

音色の印象語に基づく減算合成型シンセサイザのパラメータ操作手法

堂 前 幸 司[†] 秋 田 純 一[†] 小 松 孝 徳^{††}

減算合成型シンセサイザを用いることにより様々な音色を作ることができるが、それらのパラメータの操作と音色の関係は複雑であり、意図した音色を合成するのは容易ではない。本研究では、印象語に基づいて、ユーザの望む音色を減算合成型シンセサイザを用いて合成することを目的とし、音色の印象とシンセサイザのパラメータとの関連を分析した。その結果、音色に関する印象を4つの因子に絞り込むことができ、シンセサイザのパラメータと音色の印象との対応関係を見出すことができた。

Making sound by operating parameters of subtractive synthesizer based on impressive words of sound

KOJI DOMAE,[†] JUNICHI AKITA[†] and TAKANORI KOMATSU^{††}

You can make various sound by operating parameters of subtractive synthesizer. However, it is not easy to make sound you want because relation between synthesizer's parameters and sound feature is complex. In this research, we aim to make sound using subtractive synthesizer based on impressive words and analyzed these relationship. As a result, we condensed impressions of sound into four factors and found some relationship between parameters of synthesizer and these factors.

1. はじめに

発振器の波形にフィルタをかけることで望みの音を合成する減算合成型シンセサイザは、その合成パラメータによって様々な音色を作ることができる。最近ではサンプリング音源を用いるものもあるが、この減算合成型シンセサイザはユーザがパラメータを操作することで自分の望む音色の細かな変化をつけることができる特長がある。しかし、それらのパラメータの操作と音色の関係は複雑であり、音色を作るための知識や操作の慣れが必要となるため、ユーザが意図した音色を合成するのは容易ではない。

一方、「やわらかい音」「明るい音」などのような音色の印象語はユーザが望む音色を表現しやすいため、多くの研究でこれら印象語を利用してユーザが望んだ音楽を生成または選択するシステムが作られている¹⁾²⁾。これらの研究は楽曲の持つ印象として楽曲全体から受ける印象または楽曲を構成するテンポやコード進行な

どから受ける印象について述べられているが、音色の与える印象に関しては述べられていない。音色もまた楽曲を構成する一部であり、音色が与える印象を知るのは、ユーザの印象に合致したシステムの開発や、音楽制作の場において役に立つと考えられる。しかし、ユーザの音色の印象とその音色を作るためのシンセサイザのパラメータとの対応関係はまだ明確ではない。

本研究では、印象語に基づいて、望みの音色を減算合成型シンセサイザを用いて合成することを目的とし、音色の印象とシンセサイザのパラメータとの関連を分析する。そのために音色の印象についての評価実験を行い、実験から得られたデータを基にシンセサイザのパラメータと音色の印象との対応関係を見出し、印象情報を入力することで対応したシンセサイザの操作パラメータを導出するためのモデルを構築する。

2. 印象情報を入力とした減算合成型シンセサイザ

2.1 システム概要

システムの概要を図1に示す。ユーザが印象情報を入力するとその印象に適した音色を作るためのシンセサイザの操作パラメータを決定する。そしてキーボー

[†] 金沢大学
Kanazawa University

^{††} 信州大学
Shinshu University

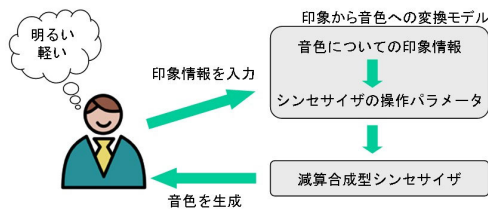


図 1 システムの概要図
Fig. 1 Overview of system

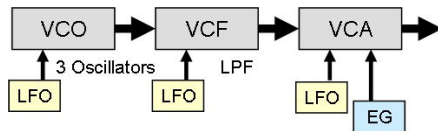


図 2 減算合成型シンセサイザの構成図
Fig. 2 Subtractive synthesizer

ド入力に合わせて生成された音色を出力する。

2.2 減算合成型シンセサイザ

今回のシステムで用いる減算合成型シンセサイザの構成図を図 2 に示す。ここでの操作パラメータは以下の通りである。

VCO (オシレータ数: 3 個)

- 合成する波形の種類: Wave (Saw, Square, Triangle, Sine)
- 合成時の音量比: Mix
- 合成時のピッチ変化: Octave / Semitone
- ビブラート効果: LFO (Depth, Speed)

VCF (1 次 IIR フィルタ: LPF)

- カットオフ周波数: Cut off
- レゾナンス: Resonance
- ワウ効果: LFO (Depth, Speed)

VCA

- 音量の時間変化: EG (Attack, Decay, Sustain, Release)
- トレモノ効果: LFO (Depth, Speed)

