)
- [4] 菊地智子: アルフレッド・コルトーの練習方法が示唆するもの一校訂版に示された練習方法と楽曲との比較を通じて一, 芸術研究: 玉川大学芸術学部研究紀要 (8), pp.59-74(2016)
- [5] 久野文菜, 他: End-to-End 学習を利用したスペクトログラム生成による楽器音抽出手法の提案, 研究報告音楽情報科学 (MUS), 2019-MUS-122, (2019)
- [6] Isola, Phillip and Zhu, Jun-Yan and Zhou, Tinghui and Efros, Alexei A: Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks, arxiv(2016) 入手先 (<https://github.com/affinelayer/pix2pix-tensorflow>)
- [7] Kosuke Nakamura, Takashi Nose, Yuya Chiba, Akinori Ito: A Symbol-level Melody Completion Based on a Convolutional Neural Network with Generative Adversarial Learning, Journal of Information Processing Vol.28 248-257(2020)
- [8] 八田惇: ショパン・作品集 第 1 集 (アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2018)
- [9] 八田惇: ショパン・作品集 第 2 集 (アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2010)
- [10] 八田惇: ショパン・バラード Op.23, 38, 47, 52 (アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2018)
- [11] 八田惇: ショパン・12 のエチュード Op.10(アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2019)
- [12] 八田惇: ショパン・12 のエチュード Op.25(アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2018)
- [13] 八田惇: ショパン・24 のプレリュード (アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2019)
- [14] 八田惇: ショパン・ソナタ作品 58(アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2018)
- [15] 八田惇: ショパン・遺作集 (アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2017)
- [16] 八田惇: ショパン・ポロネーズ (アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2018)
- [17] 八田惇: ショパン・ワルツ集 (アルフレッド・コルトー版), 全音楽譜出版社 (2019)
- [18] Beethoven: Klaviersonaten Band II (Urtext), G. Henle Verlag(2009)
- [19] Friedman, Jerome, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani: The elements of statistical learning Vol.1 Springer, Berlin: Springer series in statistics, (2001)
- [20] Ferdinand David, Robert Müller: Concertino Es-Dur Op.4, Musikverlag Zimmermann(2010)
- [21] フレデリック・ショパン: 仔犬のワルツ/ピアノ・ミニ・アルバム, 春秋社 (2004)
- [22] オープンソースの MIDI データ作成・編集用ライブラリ『MIDIData ライブラリ』: 入手先 (<https://openmidiproject.osdn.jp/index.html>)
- [23] ピアノで弾く名曲 50 選: YAMAHA(2010)