

楽曲構造における個人感性獲得機構

A study on acquiring *Kansei* information in music structure

橋本 雄弥*¹
Yuya Hashimoto

福井 健一*²
Ken-ichi Fukui

森山 甲一*²
Koichi Moriyama

栗原 聡*²
Satoshi Kurihara

沼尾 正行*²
Masayuki Numao

*¹大阪大学大学院 情報科学研究科 情報数理学専攻

Department of Information and Physical Science, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

*²大阪大学産業科学研究所

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

Kansei or sensibility is a significant factor in music. We've focused on the system that automatically composes music adapted to one's *Kansei*. The system learns *Kansei* from subjects' evaluations of tunes on the assumption that their evaluations reflect their own *Kansei*. The elements of music structure relevant to learned *Kansei* are represented by first order logic. The system composes music using GA whose fitness function is based upon the relevant elements obtained in learning. In this paper, we propose a new approach, where the framework of music and the chord progressions are considered at the same time in the learning stage.

1. 序論

近年、人間の感性を扱う分野に関する研究が盛んに行われている。音楽に関する分野でも、人間の感性に沿った楽曲検索など、幅広い研究が行われてきている。本研究室では、人間の感性を学習し、得られた知識を用いて個人の嗜好に沿った楽曲を自動生成する手法の提案と開発を行ってきた。[1][2]

まず、感性を学習する為に、ユーザに既存の楽曲を聴かせて評価値を得る。次に、楽曲の情報とユーザの評価値から、ユーザの感性と関連のある楽曲構造を、帰納論理プログラミングを用いて一階述語論理形式で学習する。そして、得られた述語をもとにした適合度関数を組み込んだ遺伝的アルゴリズムにより作曲を行う。

これまでの研究では、感性の学習段階において、楽曲枠組と和音進行の情報を別々に取り扱っていた。それに対して、今回提案する手法では、学習時にそれらを同時に取り扱うことを検討する。これによって、従来の枠組と和音を別々に扱った手法では不可能だった「主調が短調で G,F,C という和音進行を含む」のような表現が可能となり、より高い精度での感性の学習が期待できると考えられる。

2. 帰納論理プログラミングによる感性情報の学習

本研究における目的は、ある感性を呼び起こす音楽構造の学習である。感性を高い精度で学習できるかどうかは以下で述べる音楽知識表現と目標述語の定義に依存する。

2.1 楽曲の述語表現

本研究では、楽曲の枠組構造と和音構造の二種類を扱う。楽曲を以下の述語で表現する。

- `song_frame/7`: 楽曲の枠組を表す述語である。テンポ、拍子、楽器等について示す。

- `chord/12`: 和音構造を表す述語である。主調、根音、形指数等について示す。

- `music/2`: 楽曲全体を表す述語であり、第一引数に `song_frame/7` を、第二引数に `chord/12` のリストをとる。訓練例となる楽曲は、全てこの `music/2` の形式で作成される。

2.2 目標述語

以上に述べた知識表現を用い、被験者の感性を刺激する楽曲構造についての述語獲得を行う。述語は、楽曲の枠組構造に関する `frame/1`、楽曲中に含まれる和音進行に関する `pair/2`、`triplet/3` の三種類である。これらの目標述語を学習するために本研究では FOIL[3] を使用する。

2.3 被験者による楽曲評価と訓練例生成

被験者は楽曲を6つの形容詞対について5段階評価する。評価の仕方については、例えば「好き」な曲ほど5段階評価の高い数値を与えるように、また「嫌い」な曲ほど5段階評価の低い数値を与えるように被験者に指示した。他の形容詞対についても同様に「正方向」「負方向」をあらかじめ定義し、5段階評価と対応させている。5. で詳しく述べる。

