

ロスレス圧縮技術のマルチトラック型環境音楽再生装置への応用

茂出木敏雄*

[抄録] 先に開発したオーディオのロスレス圧縮技術は、ミックスダウン前の音楽素材、波形振幅レベルが低い音楽素材、無音部や繰り返しに富む音楽素材に対して、圧縮が有効に働くという特徴をもつ。これに対し、(株)マトリックスミュージックが考案した、限られた音楽素材から大量に環境音楽を合成できる“マトリックス音楽”の場合、準備される基本素材は本特徴に良く適合することが分かった。そこで、3分強の基本音楽素材を5×5構成で25点制作し、3125通りの音楽を合成できる環境音楽再生装置を開発した。その結果、ロスレスで平均25%に圧縮でき、ソフトウェアで5トラックのリアルタイム復号再生を実現できた。本稿では、本再生装置の主要機能を紹介する。

Development of Multi-track Background Music Player System Using Lossless Audio Compression Technique

Toshio Modegi*

Abstract: Our developed lossless audio encoder works very well particularly with sampled sound materials before mix-down process, low-amplitude level waveforms, and sound materials having a lot of silent parts and repeated parts. These features are also characteristics of basic sound contents of multi-track BGM synthesizer, “Matrix Music” invented by Matrix Music Corp. We have prototyped a “Matrix Music” player, which can generate 3-minute 3125 music patterns from 25 (5 x 5) basic audio files. These files can be compressed around 25% by our proposed lossless encoder and can be played back real time. In this paper, we present several prominent features of our developed multi-track player system.

1. まえがき

高精細オーディオの制作においては、大容量のワークデータが発生し、品質を維持するために多少の冗長性をともなっても、基本的に非圧縮で保存や伝送が行われている。そこで、音楽制作で発生するワークデータに照準を当てた新規なロスレス符号化ツールを提案した[2]。そして、画像データにも展開をはかり、医療分野等で活用できるように、ZIP ツールと同様に特定のファイル形式に依存せず、任意のマルチメディアファイルに対応できる万能版も開発した[5]。しかし、一般的な音楽素材に対しては、50%程度に圧縮するのが限界であり、ミックスダウン前の音楽素材、波形振幅レベルが低い音楽素材、無音部や繰り返しに富む音楽素材などの条件が揃わないと、本圧縮機能を十分に活用できず、実務運用上のメリットに乏しいという問題があった。

*大日本印刷株式会社 研究開発センター 先端技術研究所

*Advanced Technology Lab., Research & Development Center, Dai Nippon Printing Co., Ltd.
(e-mail: Modegi-T@mail.dnp.co.jp)

一方、ブロードバンドの普及により円滑な映像配信や高精細な音楽配信が大量に行われる環境が整いつつあるが、配信するための高精細な音楽コンテンツの不足が懸念される。特に、鑑賞を主目的としない環境音楽用途では、24時間配信できるような大量のコンテンツを準備することはコスト的に容易ではない。そこで、著作権の制約を軽減し、低コストで無限に近い大量の音楽コンテンツを高精細に生産する仕組みとして、(株)マトリックスミュージックが考案した「マトリックス音楽」がある。これは、マトリックス状に準備された音楽素材から所定のトラック分だけ素材を選択し、プレーヤ側でリアルタイムに合成再生する方法で、たった1セットの楽曲を準備するだけでも、数日間異なる音楽を再生し続けることが可能になる。この時に準備する音楽素材には、筆者らが開発したロスレス圧縮が効果的に働く要件を備えていることが分かった。

そこで、(株)マトリックスミュージックが制作した約3分の高精細音楽素材一式(5×5構成の25点)を用いて、任意の5トラック分の素材に対して、ソフトウェアでリアルタイムにロスレス復号化と合成再生が行える環境音楽プレーヤを試作したので、以下主要機能を紹介する。

2. オーディオのロスレス圧縮技術の概要

筆者らが提案するオーディオのロスレス符号化処理は、線形予測法と予測誤差の可変長符号化からなる基本的なロスレス符号化処理の前段に、以下5項目の冗長さ削減機能を付加した構成になっており[2]、ソフトウェアでリアルタイムに符号化および復号化が可能である。

(1)冗長さ下位ビット圧縮処理：冗長さ固定値(0など)で下駄をはかされた下位ビット成分を削除する。また、下位ビットの再現性を無視するニアロスレスモードの場合は、固定値でなくても削除する。

(2)サブサンプル再配置処理：リサンプル処理など計算補間されたサブサンプルをオリジナルサンプルと別扱いで符号化できるよう再配置する。サブサンプルは前後のサンプル値の平均値などで予測する方法をとり、主サンプルのみを後段の線形予測符号化の適用となるようにする。

(3)信号平坦部圧縮処理：無音部や信号飽和部など同一サンプル値が連続する信号平坦部を検出除去する。ニアロスレスモードの場合は、信号絶対値レベルが所定以下で所定の時間連続する箇所は無音と判断する。後述するマトリックス音楽素材ではこのような箇所に富んでいる。

(4)フレーム間相関圧縮処理：時系列に配置された同一の波形パターンのセットを検出除去する。データを適当なフレーム単位に探索し、同一データが配置されているフレームを後方から前方に探索する。前方に同一フレームが検出された場合は後方に位置するフレームを削除する。

(5)チャンネル間相関圧縮処理：左右チャンネル間に類似波形パターンが存在することが多いため、Rチャンネル側をR-Lの差分データに置換する。

続いて、線形予測法と可変長符号化から構成される主符号化処理に渡される。線形係数はLevinson-Durbin法[1]に基づき最適値を設定し、最大5次までの過去サンプルに基づく予測値から最も予測誤差が小さくなる次数を動的に選別するようにした。予測誤差の可変長符号化法として高速に実行可能なGolomb-Rice法[1]を採用した。後述するマトリックス音楽素材においては、音色が均一なため線形予測が当たりやすく、波形合成を前提としているため、個々の素材波形の信号レベルが低く抑えられていることから、予測誤差が小さくなりやすい。

3. マトリックス音楽の基本と制作事例

音楽は少なくともメロディー、コード、リズムの3要素から構成されるが、複数の楽曲間で互いに要素を交換しても音楽的に整合性がとれるように素材を制作できると、各々3要素から構成される3種類の楽曲から、 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 種の音楽を生成可能になる。一般の楽曲は各要素が更に複数のパートに分割されているため、パートの種類と楽曲数を増大させると、(パート数)×(楽曲数)のマトリックス状の基本素材を準備するだけで、天文学的な種類の音楽を生成可能になる。図1のように、5つのパート素材で構成される楽曲を5種類制作し、25種類の基本音楽素材を準備すると、3125通りの音楽を生成できる。

図1はジャンルの異なる5系統のアジアの民族楽器を用いて、5種類の楽曲を制作し、楽曲間で各素材要素を交換しても音楽的に整合性がとれるように構成した事例である。ソース音楽は、全て96kHz/24bits/2-chでサンプリングされており、各音楽素材を音楽CD品質に落とした状態ではCD2枚程度必要になるが、前述のロスレス圧縮を施すと平均25%に縮小でき、CD半分に全素材を劣化なしで収納できた。そして、ソフトウェアで選択された5トラック分の各圧縮音楽素材をリアルタイムに復号化しながら途切れなく合成再生することができた。したがって、従来通り音楽CDでマトリックス音楽素材一式を流通させることが可能である。

