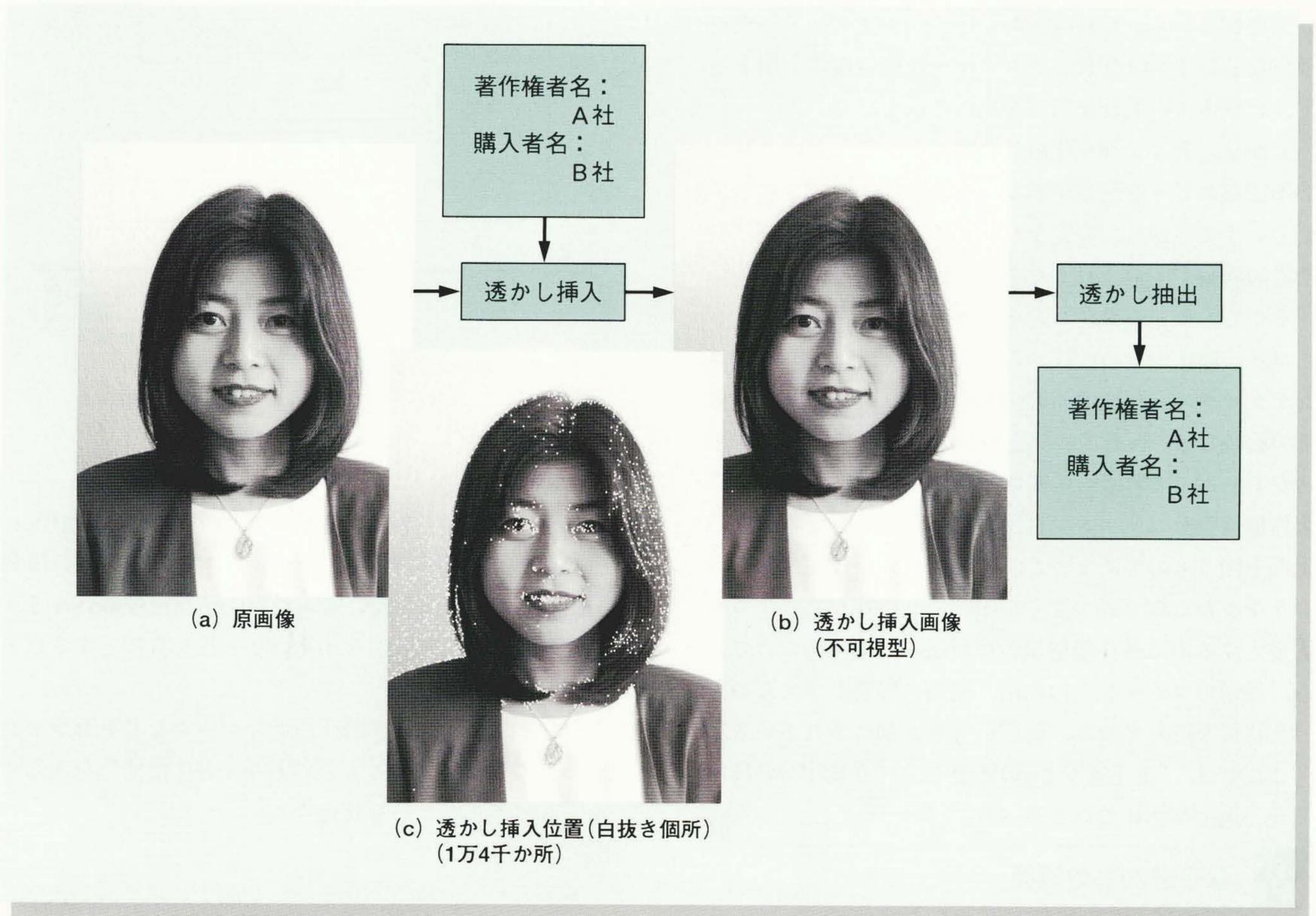


電子透かしとその応用

Digital Watermarking and Its Applications

吉浦 裕 Hiroshi Yoshiura
金野千里 Chisato Konno
黒須 豊 Yutaka Kurosu



不可視型透かしシステムでの応用例

画像データの販売時に著作権情報を埋め込む。埋め込んだ透かしは人間の目には見えないが、抽出ソフトウェアを用いると読み出すことができ、著作権者の確認や購入者の特定が可能である。

