

土 木 研 究 所 資 料

情報通信システムの設計合理化 に関する試験調査(Ⅱ)

平成7年3月

建設省土木研究所
積算技術研究センター

Copyright ©1995 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

情報通信システムの設計合理化 に関する試験調査(II)

システム課 主任研究員 末 吉 滋
菊 池 克 男

要 旨

河川情報システム，道路交通情報システム等，情報通信システムの拡充にともない，システムを構成するハードウェア，ソフトウェアは複雑化の一途をたどっている。このため，各システムの機能や信頼性を維持，向上させつつ，同時に開発，維持コストを抑制する事が，従来にも増して大きな課題となっている。

この課題に答えるため，これらの情報通信システムを，(1)データ管理，(2)データアクセス，(3)データ通信，(4)ユーザインタフェースの各機能ユニットに分離し，その最適な機能設計についての調査結果をとりまとめた。(1)及び(2)に関しては，データ中心アプローチ及びDBMSを中心とする設計方法について，土木研究所資料（第3621号）で報告した。本報告では，(3)に関しては，LAN間接続によるネットワーク設計について，(4)に関しては，認知理論に基づくユーザインタフェースの改善及びシステムを構成するソフトウェアのモジュール化による改善について述べた。

キーワード：河川情報システム，道路交通情報システム，データベース，データベース
マネジメントシステム，ミドルウェア，データ通信，LAN，TCP/IP，
ユーザインタフェース，GIS。

はじめに

河川情報システム、道路交通情報システムの整備・拡充に伴い、それらのハードウェア・ソフトウェアは複雑化の一途をたどっている。このため、各システムの機能や信頼性を維持・向上させつつ、同時に開発・維持コストを抑制することが、従来にも増して大きな課題となっている。

この課題を解決するため、本調査では、これら情報通信システムを構成する要素を機能毎に分離・独立させ、システム全体の最適な設計を念頭におきつつ、それぞれの機能の設計について有用性、経済性、信頼性、拡張性などの観点から検討を加えた。検討の中心はシステムアーキテクチャ、設計手法及びソフトウェア設計である。これは前二者がハードウェアに関する調査であり優位性、普遍性を有すること、また、後二者は各システムの機能を具現化しているものでありながら、その生産性は大量生産のハードウェアに比べて著しく低いためである。

本報告書は、情報通信システムの次の機能ユニットの設計についてとりまとめたものである。

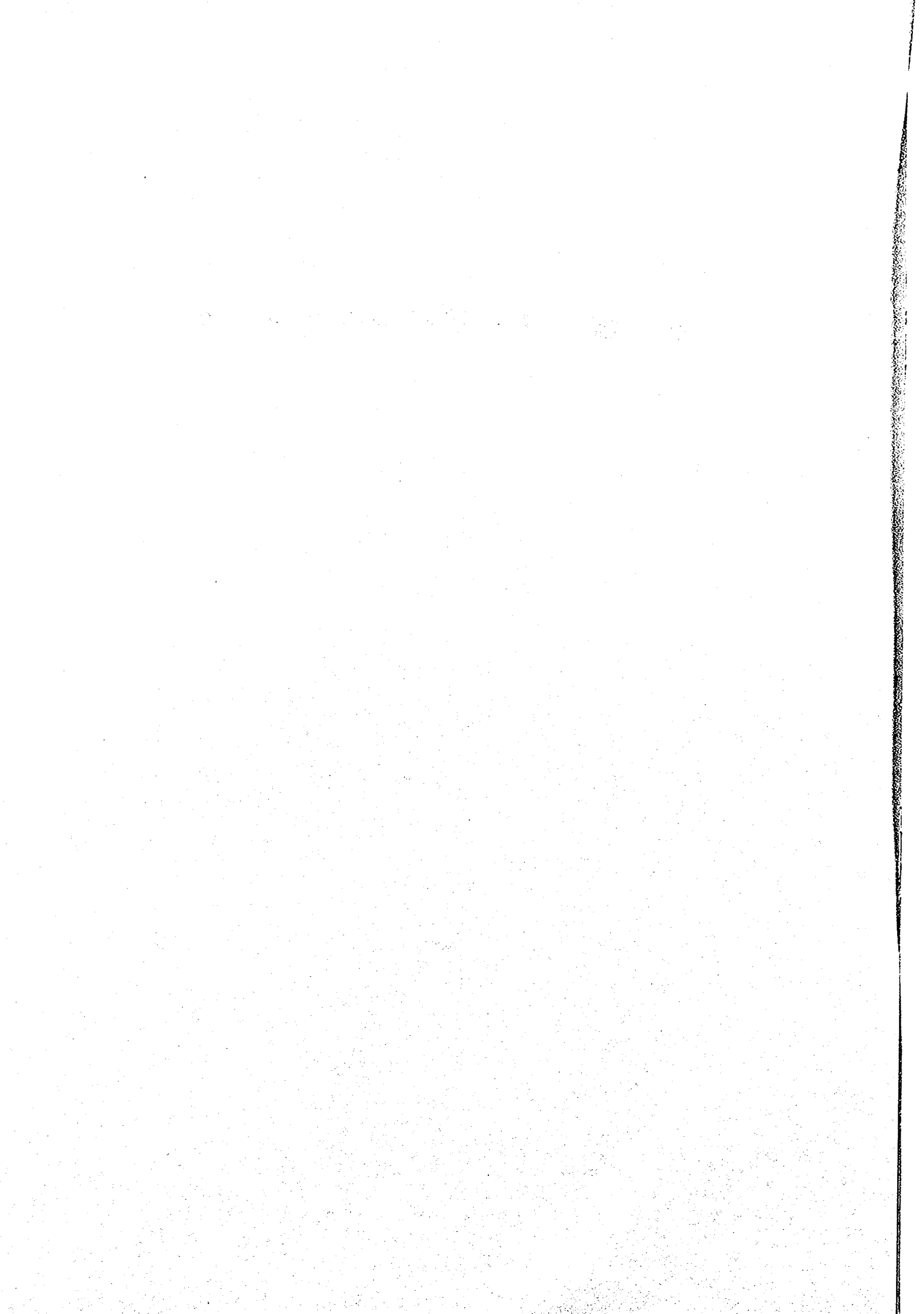
第1編 ユーザインタフェース（課題期間 平成4年度～平成6年度）

第一に、直観やフィーリングを主体に行われてきたユーザインタフェースの設計に対し改善を試みた。河川情報システム、道路交通情報システムで取り扱われる情報の表現を、上位の人間対コンピュータのインタフェースと位置付け、また、情報の表現を行うための操作制御方式を下位のインタフェースとし、それぞれに対し認知理論に基づく分析及び改善を試みた。また、ユーザインタフェースを構成するソフトウェアをモジュール化することにより、開発効率や情報の表現において改善が可能であることを示した。

第2編 データ通信（課題期間 平成5年度～平成6年度）

現在のポイントツーポイントによるデータ通信路構成では、多数のポイント間での自由なデータ通信が困難である。このため、LAN間接続によるデータ通信を提案した。これに関連する接続遅延時間の計算式と実験におけるデータの比較、データ通信方式の標準案、モデル地方建設局（中国地方建設局）におけるデータ通信路の移行計画を検討した。

第1編 ユーザインタフェース



目 次

1. 概 要	5
1.1 目 的	5
1.2 現状の問題点	5
1.3 検討の範囲	8
1.4 調査方法	8
1.5 調査結果	8
1.6 課 題	9
2. 設 計	10
2.1 概 要	10
2.2 視覚設計	11
2.2.1 ウィジット	11
2.2.2 メニュー項目の用語の統一	18
2.2.3 テストシステムへの応用	19
2.3 データモデル設計	22
2.3.1 データモデル設計の概要	22
2.3.2 概念 DB 構造図	23
2.4 ソフトウェア設計	26
2.4.1 ソフトウェア設計の概要	26
2.4.2 機能のブロック化	28
3. テストシステムの構築	31
3.1 ユーザインタフェースの原則ガイドライン	32
3.2 設 計	33
3.2.1 設計思想	33
3.2.2 地図処理	37
3.2.3 データ表示	39
3.2.4 連携機能	41
3.3 ま と め	43
4. 課 題	44

1. 概 要

1.1 目 的

コンピュータシステムの普及により、利用頻度の異なる様々なレベルのユーザが、情報をより身近なものとして自由に利用したいという要求を抱いている。また、使いやすいユーザインタフェースはシステムの普及を促し、作業効率を上げ、的確な業務を遂行する上で極めて重要である。しかし、システムに含まれる情報の増加やシステムの広域的な接続などにより、操作は複雑化する傾向にある。これに対し、グラフィカルユーザインタフェース（GUI）をはじめとするユーザインタフェースの改良へのアプローチが進行している。

一方で、GUI など高度なユーザインタフェースの実現には多くの開発コストや時間、労力が必要であるにも係わらず、製作されたものが多様なユーザや、システムの拡張、融合に対応しているとは限らない。

このため、河川情報システム、道路交通情報システム（以下「システム」）のユーザインタフェースの改善として次の目的を設定した。

① 有用性の確保

情報の高度利用を促すユーザインタフェースの構築

② 操作性の向上

学習に要する時間の低減や誤操作の減少を実現するユーザインタフェースの構築

③ 拡張性の確保

システム機能の拡張、他のシステムとの融合において統一されたユーザインタフェースの構築

④ 経済性の構築

ユーザインタフェースを構成するソフトウェアの開発・維持コストの低減の実現

1.2 現状の問題点

(1) 現在のシステムにおける問題点

① 有用性

データを限られた切口でしか見ることができず、新たな機能追加への柔軟性が少ない。

② 操作性

各所のシステム毎に独自のユーザインタフェースを持つ例が多く、複数のシステムにおける操作制御方式等について一貫性がない。(単一のシステムにおいてさえ一貫しない場合がある。)

(例) ハードウェア(デバイス)については、マウスの右、左ボタンの使い方(左→右=選択→実行、選択→キャンセルなど)やファンクションキーの割り当てなど。

(例) ソフトウェアについては、メニュー等に呈示される用語など。(終了=選択終了、表示終了、システム終了等、また、完了、次画面等)

③ 経済性

ユーザインタフェースの一貫性の欠除ばかりでなく、ソフトウェア構成が各システムに特化しているため、ソフトウェアの再利用が行われにくい。

また、画面作成のための汎用的なツールの利用は不十分であり、例えば、OSでサポートされているシステムコール等により画面が作成されたり、地図や模式図をベースとした画面が個別に作成されたりしている。このため開発効率が低く、また機能や画面の追加は多くのコストを要することから見送られることもあり、有用性への妨げともなっている。

(2) 現状の操作制御方式における問題点

① ハードウェア

ハードウェアは、概ねマウスが用いられる傾向にある。しかし、マウスボタンの数やその用いられ方はまちまちであり、ごく少数を調べた限りにおいても、右、左で確定やキャンセルなど異なる場合があった。後述するテストシステムにおいては、いくつかの理由からマウスボタンは1つのみを使用している。使用しないボタンをユーザに与えるのはユーザの混乱を招くだけである。仕様書作成に当たってはこのような点にも注意する必要がある。

② メニュー設計

メニュー方式であれば、自動的にそのメリットが得られるわけではなく、用いられる用語を適切に選び、効果的に配置する必要がある。設計内容としては、意味のある構成、メニューシステムの構造、項目の数と並び、タイトル(表題)の付け方、プロンプトの形式、グラフィックスのレイアウト、項目の言葉づかい、表示速度、応答時間、頻繁に使うユーザのためのショートカット機能、ヘルプ機能の有無、選択手段(キーボード、ポインティング装置、タッチスクリーン、音声など)がある。

1) グループ化

特にメニューの設計において重要なことは、適切なグループ化（グルーピング）であり、例えば、データ項目の違いなのか表現の違いなのか、あるいは空間的違いなのかを明確にグループ化し、ユーザに容易にシステムのメンタルイメージを形成させることが必要である。

2) 画面遷移

現在のメニューでは、表示画面を全て列挙している。これは、システムのわかりやすさではメリットがあるものの拡張性に欠ける。表、グラフはほぼ同じデータの表現を変えたものと考えることによりメニューの数を減らした表示時間を減らすことができる。求める画面を表示するために必要な選択回数の比較として定量化できるのではないと思われる。

3) メニュー形式の利用法

フルスクリーンメニューは多くの選択肢を表示できるがその前の表示画面を完全に消去し、連続した処理を行うにはユーザの短期記憶に頼ることになる。一方、常駐メニューは表示画面の一部を占有するが情報の表示を中断しない。これらを効果的に用いないと次のような不具合を生ずる。

- ・常駐、隠蔽メニューを用いながら画面を消してしまう。特に一連の情報表示を行わせている中で画面が途切れる。
- ・システムの初期画面などで表示すべき情報が多いのに、必要以上に機能を隠蔽してユーザのメンタルイメージの形成を阻害する。

4) 用語の一貫性

頻繁に用いられる終了、完了、次画面、前画面などが、例えば、終了＝選択終了、表示終了、システム終了などのように異なる使い方をされている。なお、一貫性は用語のみではなくユーザインタフェースの設計の全ての側面に渡って必要とされる。

1.3 検討の範囲

ユーザインタフェースには幅広い項目が含まれる。本調査においては河川情報システム、道路交通情報システムに固有の課題として、表示用端末装置に関する次の2点を取り上げた。

- (1) 表示用端末装置と人間の間の知的インタフェースレベル（操作制御、画面表示などの構文レベル及び意味レベル）の改善
- (2) ユーザインタフェース構築のためのソフトウェアの設計

1.4 調査方法

本調査においては、河川情報システム、道路交通情報システムで用いられているユーザインタフェースの知的インタフェースレベルを、認知理論に拠って再構築することを試みた。そのため、表現すべき情報の意味を分析し、しかるのち、それを表現するための操作制御や画面表示について検討した。検討に当たっては、河川情報システム、道路交通情報システムの特性、ユーザインタフェースについて人間工学的な見地から調査した事例及び参考文献を使用した。

一方、ユーザインタフェースを構築するためのソフトウェアの体系及び機能について検討した。

以上の2つの調査検討に基づき、各種の検証を行うためのテストシステムを構築した。

1.5 調査結果

直観やフィーリングを主体に行われてきたユーザインタフェースの設計を改善するため、インタフェースレベルを次の2つに分類した。一つはユーザがシステムを利用する目的に深く関わる意図形成のレベルで、ここではそれを「情報の表現」と名付けた。もうひとつはこれを実現させるための構文的なレベルであり、ここでは「操作制御」と分類した。情報の表現のレベルにおいては、ますます多様な情報（マルチメディア）を多角的に分析し、自由なスタイルで表示することが求められる。操作制御レベルにおいては、メニュー方式などの利用に当たり、その本質的な意味を理解し、適切なユーザインタフェースの設計が求められる。

一方、ユーザインタフェースを構築するためのソフトウェア体系においては、ソフトウェアの機能に応じたモジュール化が効果的である。また、近年のOSの機能の拡張により複数のプロセス間通信やマルチタスクの利用により、これらのモジュールの整合を図ることができる。これを検証するため、また、ユーザインタフェースに関する実験を行うため、汎用のソフトウェア群を組み合わせたテストシステムを構築した。

1.6 課 題

ユーザインタフェースの改善においては、実験に基づく仮説の検証が求められる。これらの検証を行う為ソフトウェア設計面では、平成5年度にスタンド・アローン形式のテストシステム（図-1.1）を構築した。平成6年度は、クライアント／サーバ方式を取り入れたテストシステム（図-1.2）に拡張した。今後このテストシステムを使った仮説の検証を求めることが必要である。

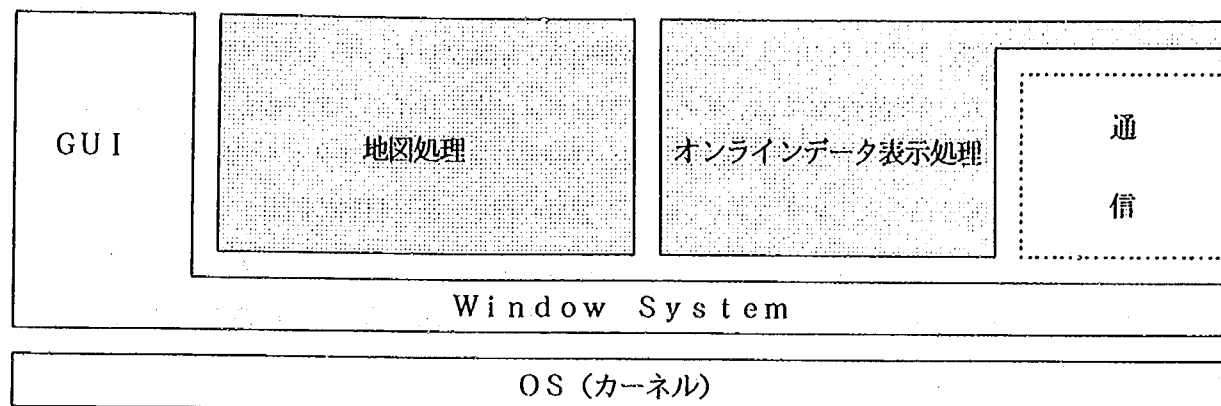


図- 1.1 平成5年度テストシステムソフトウェアの機能ブロック

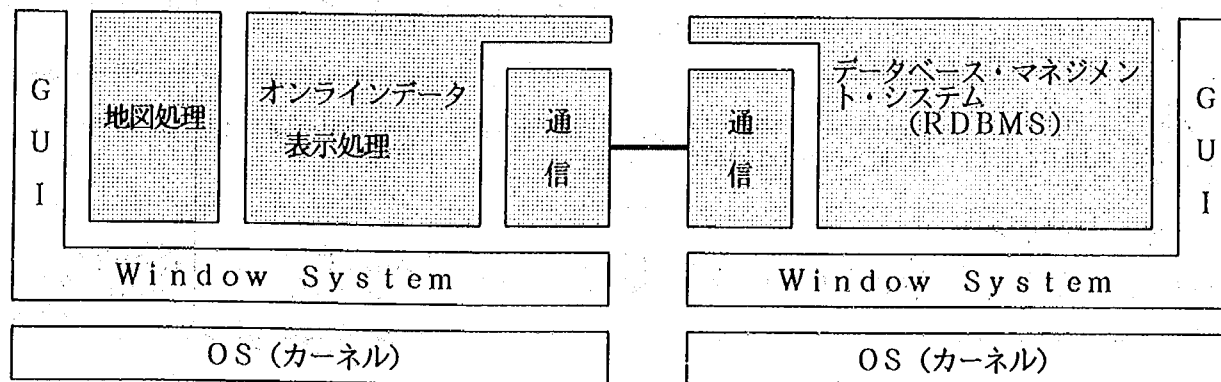


図- 1.2 平成6年度テストシステムソフトウェアの機能ブロック

2. 設 計

2.1 概 要

ユーザインタフェースにはさまざまな分野がある。例えば、ソフトウェアの設計においては、メニュー選択手法、コマンド言語、パラメータ形式の言語、パラメータ形式の問い合わせ言語、直接操作法、自然言語機能、グラフィックス、アニメーション、色の利用法、画面レイアウト、エラー処理、エラーメッセージ、エラー防止策などが挙げられ、また、ハードウェア開発やシステム設計の分野では、キーボードの設計、新しいポインティング装置、音声入出力、大型または高解像度ディスプレイ、早い応答速度、高速表示（高速描画）などがある。また、学問的領域では、例えば、コンピュータ・サイエンスや心理学、ヒューマン・ファクタの分野では人の行動モデルと認知理論、初心者と熟練者の違い、認知スタイルや性格、性差などの個人差、評価のための実験手法などの研究があり、また、教育心理学、教育材料の設計、テクニカル・ライティングなどの分野ではオンライン・チュートリアル、効果的なトレーニング・マニュアルやリファレンス・マニュアル、オンライン・マニュアルとオンライン・アシスタンス、集合的あるいは個人でのトレーニング方法、講義と練習の効果の差などの研究がある。

ここでは、これら幅広いユーザインタフェースの分野を表-2.1のように分類した。

表-2.1 ユーザインタフェースの分類

分 類	ハードウェア	ソフトウェア	環境
〔感性的インタフェース〕 楽しい、心地よいといった、人間の感情や感性的な特徴との適合を図るインタフェース	デザイン 素材	デザイン 反応	インテリア
〔知的インタフェース〕 使い方や提示された情報がわかる、理解できるといった、人間の心理的・認知的な特徴との適合を図るインタフェース	操作部の意味	メンタルイメージ 意味	レイアウト
〔生理的・形態的インタフェース〕 入力デバイスが操作しやすい、ディスプレイが観やすいといった、人間の身体的な特徴との適合を図るインタフェース	形状 押しやすさ	表示品質 表示の大きさ	作業環境 (騒音/グレア)

昨年度は、この中で、ユーザインタフェースの向上を目的とした、『ソフトウェアにおける知的インタフェース』について取り組んだ。本年度は、主にシステム固有の問題であるソフトウェア構成手法（設計）について「視覚設計（ウィジットによるデザインと機能の利用）」、「データベース設計（現実の投影）」、「ソフトウェア設計（処理機能の実現）」などの面から検討を行った。

2.2 視覚設計

アプリケーションをデザインすることは、他のいかなるものをデザインする場合と同様、意図する市場のニーズや期待を分かりやすく（直観的に）、ユーザに納得させるようなアプリケーションをデザインすることである。直観的とは、アプリケーションのすべての機能がエンド・ユーザにとって最も経験的知識を生かせるような（日常生活に用いられるスイッチなどを表現する）方法で構成することである。つまり、アプリケーションをデザインするには直観的なメタファ^{*1}を利用して適切な選択肢の全てをユーザに見せなければならない（ユーザが、マニュアル等を見て機能を覚えるという期待はしない）。

ここでは、ユーザインタフェースの中で最も視覚的にあるべきグラフィカル・ユーザインタフェース（GUI）に代表されるウィジット機能の紹介及び、使用例を今回のテストシステムを利用して以下に説明する。

2.2.1 ウィジット

「ウィジット（Widget）」とは、グラフィカル・ユーザインタフェースを提供する際用いられる具体的な要素であり、ウィンドウ、アイコン、スクロール・バー、ボタン（プッシュ・ボタン、トグル・ボタン、ラジオ・ボタン、チェック・ボタン）、フィールド、メニュー（メニュー・バー、プルダウン・メニュー、ドロップダウン・メニュー、ポップアップ（ダイアログ）・メニュー）などがある。これらの多くは、各ベンダーのさまざまなセットが見られる。従来の開発手法では、システムの目的や対象ユーザの特徴とともに、個々のメニューの特性、また、基本ソフトやプラットフォームを含め、システムが実際に使われるコンピュータ環境の制約も考慮に入れながら設計する必要がある。しかし、一般市場に出回っているアプリケーションの多くは、これらの煩わしい制約を何ら気にすること無く、付随のデザイン・プロセスを利用することによって、正しいディスプレイの解像度、デザイン規約（UNIX標準団体であれば、「COSE」など）に準拠した形で実現するので、最終的なデザインを正確に視覚化することができる。

ここでは、オーソドックスなウィジットの意味、具体的な使用方法を今回のテストシステムを利用して整理する。なお、採用している用語はいろいろな別称があり、定義が確立しているものではない。

ここで用いるマウス操作について、以下のとおり表記する。

- － クリック  は、マウスの左ボタンを1回押下すること。
- － ダブルクリック  は、マウスの左ボタンを続けて2回押下すること。
- － ドラッキング  は、マウスの左ボタンを押下しながら移動し、左ボタンを放すこと。

メタファ^{*1}

メタファ（metaphor：暗喩）人々が経験を通して概念を理解することであり、アプリケーションの特徴を視覚化するのに便利な概念である。

(1) ウィンドウ

ウィンドウとは、表示画面上に異なる概念の窓（ウィンドウ）を表示することにより、限られた表示画面を複数のアプリケーションで立体的に使用可能にするものである。ウィンドウが表す概念としては、①実行中のアプリケーション、②実行可能なアプリケーションのグループ、③ファイルシステム上のディスク、ディレクトリ等があげられる。

