

# 放送向け電子透かし応用ソリューション

菅井豊和\* 藤倉 忍\*\*  
石川康雄\*  
乗原督弥\*\*

## Digital Watermarking Applicative Solution for Broadcasting

Toyokazu Sugai, Yasuo Ishikawa, Masahiko Kuwabara, Shinobu Fujikura

### 要 旨

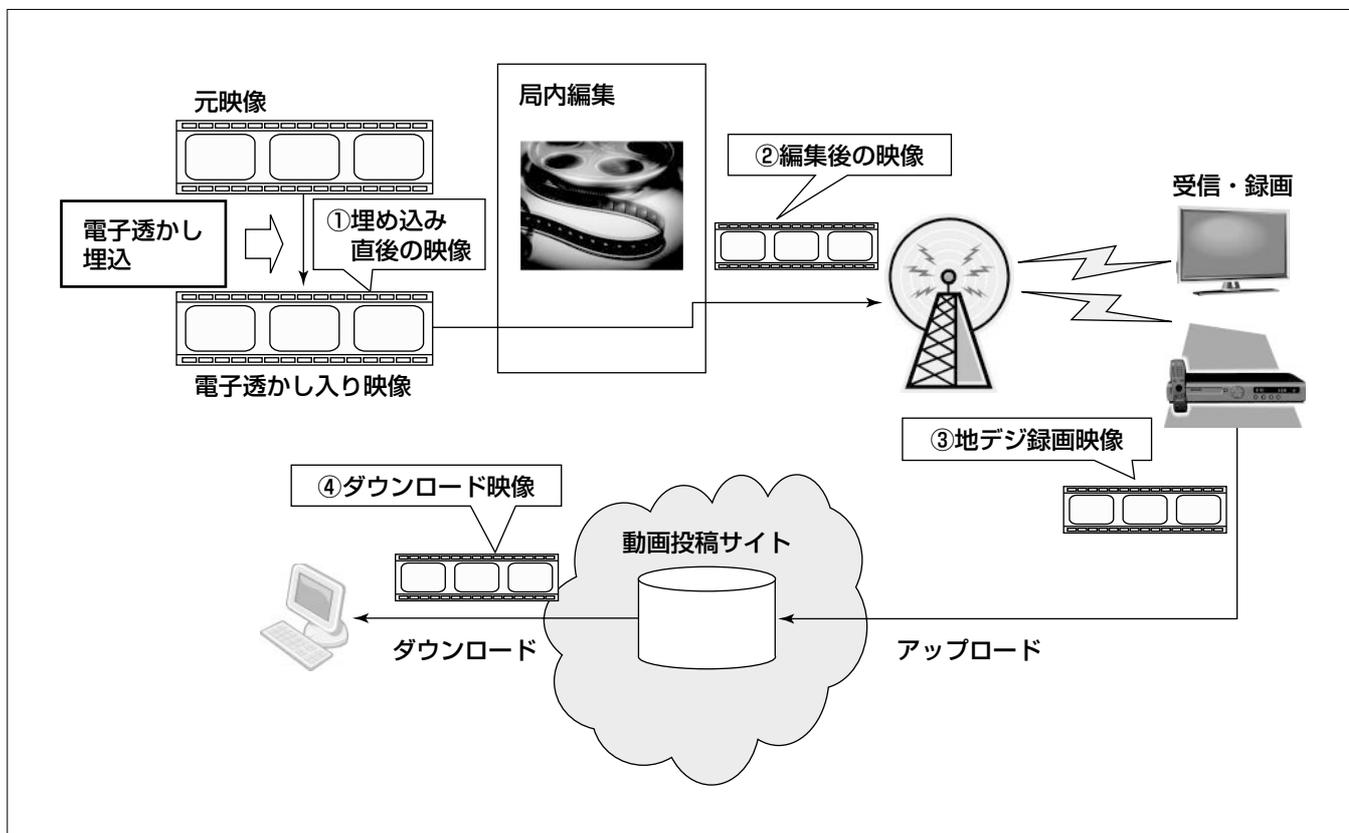
放送映像コンテンツの著作権保護や補助データ活用を目的として、日本放送協会(NHK)と三菱電機株が共同開発した成果を活用して開発した、HDTV(High Definition Television)映像信号に電子透かしを挿入する“電子透かし埋込装置”，及び電子透かしが挿入された映像から電子透かしを抽出する“電子透かし検出装置”に対し、実運用面で必要とされる機能を追加する改良開発を行った。

