

病理画像解析に適した画像圧縮方式の評価法の検討  
A study of evaluation method of image compression for pathological image analysis

小林 直樹<sup>\*1</sup> 小関 瞳<sup>\*1</sup> 加藤 綾子<sup>\*1</sup> 星野 唯<sup>\*1</sup> 篠田 一馬<sup>\*2</sup>

山口 雅浩<sup>\*2</sup> 阿部 時也<sup>\*3</sup> 橋口 明典<sup>\*3</sup> 坂元 亨宇<sup>\*3</sup>

Naoki KOBAYASHI Hitomi OZEKI Ayako KATO Yui HOSHINO Kazuma SHINODA  
Masahiro YAMAGUCHI Tokiya ABE Akinori HASHIGUCHI Michiie SAKAMOTO

## 1. はじめに

病理画像を用いた診断などにおいて、バーチャルスライドと呼ばれる病理スライドを画像として入力する技術が注目されている<sup>[1][2]</sup>。病理画像データは1枚でも4GByte以上となり、保存容量の問題だけでなく、ファイルとして取扱う場合も、圧縮符号化することが必須となっている。医用画像の圧縮符号化ではロスレスが基本となっているが、バーチャルスライドの分野では、既にロッキーのJPEG<sup>[3]</sup>による圧縮符号化が利用されている。このため、バーチャルスライドに適した高精度な符号化方式や標準が求められている<sup>[4]</sup>。

一方、現在バーチャルスライドにより得られた病理画像を解析して定量的情報を取り出し、より信頼性の高い癌などの診断支援に利用する可能性についての検討が開始されている。JPEGは人の視覚特性を利用して劣化を目立たなくしているため、実際には解像度やノイズによる劣化や色の変化などが含まれている。画像解析を行う場合には、視覚特性と異なる処理も含まれ、高精度な圧縮方式の開発や標準を進めるためには、画像圧縮による劣化の画像処理への影響も明らかにする必要がある。このため、画像圧縮の評価について、目視で用いるための従来の評価指標に加えて、画像処理、解析という視点から見た場合の評価法について検討を行うこととした。

## 2. 病理画像における画像解析処理

病理画像の定量的解析としては、画像内の核や細胞を抽出する形態的特長の解析、認識技術、低倍率画像における大局的特徴を捉える技術などが研究開発されている<sup>[4]</sup>。この中で、形態要素の抽出や領域特徴を抽出に用いられる方法として、画像の色分布特徴を利用する方法もしばしば用いられる。ここでは、検討の第一歩として、色空間での特徴を利用した下記の2つの画像解析に着目し、画像圧縮の影響を明らかにするとともに、評価法について検討することとした。

### ①色分布を用いた細胞核・空洞および細胞質の分離

病理画像の基本的処理として、画像内の細胞質部分を抽出がある。本検討では、肝臓の(ヘマトキシリン・エオジン)HE染色された病理画像(図1)を扱っていることから、現在、画像のRGBヒストグラムを用いて核や空洞などの部分を閾値処理により取除く処理が検討されている。

### ②色分布を用いた癌の特徴領域の抽出

HE染色では肝臓癌の染色濃度が変化することを用いて、癌領域と同様の色分布を持つ領域を抽出する画像解析が検討されている。本検討では、手動で抽出した癌領域と非癌領域のRGBヒストグラムを用いて閾値を決定し、20x20ピクセルのセル画像単位で閾値を満たす画素数から判定を行っている。

## 3. 画像圧縮による画像品質影響の評価法

### 3.1 信号処理から見た品質評価

一般に画像の圧縮符号化の品質基準としてPSNRが用いられている。また、画像の色に着目する場合には、色差が評価指標を用いる場合もある。本検討においても、上記の2点を画像処理時の評価と比較する基本的な画質評価指標として用いる。

### 3.2 画像解析処理から見た品質評価

病理画像の診断を支援する画像解析処理が数多く行われた場合、画像圧縮によるひずみがどの程度影響を与えるかを明確にすることが、本検討の主眼となる。今回は、その中でも基本処理の一つである色空間での画像処理に着目し、2節で示した閾値処理結果を評価する。具体的には、圧縮前の閾値処理で得られる画像抽出領域と圧縮した画像で得られる抽出領域の差分によって評価値とすることとした。

