放送コンテンツの著作権保護における電子透かしの利用方法

Watermarking Applications for Broadcast Content Copyright Protection

正会員 山田 隆 亮[†], 吉 浦 裕^{††}, 正会員 越 前 功[†], 正会員 小 川 一 人^{†††},
正会員 室 田 逸 郎^{†††}, 正会員 大 竹 剛^{†††}, 正会員 合 志 清 一^{†††}

Takaaki Yamada[†], Hiroshi Yoshiura^{††}, Isao Echizen[†], Kazuto Ogawa^{†††}, Itsuro Murota^{†††}, Go Ohtake^{†††} and
Seiichi Gohshi^{†††}

Abstract

Copyright protection of broadcast content has become an issue of great concern because digital broadcasting is increasingly used to deliver high quality visual and audio content. We analyze the existing copyright protection technologies and clarify why they cannot prevent illegal copies from being created through the analogue output of broadcast receivers. Illegally copied content can thus be re-digitized and distributed through the Internet and portable media. Digital watermarking that survives analogue processes effectively complements existing technologies. Four methods of using watermarking to detect illegal copies, copiers, and distributors are described and compared with respect to their implementation cost, detection ability, and ease of deployment. The technical requirements of the watermarking used in these methods are also clarified with respect to survivability against analogue processes, maintenance of image quality, and quantity of embedded information.

キーワード：放送，放送コンテンツ，不正コピー，電子透かし，著作権保護

1. ま え が き

放送のデジタル化に伴って，高精細かつ高音質のコンテンツを放送できるようになってきた．また，デジタル録画，双方向放送，データ放送などの多様な新サービスの提供が可能になってきた^{1)~4)}．

一方，DVD(Digital Versatile Disc)などの大容量記録媒体を用いた映像や音声の流通が進むとともに，インターネットの広帯域化によって，ネットワークを通じた映像や音声の配信サービスも可能になってきた^{5)~7)}．このように，デジタル化技術，それを用いた放送，記録媒体，ネットワーク技術の発展により，多種多様なコンテンツサービスが可能となっている．

ところが，これらの技術の負の側面として，高画質，

高音質の放送コンテンツを不正にコピーし，媒体やインターネットを通じて配布することが容易になっている．そのため，放送局や番組制作会社および素材提供会社などの著作権が侵害されることが懸念されている⁸⁾⁹⁾．

この著作権侵害を防止する新しい要素技術として，コンテンツに著作権情報を挿入する電子透かし技術^{10)~13)}が期待されている．

しかし，著作権侵害を防止する技術としては，従来から，暗号，認証，耐タンパー処理など様々なものが実用化されており，問題の多くは従来技術によって解決できると考えられる^{14)~16)}．また，電子透かしの利用についても，ネットワーク配信の分野では様々な検討が行われている¹⁷⁾¹⁸⁾．

したがって，電子透かし技術の健全な発展と放送コンテンツのより強固な著作権保護のために，従来技術の存在を前提とし，ネットワーク配信と放送との相違を明らかにした上で，放送における電子透かしの有用性および有効な利用方法を明らかにすることが重要である．

そこで本論文では，現在利用されている放送コンテンツ用著作権保護技術を分析し，ネットワークと放送の相違を明確化した上で，放送における電子透かしの利用方法を提案する．以下，2章では従来技術の分析，3章では電子透かしの役割の明確化，4章ではネットワークと放送の相違を前提とした電子透かしの利用方法の提案を

2002 年 7 月 9 日受付，2003 年 5 月 7 日最終受付，2003 年 6 月 6 日採録

[†] (株) 日立製作所 システム開発研究所

(〒 244-0817 横浜市戸塚区吉田町 292 番地，TEL 045-860-3073)

^{††} 電気通信大学 電気通信学部

(〒 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1，TEL 0424-43-5517)

^{†††} NHK 放送技術研究所

(〒 157-8510 世田谷区砧 1-10-11，TEL 03-5494-3178)

[†] Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

(292 Yoshida-Cho, Totsuka-ku, Yokohama, 244-0817 Japan)

^{††} Department of Electro-Communications, The University of Electro-Communications

(1-5-1, Choufugaoka, Choufu, Tokyo, 182-8585 Japan)

^{†††} NHK Science and Technical Research Laboratories

(1-10-11, Kinuta, Setagaya-ku, 157-8510 Japan)

図 1 放送コンテンツの流通モデル
Circulation model of broadcasting contents.

行う。

2. 従来の放送コンテンツ用著作権保護技術の分析

2.1 用語の定義

放送コンテンツの著作権侵害に関わる用語を、次のように定義する。

放送コンテンツ : 放送で流される映像、音声などのコンテンツ。

放送視聴者 : 放送コンテンツを視聴する主体。

放送受信機 : 放送視聴者が放送コンテンツを受信する端末。

2次コンテンツ : 放送コンテンツをコピーおよび編集し、ネットワークや可搬媒体を通じて流通させたコンテンツ。

2次配信サーバ : 2次コンテンツを配信するサーバ。

2次配信者 : 2次コンテンツを配信する主体。

2次視聴端末 : 2次コンテンツを視聴する端末。視聴に必要な機能（例えばネットワーク経由の受信）を含む。

2次視聴者 : 2次コンテンツを視聴する主体。

2.2 前提となる流通モデル

本論文の分析の前提となる放送コンテンツの流通モデルを図1に示す。図中、実線は正規のコンテンツ流通を示す。破線は不正なコンテンツ流通、A～Fは不正行為の脅威がある場所を示しており、その詳細は次節で述べる。

放送局から放送視聴者への正規の流通は、次の4フェーズからなる。

- ・放送局は、放送コンテンツを放送し、放送視聴者はこれを受信する。

- ・放送局は、放送視聴者に放送コンテンツの利用ライセンスを許諾、付与する。

- ・放送局は、放送視聴者に利用料金を請求、回収する。

- ・放送視聴者は、放送コンテンツを視聴、蓄積する。

さらに、放送受信機において、不正コピーコンテンツ（海賊版）が作成された場合を想定すると、2次配信者からネットワークや可搬媒体を介して海賊版が配信され、2次視聴端末で視聴される。2次利用が不正行為の基本形であり、2次利用を阻止できなかった場合に、2次視聴者から2次配信者に流れる繰り返ループ（3次の不正流通）が生じる。

本論文では、放送コンテンツに対する電子透かしの役割を明らかにし、利用方法を限定することにより、現実的な著作権保護方法を提案しようとしている。そこで、議論の発散を避けるために、下記の前提の下に、最も基本的な流通のみを取り上げることとする。

- ・放送局の不正行為はないとする。

- ・放送電波をエッジサーバ（インターネット上でコンテンツ配信を直接ユーザに行う末端のサーバ）で受信し、放送コンテンツをネットワーク経由で配信するサービスを議論から除く。

2.3 著作権侵害に関する脅威

放送の正規の手続き（四つのフェーズ）には、それぞれ次の著作権侵害に関する脅威がある。

(A) ライセンスを取得していない第3者が不正に受信し、電波を解析して、コンテンツを利用する。

(B) 放送視聴者が契約で定めた範囲外（指定期限後あるいは指定端末以外での視聴など）に利用する。

(C) 放送視聴者が料金をごまかす。

(D) 視聴時に暗号解除されたコンテンツ、あるいは、蓄積されたコンテンツを放送視聴者が不正コピーし、再配布する。

もしも(D)の脅威により、不正コピーコンテンツが作成された場合、以下の過程を経て実害に至る。

(E) 2次配信者が不正コピーコンテンツを配信する。

(F) 2次視聴者が不正コピーコンテンツを視聴する。

(A)～(F)の不正行為による脅威を表1に示す。

2.4 従来技術の分析

(1) 概要

前述した脅威への従来の対策技術を表2に示す。

まず、脅威(A)(B)(C)に対しては、CAS（限定受信システム：Conditional Access System）によって対

表 1 脅威
Threat.

