

コンテンツフィンガープリントを用いたコンテンツ管理方式

青木輝勝*1、西村竜一*2、須田修司*3、木屋善夫*4、坂本琢也*5、野村和男*6

*1 東京大学 先端科学技術研究センター *2 東北大学 電気通信研究所 *
3 マイルストーン (株) *4 日本アプリケーション (株)
*5 (株) ビックタウンズ *6 リクロス (株)

近年、AV 符号化技術やブロードバンド技術等の進化ならびに P2P 通信等の新しい通信形態の普及に伴い、コンテンツ流通は世界中で急速に普及しつつある。しかしながら、これらは同時にコンテンツ管理 & 保護をより困難にしていることも事実である。本稿では、安全かつ利便性の高いデジタルコンテンツ流通を行うにあたっての最も基本となるコンテンツ識別技術 (コンテンツ ID 付与技術) を概観するとともにその問題点を指摘する。続いて、新しいコンテンツ管理 & 保護のためのコンテンツ識別技術として CoFIP (Content Fingerprinting) 技術を提案する。この CoFIP は既存のコンテンツ識別技術の問題のほとんどを解決することができることに加え、従来混乱であった P2P 通信のような通信形態においても威力を発揮する。

Content Management System based on Content Fingerprinting (CoFIP) Technology

Terumasa AOKI*1 Ryuichi NISHIMURA*2 Shuji SUDA*3
Yoshio KIYA*4 Takuya SAKAMOTO*5 Kazuo NOMURA*6

*1 The University of Tokyo, RCAST
*2 Tohoku University, Research Institute of Electrical Communication
*3 MILESTONE CO.,LTD. *4 Nihon Application Co.,Ltd
*5 BIGTOWNS CO.,LTD *6 LICROSS INC.

Recently, content distribution is widely being spread all over the world with the progress of AV coding technologies, broadband networking technologies and the advent of new communication methods such as P2P content delivery. However, it is true that this situation poses more difficulties in management and protection of content. In this paper, we firstly review current content identification technologies and indicate the problems of them. After that, we propose an innovative copyright protection technology called "Content Fingerprinting" that offers solution to all the problems in current identification technologies and realizes management & protection of digital content even in possible new communication styles including P2P distribution.

1. はじめに

ブロードバンドアクセス、モバイルインターネット、P2P 通信等の急速な普及に伴い、音楽配信を中心としたデジタルコンテンツの流通が盛んに行われるようになってつつある。この流れは今後衰えることなく続き、通信放送融合の流れ等も含め、今後ますます盛んになってゆくと期待されている。

図 1 に 2002 年ならびに 2003 年のデジタルコンテンツ流通の普及状況を示す (2003 年に関しては上半期分から下半期分を予測) [1]。現在、わが国で流通しているデジタルコンテンツの約 70% が音楽 CD、DVD 等のパッケージ型であるが、2003 年以降ネットワーク型のデジタルコンテンツが著しく増加すると予測されており、ネットワーク型の用途についても安全かつ利便性の高いデジタルコンテンツ流通の環境整備は急務である。

	2002	2003(予測)	2003/2002
パッケージ・映像	3,399(億円)	4,794(億円)	141(%)
パッケージ・音楽	5,446	5,113	93.9
パッケージ・ゲーム	4,886	5,255	107.6
パッケージ・出版/情報	831	849	102.2
ネットワーク・映像	19	112	589.5
ネットワーク・音楽	393	422	107.3
ネットワーク・ゲーム	60	225	375.0
ネットワーク・出版/情報	2,401	2,407	100.2

DCAI デジタルコンテンツ白書2003

図 1 2002 年・2003 年のデジタルコンテンツ流通の普及状況

本稿では、コンテンツ管理 & 保護の最も基本となるコンテンツ識別子付与技術について現状の問題点を整理する

とともに新しい識別子付与技術として CoFIP(Content Finger Printing)方式を提案する。

2. CoFIP の基本概念

2.1 CoFIP とは？

これまでコンテンツ識別技術は急ピッチで実用化の方向に進んでいるが、その反面、P2P 配信のような新しい通信形態には必ずしも適していないのが現状である。これまで、コンテンツ ID の付与は、

