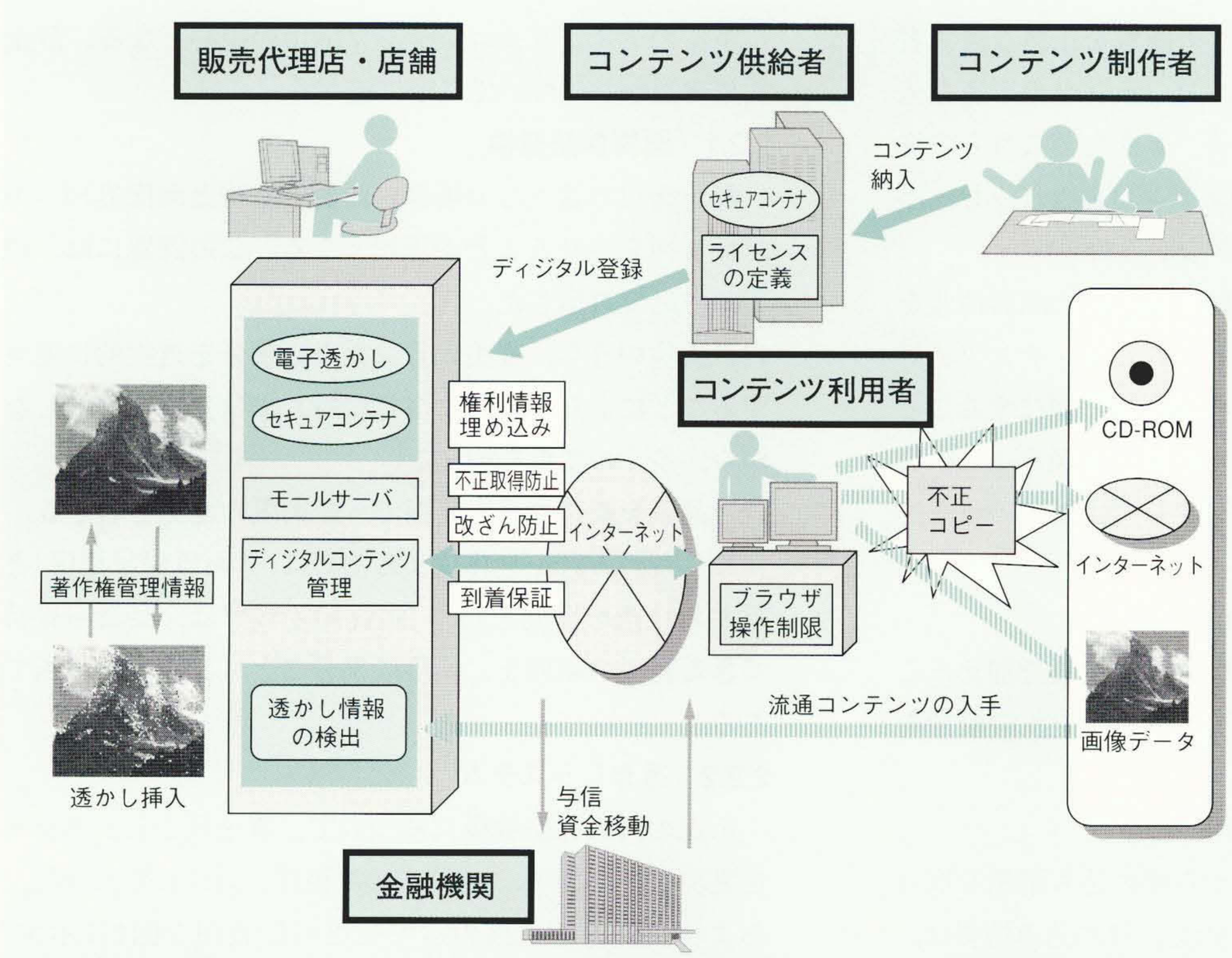
ディジタルコンテンツのセキュリティおよび著作権保護技術とその応用

Technologies and Applications for Digital Contents Security and Copyright Protection

原野紳一郎 *Shin'ichirô Harano*
吉浦　裕 *Yutaka Yoshiura*
小辰信夫 *Nobuo Kotatsu*
森藤　元 *Hajime Moritô*
黒須　豊 *Yutaka Kurosu*



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

ディジタルコンテンツ流通の全体像

ディジタルコンテンツの制作から供給者・販売代理店を通じて利用者に流れるディジタルコンテンツ流通の全体フローを示す。不正コピーが流出する際の不正の検知や，ディジタルコンテンツの安全な配送のために，「電子透かし技術」と，暗号技術の応用である「セキュアコンテナ技術」を利用する。

