

著作権フリーBGM自動生成システムの拡張について(2)

- FMC³からの発展 -

長嶋洋一

静岡文化芸術大学

「誰でも手軽に作品系FLASHコンテンツの音楽パートを自動生成するシステム」として開発した「FMC³」(Free Music Clip for Creative Common)からの発展として、作品系コンテンツから対象領域をより拡大拡張しつつ、「使える音楽を自動生成する」というコンセプトを継承した自動作曲のアルゴリズムの実装について検討した。

Enhancing and development of FMC³(Free Music Clip for Creative Common) - (2)

Yoichi Nagashima (*nagasm@computer.org*)

Shizuoka University of Art and Culture

This is a report of enhancing and development of FMC³ (Free Music Clip for Creative Common). The new target is to generate not simple BGM but stand-alone music automatically.

1. はじめに

2005年4月から2006年2月にかけて、「誰でも手軽に作品系FLASHコンテンツの音楽パートを自動生成するシステム」の開発研究として、FMC³(Free Music Clip for Creative Common)の開発を行い[1-5]、一応の完成バージョン1.02のソースプログラムやアルゴリズム解説を含む成果の全ドキュメントを2006年3月にWebサイト[6]にて公開した。

ここでは対象を「作品系マルチメディアコンテンツの音楽パート」と限定し、アルゴリズム作曲においては、楽曲生成の材料となる音楽演奏情報の素材/断片(著作物)を一切持たない自動生成とすることで、著作権の対象となる人間の介在しない自動作曲により著作権の問題の発生しないフリー音楽クリップを多数生成することができた。

このFMC³の組み込みシステムへの発展系としては、自動車や店舗などでのBGM生成に活用する「いくら聞いても使っても無料のBGM」という可能性について検討した[7]。本稿ではさらに別の発展系として、生成する音楽を主役でないBGMと割り切らず、「単独の音楽として聴取/認知できる」というやや無謀な目標を設定しての検討の最初の段階として、自動生成アルゴリズムの新たな戦略と実装について検討した。

2. FMC³の生成アルゴリズムの概要

Web公開サイト[6]において、生成パラメー

タの仕様詳細とともに解説しているの、ここではごく簡単にFMC³のアルゴリズム作曲について整理しておく。まずバージョン1.02の全ての生成音楽クリップは、1小節を4/4とした前提の下で、1小節を

- ・ 8分音符8個(8beat)
- ・ 3連符12個(shuffle)
- ・ 16分音符16個(16beat)

という3種類のスタイルのいずれか、と限定した。これは1小節を48分割したタイムベースにより表現でき、該当するスタイルのビートに乗らない部分の音符情報は最初から持たないことで生成パラメータの大幅な情報圧縮を行っている。

ドラムとベースパートについては、この最小限の時間軸単位ごとに、打楽器/ベース音高の情報を生成パラメータとして持つ。バージョン1.02においてはドラムパートは1小節だけのパターンを繰り返す。ベースパートは2小節単位のパターンを持ち、小節ごとに進行するコード上に移調してこのパターンを演奏し、上下に音域を超えた場合にはオクターブ単位に折り返す。コード進行と転調により、実際に聴取されるベースパートのフレーズは、この折り返しにより異なった(バラエティが増えた)印象を与えている。

コード進行は4小節単位で変化し、バージョン1.02では53種類のタイプからランダムに選択される。コードタイプは

- ・ ドミナント7th (0-4-7-10)
- ・ マイナー7th (0-3-7-10)

のたった2種類である。FMC³の特性として、

個々にドミナントモーション等の連鎖として金太郎飴のように続く音楽なので、トニックが必要ない、という点が大きな特徴である。また、この2種以外のコードタイプを特徴付けるテンションノートは、他パートにより付加されるため、この枠組みのコードタイプとしては2種類で十分である。

4小節単位で決まったコード進行は、4ブロック単位でランダム設定する転調オフセット(0-11)を加算して、最終的に16小節単位の生成パターンとなる。ただし16小節で繰り返すわけではなく、次の16小節ブロックの先頭転調オフセットによりさらに別の調となる確率が11/12と大きい。一方FMC³は音楽クリップの「尺」として打切りエンディングに至る時間が絶対的に指定されるが、これはテンポによってどこまで続くかは実際に演奏生成することで確定する。従って、生成されたFMC³音楽クリップのコード進行を書き留めた場合、コードネームとしては曲全体で繰り返さなく延々と変わることがほとんどとなる。