- ・ 編集段階での作品を構成する部品ごとの付与
- ・ 作品全体としての付与
- ・ 放送、インターネット配信、CD-ROM 配布などのような流通経路まで含めた付与

のいずれかが一般的であったが、P2P 配信時代には上述したような「匿名性」を考慮して、

- ・ コンテンツ購入者情報を含めた付与

も不可欠なるものと推測される。例えば、放送にてコンテンツを受信し、そのコンテンツを不正に P2P システムに流した者がいたと仮定した場合、現在のコンテンツ ID では不正利用者の特定（トレーサビリティの確保）は極めて困難だからである。不正利用者を特定するためには、どうしても放送時に受信者ごとに異なるコンテンツ ID を付与することが必要であろう。

一方、この「購入者情報を含めたコンテンツ ID の付与」は、視点を変えると「コンテンツ個別化技術」と言い換えることもできる。

非デジタルの世界では、コンテンツ（例えば書籍）は 1 冊ずつ数えることができるのに対し、デジタルコンテンツの場合、その性質として劣化なしにコピーができるため「個数の概念」が成り立たないことはよく知られた事実である。しかし、この「個数の概念」なしにデジタルコンテンツの著作権を保護することはほとんど不可能に近いことは明らかであろう。したがってコンテンツ購入者情報を含めたコンテンツ ID を新たに定義できれば、結果的にコンテンツが書籍等と同様に個体として扱えるようになり、特に P2P 配信時のコンテンツ保護に大きな効力を持つものと期待できる。

このようなコンテンツ 1 つ 1 つの識別を可能とする新しいコンテンツ識別方式、これこそがコンテンツフィンガープリンティング方式 (CoFIP: Content FingerPrinting) の基本的な概念である。

2.2 CoFIP の概要

実際にコンテンツの個別化を行うにあたっては、流通形態によらず購入者毎に異なるコンテンツ ID を付与する必要があり、その実現は容易ではない。インターネット上でサーバクライアントモデルに基づく 1 対 1 配信を想定した場合には、購入者毎に異なるコンテンツ ID をサーバ側で付与することは容易であるが、マルチキャスト配信や放送の場合には、もともと「すべて同一内容の情報」を配信することを前提とした配信形態であり、同様に CD-ROM 等のメディア配布の場合にもすべて同一内容の情報をメディアに収めることを前提としているため、受信者毎に異なるコンテンツ ID を付与すること

は特別な方策を検討しなければ実現は困難である。

本節では、このようなマルチキャスト配信や放送用途、メディア配布まで含めて流通形態によらずコンテンツ個体毎に異なるコンテンツ ID を付与するための具体的な手法を提案する。なお、本方式は、映像コンテンツ、音楽コンテンツを含むあらゆるマルチメディアコンテンツに適用可能であり、また、上述した通りあらゆる流通形態に適用可能であるが、以下の説明では静止画コンテンツ・放送形態のみを対象とする。

まずコンテンツ個別化方式の概念図を図 2 に示す。図 2 では、はじめに静止画像をオブジェクト毎（あるいは適当な大きさの矩形ブロック）に分割する。続いて同一オブジェクトのコピーを複数用意し、それぞれのコピーがお互いに区別できるようにそれぞれ異なる電子透かしを挿入し、それぞれ暗号化しておく。購入者側では、1 オブジェクトあたり 1 つの透かし入りオブジェクトのみが復号化できるようにしておくことにより、再構成した際に受信者毎にすべて異なるコンテンツを得られることになる。