### 3.3 視覚的に見た品質評価

通常、視覚的品質は主観評価により評価されるが、病理画像の場合には診断に影響を病理医によって判断することが適切と考えられる。

## 4. 評価結果

本検討においては、画像圧縮方式として最も使われているJPEGおよび医療画像への適用が期待されているJPEG2000<sup>[5]</sup>を用いて行うこととする。ここでJPEGの圧縮にはIJGコードを利用し、JPEG2000としてJasperを拡張したものを用いている。評価用の画像としては、HE染色された肝臓癌の画像(倍率x10)の一部として、癌領域および非癌領域の境界線が含まれる画像として切出したもの(1280x1024画素)を用いている。図1に本検討で用いた原画と圧縮画像の拡大図の例を示す。(a)は原画、(b)は原画の一部の拡大図、(c)(d)は約1/40にJPEGおよびJPEG2000で圧縮した場合の拡大図を示している。また、その時のRGBヒストグラムも図内に示したものである。画像の高圧縮により、解像度やブロックノイズおよび色の情報が影響を受けていることがわかる。

\*1 埼玉医科大学 Saitama Medical University

\*2 東京工業大学 Tokyo Institute of Technology

\*3 慶應義塾大学 Keio University

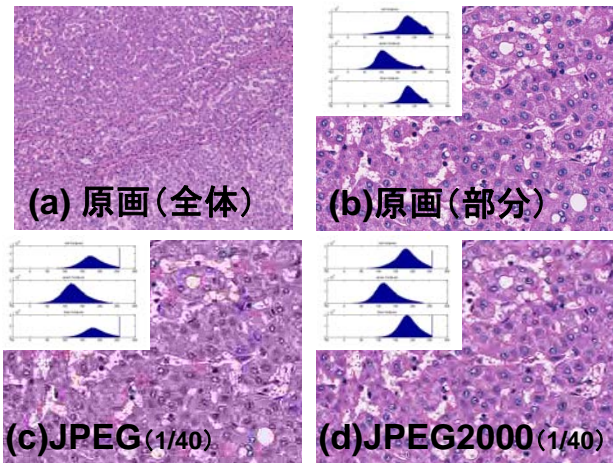


図1 評価画像 (原画および圧縮画像)

4.1 PSNR および色差

JPEG および JPEG2000 で 1/70~1/2 まで圧縮率を変化させた場合 PSNR および色差を図2、図3に示す。PSNR、色差のいずれにおいても JPEG2000 の信号品質がかなり高いことがわかる。

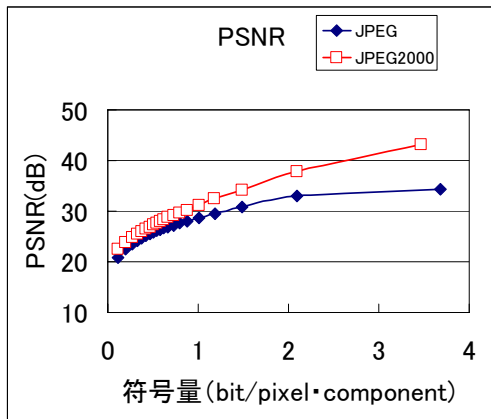


図2 画像圧縮による PSNR 変化

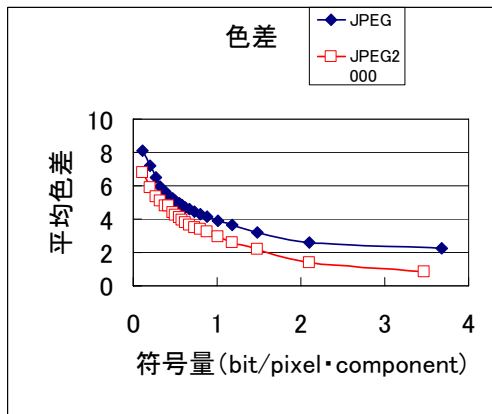


図3 画像圧縮によるの色差変化

4.2 画像処理における品質評価

4.2.1 細胞核・空洞および細胞質の分離処理における品質

2 節①で述べた画像処理では、画像の統計量から、RGB の設定した閾値以下のまとまりを細胞核、別の設定値以上のまとまりを空洞として抽出し、細胞質の分離を試みている。

ここでは、同じ閾値を圧縮画像に適用した場合の誤判定する割合をもって、処理に対する品質劣化を定量的に示す。図4は、原画と圧縮画像の誤判定の例を示したものである。(a)(b)は原画および圧縮画像の抽出部分の拡大図である。ここで黒い部分が細胞質以外との判定から抽出された部分である。

また、(c)はもともと非細胞質の判定から細胞質の判定に誤判定された領域（-判定と呼ぶ）を示し、(d)は細胞質との判定であるべきところが非細胞質と判定された領域（+判定と呼ぶ）を示している。図から明らかなように、圧縮符号化によって、多くの判定で誤判定が起きている。

