

階層化コンテンツ超流通システム

高橋 由泰 青木 輝勝 安田 浩

東京大学 先端科学技術研究センター

〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1
TEL: 03-5452-5276 FAX: 03-5452-5278

takahasi@mpeg.rcast.u-tokyo.ac.jp

CD や DVD などの安価で大容量のメディアを用いたコンテンツ流通は、現在コンテンツ流通の主たる方法になっている。このような蓄積型コンテンツ流通システムにおいて超流通を採用すると、消費者のコンテンツへのアクセシビリティの改善などの効果が期待できる。しかしながら蓄積型コンテンツ流通では、電子透かしを利用することが難しいため、不正流通させた不正ユーザを特定できないという問題がある。これはメディアが書き込みできない CD や DVD であるために、後から電子透かしを入れにくく、またメディアの容量が限られているために、購入者全員分の透かしをあらかじめ全て入れておくことも難しいためである。本稿では画像をオブジェクトに分割することによって、個々のユーザが見る画像を変化させるという個性化技術を提案し、そのソフトウェアを実装した。本稿ではこの個性化技術を用いることにより蓄積型コンテンツ流通において超流通を採用しても、不正ユーザの特定が可能となることを示す。

キーワード: 蓄積型コンテンツ流通 超流通 個性化技術

Layered Content Super Distribution

Yoshiyasu Takahashi Terumasa Aoki Hiroshi Yasuda

Research Center for Advanced Science and Technology, the University of Tokyo

4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8904, Japan
TEL: +81-3-5452-5276 FAX: +81-3-5452-5278

Adapting the super-distribution into the content distribution can produce many merits; reducing cost, improvement of the accessibility of consumers to content. However when the digital content is distributed with CD or DVD, it becomes difficult to adapt the super-distribution. That is because it is impossible to insert the buyer information into those media, as they are read-only and are made by pressing. Therefore if an illegal copy is distributed widely, there is no way to find who distributed the illegal copy by the content without buyer information. In this paper the new “characterization method” is proposed. It can *insert* the buyer information into the content distributed with read-only media. Therefore the content server can identify the illegal user, even when the content is distributed with the super-distribution.

Keywords: super distribution characterization content distribution

1 はじめに

1.1 蓄積型コンテンツ流通とは

近年、ADSL や CATV インターネットに代表されるように各家庭においてもネットワークを気軽に利用できるよう環境が普及し始めている。この環境を利用して、コンテンツ流通もさまざまな種類の流通方法が採れるようになってきた。

ネットワークをメディアとして利用したコンテンツ配信の他に、メディアとしては CD や DVD を利用し、コンテンツ視聴時にインターネットや電話回線を利用して鍵を受け渡しするような形態でのコンテンツ流通も既に始まっている。すなわち CD や DVD に静止画像や動画像もしくはゲームなどのコンテンツを入れておき、そのままの状態では完全には鑑賞できないが解除鍵によってそのメディアのまま、コンテンツの完全な鑑賞が可能になるというものである。また、解除鍵を持っていない状態では半開示画像が鑑賞でき、解除鍵を入れれば完全な画像が鑑賞できるといったコンテンツ配布の例もある。

このような蓄積型メディアに記録した形でのコンテンツ流通は、オンラインによるコンテンツ流通と比較すると、そのコンテンツに興味を持っていない人にもコンテンツを購入してもらえる可能性があるという特長がある。それは、オンライン配布の形態ではユーザが能動的に HTTP GET プロトコル等によってコンテンツを取得する必要があるため、ユーザがコンテンツにもともと興味を持っていないと配布しにくい。蓄積型では多種類・多数のコンテンツを一つのメディアに入れて配布できるため、ユーザがあるコンテンツには興味を持っていなくても、別のコンテンツに興味があれば配布できるからである。興味のないユーザにもコンテンツを配布するという点では、蓄積型コンテンツ流通は放送に近いとも言える。特に、蓄積型では雑誌の付録等の形態で配布できることから、雑誌に記事を載せるなどユーザに対しコンテンツへの興味を喚起させるような方策を実行できる点がオンライン型とは大きく異なる。