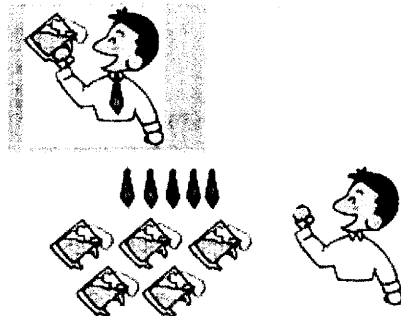


図 2 コンテンツ固体化方式の概念図

例えばこの図 2 の場合、5 個の透かし入りネクタイと 5 個の透かし入りビールが用意してあるため、再構成後に「見た目がほぼ同じでかつ透かし情報の異なる」コンテンツは $5 \times 5 = 25$ 通りの組み合わせが存在することになり、これが受信者毎のコンテンツの違いとなる。これは、換言すると 25 人の受信者に対しそれぞれ異なるコンテンツ ID を挿入した透かし入りコンテンツを放送配信したことに等価である。

実際には、例えば、オブジェクト数を 10、それぞれのオブジェクトのコピー数を 10 とすれば $10^{10} = 100$ 億という膨大な個体を作ることができる。しかも、実際の通信での通信量は、各オブジェクトの総和を全体の 10% とし、それぞれのオブジェクトのコピー数を 10 と仮定すれば、たかだか 2 倍の通信量で済むことになる。

本方式の具体的な配信処理の流れは下記の通りである（図 3）。

- (1) コンテンツから複数の画像オブジェクト（あるいは適当な大きさの矩形ブロック）を抽出する。
- (2) それぞれの画像オブジェクトに対し、異なる透かし情報をあらかじめ埋め込んだ複数の透かし情報入りオブジェクトを別途準備する。
- (3) これをひとつずつ個別に暗号化し、暗号化情報をまとめて 1 つのデータを生成する。
- (4) 上記データをすべての利用者に放送型配信する。
- (5) 利用者毎に暗号化されたオブジェクトの暗号を解いた結果得られる透かしデータの組み合わせを変化さ

せるように、暗号解読鍵の組み合わせを変化させておく。

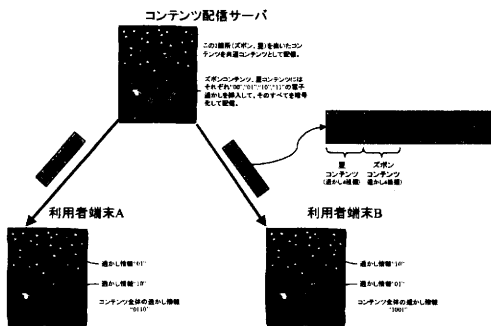


図3 CoFiP コンテンツ配信方式

3. CoFiP システムの構成

現在筆者らは CoFiP プロトタイプシステムを開発中であるが、様々なデジタルコンテンツの中から特に音響コンテンツを重点項目として取り上げることとした。これは音響コンテンツ（主に音楽コンテンツ）は現在最も流通しているデジタルコンテンツであることに加え、最も Fingerprint 情報を埋め込みにくいという意味で研究開発の意義が高いからである。

筆者らが開発中のプロトタイプシステムであるが、具体的には図4に示す通り4つの大モジュールから構成されている。以下それぞれの概要を4.1~4.4で述べる。

3.1 コンテンツ制作分野

原コンテンツを入力として、CoFiP 方式による Fingerprint を付与した配信用コンテンツを生成するモジュールであり、「CoFiP エンコードソフトウェア」と呼んでいる。

本ソフトウェアの処理によって、配信用 CoFiP メディアファイルが生成される。

また、エンコード処理に使用した CoFiP 化変換の情報を、CoFiP メディア情報としてデータベースに登録し、配信時および最終的な不正流通コンテンツからの Fingerprint の検出に利用する。

3.2 コンテンツ配信分野

CoFiP メディアファイルを配信する手段として WWW による楽曲ダウンロードと、ダウンロードした CoFiP メディアファイルの視聴 Key（以後、CoFiP-Key）を発行する方式とした。

楽曲購入者が視聴するコンテンツひとつひとつが全て異なる個体化されたものにするため、CoFiP-Key を配信に応じて発行する方式とした。1曲で100万人のダウンロードを記録する人気楽曲では、100万個の CoFiP-Key を生成、情報管理することが必要となる。