ウィンドウは、1つの画面上に並べたり（図-2.1(A)）、重ねたり（図-2.1(B)）することで、表示画面内にいくつも表示することができ、その位置関係は自由に変えられる。また、使用しないウィンドウはアイコン化し、片付けることもできる。

(2) アイコン

アイコンは、概念を表す画像、絵、シンボルを指し、およそ1インチ四方または、64×64ピクセルの大きさで表現される。（図-2.2）アイコンが表す概念としては、①実行中のアプリケーションの機能、②ファイルシステム上のファイル、③アイコン化されたウィンドウ等があげられる。

アイコン作成に関するガイドラインを以下に示す。

- ① 親しみ易い方法で対象や操作を表現する。
- ② アイコンの種類を限定する。（むやみに増やさない）
- ③ それぞれのアイコンが他のものと区別できるようにする。
- ④ 同じ仲間のアイコンは、関連を推測できるものにする。

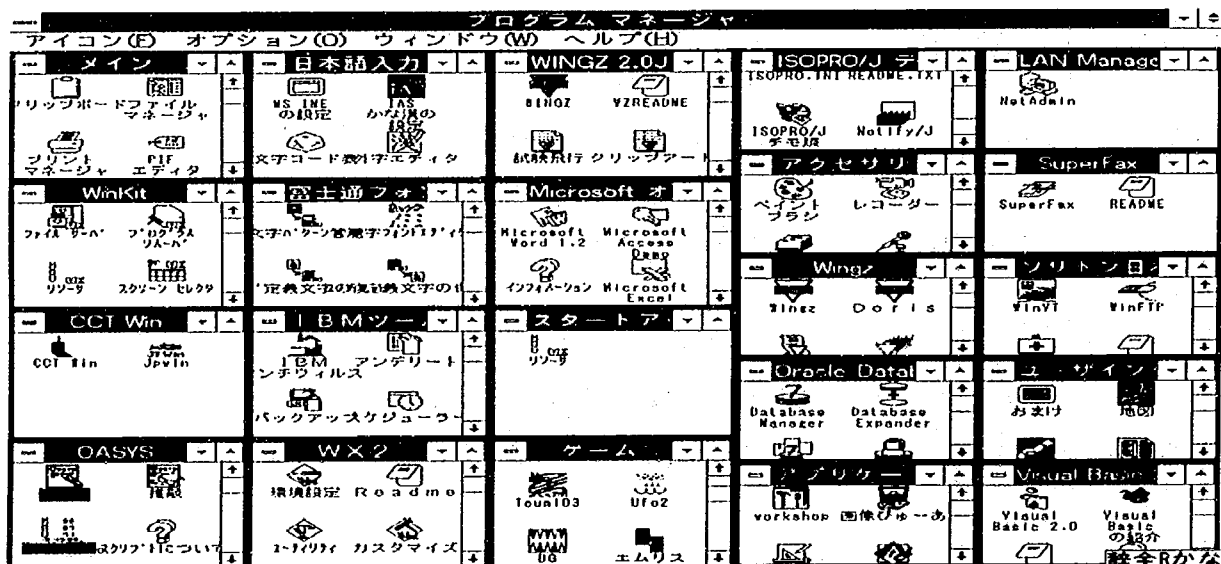


図-2.1(A) ウィンドウを並べた表示例

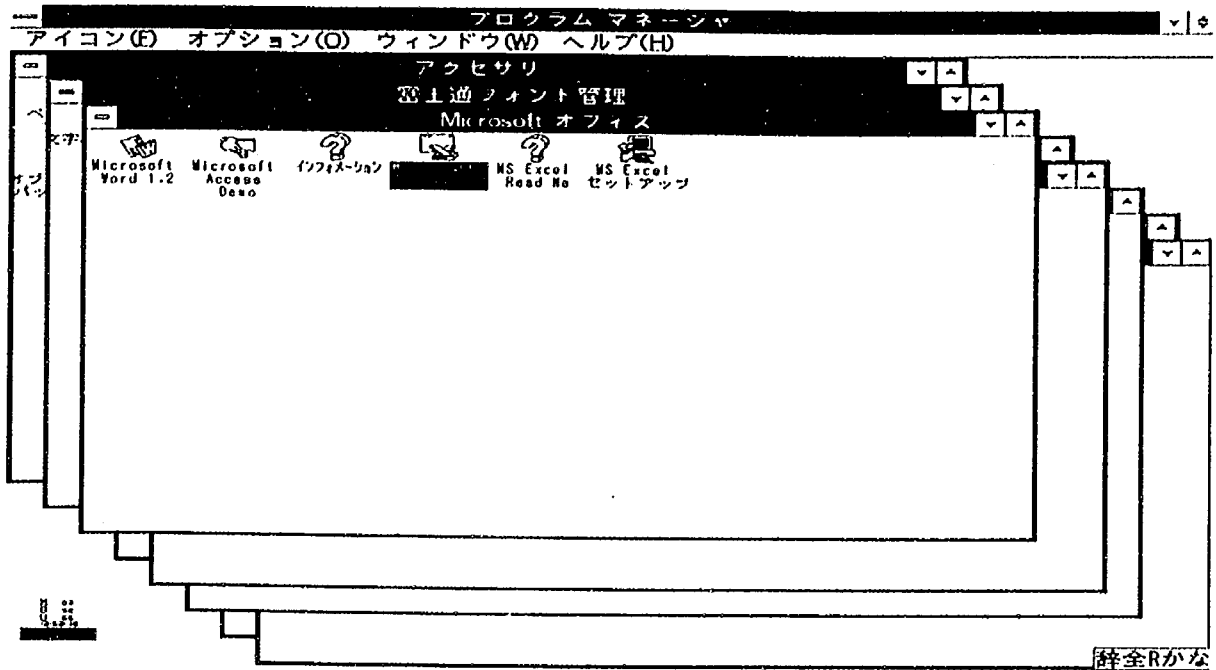


図- 2.1(B) ウィンドウを重ね合わせた表示例

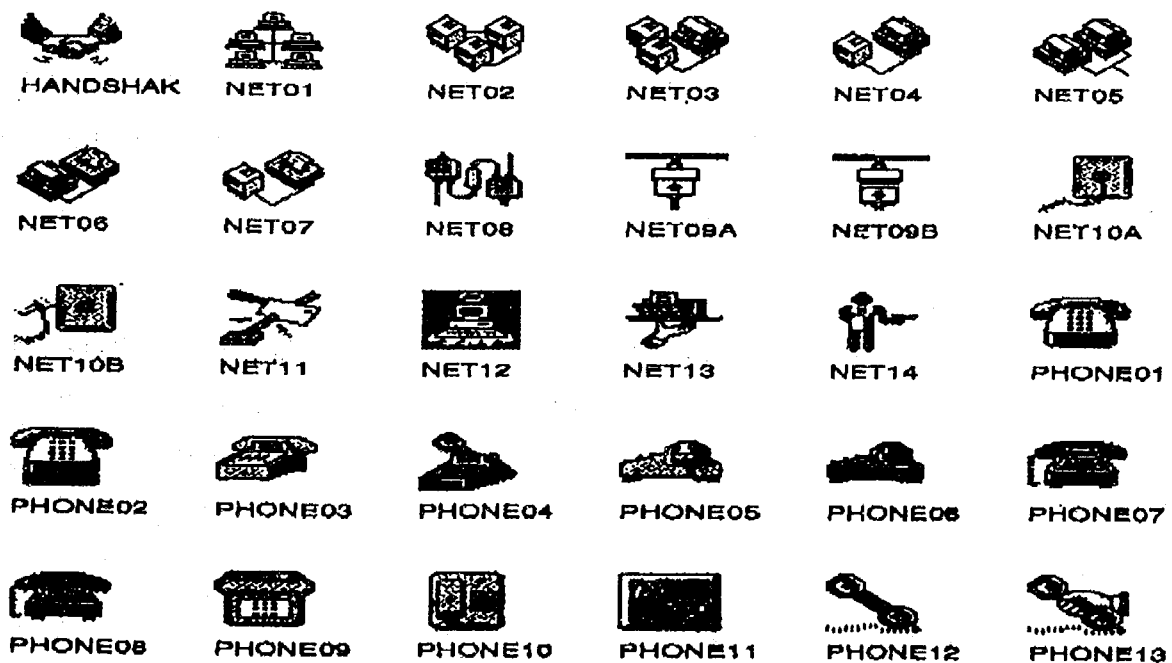


図- 2.2 通信をイメージさせるアイコンの例

(3) スクロール・バー

表示領域上に表現しきれない大きさのリストを表現するために、このウィジットを用いる。スクロール・バーは、両端の矢印ボタンと中央に長方形のスライダーと呼ばれるオブジェクトで構成されリストの中のどの位置が現在表示されているかを視覚的に示す。表示位置は、マウスで矢印ボタンをクリックしたり、スライダーをドラッグする(図-2.3)。

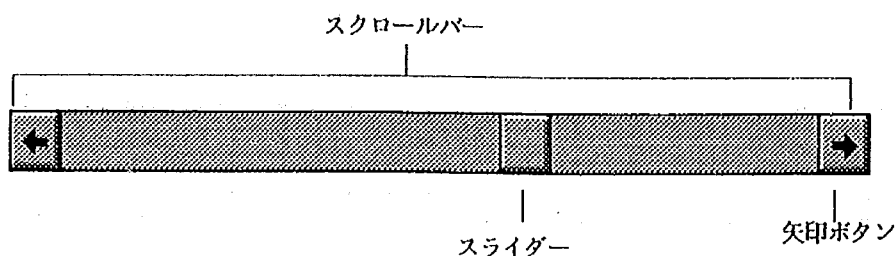


図- 2.3 スクロール・バーの例

(4) ボタン

ボタンとは、ユーザがそのボタンを押すことが入力動作となるウィジットであり、比較的少数の選択肢からの選択に用いられる。ボタンは、選択結果の実行のしかたで、プッシュ・ボタンとトグル・ボタンに分けられる。

1) プッシュ・ボタン

プッシュ・ボタンは、ユーザがそのボタンを押すことにより、ボタンの選択と実行が行われる、素早い操作性のボタンである。プッシュボタンを押下するには、マウスでそのボタンにポインティングしクリックする。一般的に最もよく使われるプッシュ・ボタンには、その周りに枠を設けてそれがデフォルトの選択であることを示す手法をとる。また、キーボード上のリターンキーやマウスのダブルクリック(クリックの動作を連続して行う)と連携している(図-2.4)。

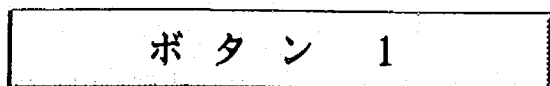


図- 2.4 プッシュ・ボタンの例

2) トグル・ボタン

トグル・ボタンは、ユーザの入力によって、ボタンの選択状態のみが連続的に切り替わるものをいい、選択結果の実行には別の操作が必要である。

トグル・ボタンは、複数の状態の選択を行なうのか択一的な選択を行なうのかで、チェック・ボタンとラジオ・ボタンに分けられる。

① チェック・ボタン

チェック・ボタンは、何らかの種類に分類された一群の項目について、選択／不選択の指定を行なう際に用いる。これは、マウスをクリック  したときのポインティングによって決定される（図-2.5(A)）。

② ラジオ・ボタン

ラジオ・ボタンは、択一的かつ排他的な選択を行なう際に使用する。これも、マウスをクリック  したときのポインティングによって決定される（図-2.5(B)）。

☒ チェック 1

☒ チェック 2

☐ チェック 3

(A) チェック・ボタンの例

☒ 項目 1

☐ 項目 2

☐ 項目 3

(B) ラジオ・ボタンの例

図- 2.5 トグル・ボタンの例

(5) フィールド

フィールドは、数値・文字用の編集領域である。定型化されていないコメントなどを入力するのに便利である。入力方法は、マウスでフィールドをポインティングしクリックすると「I型のカーソル」が点滅する。このカーソルが文字等を入力する位置を示すことになる(図-2.6)。



図-2.6 フィールドの例

(6) メニュー・バー

メニュー・バーは、画面の一部に常にメニュー表示する「常駐メニュー」である。メニュー上の項目は、特定の機能の実行を表したり、下位のメニューを呼び出すために置かれている。メニュー・バーには、項目がウィンドウの上端の専用表示域に横並びに配置されているもの(図-2.7(A))や、ウィンドウの横端に縦に並べられている(図-2.7(B))ものがある。また、従来のコンピュータに見られるように(コマンドをファンクション・キーに割り当てたように)画面の下端に表示するものもある。

メニュー項目の用語については、一貫性を重視しなければならない。(これについては「2.2.2 メニュー項目の用語の統一」で述べる。)

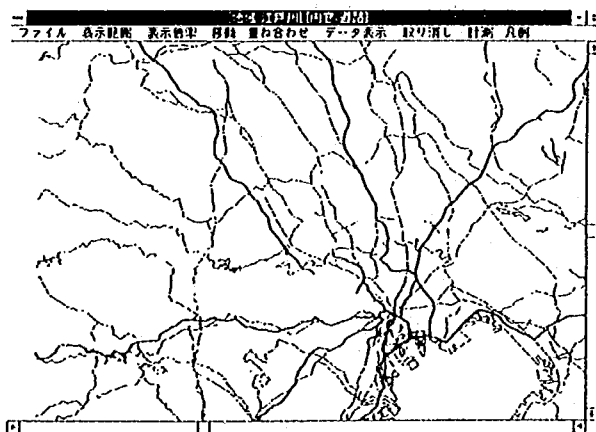


図-2.7(A) 横配列メニュー・バーの例

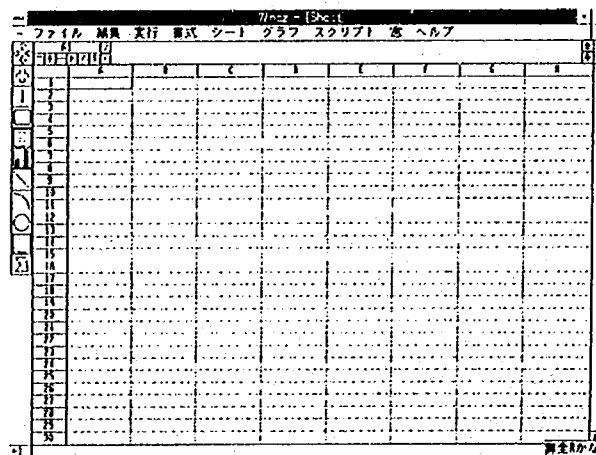


図-2.7(B) 縦配列メニュー・バーの例

(7) プルダウン（ドロップダウン）・メニュー

(6) のメニュー・バーに対応したメニューであり、普段は画面に表示されないが、ショートカット・キーまたは、ファンクション・キーの押下とか、メニュー・バー上のメニュー項目の位置でマウスボタンのクリック  を行うことによってメニュー項目が決定され、その項目を実行するメニューである。他に、メニュー・バー上のメニュー項目の位置でマウスボタンをドラッグ  しながら下方へ移動し、マウスボタンを放した時点のメニュー項目を実行する方法もある。これらは、メニュー・バーの下位層として使用し、普段は、隠蔽しているメニューである(図-2.8)。

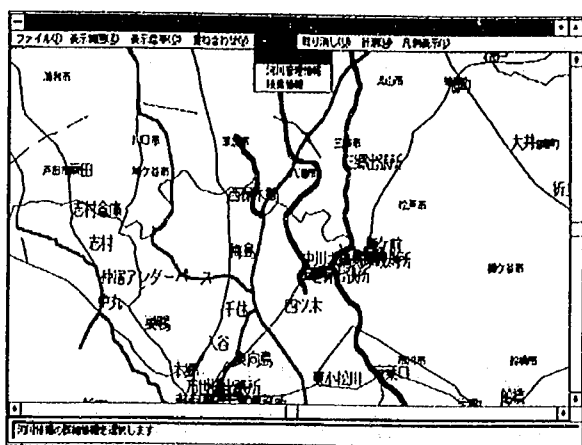


図-2.8 プルダウン（ドロップダウン）・メニュー例

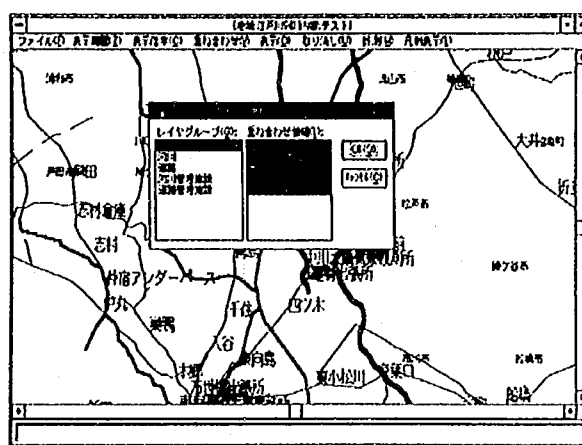


図-2.9 ポップアップ・メニュー例

(8) ポップアップ（ダイアログ）・メニュー

メニュー・バーの下位層のメニューであり、プルダウン・メニュー、ドロップダウン・メニューの下位層としても位置付けられる。メニューの表示方法は、プルダウン・メニュー、ドロップダウン・メニュー同様、ショートカット・キー、ファンクション・キーの押下か、メニュー・バー上のメニュー項目の位置でマウスボタンのクリック  を行ったり、マウスのドラッグ  から、ボタンがはなされたときの画面上の位置によって表示される。このメニューには、一度に複数の条件を選択し、最終決定をする意味合いが含まれており、パラメータの値を入力したり、デフォルト値を確認したりする目的でも使用されるものである。

(図-2.9) ポップアップ（ダイアログ）・メニューは、迅速に選択を行えるよう(3)～(7)のウィジットを構成し、このメニュー上で表現することになる。

2.2.2 メニュー項目の用語の統一

多くのシステムは、「2.2.1 (6)～(8)のメニュー・ウィジェット」を利用して、そのウィジェット上に意味のある「言葉」（メニュー項目）を表示している。これらの「言葉」は「統一された用語」を使用する必要がある。なぜなら、メニュー項目の用語が統一されていないシステムでは、多くのユーザは戸惑ったり、操作に不信感を得ることが多いからである。

統一された用語を使用するため、以下に示すガイドラインに従うようにすべきである。

- ① なじみがあり、一貫性のある用語を使うこと
対象となるユーザがよく知っている用語を選び、一貫した使用法を保てるように一覧表を作っておく。
- ② それぞれのメニュー項目が相互に区別できること
各項目は他の項目と明確に区別出来る用語を使用する。
- ③ いいまわしが一貫していて簡潔なこと
使用する項目をすべて見直し、用語の一貫性と簡潔さを確かめる。
- ④ キーワードは左側に置くこと
項目の始めの単語によって各項目の違いを判別し、認識できるようにメニュー項目を書く。
ユーザはメニュー項目を左から右へと読み取るので、始めの単語で関係ないと判れば次に移れる。
- ⑤ タイトルは左づめにすること
④と関連して、左づめがユーザにとっては、受け入れられやすいアプローチである。
端末の表示処理速度の面でも有利な方法である。
- ⑥ エラーメッセージの表示位置を一貫させること。
ユーザが許されない選択をした場合等のエラーメッセージは、一貫した位置に表示する。
- ⑦ 状況の表示を行なうこと。
メニュー構造のどの部分を今検索しているのか、その構造のどの頁をみているのか、タスクを完了するにはどれを選択すべきか、などの状況を表示するように心掛ける。このような情報は、一貫した位置に表示する。

一貫性のある形式により、必要な情報を探しやすく、関連したデータに注意を集中でき、予測が可能になるため不安が減少する。

表-2.2では、メニュー・バーのメニュー項目の構成内容について上記のガイドラインに従っていると思われる一般的なメニュー構成（汎用表計算アプリケーション）を採り上げ、今回のテストシステムとの比較を試みた。

2.2.3 テストシステムへの応用

今回のテストシステムでは、数値表示処理部を汎用アプリケーション・ソフトであるMS-Excel™を利用し
て実現した。このアプリケーションは、前述したウィジェットにより視覚設計を容易に実現することを可能と
している。ウィジェットの主な機能を前項に紹介したが、これらのウィジェットは、さらに大きく3つに分類
できる。一つ目は、アプリケーションと連携するウィンドウやアイコン、二つ目は、メニューといわれる
「言葉」で表現できるものであり、三つ目は、グラフィカル・ユーザインタフェースを構成する要素である
ツール（オブジェクト）となる。

アプリケーションと直接連携するウィンドウ、アイコンウィジェットをどのような考え方で活用したかを以
下に示す。

(1) ウィンドウ

今回のテストシステムは、複数のアプリケーション（従来であれば複数のシステム）の独立を図りながら、
互いに連携し合う統合システムを目指している。空間的な把握ができる地理情報システム（GIS）をベー
スに、河川情報システム、道路交通情報システム、河川管理情報システムなどのアプリケーション単位にウ
ィンドウを割り当てた(図-2.10)。

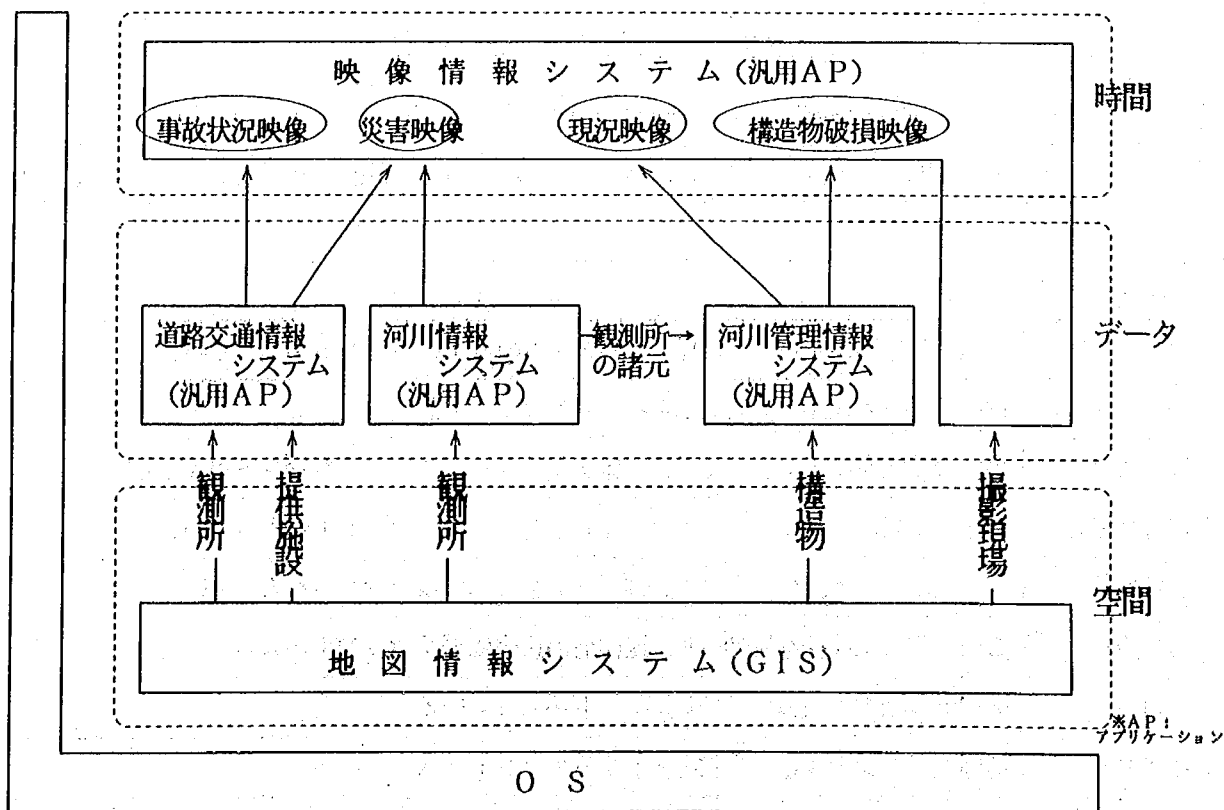


図- 2.10 ウィンドウ分割

表- 2.2 メニュー構成比較表

表計算アプリケーション メニュー・バーの構成

--	ファイル	編集	実行	書式	シート	グラフ	スクリプト	窓	ヘルプ	▲	▼
----	------	----	----	----	-----	-----	-------	---	-----	---	---