このような特長により、蓄積型コンテンツ流通もオンライン型コンテンツ流通同様、今後ますます伸びていくことが期待されている。

本稿では図 1 に示すような、静止画像コンテンツにおける蓄積型コンテンツ流通を考える。これは

1. クリエータ / 著作権者は作品をセンターに登

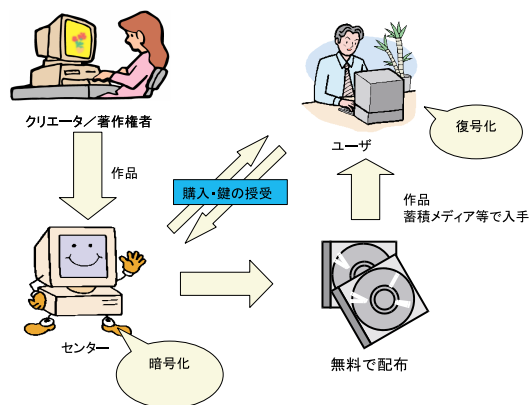


図 1: 静止画像の蓄積型コンテンツ流通

録する

2. センターは鍵を生成して暗号化する。
3. 作品は無料で配布する
4. ユーザはセンターから鍵を購入して作品を鑑賞する

というモデルである。

1.2 蓄積型コンテンツ流通における問題点

コンテンツの著作権保護のための一つの方法として、ユーザに不正流通への心理的な抵抗感を抱かせるといった著作権保護方式がある。これは一般に電子透かし技術 [6] を用いて購入者情報をコンテンツに挿入し、万一コンテンツの不正流通を行うとそのユーザを特定できるようにしておくことによって実現される。

しかしながら蓄積型コンテンツ流通では、この方法は採りにくい。これはコンテンツに購入者情報を記録しにくいことによる問題である。つまり蓄積型コンテンツ流通ではメディアとして CD や DVD を用いるが、これらのメディアでは 1 枚ずつ異なる透かし情報を挿入することは製造上困難である。全く同一内容のメディアを作ることは簡単だが、それだとコンテンツも全く同一の内容となってしまう、不正流通コンテンツから購入者を特定できない。

この問題は蓄積型コンテンツ流通が今後伸びていくためには是非とも解決することが必要な問題である。例えば購入者情報をコンテンツに全く挿入しないでコンテンツを流通させると、インターネット等に不正アップロードされ、正当な対価を徴収できない

くなる恐れがある．特に近年では Napster や Gnutella に代表されるような P2P (Private to Private) と言われる不特定多数のユーザ間でのコンテンツの流通が行いやすい環境が整備されてきており，コンテンツの著作権保護技術の確立が急務になってきている．

2 コンテンツの著作権保護に関する既存研究

コンテンツの著作権保護に関しては既に様々な研究がなされている．中でも暗号化技術と電子透かし技術は重要であり，また本稿の主題である蓄積型コンテンツ流通にも関係が深い．

2.1 暗号化技術

暗号化技術 [5] は，コンテンツを一見ランダムなデータ列に変換し，復号化のための鍵がないと元のコンテンツに戻すことが事実上不可能であるようにする技術である．

暗号化技術は，コンテンツの著作権保護技術として非常によく使われている．特にコンテンツを暗号化し，購入を希望するユーザには代金と引き替えに鍵を送付し，ユーザはその鍵でコンテンツを復号化して鑑賞するという利用法が多い．

暗号化技術はコンテンツの一次利用に関する著作権保護技術として極めて有効である．コンテンツを暗号化することによって，特にインターネットのように盗聴が懸念される通信路において，コンテンツを安全に，すなわち途中で不正にコピーされることなく配布することが可能となる．鍵の配送が秘密鍵方式では問題となるが，公開鍵暗号方式を用いれば鍵を不正にコピーされてしまう危険もない．また，多くのユーザが利用している Web ブラウザには暗号通信機能が標準状態で付属しているので，コンテンツの配布者，利用者双方ともに暗号技術を利用することが非常に容易であるという利点もある．

一方で，一度復号化されてしまったコンテンツの再配布などのコンテンツの二次利用に関しては，著作権保護技術としての効果はない．一度コンテンツが復号化されてしまうと，そのコンテンツはオリジナルコンテンツと全く同一であり，ユーザが不正にそれをコピーして配布してもその不正行為を行った

