厚生省科学研究情報化技術開発研究課題

研究成果報告書

- 画像情報の電子化に関する研究 -

平成10年3月

主任研究者 小塚 隆弘

(大阪府立羽曳野病院)

目次

. はじめに	1
. 研究班組織表	2
. 平成7年度研究成果	5
. 平成8年度研究成果	12
. 平成9年度研究成果	15
. 画像をデジタル化し電子的に保存するとともに、CRTモニターで観察し	
診断する環境を整備するためのガイドライン	18
(資料) ガイドラインを導くに至った根拠	20
. 分担研究班報告書	
1. X線フィルムの電子保存に関する通則	25
2. フィルムデジタイズ装置に関する規格	28
3. CRT表示装置の物理評価について	38
4. カラーモニターによるCR胸部単純画像の安全性、有効性の検討	45
5. カラーモニターによる頭部MR画像のCRT診断と診断上許容し得る	3
画像圧縮の検討	51
6. 1/20JPEG圧縮されたX線画像が臨床上許容し得るかどうかの検討	寸60
7. 非圧縮画像(原画像)と1/10 JPEG圧縮画像(非可逆圧縮画像)と0	D
CRT比較読影結果について	67
8. CRT診断の有効性の評価	72
9. 遠隔画像診断システムにおけるフィルムとCRT像の読影比較評価	6
肺疑似結節の読影実験とそのROC解析結果	79
10. CRT(Movie mode)及びフィルムによる肺がん検診画像の	
読影実験結果について	81
11. 乳癌のマンモグラフィに対するFilm診断とCRT診断との比較検討	99

. まとめ

. 105

. はじめに

小塚隆弘

少子、高齢社会の到来、医療技術の発展によって医療・福祉の充実が求められる一方、国民総医療 費の増加は社会的問題となっている。また、医療情報の効率的活用と医療費の抑制には、画像の電子 保存と遠隔放射線診療がその解決策の一つと考えられる。

医用画像の電子保存や遠隔放射線診療に際して大きな問題は、フィルムの代わりに画像の可視化 装置としてCRTを用い、かつ画像圧縮した場合、画質が如何に担保されるかである。本研究の目的は この問題の解決であり、基本的態度としては研究結果はエックス線フィルムを用いる現状からディジタ ル化による画像保存、遠隔放射線診療へと制度的変革をもたらす可能性のあるものと認識し、画像検 討の方法には現在、最も客観的に評価出来る方法、すなわち、ROC解析を用いることを方針とした。ま た、データは公開し、広く参加と批判を仰ぐことが必要である点を共通の理念とした。エックス線フィル ムを電子保存するためには使用するフィルムディジタイザを規格化することも必要になる。本研究班で は立場と施設を異にする研究者の参加を得て、上述の命題について三年間にわたって検討した。

平成7年度にはまず、発表された論文を検索し、すでに発表された信頼に値するデータも利用する とともに、独自に5部位のエックス線画像をディジタル化し、圧縮画像を作成、主観的評価を行った。

平成8年度にはエックス線写真を圧縮し、学会の出席者にも参加を求めてどの程度の圧縮が医学的 にみて判別出来るか評価した。CRT上のディジタル画像のROC解析にあたって研究分担者が一定の 方法に従うよう講習の機会を持った。さらに、読影者が異なっても解析の材料とCRT装置は一定のも のを使用することを原則とした。

平成9年度には研究結果をまとめる作業を行い、圧縮画像のCRT像のROC解析結果をまとめ、フィルムディジタイザの規格に関するガイドライン、画像圧縮に関するガイドラインを作成した。三年間にわたる研究の成果をとりまとめ報告書の作成を行った。

. 研究班組織表

主任研究者:	小塚 隆弘	大阪府立羽曳野病院
分扣研究者,	安藤 裕	慶応義塾大学医学部放射線科学
//////////////////////////////////////	石垣武男	名古屋大学医学部放射線医学
	稻邑清也	大阪大学医学部保健学科医用丁学
	黒田知純	大阪府立成人病センター放射線診断科
	笹垣三千宏	大阪大学医学部附属病院放射線部
	西谷弘	徳島大学医学部放射線医学
	前田知穂	京都府立医科大学放射線医学
	宮坂和男	北海道大学医学部放射線医学
研究協力者:	赤田 渉	京都府立医科大学放射線医学教室
	安達真人	山形大学医学部放射線科
	阿部 悟	北海道大学歯学部放射線科
	飯田茂晴	京都府立医科大学放射線医学教室
	池田耕二	関西医科大学放射線科
	池田 充	名古屋大学医学部附属病院医療情報部
	池添潤平	愛媛大学医学部 放射線医学
	石井 清	仙台市立病院放射線科
	一島茂樹	京都府立医科大学放射線医学教室
	伊藤博敏	京都府立医科大学放射線医学教室
	犬上 篤	秋田県立脳血管研究センター放射線科
	今井 迅	信州大学医学部放射線科
	岩野信吾	名古屋大学医学部放射線医学講座
	牛島 陽	京都府立医科大学放射線医学教室
	内山祥子	大阪大学医学部放射線医学教室
	梅田徳男	北里大学医療衛生学部
	遠藤登喜子	国立名古屋病院 放射線科
	大野浩司	京都府立医科大学放射線医学教室
	岡嵜洋一	信州大学医学部放射線科
	小笠原克彦	北海道大学医学部附属病院医療情報部
	岡本浩一郎	新潟大学医学部放射線科
	岡本将浩	京都府立医科大学放射線医学教室
	小口和浩	信州大学医学部放射線科
	奥山智緒	京都府立医科大学放射線医学教室

小田切邦雄	神奈川県立がんセンター放射線科
桂川茂彦	岩手医科大学医用工学室
加藤武晴	京都府立医科大学放射線医学教室
加藤雅宏	京都府立医科大学放射線医学教室
河田修治	大阪大学医学部放射線医学教室
河田泰	秋田中通病院放射線科
北村正幸	慶応義塾大学医学部放射線科学
紀/定保臣	京都府立医科大学 放射線医学
木下隆広	島根県立中央病院放射線科
工藤興亮	北海道大学医学部放射線科
甲田英一	慶応義塾大学医学部放射線科学
甲田真由子	大阪大学医学部放射線医学教室
小寺吉衛	名古屋大学医学部保健学科
五味光太郎	信州大学医学部放射線科
近藤博史	徳島大学医学部附属病院医療情報部
酒井文和	信州大学医学部放射線科
佐々木真理	岩手医科大学放射線科
沢井ユカ	大阪府立成人病センター放射線診断科
島本佳寿広	名古屋大学医学部放射線医学講座
曽根脩輔	信州大学医学部放射線科
高木 博	(株)日立メディコ CT 事業部設計部
高田明浩	京都府立医科大学放射線医学教室
高橋昭喜	東北大学医学部放射線科
高橋聡	秋田大学医学部放射線科
高橋千尋	北海道大学医学部放射線科
高村 学	大阪大学医学部放射線医学教室
滝沢正臣	信州大学医学部附属病院医療情報部
竹内規之	市立西宮中央病院放射線科
土井内恒宏	神奈川県立がんセンター放射線科
寺江 聡	北海道大学医学部放射線科
徳弘光邦	京都府立医科大学放射線医学教室
中野善久	関西医科大学医学部放射線科 (現 京都桂病院)
中村敏行	京都府立医科大学放射線医学教室
橋本学	秋田大学医学部放射線科
畠沢菊雄	日立コンピュータ機器株式会社
早川克巳	京都市立病院放射線科
福久健二郎	放射線医学総合研究所重粒子治療センター医療情報室
古谷誠一	京都府立医科大学放射線医学教室

細見尚弘	大阪府立成人病センター放射線診断科
細谷貴亮	山形大学医学部放射線科
町田喜久雄	埼玉医科大学総合医療センター放射線科
松井美楯	コニカ(株)
松村貢代	大阪府立成人病センター放射線診断科
松本 徹	放射線医学総合研究所高度診断機能研究ステーション
松本 恒	宮城がんセンター放射線科
松本満臣	東京都立保健科学大学診療放射線学科
丸山篤敬	信州大学医学部放射線科
丸山雄一郎	信州大学医学部放射線科
水口和夫	大阪府立羽曳野病院放射線科
百瀬充浩	信州大学医学部放射線科
輪湖 正	信州大学医学部放射線科
渡辺智文	信州大学医学部放射線科

(あいうえお順)

. 平成7年度研究成果

1:はじめに

平成6年3月29日厚生省健康政策局より『医用画像の電子保存に関する通達』が行われたが、実際の 運用は必ずしも順調とはいえなかった。一方、通信に関する標準化にDICOMが開発されON LINEとし ての運用がより容易となったことから、OFF LINEとして用いるDisc運搬法より、ON LINEとして用いる PACSやTeleradiologyへの期待が高まってきた。

この様にネットワーク化に向けた新しい医療情報の体系化の中で、(1)電子カルテ、(2)遠隔医療、 (3)標準化、等が厚生科学研究の対象となってきた。特に画像の同一性についての見解として、診断 した画像(質)と保存してある画像とは質的に異なっていても必ずしも証拠能力を失うことにはならない と言う解釈もある事から、画像の電子保存に際して画像の非可逆圧縮が行われた場合の画像のデータ 量と圧縮率の画質に及ぼす影響を明確にし、電子保存のガイドラインの作成が急務となってきた。

そこで、『画像の電子保存に関する研究』と題して平成7年度の画像圧縮に関する研究がスタートし、 平成8年度では(1)医療における非可逆圧縮やデジタイザの応用、(2)CRTを用いた放射線画像診断 へと研究内容が移行している。以上の経緯で厚生科学研究班が組織され現在何れの研究も進捗中で あるが、そのうち中間報告分について述べる。

2:画像等の電子保存に関する研究

A. 目的

Primary diagnosis(一次診断)に供する画像をデジタル化し、非可逆圧縮による電子保存並びにその再現画像についての臨床評価を行う。

(注) Primary diagnosisに対する日本語訳の「一次診断」は未だ標準用語となっていない。

B. 方法

- 1) 原画像をフィルムとした場合
 - 1: <u>評価画像の作成</u>
 - a) フィルムのデジタル化と電子保存

診断に用いるエックス線写真をコニカ・フィルムデジタイザ(LD-4500)により、1K×1K、2K×2 K、4K×4Kの3種類(以下1K、2K、4Kと略す)の空間分解能を有する画像のそれぞれに、10ビ ットの濃度分解能をもたせ、画像圧縮の後電子的に保存した。

b) 画像圧縮: JPEGを用い、圧縮率1/1、1/5、1/10、1/15、1/20に近似した5種類とした。(但し、4 K画像については圧縮率を1/1のみとした。)

c) 伸長には、コニカ・レーザーイメージャー(Li-7)を用い、フィルム上に再現した。

d) 原画像に対する圧縮画像再現性の評価:原画像と比較した所見把握を5段階評価とした。

- 2: 評価内容
 - a) 空間分解能の識別に関する評価

三種類のマトリックス数でプリントした原寸大の写真を観察し、1K、2K、4Kのそれぞれが識別 されるか否かについて評価検討した。

b) 臨床画像評価

一症例の画像ごとに1K及び2Kのマトリックスのそれぞれに、10ビットの濃度分解能及び5種類の圧縮率を変えつつ合計10枚のデータ解析を行った。それぞれの原画像で臨床評価部位、病態解析点等を明確にしておいて、所見把握の程度を5段階で評価した。

3: <u>読影対象画像</u>: 5種類(血管造影写真 5例、胃造影写真 5例、骨X線写真 5例、胸部X線写真 5例、乳房X線写真 6例)の合計26例(130種類)を用いた。

2) 原画像をCR像とした場合

- 1: 評価画像の作成
 - a) 富士メディカル社製FCRを用いた

b) FCR(可逆圧縮1/2)の原画像一枚に対し、大角サイズ1760×1760のマトリックス、濃度分解能 10ビット及び3種類の画像圧縮(1/5、1/10、1/20)の計3通りの臨床画像を得た。

2: 評価内容

ワークステーションで画像処理を行いフィルムに印画し観察する。原画像(可逆圧縮1/2)に対し、 非可逆圧縮像(1/5、1/10、1/20)を比較するが、原画像の所見把握を基準として5段階評価を行う。 評価の基準は以下に示す如くである。

- 5:信号(異常所見)は、絶対に存在する。
- 4:信号(異常所見)は、存在する可能性がある。
- 3:どちらともいえない。
- 2:信号(異常所見)は、存在しない可能性が高い。
- 1:信号(異常所見)は、絶対に存在しない。

3: 読影対象画像

胸部X線写真、乳房X線写真、消化管造影写真、骨X線写真の4種類のそれぞれについて5症例 ずつの計20症例を用いた。

- C.結果
- 1.原画像をフィルムとした場合の検討結果
 - a) 観察者の空間分解能の識別に関する検討
 - 1: <u>検討内容</u>

5種類の画像(血管造影 胃造影 乳房、胸部、骨X線像)を三種類のマトリックス(1K、2K, 及び4K)で印画した写真を観察し、それぞれを正しく識別できるか否かについて検討した。 濃度分解能は10ビットのみとし、圧縮を行わない1/1画像を比較対象とした。

2: <u>検討結果</u>

表1に空間分解能の識別に関する検討を示す。

表1 空間分解能の識別に関する検討

番号	マトリックス数						
	症例		1K x 1K		2K x 2K		4K x 4K
1	血管造影	9	64.3 %	8	57.1 %	6	42.9 %
2	胃部造影	8	57.1	8	57.1	9	64.3
3	乳房撮影	14	100.0	5	36.7	5	36.7
4	胸部撮影	13	92.9	6	42.9	6	42.9
5	骨 撮影	11	78.6	8	57.1	10	71.4
総数	N : 14x15 70	55		35		36	
	識別能(%)		78.6 %		50.0 %		51.4 %

(圧縮比 1/1)

(観察者 14名)

3: <u>考察と結語</u>

1K画像では、乳房撮影像を全員(14名)が正しく1Kと識別し得た。胸部及び骨X線像でも 正しく識別し得た割合は高い。このことは、1K画像では画質の劣化が目立っていることを示し ている。

血管造影及び胃部造影では1K、2K及び4Kのそれぞれの識別能に若干の差はあるが、有意とはとれない。

全体を通して2Kと4Kでは有意差がなく、CRT上で拡大画像の観察を行わなければ、2K ×2K、10ビットでも良いという傾向が示されている。

今回の観察症例数は少なく、今後更に症例数を増やし検討した結果をもって結論とする。

b) 圧縮画像の臨床評価実験

1: 1K画像の評価

異常所見の把握に関する検討で、スコアの平均が4以上の評価は、血管造影で1/5圧縮、胃造 影で1/15圧縮、骨X線撮影で1/10、乳房撮影で1/10であり、胸部X線撮影ではすべての圧縮率 の画像においても評価平均は4以上であった(表1)。また、血管造影では1/10圧縮像から、胃造 影では1/15圧縮像から、骨X線撮影、胸部X線撮影、乳房撮影では1/1画像から評価2以下で、診 断はおそらく不可能であると判定された画像があり、2Kの圧縮画像に比較して、明らかに低い評 価であった。

2: 2Kの画像の評価

血管造影、胃造影、骨X線撮影、胸部X線撮影、乳房撮影のすべての画像において、1/20圧 縮像で平均4以上のスコアが得られ、少なくとも臨床的に画像圧縮は容認される感触が得られた (表1)。しかし、1/20圧縮像では読影者による判定のばらつきが多く、また、一人の読影者におい て評価2と判定され1/20圧縮像の評価には更に詳細な検討が必要(後述)と考えられた。 3: 今回の評価実験は、原画像の選択、評価環境など限られた条件のもとで行われたもので、結 論は今後の検討にまたなければならないが、本研究を進めていく必要性は確認できた。(表2)

	1K 画像	2K 画像
血管造影	1/5 迄	1/20 迄
胃造影	1/15 迄	1/20 迄
骨 撮 影	1/10 迄	1/20 迄
胸 部 撮 影	-	1/20 迄
乳房撮影	1/10 迄	1/20 迄

表2 各撮影法の1Kと2K画像で平均4以上の評価を得た画像圧縮率

注 : 2K x 2K x 10ビット画像の 1/20 圧縮像のさらなる検討

ここで前述の3 - b - 2)で示した如く、2K ×2K ×10ビット画像の1/20圧縮について異なった方 法で検討した結果を追記する。

対象としたエックス線像は、胃造影(早期胃癌 2例),血管造影(膵癌 3例),骨(転移性骨腫瘍 3 例)及び胸部撮影(肺癌 1例とHIV 1例)の計10症例である。これらをフィルムデジタイザ(西本産 業社製:ELK ED - 2000)にて2K×2K×10ビットの条件でデジタイズし、JPEG圧縮(1/20)を 行い、レーザープリンタ(西本産業社製EL - 2000)を用いてエックス線フィルム上に印画した。そ れぞれ病変部にROIを設定し、非圧縮像(1/1)と圧縮像(1/20)とを並べ、圧縮された画像を指摘 するアンケート方法で日本医学放射線学会員81名より回答を得た。その結果、平均正答率は 50.9%で経験年数に依存しないこととなり、ROIを設定した画像では少なくとも1/20圧縮でも圧縮 しない場合(デジタイズした1/1画像)との差は判定できないことが判った。このことは、ROIを設定 した場合の所見把握では、かなりの圧縮を掛けても所見の把握は可能と考えられ、安全性を2倍 に見積もると2K×2K×10ビットの1/10圧縮画像は許容し得ると判断できた。

2. 原画像をCRとした場合の検討結果

1: 検討内容

撮影対象によりフィルムサイズが異なる。サンプリングピッチ及びマトリックスサイズは、大角で 1760×1760(200µm)、4切で1620×2010(150µm)、マンモ用フィルムでは2370×1770(100µm) である。濃度分解能は10ビットのみで、1/2可逆圧縮の伸長画像を原画像として、以下非可逆圧縮の 1/5、1/10、1/20の3種類の画像について比較検討した。

2: <u>検討結果</u>

表3に空間分解能の識別に関する検討を示す。

3.考案と結語

原画像と比較して圧縮率1/5と1/10では僅かに差があるも、1/10と1/20との差は有意ではない。従って、FCR10ビット画像では、その種類を問わず1/20圧縮でも異常所見の把握に支障ないものと考え

る。然し、安全性を考慮すると1/10が許容し得る圧縮率と考える。

		サンプリング	1/5		1/10		1/20		マトリックス
		ピッチ	平均值	標準	平均值	標準	平均值	標準	サイズ
				偏差		偏差		偏差	(µm)
胸部	5例	1760x1760	4.88	0.37	4.71	0.45	4.82	0.39	200
マンモ	5例	2370x1770	4.86	0.46	4.58	0.63	4.67	0.54	100
消化管	5例	1600x2010	4.95	0.30	4.71	0.50	4.73	0.55	150
骨	5例	1600x2010	5.00	0.00	4.55	0.62	4.59	0.58	150
									200
合	計	1760x1760	4.91		4.64		4.71		

表3 原画像と非圧縮画像との比較をスコア値で示した

まとめ

フィルムデジタイザを用い安全性を2倍にみた対象別画像のサンプリングピッチと画像圧縮との 関係では、2K×2K×10ビットで全ての画像は1/10までの非可逆圧縮が許容される。

FCRについてはフィルムサイズにより、マトリックスサイズが異なるが、すべての臓器を対象とした像において1/10の非可逆圧縮までが許容されよう。

次項で述べるが、ROC解析を基に検討した文献的検索では、2K×2K×10ビット画像で非可逆 圧縮の1/10は許容出来るとしており、今回の実験結果は概ね妥当と考える。

