

パーソナルコンピュータとWireless Adapterを用いた船内ネットワーク

小妻 勝, 高山 久明

Used a Personal Computer and Wireless Adapter for Ship's Network

Masaru KOZUMA, Hisaaki TAKAYAMA

Up to now, we have been attempting the construction of the inboard network that uses the telephone line and inboard power supply (100V). However, since we need to have lines always available for emergency calls and ordinary business calls, we must avoid marking the inboard telephone lines busy.

Moreover, if we are using our inboard 100V line for the telecommunication line, we might have some problems such as decrease in data transmission speed, or, in the extreme case, serious problems like communications failure, etc. in case of the occurrence of electric noise on the line. Another problem of the above both systems is that we could not let more than two personal computers access to each other at the same time.

In order to solve those problems, we have had experiments on the inboard data transmission that uses Wireless Adapter. The inboard network that combines the modems and the radio lines cannot achieve good compatibility between a modem and Wireless Adapter, causing poor communications efficiency. Accordingly, when we assume the limited use inboard communications only, we consider it best to install Wireless Adapter directly to RS-232C like System 2. And if the file are compressed before data transmission, data transmission efficiency improves 70-130%. In this case, we've confirmed that we've been able to support transmission of still images even at this speed.

Therefore, we conclude that it would be the best policy to compress network drive file and data before transmission.

Key words: Radio Line ; 無線回線 Transfer Rate ; 伝送速度 Transmission Efficiency ; 伝送効率
Compressed File ; 圧縮ファイル Non-compressed File ; 非圧縮ファイル

これまで、電話回線と船内電源の100Vラインを用いた船内ネットワークの構築を試みてきた。しかし、船内電話回線は、緊急連絡や通常の業務の打ち合わせなどのために回線を空けておく必要があり、常時使用することは避けなければならない。

また、船内の100Vラインを通信回線として使用する場合は、そのラインに大きな電気的雑音が発生した時に、データ伝送速度が低下したり、極端な場合は、通信不能となるなどの不都合が生じる。

さらに、上記両方式では同時に複数のパソコン間でのアクセスが不可能である。

このような欠点をなくすためにWireless Adapterを用いた船内データ伝送実験を試みた。これが実現された場合、船内では使用できる場所が限定されるが、移動中のノートパソコンと固定したデスクトップパソコン、プリンターおよびRS-232Cのインターフェースを持つ機器などを無線回線で手軽に接続できることになる。

また、Wireless AdapterとISDNのTerminal AdapterのMP方式(128kbps)を使用した場合、高速な船内ネットワークの構築も可能となる。

この実験を行った結果、若干の知見が得られたので報告する。

1. 機材および方法

1.1 ハードウェア

実験に使用した機材はTable 1に示す。パソコン1は、CPU Pentium 233 MHz、内蔵メモリは64 Mbyteで内蔵MODEMと外付けMODEMをCOM1に付加したものであり、長崎大学練習船長崎丸(842 GT)の無線室に設置した。

パソコン2は、ノートパソコンでありCPUはPentium 400 MHz相当、内蔵メモリは128 Mbyte、内蔵MODEM V.90規格⁽¹⁾を装備している。これは主に、移動して用い、Wireless Adapterの通信エリアの調査に使用した。

Table 1. Experimental Equipments

Equipment	Type	Model
Personal Computer 1	PC-98-HX VS3AD/G7	NEC
Display	MP-8617B	RYAMA
Printer	CP-8-B55	Canon
FAX MODEM 1	Inner MODEM	NEC
FAX MODEM 2	COMSTAR2 MULTISD	NEC
Personal Computer 2	Prosignia 130	Compaq
FAX MODEM 1	Inner MODEM	Compaq
Printer	BJ-10V SELECT	Canon
Personal Computer 3	PC-9801DA	NEC
Display	CM-8800	EMSON
Printer	BJ-10V OutFLOW	Canon
FAX MODEM	COMSTAR2 MULTISD	NEC
High Speed Serial Interface	MC1655	MICRO CORE
INMARSAT A Communication System	JRC-358	JRC
Data Reception Interface	HGT-400A	JRC
Satellite Marine Phone	HEF-115F	HTT DOCCOM
Multi Adapter III	HTS-4	HTT DOCCOM
Public Telephone Browser	TB-101	ASCII
Wireless Adapter 3 set	HW-230	SONY

