

階層型ソートを用いた複数医用画像の可逆圧縮
A lossless compression of medical image set using hierarchical sorting明上山 温[†]
Atsushi Myojoyama

1. はじめに

現在の医療では多くの診断装置によりデジタルデータが生成され診断に用いられるため、より効率的な転送・保存に関する要求は多い。医用画像には一般の写真画像と比較して2つの高圧縮が期待できる特徴がある。1つは Digital Radio Graphy(DR) や Computed Radiography(CR) のように1枚の画像のサイズが非常に大きいことである。一般に 1024×1024 ピクセル以上で表現される。これは画像中に同じパターンの出現が多くなることが期待できる。もう1つは、1回の診断で多くの似通った画像が得られる場合があることである。ヘリカルX線CTや3次元MRIなどの先進の医用画像機器は連続した2次元画像として非常に似通った画像を生成する。これらの特徴を符号化の際に効果的に利用した圧縮法として画像のフレーム間の相関を用いた符号化が挙げられる。また、画像を小さなブロックに分割しそのブロックごとにフレーム間の相関を求め、変化の大きい部分と小さい部分で異なる符号化を行うことにより更に圧縮効率の向上が期待できる。一方で検診により撮影された複数の胸部写真などのように、画像1枚ごとに個体が異なり、単純なフレーム間の相関を求めるだけではほとんど高い相関を得られない場合がある。そのような複数画像データに対しても同一の特徴を抽出する手法として過去に階層型ソート法を用いた手法を提案した [1]。しかし、この手法では同一の置換テーブル以外は全て新しく生成したため、似通った構造のテーブルが多く生成され、圧縮率の向上にあまり影響しない部分があった。そこで本研究ではブロックを検査し、置換テーブルの生成を調整するアルゴリズムを追加することによる圧縮率の変化について考察した。

2. 方法

2.1 置換テーブルの生成

本研究では画像のピクセルの濃度値には注目せず、ピクセルの並びのみに注目したテーブル生成手法を提案する。Cより十分小さなブロック領域でピクセルの並びを考慮する場合、ピクセルのビット深度は濃度値の順番には影響を与えないため、この手法を用いることにより、多くの部分に適用可能な固定サイズのテーブルを作成することが可能となる。画像の複雑な領域を少ないオーバーヘッドで階層的にソートしていき、多くの階層と分割領域とにソートを適用する操作を行う。そのため画像内の適切な領域で、適切なサイズを選択して用いる必要がある。階層型ソート法では、quad tree 分割により得られるサブブロックを監視し、予測符号化が困難と判断されたサブブロックに対して置換テーブルを適用するように動作する。置換テーブルが適用されたブロックは置

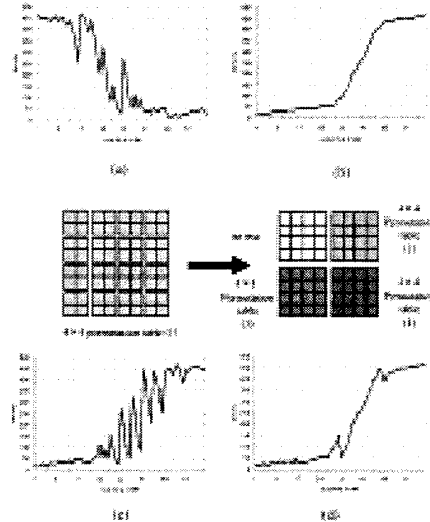


図1: 階層型ソートの効果 (a) ある 8×8 のブロック内ピクセルの濃度値の変化, (b) (a) を 8×8 の置換テーブルでソートした場合, (c) (a) を 4×4 の置換テーブルで 2×2 のブロック単位でソートした場合 (d) (c) に対して更に 4×4 の置換テーブルを適用した場合

換テーブルのソートの能力に応じた割合でソートされ、ほぼ単調増加となる並びとなる。

図1(a)及び図1(b)は 8×8 の置換テーブルを用いない場合と用いた場合による濃度値の走査の対比である。図1(b)の濃度値の変化が単調であることは明らかである。図1(c)及び図1(d)は 4×4 の置換テーブルを用いた階層型ソートの過程である。図1(c)は 8×8 のブロックに対して 4×4 の置換テーブルを適用した結果である。この置換の過程では、 8×8 のピクセルのブロックにおける 2×2 のサブブロック内ピクセルの濃度平均値をソートのキーとする。これにより 8×8 のブロックは大まかにソートされる。しかし、このソートでは多くの位置で急激な濃度値の変化が観測される。図1(d)は次の quad tree 分割レベルにおいてのプロットである。図1(d)からわかるように 4×4 の置換テーブルを用いた階層型ソートの結果は 8×8 の置換テーブルを用いた場合と比較すると精確なソートは行われていないが、これにより全体のソートに必要な置換テーブルのデータサイズは減少する。