ユーザを特定することもできない．また，あるユーザが持っているコンテンツが正当に配布されたコンテンツであるかどうかを判断することもできない．

まとめると，暗号化技術はコンテンツの一次利用を防ぐ手段としては極めて有効であるが，コンテンツの二次利用を防ぐことはできないと言える．

2.2 電子透かし技術

電子透かし技術 [6] は，コンテンツそのものからかの方法で人間には知覚できないように情報を埋め込む技術である．画像に電子透かしを実際に埋め込む方法としては，画素を構成するビットのうち低位ビットを変化させる方法や，画像を周波数領域に展開したときの高周波成分に埋め込む方法などが代表的である．前者であれば，低位ビットを変化させても高位ビットが変化しなければ，輝度や色差はそれほど変化しないために知覚できない．後者であれば，人間は高周波成分と白色雑音とを区別できないため，微小変化であれば知覚できないという人間の視覚特性を用いている．

埋め込む情報の種類に制限はないが，コンテンツの著作権保護に応用する場合，通常は著作者情報や，購入者情報，流通情報，もしくはコンテンツそのものの ID などを埋め込む．埋め込める情報量を多くすると，コンテンツの原画像に対する劣化の割合が大きくなってしまうため，埋め込む情報量を削減するために，これらの情報はセンターデータベースに登録し，そのレコード番号を埋め込む場合もある．

電子透かし技術の著作権保護への応用として主要なものは二つある．

まず第一に挙げられるのは，著作者の保護である．コンテンツに著作者情報を埋め込んでおけば，あるコンテンツを入手した人物がそのコンテンツに対する著作権を主張したとしても，そのコンテンツの電子透かしを証拠としてその人物の主張を退けることができる．

電子透かしの利用法として二番目に挙げられるのが，本稿の主題でもあるコンテンツの二次不正利用の防止である．コンテンツに購入者情報を埋め込んでおくと，万一不正ユーザが自分の購入したコンテンツを不正に流通させたとしても，その不正に流通しているコンテンツの電子透かしから購入者を特定することが可能になる．このような仕組みを整えた

上で、コンテンツ配布時に電子透かしによって不正ユーザを特定することが可能である旨を警告することで、ユーザの不正流通を防止することができる。

しかしながら既に述べたように蓄積型コンテンツ流通では電子透かしによって購入者情報を記録することは難しい。これは蓄積型コンテンツ流通で用いる CD や DVD などのメディアでは、1枚ずつ異なる透かし情報を挿入したメディアを製造することが製造コスト上困難だからである。

2.3 電子透かしの後挿入

蓄積型コンテンツ流通で電子透かし技術を適用させる方策として、以下のような方法が知られている。

この方法の原理は、暗号化されたコンテンツを復号化するとき、電子透かしを挿入するというものである。既に述べたように、CD や DVD などのメディアを用いたときに、一枚一枚別の透かしを挿入した CD もしくは DVD を用意することは非常にコストが高く、難しい。そのため電子透かし技術を適用しにくい、これを回避するために暗号化されたコンテンツを復号化するとき、その復号化を行う計算機すなわちユーザの計算機に電子透かしを埋め込ませるといった方法をとる(図2)。この結果全く内容が同じ多数のメディアを用いても、ユーザが鑑賞するコンテンツは一つ一つ別の電子透かしを挿入できることになる。

しかしながらこの方法は最善の解決策とは言えない。この方法では、ユーザ側に暗号解除と電子透かし挿入のプログラムを渡すため、プログラムを解析されて暗号解除と電子透かし挿入の処理を切り離されてしまう恐れがあるためである。これは復号化と電子透かし挿入の処理が逐次的に行われ、同時に行うことはできないことによる問題である。一度プログラムが解析されて、その解析結果が公開されてしまうとこの方法は無力になってしまうため、この方法は蓄積型コンテンツ流通における著作権保護技術として有力な解決法ではあるものの、なお問題が残っていると云わざるを得ない。

また、この方式の改良として、画像復号化と電子透かし埋め込みの操作の順番を入れ替えても構わないようにした方式も提案されている[4]。この方式では、ユーザ側で電子透かし埋め込みを先に行った後に画像復号化を行うことで、ユーザ側に電子透かし

