



Title	圧縮画像と非圧縮画像のフィルム続影とCRT続影の診断能-腹部CTのSOLについて-
Author(s)	安藤, 裕; 塚本, 信宏; 川口, 修 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(11), p. 521-525
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15868">https://hdl.handle.net/11094/15868</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 圧縮画像と非圧縮画像のフィルム読影とCRT読影の診断能 —腹部CTのSOLについて—

安藤 裕<sup>1)</sup> 塚本 信宏<sup>1)</sup> 川口 修<sup>1)</sup> 北村 正幸<sup>1)</sup> 国枝 悦夫<sup>1)</sup>  
久保 敦司<sup>1)</sup> 小笠原克彦<sup>2)</sup> 紀ノ定保臣<sup>3)</sup> 前田 知穂<sup>3)</sup> 小塚 隆弘<sup>4)</sup>

1) 慶應義塾大学医学部放射線科学教室 2) 北海道大学医学部附属病院医療情報部  
3) 京都府立医科大学放射線医学教室 4) 大阪府立羽曳野病院

## Hard-copy (film) versus Soft-copy (CRT) Reading Performance between Compressed and Uncompressed Images: SOLs in abdominal CT images

Yutaka Ando<sup>1)</sup>, Nobuhiro Tsukamoto<sup>1)</sup>,  
Osamu Kawaguchi<sup>1)</sup>, Masayuki Kitamura<sup>1)</sup>,  
Etsuo Kunieda<sup>1)</sup>, Atsushi Kubo<sup>1)</sup>,  
Katsuhiko Ogasawara<sup>2)</sup>, Yasutomi Kinoshita<sup>3)</sup>,  
Tomoho Maeda<sup>3)</sup> and Takahiro Kozuka<sup>4)</sup>

The objective of this study was to examine the feasibility of soft-copy (CRT) reading and suitable compression. Forty abdominal CT images with a space-occupying lesion (SOL) in liver and 40 normal images were selected for receiver-operating-curve (ROC) analysis. Each image was compressed by JPEG extended mode into 1/10 its original capacity, and then an expanded image was printed on film. Ten radiologists evaluated the presence of liver SOLs (primary and secondary tumors) on soft-copy (CRT) and hard-copy (film) images. Each radiologist reviewed four types of images (original and compressed hard-copy and original and compressed soft-copy images). Values of the area under the curve in the various ROC analyses were 0.858 (FILM) and 0.842 (CRT) for original images and 0.879 (FILM) and 0.846 (CRT) for compressed images. The results of ROC analysis showed better reading performance with hard-copy than soft-copy images, but the difference was not statistically significant. Compressed images showed a higher value (0.879) than original images (0.858), a difference that was statistically significant ( $p < 0.029$ ) by the paired t-test but not by the jackknife method. The results indicate that soft-copy reading is a clinically acceptable alternative to hard-copy reading. We have had no difficulty in reading abdominal CT images compressed to 1/10 of the original size by the JPEG method. This study was supported in part by a grant from the Japanese Ministry of Health and Welfare.

Research Code No.: 207.1

**Key words:** Color CRT, Soft-copy reading, ROC analysis,  
JPEG image compression

Received Jan. 5, 1999; revision accepted May 27, 1999

- 1) Department of Radiology, School of Medicine, Keio University
- 2) Department of Medical Informatics, Hokkaido University Medical Hospital
- 3) Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine
- 4) Osaka Prefectural Habikino Hospital

## はじめに

PACSの普及によりフィルムを用いることなく、より簡便なCRT診断の必要性が増してきた。また、インターネットをはじめとするネットワークの普及、電話回線のISDN等高速化も進んでおり、Teleradiologyなどの遠隔診療の要求も増えてきている。

今までCRT診断とフィルム診断の比較は胸部X線画像で多く行われているが、CT画像を用いての診断能評価はあまりない。また、ネットワークを介した転送に有利な圧縮されたCT画像の比較評価も少ない。そこで、医用画像を電子化する場合に問題になるCRT診断と画像の非可逆圧縮について検討した。