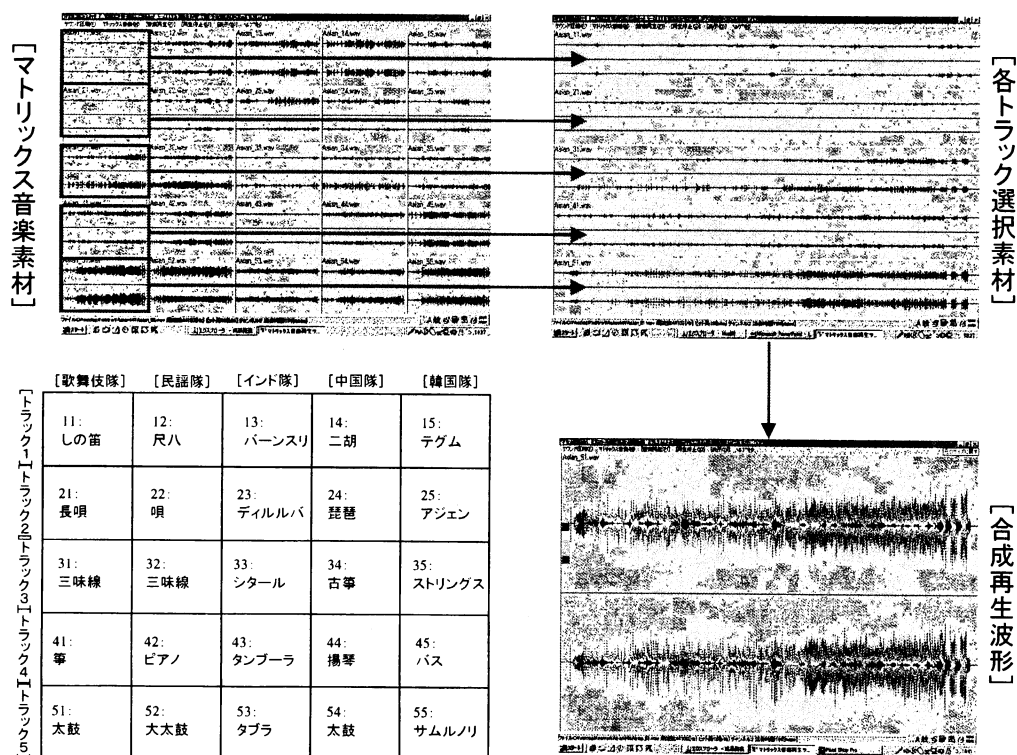


図1 マトリックス音楽再生のしくみ

4. マトリックス音楽プレーヤの構成と実装事例

図2はマトリックス音楽プレーヤの構成を示す。ユーザがマトリックス選別インタフェースを通して、各トラックごとに5種類の素材から選択し、選択された音楽素材ファイルをオープンする。各音楽素材ファイルは1秒のブロック単位に符号化されており、各ファイルよりブロック単位に読み出し、復号化の処理を順次行う。5つのブロックの復号化が完了したら、波形合成処理を通して1本の復号化ブロックに加算合成する。復号化ブロックはサウンドデバイスドライバの再生待ち行列に投入され、直前のブロックの再生が終了するとシームレスに再生を開始する。このように、ブロック単位に単一のオーディオストリームに合成しながら再生する構成をとっているため、マルチタスク環境で別のプロセスに邪魔されても、トラック間の同期がずれることは無い。

本マトリックス音楽プレーヤは Microsoft Windows 上で稼働する単体 GUI ソフトウェアと ActiveX コンポーネント型の2形態で実装されており、後者は HTML 文書に貼り付けて、ネットワーク経由で Web ブラウザ上でマトリックス音楽を再生できるようにしている。復号化処理のソフトウェアはインテル X86 アセンブラ言語で記述されており、音楽素材が 44.1kHz/16bits に落として圧縮してあれば、汎用パソコンでリアルタイムに復号化しながら再生可能である。WindowsXP/2000 の環境であれば、サウンドデバイスとしては 96kHz/24bits まで対応できるように開発しているため、非圧縮素材であれば 96kHz/24bits のフルスペックで再生でき、PentiumIV 3GHz 以上のマシンであれば、96kHz/24bits の圧縮音楽素材を復号化しながら再生することもできる。