	フェーズ	脅威
正規の 流れ	放送コンテンツを送信、受信	(A) ライセンスを取得していないユーザが勝手に受信し、電波を解析して、コンテンツを利用
	利用ライセンスの許諾（放送局がユーザに付与）	(B) ユーザが契約で定めた範囲外の利用（指定期限後あるいは指定端末以外での視聴など）
	料金請求、回収	(C) ユーザが料金をごまかし
	放送コンテンツの視聴、蓄積	(D) 視聴時に暗号解除された、あるいは、蓄積されたコンテンツをユーザが不正コピーし、再配布
海賊版	不正コピーされたコンテンツをネット上で配信	(E) 不正コピーの配信
	不正コピーされたコンテンツを視聴	(F) 不正コピーの視聴

表 2 不正行為対策技術の効果
Countermeasure effect.

不正行為が行われる可能性	不正行為対策	効果
(A) ライセンスを取得していないユーザが勝手に受信し、電波を解析して、コンテンツを利用	暗号、受信限定 (CAS)	○
(B) ユーザが契約で定めた範囲外の利用（指定期限後あるいは指定端末以外での視聴など）		
(C) ユーザが料金をごまかし		
(D) 視聴時に暗号解除されたコンテンツ、あるいは、蓄積されたコンテンツをユーザが不正コピーし、再配布	暗号、認証、耐タンパー処理	△

策している¹⁴⁾¹⁵⁾。

CASは、放送を視聴できる受信者を限定するシステムである。例えば、BSデジタル放送のCAS(B-CAS)では、放送コンテンツに暗号化処理（スクランブル）を行って放送する。ICカードに入れて、放送視聴者に配布したマスター鍵により個別化を行い、ワーク鍵、スクランブル鍵の管理を通じて、正当な視聴者が契約通りに視聴する場合のみ暗号の解除を可能とする。

CASでは、放送コンテンツが暗号によって保護され、さらに暗号の鍵の内、ワーク鍵およびスクランブル鍵はマスター鍵によって保護され、さらにマスター鍵はICカードによって保護される。ICカードは、耐タンパー処理¹⁹⁾と呼ばれる技術により、内部への侵入を防止可能となっている。このように、CASは確立された技術であり、その著作権保護機能は強固である。

そこで、残る脅威である(D)（視聴時に暗号解除されたコンテンツあるいは蓄積されたコンテンツの不正コピー）が問題となる。次節では、脅威(D)をさらに詳細に分析し、従来技術の問題点を明らかにする。

(2) 不正コピーへの対策

放送受信機において、不正コピーの脅威となる経路は4箇所ある。

- ・装置のこじ開け (D-1)
- ・デジタル信号出力経由 (D-2)
- ・内蔵ディスク経由 (D-3)
- ・アナログ信号出力経由 (D-4)

これらの脅威と、その対策技術の主だったものを図2に示す。また、これらの対策技術の効果を表3に示す。以下では、対策技術の効果について詳細を述べる。

(D-1) 装置のこじ開け

装置をこじ開けて、LSI内部端子にプローブ接続し、動作中の波形をリアルタイムで記録したり、内部バスのデータを読み出す不正行為などが想定される。これらの脅威に対して、放送受信機で耐タンパー処理を設けている。耐タンパー処置は確立された技術であり、強固な保護が可能である¹⁹⁾。

(D-2) デジタル信号出力経由

放送受信機のデジタル信号出力に対して、モニタを接続する代わりに録画機を接続して、放送コンテンツを不正にコピーする方法が脅威として存在する。これらの脅威に対して、DTCP (Digital Transmission Content Protection)²⁰⁾、HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection)²¹⁾²²⁾などの規格によって対策している。

DTCPは、IEEE1394を介した不正コピーを防止するための規格である。DTCPでは、データごとに、コピー制御情報の種別（「コピーフリー」、「コピー不可」など）を識別、管理する。また、データの出力先機器が規格に則った機器であることを確認する。さらに、機器の種別（録画機能の有無など）を認識することで、データ送信の可否を判断する。さらに、送信時にはデータを暗号化することで、通信路での盗用を防止する。

HDCPは、コンテンツのデジタル信号をデジタルモニタに出力する上での認証や暗号化などを定義した仕様である。DTCPおよびHDCPは確立された技術であり、強固な保護が可能である。

図 2 不正コピー対策技術
Technologies of illegal copy countermeasure.

表 3 不正コピー対策の効果
Effect of illegal copy countermeasures.

不正コピーが行われる可能性	不正コピー対策	効果
(D-1) 装置のこじ開け	耐タンパー処理	○
(D-2) デジタル信号出力経由	認証、暗号	○
(D-3) 内蔵ディスク経由	暗号	○
(D-4) アナログ信号出力経由	疑似シンクパルス	△

(D-3) 内蔵ディスク経由

放送受信機の中には、ディスクを内蔵した PVR (Personal Video Recorder) の機能を持つものがある。この内蔵ディスクを解析して放送コンテンツを不正コピーされる脅威がある²³⁾。

この脅威への対策として、PVR では、ディスク格納時に、放送コンテンツを暗号化しておくことが規定されている。すなわち、仮にデータを取り出せても、そのデータがコンテンツとして視聴できないようにしている²⁴⁾。

(D-4) アナログ信号出力経由

アナログ信号の出力 (アナログ出力) を録画し、再デジタル化して配信される脅威がある。

この脅威に対しては、疑似シンクパルス²⁵⁾²⁶⁾ が一般的な対策である。この技術は、映像信号の一部に特殊な信号を埋込んでおくことにより、閲覧制御を行うものである。しかし、この方式による不正防止は一定の効果はあるものの、暗号や認証のような理論的に保障された技術と比べると、万全ではない。また、HD(High Definition) アナログ出力に関しては、疑似シンクパルスは装備されていない。

2.5 従来技術のまとめ

コンテンツの正規の流れにおいて想定された (A) 電波の解析、(B) 契約外の視聴、(C) 料金のごまかし、の不正行為は、CAS により防止できる。(D) の不正行為の内、装置のこじ開け、デジタル信号出力経由、内蔵ディスク経由の不正コピーは、耐タンパー処理、暗号、認証技術により防止できる。すなわち、デジタル状態のコンテンツに対する直接の不正行為は防止することができる。

しかし、アナログ出力を介した不正コピー (D-4) に対しては、対策が万全ではない。アナログ出力で一旦不正コピーされると、再デジタル化を通じて、可搬媒体やインターネットを通じた不正配信が可能となる。オリジナルコンテンツの高品質化に伴い、アナログ出力経由で再デジタル化したものも、充分視聴に耐える品質となる。

以上述べたように、従来技術はアナログ出力経由の不正コピーに対して、万全ではない。また、アナログ出力経由の不正コピーは、実質的にデジタルの直接コピーに近い大きな脅威となりうる。そこで、以下の章では、アナログ出力経由の不正コピー、および不正コピーされたコンテンツの不正流通を防止する技術として、電子透かしの有効性を考察する。

3. 電子透かし

3.1 電子透かしの機能

電子透かしは、映像や音楽などのコンテンツに情報を挿入し、また、挿入した情報をコンテンツから検出する技術である^{10)~13)}。情報の挿入では、コンテンツに微少

な変更を加えることで行う。そして、変更した場所と変更内容によって情報を表わす。したがって、オリジナルコンテンツと情報を挿入したコンテンツは、人間の視覚や聴覚には同じに感じられるが、わずかに異なっている。情報の検出では、コンテンツに加えられた変更を読取ることで、挿入した情報を検出する。

