

非和声音を含むフレーズの動的生成と タッチインタラクションシステムへの応用

黒田元気^{†1} 伊藤彰教^{†1} 渡邊賢悟^{†2} 伊藤謙一郎^{†1}

本研究者は第35回 EC 研において、iOS 上で動作する「iSCKit」を発表し、特定のスケールに沿ったフレーズの動的生成に関する技術報告を行った。より音楽的な結果を得るため、非和声音を含むフレーズの動的生成と制御に関し、モードスケールと和声進行を考慮したアルゴリズムを検討の上、先行研究のシステムを拡充した。生成される音楽は、長調、短調に限らず、多様なモードや和音に対応可能となった。このシステムのゲーム内での活用について報告する。

Dynamic Generation of Musical Phrases Including Non-Chord Tone and Its Application to a Touch-Interaction System

GENKI KURODA^{†1} AKINORI ITO^{†1}
KENGO WATANABE^{†2} KEN'ICHIRO ITO^{†1}

The researchers presented a paper on “iSCKit” for iOS in 35th SIG-EC and we reported on the real-time creation of musical phrases following a scale. To get musical progress, we devised algorithm including theory of mode scale and harmony to create and control musical phrases including non-chord tones. Moreover, we expanded our system “iSCKit” by a musical algorithm. The system can produce phrases based on various modes and chords as well as major and minor keys. We present an application of our system to digital games.

1. はじめに

現在、アートおよびエンタテインメントの分野において、スマートフォンやタブレットといったタッチパネルデバイスを用いるものは数多い[1][2]。それらのコンテンツにおいて、動的な音楽の再生を実現するために、音楽の断片データを動的に組み合わせ、エフェクト処理を行う方法や、音ひとつひとつを生成し、使用するリズムやスケールを変化させながら楽曲として組み上げる方法など、さまざまな試みがなされてきた。

音楽の諸要素を変化させながら、音符単位から楽曲を組み上げる方法は、ファイルベースのものに比べて多くの音楽的要素の変化を実現できるが、音楽的実験を行う環境を整えづらく、いまだ普及していると言いがたい。一方、アルゴリズムック・コンポジションの分野では、モードの数理的な分析[3]など、さまざまな研究資産が存在している。我々はその現状に鑑み、アルゴリズムック・コンポジションに長けた音響生成プログラミング環境 SuperCollider を、iOS ネイティブの API 上で制御できるようにしたシステム「iSCKit」について、Objective-C[4]、Swift[5]それぞれの言語に対応させた成果について発表した。

前回の発表における実装では、音楽を再生しながら、使用するスケールを変更することを実現した。しかし、楽曲としての構造を感じさせるフレーズの生成については言及

できていなかった。そこで本稿では、非和声音を含んだフレーズを動的に生成するアルゴリズムを構築し、iSCKit を用いたゲームアプリケーションにおける音響演出への活用について考察する。

今回の実装では、基礎となる和声音によるフレーズをスケールにもとづいて生成し、そのフレーズに対して、刺繍音、倚音、掛留音、逸音、先取音および経過音による修飾を動的に行うアルゴリズムを生成した。スケール、リズム、非和声音の出現頻度などを、Supercollider を介して Swift 上の変数として制御可能にした。またこの制御をゲームアプリケーション側のオブジェクトの動作と連携させることで動的なサウンドインタラクションのしくみを実現した。

2. 非和声音

2.1 和声音に対する非和声音とは

本章は、日本における和声学の教本[6]をもとに述べる。

非和声音とは、広義には、音楽において鳴っている和音に使用されているピッチクラス以外の、すべてのピッチクラスの音である。狭義には、鳴っている和音に使用されているピッチクラス、すなわち和声音から、隣の音度に移動した音のことを指す。本稿においては、非和声音とは、基準となる和声音から隣の音度に移動した狭義の非和声音のことを指す。その和声音は、隣の音度に移るという性質から、和声学において非和声音は転位音とも呼ばれる。

フレーズにおいて転位が生じると、和声音が鳴っているときに比べて、トニックに対するドミナントのような緊張感をもつといわれる。音楽において、使用されるフレーズ

^{†1} 東京工科大学
Tokyo University of Technology
^{†2} 渡辺電気株式会社
Watanabe-DENKI Inc.

が和声音のみで構成されることはほとんどなく、非和声音を加えることで、楽曲内の緊張と弛緩の構造を形作っている。非和声音が鳴り続けると不協和音を形成するため、原則として非和声音は基準となる和声音に戻る。その動きを非和声音の解決と呼ぶ。