メニュー項目	構 成 内 容
ファイル	新しいワークシートの作成、オープン、保存、および、印刷、印刷結果のプレビューに用いる編集用のメニューコマンドが入っている。また、このシステムを終了するコマンドも入っている。
編集	セルやテキストのコピー、移動、削除に用いる編集用のメニューコマンドが入っている
実行	ワークシート上の数値の再計算、式のペースト、セルの選択、セル範囲名の定義などに用いるためのメニューコマンドが入っている
書式	セル、セル範囲、オブジェクト、テキスト、数値などの表示様式を指定するのに用いるメニューコマンドが入っている
シート	レポートの作成、ワークシートの保護、テーブル、データベース、行列のデータなどの処理に用いるメニューコマンドが入っている
グラフ	グラフタイプの選択、グラフ様式の細かい指定に関するメニューコマンドが入っている
スクリプト	スクリプトの作成、組み込み、実行に用いるメニューコマンドが入っている
窓	ワークシートのレイアウト指定、オブジェクトの表示/非表示の指定に用いるメニューコマンドが入っている
ヘルプ	ヘルプウィンドウの表示を行うメニューコマンドが入っている

今回のテストシステム（地図処理部） メニュー・バーの構成

--	ファイル	表示範囲	標示倍率	重ね合わせ	表示	取り消し	計測	凡例表示	▲	▼
----	------	------	------	-------	----	------	----	------	---	---

メニュー項目	構 成 内 容
ファイル	表示する地図のオープン、保存、システムの終了のコマンドが入っている
表示範囲	地図の任意の範囲を拡大表示するためのコマンドが入っている
標示倍率	地図の範囲を固定に広げたり、全体が見渡せるようにするコマンドが入っている
重ね合わせ	地図上に表示するレイヤの表示/非表示を選択するコマンドが入っている
表示	地図上のシンボルに含まれる詳細データを表示するコマンドが入っている
取り消し	直前に行った操作を無効にし、操作前の状態に戻すコマンドが入っている
計測	地図上で距離や面積を求めるコマンドが入っている
凡例表示	地図上のシンボル色の凡例を表示するコマンドが入っている

(2) アイコン

個々のアプリケーションに対して見ると、従来のシステムの多くは木構造の階層メニュー方式を採用しており、その階層が深い場合、ユーザが操作する際に現在どの位置にいるのか把握しにくい。これらの階層の深さを無くすため、今回のテストシステムの一部である河川情報システムでは画面構成を再編成し、現況表、経過表、グラフに大きく分け（表-2.3）それぞれにアイコンを割り当てる方法を採用した。（図-2.11）

表- 2.3 アイコン分割の表

画面種類による分類	データ種別による分類				アイコン名称
		雨量	水位	水質	
	現況表	雨量現況	水位現況	水質現況	
	経過表	雨量経過	水位経過	水質経過	
	グラフ	雨量グラフ	水位グラフ	水質グラフ	

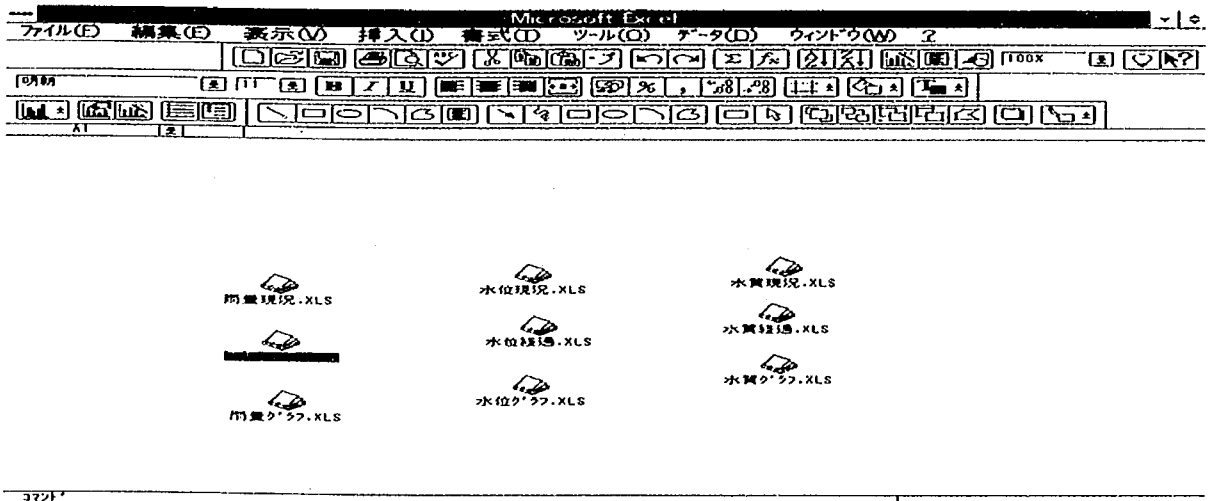


図- 2.11 アイコン分割の例

(3) デザイン（色）

重要なデザイン要素の一つとして、「色」が挙げられる。現在の河川情報システム・道路交通情報システムにみられる現況地図では、定量的な把握をするために「色」を使用している。今回は、定量的な把握をするための「色」を4色までに限定した。4色とは、正常（安全）を表す青色または白色、注意を表す黄色、警戒（危険）を表す赤色である。これらの「色」は、我々の身近にある「信号機」で用いられる「色」から決定された。

このように、ユーザが容易に認識できるようなメタファに基づいてアプリケーションをデザインすることが重要であると思われる。

2.3 データモデル設計

2.3.1 データモデル設計の概要

(1) データモデルの必要性

河川情報システム、道路交通情報システムへのDBMSの適用を考慮するにあたり、それらのシステムの持つデータを分析しデータモデルを設計する必要がある。なぜなら、現在の出力レポート（画面や帳票）のフォーマットそのままの形でデータをシステム内に取り込むことは、データベース本来の趣旨である「多目的利用のための正規化された（重複のない）データ管理」に反し、データ間の整合性維持などに悪影響を与えるからである。

(2) データモデルの構造

データ群の論理的構造（データモデル）は、現実社会をメタファ（暗喩）としてコンピュータ内に投影するものである。したがって、現実社会を正しく反映し、データの活用目的を基本として設計され、正規化（重複を無くすこと）により信頼性が保証されていることが必要である。

この考え方に基づいて設計されたデータベースの構造を、ここでは概念データベースと呼ぶ。概念データベースをコンピュータへ実装していくには、コンピュータやDBMSの持っている数々の制約と、データベースの利用要求から、応答速度、検索効率等を考慮して、その形式を新たに考える必要が生ずるが、それはあくまで概念データベースを基本構造にした应用到にすぎないことを理解しておくことが重要である。

(3) 対象範囲

ここでは、河川情報システム、道路交通情報システムの既存システムが取り扱うデータを対象範囲としている。

システム利用の際には、局面に応じたレポート（画面、紙、その他の媒体）の提供が必要であり、そのためにはリソース・ファイル、イベント・ファイルを基にしたサマリ・ファイルが多数必要となってくる。このサマリ・ファイルの洗い出しも既存システムの取り扱い範囲を対象としている。

従って「今後は、このような括りで情報を見たい」という新たなニーズが発生した場合には、随時見直しが必要である。

2.3.2 概念DB構造図

概念DB構造図は、以下に示すような関係で作られている。

- ① 四角の箱ひとつが概念ファイル（エンティティ）を表す。
- ② 箱の中にデータ項目が記述してある。
- ③ データ項目の中で { } 内に記述されているものはその概念ファイルをユニークに識別するキーデータ項目を表す。
- ④ 概念ファイル間の線は、詳細な内容を他の概念ファイルからキーデータ項目を経由して参照する関係を表す。
- ⑤ 概念ファイル間の線に示される「にわたりの足」は、事実、ルールを表す。（図-2.12）

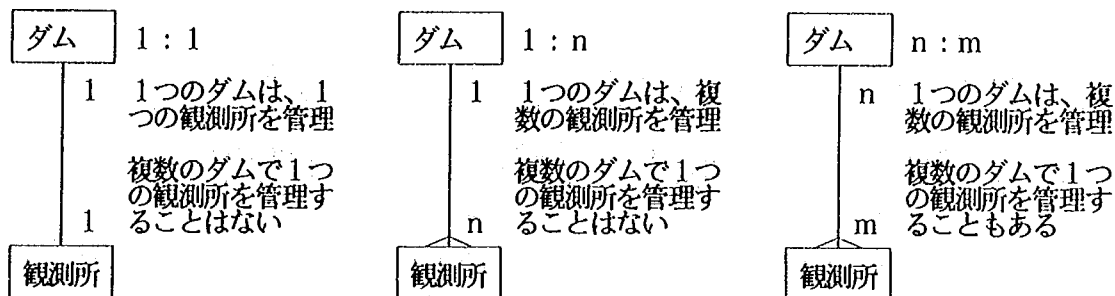


図- 2.12 概念ファイル間の関係

今回用いた河川概念DB構造図を図-2.13に示す。この概念DBを作成するにあたり、以下のメタファに注目し、作成した。

リソース・ファイルのポイントは観測所であり、すべての調査、観測を各観測所で行い、そのデータが最も小さな独立データ（このデータを基本として他のデータが作られる）となる。したがって、各観測結果を管理するイベント・ファイルはこの観測所単位で考慮する必要がある。

観測所単位のイベント・ファイルをもとに、様々なサマリ・ファイルを作成してあり、その集計単位として今回は、時間軸（日、月）や流域などを当てはめている。

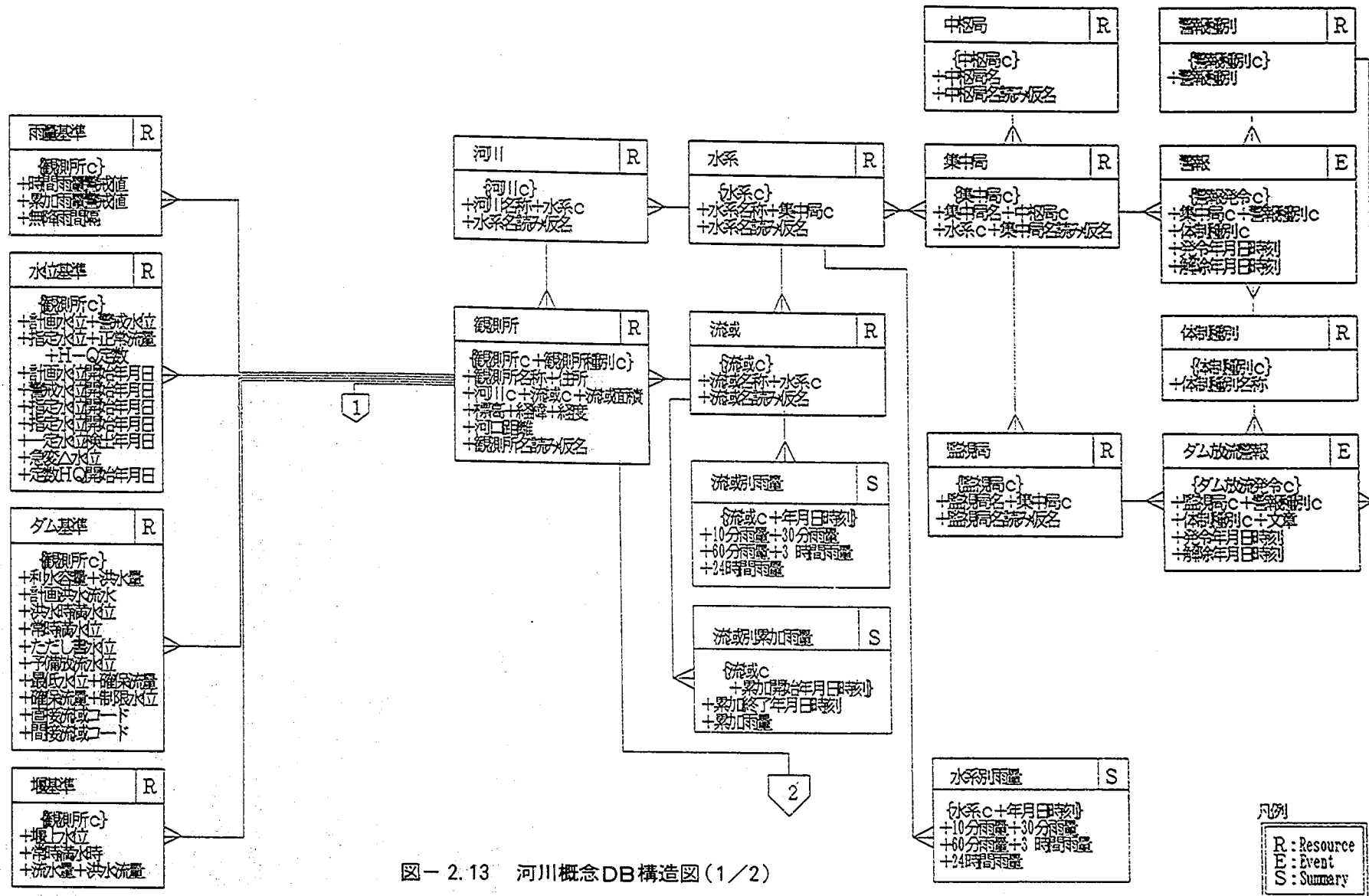


図-2.13 河川概念DB構造図(1/2)

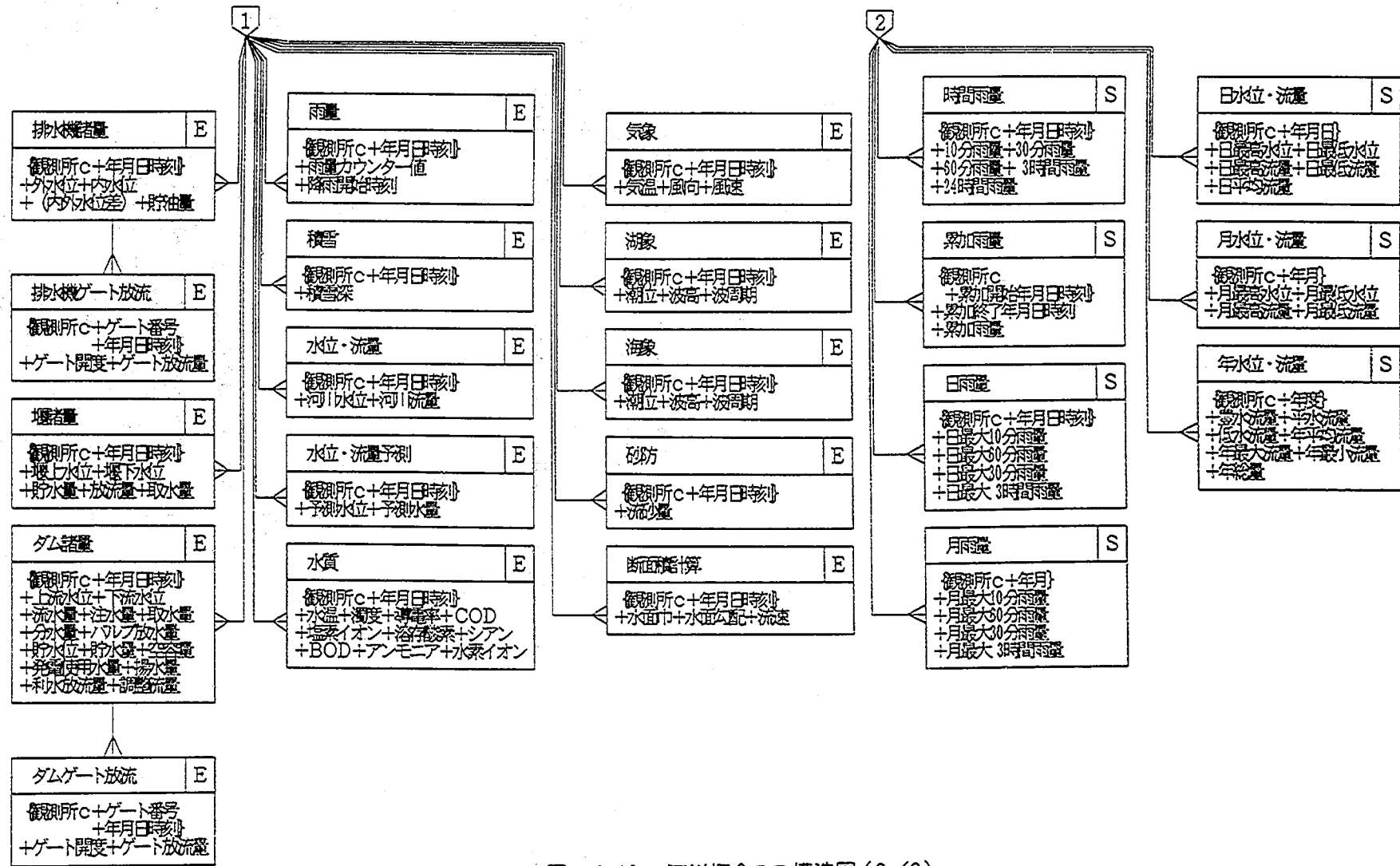


図- 2.13 河川概念DB構造図 (2/2)

2.4 ソフトウェア設計

2.4.1 ソフトウェア設計の概要

ソフトウェア制作は、外部仕様（エンド・ユーザの要件などを含む）が完全に定まってから、ソフトウェアの完成に至るまで変更がないことは少なく、特にユーザインタフェースのプログラム制作においては、その様々な段階において仕様の変更が発生することが多い。一般的なソフトウェア制作の流れを図-2.14 に示す。

また、システムの稼動後にも、ソフトウェアの追加や変更が余儀なくされる。図-2.14 はソフトウェア制作の時間的な流れであるのに対し、概念システムにおけるソフトウェアの（空間的な）配置を図-2.15 に示す。既存のソフトウェア構成においてユーザインタフェースに変更があった場合には、関連する全ての箇所にも仕様変更が発生することになる。

このようなシステムの変更においてソフトウェアの変更を局所化するためには、プログラム間の独立性を高め、また、プログラムをモジュール化し、それらの独立性を高めることが有効な手段である。図-2.16 は、データ管理、データアクセス、ユーザインタフェースを各々独立させた場合の理想的な例であり、ユーザインタフェースの変更は、クライアントマシン上のソフトウェアに局所化され、データサーバには影響を与えていない。このような構成の場合には、プロトタイピングによるユーザインタフェースの制作にも大きな効果を上げることができる。

現状では、ユーザインタフェース向上策の一つとして特定の画面の応答時間を短縮するために物理データベースの実装をチューニングするなど、データ管理ソフトウェアまで一貫して設計を行うことが多い。スピードの改善は、ハードウェアの進歩により実現される事項でもありシステムの大規模や複数システムの統合化に当たっては、プログラムを機能ブロック化し、独立させることは必須の構成手法である。

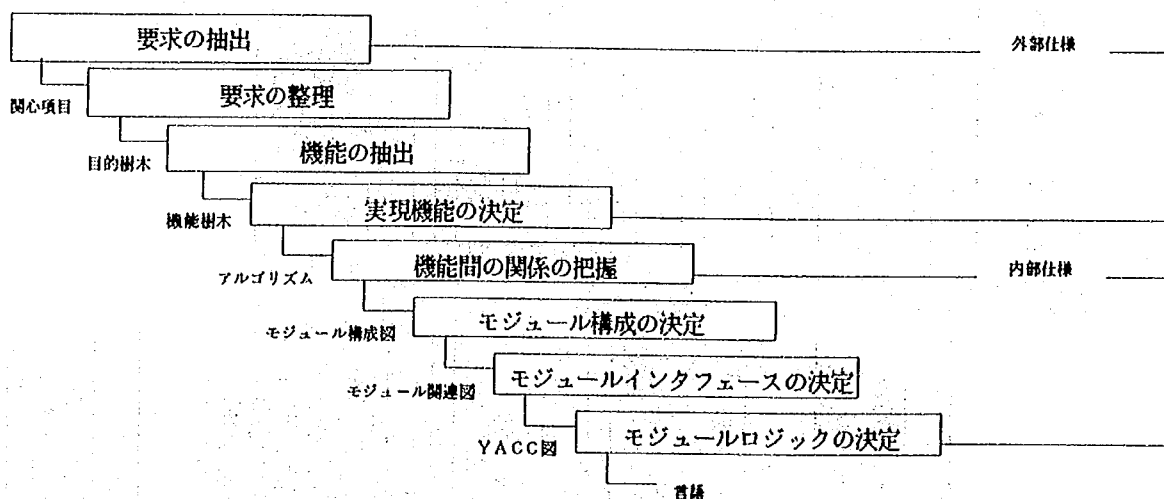
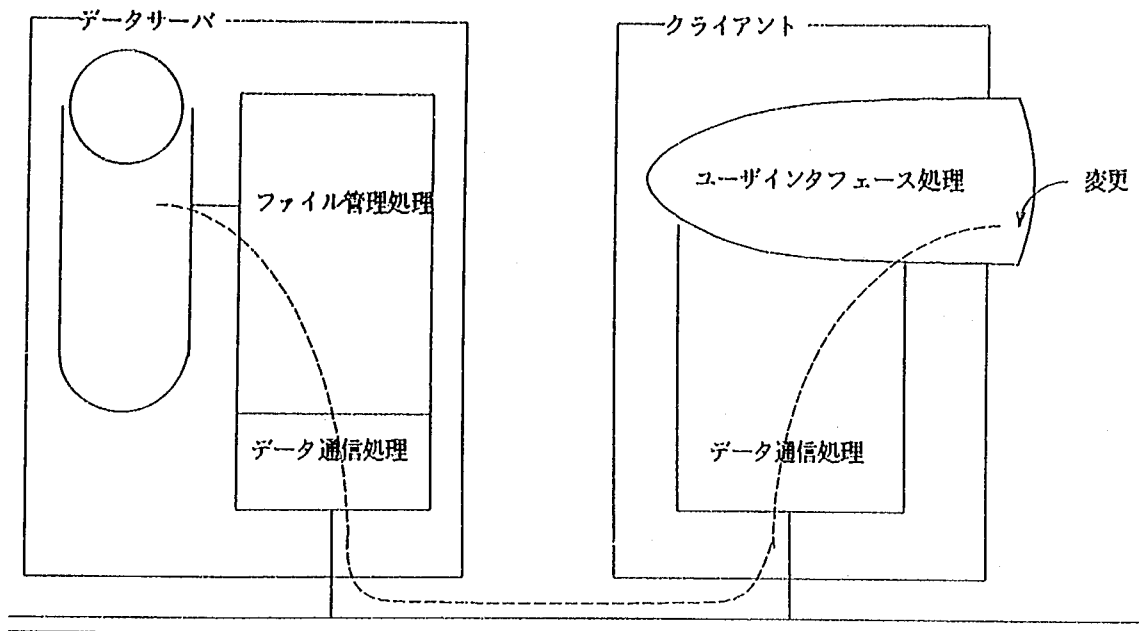
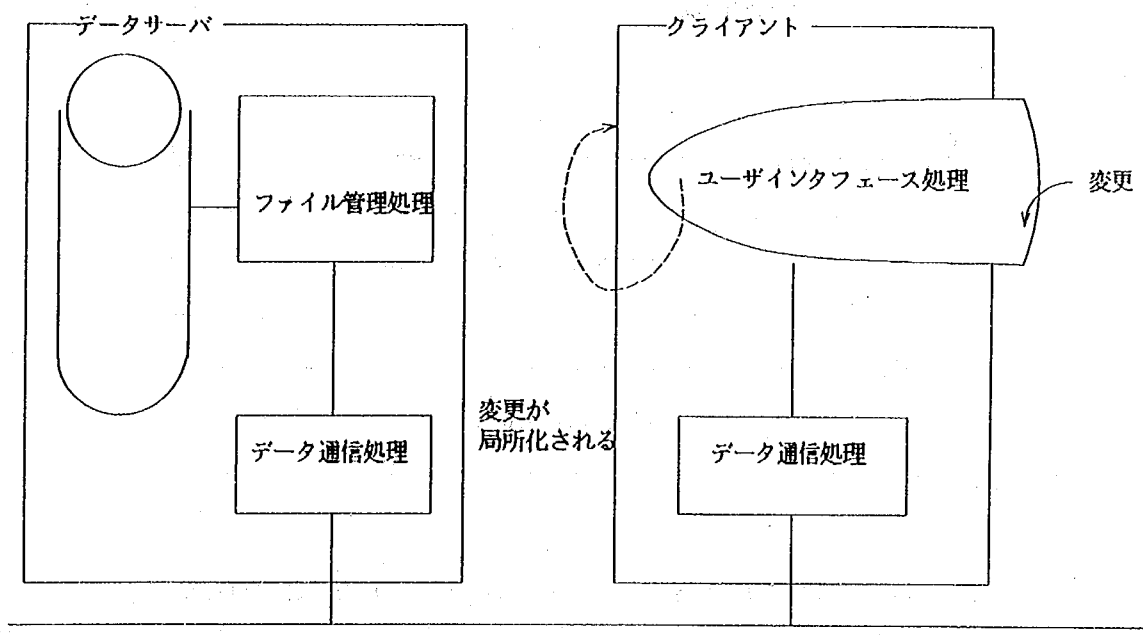