医用画像の電子化は、フィルムに比べて保管の手間や保管場所の低減などの点で病院などの医療施設では重要な意味をもつ<sup>1)-3)</sup>。医用画像の電子化を進めると、手間やコストの面から、フィルムを使用しないで、CRTで読影する必要があり、フィルム読影とCRT読影の診断能の違いが問題になる<sup>4)-7)</sup>。

放射線関連の医用画像の電子化について考えると、単純胸部撮影や腹部撮影の電子化は、CRTに表示する際にデータ量や分解能の点で、専用の高精細CRTやハードウェアを使用し、コストが高くなりがちであり、現状では困難な点が多い。そこで画像を専用高精細白黒CRTでなく、一般に市販されている安価なパソコンのカラーCRTに表示し、病変の発見しやすさの度合い(読影能)をROC解析<sup>8)-10)</sup>を用いて調べた。CT画像は画素数が512×512であり、一般のパソコンのCRTでも表示できる。また、腹部CT画像は、胸部CT等に比べ、微妙な病変の性状が問題にならないことが多いと考えられ、CRT読影が比較的やりやすいと判断し、腹部CT画像を読影実験の対象とした。また、データを圧縮することにより記憶媒体や通信回線の負荷やコストを低減できることから、Teleradiologyへの応用に必要と思われる非可逆JPEG圧縮した画像についても同様に読影能を調べ、原画像の読影能と比較検討した。

付録1 JPEG圧縮で使用した量子化テーブル

16	11	12	14	12	10	16	14
13	14	18	17	16	19	24	40
26	24	22	22	24	49	35	37
29	40	58	51	61	60	57	51
56	55	64	72	92	78	64	68
87	69	55	56	80	109	81	87
95	98	103	104	103	62	77	113
121	112	100	120	92	101	103	99

### 目 的

本研究の目的は、①CRT診断とフィルム診断の差と②原画像に対する、JPEG圧縮による読影能の変化を調べることである。

### 方 法

まず、腹部CTで病変を持つ症例と病変のない症例を選び、フィルム読影用に、オリジナル画像と圧縮画像をそれぞれレーザーイメージャでフィルムに出力した。また、CRT読影用に光磁気ディスクに画像データを入れ、パソコン画面に表示できるようにした。

#### ・症例の選択とゴールデンスタンダード

実験に用いる画像は京都府立医科大学および、その関連病院から無作為に集めた症例から適当な画像を選んだ。画像ごとに施設および画像撮像装置は限定し、同一の画質が維持できるように配慮した。

評価用基準画像は腹部のCT画像(単純撮影)の1スライスとし、占拠性病変のある画像40スライス、病変のない画像40スライスが画像評価委員(神経放射線と腹部を専門にする4人の放射線科専門医)によって元画像群の中から選ばれた。ゴールデンスタンダードとなる占拠性病変の有無の決定にあたっては、各画像の造影画像や臨床経過も参考にした。各画像の病変について読影の難易度に偏りがないように画像を選択した。

#### ・画像データの圧縮

選択された画像について、圧縮率1/10のJPEG圧縮<sup>11)</sup>を行った。JPEG処理に用いた量子化テーブルを付録1に示す。

#### ・フィルムへの出力

フィルム読影用に、非圧縮の画像と圧縮・伸張した画像を、診断に適切なレベル、ウィンドウでレーザーイメージャに出力した。フィルム上の画像サイズは、半切に3×3画像(合計9画像)出力した場合のサイズとし、半切フィルムにこのサイズで2画像出力し、2つにフィルムを切断し、フィルム1枚に1画像とした。Fig. 1にフィルム読影に使用したオリジナル画像と1/10圧縮画像を示す。

#### ・CRT表示装置

使用した画像表示装置は、PC/AT互換機(FLORA-DS2日立製)で、CPU Pentium 166MHz、メモリー16MB、ハードディスク1.7GBである。CRTは、20インチ高精細CRT(FlexScanE65T ナナオ製)を使用し、解像度1280×1024で使用した。画像は、光磁気ディスク装置に記録されたものを読み出し表示した。使用したフォーマットは、共通規格<sup>12),13)</sup>に準拠したものである。