3.3 視聴者分野

楽曲配信サイトからダウンロードした CoFiP メディア

ファイルと発行された CoFiP-key によって個体化された再生可能な楽曲とするメディアデコードソフトウェアである。

メディアデコードソフトウェアで処理された CoFiP メディアファイルは、一般的な楽曲再生ソフトウェア（マイクロソフト社 メディアプレーヤー）等で再生できる形式となる。

4.4 不正流通監視の分野

一般的な楽曲再生ソフトウェアで視聴可能な楽曲データが何らかの形で不正コピー、2次流通した場合、CoFiP 方式が適用された楽曲からは、固有の Fingerprint を検出することが可能である。この Fingerprint を検出するためのソフトウェアを CoFiP ディテクタとして開発した。

ディテクタで検出された Fingerprint を配信管理データベースに照会することによって、誰に発行した CoFiP-Key によってメディアデコードされた楽曲からコピーされたかを追跡することが可能となる。

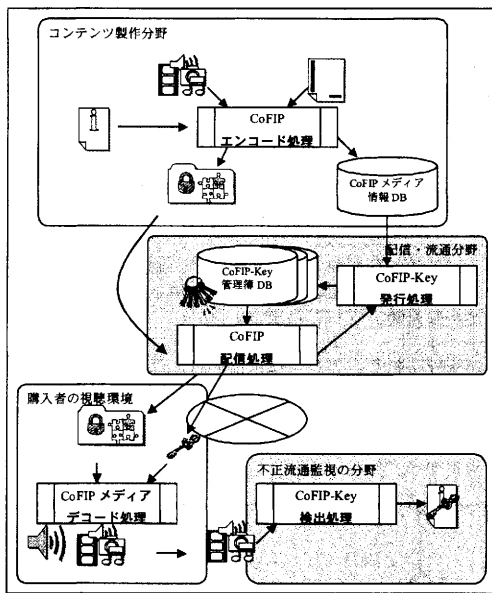


図4 CoFiP プロトタイプシステムの概要図

4. 音響 CoFiP 方式の実現

4.1 エコー拡散技術について

本章では電子透かし埋め込みの中心技術にあたるエコー拡散技術[1][2]について説明する。本技術は、従来用いられていたエコー法[3]による電子透かしを進展させ、耐攻撃性および秘匿性を高めた手法である。

エコー法では、図5に示すインパルス応答信号を原音楽信号に畳み込むことによって、電子透かしが埋め込まれた音楽信号を生成する。ここで、2値のバイナリデータを電子透かしとして埋め込む場合には、直接音とエコーとの時間差にあたる Δ として、 $\{ \}$ のふたつを用意し、これらを、それぞれバイナリデータの $\{0, 1\}$ に対応付

ける。検出の際には、電子透かしが埋め込まれた信号に対して、自己相関関数

$$x(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(n-\tau) \cdot f(n)$$

を計算する。バイナリデータの{0}が埋め込まれている時間区間においては、のところにピークが現れる。同様にして、バイナリデータの{1}が埋め込まれている時間区間においては、のところにピークが現れる。

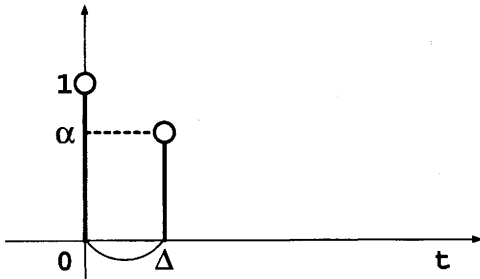


図5 エコー法において電子透かしを埋め込むために用いるインパルス応答信号

このエコー法における問題点として、

エコーの振幅を大きくしないと検出が困難になるが、逆に大きくすると聴感上の音色が原信号と大きく異なってくる。アルゴリズムが公開されてしまうと、適当な残響除去フィルタを用いることにより、悪意を持った者に容易に電子透かしを消去されてしまう。

