

CE-010

ハンドベルの和音特徴を考慮した対話型進化計算による楽曲の自動生成
 Automatic Generation of Music Using Interactive Evolutionary Computation Considering
 Chord Features of Handbells

甲斐川 純奈[†] 佐久間 拓人[‡] 加藤 昇平[‡]
 Junna Kaigawa Takuto Sakuma Shohei Kato



図 1 ハンドベル

1. はじめに

私は現在、ハンドベル演奏者として活動している。ハンドベルは塔の上にある時報や警鐘を知らせる役割である鐘（タワーベル）の練習用に作られた楽器である[1]。図 1 にハンドベルの写真を示す。ハンドベルは振るだけで簡単に音を出ることができるため、幼い子どもから高齢者まで年齢や身体の障害を問わず演奏することができ、音楽療法にも用いられている[1]。ハンドベルは 1 つのベルで 1 つの音しか奏でることができないため、演奏することで責任感、集中力、協調性を養うことができることから、教育楽器としても注目されている[2]。日本はアメリカ、イギリスに次いで 3 番目にハンドベルのチーム数が多い[3]。だが、日本でハンドベルと言われて図 1 のようなハンドベルを思い浮かべる人は少ない。ハンドベルは認知度の低い楽器である。日本では、ハンドベルと言われて図 1 のようなイングリッシュハンドベルを思い浮かべる人は少ない。40 年ほど前に日本で誕生したミュージックベルを思い浮かべる人が多い。そのため、日本ではハンドベルを専門とする作曲家は多くはいない。また、ハンドベルオリジナルの楽曲が少ないことからハンドベルを多くの人に伝える機会が少なく、ハンドベルの魅力を多くの人に伝えることは困難である。ハンドベルは天使の音楽と言われていくらい音の響きが美しい楽器であり、発する澄んだ音色は、演奏を聞いている人の心に安らぎを与えられている[4]。また、ハンドベルの演奏体験により、他者への配慮などの自己変容が感じ

[†]名古屋工業大学 大学院 工学研究科 工学専攻 創造工学プログラム Creative Engineering Program, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology
[‡]名古屋工業大学 大学院 工学研究科 工学専攻 Dept. of Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

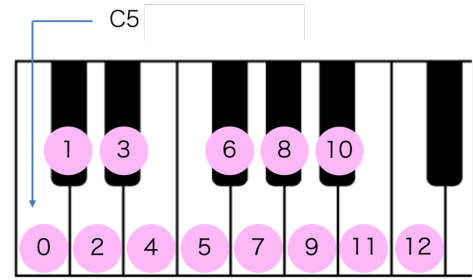


図 2 整数との対応

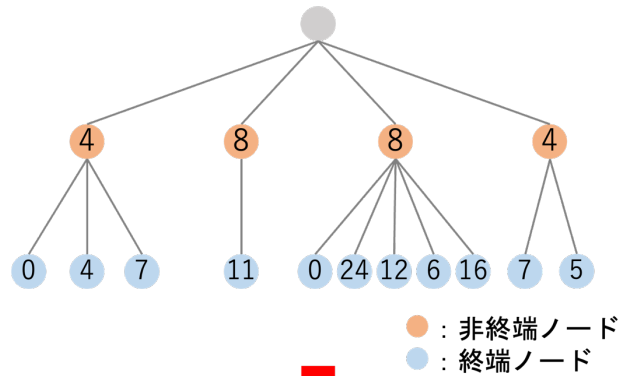


図 3 楽譜との対応

られる [5]。そのようなハンドベルの魅力をもっと多くの人に伝えたいと考えている。また、音楽療法にも効果的と言われていくことから、多くの人にハンドベルの存在を知ってもらう必要があると考えられる。ハンドベルの魅力をもっと多くの人に伝えることや、ハンドベルの存在を知ってもらうためには、ハンドベルの特徴を活かした楽曲を多数作曲し、多くの人に聞いてもらうことが重要だと考えられる。だが、先ほど述べたように、日本にはハンドベルを専門とする作曲家は多くはいないことから、楽曲を多数作曲することは困難である。また、ハンドベルを知らない人が作曲するとハンドベルの特徴を上手く取り入れることができない可能性がある。ハンドベル演奏者は、ハンドベルを専門とする作曲家よりも多くいるため、ハンドベル演奏者が簡単に作