インターネットの発展や，ディジタルカメラ，DVD(Digital Versatile Disc)などの情報・映像機器の普及により，静止画，動画，音声といったディジタル情報の利用が急速に拡大している。情報のディジタル化により，原本とまったく同じディジタルコピーが安価に作成できるようになった。しかし一方，ディジタルコンテンツ(ディジタル化された情報の内容)の制作者が享受すべき利益を損なう危険性も拡大してきた。このような危険性を取り除き，コンテンツ制作者の著作権などを守る仕組みが求められている。近年，著作権を含む知的財産権を守るためのセキュリティ技術が注目を集めており，電子透かしや暗号関連技術が，ディジタルコンテンツの著作権保護や不正利用防止に利用されるようになってきた。

日立製作所は，ディジタル化情報社会に求められるこのようなニーズにこたえるため，高画質で画像操作に対して強い耐性を持つ「電子透かし技術」と，インターネット上での安全なコンテンツの配送とコンテンツ操作の制御を実現する，暗号技術を応用した「セキュアコンテナ技術」を開発した。

1 はじめに

ディジタルカメラの急速な普及に見られるように，画像や映像の情報をディジタル化することにより，情報の利用が飛躍的に広がってきた。この情報のディジタル化がもたらす影響は，ディジタル化された情報が簡単に他に利用できるという性質を持つことから，不正コピーされる危険性をはらんでいる。このため，情報の不正な二次利用を防止する技術の開発が急務となっている。

日立製作所は，高画質で耐性にも優れた電子透かし技術と暗号技術を応用したディジタルコンテンツのセキュリティ技術を開発した。

ここでは，「電子透かし技術」と，暗号技術の応用である「セキュアコンテナ技術」の特徴と応用システムについて述べる。

2 電子透かし

2.1 電子透かしの役割と技術課題

著作権保護のための従来技術には，認証や暗号などがある。認証は，コンテンツ(情報の内容)の送付先を正当な購入者に，暗号は，コンテンツの閲覧を正当な購入者にそれぞれ限定することにより，コンテンツの不正な入手と利用を防止することができる。しかし，これらの従来技術では，正当な購入者がコンテンツをコピーし，不正に二次配布することは防止できなかった。

電子透かしでは，著作権者や配布先などの識別情報をコンテンツに埋め込み，不正配布されたコンテンツに対する著作権の証明や不正配布者の特定を可能にすることにより，不正なコピーと二次配布の抑止を図る。このような役割を果たすために，電子透かしでは以下の要求を満たす必要がある。

(1) コンテンツの品質低下の防止

情報の埋め込みはコンテンツに微少な変更を加えることによって実現するが，この変更がコンテンツの価値を低下させてはならない。

(2) コンテンツの不正な加工処理への耐性

不正コピー者は，コンテンツから埋め込み情報を取り除こうとして処理を加える。そのため，埋め込み情報は，これらの不正な加工処理の後でも検出できるものでなくてはならない。

上記(1)と(2)は互いに相反する。すなわち，(1)の品質維持のためには，情報埋め込みでの変更は小さいほうがよいが，(2)の耐性のためには，変更は大きいほうがよい。この相反する要求を両立させることが，電子透かしの最も重要な技術課題である。