電子透かしは以下の特徴を有する。情報をコンテンツのヘッダーなどの外部データに記述するのではなく、直接埋込む。そのため、コンテンツ自体の特徴が変わらない限り、埋込んだ情報は生き残り、後で検出することができる。したがって、一旦アナログ信号に変換した後でも、再デジタル化することで挿入した情報を検出することができる¹⁰⁾³⁵⁾。

また、不正コピーの作成者が意図的に行ったり、不正流通の過程で行われる様々な画像処理、音響処理に耐える。例えば、画像用電子透かしの場合、JPEG、MPEG などの非可逆圧縮、平滑化などのフィルタリング、一部切り取りなどの様々な画像処理を加えた後でも、挿入した情報を検出できるものがある¹³⁾。一方、音楽・音声用電子透かしの場合も、部分切出し、周波数フィルタなどの様々な音響処理に耐えるものがある¹²⁾。

3.2 電子透かしの役割

2 章では、不正コピーコンテンツの流通 (すなわち放送受信者が放送受信機からコンテンツを不正コピーし、これを配布すること) に関する脅威を明らかにした。本節では、この脅威への対策に用いる場合の、電子透かしの役割を明らかにする。

(1) 海賊版の流通モデル

分析に先だって、まず不正コピーコンテンツの流通モデルを明らかにする (図 3)。

不正コピーコンテンツ流通の関与者は、不正コピーを作成する作成者、それを配信する 2 次配信者、それを視聴する 2 次視聴者である。不正コピー作成者は放送視聴者と同じ者である。これらの関与者のなす不正行為は、(D) 不正コピーの作成行為、(E) 不正コピーの配信行為、(F) 不正コピーの視聴行為である。

(2) 電子透かしを用いた不正対策

不正コピー対策に限らず、一般に、セキュリティ技術には直接的対策と間接的対策がある (図 4)²⁸⁾。直接的対策は、不正行為を直接差し止めるものであり、海賊版流通防止の場合は、不正コピーの作成行為を差し止める

図 3 不正コピーコンテンツの流通モデル
Circulation model of illegal copies.

図 4 セキュリティ対策の分類
Categorization of security countermeasures.

コピー制御、不正コピーの配信行為を差し止める配信制御、不正コピーの視聴行為を差し止める視聴制御となる。一方、間接的対策は検知・通報のように、(a) 不正行為が起きないように予防したり、(b) 仮に不正行為が起きた場合でも、例えば、海賊版の流通防止などにより、原状を回復するものである。

最初に、直接的対策について述べる。電子透かしを用いた、海賊版流通の直接的対策としては、DVD 装置（DVD プレーヤ、レコーダ、PC ボードなど）および関連装置に電子透かしを装備し、不正コピーの作成や視聴を差し止める技術の標準化が検討されており、効果が期待されている²⁹⁾³⁰⁾。

この技術は、「コピー不可」「世代コピー可」などのコピー制御情報をコンテンツに埋込んでおき、DVD 装置において、埋込まれた情報を検出することによって、コピーの可否を判断し、制御を行うものである。また、DVD-RAM などの書込み可能な媒体に記録されたコンテンツから「コピー不可」情報を検出した場合に、不正コピーと判定して再生を差し止める。前節で述べたように、電子透かしで埋込んだコピー制御情報は、アナログ出力を経由した後でも検出できる。したがって、アナログ出力経由の不正コピーを直接防止する有効な手段となる。

次に、間接的対策について述べる。電子透かしを用いて、コンテンツに識別情報を埋込めば、アナログ出力を経由した後でも検出できるだけでなく、不正流通に伴う様々な画像処理、音響処理が加えられた後でも検出できる。したがって、電子透かしを用いて、後で不正コピーの流通を検知・通報することができる。例えば、コンテンツに著作権者の識別情報を挿入しておき、Web を常時監視することにより、当該著作権者のコンテンツが不正コピーされ、流通していることを検知し、著作権者に通報することができる。

電子透かしを用いた不正コピーの検知・通報手段として現在知られているものには、以下の二つがある。

- ・上記した Web の常時監視のような流通の監視による検知・通報¹⁸⁾

- ・2次視聴端末でコンテンツを処理するときに不正コピーであることを検知・通報⁶⁾

これらの手段により、不正コピーの作成行為、配信行

表 4 電子透かしの役割
Roles of watermarking.

脅威	間接的対策（予防・回復）
(D) 不正コピー作成	○ 不正コピーの作成行為を予防、被害回復できる。
(E) 不正コピー配信	○ 不正コピーの配信行為を予防、被害回復できる。
(F) 不正コピー視聴	× 自分が通報される可能性のある端末は、市場に受け入れられにくい。

為を検知・通報できる。一方、不正コピーの視聴行為を検知・通報することは、2次視聴端末からの通報によって技術的には可能である。しかし、自分が通報されるような端末はユーザに受け入れられないので、実際には困難である。間接的対策における考察を表 4 にまとめる。

3.3 電子透かしの重要性

不正コピーを防止するためには、調べようとするコンテンツが「コピー可」なのか「コピー不可」なのかを、制御システムが判別する必要がある。また、不正コピーを検知するためには、調べようとするコンテンツが正当に権利処理されているか、および利用条件に沿って正当に利用されているかどうかを、検知システムが判別する必要がある。そのためには、コンテンツの種別や著作権処理、および利用条件に関わる情報がコンテンツに直接付加されているか、あるいは、これらの情報が別の場所にあり、そのポイント情報がコンテンツに付加されていることが必要である。いずれの場合でも、コンテンツに判定情報が付加されていることが必要である。

コンテンツに判定情報を付加する方法としては、メタデータのようにコンテンツに付随した外部データに記述する方法と、電子透かしを用いてコンテンツ内に埋込む方法が考えられる。

しかし、デジタル化されたコンテンツがアナログ出力され、さらに再デジタル化される過程において、コンテンツに付随した外部データは消失する可能性が大きい。また、不正者の意図的な操作によって、外部データは容易に除去あるいは改竄されてしまう。したがって、アナログ出力経由の不正コピーを防止するための、コンテンツに判定情報を付加する手段としては、電子透かし以外にない。すなわち、従来技術のセキュリティホールであるアナログ出力経由の不正コピーは、電子透かしによってのみ防止することができる。

3.4 電子透かしの要件

電子透かしには、画像処理への耐性と画質劣化の防止という相反する課題がある。すなわち、上述した放送コンテンツの著作権保護に用いる電子透かしは、アナログ変換に対して十分な耐性を持っていることが必要である。また、アナログコピーされたコンテンツがネットワーク配信される際の再デジタル化・再圧縮処理への耐性も必要である。一方、放送映像としての画質を維持することも必要である。そこで、アナログ変換耐性、再ディ

デジタル化・再圧縮耐性、画質劣化許容範囲について、技術要件を明らかにする。

(1) アナログ変換耐性

電子透かしはアナログ経由のコピーを検知するために用いるので、アナログ変換耐性は必須である。

放送コンテンツにおいては、アナログ VHS 標準モードで録画したコンテンツが商品として広く流通している。また、アナログ VHS 録画再生機は広く普及しているので、媒体商品の再生映像から私的なダビングを自由に作れる状況にある。しかし、ダビングにより画質が劣化するため、劣化した画質の映像が放送コンテンツ商品として扱われることはない。

この状況を鑑みると、アナログ VHS へ 1 回目に標準モードで録画した媒体からの再生映像の画質が、商用に供するための最低水準にあるといえる。したがって、提案方法における放送コンテンツも、これと同等以上の画質を保護対象とすることが妥当である。