図- 2.14 ソフトウェア制作の流れ



図ー 2.15 現在のプログラム配置



図ー 2.16 プログラムモジュール化した例

2.4.2 機能のブロック化

データ中心アプローチ開発技法を採り入れたソフトウェア制作をすることにより、拡張性の確保、モジュール連携、データ連携機能毎にブロック化させることができる。河川情報システム、道路交通情報システムにおけるクライアントマシン上のソフトウェア構成を図-2.17 に示す。このうち、OS及びウィンドウシステムは既存のシステムにおいてもほぼ汎用のソフトウェアを使用しているが、その他の地図表示処理、オンラインデータ表示処理及び通信は、それぞれ、OSのシステムコール等を用いて個別に作成されてきた。

しかし、これらのソフトウェアが任っている機能のかなりの部分は、汎用のアプリケーションや機能が拡張されつつあるOSに代替させることができるのではないと思われる。例えば、背景地図におけるGIS（地理情報システム）の利用、データ加工表示におけるスプレッドシートの利用、通信におけるミドルウェアの利用、プロセス間通信やマルチタスクの利用により異なるアプリケーションの統合、自動更新におけるデータベース・マネジメント・システム機能の利用などである。

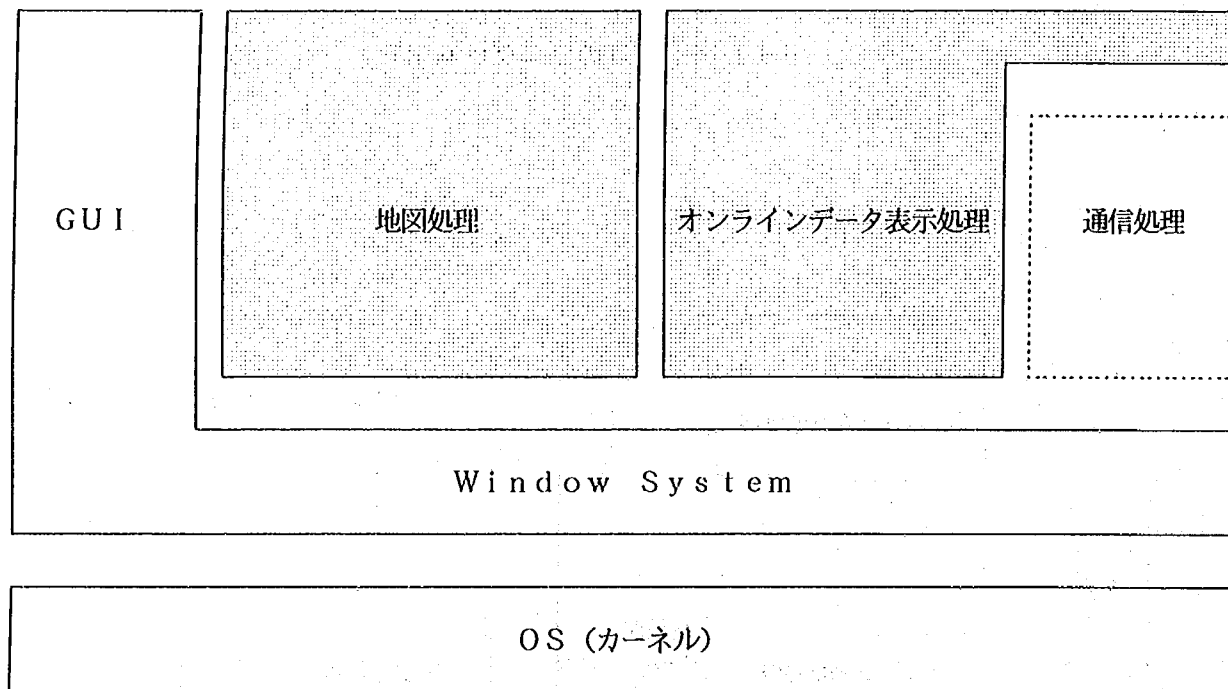


図-2.17 ユーザインタフェースソフトウェアの機能ブロック

(1) モジュール連携

ソフトウェアはモジュール化と汎用ソフトウェアの機能を有効利用することにより、個別開発部分を少なくし開発コストを低減するとともに、ユーザインタフェースの変更を容易にすることができる。これは、ソフトウェアが任っている機能のかんりの部分において、汎用のアプリケーションや機能が拡張されつつあるOSに代替させることができるからである。さらに、OSが提供しているモジュール間のインタフェースであるアプリケーションインタフェースを使うことにより、拡張性のあるシステムを作製することができる。

図-2.18 は、テストシステムで用いているアプリケーション連携（箱から箱へ向かう矢印がアプリケーション連携する機能）を図示したものである。連携するソフトウェアについては、OSで提供される機能であるプロレス間通信（MS-Windows では、DDE（ダイナミック・データ・エクスチェンジ）、OLE（オブジェクト・リンキング・エンベディング）等がある）を用いて、OSによるアプリケーション連携方式を統一してソフトウェアを制作することが重要と思われる。

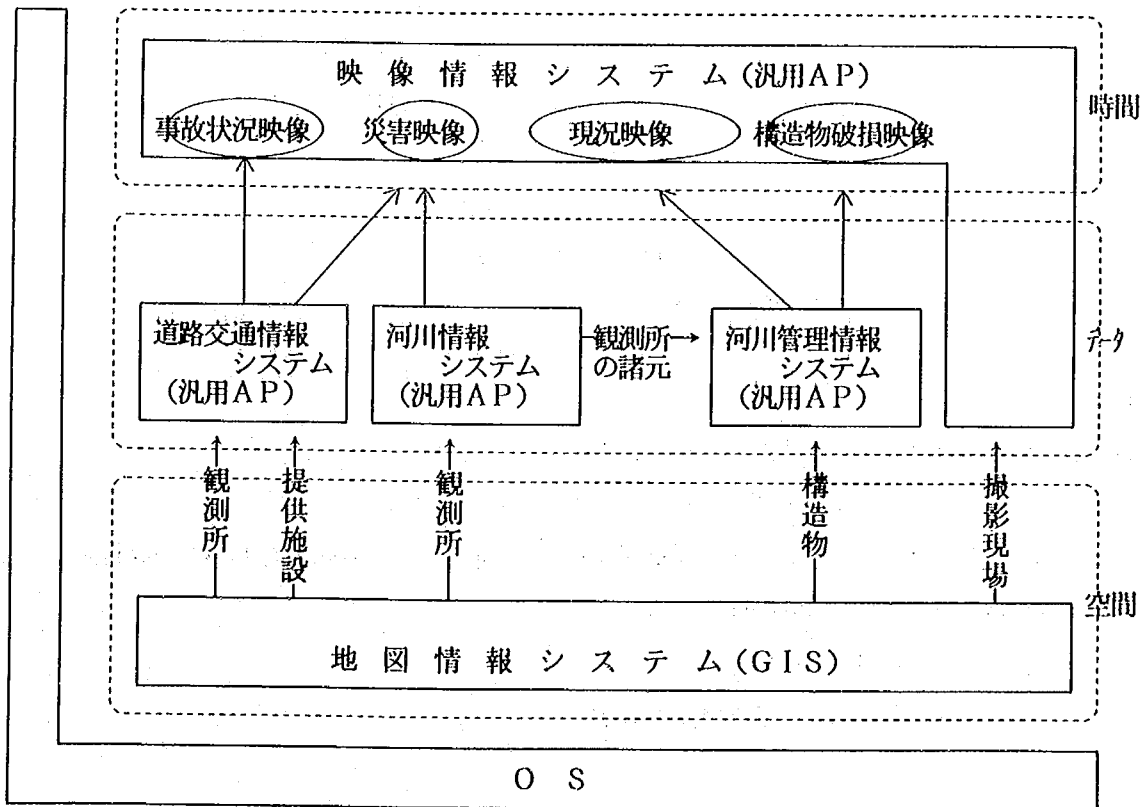
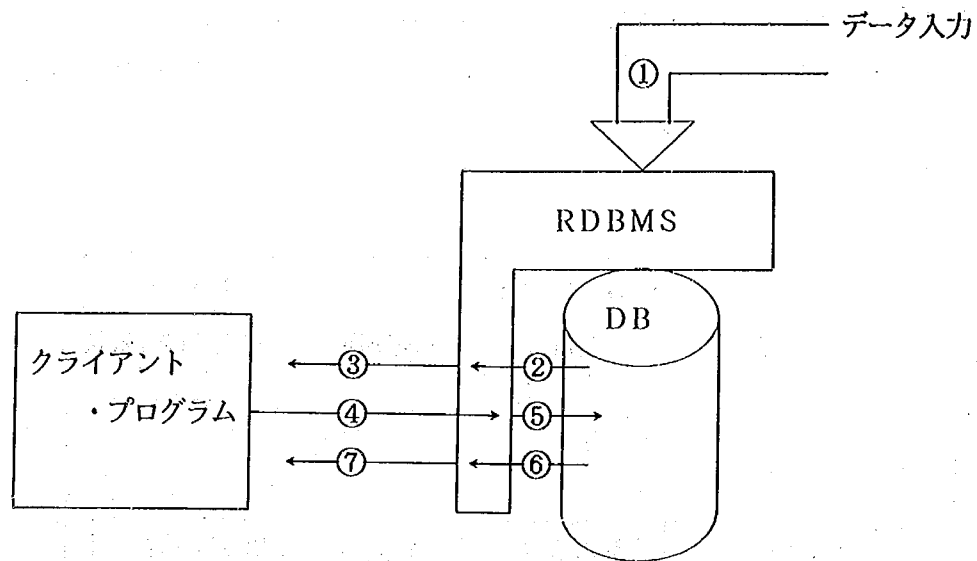


図-2.18 ソフトウェアの機能ブロックを応用したシステム統合化

(2) データ連携

データの連携は、DBMSを利用した通信によるアプリケーション連携のひとつといえる。例えば、既存システムの特徴である「自動更新機能」（最新データが入力された時点で自動的に現在表示している画面を最新データを含めた形で更新する機能）は、DBMS機能（ストアドプロシージャ、トリガなど）を利用することにより実現（図-2.19）できる。これは、あらかじめ指定しておいたデータが更新された時に前もって指示しておいた手続きを自動実行する機能である。OSによるアプリケーション連携と同じように、DBMSによるデータ連携方式も統一するほうが良いと思われる。



- ① テレメータデータの入力
- ② 更新を契機にRDBMSが「トリガー」を起動する
- ③ 「トリガー」が「クライアント・プログラム」にイベント通告する
- ④ イベント通告を受けた「クライアント・プログラム」は、最新データを取りにSQLを発行する
- ⑤ SQLを受けたRDBMSがDBを検索する
- ⑥ DBの検索結果をRDBMSへ渡す
- ⑦ 「クライアント・プログラム」へ検索結果を渡す

図- 2.19 イベント通告（アラート）機能

3. テストシステムの構築

河川情報システム・道路交通情報システムにおけるユーザインタフェースのデザインを実際に構築し、視覚的及び動作の上から評価・検討するためのテストシステムを平成5年度に構築したが、本年度は、クライアント/サーバシステムとしてさらに機能を充実させた(図-3.1)。

本節ではテストシステムの構築方法について述べる。

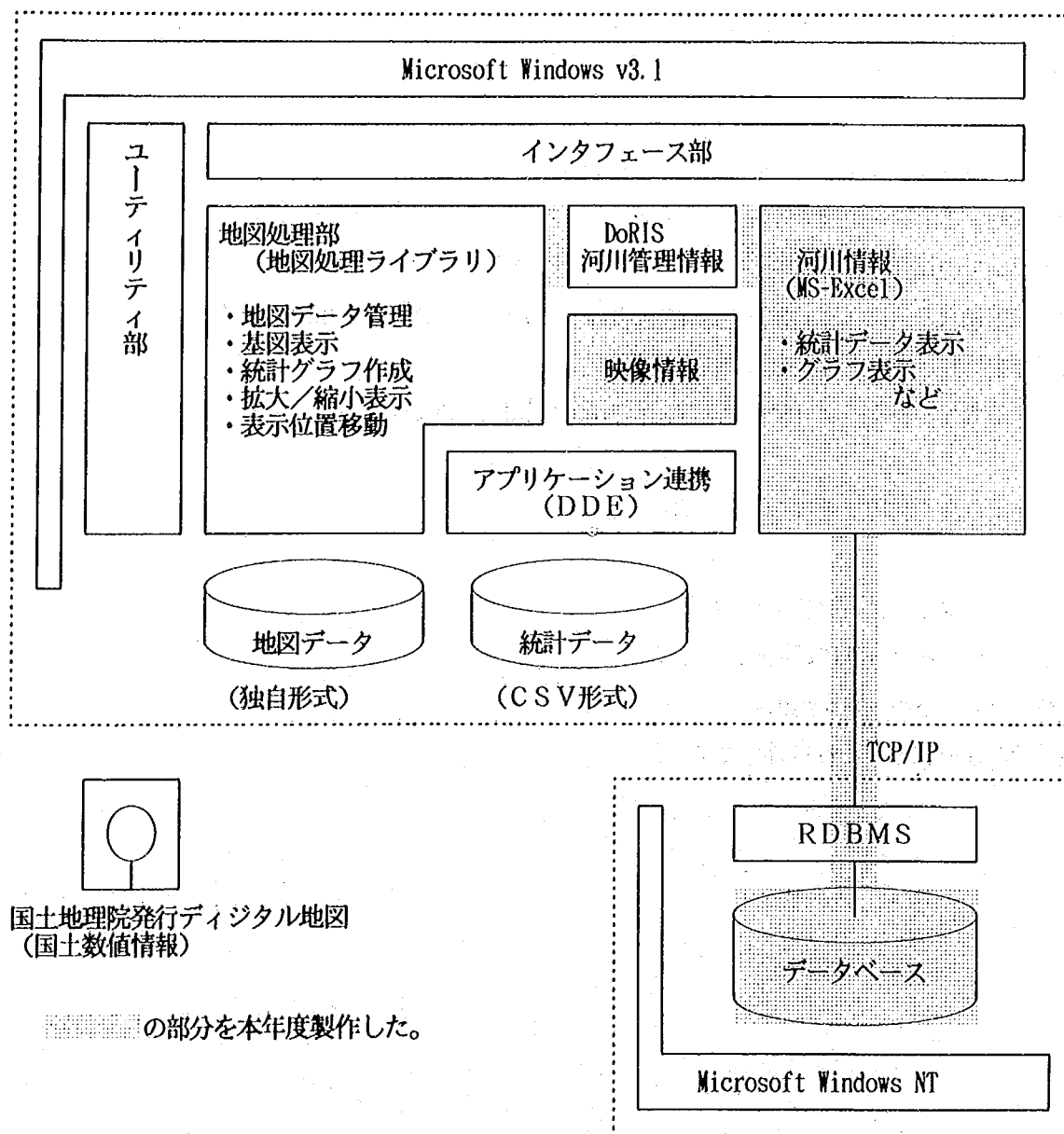


図-3.1 システム構成図

3.1 ユーザインタフェースの原則ガイドライン

設計を行うにあたり、ユーザインタフェースの原則的ガイドラインとして、平成5年度に定めた以下の9項目に従った。

(1) ユーザが求める処理を正しく行えることを目的とする項目

意外性を最小にし、ユーザの制御感、メンタルイメージ（ソフトウェア構造の正確な認知イメージ）を形成させるための項目

- ① 言葉遣いやフォーマット、手順に一貫性を持たせる。
- ② 指示に対する応答を予測できるものとする。
(ソフトウェアの操作方法を簡単に学習できるものとするための項目)
- ③ 短期記憶領域の負荷（特に装置に依存する低レベルの構文情報）を最小限にする。
- ④ 逆操作を許し、エラー処理を簡単にさせる。
- ⑤ 関連する既存の多くのユーザインタフェースとの親和性を持たせる。

(2) ユーザがより良く利用できることを目的とする項目

- ① 優れたグラフィック・デザインを構築する。
- ② 頻繁に使用するユーザに近道を用意する。
- ③ 有益なフィードバックを提供する。
- ④ 段階的な達成感を与える対話を実現する。

3.2 設 計

ソフトウェアは、モジュール化と汎用ソフトウェアの機能を有効利用することにより、個別開発部分を少なくして開発コストを低減するとともに、ユーザインタフェースの変更を容易にした。(1) OS、(2) ウィンドウシステム、(3) 表示用ソフト（データ表示プラットフォーム）は汎用ソフトウェアを用いており、(4) 表示用ソフトウェアではデータの自由な加工を容易に可能にしている。また、従来個別に作成していた背景画面は(5) GIS が受持ち、そのデータ（利用地図）は国土地理院発行の数値地図を用いている。GIS により背景に道路（高速道、国道、地方道など）や河川、行政界、鉄道、その他地図データとして格納されているものを個別あるいは同時に重畳表示して利用できる。また、モジュール間の(6) データ連携ソフトはクライアント上ではOSで提供されるDDE（ダイナミック・データ・エクスチェンジ）を用いて、サーバ上には、データベースマネジメントシステムで提供されているトリガ機能を用いた。以下にテストシステムの設計について説明する。

3.2.1 設計思想

現在の河川情報システム、道路交通情報システムでは、目的画面に遷移するためには全てメニュー画面を通して行わなければならない。これらのシステムに多く見られる特徴として、現況表示画面の構築には、地図の座標をひとつひとつ拾って背景画面を構築していることが挙げられる。これは、運用上の広域的かつ高度な管理の必要性から、空間的な把握が必要になるからであるが、開発の効率は低い。

また、別のシステムを統合する場合には、メニューの追加など目に見える部分及び、システム連携をとるための部分で新たに開発が必要になる（新たなメニュー画面になると、人とマシンのインタフェースがかみ合わなくなる）。これは、フルスクリーン・メニューによる欠点とクローズされたシステム（専用ファイル管理など）で他のシステムとの連携を考慮していなかったことによる。

これらの問題を解決するためには、河川情報システム、道路交通情報システムの広域的かつ高度な管理の必要性やユーザインタフェースから見たメタファを忠実に捉えることから「地図」が必要と思われる。従来の河川情報システム、道路交通情報システムの静的背景画面を動的な切り口として検討した。この「地図」に建設省国土地理院発行のデジタル地図を利用し、空間的把握により検索（遷移）ができる「メニュー」方式のGIS として採り入れたのが今回のテストシステムの始まりであり、システム統合化に向けての土台になったのである（図-3.2、図-3.3）。このGIS を利用することにより、空間的把握をしながら目的画面に到達することができる。また、自由な切り口の検索指向を提供することにより直観的にシステムに対するメンタルイメージを形成することができる。

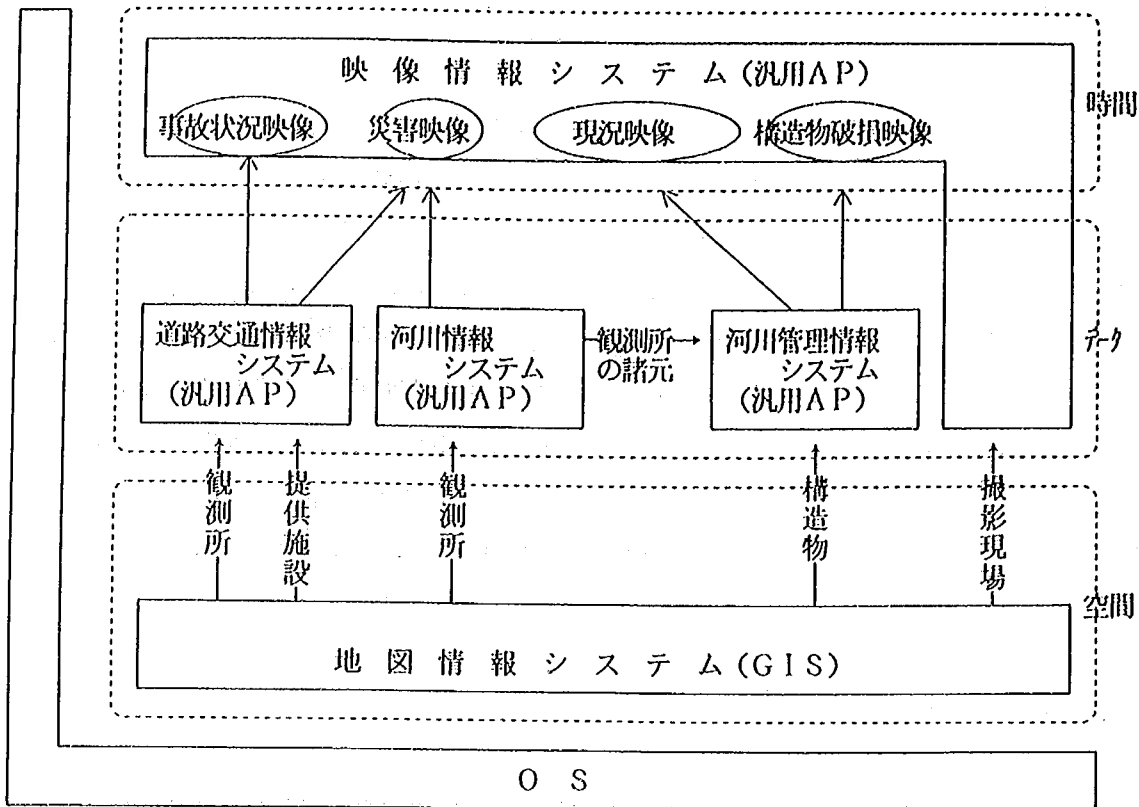


図-3.2 システムの統合化構成図

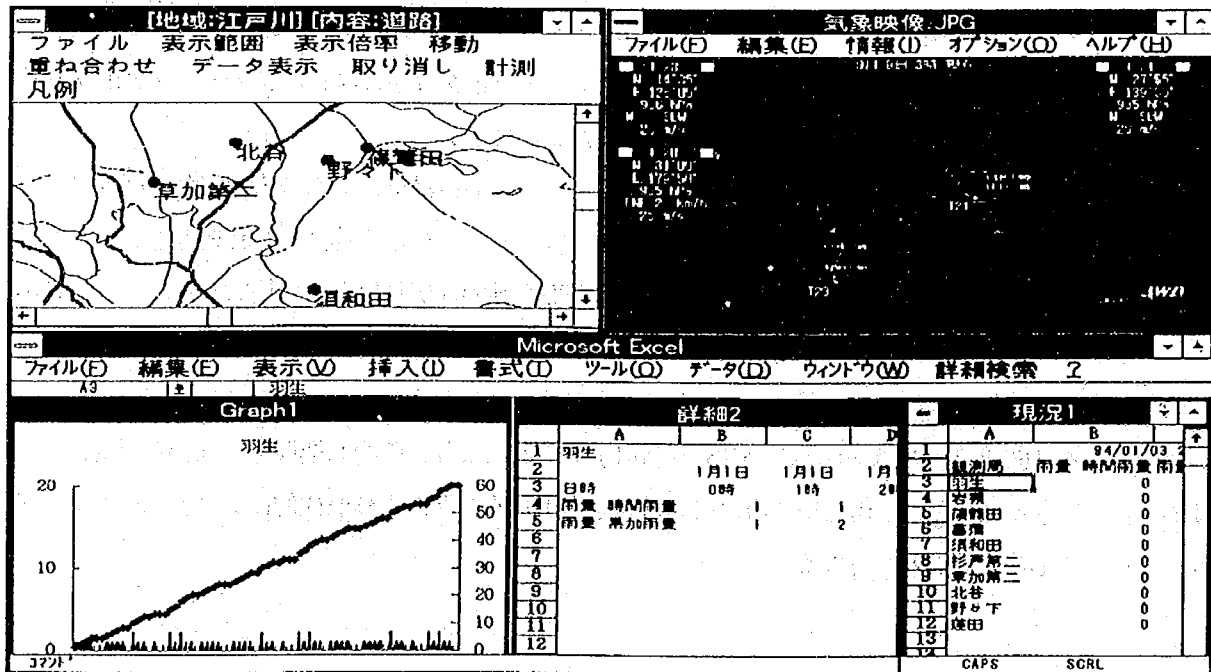


図-3.3 システムの統合化例

テストシステムでは、効果的なシステムの作成を第1に、使い慣れているユーザへの近道としてショートカットキーを考慮した（表-3.1）。これは、通常、初心者には操作に制限をつけて単純にしておくことが最適だが、慣れてくるに従ってより高い機能性を求めるようになるためである。ユーザの能力が向上するにつれ、実行速度および大規模な機能性の進歩が求められるため段階的あるいは断層的な設計手法を取り入れておくのも、初心者から熟練者まで上達に合わせて使うことができるようにする1つの方法である。