改良開発では、電子透かし埋込装置・検出装置を運用する顧客間で相互に電子透かしが参照できてしまう問題を解消するため、装置個体ごとに異なる鍵情報ファイルを用いて鍵情報の重複利用を防ぐ“鍵情報アイソレーション機能”を実現した。また、映像コンテンツのファイルベース運用における圧縮映像ファイルへの埋込／検出ニーズに対応するため、従来のHD-SDI(High Definition Serial Digital

Interface)映像入出力に加え、新たにファイル入出力による映像インタフェースを追加し、ファイルベースの映像コンテンツ運用上の利便性を向上させた。

さらに、放送に用いられる映像コンテンツが動画投稿サイトなどに流出する問題が昨今多発していることから、そのようなケースを想定し、映像圧縮を始めとする加工が行われた場合の、電子透かしの耐性評価を実施した。具体的には、電子透かし埋め込み後に各種映像圧縮によるエンコードを繰り返した後、動画投稿サイトにアップロード・ダウンロードした映像に対する電子透かしの検出率を測定した。

この評価によって、映像に対する各種符号化圧縮や動画投稿サイトへのアップロード・ダウンロードを行った場合でも映像に埋め込んだ電子透かし信号が残存し、電子透かし情報の抽出が有効に行われることを確認した。



### 映像の流出経路を想定した電子透かしの耐性評価

放送に使われる映像コンテンツが外部流出する可能性として、①元映像に電子透かしを埋め込んだ直後の映像、②局内編集後の映像、③放送番組を録画した映像、④動画投稿サイトをダウンロードした映像の各ポイントを想定し、それぞれにおける電子透かしの検出性能(加工耐性)を評価した。

## 1. ま え が き

“映像電子透かし”とは、映像ソースに人が認識できない程度の微小な変化を加えて情報を埋め込む技術であり、著作権情報を埋め込むことによって、映像の不正流出を抑止することができる。また、映像の関連データを埋め込むことも可能になる。

放送映像コンテンツへの電子透かし適用による著作権保護や補助データ活用を目的として、三菱電機インフォメーションシステムズ㈱(MDIS)ではHDTV映像信号に電子透かしを挿入する埋込装置、及び電子透かしが挿入された映像から電子透かしを検出する検出装置をそれぞれ開発してきた<sup>(1)(2)</sup>。この製品は、日本放送協会(NHK)と三菱電機㈱が共同開発した成果を活用したものであり、MDISではこれらの装置による“ハイビジョン向け映像電子透かしソリューション”を提供している。

今回、埋込装置・検出装置に対し、機能面での強化として、顧客間で相互に電子透かしが参照できてしまう問題の解消(秘匿性確保)を目的として、異なる顧客間での鍵情報の重複利用を防ぐ“鍵情報アイソレーション機能”を実現した。また、映像コンテンツのファイルベース運用に対応するため、従来のHD-SDI映像入出力に加え、新たに圧縮映像ファイル入出力用のインタフェースを追加する改良開発を実施した。

さらに、著作権情報を埋め込んだ映像コンテンツが動画投稿サイトにアップロードされた場合でも著作権情報が取り出せることを確認する目的で、電子透かしの検出性能に関する耐性評価を実施した。