したがって電子透かしの要件は、アナログ VHS 標準モード 1 回コピーに相当する画像処理に対する耐性である。

(2) 再ディジタル化・再圧縮耐性

再ディジタル化については特に固有の要件はないが、再圧縮については固有の要件がある。すなわち、放送局における 1 度目の圧縮では主に MPEG2 が用いられるが、ネットワークでの不正配信では MPEG4 ベースの符号化方式が多用される。また、現在の放送は Standard Definition (SD) および High Definition (HD) で行われているが、ネットワーク配信では SD およびそれ以下の規格 (CIF など) が多用される。そこで、異なる符号化方式の組合せや解像度変換を伴う再圧縮に対する耐性が必要である。

(3) 画質劣化許容範囲

画質劣化の評価対象には、(a) 原画像と、電子透かし埋込み画像との差、(b) 原画像を圧縮符号化した画像と、電子透かし埋込み画像を圧縮符号化した画像の差、がある。(a)(b) 両方を評価することが望ましい。

電子透かし固有の画質評価方法としては、StirMark³¹⁾ などがよく用いられる。これらは、静止画を対象とした評価方法であるが、動画についての評価方法はまだ確立していない。そこで、放送映像の一般的な画質評価方法を取り上げることとする。

放送映像の画質評価方法としては、PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)³²⁾ などの客観的な評価法と、人間の目視に依存した主観評価法がある。ディジタル処理による画質劣化の場合、PSNR などの機械的な評価値と人間にとっての画質が、絵柄によって大きく相違することがあるので、主観評価法の利用が一般的である。特に、デジタル放送では、2 重刺激連続品質尺度法が最も良く用いられている³³⁾。そこで、電子透かしの画質劣化につ

いても、2 重刺激連続品質尺度法を用いるのが妥当と考える。

ITU 勧告によると、放送のためエンコーダとデコーダとがタンデムに接続される場合に、最終段階では 3/4(75%) の画像で劣化度 18% 以下、残り 1/4 の画像で劣化度 36% 以下となることが、デジタル放送画質要件となる³⁴⁾。電子透かしによる画質劣化許容範囲についてもこれと同等範囲が妥当と考える。

4. 電子透かしの利用方法

4.1 本検討の観点

本章で検討する電子透かしを用いた著作権保護については、従来ネットワーク配信を対象として検討されてきた¹⁷⁾¹⁸⁾。しかし、本検討の対象であるデジタル放送は、以下の 3 点において、ネットワーク配信とは本質的に異なっている。

(1) ネットワーク配信では、コンテンツのコピーを禁止、あるいは制御することが前提となっている。一方、放送コンテンツは、アナログビデオなどを用いてコピーされることを前提に放送されている。

(2) ネットワーク配信方式は短いサイクルで改良・変更されるため、その時に新しい著作権保護技術を導入することができる。一方、放送方式は ARIB などで標準化され、長期間にわたって固定的に使用される。このため、一旦決められた放送方式の中に新たに著作権保護技術を組み込むことは困難である。

(3) ネットワーク配信の受信機は、PC などの耐タンパー性の不十分な装置が用いられる場合が多い上、一律の標準化は困難である。一方、デジタル放送の受信機は、耐タンパー性のあるハードウェア装置が用いられる上、一律に標準化がなされる。

以上の相違のゆえに、電子透かしを用いた著作権保護技術の確立のためには、既存の検討に加え、以下の観点から新たな知見を与える必要がある。

(1) ネットワーク配信では、コピーの防止が主要課題であり、電子透かしを用いたコピーの検知・通報は補助的であった。しかし、デジタル放送ではコピーの防止はできないので、電子透かしを用いたコピーの検知・通報は本質的な課題となり、その実施は社会インフラとして、より広範なものとなる。そこで、社会インフラとしてのコストおよび効果の見積もりを行って、実現の難易度を検討する必要がある。また、電子透かしの技術要件についても、放送コンテンツとしての画質およびアナログ耐性について、固有の検討が必要である。

(2) 既存の放送方式 (例えば、CAS や符号化) を変更することは不可能なので、電子透かし利用システムは、既存方式の外側に追加する形で構築する必要がある。

(3) 受信機に電子透かし装置を装備するなど、受信機が耐タンパー性のある標準装置であることを有効利用

することが望ましい。

4.2 検知・通報の種類とその特性

3.2 節で述べたように、電子透かしを用いた検知・通報の方法は、流通の監視と2次視聴端末での監視に分類することができる。

最初に、流通を監視するシステム（流通監視エージェント）を用いての検知・通報について分析する。流通の監視は、さらにネットワーク流通の監視と可搬媒体流通の監視に分類できる。ネットワーク流通の監視では、通信途中のコンテンツを検査することは困難であるから、通信前あるいはキャッシング状態のコンテンツを検査することになる。例えば、Web サイトに掲載されたコンテンツを検査する。しかし、通信前あるいはキャッシング状態のコンテンツの検査は、時間およびコストの問題により、範囲（例えば、検査できる Web サイトの数）に限界がある。また、不正者が Web サイトなどにアクセス制限を設けて検査を妨害することも可能である。一方、可搬媒体流通の監視では、媒体をプレーヤにかけてコンテンツを再生するなどの人手による処理が必要であるため、より狭い範囲の検査しかできない。以上のように、流通の監視は効果に限界がある。

次に、2次視聴端末での監視について分析する。不正者が不正コピーの流通をいかに巧妙に行っても、最後に不正コピーは2次視聴端末で視聴される。その点において、2次視聴端末での検知・通報は極めて確実性の高い方法である。この方法の問題点は、電子透かしを多くの2次視聴端末に装備することの実現性である。ただし、電子透かしを標準装備することまでは必要ない。例えば、全国の2次視聴端末の1/10に装備されただけでも、検知・通報の効果は充分期待できる。

電子透かしを用いた検知・通報の方法は、下記の二つのレベルに分類することもできる。

・低レベル：単に不正コピーが流通しているという事実を検知・通報するレベル

・高レベル：不正者（不正コピーの作成者、配信者あるいは視聴者）を特定して通報するレベル

後者の不正者特定の方が効果は大きい。

まず、不正コピーの作成者を特定するためには、コンテンツを受信した受信機あるいはその利用者の識別情報を埋込むことが必要である。

次に、配信者の特定については、ある Web サイトから不正コピーを検知した場合に、その Web サイトが不正コピーの配信者であると判断できる。したがって、コンテンツが不正コピーか否かを判断するための情報（利用条件など）のみ埋込んでおけばよく、配信者の個別情報を埋込んでおく必要はない。最後に、不正コピーの視聴者を特定することは、3.2 節で述べたように困難である。

4.3 電子透かしの利用方法の分類

本説では、電子透かしの挿入および検出の場所により

電子透かしの利用方法を分類する。図1より、その場所の候補として、放送局、放送受信機、2次配信サーバ、2次視聴端末が挙げられる。また、それ以外に、流通監視エージェントがありうる。

これらの場所における挿入と検出の組合せの内、下記は除外することができる。

・2.2 節で述べたように、本論文では、放送局は不正をしないことを前提としている。したがって、コンテンツが放送受信機に届くまでは、不正がありえないので、放送局や放送受信機で電子透かしを検出するケースは考慮する必要がない。

・2次配信者が不正な場合に、2次配信サーバで電子透かしの挿入や検出を行うことは考えられない。また、2次配信者が不正でない場合には、元々不正コピーを扱う可能性がないので、そこで電子透かしの挿入や検出を行う必要はない。したがって、2次配信サーバでの電子透かしの挿入および検出を考慮する必要はない。

・3.2 節(2)で述べたように、自分が通報されるような端末は、ユーザに受け入れられない。したがって、2次視聴端末で電子透かしを埋込んでも、それを検出する場面がないため、2次視聴端末での埋込みは考える必要がない。