表- 3.1 ショートカットキー一覧（1/2）

項 目 名	案1	備 考
メインウィンドウ	——	
ファイル	F	File
開く 保存 別名で保存 終了	O S A X	Open Save save As eXit
表示範囲	Z	Zoom
表示倍率	C	display Control
×2 ×4 標準	H Q S	Half Quater Standard
重ね合わせ	V	Visible
表示	D	Display
取り消し	U	Undo
取り消し	U	Undo
計測	M	Measure
距離 面積	D S	Distance Surface
凡例表示	L	Legend
終了確認ダイアログ	——	——
保存	S	Save
別名で保存	A	save As
保存しない	Q	Quit
キャンセル	C	Cancel

表- 3.1 ショートカットキー一覧(2/2)

項目名	案1	備考
地図選択ダイアログ	_____	
地域名	A	Area
内容	L	List
OK	O	Ok
キャンセル	C	Cancel
別名保存	_____	
地域	_____	
内容	L	List
OK	O	Ok
キャンセル	C	Cancel
別名保存上書確認ダイアログ	_____	
OK	O	Ok
キャンセル	C	Cancel
重ね合わせ(レイヤグループ)ダイアログ	_____	
レイヤグループ	G	layer Group
OK	O	Ok
キャンセル	C	Cancel
レイヤ選択	L	Layer
重ね合わせ(レイヤ)ダイアログ	_____	
重ね合わせ情報	L	Layer
OK	O	Ok
キャンセル	C	Cancel
詳細選択	_____	
レイヤ名	L	Layer
OK	O	Ok
キャンセル	C	Cancel
凡例ダイアログ	_____	
凡例	L	Legend
OK	O	Ok
キャンセル	C	Cancel

3.2.2 地図処理

(1) 地図処理部の概要

従来河川情報システム、道路交通情報システムの静的背景画面を動的な切り口として検討した。デジタル地図を利用し、空間的把握により検索（遷移）ができる「メニュー」方式のGISとして構築した。

本システムでの地図表示部は、ほぼOSで提供されているユーザインタフェースに準拠した形で構築されているが独自に開発したアプリケーションである。地図は、建設省国土地理院発行のデジタル地図（国土数値情報）をもとに、独自形式の地図に置き換え、レイヤ（重ね合わせ）単位で表示・非表示を行うことができる。使用しているレイヤは、河川に関しては、一級河川直轄区間、一級河川指定区間、二級河川区間、その他河川区間、道路に関しては、高速自動車道、一般国道、主要地方道、その他の道路があり、管理施設については、観測所、構造物などがある。地図の管理単位は地域（レイヤグループ）と内容（レイヤ）に分かれている。この内容は、レイヤといわれる階層単位で管理・保存されている。これらのレイヤをまとめたものを表-3.2に示す。

① 地域（レイヤグループ）

地域は、複数の内容が管理できる内容（レイヤ）をまとめるグループに相当する（図-3.4）。例えば今回のテストシステムでは、行政界、河川、道路、河川管理施設、道路管理施設などが当てはまる。これらの地域は、通常の操作の中で増減することはないため、表示や保存などの対象にはならない。

② 内容（レイヤ）

内容（レイヤ）は、地図上の属性（線、シンボル、文字など）を表示・非表示する単位である（図-3.5）。例えば、河川、湖沼、道路、雨量観測局、水位観測局などをそれぞれ別のレイヤに作成し、必要な時に必要な情報のみを表示させることができる。

地域

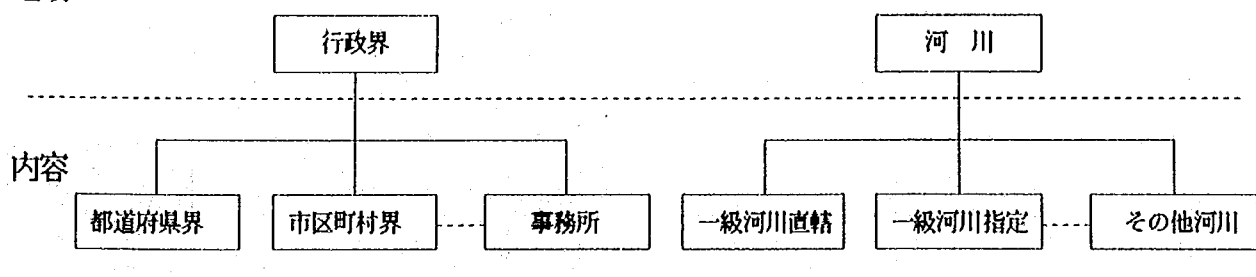
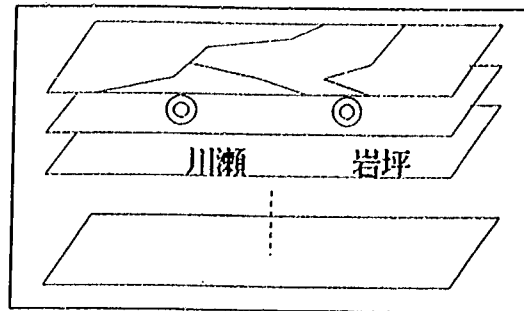


図- 3.4 地域と内容



レイヤ1 (一級河川直轄)
レイヤ2 (観測所)
レイヤ3 (観測所名)
⋮
レイヤn

内 容

図- 3.5 内容 (レイヤ) の例

表- 3.2 地域と内容の一覧

レイヤグループ	レイヤ	データ	標準表示	0.25以下表示
行政界	都道府県界	FDマップ	線	線と名称
	市区町村界	FDマップ	線	線と名称
	事務所	東経北緯	記号	記号と名称
	出張所 (河川)	東経北緯	記号	記号と名称
	出張所 (道路)	東経北緯	記号	記号と名称
河川	一級河川直轄区間 (湖沼含む)	KS272	線	線と名称
	一級河川指定区間 (湖沼含む)	KS272	線	線と名称
	二級河川区間 (湖沼含む)	KS272	線	線と名称
	その他河川区間 (湖沼含む)	KS272	線	線と名称
	高速自動車道	FDマップ	線	線
道路	一般国道	FDマップ	線	線と路線番号
	主要地方道	FDマップ	線	線
	その他の道路	FDマップ	線	線
	河川管理施設	雨量	東経北緯	記号と名称
河川管理施設	水位	東経北緯	記号	記号と名称
	流量	東経北緯	記号	記号と名称
	水質	東経北緯	記号	記号と名称
	海象	東経北緯	記号	記号と名称
	湖象	東経北緯	記号	記号と名称
	積雪	東経北緯	記号	記号と名称
	気象	東経北緯	記号	記号と名称
	樋門・樋管	東経北緯	記号	記号と名称
	水門・閘門	東経北緯	記号	記号と名称
	堰	東経北緯	記号	記号と名称
	ダム	東経北緯	記号	記号と名称
	揚水・排水機場	東経北緯	記号	記号と名称
	取水塔	東経北緯	記号	記号と名称
	橋梁	東経北緯	記号	記号と名称
	映像	東経北緯	-	記号
	道路管理施設	道路観測所	東経北緯	記号と名称
	渋滞検知器	東経北緯	記号	記号と名称
	トンネル	東経北緯	記号	記号と名称
その他観測施設	情報表示板	東経北緯	記号	記号と名称
	映像	東経北緯	-	記号
	砂防	東経北緯	記号	記号と名称
	映像	東経北緯	-	記号

3.2.3 データ表示

(1) データ表示処理部の概要

本システムの表示処理部は、情報検索のためのインタフェースである地図表示部で検索した結果を、汎用アプリケーションであるMS-Excel™の豊富な機能を用いて、自由に加工・編集し、表示することができる。例えば、3次元グラフ表示などが容易に実現できる。

① 分類

従来の河川情報システム、道路交通情報システムの多くは、木構造の階層メニュー方式をとっており、その階層が深い場合ユーザが操作する際に、現在どの位置にいるのか把握しにくい。これらの階層の深さを無くするため、データ処理部では、既存の画面構成を集約して現況表、経過表、グラフに大きく分け、更にデータ種別毎にブック*1単位に分けた。(表-3.3) これらのブックは自由に並べ替えができ、他のブックとの比較も可能である。また、必要無いブックは、アイコン化して隠すことができる。(図-3.6)

表- 3.3 ブック分割表

画面種類 ブック	データ種別によるブック			
	雨量	水位	水質	
	現況表	雨量現況	水位現況	水質現況
	経過表	雨量経過	水位経過	水質経過
	グラフ	雨量グラフ	水位グラフ	水質グラフ
	アイコン名称 (=ブック名称)			

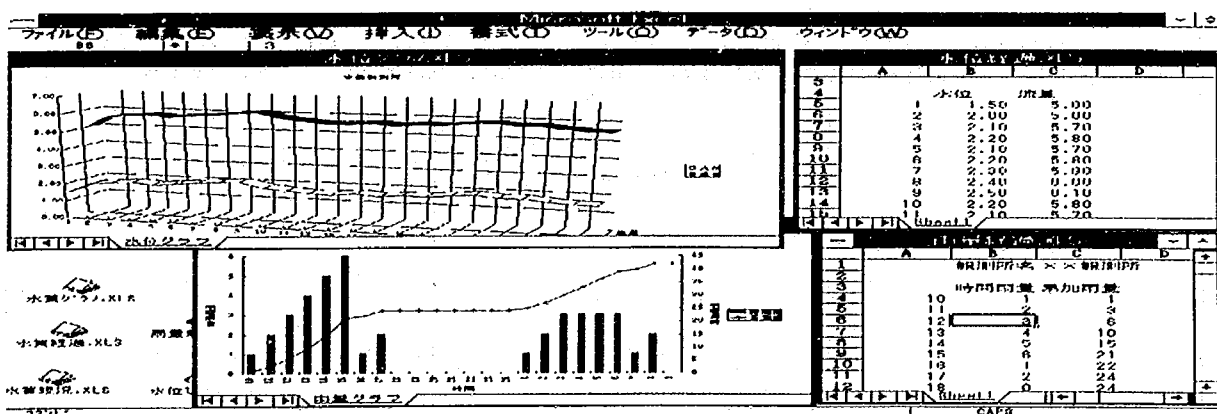


図- 3.6 自由な組み合わせの例

ブック*1

MS-Excel™で通常使用されるファイルのことを「ブック」と呼ぶ。ブックとは、画面に表示されたファイル形式のノートのようなものである。ブックには、ワークシートやグラフシートなどの複数のシートを登録することができる。シートの名前はブックの下部の見出しに表示される。ブック間でシートを移動、コピーしたり、ブック内のシートの配置を変更することができる。

② グラフ

グラフは、スプレッドシートのデータを視覚的に表示したものである。数値データをグラフで表示することにより、データはより明確に、興味深く、そして理解しやすくなる。従来、河川情報システム、道路交通情報システムでは、ある限られた切り口で物事を捉えることしかできなかった。

地図処理部で指定した場所（観測所など）の情報をもとに、表示する時系列データの表やグラフを作成する。また、データ表示処理部に利用したアプリケーションにより、多角面での情報（より直観的に表されるグラフ）を自由に加工することが可能である（図-3.7）。

（これらのグラフ作成については、表計算システムの得意とするところであり、スプレッドシート上に表を作成してあれば、それをもとに自由なグラフがいとも簡単に加工することが可能である。）

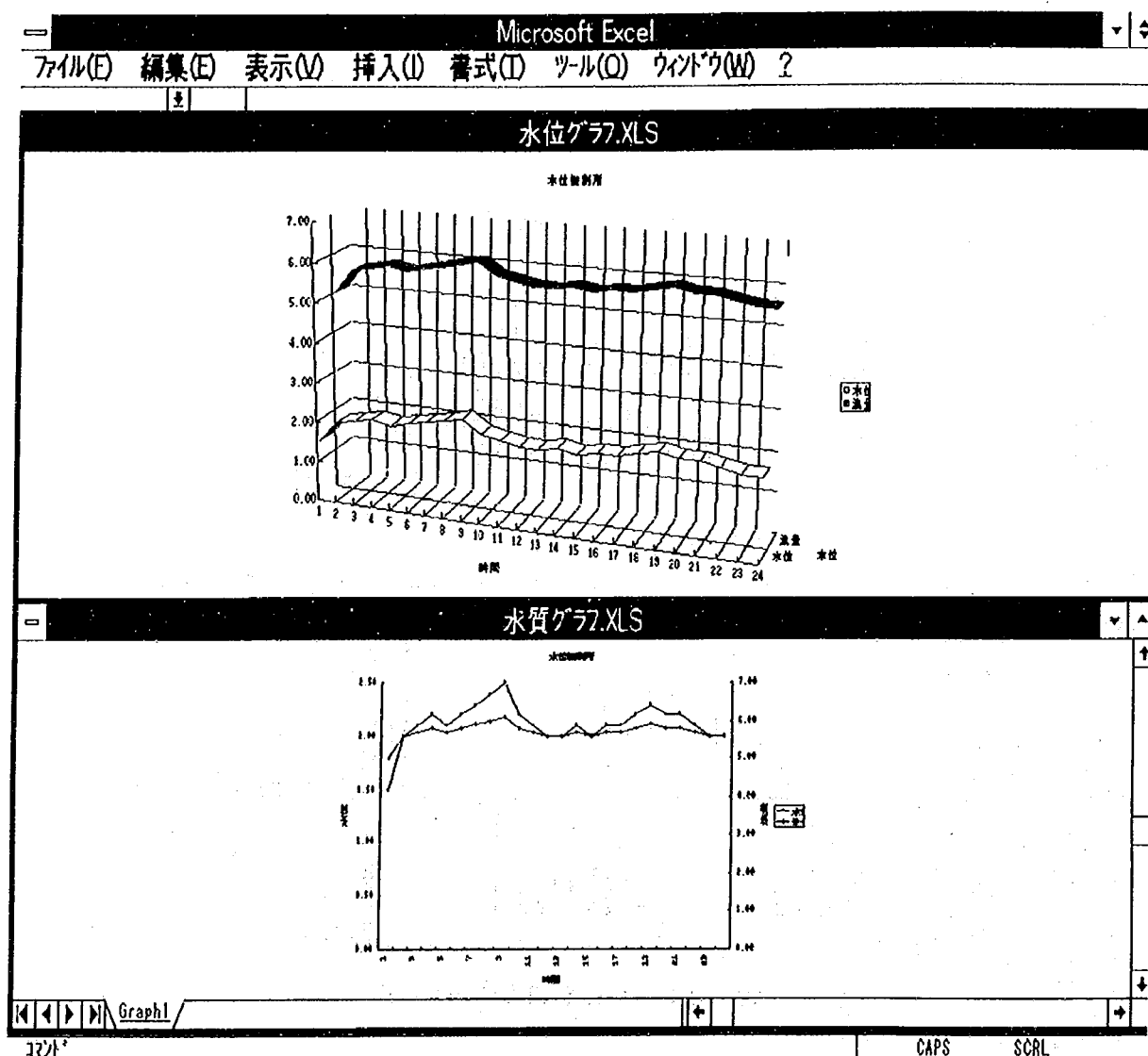


図- 3.7 自由なグラフの加工例

3.2.4 連携機能

(1) 連携機能の概要

既存の河川情報システム、道路交通情報システムにおけるクライアントマシン上ソフトウェア構成は、OS及びウィンドウシステムについてはほぼ汎用のソフトウェアを使用しているが、その他の地図表示処理、オンラインデータ表示処理及び通信は、それぞれ、OSのシステムコール等を用いて個別に作成されてきた。

テストシステムでは、これらのソフトウェアが任っている機能のかなりの部分は、汎用のアプリケーションや機能が拡張されつつあるOSに代替させることができるのではないかと考え、連携を試みた。連携機能は、大きく分けて2つある。ひとつは、アプリケーション連携を司るOSが提供するDDE機能であり、もう一つは、データベース・マネジメント・システムが提供するトリガ機能である。

① DDE 連携

ソフトウェアはモジュール化と汎用ソフトウェアの機能を有効利用することにより、個別開発部分を少なくし開発コストを低減するとともに、ユーザインタフェースの変更を容易にすることができる。これは、ソフトウェアが任っている機能のかなりの部分において、汎用のアプリケーションや機能が拡張されつつあるOSに代替させることができるからである。今回のテストシステムで利用している連携機能は、OSが提供しているモジュール間のインタフェースであるDDE（ダイナミック・データ・エクスチェンジ）を活用した。これは、図-3.8に示す、箱から箱へ向かう矢印である。

② トリガ連携

既存システムの特徴である「自動更新機能」（最新データが入力された時点で自動的に現在表示している画面を最新データを含めた形で更新する機能）を、DBMSが提供しているトリガ機能を利用することにより実現（図-3.9）できた。これは、あらかじめ指定しておいたデータが更新されたときに前もって指示しておいた手続きを自動実行する機能である。

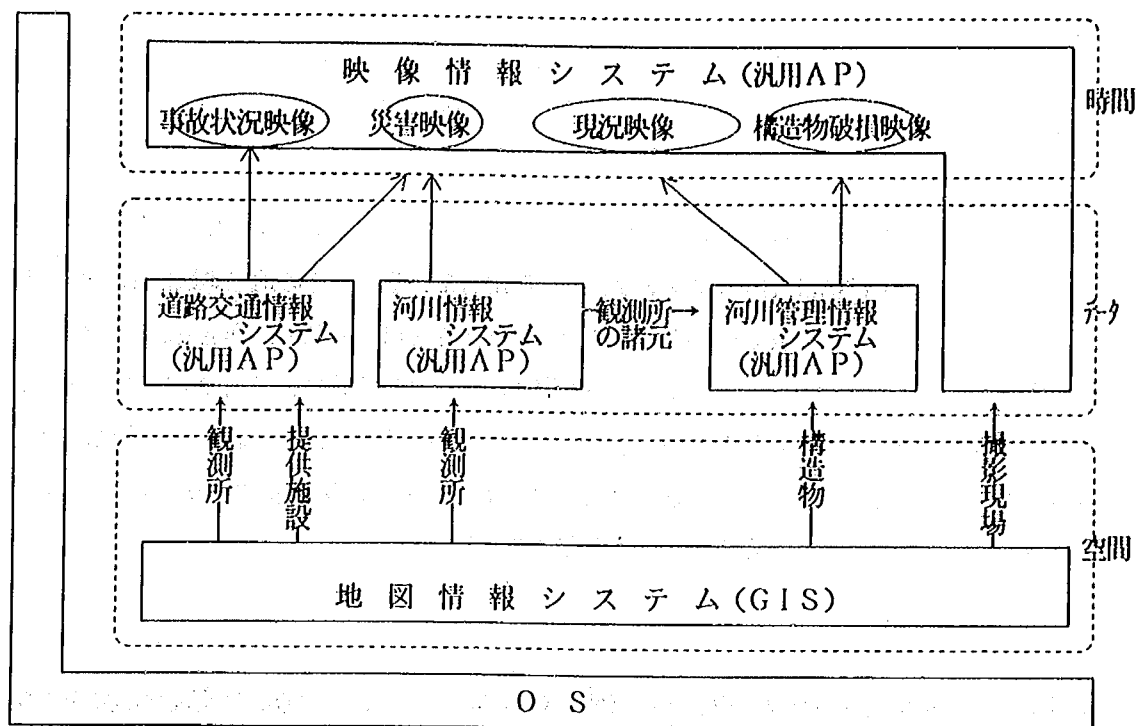
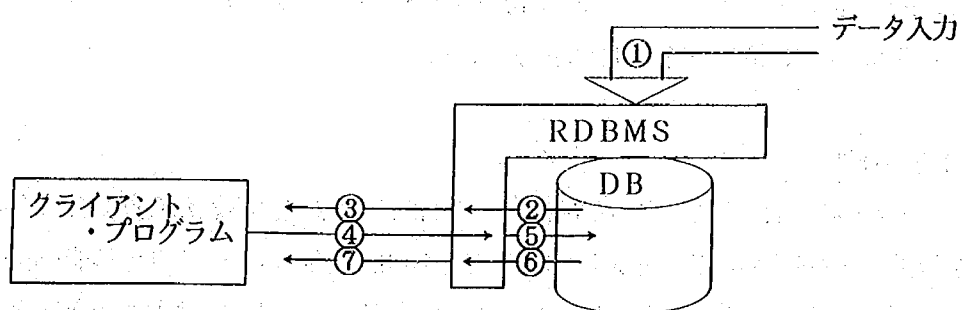


図-3.8 DDE機能



- ① テレメータデータの入力
- ② 更新を契機にRDBMSが「トリガー」を起動する
- ③ 「トリガー」が「クライアント・プログラム」にイベント通告する
- ④ イベント通告を受けた「クライアント・プログラム」は、最新データを取りにSQLを発行する
- ⑤ SQLを受けたRDBMSがDBを検索する
- ⑥ DBの検索結果をRDBMSへ渡す
- ⑦ 「クライアント・プログラム」へ検索結果を渡す

図-3.9 トリガ機能

3.3 まとめ

既存のシステムでは、画面作成のための汎用的なツールの利用は不十分であり、例えば、OSでサポートされているシステムコール等により画面が作成されたり、地図や模式図をベースとした画面が個別に作成されたりしている。このため開発効率が低く、また機能や画面の追加が多くのコストを要することから見送られるなど、有用性への妨げともなっている。システムにおけるデータ管理やデータアクセス部分は、明確に規定されていないため、多種多様の方式が混在し、データの利用やプログラムの開発、拡張、コスト軽減に対して支障を生じている。