撮影部位毎の代表的疾患についてもROC解析を行なっての調査が必要となろう。

3:文献調查

本中間報告では、文献調査も行い検討結果と照合することとした。

1: 対象論文

a) フィルム画像をデジタイズし、ピクセルサイズあるいはサンプリングピッチと深さ方向のビット数を パラメータとしてROC解析を行った論文。

b) デジタイズされたフィルム画像とCR画像の非可逆圧縮画像の画質評価について圧縮率をパラ メータとしてROC解析を行った論文。

2: 結果

ピクセルサイズによる画質依存性評価の調査結果を表4に、また、非可逆圧縮の画質評価の調査結果を表5にて示す。

3: 結論

a) フィルムデジタイズに関しては、1986年のMacMahonの論文の結果が未だに引用されており、信頼性の高いものの一つである。これによるとピクセルサイズ175µmを裏付けることができる。更に 1994年にACR(American College of Radiology)から出された標準規格2Kx2Kx12ビットは14"x17"フィル ム寸法から割り出すと175µmになる。ACRが文献調査により出した規格はそれなりに重みがあると考えられる。

b) 非可逆圧縮に関しては部位、モダリティ、圧縮法により異なるが、圧縮前のデジタル画像を 2Kx2Kx10ビットとした場合は1/10までの圧縮率は許され、2Kx2Kx12ビットとした場合は1/20も不可 能ではないことが伺われる。

発表年	著者	雑誌名	評価対象	結果
1986年	MacMahon	Radiology	軽微な肺の異常陰影	100 µ mまではよい。
			(気胸など)	200µmでも急激に悪くなる
				わけではない。
1987年	Giger	J.Opt.Soc.	低コントラスとの信号	200µmでよい。
1988年	Oestmann	Invet Radiol	マンモにおける微少石灰化	100µmでよい。
1990年	Katsuragawa	Radiology	肺の間質性疾患	Pixel size 100 μ mと200 μ m
				はよい。
1994年	Riyahi-Alam	Med. Imag. Inform. Soci.	肺のテキスチャ	400µm以上では悪くなる。
			マンモにおける微少石灰化	100µm(12ビット)までならよ
				し \ ₀
				120μmから230μmの微少
				石灰化をみつけるには50μ
				mピクセルサイズ必要。
				フィルムデジタイザ :
				2Kx2Kx12
1994年	ACR	ACR Standard for	一般(文献より決定)	CR : 2Kx2Kx12
		Teleradiology		CT、MRI、超音波:
				0.5Kx0.5Kx8
				核医学、フルオログラフィ:
				0.5Kx0.5Kx8

表4 ピクセルサイズによる画質依存性評価

. 平成8年度研究成果

研究要旨

デジタル化した医用画像の非可逆圧縮を行い、電子保存後X線フィルムあるいはCRT上に再現し、 読影診断する場合のデジタイザの精度と画像圧縮率の条件を検討した。主観的な臨床評価実験から2 Kx2K、10ビットで1/20圧縮画像までは容認できるという方向性は確認できた。この結果を踏まえて、現 在、各撮影部位での圧縮画像のROC解析による客観的な評価実験を進めている。

A 研究目的

平成6年3月、デジタル化された医用画像の電子保存が認められた。その運用については共通規格 1及び共通規格2が定められているが、実際の臨床現場での利用はそれほど進んでいないのが現状 である。その原因のひとつにはデータ量が多いにもかかわらず画像圧縮が取り入れられていないこと にあると考えられる。特に、遠隔画像診療にあたっては画像データ量は、伝送速度と料金に関わりが あり、これらに起因する問題の解決のためにも画像圧縮の必要性が生じている。本研究の目的は、デ ジタル化したX線写真およびCRのデジタルデータを非可逆圧縮して電子保存後、X線フィルムあるい はCRT上に再現し、読影診断を行う場合のデジタイザの精度と画像圧縮率の必要条件を検討すること である。

B 研究方法

研究は、二段階に分けて行ない、第一段階においては圧縮画像(JPEG)の主観的な臨床的評価実験と空間分解能識別に関する検討および文献的研究を行う。第二段階では第一段階での結果を踏ま えて客観的な臨床的評価実験として圧縮画像のROC解析による検討を行う。

C 研究結果

1) フィルム上の圧縮画像の主観的な臨床評価実験対象画像として血管造影 5枚、胃造影 5枚、骨 X線撮影 5枚、胸部X線撮影 5枚、乳房撮影 6枚の計26枚を用いた。JPEGによる非可逆圧縮率は、 1/1(非圧縮)、1/5、1/10、1/15、1/20で検討した。観察者は、放射線科医師14名。異常所見把握に関 する5段階評価基準は、下記の通りである。

- 5:信号(異常所見)は、絶対に存在する。
- 4:信号(異常所見)は、存在する可能性がある。
- 3: どちらともいえない。
- 2:信号(異常所見)は、存在しない可能性が高い。
- 1:信号(異常所見)は、絶対に存在しない。

a) 2 K x 2 K の画像における5 段階評価

血管造影 胃造影 骨単純X線撮影 胸部X線撮影 乳房撮影のすべての画像において、1/20圧縮 で平均4以上の評価が得られたが、読影者による判定のばらつきが多く、評価の確定にはさらに検討 が必要である。しかし、少なくとも臨床的には圧縮画像は容認されるという結果が得られた。

b) 1 K x 1 K の画像における5段階評価

平均4以上の評価が得られたのは、血管造影で1/5圧縮、胃造影で1/15圧縮、骨X線撮影で1/10圧 縮、乳房撮影で1/10圧縮であり、胸部X線撮影では、すべての圧縮率の画像において評価平均は4以 下であった。また、血管造影では、1/10圧縮から、胃造影では1/15圧縮から、骨X線撮影、胸部X線撮 影、乳房撮影では1/1(非圧縮)から2以下の評価があり、2K x2Kの圧縮画像に比較して低い評価であ った。

c) 空間分解能識別に関する検討

1Kx1K、2Kx2K、4Kx4Kの3種類のマトリックスの1/1(非圧縮)画像を観察し、それぞれを正しく識別できるか否かを検討した。乳房撮影では、全員が1Kx1K画像を正しく識別した。胸部X線撮影、骨 X線撮影でもそれぞれ92.9%、78.6%で1Kx1K画像を正しく識別しており、1Kx1K画像では2Kx2K、4 Kx4K画像に比較して画質の劣化が目立っていることを示している。全体を通じて2Kx2Kと4Kx4Kの 間では有意な差はなく、臨床的には2Kx2Kでも良いという傾向が認められた。

2) CRT上の非可逆圧縮画像の連続確信法を用いたROC解析

選択された画像のイメージデータから1/1(非圧縮)と1/10非可逆(JPEG)圧縮画像を作成した後、共 通規格1のフォーマットで5インチMOに保存した。読影実験には遠隔医療を考慮に入れてカラーCR T(1280×1024)を使用した。対象画像は、胸部X線撮影、血管造影、胃造影、骨X線撮影、CT(肝 臓)、MRI(頭部)を予定しているが、現在、結果のでているMRIと胸部X線撮影について報告する。 a) 頭部T1強調MR像では、低信号域(脳梗塞)をもつ異常例40枚と正常例40枚を対象とした。異常例 の難易度は5段階とし、各段階毎にほぼ同数の症例数になるように配分した。フィルムデジタイザは10 ビット、175µm。JPEGによる非可逆圧縮率は、1/1(非圧縮)と1/10。現在までに2地域(読影者は各10 名)読影実験を行った。X地域では読影実験が終了し、Y地域では現在進行中である。X地域での平均 AZ値は、1/1(非圧縮)画像では0.689、1/10圧縮画像では0.669。Y地域では1/1(非圧縮)画像の平均 AZ値は、0.669、1/10圧縮画像では0.650であった。

D 現段階での考察

フィルム上での主観的な臨床評価実験の結果からは2K x2K、10ビットでは1/20圧縮画像でも臨床 的には容認し得るという感触が得られた。文献的にもROC解析に基づいた検討結果から2K x2K、10ビ ット画像の1/10非可逆圧縮は容認できると報告されている。これらの結果を踏まえて第二段階の撮影 部位毎のROC解析による圧縮画像の評価実験を進めていく必要性を確認することが出来た。現段階 でのCRT上のMR画像における読影実験結果からは1/1(非圧縮)画像の方が1/10圧縮画像よりも少し 良い結果が得られているが、全てのデータが出そろってから結論を出したい。

E 結 語

医用画像をデジタル化し、非可逆圧縮による電子保存後の再現画像において医学的に容認できる 圧縮率について検討中である。第一段階の主観的な読影実験と文献的検討から本研究を進めていく 必要性と方向性は確認できたと考えている。最終的な結論は第二段階の各撮影部位での圧縮画像の ROC解析による読影実験の終了後に報告したい。 F 研究発表:

1. 論文発表

1)前田知穂、小塚隆弘、黒田知純、稲邑清也:画像等の電子保存に関する研究 中間報告 映像情報、186-192、1997(2)

2) 黒田知純、小塚隆弘、前田知穂、他 : 厚生科学研究報告 電子保存及び画像圧縮に関する研究
 第一回遠隔医療研究会 論文集、71-72、1997/3/5

2. 学会発表

1) 黒田知純、小塚隆弘、前田知穂、他 : 厚生科学研究報告 電子保存及び画像圧縮に関する研究 第一回遠隔医療研究会(東京)、1997/3/5

2) 紀/定保臣、高田明浩、高橋健、前田知穂 : Teleradiology in Kyoto 第252回日本医学放射線学会関西地方会(大阪)、1996/12/14

3)前田知穂 : 電子情報委員会報告 厚生行政と厚生科学研究 第56回日本医学放射線学会学 術発表会(東京) 1997/4/4(予定)

. 平成9年度研究成果

研究要旨

医用画像の電子保存や遠隔放射線診療に際し、画像の可視化装置にCRTを用いかつ画像圧縮に 対して画質が担保される事に付いて検討した。胸部エックス線写真、消化管造影写真等の単純評価及 び、肝CTとMRI及び脳MRIについてのROC解析による評価実験で、カラーCRTはフィルムに代替え可 能である事と、JPEG圧縮の1/10非圧縮画像は臨床上許容し得ると結論した。又、フィルムディジタイザ の規格化を行い並びにCRT表示装置の物理的評価を行った。

研究の背景

少子、高齢社会を迎え医療・福祉の充実が求められる一方、国民総医療費の増加は社会的問題となっている。そこで、医療情報の効率化と医療費の抑制には、画像の電子保存と遠隔放射線診療がその 解決策の一つと考えられている。然し、医用画像のデータ量は膨大で画像の電子保存媒体や画像伝 送料等にかかる費用の削減を計る必要がある。一方、画像のデジタル化をはじめ、ワークステーション で画像処理を行い画像圧縮の後、CRT に表示・診断する為には、それぞれの装置での標準的仕様 が要求される。即ち、これら装置のガイドラインの設定を必要としている。

A 研究目的

画像をデジタル化し電子的に保存するとともに、CRTモニターで観察し診断する環境を整備し、医療情報の効率的活用と医療費の抑制を目的とする。先ず、エックス線フィルムを画像として電子保存する為に使用するフィルムデジタイザを規格化する。次いで、可視化装置であるCRT上での画質評価に加え画像圧縮の臨床評価を行い、CRT診断の可能性を検討する。

B 研究方法

1) フィルムデジタイザの規格に関する研究:「法令に保存義務が規定されている医用画像情報の電 子媒体による保存に関する技術基準」に則って、フィルムデジタイザを用いて電子保存する事に付い て規定すると共に、エックス線写真を画像として電子保存するために使用するフィルムデジタイザに付 いて規定した。

2) 可視化装置CRTと圧縮画像に関する検討: デイジタル化したエックス線写真及びCT、MRI等の画像 データを非可逆圧縮して電子保存の後、エックス線フィルム或いはCRT上に再現し、読影診断を行う 場合の必要条件を検討した。画像の客観的評価には離散的確信度法や連続的確信度法によるROC 解析を用い、その検定にはpaired t検定法を利用した。(A) 16名の医師による肺癌検診では、ムービ ーモードのCRT観察及びフィルムによる画像読影実験を行い、離散的確信度法を用いた。(B) 肝SOL を示すCT画像では、非圧縮画像のフィルムとCRT画像に付いて、更に1/10圧縮画像のフィルムとCRT 画像に付いて、連続的確信度法を用いて10名の医師の読影により比較検討した。(C) 肝SOLを示す CT並びにMRI画像及び脳梗塞例のMRI画像を用いて非圧縮画像と1/10圧縮画像とを連続的確信度 法によりROC解析を行った。読影に参加した医師は40名である。 C 研究結果

1)フィルムデジタイザの規格に関する研究:フィルムデジタイズ装置で入力したX線フィルム画像情報を「保存義務のある画像情報」として、記録する場合、入力対象のエックス線フィルムが間違いなくかつ適正に入力されている事を確認しなければならない。更に、最小限入出力特性として、(1)サンプリングピッチ:200µm以下

(2)空間分解能:CTF(0.25) 0.9、CTF(0.5) 0.8、CTF(1.0) 0.7 と規定した。

(3)濃度階調数:1024以上(10ビットグレイスケール)以上

(4) デジタイズ濃度範囲:0.0D - 3.0D以上などとした。

2)可視化装置CRTと画像圧縮に関する検討:(A)肺癌検診CTのフィルム読影とムービーモードCRT 画像の観察とでは、ROC下方面積値(Az)の検定で両者に有意差は観測されなかった。(B) 肝SOLを 示すCTフィルム読影のROC曲線がCRT読影よりも僅かに良好な傾向を示したが、paired t検定では有 意差は観測されなかった。(C) 肝SOLを示すCTとMRI原画像CRTと圧縮画像CRTに対するAz値の何 れの画像に於いても、非圧縮画像と圧縮画像に対する読影結果は5%の危険率で有意差を認めなか った。

以上の結果から、何れの場合も「カラーモニターCRTはフィルムに代替え可能であると共に、JPEG 1/10非可逆圧縮画像のCRT観察は臨床上許容し得る。」と結論した。

D考 察

医用画像の電子化に伴う諸問題について、厚生科学研究で検討を重ねてきた。先ず、入力系としてフィルムデジタイザの規格化、出力系ではCRT診断時の画質に拘わる問題、画像の電子保存及び遠隔 画像伝送時における画像圧縮に関する問題等である。昨年度に報告した如く、フィルム上での主観的 臨床評価実験の結果から2Kx2K、10ビットでは非圧縮画像と1/20圧縮画像とを分離し得ない結果が得 られたが、フィルムデジタイザの規格と共に、200µmのサンプリングビッチサイズ、10ビットの濃度階調 を有する画像ではJPEG圧縮で1/10をそのガイドラインとした。文献的にも「ROC解析の検討結果から 1/10非可逆圧縮は容認できる」と報告されている。 今回の読影実験の結果、何れの方法を用いた場 合のROC解析でも、非圧縮画像と1/10圧縮画像との有意差は見られず、臨床的に容認し得る結果で あった。又、CRTモニターによる診断を行う場合、画像は大きく、画像背景輝度は黒が最適であった。 ワークステーションの機能、即ち読得です。事によってCRT読影の方が有利であるとの感触 が得られている。

E 結 論:

1)フィルムデジタイザの規格化を行った。

2)カラーモニターCRTはフィルムに代替えが可能であると共に、200 µ mの画素ではJPEG非可逆圧縮 1/10は臨床上許容し得る。

F 研究発表:

1. 論文発表

T.Ishigaki, M.Ikeda, K.Shimamoto, T.Endo, T.Kozuka, T.Maeda, J.Ikezoe, K. Inamura. Is color CRT chest iamges available in PACS environment? Proceedings of the 11th International Symposium and Exhibition. CAR' 97 : 969, Excepta Medica INternational Congress Series 1134, 1997

T.Ishigaki, M.Ikeda, K.Shimamoto, T. Endo, T.Kozuka, T.Maeda, J.Ikezoe, K. Inamura. Is color CRT chest iamges available in PACS environment? CAR' 97, Berlin, 25-28, 1997

S. Iwano, T. Ishigaki, K. Shimamoto, T. Kozuka, K. Inamura, T. maeda, M. Ikeda

Detection of subtle pulmonary diseases on CR chest images : Monochromatic CRT monitor Vs. color CRT monitor RSNA, November 30-December 5, 1997, Chicago

宮坂和男:画像情報管理システムは医療をどのように変えるか.新医療 24(1):66-68,1997

宮坂和男:提言画像医学のさらなる発展のために 画像情報は医療をどのように変えるか.映像情報 29:326-327,1997

宮坂和男:病院システムにおけるCRT診断の特徴と経済的効果.放射線科専門医会ニュース No.101 6-8, 1997

Kudoh K, Nambu T, Terae S, Yoshikawa H, Fujita N, Miyasaka K : Evaluation of Efficacy on CRT diagnosis. Radiology 205 : 614, 1997

Kudoh K, Nambu T, Terae S, Yoshikawa H, Fujita N, Miyasaka K : ROC analysis of digital image data compression : Clinically acceptible compression ratios of CT and MR images of the brain. Radiology 205 618, 1997

T.Fujii, J. Suzuki, I.Furukawa, S. Ono, T.Ashihara, Y.Ando: Application of Super High Definition Images in Telepathology and Teleradiology, 1996 IEEE Global Telecommunications, Conference, pp.907-911, London, Nov. 1996.

小笠原克彦、安藤裕、池田俊也、国枝悦夫、北村正幸、久保敦司: 医用画像のフィルム保管と光磁 気ディスク保管の費用比較 - モデル病院においての検討 - 、医療情報学 17(1):41-51、1997

安藤裕:画像伝送のための標準規格 DICOM の現状と課題 INNERVISION 12(7):25-29, 1997

J.Suzuki, I.Furukawa, S.Ono, M. Kitamura and Y.Ando:Contrast Mapping and Evaluation for Electronic X-ray Images on CRT Display Monitor, IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, 16(6):1-13, 1997

Y.Ando, O.Kawaguchi, M.Kitamura, E.Kunieda, E.Kohda, A.Kubo, K. Ogasawara, S.Ono and Y. Arai :Image Filing System Using WWW Server and Client Mechanism, IMAC'97 The 5th International Conference on Image Management and Communication

Proceeding, 101-101, 1997

2. 学会発表

電子情報委員会:日医放電子情報委員会報告(厚生科学研究を含めて)、第56回日医放総会平成9 年4月8日、横浜

電子情報委員会:日医放電子情報委員会報告展示(厚生科学研究を含めて)、第57回日医放総会 平成10年4月8-11日、神戸

. 画像をデジタル化し電子的に保存するとともに、CRTモニターで観察し診断する 環境を整備するためのガイドライン

目的:画像情報の効率的活用を目的に、画像をデジタル化し電子的に保存するとともに、CRTモニターで観察し診断する環境を整備するためのガイドラインを設定する。

その1 - フィルムデジタイザ

本ガイドラインは通則と規格よりなる。

1.「X線フィルムの電子保存に関する通則」

「法令に保存義務が規定されている医用画像情報の電子媒体による保存に関する技術基準」に則して, フィルムデジタイズ装置を用いて電子保存することについて規定した。本通則は以下の各項目につき、 十分な知識に基づき必要な対処法を自ら確立できうる能力を有する医師または歯科医師により運用さ れる範囲においてのみ適用される。

(1)本規格により電子的に保存された画像(以下「電子化画像」という)を可視化して診断に供される場合において、画像診断による責任は、電子保存以外の方法による当該画像の診断による責任に比べて、軽減または回避されるものではないこと。

(2)本規格に示す空間分解能および濃度分解能の大きさが画像診断上の精度に影響を与える可能性があること。

(3)本規格により電子化画像のサンプリングピッチ及び濃度階調度は正確に記録され、かつ当該電子 化画像が可視化されたときこれらの情報が明示できること。

(4)本規格で述べる装置(当該装置)を除き、周辺装置が当該装置またはこれらの装置の複合体の持つ性能を損なわないことを確認できること。

(5)当該装置またはその複合体によるシステム全体の性能が適正に維持されていることを証明し、その記録が保管できなければならない。その証明に必要な方法の例を「フィルムデジタイズ装置に関する規格」の付属書に示す。

2.「フィルムデジタイズ装置に関する規格」

本装置の仕様としては次の特性を有することを推奨する(但し、マンモグラフィは除く)。

- (1) サンプリングピッチ:200 µ m以下
- (2) 空間分解能: CTF(0.25) 0.9, CTF(0.5) 0.8, CTF(1.0) 0.7

ここでCTF(n)はn lp/mmのContrast Transfer Functionを示す。

- (3) 濃度階調度数:1024以上(10ビットグレイスケール以上)
- (4) デジタイズ濃度範囲:0.0D 3.0D以上

性能テスト(空間分解能、濃度出力特性、幾何学的歪)は、「フィルムデジタイズ装置に関する規格」 の付属書に定められた方法に基づいて行う。

その2 - CRT

1.CT、MRI画像の診断において、CRTモニタはフィルムに代替可能である。

- 2.X線画像診断において、CRTモニタはフィルムに代替可能である。
- 3.カラーCRTはモノクロCRTに代替可能である。
- 4. CRTモニタの表示マトリックスは、1,000 x 1,000 以上が望ましい。