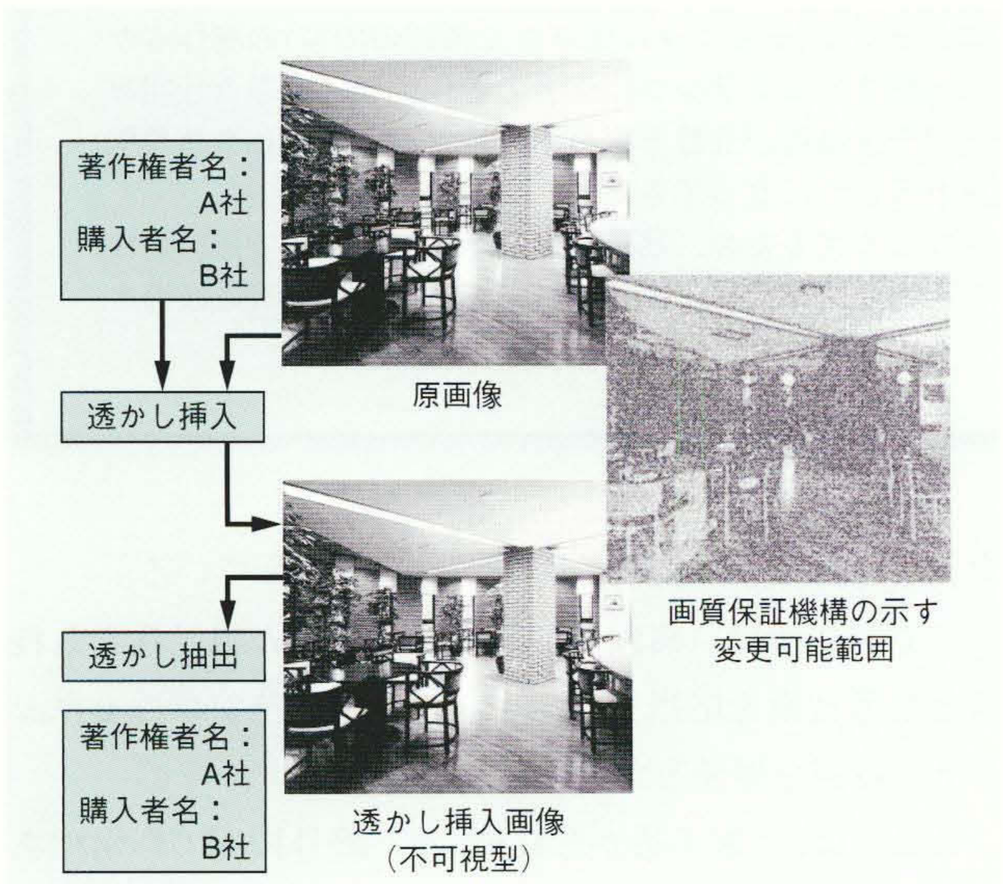


図1　静止画用電子透かしシステムの処理例
画質保証機構により，画像の中で目立たない部分に透かしを埋め込む。

2.2 日立製作所の取組み

多くのディジタルコンテンツ応用の中心となる，静止画用の透かしについて以下に述べる。

2.2.1 画質保証機構

静止画用の透かしの場合，画質の維持と画像処理への耐性を両立させることが課題となる。この課題には，以下の方針で対応した。

(1) 画像のうち，変更が目立たない部分を選択的に変更することにより，人間の視覚に対しては画質を維持しながら，多くの変更を加える。

(2) 品質を維持できる範囲で，最大限の変更を加える。

これらの方針を具体化するために，「画質保証機構」と呼ぶ新技術を開発した[1]。画質保証機構は，品質を維持できる変更の範囲を，画像の部分ごとに推定する技術である。

2.2.2 透かしシステム

上記の画質保証機構に基づいて，電子透かしシステムを実現した。このシステムでの原画像，透かし挿入画像，および画質保証機構の示す変更可能範囲を**図1**に示す。透かし挿入画像は，原画像のピクセルを変更が可能な範囲内で変更することによって作成する。樹木などの雑然とした領域では変更量が大きく，天井などの滑らかな領域では変更量が小さい。

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，その結果，原寸では原画像と透かし挿入画像の識別ができないことを確認した。画像処理耐性については，圧縮，拡大・縮小，回転，部分切り出し，ローパス・ハイパスフィルタなど，一般的な処理に耐えるという結果を得ている。

3 ソフトウェア技術

日立製作所は，各種のセキュリティ技術や，分散オブジェクト技術の開発，製品化に取り組んできた。わが国では最も早く1996年10月に，これらを基盤とするEC(Electronic Commerce)製品群の発表，製品化を行い，1998年2月にはディジタルコンテンツ販売機構など，大幅に機能を拡張したEC製品群の発表を行った。以下に述べる電子透かしとセキュアコンテナは，ECシステムや著作権管理システムの構築を支援する，ディジタルコン