JPEG および JPEG2000 におけるご判定率を、本来非細胞質と判定される領域の面積に対する比率で表したものを図5に示す。この図より、-判定は JPEG、JPEG2000 いずれの場合も大きな差はないが、+判定については、JPEG2000 は誤判定が JPEG に比べかなり少ないことがわかる。

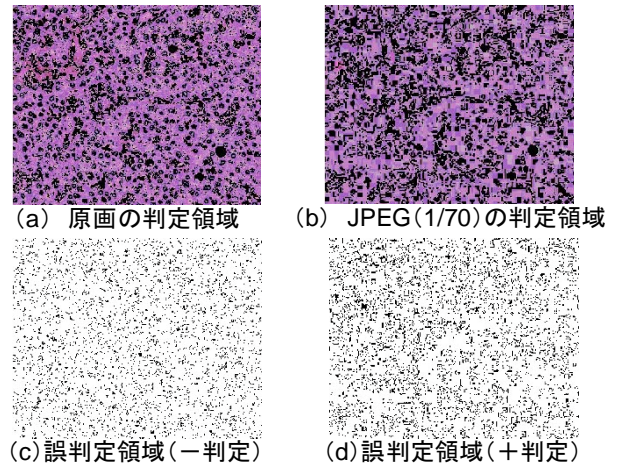


図4 非細胞質の判定領域

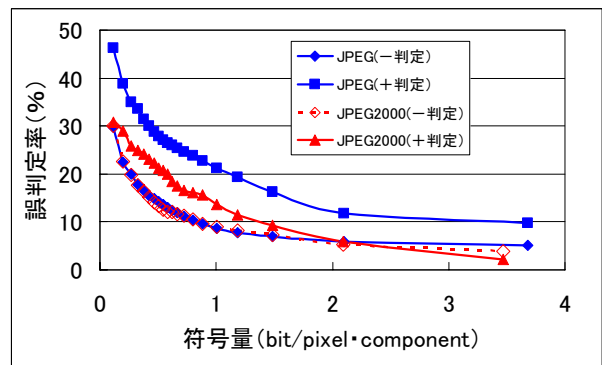
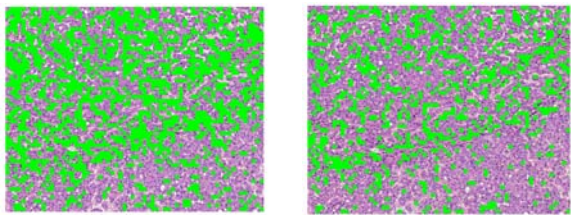


図5 領域判別における誤判定率

4.2.2 色分布に着目した癌の特徴領域の抽出

癌領域の画像特徴を調べる前段階の処理として、RGB ヒストグラムから得られる情報の基本検討を行っている。図6はヒストグラムから得られた閾値で、癌領域と同様の色分布特性を持ったセルを示したものである。(a)は原画像、(b)はJPEG2000での圧縮画像を示している。本画像では、中央から左上部は癌領域であり、その部分の密度が高く判定されてる。一方、圧縮されている場合でも、非癌の領域よりは密度は高いものの、全体にまばらとなっている。

図7は、圧縮率に対する癌と同じ特徴のセルと判定したセルの数をプロットしたものである。この結果が示しように、いずれの場合でも、一定の圧縮率より高くなると、抽出される領域が非常に減ってしまうことがわかる。



(a) 原画の判定領域 (b) JPEG2000(1/70)の判定領域

図6

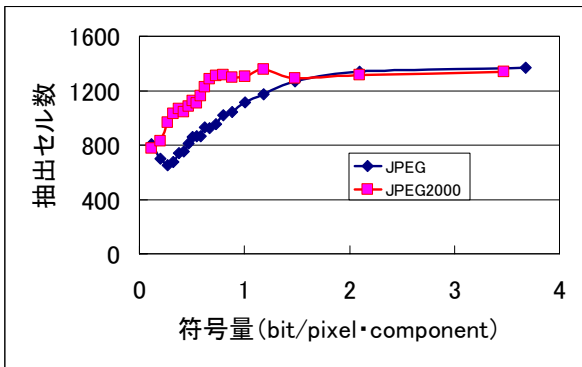


図7 画像圧縮による符号量と抽出セル数の関係

なお、今回の画像処理のレベルはまだ基本処理レベルであるため、病理医による診断に関わる視覚的評価については行っていない。

5. 考察

図8、図9は各々信号処理でのPSNRおよび色差の評価に対して①での画像処理における誤判定率による評価の対応を示したものである。これら図から明らかなように、+誤差においては、PSNRが低いあるいは色差が非常に大きくなければ、色差と誤判定率との対応は符号化方式に関わらず、非常に一致していることがわかる。また、マイナス誤判定については、+の場合とは異なり、符号化方式によって差が生じることがわかる。