また, パソコン 3 は, CPU Pentium 96 MHz, 内蔵メモリ 45 Mbyte, 外付けMODEM 1 台を接続し, 船内のコピー室に仮設した。

次に, 海事衛星通信装置には, 2 線式MODEMの信号を 4 線式に変換する装置, データレセプションインターフェースを電話回線の入口の部分に付加し, 公衆電話回線で使用する 2 線式MODEMによるデータ通信を可能にした。

衛星船舶電話 (以後マリンホンと略記) には, 電話, データ通信および F A X の 3 通信モードを選択できるように付加装置「マルチ」を取りつけた。これにより, F A X, データおよび電話のそれぞれの通信モードを個別の付加番号で呼び出すことができる。

公衆電話回線エミュレータは, 公衆電話回線の機能をエミュレートする装置である。この実験では, 船内無線回線を陸上の電話回線と同様な回線とみなして, 各MODEM間の接続, 切断および情報の伝達などの制御に用いた。 Wireless Adapter は, 2.4 GHz の周波数帯を使用した見通し距離 300m のスペクトラム直接拡散方式 IEEE802.11⁽²⁾ 準拠無線ユニットで, ターミナルアダプタの MP 方式 (128kbps) に対応した最高通信速度 230.4kbps が使用可能である。また, システムの増設が容易で Windows98/95/NT 間でのリソース (パソコンやプリンタ等) 共有が可能な PPP 接続をワイヤレス化できる。実用上 32 台または, TA/MODEM 3 台まで増設可能である。さらに, 通信の秘密を守る暗号化方式も搭載されている。

1.2 ソフトウェア

実験に供されたソフトウェアを, Table 2 に示す。実験に使用した上述の 3 台のパソコンの OS は, Windows98 SE で運用し, 船内ネットワークソフトウェアは, OS 内蔵のものを使用した。

船内の複数のパソコンのファイルまたはプリンタを共有するためのネットワーク構築には, OS 内蔵の機能を使用し, 各パソコン端末間のダイヤルアップ接続にはダイヤルアップアダプタ TCP/IP を使用した。

Table 2. Experimental Software

Software	Name	Maker
Operating System	Windows98 SE	Microsoft
Network Client	Microsoft Network Client	-
Adaptor	Dial up Adaptor	-
Communication Software	High per Terminal	-
-	NIFTY Manager	NIFTY Serve
WWWieber	Microsoft IE Ver 3.0	Microsoft
NEWS	Microsoft Outlook Express	-
Mail	-	-
FTP	Mytalk for INTERNET	INTERCOM
Telnet	Mytalk for INTERNET	-
FAX Software	Mytalk FAX	-
File Compression Software	LHA	E. Yoshizaki

船内ネットワークの非同期での実効データ伝送速度の検証には, OS 内蔵の Highper Terminal を使用した。

TCP/IP での実効データ伝送速度の検証には, Windows98 SE のダイヤルアップサーバを使用した。

上記のソフトウェアのほかに船外ネットワーク接続確認のためのインターネットツールとして WWWieber, Mail, FTP, FAX および Telnet を使用した。また, ホスト局の接続用に

NIFTY Manager を使用した。

2 . システムの構成

実験システムの構成を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。

Fig. 1 は, データ伝送回線をワイヤレス化した場合の構成図である。図に示すようにパソコン 2 とパソコン 3 の RS-232C 端子に Wireless Adapter を各々接続し, 外付け MODEM 端子に別の Wireless Adapter を接続する。この MODEM の LINE 端子と公衆回線エミュレータの端子 1 を接続する。さらに, 同端子 2 をパソコン 1 の内蔵 MODEM LINE 端子に接続し MODEM のデータ伝送回線をワイヤレス化した。

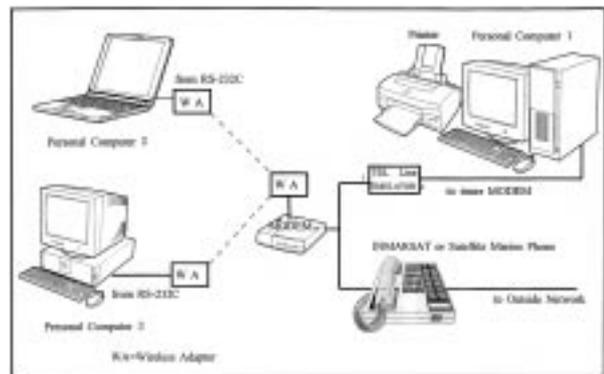


Fig. 1 Block diagram of experimental System 1.

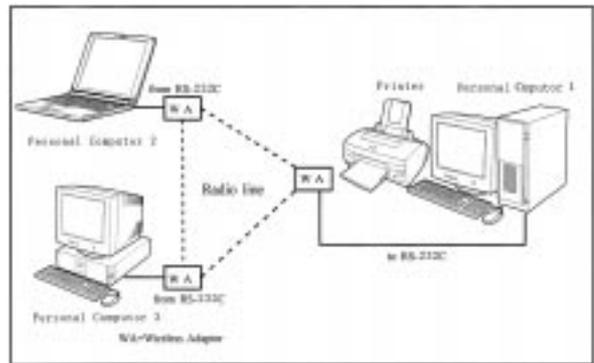


Fig. 2 Block diagram of experimental System 2.

さらに, Wireless Adapter を接続した MODEM の LINE 端子を海事衛星電話回線またはマリンホン電話回線 (N-Star) に接続することにより船外ネットワークとの情報交換を可能にした。これらの装置をまとめてシステム 1 とした。

Fig. 2 は, Windows98 SE のリソース共有を TCP/IP によりワイヤレス化するための構成図である。3 種類のパソコンの RS-232C 端子に Wireless Adapter を直接接続している。このシステムをシステム 1 と区別するために 2 とした。以上の両システムは TCP/IP 接続時, 各々のパソコンのネットワークドライブのファイルとプリンタの共有が原則であり, サーバとクライアントの関係は設定していない。

3. 実験の方法

3.1 システムの設定

Wireless Adapterを使用してパソコン間でファイルを共有するためのシステム1の設定は、(1)「MODEMドライバ」を組み込む、(2)ダイヤルアップネットワークを組み込む、(3)TCP/IPの設定をする、(4)ダイヤルアップネットワークの設定をするなどの手順が必要である。

また、システム2の設定は、「標準MODEM 33.6kbpsドライバ」を組み込む他はシステム1と同様の手順による。設定方法の詳細はWireless Adapter⁽³⁾およびWindows98のマニュアル⁽⁴⁾およびOSのヘルプによる。

3.2 データ伝送実験用ファイル

船内ネットワークの伝送実験に使用したデータの種類をTable 3に示した。非圧縮ファイルは、英語平文、日本語平文、NOAA ATP画像ファイルおよびWindow95実行ファイルである。また、圧縮実験用ファイルは、上記の4ファイルを圧縮ツールLHAで圧縮したものとGIFイメージ、AVI ビデオクリップおよびWAVサウンドファイルの合計11ファイルをパソコン1のネットワークドライブに置いた。

Table 3. Experimental File

Noncompressed File	File Size (bytes)	Compressed File	File Size (bytes)
English Plain File	808	English Compression File	180
Japanese Plain File	627	Japanese Compression File	225
NOAA ATP File	244	NOAA Compression File	144
Windows Executable File	847	Windows95 Compression File	286
		GIF Image File	140
		AVI Video Clip File	2,278
		WAV Sound File	252

3.3 実効データ伝送速度の測定方法

パソコン通信（以後非同期通信と記述）では、前記の実験ファイルをHigher TerminalのZMODEMを使用してパソコン1端末よりパソコン2または3の端末に伝送した。伝送時間は、Higher Terminal内蔵のタイマーにより計測した。TCP/IPの場合は、パソコン1のネットワークドライブからパソコン2または3のドライブへ実験ファイルをコピーした。所要時間は、コマンド実行時のマウスクリックの瞬間よりコピーウィンドウが閉じるまでの時間をストップウォッチによりそれぞれのファイルについて3回測定しその平均値を用いて算出⁽⁵⁾した。

また、伝送効率は同種の非圧縮ファイルと圧縮ファイルの伝送時間の比より算出した。算出方法の詳細は既報⁽⁶⁾による。

3.4 実験項目

一般に、鋼船は鉄板で区切られた区画が多く電波が遮蔽され、船内での伝搬が困難と考えられているが、供試船においてシステム2を使用して船内のどの区画でデータ伝送が可能かを調査した。

まず、ポートデッキ最後部の無線室に設置したパソコン1とパソコン2を使用して、ブリッジ、無線室と同一甲板の右前部のコピールームおよび無線室の真下の研究室など船内の数カ所でデータ伝送が可能か否かの検証を行った。

次に、MODEMの最高通信速度33.6kbpsによる船内電話回線（以後電話回線と略記）およびシステム1を使用した場合の非同期通信における実効データ伝送速度の実験を行った。また、同じくTCP/IPにおける実効データ伝送速度と効率の検証を行った。

さらに、システム2におけるTCP/IPでの実効データ伝送速度と効率の検証を行った。

4. 結果および考察

4.1 船内でのサービスエリア⁽⁷⁾

本学練習船長崎丸においてWireless Adapterを使用してデータ伝送実験を行ったところ、同一デッキ上においては、データ伝送が可能であることがわかった。また、無線室に置いた同機器と真下の第一研究室や真上の操舵室など上下デッキ間のデータ伝送も可能であった。この結果からデータ伝送可能な各デッキの船室にデスクトップパソコンを各々1台置いた場合でも、そのパソコンのデータを同一デッキ間で共有し、さらに上下デッキ間の必要なリソースを共有することが可能とわかった。通常、供試船の無線室、第一研究室並びにブリッジのドアは開放されている。無線室のドアを閉鎖した状態でもデータ伝送は、可能であることから船窓や船内の導体により電波が伝搬していると推察される。供試船の一般配置図は、(www.fish.nagasaki-u.ac.jp/fish/fuzoku/ts-naga/ts-naga.htm)で示されている。

4.2 船内ネットワークにおけるMODEM通信速度33.6kbpsによる非同期通信の実効データ伝送速度

4.2.1 電話回線を使用した場合

データの種別別実効データ伝送速度の例をFig. 3に示す。

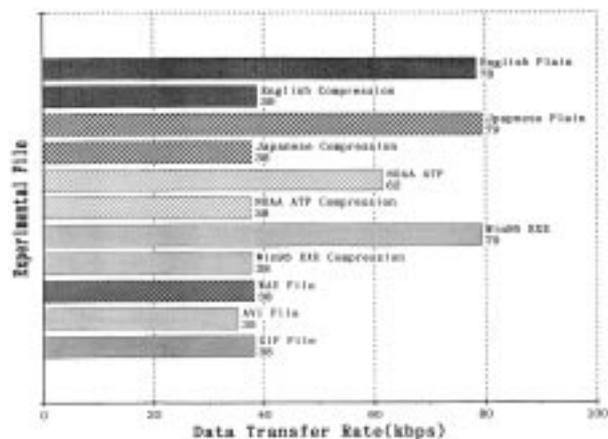


Fig. 3 Date transfer rate of asynchronous communication on a ship telephone line.

図から分かるように非圧縮ファイルの実効データ伝送速度は、日本語、Win95、英語およびNOAAの順で、それぞれ79、79、78および62kbpsである。NOAAを除き他のファイルの実効データ伝送速度の差は殆どない。MODEMの最高通信速度33.6kbpsと実効データ伝送速度の比をとれば、約2.3倍強、

NOAAでは, 約1.8倍程度の実効データ伝送速度でデータを伝送することが可能である。NOAAファイルが他のファイルと比較して実効データ伝送速度が遅い原因として, 文字型ファイルでは, 同じキャラクターの出現率が高いが, NOAA画像ファイルの場合は, 擬似256階調表示であり情報の内容が複雑なため, 同一色の頻度が低くMODEMでの圧縮率が小さくなるものと考えられる。

