

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 崔 潤基

本論文は、「離散コサイン変換に基づく電子透かし法」と題し、7章より構成されている。電子透かしは、著作権情報を画像コンテンツに見えないように密かに埋め込む技術であり、これにより違法コピーの著作権を主張したり、電子機器でのコピー制御を行うことができる。本論文では、この電子透かしに対して、離散コサイン変換を利用する新たな手法として、ブロック間での係数相関を利用する電子透かし法の提案を行っている。この手法は、読み取るために原画像や強度パラメータを必要とせず、画像の局所的な特徴の強弱に応じて埋め込み強度を適応的に変えることができ視覚的に劣化が目立ちにくいという特徴を有する。その提案方式を同じくDCTを用いる画像符号化標準であるJPEGに適用し、完全に復号せずとも電子透かしを埋め込む手法を導いている。また、提案する電子透かしの動画画像への適用を行っている。さらに、取り出した透かしの判定のために、確率に基づく判定手法を新しく提案し、透かしの規模も含めた統一的な判定手法となることを示している。また、提案する手法の改善、拡張についても論じている。

第1章は、「序論」であり、映像メディアで現在コピー防止のためにどのような取り組みがなされているかについて述べ、電子透かしの紹介を行っている。実現されているかについてまとめ、電子透かしに必要なとされる条件をまとめている。

第2章は、「電子透かし」であり、これまでに提案されてきた電子透かし手法をその前提条件により分類し、それぞれの得失を論じている。また、これまで提案されてきた手法を輝度領域、変換領域、動きパラメータへの埋め込み手法に分けて、各手法での透かし情報の埋め込み/取り出し過程についてまとめている。

第3章は、「DCT係数のブロック間相関を利用した電子透かし法」と題し、静止画像を対象にした提案方式について論じている。提案手法ではDCT係数に情報を埋め込み、その際に隣接するDCTブロックの対象係数の平均との大小関係に反映するように係数の変更を行う。透かし情報の埋め込みによるDCT係数の変更量は画像の局所的な特徴によって変化させ、画素の変動量が多いところでは強く、少ないところでは弱く埋め込まれるように制御することにより、視覚的な劣化が目立たない。本章では、この手法を詳述し、実験を通じての評価を行っている。透かしの埋め込まれた画像に対し、ノイズ付加、ガンマ補償（非線型輝度変換）、JPEG圧縮などを施し、透かしの耐性を評価している。なお、本手法は、原画像を参照せずに透かしを取り出せるため、インターネット上の不特定多数の画像への利用にも適している。

第4章は、「JPEG圧縮画像を対象にした電子透かし法」と題し、ブロック間相関を利用した電子透かし法を、JPEG圧縮画像に応用する方法について述べる。JPEG圧縮では、画像のDCT変換係数を量子化し、エントロピー符号化を行っている。現在、インターネットやデータベースの画像はほとんどがJPEG圧縮されたフォーマットを利用している。本章では、このJPEG画像を対象にし、JPEG符号領域で量子化係数の制御を行い、ブロック間相関を用いた電子透かしを利用する手法を導いている。これにより透かし情報の埋め込み/取り出しを高

速かつ効率的に行なうことができる。

第5章は、「動画像を対象にした電子透かし法」と題し、提案したDCT係数のブロック間相関を利用した電子透かし法の動画像への適用について論じている。静止画像では、埋め込み強度を空間的変動量に応じて変化させていたのに対し、動画像では、空間的変動量にあわせ時間的変動量も考慮して埋め込み強度を変化させている。この制御により透かし情報を知覚されにくくかつ強く埋め込むことができる。なお、動画像では、透かしの判定に多数枚の画像からの読み取りデータを統合することができる。透かしを埋め込んだ画像に対し、ノイズ付加、LPF、ガンマ補償、MPEG圧縮を施し、透かし情報の取り出しを確認した。

第6章は、「確率に基づく透かし情報の判定」と題し、新しい透かし情報の判定手法について論じている。電子透かしの処理は、透かしの埋め込み、取り出し、判定の3つの過程からなる。透かし情報の埋め込み/取り出しの過程に関しては様々な手法が提案されてきた。これに対し、透かしの判定手段は限られており、取り出した透かしデータとオリジナルの透かしデータとの相関値やBER（ビット誤り率）が用いられている。ここでは、新しく確率に基づく透かしの判定を提案する。本手法では、対象画像から取り出した透かし情報に対し、オリジナル透かし情報が偶然埋め込まれている確率（すなわち誤って透かしの埋め込みを判定する確率）を計算し、取り出した透かし情報の信頼性を評価する。透かし情報の大きさも含めて確率が計算され、統一した信頼性の基準を与えてくれる。なお、これまでの相関値やBERでは、透かしの埋め込まれている信頼性を判定できない。確率に基づく判定をブロック間相関を用いた電子透かしに適用し、静止画、動画とも強力な判定基準になることを示した。なお、この判定手法は、様々な電子透かし手法に適用可能である。

第7章は、「DCT係数のブロック間相関を利用した電子透かし法の拡張」と題し、ブロック間相関を利用した電子透かし法の拡張について論じている。提案手法は、画像によっては部分的に目立つ歪みが現れる場合があり、この問題を解決するためエッジを利用して透かし情報を埋め込む手法を提案している。静止画、動画に対して検証を行い、動画に関しては、AD/DA、LPF、VHS録画、MPEG圧縮を用いて検証している。また、前章にて提案した確率に基づく判定法に基づき、DCT係数の極性を利用した電子透かし法を新しく提案し、ブロック間相関を利用した電子透かし法と比較を行っている。

第8章は、「結論」であり、本論文の研究成果をまとめ、残された課題や提示された今後の研究の方向性について整理している。

以上、本論文では、電子透かしについて論じ、その新しい手法として、DCT係数のブロック間相関を利用した電子透かしを提案した。提案手法は、画像の局所的な特徴を反映した埋め込みを行い、視覚的な劣化を日立たせない。また、原画像、埋め込み強度パラメータを用いずに透かしの取り出しができる等の特徴を有する。この手法を、JPEG画像、動画像へ拡張しその有効性を示している。さらに、新しい電子透かしの判定手法として、確率に基づく透かしの判定を提案し、汎用的で強力な判定手法であることを示している。これらの新しい電子透かし手法は、将来の映像コンテンツの流通や著作権保護に寄与することが期待され、電子情報工学上貢献するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認められる。