

ウェーブレット変換と遺伝的アルゴリズムを用いた

画像圧縮耐性を有する電子透かし埋め込み法の開発

(知能情報システム学) 井上大輔

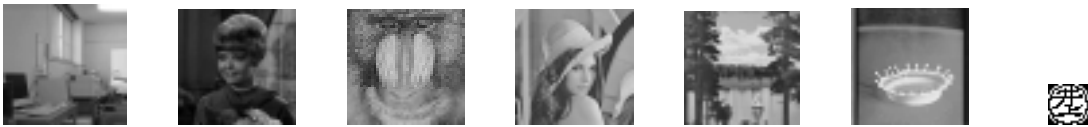
1. 緒言

ブロードバンド環境の普及により、デジタルデータに触れる機会は増える一方である。それに伴い、デジタルデータの著作権保護のため電子透かしの研究が進められている。電子透かしには要求される条件として、「透かしの埋め込みによる品質劣化が少ない」、「容易に埋め込まれた情報を除去できない」、「加工されても埋め込まれた情報が残る」という3点がある。

そこで本研究では、静止画像というデジタルデータに焦点をあて、その画像が日常で最も施され易い加工処理であると思われる JPEG 圧縮を念頭に、「ウェーブレット係数の可変閾値判定に基づく電子透かし法」[1]を用いて、ウェーブレット変換係数の配列において、最も大きな JPEG 圧縮耐性を有する電子透かしの埋め込み位置を決定する最適化問題を作成し、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて近似解を求めた。

2. 開発環境

- ・ 使用プログラム言語：Visual C++6.0、OS：Windows XP
- ・ Dell Optiplex GX260,CPU:Pentium 2.5GHz,メインメモリ:512MB
- ・ 原画像として、480×480(画素)の24ビットカラーBMP形式のものを用いた。
- ・ 透かし情報として、1ビットの20×20配列を用いた。使用した原画像(画像1~6)ならびに埋め込み透かし画像(画像7;モノクロBMP形式)は、下図のものである。なお、画像2~6は、新情報処理開発機構の「画像データベース1999」の一部である。



画像 1.labo 画像 2.girl 画像 3.baboon 画像 4.lenna 画像 5.sail 画像 6.milk 画像 7.sign

3. 処理手順

GA 処理で用いる初期集団を、予め設定した個体数だけ発生させる。それぞれの個体は全 20 ビットの遺伝子を持ち、上位 4 ビットがウェーブレット変換係数の埋め込み領域、下位 16 ビットが埋め込み開始位置を示す。初期集団の発生はランダムであるが、この時点で条件を満たさない個体(遺伝子の 0 と 1 の並びがウェーブレット変換係数の条件を満たさないもの、制約条件として設定した埋め込み情報の検出率が一定値未満のもの)は致死遺伝子とみなし、条件を満たすものだけで初期集団を構成する。

発生した個体すべてに対して埋め込みと検出を行い、適応度を求める。適応度としては、透かしを埋め込んだ画像と原画像との、RGB 各成分の 2 乗誤差の総和の逆数を用いた。適応度の高い個体(親候補)が確率的に選ばれ易いルーレット選択によって、新しい個体の集団を生成する。

