

DNA ミュージック: 楽譜変換アルゴリズムの検討

DNA Music: Algorithms for Score Conversions

有本 繁弘

Shigehiro Arimoto

高橋 由雅

Yoshimasa Takahashi

豊橋技術科学大学 工学部 知識情報工学系

Department of Knowledge-based Information Engineering, Toyohashi University of Technology

In our preceding work, the authors reported DNA music system that can generate sound expression of DNA sequence of a gene and play the music. This paper describes an alternative algorithm that allows us to make use more unique information of the DNA sequence of a gene in the DNA music. In the approach, not only assignment of musical notes to individual base but also its own tempo, key, chord and rhythm of the individual DNA sequences are automatically generated. The new transform technique successfully works to improve the quality of the DNA music in musical sense. The details of the algorithm are described with a couple of illustrative examples.

1. はじめに

分子情報学の分野では、分子構造のグラフィックス表示や、化学データベースに向けた構造情報のコンパクトな符号化法、さらには構造特徴の定量的な記述表現に関する研究に多くの努力が注がれ、多大な成果を収めてきた。一方、こうした数値、テキスト、画像情報といった従来の情報表現に対し、サウンド表現の活用といった視点からの研究はほとんど例がない。

また、遺伝子解析技術の急速な進展により、ヒトゲノムをはじめ種々の生物の全遺伝子の塩基配列が明らかにされつつある。先に川添らは、これら遺伝子配列の構造情報表現の一つとして、個々の遺伝暗号に特定の音符情報を割り当て、配列情報を楽譜に変換してサウンド情報として表現することを試みている[川添 01]。

本研究では川添らの研究をもとに DNA 塩基配列の楽譜化の際に音楽性を考慮した新たなアルゴリズムを検討し、併せて計算機への実装を行った。

2. 遺伝子情報

本研究では、変換の対象となる遺伝子情報として、GenomeNet などのゲノム情報データベースより容易に入手可能なタンパク質遺伝子の塩基配列を対象とし、音楽生成のための楽譜変換アルゴリズムについて検討を行った。アルゴリズムの検討に際しては、塩基のダブレットやトリプレット(コドン)、生成される対応アミノ酸、プリン塩基/ピリミジン塩基、あるいは塩基やコドンの出現頻度などの派生情報も併せて利用した。

3. SoundDNA システムの概要と問題点

先行研究で開発された SoundDNA システム[川添 01]の処理手順を図1に示す。ここでは SoundDNA から生成された遺伝子音楽を DNA ミュージックと呼ぶことにする。SoundDNA システムで生成された DNA ミュージックには音楽的観点からみて以下の問題点がある。

1. リズムが単一(3拍子のみ)
2. コードのつながりが悪い(コード進行概念の欠如)
3. 楽曲の没個性(音楽表現の幅が狭い)

連絡先: 高橋 由雅, 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 豊橋技術科学大学 知識情報工学系, Tel: 0532-44-6878, taka@mis.tutkie.tut.ac.jp

各遺伝子に固有の配列情報をより積極的に活用しながらこれらの問題点を改善すれば、DNA ミュージックにおける音楽表現の可能性を大きく拡大することができる。これはまた、音楽性の向上だけでなく、楽曲に個性を付与し、分子に固有のユニークなサウンド表現の生成に寄与することも可能である。

そこで本研究では音楽性を考慮した新たな楽譜変換アルゴリズムを考案し、SoundDNA システムに実装した。

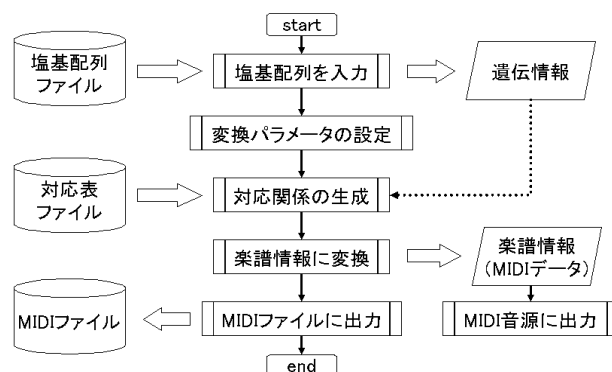


図1 SoundDNA システムの処理手順

4. 変換アルゴリズム

音楽の基本 3 要素はメロディー、コード進行、リズムである。さらに、テンポ、キー、使用楽器などの副次的要素も存在する。種々の音楽要素を変換アルゴリズムに加味することで音楽性の向上、音楽表現の拡大を図った。また、その際に音楽要素と遺伝情報に関係性を持たせ、遺伝子固有の音楽生成実現に寄与させる。

4.1 テンポの生成

遺伝情報の出現頻度確率からテンポを決定し楽曲に付与するアルゴリズムを検討した。テンポに対する遺伝子情報の反映には配列塩基の骨格構造の化学種(プリン塩基/ピリミジン塩基)の情報を用いた。遺伝子に固有のテンポ TEMPO は次式によって定義した。

$$\text{TEMPO} = \text{STD_TEMPO} + 10 \text{Tband} (p_p - p_m)$$

STD_TEMPO: 基準テンポ(120に設定)

Tband: テンポ割り当ての領域(60に設定)

p_p: プリン情報の出現頻度確率
 p_m: ビリミジン情報の出現頻度確率

4.2 キーの生成

キーとは調性のことで、ここではダイアトニックスケールの開始音程のことを指す。キーが違えば同じ楽曲でも印象が異なる。遺伝情報から遺伝子に固有のキーを生成するため、配列塩基のダブルレットに注目し、各ダブルレットの出現頻度から求められたシャノンの情報エントロピー[川添 02]を用いてスケールの開始音を決定した。