以上の考察から、電子透かしを埋込む場所は、放送局か放送受信機の2通りであり、電子透かしを検出する場所は、流通監視エージェントか2次視聴端末の2通りである（図5）。また、電子透かしの利用方法には、これらの組合せとして以下の4通りの可能性がある。

方法1： 放送局で電子透かしを挿入し、流通監視エージェントで検出する

方法2： 放送局で電子透かしを挿入し、2次視聴端末で検出する

方法3： 放送受信機で電子透かしを挿入し、流通監視エージェントで検出する

方法4： 放送受信機で電子透かしを挿入し、2次視聴端末で検出する

4.4 従来の研究

4.1 節で述べたように、電子透かしを用いた著作権保護については、従来ネットワーク配信を対象として検討されてきた。そこで、放送とネットワーク配信の相違を明らかにし、放送に固有の観点から電子透かしの利用方法を検討する点が、本研究の最も重要な新規性である。また、電子透かしの挿入および検出箇所という観点から、放送における電子透かしの利用方法を体系的に分類する点も、本研究の新規性である。さらに、本論文で提案する方法1～4の使い方は、放送について検討されていなかった。

方法1は、cIDF⁽⁷⁾など既存のネットワーク流通監視

図 5 電子透かしの挿入・検出場所
Points to embed and to detect watermarks.

フレームワークと類似するが、以下の点異なる。すなわち、従来の流通監視技術の目的は、ネットワーク配信するコンテンツの著作権保護であった。一方、提案方法は放送コンテンツの著作権保護を目的とする。また、従来の流通監視における電子透かしの技術要件としては、例えば、高圧縮符号化に対する電子透かし耐性が重要であった。一方、提案方法の電子透かしの技術要件ではアナログ変換耐性が重要である。また、従来の流通監視技術の運用方法では、コンテンツの利用状況によって違法、合法が分かれていた。このため、通報前にメタデータによる利用状況の確認などが必要であった。一方、放送コンテンツはネット上に流れたこと自体が違法である。より厳密には著作権法第二条九の五により、インターネットに接続されたパソコンに放送コンテンツを載せるなど、自動送信可能な状態にすることだけで違法である。このため、方法1のような検討は行われてこなかった。

方法2と類似した先例として、総務省から2次視聴端末での視聴制御に電子透かしを用いる提案⁶⁾が示されているが、上述した従来の流通監視技術と同様に、ネットワーク上のコンテンツに対する著作権保護方法である。したがって、方法1について述べた比較論と同様に、総務省の提案は目的、電子透かしの技術要件および運用方法の点で提案方法と異なる。

方法3と類似した先例として、コンテンツにユーザIDを電子透かしで挿入する利用法（フィンガープリンティング）が示されている³⁶⁾³⁷⁾。ユーザIDを挿入する場所には、コンテンツの送受信を行う際のサーバ側とクライアント側の2種類がある。サーバ側で電子透かしを挿入する場合は、放送受信機で放送視聴者のIDを埋込む方

法3と構成が異なる。クライアント側で電子透かしを挿入する場合、従来の方法ではユーザの手元に透かし埋込み装置を置くことになるので、電子透かしのアルゴリズムが解読され、偽造や改ざんの危険性が出てくる課題があった。一方、提案方法は電子透かし埋込み装置をユーザの手元に置くが、放送受信機で用いる点が新規である。放送受信機には耐タンパー措置が施されているので、内部の解析が極めて困難である。したがって方法3により、フィンガープリンティングをセキュアに具体化できる。さらに放送視聴者IDを特定した上で通報する手段と組み合わせる新しい利用方法を提案している。

方法4は、方法2と方法3の組合せによる新しい利用方法である。

4.5 コスト、効果および実現性の考察

本節では、前節で明らかにした4通りの利用方法の特徴を、コスト、効果および実現性の観点から考察する。

はじめにコストについて述べる。ここでは、次の各場合に電子透かしチップを装備するコストを明らかにする。

(x1) 放送受信機で電子透かし埋込みチップを装備するコスト

(x2) 2次視聴端末で電子透かし検出チップを装備するコスト

(x3) 流通監視エージェントで電子透かし検出チップを装備するコスト

(x4) 放送局で電子透かし埋込みチップを装備するコスト

電子透かし検出には、50Kゲート程度のチップが必要である^{38)~40)}。また、電子透かし埋込みにも同規模のチップが必要である。そこで、普及済みの商用チップとの対比により、まず(x1)の放送受信機で装備するコストを試算する。

例えば、トランジスタ換算ゲート数10Mゲート程度の商用CPUプロセッサは、2002年3月時点で国内実売価格1~2万円台である⁴¹⁾⁴²⁾。放送用の電子透かし透かしチップは、国内のすべての放送受信機に装備されるので、商用CPU同様の十分な量産効果が期待できる。したがって、チップ価格をゲート数で換算することが可能である。約200分の1の規模(50Kゲート)の電子透かしチップの単価見込みは、およそ50円~100円台となる。このチップを放送受信機で装備する場合、放送を受信する国内世帯数3000万世帯の乗算により、(x1)は15億円~30億円のコスト規模となる。より正確には、一世帯に1台以上の放送受信機が存在するので、この試算よりもやや大きなコストになると考えられる。ただし放送受信機は、パソコンに比べて使用期間が長いので、将来的なコストダウンが期待できる。

(x2)の2次視聴端末での標準装備の場合、(x1)と同規模のコストを要する。ただし4.2節で述べたように、2次視聴端末での装備は全体の10%程度でも充分効果が

期待できるため、普及率によっては (x1) ほどコストを要しない。ただし、量産効果が十分に享受できない場合、10%の世帯に普及した時のコストが単純に (x1) の 1/10 (1.5～3 億円) とならない可能性もある。これらを考慮して、(x2) のコスト規模は 1.5～30 億円と試算する。

放送局や流通監視エージェントに装備する場合、チップは数個～高々数百個あればよく、コストは小さい。この場合、量産効果が得られないため、同様の試算はできない。しかし、端末台数分必要な (x1)(x2) と比べれば、(x3)(x4) のコストは大幅に小さいと考えられるので、いずれも 1.5 億円未満と試算する。

以上の考察をまとめると、下記の試算を得る。

(x1) 15 億円～30 億円

(x2) 1.5～30 億円

(x3) 1.5 億円未満

(x4) 1.5 億円未満

ここで、提案する 4 種類の電子透かし利用方法のコストは、上記コストの加算として得られる。方法 1 は (x3) と (x4) の加算でコスト「小」(3 億円未満) とする。方法 2 は (x2) と (x4) の加算で 3～31.5 億円程度であり、コスト「中」とする。方法 3 は (x1) と (x3) の加算により 16.5～31.5 億円程度であり、方法 2 と高々同規模なのでコスト「中」とする。方法 4 は (x1) と (x2) の加算となり 16.5～60 億円規模で、コスト「大」とする。

次に、検知・通報の効果について述べる。4.2 節で述べたように、次の 4 種類の検知・通報の方法がある。

- (a) 2 次視聴端末 (広い監視範囲) で、不正行為者を特定
- (b) 流通監視エージェント (限定された監視範囲) で、不正行為者を特定
- (c) 2 次視聴端末で、不正コピー流通を発見
- (d) 流通監視エージェントで、不正コピー流通を発見

4 種類のうち (a) の効果は最大で、(d) の効果は最小である。(a) の場合、特定した不正行為者に対して、損害賠償や配信差止めなどの直接的な対抗措置を取ることができる。(d) の場合、直接的な対抗措置はできないものの、不正コピー流通を発見できれば、間接的な対抗措置を取ることができる。例えば、コンテンツの価格を引下げることにより、不正コピーの拡散を押しとどめる効果が期待できる。