絵画や音楽、映画などのコンテンツ(内容)をデジタル化して配布するコンテンツビジネスが注目されている。しかし、デジタルコンテンツは不正なコピーが容易で、著作権が侵害されやすいという問題がある。そこで、配布先名称などの情報をコンテンツに埋め込むことで不正コピーを防止し、著作権の保護を可能にする「電子透かし」の技術を開発した。

電子透かしには、コンテンツが静止画である場合を中心に、(1)情報を目に見えないように埋め込む「不可視型」と、(2)目に見えるマークとして埋め込む「可視型」の透

かし技術がある。

不可視型では、画像の性質に合わせて情報の埋め込み強度を調整する方式を確立し、埋め込み情報が見えないことを保証する一方で、それが容易に取り外せないようにした。その結果、画像の鑑賞を妨げることなく、高度な不正追跡が可能となった。

可視型では、挿入したマークが専用ビューワだけによって取り外し可能となる方式を確立し、不特定者のマーク取り外しによる不正コピーの防止を可能とした。美術品画像販売などの実ビジネスへの適用にも道を開いた。

1 はじめに

絵画や音楽、映画などのコンテンツ(内容)をデジタル化して配布するコンテンツビジネスが注目されている。デジタル化したコンテンツは、従来の紙などの物理的コンテンツに比べて加工・配布が容易で、使用に伴う劣化がないという長所があり、マルチメディア処理や通信などのインフラストラクチャー技術の進歩と相まって、ビジネスの大きな発展が期待されている。

しかし、デジタル化の負の側面として、コンテンツの不法なコピーや配布が容易で、著作権が侵害されやすいということから、優良なコンテンツが出回らない、事業者の利益が圧迫されるなどの問題が生じている。

そこで、デジタルコンテンツの著作権保護、特に不正コピー防止のための技術の重要性が高まっており、コンテンツへの著作権情報の付加やコピー操作、メール送信の監視など、さまざまな技術が提案されている。「電子透かし」は、これらの不正コピー防止技術とは異なり、著作権情報をコンテンツ自体に埋め込むことで著作権の保護を図るものである。この技術は、(1)著作権情報をコンテンツから取り外すことが困難、(2)特殊なシステムを必要とするのは著作権情報の埋め込みと抽出時だけであり、通常の利用、配布に影響を与えないという特徴を持っており、幅広い普及が期待されている。

ここでは、「電子透かし」の概要と、日立製作所の技術開発、適用事例について述べる。

2 電子透かしの概要

(1) 電子透かしの種類

電子透かしの分類を表1に示す。「不可視型電子透かし」は、コンテンツに微少な変更を加えて情報を埋め込むもので、コンテンツの外見が変化せず、鑑賞への妨げ

表1 電子透かしの種類

対象コンテンツが音声の場合には、耳に聞こえない透かしと聞こえる透かしに分類できる。

種類	内容	効果
(1) 不可視型透かし 情報をコンテンツ内に 目に見えない形で挿入	著作権者のID情報	●コンテンツに対して権利主張が可能 ●正当な著作権者についての問い合わせが可能
	購入者のID情報	●不正コピーした購入者を不正コピー物から特定が可能
	レコーダやビューワ への制御コード	●コピーやディスクセーブの可否を コンテンツごとに指定が可能
	チェック情報	●コンテンツ改ざんの検知が可能
(2) 可視型透かし 情報をコンテンツ上に 目に見える形で重ね書き	著作権者のロゴなど	●コンテンツに対して権利主張が可能 ●正当な権利者の即時特定が可能

