有料放送のための画像特徴を考慮した可視型電子透かし

Method for Embedding Visible Watermarks Considering Image Feature for Pay-TV

沖原 健一[†], 正会員 稲積 泰宏[†], 正会員 木下 宏揚[†]

Kenichi Okihara[†], Yasuhiro Inazumi[†] and Hirotsugu Kinoshita[†]

Abstract Pay-TV, which allows viewers to select the programs they want to watch, is commonly available. A viewer wants to buy a desired program after he/she understands its content. A broadcaster wants to protect a program's content and advertise during the program. Existing pay-TV service is not able to meet both requirements. We developed a method for embedding visible watermarks that satisfies both viewers and broadcasters on pay-TV. The visible watermark is embedded in a program for copyright protection and advertising purposes. In addition, the logo of the watermark is split into two keys. The broadcaster has one key, and the other key is embedded in unnoticeable regions of the program. The broadcaster is thus able to remove the visible watermark by using the key. Furthermore, the method is resistant to attack by the removal of the visible watermark because it is changed by image features temporally. Experimental results show that understanding the content of a program is possible from a sample image. In addition, the image that is produced is comparable to the original image.

キーワード：可視型電子透かし，有料放送，分割鍵，画像特徴

1. ま え が き

現在，様々な放送形態が普及しており，その一つとして有料放送がある^{1) 3)}．従来の地上波放送に代表される無料放送は，すべての視聴者の要求を満たす番組だけを放送するには限界があるのに対し，有料放送は所望する分野のみを視聴できるという利点がある．有料放送にはCATVやCS放送等があり，視聴者はチャンネル単位およびPPVで契約する．このとき，番組の内容を知る方法として，スクランブルを用いた方法，番組要約，一定時間視聴可能な方法等がある．スクランブルを用いた方法はどのような内容かをある程度把握できるが，視聴しにくい画像である．これに対して，番組要約および一定時間視聴可能な方法は番組の一部を実際に視聴できるが，全ての視聴者が望む内容を把握するためのシーンを供給するのは難しい．

一般に，視聴者は利用形態に応じて三つのタイプに分類できる．

(1) 見たい番組が予めあって，その番組のみを視聴する．

(2) 番組表に記述されているタイトル，内容等の情報から所望の番組を視聴する．

(3) 番組をザッピングしながら，所望の番組があれば視聴する．

上述のような既存の有料放送の番組の内容を知る方法において，スクランブルを用いた方法は，(1)，(2)のタイプの要求を満たすことができるが，(3)のタイプの要求を満たすことは視聴しにくい困難である．また，番組要約および一定時間視聴可能な方法は(1)，(2)のタイプの要求を満たすことができるが，(3)のタイプの要求は同時刻に複数のチャンネルで，それらのサービスを行わないために満たすことができない．しかしながら，既存の地上波放送では(3)のタイプが最も多い利用形態であると考えられる．したがって，既存の有料放送は多くの潜在的な視聴者を逃してしまっている．

一方，地上波デジタル放送が開始され，放送のデジタル化が進んでいる．デジタル化は，複製や改竄を容易にしようとする欠点をもつため，デジタルコンテンツ保護技術が提案されている⁴⁾．例えば，画像流通でスクランブルを用いた方式⁵⁾が提案されており，鍵を管理することによってコンテンツを保護している．

以上より，視聴者には，ザッピングにより自由に内容を把握した上で番組単位で契約したいという要求があると言える．一方，放送局には，番組を宣伝しつつも著作権保護

2005年1月5日受付，2005年10月21日最終受付，2005年11月28日採録

[†] 神奈川大学 工学部 電気電子情報工学科

(〒221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋3-27-1, TEL 045-481-5661)

[†] Department of Electrical, Electronics and Information Engineering, Faculty of Engineering, Kanagawa University

(3-27-1, Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 221-8686, Japan)

および複製，改竄を防ぎたいという要求があると言える。

これらの要求を満たすには，ロゴマークを用いた可視型電子透かしの導入が有効であると考えられる⁶⁾。ロゴマーク入りのサンプル画像を放送し，視聴者が所望の番組を契約した後に可視型電子透かしを除去する番組毎の鍵をすることによって，視聴者および放送局の要求を満たす有料放送のためのシステムが構築できる。また，スクランブルによる画像の半開示⁵⁾によって，内容を把握するよりもロゴマークを画像に表示させることで，番組の著作権を主張できる。さらに，番組提供スポンサーのロゴマークを用いることによって，宣伝にも応用できる。しかしながら，可視型電子透かしを単純に挿入するだけでは攻撃耐性が弱いので，対策として不可視型電子透かしとの併用が提案されている^{7) 9)}。その例として，可視型電子透かしと不可視型電子透かしを，それぞれ画像の別々の領域に用いることで，著作権公示と著作権保護の両方を同時に満たす電子透かしがある⁸⁾。しかしながら，モノクロ静止画像への適用にとどまっている。また，カラー画像の特性を生かして，可視型電子透かしを鍵によって不可視型電子透かしに変更することで，可視型電子透かしを除去した後も，不可視型電子透かしが画像を保護する可変表示型電子透かしが提案されている⁹⁾。しかしながら，静止画像のみで適用しているので放送には直接適用できない。

そこで本論文では，有料放送において視聴者と放送局の双方が満足できる可視型電子透かしを提案する。提案法では，番組に対して著作権や宣伝効果を示すロゴマークを可視型電子透かしとして埋込む。また，ロゴマークを二つの鍵に分割し，一方を放送局が保持し，他方を番組に埋込む。これより，番組単位での契約の成立後，放送局は保持する鍵を視聴者に送信するだけで済み，かつ暗号化された鍵が番組の著作権保護を強化する。一方，視聴者は，契約前において不可視型電子透かしの抽出しアルゴリズム方法を用いれば暗号化された鍵を知り得るが，放送局が管理する鍵を知ることができず，可視型電子透かしが入っていない番組を視聴できない。そして，放送局は契約時に鍵を送り，視聴者はそれらを用いて，番組の可視型電子透かしを除去する。また，二つの鍵をそれぞれ変動させることで，各々の番組を管理する鍵として用いることができる。よって視聴者が所望の番組のみを購入することが可能になる。さらに，画像特徴を用いて，可視型電子透かしの埋込み強度を時間的に変更することで攻撃耐性を高める。

以下，2.において提案法の構成について述べる。3.において提案法における電子透かしの挿入方法を説明する。4.において提案法における電子透かしの抽出しおよび除去方法を説明する。5.において提案法を用いた実験結果を示し，考察する。最後に，6.で結論を述べる。

なお，一般的に放送ではMPEG-2が用いられているため，本論文ではMPEGを前提とする。

表 1 提案法の構成要素
Component of the proposed method.

原画像	O
ロゴマーク入り画像	O'
サンプル画像ビットストリーム	Z
サンプル画像	S
提供画像	T
ロゴマーク	X
分割鍵 (画像)	A
分割鍵 (放送局)	B

図 1 提案法の構成
Composition of the proposed method.

2. 提案法の構成

提案法の構成の要素を表1で定義する。サンプル画像は無料で視聴が可能であり，可視型電子透かしが埋込まれた画像である。また，提供画像は正規の番組購入者のみが視聴可能であり，サンプル画像から可視型電子透かしを除去した画像である。ここで A, B は，

$$X = A \oplus B \quad (1)$$

より生成する。ただし， X, A, B は0または1の値のみを取る。

利用手順は図1のようになり，詳細は以下のとおりである。ただし，誤りのない通信路を用いて，鍵の配送は確実に行われるものとする。また，正規の番組購入者はサンプル画像を加工しないものとする。

- (1) 放送局は S を視聴者に無料で提供する。
- (2) 視聴者は S を見て，視聴したい番組を選択する。
- (3) 視聴者は視聴したい番組を放送局と契約する。
- (4) 放送局は視聴者の所望する番組の B を視聴者に送る。
- (5) 視聴者は B を用いて T を生成し，番組を視聴する。

2.1 サンプル画像の生成方法

サンプル画像 S は，図2の手順で生成する。具体的には，以下の通りである。

- (1) 放送局は X を作成する。
- (2) 分割鍵 A は乱数より生成し，分割鍵 B は式(1)に X, A を代入することで生成する。
- (3) ロゴマーク入り画像 O' は X で O の輝度を変化させることにより得る (3.1にて詳述)。
- (4) サンプル画像ビットストリーム Z は O' をMPEG符号化し，その際に動きベクトルを用いて A を挿入することで得る (3.2にて詳述)。
- (5) サンプル画像 S は Z をMPEG復号化することに

図2 サンプル画像の生成過程
Process of watermarked image.