5.但し、性能、読影環境ならびに経時変化については十分な配慮をはらうこと。

6.入力画像の画質に配慮してCRT診断を行うこと。特に乳房X線画像などのように高分解能を要する ものについて特に留意して読影する必要がある。

その3 - 圧縮率

医用画像を圧縮する時に画質について十分は配慮を行っている場合にはJPEG非可逆圧縮で1/10 までは非圧縮画像と臨床上差し支え無いと考えられる。

資料 : ガイドラインを導くに至った根拠

フィルムデジタイザー

性能テスト方法を規定しているのは装置仕様の規程のみでは性能の実現と維持が必要充分に表現 され得ない物理的背景が存在するためであり,この測定方法に準拠したテストにより,性能の実現と維 持が証明される。

詳細通則(3頁)と引用規格(6頁)の資料請求先:厚生省健康政策局医療技術情報推進室長

CRT

評価実験の手順 : 画像のデジタイズは基本的にガイドライン「フィルムデジタイザーの規格について」に準拠した。

1.評価目的

国内3施設でコンピュータ用CRT像と原フイルム像との画質比較

- 2.評価対象画像 胸部単純写真疑似結節影存在の識別能
- 3a.評価画像数 フィルム像20枚、CRT像 20画像
- 3b.画像結節(信号)数 5結節 x 20、計 100結節 結節無し(無信号)数 5結節 x 20、計 100結節
- 4.評価用フィルムのディジタル化
- a. 使用機器 レーザーフィルムディジタイザー(阿部院計2901) (0.0D-3.5D)
- b. アパーチャサイズ 200 μ m (125DPI)
- c. 階調 10ビット(観察時8ビット)

5.評価に使用したCRT

16インチカラーCRT 1024 x 760画素 1670万色(256白黒階調) 1台

21インチカラーCRT 1024 x 760画素 1670万色(256白黒階調) 1台

21モノクロームCRT 1600 x 1200画素 256階調 1台

6.評価方法 結節の有無の読影結果のROC解析(5段階評価)による評価

Az(area under ROC curve)値とその標準偏差から2群のStudentのpaired-t検定を行ったが,p<0.05を 統計的有意差ありと判定した。

7.評価者 3施設10名の放射線診断医(2年 - 24年、平均8年)

8. 画像データの伝送 ISDN回線(64 kbps)およびマイクロ波回線(1,536 kbps)

9. 読影作業 読影時画像処理なし、輝度は一定とした

評価結果のまとめ

1. 結節影を持つ胸部単純写真を200µm、10ビットでディジタル化した画像はCRT読影を行った場合フィルム読影と変わらなかった。

2.1024 x 1024画素で表示されたカラーCRTとモノクロームCRTでは読影結果に有意の差が認められなかった。

3. ディジタル伝送された画像への伝送誤りによるノイズ混入は認められなかった。

カラーモニターによるCR胸部単純画像の安全性、有効性の検討

1.目的 : CRTカラーモニターを用いたCR胸部単純画像間質性陰影の診断の安全性・有効性に ついて検討した。

2.方法: ROC解析に用いたコンピューテッドラジオグラフィー(CR)画像は肺間質影(線状、粒状、 網状、スリガラス状陰影)あるいは淡いコンソリデーションを有する63例である。読影の再現性を検討 する目的で重複読影例を24例設けた87画像を読影した。読影医は20名で、呼吸器を専門とする放射 線科医18名と内科医2名である。その経験年数は5~10年:6名、10~15年:6名、15~20年:7名、 20年 以上:1名である。ここで用いたCR画像および読影者は平成5~6年度厚生科学研究「診断技 術評価に関する研究ー肺病変の検出におけるCRTモニター画像による診断の安全性、有効性の確 認一」と同じである。得られた結果を以前の結果と比較した。

3. 対象画像:

フィルム像:肺野以外の領域を覆った.

CRT白黒モニター: 20インチ、フレームメモリ1568 x 1152 x 8 bit (Fuji HI-C654)

CRTカラーモニター: 20インチ、フレームメモリ1280 x 1024 x 8 bit (FlexScan E65T, Nanao Co Ltd, Ishikawa)

4. 画像表示

1).フィルム画像:従来のコンベンショナルフィルム(SFフィルム)は原画像、CRは 2/3サイズの デフォルトモード画像をフィルムに表示。

2).白黒モニター画像表示:非拡大像と2倍拡大像.画像処理は通常のフィルムに近い像、低周波強 調像、高周波強調像。階調処理は自由

3).カラーモニター画像表示:非拡大像と2倍拡大像

画像処理:通常のフィルムに近い像、階調処理は自由

5. 結果 : カラーモニターにおいても非拡大像、2倍拡大像とも全体のROC曲線では以前のデ ーター(スクリーンフィルム系のフィルム画像、CRの2/3サイズのデフォルトモードフィルム画像、白 黒CRT画像と統計的有意差はなかった。間質陰影の種類別に見ても統計的有意差は見られなかった。 読影医の胸部診断に関する専門性を考慮して胸部診断に10年以上かかわっている7名(胸部専門 医)と胸部診断の経験は5年未満の6名(非胸部専門医)で比較すると、sensitivityでは胸部専門医でカラーモニターが白黒モニターに比べ劣ったが、ROC曲線では統計的有意差はなかった。

6. 考察: 微細な肺間質影あるいは淡いコンソリデーションのCR画像を1000本系の白黒モニター で観察しても、診断能としてはCRフィルム画像、SFフィルム画像と差がないことはすでに報告した。 今回のカラーモニターによる検討結果からは、白黒モニターで観察するのとROC解析上は差がなく 病変の有無の判断では安全性が確認されたといえる。sensitivityでは胸部専門医でカラーモニターが 白黒モニターに比べ劣ったが、ROC曲線でみると全く差がなく、これは読影医がカラーモニターとい うことで、読影医自信の診断基準を意識的に変更した可能性も考えられ、有意差がないというROC解 析の結果を覆すものではない。

7. 結語 : 多施設の胸部画像診断専門家によるROC解析によりCRTカラーモニターによる肺微細 陰影の診断能をコ ンベンショナルフィルム画像、CRのフィルム画像、CRT白黒モニター画像(1000 本系)との間で比較した.その結果CRTカラーモニターでも異常所見発見において読影者全員の平 均ではコ ンベンショナルフィルム画像、CRのフィルム画像、CRT白黒モニター画像との間に統計学 的有意差は認められなかった.

カラーCRTと圧縮率

頭部MR画像において、1)カラーモニターによるCRT読影とフィルム読影に差があるかどうか、2)CRT 読影において可逆圧縮と1/10 非可逆圧縮に差があるかどうか、を検討した。

頭部MRI 20症例112解剖学的部位のT1及びT2強調画像を対象とした。MR画像は1.5T機器で撮像 され、マトリックスは512 x 512 x 12 bitsである。画像表示端末のCRT画面は17インチカラーモニター1 個で1280 x 1024ピクセル、full color board装着である。原画像と同等のマトリックサイズとなるように、 CRTモニター上では評価対象画像4断面を至適階調設定で表示した。画像圧縮はJPEG圧縮を用い、 圧縮率は可逆圧縮では1/2ないし1/3、非可逆圧縮では1/10以下(平均1/14)になるように設定した。

読影実験は経験豊富な神経放射線医10名にて、フィルム表示非圧縮・CRT表示可逆圧縮・CRT表 示非可逆圧縮の3方法を評価した。10名の評価をもとにROC解析を行った。その結果、フィルム法、 CRT可逆圧縮法、CRT非可逆圧縮法それぞれにおいて、10名の読影者個々及び平均化したいずれ もが良好なROCカーブを示した。Az値の平均は、フィルム法0.93108、CRT可逆圧縮法0.93173、CRT 非可逆圧縮法0.91748である。片側t検定でのp-valueは、フィルム対CRT可逆圧縮0.46、フィルム対 CRT非可逆圧縮0.07, CRT可逆圧縮対CRT非可逆圧縮0.13と何れも互いに有意差はなかった(p<0.05)。 すなわち、頭部MR画像の診断においては、フィルムと比較しカラーCRTモニタによる病変の検出能に 差はなく、JPEG 1/10非可逆圧縮にても認識しうる画質劣化はなかった。

1/20 JPEG圧縮されたX線画像が臨床上許容し得るかどうかの検討

評価実験の手順

1.評価目的 : フィルム出力されたX線画像の非圧縮(原画像)画像と1/20 JPEG非可逆圧縮画像を 用いて、両者をシャウカステン上に並べて提示した状況で圧縮画像がどちらであるかをアンケート形 式で答える形での検討を行った。

2. 評価対象画像 : 早期胃癌症例2例、膵癌血管造影症例3例、骨転移症例3例、肺癌及びHIV感染症例2例の合計10症例である。

3. 評価に使用した機器:比較読影に際し、各症例毎に原画像フィルムをELK社製フィルムデジ タイザED-2000Nで空間分解能160µm(胸部大角サイズのフィルムで2000x2000画素に相当する)、 濃度分解能10ビットでデジタイズし、その後ワークステーション上で1/20 JPEG非可逆圧縮画像をELK 社製のイメージャでそれぞれフィルム出力し,比較読影に供した。

4. 結果と考察: アンケートは'96年日本医学放射線学会秋季大会(札幌)、関西地方会(大阪)、 中部地方会(名古屋)、'97年日本医学放射線学会(横浜)で実施し、81人から得た結果をまとめた。各 症例毎の正解者人数の割合では、正答率は全体的には40%~60%の間(平均50.9±7.1%)に分布した。 また、骨転移症例や肺癌及びHIV感染症例では他の症例に比して成績が若干悪かった。

回答者の放射線科医としての経験年数と正解数との関係では、放射線科医としての経験年数(x)と正 答数(y)との回帰直線式はy = -0.0099x + 5.1213 (R2=0.0032、p<0.05)であり、両者は無相関であった。 尚,アンケート用紙上に経験年数の記載がなかった場合のデータは割愛し,物理工学者の場合には経 験年数を0年とした。

5.評価結果 : X線フィルムを用いた原画像と1/20 JPEG非可逆圧縮画像との比較読影実験において、両者を識別することは出来ず、またその結果は放射線科医の経験にも依存しなかった。

臨床上許容し得る圧縮率

評価実験の手順

1.評価目的: X線CT画像とMRI画像について、非圧縮画像(原画像)と1/10 JPEG圧縮 画像(非 可逆圧縮画像)を用いてCRT比較読影を行い、ROC解析に基づいて検討する。

2.評価対象画像 : 肝X線CT画像、頭部MRI画像(T1WI)、肝MRI画像(T1WI)の非圧縮画像と 1/10JPEG圧縮画像

3.評価画像数 : 肝のX線CT画像、頭部MRI(T1WI)画像、肝MRI(T1WI)画像の正常40スライス、 異常40スライスおよびそれぞれの1/10JPEG圧縮画像

4.評価に使用した機器と画像観察ソフト: CRTはナナオ社製20型カラーCRT FlexScan E65T 5台(製造番号27267086-JA, 28036086-JA, 28033086-JA, 28037086-JA, 21470076-JA). 評価は 1997年12月にOSをWindows 3.1 からWindows 95に変更した. 各OSにおけるCRTの設定はWindows 3.1周波数設定水平同期:80.4kHz、垂直同期:75.9Hz、ピクセルクロック:139.000MHz, Windows 95 では周波数設定水平同期:84kHz、垂直同期:76Hz、ピクセルクロック:166.465Mhzであった。画像

観察ソフトは日立コンピュータ機器社製の読影プログラムを利用した。このプログラムは、画像を512 x 512の大きさでCRT画面中央に表示するようにプリセットされており、順次画像番号を指定すること によって読影が進むように設計されている。一画像毎にWL / WWおよび 特性が変更できるように した。また、CRT画面の輝度は面内での輝度ムラが最小になるように調整した。

5.評価方法: CRT比較読影者は経験年数が2~27年の放射線科医であり、各施設毎に10人以上 とした。CRT比較読影に対する評価法として、連続確信度によるROC解析手法を用いた。得られた データを用いてROC曲線、およびその曲線下の面積Azを推定するため、LABROCを用いた。また、 各読影者から得られたROCデータの平均は各FPFのTPFの平均値から求めるアベレージ法を用い た。

6.評価結果: 肝X線CT画像、頭部MRI(T1WI)画像、肝MRI(T1WI)画像についてROC解析を行った結果、原画像と圧縮画像に対するAz値はそれぞれ0.855と0.861、0.673と0.662、0.813と0.816であった。いずれの症例においても、原画像と圧縮画像に対する読影結果には5%の危険率で有意差を認めなかった。

. 分担研究班報告書

1.X線フィルムの電子保存に関する通則

分担研究者 第三小委員会委員長 稲邑清也 (大阪大学医学部保健学科医用工学講座)

研究協力者 安藤 裕 (慶応義塾大学医学部放射線科学教室) 桂川茂彦 (岩手医科大学医用工学室) 小寺吉衛 (名古屋大学医学部保健学科) 笹垣三千宏 (大阪大学医学部附属病院放射線部) 滝沢正臣 (信州大学医学部附属病院医療情報部) 福久健二郎 (放射線医学総合研究所医療情報室) 梅田徳男 (北里大学医療衛生学部) 松井美楯 (コニカ(株))

1. 適用範囲

この通則は、「法令に保存義務が規定されている医用画像情報の電子媒体による保存に関する技術 基準」(以下技術基準)厚生省健康政策局長通達健政発第280号平成6年3月29日に則って、フィル ムデジタイズ装置を用いて電子保存することについて規定する。

この通則の引用規格を次に示す。

「フィルムデジタイズ装置に関する規格」

本通則は以下の各項目につき,十分な知識に基づき必要な対処法を確立できうる能力を有する医師 または歯科医師により運用される範囲においてのみ適用される。

- (1)本通則により電子的に保存された画像(以下「電子化画像」という)を可視化して診断 に供される場合において,画像診断による責任は,電子保存以外の方法による当該画 像の診断による責任に比べて,軽減または回避されるものではないこと。
- (2)本通則に示す空間分解能および濃度分解能の大きさが画像診断上の精度に影響を与 える可能性があること。
- (3)本通則により電子化画像のサンプリングピッチ及び濃度階調度は正確に記録され,かつ当該電子化画像が可視化されたときこれらの情報が明示できること。
- (4)本通則で述べる装置を除き,周辺装置が当該装置または装置の複合体の持つ性能を損なわないことを確認できること。
- (5)当該装置またはその複合体によるシステム全体の性能が適正に維持されていること を証明し,その記録が保管できること。その証明に必要と考えられる測定方法の案例 を「フィルムデジタイズ装置に関する規格」の付属書に示す。
- 1. 用語の定義

この通則で用いる主な用語の定義は、次のとおりとする。

(1)取扱説明書 使用者,据付者などに必要な情報を記載した文書であり,ここでは特に 技術的基準に則った画像関連機器を,技術的基準に適合して使用者が使用する ための注意事項を付加した文書をいう。

(2)画像固有認識 保存義務のある画像情報を個別に同定するための情報をいう。
 (3)画像情報 画素の値に加え,患者情報,検査情報等を含んだ情報のことをいう。
 (4)フィルムデジタイズ装置 X線フィルムからの透過光を光電変換センサで電子信号に変換することによって,画像データを得る装置である。

3. 適合するフィルムデジタイズ装置

適合するフィルムデジタイズ装置は下記の規格に適合して,医用画像情報を得るものである。 「フィルムデジタイズ装置に関する規格」

4. 画像情報の記録

画像情報を電子媒体に記録する場合は下記の項目に適合すること。

4.1 画像情報

前節3.のフィルムデジタイズ装置を用いてX線画像情報を得ると同時に,診療に用いられた画像と 同一の画像に可視化するために必要な情報並びに混同を防止するために必要な情報を電子媒体に 記録すること。

4.2 画像情報の状態の管理

(1)「保存義務が生じる可能性がある画像情報」、「保存義務のある画像情報」、「保存義務のある画像情報を正確に複製した画像情報」および「その他の画像情報」を区別して 電子媒体に記録すること。

(2)前節3.に適合するこの装置の使用者は,入力対象のX線フィルムが混同なくかつ適 正なサンプリングピッチ及び濃度階調度で入力されたことを確認した時点で,電子媒 体に記録されている「保存義務が生じる可能性がある画像情報」を「保存義務のある 画像情報」に,変換する機能を持つこと。

4.3 画像情報の安全性確保

以下の機能を有すること。

- ・電子媒体への画像情報の記録
- ・画像固有認識の記録
- ・電子媒体に記録されている「保存義務のある画像情報」(オーソライズドオリジナル) から「保存義務のある画像情報を正確に複製した画像情報(オーソライズドコピー) への複製
- ・電子媒体に記録されている「保存義務のある画像情報」の他の電子媒体への移動

4.4 画像情報の所在管理

記録された「保存義務のある画像情報」の画像固有認識を管理する仕組みを持つか,取扱い説明書 等で使用者に管理体制の設置を促すこと。

5. 画像情報の復元

画像情報を電子媒体から可視化する場合は下記の項目に適合すること。

5.1 不正利用の防止

保存義務のある画像情報の可視化においては利用者認証の機能を持つこと。

5.2 画像固有認識の参照 画像固有認識を容易に参照できること。

6. 適合性

画像関連機器がこの通則に適合することを主張する場合は,その機器が画像情報の発生,記録,保存,復元に関して持つ機能と,対象とするモダリティの範囲が明確であること。

- 7. 取扱説明書
 - 画像関連機器には,下記を記載した取扱説明書が添付されなければならない。
 - (1)別添「フィルムデジタイズ装置に関する関する規格」を満たすために使用者が守るべき注意事項
 - (2)他の画像関連機器と組み合わせる場合の注意事項
 - (3)その他,使用者が理解または使用することに必要な情報
 - (4)本フィルムデジタイズ装置で入力したX線フィルム画像情報を「保存義務のある画像 情報」として記録する場合,入力対象のX線フィルムが間違いなくかつ適正に入力さ れていることを,施設管理者の責任において確認しなければならない。

. 分担研究班報告書

2.フィルムデジタイズ装置に関する規格

分担研究者 第三小委員会委員長 稲邑清也 (大阪大学医学部保健学科医用工学講座)

研究協力者 安藤 裕 (慶応義塾大学医学部放射線科学教室) 桂川茂彦 (岩手医科大学医用工学室) 小寺吉衛 (名古屋大学医学部保健学科) 笹垣三千宏 (大阪大学医学部附属病院放射線部) 滝沢正臣 (信州大学医学部附属病院医療情報部) 福久健二郎 (放射線医学総合研究所医療情報室) 梅田徳男 (北里大学医療衛生学部) 松井美楯 (コニカ(株))

1.目 的¹⁾

本規格は、「法令に保存義務が規定されている(以下「保存義務のある」という)医用画像情報の電子 媒体による保存に関する技術基準」に則って、X線フィルムを画像として電子保存するために使用する フィルムデジタイズ装置(以下「本装置」という)の仕様を規定することを目的とする。

本規格の目的は本装置を, CT, MRIのような医用画像取得装置とは異なり, 第2次データ取得(いわゆるsecondary capture)のための装置として使用する条件を規定することにある。

2.用語の定義1)

この規格で用いる主な用語の定義は次の通りとする。

(1)X線フィルム

X線撮影装置で撮影した医療用X線フィルムをさす。

(2)フィルムデジタイズ装置

X線フィルムからの透過光を光電変換センサで電気信号に変換することによって,画 像データを得る装置である。

(3)画像情報

画像データに加え、患者情報等を含んだ情報のことをいう。

(4)画素

X線フィルム画像の水平方向及び垂直方向に分割した最小単位。

(5)濃度

JIS K7651, 7652, 7653-1994で定められた視感度波長における拡散光濃度 測定による濃度とし、Dで表す。

(6)読み取り

フィルムデジタイズ装置を用いて、X線フィルムをデジタイズすることをいう。

(7)デジタイズ濃度範囲

フィルムデジタイズ装置で識別できる濃度範囲。

(8)濃度階調数

デジタイズ濃度範囲を量子化する際のステップ数。

(9)濃度出力特性

X線フィルム上の濃度とフィルムデジタイズ装置から出力されるデジタル値の関係。 (10)サンプリングピッチ

画素の中心とその画素に隣接する画素の中心との距離。

(11)空間分解能

ある空間周波数におけるテストチャートのコントラストとデジタイザーの出力から求めるコントラストとの比^(注)