ドラムとベースに加えて、FMC³では

- ・カッティングコード
- ・アルペジオ
- ・ロングノート(疑似メロディ)

という3つのパートを持ち、いずれもそれぞれの小節のコード(転調オフセットを付加したその瞬間のコードネーム)に対応した演奏を生成する。カッティングコードパートでは、2音ボリにより、rootや5thなどコード基幹音を除いて、そのコードタイプごとのUST(上部構成3和音)からavoid noteを除いた9th、11th、13th、さらに7th、3rdの組み合わせから選択したノートを、3種類のビートタイプごとに36種のリズムパターンのいずれかに割り当てて演奏している。

アルペジオパートでは、その小節のコードを構成する4音(root-3rd-5th-7th)を、これも36種類のパターンからランダム選択して、さらにAdvanced Modeにより設定可能な絶対的な時間差により継次生成させてアルペジオとしている。カッティングコードパートと違い、テンポとビートから与えられる、1小節48等分のタイムベースに乗らない時間的瞬間に鳴らす事でヒューマンな印象を与える。

ロングノート(疑似メロディ)パートはバージョン1の開発終盤に付加されたもので、1小節単位の2音ボリ(4分音符から全音符までの長めのシンプルナリズム)により、コードノートとテンションノートを候補として選択・付加している。同時に、8小節単位でそれぞれの小節で演奏するかどうかのON/OFFマップを持つことで、ずっと演奏し続ける不自然さを避けている。

選択的にON/OFFできる「イントロ」と「エンディング」については、それぞれ生成パラメータの36種類から、アルゴリズム生成でなく3種類のスタイルに応じて選択している。特にエンディングにおいては、楽器パートはアルペジオパートの音色を使用し、エンディ

ング直前のコードから完全5度下行のドミナントモーションで最終コードに至り、ここに中性的な「全音音階」「sus4系」「琉球音階」などのテーブルを参照して生成することとした。コンテンツの音楽パートとしてはカットされる事も多いので、イントロ/エンディングの部分には力点を置いていない。

3. FMC³と「メロディ」との関係

以上のような生成アルゴリズムによって、FMC³の生成する音楽クリップは「いくらでも続く」「次のパターンが予測しにくく飽きがない」「それなりにいい感じでビートに乗れる」ようなものとなっているが、これはあくまで、モーショングラフィックFLASH作品など、グラフィクスという主役があつての場合に限る。本改良の目標は、それだけを聴取して楽しめるような、独立・完結した音楽クリップの生成である。

過去の学会発表の質疑やコンテンツクリエイターなどとの議論の中で、単独の音楽としてもっともFMC³に欠けているものとしては、「メロディが感じられない(聞こえない)」という意見が圧倒的に多かった。これは当然のことで、設計当初よりDrum'n Bassを基本として、メロディという概念を敢えて避けてきたからである。そこで「メロディとは何か」という考察から再検討した。

3-1. メロディとは

大辞泉(小学館)によればメロディとは「旋律。歌や楽曲の節(ふし)。また、歌」とあり、類語実用辞典(三省堂)によれば「節(ふし)。調べ。曲(きょく)。曲節。旋律。音律。音調。楽調。調子」とある。ここでは音律以降でなく「旋律」が該当する。またウィキペディア(Wikipedia)から引用すれば、以下のような解説がある(2006年4月現在)。