等が挙げられる。エコー拡散技術は、これらの問題を解決するために考案されたものであり、図5に示されるインパルス応答信号のうち、図6に示すように、エコーを生成する部分だけをPN系列を用いて時間軸上で拡散して使用する。

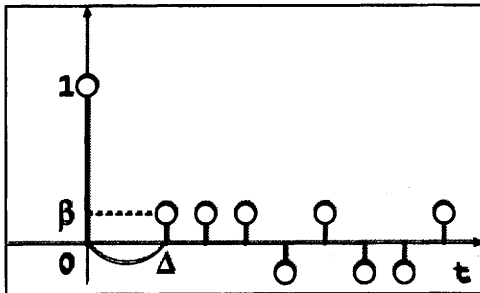


図6 エコー拡散技術において電子透かしを埋め込むために用いるインパルス応答信号

検出の際には、まず、透かしが埋め込まれた信号に対してケプストラム分析を行うことで、埋め込みの際に用いたインパルス応答信号を抽出する。ケプストラム分析とは、信号をフーリエ変換した上で対数に変換し、改めて逆フーリエ変換することによって実現される。時間軸で畳み込みされたふたつの信号は、周波数軸ではそれぞれの信号をフーリエ変換したものの積で表現されること

から、そこで対数に変換することにより、それらが積ではなく和の形に分離される。フーリエ変換も逆フーリエ変換も線形変換であることから、ケプストラム分析により、音楽信号とインパルス応答信号の畳み込みで表現されていた信号が、インパルス応答に対応する信号と音楽信号に対応する信号の和の表現に変換することができる。PN系列と音楽信号とは、相関が無いと仮定しているのので、この信号と埋め込みの際に使用したPN系列との相互相関関数を

$$x(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(n-\tau) \cdot \{p'(n) + s'(n)\}$$

により計算すると、の位置にピークが現れる。ここで、とではなく、とで表記したのは、ケプストラム分析の際に、周波数軸の信号で対数処理を行っているため、完全には元の信号に戻らないからである。

エコー法と比較した場合、PN系列の長さをNとすると、図5におけるαに比べて図6におけるβは、αの1/N倍にしても同じ検出性能が実現される。その結果、検出性能を下げることなく、エコーを付加したことによる聴感上の音色の変化を低減することができる。これにより、エコー法の問題点のひとつである、検出の精度を上げるためにはエコーの振幅を大きくしなければならないという問題が解決されることになる。実際には、ケプストラム分析をしても、埋め込みの際に使用した図5に示すインパルス応答信号と、全く同一の信号は得られるわけではなく、若干のひずみを持ったものになる。そのため、図6におけるβは、図5におけるαの完全に1/N倍にできるわけではない。

エコー拡散技術における電子透かしデータの割り当てについては、次の二つの方法が考えられる。

エコー法と同様に、複数のΔに異なるデータを割り当てる方法
Δを固定し、複数のPN系列にそれぞれ異なるデータを割り当てる方法

どちらの場合においても、検出の際に埋め込みの際に使用したPN系列が必要になることから、例えばアルゴリズムを公開したとしても、そのPN系列が手に入らない限りは透かしデータの所在が判別できないため、音楽信号を大きく劣化させることなく透かしデータを消去することは容易ではない。このことにより、エコー法のもうひとつの問題であった、悪意を持った者に容易に透かしデータを消去されてしまう、という点も解決される。WAVE CoFIPでは、電子データの割り当てに、上記ふたつのうちの2番目の方法(複数のPN系列を使用するもの)を採用している。

4.2 信号埋め込み領域

本節では、CoFIPの基幹概念である、透かしを埋め込むべき“部品”とそうでない“主体部”に分割するという処理を、音楽信号に対して実現する方法について述べる。画像データにおけるオブジェクトの概念から類推すると、音を奏でている各楽器別に分割するのが最も自然だが、1チャンネルのモノラルや2チャンネルのステレオの音楽信号だけから各楽器音に分離する技術は、現在のと