#### ・読影

CRT診断は、経験年数4年から14年の放射線診断医10名により行った。読影専用の部屋でCRTの管面に写り込みがないようにし、部屋の明るさもやや暗くし、画面上の最高輝度を100cd/m<sup>2</sup>とし読影実験を行った。

肝臓のCT画像を1枚ずつ、肝臓にSOL(原発性あるいは転移性の肝腫瘍と思われる病変)があるかどうかについて読影し、連続確信度法によるROC解析<sup>8),9)</sup>を行った。読影を行った画像は、病変あり40画像、病変なし40画像である。それぞれ、原画像(圧縮していないもの)とJPEGによる1/10非可逆圧縮を行って、圧縮・伸張を行った画像の2種類ずつ、計160画像について読影した。読影は2回に分けて行い、それぞれ1回の読影ではオリジナル画像か圧縮画像のどちら

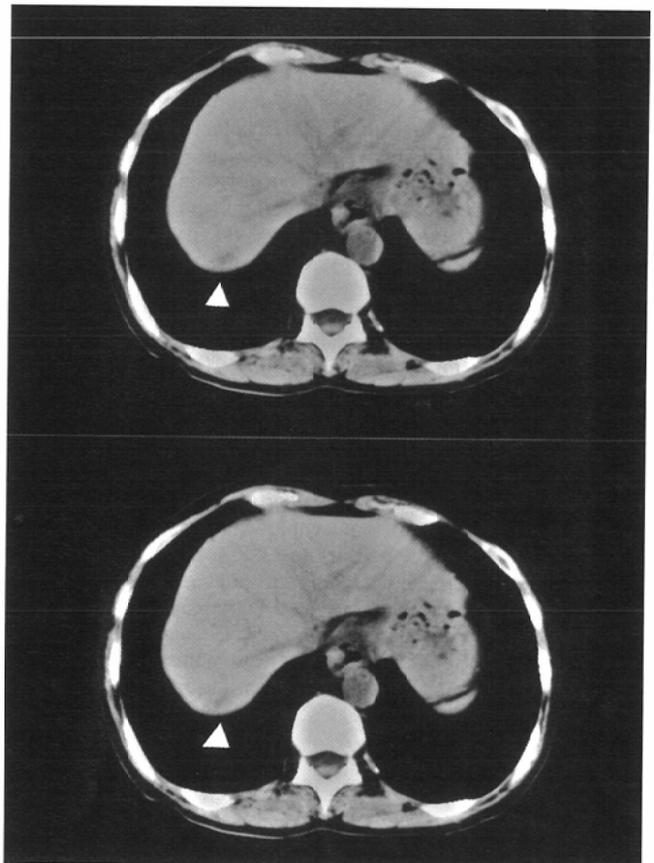


Fig. 1 Examples of non-compressed and compressed-and-expanded images on film.

The upper image is non-compressed, whereas the lower image has been compressed and expanded. There is a SOL at the lower edge of the right lobe of the liver. We observed subtle blocking artifacts on compressed-and-expanded film images but not on compressed-and-expanded CRT images.

