

審査の結果の要旨

氏名 村上 智一

本論文は、「時空間的構造性に基づく高効率動画像符号化の研究」と題し、動画像符号化方式における圧縮率向上方式について体系的に議論し、特に、主観画質と客観画質のそれぞれの観点から、既存の動画像符号化方式の課題、これらに内在する冗長性について検討を行い、圧縮率の改善手法を提案して、より高効率な動画像符号化のモデルについて論じたものであり、全体で5章からなる。

第1章は「序論」であり、動画像符号化技術における現在の状況と課題をシステム技術、標準方式と符号化モデル、性能評価の条件と基準の観点から論じ、本論文の背景と目的を明らかにしている。

第2章は「画像符号化方式の研究動向」と題し、関連研究を概観し、国際標準化における主観画質評価と客観画質評価、国際標準化方式の代表としてのH. 264/AVCと現在策定中のHEVCの概要、及び標準以外の画像符号化方式の概要を示しながら、本論文の位置付けを明らかにしている。

第3章は「時空間的構造性に基づく主観画質向上方式」と題し、主観画質の観点から既存の動画像符号化方式の圧縮率を改善する手法として、周辺誤差を考慮した画質評価指標の提案と符号化方式への応用、画像の方向性成分の主観画質を重視したハイブリッド符号化方式、画像の方向性成分の主観画質を重視した階層的画像分解方式の提案、について検討している。既存の画質評価指標は画素単位の誤差を計測していたため、人間の視覚特性と一致しないという問題点があり、また既存の画像符号化モデルは水平・垂直方向の周波数変換をベースとしていたため、方向性を持つテクスチャの主観画質を考慮した量子化制御ができていないという問題点があった。これらの問題点を解決する方式として、周辺誤差を利用したモード選択方式では領域的な誤差計算による新しい画質評価指標を導入し、復号画像の主観画質において既存方式と比較してグラデーションの再現性を改善し、エッジ状ノイズの抑制に効果があることを示した。また、有限ラドン変換を用いた方向適応型符号化方式では、拡大縮小フィルタを使って既存の符号化モデルと方向性を考慮した有限ラドン変換による周波数変換を融合させ、方向成分を考慮した量子化を行うことによりテクスチャの特徴を維持した符号化が可能であることを示した。これらは誤差パターンや方向性に関する画像の構造性を主観画質の向上に適用したものである。さらにこうした主観画質を重視した新しい符号化モデルの検討として方向適応型階層的画像分解方式を提案した。本方式は、方向性に関する画像の構造性を用いて画像の方向的な特徴をコンパクトに表現可能な画像の分解手法を検討したものである。この手法では、画素単位でL1ノルムによる方向推定を行い、階層的に画像分解を行う。これにより予測方向に関するサイド情報を伝送せずに完全再構成を実現でき、画像の方向的な特徴を効率的に記述できる。実験においてHaarやD5/3の離散ウェーブレット変換とエントロピーを比較し、ロゴ画像や鋭いエッジを持った画像を効率良く圧縮できる可能性を示した。

第4章は「時空間的構造性に基づく客観画質向上方式」と題し、客観画質の観点から既存の動画像符号化方式の圧縮率を改善する手法として、適応的画像方向反転を利用した画像符号化方式、局所ディザパターンを用いた適応的ループフィルタ方式、参照画像間の動き予測を用いた画像符号化

方式, について検討している. 画像反転による圧縮率向上方式では, 符号化モデルにおける方向予測パターンの構造性を活用し, 適応的な画像方向反転によって符号化効率を向上させる方式を提案した. これによりブロックの符号化順序の影響による方向に依存した冗長性が排除され, 既存方式と比べ, 一般的な自然画像に対して最大4.3%, 特に適した人工画像に対して最大7.6%の符号量削減を実現できることを示した. 局所ディザパターンを用いた適応的ループフィルタ方式では, 誤差とテクスチャの構造性を利用して画質改善を行う. 本方式では, 逆ハーフトーン技術にて用いられるディザパターンによるテクスチャ分類の手法を応用し, 局所的なテクスチャ毎に適切な画素補正情報を伝送する. 実験により, LUTの符号量を含め, ビットレートとPSNRを既存方式と比較して画質改善効果があることを示した. 参照画像間の動き予測を用いた圧縮率向上方式では, 動き情報の構造性を内在的な情報としてベクトル符号量削減に活用した. 本方式では, 参照画像間の動き予測を導入することによりH.264/AVCにおけるSkip/Directモードの動きベクトル精度を改善し, H.264/AVCに対して平均5.66%, 最大11.83%のビットレート削減効果があることを示した. これらのうち, 画像反転による圧縮率向上方式, 及び参照画像間のデコーダ側動き予測による圧縮率向上方式については国際標準化活動での提案も行っており, 今後さらなる検討により画像符号化方式の圧縮率向上に寄与することを目指している. さらにこれら客観画質を改善するアプローチから提案された3つの方式については, 手法の組合せによって符号化モデル全体の圧縮効率がどのように変化するかを調べ, 新しい符号化モデルの検討方針について提案した. 画像反転による圧縮率向上方式とLook-up Tableとディザパターンを用いた画質改善フィルタの組み合わせでは, 両者の改善幅を合計した圧縮率改善が可能であることを示し, 画像反転による圧縮率向上方式と参照画像間のデコーダ側動き予測による圧縮率向上方式の組み合わせでは, 幅広い種類の画像シーケンスに対して圧縮率改善が可能となることを示した.

第5章は「結論」であり, 本論文の主たる成果をまとめるとともに今後の課題と展望について述べている.

以上を要するに, 本論文は, 画像が持つ時空間的な構造性に着目し, 主観画質と客観画質の改善に効果のある新しい符号化モデルを提案したものであって, 動画像符号化, 画像処理等の電子情報学の各分野の今後の進展に寄与するところが少なくない.

よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる.