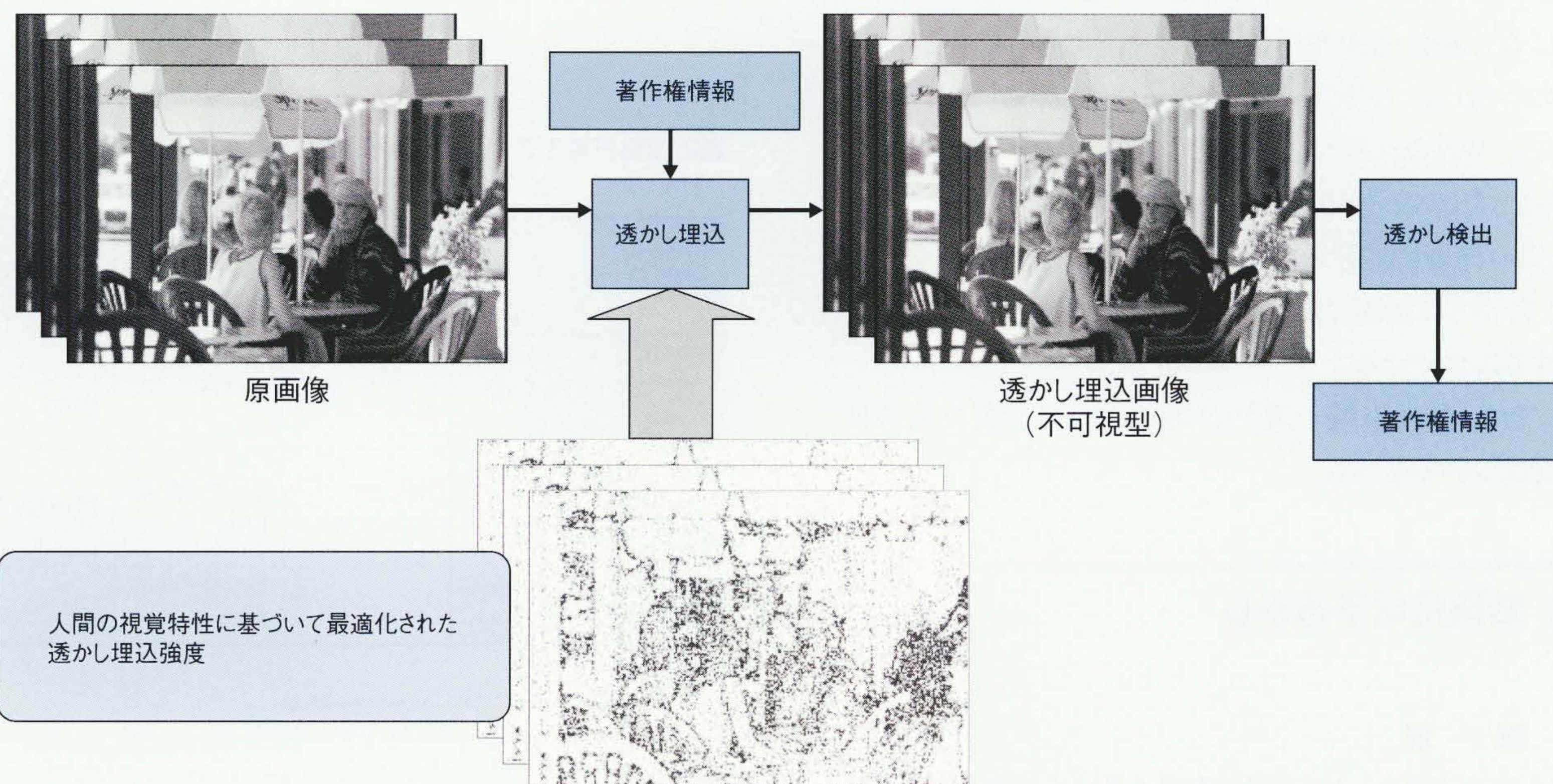


動画コンテンツの著作権保護技術

Digital Watermarking Technology for Copyright Protection of Video Content

吉浦 裕 Hiroshi Yoshiura 藤井由紀夫 Yukio Fujii 幸田恵理子 Eriko Kôda



動画用電子透かし技術の概要

動画像を解析し、画像が乱雑な場所や動きの多い目立たない場所に、透かしとして著作権情報を埋め込む。透かしは人間の目には見えないが、圧縮やフォーマット変換などの画像処理後でも正確に検出することができる。

ネットワークのブロードバンド化やテレビのデジタル化、可搬媒体の大容量化に伴い、デジタル動画像の配信基盤が整備されてきた。政府は、「e-Japan 計画」において、動画を含むデジタルコンテンツの流通促進に向けてさまざまな政策を進めており、民間でも、放送局や通信キャリア、電力会社などがデジタル動画像の配信ビジネスへの参入を進めている。一方、デジタル動画像は不正なコピーや配信が容易であることから、優良なコンテンツが流通しなくなったり、正当な権利者の利益が損なわれるなどの問題が重大な阻害要因となっている。

日立製作所は、デジタル動画像の著作権保護のために、さまざまな技術の開発と実用化を進めている。特に、電子透かしについては、20年に及ぶ画像処理技術の蓄積を生かし、ネットワークだけでなく、放送や可搬媒体を含むさまざまな動画配信に統合的に適用が可能な技術を開発している。透かしの埋込に伴う画質劣化の防止や高信頼な検出など、基本技術の実用化に加え、独自のメディアプロセッサを用いたハイビジョン映像のリアルタイム処理方式の研究や、電子透かしとMPEG-4を統合したソフトウェアツールの製品化も進めている。

1 はじめに

近年、FTTH(Fiber to the Home)やインターネットへのアクセスを提供する公衆無線LANに代表される有線・無線ネットワークのブロードバンド化、テレビのデジタル化、多チャ

ネル化、DVD(Digital Versatile Disc:多用途デジタルディスク)など可搬媒体の大容量化が進み、デジタル動画像の配信基盤が確立しつつある。このような情勢の下で、動画コンテンツビジネスが本格的に立ち上がろうとしている。

動画コンテンツビジネスを発展させるためには、材料提供者、編集者、放送業者など多くの著作権者の権利を保護し、正

当な対価を保証することが不可欠である。しかし、デジタル化には不正コピーや不正配信が容易であるという負の側面があり、著作権侵害の脅威という問題がある。

そのため、動画コンテンツの著作権保護、特に不正コピー防止技術の重要性が高まっており、コンテンツの暗号化や、ユーザーの認証、メタデータによる利用条件の付加、視聴制御など、さまざまな技術が提案され、実用化されている。しかし、電子透かしは、これらの技術とは異なり、動画コンテンツ自体に著作権情報や利用条件を埋め込むものである。この技術の特徴は、コンテンツから埋込情報を取り外すことが困難であり、特殊なシステムを必要とするのは情報の埋込と取り外しのときだけで、他のシステムに影響を与えないという点にある。この技術に暗号や認証などの従来技術を組み合わせることで、さらに強固で運用性の高い著作権保護システムを構築することができる。