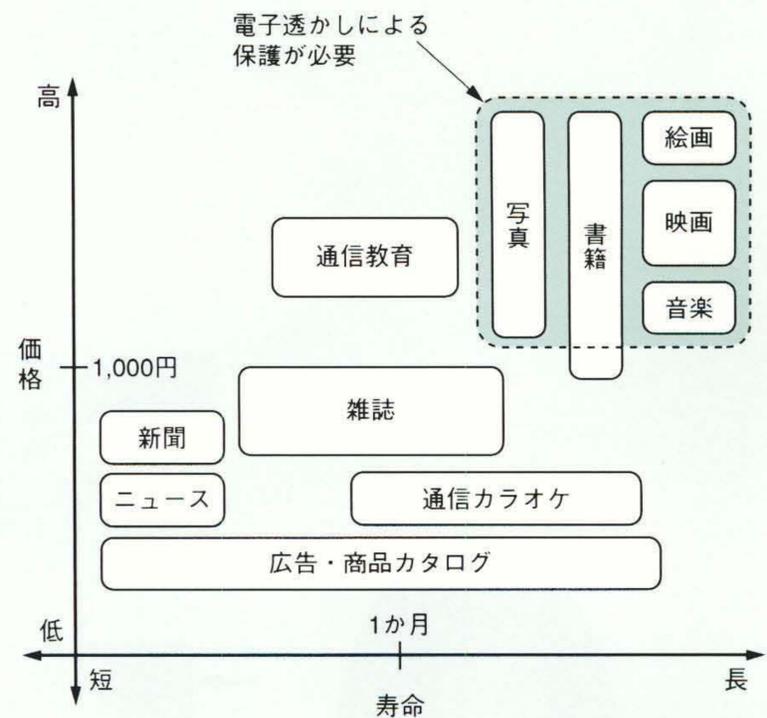


図1 電子透かしの対象

価格が高く、情報の寿命が長いコンテンツを対象とする。

がないことが特徴である。著作権者のID(Identification:身元確認)情報を埋め込んでコンテンツへの権利主張を可能とするほか、購入者のID情報を埋め込んで、不正コピーした購入者を不正コピー物から特定するなどの応用がある。

「可視型透かし」は、著作権者のマークなどをコンテンツの上に重ね書きするものであり、著作権情報を明示することで不正コピーを防止する。

(2) 適用分野

電子透かしの対象コンテンツを図1に示す。高価格、長寿命のコンテンツが対象となる。これをメディア種別ごとに分類したものを表2に示す。対象としては、静止画、動画、音声、テキスト、図面などがある。

(3) 技術要素

表2 電子透かしの対象種別

対象種別ごとに透かしの埋め込みと抽出の技術開発が必要となる。

種 類	保護対象コンテンツ例
静 止 画	絵画, 写真 電子書籍中の画像
動 画	映画 電子書籍中の動画
音 声	音楽 映画中の音声
テキスト	電子書籍の本文
図 面	設計図面

電子透かしの主要な応用である権利主張, 不正コピー者特定を実現する場合の技術要素を図2に示す。技術は2種類に分類できる。第一は, コンテンツへの透かしの埋め込みと抽出である。これには, メディア種別ごとに異なる技術開発が必要である。第二はセキュリティの確保であり, これはメディア種別よりもシステムの目的に依存する。

3 日立製作所の電子透かし

3.1 概 要

日立製作所は, 2章で述べた分類に沿って電子透かしの技術開発を進めている。開発技術の中から, 特に, 多くの応用の中心となる静止画用の不可視型透かし, 可視型透かし, およびセキュリティ技術について以下に述べる。

3.2 静止画用不可視型透かし

3.2.1 不可視型透かしの技術課題

不可視型透かしの実現では, 下記の相反する要求を満たす必要がある。

(1) 画像の視覚的变化の防止

透かしの埋め込みによって人間が知覚できるほど画像が変形すると, 画像の商品価値が低下する。したがって, 画像の変形を軽減する必要がある。特に, 日立製作所の電子透かしの場合, 4章で述べるように美術品画像に適用するので, この問題は重要である。そのためには, 透かしの挿入個所が少なく, 画像の変更量が小さいことが望ましい。

(2) 画像処理への耐性向上

プロバイダは画像に電子透かしの埋め込んだ後, 圧縮して購入者に送付する(図2参照)。購入者はこれを伸長して使用するが, 不正コピーする場合には, 透かしを除去するために拡大・縮小, 輝度変更などの画像処理を加える。また, 画像の一部を切り出して不正コピーする場合が多い。

