

フラクタル理論を用いたマルチメディア信号の 表現に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、フラクタル理論を用いたマルチメディア信号の表現に関する研究成果をまとめたものである。

近年、デジタル技術および通信技術の発達に伴い、パーソナルコンピュータおよびモバイル端末が世界的に普及し、個人がネットワークを介して音響信号、映像、静止画およびコンピュータ・グラフィックスにより生成されたアニメーション画像等のマルチメディア信号を保持することが容易になってきた。また、今後もさらに高速かつ広帯域な通信網の普及に伴い、多種多様なマルチメディア信号をネットワークを介して送受信する機会が益々増大するものと考えられる。

しかしながら、記録媒体の容量あるいはネットワークの通信容量の制限により、配布対象であるマルチメディア信号は単純化処理、情報圧縮処理、サンプリングレート変換等の加工が施され、品質が劣化した状態で配信されることが一般的である。したがって、原信号の特徴を保持したマルチメディア信号の単純化技術および品質が劣化したマルチメディア信号を再び原信号に近づけるための技術開発は重要である。

本論文では、原信号における複雑さの制御という観点から、マルチメディア信号の単純化・モデル化およびそれらを応用した表現法の提案を行っている。本論文では、複雑さの尺度として知られているフラクタル次元と単純化形状との関係について考察し、原信号の特徴解析を行うことにより保持すべきデータ点を選択し、原信号の概形を保持した単純化を実現している。また、フラクタルモデルを用いた音響信号および物体の輪郭線形状を表す二次元信号の表現法を提案しており、少数の特徴点を用いて原信号の高精度なモデル化および複雑さの表現を可能としている。さらに、提案する表現法では、対象信号をモデル化した際に得られるパラメータを用いて、任意倍率での拡大処理・アップサンプリング処理を容易に実現可能であり、従来手法では困難であった信号取得時に失われた高周波成分を保持した信号を生成できる。

本論文では、まず第 2 章で、フラクタル理論の基礎となる自己相似集合、自己アフィン集合、Hausdorff 次元等の数学的な定義・定理について説明する。第 3 章では自己アフィン特性を持った信号を生成する際に用いられる Fractal Interpolation Functions (FIFs) について説明する。また、FIFs を実際の信号に適用する際に問題となる写像パラメータの決定法について、既に提案されている手法を取り上げ、その概要を説明する。第 4 章では、複雑さの尺度として知られるフラクタル次元を指標とした輪郭線形状の単純化手法について述べる。第 5 章では、第 2 章で述べた FIFs を信号の拡大処理あるいはアップサンプリング処理等の補間問題に適用する際に必要となる写像パラメータの特性を導出する。第 6 章では、第 3 章で述べた FIFs の概念を拡張した Extended FIFs (EFIFs) について説明し、EFIFs を用いた輪郭線形状の表現法を提案する。さらに、第 5 章で導出した写像パラメータの特性と組み合わせることで、提案手法が輪郭線形状のモデル化のみならず、拡大処理能力を内在することを示す。第 7 章では、第 6 章で述べた EFIFs を用いた輪郭線形状の表現法において、複雑さの尺度として知られるフラクタル次元に基づいた写像パラメータの決定法を提案する。第 8 章では、第 5 章で導出した写像パラメータの特性を用いた音響信号のサンプリングレート変換手法を提案する。従来広く用いられているアップサンプリング手法では、周波数帯域が制限された信号が得られるのに対して、提案手法では高周波成分を保持した信号を獲得できる。第 9 章では、FIFs の適用により得られるアトラクタの周波数領域における特性について考察する。FIFs に関する多くの文献では空間領域でのアトラクタの特性に議論が集中していたのに対し、本章では、いくつかの制約条件の下で、周波数領域におけるアトラクタの特性を導出する。最後に第 10 章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

以上を要約すると、本論文は、フラクタル理論を用いたマルチメディア信号の表現について提案を行っている。本手法をマルチメディア信号に適用することにより、その有効性および有用性を示している。