メロディ(旋律)は音楽を構成する要素の一つ。ある一定時間の音のうち、ヒトが音楽として意味のあるひとまとまりであると認識する(通常単音の)基本周波数の連なり。旋律理論では、最初に現れた音をもとにして、反復または緊張という役割をもつ音が続く、解決をする音で終了すると考える。さらに、数秒または数小節の短いメロディ(楽句、フレーズ)を一つの単位としてとらえ、長いメロディを構成する各単位に反復、緊張、解決という役割を与えることができる。一般にメロディは音階や旋法といった音組織の上に成り立つ。特に西欧の古典音楽(ルネッサンス後期の調性が確立した以降の音楽で、シェンベルクのような調性を持たない音楽以前のもの)においては、音階の選択は調性が強く意識されており、和音進行が重要な意味を持つ。その意味において、より緊張や解決という役割はハーモニーの考え方からよく理解できる、また反復とはリズムそのものである。それぞれは重なり合い明確に区別することはできない。人は大量の音が含まれる音楽でも、印象的な音のつながりを直感的に認識しメロディとして楽しむことができる。多くの西洋系音楽は、中心となるメロディを印象付けるように意図的に作曲されている。直感的に認識しがたいことを意図した楽曲もある。

上記によれば「西欧系調性音楽」の典型であるFMC³の場合、和声進行の枠組みの中で、音階や旋法という音組織の上で、単音により数秒または数小節にわたるフレーズを生成し、その連鎖がヒトに「音楽として意味のあるひとまとまり」と認識され、さらに「反復・緊張・解決」といった個々の役割を直感的に印象づけることができれば、それがメロディとなりそうである。言葉では簡単であるが、この要請が音楽美学・作曲理論・フレーズ理論・リズム理論・音楽心理学などの深淵に關係していることは明白である。

FMC³では基本的に、生成する音楽クリップに関して、従来の自動作曲のアプローチに多かった「楽曲構造から和声構造・旋律・リズムを生成」という音楽理論的・トップダウン的な手法を捨てている。従って、このようなFMC³においてメロディ(とヒトに知覚させるパート)を生成するための戦略としては、大きく次の2つが考えられる。

3-2. ボトムアップ的なメロディ生成

日本の音楽情報科学研究における記念碑的な解説[8]において、村尾は「音楽の情報論的な意味」「音楽の面白さ」「知的情動」等のキーワードから、音楽におけるメロディー(旋律)の意義と音楽情報科学研究における音楽構造理論の重要性を説いた。メロディの個々の音(高さ、長さ)の持つ意味は、音楽全体のトップダウン的な構造から影響されるだけでなく、ボトムアップ的に微細な音楽的構造(局所的な意味付け)の連鎖としてメロディを形成し、さらには音楽のリズムや和声といった上部構造の音楽認知(情動)にも影響を与えている。

この視点から本研究における一つのアプローチとして、FMC³の非トップダウン的な枠組みの中で、敢えて「情動モデル」とまでは言わないものの、与えられたビート単位と和声進行の枠組みの中で、ボトムアップ的に微細な音楽的構造(局所的な意味付け：和声進行におけるドミナントモーション原理のミクロ版)の連鎖としてメロディを形成する、という戦略を追求することにした。この部分については、日本音楽知覚認知学会などの場において報告していく予定である。

3-3. 「なぞり感性」的なメロディ生成

日本の音楽情報科学研究を進展させ世界的に「kansei」という用語を定着させた井口[9]は、工学的な音楽情報処理のアプローチとして、音楽理論や音楽心理学から構築するのではない「なぞり感性」的な音楽生成の可能性を提唱した。コンピュータ(アルゴリズム)に人間と同じ「感情」モデルを構築した後に音楽的感性を実装するという旧来的な人工知能の幻想を捨てて、結果としてヒトが感情・感性があるかのごとく知覚できるような振る舞いを実現できれば、それは有効な「なぞり

感性」のシステムだ、という立場である。

この視点から本研究におけるもう一つのアプローチとして、大局的な音楽構造からのトップダウン生成でなく、FMC³の生成アルゴリズムの原理を、1小節単位と短い「ロングノートパート」とは別に、時間的に4小節程度に伸長したメロディ生成にまで適用し、結果として多数のヒトに旋律らしきものの存在を知覚させることがどこまで出来るか、という形式的なメロディ生成(なぞりメロディ)にも挑戦してみることにした。本稿では、こちらのアプローチについて考察/検討し、いくつかの実験を進めてみた報告を行う。

4. FMC³のリズム/ビートとの関係

「なぞりメロディ」の生成については、時間的な要素(リズム/ビート)と、音高方向の要素(和声/音階/旋法)とがあり、これらは独立の要素でなく、本質的に一体となってフレーズを構成してメロディとなる[10]。しかし本稿では第一段階として、これらを敢えて分離して、それぞれ独立のパラメータとして音楽クリップ生成アルゴリズムへの実装実験を試みた。