得られた評価値と述語で表現された楽曲構造から目標述語それぞれ専用の訓練例を生成する。`frame/1` に対する正例は、正方向の形容詞の場合、5と評価された曲が持つ `song_frame/7` から、負例は4以下と評価された曲が持つ `song_frame/7` から生成する。`pair/2` に対する正例は、5と評価された曲が持つ2つの連続する `chord/12` から、負例は4以下と評価された曲が持つ2つの連続する `chord/12` から生成する。`triplet/3` に対する訓練例の生成法は、2つではなく3つの連続する `chord/12` を使用するという点を除いて `pair/2` の場合と同様である。負方向の形容詞対の場合には、正例として1と評価された曲を用い、負例として2以上と評価された曲を用いることになる。実験によっては、4以上や2以下などの中間的な評価で正負を分けて訓練例を生成することも行う。

連絡先: 沼尾研究室, 大阪大学産業科学研究所,
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1,
Tel: 06-6879-8426 Fax: 06-6879-8428
E-mail: <http://www.ai.sanken.osaka-u.ac.jp/contact/>

3. 遺伝的アルゴリズムを用いた作曲

3.1 染色体表現

図1の様に染色体を定義する。Sはsong_frame/7を表し、 C_n はchord/12を表す。すなわち一つの染色体に楽曲の枠組構造及び連続8和音を記述することが出来る。

S	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
---	----	----	----	----	----	----	----	----

S : song_frame/7
C1 - C8 : chord/12

図 1: 染色体表現

3.2 適合度関数

楽曲に対する適合度関数は基礎的な音楽理論に基づく組み込み関数 (*Fitness_Builtin*(M)) と被験者の感性に基づく関数 (*Fitness_User*(M)) の線形和として定義される。

Fitness_Builtin(M) は音楽理論において禁則とされる和音進行に対して低い点を与えることにより、好ましくない和音進行を削除する働きを持つ。

Fitness_User(M) は学習した被験者の感性情報に基づく適合度関数であり、frame/1, pair/2, triplet/3 から作られる。被験者の感性情報が正確に学習されていれば、感性を刺激する楽曲構造がこの適合度関数によって高い点を与えられることになる。なお、*Fitness_User*(M) は、frame/1 の影響力が pair/2, triplet/3 よりも強くなるように実装されている。

3.3 遺伝操作

交叉と突然変異の2種類の遺伝操作を用いる。交叉は和音連結を変更する働きを持ち、突然変異は楽曲枠組構造及び各和音の構成要素を変更する働きを持つ。

4. 提案手法

序論で述べたように、これまでの研究では、感性の学習段階において、楽曲枠組と和音進行の情報を別々に取り扱っていた。それに対して、今回提案する手法では、学習時にそれらを同時に取り扱う。

「切なさ」に関して5と評価された楽曲 M_1 と1と評価された楽曲 M_2 の両方ともに「IV,V,I」という和音進行が含まれているという状況を仮定する。従来法ではこれら2つ訓練例の区別が出来ず、この和音進行を1つの訓練例と見なし、それぞれの評価値の平均値をこの訓練例の最終的な評価値としていた。それに対して、提案手法では、評価値5の楽曲 M_1 と評価値1の楽曲 M_2 に同じ和音進行が含まれていても、楽曲枠組の情報を考慮に入れることによって (M_1 と M_2 で楽曲枠組が異なっていれば)、評価値5と評価値1の2つの訓練例として取り扱うことができる。「IV,V,I」という和音進行だけでは、この場合「切ない」という感性を呼び起こすのか「切なくない」という感性を呼び起こすのか決定できなかったのに対し、楽曲枠組の情報をその和音進行に付加することによって、「イ短調でIV,V,Iという和音進行を持つ」場合に「切ない」という感性を呼び起こし、「八長調でIV,V,Iという和音進行を持つ」場合には「切なくない」という感性を呼び起こすという区別が可能になったわけである。

4.1 導入する目標述語

提案する手法を実現するために、新しい目標述語 tune/1 を定義する。これは楽曲の枠組構造と和音進行に関する述語であり、2. で述べた frame/1 と triplet/3 の組み合わせで表現される。以下にある被験者が「美しい」と感じる楽曲構造の述語例を示す。

```
tune(M) :- has_frame(M,A),
           measure_four_four(A),
           has_chords(M,X,Y,Z),
           chord_II(X),
           chord_I(Z),
           form_VII(Y),
           inversion_Zero(Y).
```

上記の述語例は、ある被験者が「美しい」と感じるのは、拍子が4分の4で、最初の和音の根音がII、真中の和音の形体指数が7で転回なし、最後の和音の根音がIである和音進行を持つ楽曲であることを表している。上記の例のように、一つのルールに、楽曲枠組に関する情報と和音に関する情報が同時に現れる場合もあれば、tune/1 が楽曲枠組か和音か、どちらか一方に関する情報のみで表される場合もあり得る。

4.2 適合度関数の変更

学習した tune/1 を反映できるように、遺伝的アルゴリズムの適合度関数を変更する。従来法と同様、*Fitness_Builtin*(M) と *Fitness_User*(M) の線形和として定義されるが、提案手法においては、*Fitness_User*(M) は tune/1 から作られる。

5. 実験

4. で提案した手法で個人の感性に合わせた作曲を行うことが出来るかどうか確かめるために被験者実験を行う。最終的な作曲結果に対する被験者の評価値をもとに感性情報の学習及び作曲の精度について検証する。

5.1 実験方法

以下に実験の流れを示す。

1. MIDI形式で用意した楽曲75曲を11人の被験者に提示し、表1に示す6対の形容詞対について5段階評価させる。
2. 被験者の評価データをもとに各形容詞対についての感性情報を学習する。学習した感性を基に被験者毎に作曲する。
3. 作曲結果を被験者に提示し、各形容詞対について5段階評価させる。被験者は、提示された曲がどの形容詞対について生成されたものなのか知らされない。

5.2 適合度関数の調整

以上で述べた流れで、2度の被験者実験を行った。2回(以下、実験A,Bとする)の実験で異なるのは適合度関数の生成の際の tune/1 の取り扱い方である。

4. で述べたように、tune/1 には、(1) 楽曲枠組と和音の両方に関する情報を同時に含む場合、(2) 楽曲枠組に関する情報のみで表される場合、(3) 和音に関する情報のみで表される場合の3通りがある。実験Aでは、これら3通りの tune/1 をすべて平等に取り扱って、実験Bでは上記の(1),(2)のタイプの tune/1 に重みを付けて適合度関数を生成し作曲を行った。この重み付けにより、楽曲枠組に関する情報を含むルールの影

表 1: 形容詞対

種類	正方向	負方向
嗜好度	好き	嫌い
明るさ	明るい	暗い
安心度	安心	不安
美しさ	美しい	汚い
嬉しさ	嬉しい	悲しい
切なさ	切ない	切くない

表 5: 実験 B の評価値の t 検定結果

感性	t 値	自由度	有意水準 5%	有意水準 1%
嗜好度	2.43	32	有意差あり	有意差なし
明るさ	3.88	32	有意差あり	有意差あり
安心度	0.549	32	有意差なし	有意差なし
美しさ	0	32	有意差なし	有意差なし
嬉しさ	2.96	32	有意差あり	有意差あり
切なさ	3.19	32	有意差あり	有意差あり

響が強くなり、生成される楽曲に学習したルールの枠組の情報が反映されやすくなる。なお、実験 A では 1 つの形容詞対につき 5 曲ずつ、実験 B では 3 曲ずつ作曲し被験者に提示した。

5.3 結果

表 2 に実験 A の、表 3 に実験 B の結果をそれぞれ示す。表 2 の各値は同一形容詞対 5 曲の被験者の評価に対して、表 3 の値については同一形容詞対 3 曲の被験者の評価に対してそれぞれ平均を取ったものである。また、評価値に対しての t 検定の結果を表 4、表 5 にそれぞれ示す。さらに、従来法を用いて行われた実験の t 検定の結果を表 6 に示す。これらの結果から以下の事が言える。