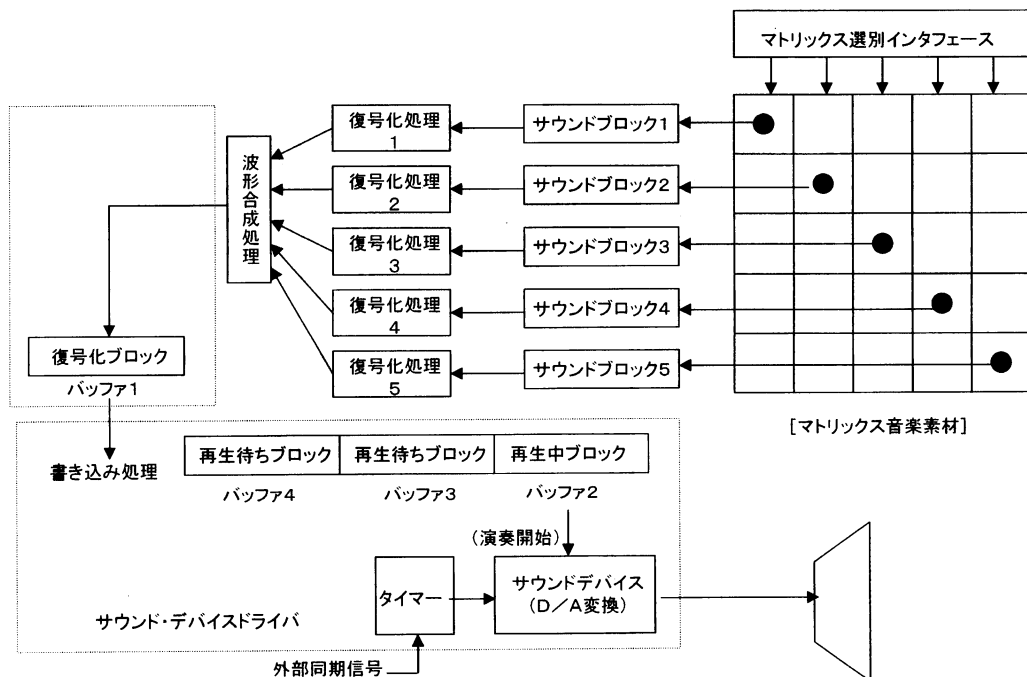
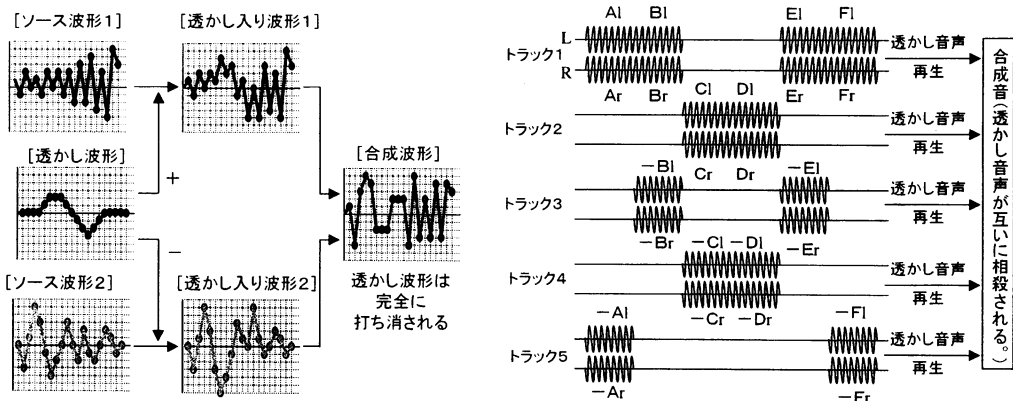


図2 マトリックス音楽プレーヤの構成

5. ロスレス型電子透かしの埋め込み

本稿で提案するマルチトラック型音楽プレーヤが読み込む素材は、音楽CDとは異なりミックスダウン前の状態であるため、違法コピーされ他の楽曲制作に流用された時の経済的損失は非常に大きくなる。そこで、セキュリティ対策が重要で、前述したロスレス圧縮を施すことは、その一助となる。本稿では更に各素材に新規な電子透かしを埋め込む方法について述べる。

現状、開発されている音楽向けの電子透かし埋め込み手法は[3]、いずれも原音に対して若干の変更を加えるロッキー型である。本稿で提案するマルチトラック型音楽プレーヤの場合、複数の素材を合成しながら再生するという特徴があるため、図3に示すように、再生音の品質を劣化させないロスレス型の電子透かしを実現できる。これは個別の音楽素材を再生すると、埋め込まれた音声情報が同時に再生され、コピー利用抑止の効果があるが、合成波形では埋め込まれた音声情報が互いに相殺されて、原音品質で再生されるというものである。透かしとして埋め込む音声情報は任意に設定でき、音響信号処理を駆使しても削除できないようにできる。



(A)ロスレス型電子透かしの原理

(B)各トラックに埋め込む電子透かし音声例

図3 マルチトラック素材へのロスレス型電子透かしの埋め込み事例

6. 再生楽曲選定の感性インターフェース

図2のマトリックス選別インターフェースとして、ユーザが直接ボタン操作で選別する方法では、好みの楽曲組合せパターンを探索することが難しい。そこで、3 1 2 5通りの全組合せの合成音楽データに対して文献[4]で示す方法を基本にした音響解析を行い、図4の感性マトリックスを構成する音量、ステレオ、音高、音符数、和声、倍音、テンポ、リズムからなる8項目の特徴量に関して平均値を記録した感性データベースを構築した。そして、ユーザが感性マトリックスの各音響特徴を大小で指定すれば、該当するマトリックス組合せを検索できるようにした。

