

画像圧縮伝送実験用ソフトウェアの開発

菊地時夫

高知大学理学部情報科学科

ABSTRACT

インターネットに接続されたワークステーションをホストとして、別のワークステーションからの要求で画像データを表示させるプログラムを開発した。通常、ワークステーション間で画像を表示するには、X Window が使われるが、遠隔地にホストがあつてインターネット接続が低速の回線を使っている場合、画像の伝送に要する時間は多大のものとなる。このため、伝送時には適当な方式で画像を圧縮する方法を検討し、BSD 系 UNIX の rcmd (rsh) を使つた、比較的簡便な方法でこれを実現した。

1 はじめに

最近、人工衛星による資源探査や気象予報など衛星画像に対する需要が高まっている。これらのデータは気象協会やリモートセンシング技術センターなどから入手することができるが、画像の質や雲の有無など、用途に応じて最適のデータを得るには、特に遠隔地においては不便が多い。

電話回線や近年学術関係で普及してきた Internet によつて、簡単に画像を見ることができれば、画像データの選択に便利である。また、このような画像伝送技術が実用化されれば、医学における X 線画像など遠隔地における医療診断にも利用できると考えられる。このような考えから、Internet を用いた画像伝送について、ソフトウェアの面から利用可能な技術を検討し、直ちに利用可能な技術のひとつとして、BSD 系 UNIX の rcmd を使つた、画像圧縮伝送実験用ソフトウェアを開発したので報告する。

2 ネットワークの伝送速度

一般に衛星観測のデータは膨大な量になり、比較的データ数の少ない NOAA 気象観測衛星のデータでも 1 画面は $12\text{bit} \times 2048 \times 2048$ 程度になる。多くのデータ Archive ではさらに、データの間引きなどを行なつており、国立極地研究所で 1980 年以来昭和基地で受信したデータを $16\text{bit} \times 512 \times 512$ の形で蓄積している (高部・山内, 1989; Kikuchi *et al.*, 1992)。

データ量としては約 5×10^6 bits となり、これだけのデータを電話回線等で送信した場合、表 1 のような時間がかかる計算になる。実際には、使用するプロトコルによる overhead や回線の空き状態によつても転送時間は変化する。試みに Ethernet による学内 LAN を用いて ftp (file transfer protocol) で転送実験したところ、1.5 秒 (330 kbytes/s) 程度であつた。

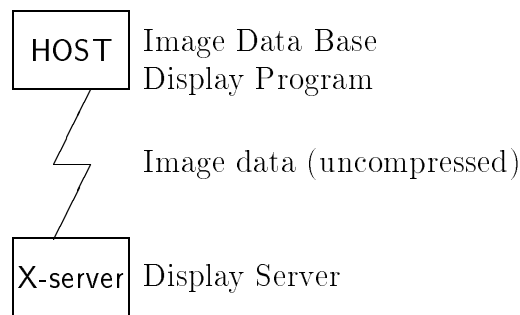


図 1: X Window に直接画像を表示させる方法 (例: SSABLE)

3 X Window による画像伝送

現在、ワークステーションで一般的に用いられている X Window System を用いることにより、ネットワークを介して別のワークステーションで実行したプログラムの結果を現在使用中のワークステーションの画面に表示させることが可能になってきている (図 1)。例えば、A というワークステーションに、画像データとそれを X Window に表示するプログラムがあったとすると、このプログラムは、ワークステーション A のディスプレイ画面にその画像を表示することができるだけでなく、ネットワークで接続されている別のワークステーション B にもその画像を表示する能力を持っている。但し、この場合、ワークステーション B の上で X Window System が動作しており、このシステムがワークステーション A に対し表示許可を出していることが条件である。

このように、X Window のようなネットワーク・ウィンドウ・システムを用いることにより、遠隔地にあるデータベースから画像データを取り出しそれを表示するといった用途が開けてくることになる。

しかし、一般に画像化されたデータはオリジナルのデータに比べてデータ量が少なくなるとはいうものの、例えば NOAA 画像の場合でも 1 画素あたり 8 bit のデータとなり、伝送時間の減少はあまり期待できない。特別の場合として、白黒の画像の場合これを dither 処理により、1 画素 1 bit にすることができ、理論上は伝送時間を 16 分の 1 にすることができる。しかし、この場合には画質の低下が避けられず、実用には及ばない恐れがある。