ここでは、動画用電子透かしの概要と、日立製作所の技術開発について述べる。

2 動画用電子透かし

2.1 原理

動画用電子透かし技術¹⁾は、人間の目には見えなかったり、目立たない微小な変更を動画に加えることで情報を埋め込み、その変更を読み取ることにより、埋め込んだ情報を検出するものである(図1参照)。その方法には、(1) 動画の構成要素である静止画の輝度や色を変更する方法と、(2) 静止画間の動きを変更する方法がある。また、別の観点で分類すると、原画像に直接埋め込む方法と、MPEG(Moving Picture Expert Group)規格などによる圧縮データに埋め込む方法がある。

2.2 目的と対象画像

電子透かしの目的には、権利の確認・主張や不正者の特

表1 動画用電子透かしの目的

電子透かしは、著作権者に安心してコンテンツを提供してもらうために用いられる。	
目 的	コンテンツに埋め込む情報
著作権の主張・確認	著作権者の識別情報(署名など)
不正コピーされたコンテンツから不正コピーした者を特定	コンテンツ配布先の識別情報
コンテンツの利用状況の把握	コンテンツの識別情報
ビューアやレコーダの操作を制御(コピーの差し止めなど)	制御コード

表2 動画用電子透かしの対象画像

放送やネットワーク、可搬媒体で配信されるさまざまなサイズの動画を対象とする。			
	デジタル放送	ブロードバンドネットワーク	可搬媒体(DVDなど)
高ビットレート画像(大容量、高画質、ハイビジョンなど)	ハイビジョン放送	FTTH	ハイビジョンDVD
中ビットレート画像(中容量、標準テレビ画像など)	地上波デジタル放送	公衆無線LAN	標準DVD
低ビットレート画像(小容量、QCIFなど)	—	ISDN、携帯電話	CD

注:略語説明
ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)
QCIF (Quarter-Common Intermediate Format)

定、不正コピーの予防や抑止、事後対策などの間接的なものと、機器の制御など不正コピーの操作自体を差し止める直接的なものがある。いずれの場合も、コンテンツの所有者や配信業者の権利を保護すること、特にコンテンツの所有者に安心してコンテンツを提供してもらい、ビジネスを活性化することが目的である(表1参照)。電子透かしの対象となる画像を表2に示す。

2.3 技術課題

電子透かしの技術課題を図2に示す。

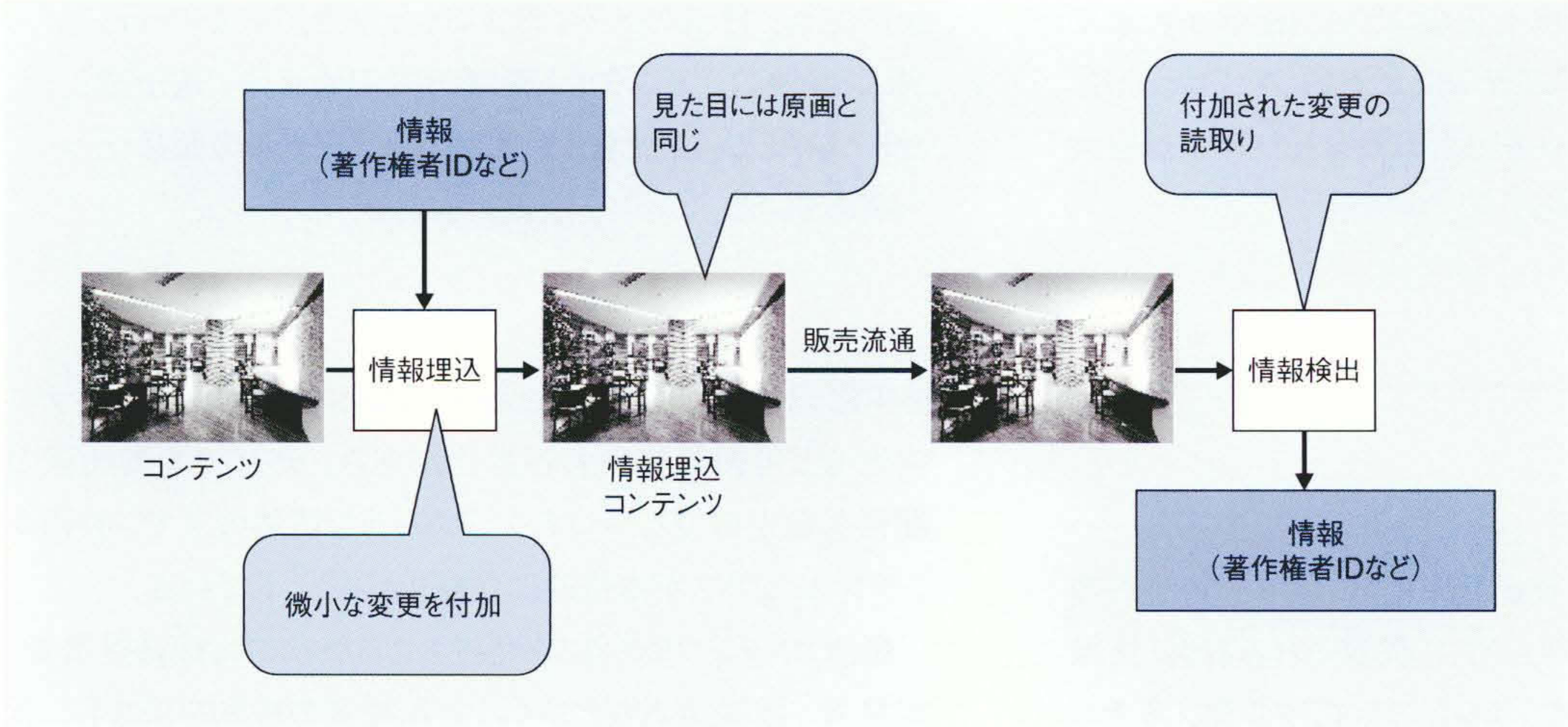


図1 動画用電子透かしの原理

画像に不可視の変更を加えることにより、情報を埋め込む。

注:略語説明
ID (Identification)

