

アニメ画像を対象とした電子透かし技術の一検討

青木輝勝* 高橋由泰* 日高宗一郎** 木村徹*** 加藤弘之** 安田浩*

*東京大学先端科学技術研究センター **国立情報学研究所

***日本テレコム株式会社 情報通信研究所

*〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1

Tel. 03-5452-5276 Fax. 03-5452-5278

aoki@mpeg.rcast.u-tokyo.ac.jp

近年インターネットの急速な普及に伴い、デジタルコンテンツ流通が盛んに行われるようになってきた。しかしながら、現在なおコンテンツの不正コピーが後を絶たず、大きな社会問題となっている。特に、日本で製作されたCG/アニメコンテンツあるいはゲームコンテンツは国内のみならず外国でも広く人気があり、この分野の著作権保護技術の確立は緊急の課題である。

このような背景のもと、本稿ではCG (Computer Graphics) ならびにアニメーション画像の円滑な流通を目的とした新しい電子透かし方式を提案する。

キーワード 著作権保護、電子透かし、コンテンツ流通、アニメ画像

A Study on Watermarking for Animation Images

Terumasa AOKI, Yoshiyasu TAKAHASHI, Soichiro HIDAKA,
Hiroyuki KATO and Hiroshi YASUDA

*The Univ. of Tokyo, Research Center for Advanced Science and Technology

**National Institute of Informatics

***Japan Telecom, Information and Communication Laboratory

*4-6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8904, JAPAN

Key Words Copyright Protection, Dital Watermark, Content Distriution, Animation Image

With the rapid spread of the Internet, more and more new services for content distribution are starting. However, illegal copies have never decreased and they become a fatal matter. Especially as CG/animation content and computer games made in Japan are very popular in some foreign countries as well as Japan, copyright protection in these areas is one of the most important problems to solve.

Under this situation, we propose a new watermarking method for CG/animation images.

1.はじめに

近年のインターネットユーザの急速な増加に伴い、今やインターネットは非常に重要な社会基盤のひとつとなっている。今後、電子商取引まで含めたデジタルコンテンツ流通サービスが本格化してゆくことにより、この流れはさらに加速されてゆくものと予想される。しかしその反面、コンテンツ流通はその著作権保護技術が技術的、法律的、社会的に確立しない限り広く普及することはあり得ないと危惧する声も強い。実際、MP3による音楽配信が世界中で大きな問題となっていることは周知の通りである。

また、アニメやゲームは日本が世界に誇るデジタルコンテンツであるが、その人気に比例して、近年世界な規模で近年著作権侵害が多発しており、その対策は極めて重要である。

このような背景から、本稿では特にアニメ画像を対象とした著作権保護技術として画像オブジェクトに着目した新しい電子透かし方式を提案する。

本稿では、次の2章でデジタルコンテンツ流通に必要な代表的な著作権保護技術とその問題点について概観し、続く3章ではアニメ画像に適した電子透かし方式を設計するにあたってその要求条件を明確化する。4章では3章の要求条件を満たす新しい電子透かし埋め込み方式を提案し、提案方式が既存方式と比較して高品質であることを示す。最後に5章ではまとめと今後の課題を整理する。

2. デジタルコンテンツ流通サービスに必要な著作権保護技術

インターネットを用いたデジタルコンテンツ流通はコンテンツの低価格化をはじめ多くの利点があるが、その反面、これらのサービスを広く普及させるためには著作権保護技術を技術的、法律的、社会的に早急に確立させることが不可欠である。デジタルコンテンツは特別な対策を講じない限り不正コピーが容易に行えてしまうことから、コンテンツ制作者の著作権が侵害され、多大な被害を被る可

能性があるためである。この結果、コンテンツ制作者が魅力的なデジタルコンテンツをネットワーク上に流すことを拒否すれば、いくら技術面での改良が進んでもデジタルコンテンツ流通の魅力そのものが失われることになる。実際、不正音楽配信の不正コピーが世界中で大きな問題となっていることは周知の通りであり、一部のコンテンツ制作者はすでにインターネット配信に対し強い拒絶感を持っている。

このような背景から、これまで様々な著作権保護方式の研究が行われてきたが、これらは一般に、

- (1)暗号技術の応用
- (2)電子透かし技術の応用
- (3)その他

に大別できる。

上記分類のうち「(1)暗号技術」に関しては、一般的なシステムとして図1の構成が考えられる。図1はコンテンツ購入者、コンテンツサーバ、ライセンスサーバから構成され、コンテンツ購入者がライセンスサーバから認証を受けた後にコンテンツの授受を行うシステムである(コンテンツサーバはあらかじめライセンスサーバによって認証されているものとする)。