圧縮ファイルでは, 英語39およびAVI動画35kbps (以後AVIと記述)を除き他は38kbpsであった。MODEMの最高通信速度との比は, AVIを除き約1.1倍強である。AVIでは, MODEMの最高通信速度の値とほぼ同じであった。圧縮ファイルでは, データが伝送前にソフトウェアで圧縮されており, MODEMで再圧縮する時間を要することから実効データ伝送速度が低下するためと考察される。

AVIファイルでは, 伝送エラーが75回発生してMODEM間でのデータ再送が繰り返された。このために, 他のファイルと比べ実効データ伝送速度が低下した。エラー発生の原因の詳細は不明であるが, 上記のファイルに含まれる制御コード⁽⁸⁾の影響を受けることが推察される。

4.2.2 システム1の場合

伝送ファイルの種類は, 電話回線の場合と同様でFig. 4に示すとおりである。

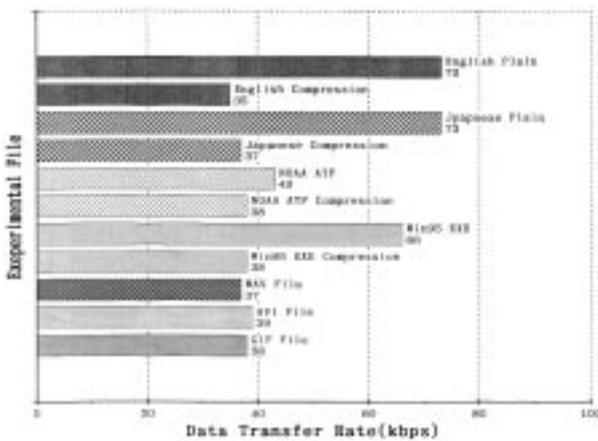


Fig. 4 Date transfer rate of asynchronous communication on a radio line.

非圧縮ファイルでは, 日本語, 英語, Win95およびNOAAの順でそれぞれ73, 73, 66および43kbpsの順である。電話回線の使用時と比較して実効データ伝送速度は, 英語, 英語圧縮および日本語で約10%, Win95約20%, NOAA 30%と大幅な低下が見られる。AVIでは, 逆に約10%程度増加している。その他のファイルは, 電話回線の場合と殆ど同じ値である。MODEMの最高通信速度と実効データ伝送速度の倍率は, 英語および和文では, 約2.2倍, Win95で2.0倍およびNOAAで1.3倍程度となる。

この結果から英語, 日本語などのテキストファイルに対しては, 実効データ伝送速度は極端に低下していない。しかし, Win95や特にNOAAに対しては, 実効データ伝送速度の低下

が顕著である。このことは, MODEM自体の圧縮率の大きいテキストファイルに比べ, 圧縮率の悪いバイナリやNOAAファイルに対しては, Wireless Adapterの無線回線とMODEMとの整合性が悪いものと考えられる。

4.3 TCP/IPでの実効データ伝送速度

Windows98 SEでの船内ネットワークにおけるファイル共有は, MODEMまたはWireless Adapterを使用してTCP/IPにより接続している。ここでは, 同プロトコルによる電話回線とWireless Adapter使用時のデータ伝送実験の結果について考察する。

4.3.1 電話回線の場合

Fig. 5は電話回線使用時の各実験ファイル形式別実効データ伝送速度の結果を示している。

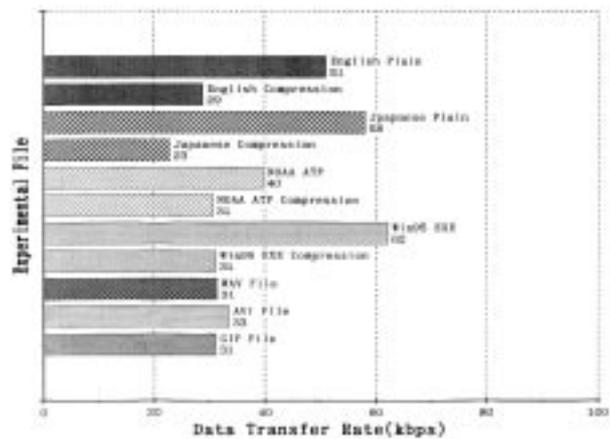


Fig. 5 Date transfer rate of TCP/IP on a ship telephone line.