(b) と (c) の効果は、いずれも (a) と (d) の中間の効果となる。ここで、(b) は検知対象により下記のように 2 分できる。

- (b1) 限定された監視範囲で不正コピー作成者を特定
 - (b2) 限定された監視範囲で不正コピー配信者を特定
- (b1) は、限定された監視範囲内でも、不正コピー作成者が特定できれば、(a) と同程度の効果が得られる。一方、(b2) において配信行為者を特定する能力があっても、

4.2 節で述べたように、限定された監視範囲内に悪意を持った不正コピー配信行為者がいる可能性は低い。不正配信者を発見しても、配信者に悪意がなかった場合、損害賠償などによる直接的な原状回復は難しい。配信停止を促すなど被害拡大防止にとどまることが多いと思われる。こうした実状を踏まえると、(b2) の効果は実質的に (d) の効果と大きな差はない。

(c) の場合、上述した (d) 同様の間接的な効果であるが、(d) と比べて監視範囲が広いので、多くのあるいは多種類の不正コピーに対して、対抗措置を取ることができる。

ここで、以上の考察をまとめる。(a) と (b1) は直接的な対抗措置が取れる。(c)(b2)(d) は間接的な対抗措置しか取れない。検知・通報の効果の大きさは下記の順序となる。

$$a > b1 \gg c > b2 > d$$

そこで、効果については (a) と (b1) を評価○とし、(c)(b2)(d) を△とした。表 5 は、前節で明らかにした 4 通りの利用方法の特徴を、コストと効果についてまとめたものである。以下で各方法の詳細な分析を行う。

- (1) 放送局で電子透かしを挿入し、流通監視エージェントで検出する場合 (方法 1)

電子透かしシステム (方法 1) の構成を図 6 に示す。放送局では、電子透かし挿入設備により、何らかの識別情報を放送コンテンツに挿入し、放送電波にのせて放送する。例えば、識別情報を放送局 ID とすることにより、調べようとするコンテンツが放送局のものであることを、後で判別することができる。

もしも放送受信機において、不正コピーが作成された場合、海賊版放送コンテンツは 2 次配信サーバから配信され、2 次視聴端末にて視聴される。このとき、電子透かし検出設備を備えた流通監視エージェントにおいて、海賊版放送コンテンツから識別情報を検出できる。不正検知ができれば、例えば、放送局 ID と 2 次配信サーバを特定した上で通報するなどの処置を取ることができる。

この場合、電子透かし挿入設備は、放送局内に少なくとも 1 箇所あればよい。また、電子透かし検出設備は、流通監視エージェントに少なくとも 1 箇所あればよい。したがって、表 5 に示すように、端末で電子透かし挿入、あるいは検出する場合 (端末台数分コストがかかる) と比べるとコストは小さい。

方法 1 の電子透かし埋込みは放送局が自ら実施でき、また検出も放送関連業界が流通監視エージェントを運営すればよい。したがって、他の業界との連携や制約を受けることがないため、実現性は高い。

方法 1 の検知・通報の効果は、他の構成と比べて小さい。放送局では、同一のコンテンツを放送するため、放送視聴者個人の特定情報を埋込むことができない。したがって、流通監視エージェントで不正コピーを検知して

表 5 電子透かし利用方法の比較
Comparison of watermarking applications.

利用方法	電子透かし挿入・検出場所				コスト	検知・通報の効果		評価の理由
	放送局	放送受信機	流通監視エージェント	2次視聴端末		不正コピー作成行為	不正コピー配信行為	
方法 1	↓		↑		小 (< 3.0)	△ (d)	△ (b2)	放送局と流通監視エージェントだけの設備コストでよい。放送業界以外の業界との関わりがないので実現性がよい。放送局では個人特定情報の挿入ができないので、不正コピー作成行為の検知・通報は困難。流通監視エージェントの検知能力は不完全。
方法 2	↓			↑	中 (3.0-31.5)	△ (c)	○ (a)	2次視聴端末台数分設備コストがかかる。2次視聴端末での透かし検出を標準装備させることは実現性に困難を伴う。一部の装備でも不正コピー配信行為の抑止が可能。
方法 3		↓	↑		中 (16.5-31.5)	○ (b1)	△ (b2)	放送受信機台数分設備コストがかかる。放送業界以外の業界との関わりがないので実現性がよい。放送受信機では個人特定情報の挿入ができるので、不正コピー作成行為の抑止が可能。
方法 4		↓		↑	大 (16.5-60.0)	○ (a)	○ (a)	2次視聴端末と放送受信機の両台数分設備コストがかかる。放送受信機での個人特定情報挿入、2次視聴端末での検出により、不正コピーの作成、配信行為を抑止可能。

電子透かし：挿入=↓，検出=↑ コスト：カッコ内は試算，単位億円

検知通報の効果：(a) 広い監視範囲で，不正行為者を特定，(b1) 限定された監視範囲で，不正コピー作成者を特定，

(b2) 限定された監視範囲で，不正コピー配信者を特定，(c) 広い監視範囲で，不正コピー流通を発見，(d) 限定された監視範囲で，不正コピー流通を発見

$a > b1 >> c > b2 > d$

図 6 システム構成図 (方法 1)
System architecture : Method 1.

も、それを作成した放送視聴者を特定することはできない。また、4.2 節で述べたように、流通監視エージェントの検知能力自体も不十分である。

ここで、方法 1 における電子透かしの技術要件について考察を加える。放送制度は国によって法律が異なるため、世界一律でその著作権保護を論じることは困難である。そこで、日本国内に議論を限定すると、国内の衛星系一般放送事業者数は 146 社なので、例えば、8 ビットあれば十分に識別できる⁴³⁾。したがって、方式 1 の基本形では、8 ビットの情報を埋込み、検出するという条件の下で、3.4 節で述べた耐性と画質劣化に関する技術要件を満たす必要がある。

さらに、放送局を識別するだけでなく、個々のコンテンツを識別したい場合もある。その場合には、例えばコンテンツ ID フォーラム (cIdf) 仕様で規定された 64 ビットのコンテンツ ID を用いる¹⁷⁾。したがって、この場合 64 ビットの情報を埋込み、検出するという条件の

下で、3.4 節で述べた技術要件を満たす必要がある。

(2) 放送局で電子透かしの挿入し、2次視聴端末で検出する場合 (方法 2)

不正コピーが作成された場合、海賊版放送コンテンツは 2次配信サーバから配信され、2次視聴端末にて視聴される。そして、電子透かし検出設備を備えた 2次視聴端末により、海賊版放送コンテンツから電子透かしを検出できる。

この場合、2次視聴端末台数分コストがかかる。

また、2次視聴端末はパーソナルコンピュータなどを含むので、それらへの電子透かし検出器の装備は、放送業界だけでなく、他の業界との連携や制約を受けるため、実現への障害が大きい。

放送視聴者の特定情報を埋込めないで、不正コピー作成行為の検知・通報効果は方法 1 と同じである。一方、2次視聴端末で検出する場合、不正な 2次配信サーバを特定することができる。したがって、4.2 節で述べたよ

図 7 システム構成図 (方法4)
System architecture : Method 4.