図3 提供画像の生成過程
Process of removing logo.

より得る.

2.2 提供画像の生成方法

提供画像 T は図3の手順で生成する. 具体的には, 以下の通りである.

- (1) 分割鍵 A は, B ピクチャの動きベクトルの存在する領域から得る (4.1 にて詳述).
- (2) ロゴマーク X は A , 放送局が保持していた B と式 (1) を用いて得る.
- (3) サンプル画像 S は, Z を MPEG 復号化することにより得る.
- (4) 提供画像 T は, 作成した X より S の輝度を変化させることにより得る (4.2 にて詳述).

3. 提案法における電子透かしの挿入方法

分割鍵を用いた電子透かしの挿入はロゴマーク X および分割鍵 A を用いる. X は視覚的に感知できるように, 輝度成分に挿入する. 一方, A は視覚的に感知できないように, MPEG 符号化する際の動きベクトルを操作し挿入する.

3.1 画像特徴に依存した可視型電子透かしの挿入方法

原画像 O の各画素を輝度成分と色差成分に分離する. 次に色差成分に基づく画像特徴を算出し, 画像特徴係数 r を決定する. 最後に, ロゴマーク X および r を用いて輝度成分を変化させることで, ロゴマーク入り画像 O' を得る. ただし, O の画像サイズが $M \times N$ である場合, X, A の画像サイズは $\frac{M}{C} \times \frac{N}{C}$ とする. なお, C は原画像が最低限の埋込みビット量を確保するのに必要な任意の値であり, ヒューリスティックに決定する.

- (1) O の輝度成分 Y および色差成分 C_b, C_r は, O の成分 R, G, B から得る.
- (2) I ピクチャに対して, C_b, C_r のそれぞれの平均値 $\overline{C_b}, \overline{C_r}$ を算出する.
- (3) 画像特徴係数 r は, 視覚特性を考慮して (4.3 にて詳述) $\overline{C_b}, \overline{C_r}$ から

$$r = pz + 1 \quad (2)$$

より得る. ただし, z は

$$z = |\overline{C_b} - 128| \quad (3)$$

または

$$z = |\overline{C_r} - 128| \quad (4)$$

の値の大きい方を用いる. また, p は視覚特性を考慮した任意の定数である.

- (4) O を $C \times C$ 画素のブロック $E(u, v)$ に分割する (ただし, u, v は画像の横方向および縦方向を示す値である).
- (5) $E(u, v)$ の各輝度 Y にて, 位置 (u, v) におけるロゴマークの値 $X_{u,v}$ を用いて以下の処理を行う.

ロゴマーク入り画像 O' の各輝度 Y' は $Y, X_{u,v}$ および r を用い,

$$Y' = \begin{cases} Y & (X_{u,v} = 0) \\ 255 \sin^r\left(\frac{\pi}{2} \frac{Y}{255}\right) & (X_{u,v} = 1) \end{cases} \quad (5)$$

より得る.

3.2 動きベクトルを用いた不可視型電子透かしの挿入方法

ロゴマーク入りのフレーム群を MPEG エンコードする. MPEG ビットストリームの各 B ピクチャに対して以下の処理を施し, 分割鍵 A を埋込むことでサンプル画像ビットストリーム Z を得る.