非圧縮ファイルではWin95, 日本語, 英語およびNOAAの順にそれぞれ62, 58, 51および40kbpsである。MODEMの最高通信速度33.6kbpsとの実効データ伝送速度の倍率は, それぞれ1.8, 1.7, 1.5および1.2倍程度であり, 非同期通信の場合と比較してWin95, 日本語, 英語およびNOAAの順でそれぞれ22, 27, 35および35%と実効データ伝送速度が低下している。

圧縮ファイルは, 日本語の23kbpsを除く他は29~33kbpsで, 実効データ伝送速度の倍率は0.7~0.98である。非同期通信と比較した場合, 16~40%程度と非圧縮ファイルの場合と同様, 実効データ伝送速度が低下している。また, この中でも日本語は, 他より40%と突出して低下している。

4.3.2 システム1の場合

Fig. 6は, MODEMの通信回線にWireless Adapterを使用してTCP/IPでデータ伝送したときの各実験ファイルの実効データ伝送速度結果を示す。

図より非圧縮ファイルの英語, 日本語, NOAAおよびWin95の順でそれぞれ44, 39, 36および34kbpsである。電話回線を使用した場合に比べて, それぞれ14, 33, 10および45%程度実効データ伝送速度が低下している。MODEMの最高通信速度との比は, それぞれ約1.3, 1.2, 1.1および1.0倍であっ

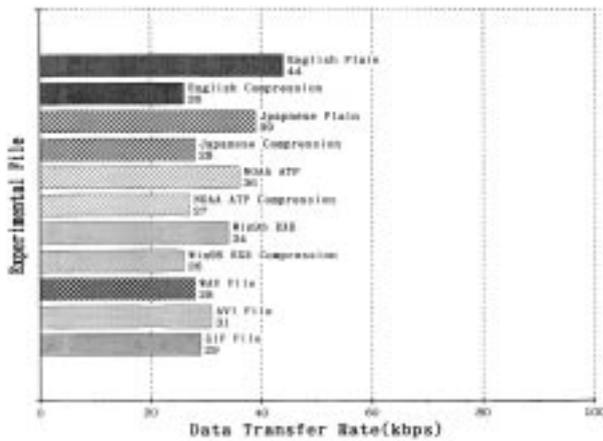


Fig. 6 Date transfer rate of TCP/IP on a radio line.

た。

圧縮ファイルでは、各ファイルともに26~31kbpsである。MODEMの最高通信速度33.6kbpsとの倍率は、約0.8~0.9倍である。電話回線を使用した場合より10~20%程度実効データ伝送速度が低下している。これはデータ伝送に、無線回線 Wireless Adapterを使用しているため、前述したようにデータが圧縮してMODEMに送られる場合、MODEMでの再圧縮に要する時間的遅延やWireless Adapterのデータを送出するまでの処理に要する時間が必要となることから電話回線に比べてデータ実効データ伝送速度が低下するためと考えられる。

4.3.3 システム2の場合

パソコンのシリアルポート(RS-232C)にWireless Adapterを直結してTCP/IPで接続した場合の実効データ伝送速度の例をFig. 7に示す。

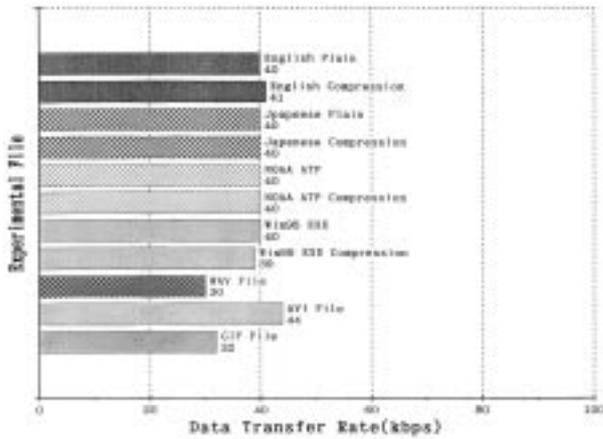


Fig. 7 Date transfer rate of TCP/IP with wireless adapter to wireless adapter.

