

関心領域に異なる圧縮比を適用できるJPEG圧縮符号化法に関する研究

大倉 保彦, 山本めぐみ

広島国際大学 保健医療学部 診療放射線学科

要旨

JPEG データ形式を維持したまま、領域を指定して領域内の圧縮比を他の領域と異なるように非可逆圧縮を行う方法を考案し、ソフトウェアとして開発した。

本手法を評価するため、デジタル胸部X線画像内に ROI を指定し、ROI 内外で異なる圧縮率となるように圧縮した。圧縮率は ROI の内外で明らかな画質差がないように調整した。画像データ量は通常の JPEG に比較して 7.3%減少した。

本圧縮法で圧縮された画像データは通常の JPEG ビューワで表示可能である。大規模病院に導入する際にデコーダを変更する必要はないため、本手法は容易に利用可能である。

キーワード：画像圧縮，医用画像，デジタル画像，画像保管，電子カルテ

Development of an image compression method to realize different compression ratio to the inside of ROI according to the JPEG scheme

Yasuhiko Okura, Megumi Yamamoto

Abstract

In electrical patient record system, reference images are used for physicians, not for primary diagnosis. Lossy image compression method such as JPEG is often used for reference images. The purpose of this study is to develop a new image compression method to apply different compression ratio to the inside of ROIs according to normal JPEG scheme. ROIs can be often defined as more significant regions than others by radiologists. By using our method, two quantization matrices were used in the phase of encoding. We studied the quantization matrix for outside of ROI to minimize the degradation of image quality. The image size was 7.3% smaller than the normal JPEG images. It is easy to introduce our method into PACS, since any additional software was not required to decode image data compressed by the proposed method.

Department of Clinical Radiology, Faculty of Health Sciences, Hiroshima International University

Keywords: image compression, medical image, digital image, image storage, electronic medical record

連絡先：〒739-2695 東広島市黒瀬学園台555-36 広島国際大学保健医療学部診療放射線学科

電話 0823-70-4582 FAX 0823-70-4542

e-mail : y-okura@hs.hirokoku-u.ac.jp

受付年月日：2011年3月10日 受理年月日：2011年3月15日

I. はじめに

デジタル X 線画像、X 線 CT 画像、MRI 画像などの医用デジタル画像の利用には、放射線科医師による読影診断のための利用と、電子カルテなどへの表示のための利用の二種類がある。前者に使用する画像を“一次読影用画像”、後者に使用する画像を“参照用画像”とよぶ¹⁾。一次読影用画像は画像モダリティから出力されるマトリクス数および階調数を維持し、高い表示能力をもつ医用画像モニタで表示して読影診断のために利用される。一方、参照用画像は放射線科医師の読影レポートとともに、検査を依頼した医師のために補助的に表示される画像である。読影レポートに記載されている病変部の位置や性状などを、依頼医師にわかりやすく提供することを目的としている。したがって、一次読影用画像よりも少ないマトリクス数で、階調数も比較的少なくして表示される。さらに、一次読影用画像ほどの高い画質は要求されないので、一般に非可逆画像圧縮法で圧縮し保存される。

一般に参照用画像のために利用される非可逆圧縮法には JPEG ベースラインシステム (Joint Picture Expert Group Baseline System, 以下 JPEG) がある²⁾。JPEG によって圧縮された画像は広く普及している Web ブラウザ等で表示可能であるので、パーソナルコンピュータを電子カルテ端末として利用する電子カルテ端末でも表示できる。JPEG は離散コサイン変換を基にした非可逆画像圧縮法であり、圧縮比を高くすれば復元画像の画質は低下する。

一方、DICOM SR (Digital Image COmmunication in Medicine Structured Reporting)³⁾の制定などによって、画像における病巣の位置などを読影レポート中に構造的に記述可能となった。この結果、DICOM SR で記載されたレポートから病変部や関心領域の位置、病変の面積などの情報を得ることが可能となった。この情報を利用すれば、非可逆画像圧縮処理に ROI (Region Of Interest) を利用した効率的な画像圧縮処理が可能となる^{4,5)}。すなわち、ROI 内を低圧縮比として高い画質を保ち、