FMC³のリズム/ビートの枠組みは、基本をベースパートに置いたアプローチとして明確であり、メロディのリズム/ビートの時間軸上でのマッピング空間は、最大で1小節48等分のポイント、実際には3種類のスタイルごとに間引きされ[8/12/16個]に限定されたポイントだけとなる。ただし、ベースパート生成のアルゴリズムをそのまま音域移動・音色変更しただけではメロディとはならないのも明白であり、時間的な「なぞりメロディ要素」をさらに付加することが焦点となる。

FMC³のベースパートでは図1のように、基本戦略として「時間軸ポイントごとに共通の確率重み付けで、それぞれの瞬間のノートのON/OFFをランダム決定」している。

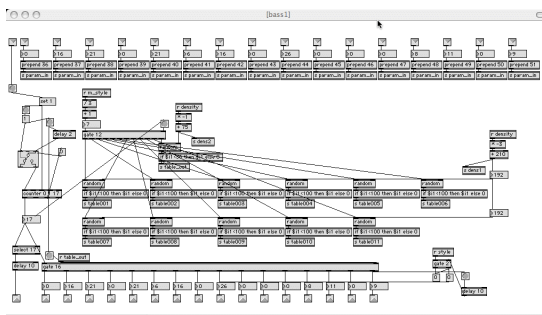


Fig.1 ベースパートの生成パッチ

これはベースパートの特性として、複数のノートがたまたま連続すれば一種のショートフレーズ(早弾き)と知覚され、連続したノートの一部にだけ休符(OFF)が入ればシンコペーションなどそれなりのリズムパターンと知覚され、前後に長い休符が入り1音だけ独立

した場合にはチョッパーベースのオブリガート(アクセント)のように知覚され、要するに全部の音が全て演奏されるような息苦しさがないければ、リズムとしては均一の確率で生成させても、音高要素が音組織にはまっていれば、人間にとって良好なベースパートと聴取されるからである。

メロディの場合には、そのノートが小節ないしフレーズ全体のどこに位置するか、という構造的な要素が音楽的な意味を持つので、なぞりメロディのリズム/ビートの生成のためには、ベースパート生成で均質であった生成確率重み付けを、時間軸上の位置によって変えてやればよい。実はこれは、FMC³のドラムパート生成において、音楽的な意味合いは異なるが、既に形式的には実装されている。

ドラムパートでは図2のように、時間軸のポイントごとに、その打楽器がON/OFFされる確率の重み付けをヒューリスティックに変えて実装している。ただしメロディと違って、ドラムは1小節ループという条件があり、1小節を超える時間的な構造は排除されている。またドラムパートの音には音高領域の「反復・緊張・解決」といった役割が無いので、このアルゴリズムはそのままメロディ生成に使うことはできない。

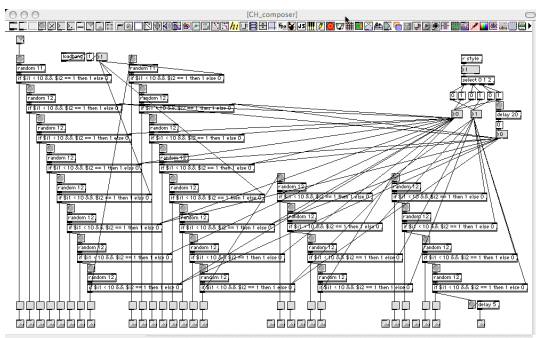


Fig.2 Closed Hi-Hatの生成パッチ

5. なぞりメロディのリズム生成

「なぞりメロディ」のリズム生成については、以下の2つのなぞり条件を提案し、4小節のコード進行と対応した4小節のメロディ生成を行う枠組みとした。なお53種類のコード進行のパターン[6]検討の際に行った検討と対応させて、「2小節のメロディを2回」と「4小節のメロディ」という2種類のうちからランダムに選択する、という方針をとった。