実際に、X Window を用いた画像 browse サービスを行なっているところとしては、Scrips 海洋研究所における SSABLE があるが (Simpson, 1991) NOAA 画像に限られ、1 bit 画像では雲の有無程度の判別しかできないようである。

4 JPEG を使った圧縮

以上のように、画像データを画質をあまり落とさず、高速で伝送するには何らかの方法でデータ圧縮をかける必要がある。標準化された画像圧縮方式のひとつである、JPEG 方式 (Joint Photographic Experts Group に由来する) は、「自然の」カラーまたは白黒の画

像を圧縮するのに適した方法とされている (Lane, 1992; 高木・下田, 1991)。例えば、白と黒だけの 1 bit 画像の場合には、この方法は適さないが、衛星画像の多くは、「自然」の画像に近いなだらかに変化するようなデータであるので、JPEG により効果的な圧縮が期待できる。

表 2 に JPEG 圧縮のプログラムである、cjpeg (IJG, 1992) を用いて画像圧縮を行なった例を示す。このプログラムの場合、量子化テーブルの長さを切り詰めることで情報量を犠牲にして高率の圧縮を行なうことが可能である。ファイル名につけられた、数字は量子化テーブルの長さを決めるパラメータである。

このように、画像圧縮をかけることにより、必要な伝送データ量が $1/10$ から $1/20$ にまで減らすことができる。但し、Q 値を極端に減らした場合には、画像の質が落ちることは言うまでもない。原画像にもよるが、気象衛星画像の場合 50 程度の値で、画像表示の目的には十分であった。

5 JPEG 圧縮した画像の伝送

このように、JPEG 方式を用いることにより、画像データの収納スペース (ディスクなど) がかなり節約できることが示されたが、これを X Window で表示するには問題が残る。画像ファイルを持つホストで、その画像を X Window に表示させるクライアント・プログラムを作動させた場合、元のファイルが圧縮されていても、途中の伝送線には、圧縮されていないデータが流れることになるからである。(図 1 参照)

何らかの方法で、伝送線には圧縮されたデータが乗るようにしてやらなければならない。この方法のひとつは、ftp などを用いてファイル転送を行なうことであるが、この場合、サイトによって伝送速度が違ふことを考慮に入れて、多少画質を落としても伝送時間を節約したいなどの、きめ細かい要求に答えるのが難しくなる。

そこで、ホスト側からターミナル側の表示をさせる方法のひとつとして、BSD 系の UNIX コマンドである rsh を使う方法を試してみた。rsh では、このコマンドを発行する側のワークステーション (クライアント) でコマンドを実行する側のワークステーション (サーバー) を名前で (IP アドレスでなく) 認識できること、サーバーにクライアント側からの要求許可が設定してあることなどの制約があるが、標準の入出力をパイプで渡すことができるので、途中のデータ伝送を圧縮がかかったままで行なうことができる。

図 2 に、高知大学の学内ネットワークで実行した例を示す。この例では、クライアントに情報処理センターの Sun-4/260 (ryoma) を、サーバーに情報科学科の SparcStation-1 (notos) を用いている。ここで、notos 側に起動される、djpeg (IJG, 1992)、ppm はそれぞれ、JPEG 圧縮したデータを展開伸張するプログラム、展開された画像データを表示するプログラムである。

この方法でのデータの流は図 3 のようになる。この方式の利点は、適当な検索プログラムの中で rsh を起動することも可能となり、単なる ftp にくらべてずっとユーザ・フレンドリな環境を作れるということである。一方、問題点としては、ホスト側 (rsh のクライアント) から、rlogin によってユーザ側のワークステーションにアクセスできるようにな

るので、セキュリティ上問題が残る。

6 画像圧縮伝送実験用プログラム

以上のような問題点は残っているが、さしあたり、画像圧縮伝送表示の効果を確かめるため、X Window のライブラリのひとつである、XView を用いて画像圧縮伝送のデモンストラーションプログラムを作成した。

プログラムの開発目標としては、リモートホストに X Window のクライアントを起動した時と同じような操作環境が得られることを目指した。すなわち、マウスのクリックでファイルやディレクトリを選択し、そのファイルを必要ならば圧縮して、ユーザ側のワークステーションへ伝送表示させる、あるいはディレクトリの変更を行なうものである。