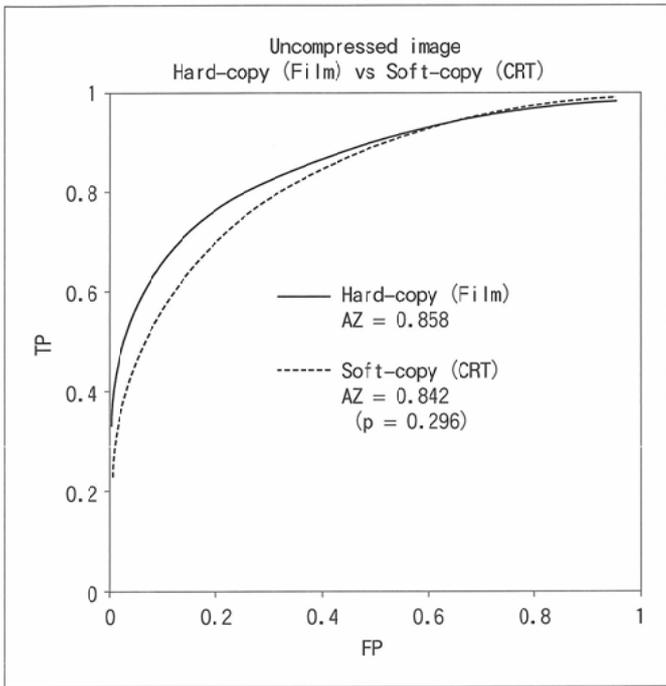


Fig. 2 Comparison of detectability in non-compressed images on CRT and film. The Az value for film (0.858  $\pm$  0.038) was slightly better than that for CRT images (0.842  $\pm$  0.047), but the difference was not statistically significant (paired t-test:  $p = 0.296$ , jackknife method:  $p > 0.1$ ).

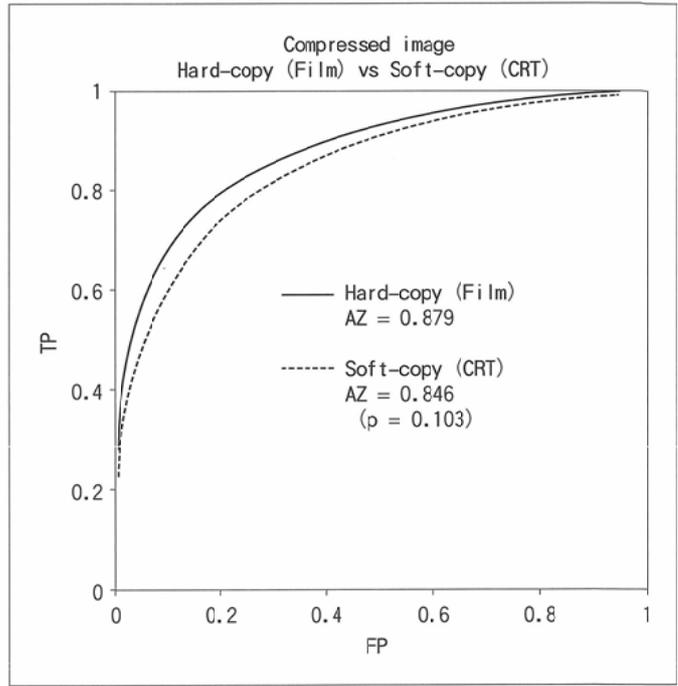


Fig. 3 Comparison of detectability in JPEG compressed-and-expanded images on CRT and film. The Az value for film (0.879  $\pm$  0.027) was slightly better than that for CRT images (0.846  $\pm$  0.061), but the difference was not statistically significant (paired t-test:  $p = 0.103$ , jackknife method:  $p > 0.1$ ).

か一方のみとし、約2週間の間隔をあけて学習効果に配慮した。

フィルム読影は、CRT読影より約1年後に同一の医師が行い、これらの医師が再度フィルム読影を行った。読影は1-80, 81-160の二組とし、この場合も約2週間の期間をあけて2回読影を行った。読影時間、使用シャーカステンは自由とした。ただし、読影の後戻りは禁止した。

CRT読影と同様にフィルム読影結果について、ROC解析用のプログラムLABROC1<sup>10)</sup>を利用してROC解析を行った。

CRT読影とフィルム読影の比較には、ROC曲線の下面積(Az値)についてpaired-t検定<sup>14)</sup>とjackknife法<sup>15),16)</sup>により検定した。

## 結 果

### オリジナル画像によるフィルム読影とCRT読影の比較

10名の医師について各false positive fractionに対するtrue positive fractionの値を平均したROC曲線をFig. 2に示す。ROC曲線では、フィルム読影とCRT読影を比較すると、各読影者のAz値を平均したAz値と標準偏差(±の記号で示す)は、それぞれ0.858  $\pm$  0.038, 0.841  $\pm$  0.047であり、ややフィルム読影の方のROC曲線がCRT読影よりも良好な傾向がある。しかしながら、paired-t検定では $p = 0.296$ , jackknife法では $p > 0.1$ で有意差はなかった。

