

審査の結果の要旨

氏 名 鎌 本 優

音声音響符号化は現代のデジタル通信において大きな貢献をしてきている。例えば携帯電話、IP電話、放送、携帯音楽プレーヤ、光ディスクは圧縮符号化技術無しには実現できなかったであろう。近年、高速にネットワークの品質は改善し記憶容量も大きくなってきている。そのような背景のもとで、歪みの無い符号化（可逆圧縮符号化／ロスレス符号化）が普及しつつある。音響信号の可逆圧縮符号化はビットストリームから元の音声波形を完全に復元することができる。

本論文では、実用的な観点から十分な処理速度を持ちつつ、最小符号長規準のような理論的背景に基づいた高効率の可逆圧縮符号化技術を開発することを目的とし、その目的を達成するために扱うべき課題を明らかにし、それらに対する有効な解決手段を論じている。可逆圧縮符号化は、モデルパラメータに与える符号長とモデルで表現できなかった残差に与える符号長のトレードオフの関係をもつ。また、実用の観点で言えば、演算量と圧縮率のトレードオフの関係をもつ。これら両方のトレードオフのなかから合理的な点を見つけ、高効率でかつ実用的な圧縮方式を実現できている。

第2章では、2つの標準準拠技術を例に用いて可逆圧縮符号化の原理を説明している。1つはMPEG-4 Audio lossless coding (ALS)であり、もう1つはITU-T G. 711.0 (G. 711対数PCMの可逆圧縮)である。これら2つの最先端の符号化方法は他の方法と比べて、圧縮率、演算量、柔軟性ともに良い性能を持っている。

第3章では、時空間線形予測モデルを提案している。時系列信号の時間方向だけでなく空間方向の冗長性も利用することにより、圧縮率を向上させている。具体的には、時間方向の線形予測残差信号に残るチャンネル間の冗長性を利用してチャンネル方向の線形予測を適用している。残差信号に対して重み付き減算処理を行うことで、振幅値を減少させエントロピー符号化の平均符号量を削減させている。これにより圧縮率を向上させることに成功している。

第4章では、空間線形予測の分析アルゴリズムを提案している。時間方向の冗長性の順番はPARCOR係数で表されるようにおおよそサンプル順に並んでいるが、空間方向の冗長性は必ずしもチャンネル順に並んでいる訳ではない。よって空間方向の冗長性の順番を分析するために、チャンネル間相関の親子関係の組み合わせを高速に探索する効率的なアルゴリズムを提案している。この探索方法はグラフ理論に基づき、従来法と比べて演算量を大きく削減できている。

第5章では、時空間ステレオ線形予測法を提案している。この方法は直接的に空間方向の予測残差を最小化するように時間方向の線形予測係数を求めている。時空間線形予測後の残差信号の振幅値を減少させることができるため、圧縮率の向上に成功している。

第6章では、Golomb-Rice符号の符号長を最小化する規準で時間方向の線形予測係数を求めるアルゴリズムを提案している。従来法でのL2ノルム最小化規準は厳密に言えばGolomb-Rice符号の最小化規準ではない。提案法では、補助関数法を用いることにより予測残差信号のL1ノルムやGolomb-Rice符号の符号長を最小化する規準での目的関数を効率よく減少させることができ、それらを満たす線形予測係数を得ることができている。符号長最小化規準で予測係数を求めているので、圧縮率を向上させることができている。

第7章では、低演算量の線形予測係数符号化方法を提案している。具体的には高効率なPARCOR係数の量子化

方法と低演算量の予測次数推定方法が述べられている。PARCOR量子化法は予測残差のエントロピーが最小となる規準で設計されている。また、予測次数推定法は最小符号長規準を用いてPARCOR係数から最適次数を求めている。これら2つの提案法を組み合わせることにより、圧縮率と演算量のトレードオフの観点から妥当な性能に到達することができている。

本論文に書かれている技術の一部は国際標準技術である、MPEG-4 Audio lossless coding (ALS) や ITU-T G.711.0 (Lossless compression of G.711 pulse code modulation)に採用されており、提案法は今後広く使われる可能性が高い。

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。