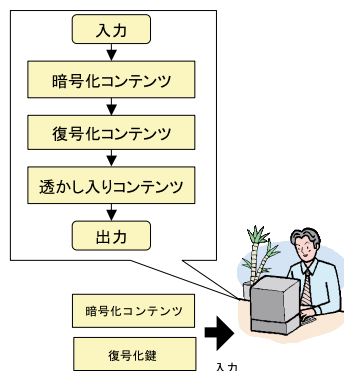


図 2: 電子透かしの後挿入

を埋め込んでいない画像データを生じさせないようにしている。この方式は非常に優れているが、なお画像復号化と電子透かし埋め込みの操作が分かれており、プログラムを解析されてしまう危険性は残っている。

3 コンテンツの個性化

本章では静止画コンテンツに購入者情報を埋め込むために、電子透かしに代わる新たな個性化技術を提案する。この個性化技術によって、蓄積型コンテンツ流通においても購入者情報をコンテンツに埋め込むことが可能になった。

3.1 個性化の原理

本稿で提案する個性化技術は静止画コンテンツに対し以下のような操作を施すことによって、大量の個性を持たせることができる技術である。この個性の違いによって購入者を特定することが可能となる。

1. まず、静止画コンテンツをいくつかのオブジェクトに分解する。例を図4に示すが、この例ではビールを飲んでいる人物の静止画コンテンツに対し、静止画中のビールジョッキとネクタイとそれ以外の部分の3つに分割している。
2. 次に個々のオブジェクトについて、異なる個性を持たせる。個性の持たせ方としては、複数透かし法と位置ずらし法の二通りの方法を提案する。これら具体的な個性の持たせ方については次節で述べる。図4では、異なる透か

し情報を埋め込んだビールジョッキオブジェクトとネクタイオブジェクトをそれぞれ5個ずつ用意している。これらオブジェクトは全てメディア上に用意する。すなわちメディア上には、ビールジョッキとネクタイがそれぞれ4個ずつ余分に存在することになる。

3. 静止画コンテンツの個性は、これらオブジェクト毎の違いの組み合わせによって生じる。図4であれば、ビールジョッキとネクタイそれぞれ5個ずつ存在するので、全体の個性は $5 \times 5 = 25$ 通りとなる。

例えば m 個のオブジェクトに分割し、それぞれのオブジェクトが n 種類存在するとすれば、全体の個性は n^m 通りである。例として m, n それぞれ 10 通りとすると全体としては 10^{10} 通り、すなわち 100 億通りの個性を実現できることになる。この数がコンテンツの最大購入者数となる。

3.2 個性化の実例

実際に個性化を実現する方法として、本稿では以下に述べる二つの方法を提案する。

3.2.1 位置ずらし法

位置ずらし法は、画像をオブジェクトに分割し、それぞれのオブジェクトの位置を1画素など微量ずらす方法である。画像の個性は、個々のオブジェクトの位置を検査することによって判断する。

位置ずらし法の具体的な処理手順は次の通りである。

1. まず画像をオブジェクトに分割する。この分割においては、オブジェクトの位置をずらしたときにあまり目立たないような分割をする必要がある。
2. オブジェクトの位置を縦方向もしくは横方向に1画素など微量ずらす。この時、オブジェクトをずらした結果生じる空白部分は、元のオブジェクトの画素を表示するか、もしくは周囲の画素から平滑化して表示しておく。

この位置ずらし法の例を図3に示す。この図では、時計や、人が発している汗の位置を分かりやすいよ

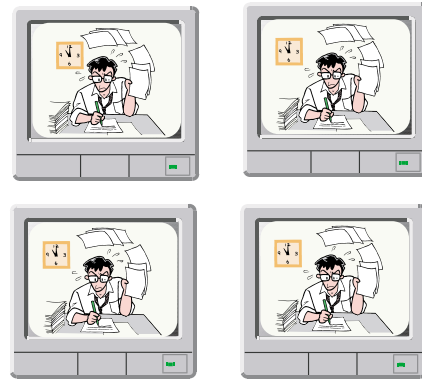


図3: 個性化技術(位置ずらし法) この図では説明のためずらす量を大きく取ってある

うに大きくずらしている。実際の位置ずらしではこれほど大きくはずらさず、 ± 1 画素程度のずらしを行う。

位置ずらし法で、ずらす位置を縦方向横方向それぞれ ± 1 画素とすれば、一つのオブジェクトで実現できる個性はずらさない場合を含めて9通りとなる。よって例えば画像を10個のオブジェクトに分割したとすれば、全体として $9^{10} = 3,486,784,401 \approx$ 約35億通りの個性を実現可能となる。この数がコンテンツの最大購入者数である。