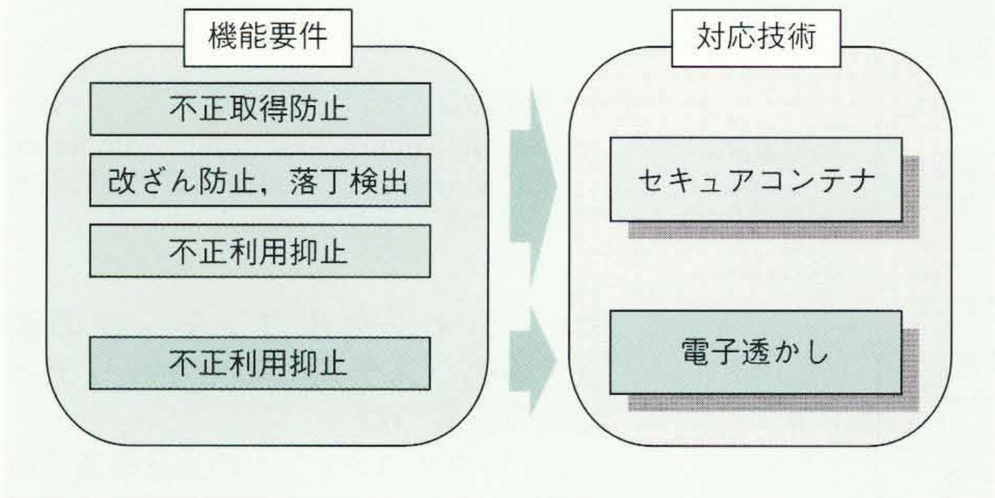


図2　著作権保護の機能要件とセキュリティ技術の関係
セキュアコンテナと電子透かしの著作権保護上の役割を示す。

テンツの著作権保護技術で，将来的なパッケージ化を考えている。

3.1　ソフトウェア技術の概要

ディジタルコンテンツを保護するためには，配送セキュリティの確保(不正取得防止，改ざん防止，落丁検出，成り済まし防止，到着保証)と，著作権保護(不正二次利用抑止)が必要である。セキュアコンテナと電子透かしの機能要件を**図2**に示す。

(1) 電子透かし

日立製作所の電子透かし技術の静止画での利用分野は今後ますます増大し，さまざまな形態で利用されるものと考える。このため，今後のアプリケーションに対応するように，技術開発と製品化を行っていく計画である。

(2) セキュアコンテナ

日立製作所は，通商産業省と情報処理振興事業協会(IPA)が推進する「創造的ソフトウェア育成事業」の一環として，コンテンツ流通・販売に適した基礎技術を開発した。セキュアコンテナは，この開発技術の一つである。セキュアコンテナは，WWW(World Wide Web)ブラウザで閲覧が可能なコンテンツに利用条件(ディジタルな再利用の禁止，印刷禁止)を付加した暗号化ファイルを作成することにより，配送中のファイルに対するセキュリティを確保するとともに，利用者サイトでのコンテンツの不正二次利用を抑止する(**図3**参照)。配送方法を問わないので，CD-ROMで販売するコンテンツの複製を禁止したり，社内システムでの社外秘文書を印刷禁止にするといった形態で利用が可能である。

図3　セキュアコンテナによる不正二次利用抑止
コンテンツに与えられた利用条件に従って，WWWブラウザの操作(閲覧・印刷・保存など)を制御する。

3.2　ディジタルコンテンツ流通実証実験

日立製作所は，大日本印刷株式会社と共同で，通商産業省と情報処理振興事業協会の支援を得て，インターネット上での安全かつ確実なディジタルコンテンツ流通の実現を目指す流通・販売システムの実証実験を1998年秋から実施した。セキュアコンテナを組み込んだ「日立モール・サーバー/デジタルコンテンツ販売機構」と電子透かしなどの各種基盤技術を使い，大日本印刷株式会社の運営する「出版コンテンツ販売モール"BookWorld※)/EAST FLOOR"」上でディジタルコンテンツ流通・販売システムを構築し，6か月にわたって実証実験を行った(**図4**参照)。実験を通じてディジタルコンテンツの流通・販売についての種々の知見を得，基盤製品の改善に役立てている。

4　株式会社イメージ モール ジャパンへの応用

文化的・歴史的に貴重な美術品や遺産の写真をディジタルデータとして蓄積し，著作者や所有者の権利を保護しながら，ネットワークを介してこれらの映像を流通させるビジネスの例として，株式会社イメージモールジャパンの概要と活動について以下に述べる。