ころまだ実用的なレベルではない。そこで、音楽信号をウェーブレット変換により時間周波数分解し、物理的にエネルギーの大きな領域を“部品”、そうでない領域を“主体部”として利用することにする。このような領域の割り振りは、“主体部”だけの音楽データでは、音楽として聞くに耐えない音にできるという点で、電子透かしの求められる要求に合致するものであり、妥当な方法であると言える。

音響 CoFIP において信号解析の手段として用いるウェーブレット変換と、従来しばしば音の周波数解析に用いられてきたフーリエ変換とは、次のような点で異なっている。

基底関数として、フーリエ変換では正弦波という時間的に無限に続く信号を用いるのに対して、ウェーブレット変換ではある時間区間に多くのエネルギーが集中している信号を用いる。その結果、信号を幾つもの時間フレームに分割して処理を行う時に、フーリエ変換では窓掛け処理が必要となるが、ウェーブレット変換では原理的に窓掛け処理が不要である。

周波数軸方向における解析の分解能が、フーリエ変換においては線形等間隔なのに対して、ウェーブレット変換ではオクターブ分析を行っている。すなわち、低い周波数に対しては解像度が高く、高い周波数に対しては解像度が低くなっている。人間の聴覚においてもこのようなオクターブ分析が行われていることが分かっており、透かしを埋め込まれた信号を聴取するのが人間であることを考えると、整合性のよい解析手法であると考えられる。

音楽信号に対してウェーブレット変換を行った時に実現される時間周波数分解能を、図7に示す。オクターブ解析を行うため、解析しようとしている周波数が低いほうが周波数分解は高くなるが、逆に不確定性の関係のために時間分解能は低下することになる。この図では、各領域が重なりなく隣接するように描かれているが、実際には相互に重なっており、その重なり方はウェーブレット変換を実行するとき用いる基底関数に依存する。ウェーブレット変換における基底関数は“ウェーブレット”とも呼ばれ、今回の WAVE CoFIP では 20 次の Daubechies ウェーブレットを使用している。ただし、原理的に、必ずしも 20 次の Daubechies ウェーブレットを使用する必要があるというわけではない。

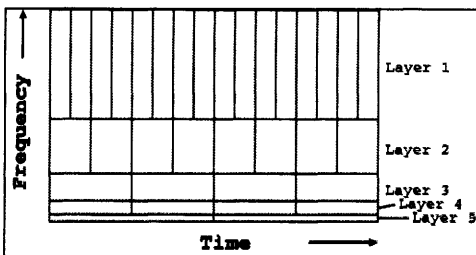


図7 ウェーブレット変換により実現される時間周波数分解能

使用したウェーブレットの情報は、秘匿しておくことも可能であるし、公開することも可能である。ウェーブレットに関する情報を秘匿しておく、“部品”として

抽出された領域の推定が困難になり、悪意を持った者に対する耐性を高めることができる。これは、現在の WAVE CoFIP では、エンコードの段階でウェーブレット変換された信号は、逆ウェーブレット変換して時間領域に戻された後に配送用の信号が生成されているからである。その結果、デコード処理においてウェーブレット変換あるいは逆ウェーブレット変換をする必要がなくなり、検出器においては使用したウェーブレットに関する情報が不要となる。

5. 音響 CoFIP 方式の評価

今回開発した、CoFIP プロトタイプソフトウェアでは、技術評価の指標として、2000年、2001年に社団法人日本音楽非著作権協会（以下、JASRAC）の実施した音楽電子透かし技術の国際評価プロジェクト STEP2000 および STEP2001 の技術評価仕様項目を参考にして、評価実験を行った。

音質テストは WAVE CoFIP, MIDI CoFIP 共に A B X テストを実施し、性能評価、耐性評価試験項目については WAVE CoFIP のみを対象としてテストした。