この方法では、利用するオブジェクトが位置をずらしても不自然さを感じないようなものに限られることから、自然画像を自動的に処理するという場合には適用が難しいという欠点がある。

一方で、後述する複数透かし法とは異なり、ノイズのような信号で画像を劣化させるということはない。位置をずらす分だけ画像の品質が劣化するのは事実であるが、例えば、 1024×768 画素の静止画、オブジェクトが50画素 \times 50画素程度で10個と仮定すれば、オブジェクトを1画素ずらしてもその移動量は全体の0.1%、オブジェクトの1%程度に過ぎない。また、オブジェクトが移動したことによって挿入される画素も、最大でも $101 \times 10 = 1010$ 画素と、全体の0.1%に過ぎない。これに対し複数透かし法では、オブジェクトの面積全てが原画像と異なる画素になってしまう。よって対象画像がイラストなど自然画像でなく、かつ原画像と異なる信号をあまり挿入したくない場合、位置ずらし法が向いていると言える。

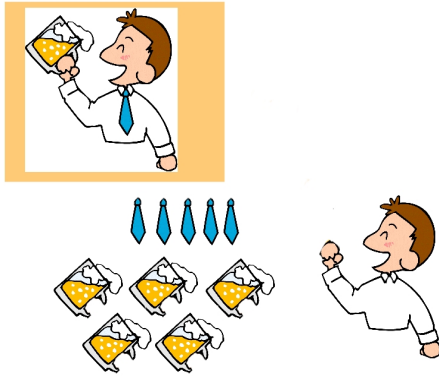


図 4: 個性化技術 (複数透かし法)

3.2.2 複数透かし法

複数透かし法は、図 4 に示すように、画像をいくつかのオブジェクトに分割した後、それぞれのオブジェクトに別の電子透かしを挿入する方法である。個々のオブジェクトは埋め込まれた電子透かしによって区別する。

埋め込む電子透かしそのものは、オブジェクトの区別がつけられることのみが要求条件であり、特に種類を選ばない。よって画素置換型、周波数領域型の両方が使え、また将来より良い電子透かしが開発されれば、それを使うこともできる。

また、複数透かし法の場合、オブジェクトの分割方法の制限も緩やかである。位置ずらし法の場合では、例え微小変位とはいえ、画像内の例えば椅子などのオブジェクトを二つに分割して変位させると画像が変化していることを知覚できてしまうが、複数透かし法の場合は、埋め込む電子透かしの性質によっては例え椅子などのオブジェクトを二つに分割しても知覚できるほどの違いを生じさせないことが可能である。

以上、画像をオブジェクトに綺麗に分割できなくても使用可能であることから、複数透かし法は位置ずらし法ではできなかった自然画像へ適用することができる。また、イラストにおいても、既にビットマップ形式になってしまったものなど綺麗なオブジェクトへの分割が難しい画像に対しての応用も有望である。

一方でこの方法では、電子透かしを利用するためにオブジェクトの画像品質を多少なりとも劣化させてしまうという欠点がある。

4 コンテンツの配布

階層化コンテンツ超流通システムでは、個性化を施した配布コンテンツを暗号化して蓄積型メディアに格納し、配布する。本章では配布方法について述べる。

4.1 配布メディアに占めるデータ量

配布メディア内には、以下で述べるようにオブジェクト部分については複数重複したデータが納められている。このデータ量が、個性化技術を使うと電子透かし技術の場合と比較して大きく削減できることを示す。

簡単のため、ある静止画像を n 等分してそれぞれをオブジェクトにすると仮定する。このオブジェクト一つの画像データ量を S_{obj} とする。画像全体の画像データ量を S_{all} とすれば、 $S_{all} = nS_{obj}$ である。今、想定する購入者を p 人と仮定する。この時、電子透かし技術では、購入者一人一人のために透かしを挿入することが必要だから、必要なデータ量 d_{wm} は、

$$d_{wm} = pS_{all}$$

となる。

一方個性化技術ではまずオブジェクトの個性化を行う。今一つのオブジェクトを m 個分の個性化を行うとする。 m, n, p の間には $m^n = p$ の関係が成り立つから、必要なデータ量 d_{ch} は、

$$\begin{aligned} d_{ch} &= nmS_{obj} = mS_{all} \\ &= p^{\frac{1}{n}}S_{all} \end{aligned}$$