4.1　会社の概要と主な業務内容

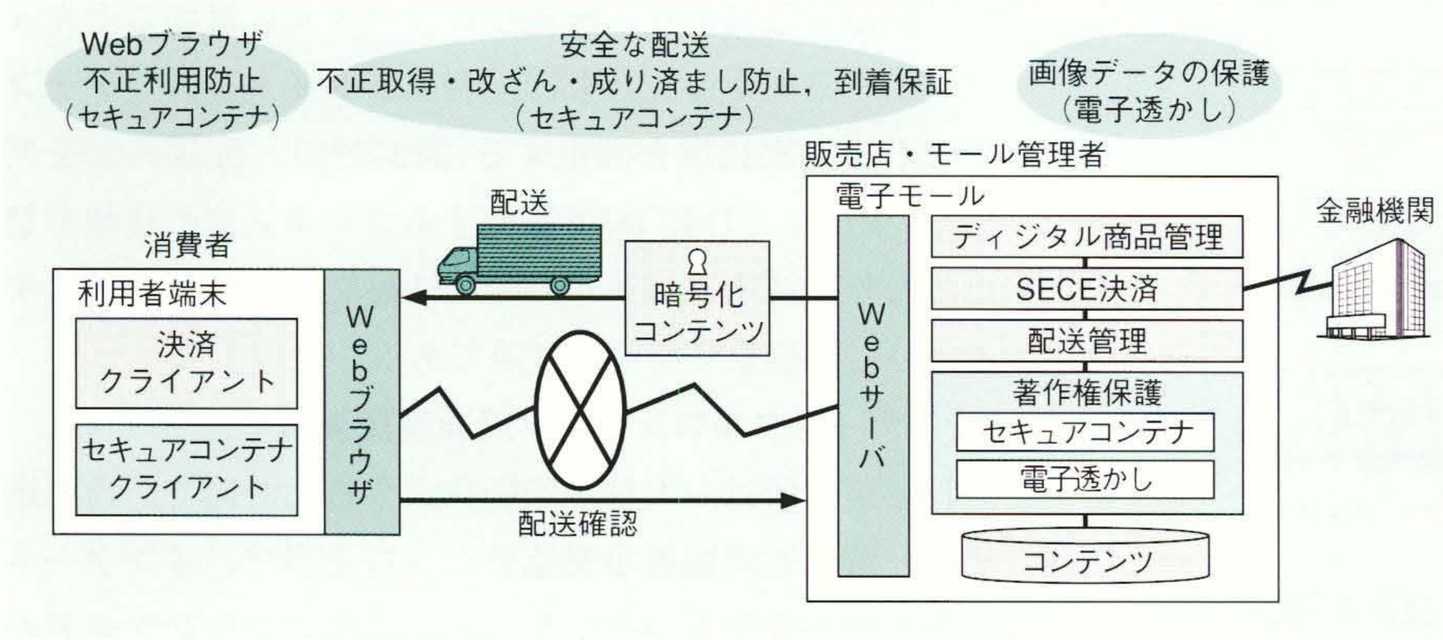
株式会社イメージモールジャパンは，1998年10月1日に，凸版印刷株式会社，日立製作所，および株式会社朝日新聞社の3社の出資で設立した。

主な業務内容について以下に述べる。

(1) ライセンスビジネス

画像データをディジタルデータとして蓄積しておき，画像への要望があった場合，キーワードやカテゴリーで画像を検索して，その画像の使用権を販売する。使用形態としては，雑誌などの印刷物への利用から，CD-ROMのようなマルチメディア出版，さらに放送や展示など，さまざまな利用が考えられる。利用料金については，商用利用かどうか，複製の制作枚数はどのくらいか，利用する大きさはどの程度か，トリミングや翻案はどの程度

※) BookWorldは、大日本印刷株式会社の商標である。



注：略語説明
SECE(Secure Electronic Commerce Environment；わが国の電子商取引共通プラットフォーム)

図4 ディジタルコンテンツの流通・販売システムでのセキュリティ製品の位置づけ
ディジタルコンテンツの流通経路での電子透かしとセキュアコンテナの位置づけを示す。

行うのかなど，利用条件によって千差万別となる。検索結果の例を**図5**に示す。

(2) 電子出版･制作ビジネス

大量に蓄積したディジタルデータを有効に活用するため，オリジナルCD-ROMやDVD-ROMなどの企画・制作・販売を行う。みずからが利用を推進することにより，コンテンツホルダーへの運用利益の還元を促進することができる。

(3) 美術館・博物館向けトータル ソリューション ビジネス

美術館や博物館が所有する文化資産の映像をディジタル化することにより，映像の劣化を防止する。また，それをデータベースに登録，管理し，収蔵品の管理や学芸員向け情報提供システムを構築する。さらに，館内の電子展示システムやオンデマンド検索コーナーの構築など，トータルなソリューションを提供する。