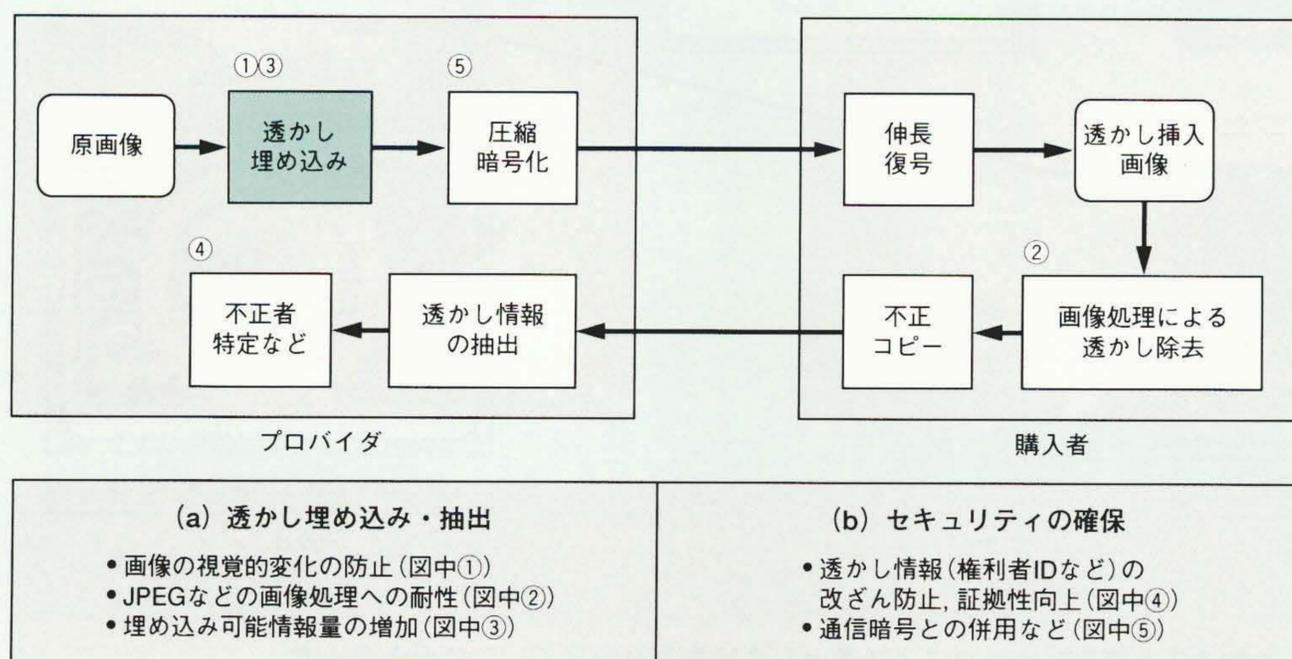
したがって, 透かし情報は, 圧縮, 拡大・縮小, 部分切り出しなどの処理に耐えて生き残る必要がある。そのためには, 透かしの挿入個所は多く, また挿入強度が大きいことが望ましい。

上記の相反する要求を両立することが, 不可視型透かしでの課題である。

3.2.2 画質保証機構

(1) 課題解決の方針

前述のように, 透かしの埋め込むこととは, 画像に微



注: 略語説明
JPEG (Joint Photographic Experts Group)

図2 電子透かしの技術要素

不正な購入者は, 透かし挿入画像に画像処理を加えて透かしの除去を図った後, これをコピーして再配布する。プロバイダーは, 再配布された画像から透かしの抽出する必要がある。

少な変更を加えることである。一例として、画像の明るさ(輝度)を変更する場合について以下に述べる。

画像の視覚的变化防止と画像処理耐性の向上を両立させるためには、視覚的变化がない範囲で画像の輝度を最大限変更することが望ましい。ところが、輝度変更と視覚的变化の関係は画像の性質に依存する。例えば、芝生や毛髪のような雑然とした部分は輝度を多く変更しても視覚的には認識できないが、青空のような平坦な部分は、わずかな変化でも目立つ。

以上の考察から、下記の方針でこれらの課題を解決することにした。

- (a) 視覚的变化がない輝度変更の範囲(変更可能範囲)を画像の場所ごとに推定する技術を開発する。この技術を「画質保証機構」と名づける。
- (b) 画質保証機構の示す変更可能範囲が小さい場所は、わずかな輝度変化でも目立つ場所であるから、そこには透かしは埋め込まないで、変更可能範囲が大きい場所に埋め込む。
- (c) 選択した透かし埋め込み個所では、変更可能範囲内で最大限の輝度変更を加える。