となる。

すなわち、個性化技術を用いると、メディア上に占めるデータ量が電子透かしを用いたときの $1/p^{\frac{n-1}{n}}$ 倍で済み、大きく削減できることが分かる。

4.2 暗号化・復号化

個性化を行ったオブジェクトは、一つ一つ暗号化して格納する。すなわち一つのコンテンツに対して、オブジェクト部分が切り抜かれた画像の分の鍵 1 本と、オブジェクトの数の鍵 $n \times m$ 本の計 $n \times m + 1$ 本の鍵を用いることになる。

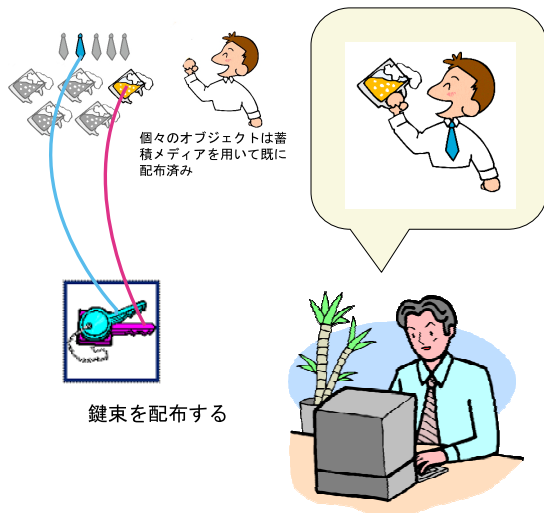


図 5: コンテンツの復号化と個性化

コンテンツの購入を希望するユーザには、オブジェクト部分が切り抜かれた画像の分の鍵 1 本と、オブジェクト部分の鍵 n 本が配布される (図 5)。この時オブジェクト部分の鍵は、それぞれ m 本の鍵のうち一つずつ渡される。このため、ユーザは配布メディア内の全てのデータを復号化することはできず、ある特定の個性を持ったオブジェクトだけを復号化することができる。

この結果、コンテンツの復号化と同時に個性化が完了するため、電子透かしの後挿入とは異なり、処理を切り離される心配がない。

5 ソフトウェア実装

著者らは位置ずらし法を用いて個性化を行うソフトウェアを試験的に開発した。このソフトウェアについて述べる。

5.1 機能

本ソフトウェアは、

- 静止画像とそのオブジェクト分割情報からオブジェクトの位置を変化させ、配布コンテンツを作成する機能
- 配布コンテンツと原画像のオブジェクト分割情報から、オブジェクトの位置の変化情報を



図 6: 配布コンテンツの作成

読みとる機能

の二つの機能を有している。この二つの機能により、階層型コンテンツ超流通システムにおけるサーバと不正ユーザ特定の機能を実現している。

ソフトウェアは VisualBasic 言語を用いて、Windows 上のプログラムとして実装した。

5.2 配布コンテンツの生成

配布コンテンツの作成は、図 6 に示す GUI にて行う。事前にオブジェクト分割情報を専用のフォーマットにて記録したものと、原画像を入力し、各オブジェクトについて X 方向 Y 方向それぞれ ± 1 画素以内でずらすことを指定し、実行させると、オブジェクトをずらした配布用コンテンツが生成される。またこの時ずらした位置情報から生成された一意な ID を表示する。

5.3 配布コンテンツのオブジェクト位置情報の読みとり

配布コンテンツから、オブジェクト位置情報を読みとる処理は、図 7 に示す GUI にて行う。

この GUI で配布コンテンツに加え、オブジェクト分割情報と原画像を入力すると、オブジェクトの位置情報を読みとって ID を表示する。表示される ID は、配布コンテンツを作成したときに表示された ID である。よって、配布コンテンツを暗号化する時に ID と鍵との照合表を用意しておけば、万一不正流通が起きたときには、コンテンツの ID からそのコン