2.2 和声音の分類

本節では、転位のしかたによる非和声音の種類を列举する。

(1) 刺繍音

基準となる和声音から2度上または2度下に移動し、もとの和声音に戻る場合、その移動した音は刺繍音と呼ばれる。

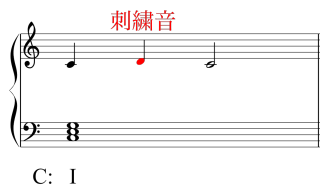


図 1 刺繍音の例

(2) 倚音

和声音からではなく、和声音の2度上または2度下の非和声音から始まり、その後で解決を行う場合、その非和声音は倚音と呼ばれる。



図 2 倚音の例

(3) 掛留音

前の和音から続いて鳴る音が和音進行後も鳴り続け、倚音としてはたらく場合、その非和声音は掛留音と呼ばれる。



図 3 掛留音の例

(4) 逸音

基準となる和声音から2度上または2度下に移動し、和声音に解決せず別の和音に進行した場合、その非和声音は

逸音と呼ばれる。



図 4 逸音の例

(5) 先取音

先行する和音の和声音が先に鳴らされ、それが非和声音としてはたらく場合、その音は先取音と呼ばれる。先取音は、次の和音への進行と同じタイミングで打ち直される。



図 5 先取音の例

(6) 経過音

ふたつの和音の間を繋ぐように非和声音が使われる場合、それは経過音と呼ばれる。



図 6 経過音の例

3. 楽曲生成アルゴリズム

3.1 SuperCollider による音楽生成

SuperCollider アプリケーションはクライアントとサーバを持ち、内部でそれぞれが独立して動作する。クライアントは実行した SuperCollider 言語を OSC メッセージに変換し、サーバはその OSC メッセージにもとづいて音の再生および音に関するパラメータの変更を行う。サーバに OSC メッセージを送信することは、サーバが起動している限り任意のタイミングで行うことができ、リアルタイムに音楽的操作を行うことが可能である。

3.2 SuperCollider におけるスケールの取り扱い

SuperCollider の Scale クラスには、初期状態で 107 種類

のスケール情報が格納されており[a]、チャーチモードをはじめとする各種スケールのピッチクラス値を得ることができる(表 1)。

表 1 スケールとピッチクラス値の例

格納されたスケール名	スケールの具体的名称	ピッチクラス値
major	メジャースケール	[0, 2, 4, 5, 7, 9, 11]
phrygian	フリジアンスケール	[0, 1, 3, 5, 7, 8, 10]
ritusen	律旋法にもとづくスケール	[0, 2, 5, 7, 9]
diminished	コンビネーション・オブ・ディミニッシュトスケール	[0, 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10]
wholetone	ホールトーン・スケール	[0, 2, 4, 6, 8, 10]

Scale クラスにより生成されたインスタンスに対し、degreeToFreq メソッドを使用すると、基準となる周波数と、スケールの中心音に対するスケール上の距離を入力することで、対応する周波数を出力することができる。例えば、C5 (MIDI ノートナンバー60) を中心音とするメジャースケールにおける、入力する整数と得られる周波数は表 2 のようになる。

表 2 Cメジャースケールの音度値と周波数の関係

音度値	音名	MIDI ノートナンバー	出力される周波数
-1	B4	59	246.94
0	C5	60	261.63
1	D5	62	293.66
2	E5	64	329.63
3	F5	65	349.23
4	G5	67	392.00
5	A5	69	440.00
6	B5	71	493.88
7	C6	72	523.25
8	D6	74	587.33

これらの定義をあらかじめ行い、スケールと音度値を入力することでシンセシスに必要な周波数値が得られるようにしておく。

3.3 基本アルゴリズム

本説では、今回実装した楽曲生成アルゴリズムについて、機能ごとに分割して述べる。

(1) テンポ管理部

SuperCollider の TempoClock クラスによって、一定の時間間隔でカウンタを刻むインスタンスを生成し、それを楽曲における拍節として利用する。テンポの変更は、音楽を再生しながら行うことができる。

a) SuperCollider で「Scale.directory;」を実行すると格納されたスケール名の一覧を得ることができる。

(2) コード決定部

2次元の配列により単純マルコフ過程の遷移確率を与え、その確率に基づいて、2拍もしくは4拍ごとに楽曲のコードを進行させる。遷移確率は楽曲を再生しながら更新することができる。

コードの構成音は、3.2 に記した音度値を使用して配列に格納する。例えば、Cメジャースケールの諸和音は表 3 のように記述する。

表 3 Cメジャースケールの配列表記

コードネーム	配列による記述
C	[0, 2, 4]
Dm	[1, 3, 5]
F	[3, 5, 7]
G7	[4, 6, 8, 10]
Am	[5, 7, 9]

(3) 和声音によるフレーズ生成部

はじめに、選択されたコードにおける和声音による、2分音符、4分音符または8分音符からなるフレーズを生成する。フレーズの最初の音高は中音部の伴奏より1,2オクターブ上になるよう和声音のなかから選択し、以後の音高は過度の跳躍を含まないように重み付けした遷移確率により決定する。

(4) 非和声音による装飾部

フレーズ内のすべての音に対して、非和声音による装飾を行うか行わないかの抽選を行い、フレーズに非和声音を含ませる。発音する非和声音の音高は、選択した和声音の音度値を1増加または減少させることで得る。

3.4 楽曲生成に関連する変数

アプリケーションに対応して生成する楽曲を変化させるため、SuperCollider プログラム上で以下の事柄に関する公開変数を定義し、iOS アプリケーション側からの制御を可能にする。

