

知っておきたいキーワード

電子透かし

中村 高雄[†], 高嶋 洋一^{†*}

[†] NTTサイバースペース研究所

* 現在, NTTサイバースソリューション研究所

"Digital Watermark" by Takao Nakamura and Youichi Takashima (NTT Cyber Space Laboratories, Yokosuka)

キーワード: 電子透かし, ステガノグラフィ, 著作権管理, 改ざん検知

「電子透かし」とは

電子透かし (Digital Watermark) とは, 画像や音声といったメディアコンテンツを, 人間に知覚されない程度のごく微量だけ変更し, この変更によってコンテンツとは別の情報 (この情報のことを「電子透かし」, 「透かし情報」などと呼ぶ) をコンテンツ中に埋込む技術, および, コンテンツの中に埋込まれた情報を読み取る (検出する) 技術のことです¹⁾²⁾ (図1)。

電子透かしの原理は, コンテンツの冗長性を利用して別の情報を埋込むことなので, 冗長度の高い画像, 映像, 音声といったメディアを対象としたものが代表的ですが, 文書, プログラム, ポリゴンデータなどを対象とした技術も提案されています。最も単純な例と

して, 画像の画素値のLSB (Least Significant Bit) に情報を書込む方法を図1に例示します。

電子透かし技術によって, コンテン

ツと透かし情報を一体化させることができ, それによって後述するようなさまざまな応用が実現できます。

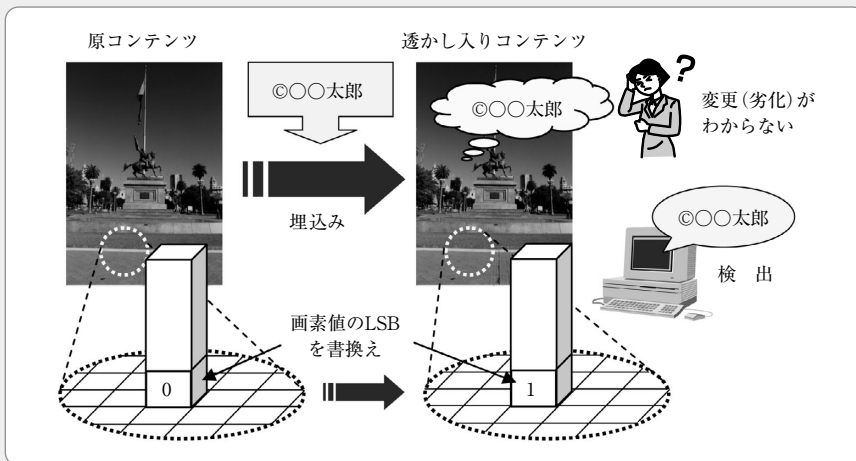


図1 電子透かしとは (画素値LSB法を例示)



なかむら たかお
中村 高雄 1994年, 早稲田大学教育学部理学科数学専修卒業。同年, 日本電信電話 (株) 入社。主に, コンテンツ流通, 画像・映像向け電子透かし技術の研究開発に従事。現在, NTTサイバースペース研究所画像メディア通信プロジェクト主任研究員。



たかしま よういち
高嶋 洋一 1985年, 横浜国立大学工学部情報工学科卒業。1990年, 同大学工学研究科博士課程電子情報工学専攻修了。同年, 日本電信電話 (株) 入社。主に, 映像符号化, 情報セキュリティ, 著作権保護技術の研究に従事。現在, NTTサイバースソリューション研究所ヒューマンアプライアンスプロジェクト主任研究員。博士 (工学)。

電子透かし技術の分類

電子透かしという言葉は、コンテンツの中に別の情報を知覚できないように埋込む(隠す)技術、という広い意味で用いられることも多いのですが、最近では、この最も広い概念を「情報ハイディング」と呼び、これを大きくステガノグラフィ(Steganography)と電子透かしに分類する考え方が一般的になりつつあります(表1)。

ステガノグラフィは、埋込まれる情報に主眼が置かれ、これを隠蔽することが目的であり、例えば、写真データのやり取りに偽装して秘密のメッセージ通信を行うような場合に利用します。

それに対し、電子透かし技術はコンテンツに関連した情報を埋込みます。さらに電子透かし技術は、「強い(ロバスト, Robust)」電子透かしと「弱い(フラジャイル, Fragile)」電子透かしに分けられます。

ロバスト電子透かしは、コンテンツにJPEG・MPEGなどの非可逆圧縮や編集・加工を施しても、透かし情報の検出が可能で高い耐性を持つものです。埋込まれた情報は、コンテンツの編集・加工により傷ついてしまいますが、例えば、誤り訂正符号などで冗長化することで、ロバストにすることができます。代表例として、パッチワーク法³⁾の概要を図2に示します。その他、無線通信で用いられているスペクトラム拡散変調を応用した方法や、信号領域ではなく周波数領域で埋込みを行う方法など、さまざまな方法が提案されています。