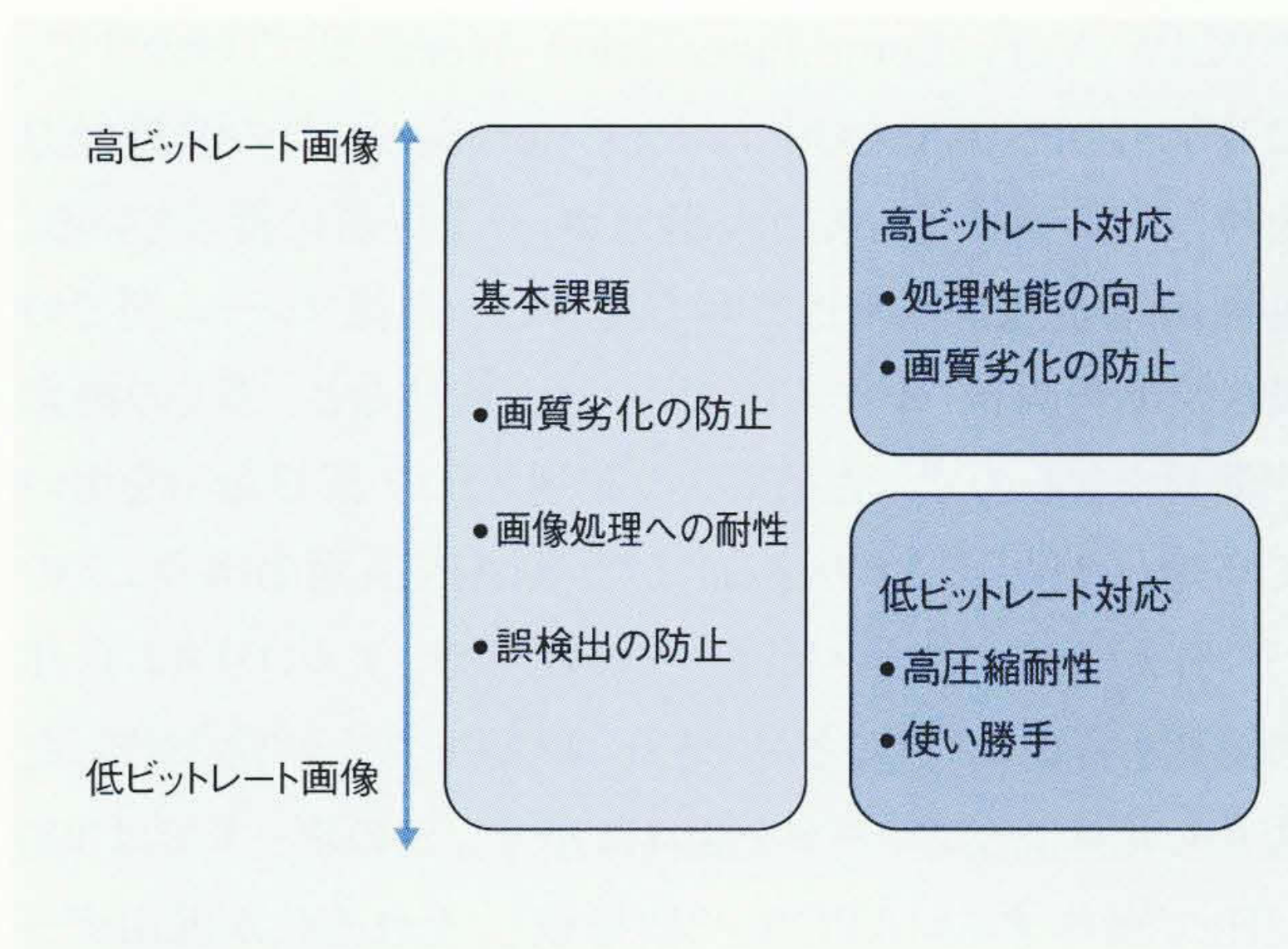


図2 動画用電子透かしの課題

画像サイズに共通の基本課題と、画像種別の課題がある。

(1) 基本課題

高解像度から低解像度まで、すべての画像に共通する基本課題は以下の三つである。

- (a) 画質劣化の防止：透かしの埋込による画質の劣化が実用上問題にならないこと
- (b) 画像処理への耐性：さまざまな画像処理を経た後でも、埋め込んだ情報を検出できること
- (c) 誤検出の防止：透かしを埋め込んでいない画像から情報を検出したり、埋め込んだ情報とは異なる情報を検出する確率が低いこと

(2) 高ビットレート画像に対応する課題

透かし埋込と検出の時間がリアルタイムの数十倍に達する場合があるので、性能の向上が必要である。また、原画が高画質であることが多いことから、画質劣化の防止が重要となる。

(3) 低ビットレート画像に対応する課題

画像処理耐性のうち、特にMPEGなどの高圧縮に耐えることが重要となる。また、比較的低価格の簡易配信システムで用いられるので、使い勝手のよさも重要である。

3 日立製作所の取り組み

3.1 研究開発の概要

日立製作所は、FTTHや放送向けの高ビットレート画像（20 Mビット/sレベルのハイビジョン画像）からISDN、携帯電話対応の低ビットレート画像〔48 kビット/sのQCIF (Quarter-Common Intermediate Format) サイズ画像〕まで、包括的に対応できる以下の技術を開発している(図3参照)。