表 2 A を埋込むための領域の分別
Select region to embed A .

		n	
		○	●
m	○	I	II
	●	III	IV

- (1) GOP 単位での A の埋込みビット量 k は、ロゴマークの画像サイズより

$$k = \frac{M}{C} \times \frac{N}{C} \quad (6)$$

とする。

- (2) GOP の B ピクチャの数を b をすると、フレーム単位で埋込みビット量 f は、

$$f = \frac{k}{b} \quad (7)$$

とする。

- (3) 各フレームにおける動きベクトル V によって、 A を以下のとおりに埋込む。

- V の値を (m, n) とする。
- m, n の値がともに 0 でない V を埋込み対象としラスタスキャンする。
- A を埋込むための領域を V の値によって表 2 のように定義する。ただし、表 2 において、 m および n の値が偶数ならば ○、奇数ならば ● である。また、 A を埋込むことで、I, IV は A の値が '0' であり、II, III は A の値が '1' であることを示す領域となる。
- (m, n) を A の値に基づいて、以下の条件で移動させる。
 - もし V が I または IV の領域でありかつ $A = 1$ ならば、 m および n の値に +1 ないしは -1 を行う。
 - もし V が II または III の領域でありかつ $A = 0$ ならば、 m および n の値に +1 ないしは -1 を行う。
 - i, ii. 以外ならば、移動しない。

4. 提案法における電子透かしの取出しおよび除去方法

分割鍵を用いた電子透かしの取出しは、サンプル画像ビットストリーム Z を用いる。動きベクトルの値により A を取出す。一方、可視型電子透かしの除去は、取出した A および放送局が保持していた B を用いて行う。

4.1 動きベクトルを用いた不可視型電子透かしの取出し方法

分割鍵 A の取出しは、 Z における B ピクチャの各フレームに対して以下の処理を施すことで行う。

- フレーム単位で埋込みビット量 f を取出す。
- 各フレームにおける動きベクトル V' から、以下

のとおりに A' を取り出す。

- V' の値を (m', n') とする。
- m', n' の値がともに 0 でない V' を A の取出し対象としラスタスキャンする。
- 表 2 に基づいて、 A は

$$A = \begin{cases} 0 & (\text{I または IV}) \\ 1 & (\text{II または III}) \end{cases} \quad (8)$$

から得る。

4.2 可視型電子透かしの除去方法

サンプル画像 S の各画素を輝度成分と色差成分に分離する。次に色差成分に基づく画像特徴を算出し、画像特徴係数 r を決定する。最後に、ロゴマーク X および r を用いて輝度成分を変化させることで提供画像 T を得る。ただし、 S の画像サイズが $M \times N$ である場合、 X の画像サイズは $\frac{M}{C} \times \frac{N}{C}$ とする。

- S の輝度成分 Y' および色差成分 C'_b, C'_r は、 S の成分 R', G', B' から得る。
- I ピクチャに対して、 C'_b, C'_r のそれぞれの平均値 $\overline{C'_b}, \overline{C'_r}$ を算出する。
- 画像特徴係数 r は、式 (2)~(4) より得る。
- S を $C \times C$ 画素のブロック $E'(u, v)$ に分割する。
- $E'(u, v)$ の各輝度 Y' にて、位置 (u, v) におけるロゴマークの値 $X_{u,v}$ を用いて以下の処理を行う。
ロゴマークを除去した提供画像の各輝度 Y_T は $X_{u,v}$ および r を用い、

$$Y_T = \begin{cases} Y' & (X_{u,v} = 0) \\ 255 \left(\frac{\arcsin(\frac{Y'}{255})}{\frac{\pi}{2}} \right) & (X_{u,v} = 1) \end{cases} \quad (9)$$

より得る。

4.3 画像特徴係数

提案法において、可視型電子透かしの挿入は 3.1 より画素の輝度成分を変化させている。一方、不可視型電子透かしの挿入は、動きベクトルを用いて画素全体の値をほとんど変化させていない。よって、画素の色差成分は透かし挿入に影響しないものとして考え、画像特徴係数 r の要素として用いている。

ここで、実際に画像が取得する $\overline{C'_b}, \overline{C'_r}$ の値を図 4 (画像サイズは全て 256×256) に示す。図 4 より、画像によって、色差成分が異なることを確認した。

また、式 (5), (9) が示すとおりに、提案法は $\sin$ 関数を用いているが、輝度 Y は 0 から 255 の整数値で表すために完全に提供画像は原画像の輝度に戻せない。しかしながら、 Y に対する視覚的弁別いきを ΔY とすると、ウェーバ比はブラウン管の輝度範囲内で Y によらず、ほぼ一定値 0.02 である¹⁰⁾。さらに、自然画像は複雑なテクスチャが多いために視覚的劣化が感じにくい。これらを考慮すれば、提供画像は原画像と同じとみなせるので、式 (2) の pz の範囲は $0 \leq pz \leq 0.5$ が望ましい。すなわち画像特徴係数 r の範囲

図4 $\overline{C_b}, \overline{C_r}$ の値
Value of $\overline{C_b}$ and $\overline{C_r}$.

は, $1 \leq r \leq 1.5$ が望ましい. よって, 任意の定数 p は上記の範囲を考慮してヒューリスティックに決定する.

5. 実験結果

2種類の動画画像src5, src15¹¹⁾(352×240, フレーム数100)に図5に示すロゴマークkanagawa(44×30)を可視型電子透かしとして埋込んだ. さらに, ロゴマークから生成される分割鍵 A を GOP 単位で1320[bit] 埋込みを行い, サンプル画像を生成した.

また, サンプル画像ビットストリーム Z から A を誤りなく取り出した. さらに, それとロゴマークから生成される分割鍵 B を用いて, サンプル画像上の可視型電子透かしを除去し提供画像を生成した.

ここで, 提案法の任意の値 C は $C = 8$, 任意の定数 p は $p = 0.02$, MPEG 符号化におけるビットレートは2M[bit/s]を用いた. その例として, src5 の15, 75フレーム目の原画像を図6に, サンプル画像を図7に, 提供画像を図8に示す.

5.1 画像特徴の有効性

図9に I ピクチャに対する原画像の $\overline{C_b}$ とサンプル画像の $\overline{C_b}$ との絶対誤差の関係を示す. 図10に I ピクチャに対する原画像の $\overline{C_r}$ とサンプル画像の $\overline{C_r}$ との絶対誤差の関係を示す. また, 図11に原画像とサンプル画像における I

図5 ロゴマーク (kanagawa)
Logo(kanagawa).

(a)frame 15

(b)frame 75

図6 原画像
Original image.

(a)frame 15

(b)frame 75

図7 サンプル画像
Sample image.

(a)frame 15

(b)frame 75

図8 提供画像
Produced image.

ピクチャから生成される r の変化を示す.

図9, 10より, 各 I ピクチャの原画像の $\overline{C_b}, \overline{C_r}$ とサンプル画像の $\overline{C_b}, \overline{C_r}$ の絶対誤差は1以下の値に収まっている. さらに図11より原画像とサンプル画像の r の値は, ほぼ変化がないので提案法の画像特徴係数は有効であることが確認できる.

5.2 原画像とサンプル画像の評価

図12にフレーム単位の原画像と原画像をMPEG符号化, 復号化した画像(以下, MPEG画像)のPSNRおよび, 原画像とサンプル画像のPSNRを示す. 図12より, サンプル画像はMPEG画像よりもPSNRの値が低下していることが確認できる. また, 主観評価においても, ロゴマークが視聴する際の妨げになっているが, ある程度内容が把握できる画像であることを確認した.

5.3 原画像と提供画像の評価

図13にフレーム単位の原画像とMPEG画像のPSNRおよび, 原画像と提供画像のPSNRを示す. 図13より, 両者のPSNRを比較すると, 提供画像はMPEG画像と遜色ないことが確認できる. また, 主観評価においても, 両者の差が知覚されないことを確認した.

5.4 サンプル画像の攻撃耐性

提案法では, 画像特徴を用いて可視型電子透かしの埋込み強度を時間的に変化させている. よって, 常に正しい画像特徴を得なければ提供画像を得ることができず, 可視型電子透かしが残ったままの画像になると考えられる.

そこで, 攻撃の一つとしてサンプル画像において画像特徴係数 $r = 1.00$ 一定にして, 可視型電子透かしの除去を試みた画像(以下, 攻撃された画像)を作成した. その例として, src5 の15, 75フレーム目の攻撃された画像を図14に示す. また, 図15にフレーム単位の原画像と提供画像およ

図 9 I ピクチャに対する $\overline{C_b}$ の絶対誤差
Absolute error of $\overline{C_b}$ in I picture.