ROI 外に高圧縮比を適用した場合、画像全体に一律の圧縮比を適用するよりも画像データサイズを小さくすることが可能となり、伝送時間を短くかつ保管領域を小さくすることが可能である。

ROI を考慮して圧縮比を変更する非可逆圧縮方式として、JPEG 2000 がある^{6,7)}。しかし、JPEG 2000 で圧縮された画像データを展開するデコーダは普及しておらず、一般的な Web ブラウザ等では表示できない。

本研究では、広く普及している JPEG データ形式を変更することなく一般的な Web ブラウザ等で表示可能であり、かつ ROI を指定しその内部に ROI 外と異なる圧縮比を適用できる JPEG 圧縮法を開発することを目的とする。

II. 対象と方法

1. 通常の JPEG 圧縮の概要

1.1 圧縮法

一般に用いられている非可逆 JPEG 圧縮方式の概要を Figure 1 に示す。まず画像を 8×8 ピクセルのブロックに分割する。それぞれのブロックについて離散コサイン変換 (Discrete Cosine Transform, 以下 DCT) を行い、 8×8 の DCT 係数を得る。式 (1) に DCT を示す。

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 x(i, j) \cos\left\{\frac{(2i+1)u\pi}{16}\right\} \cos\left\{\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right\} \dots (1)$$

ここで、 $x(i, j)$ は画素、 $F(u, v)$ は周波数空間の DCT 係数を示す。

つぎに、DCT 係数 $F(u, v)$ をあらかじめ設定した 8×8 の量子化テーブルで除し、商の整数値を量子化後データとする。この量子化によって画像情報が削減され、画質は低下するが圧縮比を高くできる。一般に量子化テーブルには、JPEG 規格書の附属書 K⁸⁾に掲載されている量子化テーブルを基本とし、品質係数 QF (Quality Factor) を全体に乗算して目的の圧縮比または画質となる量子化テーブルを使用する (Figure 2)。

量子化後データをジグザグシーケンスによって

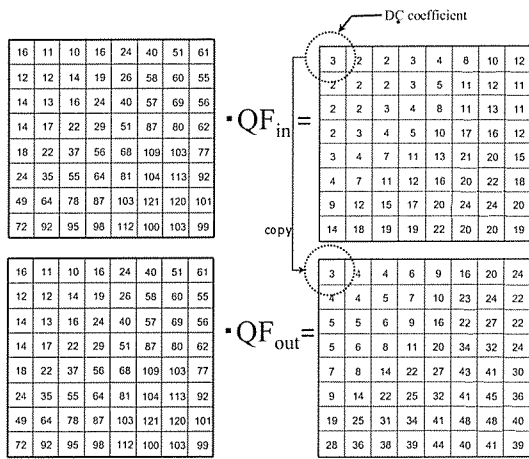


Figure 2. Quantization tables were generated by multiplying QF with standard quantization table. This figure shows that two quantization table was generated when $QF_{in}=0.2$ and $QF_{out}=0.4$, for example. DC coefficient represented at top left for outside ROI was equalized to that of inside ROI.

一次元配列とし、ハフマン符号表を用いたエントロピー符号化によって可逆圧縮を行う。なお、 8×8 のうち左上隅の値（DC成分）は、前ブロックとの差分のみを得る。

量子化テーブルとハフマン符号表は量子化データとともに JPEG データとされ、フォーマットとして一般に JFIF (JPEG File Interchange Format) を用いて記録媒体に記録される。

1.2 復元法

JPEG データから画像データを復元するには、圧縮と逆の処理を行う (Figure 1)。まず JPEG データから量子化テーブルとハフマン符号表、および量子化データを取りだし、エントロピー復号化を行う。さらに、とりだした量子化テーブルを用いて逆量子化を行い、画像データを復元する。これらの処理をブロック数だけ繰り返し、画像全体を