- 3.フィルムデジタイズ装置仕様
- 3.1 仕様概要

本規格におけるフィルムデジタイズ装置は,以下の仕様からなる。

(1)使用フィルム:3.2節参照

(2)読み取り方式:3.3説参照

(3)データ入出力特性:3.4節参照

3.2 使用フィルム

本規格における本装置は,保存義務のある透過型X線フィルムを入力できなければならない。入力 できるフィルムサイズについては,装置ごとの取扱説明書に明記するものとする。

3.3 読み取り方式

本規格における本装置は,読み取り方式を特に規定しないが,最小限3.4節の条件を満足することが推奨される。

3.4 データ入出力特性

本規格による本装置は,最小限次のデータ入出力特性を有することが推奨される1),注)。 (1)サンプリングピッチ:200 µ m以下

(2)空間分解能: CTF(0.25) 0.9, CTF(0.5) 0.8, CTF(1.0) 0.7

CTF(n)は,n lp/mmの CTF を示す。

(3)濃度階調数:1,024以上(10ビットグレイスケール以上)

(4)デジタイズ濃度範囲:0.0D - 3.0D以上

- ¹⁾ ACR Standard for Teleradiology, Revised 1996 (Res.26), Published by American College of Radiology, Dec. 25, 1996.
- ^(注)n lp/mm のチャートの空間分解能 CTF(n) は,次式によって求める。

CTF(n) = CD(n) / CT(n)

- CT(n): n lp/mmのチャートのコントラスト
- CD(n): n lp/mmのチャートをフィルムデジタイズ装置で読み取った時の コントラスト

付属書 性能テスト方法

1. 適用範囲

この付属書は,フィルムデジタイズ装置の性能テスト方法について案例として挙げる。 ここでは一般のX線フィルム写真についてサンプリングピッチ200µm以下,デジタイズ濃度範囲 0.0 D - 3.0 D 以上について述べている。乳房撮影フィルムや歯科X線フィルムなどサンプリングピッチ 等を変更したテスト方法については数値を変更して応用できるものとする。

- 2.空間分解能テスト方法
- 2.1 空間分解能テスト用フィルム

(1)付図 1で示すテストチャートを含むフィルムを用意する。 チャートのピッチpに対して,暗部,明部の幅はそれぞれp / 2の幅を持つ。ピッチ pは0.4,1,2,4mmとする。これは,それぞれ 2.5,1,0.5,0.25 lp/mm に対 応する。また,チャートの暗部と明部の濃度はそれぞれ約1.5 D,約0.5 Dとし,測 定部以外の濃度は規定しない。暗部の本数は5本とする。





(2)テストチャートのコントラストCT (u) は以下の方法で求めておく。

- (2-1)まず、マイクロデンシトメータ等で上記のテストチャートを測定する。測定はラインペアチャートの中心付近で行い、アパーチャは10µm(W) × 1,000µm
 (H) 程度とする。
- (2-2)マイクロデンシトメータの測定値を定められた方法(注)で濃度値に換算し,濃 度プロファイルをプロットする。
- (2-3)得られた濃度プロファイルより, 各チャートのピッチの逆数uにおける暗部, 明 部の濃度を求め, 以下の式によりテストチャートのコントラストCT(u)を計算 する。

10-Dbright (u) - 10-Ddark (u)

CT(u) =

10 - Dbright (u) + 10 - Ddark (u)

u; 空間周波数(lp/mm)。チャートのピッチの逆数(lp/mm)。

Dbright(u); 空間周波数u における明部の濃度。

両端をのぞく中央の3本の明部のそれぞれの最小濃度の平均。 Ddark(u);空間周波数uにおける暗部の濃度。 両端をのぞく中央の3本の暗部のそれぞれの最大濃度の平均。

2.2 測定法

(1)デジタイズ装置で上記のチャートを以下の条件で読み取る。

デジタイズ濃度範囲 0.0 D - 3.0 D 以上

サンプリングピッチ 200 µ m以下

(2)デジタイズ装置の出力のコントラストCD(u)を次の方法で求める。

テストパターン中心付近の出力プロファイルより, 各チャートのピッチの逆数uにお ける暗部および明部の出力値を求め, 以下の式によりデジタイズ装置の出力のコント ラストCD (u) を計算する。

10 - Dmax × Vbright(u) / Vmax - 10 - Dmax × Vdark(u) / Vmax

CD(u) =

10 - Dmax × Vbright(u) / Vmax + 10 - Dmax × Vdark (u) / Vmax

- u; 空間周波数(lp/mm)。チャートのピッチの逆数。
- Vbright(u);空間周波数uにおける明部の出力値。

両端をのぞく中央の3本の明部のそれぞれの最小出力値の平均。

Vdark(u); 空間周波数uにおける暗部の出力値。

両端をのぞく中央の3本の暗部のそれぞれの最大出力値の平均。

- Dmax;装置の公称の最高読み取り濃度
- Vmax;装置の濃度階調数 1

(3)次式で表すCTFが規格値を満たすこと。また,測定は主走査,副走査方向について行い,それぞれのCTFが規格値を上回ること。

CTF(u) = CD (u) / CT (u) <規格値 > CTF (0.25) 0.9 CTF(0.5) 0.8 CTF (1) 0.7 (注) 変換方法

0.1 lp / mmのマイクロデンシトメータの測定値 $(M_{0.1})$ と濃度計の測定値 $(D_{0.1})$ を用い,変換係数Qを求める。

$Q = D_{0.1} / M_{0.1}$

各ラインペアチャートの濃度値は次式によって求める。 DK = Q × MK (K = 2.5, 1, 0.5, 0.25)

3.濃度出力特性のテスト方法

3.1 濃度出力特性テスト用フィルム

すでに定められた測定法により濃度を測定してあるテストチャートをデジタイザ装置の読み取り領域のほぼ中央に配置したテスト用フィルムを作成する。テストチャートの最低濃度及び最高濃度をそれぞれ0.3 D 以下 2.9 D 以上とし,その間をほぼ等間隔にする。但し,テストチャートの段数は最低・最高 濃度を含め7点以上とする。なお,測定部以外の濃度は特に規定しない。



付図2 テストフィルムの作成例

- 3.2 測定方法
 - (1)上記のテストフィルムを以下の条件で読みとらせる。

デジタイズ濃度範囲 0.0 D - 3.0 D以上

サンプリングピッチ 200 µ m以下

- (2)ステップタブレットの各段のほぼ中心約3mm×3mmの部分について出力データの平均値を求める。
- (3)前項(2)で得られた各濃度における平均値を以下の式を用いて濃度値に換算する。この とき小数3桁目以下を四捨五入する。

Dmax

出力データの濃度換算値 = 出力値 ×

Vmax

ここで Dmaxはデジタイズ装置の公称の最高読みとり濃度,

Vmaxはデジタイズ装置の濃度階調数である。

(4)各濃度における出力データの濃度換算値をプロットし,規格値を満たしているかどう かを確認する。



付図3 各濃度における出力データの濃度換算値のプロット例

4.幾何学的歪テスト方法

4.1 幾何学的歪のテストフィルム

歪のテストに用いるフィルムのサイズは,テストするフィルムデジタイズ装置の最大読み取り可能フィ ルムサイズを用いる。

記号の定義

XI,YI:主走査方向,副走査方向それぞれの格子の全幅長

(フィルムの実際の長さの90%以上とする)

X,Y:主走査方向,副走査方向それぞれの格子全幅に対する実測画素数

xln,yln:主走査方向,副走査方向それぞれの各格子間隔の長さ(n=1~4)

Xn,Yn:主走査方向,副走査方向それぞれの各格子間隔に対する実測画素

 $(n = 1 \sim 4)$

Xsp,Ysp:主走査方向,副走査方向それぞれの格子全幅に対するサンプリンピッチ Xspn,Yspn:主走査方向,副走査方向それぞれの各格子間隔に対するサンプリング

ピッチ(n = 1 ~ 4)



4.2 測定方法

(1)歪のテストフィルムを下記の条件でテストするフィルムデジタイズ装置で読み取る。

(2)読み取り条件

デジタイズ濃度範囲: 0.0 D - 3.0 D以上

サンプリングピッチ: 200 µ m以下

(3)格子の外枠の長さ(X1 = 主走査方向), (Y1 = 副走査方向)を予め計測する。その値を, X1, Y1とする。

(4)読み取ったデータの主走査方向,4箇所のプロファイルをプロットする。

同様に副走査方向のプロファイルをプロットする。

プロットする位置は,各格子の中心で行う。(主走査及び副走査とも4箇所)

プロットしたプロファイルの例を付図5に示す。



付図5 プロファイルの例

(5) プロファイルプロットの極大値(極小値)を基準にして, X, Y, Xn, Ynのピクセル数を カウントする。
(6)サンプリングピッチの測定

主走査及び副走査両方向の各格子の間の各4ライン,計8ラインの部分で,以下の式で計算 されたサンプリングピッチと公称サンプリングピッチとの誤差は1%以下であること。

主走查方向

Xsp =	X1	サンプリングピッチ誤差 =	Xsp	-	公称サンプリングピッチ
·	Х			公和	ホサンプリングピッチ
副走查方向	Y1		Ysp	_	公称サンプリングピッチ

		•••		чор	
Ysp	=		サンプリングピッチ誤差 =		
		Y			公称サンプリングピッチ

(7)局所的な歪の測定

以下の式で計算される誤差(En)の値が±1%以内であること。

		X In					Y In	
Xspn	=		(主走査方向)	および	Yspn	=		(副走査方向)
		Хn					Υn	

Xspn -	Xsp	Yspn -	Ysp
En =	(主走査方向)	および En=	(副走査方向)
Xsp		Ysp	

En:格子間隔に対する誤差(n=1~4,主走査,副走査両方向)

5.濃度均一性テスト方法

5.1濃度均一性テストフィルム

濃度均一性テストに用いるフィルムのサイズは、テストするフィルムデジタイズ装置の最大読み取り可能フィルムサイズを用いる。

5.2 測定方法

(1)付図6の各測定領域の中央付近の濃度を定められた測定法(注)にて測定する。
 その値をそれぞれAs, Bs, Cs, Ds, Es, Fs, Gs, Hs, Isとする。

(2)濃度均一性テストフィルムを下記の条件でテストするフィルムデジタイズ装置で読み取る。

読み取り条件

デジタイズ濃度範囲 : 0.0 D - 3.0 D以上

サンプリングピッチ : 200 µ m以下

(3) 各測定領域のほぼ中心の約3mm×3mmの部分の出力平均値から濃度変換値を求める(3.2(3)項参照)。その値をそれぞれAi, Bi, Ci, Di, Ei, Fi, Gi,

Hi,Iiとする。

(4)前項(2)で得られた各測定領域の平均濃度と前項(3)で測定した濃度の差を求める。 それぞれの値を

As - Ai = Ae, Bs - Bi = Be, \cdots , Is - Ii = Ie

とする。

(5)前項(4)で得られた最大値と最小値の差が0.05 D以下であること。

^(注)JIS K7651, 7652,7653-1994で定められた測定法



付図6 濃度均一性テストパターン

濃度測定の位置はフィルムの端から 1/6,2/6,2/6,1/6の位置に設ける。 測定領域の大きさは3mm×3mm以上 とし,濃度は1.0D近傍とする。 ベース濃度は特に規定しない。

. 分担研究班報告書

3.CRT表示装置の物理評価について

分担研究者 近藤 博史 (徳島大学医学部附属病院医療情報部) 研究協力者 晶沢 菊雄 (日立コンピュータ機器株式会社)

1. はじめに

CRT表示装置においてデジタル画像の読影実験をおこなうにあたって、実験環境の確認は重要な 前提条件である.また、一般的なカラーCRT表示装置のデータとしても調査しておくことは重要である.

2. 調査項目について

デジタル画像データはマトリックスサイズと濃度階調が存在する.これを表示するカラーCRTとして は明るさとそのダイナミックレンジ、分解能 歪み、大きさ、色温度等が問題となる.また、CRTは一つ の真空管であり、電子線ビームの発生には緩やかな立ち上がりがあり、輝度の立ち上がり時間も測定 した.

3. 方法

CRTはナナオ社製20型カラーCRT FlexScan E65T 5台(製造番号 27267086-JA, 28036086-JA, 28033086-JA, 28037086-JA, 21470076-JA). 評価は 1997 年 12 月にOSを Windows 3.1 から Windows 95 に変更した. 各OSにおけるCRTの設定は Windows 3.1 周波数設定水平同期:80.4kHz、垂直同期: 75.9Hz、ピクセルクロック: 139.000MHz, Windows 95 では周波数設定水平同期:84kHz、垂直同期: 76Hz、ピクセルクロック: 166.465Mhz であった。輝度計は TOPCON 社製 LUMINANCE METER Bm-8 を使用. 55 cmの距離からCRT上のスポット径 1.7mmを測定した

3-1)輝度

輝度については立ち上がり特性と中心、四隅の最高輝度、中心の最低輝度を測定した. CRTの特 性上中心部分に比し、周辺部分では電子線の偏向とその距離からフォーカス等の問題が生じる.これ らはダイナミックフォーカシング回路等で補正されるが、その程度は確認の必要がある.従って、中心 部分と四隅の輝度を測定する.また、黒い部分も電子線は照射されており、この部分の輝度が十分低 いことも読影上ダイナミックレンジを広げる上で重要である.デジタル画像の表示装置の観点から最高 輝度はイメージメモリーで画素値255、最暗点は0とした.最高輝度の設定は100cd/m2を設定目標 とした.四隅は外枠から50ドットの位置を測定した.立ち上がり特性は中心部で最高輝度立ち上がりと 四隅のうち最暗部の最高輝度の立ち上がりを15分まで1分毎に測定した.

3-2)歪み

歪みの測定には直径400ドットの円を上下に3つずつ計6個配置し、その水平、垂直の直径を計測した.

3-3)解像度

解像度測定パターンをデジタルデータで作成し(図1)20行8列配置して目視検査した.これには縦、 横方向に 11(黒線1ドットラインと白ギャップ1ドットライン)、12(黒線1ドットラインと白ギャップ2ドット ライン)、13(黒線1ドットラインと白ギャップ3ドットライン)が含まれている.



3-4) 色温度の設定確認

9300Kであった.

3-5) 画面サイズの確認

標準の350mmx280mmに調整した.

4. 結果

4-1 輝度の立ち上がりについて

5台のCRTの中心部分の最高輝度立ち上がりを1分毎に15分まで単位 cd/m2にて計測した結果を 表1に示す。

5台のCRTの四隅の輝度のうち最暗四隅の最高輝度立ち上がりを1分毎に15分まで単位 cd/m2 に て計測した結果を表2に示す.

表2の結果からより長時間の計測が必要に思われたので、実験中盤に4台のCRTの中心と四隅の最 高輝度の立ち上がりを15分毎に60分まで単位 cd/m2 にて計測した結果を表3、4、5、6に示す.

経過時間	CRT1	CRT2	CRT3	CRT4	CRT5
1分	82	74	75	79	79
2分	95	85	88	91	90
3分	98	91	94	94	96
4分	99	93	96	95	99
5分	100	94	97	95	100
6分	100	95	98	96	101
7分	101	96	99	96	101
8分	101	96	100	96	102
9分	100	97	101	97	103
10分	100	97	101	98	103
11分	100	97	101	99	104
12分	100	98	102	100	103
13分	100	98	102	100	104
14分	100	98	102	100	103
15分	99	98	102	101	104

表1)中心の最高輝度立ち上がり(単位 cd/m2)(1996.11.8)

表2 最暗四隅の最高輝度立ち上がり(単位 cd/m2)(1996.11.8)

経過時間	CRT1	CRT2	CRT3	CRT4	CRT5
1分	62	73	76	72	75
2分	71	82	89	79	87
3分	75	85	94	81	92
4分	77	87	97	83	93
5分	77	88	98	83	94
6分	78	89	99	84	95
7分	80	90	100	85	96
8分	80	91	100	86	97
9分	80	91	101	86	97
10分	81	92	101	87	97
11分	81	92	101	87	98
12分	82	93	101	88	98
13分	82	93	102	88	98
14分	83	94	101	89	99
15分	83	94	101	89	99

表3 CRT2(28036086-JA)の輝度立ち上がり(単位 cd/m2)(1997.4.24)

経過時間	中央	右上	左上	右下	左下
15分後	72	72	75	48	67
30分後	73	72	77	52	68
45分後	73	73	77	56	69
60分後	73	72	77	57	71

表4 CRT3(28033086-JA)の輝度立ち上がり(単位 cd/m2)1997.4.24)

経過時間	中央	右上	左上	右下	左下
15分後	85	85	89	41	83
30分後	87	85	94	42	84
45分後	85	80	90	41	78
60分後	85	76	93	42	76

表5	C R T 4 (28037086-JA)の輝度立ち上がり(単位	cd/m2)(1997.5.9)

	, .			/	
経過時間	中央	右上	左上	右下	左下
15分後	83	83	66	55	81
30分後	83	85	68	57	81
45分後	84	86	71	59	79
60分後	83	85	75	62	78

経過時間	中央	右上	左上	右下	左下				
15分後	77	67	64	52	65				
30分後	77	70	67	56	63				
45分後	77	72	70	59	60				
60分後	78	73	74	61	58				

表6 CRT5(21470076-JA)の輝度立ち上がり(単位 cd/m2)(1997.5.9)

4-2 輝度測定値の経時的変化

中央部の最高輝度と最低輝度、四隅の最高輝度を実験中の数カ月置きに計測し、CRT毎に表7、8、 9、10、11に示す.

表7 輝度測定値の経時的変化CRT1(27267086-JA)(単位 cd/m2)

中央	中央全黒	右上	左上	右下	左下	最大輝度比	測定日
101	1	91	101	99	98	0.90	1997.11.7
							工場
99	0	92	98	95	97	0.93	1997.2.17
							名古屋

表8 輝度測定値の経時的変化CRT2(28036086-JA)(単位 cd/m2)

中央	中央全黒	右上	左上	右下	左下	最大輝度比	測定日
100	3	94	104	91	95	0.88	1996.11.12
							上场
77	0	70	80	68	74	0.85	1997.4.22
							北大
73	0	72	77	57	71	0.78	1997.4.2
							京都府立
77	0	75	82	59	75	0.71	1997.6.6
							京都府立
80	0	78	84	67	77	0.80	1997.6.20
							傾き調整後
80	0	79	88	68	78	0.77	1997.12.3
							Win95 変更

表9 輝度測定値の経時的変化CRT3(28033086-JA)(単位 cd/m2)

中央	中央全黒	右上	左上	右下	左下	最大輝度比	測定日
102	3	95	103	98	60	0.58	1996.11.12
							工場
84	0	78	87	51	76	0.59	1997.4.22
							北大
85	0	76	93	42	76	0.45	1997.4.24
							京都府立

82	0	77	68	78	81	0.83	1997.6.20
							傾き調整後
84	0	79	77	83	85	0.91	1997.12.3
							Win95 変更

表10 輝度測定値の経時的変化CRT4(28037086-JA)(単位 cd/m2)

中央	中央全黒	右上	左上	右下	左下	最大輝度比	測定日
101	3	101	111	100	90	0.81	1996.11.12
							工場
82	0	73	89	82	79	0.85	1997.3.3
							慶応大
83	0	85	75	62	78	0.73	1997.5.9
							京都府立
81	0	81	78	71	80	0.88	1997.6.20
							傾き調整後
81	0	81	89	76	80	0.94	1997.12.3
							Win95 変更

表11 輝度測定値の経時的変化CRT5(21470076-JA)(単位 cd/m2)

中央	中央全黒	右上	左上	右下	左下	最大輝度比	測定日
101	1	95	98	92	84	0.83	1996.11.12 丁坦
	<u>^</u>				70	0.00	上场
82	0	66	82	11	79	0.80	1997.3.3
							慶応大
78	0	73	74	61	58	0.74	1997.5.9
							京都府立
76	0	67	75	65	61	0.80	1997.6.20
							傾き調整後
84	0	79	77	83	85	0.91	1997.12.3
							Win95 変更

4-3 解像度について

5台のCRTで縦方向の解像度(水平の縞)は全領域で黒線1ドット白ギャップ1ドットが視認できたが、 横方向の解像度(縦の縞線)は全領域で黒線1ドット白ギャップ1ドットは周期的に視認できなかった. 黒線1ドット白ギャップ2ドットは全領域で確認できた. 4-4 歪み測定について

直径 400 ドット、109.375mmの円の縦mmと横mmを画面上で計測し、その比を表12に示す.