図 10 I ピクチャに対する $\overline{C_r}$ の絶対誤差
Absolute error of $\overline{C_r}$ in I picture.

(a)src5

(b)src15

図 11 原画像とサンプル画像の r の変化
Alteration of r in original image or sample image.

び攻撃された画像の PSNR を示す。

図 15 より、攻撃された画像は、提案法の正しい r を用いるよりも PSNR の低下が激しくより視聴しにくい品質であることが確認できる。また、主観評価においても、攻撃

(a)src5

(b)src15

図 12 フレーム単位の原画像と MPEG 画像またはサンプル画像の PSNR

Relationship between frame number and PSNR of original image and MPEG image or sample image.

された画像は、可視型電子透かしが十分に除去されてなく、視聴しにくい品質であることを確認した。以上より、正しい r を得なければ、提供画像が生成できない。よって、提案法は可視型電子透かしの除去攻撃に耐性があると言える。

また、 r を用いずに画像の輝度成分のみにスムージング処理を施し、色差成分と再構成することで提供画像に近い画像を得ようとする攻撃も考えられる。しかしながら、シーン毎にロゴマーク自身を変えることや画像特徴にて GOP 単位に可視型電子透かしの埋込み強度が変化させることが可能である。したがって、ロゴマークの埋込み強度は、シーン毎および GOP 単位で変化するので、攻撃者はスムージングの強度を常に変化させなければ、完全にロゴマーク除去ができないので、現実的ではない。これによって、ある程度可視型電子透かし除去攻撃耐性があると考えられる。

一方で、たとえ可視型電子透かしをある程度除去されても、画像の知覚できない部分に不可視型電子透かしの埋込まれているために、著作権を主張できるので、複製および改ざんなどの 2 次利用を抑制できると考えられる。

よって、サンプル画像は著作権保護効果は高いと言える。

5.5 ログマークとサンプル画像の関係

提案法ではロゴマーク X の値が 1' のときに原画像の輝度を変化させている。つまり、 X の値が 1' である確率が高いほど原画像による埋込み対象が増える。一方、原画像の輝度が低いほどロゴマーク挿入による輝度の変化が激しく、ロゴマークが知覚されやすい。したがって、原画像とサン

(a)src5

(b)src15

図 13 フレーム単位の原画像と MPEG 画像または提供画像の PSNR

Relationship between frame number and PSNR of original image and MPEG image or product image.

(a)src5

(b)src15

図 15 フレーム単位の原画像と提案法どおりの r または $r = 1$ 一定の提供画像の PSNR

Relationship between frame number and PSNR of original image and product image using proposed or $r = 1$ constant.

(a)frame 15

(b)frame 75

図 14 攻撃された画像
Attacked image.

ブル画像との違いが大きくなると考えられる。そこで、ロゴマーク kanagawa の輝度を反転させ、図 16 に示すロゴマーク reverse を作成し、原画像に提案法を用いて埋込んだ。その例として、src5 の 15, 75 フレーム目のサンプル画像を図 17 に示す。

また、図 18 にロゴマークに kanagawa および reverse を用いたときのフレーム単位の原画像とサンプル画像の PSNR を示す。

図 18 より、reverse を用いたときのサンプル画像は、kanagawa を用いるよりも PSNR の低下が激しく、より視聴しにくい品質であることを確認した。また、主観評価においても、reverse を用いたものは、原画像と輝度が全体的に変化しており、違和感を感じるために視聴しにくい品質であると言える。以上より、ロゴマークの埋込み強度を制御することによって、原画像とサンプル画像との違いが

kana
gawa

図 16 ロゴマーク (reverse)
Logo(reverse).

(a)frame 15

(b)frame 75

図 17 サンプル画像 (reverse 使用時)
Sample image(reverse).

大きくなり視聴しにくさを制御できることがわかる。

6. む す び

本論文では、視聴者と放送局の双方が満足できる有料放送の構成を示し、それに適した可視型電子透かしを提案した。実際には、ロゴマークを分割し、それらを鍵として用いることで、番組単位の購入および著作権保護を可能にした。さらに、画像特徴を用いて可視型電子透かしの埋込み強度を変更し、攻撃耐性を高めた。

352×240 の動画において、サンプル画像は原画像の特

図 18 kanagawa および reverse を用いたときのフレーム単位の原画像とサンプル画像の PSNR
Relationship between frame number and PSNR of original image and sample image using kanagawa or reverse.