(2) 画質保証機構の実現

上記の方針を実現するためには、画質保証機構の実現

が最大の課題となる。その概略を以下に述べる。

日立製作所は医療画像処理を長年研究しており、画像の外見をほとんど変えずにノイズだけを除去するフィルタ技術を確立している¹⁾。これは多くの医療現場で実際に利用されており、有効性が確認されている。このフィルタ技術に基づいて、画像の外見を変えずに画像の輝度値を変更する技術を開発し、原画との差分を変更可能範囲とすることにより、画質保証機構を実現した。

3.2.3 システムの実現

上記の画質保証機構を用いて、「不可視型透かしシステム」を実現した。このシステムでは、C言語で記述している。処理時間は画像のピクセル数に比例し、画像内容や埋め込み情報には無関係である。

このシステムでの原画像、透かし挿入画像、および透かし挿入位置を15ページの写真に示す。白抜きの個所が透かし挿入位置である。森林などの雑然とした部分に多く挿入し、右下の海のような平坦な部分にはあまり挿入していない。画質については、複数の画像処理専門家による主観評価を行い、原寸では原画と透かし挿入画像が識別できないことを確認した。画像処理耐性については、JPEG規格での圧縮、拡大・縮小、部分切り出しなどの一般的な画像処理に耐えるという結果を得ている。