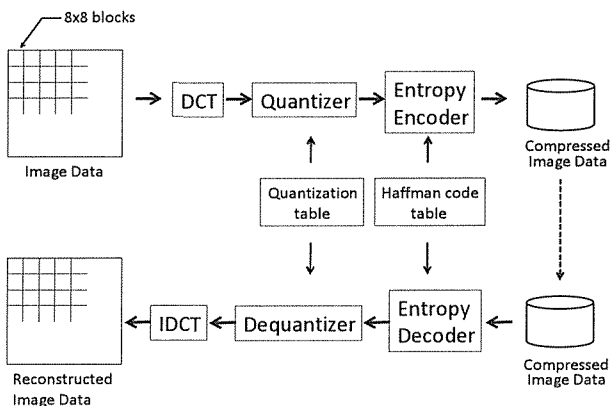


Figure 1. Encoding and decoding process according to JPEG

復元する。

2. 開発手法

量子化テーブルを2種類用意する (Figure 3)。すなわち、品質係数 QF を2つ用意し、一方は比較的圧縮比が低くなるように定義した量子化テーブルとし、他方は圧縮比が高くなるよう大きな値をもつ量子化テーブルとする。

医用画像の重要な領域 (ROI) には低圧縮比となる量子化テーブルを用いて量子化し、その他の領域にはより高圧縮比となる量子化テーブルを用いて量子化を行う。JPEG データ形式では量子化テーブルは1つしか記録できないため、ROI 内部用の低圧縮比となる量子化テーブルを記録する。復号処理では、低圧縮比の部分に適用した量子化テーブルのみを使って、両方の領域を復号する。圧縮処理で使用する量子化テーブルと、復元処理で使用される量子化テーブルは、全く同一ではなくてもある程度画質を維持できる。すなわち、復号では必ずしも符号化に使用した量子化テーブルでなくても、類似する量子化テーブルであれば、画質を維持したまま復号可能である。

ここで、符号化と復号で DC 成分の値を変化させると、画像全体の濃度が大きく変化することになる。したがって、異なる量子化テーブルを作成する際には、DC 成分に対応する値は変化させず、量子化テーブルのその他の値を、QF によって計算することとした。

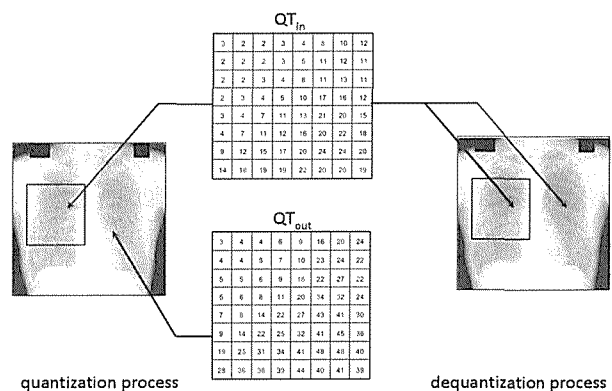


Figure 3. Two quantization tables ($Q_{t_{in}}$ and $Q_{t_{out}}$) are employed to quantize image data inside ROI and outside ROI, respectively. In dequantization process, $Q_{t_{in}}$ which is used for quantize inside area of ROI is applied for dequantization of both inside and outside ROI.

3. 提案手法の評価

3.1 対象

評価実験のための臨床画像として日本放射線技術学会による「標準デジタル画像データベース—胸部腫瘍陰影像」を用いた。原画像のマトリクス 2000×2000、16 ビット階調の画像データを、最近傍法を用いて 512×512、8 ビット階調とし、ビットマップファイル形式に変換して対象画像データとした。

3.2 画質評価

画質の評価には、式(2)で与えられる PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) を用いた。これは、変換後の画像の劣化の程度を客観的に評価する指標である。

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\sigma^2} \dots (2)$$

ここで、 σ は画素値の標準偏差を表す。

4. 臨床画像を用いた評価方法

日本医学放射線学会では医用 X 線画像に対する臨床上非圧縮と同等と考えられる JPEG 圧縮比は 10 とされている⁹⁾。したがって、まず、胸部 X 線画像を対象に品質係数を変化させ JPEG 圧縮を行い、品質係数と画像サイズの関係を求めた。この結果から、圧縮比 10 となる品質係数を QF_{in} として求め、量子化テーブル QT_{in} を得た。これを ROI 内の圧縮に使用する量子化テーブルとした。