更に、「元気が出る音楽」という感性キーワードや、Web ブラウザで閲覧中の画像データを解析した画像特徴量に対して、感性マトリックスの音響特徴に変換する知識ベースを作成し、キーワード入力やWeb ブラウザ操作に連動して最適な再生楽曲を選定できるようにした。

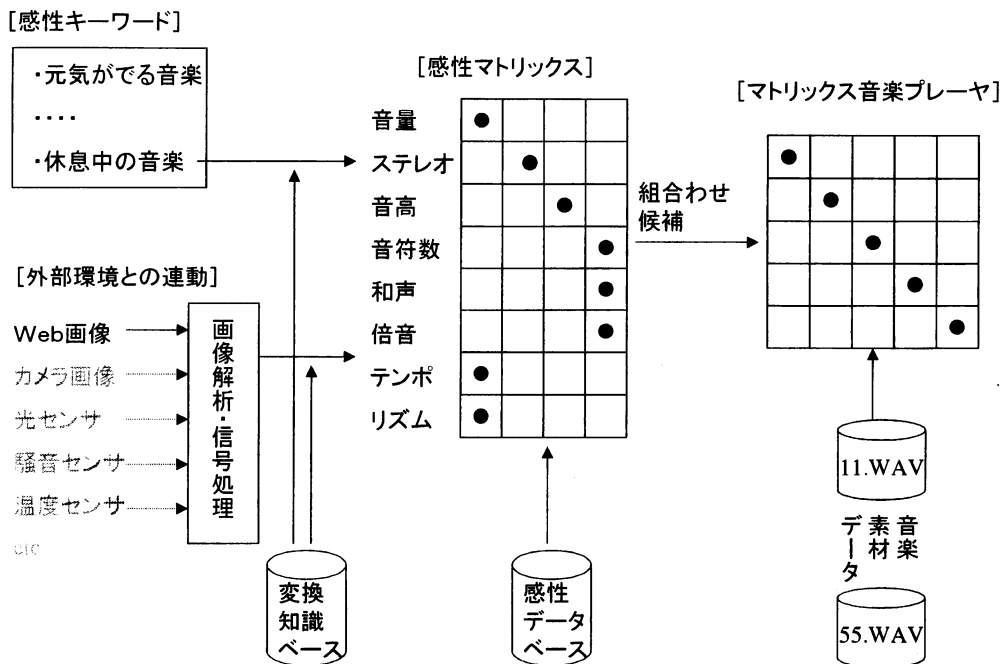


図4 再生楽曲選定の感性インタフェース

7. あとがき

本稿では、マルチトラック型環境音楽再生装置の一例として、5×5の音楽素材を用いて5トラックのマトリックス音楽プレーヤを開発した事例を紹介した。今後は、試作した感性インタフェース機能を拡張し、環境信号と音楽が連動できるシステムの構築を検討したい。

本マルチトラック型環境音楽再生装置の開発は、財団法人デジタルコンテンツ協会の平成15年度「ブロードバンドコンテンツのブレイクスルー技術等開発支援事業」の一環として、経済産業省より助成を受け、(株)マトリックスミュージックと共同で推進したものである。本事業にご尽力いただいた方々や、共同開発先である(株)音楽館、(株)エンブリオ、DNP情報システム(株)、当社C&I事業部の皆様に謝意を示す。

参考文献

- [1] Khalid Sayood: "Lossless Compression of Audio Data", Lossless Compression Handbook, chapter 12, Academic Press, Elsevier Science USA, pp.255-267 (2003).
- [2] 茂出木敏雄:「ロスレス符号化ツールの開発と評価用高精細音楽作品の制作」, 情報処理学会 第50回音楽情報科学研究会資料, MUS-50, pp.7-12 (May. 2003).
- [3] 岩切宗利・松井甲子雄:「特集:インフォメーションハイディング 音声・音楽を用いたインフォメーションハイディング」, 情報処理学会誌, Vol.144, No.3 (Mar. 2003).
- [4] 茂出木敏雄:「音響信号の平均律音階に基づく汎用解析ツール“オート符”の開発」, 電気学会 電子・情報・システム部門誌, Vol.123, No.10, pp.1768-1775 (Oct. 2003).
- [5] 茂出木敏雄:「医療情報の統合ロスレス符号化ツール“ゲンコード”の開発」, 日本医療情報学会誌, Vol.24, No.1, (Jun. 2004 掲載予定).