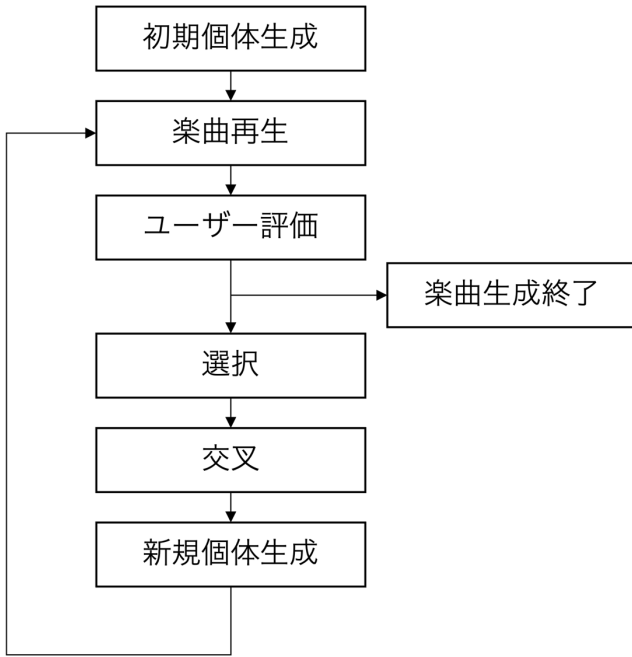


図 4 楽曲生成の流れ

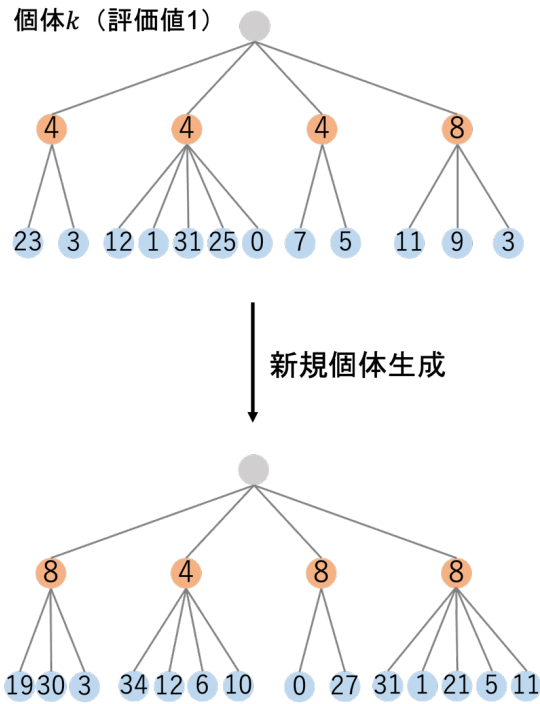


図 6 新規個体生成の例

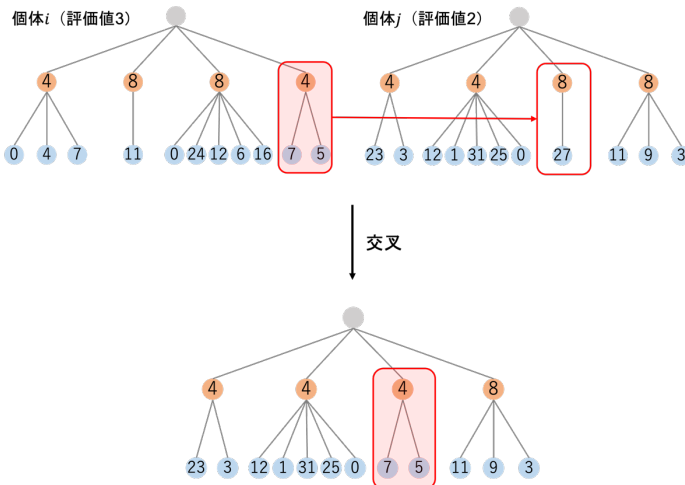


図 5 交叉の例

曲できるツールがあることにより、ハンドベル楽曲を容易に作曲することができる。評価するだけで簡単にハンドベル楽曲を生成できるハンドベル楽曲の自動生成手法を提案する。

2. 関連研究

先行研究として山本ら[6]の segmented VRAE と遺伝的プログラミングに基づく音楽の創作という研究がある。この研究では遺伝的プログラミングを適用するために、楽曲を木構造によって表現している。この木構造は、終端ノードで音高とし、非終端ノードを子ノードへの音価の倍率と分岐数としている。ハンドベル楽曲は同時発音数が多いという特徴があり、この木構造では和音を表現できないため、ハンドベル楽曲には適していない。

本研究では、終端ノードの個数を変化させることにより、和音を表現し、ハンドベル楽曲の特徴を考慮した楽曲を生成する。

3. 提案システム

木構造を用いて楽曲を表現する。図 2 に終端ノードで用いる整数と音高の関係を示す。0 は C5 を表している。図 3 に木構造と楽譜の対応の例を示す。非終端ノードに音符の種類の情報、終端ノードに音高の情報を入れる。非終端ノードが持つ終端ノードの個数により和音か否かを判断する。例えば、非終端ノードが終端ノードを 1 つしか持っていなかった場合、単音となる。また、非終端ノードが終端ノードを 3 つ持っていた場合は 3 つの音の和音となる。この木構造を初期個体とする。非終端ノードの音符の種類、終端ノードの個数は、ハンドベル楽曲の多くは最大同時発音数が 6 であることが多いことから 1 から 6 までのランダムで生成する。また、終端ノードの音高もランダムで生成する。

