

審査の結果の要旨

論文提出者 太田 陸

本論文は、「変換・予測ハイブリッド動画像符号化方式の研究」と題し、動画像の高効率な符号化を目的として、動き補償フレーム間予測符号化方式と離散コサイン変換符号化方式のハイブリッド(MC+DCT)方式の特性改善、オーバーラップMC(OMC)とウェーブレット変換(WT)のハイブリッド符号化方式の提案、ロスレスDCT符号化方式の提案など、筆者が行った一連の研究成果をまとめたもので、全体で7章からなる。

第1章は「研究の背景と動機」と題して、動画像のデジタル圧縮方式の技術史を概観し、現在主流となっているMC+DCT型のハイブリッド符号化方式が登場して各種の国際標準化方式に採用される一方で、その方式を乗り越える試みがなされてきた経緯を述べて、本論文の位置付けを明らかにしている。また、本論文の目的と構成についても述べている。

第2章は「画像符号化方式」と題し、本研究の基礎となる画像の圧縮符号化の諸方式を概観している。特にDCT符号化方式からサブバンド符号化方式、ウェーブレット変換符号化方式への変遷について述べ、ウェーブレット変換符号化が復号画像の主観画質向上に寄与することを明らかにしている。また、動き補償フレーム間予測符号化方式(MC)の技術的な変遷についても簡単に述べている。

第3章は「MC+DCTハイブリッド符号化方式」と題して、この符号化方式の国際標準化に際して筆者が果たした貢献の内容について述べている。その一つはエントロピー符号化方式に関するもので、無効ブロックのスキップ方式ならびに有効ブロック内のDCT係数の効率的な符号化方式などの検討を行っている。また、新たにゾーン符号化方式を提案して、その符号化効率が従来方式も改善されることを実証している。

いま一つの貢献は、逆DCT演算ミスマッチ誤差についてであり、逆DCT演算の際の演算誤差の発生過程と、そのブロック内での分布を定量的に議論している。その上で、MC+DCT型のように予測ループ内に実数演算を抱え込むタイプの符号化方式でミスマッチ誤差が発生して累積する過程を解析し、逆DCT演算誤差とミスマッチ誤差との関係を論じている。そしてミスマッチ抑制の方策として、ループ内フィルタの使用と、フレームメモリのビット精度を深くする2通りの案を提出している。

第4章は「OMC+WTハイブリッド符号化方式」と題して、MC+DCT方式に代わる符号化方式について述べている。それは、MC+DCT方式が抱える構造的な問題であるブロック歪とモスキート雑音を解消するための提案であり、従来のブロックMCに代えてオーバーラップMC(OMC)を用い、DCTに代えてウェーブレット変換(WT)を用いている。OMCによって、従来のブロックMCよりも符号化効率が上がることをシミュレーション実験によって実証している。また、これまではサブバンド符号化の枠で議論

されていたWT符号化方式をDCTと同じく変換符号化方式のスタイルで符号化することを主張し、それによってOMC+WT型のハイブリッド方式を可能にしている。シミュレーション実験によって、WTのレート／歪み特性はDCTに僅かに劣るものの無視できる僅差であること、およびブロック歪とモスキート雑音の解消によって主観画質が向上することを示している。

第5章は「階層表現上でのMC」と題し、サブバンドを用いた階層符号化における、MC符号化方式の効率について述べている。これは、画像を階層表現してからMC符号化を行うと符号化効率が劣化するという先行研究を受け、サブバンド型の階層表現上でのMCの解析を行ったものである。フルバンドでのMCと同等の符号化効率を得るためには各サブバンド内での処理だけでは限界があり、サブバンド間にまたがる処理の導入が不可欠であること、MCの概念を拡張した一般化MC（GMC）の導入が必要となることなどを示している。シミュレーション実験により、各サブバンド内でそれぞれ従来型のブロックMCを行った場合よりも2 dB以上の改善があることを示している。また、サブバンド間にまたがる処理やGMCも導入しない場合でも、ブロックMCよりもOMCの方がサブバンド型の階層符号化方式に適していることも示している。

第6章は「ロスレスDCT符号化を可能にする修正DCT符号化方式」と題して、DCT符号化方式と互換性を保ったまま、符号化歪みのないロスレス符号化を可能にする方式を提案している。まず、DCT方式でロスレス符号化を行うと符号化効率が上がらない理由を解析し、その知見を用いて2点アダマール変換（ハール変換）の効率的なロスレス符号化について論じている。また、それを一般化して4点DCT、8点DCTのロスレス符号化を提案している。

このロスレス符号化は、変換行列の整数による近似と、整数行列変換における変換点の周期性を利用した可逆変換を用いることにより実現されている。シミュレーション実験を行い、これまでは符号化困難とされてきた動画像（ITU-R 601 4:2:2 フォーマット）でも80～90MbpsでDCT方式と互換なロスレス符号化が可能であることを示している。

第7章は「まとめ」であり、本研究で得られた成果をまとめると共に、将来の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、動き補償フレーム間予測符号化方式と離散コサイン変換符号化方式のハイブリッド（MC+DCT）方式による動画像符号化の特性改善を目的として、オーバーラップMC（OMC）とウェーブレット変換（WT）のハイブリッド符号化方式、サブバンド上の動き補償方式、ロスレスDCT符号化方式などの提案をおこない、その効果をシミュレーションなどによって確認したもので、今後の電子情報通信工学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（工学）の学位請求論文として合格と認められる。