



画像の高能率符号化に関する研究

半田, 志郎

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1988-09-30

(Date of Publication)

2008-05-30

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1210

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001210>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	竿 田 志 郎 (長野県)
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博ろ第28号
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位授与の日付	昭和63年9月30日
学位論文題目	画像の高エネルギー符号化に関する研究

審査委員	主査 教授 田 中 初 一
	教授 前 川 禎 男 教授 平 井 一 正

論 文 内 容 の 要 旨

情報伝達の手段は音声から文字、画像、さらにはそれらを統合した音声画像同時通信に進みつつある。この様な情勢の中で、画像を用いた通信の便利さが再認識されると、光通信などによる伝送路の高帯域化の進歩にも増して、伝送を要する情報量が加速度的に増大することになる。その結果、画像信号のデータ量の膨大さがそれらの技術のネックとなりつつある事から、画像の高エネルギー符号化の研究・実用化が急務となった。

画像信号は、一般に隣接する画素間の輝度に類似性が強く、その周波数スペクトルも低域に集中しており、統計的に見れば相関係数が非常に高い信号である。このように画像の統計的性質を利用してデータ圧縮を行う方法として、予測符号化、変換符号化が代表的なものである。予測符号化は隣接画素間の相関性を利用して隣接画素間の差信号 (ΔM)、あるいは符号化済みの画素から予測した値と実際の画素の値との差信号 (DPCM) を符号化する方法である。変換符号化は画像を小さなブロックに分割し、直交変換を用いて相関の小さな係数の組に変換し、その係数を符号化する方法である。これらの方法は、画像の特徴の一面だけを利用して符号化を行なっているため、情報理論的にみれば効率化の余地が残されていることが予想されていた。

一方、レート・歪理論はある特定の情報源に対しては最適な方式を示唆するなど、データ圧縮の基礎理論と言われながら、なかなか実用には結びつかなかった。その原因の1つは、定理の証明においてとった手法、すなわちランダム符号化法が余りにも数学的な技法であり、現実の符号化法との結びつきが得にくいためであった。

本論文ではレート・歪理論によって最適性が示唆される方式、特に木符号化法、ベクトル量子化法、トレリス符号化法について、画像の高エネルギー符号化への適用に関する観点から、その実現に伴

う諸問題について考察し、実際に実現の比較的容易なシステムの構成法を提案し、そのレート・歪特性について検討した。

まず、第2章においては、データ圧縮の基礎理論として欠かすことのできないレート・歪理論について、レート・歪関数の定義及びそれから導かれる2,3の定理の解釈を述べ、画像の高エネルギー符号化の意義について考察し、次章以降の準備とした。

第3章では、画像信号に木符号化法を適用する際、符号化レートの低いDPCM方式で問題となる過負荷雑音、及び粒状雑音を減少させる目的で、非線形スムージングフィルタを挿入することを提案し、その設計手法を示した。更に、実画像に本方式を適用することにより、その効果をシミュレーション実験により確かめた。その結果、標準画像の"Girl"や"Couple"のような境界部がある程度ははっきりした画像に対しては、スムージングフィルタを用いない木符号化法と比べ、参照領域をある程度広くすることにより、約1~2dBのSN比改善が得られることが明らかとなった。また、"Aerial"のような木目細かな画像に対しては、参照領域をそれほど広くしない方が、SN比特性の面では有利であることが明らかとなった。

第4章では、画像の2次元的情報を有効利用するために、従来では因果性の問題から使用が困難であった2次元の補間フィルタを符号化フィルタに用いた二次元補間DPCM方式を提案した。本方式は画像の本質的な情報をうまく利用しているため、極めて簡単な処理で高いSN比が得られることを一つの特徴としている。実画像に適用した結果、TYPE Iの方式においては、DPCM方式の復号器に補間フィルタを付加するだけで、1~2dBのSN比改善が得られる、量子化レベルが最適値からずれた場合でも、SN比の劣化は小さい、などが明らかとなった。また、統計的性質の異なる多様な画像信号に適用するため、符号化係数を固定した場合のSN比特性について検討し、最適係数を用いた方式と比べ、特性の劣化は小さいことを確認した。

第5章では、パターン認識、画像解析、地図情報処理などにおいて、画像の持つ多様な情報の中からその構造や特徴を記述するのに適した線図形の符号化について考察し、線図形の一部をまとめて一つのベクトルパターンと考えることによって、ベクトル量子化の考え方を利用することを可能とした高エネルギー符号化法を提案した。従来、線図形の符号化における歪みについてはあまり定量的な考慮がなされていなかったが、その方法についても考察した。その結果、ベクトルパターンと入力図形とのマッチングにDPマッチングを用いることにより、無理のないマッチングが可能となり、視覚的にも良好な再生図形が得られることが明らかになった。また、生じる歪みはパターン間の連結に大きく依存することから、 M' または (M,L) アルゴリズムを適用することにより、レート・歪特性が大幅に改善できることを確かめた。

第6章では、変換領域における木符号化法について、試行系列のクラスタリングに基づく木符号の新たな構成法を提案した。変換領域での符号化法の特徴は、時間領域では実現が困難な低レートでの高エネルギー符号化を比較的簡単に実現できる点にある。本方式の導入により、再生信号の持つべき統計的性質が必ずしも既知でない情報源に対しても、変換領域の木符号化が可能となった。更に、ガウスAR情報源及び画像信号の符号化シミュレーションによりその有効性を確認した。ガウ

