

フラクタル理論に基づく画像の 高能率符号化に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、フラクタル理論に基づく高能率画像符号化の実現に関する研究成果をまとめたものである。

近年、インターネットの普及に伴い、様々なデジタル機器間で、音声や画像データを伝送する技術が研究されている。特に画像データに関しては、携帯電話等での利用が増大していることから、画像の品質を保ちつつデータを高圧縮することが可能な新たな符号化手法の開発が期待されている。

このような背景の下、次世代の符号化手法として、反復関数系 (Iterated Function System: 以下 IFS と略記) に基づくフラクタル画像符号化が注目されている。フラクタル画像符号化は、画像の自己相似性を利用し、符号化の対象となる画像を、IFS によって生成されるフラクタル画像で近似することで圧縮を実現する。この手法は、IFS を定義する少数のパラメータのみを符号として保持すれば良いため、画像を高圧縮することが可能であり、高圧縮時における復号画像の品質は、現在広く用いられている JPEG (Joint Photographic Experts Group) 圧縮で得られる復号画像よりも高いことが確認されている。このように、画像を高圧縮した場合に高い性能を示すフラクタル画像符号化は、高圧縮画像の高品質性が求められる次世代の符号化手法の基幹技術となり得る可能性を有していると言える。

しかしながら、従来のフラクタル画像符号化によって得られる復号画像の品質は、実用的なレベルに達していないため、フラクタル画像符号化を次世代の符号化手法として確立させるには、復号画質を高め、高能率なフラクタル画像符号化を実現する必要がある。

そこで、本論文では、フラクタル画像符号化における復号画質の向上を図る手法の提案を行っている。本論文では、まず IFS パラメータの量子化誤差が復号画像の品質に与える影響に着目し、その影響を最小に抑えることで復号画質の向上を遂げている。さらに、IFS パラメータを決定する際に用いる評価関数について考察を行い、高品質な復号画像を生成するために、従来法とは異なる評

価関数を示している。この新たな評価関数を用いることで、これまでのフラクタル画像符号化では得ることが不可能あるいは困難であった高品質な復号画像の生成が可能となる。これらの手法を用いることで、高能率なフラクタル画像符号化には不可欠な、復号画像の高品質化を実現することができる。

本論文では、まず第2章で、フラクタル画像符号化の基礎となる数学的な定理および定義について説明を行う。第3章では、既に提案されているフラクタル画像符号化について、特に現在のフラクタル画像符号化の主流となっている手法を取り上げ、その処理手順の説明を行う。第4章では、提案手法が最適なIFSパラメータを探索する際に用いる遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: 以下GAと略記) の概要、およびその処理手順について説明を行う。第5章では、第3章で説明した従来のフラクタル画像符号化におけるIFSパラメータの量子化方法について問題点を指摘し、これを解決する新たな量子化法を提案する。さらに、この手法の高速化を図るための検討を行う。第6章では、第3章で説明した従来のフラクタル画像符号化がIFSパラメータを決定する際に用いる評価関数の問題点を指摘し、この問題を解決する評価関数について考察を行う。そして、考察に基づき、最適なIFSパラメータを得るための新たな評価関数を設定し、この評価関数を効率的に最適化する手法を提案する。ここで用いる評価関数を最適化することは、計算量の面から困難とされていたが、本手法では、GAを用いることでこの最適化を可能としている。最後に第7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、高能率な画像符号化を実現するために、フラクタル画像符号化に関する解析および検討を行い、復号画像の高品質化を図る手法の提案を行っている。また、本手法を実際の自然画像に適用した実験を行うことにより、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 教 授 北 島 秀 夫
副 査 教 授 青 木 由 直
副 査 教 授 荒 木 健 治
副 査 助 教 授 長 谷 山 美 紀

学 位 論 文 題 名

フラクタル理論に基づく画像の 高能率符号化に関する研究

本論文は、著者が行ったフラクタル幾何学に基づく高能率画像符号化の実現に関する研究成果をまとめたものである。画像符号化法としては予測符号化および変換符号化が伝統的手法として確立され、実用されている。特に変換符号化はデジタルカメラの普及に大いに寄与したといえる。一方、変換符号化における各要素技術はほぼ成熟したと見なすことができ、現状以上の符号化効率を実現するには、新たな画像表現に基づく画像符号化法の検討が求められる。

著者は反復関数系 (Iterated Function System: 以下 IFS と略記) と呼ばれる画像表現に基づくフラクタル画像符号化法に注目した。フラクタル画像符号化は、画像の自己相似性を利用し、符号化の対象となる画像を、IFS によって生成されるフラクタル画像で近似表現する。この手法によれば、IFS を定義する少数のパラメータのみを符号として保持すれば良いため、画像データを高圧縮することが可能であり、高圧縮時における復号画像の品質は、現在広く用いられている変換符号化方式である JPEG (Joint Photographic Experts Group) 圧縮で得られる復号画像よりも高いことが確認されている。このように、画像を高圧縮した場合に高い性能を示すフラクタル画像符号化は、高圧縮画像の高品質性が求められる次世代の符号化手法の基幹技術となり得る可能性を有していると言える。

フラクタル画像符号化には、画像表現に要するパラメータに含まれる量子化誤差が復号画像の品質に与える影響を定量的に予測することが困難であるという問題がある。著者は本論文においてこの問題を解決すべく、IFS パラメータの量子化誤差が復号画像の品質に与える影響を考察し、それを最小に抑えることで復号画質を向上させた。さらに、IFS パラメータを決定する際に用いる評価関数について考察を行い、高品質な復号画像を生成するために、新たな評価関数を提案した。これにより、これまでの

フラクタル画像符号化では得ることが事実上不可能であった高品質復号画像が得られることを示した。

以下、章を追って論点を調べる。まず論文第 2 章で、フラクタル画像符号化の基礎となる数学的な定理および定義について説明を行った。第 3 章では、既に提案されているフラクタル画像符号化について、特に現在のフラクタル画像符号化の主流となっている手法を取り上げ、その処理手順に説明を与えた。第 4 章では、提案手法が最適な IFS パラメータを探索する際に用いる遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, 以下 GA と略記) の概要、およびその処理手順について説明を行った。第 5 章では、第 3 章で説明した従来のフラクタル画像符号化における IFS パラメータの量子化方法について問題点を指摘し、これを解決する新たな量子化法を提案し、この手法の高速化を図るための検討を行った。第 6 章では、第 3 章で著者が説明した従来のフラクタル画像符号化が IFS パラメータを決定する際に用いる評価関数の問題点を指摘し、この問題を解決する新たな評価関数を設定し、それを指針とした IFS パラメータの最適化手法を提案した。なお、ここで用いる評価関数は古典的最適化手法のもとでは計算量の面から非現実的であるが、著者は GA を巧みに設計することにより、IFS パラメータの最適化問題を解けることを示した。第 7 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。

第 5 章で述べられた GA の設計においては、最適化問題を前処理と本処理との 2 段階に別けることにより、GA の様に探索的に最適化を行う手法で陥りやすい局所解への収束を回避し、また、評価関数の評価回数を大幅に削減することに成功した点を高く評価したい。また、注意深く行われた GA の設定も優れた結果を導く重要な因子であり、GA の利用上有益な知見を与えたと評価される。

以上を要約すると、著者は高能率画像符号化を実現するために、フラクタル画像符号化に着目し、その画像表現パラメータの量子化誤差に関する解析を行い、量子化されたパラメータの最適化手段として遺伝的アルゴリズムを合理的に使用することにより、現実的な計算量で高画質を得ることができると示した。研究を通じて情報メディア工学・通信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認める。