



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ベイズ理論に基づく画像・映像高品質化のための符号化歪除去に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	和田, 直史
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11976号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59971
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Naofumi_Wada_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 和田 直史

審査担当者 主 査 教 授 長谷山 美紀
副 査 教 授 山本 強
副 査 教 授 荒木 健治
副 査 教 授 坂本 雄児

学位論文題名

ベイズ理論に基づく画像・映像高品質化のための符号化歪除去に関する研究
(A Study on Compression Artifact Reduction for Image and Video Quality Improvement based on
Bayesian Model)

本論文は、ベイズ理論に基づく画像・映像高品質化のための符号化歪除去に関する研究の成果をまとめたものである。

スマートフォンの普及によって容易に映像を作成・公開することが可能となり、ネットワーク・トラフィックの大部分が映像データで占められるようになった。また、テレビ放送やインターネット映像視聴サービスは、フル HD 映像から 4K・8K 超高精細映像へと移行が進んでいる。コンテンツ数の増加と高画質化にともない、伝送・蓄積するための画像・映像の情報量は益々増え続けている。このような状況の中、品質を維持したままデータ量を少なくする圧縮符号化が重要な技術の一つとなっており、一般的には、圧縮前後の不一致をある程度許容して情報量を大幅に削減する非可逆符号化が用いられている。しかしながら、非可逆符号化では、圧縮率を高くするほど符号化歪が増大し、画質が劣化するという問題がある。また、近年のテレビの大画面化にともない、1 画素あたりの面積が大きくなることによって、符号化歪が知覚されやすくなるという問題もある。

このような背景から、符号化歪を除去して高画質化を行う手法が数多く研究されている。符号化歪除去技術は、符号化前の映像に対して行うプレ処理技術と、復号化後の映像に対して行うポスト処理技術に分けられる。特に、テレビなどの表示機器側で高画質化を行うためのポスト処理技術に関する研究が盛んに行われてきた。テレビにおけるポスト処理では、専用の受信機から映像信号を取得して表示することを想定し、符号化情報を参照せずに復号化後の映像のみを用いて画質改善を行う必要がある。このようなポスト処理技術として、非線形空間フィルタや周波数変換、局所パッチを用いた手法が提案されている。これらの手法は、エッジなどの主要な画像構造を保持しながら平滑化を行うことにより、高周波成分であるノイズを除去する手法である。また、画質劣化モデルの逆問題を最適化によって解く画像復元を利用したノイズ低減手法も提案されている。

上記ポスト処理技術では、一般的に、平滑化によるテクスチャ消失などが副作用として問題となる。これに対して、ノイズ視認性に関する画像特徴や、符号化歪特有のノイズ特徴を利用し、ノイズが検知される領域のみに平滑化処理を行う領域適応型の符号化歪除去法が提案されている。しかしながら、復号化後の映像のみから符号化歪の位置や強度を正確に特定することは極めて困難な問題となっている。

そこで、本論文では、平滑化による副作用を抑えるため、圧縮符号化の原理と符号化歪の特性に基づいて、色と輝度の符号化歪に対する 2 つのポスト処理技術の提案を行う。はじめに、色の符号化歪であるカラーブリーディングを低減するための新たな手法を提案する。カラーブリーディングは、画像を輝度成分と色差成分に分けて符号化した際、色エッジ周辺で色が漏れ出したように見える画質劣化である。提案する色符号化歪低減手法では、複数の画像を 1 つのフィルタ処理で合成するデー

タフュージョン技術を利用して画質改善を実現する。具体的には、輝度成分と色差成分の局所領域一様性に条件付独立が成り立つことを仮定し、ベイズ理論に基づいて各成分の尤度関数の積でフィルタカーネルの重み係数を算出する。次に、輝度の符号化歪であるブロックノイズとモスキートノイズを低減する新たな手法を提案する。従来の領域適応型符号化歪除去法においては、特定の領域に符号化歪が発生しているか否かを復号化後の画像のみから判断することが難しいという問題がある。提案する輝度符号化歪低減手法では、ある領域に符号化歪が発生する現象を不確実な事象として捉え、画像特徴、ノイズ特徴、符号化歪の間の因果関係をベイジアンネットワークによってモデル化することにより、符号化歪を確率的に検出する。さらに、検出した存在確率と推定強度を掛け合わせた結果に基づいて既存のノイズ除去法を適応的に制御することにより、テクスチャ消失の副作用を抑えながら符号化歪を低減する。以上のように、本論文では、ベイズ理論に基づいた符号化歪低減手法を提案することで、画像や映像の高画質化を実現する。

本論文の構成は以下のとおりである。まず、第1章では、本論文の研究背景、目的、および構成について述べる。第2章では、画像・映像圧縮符号化技術について概要を述べる。さらに、符号化歪の発生原理と特徴について整理し、本研究が解決すべき問題点を明確にする。また、従来のノイズ低減手法を4つのカテゴリに分類し、それらのアルゴリズムを簡単に紹介する。第3章では、ジョイントバイラテラルフィルタをはじめとする従来技術について紹介するとともに、カラーブリーディングを低減するための新たな手法として、拡張ジョイントバイラテラルフィルタを提案する。拡張ジョイントバイラテラルフィルタは、ベイズ理論に基づいて定式化した重み係数算出式により、輝度成分と色差成分を同時に参照してフィルタ処理を行う。また、色と距離に基づくロバスト物体検出の原理を応用し、局所パッチの類似度に応じて重みを制御する手法を提案する。これにより、従来法で問題となっていた画像のぼけや色にじみを抑制しながら、色差成分のノイズ除去と鮮鋭化を同時に実現可能である。実験では、客観評価および主観評価の両面で画質改善が可能となることを示す。さらに、既存のバイラテラルフィルタの高速化法を導入した演算コスト削減方法を提案し、性能だけでなくコストの面でも実用性の高い手法であることを示す。第4章では、画像特徴やノイズ特徴に応じて符号化歪検出を行う従来の領域適応型符号化歪除去法について紹介するとともに、ベイジアンネットワークを用いて画像特徴とノイズ特徴を統合し、確率的に符号化歪を検出する新たな手法を提案する。具体的には、画像特徴としてエッジ、テクスチャ、モーション、ノイズ特徴としてブロック境界段差強度、高周波変動強度の5つの特徴を用い、これらの特徴と符号化歪の間の因果関係をモデル化したネットワークによってノイズの発生確率を算出する。特徴間の関係を表す条件付確率表は、ノイズあり/なしを領域毎にアノテーションした正解データを用いて、教師あり学習によって作成する。これにより、符号化歪の発生原理と特徴だけでなく、その視認性も考慮した存在確率を局所領域毎に算出することが可能となる。さらに、領域毎の存在確率と推定強度に基づいた領域適応型符号化歪除去法を提案し、その有効性を実験により示す。最後に、第5章において、本論文のまとめと今後の課題について述べる。

これを要するに、著者は、画像の輝度成分と色差成分、または画像特徴とノイズ特徴をベイズ理論に基づいて融合した新たな符号化歪低減手法を提案し、従来のポストフィルタリング処理において発生するエッジぼけやテクスチャ消失などの副作用を抑制しながら画質改善を実現している。また、本手法を実際にJPEGやMPEG-2で圧縮した画像・映像に適用した実験により、その有効性を示しており、本研究を通じて、情報科学分野の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。