

# 学位論文の要旨

氏名

平松 章

学位論文題目

近傍画像の縮小写像によるフラクタル画像圧縮に関する研究

本論文は、近傍画像の縮小写像に基づいて画像を圧縮するフラクタル手法をまとめたものである。

第1章は、フラクタルの意味とその研究の歴史を紹介し、フラクタル圧縮技法へのつながりを解説している。フラクタル画像圧縮の提案と反復関数系IFSの考え方、実用化につながった分割反復関数系PIFSとこれまで盛んに研究された非可逆の圧縮法を概観している。この中で従来のフラクタル圧縮法の限界として、最適ドメインの探索に時間がかかる点を指摘している。

第2章は、Korakot Prachumrakによって提案された可逆フラクタル画像表現に関する研究を紹介している。ドメインをレンジの近傍に取ることで最適ドメイン探索という時間のかかる作業をなくし、原画像との誤差を丸め誤差の範囲以内に抑えて可逆復元を実現している。

第3章は、Korakot Prachumrakの可逆フラクタル表現と違う新たな可逆圧縮の枠組みを提案している。この枠組みは従来の手法を変更しただけに過ぎないが従来の手法が1画素1レンジに対応して離れた位置にある4画素からドメインが構成されていたのに対して、本論文では1画素1レンジに対応して9画素がまとまってドメインを構成している。ドメインが一箇所にまとまっているという意味で自然である。そのうえ4章で提案する非可逆圧縮手法や5章で展開する大きいレンジに対する可逆圧縮の元になるという意味で従来手法より基礎的で普遍的な枠組みである。

第4章は3章で示した可逆圧縮の枠組みを基礎に非可逆の画像圧縮を行うための手法を展開している。可逆圧縮の際に使うデータを大幅に間引き、残されたデータで画像を再生する。レンジの大きさを $2 \times 2$ として非可逆圧縮の手法について説明した後、さらに $1 \times 2$ ,  $2 \times 1$ ,  $2 \times 3$ ,  $3 \times 2$ ,  $3 \times 3$ とへんかさせたそれぞれの場合における非可逆圧縮の手法と結果を示している。輝度の縮小率は $1/2$ 、大きさに関する縮小率は $1/3$ である。圧縮率と画質に関しては従来のフラクタル圧縮と比べて少し劣るが圧縮時間は大幅に短い。

第5章は可逆圧縮の圧縮率を上げるために、1画素をレンジとする3章の手法を発展させて1画素をレンジとする部分と4画素をレンジとする部分を含む画像に対する可逆圧縮の手法を提案している。まず4画素を1レンジとする部分を含む場合の縮小写像を表す連立一次方程式を示し、可逆であるかどうかの試験を行い、完全に原画像に一致することを確かめている。さらにこの画像に対して予測符号化を行い、従来の単一の画素をレンジとする場合に比較して圧縮率の向上が期待できるとしている。

第6章は結論として可逆のフラクタル圧縮を実現したと述べている。従来のフラクタル圧縮法ではレンジに対する最適なドメインを探索するため圧縮に時間がかかっていたが近傍画像に限定しているため試行錯誤が不要になり大幅な時間短縮ができています。

## 論文審査の要旨

報告番号	理工研 第 248 号	氏 名	平松 章
審査委員	主 査	村島 定行	
	副 査	中山 茂	森 邦彦
		淵田 孝康	

学位論文題目 近傍画像の縮小写像によるフラクタル画像圧縮に関する研究  
 (Study of Fractal Compression Based on Contractive Mapping of Neighboring Pixels )

### 審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は近傍画素の縮小写像に基づくフラクタル画像圧縮について述べたもので、全文6章より構成されている。

第1章は序章である。第2章ではフラクタルについての基礎的な解説を行い、フラクタル画像圧縮の解説を行っている。またこの研究の先駆となった「画像の可逆フラクタル表現」に関するKorakot氏の研究の概略を紹介している。

第3章ではKorakot氏の可逆圧縮の方式を変更した可逆圧縮の枠組みを提案している。画像小領域（レンジ）の大きさは1画素で、中領域（ドメイン）を $3 \times 3$ に広げ、自己相似性を制御できる変数を導入した新しい枠組みの性質について収束性と圧縮率の吟味を行っている。