つぎに、圧縮時に ROI 内用の量子化テーブル QT_{in} を使い、復元処理には異なる QF による量子化テーブルと画質 (PSNR 値) の関係を求めた。一般の JPEG 画像圧縮に使われる圧縮比は 20 であるため、ROI 外では、JPEG 圧縮比 20 と同等の PSNR となる QF を求めこれを QF_{out} とし、 QF_{out} によって作成された量子化テーブル QF_{out} を得た。これを ROI 外の領域を圧縮するための量子化テーブルとした。

「標準デジタル画像データベース—胸部腫瘍陰影像」において、病変がある 30 枚の画像に対

して、ROI の大きさを画像の 1/4 の面積とし、比較的病変の多い肺門部に設定して、ROI の内部には QF_{in} で作成した量子化テーブル、ROI の外には QF_{out} で作成した量子化テーブルで量子化を行い提案手法で圧縮を行った。

なお、圧縮処理¹⁰⁾には Microsoft Visual C++ ver.6.0 を用いて作成したプログラムを使用した。また JPEG データの復元と表示には Microsoft Windows XP と Internet Explorer 8 を用いた。

III. 結果

1. 品質係数による画質の変化

通常の JPEG 圧縮において、品質係数 QF を変化させ圧縮処理を行った場合のデータサイズおよび PSNR を Figure 4 に示す。品質係数の上昇とともに圧縮比は大きくなったが、PSNR は小さくなった。圧縮比 10:1 となったのは品質係数 QF=0.18 の場合であった。また、圧縮比 20:1 となるのは QF=0.50 で、その時 PSNR は 41.8 dB であった。

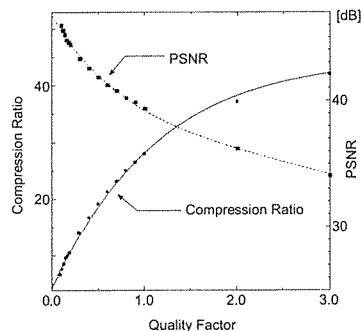


Figure 4. Compression Ratio and PSNR of JPEG image

2. 異なる量子化テーブルを用いた場合の画質

圧縮処理に品質係数 0.18 の量子化テーブルを使用し、復元処理において品質係数を変化させた

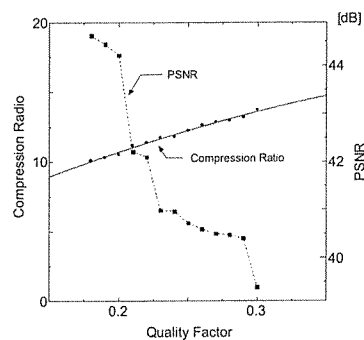


Figure 5. Compression Ratio and PSNR of JPEG image when quality factor used in decoding process was different from that was used in encoding process.

量子化テーブルを用いた場合のデータサイズおよび PSNR を Figure 5 に示す。圧縮比 20:1 と同等の PSNR 値 (41.8 dB) が得られる品質係数は 0.22 であった。

3. 提案手法による圧縮ファイルサイズ

以上の結果により、 $QF_{in}=0.18$ 、 $QF_{out}=0.22$ として、対象画像 30 枚に対して圧縮処理を行った。画像の処理例を Figure 6 に示す。圧縮画像ファイル 30 枚のファイルサイズの合計は通常の JPEG の場合 693219 バイトあるのに対して、提案手法では 642039 バイトとなり、ファイルサイズとして 7.38%削減された。