### 圧縮画像によるフィルム読影とCRT読影の比較

前項と同様にして求めた平均のROC曲線をFig. 3に示す。オリジナル画像の読影結果よりも2本のROC曲線はお互い

に離れている傾向がある。前項と同様にして求めたAz値は、それぞれ0.879  $\pm$  0.027, 0.846  $\pm$  0.061であり、フィルム読影の方のROC曲線がCRT読影よりも良好な傾向があるが、オリジナル画像同様、paired-t検定では $p = 0.103$ , jackknife法では $p > 0.1$ でフィルム読影とCRT読影に有意差はなかった。

### フィルム読影におけるオリジナル画像と圧縮画像の比較

前項と同様にして求めた平均のROC曲線をFig. 4に示す。圧縮画像のROC曲線がオリジナル画像のROC曲線を上回っていた。Paired-t検定では $p = 0.029$ となり3%の危険率で有意であった。一方、jackknife法では $p > 0.1$ で有意差はなかった。

### CRT読影によるオリジナル画像と圧縮画像の比較

前項と同様にして求めた平均のROC曲線をFig. 5に示す。圧縮画像のROC曲線がオリジナル画像のROC曲線をわずかに上回っているが、paired-t検定では $p = 0.384$ , jackknife法では $p > 0.1$ となり有意差はなかった。

## 考 察

フィルム読影とCRT読影についてROC解析を用いたたくさんさんの研究があり、Kundelらの胸部X線画像について有意差がない報告<sup>17)</sup>、Steckelらのデジタル胸部X線画像についての1024  $\times$  1024, 1760  $\times$  2140表示CRTと2Kハードコピーで有意差がない報告<sup>18)</sup>、石垣らの胸部CR画像、screen film、CRのソフトコピーにおける微妙な病変についての診断における有意差がない報告<sup>19)</sup>、KajiらによるフィルムとCRT画像

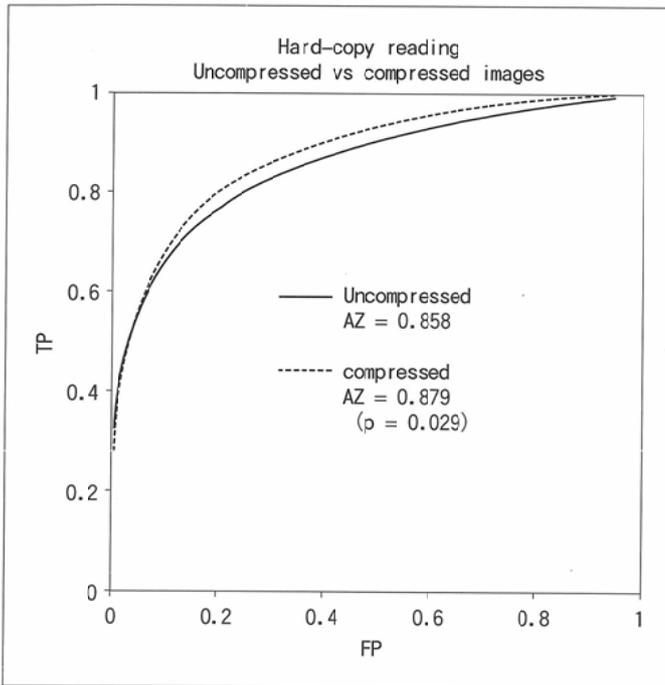


Fig. 4 Comparison of diagnostic capabilities of non-compressed images and JPEG compressed-and-expanded images on film. The Az value of compressed-and-expanded images (0.879) was slightly higher than that of non-compressed (0.858) images. The difference was statistically significant according to the paired t-test ( $p = 0.029$ ) but not according to the jackknife method ( $p > 0.1$ ).