(1) 基本技術

- (a) 透かしが目立ちやすい平たん部や輪郭部を避け、画像が乱雑な部分に透かしを埋め込むことで画質劣化を防止する²⁾。

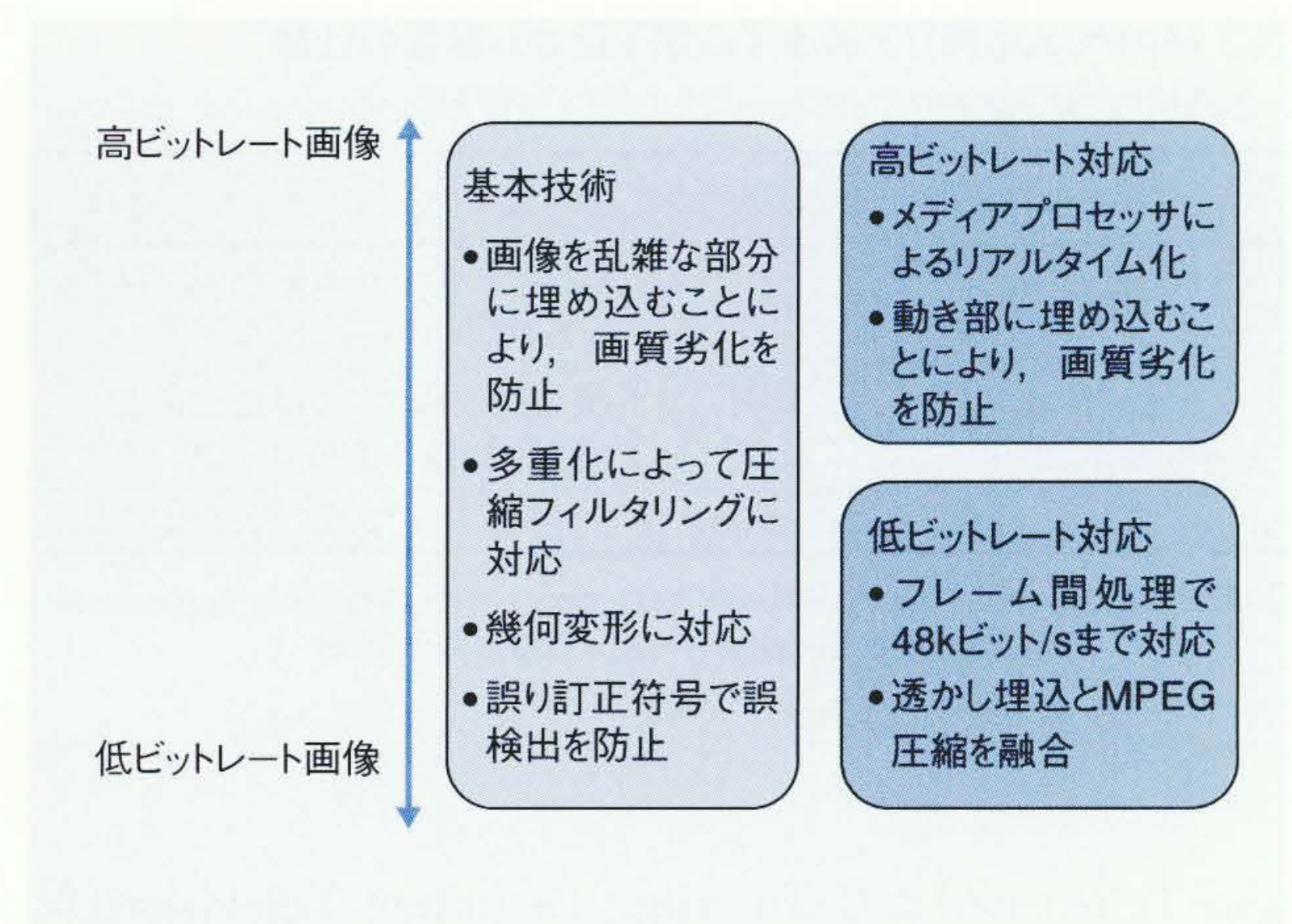


図3 日立製作所の動画用電子透かし技術の特徴

基本技術と画像種別の技術により、広範囲の画像に統一的に対応することができる。

- (b) 情報の多重埋込により、MPEGや画像フィルタなど通常のデジタル画像処理に加え、テレビ信号への変換などアナログ処理への耐性を確保した。また、拡大・縮小、回転など幾何変形への耐性も確保している。

- (c) 誤り訂正符号の利用により、 10^{-11} というきわめて低い誤り確率を数学的に保証する。

(2) 高ビットレート対応技術

独自のメディアプロセッサを用いることにより、ハイビジョン画像をリアルタイム処理する。また、画像の動き部分に透かしを埋め込む制御により、画質劣化をさらに防止する³⁾。

(3) 低ビットレート対応技術

QCIFまでの小サイズ画像に埋込が可能で、48 kビット/sまでのMPEG高圧縮への耐性を確保し、透かし埋込とMPEG-4圧縮を一体化した、使い勝手のよいツールを提供する。

上記のうち、(2)の高ビットレート対応技術と、(3)の低ビットレート対応技術について以下に述べる。

3.2 メディアプロセッサを用いたリアルタイム処理

動画用電子透かしの用途を拡大するために、日立製作所は、リアルタイムで電子透かしを埋め込む装置の開発を進めている。リアルタイム化が求められるアプリケーションとしては、以下のようなものが想定される。

- (1) ニュース映像やライブ中継映像など、リアルタイムで配信するコンテンツに著作権情報を埋め込む。
- (2) 監視システムなどで、タイムコードなどの実時間データを埋め込む。

また、一般に動画のデータ量が静止画に比べて膨大であることから、現場でのコンテンツへの透かし埋込作業時間を短縮するために、リアルタイム以上の動作速度が求められている。一方、取り扱う画像サイズに関しては、現行のテレビと映画コンテンツへの適用、すなわちSDTV (Standard Defini-