5.1 ABX テストに使用した楽曲

ABX テストに使用した楽曲は、WAV 形式のファイル (44.1kHz/16bit/2ch) として CD に記録した。使用した楽曲は、ポップス 1 曲、クラシック 1 曲、特殊音響曲 1 曲とした。なお、特殊音響曲の課題曲には、日本の伝統音楽を用いた。

5.2 WAV ABX テストの概要と結果

ABX テストは、同一条件下において、透かしが挿入されていない楽曲データ、透かしが挿入された楽曲データを被験者に聴かせ、楽曲データの区別ができない事をテストする。

a) 実施方法

被験者は、透かしが挿入されていないもの(A)、透かしが挿入されたもの(B)、透かしが挿入されているかどうか明らかでないもの(X)を聴く。

被験者は、A、B を交互に 15 秒間ずつそれぞれ 2 回ずつ聴き、その後 X を 15 秒間聴く。被験者は、X が A、B どちらかを判断する。

b) 被験者の選出

一般視聴者を想定した ABX テスト、および音楽業界から、レコーディング・プロデューサー、ディレクター、レコーディング・エンジニアに視聴評価を依頼した。

c) 一般視聴テスト結果

一般視聴者 24 名、5 回の ABX テスト結果を表 1 に示す。

表1 一般評価 ABX テスト結果

問題	A		B		C	
	回答数 (人)	正解率 (%)	回答数 (人)	正解率 (%)	回答数 (人)	正解率 (%)
問題1	A(X)	10.8	43.8%	B(X)	8.8	39.6%
	A(X)	12.4	52.1%	A(X)	15	62.5%
	B(X)	12	54.2%	B(X)	11.5	47.9%
	B(X)	14	58.3%	A(X)	12	50.0%
	B(X)	11	45.8%	B(X)	12.2	50.8%
合計	平均正解率	50.0%	平均正解率	50.0%	平均正解率	49.2%

d) 専門家視聴評価結果

専門家の意見も「ほとんど同じ」、「聞き分けることが非常に困難」等の意見が多く、「音」として聞く事は「全く問題ない」という結果だった。しかし、「音楽」という一つのメディアになった場合は、様々なパターン（小編成でスローなオーケストラ調・ボーカル入りの楽曲・歪んだ音の入ったロック等）を用いての実験を重ねてからでないと判断はまだ分からないとしていた。ポップス・クラシックのBの楽曲については、「低域が無く、中域に歪みがある」との意見があった。しかし、特殊音響の場合は、ポップス・クラシック程の「低域が無く、中域に歪みがある」という印象は感じ取れず、差は「ほぼ分からない」とされた。また、Xに関しては、「感覚で選択した」部分が主で、原曲との音の変化を明確に感じ取ってXを選択する事は非常に困難という意見であった。しかし、透かしを埋め込んでいるBの楽曲には、先入観があるとしながらも「中域に歪みがある」「全体的にやせて聞こえる」等の意見は一致していた。

e) ABX テスト結果解析

今回の ABX 法による実験では、「A と B の音が同じ」という回答を許しているが、多くの被験者がこの回答を選択している。また、この回答を除いた場合も、「A」と「B」のそれぞれを選択する割合がほぼ同数である。実施期間の関係上、実験の被験者数も少なく、試行回数も必ずしも多くはないが、一般ユーザーには透かしが入っている音と、原音楽信号の違いが聴感からは区別するのが極めて困難であると判断される。