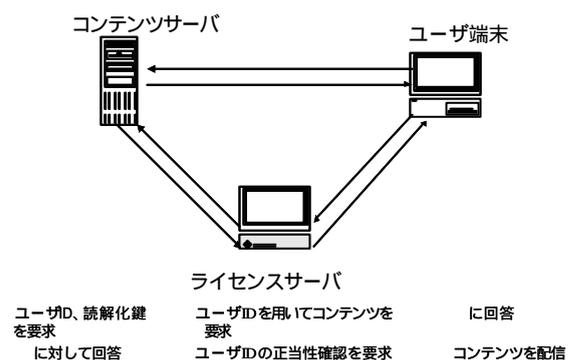


図1 暗号技術を応用した著作権保護システム

暗号技術を応用した著作権保護システムは、暗号が盗まれたり、解読されることがない限り、著作権の侵害を防ぐことができるが、その反面、

- ・1次利用（コンテンツ販売者 不正コンテンツ購入者）の保護のみで2次利用（コンテンツ購入者 不正コンテンツ使用者）の保護には対応できない。
- ・コンテンツ購入のたびに暗号解読のための復号化処理を行わなければならない処理が煩雑である。

等の問題点がある。

一方、「(2)電子透かし技術」は、主に2次利用における著作権保護を対象としており、現在なお盛んに研究開発行われている。電子透かし技術は、原画像の品質を損なわない範囲で何らかの透かし情報を挿入し、必要に応じてこれを取り出すことにより著作権の所在を明らかにする方式である[1]。

電子透かし技術は現在最も期待を集めている著作権保護方式のひとつであるが、

- ・一般に不正コピーの「抑制」にはなっても「防止」にはならない。
- ・改竄処理、変形処理に必ずしも強くない。特に改竄処理の中で最も多用される「切り取り」処理に対しては、256 × 256 画素以下の切り取りに対応できない方式が大部分である[2]。
- ・コンテンツ制作者からの同意が得られにくい。特に芸術作品の場合、自分の作品に透かし情報を埋め込まれることを好まない制作者が多い。
- ・既存方式の多くが自然画像、自然音楽を対象としたものであり、CG/アニメ画像、2値画像等のように性質の異なるコンテンツに対しては必ずしも十分な性能を有していない。

等の問題点がある。

3. アニメ画像の性質と電子透かし方式への要求条件

本章では、アニメ画像・CG画像の電子透かし方式を設計するにあたって必要となる要求条件を抽出する。具体的

には

- (1)透かし情報挿入の容易性
- (2)改ざん耐性
- (3)製作プロセス

の観点から、CG/アニメ画像と自然画像の性質の差異を比較検討する。

3.1 透かし情報挿入の容易性

一般にアニメ画像は自然画像と比較して色数が少ない特徴を持っていることは経験的によく知られているが、実際にこれを実証したものが図2、図3である。

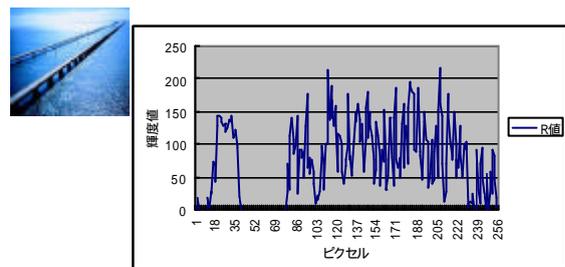


図2 自然画像の性質

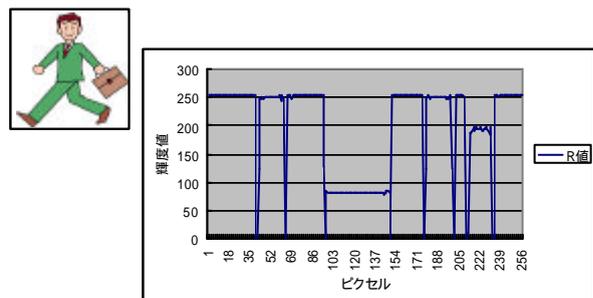


図3 アニメ画像の性質

図2、図3はいずれもRGBのR輝度値をある断面に対してグラフ化したものである。この結果から明らかなように、自然画像(図2)ではR輝度値の変化が非常に複雑で起伏に富んでいるのに対し、アニメ画像(図3)ではその変化が非常に滑らかで、変化の度合いが少ないことがわかる。これは逆に言うと、自然画像はアニメ画像と比較して