4.3 コード進行の生成

ここでは、音楽の基本要素であるコード進行を遺伝情報から自動的に生成するアルゴリズムを検討した。基本的なコード進行はダイアトニックコード[川添 02]から構成される。ダイアトニックコードとは7音の音階から派生した和音のことである。基本的なコード進行はダイアトニックコードの配列である。

コード進行生成法の基本概念を図2に示す。楽曲は旋律部と伴奏部から構成されている。旋律部は遺伝情報と音符情報の対応関係を示した対応表に基づいて生成される。伴奏部は各遺伝情報の出現頻度確率に基づいて、動的に決定されたダイアトニックコードによって生成される。

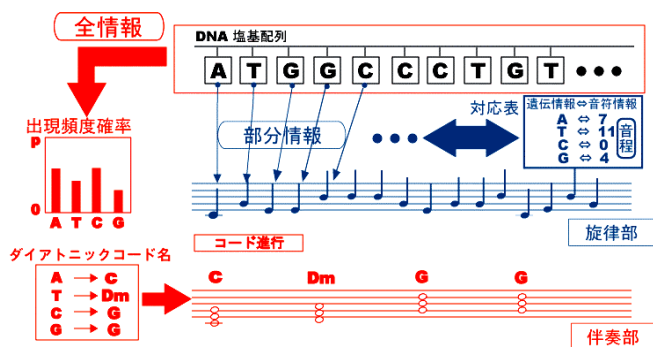


図2 コード進行生成法の基本概念

4.4 リズム選択

伴奏パターンを多様化することで楽曲に様々なリズムを付与することが可能になる。本研究では、リズムの多様化を実現することにより表1に示す10種類のリズムを適用可能とした。

表1 適応可能リズム一覧

WholeNote	Triplet
4Beat	Shuffle
8Beat	Swing
16Beat	Reggae
BackBeat	Waltz

ここでは遺伝子中の各塩基の出現頻度から求められたシャノンの情報量[川添 02]を利用し、適用されるリズムが自動的に決定されるよう工夫した。

4.5 打楽器パートの付加

伴奏パターンを変化させることで楽曲にリズムの概念を付与することが可能になった。さらにリズムを強調するためには打楽器パートの追加が妥当であると考えた。そこで、伴奏パターンに打楽器パートを付加させる機能を前述のリズム選択アルゴリズム

に追加した。同じリズムでも打楽器パターンは無数存在する。したがって、打楽器パターンはリズム選択と同様の手順に従って、用意された打楽器パターン一覧から自動的に選択される。

5. 変換例

変換例として prion protein 遺伝子の塩基配列データに対し、上述の各々の変換アルゴリズムを適用して SMF (Standard MIDI Format) ファイルに変換した。変換対象となる遺伝子データは[GenomeNet]から取得したタンパク質の塩基配列を利用した。

コード進行生成法とリズム選択アルゴリズムを適応して生成された DNA ミュージックの楽譜の一部を図3に示す。

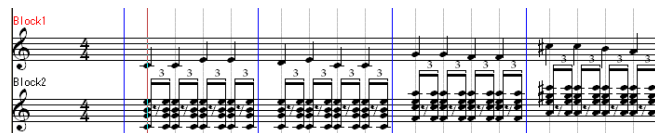


図3 prion protein の変換例(一部)

問題の性質上、定量的な考察は困難であることから定性的な議論にならざるを得ないが、テンポ・キー生成アルゴリズムを適応して生成された DNA ミュージックは楽曲に劇的な変化をもたらすことはなかった。したがってテンポやキーは副次的な音楽要素であるといえる。コード進行生成アルゴリズムを適応した結果、従来のシステムと比較して伴奏部の進行がスムーズになった。また、楽曲の印象も大幅に変化した。リズム選択アルゴリズムを適応させて楽曲のリズムを変化させた結果、生成された楽曲から受ける印象は劇的に変化した。さらに、打楽器パートを追加させた場合に、リズムが一段と強調される結果となった。

6. まとめ

本研究では SoundDNA システムの楽譜変換アルゴリズムに音楽性を加味した新たなアルゴリズムを考案し、計算機に実装した。その結果、テンポ、キー、コード進行、リズムを自動生成することが可能になった。これにより、従来の方法と比較してより音楽的に洗練された DNA ミュージックを生成することが可能となった。今後の課題としては次の点を挙げることができる。

- ・ 楽器パートの追加
- ・ リズム数、打楽器パターンの充実
- ・ オーセンティックな楽器演奏表現の実現
- ・ ジャンルの概念の確立
- ・ SoundDNA の GUI の改良

また、現状の楽曲生成のアプローチは旋律と伴奏に各音楽要素を付加していく方式である。しかし、旋律自体がコード進行やリズムの情報を内包しているという考え方も存在する。そこで新たな視点として、旋律から派生的に各音楽要素を加味していく楽曲生成方式も可能性の一端として注目し、引き続き検討を進めていきたい。

参考文献

[川添 01] 川添康司, 高橋由雅: 分子ミュージックに関する研究:DNA ミュージック, 第 24 回情報科学討論会要旨集(2001).

[川添 02] 川添康司: DNA ミュージックに関する研究, 豊橋技術科学大学修士論文(2002).

[GenomeNet] GenomeNet, <http://www.genome.ad.jp/>, 京都大学化学研究所バイオインフォマティクスセンター.