(linear conversionとnonlinear conversion)では有意差がなかった報告<sup>20</sup>、Razavi小児の胸部CR画像によるフィルムとCRT表示で有意差がなかった報告<sup>21</sup>などがある、一方、Ackermanらによる肺炎と骨折のX線画像についてフィルム読影といったレーザーフィルムデジタイザで取り込んだ画像をCRT表示した場合には、フィルム読影の方が良好であった報告<sup>22</sup>などがある。今回行ったCT画像についてのCRT診断とフィルム診断の比較については報告例がない。

今回の実験でフィルム読影とCRT読影を比較してみると、Az値ではフィルム読影がやや大きく、傾向としてはフィルム読影の方が優っている可能性があるが、有意差はなかった。今後さらに読影者数を増やすと有意差がでるかもしれない。CRT読影とフィルム読影との時期が約1年あいでの、両者とも同じような集中度や診断基準で読影できなかった可能性もある。また、CRT診断では画像表示のレベル、ウインドウが最適でない画像があり、読影時に表示装置の操作性が悪く十分にレベル、ウインドウを調節できなかった可能性もあり、操作性が向上することでCRT読影のAz値が改善する可能性がある。操作性と読影能の関係についてはさらに読影実験が必要と考えられる。

フィルム読影では、圧縮画像のJPEG圧縮によるブロッキングアーチファクトが目立ち、圧縮画像とオリジナル画像との判別は容易であった(Fig. 1)。しかし、paired-t検定では $p = 0.029$ の有意差で、オリジナル画像よりも圧縮画像の方がSOLの診断能はよかった。一方、jackknife法では $p > 0.1$ となり有意差はなかった。JPEG圧縮は、画像の高周波成分は失われるが、画像の低周波成分である、SOLの画素値の

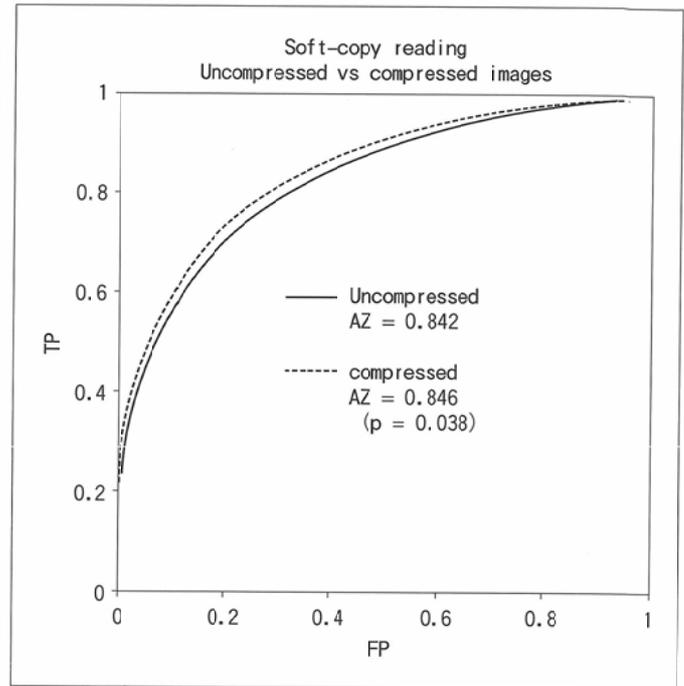


Fig. 5 Comparison of diagnostic capabilities of non-compressed images and JPEG compressed-and-expanded images on CRT. The Az values of soft-copy reading for uncompressed images and compressed images were 0.842 and 0.846, respectively, showing no significant difference (paired t-test:  $p = 0.384$ , jackknife:  $p > 0.1$ ).

変動はなく、今回のような肝臓のSOLの評価では、逆に高周波成分が減少したことによる原画像のノイズ成分が低減して、圧縮画像の方が良好な読影結果を与えたのかもしれない。この結果より画像劣化(主にブロッキングアーチファクト)は、直接診断能に影響を与える可能性は低いと考えられたが、今回のような肝臓のSOL以外の病変に当てはまるかどうかは、さらに検討が必要であろう。