ブロックのソートに先立って置換テーブルのサイズを決定する必要がある。置換テーブルの異なるパターンの存在数は置換テーブルのサイズが S_T のとき、 $S_T!$ である。このパターンの全ての参照を可能とするために必要

[†] 東京都立保健科学大学, Tokyo Metropolitan University of Health Sciences

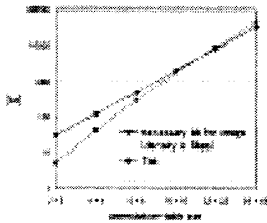


図 2: ソートサンプル数による置換テーブルデータサイズの変化

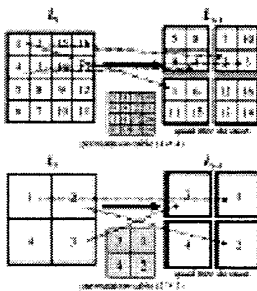


図 3: 置換テーブルサイズ 4×4 と 2×2 の場合のブロック内のソートの比較

なデータサイズ T_{bit} は

$$T_{bit} = \log S_T! \quad (1)$$

である。ソートサンプル数による T_{bit} の変化を図 2 に示す。 S_T が大きくなると T_{bit} は急激に増加し、 $32 \times 32 = 1024$ サンプルの完全なソートで元画像のデータサイズを超える。よって、置換テーブルのサイズは可能な限り小さく抑えることでデータサイズに関する効率は最も高くなる。図 2 によると、置換テーブルの最適なサイズは 2×2 であることになるが、 2×2 のブロックのソートでは図 3 のようにソート自体の効果が得られないため、本研究では 4×4 のサイズの置換テーブルを用いた。

2.2 置換テーブル生成の制限

前述の手法により生成された置換テーブルは符号化効率との関係を考慮しておらず、置換テーブルはパターンが違う場合は新しく生成していたため、圧縮率向上に関与しない置換テーブルも多数生成されていた。これを改善するため、置換テーブルの参照時の比較において、同一のものが生成されなかった場合でも相関の高い置換テーブルは同一とみなすことにした。具体的には 4×4 の置換テーブルのとき置換テーブルの値は $1 \sim 16$ をとるが、新しく生成された置換テーブルの隣接するテーブルの値の誤差が 1 よりも小さな場合は以前に生成された置換テーブルと同一とみなすこととした。

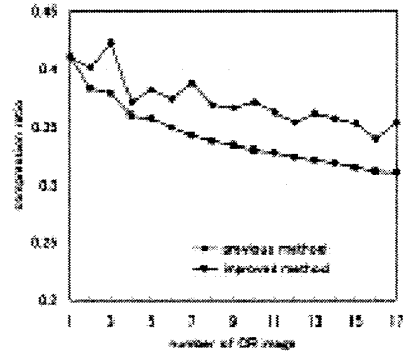


図 4: 圧縮枚数による圧縮率の変化 (2048 × 2048 CR image)

3. 結果

胸部 CR 画像を用いて無作為に抽出した複数の画像を圧縮した結果を図 4 に示す。図 4 より、提案した手法による圧縮率の向上が確認できた。また、枚数による圧縮率の変化が改善前よりも安定した。提案手法では、1 画像あたりに生成される置換テーブル数を少なくすることが出来るため、更に多くの枚数の画像間で置換テーブルを参照できるようになったことが影響しているものと考えられる。計算時間は図 4 の場合、改善前が 1 画像平均 8.34 秒、改善後が 1 画像平均 8.44 秒 (Pentium4 PC/AT 互換機) とわずかに長くなってしまった。これは判定部分の処理が増えたことによるものと考えられる。

4. おわりに

階層型ソート法を用いた圧縮では置換テーブルの生成法の改善により符号化効率の向上が見られた。胸部写真画像のように高解像度で画像間の相関が CT などと比較して高くない場合に本手法は有効であると考えられる。今後は圧縮時間の改善のためのアルゴリズムの見直しと高速処理の開発が必要である。

参考文献

- [1] A. Myojoyama and T. Yamamoto, "Lossless image compression for medical images based on hierarchical sorting technique," IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E85-D, No.1, pp.108-114, January 2002.