本稿では、電子透かし装置の機能強化開発、及び電子透かしの耐性評価の実施内容について述べる。

## 2. 電子透かしの埋め込みと検出

電子透かし埋込装置・検出装置における埋込／検出技術について、次に述べる<sup>(3)(4)</sup>。

### 2.1 電子透かしの埋め込み

電子透かしの埋め込み(図1)では、非圧縮形式で映像の入出力を行う。まず、鍵情報(2)から映像フレーム上での埋込位置情報(3)を決定する。次に、埋込位置情報(3)と電子透かしとして埋め込むデータ(1)、及び入力映像フレーム(5)を使用して、映像フレーム内の画素値に重ね合わせる埋込信号(4)を生成する。埋め込みの際は、画質劣化の影響を最小限にするため、入力映像フレームの特徴を解析して埋込信号を調整している。

最終的に、埋込信号(4)を入力映像フレーム(5)の各画素値に足し合わせて、電子透かし埋め込み後映像フレーム(6)を出力する。

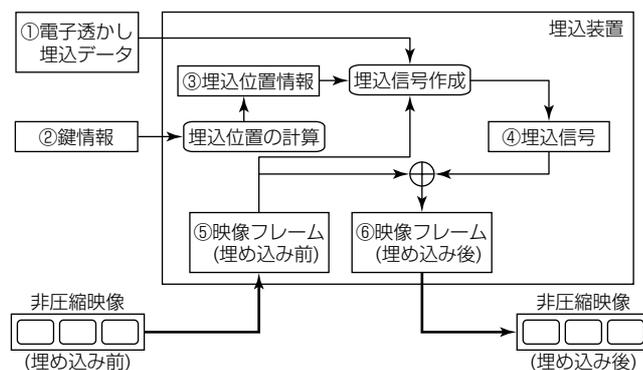


図1. 電子透かしの埋め込み

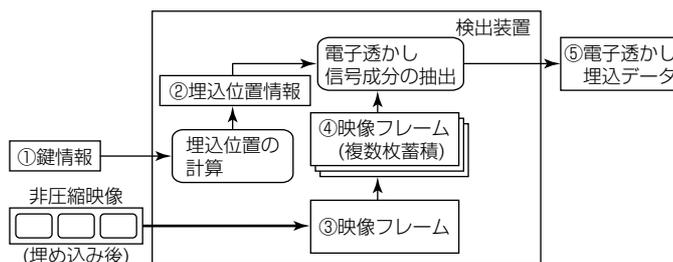


図2. 電子透かしの検出

### 2.2 電子透かしの検出

電子透かしの検出(図2)では、非圧縮形式の映像を入力として映像フレーム単位で電子透かしデータを取り出す。埋め込み時と同一の鍵を用いて決定した埋込位置情報(2)によって、入力映像フレーム(3)を複数枚蓄積した映像フレーム(4)から電子透かし信号成分を抽出し、電子透かし信号成分から電子透かし埋込データ(5)を算出して出力する。したがって、埋め込み時と異なる鍵を用いた場合は、埋込位置情報が異なるため、電子透かしは検出できない。

## 3. 電子透かし装置の機能強化

機能強化開発によって新たに実現した機能について、次に述べる。

### 3.1 鍵情報アイソレーション機能

電子透かし方式としては、鍵情報単位での電子透かし情報の分離性は確保されている。しかし一方で、電子透かし装置を運用する複数の顧客同士で鍵情報がバッティングしてしまうと、ある顧客の埋込装置で埋め込んだ電子透かし情報が別の顧客の検出装置で検出できてしまうことになり、情報秘匿上問題である。このため、顧客ごとに鍵情報を変える(顧客単位での鍵の分離性を確保する)ための“鍵情報アイソレーション機能”(図3)を新たに実現した。

まず、製品出荷時に、装置個体ごとに異なる“鍵情報ファイル”を発行する。鍵情報ファイルには、暗号化された鍵データ値そのものの他に、装置固有の情報が記録されている。鍵データ値は顧客単位での発行とし、異なる顧客同士で鍵データ値の重複がないようにする。鍵の発行状況はMDISが一元管理する。