フラジャイル電子透かしは、コンテンツの変更に対して、電子透かしが壊れやすく敏感に反応する特徴を持ち、コンテンツ改ざん検知の目的で利用さ

れます。先に述べたように、埋込まれた情報はコンテンツの編集・加工により傷つくので、この傷に敏感に反応するようにして技術を構成します。

その他にもさまざまな観点から電子透かしを分類することができます。一般的な電子透かし技術は、透かしを埋込むとオリジナルコンテンツデータの一部が欠損するため、透かしデータを取り除こうとしてもうまくいきません(非可逆な透かし)。しかし、コンテンツの劣化が許されないような場合には、透かしを完全に取り除くことができるような可逆電子透かし技術も提案されています。また、電子透かしの検出の際に、透かしを埋込む前のオリジ

ナルコンテンツを必要とするか否かでも分類できます。著作者のように、オリジナルを持っている人が透かしの検出を行う場合は、オリジナルコンテンツを利用する電子透かし技術でもよいのですが、コンテンツの利用者(または第三者)が透かしを検出する場合には、オリジナルコンテンツを要しない電子透かし技術が必要となります。

さらに、電子透かしの検出は誰でも行えますが、電子透かしの埋込みは、著作者など特定の人だけしかできない、公開鍵暗号の概念のような公開型電子透かしという概念が考えられていますが、残念ながらまだ実用的な方法はないようです。

表1 電子透かし技術の分類

情報ハイディング	ステガノグラフィ		・応用:通信秘匿など ・要件:埋め込み情報量,秘匿性など
	電子透かし	強い(Robust)	・応用:著作権管理,情報誘導など ・要件:編集耐性,攻撃耐性など
		弱い(Fragile)	・応用:コンテンツ改ざん検知など ・要件:改ざん検知能力など

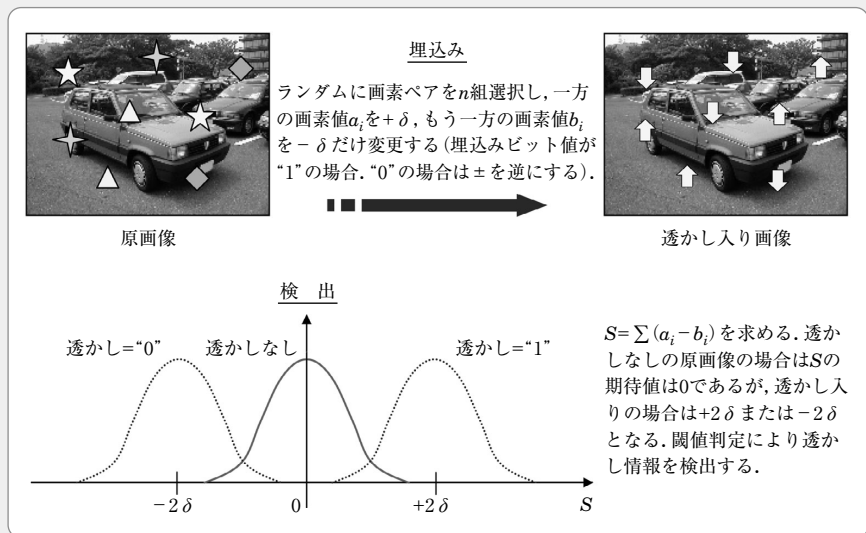


図2 パッチワーク法によるロバストな画像電子透かし

文献

- 1) 松井甲子雄：“電子透かしの基礎”，森北出版（1998）
- 2) I. Cox et al.：“Digital Watermarking”，Morgan Kaufmann Publishers（1999）
- 3) W. Bender et al.：“Techniques for Data Hiding”，IBM System Journal, 35（3/4），pp.313-336（1996）
- 4) E.T. Lin et al.：“Detection of Image Alterations Using Semi-fragile Watermarks”，SPIE-3971, pp.152-163（2000）
- 5) 中村ほか：“カメラ付き携帯電話機を用いたアナログ画像からの高速電子透かし検出方式”，信学論D-II, J87-D-II, 12, pp.2145-2155（2004）

電子透かし技術の応用

(1) 著作権管理技術

電子透かしの代表的な応用の一つですが、適用方法には以下のようなバリエーションがあります。

(a) 著作権情報提供：コンテンツの著作権に関する情報をコンテンツにロバストに埋込み、編集・加工が行われてもコンテンツから著作権情報が得られるようにして円滑な権利処理を促したり、著作権者による権利主張に利用したりするものです。また、WWW検索に用いられるクローラ(WWWを巡回してデータを収集するプログラム)によって、電子透かしを目印としてコンテンツ探索をすることで、どのコンテンツがネット上のどこに分布しているか、といったコンテンツ流通探索にも適用可能です。