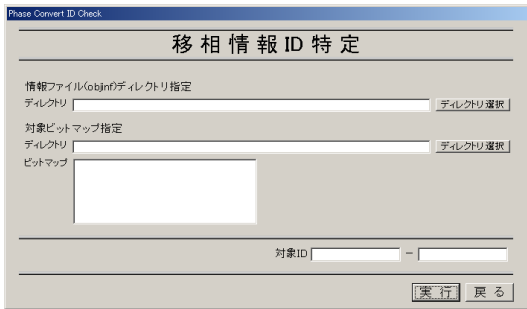


図 7: オブジェクト位置情報の読みとり

テンツを購入した人物を特定することができる。

6 課題と今後の展望

本提案方式の既知の問題として、静止画像の一部を切り取られるといった攻撃に対し弱いことが挙げられる。画像 1 枚の個性は、全オブジェクトの個性の組み合わせによっているため、切り取りによってある一部分の個性が失われると、全体の個性が分からなくなってしまう。

これに対する対処法としては、組み合わせの冗長化が挙げられる。すなわち、静止画像内に n 個のオブジェクトを用意するとして、このうちの任意の k ($k < n$) 個のオブジェクトの個性を判断できれば、ユーザを一意に特定できるようにしておくことである。これは個々のユーザ間で、オブジェクトの組み合わせのハミング距離が $n - k$ より大きくなるように組み合わせの鍵を発行していくことによって実現可能である。

例えば、静止画像内に 10 個のオブジェクトがあるとして、このうち 7 個が認識できればユーザを一意に特定できるように設計すると、最大購入者数は $10^7 = 1000$ 万人になる。

もう一つの問題としては、結託攻撃に対する弱さがある。結託攻撃とは、正当に復号化された複数のコンテンツを所持している攻撃者が、その複数のコンテンツを見比べることによって、どこに透かしが入っているのかということ突き止めてしまう攻撃のことである。本稿で提案しているような個性化技術では、このような攻撃に対しては原理的に弱い。

この結託攻撃に対する対処としては、オブジェクトに分割しなかった残りの部分に対し、ランダムに作成した電子透かしを、コンテンツの復号後に電子

透かしの後挿入の形で、ランダムな位置に挿入し、実際に情報を持っているオブジェクトと見分けがつかないようにしておくという方法が考えられる。

別の対処法としては、複数透かし法に限った解としてオブジェクトの分割で重なりを許すことが考えられる。ある領域に対して複数電子透かしを挿入しても個々の電子透かしが認識できるように、挿入する電子透かしそのものの方式を複数準備しておけば、分割の領域が重なっていても構わない。このようにすると、オブジェクトの領域が分かりにくくなるために、複数のコンテンツを見比べても、どこで切り出せばいいのかが分かりにくくなるのが期待できる。

7 まとめ

本稿では、蓄積型コンテンツ流通システムにおいて、コンテンツから購入者を特定できるような個性化技術を提案した。この個性化技術は、電子透かし技術を用いるときと比べて極めて小さな情報量の付加で、大人数の購入者に対応できることを示した。実際に個性化を行う方法としては、位置ずらし法と複数透かし法の二つの方法を提案した。位置ずらし法は主にイラストなど、オブジェクトに分割しやすいものに対し適用でき、余計なノイズは付加しない。複数透かし法は写真などオブジェクトへの分割が難しいものにも適用できるが、原画像情報の他に透かし情報を付加する必要がある。この個性化技術については、位置ずらし法による試験実装も行った。

参考文献

- [1] 森 亮一, 河原正治, “歴史的必然としての超流通,” 情報処理学会 超編集超流通超管理のアーキテクチャ シンポジウム論文集, vol. 94, no.1, pp.67-76, Feb. 1994.
- [2] 森 亮一, “超流通の構造, 防御, 人々の利益—定義と基本式,” 信学技報, ISEC94-13, Sep. 1994.
- [3] 河原正治, “超流通における電子オブジェクト課金方式の検討,” 信学技報, ISEC94-15, Sep. 1994.
- [4] 阿部剛仁, 藤井 寛, 串間和彦, 櫻井紀彦, “個別情報埋め込みにより管理機能を強化した画像流通方式,” 信学論, Vol. J82-A, no.9, pp.1474-1482, Sep. 1999.
- [5] D.R.Stinson, 櫻井幸一監訳, “暗号理論の基礎,” 共立出版, 1996.
- [6] 松井甲子雄, “電子透かしの基礎,” 森北出版, 1998.