3. 音色の印象評価実験

シンセサイザの操作パラメータと音色の印象との対応関係を調べるために、音色の印象評価を行うアンケート調査実験を実施した³⁾。実験参加者にはシンセサイザを用いて生成した 27 種類の音色を聴いてもらい、それぞれ 16 組の印象語について評価値 1 から 7 までの 7 段階評価をしてもらった。

3.1 音色に関する印象語の因子分析

実験で用いた印象語は 16 組であり、それぞれについての対応関係を調べるのは困難であるため、まず因子分析により同じ因子に属する印象語をまとめて次元を圧縮したのち、シンセサイザの操作パラメータとの

表 1 各印象語の因子負荷量および因子間相関

Table 1 Factor loading of each impressive words and Inter-factor correlations

印象語	第1因子 (WF)	第2因子 (SF)	第3因子 (GF)	第4因子 (CF)
重いー軽い	-0.7352	0.0870	0.2313	-0.4382
太いー細い	-0.7125	0.2430	0.1140	-0.4116
力強いー弱々しい	-0.6891	-0.0698	-0.3734	-0.2646
豊かなー貧弱な	-0.4365	0.4282	-0.2903	0.2716
柔らかいーかたい	0.0987	0.8104	0.2288	0.2746
なめらかなーギザギザした	0.1539	0.6685	0.2533	0.5426
潤いのあるー乾燥した	-0.1088	0.5805	0.1113	0.3511
広がりのあるー広がりがない	-0.1757	0.5283	-0.1329	0.3202
暖かいー冷たい	-0.1934	0.5188	0.0427	0.0928
派手なー地味な	-0.1543	-0.1415	-0.7189	0.0053
明るいー暗い	0.2517	0.0643	-0.5330	0.4450
迫力のあるー大人しい	-0.4626	-0.2563	-0.4796	-0.4244
鋭いーにぶい	0.3430	-0.3964	-0.4768	0.3849
きれいなー汚い	0.2805	0.3633	-0.0838	0.8485
澄んだー濁った	0.3952	0.2519	-0.1185	0.8327
繊細なー粗い	0.3585	0.3425	0.0291	0.7531
因子間相関	第1因子 (WF)	第2因子 (SF)	第3因子 (GF)	第4因子 (CF)
第1因子 (WF)	1.000	-0.127	0.108	0.382
第2因子 (SF)		1.000	0.242	0.327
第3因子 (GF)			1.000	-0.150
第4因子 (CF)				1.000

対応関係を調べる方針をとった。

実験データに対して、FACCON.EXE⁴⁾ を用いて因子分析を行った結果を表 1 に示す。

因子分析を行った結果、第 1 因子から第 4 因子まで抽出することができ、それぞれに含まれる印象語を考慮して、第 1 因子から順に重さ因子 (WF: Weight Factor)、滑らかさ因子 (SF: Smooth Factor)、派手さ因子 (GF: Gaudy Factor)、クリアさ因子 (CF: Clear Factor) と命名した。

3.2 因子評価値の算出

音色ごとの印象語による評価値を正規化した後、因子ごとにまとめられた印象語の評価値の平均値 $\bar{I}$ に因子負荷量 M を重み付けして加算した値をその因子における評価値とした。

$$S_j = \frac{\sum (\bar{I}_i \times M_i)}{\sum M_i} \quad (1)$$

4. 因子評価値に基づくシンセサイザの設計

得られた因子評価値とシンセサイザの操作パラメータとの対応関係を分析した。最終的に因子操作パラメータ F によってユーザの望んだ音色を作ることを目指す。

4.1 VCO: Wave&Octave との対応関係

オシレータ部で使用される波形の種類およびオクターブについて音色の因子評価値との関連を調べた。

表 2 波形の種類およびオクターブと因子評価値（上段：因子評価値の平均値，下段：標準偏差）

Table 2 score of each wave & each octave

	Wave			Octave	
	Saw	Square	Triangle	+	-
WF	-0.019	-0.015	-0.145	-0.183	0.304
	0.152	0.295	0.222	0.167	0.158
SF	-0.099	0.132	0.166	0.105	0.064
	0.419	0.174	0.151	0.183	0.180
GF	0.041	-0.036	-0.063	0.014	-0.155
	0.160	0.143	0.092	0.110	0.130
CF	-0.196	0.023	0.229	0.176	-0.447
	0.277	0.336	0.245	0.294	0.226

3つあるオシレータで使用する波形の中に，Saw を含む音色（15 種類），Square を含む音色（7 種類），Triangle を含む音色（11 種類）のそれぞれについて因子評価値の平均値と標準偏差を求めた．オクターブについても同様にオクターブを上げて合成した音色（14 種類），オクターブを下げて合成した音色（4 種類）のそれぞれについて因子評価値の平均値と標準偏差を求めた．その結果を**表 2**に示す．