第4章では3章で提案した可逆圧縮の方式を利用して非可逆圧縮法を導く方法を示している。 $1 \times 2$ 、 $2 \times 1$ 、 $2 \times 2$ 、 $2 \times 3$ 、 $3 \times 2$ 、 $3 \times 3$ 等の領域を画像小領域（レンジ）としデータ量を減らす方法を示し、画質と圧縮率の関係を明らかにしている。これは従来のフラクタル画像圧縮と画質と圧縮率では同じ程度であるが、圧縮時間はかなり短くなっている。

第5章では3章で提案した可逆圧縮の方式の圧縮率を向上させる方法を提案している。3章の可逆圧縮の方式は画像小領域（レンジ）の大きさを $1 \times 1$ に限定していたのに対して、 $2 \times 2$ 、さらには $4 \times 4$ の画素領域に大きくして可逆圧縮を実現する手法を示している。Jpeg-Lsの圧縮率には及ばないもののレンジを大きくすることでこれまでのフラクタル可逆圧縮に比べて大幅な圧縮率向上を実現できることを示している。

第6章は結論である。

この研究はフラクタル研究としては①ドメイン探索が必要ないので圧縮時間が非常に短い、さらに②フラクタル可逆圧縮法としては最高の圧縮率を出しているという二つの点で評価できる。

画像のフラクタル圧縮の分野で寄与するところが大きい。

よって、審査委員会は博士（工学）の学位論文として合格と判定する。

## 最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第 248 号	氏名	平松 章
審査委員	主査	村島 定行	
	副査	中山 茂	森 邦彦
		淵田 孝康	

平松章氏の論文発表会は2月13日15時より、情報工学科第73講義室で行われた。主査及び副査の4名は学位申請者本人に対して、論文の内容について質疑応答を行った。

質疑応答の中で出された主な質問を示す：

1. この手法でフラクタル画像例えばチェルピンスキー3角形を圧縮したときに高い圧縮率が得られますか。

答え：チェルピンスキー3角形をアフィン変換式で置き換えれば1万分の1の圧縮率が得られますしかし、この方式は図形とレンジが合わないために高い圧縮率は望めません。ただチェルピンスキー3角形に合わせたレンジを取ることができれば高い圧縮率が得られると思います。

2. この手法は輝度に関して縮小写像をしているだけですがフラクタル圧縮といえますか。

答え：輝度だけでなく、広さについても縮小写像になっています。それに周囲のドメインの情報からレンジの情報を求めており、縮小写像になっていると考えています。

3. 非可逆圧縮の圧縮率を複数の画像の平均で出しているが、画像の性質も違っているので画像ごとの圧縮率を示して議論すべきではないか。

答え：確かに画像ごとに圧縮率は違いますが、圧縮法の特徴を論じるとき、平均的な性質を論じるのは意味があることと思います。

4. この方法は縮小写像を利用している点でフラクタル画像圧縮といえますが圧縮率は主として予測符号化によってもたらされているように見えます。フラクタル圧縮である部分からはどの程度圧縮率もたらされていると思いますか。

答え：確かにご指摘の通りの点がありますが、予測符号化はどこでも使われる基本的な技法であり予測符号化を使っているならフラクタル圧縮ではないとは言えないと考えています。第5章で述べましたがレンジを $2 \times 2$ あるいは $4 \times 4$ に大きくすることで圧縮率をあげることができますのでこの方向に発展させることでフラクタル圧縮の効果といえる状況が出てくるはずです。

5. 可逆フラクタル圧縮はフラクタル性をもつ特殊な画像については実現できるかもしれませんが一般の画像については自己相似性がなく、実現性はないと思います。

答え：確かに一般の画像には自己相似性がありませんので、一般的には可逆フラクタルは不可能です。しかしながらここで実現している可逆フラクタルは離散画像の特殊性を利用して、離散誤差の範囲内に近づけることができれば可逆復元が実現します。この際に得られたドメインとレンジの間のアフィン変換は完全な自己相似性をあらわしているわけではありません。画素の大きさより小さい微細構造は丸めて表現するという条件がついていると考えてください。

以上、ここに記載した5点とその以外の質疑に対してほぼ適切な回答がなされた。よって審査委員会は、申請者が博士（工学）の学位を与えるのに十分な学力並びに見識を有していると判定した。