

## 不確定環境型GAの確率的画像圧縮問題への適用

01704426 \*宮崎大学 吉富康成 YOSHITOMI Yasunari  
宮崎大学 竹葉寿史 TAKEBA Toshifumi  
01307856 宮崎大学 富田重幸 TOMITA Shigeyuki

## 1 緒言

著者らは、確率計画問題の解法として、遺伝的アルゴリズム (GA) の環境 (適応度関数) に確率変動を導入した手法 (不確定環境型GA) を提案した [1, 2]。本法では、世代ごとに、確率変数の分布に応じて適応度関数 (目的関数、制約条件) を変化させ、全世代を通じて個体の集合とその出現頻度を算出する。そして、まず、期待値最大の解を得ることを目標とした。このため、選択方式として、適応度に比例して選択確率が高くなるルーレット戦略を取り、発生頻度が最も高い個体 (解) が期待値最大を与える個体となることを実証した [1]。

本報では、近年メディア情報処理分野で重要性が増してきた画像圧縮を確率計画問題として定式化し、不確定環境型GAを適用したので、報告する。

## 2 確率的画像圧縮問題と適用例

画像圧縮手法としては、現在標準である JPEG や MPEG で使われている離散的コサイン変換 (DCT) 符号化を用いる。本報では、対象を静止モノクロ画像とし、基本的な手順として、(1)DCT(8画素×8画素)、(2)量子化、(3)符号化 (直流成分; DCTブロックでの差分データをハフマン符号化, 交流成分; 低周波成分から高周波成分にかけてジグザグにランレングス符号化したデータをハフマン符号化), を順次施す [3]。この一連の処理の中の (2) 量子化では、8×8のDCT係数を対応する8×8の量子化テーブルの値 (整数) の定数 (量子化乗数) 倍で割り、引き続き符号化を施す [3]。この量子化テーブルの値と量子化乗数が、各々大きい程、高圧縮となる反面、画質は低下する。通常、量子化乗数で圧縮率と画質を調整している。画像圧縮の場合、静止画でも動画でも対象となるのは多数の画像である。そこで、集団として意味をもつ多数の画像 (例えば、ニュース、映画、スポーツ番組 等) を対象に、量子化テーブルの各値と量子化乗数の最適化を考える。ここで、DCT係数の確率密度関数は、正規分布で近似できることが知られている [4]。そこで、DCT係数を確率変数として、量子化テーブルの値と量子化乗数の最適化問題を以下のように定式化する。

$$\text{Maximize } E(1/e(x_i, F_k(u, v)))$$

$$\text{Subject to } Pr(r(x_i, F_k(u, v)) \leq b) \geq 1 - \epsilon$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad (i = 1, \dots, n), \quad (k = 1, \dots, m), \quad (u = 0, \dots, 7), \quad (v = 0, \dots, 7)$$

$$e(x_i, F_k(u, v)) = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 |\sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)(F_k(u, v) - F_k^s(x_i, F_k(u, v))) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16}|}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)F_k(u, v) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16}}$$

$$c(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & , \quad (u=0) \\ 1 & , \quad (u \neq 0) \end{cases}, \quad c(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & , \quad (v=0) \\ 1 & , \quad (v \neq 0) \end{cases}$$

ここで、 $e(x_i, F_k(u, v))$  は画像圧縮に伴う誤差、 $m$  はブロック数、 $F_k(u, v)$  は  $k$  番目のブロックの DCT 係数で確率変数である。そして、 $x_i$  は量子化テーブルの値と量子化乗数を 2 進数等で表現するための 0, 1 変数である。また

、 $F_k^*(x_i, F_k(u, v))$  は  $F_k(u, v)$  の量子化代表値である。 $r(x_i, F_k(u, v))$  は圧縮率であり、符号データの容量を原画像データの容量で割ったものとして求まる。