5-1. 「なぞり身体表現」的なリズム条件

メロディの定義にあった「歌や楽曲の節(ふし)。歌。調べ」から一般化すれば、メロディパートの多くは、愛好し覚えたヒトが口ずさめるようなものを言う。楽器の種類に注目して考察すると、「(人間の)声」「吹奏楽器(サクソ、トランペット、フルート、尺八)」「擦弦楽器(バイオリン(アンサンブル)、胡弓)」などに印象的なメロディを担当

させているアレンジが多い。声や吹奏楽器には「プレス」という物理的制限があり、メロディの長さはプレスに応じて時間的に分断される(プレスそのものを表現手段とするボーカリストや演奏者も少なくない)。擦弦楽器にもボウイング(弓の往復)の物理的制限に対応して、メロディの時間的な長さ、弾き始めのアクセント、メロディ最後の部分の緊張感ないし減衰、などの特性がある。このような制約のないピアノやオルガンの演奏者が、鳴らした鍵盤を愛おし気に押し続ける(実際の発音には無関係)ような事例も、メロディを「歌う」ための音楽的要請であろう。

ここからFMC³の「なぞりメロディ」のリズム条件の第一として、「擬似的に有限のプレスを持つ人間が歌うような」という制限をメロディパート生成アルゴリズムに与えることにした。プレスタイムに相当する一定の長さの休符の付加を考慮する、1プレスの一定時間内で終わる、というだけでなく、冒頭部分のアクセント的な要素、中盤部分の流れるような要素、長いフレーズであれば後半に高まる緊張感(強いプレス)、などの音楽的特性をリズムパターンの重み付けに加味する、というものである。

5-2. 「反復・模倣」リズム条件

乱数をベースとして生成したような、あまり積極的な音楽的意図のないメロディ(の一部)であっても、これを反復ないし模倣して「繰り返し」構造をヒトに知覚させると、途端にメロディらしくなってしまうのは、セリー音楽理論を待つまでもなく、作曲・編曲の領域ではよく知られている。トップダウンの音楽的構造としての反復・模倣とは別にしても、FMC³の「なぞりメロディ」のリズム条件の第二として、これを活用しない手はないので、特に「2小節メロディを2回」というタイプが選択された場合に活用することにした。まったく同じパターンをコピーするのでは芸がないので、ここでは単純な反復だけでなく一部を変化させた「なぞり模倣」の要素に重点を置く方針とした。

6. FMC³のコード進行との関係

FMC³の音高方向の自動作曲アルゴリズム、すなわち音組織(和声/音階/旋法)については、前述のように「1小節1コード・4小節単位のコード進行」「4小節ブロックごとの強制転調」「トニックの無いドミナントモーション等の連鎖」「コードタイプはドミナント7thとマイナー7thの2種類のみ」「USTによるテンションノートの付加」とまとめられる。ここに新たに加わるメロディがまったく異質の音組織を持つことは考えられないので、この枠組みは全体の基礎となる。

Drum'n Bassのイメージで一種のフレーズを演奏するベースパートの音高方向のデータ

生成においては、3種類のスタイルの選択パラメータとともに12段階のテーブル選択を行い、このテーブル番号が大きいほど多くの音候補を含んだスケールテーブルから実際の音(その瞬間のコードのrootに対する相対音程)を乱数により選択する、というシンプルなアルゴリズムを用いている。上述のようにリズム生成の段階で「ON」であればテーブルのX軸上の参照アドレスを乱数として与えてY軸上の対応データを音として選択し、「OFF」であれば無音(休符)となる。さらにこのテーブル参照結果の値がゼロである場合にも無音(休符)とした。