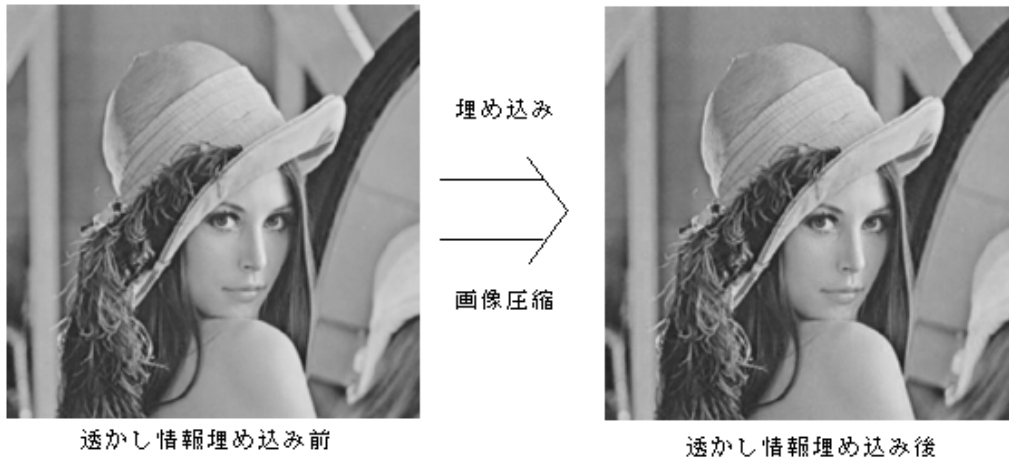
設定した交叉率に基づいて、親候補の個体集団からランダムに選出されたペアを用いて交叉を行う。ここで行う交叉は 2 点交叉と呼ばれるもので、遺伝子の並びを 1 列の記号列としてではなく、最後の記号と最初の記号が連結されたリング状の遺伝子の並びとして扱う。このリング上に 2 点の交叉位置をランダムに設定し、リングを二つのセグメントに分割、各部分を入れ替えて子孫の遺伝子の並びを生成するものである。

設定した突然変異率にしたがって1点突然変異を行う。

～ の処理を設定した世代数だけ繰り返し、最も適応度の高い個体を近似最適解とする。

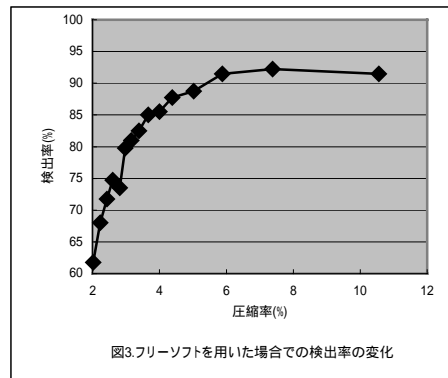
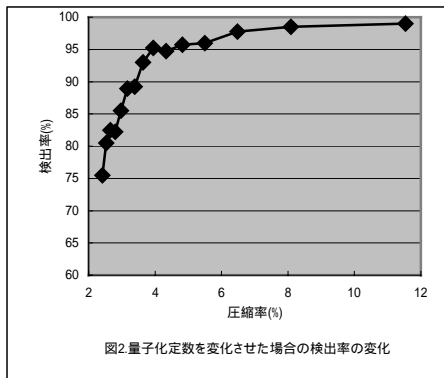
4. 実験

世代数 40、個体数 300、交叉率 0.6、突然変異率 0.1、JPEG 圧縮における量子化定数 0.5 とし、6 枚の画像に対して JPEG 圧縮を行う場合と行わない場合で実験を行った。得られた近似最適解を基に電子透かしを埋め込み、その埋め込み情報を抽出した例を図 1 に示す。(ここでの検出率は 95.75%、圧縮率 4.82%。圧縮率は、符号データの容量 / 原画像の容量 を百分率で表記した) また、量子化定数を 0.1 ~ 1.5 の範囲で変化させた場合の検出率の変化を図 2 に、フリーの画像処理ソフト[2]を用いて様々な圧縮率で埋め込み済み画像を JPEG 圧縮させた場合の検出率の変化を図 3 に示す。



検出された透かし情報

図 1・埋め込み・抽出例



5. 結言

画像のウェーブレット変換係数の配列において透かし情報埋め込み位置を決定するという最適化問題を作成し、遺伝的アルゴリズムを用いて近似最適解を求めた。本法により、画像ごとに最適に近い埋め込み位置を決定することができる。また、得られた近似最適解は透かし情報抽出の際の秘密鍵として用いることができる。

【参考文献】

- [1] 篠, 崔他/ウェーブレット係数の可変閾値判定に基づく電子透かし法, 電子情報通信学会技術研究報告. DSP, デジタル信号処理, Vol. 100 Num. 325 pp.29-34 (2000.09)
- [2] i-change(tohru software; <http://hp.vector.co.jp/authors/VA020638/>)