Bakerら<sup>23</sup>は冠動脈造影では1/15圧縮、Breeuwerら<sup>24</sup>は、冠動脈造影で1/12圧縮は問題ないといっている、Halpernらは腹部CT画像について圧縮方法が違うが1/15圧縮では差がないという報告<sup>25</sup>、また同様に1/7.4と1/30.6圧縮では、1/30.6圧縮ではsensitivityとspecificityともに下がるという報告<sup>26</sup>、一方、Goldbergらによる肝の局在性病変について腹部CT画像にwavelet圧縮を行い、1/10、1/15、1/20圧縮で比較すると、1/20圧縮では有意差がでるとい報告<sup>27</sup>などがある。このような報告を考慮に入れると、肝SOLの病変についてはCT画像のJPEGによる1/10圧縮は、臨床上一問題がないと考えられる。

読影時の疲労という面では、ほとんどの読影者がフィルム読影の方が楽という印象であった。これは、10名すべての読影者が日常フィルム読影のみを行っているため、フィルム読影に慣れているためとも考えられる。また、読影に要する時間もCRT診断に比べて短時間であった。Hirotaらによれば、CRT読影は、CRTモニタが十分あれば、CRT1台に比べて疲労を減少するという報告<sup>28</sup>があり、また、Katoらは、読影時間に有意差はない<sup>29</sup>としている。一方、Beardらは、フィルム読影6.03分に対してCRT読影は6.17分と延長

するとしている<sup>30)</sup>。フィルムでは、レベルやウィンドウを変化させる必要がなく、この調節が不要という点からも読影時間が短く、疲労が少ない可能性がある。この点については、CRTでは表示のソフトウェアの完成度にも大きく左右されるので、今後さらに検討したい。

## 結 論

フィルム読影とCRT読影は、ROC曲線の解析から曲線の下面積(Az値)で評価するとフィルム読影の方がやや良い値を示す傾向があるが、paired-t検定では有意差が認められ

なかった。また、圧縮画像と原画像の比較では、圧縮画像の方がAz値が大きく、paired-t検定では有意差(p=0.029)が認められたが、jackknife法では有意差がなかった。

この結果から、肝CTのSOLの読影ではフィルム読影に比べてCRT読影はほぼ同等と考えられる。また、腹部CT画像において、肝臓のSOLを検査する場合には1/10 JPEG圧縮はオリジナル画像と比べて遜色はないと考えられた。

