5G-3

画像集合とあいまい情報量を用いた画像圧縮

佐藤　宏則　小原　仁　坂田　真人
秋田大学工学資源学部電気電子工学科

１．はじめに

２次元ディジタル濃淡画像の情報は，画素の集まりである定義域から濃度値の値域への関数とみなすことができ，具体的には行列で表現できる．JPEGなどの画像符号化はこの関数の近似関数を簡潔に表現することで情報圧縮を実現していると考えることができる．本報告で提案する画像符号化方式は原画像の各画素における濃度値の範囲を保持する．このデータ表現では画像の集合演算が適用できるので，種々のオブジェクトの抽出とそれらの合成に適している．ここでは，主に濃淡画像を対象として提案方式の有効性を検討する．

２．提案アルゴリズム

２．１　画像データの表現

長方形内で格子状に配置されたそれぞれの画素 (i, j) に対する量子化された濃度値 g_{ij} の原画像を行列 $G=[g_{ij}]$ で表す．画素値 g_{ij} の上限と下限の値を要素にもつ拡大行列を次式で表し，

$$S=[(a_{ij}, b_{ij})] \quad (a_{ij} \geq g_{ij} \geq b_{ij}) \qquad (1)$$

これを拡大画像データと呼ぶ．拡大画像データは画像の集合と捉えることができ，その集合を $\Phi(S)$ で表す．そこで，原画像のオブジェクトあるいは一部分の領域に注目して，原画像からそれらの部分を単純かつ基本的な拡大画像データ(基本図形と呼ぶ)で個別に表現する．原画像は個々の基本図形が示す集合の積集合に含まれることになる．

２．２　あいまい情報量

拡大画像データに含まれる画像の数が多ければ，それだけ原画像の特定があいまいになる．このあいまいさ(不確かさ)の情報量を次式で定義し，

$$I_r(S)=\sum_{i,j}\log_2(a_{ij}-b_{ij}+1) \qquad (2)$$

あいまい情報量と呼ぶ．このあいまい情報量を画像圧縮の評価尺度として用いる．

２．３　符号化の原理

提案方式における画像の符号化は，画像からオブジェクトを順次抽出する過程で達成される．今，k 個のオブジェクトを抽出し，それぞれの基本図形を U_n と表せば，これらの基本図形の集まりである拡大画像データ(画像構造データと呼ぶ) S_k に次の関係が成立する．

$$\Phi(S_k)=\bigcap_{n=1}^{k}\Phi(U_n) \qquad (3)$$

一方，基本図形を簡潔に符号化した送信データの情報量(ビット数)を $I(U_n)$ と表せば，全体の画像符号データのビット数 $I(S_k)$ は次式で表せる．

$$I(S_k)=\sum_{n=1}^{k}I(U_n) \qquad (4)$$

k を大きくすれば，S_k のあいまい情報量は減少していくので復元画像はそれだけ原画像に近づくが，送信データ量が増加する．アルゴリズムの中核は，あいまい情報量の減少 $\Phi(S_{k+1})-\Phi(S_k)$ と基本図形の符号データ量 $I(U_{k+1})$ の比が大きいものを選択することである．

２．４　復号化の原理

受信した画像符号データから画像構造データ S が再生でき，その画像集合に原画像が含まれる．これらの画像の集合からいずれの画像を選ぶかという自由度が残る．$\Phi(S) \ni G$ なる制約条件のもとで，できるだけ受信者に自然に見えるように，画像のシャープさや滑らかさなどを表すエネルギー評価関数を定義し，その最小化で再生処理を定式化する．この推定には個人差を含めてもよい．

３．オブジェクト情報

オブジェクトのクラス(型)としては種々のものが考えられる．本実験では，次のものを採用した．

３．１　平坦図形

濃度値の変化が少ない領域をオブジェクトとして抽出する．まず，濃度値の上下限の差が許容される閾値とタイルのサイズを示す近傍の画素数を決める．図１に示すように，始点を選び，その近傍を調べる．条件が満たされているときは，この近傍領域を図形に取り込む．ついで，このタイルの外延の３点を選び，それぞれをタイルの中心として同様に調べる．この過程を再帰的に繰り返してタイルを敷き詰めていく．新しいタイルの符号データは，中心の相対的位置や画素値の変分などである．

３．２　エッジ図形

オブジェクトの境界で濃度値の変化の激しいエッジ図形を抽出する．エッジのギャップ幅を固定する．まず，濃度値が大きい上部の始点とギャップ値より小さい下部の画素を選択する．上部の画素と下部の画素は隣り合っている必要はなく，中