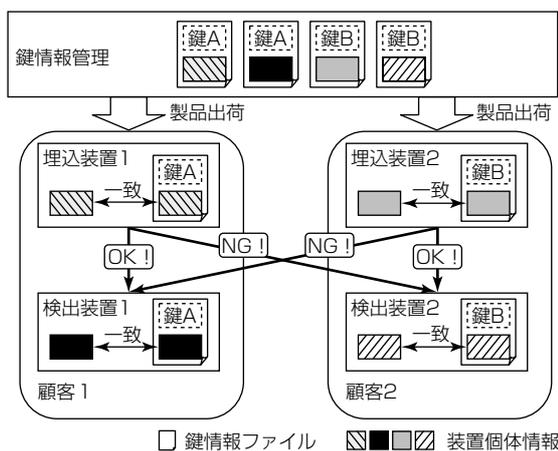


図3. 鍵情報による顧客アイソレーション

埋込装置、検出装置それぞれで、電子透かしの埋込時／検出時に装置本体から算出する一意な個人情報と、鍵情報ファイルに記録されている情報を照合する。

照合によって装置個性情報の一致を確認した後、鍵データを復号し、埋込／検出ソフトウェアに鍵情報を入力して埋込／検出の各処理を行う。なお、照合結果が不一致であれば埋込／検出ソフトウェアは動作を行わない。

この仕組みによって、顧客ごとに異なる鍵を用いることになるため、鍵情報の分離性が確保される。さらに、装置個性情報の照合機構によって、装置個別別の鍵情報分離性も確保されているため、ある装置から別の装置へのソフトウェアコピーによる不正利用も防止することができる。

### 3.2 映像ファイルへの電子透かし埋込／検出機能

従来の埋込／検出装置(ストリーム対応版)では、放送局での利用を想定し、映像入出力はHD-SDIインタフェースを採用していた。一方、放送局内での映像コンテンツのファイルベース運用への移行の流れによって、ディスクストレージに蓄積された圧縮映像ファイル(H.264/AVC<sup>(注1)</sup>、ProRes<sup>(注2)</sup>等の形式)への電子透かしの埋込／検出に対するニーズが高まりつつある。従来製品ではこのニーズを満たすことができなかつたため、今回新たにファイル入出力に対応するコマンドラインベースの埋込／検出ソフトウェア(ファイル対応版)を開発した。ファイル対応版では、埋込／検出処理エンジンは従来と共通のものを用い、“埋込ソフトウェア”では非圧縮の映像ファイルを対象とした入出力を行い、“検出ソフトウェア”では非圧縮の映像ファイルからの入力とコマンドラインへの結果データ出力を行う(図4、図5)。

また、圧縮映像ファイルのエンコード・デコード用に、ソフトウェアの前後で外部デコーダ／エンコーダを用いたことで、種々の圧縮映像フォーマットへの柔軟な対応が可能となった。

(注1) ITU-T H.264 : ISO/IEC 14496-10 Advanced Video Coding  
(注2) ProResは、Apple Inc. の登録商標である。