本研究の一部は、厚生省科学研究 情報化技術開発研究課題「画像情報の電子化に関する研究」(主任研究者 小塚隆弘)によった。

## 文 献

- 1) Bookman G, Baune D: A case for automated tape in clinical imaging. *J Digit Imaging* 11: 42-45, 1998
- 2) Inamura K, Kimura M, Ito A, et al: Cost effectiveness of image diagnosis. *Rinsho Byouri* 45(4): 350-356, 1997
- 3) Lemke HU: Future directions in electronic image handling. *Invest Radiol* 28(3): s79-81, 1993
- 4) Cook LT, Cox GG, Insana MF, et al: Comparison of a cathode-ray-tube and film for display of computed radiographic images. *Med Phys* 25(7): 1132-1138, 1998
- 5) 孫田誠三: CRT画像における胸部ファントム腫瘤影の存在診断能について. *日本医放会誌* 49(8): 1038-1046, 1989
- 6) 佐々木康夫, 桂川茂彦, 米田靖司, 他: CRTモニターでの比較読影による模擬肺腫瘤影検出能のROC解析を用いた定量的評価. *日本医放会誌* 56(5): 275-278, 1996
- 7) 滝沢正臣, 曾根脩輔, 小口和浩, 他: 遠隔画像診断システムにおけるCRT像の画質評価. *日本医放会誌* 56(14): 1061-1065, 1996
- 8) Metz CE, Goodenough DJ, Rossmann K: Evaluation of receiver operating characteristic curve data in terms of information theory with applications in radiography. *Radiology* 109: 297-303, 1973
- 9) Metz CE, Shen JH, Harman BA: New methods for estimating a binormal ROC curve from continuously-distributed test results. Presented at the 1990 Joint Meetings of the American Statistical Society and the Biometric Society, Anaheim, CA, August 7, 1990
- 10) Hanley JA: The use of the 'binormal' model for parametric ROC analysis of quantitative diagnostic tests. *Stat Med* 15: 14: 1575-1585, 1996
- 11) Pennebaker WB, Mitchell JL: JPEG-still image data compression standard. 102-122, 1993, Van Nostrand Reinhold, New York
- 12) 医療情報システム開発センター: 医用画像情報の電子保存に関する共通規格. 1995
- 13) 安藤裕: 共通規格 I, IIの概要-2-: データフォーマット規格. *日本医放会誌* 55(Suppl): 14-18, 1996
- 14) 放射線技術学会: ROC解析の基礎と応用. *放射線医療技術学叢書*(8), 1994, 京都
- 15) Dorfman DD, Berbaum KS, Metz CE: Receiver operating characteristic rating analysis: Generalization to the population of readers and patients with the jackknife method. *Invest Radiol* 27: 723-731, 1992
- 16) 白石順二, 宇都宮あかね: ROC解析における画像システム間の統計的有意差の検定方法: Jackknife法とその適用. *日放技学誌* 53(6): 691-698, 1997
- 17) Kundel HL, Gefter W, Aronchick J, et al: Accuracy of bedside chest hard-copy screen-film versus hard- and soft-copy computed radiographs in a medical intensive care unit: Receiver operating characteristic analysis. *Radiology* 205(3): 859-863, 1997
- 18) Steckel RJ, Batra P, Johnson S, et al: Comparison of hard- and soft-copy digital chest images with different matrix sizes for managing coronary care unit patients. *AJR* 164(4): 837-41, 1995
- 19) Ishigaki T, Endo T, Ikeda M, et al: Subtle pulmonary disease: Detection with computed radiography versus conventional chest radiography. *Radiology* 201(1): 51-60, 1996
- 20) Kaji T, Katayama M, Kosuda S, et al: A comparison of hard and soft copies processed with linear conversion and nonlinear conversion of skeletal fractures: A preliminary study. *J Digit Imaging* 8(1 Suppl 1): 45-50, 1995
- 21) Razavi M, Sayre JW, Taira Rk, et al: Receiver-operating-characteristic study of chest radiographs in children: Digital hard-copy film vs 2K × 2K soft-copy images. *AJR* 158(2): 443-448, 1992
- 22) Ackerman Sj, GBitlin JN, Gayler RW, et al: Receiver operating characteristic analysis of fracture and pneumonia detection: Comparison of laser-digitized workstation images and conventional analog radiographs. *Radiology* 186(1): 263-268, 1993
- 23) Baker WA, Hearne SE, Spero LA, et al: Lossy (15: 1) JPEG compression of digital coronary angiograms does not limit detection of subtle morphological features. *Circulation* 96(4): 1157-1164, 1997
- 24) Breeuwer M, Heusdens R, Gunnewiek RK, et al: Data compression of x-ray cardio-angiographic image series. *Int J Card Imaging* 11(Suppl 3): 179-186, 1995
- 25) Halpern EJ, Premkumar A, Mullen DJ, et al: Application of region of interest definition to quadtree-based compression of CT images. *Invest Radiol* 25(6): 703-707, 1990
- 26) Halpern EJ, Levy HM, Newhouse JH, et al: Quadtree-based data compression of abdominal CT images. *Invest Radiol* 25(1): 31-38, 1990
- 27) Goldberg Ma, Gazelle GS, Boland GW, et al: Focal hepatic lesions: Effect of three-dimensional wavelet compression on detection at CT. *Radiology* 202(1): 159-165, 1997
- 28) Hirota H, Shimamoto K, Yamakawa K, et al: Clinical evaluation of newly developed CRT viewing station: CT reading and observer's performance. *Comput Med Imaging Graph* 19(3): 281-285, 1995
- 29) Kato H, Kubota G, Kojima K, et al: Preliminary time-flow study: Comparison of interpretation times between PACS workstations and films. *Comput Med Imaging Graph* 19(3): 261-265, 1995
- 30) Beard DV, Hemminger BM, Pisano ED, et al: Computed tomography interpretations with a low-cost workstation: A timing study. *J Digit Imaging* 7(3): 133-139, 1994