- 楽曲のテンポ
- 楽曲のキー
- 楽曲のスケール
- コード進行の遷移確率
- 伴奏のリズム
- 和声音フレーズ生成時の各音価の生成頻度
- 非和声音による装飾を行う頻度

4. アプリケーションの実装

非和声音を含んだフレーズを生成するアルゴリズムを実装し評価するため、タッチインタラクションシステム上で動作するアプリケーションを制作した。アプリの開発環境はXcode 6.4で、Swift1.2によりプログラムを記述した。実

験に使用したデバイスは iPod touch 第 5 世代 (Mid 2013) である。

4.1 アプリケーションの仕様

アプリケーションの画面上には円形のオブジェクトが複数存在しており、指で押さえ、特定の方向へ弾くような操作を行うことで、オブジェクトに加速度を与え、移動させることができる。オブジェクトは画面の上下左右端に衝突すると跳ね返るほか、オブジェクト同士も衝突し、ユーザは一度の動作で複数のオブジェクトを移動させることができる。オブジェクト同士が衝突した場合、衝突したオブジェクトの組み合わせごとに別の処理を設定することができる。

4.2 フレーズ生成アルゴリズムの適用

本実験では、円形のオブジェクトを 4 つ配置し、オブジェクト同士が衝突したとき、オブジェクトに役割づけられた個々の SuperCollider コードをサーバに送信し、オブジェクト同士の干渉によって音楽がリアルタイムに変化するようにした。

フレーズ内の非和声音の出現頻度は、オブジェクトが衝突する頻度によって変化する。具体的には、非和声音の出現頻度を制御する変数の値を、オブジェクト同士の衝突時に増加させ、一定時間ごとに減少するようにプログラムした。また、一定回数衝突を検出することに、フレーズ生成に使用する、チャーチモードによるスケールおよびコード進行が変化するようにした。

4.3 実験

制作したアプリケーション上をデバイス上で動作させ、タッチインタラクションシステム上で非和声音を含むフレーズを生成することができることを確認した(図 7)。また、ユーザの操作によって、非和声音の出現頻度をはじめとする音楽的要素を変化させることが可能となった。

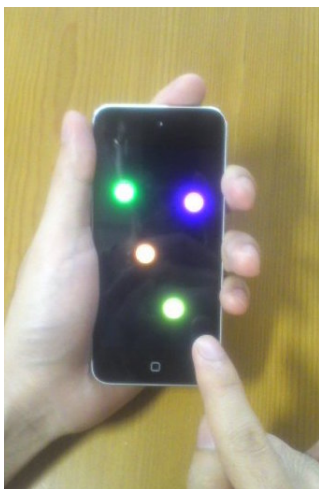


図 7 アプリケーション動作中の画面

5. おわりに

本研究では、タッチインタラクションシステム上での音楽的可能性を追求するひとつの試みとして、タッチインタラクションに対する非和声音を含むフレーズの動的生成システムの実装を行った。フレーズ生成を行うシステムは SuperCollider を使用して構築し、iSCKit を介して、iOS アプリケーション上でフレーズ生成に関わる変数を制御できるようにした。また、本研究者の従来研究に比べ、タッチ以外のインタラクションのほか、移動するオブジェクト同士の衝突のような、間接的なインタラクションに反応して音楽を変化させることができるようになった。ユーザインタラクションに限らないさまざまなタイミングでの音楽の動的変化を試行できる環境が得られた。

ゲームコンテンツでは、上記のようなユーザインタラクションを含むさまざまなタイミングでの音楽的変化が要求されるため、本研究はゲームコンテンツにおける音楽表現の試行において有効性があると考えられる。

今後は、音楽とインタラクションの両面で技術基盤を拡充するとともに、音楽とインタラクションの結びつけに関する研究を進めていく予定である。また、その応用として動的音楽生成を演出に用いたゲームコンテンツの試作を行っていきたい。

参考文献

- 1) Craftwife
<http://www.craftwife.com/>
- 2) Radiohead – Polyfauna
<http://www.universaleverything.com/projects/polyfauna/>
- 3) Noll, T. and Montiel, M.: Glarean's Dodecachordon Revisited, Proc. Mathematics and Computation in Music (MCM 2013), Eds. Yust, J. et al., pp.151-166 Springer Berlin Heidelberg, (2013).
- 4) 黒田元気, 伊藤彰教, 渡邊賢悟, 伊藤謙一郎, 近藤邦雄: タッチインタラクションを想定したリアルタイム・モーダルチェンジ・インタラクションシステムの構築, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-MUS-106, No.4, pp.1-5, 2015.
- 5) Ito, A., Watanabe, K., Kuroda, G. and Ito, K.: iSuperColliderKit: A Toolkit for iOS using an internal SuperCollider Server as a Sound Engine, in Proc. International Computer Music Conference (ICMC 2015) (in press).
- 6) 伊藤謙一郎, 柳田憲一, 学生のための和声の要点, pp.156-161, サーベル社 (2011)