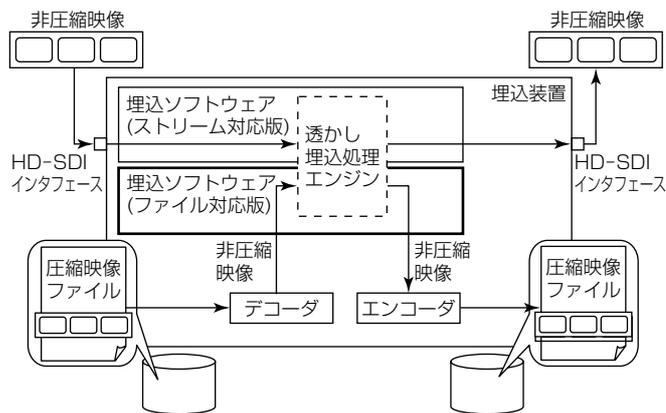


図4. ファイルインタフェースによる埋め込み

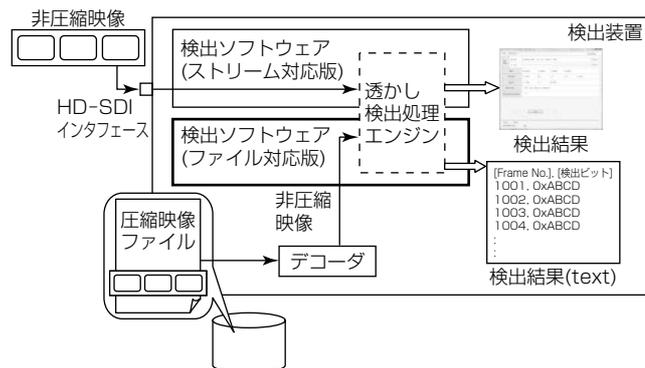


図5. ファイルインタフェースによる検出

## 4. 電子透かしの耐性評価

放送に用いられる映像コンテンツが動画投稿サイトなどに流出するケースを想定し、電子透かしを埋め込んだ映像に対して、映像圧縮を始めとする加工が行われた場合の、電子透かしの検出性能(加工耐性)の評価を実施した。この章では、その評価方法と評価結果について述べる。

### 4.1 評価方法

まず、図6に示す映像の編集・配信フローで、各処理フロー終了段階で映像流出が発生する可能性を想定して、次に挙げる映像に対して電子透かしの検出性能を評価する。

- ①元映像コンテンツにこの電子透かしを埋め込んでProRes(HQ)形式で符号化した映像ファイルを作成した後の映像。
- ②放送局内での各種編集に伴う再エンコードが繰り返し発生するフローを想定し、MPEG(Moving Picture Expert Group)-2<sup>(注3)</sup> HD 50Mbpsエンコードを5回繰り返した後の映像。
- ③地デジで放送された番組が視聴者レコーダでAVC録画される想定で、MPEG-2 HD 17Mbpsエンコード後、H.264 HD 8 Mbpsでエンコードを行った後の映像。
- ④録画された映像が動画投稿サイトにアップロードされ、その映像がダウンロードされた後の映像。

評価条件は、次を設定する。

元映像コンテンツ：評価用標準動画像<sup>(注4)</sup>

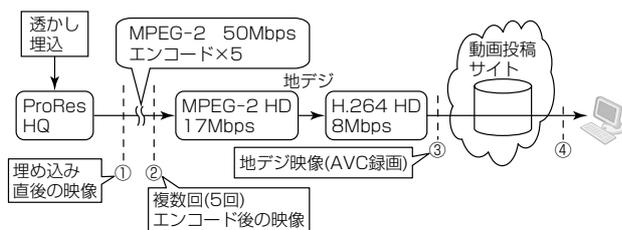


図 6. 映像流出の想定フロー

埋込ビット長：16ビット，32ビット

抽出フレーム数<sup>(注5)</sup>：10/50/100/300フレーム

(注3) ITU-T H.222/H.262, ISO/IEC 13818

(注4) (社)映像情報メディア学会/(社)電波産業会 ハイビジョン・システム評価用標準動画 第2版 (ITE/ARIB Hi-Vision Test Sequence 2nd Edition). No.109, 5分間繰り返し。

(注5) 電子透かし信号成分を抽出するために蓄積する映像フレーム枚数。抽出フレーム数が多いほど一般に検出性能は向上するが、検出に必要なコンテンツの最低時間長が長くなる。

#### 4.2 評価結果

評価結果を図7，図8，図9，図10に示す。映像①では、抽出フレーム数を問わず電子透かし検出率(コンテンツ全体で検出に成功したフレームの割合)100%を達成しているが、映像②では抽出フレーム数10の場合に100%を若干下回るようになる。映像③になると、特に32ビット埋め込み時に抽出フレーム数10の検出率は大きく落ち込み、映像④では抽出フレーム数300でようやく検出率がほぼ100%に達する(16ビット埋め込み時は100%，32ビット埋め込み時は99.92%)。