(b) 流通経路追跡：例えば、コンテンツ配信サービスにおいて、利用者情報をコンテンツに埋込んでから配信するようにします。この利用者が入手したコンテンツを海賊版として流通させた場合に、コンテンツから電子透かしを検出することで流出元利用者を特定することができ、これによって不正流通に対して心理的な抑止効果を得るような使い方です。

(c) コピー制御信号：ビデオレコーダなどの記録装置に電子透かし機能を搭載し、あらかじめコピー制御信号(コピー可/不可など)が埋込まれたコンテンツが入力された際に、制御信号にしたがって記録動作の可否を判定するような使い方です。

ロバスト電子透かしの中には、デジタルコンテンツだけでなく、アナログ出力された信号からも透かし検出可

能な技術があります。これを用いると、上記応用をデジタル領域のみならず、アナログ領域までカバーして適用することが可能となります。

(2) 改ざん検知

デジタルデータの改ざんを検知する手法にはデジタル署名もありますが、ビット列の改ざん検知技術なので、単なるフォーマット変換も改ざんとみなしてしまいます。フラジイル電子透かしを利用することによって、コンテンツデータの改ざんのみを検知することができます。また、改ざんされた位置を検出できる技術も提案されています。さらに、JPEG・MPEGなどの非可逆圧縮は改ざんとみなさず、コンテンツの意図的な変更のみに敏感に応答するセミ

フラジイル(Semi-Fragile)電子透かし技術も提案されています⁴⁾(図3)。

(3) メタデータ

透かし情報を単なる付加チャネルとして利用する方法です。フォーマット変換されても付加情報を読み出すことができるため、ヘッダ記述などよりロバストであるところに意義があります。

(4) 情報誘導

QRコード(2次元バーコード)をカメラ付き携帯電話機で撮影してURLを取得し、関連情報を携帯電話機で閲覧するというサービスがあります。目に見えるQRコードの代わりに、アナログ耐性を有するロバスト電子透かし技術を利用して、コンテンツの関連情報へ誘導することができます⁶⁾(図4)。

(2007年5月24日受付)

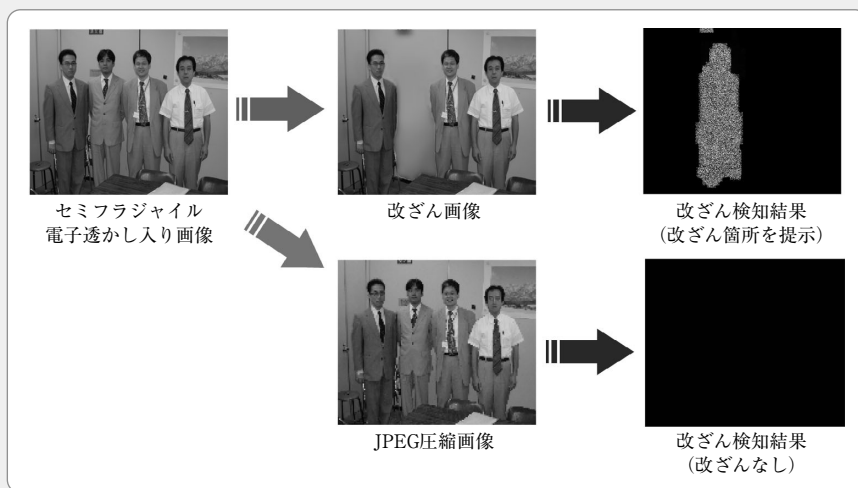


図3 セミフラジイル電子透かしによる改ざん検知のイメージ

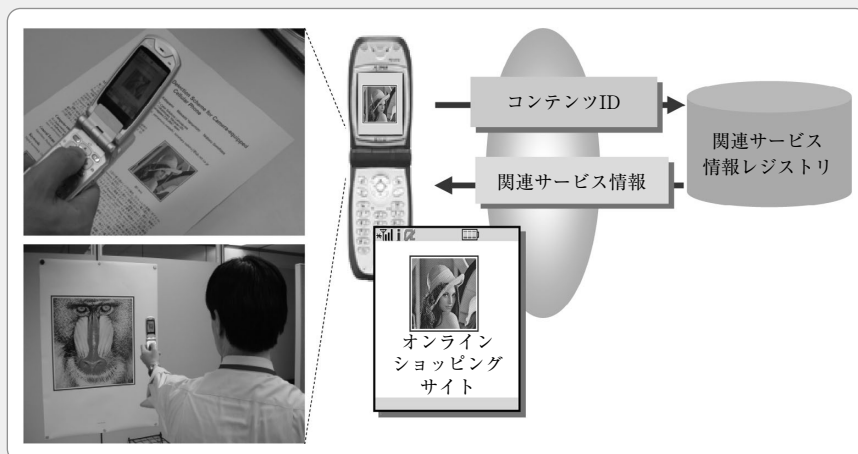


図4 カメラ付き携帯電話機を用いた情報誘導システム