

審査結果の要旨

論文提出者氏名 浅井孝弘

本論文は、「窓関数を用いた高精度補間法に関する研究」と題し、8章よりなる。本論文では、デジタル信号に対し窓関数をかけてからサンプリング定理を適用して補間を行う窓関数法を体系的に論じ、窓の最適設計により理論限界に近い補間精度をえられることを示したものである。さらに、本補間法のレート変換処理への応用を行っている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景、動機について論じ、メディア間のレート変換のために高精度な補間法が必要であることを述べている。さらに既存の補間法を帯域制限の有無に応じて、通信工学的手法、応用数学的手法に大分類し、それらに属する様々な手法の得失を論じ、本論文で扱う窓関数法の位置付けを明らかとしている。

第2章は「窓関数法の概要と補間法への適用」と題する。窓関数は、様々な分野で用いられており、それらを紹介している。特に、窓関数を用いる補間法の先駆けである「Euler窓」について詳述している。

第3章は「従来から知られている補間法とそのRMS相対補間評価誤差の評価」と題し、従来知られている補間法である多項式補間法、フィルタ法についての比較評価を帯域制限信号に対して行っている。本論文で提案する窓関数法との比較のために、これらの既存手法に関してRMS相対補間誤差（補間誤差の対信号比）を明示している。また、これら既存方式の実用上の長短所を述べている。

第4章は「連続窓による補間」と題し、帯域制限信号に対して適度の複雑さで、かなり理論限界に近い補間性能をうることができる手法を提案している。まず、窓関数を用いる場合のRMS相対補間誤差を理論的に導き、次に高精度補間を実現するための条件として、窓関数の規格化、サイドローブのスペクトル減衰、メインローブ中の調整を導き近似的に定式化している。この結果に基づき、Kaiser-Bessel窓のパラメータを最適設計し窓関数を導き、補間誤差の評価を行った。その窓関数は最小RMSで与えられる理論限界にわずかに劣るほどの補間性能を実現できることを検証している。フィルタ法と同等の性能であるが、窓関数法はフィルタ法に比べ設計が容易である。

第5章は「離散窓による補間」と題する。連続窓の場合には、既知の窓関数を選び、補間特性を調整していた。このため、理想に近い窓関数の見通しが得にくい。これに対し、本章にて論じる離散窓による補間では、補間に適した周波数スペクトルを定め、その逆変換により窓関数を定める。離散時間フーリエスペクトルにより、RMS相対補間誤差を表現し、連続窓と同じく高精度補間条件を導く。窓のスペクトル形状の補間誤差について検討を行い、等リプル特性を有するDolph-Chebyshev窓がほぼ最適であることを明らかにした。RMS相対補間誤差の検証を行い、4章でのKaiser-Bessel窓をしのぐ性能を有し、ほぼ理論限界特性が実現できたことを確認した。

6章は「同期式レート変換への応用」と題し、前章までの理論的な検討のレート変換への応用を論じている。まず、本章では、入出力サンプリング周波数の比が有理数である同期式レート変換について論じる。窓関数法による補間を多段縦続する構成を提案し、各段が信号帯域に対して最適化される。所望の変換誤差に対し、計算回数と記憶すべき補間係数総数を最小化する条件を求め、簡易設計法、汎用設計法の2つの設計法を提示した。デジタル音声信号に対してリアルタイムで高精度のレート変換が可能であることを示した。

7章は「非同期式レート変換への応用」と題し、入出力のサンプリング周波数の比が非有理数となるような任意時点での補間が必要とされる汎用なレート変換を論じている。本研究では、窓関数による補間と多項式による補間との縦続接続により非同期式レート変換を実現している。この際、多段構成の変換誤差を与え、計算回数と係数総数を最小にする条件を求め、効率よく非同期式レート変換が実現できることを示している。

8章は「結論」であり、本論文の成果をまとめている。

以上を要するに、本論文は、帯域制限を有する信号に対して、窓関数を用いる補間法を体系的に論じ、高精度補間条件を導き、理論限界とほぼ同等な補間特性を実現しており、さらに異種メディア間の信号変換で必要とされるレート変換への応用を行ったものであり、電子情報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。