表3 MAPCA応用リアルタイム電子透かし装置の仕様

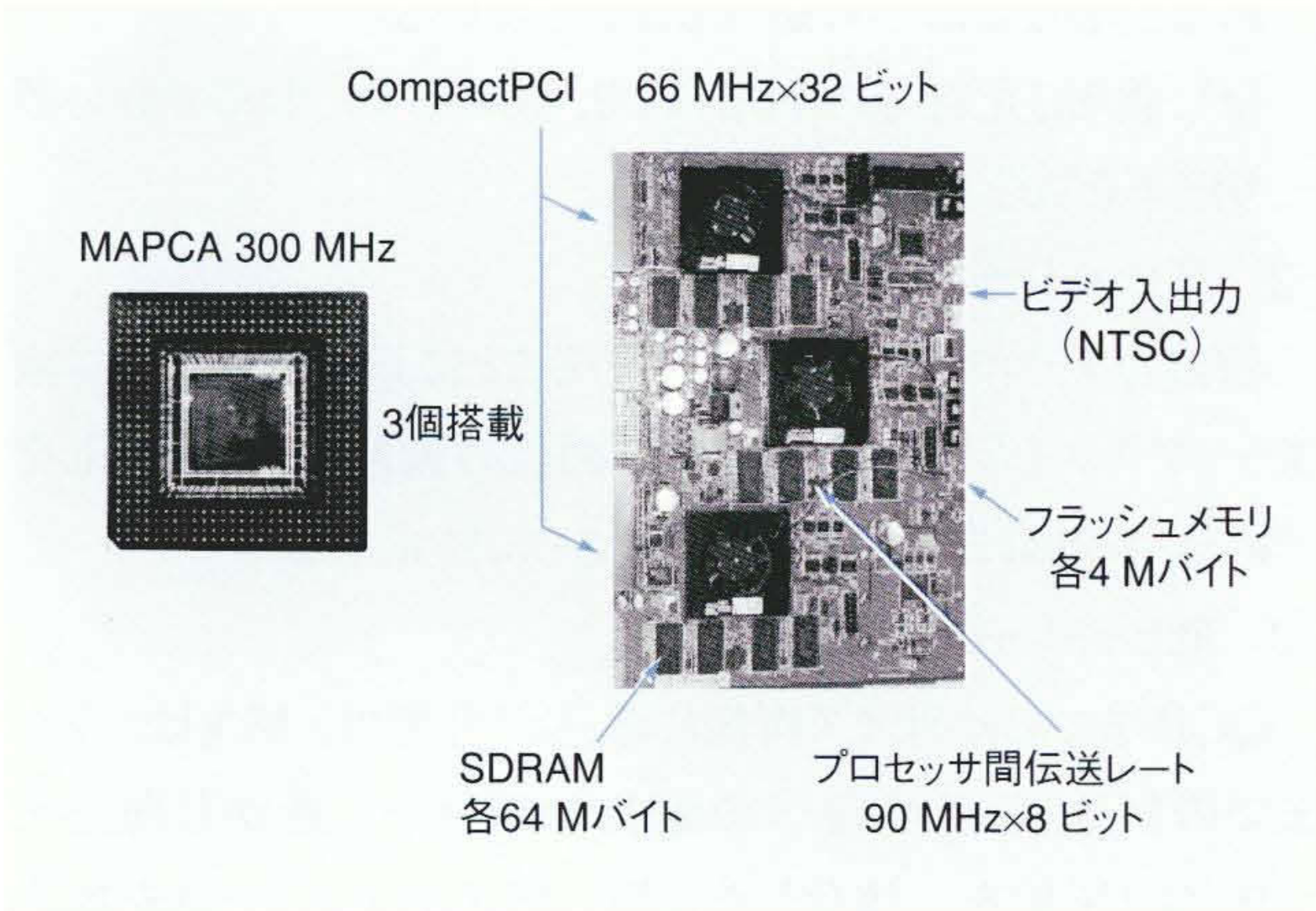
放送局内では、標準のインタフェース“HD-SDI”を備えている。

項 目		仕 様
処理速度		HDTV動画のリアルタイム処理(開発中)。 ただし、待ち時間は10フレーム程度
入出力画像	画像サイズ	HDTV：横1,920画素、縦1,080画素 SDTV：横720画素、縦480画素
	インタフェース	SMPTE 292M (HD-SDI)、NTSC

注:略語説明 MAPCA(Media Accelerated Processor for Consumer Appliances)
HD-SDI(High Definition—Serial Digital Interface)

tion Television)とHDTV(High Definition Television)双方への対応が望まれる(表3参照)。

上記の要求を満たすために、日立製作所は、メディアプロセッサ“MAPCA(Media Accelerated Processor for Consumer Appliances)”を複数個用いたリアルタイム透かし埋込装置を開発した。これは、画像・音声アプリケーション用



注:略語説明 SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)

図4 メディアプロセッサ“MAPCA”と透かし用エンジンボードの外観

MAPCAでは、電子透かしの演算を高速に処理する。ボードにはMAPCAを3個搭載している。

のVLIW (Very Long Instruction Word) 型プロセッサで、最高30 GOPS (Giga Operations per Second) の演算能力を持ち、リアルタイム系の入出力ポートを豊富に持っている。動画用電子透かし埋込アルゴリズムは、画像フレーム間での動き検出や画像フレーム内でのエッジ検出など、多くの画素間演算を含むので、MAPCAの並列メディア演算命令を用いて高速化を図ることができる。また、MAPCA用ミドルウェアの差し替えにより、埋込パラメータの変更や、アルゴリズム自体の更新も容易に行うことができる。MAPCAチップと試作した透かし用エンジンボードを図4に示す。このボードでは300 MHzで動作するMAPCAを3個搭載し、それぞれが汎用データポート(90 MHz×8ビット)を介してデータを受け渡す。外部とは、CompactPCIバス(66 MHz×32ビット)でつながる。

ソフトウェアの実装にあたっては、SDTVとHDTVで共用化できるように考慮した(図5参照)。まず、SDTVのリアルタイム処理をボード1枚に実装した。HDTV用には、画面サイズがSDTVの6倍であることから、垂直ブランキング期間を含めて7分割して各ボードへ分配し、それぞれを並列処理して集約する構成を考えている。このスケーラブル設計により、共通のソフトウェアでSDTVとHDTVのリアルタイム処理を可能とした。

3.3 電子透かし対応MPEG-4コンバータ

ストリーミングや、携帯電話用低ビットレートのデジタルに電子透かしを埋め込むことを目的に、「電子透かし対応MPEG-4コンバータ」を開発した。このソフトウェアでは、AVI(Audio-Video Interface)やMPEG-1、MPEG-2などのデジタルコンテンツに透かしとして64ビットの情報を埋め込み、MPEG-4形式に変換して出力する(図6参照)。低ビットレートコンテンツは、高解像度静止画コンテンツとは異なり、一定の固まりで意味を持つ場合が多い。このため、1フレーム単位ではなく、1秒(30フレーム)以上で透かし検出を行う(図7参照)。透かしの埋め込んだコンテンツは、透かしなしのMPEG-4コンテンツと同様に、デコーダで再生が可能である。このソフトウェアの特徴

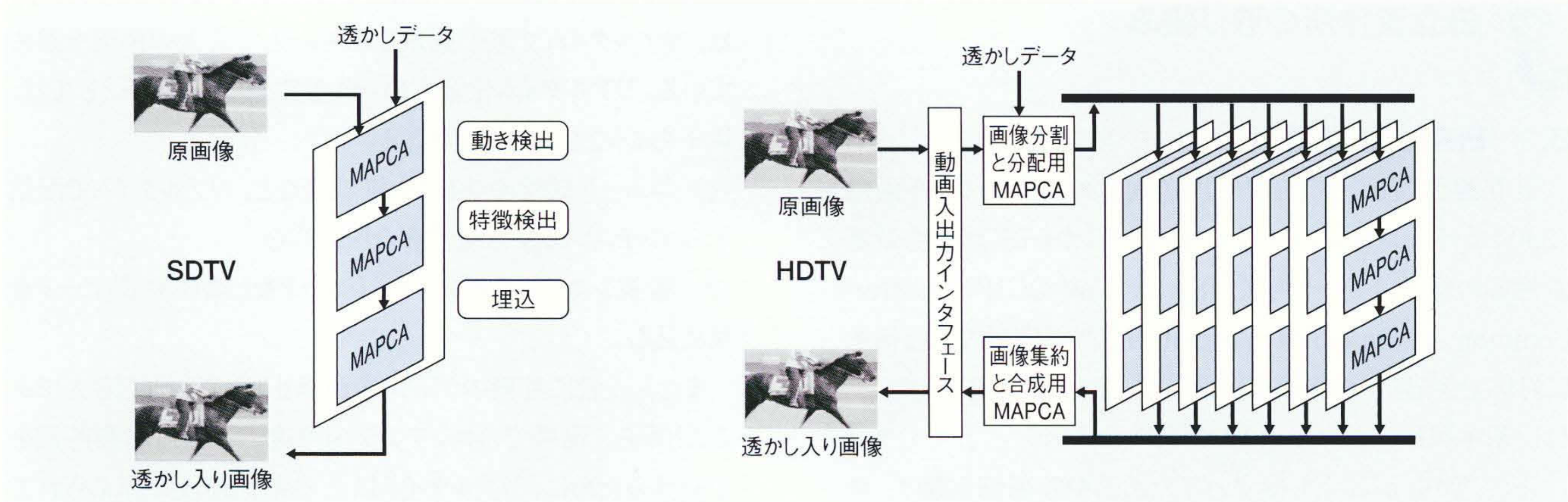


図5 リアルタイム透かし埋込システムの構成

SDTVとHDTVでソフトウェアを共用する、スケーラブルな構成としている。

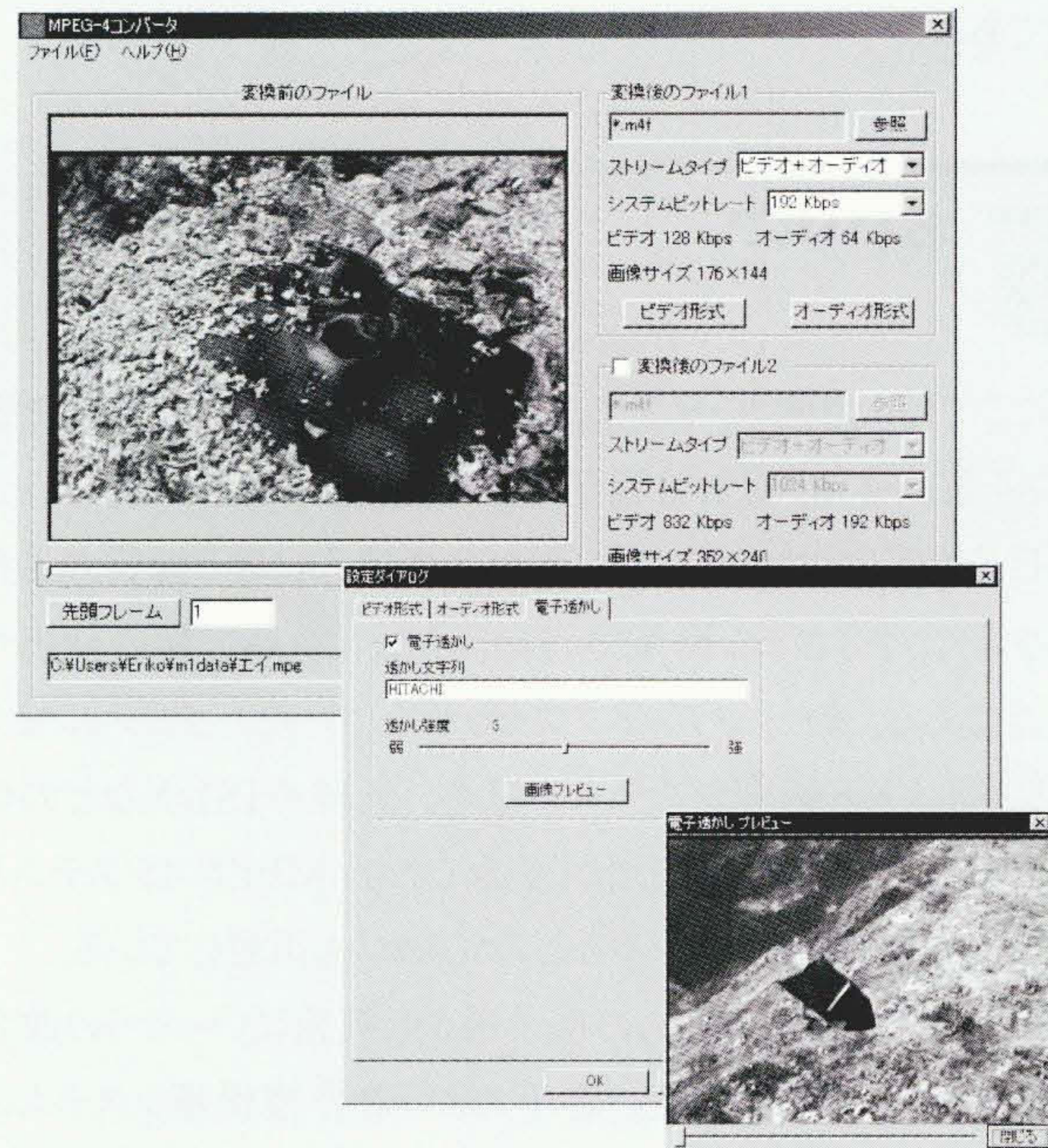


図6 電子透かし対応MPEG-4コンバータによる画面例
64ビットの情報を、透かし強度を選択して挿入することができる。

は以下の3点である。

(1) MPEG-4高圧縮に対応できること

QCIFや48 kビット/s程度で圧縮が行われても、圧縮後のコンテンツから電子透かしを検出することができる。

(2) オリジナル映像品質を損なわないこと

電子透かしを挿入したMPEG-4コンテンツと、挿入していないMPEG-4コンテンツを比べても、人間の視覚では区別がつかない(図8参照)。