Image data compression using image sets and ambiguous entropy
Hironori SATO, Hitoshi OBARA, Masato SAKATA
Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

間に最大２の傾斜部分を設ける．始点が見つかれば，図２に示すように，検査点を移動し，順次探索を行う．上部の画素の位置をチェイン符号でコード化したものに，下部の画素の位置情報などを加えて，ひとつのエッジ図形の画像符号データを作成する．

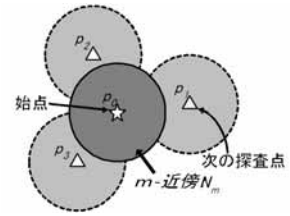

図１　平坦図形

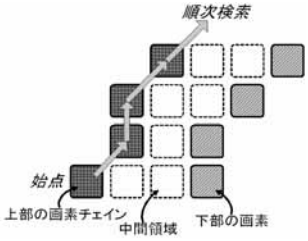

図２　エッジ図形

３．３　１次元走査図形

画像を16×16画素のブロックに分割し，このブロック単位をひとつの図形とみなす．各ブロックを１次元走査(ヒルベルト走査)することで１次元データ系列に変換する．変換されたデータは図３のように，山と谷が現れる．単純には，山と谷の画素値と山と谷(谷と山)の間隔の情報で画像符号データを構成する．縮退する範囲の幅，高さ及び面積にそれぞれ閾値をもうけて制御する．

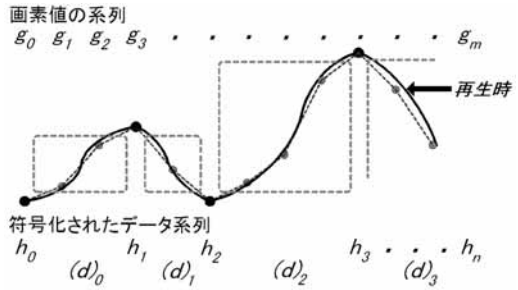

図３　１次元データ系列

４．符号化及び復号化の実験

いくつかの試験画像で検討を行った．一例として，画像“Girl”の結果を示す．この画像の画素は256×256で濃度値の階調は256である．

４．１　符号化処理の手順

符号化の手順はまず，ランダム雑音のようなひげの部分を除去する．次いで，各基本図形を抽出する．平坦図形とエッジ図形の抽出は省略して１次元走査のみで符号化してもよい．

４．２　復号化処理の手順

受信した画像符号データから画像構造データを復元し，再生画像の初期値を決める．エネルギー評価関数を最小化して復元画像を推定する．エネルギー評価関数としては，隣り同士の画素の画素値の差の２乗和とラプラシアンの２乗和を組み合わせたものを使用した．

４．３　実験結果

１次元走査のみを適用して，あいまい情報量と画像符号データのビット数の関係を11段階のグレードを設けて調査した結果を図４に示す．画像符号データを少なくして圧縮率を上げれば，あいまい情報量が増加することがわかる．図５に抽出した平坦図形の様子を示す．エッジ図形は圧縮の効果は期待できないが，オブジェクトの輪郭を明瞭にすることできる．図６にギャップ幅１６以上及び８以上として抽出したエッジを示す．図８は，平坦図形，エッジ図形，１次元走査図形を適用したときの復元画像である．図８は圧縮率3.0，復元画像と原画像のSNRは24.1dBであった．

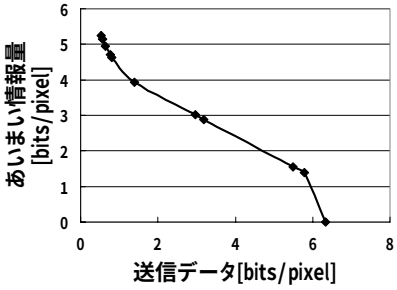

図４　あいまい情報量と符号化ビット数

図５　平坦図形

図６　エッジ図形

図７　原画像

図８　復元画像

６．むすび

本提案方式は濃度値の上下限を取り扱うデータ表現と評価尺度にあいまい情報量を用いるなど従来の方式と大きな差異がある．オブジェクトに注目した符号化に適用し易いものと考え，提案方式の利点や欠点を自然画像，イラスト画像など各種の画像に対して明らかにすべく検討をおこなっている．また，カラー画像への適用が重要である．現在，YUV表色系において，それぞれのプレーンを独立な濃淡画像とみなしてこの符号化と復号化をおこない，それぞれを合成して復元画像とする方法に拡張する実験を進めている．