以下に、本実験用に作成したプログラムの概要を説明する。

- Browse Navigator (nav): 画像データの置いてあるホストで使用する。ディレクトリを表示し、マウスのクリックで選択されたファイルが
 - ディレクトリであれば、作業ディレクトリを変更し、そのディレクトリを表示する。
 - 既に圧縮したファイルであれば、それを rsh の標準入力に渡して、ユーザ側の展開表示プログラムへ渡す。
 - 圧縮してない画像であれば、圧縮してから上記と同様にユーザ側へ伝送する。
 - 画像ファイルでなければ、テキスト・ウィンドウを開いてそれを表示する。

また、Properties ボタンをクリックすることで、「特性」変更のためのウィンドウを開いて、ユーザ側の展開表示プログラムの変更や Q 値の変更などができる。

- host_program: Browse Navigator を起動するために必要な、ユーザのホスト名、ユーザ名、X Window のディスプレイ名などを設定する。

以上の他に、セキュリティ上の問題を少しでも解決するため、ユーザ側で自動的にホストからのアクセス権を設定し、ログアウトでアクセス権を解除するような簡単なシェルスクリプトプログラム (Browse) も作成した。

7 プログラムの起動から終了まで

図4にローカルのワークステーションから Browse を起動して、ホストの Browse Navigator (nav) を起動し、一連のセッションを終えるまでのログを示す。一旦、Browse Navigator が起動されると、画像の伝送などのコントロールはマウスから行なうことになる。マウスで選択したファイルはセッションの画面に表示される。

この例では、ホスト、ローカル共に同一のマシン (notos) を用いている。まず、(1) でローカル側から、Browse を起動する。引数はホスト名とそのマシンにおけるアカウント名である。(2) では、そのホストから X Window へのアクセスを許可する xhost と rhosts ファイルの設定が行なわれる。

(3) 以降が host_program からのメッセージである。(4) でローカル側のホスト名を入力する。rsh を利用する関係で IP アドレスではなく、ホスト名 (あるいはネームサーバーを使っている場合はホスト名 + ドメイン名が必要である)。(5) でローカルホスト上でのユーザ名を入力する。(6) では、ユーザが現在使用中の X Window のディスプレイ名を入力する。以上の 3 つを入力すると、それが正しいかどうか確認し (7)、実際にアクセス可能であるかどうかをチェックする (8)。その後、(9) で、ウィンドウ上で Browse Navigator を起動するか、TTY 画面でのプログラムを起動するかどうかを選択する。これは、特に遅い回線を使っている場合など、ウィンドウの応答が待ち切れない場合を想定している。基本的にどちらのプログラムを選んでも同じような伝送を行なうことができる。

Browse Navigator が起動されると、コントロールはウィンドウに移るが、現在の作業ディレクトリが TTY 画面に引き続き表示される (10)。また、伝送したファイル名も表示される (11)。

Browse Navigator の Quit ボタンをクリックすると、終了確認の後 host_program より終了メッセージが出て、ホストとのセッションが終了する (12)。最後に、(13) でリモート側の Browse はホストからのアクセス権を解除し、無用のアクセスができないようにし、一連のセッションを終了する。

Browse Navigator による伝送状況を示したのが、図 5 である。図では 5 つのウィンドウが開いている様子が見える。実は、もう一つ TTY セッションを表示しているウィンドウがあるが、ここでは後ろに隠れている。中央に見えるのが、Browse Navigator のコントロールウィンドウである。ディレクトリを表示し、それをクリックすることで、対応した処理を行なう。左上に隠れて見えているのが、ドキュメントウィンドウで、クリックされたファイルが文書ファイルなどである場合に起動される。プログラムのマニュアルや画像ファイルの説明などに用いることができる。左下と右下に隠れているウィンドウは、伝送された画像ファイルである。ここでは、画像表示を行なうパブリックドメインソフトウェアである、xv (Bradley, 1992) を用いている。Xv はローカルマシンで起動されているため、xv が持っている画像の階調変更などの機能は、高速に実行することができる。右上には、Browse Navigator の Properties ウィンドウが現われている。Properties ウィンドウでパラメータを変更することにより、画像表示プログラムや JPEG の Q 値などを変更することができる。

8 予備的実験の結果

現在のところ、このプログラムは高知大学理学部情報科学科において学内 LAN を用いて実験的に運用しているが、宇宙開発事業団地球観測センター (NASDA EOC, 埼玉県鳩山町) で ISDN を用いた画像伝送実験にも使用されている。高知大学においては 1992 年現在で ISDN 回線が無いいため、学術情報ネットワーク (JAIN) を用いて、予備的な伝送実験を