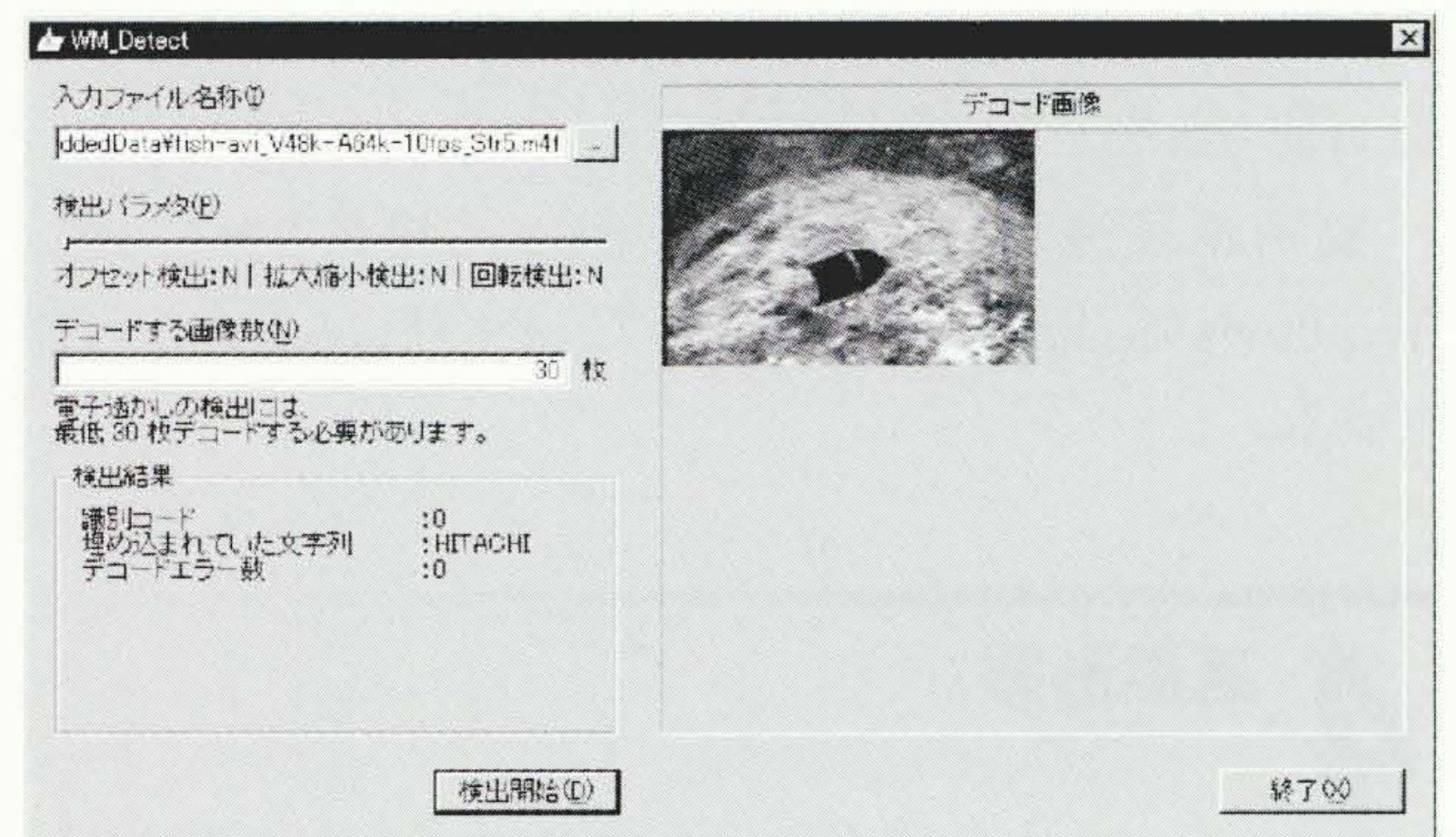


図7 電子透かし検出プログラムの画面例

切り出し、回転、拡大・縮小などの画像処理を経ても、電子透かしが検出可能である。

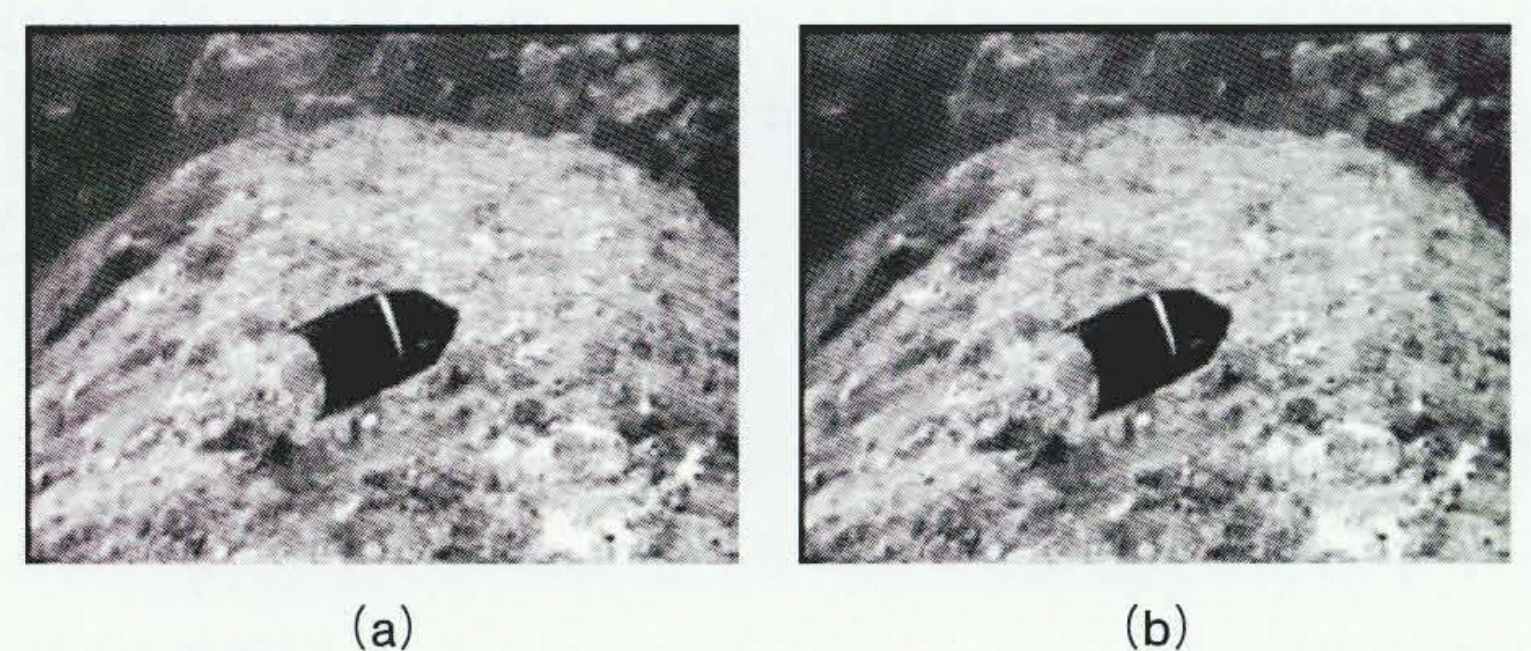


図8 電子透かしが挿入されていないMPEG-4データ(a)と、電子透かしを挿入したMPEG-4データ(b)の比較

電子透かしによる画質への影響は、人間の視覚では認識することができない。

(3) 画像処理耐性が高いこと

電子透かしを埋め込んだデジタルコンテンツの一部(数秒程度)が切り出されても、透かしの検出が可能である。また、動画に対してある程度のエフェクト(回転、拡大・縮小、画像切り出し)を施されても、透かし検出が可能である。いったん

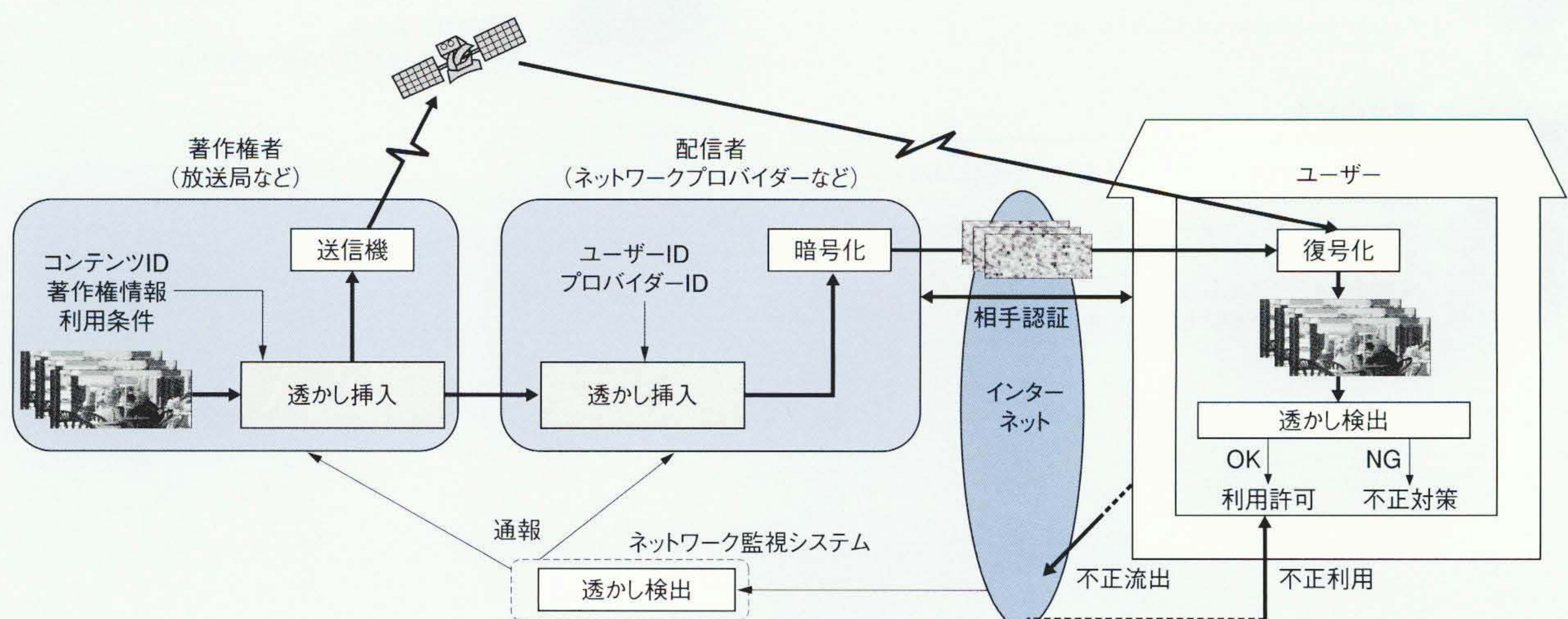


図9 動画用電子透かしの適用イメージ

著作権保持者や配信者が、動画コンテンツに情報を埋め込む。埋め込んだ情報をユーザーのビューアなどで検出して利用を制御したり、ネットワーク監視システムで検出して不正の通報を行う。

デコードされ、圧縮フォーマットに変換されても、透かし検出は可能である。

動画電子透かしはライブラリとしても提供されており、WindowsMedia^{※)}などの他圧縮フォーマットにも対応が可能である。

4 適用形態

動画用電子透かしの適用イメージを図9に示す。コンテンツの著作権者あるいは配信者(放送局やネットワークプロバイダー)が、コンテンツを特定するID情報、著作権情報、および利用条件をコンテンツに埋め込んだあと、これをユーザーに配信する。ネットワーク配信の場合は、配信先ユーザーを特定することができるので、ユーザーのIDもさらに埋め込む。ユーザーに専用ビューアを利用してもらえる場合には、ビューアで利用条件(例えば利用期限)を検出し、その結果に応じて、視聴を制御する。ユーザーから不正コピーが流出した場合には、ネットワーク監視システムで不正コピーコンテンツから透かしを検出し、不正コピーが流通している旨を著作権者や配信者に通報する。コンテンツにユーザーのIDが埋め込まれている場合には、不正コピーをしたユーザーを特定することもできる。伝送路での暗号化や送信先ユーザーの認証と組み合わ

※) Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。

せることにより、さらに強固な著作権保護を実現することが可能である。

5 おわりに

ここでは、動画コンテンツの著作権を保護し、その流通ビジネスを促進する「動画用電子透かし」について述べた。

日立製作所の技術では、透かしの挿入に伴う画質の劣化が少なく、さまざまな画像処理を経た後でも高信頼の検出が可能である。また、メディアプロセッサを用いたハイビジョンまでのリアルタイム処理システムのほか、無線やISDNなどの低ビットレートの配信にも利用が可能であり、MPEG-4システムと連動したソフトウェアツールなどのシステムも用意している。

日立製作所は、これらの電子透かし技術にいつそうの改良を加え、さらに強固で使い勝手のよい著作権保護システムの構築を目指していく考えである。

参考文献

- 1) 佐々木, 外: インターネット時代の情報セキュリティー暗号と電子透かし, 共立出版(2000.9)
- 2) I. Echizen, et al.: GQM; General Quality Maintenance Module for Motion Picture Watermarking, IEEE Transactions on Consumer Electronics (Nov. 1999)
- 3) 越前, 外: 動き検出に基づく動画用電子透かしの画質維持方式, 情報処理学会論文誌(2002.8)

執筆者紹介



吉浦 裕

1981年日立製作所入社, システム開発研究所 第7部 所属
現在, 情報セキュリティ, 著作権保護の研究開発に従事
情報処理学会会員, 電子情報通信学会会員, 人工知能学会会員
E-mail: yoshiura @ sdl.hitachi.co.jp



藤井由紀夫

1986年日立製作所入社, システム開発研究所 MAPセンター 所属
現在, メディアプロセッサを用いた映像・音声システムの開発に従事
映像情報メディア学会会員
E-mail: yu-fuji @ sdl.hitachi.co.jp



幸田恵理子

1991年日立製作所入社, ユビキタスプラットフォームグループ インターネットプラットフォーム事業部 ソリューションソフトウェア部 所属
現在, MPEG関連ソフトウェアの製品開発に従事
情報処理学会会員
E-mail: eriko @ ebina.hitachi.co.jp