図より英語、日本語、NOAAおよびWin95共に40 kbps前後である。また圧縮ファイルもAVI, GIFおよびWAVの44, 32および30kbpsを除くと他のファイルは、ほぼ40kbpsと一定の値を示している。これは、Wireless Adapter自体の信号処理の時間歪みのみでMODEMの圧縮に必要な時間歪みが生ぜず、非

圧縮および圧縮データの実効データ伝送速度がファイルの種類に関係なく、一定の値を持つためと考えられる。MODEMの回線にWireless Adapterを使用した場合(システム1)と比較すると英語を除く他の伝送効率率は10~14%低下している。

圧縮ファイルでは、7~42%でWAVおよびGIFを除く他のファイルの実効データ伝送速度は飛躍的に向上している。ここでも前述した理由により実効データ伝送速度が向上するものと考えられる。実効データ伝送速度は、Wireless Adapterの通信速度115.2kbpsの約35%である。

4.4 TCP/IPでの電話回線とシステム1における伝送時間比

電話回線とWireless Adapter使用の場合のTCP/IP時のデータ伝送時間の比率をFig. 8に示す。

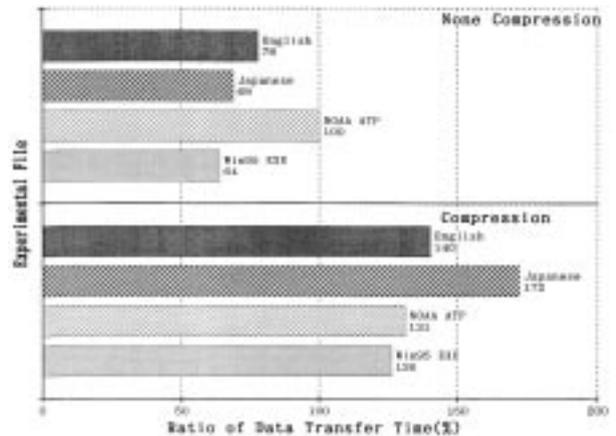


Fig. 8 Ratio of data transfer time for ordinary file and compressed file with TCP/IP on ship telephone line and radio line.

図の上段は、非圧縮ファイル、下段は圧縮ファイルを用いた時のデータ伝送時間比を表す。

非圧縮ファイルの場合、電話回線とWireless Adapterを比較するとNOAA、英語、日本語およびWin95の順に100, 78, 69および64%であった。これによりNOAAを除く他のファイルは、電話回線を使用した場合より伝送時間比は、22~36%で低下することが分かった。

また、圧縮ファイルの場合も同様に日本語、英語、NOAAおよびWIN95の順にそれぞれ172, 140, 131および126%となり、非圧縮の時と比べて最小26から最大72%までデータ伝送時間比は、増加している。

このことによりおよそ次のことが云える。

- (1) 非圧縮ファイルを伝送する場合の伝送路は、電話回線を使用する方が伝送効率が良い。
- (2) 圧縮ファイルを伝送する場合の伝送路は、Wireless Adapterを使用する方が伝送効率が高くなる。

以上のことよりWireless Adapterを使用してのTCP/IPにおいて、他のパソコンでファイルを共有する場合は、ネットワークドライブのファイルを圧縮してからデータ伝送を行えば伝送効率が向上する。

その他のファイルでは、GIF 123%, AVI 103%およびWAV 98%の順で伝送効率が向上している。

4.5 電話回線とWireless Adapterを直接パソコンのRS-232Cに接続した場合

この場合の伝送効率についてFig. 9に示す。上段が電話回線を使用した場合、下段がシステム2のデータ伝送効率を示す。電話回線を用いてファイルを伝送した場合は、英語, NOAA, Win95および日本語の順で164, 132, 134および110%であった。このようにデータを圧縮して伝送した場合、非圧縮と比べ110~164%伝送効率が向上していることがわかった。

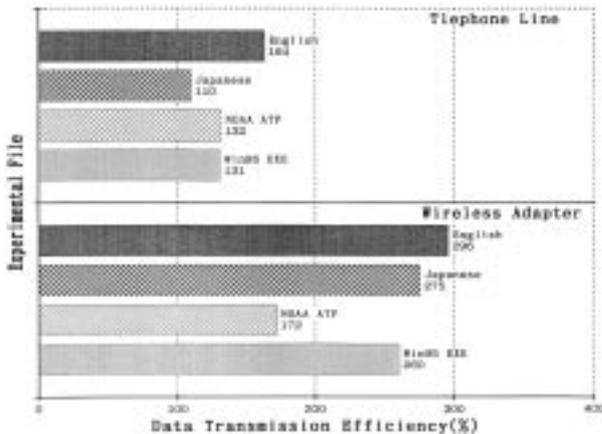


Fig. 9 Data transmission efficiency of compressed file with TCP/IP on ship telephone line and radio line.