部位	CRT1	CRT2	CRT3	CRT4	CRT5
右上	0.972	1.00	1.00	0.982	0.991
中央上	0.982	0.991	1.01	0.991	1.00
左上	0.991	0.991	1.02	1.00	1.00
右下	0.991	0.982	0.991	0.991	0.991
中央下	0.991	1.00	1.01	1.01	1.01
左下	0.991	1.00	1.01	1.01	1.00

表12 歪み測定(直径 400 ドット、109.375mmの円の縦mm / 横mm)

5. 考案

今回CRT表示装置を用いて読影実験をおこなうにあたってCRT表示装置の物理データの収集とその経時変化を記録した.CRT表示装置が十分に画像データを表現することは読影実験にあたっては 重要なことである.測定した機器は一般用のCRTの中では比較的画像のきれいなカラーCRTを用いた.ビデオボード、パーソナルコンピュータは一般的なものである.ソフトウェアーは医療画像の読影 を目的に入力、表示を作ったものである.

5台の装置のデータではあるが、医用応用されるシステム全体のこのような詳細な評価は存在しない と考える.一般民生用でかつ常時技術革新のある分野ではあるが、遠隔医療などCRT上における医 用画像の読影が検討されている現時点でこのようなデータを測定することは大きな価値があると思われる.

測定にあたってCRT輝度の立ち上がりを当初15分まで測定した.十分に時間経過した最高輝度の 変動を測定していないため、平衡状態に達したかについては疑問の

残るデータであるが、中心部については輝度の低下あるいは4分以上同一輝度を示していることから、 12、3分でほぼ最高輝度に到達するものと考える.しかし、周辺部分については輝度の単調増加と2 分間の輝度の連続が見られず、より長い観察において輝度の上昇を認めた可能性が考えられた.従 って、実験中盤に再び四台のCRTに対して各部分の輝度を15分毎60分まで計測したが、最暗部の 立ち上がりは1台で30分にピークを示したが、残り3台では60分まで単調増加を示し、より長時間の計 測の必要性が考えられた.

読影実験中、コントラスト、ブライトネスは操作しないことにしたが、はじめの4から5カ月間に20%前後の輝度が劣化したことは予想以上であった.また、輝度ムラについても6%から55%と一般に言われている30%に比し大きかったと考える.ただ、これは傾き調整後20%以下に改善しており、1台だけの調整不良と考える.この1台を除き輝度ムラは30%以内に収まっていた.約1年間の使用で輝度の劣化は約20%であった.臨床使用においては使用時間は増加しより劣化は進むと考えられる.

輝度の劣化は当初20%急速に低下し、その後緩やかに50%まで劣化し、再び急速に劣化すると言われている、今回のCRTは新品であり、1年間で20%の低下は予想されるものである、ただし、コント ラスト、ブライトネスにて輝度の調整はまだ可能である、ただし、その場合電子線の量が増えるので解 像度を劣化する恐れがあり、今後どの程度の輝度の劣化を補正しようとした場合にどの程度の解像度 の劣化が見られるようになるか今後検討すべき課題である。

解像度については走査線の操作方向横方向において十分な解像度を得なかった.白地に黒のラインを目視でおこなうものであるが、CRTの全領域で周期的に黒1ドット白1ドットの分解ができないものであった.黒1ドット白2ドットのラインは全ての領域で分解できた.この結果は5台のCRT全てで見られた.縦方向の分解は走査線によるため、黒1ドット白1ドットで全領域で分離可能であった.このことはCRTのシャドウマスクと水平周波数の同期がずれていると考えられるが、CRT自体の問題か、ビデオボードだけの問題か、あるいは両者の問題かは明確ではない.

歪みの測定はおこなったが、許容範囲内かと考える.ただし、実験後の計測は現在のところおこなっていない.

以上、CRT表示装置としての物理評価をおこなったが、歪み、解像度の経時変化あるいは劣化の問題や低解像度の原因に関しては更なる検討が必要である.また、どの程度劣化すれば読影能にどのように影響するか、またその程度の劣化はいつ頃起きるのかと言った問題が今後遠隔医療等でCRT 読影をしていく上で解決しなくてはならない問題と考えられた. . 分担研究班報告書

4.カラーモニターによるCR胸部単純画像の安全性、有効性の検討

分担研究者 石垣武男(名古屋大学医学部放射線医学講座)
 研究協力者 岩野信吾(名古屋大学医学部放射線医学講座)
 島本佳寿広(名古屋大学医学部放射線医学講座)
 池田充(名古屋大学医学部附属病院医療情報部)

1.目 的

CRTカラーモニターを用いた CR 胸部単純画像間質性陰影の診断の安全性・有効性について検討する。

2.方法

ROC解析に用いたコンピューテッドラジオグラフィー(CR)画像は肺間質影(線状、粒状、網状、スリ ガラス状陰影)あるいは淡いコンソリデーションを有する63例である。読影の再現性を検討する目的で 重複読影例を24例設けた87画像を読影した。読影医は20名で、呼吸器を専門とする放射線科医18 名と内科医2名である。その経験年数は5~10年:6名、10~15年:6名、15~20年:7名、20年 以 上:1名である。ここで用いたCR画像および読影者は平成5~6年度厚生科学研究「診断技術評価に 関する研究ー肺病変の検出におけるCRTモニター画像による診断の安全性、有効性の確認ー」と同 じである。得られた結果を以前の結果と比較した。

3. 対象画像

フィルム像:肺野以外の領域を覆った.

CRT白黒モニター: 20インチ、フレームメモリ 1568 x 1152 x 8 bit

(Fuji HI-C654)

CRTカラーモニター: 20インチ、フレームメモリ 1280 x 1024 x 8 bit

(FlexScan E65T, Nanao Co Ltd, Ishikawa)

4. 画像表示

- 1).フィルム画像:従来のコンベンショナルフィルム(SFフィルム)は原画像 CRは 2/3 サイズのデフォルトモード画像をフィルムに表示。
- 2). 白黒モニター画像表示:非拡大像と2倍拡大像. 画像処理は通常のフィルムに近い像、 低周波強調像、高周波強調像、階調処理は自由
- 3).カラーモニター画像表示:非拡大像と2倍拡大像 画像処理:通常のフィルムに近い像、階調処理は自由

5.結果

カラーモニターにおいても非拡大像、2倍拡大像とも全体のROC曲線では以前のデーター(スクリ ーンフィルム系のフィルム画像、CRの2/3サイズのデフォルトモードフィルム画像、白黒CRT画像と 統計的有意差はなかった(図1)。間質陰影の種類別に見ても統計的有意差は見られなかった(図2~4)。読影医の胸部診断に関する専門性を考慮して胸部診断に10年以上かかわっている7名(胸部専 門医)と胸部診断の経験は5年未満の6名(非胸部専門医)で比較すると、sensitivityでは胸部専門医で カラーモニターが白黒モニターに比べ劣ったが(図5)、ROC曲線では統計的有意差はなかった(図6~7)。

6.考察

微細な肺間質影あるいは淡いコンソリデーションのCR画像を 1000 本系の白黒モニターで観察して も、診断能としてはCRフィルム画像、SFフィルム画像と差がないことはすでに報告した。今回のカラ ーモニターによる検討結果からは、白黒モニターで観察するのとROC解析上は差がなく病変の有無 の判断では安全性が確認されたといえる。sensitivity では胸部専門医でカラーモニターが白黒モニタ ーに比べ劣ったが、ROC曲線でみると全く差がなく、これは読影医がカラーモニターということで、読 影医自信の診断基準を意識的に変更した可能性も考えられ、有意差がないというROC解析の結果を 覆すものではない。

7.結語

多施設の胸部画像診断専門家によるROC解析によりCRTカラーモニターによる肺微細陰影の診断 能をコンベンショナルフィルム画像、CRのフィルム画像、CRT白黒モニター画像(1000 本系)との間 で比較した.その結果CRTカラーモニターでも異常所見発見において読影者全員の平均ではコン ベンショナルフィルム画像、CRのフィルム画像、CRT白黒モニター画像との間に統計学的有意差は 認められなかった. . 分担研究班報告書

5.カラーモニターによる頭部MR画像のCRT診断と診断上許容し得る画像圧縮の 検討

分担研究者	宮坂和男(北海道大学医学部放射線科)
研究協力者	专江 聡 (北海道大学医学部放射線科)
	高橋千尋(北海道大学医学部放射線科)
	工藤興亮(北海道大学医学部放射線科)
	安達真人(山形大学医学部放射線科)
	石井清(仙台市立病院放射線科)
	高橋昭喜(東北大学医学部放射線科)
	橋本学(秋田大学医学部放射線科)
	高橋聡(秋田大学医学部放射線科)
	犬上篤 (秋田県立脳血管研究センター 放射線科)
	細谷貴亮(山形大学医学部放射線科)
	岡本浩一郎(新潟大学医学部放射線科)
	河田泰(秋田中通病院放射線科)
	松本恒(宮城がんセンター放射線科)
	佐々木真理(岩手医科大学放射線科)
	阿部 悟 (北海道大学歯学部放射線科)

1. はじめに

Teleradiology(遠隔放射線診療)は日常の画像診断支援、患者の診療コンサルテーション、救急医療への 迅速な対応など医療の質向上に大きな期待がかけられている。而も画像のデジタル化が進み、高速通 信回線網が普及し、画像表示端末と保管媒体が整備された環境では、再構成した画像をフィルム出力せ ずに CRT 表示にて診断することが可能となっている。画像検索・伝送の時間的効率、画像管理の安全 性、画像処理の自由度等を考慮すると CRT 診断には様々な付加価値が生まれる。問題は、CRT 診断 が画質や操作性から見て許容されるかどうか、画像データ量の増大にどう対応するかという点である。

2000x2000 のサイズを有するX線写真のデジタル画像において、白黒高精細CRT モニタでの画像表示は、 フィルム表示に遜色ないとされている1 - 4)。又、画像圧縮の程度によっては、非可逆圧縮でもX線撮影 やCT の診断が可能とする報告が増えている5 - 9)。Teleradiologyの対象画像として CT、MRI の占め る割合は大きいので、その CRT 画像を検討する事は重要と考える。加えて、安価なカラーモニタが高精細 白黒モニタに代替しうるとすれば、teleradiology はより身近なものとなり、地域医療の較差是正につなが る。

本研究の目的は、頭部MR画像において、 カラーモニタによるCRT 読影とフィルム読影に差があるかどうか、 CRT 読影において可逆圧縮と10:1 非可逆圧縮に差があるかどうか、を検討する事である。

2. 対象及び方法

(1)対象画像

頭部 MRI20 症例 112 解剖学的部位の T1 及び T2 強調画像を評価対象とした。 対象画像の選択は 以下のように行った。

1997年6月から9月までの4ヵ月間に、頭部MR撮影が行われ実験対象となり得る症例を逐次リストア ップし、それらの T1 及び T2 強調画像を可逆・非可逆圧縮2 種類の方法で処理し北大病院内 PACS サー バに登録した。MRIは1.5T機器(Magnetom Vision, Siemens)で撮像され、マトリックスは512x512x12bitsで ある。3名の評価委員が、登録症例のT1、T2、FLAIR法、及び造影後T1強調MR画像をフィルム上で総 合的に判断し、20症例を対象とした。各症例毎に T1,T2 画像それぞれ連続する4 断面を選択し、病変 の存在する解剖構造52、病変のない解剖構造60、計112を読影実験対象部位とした(表1)。連続する T1,T2 画像4 断面で解剖学的部位毎の評価としたのは、1)日常的な診断体系で画像評価する事、2)単 一断面での病変有無の判定の困難さを軽減する事、3)空間分解能の点で CRT4 断面表示がフィルム表 示とほぼ一致する事による。

	病変あり	病変なし	計
前頭葉	16	12	28
頭葉	12	12	24
側頭葉	3	6	9
後頭葉	4	2	6
基底核	10	8	18
視床	1	15	16
小脳	0	4	4
中脳	3	1	4
橋	1	0	1
延髄	2	0	2
計	52	60	112

表1 評価対象画像の解剖学的部位

評価画像データの圧縮は JPEG (Joint Photographic Experts Group)の可逆圧縮及び非可逆圧縮で行 われた。可逆圧縮は1/2-1/3、非可逆圧縮での圧縮率は1/10以下になるようにパラメータが設定され た。量子化テーブルはJPEG 規格書に記載されている一般的なものを用いた10 - 11)。

(2) 読影環境

CRT での画像評価はパソコンベースの画像表示端末(PC-IDT,日本電気株式会社)で行った。表示画面 は 17 インチカラ-モニタ1個で 1280x1024 ビクセル、full color board 装着である。PC-IDT は北大病院 PACS で日常的に使用中のものであるが、読影実験には新しいCRT4台を用いた。CRT モニタ上に評価画像4 断面が至適階調設定で表示されるが、読影者は適宜1断面表示や階調変換などの処理機能を使用し た。

CRT モニタ画面の輝度は、デッタル輝度計を用いて毎回実験前に測定し、一定となるように調整した。 各モニタ面への入射照度はデッタル照度計を用いて毎回測定し一定となるように(25-32 ルクス)調整した。

フィルムでの画像評価は、半切(14x17 インチ)1枚に T1、T2 画像各4断面を上・下半部に表示したものを 読影評価者へ郵送し、各施設の読影環境で行われた。

(3) 読影評価方法

読影実験は卒後12-25年の神経放射線医10名が参加して行なわれた。10名の読影者を4、3,3名の 3 グループに分けた。各読影者は約1ヵ月の期間をおいてフィルム1回、CRT(可逆及び非可逆圧縮画 像)2回、計3回の読影実験を行なった。2回のCRT 読影において、各読影者は前回と同じ端末を使 用し、画像は可逆・非可逆圧縮画像が半数ずつ混在して配布されるように設定した。読影者のCRT 診 療経験は、時々又はMR 操作機器上で8名、CRT利用なし2名であった。読影者は、T1およびT2 強調画像各4断面を観察し、指定の解剖学的部位毎(表1)に"病変なし"から"病変あり"を連続確信度 に基づき所定チャートの横線上に記入した。

質的診断への影響を調べる為、病変有無の評価後、最も可能性の高い診断名をコード表から選択しチ ャートに記入するようにした。読影者の診断名と、評価委員会が各種 MR 画像、臨床経過などで決定した 最終診断名(20 症例 24診断名∶表 2)との一致、不一致を求め、3 種類の画像診断法で正診率が変化 するかを検討した。

(4)デ-タの解析

確信度に基づいて記入されたチャートを元に ROC 解析を行なった。解析は Metz の ROC 解析ソフトを用 いた。フィルム、CRT 可逆圧縮、CRT 非可逆圧縮のそれぞれ2者間で paired-t 検定を行った。

3.結果

病変抽出における読影方法と画像圧縮の影響について、10 名の評価をもとに ROC 解析が行われた。

フィルム法、CRT 可逆圧縮法、CRT 非可逆圧縮法における読影者個々の ROC カーブを図 1-3 に示した。フィルム法、CRT 法共にほぼ良好な ROC カーブが描かれ、各読影者毎にフィルム法、CRT 可逆圧縮法、CRT 非可逆圧縮法の比較において差は認めなかった。

フィルム法、CRT 可逆圧縮法、CRT 非可逆圧縮法それぞれの読影方法において、10 名の読影評価を 平均化した ROC カーブを図4 に示した。AZ 値の平均は、フィルム法0.93108、CRT 可逆圧縮法0.93173、 CRT 非可逆圧縮法 0.91748 である。片側 t 検定でのp-value は、フィルム対 CRT 可逆圧縮 0.46、フィルム 対 CRT 非可逆圧縮 0.07, CRT 可逆圧縮対 CRT 非可逆圧縮 0.13 と何れも互いに有意差はなかった(p < 0.05)。 質的診断における読影方法と画像圧縮の影響を表 3 に示した。20 症例について評価委員会の下した最終診断病名は 24 である(表 2)。10 名の読影者にて下される診断病名の累計は 240 である。正しい診断との一致率(正診率)は、7ィルム法 70.8% CRT 可逆圧縮法 75.8%・非可逆圧縮法 71.7%であった(表 3)。片側t検定でのp-value は、7ィルム対CRT 可逆圧縮0.36、7ィルム対CRT 非可逆圧縮0.17、CRT 可逆圧縮対 CRT 非可逆圧縮 0.08 と何れも有意差はなかった(p < 0.05)。すなわち読影方法による診断結果に差はなかった。

表2 読影実験対象例の診断名

- 0 正常
- 1 梗寒
- 2 出血性梗塞
- 3 亜急性
- 4 陳旧性出血又は海綿状血管腫
- 5 腫瘍
- 6 脳炎
- 7 脱髄又は白質ジストロフィ
- 8 代謝性疾患(肝脳疾患等)
- 外傷、手術等による脳軟化巣
- 10 非特異的白質病变
- 11 動静脈奇形
- 12 先天奇形

表3 質的診断精度と読影方法・画像圧縮の関係

	一致	不一致	一致率
77164	174/240	66/240	0.708
CRT可逆圧縮	182/240	58/240	0.758
CRT非可逆圧縮	172/240	68/240	0.717

3.考察

伝送系を利用した遠隔放射線診療における画像診断では必然的に CRT 診断となる。その際 CRT の持つビクセル数と濃度方向の分解能はフィルム法に比し劣る為、CRT 診断が果たしてフィルム診断に置換 し得るかが問題となる。しかし、既に白黒高精細モニタでデジタル画像の診断の可能性は、X線撮影のデ ジタル画像1 - 4)、CT、MRI8 - 9)で証明されている。日常の画像診断が CRT で行われている病院施 設が欧米諸国、オーストラリア、韓国、そして我が国において次々に登場している 12)。高精細画像ワークステ ーションの操作性に若干の不便はあっても、画質は臨床的に許容されたといって良いであろう。

一般に流通しているカラーモニタのパソコンを日常の画像診断に利用できれば、その価値は大きい。テジタ イズされたX線単純写真やCR画像では0.2mm 解像力の白黒モニタが必要との報告がある1 - 4)。データ サイズのより小さな CT や MR 画像の診断も白黒高精細モニタでなければならないのであろうか? 本研 究では頭部 MRI について、フィルム診断と17 インチカラーモニタでの CRT 診断を比較し ROC 解析を行った。 その結果、両者に有意の差はなくカラー CRT での MR 画像診断が可能と判った。カラーモニタを用いての日 常診療は遠隔放射線診療をより現実的なものとする。

デジタル画像の保管と送信において、画像圧縮は必須の要件である。画像圧縮の程度は圧縮率にて 測定され、それは保管空間に占める圧縮前後の画像データ量の比と定義される¹³⁾。

医用画像の可逆圧縮(lossless compression)では、おおよそ圧縮率 1/3 が限界である。従って、非可逆 圧縮(lossy compression)を採用する事が必要になる。その際、物理的な劣化は起こったとしても、臨床 診断上に許容可能な圧縮率を考慮する事が重要である。或いは、画像劣化が最小で診断上決め手と なる所見を見落とす事が無い圧縮手法と圧縮率が選択されるべきと考える。

圧縮効果は、対象画像の検査種(モダリテ-)、対象の画像データ量、圧縮アルゴリズム、パラメータの設定、量 子化等多くの要素に依存する^{13,14})。Loらは¹⁴、マトリックス数が2048x2048x10,1024x1024x10,512x512x10 における許容圧縮率は、それぞれ25:1,20:1,10:1と報告している。今回の読影実験では頭部の MR 画 像を512x512x12bitsでデータ取得し濃度方向は2パイトとして保管しJPEG 圧縮した。MR の T1 強調画像 とT2 強調画像では、その構成周波数成分が異なっているため、それぞれに至適な量子化テープルや圧 縮率はあろうが、本実験では JPEG 規格書に記載されている一般的な量子化テープルを用い、且つ非可 逆圧縮率は平均して10:1以下になるよう設定した。実際の平均圧縮率はT1 強調画像が13:1、T2 強調 画像が 16:1 であった。

画像の種類によって許容しうる圧縮率は異なる。2000×2000×8bits の×線画像では 10:1 から 20:1 の 圧縮率では画質劣化が認識できない15)。しかし、X線画像に比べ CT、MRI は画像サイスが小さく、 S/N 比が低く、X線写真程圧縮率を上げる事ができない。従って CT,MRI において画像劣化を認識で きない程度の圧縮率は5:115)ないしは5:1-10:18,16)と考えられている。今回、頭部MR 画像の圧縮 率は 10:1 以下(平均 14:1)であったが認識できる画質劣化はなく、病変の検出に影響を与えなかった。

実際の画像診断では病変の検出のみならず質的診断も考慮する。病変の MR 信号はその質的診断 の根拠になる。MRIの高・低信号の微妙な差異が高圧縮率や CRT 表示で損なわれる可能性は否定で きない。その為、読影実験対象として T1 及び T2強調画像で低、等、高信号をきたす様々な疾患を選 び(表2)、CRT 表示や非可逆圧縮が病変の質的診断に影響を与えるかどうかを調べた。すなわち梗 塞(T1低、T2高信号)、亜急性期出血(T1高、T2高信号)、陳旧性出血(T2低信号)、代謝性肝脳疾患 (T1高信号)等である。しかしながら、10:1 非可逆圧縮画像を CRT 上で観察しても疾患の正診率に影 響はなかった。

4.結論

頭部MRIの診断においてカラーモニタCRTはフィルムに代替可能である。JPEG10:1 非可逆圧縮画像は臨

床診断上許容し得る。

引用文献

1.Lamps PM,Cocklin ML:Spacial resolution requirements for digital radiographs:AnROC study of observer performance in selected cases. Radiology 158:11-19,1986

2.MacMahon H,Vyborney CJ,Metz,et al.:Digital radiography of subtle pulmonaryabnormalities: An ROC study of the effect of pixel size on observer performance.Radiology 158:21-26

3.Seely GW, Fisher MO, Stempski MO: Total radiology depaqrtment: Spacial resolution requirements. AJR 148:421-426, 1987

4. Ishigaki T, Endo T, Ikeda M, et al.: Subtle pulmonary disease: Detection with computed radiography versus conventional chest radiography. Radiology 201:51-60, 1996

5.Sayre JW,Ho PK,Boechat MI,et al.:Subperiosteolution re ct of full-rangeimage comptiosion of hand radiographs n diagnostic accuracy.Radiology 185:599-603,1992

6. Ishigaki T, Sakuma S, Ikeda M, et al.: Clinical evaluation of irreversible imagecomptiosion: Analysis of chest imaging with computed radiography. Radiology 75:739-794, 1990

7.MacMahon H, Doi K, Sanada S, et al.: Data comptiosion Vffect on idenostic accuracy in digital chest radiography: Radiology 171:175-179, 1991

8.On # man PC, Davidson HC, BergirCJ, et al.: Thoracic CT images: Fffect of lossy image comptiosion on diagnostic accuracy. Radiology 190:517-524, 1994

9. Miyasaka K, Kudo T: Clinical aosiosment of Hokkaido University PACS. Med Biol Eng Onmput 35:391-396, 1997

10.小野定康、鈴木順司:5.1 JPVオ5p アルゴリズムの実現.わかりやすい JPVオ5p/MPVオ5p2 の実現法、カエム社、 1995,pp69

11.藤原 洋:第4章[1]DCT 符号化方式.最新 MPV I up 教科書、アスキー社994,pp56

12. Huang HK: System implementation strategiio. PACS, VCH Publishers, 1996, upp413-424

13.Allman RM,Goodenough D:Comtiosi on and image quality. Understanding Image Comptiosion.SCAR,196 pp17-23

14.Lo SC, Huang HK: Comptiosion of radiological images with 512,1024, and 2.048 matricio. Radiology 161:519-525, 1986

15.Ohan KK,Lou SL,Huang HK:Full-frame transform comptiosion of CT and MR images.Radiology 171:847-851,1989

16.Kudo K,Nambu T,Terae S,et al.:ROC analysis of digital image dada comptiosion: Olincally acci ` table comptiosion ratios of CT and MR images of the brain. Radiology 2 05:618,1997

平成9年度における関連論文

- 1. Miyasaka K,Kudo T:Clinical assessment of Hokkaido University PACS.Med. Biol. Eng. Comut.,35:391-396,1997
- 2.山岸妃早代、梶山政義、三浦智久、徳田禎久、三上 元、宮坂和男、藤井秀和、上杉正人:ISDN を 利用した高精細画像診断支援ネットワークッシステムの試み.北放技術誌 57:25-29,1997

3. 宮坂和男: 画像情報管理システムは医療をどのように変えるか. 新医療 24(1):66-68, 1997

4.宮坂和男:提言画像医学のさらなる発展のために 画像情報は医療をどのように変えるか. 映像情報 29:326-327,1997

5.清水伸一、藤井秀和、寺江 聡、宮坂和男:北海道大学付属病院放射線部門内ネットワークの構築. 映像情報 29(12):718-722,1997(6月)

6.清水伸一、藤井秀和、辻 宏、寺江 聡、宮坂和男: DICOMネットワークの構築 とPACS 北海 道大学付属病院放射線部門内ネットワークの構築.新医療 24(8):95-97, 1997(8月)

7.工藤興亮、宮坂和男:三次元画像の基礎と応用. 整形・災害外科.40(10)1227-1233,1997

8.宮坂和男:病院システムにおける CRT 診断の特徴と経済的効果. 放射線科専門医会ニュース No.101. 6-8,1997

. 分担研究班報告書

6. 1/20 JPEG圧縮されたX線画像が臨床上許容し得るかどうかの検討

分担研究者	前田知穂	(京都府立医科大学放射線医学教室)
研究協力者	紀/定保臣	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	高田明浩	(京都府立医科大学放射線医学教室)

1.研究目的

X線画像の情報量は膨大であり、これを保管管理あるいは伝送する場合の情報量の圧縮は重要 な研究課題である。本研究では、デジタル化したX線画像を非可逆圧縮(1/20 JPEG圧縮)し、電 子保存した後、X線フィルム上に再現した画像を読影診断する場合、X線画像の非圧縮(原画像) 画像と並べてシャウカステン上に提示した状況でどちらが圧縮画像であるかをアンケート形式に 答える形で検討を行い、1/20JPEG圧縮されたX線画像に対する主観的な臨床評価を確認すること を目的とした。

2. 方法と対象

アンケートは日本医学放射線学会あるいはその地方会会場で実施した。学会会場では上下2段の シャウカステンを用意し、本研究の目的、JPEG画像圧縮手法、JPEG圧縮されたX線画像の特徴に ついての解説文を提示すると共に、評価対象となるX線画像の非圧縮画像フィルムと1/20JPEG圧 縮画像フィルムを並べて提示した。この場合、非圧縮画像と1/20JPEG圧縮画像の並べる順番は症 例毎にランダム化した。読影者には、読影しながらアンケート用紙に回答する形で、1/20JPEG圧 縮画像がどちらであるかを指摘することを求めた。シャウカステン上に提示された症例を読影す る時間には制限を与えなかった。また、読影者は放射線科医に限定せず、学会に参加した者全員 を対象にした。そのため、アンケート回答者には、放射線科医のみならず、他科医師、あるいは 放射線物理学や画像工学を専門に者も含まれる。

本研究実施に際し、X線原画像フィルムをELK社製フィルムデジタイザED-2000Nで空間分解能 160µm (胸部大角サイズのフィルムで2000x2000画素に相当する)、濃度分解能10ビットでデジ タイズし、デジタル化された画像をワークステーション(Silicon Graphics社製)に転送すると共に、 ワークステーション上で1/20 JPEG非可逆圧縮画像を作成、同時にELK社製のイメージャでフィル ム出力した。1/20 JPEG圧縮に用いた量子化テーブルは表1に示す如くである。

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
89	69	55	56	80	109	81	87
95	98	103	104	103	62	77	113
121	112	100	120	92	101	130	99

表1.1/20 JPEG 圧縮時の量子化テーブル(輝度信号用)

また、アンケート実施時に利用したJPEG画像圧縮手法の解説図は図1に示すものである。



図1. アンケート実施時に用いたJPEG画像圧縮手法の解説図

さらに、JPEG圧縮されたX線画像の特徴についての解説として、早期胃癌症例に対する非圧縮 画像(圧縮率 1/1)および非可逆JPEG圧縮画像(圧縮率はそれぞれ1/5、1/10、1/20)を比較し たもの(図2参照)と同一症例で非圧縮画像(圧縮率 1/1)と非可逆JPEG圧縮画像(圧縮率はそ れぞれ1/5、1/10、1/20、1/40)間での差分画像を提示し(図3参照)、非可逆JPEG圧縮画像の特 徴を明らかにした。

本研究で用いた症例は、前図に示したような早期胃癌症例2例以外に、膵癌血管造影症例3例(図4参照)、骨転移症例3例(図5参照)、肺癌及びHIV感染症例2例(図6参照)の合計10症例である。







図3. 早期胃癌症例に対する非圧縮画像(圧縮率 1/1)と非可逆JPEG圧縮画像 (圧縮率はそれぞれ1/5、1/10、1/20、1/40)間での差分画像



図4. 膵癌血管造影症例



図5. 骨転移症例



図6. 肺癌症例

3 . 結果

アンケートは'96年日本医学放射線学会秋季大会(札幌)、関西地方会(大阪)、中部地方会(名 古屋)、'97年日本医学放射線学会(横浜)で実施し、81人から得た。図7に、学会会場における アンケート実施時の風景を示す。



図7. 学会会場での圧縮画像の展示風景

また、各症例毎の正解者人数の割合を図8に、放射線科医としての経験年数と正解者数との関係を 図9に示す。



図8. 各症例毎の正解者人数の割合



図9.放射線科医としての経験年数と正解者数との関係

尚、図8に示す各症例は、症例1と2は早期胃癌症例を、症例3~5は膵癌血管造影症例を、症例6~8は骨転移症例を、症例9と10は肺癌及びHIV感染症例である。また、放射線科医としての経

験年数で、アンケート用紙上に経験年数の記載がなかった場合のデータは割愛し、物理工学者の 場合には経験年数を0年とした。

図8に示す如く、各症例毎の正解者人数の割合(正答率)は全体的には40%~60%の間(平均50.9 ±7.1%)に分布した。また、骨転移症例や肺癌及びHIV感染症例では他の症例に比して成績が若干 悪かった。図9に示す如く、回答者の放射線科医としての経験年数と正解数との関係では、放射線 科医としての経験年数(x)と正答数(y)との回帰直線式はy = -0.0099x + 5.1213 (R2=0.0032、p<0.05) であり、両者は無相関であった。

4.結論: X線フィルムを用いた原画像と1/20 JPEG非可逆圧縮画像との比較読影実験において、 両者を識別することは出来ず、またその結果は放射線科医の経験にも依存しなかった。 . 分担研究班報告書

7.非圧縮画像(原画像)と1/10 JPEG圧縮画像(非可逆圧縮画像)とのCRT比較読影 結果について

分担研究者	前田知穂	(京都府立医科大学放射線医学教室)
研究協力者	黒田知純	(大阪府立成人病センター放射線診断科)
	池田耕二	(関西医科大学放射線科)
	内山祥子	(大阪大学医学部放射線医学教室)
	河田修治	(大阪大学医学部放射線医学教室)
	甲田真由子	2(大阪大学医学部放射線医学教室)
	沢井ユカ	(大阪府立成人病センター放射線診断科)
	高村 学	(大阪大学医学部放射線医学教室)
	竹内規之	(市立西宮中央病院放射線科)
	中野善久	(関西医科大学放射線科)
	細見尚弘	(大阪府立成人病センター放射線診断科)
	松村貢代	(大阪府立成人病センター放射線診断科)
	水口和夫	(大阪府立羽曳野病院放射線科)
	紀/定保臣	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	高田明浩	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	赤田 涉	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	飯田茂晴	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	一島茂樹	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	伊藤博敏	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	牛島 陽	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	大野浩司	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	岡本将浩	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	奥山智緒	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	加藤武晴	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	加藤雅宏	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	徳弘光邦	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	中村敏行	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	古谷誠一	(京都府立医科大学放射線医学教室)

1.研究目的

遠隔放射線診療を推進するにあたり、放射線画像のデータ量が膨大であることに由来する画像伝送時間や通信料金を解決するために、画像圧縮の必要性が生じている。本研究では、X線CT画像とMRI画像について、非圧縮画像(原画像)と1/10 JPEG圧縮画像(非可逆圧縮画像)を用いてCRT比較読影を行い、ROC解析に基づいて検討する。

2.対象と方法

本研究に用いた画像は肝X線CT画像、頭部MRI画像(T1WI)、肝MRI画像(T1WI)である。本研究の実施に先立ち、4名の放射線専門医から構成される画像評価委員会を設置し、以下に示す手順に従って本研究に用いる画像を選択後、CRT比較読影を実施した。

表1.本研究実施時の手順

<u>MR/CT非可逆1/10 JPEG圧縮画像のCRT比較読影について</u>
画像評価委員会にて画像の選択
 Tim/Haik CT::肝臓SOL画像 正常40例、異常40例 (東芝製CT/900S) MR::頭部T1強調画像 正常40例、異常40例 (島津製MR/magnex100) MR::肝臓T1強調画像 正常40例、異常40例 (島津製MR/magnex100) それぞれの異常症例について、読影の困難さを5段階に分類 各段階ごとに、ほぼ同数の症例数になるように考慮 評価用サンプル画像5枚::各段階ごとに1症例づつ、異常症例を選択
圧縮画像の作成 (京都府立医科大学 放射線科) 選択された画像毎に、生データから原画像と1/10非可逆(JPEG)圧縮画像を作成
画像の乱数化 (京都府立医科大学 放射線科) 選択された画像群(原画像と非可逆圧縮画像、合計160画像)に対して、読影順序を指定する ための番号を割り当てる。この際、画像番号を乱数化する。
評価画像配布用光磁気ディスク(MO)の作成 (日立コンピュータ機器) 乱数化された画像番号に基づいて、各画像毎のヘッダー情報を変更する。 この際、各画像が一検査当たり一画像となるように検査番号と画像番号を割り当てた。 乱数化、ヘッダー情報の変更が行われた画像は共通規格1のフォーマットで五インチMO に保存され、評価画像配布用MOのマスタ・ディスクとした。
各画像評価施設でのCRT診断およびROC解析

画像評価委員会では、CRT比較読影に用いる画像を東芝製X線CT装置(900S)と島津製作所製 MRI装置(1.0T、Magnex 100)からの日常臨床画像より選択した。CRT比較読影に際しては、一症例一 スライスのみの画像で行うものとし、その時の読影の困難さを5段階に分類するとともに、各段階に応 じた標準的なサンプル画像をまず選出した。次いで、この標準サンプル画像の基準に合致するような CRT比較読影用画像を、それぞれ正常40スライスと異常40スライスの割合で選択した。この際、各段 階のスライス画像がほぼ同数に分布するように配慮した。異常症例は、X線CT画像の場合には肝の SOL症例を、MRI画像の場合には脳梗塞症例と肝のSOL症例を選択した。尚、画像評価委員会による 画像選択時には通常の診断と同様の手順で画像評価および選択スライスの分類が行われた。また、 肝のX線CT画像と頭部MRI画像の選択に際してはフィルム画像(WL / WWが固定状態)で評価を行 い、肝MRI画像の選択に際してはフィルム画像(WL / WWが固定状態)で評価を行 い、肝MRI画像の選択に際してはCRT装置(WL / WWが変更可能)を用いて評価を行った。以上の 手順に従って選択された画像は肝のX線CT画像、頭部MRI(T1WI)画像、肝MRI(T1WI)画像のそれ ぞれ標準サンプル画像、正常40スライス、異常40スライスである。

次いで、選択された正常40スライス、異常40スライスの画像群に対して原画像群と1/10 非可逆

JPEG圧縮画像群を作成した。1/10 JPEG圧縮に用いた量子化テーブルは表2に示す如くである。

表2.1/10 JPEG圧縮時の量子化テーブル(輝度	信号用
----------------------------	-----

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
89	69	55	56	80	109	81	87
95	98	103	104	103	62	77	113
121	112	100	120	92	101	130	99

Luminance quantization table

JPEG圧縮後、選択された画像群(原画像と1/10 非可逆JPEG圧縮、合計160スライス)に対して読影 順序を指定するための番号を割り当てた。この際、読影順序はROC解析の趣旨に合うように乱数化した。

乱数化された画像番号に基づいて、各画像毎のヘッダ情報を変更した。この時、各画像が一検査 当たり一画像となるように検査番号と画像番号を割り当てた。読影順序の乱数化、ヘッダ情報の変更が 行われた画像は共通規格1のフォーマットで五インチ光磁気ディスクに保存され、CRT比較読影に供 された。

CRT比較読影に際しては、日立コンピュータ機器社製の読影プログラムを利用した。このプログラム は、画像を512x512の大きさでCRT画面中央に表示するようにプリセットされており、順次画像番号を 指定することによって読影が進むように設計されている。一画像毎にWL / WWおよび 特性が変更 できるようにした。また、CRT画面の輝度は面内での輝度ムラが最小になるように調整した。

CRT比較読影者は経験年数が2~16年の放射線科医であり、10人とした。CRT比較読影に対する 評価法として、連続確信度によるROC解析手法を用いた。得られたデータを用いてROC曲線、および その曲線下の面積Azを推定するため、LABROCを用いた。また、各読影者から得られたROCデータ の平均は各FPFのTPFの平均値から求めるアベレージ法を用いた。

3. 結果

図1に肝X線CT画像、頭部MRI(T1WI)画像、肝MRI(T1WI)画像に対するROC解析結果を示す。



図.1 肝X線CT画像、頭部MRI(T1WI)画像、肝MRI(T1WI)画像のROC解析結果

同図において、実線は原画像に対するROC曲線(平均値)を、破線は1/10 非可逆JPEG圧縮画像 に対するROC曲線(平均値)を示す。肝X線CT画像に対するROC曲線は四施設で39人の読影者に対 して得られたデータであり、原画像と圧縮画像に対するAz値はそれぞれ0.855と0.861であった。頭部 MRI(T1WI)画像に対するROC曲線は四施設で36人の読影者に対して得られたデータであり、原画 像と圧縮画像に対するAz値はそれぞれ0.673と0.662であった。肝MRI(T1WI)画像に対するROC曲線 は二施設で16人の読影者に対して得られたデータであり、原画像と圧縮画像に対するAz値はそれぞ れ0.813と0.816であった。いずれの症例においても、原画像と圧縮画像に対する読影結果には5%の 危険率で有意差を認めなかった。

4.考察

肝X線CT画像、頭部MRI(T1WI)画像、肝MRI(T1WI)画像に対して、原画像と1/10 非可逆JPEG圧 縮画像をCRT上で比較読影した。ROC解析の結果は、両者の診断結果には有意差がないことを示し た。また、肝X線CT画像と肝MRI(T1WI)画像に対するROC解析の結果は、原画像の場合のAz値は それぞれ0.855、0.813、圧縮画像の場合のAz値は0.861、0.816と高く、その信頼性の高さも示された。 一方、頭部MRI(T1WI)画像に対するROC解析の結果は、原画像でAz=0.673、圧縮画像でAz=0.662 であり、両者に有意差はなかったものの、Az値が低く、画像読影そのものが難しかったことを示してい る。

本CRT比較読影は、一症例一スライスのみの画像で実施されたものである。したがって、このような 条件下での読影は日常臨床では一般的でないため、読影行為そのものに困難さがあったと考えられ る。しかし、困難な読影環境下で原画像と1/10 非可逆JPEG圧縮画像間で読影結果に有意差がなか ったことを考えるならば、日常的な読影環境下での1/10 非可逆JPEG圧縮画像のCRT読影は臨床的 には可能であることを示唆するものであると言える。

5.まとめ

肝X線CT画像、頭部MRI(T1WI)画像、肝MRI(T1WI)画像に対して、原画像と1/10非可逆JPEG圧縮 画像をCRT上で比較読影した。ROC解析の結果、両者に有意差を認めなかった。1/10非可逆JPEG圧 縮画像のCRT読影の精度は原画像に対するものと等価であると考えられ、1/10非可逆JPEG圧縮画像 は臨床的に利用可能である。

<資料>

画像評価委員会

小塚隆弘	(大阪府率羽曳野病院長)
前田知穂	(京都府立医科大学放射線医学)
黒田知純	(大阪府立成人病センター副院長)
早川克巳	(京都市立病院 放射線科)
中野善久	(関西医科大学医学部放射線科)

画像評価施設

北海道大学医学部放射線科

研究協力者(代表) : 宮坂和男

慶応義塾大学医学部放射線科学

研究協力者(代表) : 安藤裕

京都府立医科大学放射線医学

研究協力者(代表) : 前田知穂

大阪大学医学部放射線医学

大阪府立成人病センター

研究協力者(代表) : 黒田知純

. 分担研究班報告書

8.CRT診断の有効性の評価

分担研究者 安藤裕 (慶応義塾大学医学部放射線科学)
 研究協力者 甲田英一 (慶応義塾大学医学部放射線科学)
 北村正幸 (慶応義塾大学医学部放射線科学)
 小笠原克彦 (北海道大学医学部附属病院医療情報部)

1.目的

CT画像をレーザーイメージャによりフィルムに出力した画像とCRT上に表示した画像で診断した場合の肝臓におけるSOL診断能を検討する。

2.方法

肝臓のCT画像を1枚づつ、肝臓にSOL(肝嚢胞をのぞき、原発性あるいは転移性の肝腫瘍と思われる病変)の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。これらの画像は、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種類である。

CRT診断は、昨年度行った読影実験のデータを用いた。

フィルム診断は、昨年CRT診断に用いたデジタルデータを、診断に最適なレベル、ウインドウになる ようにレーザーイメージャに出力した。画像サイズは、半切に3x3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、上下にフィルムを切断し、フィルム1枚に1画像と した。

読影者は、昨年CRTによる読影した医師と同一の医師である。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、約1週間の期間をはさんで2回読影を行った。読影時 には、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(使用プログラムはLABROC1)を行った。 CRT読影とフィルム読影の比較には、ROC曲線の下の面積(Az)についてpaired-t検定により検定した。

3. 結果

3.1 オリジナル画像によるフィルム読影とCRT読影の比較

10名の医師について平均した読影結果を図1に示す。ROC曲線では、フィルム読影とCRT読影を 比較すると、Az値は、それぞれ0.85754、0.84175であり、ややフィルム読影の方のROC曲線がC RT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で有意差はなかった。

3.2 圧縮画像によるフィルム読影とCRT読影の比較

前項と同様に平均した読影結果を図2に示す。オリジナル画像の読影結果よりもROC曲線は離れている傾向がある。Az値は、それぞれ0.87939、0.8455であり、フィルム読影の方のROC曲線がCR T読影よりも良好な傾向がある。オリジナル画像同様、Paired-t検定ではp=0.103で有意差はなかっ た。

3.3 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

10名の医師による各False Positive Fractionに対するTrue Positive Fractionの値を平均したROC曲線を図3に示す。圧縮画像のROC曲線がオリジナル画像のROC曲線をわずかであるがうわまっている。 Paired-t検定ではp=0.029となり3%の危険率で有意である。

3.4 CRT読影とFilm読影の個人別の比較

図4,5に、各個人のCRT読影とFilm読影の比較を示す。個人によっては、CRTとFilmで非常に似たようなROC曲線を示すものとそうでないものがある。

個人別に検討すると、Az値がフィルム読影とCRT診断と比べてフィルム読影が値が大きい場合をF、 CRT診断が値が大きい場合をCと表現すると、表1のようになる。個人によっては、CRT診断がフィルム 診断よりも勝っている読影者もあった。オリジナル画像の読影では、F:7名、C:3であり、圧縮画像で は、F:6名、C:4名であった。

CRT読影とFilm読影の時期が1年あいているので、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。

読影パターン	人数	読影パターン	人数
F	2	С	1
С		F	
F	5	С	2
F		С	

表1 フィルム読影とCRT読影のAz値を比較して、値が大きいものをF = フィルム、C = CRTで表現す る。上段がオリジナル画像について、下段が圧縮画像について。

4.考察

フィルム読影では、圧縮画像とオリジナル画像との判別は容易であり、圧縮画像ではJPEG圧縮によ るブロッキングアーチファクトが目立った。しかし、圧縮画像とオリジナル画像の診断能には、今回に 実験では差が認められたが、P=0.029で有意であった。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る。JPEG圧縮は、画像の高周波成分が強く影響 を受けるため、今回のような肝臓のSOLの評価では、画像の低周波成分と考えられる画素値の変動は なく、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 読影結果を与えないのかもしれない。

また、JPEG圧縮では画像の高周波成分が失われ、低周波成分が比較的保たれる性質から、肝臓の SOLの診断においては圧縮による画像劣化の影響が少ないと考えられる。

Baker WAら[4]は冠動脈造影では1/15圧縮、Breeuwer Mら[5]は、冠動脈造影で1/12圧縮は問題ないといっているように、肝臓のCT画像のJPEGによる1/10圧縮は、臨床上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 考えられる。また、読影時間もレベルやウインドウを変化させる必要がなく、CRT診断に比べて短縮し ていた。この調節が不要という点からも疲労が少ない可能性がある。

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。この原因としては、CRT読影とフィルム読影との時期が約1年あいていることがあるかもしれない。また、CRT診断では画像表示のレベル、ウインドウが不適切な画像が多く、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る。この原因についてはさらに読影実験が必要と考えられる。

5.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の面積(Az値)で評価するとフィルム読影 の方がやや良い値を示しているが、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、有意差(p=0.029)が認められた。

この結果から、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いえる。

文献

 Metz CE, Goodenough DJ and Rossmann K: Evaluation of receiver operating charcterstic curve data in terms of information theory, with applications in radiogrphy, Radiology, 109:297-303, 1973
 Metz CE, Shen JH and 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

[3] 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)、京都、1994

[4] Baker WA, Hearne SE, Spero LA, Morris KG, Harrington RA, Sketch MH Jr, Behar VS, Kong Y, Peter RH, Bashore TM, Hrrison JK, Cusma JT: Lossy(15:1) JPEG compression of digital coronary angiograms does not limit deterction of subtle morphological features, Circulation, 96(4):1157-64, 1997
[5] Breeuwer M, Heusdens R, Gunnewiek RK, Zwart P, Haas HP: Data compression of x-ray cardio-angiographic image series, Int J Card Imaging, 11 Suppl 3:179-86, 1995



オリジナル画像

圧縮画像

	Film	C R T		Film	CRT
平均	0.85754	0.84175	平均	0.87939	0.8455
分散	0.00145	0.00222	分散	0.00072	0.00369
観測数	10	10	観測数	10	10
ピアソン相関	0.45805		ピアソン相関	0.28406	
仮説平均との差異	0		仮説平均との差異	0	
自由度	9		自由度	9	
t	1.10847		t	1.81614	
P(T<=t) 片側	0.1482		P(T<=t) 片側	0.05136	
t 境界値 片側	1.83311		t 境界値 片側	1.83311	
P(T<=t) 両側	0.2964		P(T<=t) 両側	0.10273	
t 境界値 両側	2.26216		t 境界値 両側	2.26216	

有意差の検定



フィルム読影によるオリジナルと圧縮の比較

t-検定: 一対の標本による平均の検定ツール

	オリジナル	圧縮
平均	0.85754	0.87939
分散	0.001454	0.000716
観測数	10	10
ピアソン相関	0.717993	
仮説平均との差異	0	
自由度	9	
t	-2.6022	
P(T<=t) 片側	0.014317	
t 境界値 片側	1.833114	
P(T<=t) 両側	0.028635	
t 境界値 両側	2.262159	

有意差の検定



圧縮データの比較




. 分担研究班報告書

9. 遠隔画像診断システムにおけるフィルムとCRT像の読影比較評価

- 肺疑似結節の読影実験とそのROC解析結果 -

分担研究者	滝沢正臣	(信州大学医学部附属病院医療情報部)
研究協力者	曽根脩輔	(信州大学医学部放射線科)
	小口和浩	(信州大学医学部放射線科)
	丸山雄一郎	(信州大学医学部放射線科)
	渡辺智文	(信州大学医学部放射線科)
	五味光太郎	(信州大学医学部放射線科)
	輪湖 正	(信州大学医学部放射線科)
	岡嵜洋一	(信州大学医学部放射線科)
	百瀬充浩	(信州大学医学部放射線科)
	丸山篤敬	(信州大学医学部放射線科)
	今井 迅	(信州大学医学部放射線科)
	酒井文和	(信州大学医学部放射線科)

A 評価結果のまとめ

1.結節影を持つ胸部単純写真を200µm、10ビットでディジタル化した画像はCRT読影を行った 場合フィルム読影と変わらない。

2.1024 x 1024 画素で表示されたカラーCRTとモノクロームCRTでは読影結果に有意の差が認められない。

3. ディジタル伝送された画像への伝送誤りによるノイズ混入は認められない。

4.以上の結果から、普及型カラーCRTを用いた放射線像読影システムは遠隔医療用として使用することが可能である。

B 評価実験の手順

画像のデジタイズは基本的にガイドライン「フィルムデジタイザーの規格について」に準拠している。 1.評価目的

長野県内3施設でTELERADIOLOGYに使用されている普及型CRT像と原フイルム像との画質比較 2.評価対象画像 胸部単純写真疑似結節影存在の識別能

- 3a.評価画像数 フィルム像20枚 CRT像 20画像
- 3b.画像結節(信号)数 5結節 x 20、計100結節 結節無し(無信号)数 5結節 x 20、計100結節
- 4.評価用フィルムのディジタル化
 - a. 使用機器 レーザーフィルムディジタイザー(阿部設計2901) (0.0D-3.5D)
 - b.アパーチャサイズ 200 μm (125DPI)
 - c.階調 10ビット(観察時8ビット)

5.評価に使用したCRT

16インチカラーCRT 1024 x 760画素 1670万色(256白黒階調) 1台 21インチカラーCRT 1024 x 760画素 1670万色(256白黒階調) 1台 21モノクロームCRT 1600 x 1200画素 256階調 1台

6.評価方法 結節の有無の読影結果のROC解析(5段階評価)による評価

Az(area under ROC curve)値とその標準偏差から2群のStudentのpaired-t検定を行ったが,p<0.05を 統計的有意差ありと判定した

7.評価者 3施設10名の放射線診断医(2年 - 24年、平均8年)

8. 画像データの伝送 ISDN回線(64kbps)およびマイクロ波回線(1536kbps)

9. 読影作業 読影時画像処理なし、輝度は一定とした

C 文献

1) 滝沢 正臣, 曽根 脩輔, 清野邦弘, 酒井 文和, 青木 純, 山下 久二彦, 小口 和浩, 丸山 雄一郎, 輪湖 正, 岡嵜 洋一,河合 卓, 百瀬 充浩, 今井 迅: Teleradiology network の画像評価. 第55回 日本医学放射線学会総会 横浜市 1995

2) 滝沢 正臣, 曽根 脩輔, 小口 和浩, 丸山 雄一郎, 渡辺 智文), 五味 光太郎 , 輪湖 正, 岡嵜 洋一, 百瀬 充浩, 今井 迅, 丸山 篤敬, 酒井 文和: 遠隔画像診断システムにおけるCRT像の画質評 価ー肺疑似結節の読影実験とそのROC解析ー. 日本医学放射線学会雑誌 56(14):1061-1065、 1996

. 分担研究班報告書

10.CRT(Movie mode)及びフィルムによる肺がん検診画像の読影実験結果について

分担研究者	福久健二郎	(放射線医学総合研究所重粒子治療センター医療情報室)
研究協力者	松本 徹	(放射線医学総合研究所高度診断機能研究ステーション)
	前田知穂	(京都府立医科大学放射線医学教室)
	町田喜久雄	(埼玉医科大学総合医療センター放射線科)
	松本満臣	(東京都立保健科学大学診療放射線学科)
	高木 博	((株)日立メディコ CT 事業部設計部)

1.研究目的と方法

本研究は、診療に供する画像の適否を客観的に評価ための技術を確定することを目的として、とく に最近社会的要望の強いとされる早期肺がん検診のためのLSCT (Lung Cancer Screening CT)の CRT およびフィルムによる画像表示診断の評価方法につき検討した。

すでに確定診断の付いた肺がん検診のらせんCT画像をモノクロームCRT上(ムービー方式:ある いはシネ方式)および連続フィルムにより16名の医師に読影していただき、各種の解析を試みた。

使用した ROC 解析は、最近流行の連続確信度法に対して、古典的 ROC 解析であり、離散的確信 度法と呼ぶべき方法を用いた。すなわち、肺がん検診の判定は長い歴史をもち、胸部間接撮影正面 像より、「正常」、「(異常陰影はあるが)精検の必要なし」、「(がんではないが)要精検」および「がんの 疑い」の4段階評価法が定着していることによる 1,2)。図1に使用したワークシート、表1にその時の読影 基準を示す。この方法は、疾患の有無、がんの有無、がんの性状、がんの病理組織学的判別、転移性 など他の悪性腫瘍の有無、良性腫瘍の有無、びまん性疾患の有無、部位別疾患の有無など、あらゆる 疾患状態につき、例えば「確実にあり」、「ほぼ確実」、「疑い」、「なし」の4段階、または「ないかも知れ ない」を加えた5段階などの表現での確信度を付けて評価する。対象となる症例によって診断結果が 成績を左右する危険性はあるが、読影者が普段の読影診断の態度をそのまま表現できること、一度の 実験でいろいろな疾患に応用できること、結果を次に述べる BVC 解析 3)および診断距離 (Diag-nostance)解析に活用できることなどの利点がある4-9)。

2. 読影

実際に肺がん2次検診で収集した症例(らせん単純CT、10mmスライス、50mmA)をCRTおよびフィ ルムに表示して、京都府立医科大学放射線医学教室の10名の医師、埼玉医科大学総合診断部6名 の医師に読影していただいた。症例は79例で、確定診断は肺がん14例を始め、原発性肺がん以外 の胸部腫瘍3例、肉芽腫4例、活動性肺結核3例、肺の炎症14例、無気肺8例、正常範囲の肺18 例等となっているが、中にはファントム像も1例含まれていた。

3.装置概要と読影環境

CRTは画像のフォーマット上および完成された装置である必要性から、放医研に導入されている日立 メディコ社製のドクタービュー-1 型機(DC-1)を使用し、上記先生方には2名ずつご来所頂き、約6時間前 後で読影していただいた。描画は10mm スライスの原画像を補間処理して1mm スライスの画像にし、これを ム-ビー方式で表示した。このとき、肺野部および縦隔部につき基本的ウィンドウレヘルおよびウィンドウ幅を設定し、必要な場合には任意のウィンドウと濃度を調整して読影出来ることとした。読影時は出来るだけ同一の環境とするよう部屋の照明およびブランイドを調節し、輝度計(ミノルタ社製,LS-100)を用いて CRT 表面から 1.5m の距離での輝度を肺野及び縦隔条件並びにパックグラウンドについて計測した。また、その際に肺がんの二重読影を模擬して2名の医師相互で総合判定し、図1に示すワークシートに記入し頂き、それらの結果を解析した。

読影実施1ヶ月以上経過してから、今度は各施設に出向いて肺野条件で印画したフィルム画像を読 影していただいた。このときは全員一斉にランダムに並べた症例を各自読影した。読影時間は両施設 とも約4時間程度であった。読影した結果はOCR(Optical Character

Reader;光電文字読み取り装置)により電算機に収録し解析した。なお、症例および確定診断は東京医療技術短大の松本満臣教授からの提供による。

4.解析結果

まず、OCR による読取り状況を調べたが、読影作業という環境のため走り書きが多く入力シート数 3,160 枚に対し、装置の操作上のミスによる重複入力2枚、入力ミス3枚、リジェクト枚数1,102枚、リジ ェクト枚率34.9%、リジェクト文字数1,406 字、総文字数を3,160 × 10 字 / 枚とするとリジェクト文字率 は4.45%と計算された。しかし、入力後も誤入力が目立ち、それらの総合点検に2週間以上を要し、最 終的には100 字以上の修正を余儀なくさせられた。現段階での簡易型 OCR は、不特定多数者記録の 入力には無理があると考えられた。

画像不良とする症例を調べたが、医師による印象が異なっていた。また、1例はファントム像のために読 影しても意味がないとして解析から除外し、78 症例で各種条件下での ROC および BVC 解析を試み た。

4.1 CRT(ムービー方式)での結果

図2-1 に CRT による医師ごとの総合判定の ROC 曲線を示す。この場合、幾つかの考え方がある。 一つは肺がんを中心としてそれ以外の疾患による要精検、精検を要しない疾患および正常肺の範囲 内をそれぞれ確信度と見なして解析する方法、第2は要精検までの症例を基準として、精検を要しな い症例および正常範囲内を分けて解析する方法、さらには読影結果を一つの検査値と捉え、各段階 を確信度とみなして解析する方法等である。図2-1 は第1の考え方で解析した結果、図2-2 は第二の 考え方で解析したものであるが、いずれの場合にも読影者ごとの

ROC 下方面積 Az の検定で有意差は観測されなかった。なお、この解析方法はカテゴリーの異なる分類を敢えて肺がんの質的診断として解析したものであり、厳密な意味での ROC 解析ではないので注意を要する。ROC 解析の理論からは、各カテゴリー区分(b,c,dおよびe)のそれぞれの確信度を記録し、各カテゴリーごとに解析すべきである。しかし、前述のごとく、現行の肺癌検診の読影診断基準が4段階(「a,画像不良」を含めて5段階)であるで、そのまま流用・解析した。

4.2 フィルムでの結果

図3にフィルムで読影した結果を図2-1で示したと同じ条件、即ち、肺がんを中心としてそれ以外の診断区分を要精検の確信度と見なして解析した結果を示す。この場合も個人間に統計的有意差は認められなかった。

4.3 CRT による疑似二重読影

図4に擬似的に2人の医師が二重読影したときのROC曲線を示す。右の表にA,Bとあるのは読影 医A,Bの合意の結果であることを示す。この場合も上記と同じく3通り以上の考え方が出来るが、肺が んを中心とした場合の結果だけを示した。いずれも各組ごとに統計学的有意差は見られなかった。図 5 に各組の医師によるAz値と、2人の回答をorで取ったときのAz(ベスト値)、andで取ったときのAz (最低値)および実際の2人の合意によるAz値をそれぞれ図示した。それぞれ興味ある結果を示して いる。

4.4 メディア間の検定

表2に図2-1および図3による読影医個人ごとのROC曲線下方面積の比較を示す。16名中10 名まではフィルムによるAz値が良好であるが、いずれも個人間では有意差は認められなかった。また、 右欄に2名ずつベアとなって擬似的に二重読影を行った結果を示す。2組のベアで個人成績よりも低い Az値を認めたこと及びその他の6組のベアではそのベアの個人の中間のAz値となったことも興味ある 結果である。このときの対応のあるスチュデントのt-test値のp値は0.060で、辛うじて95%信頼区間に入 っていない。参考までに表2に参加者の胸部疾患診断経験年数を示す。

卒後3年以下のF,H,P,Jの4名は比較的低いAz値を示したが、その他の医師間には経験年数に依存 しないようである。

4.5 肺がんの確信度に関する ROC 解析

図 6-1 に CRT 診断における肺がんの確信度による ROC 曲線を示す。この場合はかなり低い FPF であり、肺がんとして診断を誤るような症例が少なかったことを明示している。しかし、TPF に関しては 個人差は大きい。図 6-2 はフィルム診断での肺がんの確信度の ROC 曲線を示すが、CRT によるよりもむ しろ個人差が大きい。表3 にこれらの成績を表2 同様にまとめた。全体としては CRT とフィルムは殆ど同 一の TPF および FPF を示し、個人ごとおよび対応ある t-test でも有意差は認められなかった。