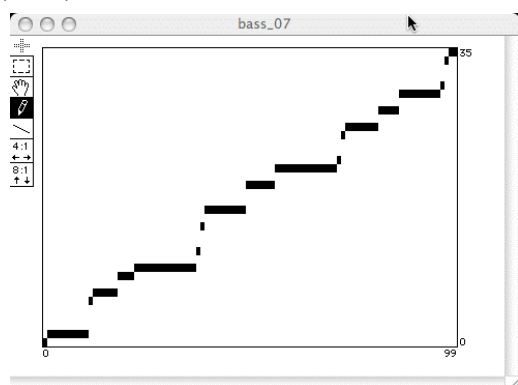


Fig.3 ベースの音高生成テーブル例

図3は12種類のベース音高生成テーブルのうちの一例であり、半音単位でオクターブ12音のうちいくつかの特徴的なスケールのみが選択される一種の「旋法」が、テーブルの横方向の長さに応じた確率重み付けで定義されている。テーブル番号が増えるほど、ごくわずかな確率でのテンションや不協和音も味付けとして加わっている。ここで生成されるベースの音高は、例えばコードの3rdにあたる音はrootに対して長3度/短3度の両方が存在するために、「コードの構成音から選ばれる」というような古典和声の制約と違い、瞬間的にはかなりの不協和な響きが出現する。しかし同時にドラムパートが一定のビートを刻んでおり、ベースもかなりの確率でrootや5th、4th、7thなどの基幹音を演奏するために、全体としてベースパートは、時にテンションが多いものの調的構造に適した印象を与えている。

リズムに続いて音高の視点からFMC³のメロディを考えると、個々のノートが小節ないしフレーズ全体のどこに位置するか、という構造的な要素が音楽的な意味を持つので、なぞりメロディの音組織領域の生成のためには、ベースパート生成で単純に確率重み付きのスケールテーブル参照、というアルゴリズムだけでは駄目である。最低限、コードに無関係のテーブルとせずコードごとにテーブルを取り替える、あるいはフレーズ全体に対する個々のポイントの時間的な位置に応じてテーブルを取り替える、などの手法が必要になってくる。

7. なぞりメロディの音高生成

ここでは村尾の「知的情動モデル」のようなアプローチでなく「なぞりメロディ」のためのモデルを音組織に対して検討するので、以下の2つのなぞり条件を提案し、4小節のコード進行と対応した4小節のメロディ生成を行う枠組みとした。

7-1. メロディー内位置による音組織条件

前述のようにリズム条件からメロディは一定の長さを持つので、その中の個々の音ごとの刹那的な確率的音楽生成に対して、メロディ全体という時間的枠組みの中での位置をパラメータとする一種のフィルタを作用させる、という戦略を音組織条件の第一とした。

初歩的な和声の教科書にも「メロディの最後はコードのrootか第3音」「ドミナントコードのメロディには導音」「メロディの冒頭にコードノートそのものでなく2度上のテンションから入る(倚音)」などのルールが記載されており、単純な確率重み付けでなく、この要素をメロディ内の時間的位置に応じて変えてみることは、最終的には聴取者を使った心理学実験の判定が必要であるが、本テーマにおいて重要な実験となる。

7-2. コード進行に応じた音組織条件

音組織の領域での「なぞりメロディ」のための第二の音組織条件は、FMC³でそもそも選択決定されている「4小節単位のコード進行」そのものの活用である。バージョン1.02の53種類のコード進行の中には「4小節ずっと同じコード」という極端なものもあるが(これでも4小節ごとの転調により単調さは回避される)、大部分は隣接し推移するコードに音楽的な意味がある「進行」なので、メロディにおいても、特に2小節単位の中間の「小節線をまたぐ部分の前後」にこの音楽的性格を活用しない手はない。

FMC³のコード進行の多くの基本原理はJazzの教科書通りの「ドミナントモーションの連鎖」なので、この原理の基礎となる「トライトーンの解決を予想させる音程の配置」という要請のもと、実際にはトニックに行かずに転調する進行に対応した音組織選択の確率的フィルタの構築を目指すことになる。うまく実装できた場合、このパラメータのデータは音楽(情動)理論による「感性」をなぞったモデルとなることが目標である。

8. なぞりメロディの実装実験

図4は、FMC³の音楽クリップ自動生成のアルゴリズム[6]に、今回の「メロディ生成ブロック」を付加した実装実験のブロック図である。この図のシステムはあくまで実験のためにメロディを付加してみる、という目的であり、明らかに図4のままではせっかく生成されたメロディ部分のパラメータが保存され

ずに消えてしまう。しかし「なぞりメロディ」と音楽モデルの2つのメロディ生成アルゴリズムのアプローチを実験している段階で、別バージョンとなるFMC³パラメータの増加定義を行うのは混乱の元となる懸念があり、今回はとりあえず図4のような構成で試してみることにした。

