

自己相似性を用いた画像表現法に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は画像の自己相似性を利用したフラクタル画像符号化法の画質改善の為の前段階として、反復関数系 (Iterated Function System : 以下 IFS と略記) を用いた画像表現法に関する基礎的な研究の結果をまとめたものである。

これまで、画像符号化技術は JPEG や MPEG に代表されるように、予測、直交変換、帯域分割等の技術を中心にして発展してきた。これらの符号化技術は情報理論とフィルタリング理論に基礎を置いている。この方式の場合、送信側における変換が与えられれば、受信側における逆変換はほぼ自動的に定まる。

近年、画像を表現可能な構造的特徴を抽出し符号化する手法が検討されている。この符号化方式では、画像から得られる特徴や構造を記述するモデルパラメータを符号化し、復号時にそのモデルパラメータから原画像にできるだけ近い画像を生成する。この新たな形の符号化法は 高能率符号化法の候補の一つとして注目を浴びている。

フラクタル画像符号化法は上記の符号化法の一つで、IFS を利用して画像の特徴・構造的モデリングを行う。フラクタル符号化法は IFS により生成されるアトラクタにより符号化対象画像を近似表現する手法で、IFS が少数のパラメータの組で表現可能であることを利用している。フラクタル符号化法は、その写像の定義域の取り方から、大域方式と局所方式の二つの手法に分類される。大域方式は画像全体を縮小写像の定義域の候補とし、1ブロック当たり、1写像を用いる。一方、局所方式では、縮小写像の定義域を各対象ブロックに固定し、ブロックを細分したサブブロックを値域とする複数の写像を組み合わせる。両方式を比較した場合、大域方式は局所方式に比べ、再生画像の誤差は小さいが、符号化時に多大な計算時間を要する。一方、局所方式は写像の定義域をブロックそのものに固定しているため、再生画像の誤差は大域方式よりも大きくなる。しかし、ブロック内に限定された縮小写像となるので、計算時間は大域方式に比べて非常に少なくなる。

本論文では、まずフラクタル画像符号化法の高能率化をはかる前に、IFS を利用した画像表現法に関する詳細な検討を行っている。すなわち、IFS により生成される再生画像の誤差を可能な限り少なくするような画像表現法を十分に検討した後に、この画像表現法で必要とされるパラメータを符号化することを考えている。本論文では特に局所方式に着目し、その画像表現法に関する検討を行っているが、これは、写像の定義域が非常に小さく限定されているため、

現在の所、画質の面では大域方式に劣るものの、パラメータ決定時の計算時間が非常に少なく済むので高速な符号化法として期待されるからである。

本論文は、まず第2章で、数学的な定理・定義等を説明している。これはフラクタル画像符号化は位相や幾何学等に関連した基礎的な定義等で説明されており、フラクタルに関する基礎を学ぶためには、これらの定義・定理等が必要とされる為である。第3章では、既に提案されているフラクタル画像符号化法を大域方式・局所方式それぞれについて説明している。第4章では、局所方式の新たな手法として、濃淡画像対応IFSによる画像表現法を提案し、さらにこの手法のパラメータ決定高速化法を検討している。第5章では、第4章で提案した濃淡画像対応IFSで得られる再生画像の画質向上をはかるため輝度値スケールリング法の変更を行い、更に、写像の値域形状の変形や縮小写像時に行う回転角度の種類増加を行っている。第6章では、IFSパラメータの量子化誤差が再生画像に及ぼす影響を考察し、この影響を削減するために、あらかじめ離散値化されたIFSパラメータのテーブルからの探索を行う手法を提案している。第7章では、再生画像のさらなる画質向上の為に、コラージュ定理に基づくパラメータ決定法の問題点を考察する。コラージュ定理に基づくIFSパラメータ決定法ではIFSの縮小率が1に近い場合に再生画像の誤差が大きくなるという問題点があるため、コラージュ定理を拡張した拡張コラージュ定理を提案し改善をはかっている。第8章では、画像の自己相似性を利用した画像処理法の一手法として、画像から推定されるフラクタル次元を利用した画素補間法を提案している。この手法を用いることで、従来の線形補間法よりも良好な補間結果が得られる。第9章では、IFSを利用したTexture解析法に関する初歩的な検討を行っている。