行なった。

表3がその結果である。Q値としては、defaultの75を使っており、画質としては十分な結果が得られている。表のうち、GIFとあるのはJPEGとは別の方式による圧縮ファイルである。最後の列の伝送速度は、圧縮伸張表示にかかるオーバーヘッドも含んでいる。みかけの伝送速度が一番早かったnoaafals.gifの場合が、圧縮をかけずに伝送できる速度と考えると、614417 bytesの画像ファイルを伝送するには約13分を要することになる。JPEG圧縮をかけることにより、1/6から1/13程度に伝送時間を縮めることができたことがわかる。ネットワークの伝送速度が上がるにつれて、オーバーヘッドの部分が問題になってくるので以上の結果は一般化するわけにはいかないが、ISDNによる64Kbps程度の伝送速度であれば、十分効果があるものと期待される。

9 結語

BSD系UNIXのコマンドであるrshを使うことにより、X Windowと同じような操作性を保つことのできる画像圧縮伝送実験プログラムを作成した。圧縮パラメータを変えたり画像表示プログラムの選択ができるなどrshを使うことでの利点があるが、セキュリティ上の問題が残っている。今後、圧縮画像の表示を行なうサーバプログラムの開発などを通じて、残された問題点の解決を計っていきたい。

本研究は宇宙開発事業団地球環境観測委員会ブラウザデータ伝送ワーキンググループにおける研究の一環として行なわれたものである。

(1992年12月7日)

参考文献

- Bradley, J. (1992): xv-2.21 available from export.lcs.mit.edu.
- IJG (Independent JPEG Group) (1992): jpegsrc.v3 available from ftp.uu.net.
- Kikuchi, T., Satow, K., Ohata, T., Yamanouchi, T. and Nishio F. (1992): Wind and temperature regime in Mizuho Plateau, East Antarctica. *International Journal of Remote Sensing*, **13**, 67-79.
- Lane, T. (1992): jpeg-faq (JPEG Frequently Asked Questions) available from mail-server@pit-manager.mit.edu.
- Simpson, J. J. (1991): Scripps Satellite Archive Browsing for Localized Environments. *EOS*, **72**, (45) 493.
- 高部広昭・山内恭 (1989): 気象衛星NOAAデータ処理装置. 南極資料, **33**, 73-87.
- 高木幹雄・下田陽久 (1991): 画像解析ハンドブック. 東京大学出版会, 775pp.

表 1: NOAA 衛星データ 1 画面分を転送するのに必要な時間

電話 (音声回線)	modem	2400 bps	約 35 分
	高速 modem	9600 bps	約 10 分
ISDN (デジタル回線)		64 Kbps	約 1.5 分
(参考)			
LAN (Ethernet)		10 Mbps	0.5 秒

表 2: JPEG を使った画像ファイルの圧縮

	ファイル名	Q 値	ファイルサイズ (bytes)
原画像 (南極 MOS-1)	polarme1.ppm	-	614417
圧縮画像	polar75.jpg	75	45977
	polar50.jpg	50	29324
	polar25.jpg	25	17901
	polar10.jpg	10	9522

```

notos% rlogin ryoma
SunOS Release 4.1.1-JLE1.1.1RevB (RYOMA)
ryoma% ls
bin/      doc/      images/   src/
ryoma% cd images
ryoma% ls
polar75.jpg
ryoma% cat polar75.jpg | rsh notos "djpeg | ppm - -display notos:0"

```

図 2: rsh による画像データの伝送実験



図 3: rsh を用いた圧縮データの伝送

表 3: 地球観測センターと高知大学間の画像伝送実験結果

画像ファイル名	file size	伝送形式	w x h	color	(bytes)	(time)	(byte/s)
giskanto.gif	16512	GIF	426 x 400	14	16512	35	472
japan.ppm	358659	JPEG	278 x 430	21	16490	50	330
noaafals.gif	164843	GIF	426 x 400	254	164843	3:30	785
noaanvi.gif	16906	GIF	426 x 400	13	16906	30	563
shizu.ppm	614417	JPEG	512 x 400	64	63335	2:07	499
spot.ppm	614417	JPEG	512 x 400	256	34552	1:23	416
spot0.ppm	614417	JPEG	512 x 400	53	27773	1:03	440
spot011.ppm	614417	JPEG	512 x 400	256	34552	1:23	416
spotpan.ppm	204817	JPEG	512 x 400	209	31775	1:00	530