徴を維持しつつロゴマークが挿入されており、内容をある程度把握できる画像であることを確認した。また提供画像は、原画像と遜色ない画像であることを確認した。

さらに、サンプル画像は画像特徴で可視型電子透かしの埋込み強度を変更するため、可視型電子透かしを除去する攻撃に耐性がある。一方で、たとえ可視型電子透かしをある程度除去されたとしても、不可視型電子透かしによって著作権が主張できるので、複製および改ざんなどの2次利用を抑制できると考えられる。以上より、サンプル画像は著作権保護効果が高いと言える。

今後の課題として、視聴者および放送局双方が満足するサンプル画像の確立、および可視型電子透かしへの除去攻撃に対する耐性の強化が挙げられる。

最後に、本研究を遂行するにあたり、有益なご助言をいただいた富山大学工学部堀田裕弘教授に感謝致します。

【文 献】

- 1) 郵政省 郵政研究所: "有料放送市場の今後の展望," 日本評論社 (Apr. 1997)
- 2) 西 正: "図解 放送業界ハンドブック," 東洋経済新報社 (Oct. 1998)
- 3) 西 正, 野村 敦子: "多チャンネル放送の衝撃," 中央経済社 (Sept. 1997)
- 4) 山田 尚志, 石原 淳, 加藤 拓: "マルチメディア時代のコピープロテクション," 信学論, **J87-A**, 6, pp.734-745 (June 2004)
- 5) 阿部 剛仁, 藤井 寛, 串間 和彦, 櫻井 紀彦: "個別情報埋込みにより管理機能を強化した画像流通方式," 信学論, **J82-A**, 9, pp.2474-1482 (Sept. 1999)
- 6) 岩本 圭司, 新堀 英二: "原画像の色調を損なわない除去可能な可視電子透かし," 1999 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム, pp.719-724 (Jan. 1999)
- 7) Chun-Hsiang Huang, Ja-Ling Wu: "Attacking Visible Watermark-

ing Schemes," IEEE Trans. on Multimedia, vol.6, no.1, pp.16-30 (Feb. 2004)

- 8) Zhe-Ming LU, Hao-Tian WU, Dian-Guo XU, Sheng-He SUN: "A Multipurpose Image Watermarking Method for Copyright Notification and Protection," IEICE Trans. Inf. & Syst., **E86-D**, 9, pp.1931-1933 (Sept. 2003)
- 9) ウィセスト ビヤビスト, 松井 甲子雄: "カラー画像への変表示型電子透かしの提案," 情処学論, **40**, 12, pp.4370-4377 (Dec. 1999)
- 10) 谷本 正幸, 柵木 充彦, 蔭山 保夫, 駒井 又二: "非直線性を含む視覚特性を利用した白黒画像信号予測符号化方式の高能率化," 信学論, **J65-B**, 12, pp.1515-1522 (Dec. 1982)
- 11) <http://www.its.blrdoc.gov/vqeg/>

おきはら けんいち
沖原 健一 2004 年, 神奈川大学工学部卒業。現在, 同大学大学院工学研究科博士前期課程在学中。電子透かしやデータハイディングに関する研究に従事。

いなづみ やすひろ
稲積 泰宏 1998 年, 富山大学工学部卒業。2000 年, 同大学院理工学研究科博士前期課程修了。2003 年, 東京工業大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。現在, 神奈川大学工学部助手。画像符号化, 情報セキュリティ等の研究に従事。博士 (工学), 正会員。

きのした ひろつく
木下 宏揚 1985 年, 電気通信大学電気通信学部卒業。1987 年, 東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了。1990 年, 同, 博士後期課程修了。1990 年, 東京工業大学助手。1994 年, 玉川大学講師。1995 年, 神奈川大学助教授。2002 年, 神奈川大学教授。情報セキュリティの研究に従事。工学博士, 正会員。