また、システム2の場合は、英語、日本語、Win95およびNOAAの順でそれぞれ296, 275, 260および172となり、電話回線を使用した場合と比較して、データ伝送効率が飛躍的に向上している。Wireless Adapterを用いてさらに圧縮して同一ファイルを伝送した場合は電話回線の場合と比べて、日本語、Win95, 英語およびNOAAでそれぞれ単位時間当たり2.5, 2.0, 1.8および1.3倍のデータ量を伝送することができる。これは、Wireless Adapter自体に圧縮機能はなく、スペクトラム直接拡散方式を使用しているため、MODEMを使用した場合のように伝送前に圧縮したファイルをMODEMで再圧縮する場合より時間歪みが少ないことが考えられる。そのため、システム2がシステム1の場合より高効率を実現できるものと思われる。

5. 要 約

本研究では、無線回線による船内ネットワークの構築という実験を行った。その結果、次のような結論を得た。

TCP/IPにおいて、MODEMと無線回線を組み合わせた船内

ネットワークでは、MODEMとWireless Adapterの整合性が悪く通信効率が低下した。従って、船内ネットワークのみに限ると、システム2のように、Wireless AdapterをRS-232Cに直接取り付けられる方式が最良と考えられる。システム2の船内ネットワークでは、電話回線を使用した場合と比べ、非圧縮ファイルでは、0~36%だけ伝送効率が低下するが伝送前にファイルを圧縮すると70~130%と伝送効率が飛躍的に向上する。

よって、ネットワークドライブのファイルやデータを伝送前に圧縮する事が得策といえる。

また、この速度でも十分に静止画像に対応できることがわかった。今後、230.4kbpsに対応したRS-232Cボードやデバイスドライバーを使用することで実効データ伝送速度をさらに2倍程度向上させることが可能である。

船外ネットワーク⁽⁹⁾では、最高通信速度がマリンホンで14.4kbps、海事衛星通信装置では9.6kbpsと比較的低速であるのに対し、Wireless AdapterとMODEM併用によるデータ伝送は、両者の通信速度を上回るので実用上の支障はない。Wireless Adapterは、見通し距離300m以内の陸上の施設にTAと同機を置くことによりISDNのIPモード(128kbps)をワイヤレス化で利用できる利点もある。

参考文献

- (1) 株式会社アスキー: パソ単・基礎用語, 1998, p.187.
- (2) 株式会社アスキー: 月刊アスキー, 11月号, 1995, p.353.
- (3) Sony Corporation: ISDN・TA用ワイヤレスアダプター取扱説明書, 1998, pp.3-42.
- (4) Microsoft Corporation: Windows98ファーストステップユーザーズガイド, 1996, pp.84-94.
- (5) 小妻勝, 高山久明, 山口恭弘: 船舶におけるパーソナルコンピュータを利用したネットワーク構築におけるモデムの評価実験, 長大水産研報, 第72号, pp.14, 1992.
- (6) 小妻勝, 高山久明, 山口恭弘: 陸上基地と移動局間の4800bpsおよび9600bpsによる高速データ伝送実験, 長大水産研報, 第74,75合併号, pp.12-14, 1993.
- (7) 電気通信振興会: 電波・テレコム用語辞典, 1995, p.17.
- (8) 月刊アスキー編集部: パソ単・基礎用語, 1998, p.134.
- (9) 小妻勝, 矢田殖朗, 高山久明, 山口恭弘: サテライトマリンホン(衛星船舶話)回線と船内電話回線を用いた統合ネットワークの構築について, 長大水産研報, 第79号, pp.1-8, 1998.