注) JPEG 形式の伝送時データサイズは受信した画像を JPEG で save して推定した。

```

notos% Browse notos test .....(1)
notos being added to access control list .....(2)
accessing notos. may require password.
Password:
Last login: Tue Dec 1 16:12:47 from notos
SunOS Release 4.1.2-JLE1.1.2 (NOTOS) #1: Thu Mar 12 09:10:49 JST 1992
***** .....(3)
*** Wellcome to Satellite Data Library ! ***
*** You can browse around our archive images ***
*** on your image browser (e.g. xv) ***
*** You must define our host and account in ***
*** your /etc/hosts database and ~/.rhosts. ***
*** Also, your local host must be pre-defined ***
*** in our /etc/hosts database. ***
*****
+++++
+++ First, we must define +++
+++ DISPLAYHOST...your local host (WS) +++
+++ LOCALACCOUNT...your login name in local host +++
+++ and DISPLAY....X-window server name +++
+++++
Please enter your local host (WS) name.
    >> notos .....(4)
Please enter your login name in local host.
    >> tkikuchi .....(5)
Please enter your terminal (WS/Xterminal) name/IP address
together with the screen number (:0 in most cases).
    >> notos:0 .....(6)
Your DISPLAYHOST is notos
LOCALACCOUNT is tkikuchi
and DISPLAY is notos:0
OK? (Y/N) y .....(7)
Checking DISPLAYHOST & LOCALACCOUNT.. .....(8)
Checking DISPLAY..
Which do you prefer for Browse Navigation ?
(1) Window-based Browse Navigator
(2) TTY-Based Browse Navigator
Select one (1 or 2) 1 .....(9)
*** Starting Browse Navigator ***
notos tkikuchi -- /home/notos/test/images .....(10)
notos tkikuchi -- circle1.jpg .....(11)
notos tkikuchi -- /home/notos/test/images/ppm
notos tkikuchi -- polarme1.ppm
Sayonara ! .....(12)
Connection closed.
notos being removed from access control list .....(13)
notos%

```

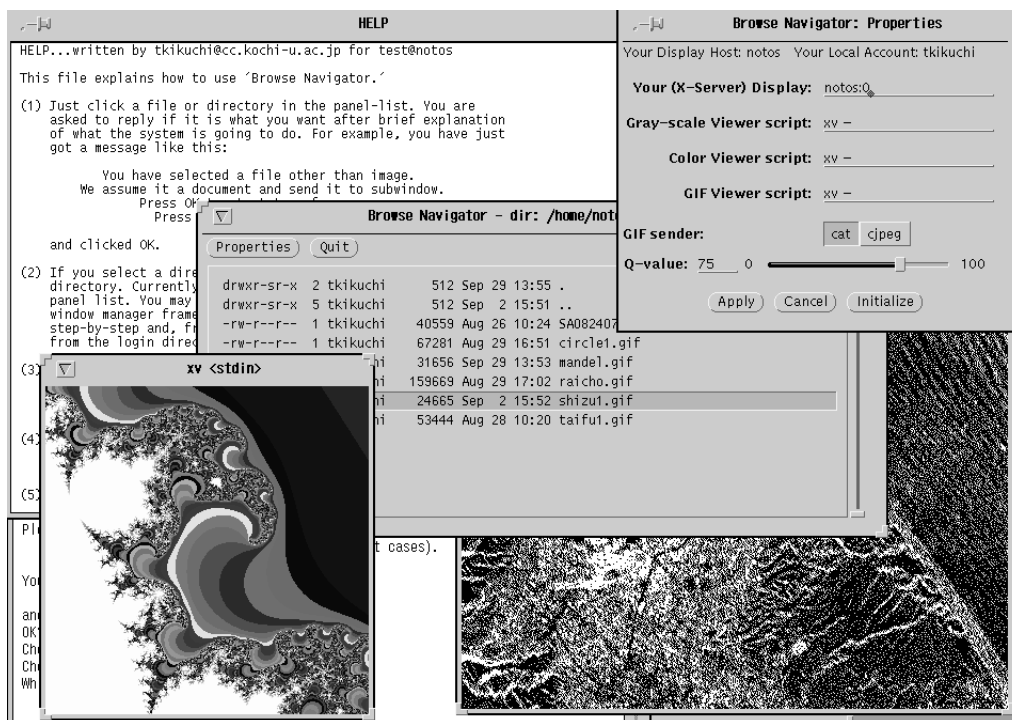


図 5: Browse Navigator による伝送状況