学位論文審査の要旨

主査	助教授	長谷山 美 紀
副査	教授	北 島 秀 夫
副査	教授	青 木 由 直
副査	教授	荒 木 健 治

学 位 論 文 題 名

フラクタル理論を用いたマルチメディア信号の 表現に関する研究

本論文は、著者が行ったフラクタル理論を用いたマルチメディア信号の表現に関する研究成果をまとめたものである。デジタル技術および通信技術の発達に伴い、パーソナルコンピュータおよびモバイル端末が世界的に普及し、個人がネットワークを介して音響信号、映像、静止画およびコンピュータ・グラフィックスにより生成されたアニメーション画像等のマルチメディア信号を保持することが容易になっている。また、今後もさらに高速かつ広帯域な通信網の普及に伴い、多種多様なマルチメディア信号をネットワークを介して送受信する機会が益々増大するものと考えられる。

しかしながら、記録媒体の容量あるいはネットワークの通信容量の制限により、配布対象であるマルチメディア信号に対して単純化処理、情報圧縮処理、サンプリングレート変換等の加工が施され、品質が劣化した状態で配信されることが一般的である。したがって、高品質なマルチメディア信号を生成する技術および品質が劣化したマルチメディア信号を再び原信号に近づけるための技術開発は重要である。

著者は、原信号における複雑さの制御という観点から、マルチメディア信号の単純化・モデル化およびそれらを応用した表現法の提案を行っている。マルチメディア信号は統計的にフラクタルであるという報告に基づき、著者は対象とするマルチメディア信号をフラクタル集合であると仮定し、その特徴量であるフラクタル次元、構造的特徴である自己相似性、自己アフィン特性を用いて上記表現法を実現している。

以下、章を追って論点を述べる。まず第 2 章で、フラクタル理論の基礎となる自己相似集合、自己アフィン集合、Hausdorff 次元等の数学的な定義・定理について説明を行っている。第 3 章では自己アフィン特性を持った信号を生成する際に用いられる Fractal Interpolation Functions (FIFs) について説明を行っている。また、FIFs を

実際の信号に適用する際に問題となる写像パラメータの決定法について、既に提案されている手法を取り上げ、その概要について説明を行った。第4章では、複雑さの尺度として知られるフラクタル次元を指標とした二次元信号の単純化手法を提案した。第5章では、第2章で述べたFIFsを信号の拡大処理あるいはアップサンプリング処理等の補間問題に適用する際に必要となる写像パラメータの特性を導出した。第6章では、第3章で述べたFIFsの概念を拡張したExtended FIFs (EFIFs) について説明し、EFIFsを用いた多次元信号の表現法を提案した。さらに、第5章で導出した写像パラメータの特性と組み合わせることで、提案手法が多次元信号のモデル化のみならず、拡大処理能力を内在することを示した。第7章では、第6章で述べたEFIFsを用いた多次元信号の表現法において、複雑さの尺度として知られるフラクタル次元に基づいた写像パラメータの決定法を提案した。第8章では、第5章で導出した写像パラメータの特性を用いた音響信号のサンプリングレート変換手法を提案した。従来広く用いられているアップサンプリング手法では、周波数帯域が制限された信号が得られるのに対して、提案手法では高周波成分を保持した信号を獲得できることを示した。第9章では、FIFsの適用により得られるアトラクタの周波数領域における特性について考察した。FIFsに関する多くの文献では空間領域でのアトラクタの特性に議論が集中していたのに対し、著者は、いくつかの制約条件の下で、周波数領域におけるアトラクタの特性を導出した。最後に第10章において、著者は本研究の成果について要約し、論文全体のまとめを行った。

以上を要約すると、著者は、高品質なマルチメディア信号を生成するために必要とされる、対象信号の複雑さを制御する理論を構築すべく、対象信号をフラクタル集合として扱い、その特徴量を用いたマルチメディア信号の新たな表現法についての提案を行った。本研究を通じて情報メディア工学・音響工学への大きな貢献をしたので、著者は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。