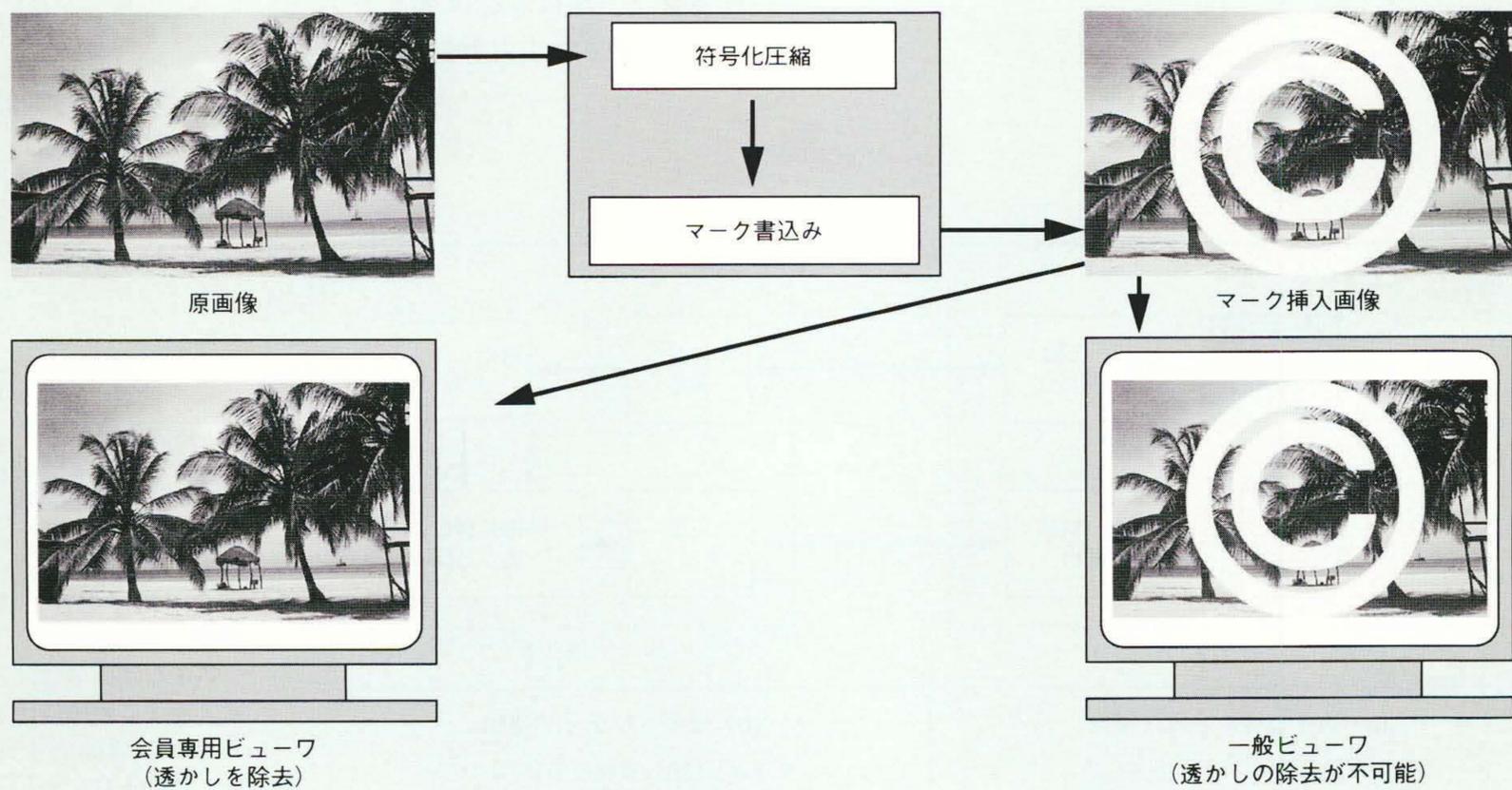


図3 可視型電子透かしシステムでの会員専用ビューによる透かしの除去と一般ビューの場合の比較
 会員だけ原画の閲覧を可能とし、不特定者による原画のコピーを防止する。

3.3 静止画用可視型透かし

日立製作所の可視型透かしは、特殊なビューワを用いて、重ね書きしたマークを除くことにより、原画を復元できる点に特徴がある。マークを重ね書きした画像を見本として配布し、特殊ビューワを持つ会員だけが原画を閲覧できるようにするなどのサービスが可能である(図3参照)。

3.4 セキュリティの確保

電子透かし(不可視型)を用いてコンテンツへの著作権主張や不正コピー者の特定を行うためには、画像に挿入した著作権者や購入者のID情報が改ざんされないこと、画像から検出したID情報が確かに本人のIDであると証明できることが必要である。そこで、画像に埋め込む情報として、単なるID番号ではなく、著作権者や購入者のデジタル署名を用いる方式を開発した²⁾。

4 適用例

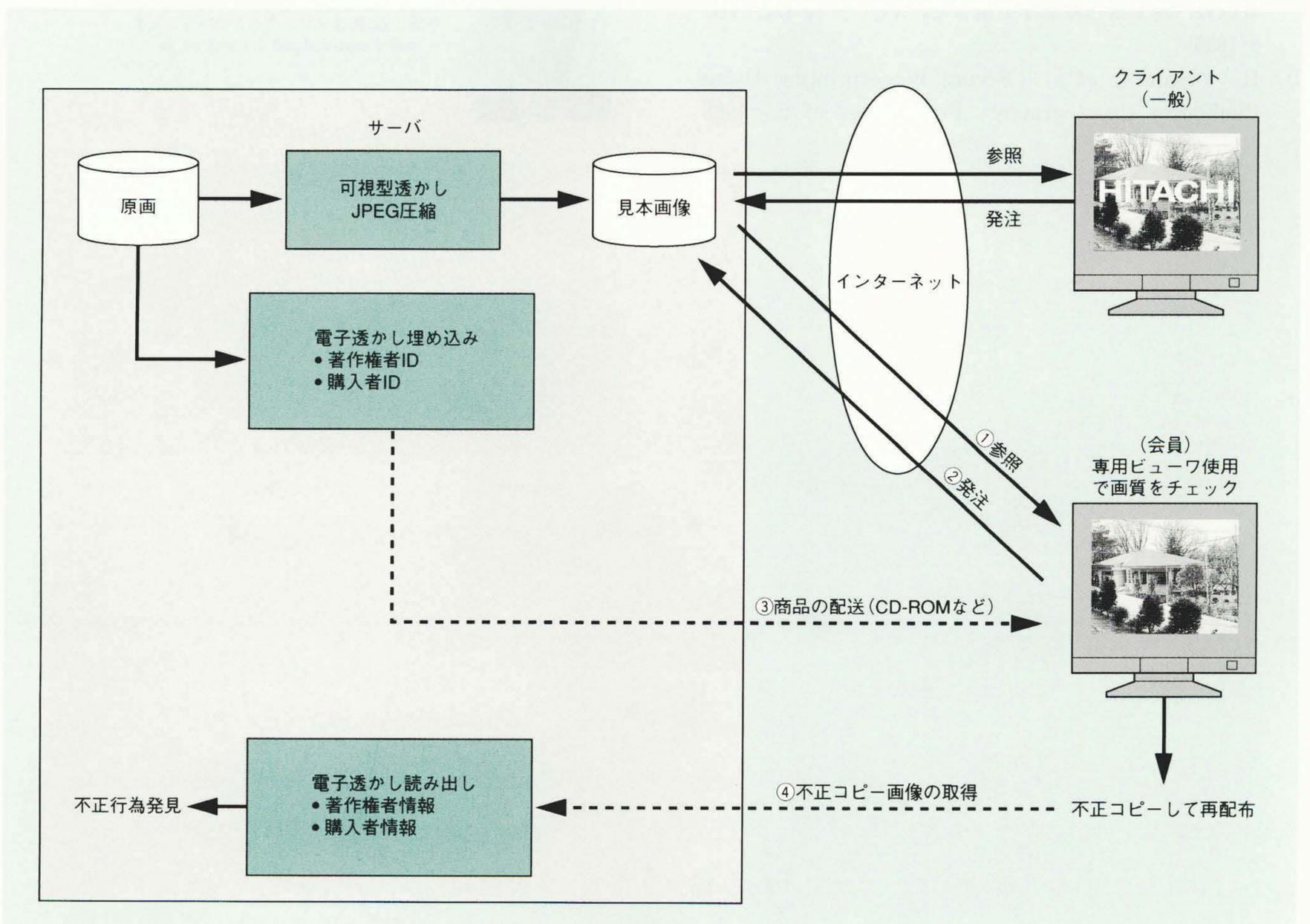
電子透かしには、上記2章で述べたように幅広い応用分野があり、日立製作所でも多くのビジネスへ適用中である。その中から、主な適用例を以下にあげる。