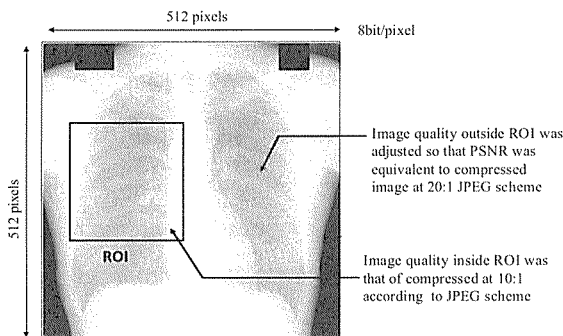


Figure 6. Compression scheme for evaluation of our method

IV. 考察とまとめ

参照画像では、すでに放射線医師によって“重要な領域”が示されているため、“その他の領域”については、高い圧縮比を用いても運用上支障は少ないと考えられる。しかし、画像検査を依頼した医師が、“重要な領域”と“その他の領域”が明らかに異なる画質の画像を観察した場合、違和感をもつと思われる。したがって、本研究では、高圧縮比領域と低圧縮比領域での画質の変化が小さくなるように、両者の品質係数の差を小さく設定した。その結果、提案手法による画像データサイズは、通常の JPEG 画像データサイズと比較してその差は小さい結果となった。

利用状況にもよるが、低圧縮領域をより狭くでき、また高画質領域と低画質領域の差が大きくて

も問題が起きないようにであれば、本手法はより高い効果を与える。

本手法で採用した量子化テーブルは、ITU Recommendation⁸⁾に記載されている量子化テーブルを使用した。画像により最適な量子化テーブルを作成する試みが行われている。より詳細な量子化テーブルの検討によって、本手法の効果が大きくなることが期待できる。

本研究では胸部正面 X 線写真のみに用いた。よりコントラストの大きな CT 像、MR 像では、JPEG 圧縮は特有のノイズであるブロックノイズ、モスキートノイズなどが発生する可能性がある。本提案手法の適用には十分な検討が必要である。

提案手法の特徴として、復元処理を変更することなく圧縮処理の変更のみによって、領域ごとに異なる圧縮比を設定でき、それぞれの画質の設定が可能である。このことは、提案手法を利用するために専用の復元ソフトは必要ないことを意味する。電子カルテをはじめとした医療情報システムは多くの病院に導入されており、大規模病院では端末の台数は数千台に達する。多くの端末に独自の復元処理ソフトを導入することは一般にコスト、時間および多くの労力が必要である。

本研究の提案手法は、その利用のために圧縮処理に変更を加えるのみであるので、現実的には CT などの医用画像モダリティの画像出力ゲートウェイとして実装すれば利用可能である。したがって、現存のシステムへ導入するためのコストなどは少なく、臨床的にも有用であり、実用性が高い手法である。

参考文献

- 1) 村田晃一郎, 田所克己, 山田好則他, 参照画像と元画像をどう考えるか? 医用画像におけるパラダイムシフト, 月刊新医療, Vol.27, No.8, pp.63-66, 2000
- 2) Gregory K.Wallace, The JPEG Still Picture Compression Standard, Communications of the ACM, 34(4), pp.30-44, 1991
- 3) National Electrical Manufacturers Association,

- DICOM Standards Supplement 23, Structured Reporting Storage SOP classes, pp.1-64, 1999
- 4) Jacob Strom and Pamela C.Cosman, Medical image compression with lossless region of interest, Signal Processing, 59, pp.155-171, 1997
 - 5) David Nister and Charilaos Christopoulos, Lossless region of interest coding, Signal Processing, 78, pp.1-17, 1999
 - 6) David S.Taubman, Michel W.Marcellin, JPEG 2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice, pp.620-620, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002
 - 7) Charilaos Chriptopoulos, Joel Askelof and Mathias Larsson, Efficient Methods for Encoding Regions of Interest in the Upcoming JPEG 2000 Still Image Coding Standard, IEEE signal processing letters, 7(9), pp.247-249, 2000
 - 8) International Telecommunication Union (ITU), Recommendation T.81: Information technology-Digital compression and coding of continuous-tone still images-Requirements and guidelines, ITU, 143-178, 1992
 - 9) 日本医学放射線学会電子出版委員会, デジタル画像の取り扱いに関するガイドライン 2.0 版, 日本医学放射線学会 pp.1-3, 2006
 - 10) ケイワーク : JPEG 概念から C++による実装まで, ソフトバンク株式会社, 東京, 1998