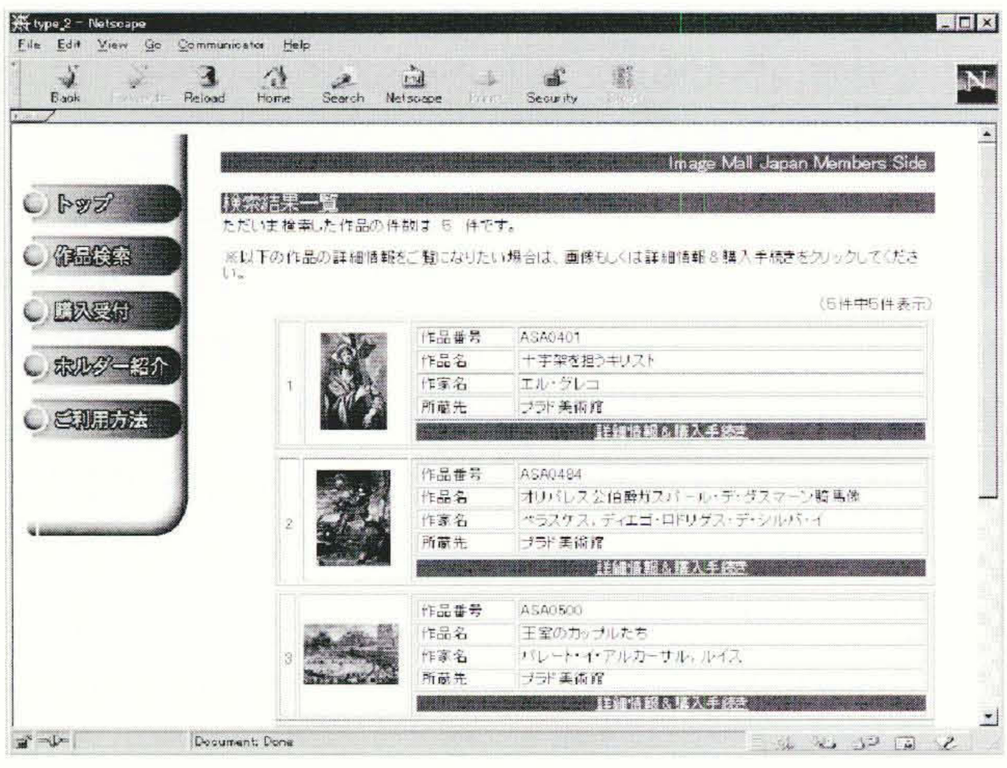


図5 ライセンス用画像検索結果の画面例
ライセンス用画像検索での商品検索結果を示す。
(画面中の写真提供：Archivo Iconografico, S.A.)

4.2 著作権保護技術の応用

画像をディジタルデータとして扱う場合，最も留意する必要があるのが著作権の問題である。ディジタルデータは，写真やフィルムのようなアナログデータとは異なり，時間の経過とともに劣化していくことがない。このため，高品質での保存に適した形式である。しかし一方，品質をまったく劣化させずに，複製物をきわめて簡単に作ることもできる。所有者の著作権を侵害し，大量の複製物(いわゆる海賊版)を作成，販売することも容易であり，ディジタル化されたコンテンツがなかなか広く流通しない原因の一つになっている。このような阻害要因を排除するため，株式会社イメージモールジャパンは，以下の二つの技術を採用している。

(1) 電子透かし技術

電子透かしには，「可視型の電子透かし」と，「不可視型の電子透かし」がある(**図6**参照)。

株式会社イメージモールジャパンは，画像をさまざまな精細度(サイズ)のディジタルデータで蓄積しており，比較的小さなサイズから中くらいのサイズの画像については，可視型の電子透かしを適用する。また，中くらいから最高画質のフルサイズ画像については，不可視型電子透かしも適用することにより，可視型の電子透かしが外れた状態でも，ディジタルデータの所有者情報やそのデータの購入者情報が画像上に残存するようにくふうしている。

このような管理により，電子透かし情報が入っている画像を不正利用された場合，所有者や販売先のデータを読み出し，どのルートでデータが不正に流れたかを追跡調査できる。逆に，このような技術が使われているデータであることを明示すれば，不正利用による著作権侵害を未然に抑止することができる。

(a)可視型電子透かしの適用例　(b)不可視型電子透かしの挿入個所の例

図6　電子透かし適用のイメージ例

可視型電子透かしの挿入事例(a)と，不可視型電子透かしの挿入位置の事例(b)を示す。

(写真提供：Archivo Iconografico, S.A.)