以上を要約すると、本論文ではIFS画像表現法に関する解析・検討を行い、良好な再生画像を生成可能なIFS画像表現法を示している。さらに、自己相似性を利用した画像処理法に関する展望を示している。

学位論文審査の要旨

主査 教授 北島秀夫
副査 教授 青木由直
副査 教授 栃内香次
副査 助教授 長谷山美紀

学位論文題名

自己相似性を用いた画像表現法に関する研究

本論文は画像の自己相似性を利用した画像表現法である、反復関数系 (Iterated Function System : 以下 IFS と略記) に関する基礎的な研究の結果をまとめたものである。

従来の画像表現法は差分方程式表現, 直交基底展開, 帯域分割表現を中心にして発展してきた。これらの画像表現法は情報理論, 通信理論と協調し, 画像符号化を支えている。また, これらは劣化画像の復元問題の解法においても, 重要な役割を果たしている。

上記の伝統的な画像表現法は画素間の統計的關係を利用する手段であるが, 万全ではない。画像符号化における符号量の削減, 画像復元における画質改善等を進展させるためには, 画像表現法そのものを改める必要がある。近年, 画像の構造的特徴に着目した画像表現法が検討されている。フラクタル画像表現法はその一つで, IFS を利用して画像の特徴・構造的モデリングを行う。IFS が少数のパラメータの組で画像を表現可能であることに応用上の期待が寄せられている。IFS によるフラクタル画像表現法は, その写像の定義域の取り方から, 大域方式と局所方式の二つの手法に分類される。大域方式は画像全体を縮小写像の定義域の候補とし, 1 ブロック当たり, 1 写像を用いる。一方, 局所方式では, 縮小写像の定義域を各対象ブロックに固定し, ブロックを細分したサブブロックを値域とする複数の写像を組み合わせる。両方式を比較した場合, 大域方式は局所方式に比べ, 再生画像の誤差は小さいが, 符号化時に多大な計算時間を要する。一方, 局所方式は写像の定義域をブロックそのものに固定しているため, 再生画像の誤差は大域方式よりも大きくなる。しかし, ブロック内に限定された縮小写像となるので, 計算時間は大域方式に比べて非常に少なくなる。

本論文では, IFS を利用した画像表現法に関する詳細な検討を行っている。すなわち, IFS により生成される再生画像の誤差を可能な限り少なくするような画像表現法を十分に検討している。本論文では特に局所方式に着目し, その画像表現法に関する検討を行っている。これは, 局所方式においては写像の定義域が非常に小さく限定されているため, 現在の所, 画質の面では大域方式に劣るものの, パラメータ決定時の計算時間が非常に少なく済むからである。

本論文は, まず第2章で, フラクタル画像表現に必要な定理・定義等を説明している。第3章では, 既に提案されているフラクタル画像表現法を大域方式・局所方式

それぞれについて説明している。第4章では、局所方式の新たな手法として、濃淡画像対応IFSによる画像表現法を提案し、さらにこの手法のパラメータ決定高速化法を検討している。第5章では、第4章で提案した濃淡画像対応IFSで得られる再生画像の画質向上をはかるため輝度値スケールリング法の変更を行い、更に、写像の値域形状の変形や縮小写像時に行う回転角度の種類増加を行っている。第6章では、IFSパラメータの量子化誤差が再生画像に及ぼす影響を考察し、この影響を削減するために、あらかじめ離散値化されたIFSパラメータのテーブルからの探索を行う手法を提案している。第7章では、再生画像のさらなる画質向上の為に、コラージュ定理に基づくパラメータ決定法の問題点を考察する。コラージュ定理に基づくIFSパラメータ決定法ではIFSの縮小率が1に近い場合に再生画像の誤差が大きくなるという問題点があるため、コラージュ定理を拡張した拡張コラージュ定理を提案し改善をはかっている。第8章では、画像の自己相似性を利用した画像処理法の一手法として、画像から推定されるフラクタル次元を利用した画素補間法を提案している。この手法を用いることで、従来の線形補間法よりも良好な補間結果が得られる。第9章では、IFSを利用したTexture解析法に関する基礎的な検討を行っている。

これを要するに、著者は伝統的な画像表現法の限界をこえるべく、画像を構成する部分画像間の相似性に注目した画像表現法の基礎的考察を行い、その諸性質、応用の方向性に新知見を与え、情報メディア工学、画像情報工学に貢献するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。