表 2: 実験 A の評価値

	平均	標準偏差		平均	標準偏差
好き	3.18	0.983	好き	2.97	0.984
嫌い	2.71	0.994	嫌い	2.55	1.03
明るい	2.91	1.08	明るい	3.06	0.864
暗い	2.60	1.06	暗い	2.27	0.977
安心	2.67	1.07	安心	2.55	1.00
不安	2.58	0.917	不安	2.42	1.03
美しい	3.15	1.10	美しい	3.09	1.07
汚い	3.13	0.795	汚い	3.09	0.947
嬉しい	2.85	1.04	嬉しい	2.76	0.902
悲しい	2.56	0.996	悲しい	2.18	0.846
切ない	3.33	1.21	切ない	3.09	1.07
切くない	3.02	1.31	切くない	2.48	1.00

表 3: 実験 B の評価値

表 6: 過去の実験の評価値の t 検定結果

感性	t 値	自由度	有意水準 5%	有意水準 1%
嗜好度	2.42	32	有意差あり	有意差なし
明るさ	2.70	32	有意差あり	有意差あり
安心度	1.36	32	有意差なし	有意差なし
美しさ	0.42	32	有意差なし	有意差なし
嬉しさ	4.19	32	有意差あり	有意差あり
切なさ	1.64	32	有意差あり	有意差なし

- 美しさ、安心度については、被験者の感性に応じた作曲を行うことが出来なかった。

さらに過去の実験との比較により

- 実験 A で嗜好度について、実験 B で切なさについて結果が向上した。
- 実験 B で明るさと嬉しさについて同程度の結果が出た。

5.4 考察

5.2 で示した 3 つのタイプの tune/1 間に差をつけずに作成した適合度関数を用いた実験 A において、嗜好度について被験者の感性に応じた作曲を行うことができたことから、「好き」、「嫌い」という感性に関しては楽曲枠組の影響力がさほど強くなく、むしろ和音進行がこれらの感性を呼び起こすのに重要な要素になると考えられる。また、実験 B において、明るさ、嬉しさ、切なさについて感性に応じた作曲を行うことができたことから、これらの感性については嗜好度とは逆に、楽曲枠組が感性喚起に強い影響力を持つと考えられる。

表 4: 実験 A の評価値の t 検定結果

感性	t 値	自由度	有意水準 5%	有意水準 1%
嗜好度	2.85	54	有意差あり	有意差あり
明るさ	1.55	54	有意差なし	有意差なし
安心度	0.539	54	有意差なし	有意差なし
美しさ	0.0996	99	有意差なし	有意差なし
嬉しさ	1.48	54	有意差なし	有意差なし
切なさ	1.36	54	有意差なし	有意差なし

- 実験 A では、嗜好度について被験者の感性に応じた作曲を行うことが出来た。
- 実験 B では、明るさ、嬉しさ、切なさについて被験者の感性に応じた作曲を行うことが出来た。

6. まとめ

本研究では、より高い精度での感性の学習を目指し、当研究室で開発された作曲システムの学習段階において新手法を提案し実装した。その結果、嗜好度について提案手法が有効であること、また、作曲時の適合度関数を調整することにより、明るさ、嬉しさ、切なさについても対応可能であることを示した。

参考文献

- [1] Masayuki Numao, Shoichi Takagi, and Keisuke Nakamura. Constructive Adaptive User Interfaces — Composing Music Based on Human Feelings. *Proc. Eighteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-02)*, pp. 193-198, 2002.
- [2] Masayuki Numao, M. Kobayashi, and K. Sakaniwa. Acquisition of Human Feelings in Music Arrangement. *Proc. IJCAI 97*, pp. 268-273., 1997.
- [3] J. R. Quinlan. Learning logical definitions from relations. *Machine Learning*, Vol. 5, pp. 239-266, 1990.