うに、不正配信行為の検知・通報効果は方法1のケースより大きい。

なお、方法2における電子透かしの技術要件は、方法1と同様であり、8ビットあるいは64ビットの情報を埋込み、検出するという条件の下で、3.4節で述べた耐性と画質劣化に関する技術要件を満たす必要がある。

(3) 放送受信機で電子透かしを挿入し、流通監視エージェントで検出する場合 (方法3)

放送局より放送された放送コンテンツは、電子透かし挿入設備を備えた放送受信機にて受信される。そして、放送コンテンツの暗号が解かれ視聴されるまでに、識別情報を挿入する。

この場合、放送受信機台数分コストがかかる。

また、放送受信機での電子透かし埋込みは放送関連業界で実施でき、また検出も、放送関連業界が流通監視エージェントを運用すればよい。したがって、他の業界との連携や制約を受けることがないため、実現性は高い。

識別情報として放送視聴者IDを埋込めば、不正コピーの作成行為者を後で特定することができる。したがって、4.2節で述べたように、不正コピーの作成行為に対する検知・通報の効果は方法1のケースより大きい。

ここで、方法3における電子透かしの技術要件について考察を加える。放送視聴者IDは30ビットあれば、10億人の識別が可能であり、(1)で述べたように国内では充分である。さらに必要に応じて、方法1で述べたようにコンテンツIDを識別情報に用いる。したがって、方法3の電子透かしは、上述した必要ビット数を識別情報として埋込み、検出するという条件の下で、3.4節で述べた技術要件を満たさなければならない。

(4) 放送受信機で電子透かしを挿入し、2次視聴端末で検出する場合 (方法4)

電子透かしシステム (方法4) の構成を図7に示す。

放送受信機において、方法3と同様に、後で不正コピーの作成行為者を特定する識別情報を埋込むことができる。2次視聴端末において、方法2と同様に、不正な

2次配信サーバを特定することができる。さらに、前記識別情報を検出することができる。したがって、これらの不正行為者を特定した上で通報することができる。

この場合、放送受信機および2次視聴端末の両端末台数分のコストがかかるため、コストが最も大きくなる。その一方、上記方法2と方法3の長所を兼ね備えるため、検知・通報の効果は最も大きい。

実現性については、上述した方法3と同様に放送受信機での電子透かし埋込みの点では実現性が高いが、方法2と同様に2次視聴端末での検出の点では実現への障害が大きい。

なお、方法4における電子透かしの技術要件は、方法3と同様である。

(5) 利用方法のまとめと今後の課題

表5において、方法1は、コストと実現性に優れるものの、検知・通報効果が小さい。一方、方法4はコストと実現性に課題を残すものの、検知・通報効果が大きい。方法2および3は、これらの中間的な位置づけである。

また、4つの構成のうち、2つ以上のシステムの組合せも可能である。その場合、コスト、実現の難しさ、効果は各々の方式の和となる。例えば、放送局と放送受信機で電子透かしを挿入し、流通監視エージェントと2次視聴端末で検出する場合を考えてみる。この場合、すべて実装するため、コストは最大となる。また、関係者が全体に及ぶため、実現性は最小となる。一方、効果の方は、期待する最大の効果が得られる。電子透かしの利用にあたっては、これらの特徴を考慮するべきである。

方法1および2、3で、検知・通報の効果が小さい理由は本質的なものであるため、今後効果を大幅に向上させることは困難である。例えば、放送局で電子透かしを埋込む場合に、個別の視聴者識別情報を埋込むことは今後とも困難である。また、流通監視エージェントが世界中のWebサイトの内、限定された範囲しか検査できない点についても、今後大幅な改善は期待できない (計算機やネットワーク性能の向上によって検査できるWeb

サイト数は増加するが、一方、Web サイトの全体数も増加する。また、Web サイト側での検査の妨害も依然として可能である。したがって、検査可能な Web サイトの率は大幅には向上しない。

一方、コストおよび実現性は、今後、実装技術の革新や普及状況、新しい運用方式の導入などによって改善されうる。例えば、標準化に伴って電子透かし装備を大量生産できれば、コストは大幅に引き下げられる。したがって、実現技術や運用技術の向上および標準化活動などを通じて、コストおよび実現性を向上することが重要である。

なお、3 次以降の不正流通により、不正なコンテンツ数が指数的に増加していく脅威がある。3 次以降の不正流通が生じるのは、以下の二つの場合である。

- ・ 2 次流通での不正行為を検知する前に 3 次流通に流れる場合（監視の速度より被害拡大速度が速い）

- ・ 2 次流通での不正を検知できない状態にコンテンツを改変加工された場合（監視能力の質的な限界を超えた状態）

前者では、監視能力の量的な向上が必要である。例えば、2 次視聴端末での透かし検出器の装備を、さらに普及させることで、監視能力を高めることができる。後者は、監視能力の質的な課題である。例えば、異なる種類の加工に強い複数種類の電子透かしを挿入することで、多様な加工への耐性を確保するなど、より耐性の高い電子透かし技術の開発が必要である。

5. む す び

本論文では、ネットワーク配信と放送の相違を明確化した上で、放送コンテンツの著作権保護における電子透かしの利用方法について以下を明らかにした。

- ・ 従来の著作権保護技術では、放送受信機のアナログ出力を介して、不正コピーの作成および配信の可能性がある。

- ・ 電子透かしは、不正コピーの作成および配信の検知・通報に有効利用できる。

- ・ 電子透かしの技術要件は：(a) アナログ VHS1 回コピー相当のアナログ耐性に加え、再デジタル化および再圧縮への耐性があること、(b) 画質劣化許容範囲は 2 重刺激連続品質尺度法を用いて 3/4 の画像で劣化度 18 % 以下、残り 1/4 の画像で劣化度 36 % で済むこと、である。

- ・ 電子透かしの有効な挿入場所は、放送局と放送受信機であり、有効な検出場所は流通監視エージェントと 2 次視聴端末である。有効なシステム構成はこれらの組合せとして 4 通りある。

さらに、4 通りのシステム構成の特徴を、コストと効果の観点から明らかにした。これらのシステムを実用化するにあたって、今後、以下の課題を解決することが必

要である。

- ・ 放送受信機および 2 次視聴端末への電子透かし機能の装備は、不正コピー対策の効果が大きい反面、装備のコストが大きい。そこで、装備コストを低減するための実現および運用方式の確立が重要である。

- ・ ハイビジョンを含む高品質コンテンツに適用可能な、画質劣化の少ない電子透かし方式であって、しかも、アナログ変換後にも安定した検出が可能な方式を策定することが必要である。

- ・ 3 次以降の不正流通を阻止するために、より加工耐性の高い電子透かし技術の開発が必要である。例えば、異なる種類の加工に強い複数種類の電子透かしを挿入することで、多様な加工への耐性を確保する多重透かし技術の開発が必要である。

今後はこれらの課題を解決し、著作権保護技術としての電子透かし利用方法を確立して行きたい。最後に、本研究にあたり熱心な議論をして頂いた、NHK 放送技術研究所次世代符号化グループの皆様、および日立製作所関係部署の皆様に感謝致します。