量子化テーブルの値と量子化乗数を2進数で表現すると、GAの染色体長が過度に長くなり、必然的に個体数や世代数を大きくとらなければ最適解が得られなくなる。そこで、高周波成分は量子化を荒くしても人間の視覚特性上支障が少ないので、計算時間短縮の観点で、本報では、各  $(u, v)$  に対する量子化ピッチ  $q(u, v)$  (=量子化乗数×量子化テーブルの値) に対して、 $q(0, 0) = \gamma Cd$ ,  $q(u, v) = \gamma C(a\sqrt{u^2 + v^2} + b)$ ,  $(u, v) \neq (0, 0)$  を用い、量子化を行なう。ここで、 $a = 2^2x_1 + 2^1x_2 + 2^0x_3 + \alpha$ ,  $b = 2^2x_4 + 2^1x_5 + 2^0x_6 + \beta$ ,  $C = 2^1x_7 + 2^0x_8 + \delta$ ,  $x_i \in \{0, 1\}$ ,  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, d$ : 定数である。従って、変数の数  $n = 8$  である。 $\gamma C$  が量子化乗数、 $a\sqrt{u^2 + v^2} + b$ ,  $d$  が量子化テーブルの値に相当する。

テレビニュースを画像サイズ160画素×120画素でモノクロ化し、計100枚(10秒間;1秒間に10枚)保存した。そして、DCTを施し、各  $(u, v)$  に対して全画像の全ブロックでのDCT係数の平均値と標準偏差を求めた。そして、各  $(u, v)$  に対してすべてのブロックの  $F_k(u, v)$  の確率密度関数を同一の正規分布で近似した。上記の定数については、JPEGでよく用いられる量子化テーブルの値と量子化乗数の条件をほぼ包含できるように設定した( $\alpha = \beta = \delta = 1, \gamma = 0.5$ )。そして、量子化テーブルの直流成分については、交流成分との符号化の相違を考慮し、JPEGでよく用いられる値を用いた( $d = 16$ )。GAの処理条件としては、遺伝子型として表現型を用い、200個体、100世代、2点交叉、交叉確率:0.6、1点突然変異、突然変異確率:0.1の条件で計算を行った。この時、符号データにおけるヘッダー部の容量は無視し、(a)最適解が別途求まる条件として、 $b = 1$ , (b)最適解が別途求まらない条件として、 $b = 0.2$  (3回)、で計算した。そして、(a)の場合は、最適解( $x_i = 0, i = 1, \dots, 8$ )が最大個体数となった。(b)の場合には、最大個体数の解の再現性が得られた。(b)の最大個体数の解の条件で圧縮、復号した画像例を図1に示す。



図1：適用例, 左図：原画, 右図：復号画像.

### 3 まとめと今後の展開

画像圧縮を確率計画問題として定式化し、不確定環境型GAを適用した。厳密解が得られる場合、本法の解と厳密解は一致した。厳密解が得られない場合、本法の解には再現性がみられた。このため、最適解または局所最適解を求めることはできていると推察される。今後は、カラー画像やカラー動画像にも本法を適用していく。また、実用上、目的関数や制約条件をどのように設計すべきかも今後の課題である。

### 参考文献

- [1] 池之上博子, 吉富康成, 富田重幸, “不確定環境下GAの確率的整数計画問題への適用”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集,(1997),28-29.
- [2] Y.Yoshitomi,H.Ikenoue and S.Tomita, “Genetic Algorithm in Nonstationary Environments for Solving Stochastic Programming Problem”, Abstracts of 5th International Conference on Parametric Optimization and Related Topics,(1997),24.
- [3] 八木伸行, 井上誠喜, 林正樹, 奥井誠人, 合志清一, “C言語で学ぶ実践デジタル映像処理”, オーム社,(1995),240-256.
- [4] 安田浩, 渡辺裕, “デジタル画像圧縮の基礎”, 日経BP出版センター,(1996),25-31.