因子評価値の平均が正であるものは，そのシンセサイザの操作パラメータが因子の評価次元の正方向に影響を与えることを意味する．つまりこの結果から例えばオシレータで使う波形に Triangle を選択するとクリアさ因子の評価は高くなると考えられる．

そこで表 2 の各因子の評価値の平均値 $\bar{S}$ を重みとして因子操作パラメータ F を入力したときの各シンセサイザの操作パラメータの値を算出する．

$$W_k = \sum (\bar{S}_j \times F_j) \quad (2)$$

$$O_l = \sum (\bar{S}_j \times F_j) \quad (3)$$

ここで得られた値を使用して実際に音色を作る際に使用する波形の種類およびオクターブを決定する．

4.2 VCF：Cutoff との対応関係

フィルタ部でローパスフィルタのカットオフ周波数を決めるパラメータである Cut off の値と因子評価値との関連を調べた．

音色ごとの Cut off の値と因子評価値をそれぞれの因子ごとにプロットしたものが**図 3**である．Cut off の値が 100（カットオフ周波数 22.05kHz）であるものについてはどの因子においても関連性が見られなかった．Cut off の値が 100 ではないものについては滑らかさ因子とクリアさ因子において負の相関が見られた．重さ因子と派手さ因子においては正の相関が見られたが相関係数の値は小さいため関連性は低いと考

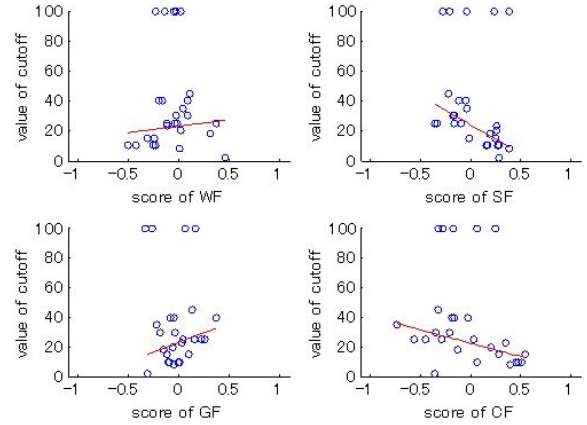

図 3 カットオフと因子評価値

Fig. 3 Score vs Cutoff

えられる．

そこでの Cut off が 100 ではないものの因子評価値と cut off の値との関係を示す回帰直線 $Cf(F)$ の値と各因子の相関係数 R を重みとした式 (4)，(5) を用いて因子操作パラメータ F を入力したときの Cut off の値を算出する．なお， $R_1=0.169$ ， $R_2=0.712$ ， $R_3=0.356$ ， $R_4=0.553$ とする．また，計算の結果が 0 以下となった場合は Cut off の値を 0 とする．

$$C = \frac{\sum (Cf_j(F_j) \times |R_j|)}{\sum |R_j|} \quad (4)$$

$$\begin{cases} Cf_1(F_1) = 7.935F_1 + 23.413 \\ Cf_2(F_2) = -38.373F_2 + 23.822 \\ Cf_3(F_3) = 26.63F_3 + 22.824 \\ Cf_4(F_4) = -17.747F_4 + 22.38 \end{cases} \quad (5)$$

4.3 VCA：Attack との対応関係

アンプリファイア部で音の立ち上がり時間を操作する Attack の値と因子評価値との関連を調べた．

音色ごとの Attack の値と因子評価値をそれぞれの因子ごとにプロットしたものが**図 4**である．派手さ因子とクリアさ因子については Attack の値と因子評価値との関連性が見られなかった．重さ因子については負の方向に Attack の値が 0 ではないものが多く現れている．逆に滑らかさ因子については正の方向に Attack の値が 0 でないものが多く現れている．

そこでまずこの 2 つの因子それぞれについて，Attack の値が 0 でない領域と 0 である領域に分別する．そのために Attack の値が 0 でない領域での値が 0 でない音色の含まれる割合と，値が 0 である領域での値が 0 である音色の含まれる割合を算出する．そしてその合計値 r が最も高くなる境界となった因子評価値を閾値 S_t と定める．しかし，この 2 つの因子を総合し