極めて透かし情報が埋め込みやすいことを示しており、従来の自然画像用電子透かしの各方式はアニメ画像には必ずしも適していないことを意味している。

3.2 改ざん耐性

電子透かし技術の最も重要な性能指標のひとつに「改ざん耐性」、すなわち、何らかの改ざん処理が行われても透かし情報が消えてしまわないこと、が挙げられる。ここで、改ざん処理とは、具体的には、

- (1)ぼかし処理
- (2)拡大縮小処理
- (3)変形処理
- (4)色相変換処理
- (5)切り取り処理

等、あるいはこれらの複合処理である。以下、これらの改ざん処理それぞれに対する要求条件を考察する。

図4、図5は「(1)ぼかし処理」を自然画像、アニメ画像に施した結果である。



図4 ぼかし処理画像（自然画像）



図5 ぼかし処理画像（アニメ画像）

図4、図5から明らかなように、ぼかし処理の結果、ア

ニメ画像は自然画像と比較して著しく画像品質が劣化していることがわかる。これはアニメ画像の場合エッジ部分等に多くの高周波成分を含み、また、色の変化が急激であるために、ぼかし処理によって原画像の品質を保てなくなってしまうためである。このことは換言すると、アニメ画像用電子透かし技術を開発するにあたっては、ぼかし耐性が必ずしも重要ではないことを意味している。図5のぼかし処理画像では、たとえ透かし情報が消えてしまってもそもそも再利用が困難であるためである。通常、改ざん耐性と（透かし情報挿入による）画像品質の劣化度はトレードオフの関係にあるが、アニメ画像に関する限り、ぼかし耐性よりも画像品質を重視すべきであることがわかる。

続く「(2)拡大縮小処理」「(3)変形処理」に関しては自然画像、アニメ画像いずれも特に要求条件に差がなく同程度の耐性が要求されると推測される。

一方、「(4)色相変換処理」に関してはアニメ画像のほうが自然画像の場合と比較して要求条件が厳しくなる。例えば、図6はオリジナル画像に対し色相を変換させた画像であるが、この変換画像自身も十分に再利用に耐えうる品質であり、さらに、市販の画像加工ソフト用いて色相を元に戻すことによりオリジナル画像に限りなく近い画像を得ることも容易である。以上の理由からアニメ画像用電子透かし技術を開発するにあたっては十分な色相変換耐性が必要である。

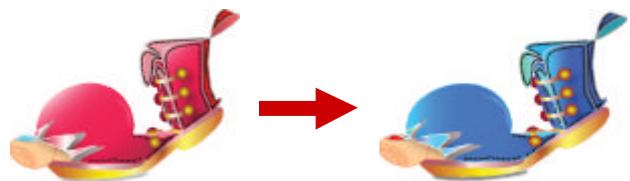


図6 色相変換画像（アニメ画像）

また、「(5)切り取り耐性」に関しても、アニメ画像のほうが自然画像と比較して要求条件が厳しい。一般に自然画像の場合画像の一部を切り取り再利用する機会が少ないのに対し、アニメ画像の場合には切り取り再利用することが極めて容易であるためである（図7、図8）。



再利用できる用途が少ない



図7 切り取り処理画像（自然画像）



気に入った部分のみ切り取り、
再利用することが容易



図8 切り取り処理画像（アニメ画像）

3.3 製作プロセス

CG/アニメ画像の製作プロセスを自然画像と比較した場合、複数のクリエイターが部品（画像オブジェクト）を作成して持ち寄り、最終的なコンテンツを製作することが多いことがCG/アニメ制作の特徴である。これは特に3DCGの場合によく見られる製作プロセスであり、人物を専門とするクリエイター、背景を専門とするクリエイター等がそれぞれの部品を作成し、最終的にそれらを合成して1つのコンテンツが完成する。この場合、それぞれの部品に対し、異なる透かし情報を製作者情報として入れることが望ましく、さらにコンテンツ全体として監督者情報まで埋め込むことが望ましい。

