

進化計算によるコードブックの最適化に関する研究

大林 祐基[†]、鈴木 幸司[†]

[†] 室蘭工業大学

1 はじめに

画像圧縮の手法としてベクトル量子化を用いた手法が研究されている。ベクトル量子化は復号を少ない計算で行い、高い圧縮率でも劣化が少ない特徴を持っている [1]。ベクトル量子化を行うには学習ベクトルからクラスタリングアルゴリズムによって作成されたクラスタよりコードブックを構築する必要がある。しかし、クラスタリングアルゴリズムには初期値依存性の問題がある。

本研究では遺伝的アルゴリズム (GA)[2] によって初期コードブックを構築してからクラスタリングアルゴリズムを行う。GA によって求めた適切な初期コードブックをクラスタリングアルゴリズムの初期値として与えることで初期値依存の影響が軽減され良質なコードブックが構築されると考えられる。

GA によって初期値を与える手法とランダムに初期値を与える手法について実験を行い2つのコードブック構築手法を比較した。

2 ベクトル量子化

ベクトル量子化は実数空間 \mathbb{R}^k 上の学習ベクトル $x \in X$ を \mathbb{R}^k 上のコードベクトル $y \in Y$ に写像する。コードベクトルの集合 Y はコードブックと呼ばれる。 X を Y に割り当てる関数を q とするとベクトル量子化は写像 $q: X \rightarrow Y$ と表現できる。

$$S_i = \{x \in X : q(x) = y_i\}, i = 1, \dots, N_c \quad (1)$$

式 (1) は x を N_c 個に分割したクラスタ S_i の中心であるコードベクトル y_i に写像する。本研究のベクトル量子化では、 x は最も距離が近い y に写像され、図 1 はベクトル量子化による画像の復号を示す。 x がどの分割された集合 S_i に属するかをインデックスマップに記録し、コードブックからコードベクトルをインデックスマップの対応する箇所へ写像することで画像を復号できる。

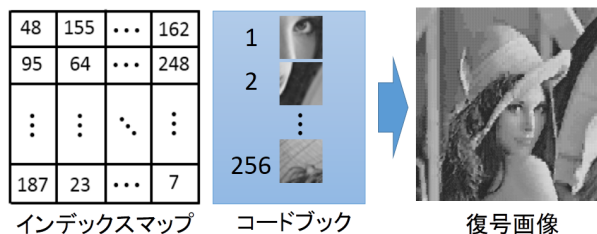


図 1: ベクトル量子化による画像の復号

3 遺伝的アルゴリズム (GA)

3.1 概要

GA は生物の進化の過程を模倣して最適解を求める手法で各要素を集団の個体として表現する。個体は設計変数をコード化した遺伝子型で表現され、遺伝子型によって決まる個体の構造や性質を表現型と呼ぶ。GA は表現型から決まる適合度の高い個体に対して GA オペレータ (交叉、突然変異) を行う。GA オペレータは高い適合度を示す個体に高い割合で適用され多くの子孫を次の世代に残す。これを任意の世代繰り返すことで集団内で最も高い適合度を示す個体、すなわち最適解の探索を行う。

3.2 RCGA の設定

本研究では 4×4 ピクセルのブロックを遺伝子とするため実数をそのまま遺伝子とする実数型 GA (Real-coded Genetic Algorithms) を用いた。図 2 は本研究の RCGA の処理手順を示し以下にその具体的手順を記す。

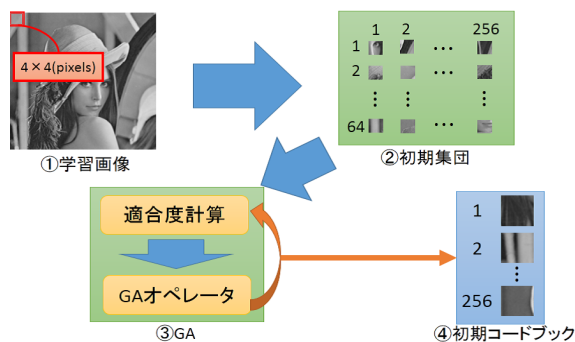


図 2: RCGA の処理手順

RCGA を実装するためにまず初期集団を生成する必要がある。図 2 より初期集団は学習画像から 4×4 ピク

A Study on the Optimization of a Code Book Using Evolutionary Computation.

Yuki Obayashi[†], Yukinori Suzuki[†]

[†] Muroran Institute of Technology

セルのブロックをランダムに選択することで作られるものとする。すなわち、個体は複数の4×4ピクセルのブロックで形成される。

次に個体の評価を行うためにMQE(mean quantization error)[3]を計算する。MQEは学習ベクトルとコードベクトルとの2乗誤差の和の平均である。実験で用いたRCGAではMQEが最も小さい個体が最適解、すなわち良質な初期コードブックと設定している。

$$MQE = \frac{1}{N_p} \sum_{p=1}^{N_p} d(x_p, q(x_p)) \quad (2)$$

MQEから求めた適合度をもとにGAオペレータを行う個体をルーレットによって選択する。GAオペレータの交叉は1点交叉、突然変異は式(3)に従って該当する遺伝子座 x_M の遺伝子全てに適用され新たな遺伝子座 x'_M を生成する。

$$x'_M = 255 - x_M \quad (3)$$

以上のRCGAを任意の世代数繰り返し集団内で最も小さいMQEを示す個体を初期コードブックとし、クラスタリングアルゴリズムの初期値とする。

4 実験

4.1 実験方法

クラスタリングアルゴリズムの1つであるk-means法と、GAで求めた初期値を用いたk-means法(以下GA+k-means法)によって同じ学習画像からコードブックを構築する。コードベクトル数を256、k-means法の更新を10回とする。両手法とも5回試行し復号画像とそのPSNRを比較する。学習画像lennaを図3、RCGAのパラメータを表1に示す。実験にはMATLABのGlobal Optimization Toolboxを使用した。

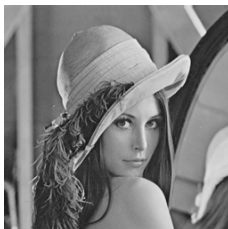


図3: 学習画像 lenna

表1: RCGAのパラメータ

集団数	64	交叉率	0.6
突然変異率	0.1	終了世代数	50
エリート個体数	2		

4.2 結果

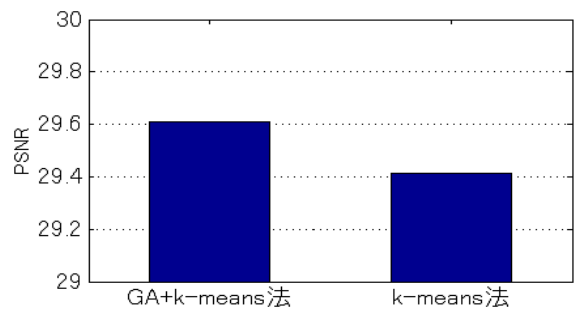


図4: PSNR



(a)GA+k-means 法

(b)k-means 法

PSNR:29.74

PSNR:29.47

図5: 復号画像

図4は両手法を5回試行した平均のPSNRであり、それぞれ29.61,29.41となった。図5(a),(b)は両手法で構築したコードブックのうちそれぞれ最も高いPSNRを示す復号画像である。

図4からGAによって適切なk-means法の初期値を与えることで復号画像の画質が改善されていることが分かる。しかし図5(a),(b)から画質は改善されているものの視覚的にほとんど変化が見られなかった。

5 今後の課題

さらに良質なコードブックを構築するためにRCGAの設計方法を見直すことが考えられる。またk-means法はクラスタリングアルゴリズムの一手法であるため、他のクラスタリングアルゴリズムで実験を行った結果も検討する必要がある。

参考文献

- [1] C. Amerijckx, M. Verleysen, P. Thissen, & J. Legat, Image compression by self-organized kohonen map, *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 9, No. 3, pp.503-507 (1998).
- [2] 伊庭斉志. 『遺伝的アルゴリズム』, 医学出版 (2002).
- [3] G. Patane, & M. Russo, The enhanced LBG algorithm, *Neural Networks*, Vol. 14, No.9, pp.1219-1237 (2001).