これらの結果から、放送された映像コンテンツが動画投稿サイトにアップロードされた場合を想定しても、抽出フレーム数を300程度(通常の映像(約30フレーム/秒)では10秒程度に相当)にすることによってほぼ100%の検出が可能となることが分かる。このため、最短で10秒程度のアップロード映像があれば、ほぼ確実に電子透かしの検出が可能であると言える。

#### 5. む す び

電子透かし埋込装置・検出装置に対する改良点として、鍵情報アイソレーション機能とファイル入出力インタフェース機能について述べた。鍵情報アイソレーションの実現によって、顧客単位で鍵情報の分別管理が可能となり、情報秘匿性の向上を実現した。また、ファイルインタフェースの実現によって、種々の圧縮映像フォーマットの映像ファイルに対して電子透かしの埋込/検出が可能となった。

さらに、映像コンテンツの動画投稿サイトなどへの流出を想定して、映像圧縮などに対する電子透かし検出性能について評価を実施し、各種映像圧縮後に動画投稿サイトを經由した10秒程度の映像ファイルからでも電子透かしの検出が可能であることを示した。

今後、各放送局やコンテンツ管理事業者の映像コンテンツ配信管理システムを中心に、この埋込装置・検出装置を用いた電子透かしソリューションの導入を進めていく。

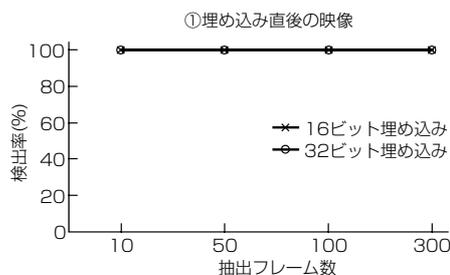


図 7. 評価結果(映像①)

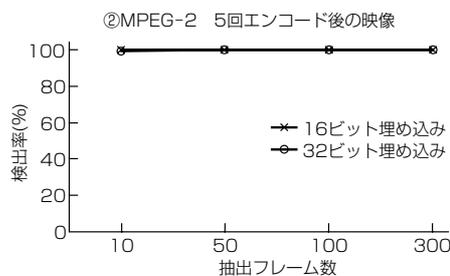


図 8. 評価結果(映像②)

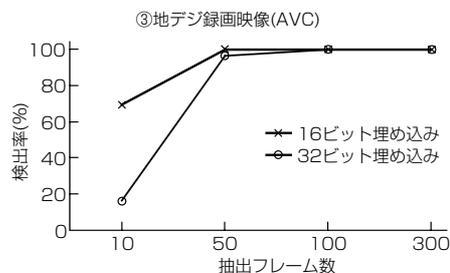


図 9. 評価結果(映像③)

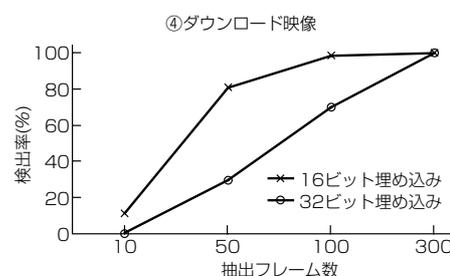


図10. 評価結果(映像④)

#### 参考文献

- (1) 放送向け電子透かし埋め込み・検出装置，三菱電機技報，86，No. 1，67 (2012)
- (2) 真島恵吾，ほか：高画質を維持可能なハイビジョン用電子透かし，放送技術，64，No.11，119～124 (2011)
- (3) 大亦寿之，ほか：電子透かしを用いた放送局内の映像素材識別システムの開発，2011年映像情報メディア学会年次大会 11-3 (2011)
- (4) 山田浩之，ほか：GPUによる電子透かし埋込・検出処理の高速化，2011年映像情報メディア学会年次大会 11-4 (2011)