4. アニメ画像に適した透かし挿入方式

4.1 アニメ画像用電子透かしに要求される機能

3章ではアニメ画像用の電子透かし方式を設計するにあたっては自然画像と対比しながら要求条件の明確化を行った。これらを整理すると、下記の通りである。

- (1) アニメ画像は自然画像に比べて透かし情報が埋め込みにくい。
- (2) ぼかし耐性はさほど重要ではない。
- (3) 拡大縮小処理、変形処理については自然画像の場合と同程度の耐性が要求される。
- (4) 色相変換に対しては自然画像よりも強固な耐性が必要である。このため、アニメ画像の場合には透かし情報を色情報として埋め込むよりも形状情報に埋め込むことが望ましい。
- (5) 切り取り処理についても自然画像よりも強固な耐性が必要である。
- (6) アニメ制作、CG制作の場合複数のクリエイターによって協調制作される機会が多いため、複数種類の透かし情報が埋め込めることが望ましい。

上記(1)～(6)のうち、本稿では特に(5)(6)の解決を目的として、画像オブジェクトに着目した新しい電子透かし方式を提案する。

4.2 画像オブジェクトに着目した透かし情報挿入方式

本提案方式は、切り取り処理が一般に画像オブジェクト単位に行われることに着目した方式であり、画像オブジェクト毎に透かし情報を挿入することにより4.1で述べた(5)(6)を同時に解決することを目的とする。

例えば、図9に示す画像に対し、ビジネスマンの「顔」のみ、あるいは「かばん」のみを切り抜き不正に再利用することはあっても、「顔」や「かばん」の一部を切り抜き再

利用することは極めて稀である。本方式ではこのような不正利用者の切り抜き特性に着目し、画像オブジェクトごと（オブジェクトのエッジごと）に最低1つの透かし情報に埋め込むことにより、少ない透かし情報量で十分なセキュリティ耐性を実現することが可能となる。



図9 不正ユーザの切り取り特性

本方式の具体的な処理の流れは以下の通りである。

- (1)輝度値を高さとする等高線モデルを作成する（図10）
図10の左の画像は原画像（人間の口の部分）を、右の画像は輝度値を高さとする等高線モデルを表している。
- (2)大津の方式[3]により画像を高輝度部と低輝度部に分割する。これは等高線モデルを作成するにあたって輝度値のゼロレベルを最適化するためである。
- (3)高輝度部に関しては輝度の低い方から高い方へ等高線を引き、等高線が2つ以上に分割する部分までをひとつのオブジェクトと定義する（図11）。一方、低輝度部に関しては輝度の高い方から低い方へ向って同様の処理をする。また、著作権保護に意味のない分割を抑制するために子オブジェクトが一定面積以下になる場合、分割は行なわないこととする。
- (4)密接に関連するオブジェクトは切り取りも一緒に行なわれるという予想から、輝度、色差、円形度、位置のそれぞれの差が小さいもの同士をひとつのオブジェクトに結合する（ただし、この部分についてはまだ未実装である）。

ここで、(4)文中の「円形度」は形状の類似度として導入されたものであり、星形のような面積が小さく周囲長の大きいものは値が小さくなり、正円で最大値を取る。

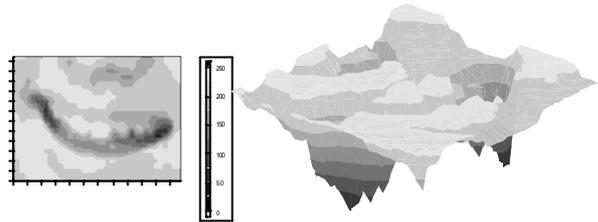


図10 等高線モデル

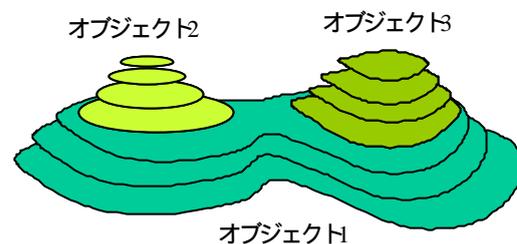


図11 オブジェクトの定義

5. まとめと今後の課題

本稿では、アニメ画像を対象とした新しい電子透かし埋め込み方式を提案した。提案方式では、画像オブジェクト毎に透かし情報を埋め込むことにより、少ない埋め込みビット数でも十分な耐性を有することを目的とした方式である。今後は、4.2(4)で述べたオブジェクト合成部分の実装を行い、改ざん耐性を保ちつつ埋め込みビット数を最小とするための方策を検討する予定である。

文献

- [1] 松井甲井雄、"電子透かしの基礎"、森北出版、1998
- [2] <http://www.digimarc.com>
- [3] 大津展之、"判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法"、電子情報通信学会論文誌、Vol.J63-D, No.4, pp349-356, 1980.