なお、良性腫瘍、活動性肺結核についても同様のROC解析を行ったが、対象症例数が少ないことも あり、低い正診率を示した。

4.6 BVC 解析

4.6.1 総合検診

図7-1は図2-1のROC解析に対応するCRTでの読影によるBVC解析の結果を示す。少し白っぽい が肺がん症例 黒っぽい がその他の症例で、横に示した数値は同じ症例が数字分だけ重なっていることを示す。曲線は横軸の診断確信度スコアが二項分布に従うとしてカーフ フィットしたもので、以下の式からなる。

 $2 = kb \cdot x \cdot (1 - x) + c$

ここで 2は確信度の平均値 x は確信度の平均値 k,b,c は比例定数で通常は c = 0 である。 図 で明らかなように平均値 2.5 すなわち要精検と精検不要との境目で肺がん以外の症例の分 散値が大 きくなっている 3 症例が目立つ。これらの症例は一部の医師は要精検とし、他は精 検不要とした極端 な例であることを示し、総合的に検討すべき症例であろう。

図7-2 は図3の ROC 解析に対応し、フィルムでの読影結果を示す。この場合は平均確信度2.0以下のところに分散値の高い症例が4例ほど見られているが、検討の結果、上記の3症例の分散値はフィルム読影では低く、かわりに別の症例がこのように意見が分かれて読まれたことが判明した。これらは別の機会に総合的に検討し直す必要があろう。ところで図7-1,7-2 における症例をそれぞれb(正常群)、c(精検不要の疾患)、d(要精検の疾患)およびe(肺がん疑い)にわけ,それぞれ上記の曲線をフィットさせると図8-1、図8-2 のようになる。ここでは、がe群、がd群、がc群 がb群で、図8-1 のb, e群は明らかに独立して分布しているがc, d群は全般にわたって広く分布している。ちなみに確定診断におけるb群は19例、c群は9例、d群は37例 e群は14例である。ところがフィルムを読影した場合の曲線は図8-2 のごとくで、e群もかなり広く分布し、b群が極端に狭い幅で分布している。すなわち、フィルムで何例かの肺がん症例を誤診した医師が少なくなかったことを示している。このような傾向はROC 解析だけでは判断しがたい。

5.CRT 読影の印象

本読影実験で使用した CRT 装置の性能を表4 に、また、読影医 16 名による CRT 使用経験の印象と 改善の注文を表5 に示す。CRT としては画面が小さく、操作性も既存の装置を集めたものだけに厳し い意見も見られるが、このような欠点を持つ CRT でもフィルムとは統計学的に大差なく診断出来た。この ことは今後 CRT 装置の、とくにヒューマン・インターフェス部分を改善することにより、限りなく診断精度をフィルム 読影に近付け得る可能性が示唆された。

6.結果

今後実用化をはかろうとしている、らせん CT による胸部検診においては、被検者の画像は 1 次検診 で 25-30 枚 / 人、精密検査で 2mm スライスを撮るとさらに多くの画像を読影する必要があるため、検 診医の労力はこれまでの 100mm 間接撮影とは格段に増大することが予想されている。上記の読影実 験ではムービーモードで読影を行っているが、40例を3時間で読影するとかなりの疲労が感じられる との意見が多くの医師から出された。

7.参考文献

1)千葉県、(財)結核予防会千葉県支部編:胸部間接写真読影の手引き、結核予防会千葉県 支部健 康相談所監修、平成2年3月

2)千葉県、(財)結核予防会千葉県支部編:胸部間接写真二重読影の手引き、結核予防会千 葉県支 部健康相談所監修、平成4年3月 3) 松本 徹: BVC 解析、臨床放射線 34: 1539 - 1547, 1989

4) 福久健二郎、金子昌弘:CRT による読影診断、日本胸部疾患学会雑誌 27:249 - 255,1989

5) 福久健二郎、舘野之男、飯沼 武、他:全身用 XCT による肝および膵臓疾患の客観的評価、 日医 放会誌 44:604 - 623、1984

6) 福久健二郎、飯沼 武 舘野之男、他: 超音波断層法による深部腹部疾患の診断能の客観 的評価 一方法論と解析結果、日医放会誌 46:599 - 613, 1986

7) 福久健二郎、松本 徹、飯沼 武、他: 肝臓疾患の超音波断層法および全身用 XCT による診 断能の 客観的評価、日医放会誌 49:863 - 874, 1989

8) 福久健二郎、武田栄子、松本 徹、他:胆のう疾患の超音波断層法および XCT による診断能 の客 観的評価、日本医用画像工学会誌 10:512 - 534, 1992

9) 福久健二郎、松本 徹、武田栄子、他: 肝臓疾患の超音波断層像、XCT および MRI による診 断能の 客観的評価に関する研究、日本医用画像工学会誌 8:723-735,1995 表1 らせんCT胸部写真読影総合診断基準

a. 撮像不良要再検

撮像位置不良、位置づけ不良、表示条件不良、人工陰影

b.正常

全〈正常

人体上4mm以下の境界鮮明な、CT値の高そうな結節状陰影 鋭い胸膜からの線状陰影、底面10mm、厚み4mm以下の胸膜肥厚 肺底部3スライス以内の繊維化陰影

c.異常はあるが何も精密検査も治療も必要としない

ブラの全て 炎症を伴わない気管支拡張症 肺、縦隔、胸部の術後 明かな先天的異常 広汎な陳旧性病変 炎症のはんこんと思われる局所的な繊維化、結節状陰影など

- d.要精検または要治療
 - d-1.結核、活動性結核の疑い d-2.他の呼吸器疾患∶肺炎、良性腫瘍、気胸、胸水など d-3.循環器疾患:冠動脈石灰化、大動脈瘤、心肥大など d-4.それ以外で精検または治療を要すると考えられる
- e.肺の腫瘍性病変の疑いで要精検

b-d 以外の結節影 リンパ 節腫大の疑い 気道の狭窄所見 その他肺がんの疑われる所見有り 表2 CRTおよび Film による読影結果のまとめ(総合判定)

読影医	胸部診断経験年数	film(Az	z) C	RT(Az)	p値	疑似二重読影
А	8年	.941	>	.936	0.766	
В	5	.929	>	.914	0.579	0.909
С	10	.901	<	.927	0.626	
D	5	.923	>	.885	0.367	0.902
Е	5	.950	>	.942	0.754	
F	1	.842	<	.863	0.678	0.905
G	25	.951	<	.958	0.775	
Н	3	.917	<	.931	0.665	0.937
Ι	9	.939	>	.863	0.067	
J	1	.895	<	.896	0.987	0.880
K	18	.904	<	.951	0.163	
L	9	.935	>	.866	0.115	0.924
М	12	.954	>	.884	0.065	
Ν	7	.913	>	.878	0.441	0.848
0	26	.918	>	.865	0.216	
Р	3	.849	>	.797	0.467	0.846

Paired t-test t = 2.03, p = 0.060(freedom =15) Pooled data t-test; Az(DC-1) = 0.898Az(film) = 0.915r = 0.4698, z = 1.7017, P = 0.0888

表3 C R T および Film による読影結果のまとめ (肺がん診断)

読影医	film(Az)	C	CRT(Az)	p値
A	.894	<	.920	0.666
В	.895	>	.868	0.616
С	.932	>	.885	0.401
D	.889	>	.859	0.635
Е	.833	<	.897	0.367
F	.756	<	.768	0.905
G	.928	>	.889	0.591
Н	.910	>	.890	0.730
I	.865	>	.862	0.962
J	.881	>	.843	0.493
K	.832	<	.870	0.629
L	.886	>	.820	0.355
Μ	.844	>	.839	0.879
Ν	.806	>	.792	0.879
0	.889	<	.899	0.879
Р	.784	<	.854	0.375

Paired t-test t = 0.041, p = 0.660(freedom =15) Pooled data t-test; Az(DC-1) = 0.859Az(film) = 0.865r = 0.3954, z = 0.3046, P = 0.7607 表4 読影実験に使用した CRT 装置(DC - 1)性能一覧

画像処理ユニット 32ビットCPU、イメージブロセッサー HIP-20 付き
磁気ディスク 3.5 インチ 1.1GB(300X300;5,000image、512X512;2,500image)
画像表示マトリクス 512X512、1024X1024
CT 値表示範囲 -2000 ~ +4000
ウィンドウ幅調整 1 ~ +6000
ウィンドウレヘト調整 -2000 ~ +4000
ウィンドウ処理機能 リニア、ノンリニア、ダブルウィンドウ、レヘトルデティクション、濃淡反転、その他
表示アレースケール 256 階調
表示モニター 14 インチ白黒モニター

表 5 LSCT 画像の DC - 1 による CRT 読影における意見

平成8年2月から5月にかけて京都府立医科大学放射線医学教室前田知穂教授以下10名、 埼玉医科大学総合医療センター放射線科町田喜久雄教授以下6名の先生方に読影作業をお願いした。その際のDC-1に対する意見をまとめた。

1.表示に関して

1-1.画面が少し小さい。

1-2.シネモートと駒送りを兼用する表示が必要

1-3.シネモードでは全部を一通り見てから目的のスライスを探す必要がある。フィルムではさっとみて目 標を早く探せる。表示方法に工夫を

1-4.処理速度をもう少し早くして欲しい

2.トラック・ボールに関して

2-1.トラックボールはもう少し大きい方が使いやすい

2-2.レスボンスが遅く、目的画像を通り越して表示されやすい

2-3.正面にトラックボール、右にカーソルという配置にして両方を併用しては?

2-4.キーボードは読影にはじゃま。必要なときだけ設定できるような構造をとれないか

2-5.トラックボールの横の動きは意味がない。したがってトラックボールの機能の半分しか利用していない。 精度の高いスクロールバーのほうが良いのではないか

3.ウィンドウ調整に関して

3-1.WW、WL ともに調整装置が凹んでいるが、スクロールパーのような構造のほうが有り難い 3-2.レスポンスが遅い。このため、目的のレヘルを通り越して表示されてしまう。

4. その他

4-1.慣れもあるかも知れないが、フィルムよりは疲れる

4-2.次画面選択のパーは最後まで戸惑った。縦に選ぶものを横方向のパーで代用するのは無神経す ぎる

4-3. E / クロ画面にしてはあまり良好な CRT とは言えない。もっと人間工学的配慮が必要と思う。

CT検診読影の基礎評価実験に関する中間報告

実験目的 : シネモード読影の基本的な変数について最適値を知ること

- 対象作業 シネ表示を用いた胸部CT検診の読影
- 想定要因:
- ・画像の大きさ;大、小(1)
- ・画像背景(2)の輝度;白、灰、黒
- ・画像背景ツール類表示有無(3)
- ·視環境(室内照度)
- ・シネ表示手法(4)
- ・シネ画像の補間間隔;2mm,5mm

評価尺度:

- ・主観評価(ストレス・疲労)
- ·達成時間(能率)
- ·読影精度
- 被験者数 : 12名
- 時期·場所: 1997.7-1998.1: 放医研(千葉)、京都府立医科大学
- 読影画像 💠

肺がん、他の疾患、異常なしの3種類を同数含む。512X512x12bit 画像 画像数は想定要因を組み合わせて 28 枚(練習用と予備を除く)

現在までの解析結果:

主観評価について分散分析を実施中。

交互作用を含めて分析中。現在ほぼ確実な要因と効果は以下の通り。

·画像の大きさ :細かな像の見やすさ、疲労に影響。「大」が推奨

- ・画像背景輝度 :像の見易さと疲労に影響。「黒」が推奨
- ・ツール類表示 :像の見易さ、疲労の双方に顕著な影響は確認されない。
- 注:(1)17 インチディスプレイで表示解像度を(a)1024X768、(b)1280X1024 の二種類に設定し CT 画像を拡大 縮小なして表示。(a)が約 15cm 平方 = 「大」、(b)が約 11.5cm 平方 = 「小」
 - (2)CT 画像を表示したときの周辺の色
 - (3)画像の 1/4 弱の面積を占める制御パネルを右に表示し、それが読影にどの程度妨害 になるかを調べた
 - (4) 読影者の操作に対する表示遅延と表示ぬけの制御方法を加味した

. 分担研究班報告書

11.乳癌のマンモグラフィに対するFilm診断とCRT診断との比較検討

分担研究者	小田切邦雄	(神奈川県立がんセンター放射線科)
研究協力者	木下隆広	(島根県立中央病院放射線科)
	土井内恒宏	(神奈川県立がんセンター放射線科)

1.目的

乳癌の微小石灰化巣および腫瘤影の検出能および診断能について,ファントムおよび臨床症例を 用いて読影実験を行いCRT診断と従来の読影法(Film診断)の比較検討をした.

2. 対象

2.1 ファントム実験.

CIRS社製ブレストファントムを使用した.ファントム内の6個で1グループの模擬石灰化(0.12,0.16,0.20,0.23,0.27,0.35mm径)と模擬腫瘤影(2,3,4,5,6,8mm径)を使用した.

2.2 臨床症例実験

1) 微小石灰化実験.1990年から1994年までに当センターで病理学的に乳癌と診断された10例と正常2例および一年以上の経過観察がなされた良性石灰化症例8例を使用した.内訳は非浸潤性乳管癌 1例,浸潤性乳管癌9例(乳頭腺管癌5例,充実腺管癌2例,硬癌2例)である.いずれも集簇する微細石 灰化が見られるもので最小で腫瘤のサイズは5mm程度,最大のもので1.5cmのものを使用した.良性症 例は,小葉内石灰化,oil cyst等の石灰化で,集簇のない散在性あるいは孤立性石灰化である.

2) 腫瘤影実験.同年に当センターで乳癌と診断された10例と正常5例および一年以上経過観察あ るいは生検で証明された良性症例5例を使用した.乳癌の内訳は乳頭腺管癌2例,充実腺管癌3例,硬 癌5例で2~5cmの大きさのものを使用した.良性疾患は,囊胞2例,線維腺腫2例,脂肪腫1例で2~ 5cmの大きさである.

3.装置および読影実験方法:

3.1 撮像装置.Mammo

diagnost(フィリップ製),モリブデン管球,移動型グリッド(5:1,31本/cm)を使用し,フイルム焦点距離60cm,撮影条件を28KVPとした.また,FCR9000(富士写真フイルム製)システムを用い,1/2可逆圧縮を行ったデータを使いた.CRT画像表示装置(富士写真フイルム社製HI-C654)は21インチ横型で表示画素数は1568(横)×1152(縦)でピクセルサイズは通常画面で約0.2mm,二倍拡大で約0.1mmであり,微小石灰化のサイズを考え二倍拡大も併用した.階調および周波数処理条件は,通常条件(微小石灰化と腫瘤影を両方観察するときの条件)と強調条件(微小石灰化あるいは腫瘤影を強調する条件)を使用した1)-2)(Table1).

3.2 読影実験方法.経験年数6年以上の6人の読影医により明室で行った.観察距離は任意とし, medio-lateral projectionの一方向を用いた.

1) ファントム石灰化実験.1グループ6個からなる微小石灰化のうち,4個以上識別できるものを認識

可能とし、グループ数をもとめt検定を行った.なお、観察時間は1グループ4秒とした.

2) ファントム腫瘤影実験.認識可能な腫瘤影の個数を求めt検定を行った.観察時間は1分間とした.

3) 臨床症例実験.読影時間は1症例2分間とし,症例の順番を読影者ごとに変え,再現性を調べる ために一週間程度の間をあけ二回行った.石灰化および腫瘤の有無,良悪性判定(良性疾患か悪性疾 患かの判定)について5段階評価(・有無判定(1)確実にあり.2)おそらくあり.3)不確実.4)おそらくない.5) 確実にない.) ・良悪性判定(1)確実に良性.2)おそらく良性3)不確実4)およらく悪性5)確実に悪性.)を 行い,ROC解析(pooled date)を行った.

4. 結果

4.1 ファントム石灰化実験.Film診断とCRT診断の認識可能な石灰化グループ数の平均値には有意 な差はなかった (P < 0.5%).

4.2 ファントム腫瘤影実験.Film診断とCRT診断の認識可能な腫瘤影の平均値には有意な差はなかった (P < 0.5%).

4.3 石灰化臨床症例実験.検出能および良悪性判定のROC曲線をFig.1, Fig.2に示す.各々のAz値 (Area Under ROC Curve)に有意差は見られなかった(P<0.5%).しかし,良悪性判定では一回目,二 回目ともにCRT診断の方が若干劣っていた.

4.4 腫瘤影臨床症例実験.検出能および悪性度診断のROC曲線をFig.3, Fig.4に示す.Az値に有意 差は見られなかった(P<0.5%).

5.考察

両者に有意差は見られず,乳腺疾患でもCRT診断が対応可能であると推測される.しかし,今後実用 化にあたり,さらに詳細な項目(石灰化あるいは腫瘤影の辺縁,形状,濃度,分布等)の検討が必要で ある.今回実験では石灰化症例を用いた良悪性判定の実験ではCRT診断の方がやや劣っていた.原 因として最も考えられることはモニター輝度が低いことである.現時点では新たなモニターの開発は望 めないので、モニター用の画像強調条件を検討する必要がある.また、さらに進んでCRT診断のリアル タイム画像処理(モニターを見ながら,個々の疾患あるいは患者の最適な画像条件が選べる)の検討 も必要である.しかし,闇雲に模索するのでは,最適な条件を見つけだすのに時間が掛かってしまう.そ のため,予め疾患別に処理範囲を決めておく必要がある.このように,CRT診断の実用化にあたって, 今後画像条件の詳細な検討が望まれる.

6.結論:

CRT診断とFilm診断において有意差は見られず,CRT診断でも乳癌診断へ対応できると推測された. しかし,実用化にあたって,さらに詳細なCRT用の画像条件の検討が必要である.

参考文献:

1)金野義紀,小田切邦雄,安藤和夫,他:乳癌健診におけるCRマンモグラフィのクオリティコントロール. 平成五年度厚生省がん研究助成金 森山斑第一回斑会議資料 2)中田美保子:FCR(Fuji Computed Radiography)における乳房撮影像の処理条件の検討.日医放会誌49:454-467, 1989

前田知穂

冒頭に述べた如く,少子・高齢社会による社会情勢の変化は、医療費の高騰を招き社会経済に歪 を生じる結果となっている。一方では、氾濫する医療情報の効率的活用による医療の質の向上が 要求され、何らかの対策が必要とされてきた。そこで、高度技術を応用し、これらの是正により 医療の仕組みを改変することを目的として、本研究班が組織されたことは意義深い。

3年に及ぶ研究班の研究成果は,

- 「X線フィルムの電子保存に関する通則」にある「法令に保存義務が規定されている医用画像情 報の電子媒体による保存に関する技術基準」に則して、フィルムデジタイズ装置を用いて電子保 存することについて規定した。
- フィルムデジタイズ装置に関する規格を示した。具体的には、サンプリングピッチ、空間分解能 濃度分階調、デジタイズ濃度範囲等を数値を挙げて示した。
- 3 . 画像診断に際してCRT表示装置はフィルムに代替可能であることを示し,その取り扱いや診断 結果に付いては充分な配慮が必要であることを示した。
- 4. 膨大な情報量を示す画像では, 圧縮により画像の保管や伝送に関わる費用の軽減に画像圧縮 を検討し1/10までは非圧縮画像と同等であるとした。
- 5 遠隔放射線診療では、上記フィルムデジタイザ、CRT、画像圧縮率に准ずる環境において実用可能であるとしたが、尚「医師又は歯科医師は画質に付いて考慮を払いつつ医療行為を行いうる」とした等のガイドラインを示した。

これらによって,医用画像の総合管理・診断システム(PACS)の構築やCRT診断と共に遠隔画像診療システム(Teleradiology)による診療を可能とし,新しい医療形態が生み出されることを示した。

本報告書は、画像を含む医療情報のあらゆる分野で利用されると考えられる。ここに、研究報告を 終えることが出来たのは,厚生省はじめ関連施設の諸先生方の絶大な御協力によるもので、改めて厚 〈御礼申し上げます。