(2) 暗号技術

インターネットをはじめとするネットワークでディジタルデータを配信することは，データの漏えい，傍受，改ざんなどの危険性を常にはらんでいると言える。ネットワークといっても専用の転送手段があるわけではなく，データは，さまざまな中継点を通りながら最終目的地に届けられる。したがって，ネットワークで配信途中のデータを取り込み，盗んでしまうことが可能である。このようなデータの配信でのセキュリティを確保するため，画像情報の一部または全部に暗号処理を施して，ネットワーク上でデータが盗まれても簡単に復元できないようにすることが必要である。

近年の技術革新により，ディジタルデータのすべてを暗号化するような，大容量データの高速暗号化アルゴリズム「だ円曲線暗号」が考案されている。日立製作所は，だ円曲線暗号技術とブロック暗号技術を融合することにより，共通かぎ暗号方式と同等レベルの高速処理で，データの暗号化・復号化を実現した。株式会社イメージモールジャパンでは，日立製作所のこの暗号技術を利用することにより，ネットワークを通じたデータの安全なやり取りが実現できるようにしている。

4.3　今後の展開

ディジタルコンテンツのネットワーク流通を考えるうえで最も重要なのは，コンテンツ提供者の権利保護を第一優先で考えるということである。コンテンツ提供者の権利を無視しては，貴重なコンテンツを広く流通させることはできない。現在の技術水準では，権利を完全に保護して不正利用を防止したり，不正利用発見時の法的訴求力までは実現できていない。しかし，貴重な情報・コンテンツを広く普及させ，もっと簡単に手に入るようにするには，単に技術面からだけでなく，法律を含めた社会制度の中で考えていかなければならない。今後，株式会社イメージモールジャパンという新しい事業体の試みが，ディジタルコンテンツの普及への先べんとなることを期待する。

5　ディジタルカメラへの応用

電子透かし技術の静止画への応用として，ディジタル スティル カメラ(以下，ディジタルカメラと言う。)への適用を図った。電子透かし技術を用いて，ディジタルカメラで撮影した画像に著作権情報を埋め込み，さらに，ディジタル署名技術(後述)により，画像データが改ざんされていないという「データの真正性」を確認する仕組みを実用化した。

5.1　画像データ保護の必要性

近年，撮影した画像データをディジタル形式で蓄積するディジタルカメラが広く普及している。ディジタルカメラで撮影したディジタル形式の画像データは，(1) 時間経過による画質の劣化がない，(2) 計算機などを用いてのデータベース化が容易である，(3) 画像データの保管に場所をとらない，(4) 電子メールなどを利用しての送受信が可能であるなど，従来の銀塩写真にはない特徴を持つ。また，撮影後の輝度や色調の加工が容易であることなどもあり，画像データをさまざまな形で利用することを可能としている。

一方，データの加工が容易であるということは，同時に，改ざんが容易であるということにつながり，これがディジタルカメラで撮影した画像データの真正性が保ちにくい原因となっている。

画像データの真正性が要求される例としては，監督官庁への提出や保管が義務づけられている建築現場の工程管理写真や，自動車修理工場で撮影後，損害保険会社の保険金額の査定に使用される自動車事故査定用写真などがあげられる。

5.2　画像データ保護機能付きディジタルカメラ

今回開発したシステムでは，電子透かし技術を用いて，撮影された画像データに撮影機器や撮影日時などの画像データの著作権に関する情報を挿入する。次に，生成された画像データに対してディジタル署名を生成し，画像データのヘッダ部に署名データを付加する。