この問題の解決のためには、ソフトウェアの機能ブロックを形成することが重要である。すなわち、ソフトウェアの機能ブロックを形成するインタフェースの「標準化」をすることにより、拡張性の確保も容易にできると考えられる。また、利用場所毎、システム毎に個々に製作、廃棄されているデータやソフトウェアの共通利用、再利用が可能となると考えられる。

今回のテストシステム（図-3.10）では、従来のシステムでは導入例の少ない汎用のアプリケーションを利用し、「メニュー方式」以外の空間的把握による検索手法を用いたGISシステム、ウィンドウシステム、DBMSシステムを利用した新たなシステム構築手法を採用した。今後、このような構築手法を採用していくことにより既存のシステムで廃棄されているデータやソフトウェアの共通利用、再利用の可能性が高くなっていくと考えられる。

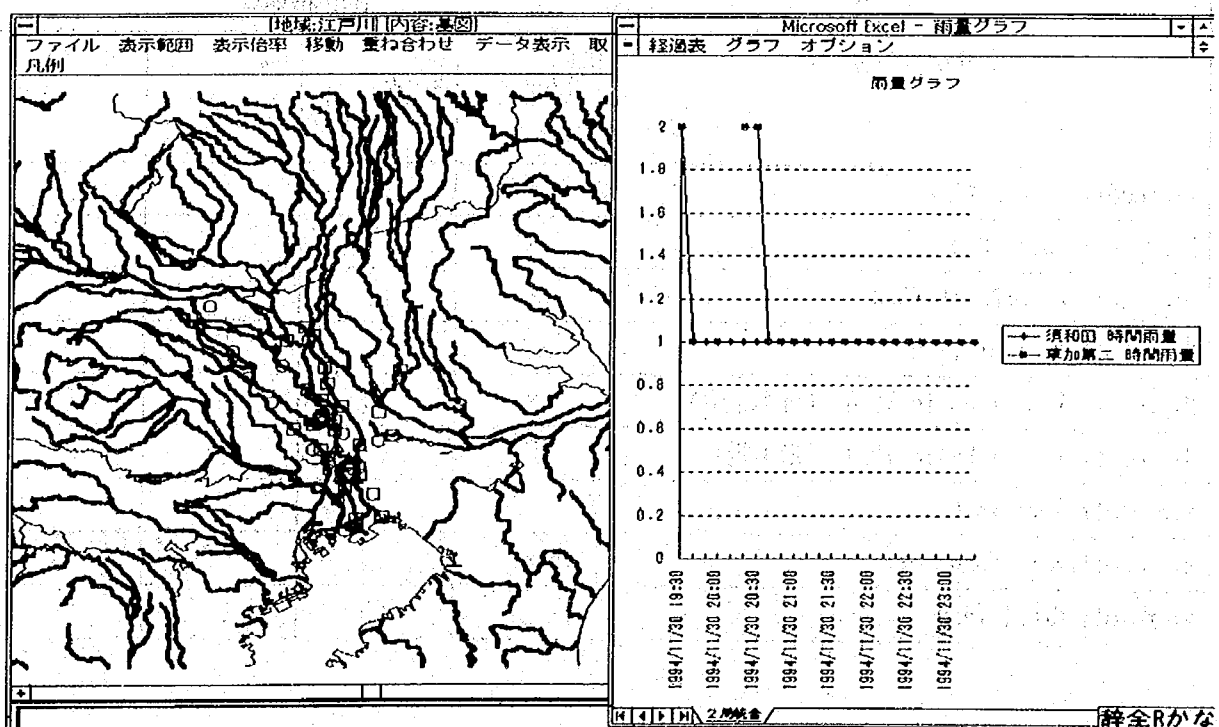


図- 3.10 テストシステムの例

4. 課 題

ユーザインタフェースの設計は、設計者やユーザの感性やフィーリングに依ることが多いように思われる。本年度は、特にユーザインタフェースを構成するソフトウェアをモジュール化し、汎用アプリケーションを用いることにより開発効率や情報の表現に対し、改善を試みた。

今後は、実際に本テストシステムを使用して、レスポンス、情報の表現方法、操作性、直観性などの項目において、従来のものとの比較を行い多くの被験者にアンケート調査をすることにより統一されたユーザインタフェースに改善していくことが可能と思われる。

また、今回のテストシステム全体に関しては、クライアントではGIS によるアプリケーション連携、サーバではDOA に準じたRDB 方式によるクライアント／サーバ方式でシステム統合化をも目指しているが、道路交通情報システム、レーダ雨量計システム、画像情報システムなどの情報検討が残されている。これらについても早々にテストシステムに組み込むことが望まれる。

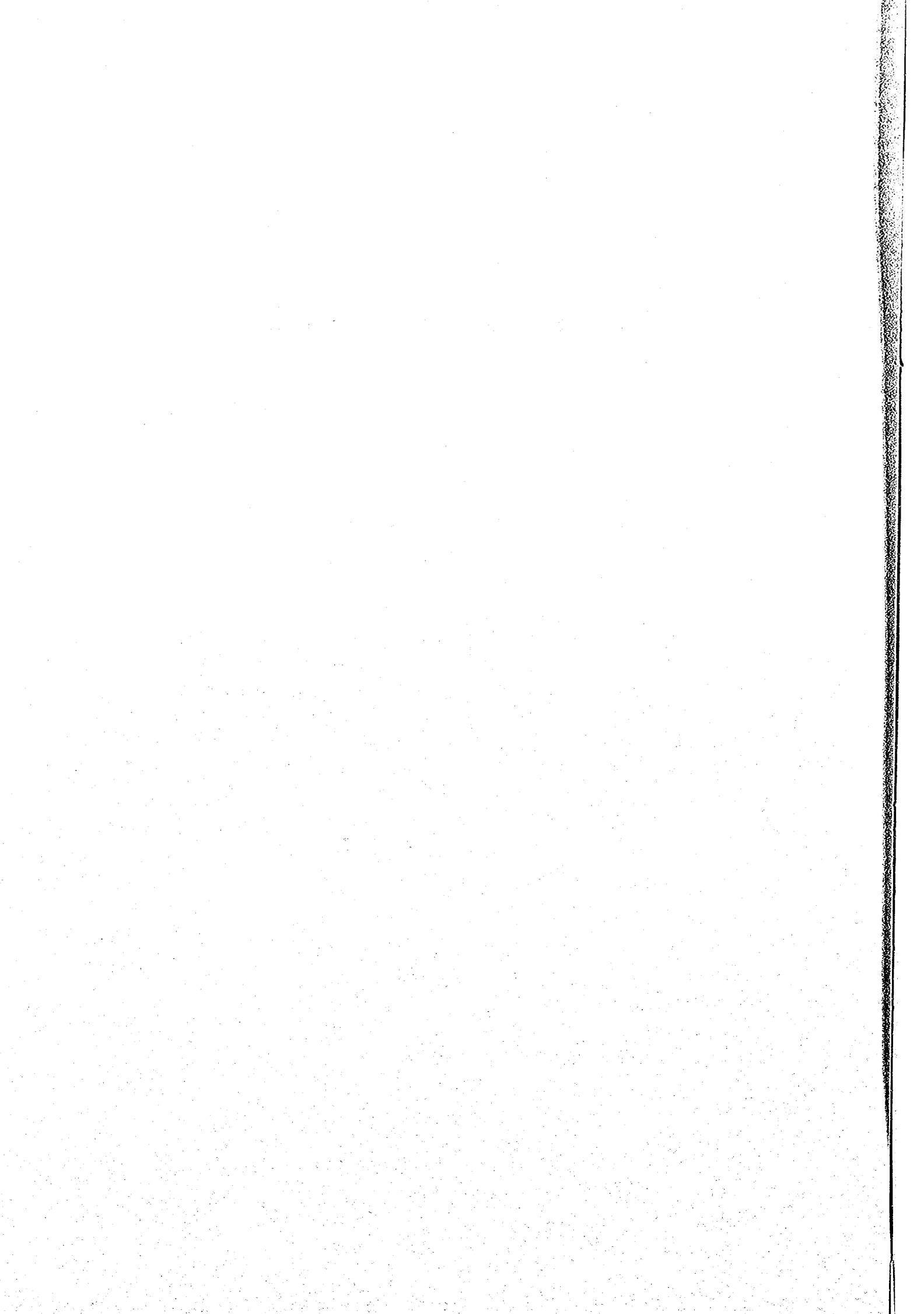
システムを統合するに当たってはアプリケーション連携が必須であり、テストシステムでは、OSが提供するDDE 機能を利用した。

以下に、汎用アプリケーションがサポートする機能を一部紹介する（表-4.1）。

表- 4.1 アプリケーション間連携機能サポート一覧

アプリケーション名	OS提供機能			
	OLE オートメーション	OLE リンクと 埋め込み	DDE	キーコードの 転送
Microsoft Access V1.1	×	○	×	○
Microsoft Mail V3.0	×	○	×	×
Microsoft PowerPoint V3.0	×	○	×	×
Microsoft Project V4.0	○	○	○	×
Microsoft Visual Basic V2.0 (日本語版)	×	○	○	○
Microsoft Visual Basic V3.0 (米国版)	○	○	○	○
Microsoft Word V5.0	×	○	○	○
Microsoft Word V6.0	×	○	○	○
Microsoft Excel V5.0	○	○	○	○

第2編 データ通信



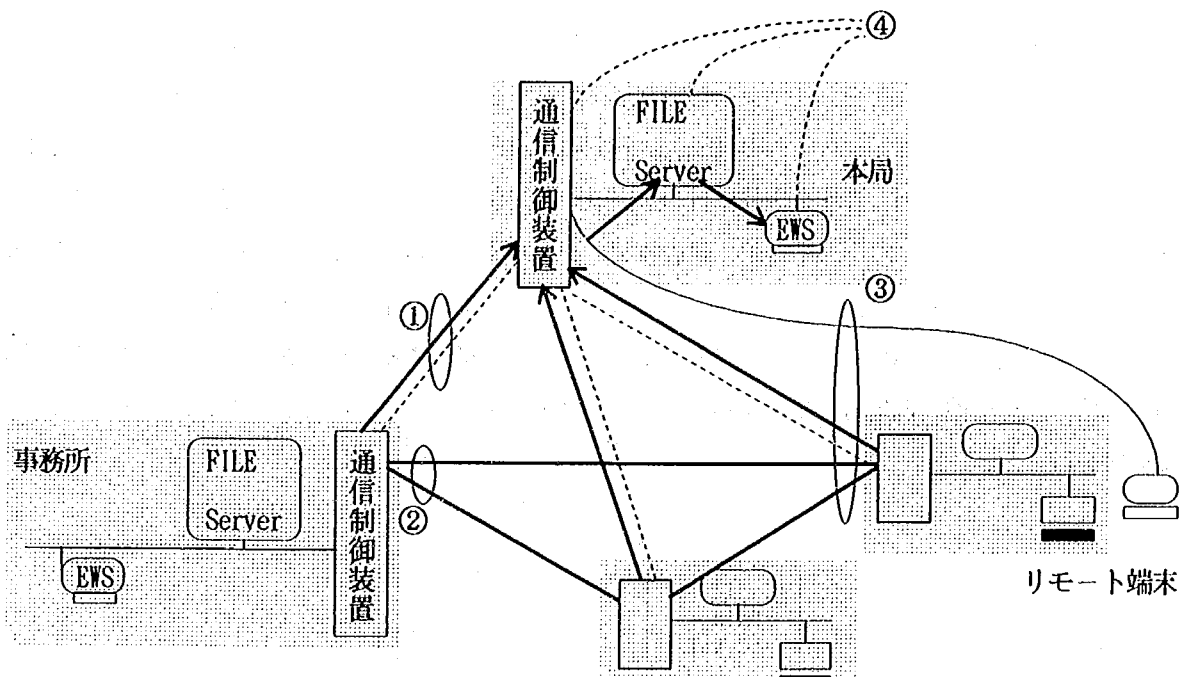
目 次

1. 概 要	49
2. 建設省専用通信網におけるデータ通信の現状と課題	51
3. 調査対象方式	57
4. LAN 及び LAN 間接続方式	59
4.1 LAN の概要	59
4.2 LAN 間接続方式の概要	61
4.3 リピータ	62
4.4 ブリッジ	62
4.5 ルータ	64
4.6 対象とする LAN 間接続方式	65
5. LAN (WAN) を利用したデータアクセス方式	66
5.1 データアクセス方式の概要	66
5.2 TCP/IP	67
5.2.1 TCP	68
5.2.2 IP	69
5.3 データアクセス方式	70
5.3.1 ソケットによるデータアクセス	70
5.3.2 NFS (Network File System) によるファイルアクセス	72
5.3.3 FTP (File Transfer Protocol) によるファイルアクセス	75
6. LAN (WAN) 間接続実験及び評価	78
6.1 実 験	78
6.1.1 実験概要	78
6.1.2 実験環境	79
6.1.3 データ整理の前提条件	84
6.1.4 実験結果	86
6.1.5 考 察	112
6.2 評 価	114
6.2.1 理論値による遅延算出式	114
6.2.2 理論値と実測値	118
6.2.3 実ネットワークとの関連	120
6.3 ま と め	121

7. ネットワーク設計	122
7.1 概 要	122
7.2 実モデルを用いた設計	124
8. 障害対策	130
8.1 ルーティング	130
8.1.1 ブリッジによるルーティング	130
8.1.2 ルータによるルーティング	132
8.2 ダイヤルバックアップ	137
9. 課 題	140

1. 概 要

従来の河川情報システム、道路交通情報システムは、主に専用線方式によるデータ通信を行ってきた（図-1.1(A)）。これらシステムのデータ通信路は、広域的かつ高度な管理の必要性から、同一水系の事務所間、同一路線上の隣接事務所間など、網の目のように整備されてきている。これに伴い、データ量や接続点が増加し、回線容量やコスト、管理労力を増大させている。事務所等のデータを本局に伝送するツリー状（縦）のネットワーク整備に加え、これら多数の事務所（ N ）間を専用線で結び、更に迂回回線まで整備するとすれば、その回線数はほぼ N^2 に比例（ $N \times (N-1)$ ）する。これらがシステム種類毎に必要なことを考えると、専用線方式によるデータ通信は建設省専用線網の回線容量、通信網管理の点から限界を来すことが予想される。



- ①コンピュータ間の通信のために宛先毎に専用線を準備（論理パス＝物理パス）
- ②広域的な管理に伴う斜回線の増加（回線数は $N \times (N-1) \times \text{システム数} \times (\text{収集、配信、交換})$ ）
- ③1台のリモート端末のためにも大量データにも同じように64KBPS×1を利用
- ④データの増設に伴い、個別にプログラム開発やハードウェア増設が必要

図- 1.1 (A) 現在のデータ通信の構成

しかし、建設省専用通信網のデジタル回線への移行及び情報通信技術の進歩に伴い、より優れたデータ通信網を構築するための手段が得られるようになった。すなわち、建設省デジタル通信回線と各所のLANを利用したLAN間接続の活用である（図-1.1(B)）。LAN間接続網を採用した場合には次のような数多くのメリットを享受できる。

(1) データ通信の諸特性の改善

可用性、回線利用効率、経済性、運用性など、現在のデータ通信上の問題の改善が可能である。

例えば、ある容量まではデータ通信路を変えずにシステムや端末を増設でき、接続された本省、本局、事務所、研究機関などでの容易なデータ交換が可能となるなど柔軟なデータ通信路が迅速に入手できる。

(2) 情報通信システムの構築、運用における改善

空間的な距離を意識せずに、より自由にデータ交換を行える（システムの真のネットワーク化）ため、遠隔地にあるデータやハードウェア、ソフトウェアを有効利用できる。また、通信制御装置や重複する装置の削減など広域的に最適なシステムを構築できる。

(3) 新たな情報利用、システム利用への展開

空間的な距離を意識せずに（遠隔地の）情報やコンピュータを利用できることにより、新しいシステムのPRやプロトタイプの説明などを、（マシンを持ち込まなくても）手元にあるマシンで行うことができる。

しかし、LAN 間の接続には、システムの構成、ノードの増設などを全国的に考慮した計画を策定する必要がある。もし、全国的な計画、管理を十分に行わずにLAN 間接続を行えば、重大な障害を引き起こす。

本調査では、局所的なLAN 形態は勿論、建設省デジタル専用回線を利用し、多様なシステムを広域的にネットワーク化するための具体的なプランの第1ステップとして、昨年度は、①「LAN アドレス」に関する標準（案）を作成した。本年度は、データ通信ネットワークを構築するため、②データ量、回線などと遅延時間の関係、③可用性、遅延時間の面からネットワーク・トポロジーについて、また、④ルーティングについて検討を行った。

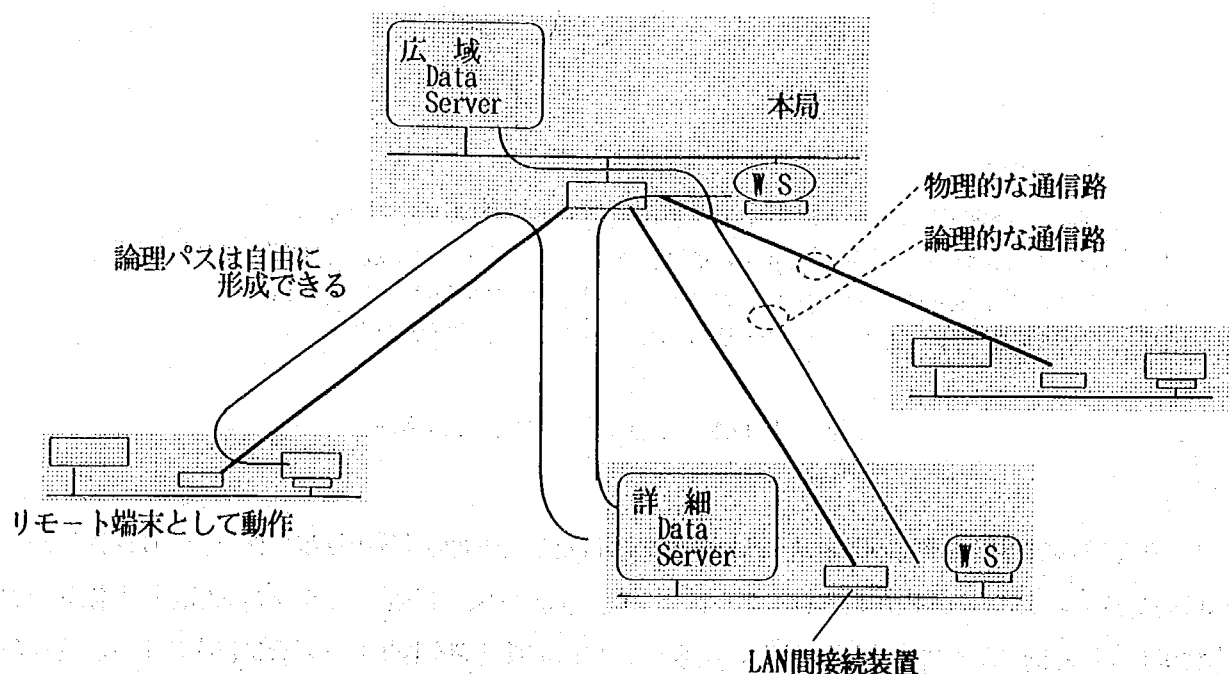


図- 1.1(B) LAN間接続を利用したデータ通信の構成

2. 建設省専用通信網におけるデータ通信の現状と課題

(1) 建設省専用通信網の用途

建設省専用通信網は建設省の基幹通信ネットワークとして、本省、各地方建設局、事務所、出張所等を結んでおり、更に（財）河川情報センターによる情報提供に欠かせないものとなっているほか、今後も路車間情報システムなど広範囲に利用されることが予想される。通信網の利用用途の概要を図-2.1に示す。

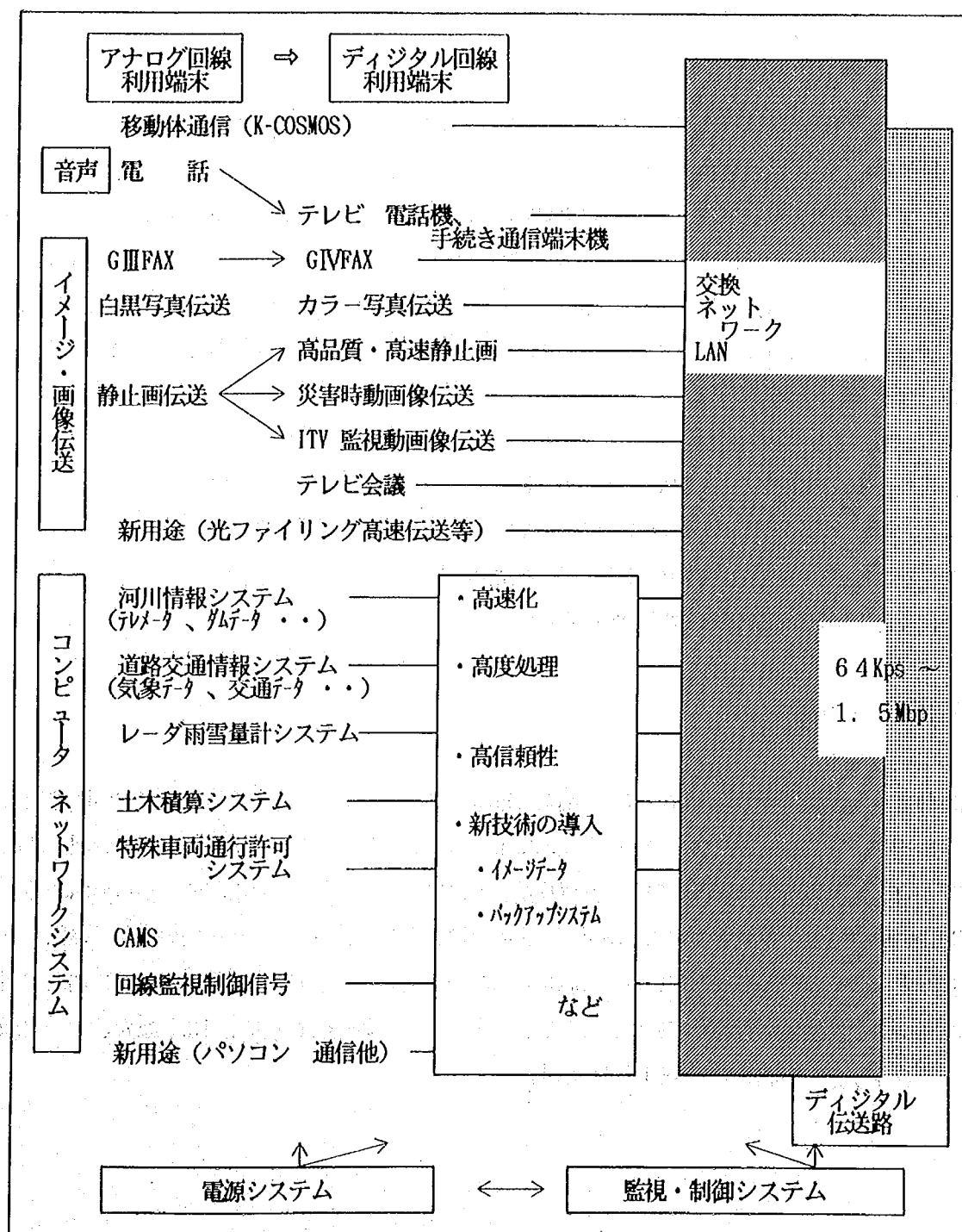


図-2.1 建設省専用通信網の利用用途の概要

(2) 建設省専用通信網の通信方式

図-2.1に示した専用通信網は時代のニーズを取り入れ、順次アナログからデジタルへの移行が図られてきた。デジタル回線への移行にあたっては、コストを極力軽減しつつ投資効果を上げるため、老朽化した装置の更新時にデジタル通信装置を導入し、更にアナログ／デジタル変換を極力少なくする方法を採用している。このため、主な通信回線はデジタル、迂回回線はアナログという構成も残存している。