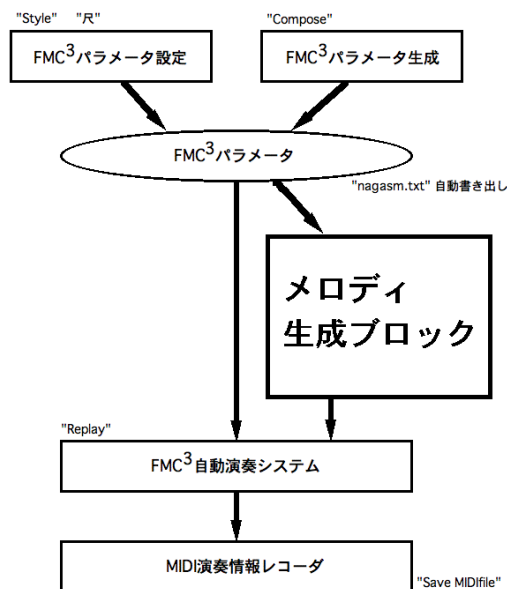


Fig.4 FMC³システムへの実装

図4にあるFMC³の音楽生成プロセスとしては、まず36進数100文字のパラメータを乱数をベースに選択・生成して、その後にリアルタイム動作としてMIDI生成演奏し、同時にMIDIバスを経由してシーケンサにレコーディングしている。そこでメロディ生成ブロックの内部を次の3パス構成とした。

(1)非リアルタイムのパラメータ選択生成ステップの直後に、決定されたコード進行から確率重み付けの配置などを行う。

(2)具体的にメロディパートの個々の音のON/OFF、音高、durationなどを中間的なデータ領域に選択・生成して配置する。

(3)リアルタイム動作時にシステム共通のタイムベースクロックを受けて、上記中間的データ領域から参照し、コード+転調のオフセットを加算して発音処理(並列処理)する。

モデルの妥当性を検証する心理学実験のために、生成パラメータやメロディのデータはバッキングとなるFMC³の演奏データとともにMIDIファイル、およびMP3ファイル化した。

本稿執筆時点ではまだ評価実験・検討に入るほどの成果が出ていないので、結果については別の機会に報告することとしたい。

9. おわりに

「誰でも手軽に作品系FLASHコンテンツの音楽パートを自動生成するシステム」FMC³の

BGM生成から一歩踏み出したメロディ生成の戦略について、ここでは「なぞりメロディ」のアプローチでの手法について検討した。もう一つの、ボトムアップ的に微細な音楽的構造(局所的な意味付け：和声進行におけるドミナントモーション原理のミクロ版)の連鎖としてメロディを形成する、という戦略とともに、さらに検討改良を進めていきたい。

参考文献

- [1] 長嶋洋一, 作品系FLASHコンテンツの分類と傾向について, 情報処理学会研究報告 Vol.2005, No.59 (2005-EC-1), 情報処理学会, 2005
- [2] 長嶋洋一, 作品系コンテンツのための自動作曲システムに向けて(1), 情報処理学会研究報告 Vol.2005, No.82 (2005-MUS-61), 情報処理学会, 2005
- [3] 長嶋洋一, 作品系コンテンツのための自動作曲システムに向けて(2), 情報処理学会研究報告 Vol.2005, No.100 (2005-MUS-62), 情報処理学会, 2005
- [4] 長嶋洋一, 作品系コンテンツのための自動作曲システムに向けて(3), 日本音楽知覚認知学会平成17年度秋季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, 2005
- [5] 長嶋洋一, 作品系コンテンツのための自動作曲システムに向けて(4), 情報処理学会研究報告 Vol.2005, No.129 (2005-MUS-63), 情報処理学会, 2005
- [6] <http://suac.net/FMC3/>
- [7] 長嶋洋一, 著作権フリーBGMのための新提案 - FMC3からの発展 -, 平成18年度全国大会講演論文集2, 情報処理学会, 2006
- [8] 村尾忠廣, 音楽の分析・解釈, コンピュータと音楽の世界, 共立出版, 1998
- [9] 井口征二, 感性情報処理, 電子情報通信学会誌 Vol.80, No.10, 電子情報通信学会, 1997
- [10] David Cope, Virtual Music - Computer Synthesis of Musical Style -, The MIT Press, 2001