検証側ではパソコンなどを用いて，受け取った画像デ

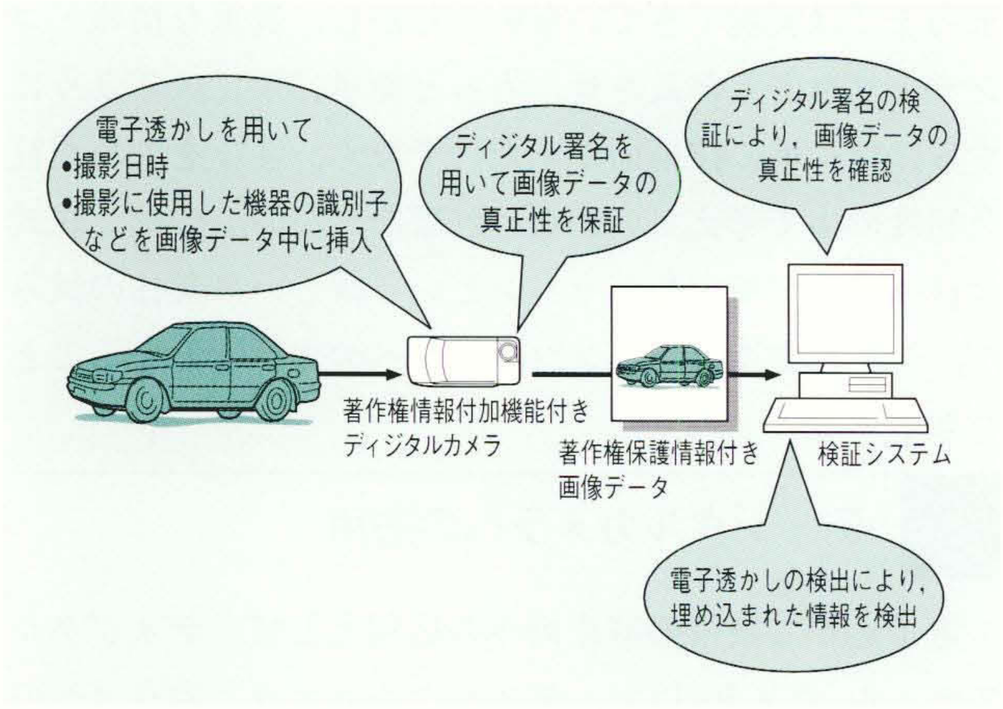


図7　電子透かし技術を用いた著作権情報保護機能付きディジタルカメラの機能

撮影日時などを含む著作権情報を電子透かしで埋め込み、ディジタル署名を用いて画像データの真正性を保証する。

ータのディジタル署名を検証し，署名が正当なものである(画像データに対して改ざんが行われていない)ことを確認する。次に，電子透かしとして画像データ中に挿入された著作権情報を抽出し，必要に応じてこの情報を処理する。

ディジタル署名とは，「暗号技術を用いて，通常の署名と同様に，データの作成者が確かにデータを作成したことを示すためのもの」である。

今回採用した方式では，署名生成者(ディジタルカメラ)だけが持っている署名生成かぎによって画像データのダイジェストを暗号化し，画像フォーマットのヘッダ部に生成した署名データを格納し，画像データとともに配信する。検証者(パソコン上のプログラム)は，受信した画像データのダイジェストと，公開されている署名検証かぎを用いて署名データを復号化したものを比較し，両者が一致した場合にだけ，受け取った画像データが配信過程で改ざんされていないと判断する。

このように，電子透かし技術とディジタル署名技術を組み合わせることにより，画像データに著作権情報を埋め込み，かつその真正性を確保することが可能になる(**図7**参照)。これにより，画像データの改ざんの有無が問題とされる分野でも，ディジタルカメラを使用することによる情報処理の高度化が達成できるようになった。

5.3　今後の展開

ディジタルカメラの高性能化がさらに進むに従い，今後は，出版や芸術の分野でも，ディジタルカメラを用いた画像データが使用される機会は増大するものと考える。その際，著作権の保護は重要な問題となるが，今回開発した技術は，その解決につながるものである。

6　おわりに

ここでは，日立製作所が開発した「電子透かし技術」と「セキュアコンテナ技術」の特徴，応用事例について述べた。

これらの技術により，ディジタルコンテンツ流通での不正コピー防止に対する，当初目指した成果を達成できたものと考える。

今後も，これら技術の適用範囲を広げて，ディジタル化情報社会にマッチした技術開発と製品・サービスを提案していく考えである。

参考文献

1) 吉浦，外：電子透かしとその応用，日立評論，**80**，7，511～516(平10-7)
2) 秋田，外：ディジタル資産の預託・運用サービス，日立評論，**80**，7，505～510(平10-7)

執筆者紹介

原野紳一郎
1975年日立製作所入社，情報・通信グループ ソフトウェア事業部 アプリケーション基盤本部　言語・図形処理設計部：所属
現在，暗号，セキュリティライブラリ，知的財産権管理ソフトウェアの開発に従事
情報処理学会会員
E-mail:harano @ soft. hitachi. co. jp

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 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

小辰信夫
1982年日立製作所入社，情報・通信グループ 情報システム事業本部 サービス事業推進センタ 所属
現在，コンテンツ・ビジネスの推進に従事
E-mail：n-kotatsu @ comp. hitachi. co. jp

森藤　元
1995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 所属
現在，ディジタルデータの著作権保護技術の研究開発に従事
IEEE会員
E-mail：morito @ sdl. hitachi. co. jp

黒須　豊
1986年日立製作所入社，情報・通信グループ ソフトウェア事業部 アプリケーション基盤本部 言語・図形処理設計部 所属
現在，電子透かし，知的財産権管理ソフトウェアの開発に従事
E-mail：kurosu @ soft. hitachi. co. jp