5.3 WAV 耐性テストの概要と結果

f) WAV 耐性評価テストに使用した楽曲

WAV 耐性評価テストに使用した楽曲は、WAV 形式のファイル（44.1kHz/16bit/2ch）に記録した。それぞれ1分程度のポップス2曲、クラシック1曲、特殊音響曲2曲の計5曲を使用した。なお、特殊音響曲の課題曲には、日本の伝統音楽を用いた。

g) WAV 耐性評価テストの実施方法

耐性評価テストは、以下の項目を行った。以下のデータ圧縮や変換を経ても FingerPrint を抽出できること。

表9 耐性試験項目一覧

テスト項	処理概
1 D/A/A/D変換	Digital→Analog→Digital
2 チャンネル数変換	Stereo(2ch) →
3 変換サンプリング	44.1kHz/16bit/2ch →
4 録音圧縮	44.1kHz/16bit/2ch →
5 時間及びピッチの圧縮と伸長	時間的圧縮伸長：+10% 及び -10% ピッチの圧縮伸長：+10% 及び
6 線形データ圧縮	MPEG-1 Audio Layer3
7 非線形データ圧縮	FM放送、地上波TV
8 雑音応答特性	FM多重放送、地上波TV
9 雑音（ノイ）	放送ノイズ：S/N: -

h) WAV 耐性評価テスト結果解析

本耐性試験では、透かしを埋め込む時間領域をさらに二つのエリアと呼ばれる時間領域に分割し、それぞれに1ビットの透かし情報を埋め込んでいる。各エリアで0が検出されれば正解であり、1が検出された場合には誤検出となる。ただし、両方検出できない場合もあるし、両方ともに検出してしまいう場合もある。これは、WAVE CoFIP では、1曲に複数回同じ透かし情報を埋め込むと

ともに、検出時にはより細かな時間分割を行って検出試行回数を増やすことにより、検出率を高める工夫をしているためである。この結果、全ての試験項目において FingerPrint を検出することに成功した。

透かしの耐性に深く関係するゲインパラメータは、透かしを埋め込むためのインパルス応答を生成する際に、エコー成分を生成するためのPN系列の振幅を直接波成分の振幅の何倍にしているのかを示したものである。ゲインが大きいほうが透かしデータの検出率は高まるが、逆に音楽の音色に変化を及ぼすことになり、人間に音のひずみを検知される可能性が高くなる。ちなみに、聴取実験に用いた信号は、ゲインを0.005としたものである。今回の耐性評価実験結果から、ゲインが0.005の場合に對しても十分な耐性を有している結果を得た。

6. まとめ

本稿では、デジタルコンテンツ流通に関する諸技術のうち、特に不正利用防止抑止技術について概説しその問題点を列挙するとともに、あらゆるデジタルコンテンツを唯一無二にする「コンテンツ個別化」の概念が必要不可欠であることについても言及した。歴史的に見てもわが国は超流通、コピーマート、ミームメディア等の先進的なコンテンツ流通コンセプトを提唱してきた経緯があり、本稿の「コンテンツ個別化」もこれに続く新コンセプトとして広く提唱してゆきたい。

参考文献

- [1] 榊原進, “数理科学 ウェーブレットビギナーズガイド”, 東京電気大学出版局, 1995.
- [2] 大西淳児, 松井甲子雄, “ウェーブレットを利用した著作権保護のための画像符号化”, 情報処理学会論文誌, vol.33, no.3, pp.534-539, 1997.
- [3] 石塚裕一, 酒井康行, 桜井幸一, “ウェーブレット変換を用いた電子透かし技術の安全性と信頼性に関する実験的考察”, 暗号と情報セキュリティシンポジウム SCIS '97-26D, 1997.
- [4] I.J.Cox, J.Kilian, T.Leighton, T.Shamoon, “Secure dspread spectrum watermarking for multimedia”, NEC Technical Report 95-10, NEC Research Institute, 1995.
- [5] 大西淳児, 松井甲子雄, “多重解像度解析とPN系列を利用した電子透かし法”, 電子情報通信学会論文誌, vol.J80-D2, no.11, pp.3020-3028, 1997.
- [6] 高秉雙, 西村竜一 & 鈴木陽一, “PN系列を用いたエコー拡散透かし手法の提案”, 日本音響学会講演論文集, 2002.
- [7] B.S.Ko, R.Nishimura & Y.Suzuki. “Time-Spread Echo Method for Digital Audio Watermarking Using PN Sequences.”, International conference on acoustics, speech and signal processing' 02 (ICASSP2002), 2002.