(1) 凸版印刷株式会社と共同の美術画像ビジネス(「イメージモール ジャパン」)(図4参照)

美術品、絵画、歴史的建築物などの静止画や動画、音声コンテンツを供給するビジネスで、権利者と購入者のID情報をコンテンツに埋め込むことにより、著作権者の権利の主張や不正コピー者の特定を可能とし、不正を防止する。

(2) 人工衛星画像ビジネス

人工衛星から撮影した地形写真にID情報を埋め込み、不正を防止する。



注：略語説明 CD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)

図4 「イメージモール ジャパン」での電子透かしの利用

「可視型透かし」と「不可視型透かし」の組合せにより、見本配布から商品販売までのさまざまな段階での不正コピー防止を可能とした。

5 おわりに

ここでは静止画用不可視型を中心として、日立製作所の電子透かし技術について述べた。

日立製作所の方式では、透かし挿入による画像の視覚的变化を知覚できないレベルに抑えるので、美術品などの繊細な画像にも適用が可能である。一方、挿入した透かしは頑強であり、市販の画像処理ソフトウェアの処理に耐えることができるので、高度な不正追跡機能を実現することが可能である。

取り外し不可能な形で画像に著作権マークを重ね書きする「可視型透かし」や、透かしを用いてコンテンツへの権利主張や不正コピー者の特定を行う場合のセキュリティ技術を組み合わせることにより、さまざまな応用分野でのコンテンツの著作権保護が可能となると考える。

参考文献

- 1) 木戸, 外: 方向依存型フィルターを用いたMRI画像の画質改善, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J-79-D2, No. 8(1996)
- 2) H. Yoshiura, et al.: Secure Fingerprinting Using Public-Key Cryptography, Proceedings of the 1998

Cambridge Workshop on Security Protocols (1998-2)

- 3) H. Yoshiura, et al.: VSP: A Digital Watermark Method for Motion Picture Copyright Protection, Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Consumer Electronics (1998-6)

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 セキュリティシステム研究センター 所属
現在, セキュリティシステムの研究開発に従事
理学博士
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員, 人工知能学会会員
E-mail: yoshiura@sdl.hitachi.co.jp



金野千里

1977年日立製作所入社, 情報事業企画本部 企画本部システム製品企画部 所属
現在, セキュリティ関連製品の企画に従事
理学博士
情報処理学会会員, 日本応用数学会会員
E-mail: c-konno@comp.hitachi.co.jp



黒須 豊

1986年日立製作所入社, ソフトウェア開発本部 言語図形設計部 所属
現在, EC関連ソフトウェアの開発に従事
E-mail: kurosu@soft.hitachi.co.jp