また、図10には、画像処理②の抽出セル数と色差の関係を示したものである。この結果からは符号化方式により多少差はあるものの、全体としては、抽出セル数は色差と対応していることがわかる。

今回検討した画像処理における評価は、主にRGB分布を基にした処理である。このため画像圧縮に伴って起こる誤差、色ずれが画像処理の誤差として直接現れていると考えられる。このことから、画像処理の内容によっては信号処理レベルの品質から、その処理結果の品質が推定可能となることが明らかとなった。

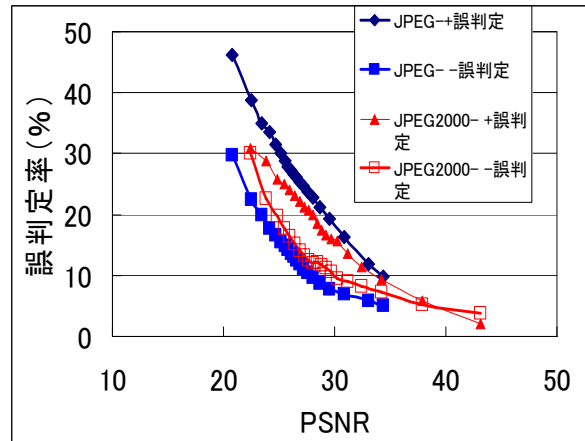


図8 PSNRと画像処理①誤判定の関係

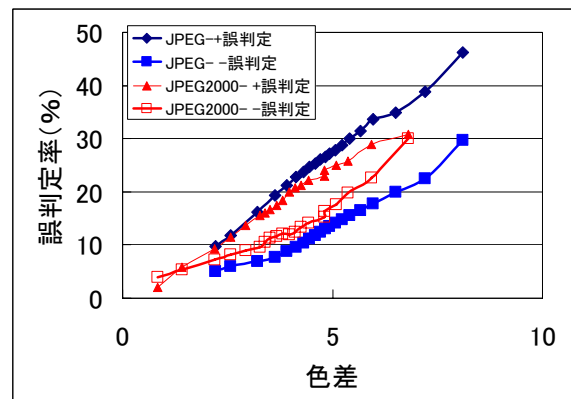


図9 色差と画像処理①誤判定の関係

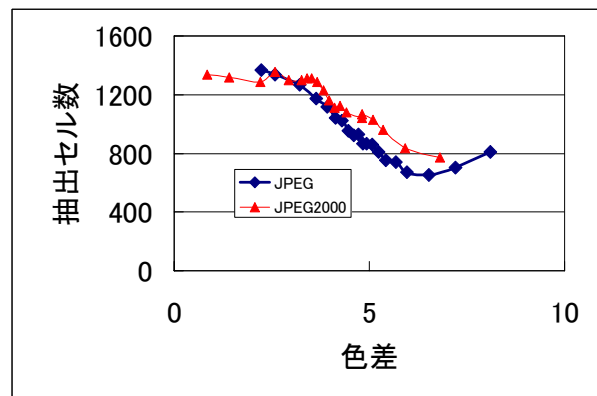


図10 色差と画像処理②抽出セル数との関係

## 6. 結び

病理画像におけるバーチャルスライドと呼ばれる病理スライドに不可欠となる画像圧縮の評価法について、画像処理、解析という視点から見た場合の評価法について検討を行った。この結果、今回検討した色空間情報を用いた画像処理の場合、処理内容によっては、符号化方式に関わらず、PSNR および色差といった信号処理レベルの評価方法とほぼ対応がとれる場合があることがわかった。また、一部、符号化方式によって差の出る場合も起こった。今後、形態学的処理や認識処理など、病理画像の診断医において必要な処理の発展とともに、符号化の評価方法についてもさらに検討を継続する必要がある。

### 謝辞

本研究は NEDO 委託研究「定量的病理診断を可能とする病理画像認識技術」の一環として実施されているものである。

### 参考文献

- [1]Y. Yagi and J.R Gilbertson "Digital imaging in pathology: the case for standardization" J Telemed Telecare vol 11No 3 (2005)
- [2]R. S. Weinstein, A. R. Graham, et. al., "Overview of telepathology, virtual microscopy, and whole slide imaging:prospects for the future," Human Path., 40, (2009)
- [3]ISO/IEC 10918
- [4]C. Atupelage, H. Nagahashi, M. Yamaguchi, "Multifractal Feature based Cancer Detection for Pathological Images," iCBBE2011 (2011)
- [5]ISO/IEC 15444