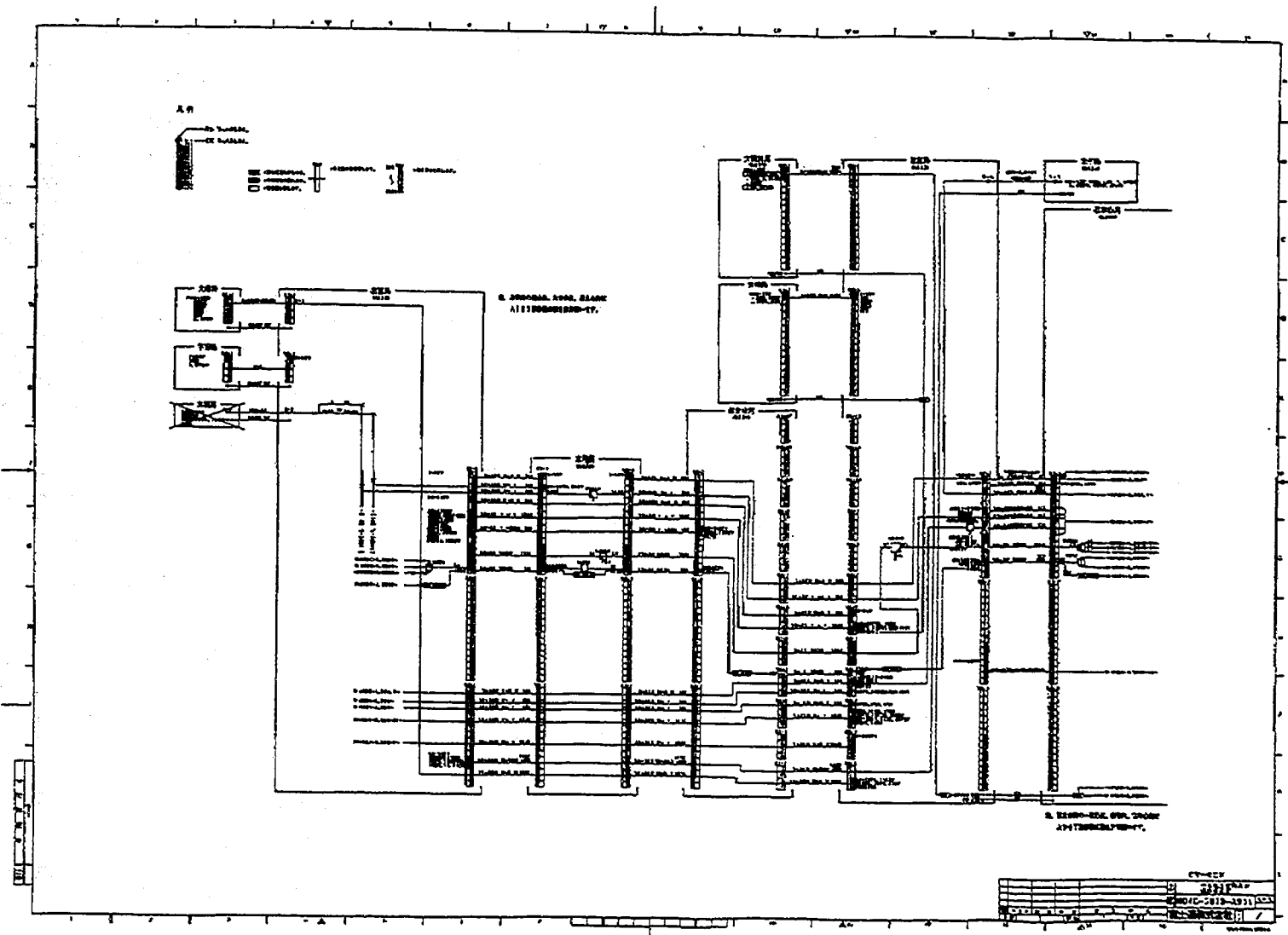
(3) データ通信方式の現状

以上のように、通信網がアナログ回線を含んでいたこと、交換機やデータ通信ユニット（モデムなど）もアナログ回線に適したものを引き続き使用せざるを得なかったこと、また、防災用データなどは高速性、信頼性を非常に要求されることにより、データ通信は専用線方式と呼ばれる1:1（point-to-point）の固定回線で行われてきた。その通信路構成上の可用性（機能の稼働性、アベイラビリティ）向上対策は、物理的な回線二重化（具体的には搬送端局装置のG-TRF、CII-TRFあるいは多重化装置のスイッチ群）により実施されてきた。データ通信路の例を図-2.2に示す。専用線方式に対して交換回線方式があるが、これは、次の理由から普及しなかったと推測される。

- 1) システムがハイアラキ構成になっており、不特定箇所間におけるデータ交換のニーズが低かった。
- 2) 河川情報システムの定時データ収集など、高いトラフィックを扱う必要があった。
- 3) 機械式接点を有するSD型以前のクロスバ交換機等では回線品質の劣下等を生じた。
- 4) 回線交換機にはデータ回線優先割り当てなどの機能がなかった。
- 5) 回線交換では接続遅延時間を10秒以上要していた。

(4) 求められるデータ通信

専用通信網における通信量の増加は、電話型端末（電話、ファクシミリ、写真電送装置などの回線交換機利用端末）に比べ、コンピュータなどのデータ端末によるものが著しい。また、広域的な河川管理、道路管理の必要性から、自事務所の管理区間のデータ収集及び上位局への転送といった階層的な通信形態から、次第に、河川においては上／下流部の水位・雨量データの交換、道路においては隣接区間の気象・提供データなどの交換へとシステム整備が進んでいる。これにともない、従来のハイアラキに準じた回線に加え、斜回線に対応するシステム整備が行われている。この場合のネットワークの概要を図-2.3に、また、データ通信量（通信トラフィック）の調査結果を図-2.4に示す。



図一2.2 事務所・中継所の通信路の例（簡略図）（相手先毎に通信路を構築している）

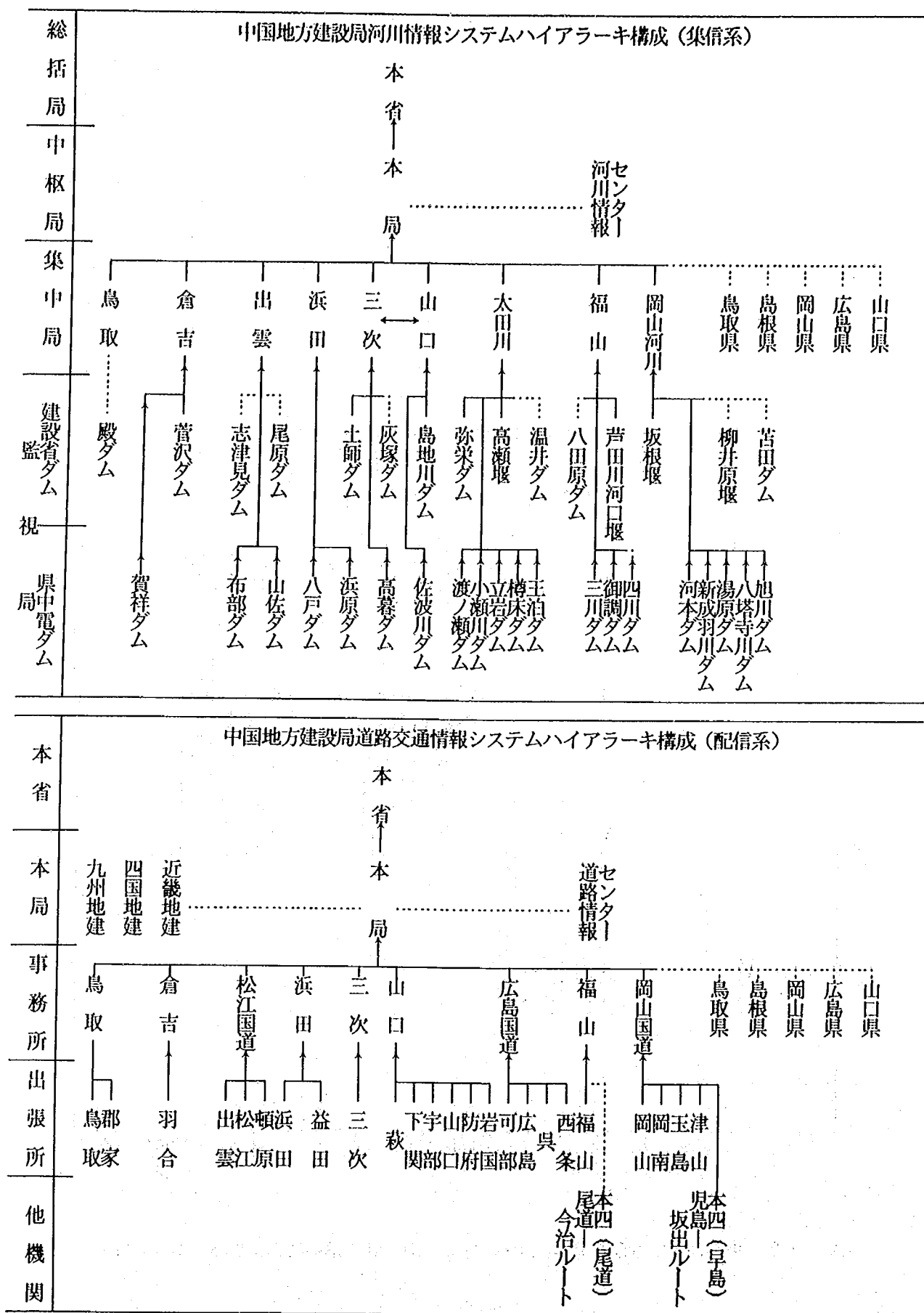
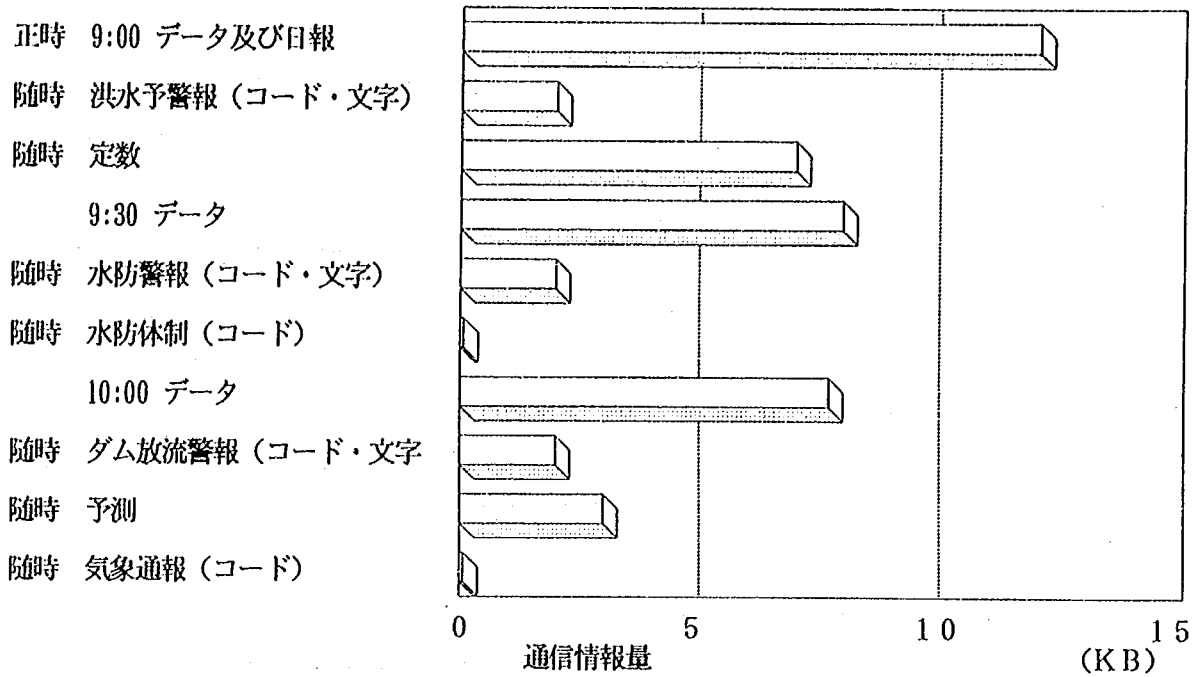


図- 2.3 河川情報システム, 道路交通情報ネットワークの概要

河川情報システム通信トラフィックの傾向概略（1集中局→中樞局の集信系）



道路交通情報システム通信トラフィックの傾向概略（1事務所→本局集信系）

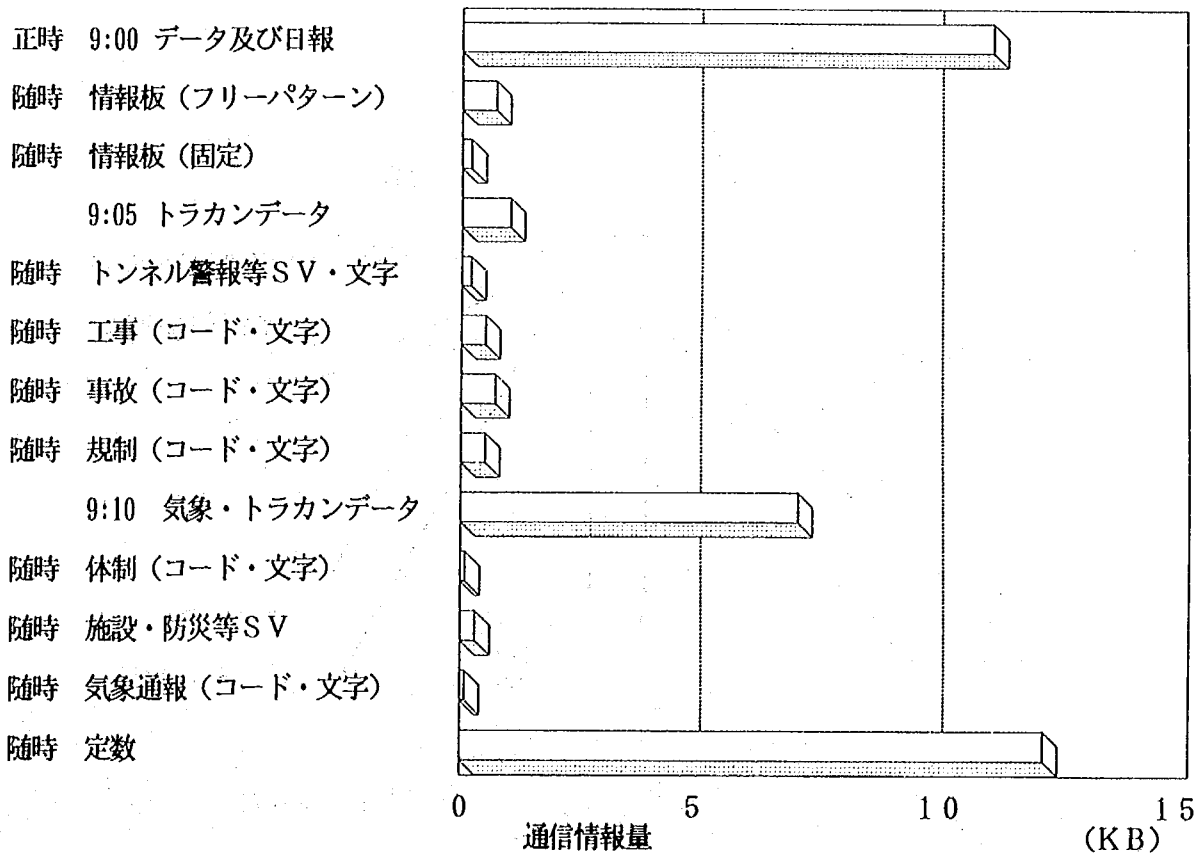


図- 2.4 河川情報システム, 道路交通情報システムの通信トラフィック

(5) データ通信の課題

通信網の利用拡大に伴い、情報量の増加、多地点間のデータ通信による網の複雑化が進行している。これにより、ネットワーク構築・管理の複雑さに伴う管理業務の増大、通信需要への対応の遅れ、可用性確保に対する通信（設備）コストの上昇などの問題が生じている。

これらの問題を引き起こしている大きな原因は専用線方式によるデータ通信にある。そこで、データ通信の接続が物理的な通信路に密に依存する専用線方式に対し、論理的なデータ通信パスを自由に設定できるデータ交換網を構築すれば上記の課題に応えることができると思われる。更に、データ通信パスを自由に設定できるデータ交換網の構築により、情報資源の共同・有効利用を指向したシステム形態の実現を図ることができる。このシステム形態とは、各事務所に分散設置された多数の端末装置から任意の複数コンピュータへアクセスして高度のオンライン処理を実行する、分散設置された複数コンピュータを結合し、データ通信システムの処理の多様化及び信頼性向上を図るなどである。この概念を図-2.5に示した。

一方、専用通信網のデジタル化の進展や、データ処理装置の進歩に伴ってLANを始めとする有効な新たなデータ伝送手段が普及していることなどからも、より自由なデータ通信網を構築できる状況が整いつつある。

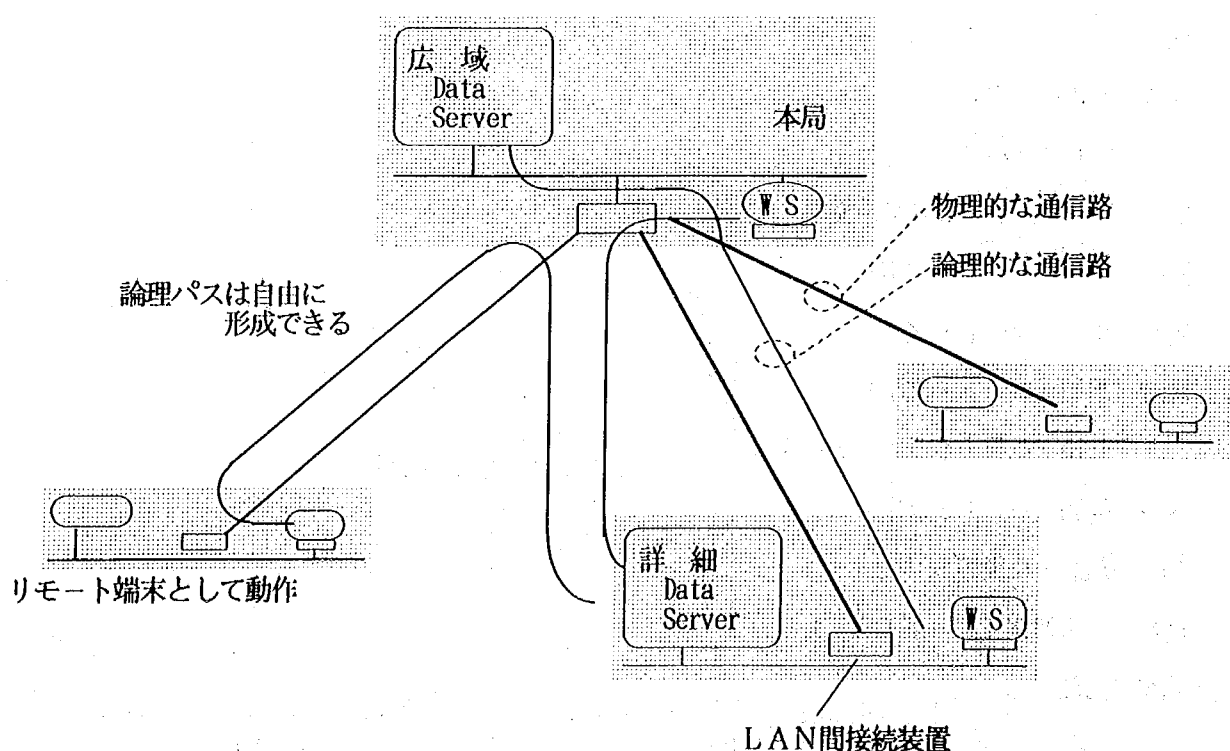


図-2.5 LAN間接続を利用したデータ通信の構成

3. 調査対象方式

望ましいデータ通信網を構築するための検討を行うに当たり、対象とするデータ通信方式を次の4種類に絞り込んだ。

- (1) 従来専用線による通信制御装置間の接続
- (2) 回線交換機による通信制御装置間の接続
- (3) パケット交換機による通信制御装置間の接続
- (4) LAN 間接続装置によるLAN 間の接続

この他に、LAN 間接続と回線交換機、パケット交換機の組み合わせなど様々な方式が考えられるが、LAN 間接続装置と交換機などの複合した組合せでは、システムが複雑になる上、ブリッジでのブロードキャストパケット、ルータでのルーティングパケットなどの発生により回線占有率が高まるなどのデメリットがある。これらに対しては様々な工夫がなされているものもあるが、建設省専用通信網における採用には不向きであると判断し、調査の対象外とした。

(1)～(4)のデータ通信方式に対して、次の観点から評価を行った。

① 可用性

災害や障害に対しても機能停止を起こさない強靱なネットワークであること。

② 経済性

ネットワーク及びネットワークを利用するコンピュータシステム（通信制御装置、各種端末装置など）、それらの運用保守管理におけるコスト削減が期待できること。

③ 機能性

データ通信の基本的な機能を満足し、コンピュータに対して開かれていること。

④ 柔軟性、運用・管理の容易性

ネットワークの拡張変更が容易で、使いやすいこと。

結果を表-3.1に示す。分散処理の普及に伴って、建設省の各所においてもLAN を前提とするシステム構築が進んでおり、これらのLAN を最もトランスペアレントに接続できるLAN 間接続方式の将来性が高い。また、一般市場においてもLAN 間接続方式の普及に伴って装置の開発が進み、選択肢が増し、コストが低下する傾向にある。これらの状況を踏まえ、本調査ではLAN 間接続方式によるデータ通信網の設計について調査を行うものとする。

表－ 3.1 データ通信方式の比較

方式 評価		専用線（デジタル）	回線交換	パケット交換	LAN間接続
可用性	迂回伝送路の構成	迂回路による二重化 網状の迂回は困難	網状の迂回路構成が可能	網状の迂回路構成が可能	網状の迂回路構成が可能
	利用機器	端局64Kbpsスイッチ	回線交換機	パケット交換機	LAN間接続機器（ルータ）
	障害時の切替	高速な回線切り替えが可能 ただし、迂回接続まで通信は切 断	再接続時間を要する再接続まで通 信は切断	再接続時間を要する ただし、通信は切断されない	再接続時間を要する ただし、通信は切断されない
経済性	通信設備	多重端局装置のチャンネル シート、同切り替えスイッチ	設備交換機の増設チャンネル	パケット交換機	LAN間接続装置
	コンピュータ設備	通信制御装置 （端末・中継数分）	通信制御装置 （端末・中継線分）	通信制御装置（端末・中継線数の 集約された数）	
機能性	接続時間	無し	要する	要する	要する
	伝送遅延時間	伝送路遅延のみ	伝送路遅延のみ	伝送路遅延と処理遅延	伝送路遅延と処理遅延
	伝送品質	回線品質に依存	回線品質に依存	再送処理により向上	再送処理により向上
	通信の多様化	相手固定、分岐可能	相手任意、分岐不可能	相手任意、分岐可能	相手任意、一斉等可能
	情報処理シ ステムとの整合 性	通信相手毎に適用プロトコル、 コンピュータシステムの変更・ 改等が必要	通信相手毎に適用プロトコル、コ ンピュータシステムの変更・改造 等が必要	異手順間通信、異速度間で通信可 能	LANで可能な通信は全て実現 可能
構築の柔軟性 運用・管理の容易性		データ通信の場所間に専用線が 必要。（端末と中継線の連続管 理）端局の実装で1本毎の管理 が必要	交換機とユーザを接続する局内配 線のみで提供可能、ルーティング 等のソフト面の管理が必要。電話 交換網の流用化	同左。但しパケット専用網の 構築、管理が必要	端末をLANに接続すれば通信 可能。ただし、論理的な管理が 必要