スAR情報源の場合、試行系列内及び試行系列外のどちらのデータに関しても、ランダム符号化の概念に基づく木符号より、レート・歪関数に近い平均歪が得られた。また、比較的小きな乗算回数に対しても、充分良好な特性が得られることが明かとなった。更に、画像信号についても良好なSN比特性が得られた。

第7章では、コサイン変換領域におけるトレリス符号化について、トレリス符号の設計手法及び領域分割による適応化手法を用いた適応的変換トレリス符号化について検討した。その結果、(1)トレリス符号はビットレートに対して歪み計算の乗算回数が線形的にしか増加しないので少ない乗算回数で、良好なSN比特性が得られる。(2)試行系列を用いた設計法により、トレリスの探索の範囲が狭い場合や枝別れの数が少ない場合に効果大きい。(3)領域分割による適応化は、統計的性質が均一でないような画像に対して効果的であるが、必要以上の領域分割はあまり意味がない。(4)トレリスの拘束長はSN比特性にはあまり大きく影響しない。(5)0.5 bit/pel程度の低レートでも良好な再生画像が得られる。などが明かとなった。

第8章は、まとめであり本論文で得られた主な結果を総括的に述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、膨大なデータ量を持つ画像を伝送または記録する場合に、必要な種々の情報圧縮技術について、情報理論(レート・歪理論)の観点から詳細な検討を行ったものである。

代表的な画像の符号化としては、予測符号化および変換符号化がよく知られており、画像をある程度圧縮するという初期の目的は既に達成している。しかし、これらの方法は画像の統計的な特徴の一面だけを利用して符号化を行っているために、圧縮率が低く、情報理論(レート・歪理論)により与えられる限界にほど遠いものであった。本論文では、レート・歪理論によって最適性が示唆される木符号化法、ベクトル量子化法、トレリス符号化法を画像の高エネルギー符号化へ適用する場合に、その実現に伴う諸問題について考察し、実現の比較的容易なシステムの構成法を提案すると共に、そのレート・歪特性についても検討を加えている。

まず第2章では、データ圧縮の基礎理論として不可欠なレート・歪理論についてまとめている。レート・歪関数の定義及びそれから導かれる2,3の定理とその解釈などを述べると共に、画像の高エネルギー符号化の意義について考察し、次章以降の準備としている。

第3章では、画像信号に木符号化法を適用する際に、符号化レートの低いDPCM方式で問題となる過負荷雑音並びに粒状雑音を減少させる目的で、非線形スムージングフィルタを挿入することを提案し、その設計手法を与えている。さらに、実際の画像に本方式を適用する計算機シミュレーションによりその効果を確かめている。その結果、標準画像(SIDBA)の"Girl"や"Couple"のような、輪郭がある程度はっきりしている画像に対しては、スムージングフィルタを用いない木符号化法と比べ、数dBのSN比改善が得られることを明かにしている。

第4章では、画像の2次元的情報を有効に利用するために、従来は因果性の問題から使用が困難

であった2次元の補間フィルタを用いた二次元補間DPCM方式を提案している。本方式は、画像の本質的な情報をうまく利用できるために、極めて簡単な処理で比較的高いSN比が得られるという一つの望ましい特徴がある。

第5章では、パターン認識、画像解析、地図情報処理などにおいて、画像の構造や特徴を記述するのに適した線図形の符号化について考察している。線図形の一部を一つのベクトルパターンと考え、ベクトル量子化の考え方を導入し、ベクトルパターンと入力図形とのマッチングにDPマッチングを用いた高能率符号化法を提案している。その結果、無理のないマッチングが可能となり、視覚的にも良好な再生図形が得られることを明かにしている。

第6章では、変換領域における木符号化法について、試行系列のクラスタリングに基づく木符号の新たな構成法を提案している。変換領域における符号化法の特徴は、時間領域における符号化では実現が困難である低レート領域の高能率符号化を比較的容易に実現できることである。本方式の導入により、再生信号の持つべき統計的性質が必ずしも既知でない情報源に対しても、変換領域の木符号化が可能となり、ガウスAR情報源の場合には、試行系列内及び試行系列外のどちらのデータに関しても、ランダム符号化の概念に基づく木符号化法よりも、レート・歪関数に近い平均歪が得られている。

第7章では、コサイン変換領域におけるトレリス符号化を行うために、トレリス符号の設計手法、及び領域分割による適応化手法を用いた適応的変換トレリス符号化について検討している。その結果、(1)トレリス符号は複雑度が伝送レートに対して線形的にしか増加しないので、比較的容易に良好なSN比特性が得られる。(2)試行系列を用いた設計法により、トレリスの探索の範囲が狭い場合や枝別れの数が少ない場合に効果が大きい。(3)領域分割を用いた適応化により、0.5 bit/pel程度の低レートでも良好な再生画像が得られる。などの点を明かにしている。

第8章は結論であり、得られた諸結果を簡潔にまとめている。

以上のように、本研究は画像の圧縮符号化に関して、数種の新しい高能率符号化法を提案し、圧縮率と画質との関連において厳密な評価を行ったものであり、工学上寄与する処大である。特に符号化法の斬新性と評価法の厳密さに、独創性が認められ、本論文は学位論文として充分価値のあるものである。

よって、学位申請者半田志郎は工学博士を授与される資格があると認められる。