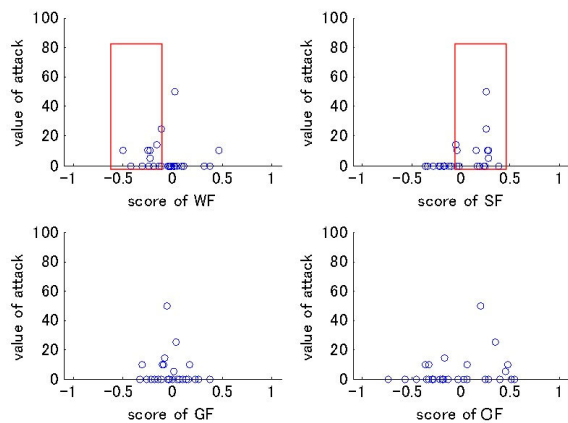


図4 アタックと因子評価値
Fig.4 Score vs Attack

て Attack の値を一意に求めるためにどちらかの結果を優先して求める必要がある．そこで先ほど求めた合計値 r を用いて重み付けをする．

以上より，因子操作パラメータ F_1 , F_2 を用いて Attack の値を 0 とするかそうでないかを求める式は式 (6) のようになる．なお， $S_{t1}=-0.117$, $S_{t2}=-0.057$, $r_1=1.42$, $r_2=1.5$ とする．

$$A = \begin{cases} a & \left(\frac{-(F_1 - S_{t1})r_1 + (F_2 - S_{t2})r_2}{r_1 + r_2} \geq 0 \right) \\ 0 & \left(\frac{-(F_1 - S_{t1})r_1 + (F_2 - S_{t2})r_2}{r_1 + r_2} < 0 \right) \end{cases} \quad (6)$$

4.4 シンセサイザの実装

構築したモデルを基に Action script3.0 を用いてシンセサイザを制作した．ユーザは 4 つの因子操作パラメータ（重さ，滑らかさ，派手さ，クリアさ）のスライダーを動かすことで自分の望む音色を作成し，キーボードを用いてその音色で演奏することができる．

実際にこのシンセサイザを用いて音色を生成した例を図 5，図 6 に示す．図 5 の例ではオルガンのような音が丸くどっしりとした印象を受けた．図 6 の例ではほわんとした軽い印象も受けたが，ギザギザとしたトゲのある印象の方が強く感じられた．これらの出力された音色は入力した印象情報と一致した．

5. ま と め

音色から受ける印象を調べために調査実験を行った．その結果を基に印象情報を操作パラメータとして用いて，ユーザの望む音色を作るための減算合成型シンセサイザの操作パラメータを決定するモデルを構築した．

しかし，現段階のモデルだけでは因子操作パラメータを操作しても音色の変化があまりないために，音色から受ける印象の変化が少ないように思われる．そこで，今回分析した以外のシンセサイザの操作パラメー

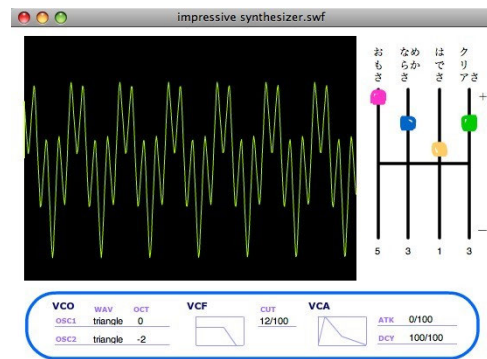


図5 結果例 1（重い，滑らか，澄んだ）
Fig.5 Result (Heavy, Smooth, Clear)

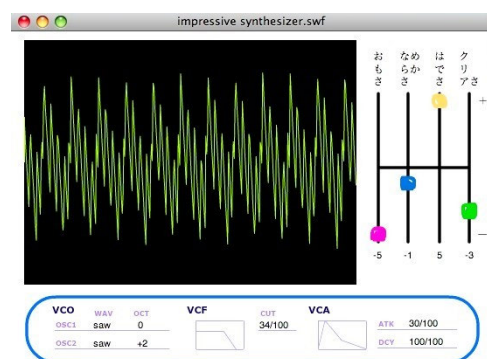


図6 結果例 2（軽い，派手，濁った）
Fig.6 Result (Soft, Gaudy, Dirty)

タと音色の印象との関連性についての分析を行い，音色の変化をもっと多くする必要であると考えられる．

今後は構築したモデルを用いて，実際に入力した印象情報と出力された音色とを聞き比べる実験を行いながらモデルの改良を行っていく予定である．

参 考 文 献

- 1) 岡田龍太郎，芳村亮，本間秀典，北川高嗣：任意の言葉の音の印象に合致した楽曲の自動生成方式，第 17 回データ工学ワークショップ (DEWS2007) 論文集，発表番号 A3-2(2007)
- 2) 桐本篤，佐々木史織，清木康：風景画像を用いた環境状況コンテキスト対応型音楽推薦システムの実現，第 19 回データ工学ワークショップ (DEWS2008) 論文集，発表番号 I1-1(2008)
- 3) 堂前幸司，秋田純一，小松孝徳：音色の印象語に基づく減算合成型シンセサイザのパラメータ操作手法の検討，HAI シンポジウム 2010，発表番号 3D-1(2010)
- 4) 服部環：FACCON.EXE，<http://www.human.tsukuba.ac.jp/hattori/faccon/faccon.html>