

氏名(本籍)	小島 悠貴		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 7283 号		
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	画像・音響データの品質を向上させるデジタルフィルタの検討と考察		
主査	筑波大学 教授	工学博士	徳永隆治
副査	筑波大学 教授	工学博士	工藤博幸
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	山本幹雄
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	河辺徹
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	伊藤誠

論文の要旨

近年の計算機科学技術の発達により、画像や音響を扱うアナログコンテンツ記憶媒体の多くはデジタル記憶媒体に置き換わり、その配信もまたデジタルデータとして行われることが一般的となっている。デジタル配信インフラの充実は様々な環境でデジタルコンテンツを高品質に再現する需要を生じさせ、これに対応するためのデジタル信号処理技術が必要とされている。

デジタル画像技術に関しては表示装置の多様化に伴い、様々な環境に適する解像度へデータを変換するサンプリングレート変換技術が注目されている。

本論文では、拡大対象を高周波成分が減衰する平均画素法で縮小された画像と仮定し、平均値を保存しつつブロック上の画素値を推定する交流成分予測に対して三角多項式による非線形性を導入することで従来法を含む一般的な設計法を提案した。設計されたフィルタに対して PSNR に基づく数値実験ならびに主観評価を行うことによりその有効性を示した。また周波数領域で平均画素法による影響を補正することにより設計された補正 Lanczos フィルタとの特性の比較を行い、両フィルタのタップ長を無限に長くすることで理想フィルタに一致することを証明したうえで関係を明らかにした。

デジタル音響処理技術に関してはサンプリングレート変換の他、多数同時再生を可能とする軽量のコーデックの需要がある。

本論文では、軽量のコーデックのひとつである ADPCM エンコード時に生じる量子化による歪みの影響を軽減するポストフィルタの設計法を提案し、設計されたフィルタの有効性を PEAQ に基づく客観手法による評価で示した。また、設計されたフィルタがサンプリングレート変換時の折り返し歪みの除去にも有効であることをメカニズムの議論と PEAQ による客観手法による評価で示した。

審査の要旨

【批評】

当該論文前半の画像フィルタに関する研究においては、「修正された理想フィルタの関数近似方式の異なりによって平均値保存型フィルタと補正 Lanczos フィルタの両者が導出可能である」という命題が、正弦・余弦級数を用いた厳密解析を通じて理論的に示されている。これにより、1970年代から画像データ圧縮の分野で精力的に研究されている交流成分予測（平均値保存型フィルタ）の周波数領域での実体が厳密に理解できた研究成果が高く評価された。

提案方式の検証実験に関しては、「画質評価基準である PSNR と SSIM での異なり」および「医療用 16[bit]階調の画像データへの適用事例」に関する質疑が交わされた。後者の 16[bit]階調画像データ等への適用は、今後の課題となる。

当該論文後半の音響フィルタに関する研究においては、汎用の音響コーデックである ADPCM の広範囲な普及・利用を鑑みて、提案された「緩やかな遮断特性を持つポストフィルタ」の産業応用上の有効性が高く評価された。しかし、同方式の周波数特性に関する条件は直観的に導かれており、そのマスキングによる音質向上効果は、PEAQ に基づく数値実験のみで検証した体裁となっている。したがって、より詳細な聴覚心理モデルに照らした理論的解析が不可欠であるという指摘があった。この点も今後の課題となる。

提案方式のサンプリングレート変換への応用においては、「 H^∞ 制御理論に基づく山本らのフィルタ」との性能比較に関して質疑があり、提案方式はこれと競合するものではなく、山本らのフィルタと併用する事でその性能をさらに向上できるとの説明を受けた。

総じて、前半は画像フィルタ、後半は音響フィルタの研究であり、学位論文としての統一感に欠けるのではないかという意見も出されたが、組み込み機器等に広範囲に産業応用できるマルチメディアデータ圧縮の要素技術という観点での統一はなされているという共通見解を得た。

【最終試験の結果】

平成27年1月22日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。