図 4 に示す流れで楽曲生成していく。ユーザー評価は、ハンドベル楽曲らしさを、「1.ハンドベル楽曲らしくない」、「2.どちらともいえない」、「3.ハンドベル楽曲らしい」、「4.とてもハンドベル楽曲らしい」の 4 段階で評価する。再生される楽曲の音源は全て保存されるため、評価者は評価値が決定するまで何度も楽曲を聴くことができる。

世代数を n とした場合、第 n 世代になる前に、評価値 4 の楽曲が生成された場合は、そこで楽曲を出力し終了する。第 n 世代で最も評価の高かった楽曲が出力される。



図 7 出力結果の楽譜 (非終端ノード数 : 20)

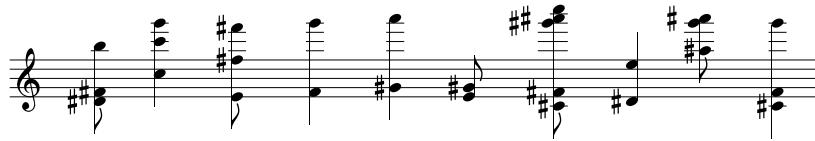


図 8 出力結果の楽譜 (非終端ノード数 : 10)

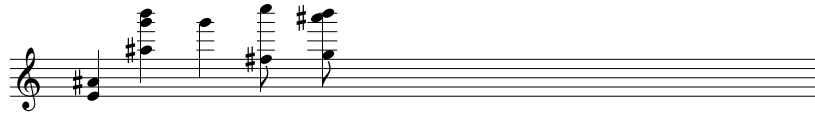


図 9 出力結果の楽譜 (非終端ノード数 : 5)

4(4,18,)
 4(26,11,7,0,14,)
 8(36,)
 8(35,30,26,18,25,)
 8(17,30,24,31,4,28,)
 4(1,18,15,28,4,)
 8(36,35,27,10,19,31,)
 4(28,32,27,16,1,5,)
 4(30,4,)
 4(32,)
 8(25,32,)
 4(8,)
 4(11,20,3,5,28,8,)
 8(23,36,32,9,)
 4(5,32,)
 8(5,)
 8(27,27,30,16,20,)
 8(24,)
 4(1,13,21,12,)
 8(13,9,8,15,)

図 10 出力画面 (非終端ノード数 : 20)

8(3,6,23,)
 4(12,28,35,)
 8(18,30,4,)
 4(5,31,5,)
 4(8,33,)
 8(4,8,)
 8(34,36,6,1,32,)
 4(3,16,)
 8(31,22,34,31,)
 4(31,1,5,)

図 11 出力画面 (非終端ノード数 : 10)

4(10,4,)
 4(22,35,31,)
 4(31,)
 8(18,36,)
 8(35,19,34,)

図 12 出力画面 (非終端ノード数 : 5)

交叉の例を図 5 に示す。評価の最も高い個体と 2 番目に高い個体で部分木を変える。2 番目に評価が高い個体の一部に最も評価の高い個体の部分木を交叉し、次世代に残す。

図 6 に新規個体生成の例を示す。新規個体生成は最も評価の低い個体で行う。非終端ノードの音符の種類を変更し、終端ノードの音高も変更していくことで新たな個体を生み出す。ユーザー評価、選択、交叉、新規個体生成を繰り返して、楽曲を生成していく。

4. 実験

4.1 実験設定

非終端ノードの個数を設定し、初期個体を 3 つ生成する。前節の提案システムを用いて実験する。本実験では音符の種類を 4 分音符、8 音符のみとする。終端ノードの音高は 0 から 36 までの 37 個の整数で表す。

表 1 印象評価の形容詞対

7段階評価						
1	2	3	4	5	6	7
明るいー暗い						
滑らかなー荒い						
豊かなー瘦せた						
澄んだー濁った						
激しいー穏やかな						
重いー軽い						
やわらかいー硬い						
厚いー薄い						
ハンドベル楽曲らしくないーらしい						

評価者は、ハンドベル演奏経験者 20 代女性、ハンドベル演奏未経験者 20 代女性の 2 名とし、それぞれが楽曲を生成する。また、ハンドベル演奏経験者は、5 年以上ハンドベル演奏をしていた者と定義する。

4.2 生成された楽曲

非終端ノード数が 20, 10, 5 の出力結果から得られる楽譜を図 7, 図 8, 図 9 に示す。そのときの出力画面を非終端ノード数が 20, 10, 5 の順に図 10, 図 11, 図 12 に示す。

終端ノードの音高で同じ整数が出てきた場合は、1 つの音高とする。図 7 の出力画面の下から 2 番目は“8(31,22,34,31,)”となっている。この場合は、4 音の和音ではなく、3 音の和音となる。

4.3 印象評価実験

ハンドベル演奏経験者、ハンドベル演奏未経験者が生成した 2 曲の楽曲を実際にハンドベルで演奏する。印象評価実験に参加しないハンドベル演奏者が演奏した曲をあらかじめ録音し、これを再生することで評価する。ハンドベル演奏経験者 10 名に生成した楽曲 2 曲にどのような印象があるか、伊藤ら[7]が定めた 8 つの形容詞対に、ハンドベル楽曲らしさを加えた 9 つの形容詞対で SD 法(Semantic Differential Method)に基づき 7 段階の評価の印象評価アンケートを取る。このアンケートにより、ハンドベル楽曲らしさを出すために必要な印象を調査する。また、ハンドベル演奏経験者とハンドベル演奏未経験者が評価して生成した楽曲にどのような違いがみられるか調査する。「ハンドベル楽曲らしくないーらしい」と他の 8 つの形容詞対との相関係数を求めることでどのような印象がハンドベル楽曲らしさを生み出すのか調査する。

この 2 曲の楽曲生成者の個人属性(ハンドベル演奏経験の有無)は評価者には伝えないこととする。また、順序効果による影響を考慮し、再生する楽曲の順番は評価者ごとにランダムにする。

5. まとめと今後の展望

木構造を用いて楽曲を表現した。非終端ノードの持つ終端ノードの個数から和音を表現し、同時発音数が多いというハンドベル楽曲の特徴を表した。ハンドベル演奏経験者とハンドベル演奏未経験者の 2 名が評価者となり、楽曲生

成実験する。生成した楽曲 2 曲に対して、ハンドベル演奏経験者に印象評価実験する。

今後の展望として、印象評価実験で得られたハンドベル楽曲らしさに必要な印象をもとに、ハンドベル演奏未経験者が生成された楽曲を評価するときの判断基準を考案する。ハンドベル演奏経験者は、ハンドベル楽曲らしいかで評価し、ハンドベル演奏未経験者は、考案した判断基準で評価することでハンドベルらしい楽曲が生成できると考えられる。

世代数を変えることで、生成される楽曲にどのような変化が現れるかを調べ、最適な世代数がいくつかを探す。現在のシステムでは、楽曲の長さを変えることはできるが、拍子を考慮できていないため、拍子の付与方法を検討する。また、ランダムで生成された和音になっているため、不協和音が多く見られる。コードに基づいて和音を生成できるような手法を今後検討していきたい。また、ハンドベル楽曲には、リング、LV、マルテラートなどの奏法記号があるため、付与できるよう考慮していくことにより、ハンドベル楽曲らしさを出せるようにする。

謝辞

印象評価実験にご協力いただいたハンドベル演奏経験者の皆様に心より感謝申し上げます。

本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金(課題番号 JP19H01137, JP19H04025, JP20H04018, および、JP20J14182)の助成により行われた。

参考文献

- [1] 磯部澄葉, “ハンドベルの研究 I: ハンドベル及び金城学院大学におけるハンドベルクワイアの歴史.” 金城学院大学論集. 人文科学編 7.1 (2010): 1-8.
- [2] 日本ハンドベル連盟『ハンドベルとは』<https://www.handbell.jp/abouthandbell> (2022 年 6 月 22 日閲覧)
- [3] 日本ハンドベル連盟『連盟について』<https://www.handbell.jp/aboutnri> (2022 年 6 月 22 日閲覧)
- [4] 日本ハンドベル連盟 20 年史編集委員会, “日本ハンドベル連盟 20 年のあゆみ”, 日本ハンドベル連盟 20 年史編集委員会(1996).
- [5] 岡田泰子ほか. ハンドベル演奏体験による自己変容について. 中部学院大学・中部学院大学短期大学部研究紀要, No. 15, pp. 35-40, (2014).
- [6] 山本周典, 森直樹, “segmented VRAE と遺伝的プログラミングに基づく音楽の創作.” 人工知能学会全国大会論文集 第 33 回(2019). 一般社団法人 人工知能学会, (2019).
- [7] 伊藤雄哉, 山西良典, 加藤昇平, “音楽ゆらぎ特徴を用いた楽曲印象の推定.” 日本音響学会誌 68.1 (2011): 11-18.