

病診連携支援システムの評価

田中昌昭*1 植松章子*2

要 約

医療の最前線を担う開業医など一次医療機関と高度医療を担う二次・三次医療機関との間で交わされる患者の診療情報を電子的に交換する病診連携支援システムを開発して運用実験を行った。実験を開始してから2ヵ月が経過したので、これまでに送られてきた17通の症例データに対する評価を行った。いずれも実際の患者に対する症例である。症例データの平均サイズは152KB、添付された画像は平均1.6枚、画像データの平均サイズは169KB、1枚あたり64KBであった。

画像についてはその大容量性からJPEGによる圧縮を行っている。そのため、最適な解像度と圧縮率についての検討を行った。画像のデータサイズは解像度の2乗に比例して増大するが、JPEG圧縮を行うと解像度の増大に伴って圧縮率は逆に減少する傾向にあることが分かった。JPEG圧縮は非可逆圧縮であるため、その復元効率についても検討を行った。その結果、256階調、96dpiのX線画像を標準圧縮した場合、9割以上が元の画像との階調差が2階調以下であることが分かった。

さらに、データサイズと伝送時間の関係についても電子メールによる伝送実験を行って調査した。その結果、200KB～400KBのデータの伝送に要する時間は1分前後であることが分かった。しかし時間帯や曜日によるバラツキがあり、100KBのデータを伝送するのに45分も要することがあった。

1. はじめに

医療情報の究極の目標は異なる医療機関の間で患者の診療情報を共有することである^{1,2,3,4)}。これが、今日の医療が抱える様々な問題を解決する抜本的な打開策になるであろう。昨今、医療関係者の間で関心を集めている電子カルテも、単に患者の診療情報を電子化することだけに主眼を置くのではなく、それによって得られる副次的な効果である施設間での診療情報の共有にこそ本来の意義がある。しかし、診療情報の共有を達成するには、解決すべき技術的な問題の多さもさることながら、社会的なコンセンサスを得るといって十分に時間のかかるプロセスを経なければならない。そこで、現時点で実現可能な技術を利用して、医療機関連携を推進すべく、病診連携支援システム^{5,6,7)}を開発して運用実験を行った。具体的には、医療の最前線を担う開業医など一次医療機関と高度医療を担う二次・三次医療機関との間で交わされる患者の診療情報を情報通信技術を利用して電子的に交換するものである。

この病診連携支援システムを実際の医療現場に持ち込み、2ヶ月間にわたって運用実験を実施して、そ

の評価を行ったので本論文で報告する。また、患者紹介状には診療情報などの文字情報に加えて画像やエクセルフォーマットの臨床検査データを添付できるが、1枚の画像データのサイズは無圧縮状態では数MBにも及ぶので、そのまま添付するのではなく、JPEG形式⁸⁾で圧縮してから伝送している。そこで、最適な解像度と圧縮率についての検討を行った。また、JPEG圧縮は非可逆圧縮なので、これによってどの程度画像に歪みが生じるかを把握しておく必要がある。そこで、復元効率についても調べた。さらに、患者紹介状のデータサイズと伝送に要する時間の関係についても調べたのでその結果を述べる。

2. 病診連携支援システムの概要

病診連携支援システムは、通信手段としてインターネットを利用し、安全性を確保するために患者紹介状を暗号化している。伝送プロトコルには確実性を重視して電子メールのプロトコルであるSMTP⁹⁾を採用した。また、暗号化には広く普及している公開鍵暗号方式の一種であるPGP¹⁰⁾を利用した。

患者紹介状は地域医療の最前線を担う診療所ないしは病院から川崎医科大学附属病院の地域医療連携

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 医療情報学科 *2 北海道大学医学部附属病院 医療情報部
(連絡先) 田中昌昭 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

係へ送信される。そこでは患者紹介状を然るべき担当科に配信し、それを受け取った専門医はコンサルテーションを行って紹介元医療機関へ返送する。平成10年末から外部の5つの医療機関と川崎医科大学附属病院の6診療科の協力の下に運用実験を開始し、その後、院内の受入科を拡大し、現在では13科がこの実験に参加している。

本システムでは患者の診療情報はキーボード入力を行い、X線写真やCTなどの画像データはA3スキャナでデジタル化したものを Photoshop を使って標

準 JPEG 形式に圧縮している。これらのデータは暗号化を施された後に、電子メールの標準フォーマットである MIME 形式⁹⁾にエンコードされ、SMTP プロトコルによって送信される。

3. 評価方法

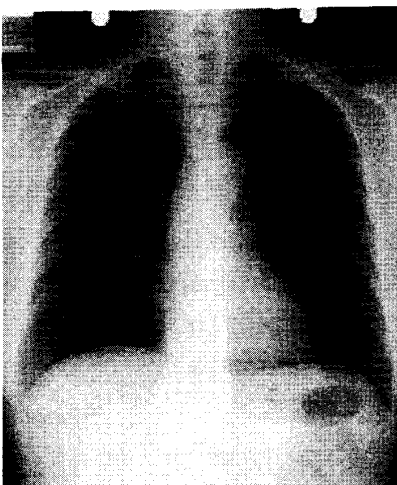
3.1 患者紹介状データ

運用実験を開始してから2ヶ月の間に送られてきた17通の患者紹介状に対して、そのデータサイズ、添付された画像の枚数、画像データのサイズを調べ

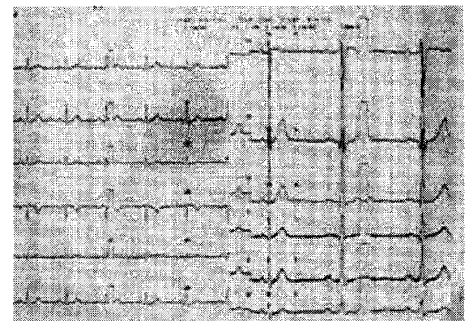
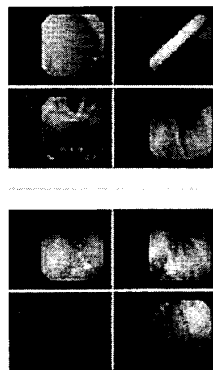
表1 スキャナで取り込んだ画像

画像の種類	階調	横サイズ (インチ)	縦サイズ (インチ)	備考
X線	256	11.30	13.72	胸部正面大角
内視鏡	24ビットカラー	6.40	10.70	8枚
ECG	24ビットカラー	7.42	10.60	標準12誘導 (各2秒)
MRI	256	9.94	13.32	頭部16スライス
CT	256	9.98	12.96	腹部16スライス
Echo	256	7.58	11.18	8枚

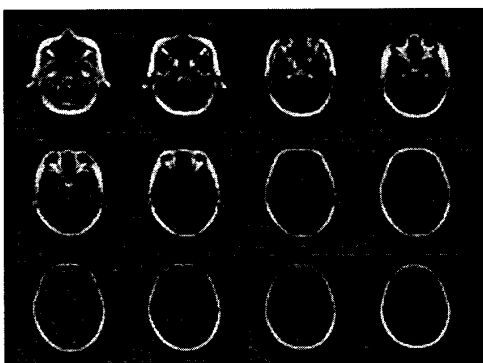
X線(11.3 × 13.72, 256階調)



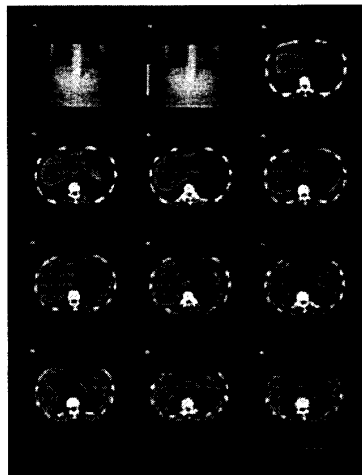
内視鏡(6.4 × 10.7, 24bitカラー) ECG(7.42 × 10.6, 24bitカラー)



MRI(9.94 × 13.32 256階調)



CT(9.98 × 12.96 256階調)



Echo(7.58 × 11.18 256階調)

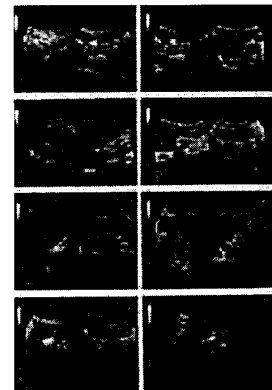


図1 表1に対応する画像データ

た。また、患者紹介状には傷病名、紹介目的、既往歴及び家族歴、現在の処方、症状経過及び検査結果、治療経過の6つの入力項目があるが、各々の項目の入力の有無と入力文字数について調べた。

3.2 画像データの解像度と圧縮率

X線写真、内視鏡、ECG、MRI、CT、Echoの6種類の画像について解像度を50dpiから250dpiまで10dpiずつ変えながらA3スキャナで取り込み、Photoshopを用いて無圧縮画像であるビットマップ(BMP)形式と非可逆圧縮であるJPEG形式(標準圧縮)の2種類の画像フォーマットで保存した。取り込んだ際の各々の設定を表1に、取り込んだ画像を図1に示す。

X線写真、MRI、CTは透過原稿ユニットを使って256階調(8ビット)のグレースケールでフィルムを取り込んだ。ただし、A3スキャナは入力できる画

像の大きさに制限(297×420mm)があるので、その制限内に納まる範囲の画像を取り込んだ。内視鏡とECGは24ビットカラーで、Echoはプリントされたものを256階調のグレースケールで取り込んだ。こうして得られたビットマップ形式のデータとJPEG形式のデータのサイズを計測し、圧縮率Pを

$$P = \text{JPEG形式のデータサイズ} \div \text{BMP形式のデータサイズ}$$

によって求めた。

3.3 圧縮による画像データの歪み

JPEG形式の圧縮は非可逆圧縮であるため、復元したときに元の画像情報の一部が失われる。PhotoshopでJPEG圧縮を行うとき、低画質、標準、高画質、最高画質の4種類の圧縮モードを選択できる。その各々のモードについて圧縮による画像データの歪みがどの程度生じるかを調べた。実験は、256階

表2 患者紹介状データの内訳

画像サイズの平均は添付画像がない紹介状を除外して計算している。平均画像サイズは画像サイズを画像枚数で割って求めた1枚あたりの画像サイズ。紹介目的～治療経過の欄は入力された文字数を示す。

科	データサイズ(KB)	画像枚数	画像サイズ(KB)	平均画像サイズ(KB)	傷病名	紹介目的	既往歴及び家族歴	現在の処方	症状経過及び検査結果	治療経過
総合診療部外来	22	0			肺癌	18			645	
呼吸器内科	135	2	88	44	肺炎の疑い	14	11	60	156	61
総合診療部外来	718	4	523	131					81	
呼吸器内科	143	2	95	47	喘息様気管支炎	27	3	12	175	
総合診療部外来	21	0							334	
脳神経外科	107	3	68	23	頭部打撲、擦過傷	10	9		170	
総合診療部外来	67	1	35	35	右第4指基節骨骨折	43	4	13	310	
総合診療部外来	21	0			肺癌	4			267	
放射線科	218	3	151	50	肺門部腫瘍、左下腹部腫瘍	36			258	
放射線科	21	0			左上顎洞腫瘍様病変	24			194	
放射線科	255	4	181	45	肺炎	7		12	278	
総合診療部外来	21	0			肺癌末期				280	
総合診療部外来	22	0			肺癌末期	3			597	
乳腺・甲状腺外科	196	3	311	104	乳癌術後	10			86	
脳神経外科実驗室	209	1	138	138	脳出血		15		61	
脳神経外科実驗室	278	4	191	48	急性硬膜下血腫、肝硬変症+肝癌、糖尿病	12	71		282	75
脳神経外科実驗室	128	1	80	80	経過報告				58	73
平均	152	1.6	169	68	6	17	19	24	249	70

調, 96dpiの無圧縮のX線画像を JPEG 圧縮した後に, 画素ごとに元の画像との階調差を比較した.

3.4 患者紹介状データの伝送時間

患者紹介状データは SMTP という電子メールのプロトコルを利用して伝送しているが, 送信するデータサイズと伝送時間の関係を把握するために, 電子メールを使った実験を行った. 具体的には, 民間プロバイダと契約し, ISDN 回線を介してプロバイダのメールサーバへ接続し, そこから川崎学園のメールサーバに10分間隔でメールを送り, ヘッダに記録されたタイムスタンプ情報からプロバイダ-川崎学園間の伝送時間を計測した. 伝送したデータのサイズは1.2KB, 100KB, 200KB, 288KB, 400KB, 500KBの6種類で, 各々100~300回の計測を行い, 伝送時間の上位10%と下位10%を除外して平均値, 標準偏差を計算した. 上位10%と下位10%を除外した理由は, プロバイダの混雑具合によって極端に長い伝送時間を要することがあるので, それが平均値に与える影響

を押さえるためである. また, 最大値と最小値については全計測データの中から求めた.

4. 結 果

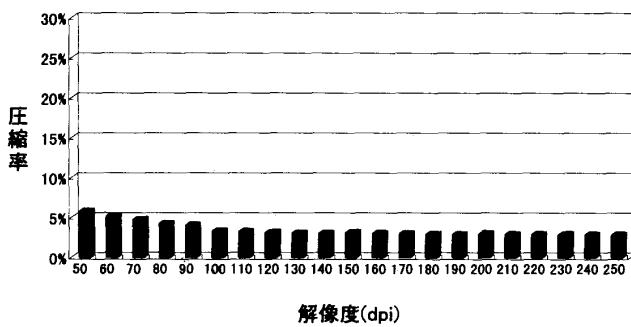
4.1 患者紹介状データ

17通の患者紹介状データの内訳を表2に示す. いずれも実際の患者に対する症例である. データの平均サイズは152KB, 添付された画像は平均1.6枚, 画像データの平均サイズは169KB, 1枚あたり68KBという結果であった. ただし, 画像データの平均サイズは, 画像が添付されていないデータは除いて計算している. また, 傷病名, 紹介目的, 既往歴及び家族歴, 現在の処方, 症状経過及び検査結果, 治療経過の6つの入力項目にはそれぞれ平均で6, 17, 19, 24, 249, 70文字が入力され, その合計は385文字であった.

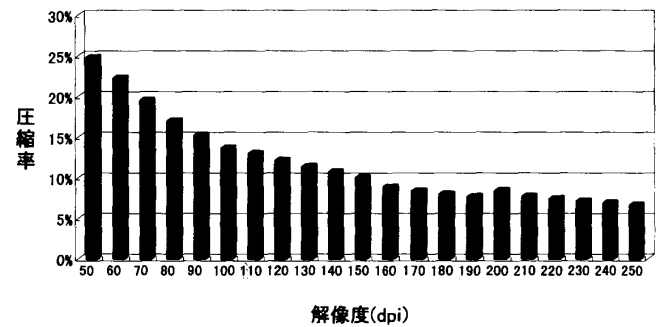
4.2 画像データの解像度と圧縮率

X線写真, 内視鏡, ECG, MRI, CT, Echo の6

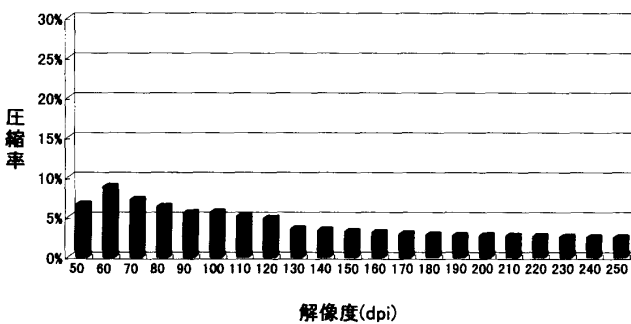
a) X線



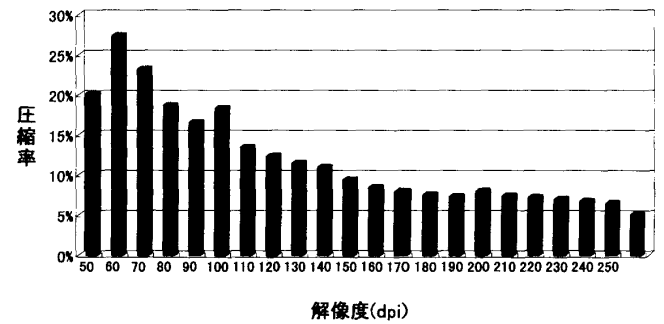
d) MRI



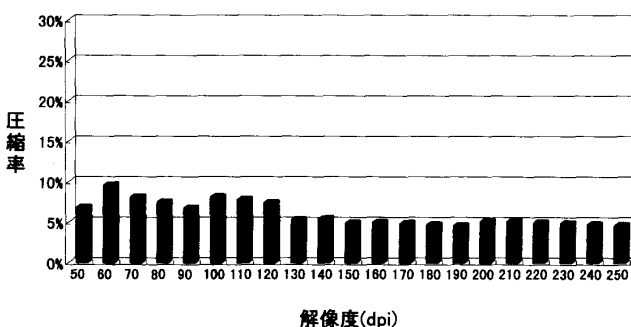
b) 内視鏡



e) CT



c) ECG



f) Echo

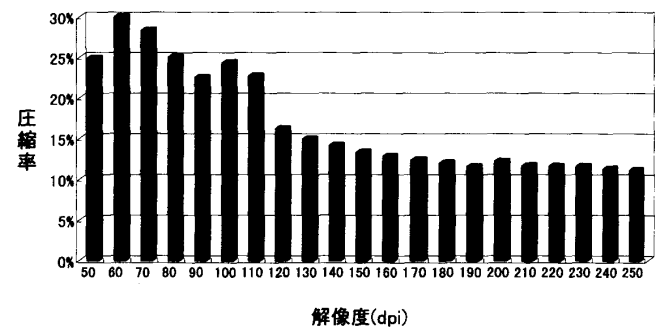


図2 JPEG 画像データの圧縮率の解像度依存性

種類の画像について圧縮率の解像度依存性をプロットしたのが図2である。いずれも、解像度の増加に伴って圧縮率が減少する傾向が見られた。また、X線写真、内視鏡、ECGの圧縮率はMRI、CT、Echoに比べて小さい。

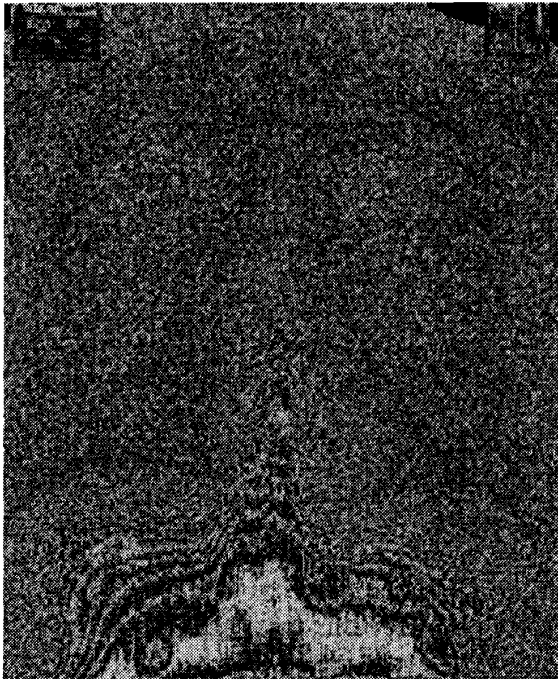
4.3 圧縮による画像データの歪み

図3は、図1に示す256階調、96dpiのX線画像を圧縮モードが低画質、標準、高画質、最高画質でJPEG圧縮した画像と元の画像との画素ごとの階調

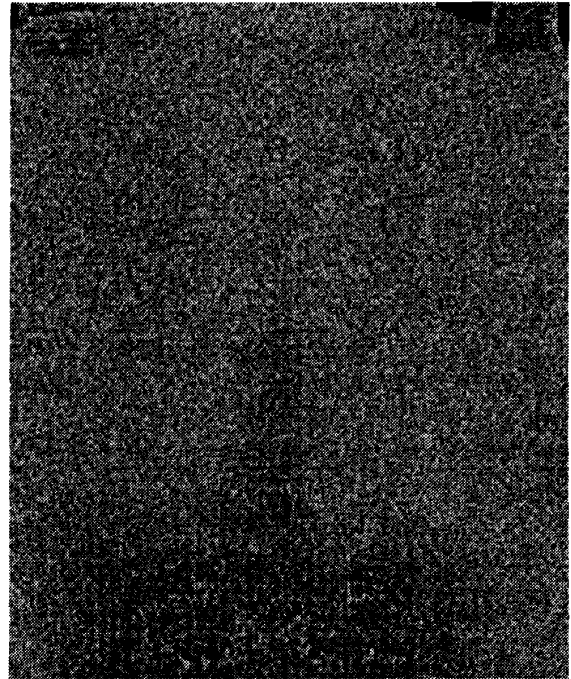
差を求めて濃淡で表示したものである。図は圧縮の種類が低画質から最高画質になるにつれて階調差が減少することを示している。図4は階調差ごとの画素数が全体に占める割合を示したもので、標準圧縮の場合でも階調差が2以下の画素数が全体の90%以上を占めている。

4.4 患者紹介状データの伝送時間

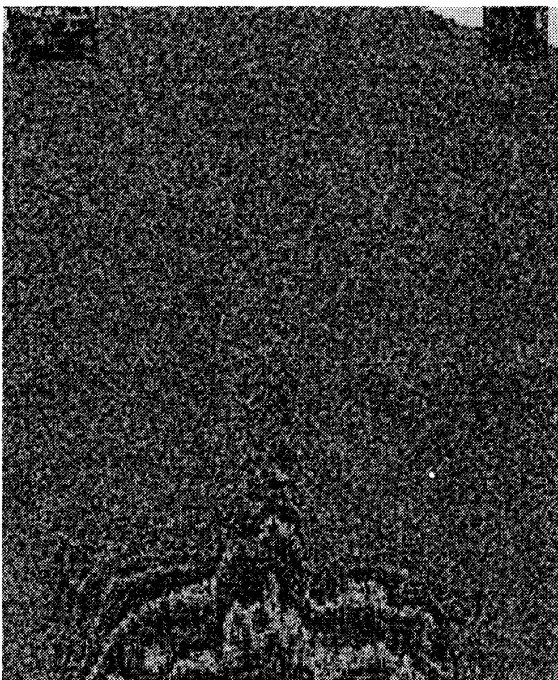
図5は伝送データサイズが288KBの場合の時間帯別伝送時間をプロットしたものである。横軸には午



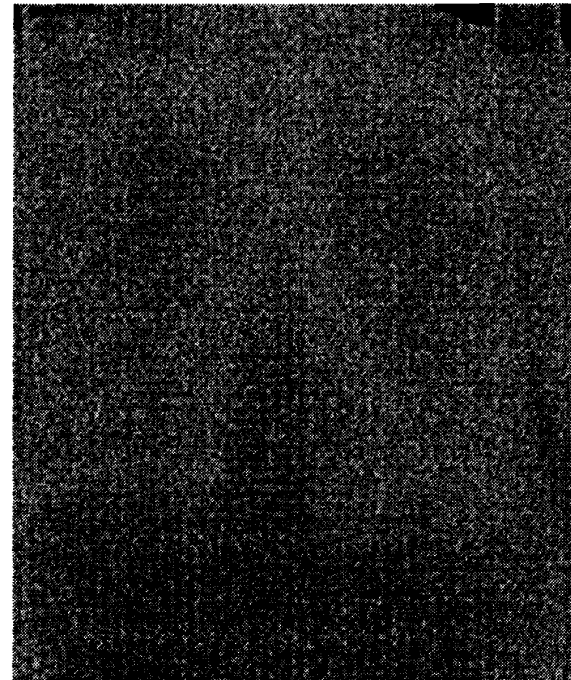
低画質(42KB 3.0%)



高画質(93KB 6.6%)



標準(52KB 3.7%)



最高画質(158KB 11.3%)

図3 圧縮による画像データの歪み
256階調、96dpiの胸部正面X線データについて調べたもの。()内はJPEGデータのサイズと圧縮率を示す。

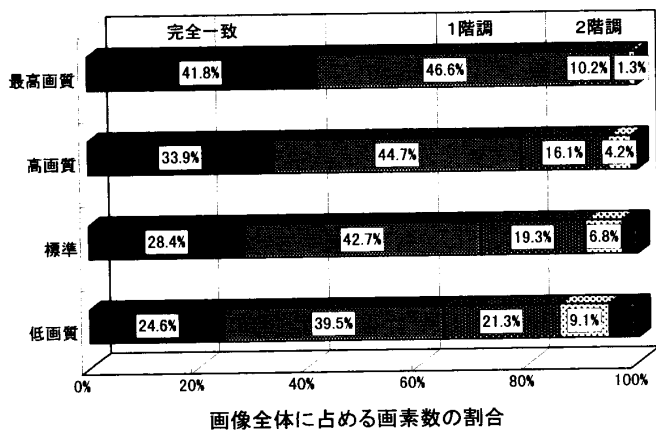


図4 圧縮の種類別の階調差
256階調、96dpiの胸面X線画像データについて調べたもの

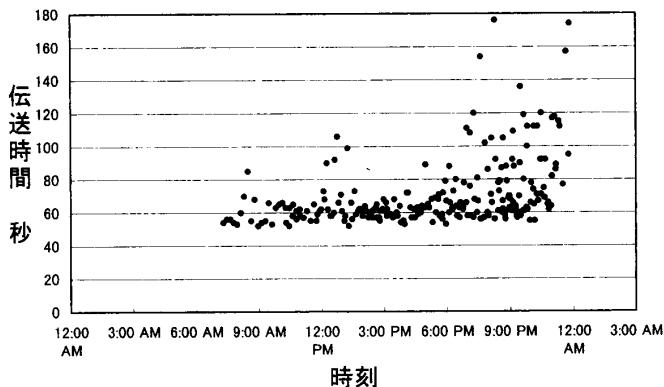


図5 データサイズが288KBの場合の時間帯別伝送時間

表3 電子メールの伝送時間のデータサイズ依存性
平均伝送時間と伝送時間の標準値差は伝送時間の上位10%、下位10%を除外して計算してある。最小伝送時間と最大伝送時間は全計測データを対象としてもとめた。

伝送データサイズ(KB)	1.2	100	200	288	400	500
平均伝送時間(秒)	11	31	41	68	70	86
伝送時間の標準偏差(秒)	6.1	8.4	1.8	11.4	1.6	1.5
最小伝送時間(秒)	7	22	37	52	58	84
最大伝送時間(秒)	2768	2751	167	358	203	182
計測回数	341	384	187	240	154	131

前12時から翌日の午前3時までの時刻を、縦軸には伝送時間をプロットしてある。午後6時頃から深夜にかけてかなりのバラツキが見られる。表3にはデータサイズごとの平均伝送時間、標準偏差、最小伝送時間、最大伝送時間、計測回数を示した。データサイズが100KBの平均伝送時間は約31秒であるが、最大2751秒(約46分)も要することがあった。図6は横

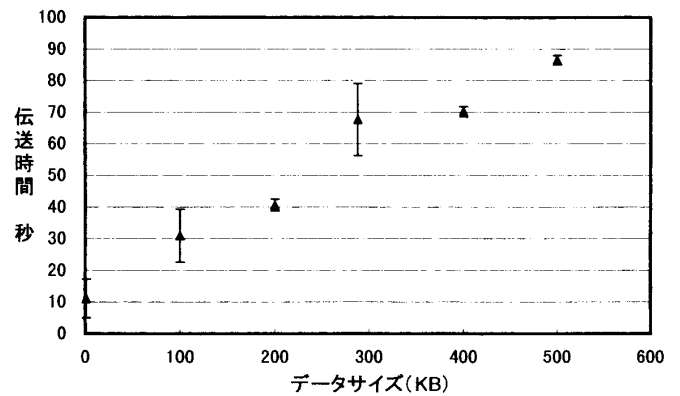


図6 電子メールの伝送時間のデータサイズ依存性
誤差棒は標準値差を表す。

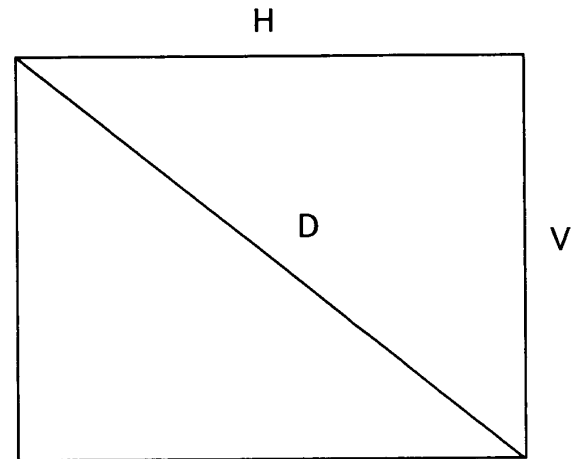


図7 ディスプレイのサイズと解像度
D: ディスプレイのサイズ(インチ)
H: 水平方向の画素数(ピクセル)
V: 垂直方向の画素数(ピクセル)

軸にデータサイズを、縦軸に平均伝送時間をプロットしたもので、誤差棒は標準偏差を表わしている。図から、500KB以内のデータであれば1、2分もあれば伝送可能ということが分かる。

5. 考 察

画像をディスプレイ上で読影する場合、最適な解像度についての考察を行う。図7に示すように、ディスプレイのサイズをDインチ、水平方向、鉛直方向の画素数をそれぞれH、Vとすると、ディスプレイの解像度Rは

$$R = \frac{\sqrt{H^2 + V^2}}{D}$$

で近似される。これを各種のディスプレイサイズと通常設定されるディスプレイの横縦の画素数に対して計算したのが表4である。たとえば、17インチのディスプレイで1280×1024の設定を行うと解像度Rは96dpiとなる。これが21インチディスプレイであれば78dpiとなり、17インチディスプレイで1024×768に設定すると75dpiとなる。したがって、ディスプレ

表4 ディスプレイのサイズと縦横の画素数ごとに計算した解像度

H (pixels)	V (pixels)	Aspect	D (inch)	Resolution (dpi)	D (inch)	Resolution (dpi)
640	480	1.33	17	47	21	38
800	600	1.33	17	59	21	48
1024	768	1.33	17	75	21	61
1152	864	1.33	17	85	21	69
1280	1024	1.25	17	96	21	78
1376	768	1.79	17	93	21	75
1440	1080	1.33	17	106	21	86
1600	1024	1.56	17	112	21	90
1600	1200	1.33	17	118	21	95
2048	1536	1.33	17	151	21	122

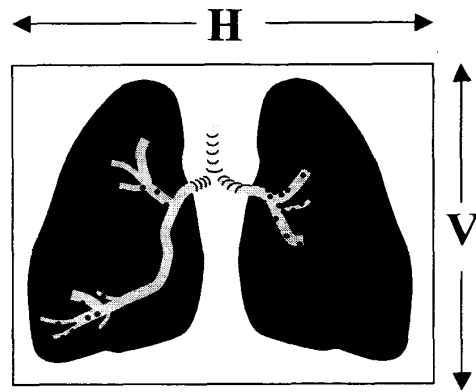
イだけで読影するのであれば、70~100dpiもあれば十分ということになる。

次に、圧縮について考察する。圧縮アルゴリズムには各種あるが、基本的な考え方は、図8に示すように、圧縮前の反復するデータを基本要素とその数で表現する。例えば、Aという基本要素が8個連続していれば、それをA@8のように表現する。この操作によってデータサイズが8から3に減少することになる。画像データの全体を無地の部分と複雑な模様の部分に分けて圧縮率を考えてみる。無地の部分は極論すれば、前述のAのように同じ基本要素が反復して繰り返されたデータとみなすことができる。この反復するデータのサイズは解像度Rの二乗に比例するが、圧縮後はA@8のように解像度Rには依存しない。したがって圧縮率は解像度Rの逆二乗に比例することになる。一方、無地でない部分については、圧縮は行われるものの、解像度の増加に伴ってあらたな微細構造が現れるため、圧縮後のデータサイズは解像度に依存するものと考えられる。ここでは、多めに見積もって、圧縮後のデータサイズも元のデータ同様に解像度Rの二乗に比例して増大するものと仮定する。そうすれば、無地でない領域の圧縮率は一定になる。

以上の議論から、画像の中に占める無地の領域の割合を α とすれば、全体の圧縮率は

$$P = \frac{\alpha C_1}{R^2} + (1-\alpha)C_2$$

と表わされる。ここで C_1 , C_2 は適当な定数である。これを、 $C_1 = 130$, $C_2 = 0.1$, $\alpha = 0.74$ の場合についてプロットしたのが図9aである。一方、 $C_1 = 2300$, $C_2 = 0.094$, $\alpha = 0.22$ の場合についてプロットしたのが図9bである。図9aはX線写真の



$$S = HVCR^2$$

[圧縮前] AAAAAAAAAABBCCCC...

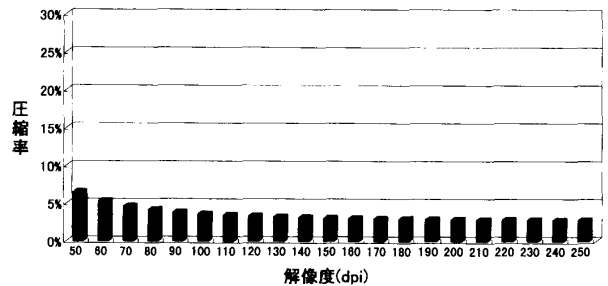
[圧縮後] A@8BBC@4...

$$P = \alpha C_1 / R^2 + (1-\alpha)C_2$$

図8 圧縮アルゴリズムの概念

S : 画像データのサイズ(bit), C : 階調(bit),
 R : 解像度(dpi), P : 圧縮率,
 α : 画像データ全体の中で無地の領域の割合,
 C_1 : 無地の領域の圧縮率に関する定数,
 C_2 : 無地でない領域の圧縮率に関する定数

a) $C_1 = 130, C_2 = 0.1, \alpha = 0.74$



b) $C_1 = 2300, C_2 = 0.094, \alpha = 0.22$

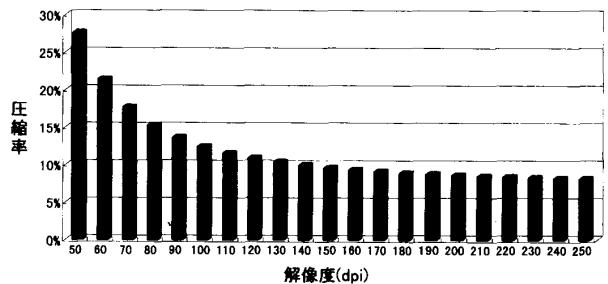


図9 圧縮モデルによるシュミレーション

(a) 無地の領域の割合 α が大きい場合

(b) 無地の領域の割合 α が小さい場合

場合の図2aに、図9bはMRIの場合の図2dに酷似している。図2では内視鏡やECGはX線と同様な解像度依存性を示し、一方、CTやEchoはMRIと同様な傾向が見られた。つまり、X線、内視鏡、ECGは解像度の増加に伴って大きな圧縮率の減少は見られ

ないが、圧縮率自体は数%と低く、一方、MRI, CT, Echo は圧縮率は大きいものの解像度の増加によって著しい圧縮率の減少が見られた。このように画像によって解像度と圧縮率の関係が異なっている。前述の圧縮モデルは実際の圧縮率の解像度依存性をよく表わしているため、このモデルが正しいとすれば、X線, 内視鏡, ECG は MRI, CT, Echo に比べて画像全体に占める無地の領域の割合 α が比較的大きいためだと考えられる。

今回の運用実験で送られてきた患者紹介状データのサイズは、表 2 が示すように、画像を添付しない場合は 20KB, 画像を添付してもせいぜい 300KB 程度であった。したがって図 6 から伝送時間は 10~60 秒程度であり、これは十分実用的な範囲である。しかしながら、プロバイダや回線の混雑具合によってはかなり時間を要する場合があります。実際、今回の実験でも送信されてから数十分も遅れて到着したことがあった。また、実験中に何度も見られた現象として、午後 11 時ごろになるとプロバイダのメールサーバに接続すらできないことがあった。しかし、インター

ネットを通信手段として利用する限りこれは避けては通れない問題である。経済性と確実性はトレードオフの関係にある。

6. 結 論

2ヶ月間にわたる運用実験を通じて、患者紹介状データのサイズが数十~300KBと予想外に小さいことが分かった。これは JPEG による画像データの高压縮によるものである。X線画像では数%, CT 画像でもせいぜい 10% 程度の圧縮率で、これは実データサイズでそれぞれ数十KB~百数十KB程度の画像容量である。このような高压縮にもかかわらず、圧縮時の画像の歪みはほとんどなく、階調差が 2 階調以下の画素数が全体の 9 割を超えていた。伝送時間も 1 分程度と実用的な範囲であり、実用化に向けて大きな問題はなかった。今後は実験協力医療機関を増やし、さらに紹介数を増やしていきたい。

本研究は平成 9 年度文部省ハイテク・リサーチ・センター整備事業の助成を受けて行った。

文 献

- 1) 吉原博幸, 皆川和史, 田中久淳, 荒木賢二 (1997) 地球規模の病床管理システムへの提案. 第17回医療情報連合大会論文集, 584-585.
- 2) 田中昌昭, 村口 淳, 太田 茂 (1997) 電子カルテの要素技術としての ID Lookup System の開発. 第17回医療情報連合大会論文集, 80-81.
- 3) 村口 淳, 田中昌昭, 太田 茂 (1997) 診療データの共有を目指した電子カルテシステムの開発. 第17回医療情報連合大会論文集, 642-643.
- 4) 田中昌昭, 植松章子 (1998) 電子カルテの要素技術としての ID Lookup System. 川崎医療福祉学会誌, 8(1), 73-80.
- 5) 植松章子, 田中昌昭, 石田 博, 津田 司, 太田 茂 (1998) SMTP と PGP を用いた病診連携支援システムの開発. 第18回医療情報連合大会論文集, 748-749.
- 6) 田中昌昭, 植松章子, 石田 博, 津田 司 (1998) セキュリティを重視したインターネット上の病診連携情報交換の試み. JMS, 10, 30-33.
- 7) 田中昌昭, 植松章子 (1998) 医療機関連携支援システムの開発. 川崎医療福祉学会誌, 8(2), 337-346.
- 8) ケイワーク (1998) JPEG - 概念から C++ による実装まで, ソフトバンク東京.
- 9) 木村憲雄 (1995) 電子メール動作メカニズム. OPEN DESIGN, 8, 54-75.
- 10) SimonGarfinkel (1997) PGP 暗号メールと電子署名, オイラリー・ジャパン, 3-31.

(平成11年5月12日受理)

Evaluation of a Tele-Consultation System between Clinics and Hospitals

Masaaki TANAKA and Yukiko UEMATSU

(Accepted May 12, 1999)

Key words : TELE-CONSULTATION, JPEG, RESOLUTION, IMAGE COMPRESSION

Abstract

Our research team developed and implemented a tele-consultation system which electronically exchanges a patient's clinical data between a medical practitioner and a hospital specialist. Two months after the start of the experiment, we were able to assess the system by examining 17 clinical data exchanges completed by the system. The result showed that the average data length was 152KB, and the average number of images attached was 1.6. The average size of the image data was 169KB, which is 64KB per image.

Since the size of the image data file is large, it was compressed using the JPEG format. We also investigated the most suitable relationship between resolution of the image and the compression ratio. The size of image data increases in proportion to the square of the resolution. However, it was found that the compression ratio decreases with an increase of resolution. Since the JPEG compression is non-invertible, its efficiency for recovering original image data was examined. As a result, it was found that more than 90% of pixel data of the compressed image data differs in brightness by only 2 degrees or less from the original in the case of standard-compressed gray scale X-ray images at 96dpi, 256 degrees of brightness.

The dependency of transfer time on data amount was also investigated through E-mail experiments. We found that data of 200KB to 400KB size reaches the destination within about a minute. However, there were differences in transfer time depending on the day of the week or the time of day. In fact there was a case that took 45 minutes to transfer 100KB of data.

Correspondence to : Masaaki TANAKA

Department of Medical Informatics, Faculty of Medical Professions
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
(Kawasaki Journal of Medical Welfare Vol.9, No.1, 1999 77-85)