〔文 献〕

- 1) 総務省編：“平成 12 年度版情報通信白書”，第 3 章 情報通信政策の動向，ぎょうせい，(2001)
- 2) 西正：“デジタル放送革命”，プレジデント社 (2001)
- 3) 吉村俊郎：“デジタル放送システム”，情報処理，41，08，pp.939-944(2000)
- 4) 八木伸行 吉村俊郎 加井謙二郎：“データ放送技術読本 BS/CS/地上デジタル放送”，オーム社 (2002)
- 5) 経済産業省商務情報政策局監修：“デジタルコンテンツ白書 2001”，デジタルコンテンツ協会 (2001)
- 6) 総務省 デジタルコンテンツのネットワーク流通市場形成に向けた研究会：“デジタルコンテンツの著作権などの保護とネットワーク流通の円滑化に向けて”，(2001) <http://www.soumu.go.jp/>
- 7) 総務省編：“平成 13 年版情報通信白書”，第 3 章 情報通信政策の動向，第 4 節 コンテンツの振興 (2002)
- 8) 総務省 平成 13 年度情報通信審議会答申：“諮問第 2003 号「大容量蓄積機能を活用するデジタル放送方式に関する技術的条件」のうち「BS デジタル放送用受信機等が対応可能な権利保護方式の技術的条件」”(2002)
- 9) 経済産業省メディアコンテンツ課：コンテンツ産業政策の課題と方向性について（改訂版），http://www.meti.go.jp/policy/media_contents/ (2001)
- 10) Ingemar J.Cox, Matthew L.Miller, Jefferey A.Bloom：“DIGITAL WATERMARKING”，Morgan Kaufmann Publishers(2002)
- 11) Neil F.Johnson, Zoran Duric, Sushil Jajodia：“Information Hiding - Steganography and Watermarking - Attacks and Countermeasures”，Kluwer Academic Publishers(2001)
- 12) 松井甲子雄：“電子透かしの基礎”，森北出版株式会社，(1998)
- 13) 佐々木良一・吉浦 裕・手塚 悟・三島久典：“インターネット時代の情報セキュリティ暗号と電子透かし”(2000)
- 14) 映像情報メディア学会編：“デジタル放送局システムのしくみ”，オーム社 (2001)
- 15) 電波産業会：“BS デジタル放送限定受信方式”，ARIB STD-B25 3.0 版 (2001)
- 16) Bill Rosenblatt, Bill Trippe and Stephen Mooney：“Digital Rights Management, Business and Technology”，M & T Books(2001)
- 17) Content ID Forum：“CIDF 仕様書”，<http://www.cidf.org/>(2002)
- 18) 櫻井紀彦，木俣豊，高嶋洋一，谷口展郎，難波功次：“コンテンツ流通における著作権保護技術の動向”，情報処理，トランザクション「データベース」Vol.42 No.SIG15 - 007(2001)
- 19) Ross J. Anderson：“Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems”，John Wiley & Sons, Inc.,pp.288-316(2001)
- 20) 岡本宏夫：“デジタル放送とインタフェース”，映像誌，55，6，pp.787-790(2001)
- 21) HDCP Specification revision 1.0，<http://www.digital-cp.com/>
- 22) 電子情報技術産業協会，“VBI を用いたビデオ ID 信号伝送方法”，CPR-

1204(1997)

- 23) 村田敏則：“デジタル技術による放送サービスの革新と課題”，日立技術士会ニュース第34号，pp.2-4(2001)
- 24) 社団法人電波産業会：“BS／広帯域CSデジタル放送運用規定技術資料”，ARIB TR-B15 2.2版(2002)
- 25) Macrovision, <http://www.macrovision.com/>
- 26) 馬場秋雄：“アナログコピー制御技術(1)～マクロビジョン～”，映情学誌，56，12，pp.1924-1925(2002)
- 27) CPTWG, <http://www.cptwg.org/>
- 28) 佐々木良一，宝木和夫，桜庭健年，寺田真敏，浜田成泰：“インターネットセキュリティ基礎と対策技術”，オーム社，pp.23-30(2000)
- 29) 森本典繁：“電子透かし技術”，電子情報通信学会誌1999年08月号，pp.836-838
- 30) DVD Forum, <http://www.dvdforum.org/>
- 31) StirMark, <http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/stir-mark/>
- 32) 池田宏明，Poudel Bed Prasad，小町祐史：“AVシステムの品質評価(QA)の必要性と標準化”，画像電子学会第5回VMA研究会資料(2000年7月28日)
- 33) 中須英輔：“ビデオ系の品質評価～デジタル符号化テレビ画像の評価を中心に～”，画像電子学会第5回VMA研究会資料(2000年7月28日)
- 34) Rec. ITU-R BT.1122-1, “USER REQUIREMENTS FOR EMISSION AND SECONDARY DISTRIBUTION SYSTEMS FOR SDTV, HDTV AND HIERARCHICAL CODING SCHEMES”, <http://www.itu.int/>
- 35) 江島将高，宮崎明雄，丸山健治：“印刷画像に対する電子透かし方式の検討”，信学論，J82-A, 7, pp.1156-1159(1997)
- 36) 竹内一樹，小館亮之，富永英義：“画像コンテンツ内容に基づくID抽出とその応用について”，情報処理学会電子化知的財産・社会基盤研究会報告10-3, pp.15-22(2000.11.24)
- 37) 三浦信治，渡辺創，嵩忠雄：“サーバの不正も考慮した電子透かし法について”，1997年暗号と情報セキュリティシンポジウム講演論文集，SCIS'97-31C(1997)
- 38) Matt L. Miller, Ingemar J. Cox, Jeffrey A. Bloom: “Watermarking in the Real World: An Application to DVD”, Multimedia Security Workshop, ACM Multimedia '98, Bristol, UK, Sept. 12-16, 1998. GMD Report 41, Ed. J. Dittmann, P. Wohlmacher, P. Horster and R. Steinmetz, 71-76, (1998)
- 39) Millennium Group: “Millennium Group Update”, CPTWG, September 20, 2000, <http://www.cptwg.org/>
- 40) Galaxy Group: “Galaxy Watermark Proposal Version 1.1”, DVDWG Document 99/CFCR02-3
- 41) “最新CPU全域測定”，DOS/V Magazine 2002-3.15, pp.98-125(2002)
- 42) “CPU ROAD MAP”，PC Magazine 2002-2.12, pp.107-115(2002)
- 43) 総務省：“平成14年版情報通信白書”，第2章第3節1(1)事業者数，<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h14/>

やまのたかあき

山田 隆亮 1988年，京都大学工学部資源工学科卒業。同年，日立製作所に入社。大森ソフトウェア工場を経て，現在，システム開発研究所第7部(セキュリティシステム研究部)主任研究員。マルチメディア応用，コンテンツ流通システムの研究に従事。正会員。

よしうらひろし

吉浦 裕 1981年，東京大学理学部情報科学科卒業。同年日立製作所入社，日立研究所，システム開発研究所に勤務。2003年より，電気通信大学電気通信学部人間コミュニケーション学科助教授。自然言語処理，知識処理，情報セキュリティ，著作権保護の研究に従事。理学博士。

えちやまいくお

越前 功 1995年，東京工業大学理学部応用物理学科卒業。1997年，同大学院修士課程修了(応用物理学)。同年日立製作所入社，システム開発研究所配属，情報セキュリティ技術，画像用電子透かし技術の研究開発を担当。現在，同研究所第7部(セキュリティシステム研究部)研究員。工学博士。正会員。

おがわかずと

小川 一人 1987年，東京大学工学部電子工学科卒業。同年，NHKに入局。甲府放送局技術部を経て，1991年より，放送技術研究所に勤務。コンテンツ流通システム，著作権保護用画像処理の研究に従事。正会員。

むろたいつうろ

室田 逸郎 1998年，早稲田大学大学院理工学研究科材料工学修士課程修了。同年，NHK入局。放送技術局を経て，2000年より放送技術研究所に勤務。2003年より，放送技術局に所属。コンテンツ流通システム，著作権保護用画像処理の研究に従事。正会員。

おおたけごろう

大竹 剛 2001年，東京工業大学大学院情報理工学研究科修士課程修了。同年，NHK入局。放送技術研究所においてコンテンツ流通システム，著作権保護用画像処理の研究に従事。正会員。

ごうしせいいち

合志 清一 1981年，早稲田大学理工学研究科博士前期課程修了。同年，NHK入局。1984年より，放送技術研究所にて映像信号のデジタル信号処理・伝送の研究に従事。1995年，技術局に転じ，デジタル伝送機器の開発・整備に従事。1999年より，放送技術研究所にてコンテンツセキュリティの研究に従事。現在，同研究所次世代符号化主任研究員。工学博士。正会員。