4. LAN 及び LAN 間接続方式

4.1 LANの概要

(1) LANの分類

LAN は、トポロジー（物理的な接続形状）、伝送ケーブル、制御方式、伝送速度などの違いによって、さまざまな種類に分類される（表-4.1）。トポロジーの代表的なものには、バス型、リング型、スター型がある（図-4.1）。現在、広く普及しているネットワークには、Ethernet（イーサネット）、Token-Ring（トークン・リング）、FDDI（Fiber Distributed Data Interface）がある。

Ethernetは、1973年、米国ゼロックス社のPARC（Palo Alto Research Center）にあるコンピュータ・サイエンス研究所のロバート・メトカフ博士が発明したバス型のネットワークで、現在、最も普及している。Token-Ringは、リング型のLAN で伝送負荷が均一化されるため、通信量のピーク時にも比較的安定した性能を維持することができる。FDDIは、ANSI（米国規格協会）の業界標準であり、光ファイバー・ケーブルを2本使用した2重リング型のToken-Ringである。伝送速度が高速なため、EthernetやToken-RingのバックボーンLAN（幹線LAN）として普及している。

(2) ネットワークOS

ネットワークOS（NOS）は、プラットフォームの違いによって、多くの種類がある。

ワークステーションのNOS は、UNIXが主流である。UNIXは当初よりネットワーク機能を備えたOS（オペレーティング・システム）であり、UNIXを採用しているワークステーションがネットワークに強いと言われる背景でもある。パソコンで動作するNOS としては、NetWareやLAN Manager、AppleTalkなどがあげられる。

(3) ネットワーク・プロトコル

ネットワーク・プロトコルとは、ネットワークの通信手順のことで、Ethernetの普及に合わせて登場したTCP/IP（Transmission Control Protocol / Internet Protocol）を始め、国際標準規約であるOSI（Open System Interconnection：開放型システム間相互接続）など、多くのネットワーク・プロトコルがある。現在、ネットワーク・プロトコルと言えばTCP/IPが最も多くのネットワークで使用されている。

(4) 対象とするLAN

本調査では、標準動向や現システムの導入事例を踏まえ、Ethernet上のTCP/IPを主な対象として検討を進める。

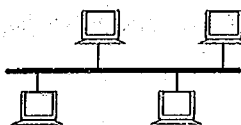
表- 4.1 LANの分類

ネットワーク名称	伝送路	トポロジー	伝送速度	備 考
Ethernet (10BASE5, 10BASE2)	同軸ケーブル	バス	10Mbps	米Xerox 社などが開発し、 現在もっとも広く普及されている。
Ethernet (10BASE-T)	より対線	スター	10Mbps	
Token-Ring	より対線	スター／リング	4M~16Mbps	米IBM 社が開発
FDDI	光ファイバ	リング	100Mbps	幹線LANとして、使用されることが多い
TPDDI	より対線	スター	100Mbps	FDDIのより対線版
Altair Plus	無線 (18GHz帯域)	_____	15Mbps	Ethernet互換 米Motorola社が開発
Wave LAN	無線(900M/ 2.4GHz帯域)	_____	2Mbps	米NCR 社が開発

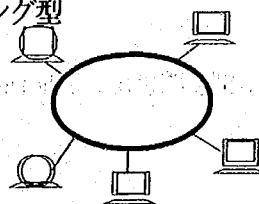
※ FDDI:Fiber Distributed Data Interface TPDDI:Twisted Pair Distributed Data Interface

Mbps:1,000,000 bit/seconds

バス型



リング型



スター型

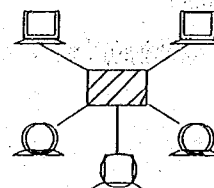


図- 4.1 各トポロジーの概念

4.2 LAN間接続方式の概要

LAN 相互間の接続方式は、その接続形態からローカル接続とリモート接続に分類される。ローカル接続は1台の接続装置で2つのLAN を直接接続する方法である。一方のリモート接続は、物理的に設置場所が離れているLAN 同士を2台の接続装置と通信回線を経由して接続する方法である（図-4.2）。

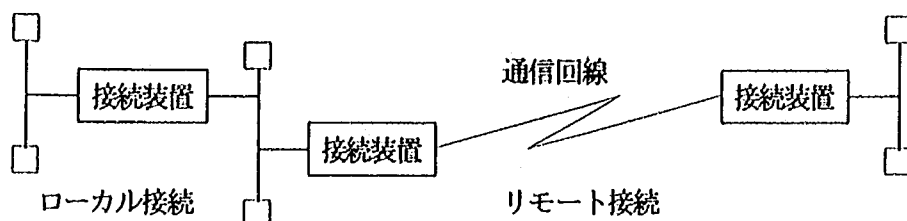


図- 4.2 接続形態の分類

同一方式のLAN 間接続には、実現するネットワーク特性や要件に応じてリピータ、ブリッジ、ルータの使い分けが可能である。また、データリンク層以下の方式が異なるLAN 間接続には、下位層の違いが吸収できるルータを使用する。図-4.3に各接続装置の中継機能をOSI モデルと対応させた接続モデル図を、図-4.4にLAN 間接続の中継機能を示す。

各接続機器で接続した時のそれぞれのネットワークの基本単位は以下のとおりである。

1) リピータ接続

物理層で接続し、ビットレベルでの中継を行う。

セグメントが基本単位となる。

2) ブリッジ接続

データリンク層で接続し、MAC アドレスによる中継を行う。

ブリッジ(又は、リピータ)で接続されたネットワークが基本単位となる。

3) ルータ接続

ネットワーク層で接続し、IPアドレスによる中継を行う。

ルータ、ブリッジ等で接続されたネットワーク全体が基本単位となる。

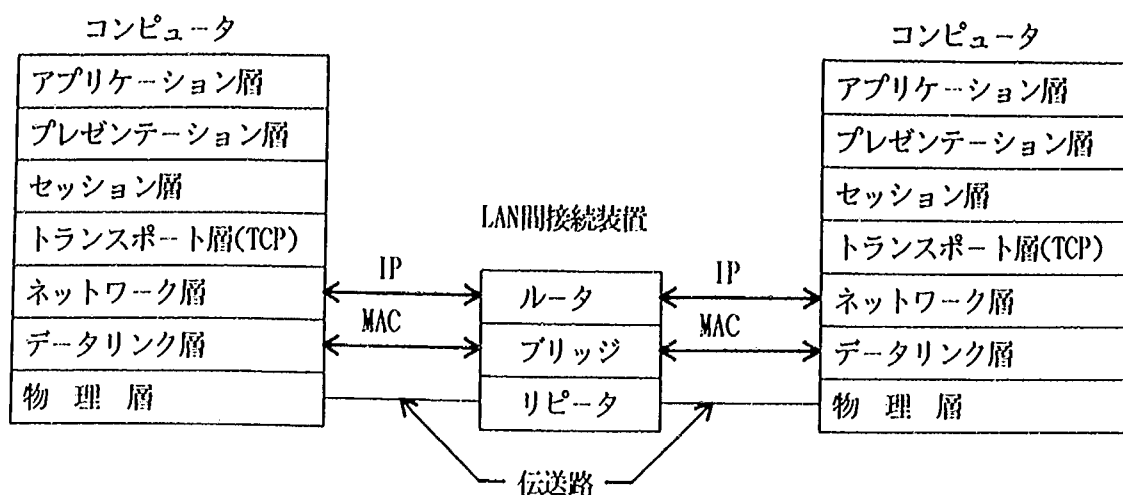


図- 4.3 LAN間接続装置とレイヤ

4.3 リピータ

リピータは、物理層の信号の中継を行う装置であり、ケーブルの敷設単位であるセグメント間を接続し、物理的にケーブルを延長したり、配線の自由度を得るために使用する。リピータは、伝送途中で減衰した信号レベルの回復とタイミング歪みの回復を行うのが主な機能であり、信号をビットレベルで扱い、信号の有無と衝突の発生についての以下の処理を行う。

- ・一方から入力した信号を他方に出力する。
- ・一方で検出した衝突を他方に伝える。

4.4 ブリッジ

ブリッジは、データリンク層の下位副層であるMAC (Media Access Control ; 伝送媒体制御) 層でのフレーム単位の中継を行う。Ethernetでは、エンド・ノード(WS、PC)に意識させない形(透過的)で中継する(トランスパアレントブリッジ)のに対し、Token-Ringでは、ブリッジの構成を意識する必要があるものの中継ルート情報をデータの中に挿入して指定するソースルーティングを利用できる。

ブリッジの基本機能は以下のとおりである。

1) フィルタリング機能

受信フレームの宛先アドレスにより、そのフレームの廃棄/中継(フォワード)を決定する。

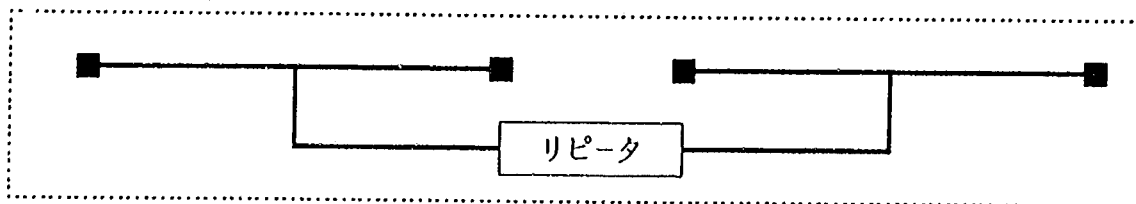
2) フォワーディング機能

受信フレームの宛先アドレスが、受信ポート側のLANに接続されているエンド・ノードのアドレスでない場合に、他ポート(他のLAN)へそのフレームを中継する。

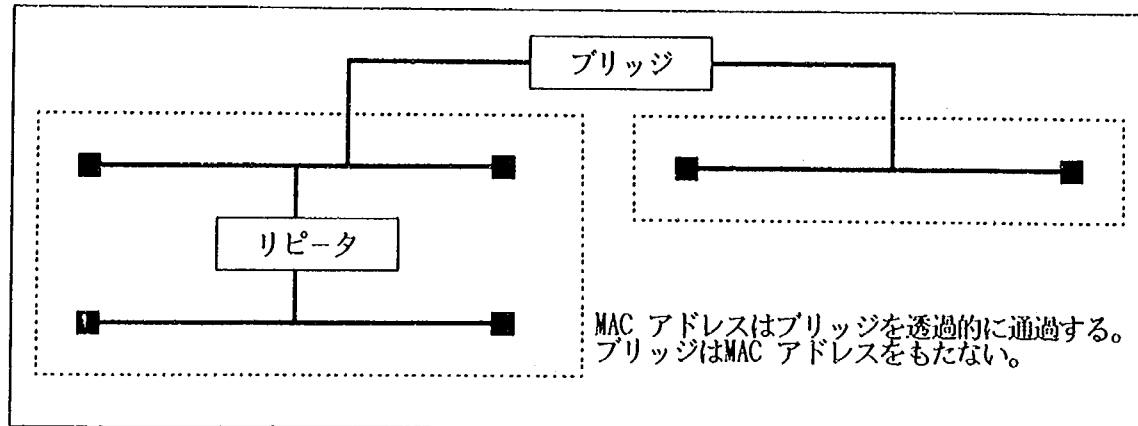
3) ローカルアドレステーブルの作成と更新

LANに接続されているエンド・ノードのアドレスと管理情報のテーブルの作成及び更新を行う。

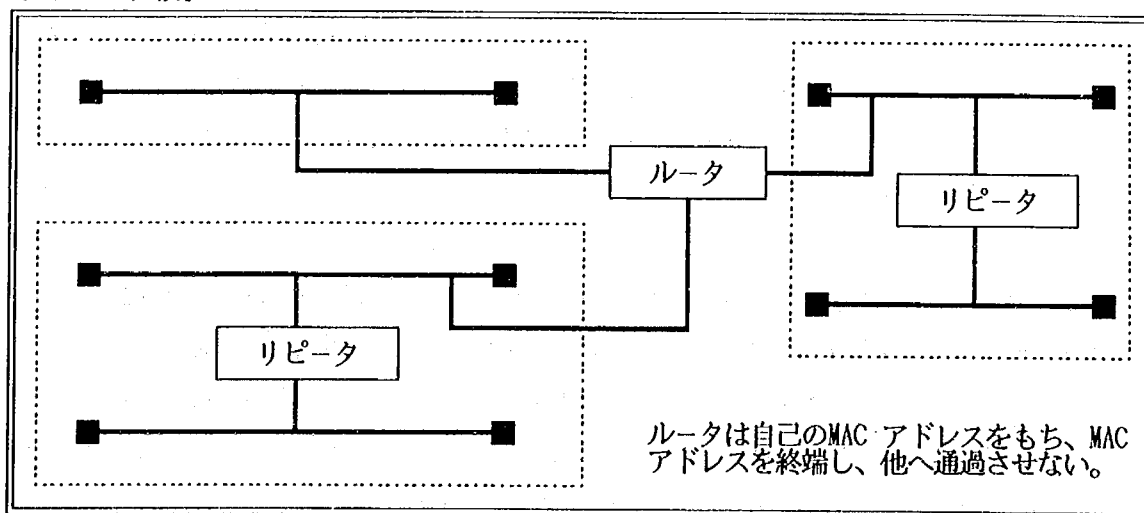
(1) リピータ接続

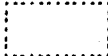


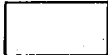
(2) ブリッジ接続

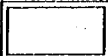


(3) ルータ接続



 : 伝送路の多重アクセス制御が共通なLAN

 : MAC アドレスが共通な体系のLAN

 : IP アドレスが共通な体系のLAN

図－ 4. 4 LAN間接続の中継機能

ブリッジは、LAN 上の全てのフレームを受信し、その宛先アドレスを読み、ブリッジがもっているローカルアドレステーブルのアドレスと比較し、受信側ポートに接続されているエンド・ノード宛か判別する。これによって、1つのLAN に閉じるデータは、他のLAN に送出されない。この機能は、トラフィック量の多いLAN を接続する時に有効である。ブリッジは、フィルタリング、フォワーディング、テーブル更新等の処理をリアルタイムで行う高い処理機能が要求される。

4.5 ルータ

ルータは、ネットワーク層のプロトコルに基づいてパケットの中継、交換を行う。MAC 方式や回線インタフェースなどのデータリンク層以下が異なっても中継が可能である。経路制御は、ネットワークを単位とするため、EthernetアドレスのようなMAC アドレスは関係しない。TCP/IPプロトコルなどで多用されるMAC レベルのブロードキャストパケットの通過を制御できる。このため幹線LAN のノード装置、異種のLAN 間接続、広域網接続、経路の二重化等の幅広い目的で利用できる。ルータは外部ネットワーク向けに送出されたパケットが集まるノードであり、ゲートウェイに位置付けられることもある。

TCP/IPで使用されるIPルータは、次のように動作する。

- (1) まず送信元のノードは、自分と同一ネットワーク上に宛先のノードが存在するかどうかを調べる。(宛先のノードのIPアドレスのネットワーク部と自分のIPアドレスのネットワーク部を比較する。)
- (2) 異なるネットワークに宛先のノードが存在すると判断した場合、そのIPアドレスに送るにはどのルータに送信すればよいかという経路情報を、自分のIPテーブルから入手する。
- (3) 送信元のノードは、送信するルータのIPアドレスに対応するEthernetアドレスをARP(Address Resolution Protocol)テーブルから入手する。もし、ルータのEthernetアドレスがARP テーブルにない場合は、ARP リクエストと呼ぶブロードキャストパケットを送出し、そのルータからの返答を待つ。
- (4) 送信元のノードは、ルータのアドレスを格納したEthernetフレームを伝送路に送出する。
- (5) ルータは、RIP(Routing Information Protocol)などで他のネットワークのアドレス情報を収集し、宛先アドレスから隣接ルータへのルートを選択してデータの中継する。
- (6) 各ルータが上記動作(隣接ルータへの中継)を繰り返すことで、データは宛先のノードまで中継される。

接続されるネットワークの規模が大きくなるとルーティングのためのアドレス管理と経路情報交換にともなう負荷が大きくなり、伝送効率が低下する。これを回避するために、IPアドレス中のホストアドレスの一部をサブネットアドレスとし、このアドレスを経路制御情報に組み込むことでアドレス資源を節約しながら大規模なネットワークを構成することができる。サブネットの採用は、同時に外部への経路情報を減らすことにつながり、経路選択の効率化が図られるというメリットもある。

4.6 対象とするLAN間接続方式

表-4.2 に、LAN 間接続機器に関する比較を示す。

MAC アドレスは、建設省の組織とは全く関係なく付与されることになるため把握が困難であり、また、障害時には、IPアドレスのパケットならモニタリングが容易だが、MAC アドレスではネットワーク・アナライザを用いて解析しないと障害原因を追求できない。このように、LAN 接続機器が多くなるとMAC アドレスによる管理が困難になるため、ブリッジはネットワークの規模が小さい事務所－出張所間などに適している。

ルータはブリッジに比べ、前述の通り障害発生時の原因追及が容易なほか、回線上のトラヒックを低減できる。なぜなら、ルータはネットワーク層のアドレス（TCP/IPのIPアドレスなど）を見て、ルーティング・プロトコルに基づいて選択した経路にデータを転送することが可能であり、ブリッジよりもフィルタリングを細かく設定できるからである。また、ルータの低価格化がブリッジと大差ないところまで進行している。

以上の理由により、本局－事務所間、事務所－事務所間等の広域的なLAN間接続にはルータを用いることを基本として以降の検討を行った。

表－ 4.2 LAN間接続方式の比較

利用機器	中継機能	使用目的	利 点	適 用 例
リピータ	リピータはビット単位での認識しか行わず、ビットレベルでの中継を行う。	○物理的な距離拡張 ○配線構造の柔軟化	○低コスト ○簡易的な操作性 ○高速での中継（全帯域の利用）	○部分的拡張 ○小規模構成 ○低トラフィック構成
ブリッジ	ブリッジは、MAC アドレスによる中継を行う。このMAC アドレスは、ブリッジを透過的に通過する。ブリッジ自体は、MAC アドレスを持たない。	○ネットワークの分割 ○ネットワークの遠隔接続	○低コスト ○簡易な操作性 ○トラフィックの分離 ○ポートラップアラベ ○高いループ ○ネットワークの信頼性向上・経路の二重化	○部分的拡張 ○中小規模構成 ○特定部分の負荷の集中の排除（ネットワーク分離） ○独自仕様ポート対応
ルータ	ルータはIPアドレスによる中継を行う。MAC アドレスに関してはルータ自体のMAC アドレスを持っており、そのMAC アドレスをルータで終端（受信処理）させ、他へ通過させない。	○ネットワークの分割（サブネット化） ○ネットワークの遠隔接続 ○総合的なLAN 交換網の構築	○ネットワークの高性能化 ・効率的なルーティング ・トラフィックの抑制 ・広域なネットワーク管理 ○ネットワークの信頼性向上 ・異常現象の局所化 ・ダイミカル・ルーティング ○上位レベルでの容易な拡張性	○多数のLAN 間接続 ○広域なLAN 間接続 ○異なるLAN 方式間接続 ○異なる管理組織間の接続 ○中大規模構成

5. LAN (WAN) を利用したデータアクセス方式

河川情報システム、道路交通情報システム並びに一般的なクライアント/サーバ・コンピューティングにおいて利用されているデータアクセス方式を、設計思想の観点から再整理した。

5.1 データアクセス方式の概要

専用ファイルにデータ蓄積を行っている場合、従来はデータを保存している処理装置と表示端末装置間は HDLC などの回線制御手順上でデータ要求/応答型の通信処理を行うものがほとんどであった。近年 LAN の利用が進み、TCP/IP ソケットインタフェース上でデータ要求/応答型の通信処理を行うものや、NFS など LAN 上でファイルアクセスを直接行うものなども見受けられる。UNIX 環境における専用ファイルに対する代表的なデータアクセス方式は次のとおりである。

- ・ソケットによるデータアクセス
- ・NFS(Network File System)によるファイルアクセス
- ・FTP(File Transfer Protocol) によるファイルアクセス

一方、データベースマネジメントシステム (DBMS) を採用している場合、表示端末からのアクセスは、現在では専用ファイル方式と同様なデータ要求/応答型の通信を行っている場合がほとんどであるが、その内容は、例えば、リレーショナル型の場合には SQL などのデータベースアクセス言語に基づいて行われている。

DBMS に対するデータアクセス方式を次のように分類した。

- ・ NFS
- ・ telnet (4GL)
- ・ SQL
 - SQL の直接利用
 - ミドルソフト (データベース連携ソフトウェア) の利用
- ・ 共通インタフェース

5.2 TCP/IP

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)は、DARPA(Defence Advanced Research Projects Agency :米国防総省高等研究計画局)の各研究所と研究センターを結ぶ通信ネットワーク (ARPANET)のトランスポート及びインターネット部分として1969年に稼働した。ARPANET プロトコルは、一般のコンピュータに移植されることはほとんどなかったが、UNIX BSD版にEthernetタイプのLAN を下位層としたTCP/IPが実装されるに従い、UNIXユーザを中心として急速に普及した。TCP/IPは、本来クライアント/サーバ指向のプロトコルであるが、LAN 接続による分散処理形態の普及とともに実質的な標準プロトコルとなっている。

TCP/IPは、トランスポート層のプロトコル(TCP) とインターネット層のプロトコル部(IP)から構成されている。図-5.1にUNIX環境へ実装する場合のOSI 基本参照モデルとの対比を示す。

OSI 参照モデル

第7層 アプリケーション層	Telnet (仮想端末)	FTP (ファイル転送) File Transfer Protocol	NFS
第6層 プレゼンテーション層			RPC
第5層 セッション層			XDR
第4層 トランスポート層	ソケット層		
第3層 ネットワーク層	TCP	UDP	
第2層 データリンク層	IP		
	ARP (Address Resolution Protocol)		
第1層 物理層	Ethernet		

NFS : Network File system

RPC : Remote Procedure Call

XDR : External Data Representation

UDP : User Datagram Protocol

図- 5.1 TCP/IPの階層構造

5.2.1 TCP

TCP は、OSI（解放型システム間相互接続）基本参照モデルのレイヤ4（トランスポート層）の機能を実装したプロトコルである。

下位層プロトコル(IP)のデータグラム・サービス（配送型データ伝送）を前提としたコネクションオリエンテッド（発信側が着信側を指定し、接続を確立した後、通信を行う）な通信プロトコルで、次の機能を提供している。

(1) データ転送

発信元プロセスと宛先プロセス間の仮想通信経路（TCP コネクション）を設定し、ユーザデータを転送する。TCP コネクションの両端のプロセスは、IPアドレスとポート番号によって、識別されるソケットにより論理的に接続される。

(2) 信頼性の保証

発信元TCP は転送するデータをセグメントに分割し、各々にシーケンス番号を付加して送信し、宛先TCP からそのセグメントに対する受信確認を取ってフラグメントの欠落を防いでいる。宛先（受信先）TCP は個々のセグメントについて、チェックサムによりビット化け、ビット抜けの監視を行いデータの信頼性を保証している。

(3) データ転送制御

送信側と受信側で処理能力の差があっても、送信側が相手側の空き容量を確認しながらセグメントの送信を行い、データ流量の制御を行う。通常、実際の送信タイミングはTCP の制御によるが、アプリケーションの制御で送信を起動することも可能である（プッシュ機能）。また、緊急データの存在を受信側に通知する機能もあり、プッシュ機能と併せてインタラクティブ（会話的）な通信や緊急データの送信が可能である。

5.2.2 IP

IPは、OSI 基本モデルのレイヤ3（ネットワーク層）の上位側の一部の機能を持つプロトコルである。

レイヤ3の上位副層で提供される経路指定とデータ伝送機能を実装している。レイヤ3の下位副層及びレイヤ2までのプロトコルとしては、X.25又はEthernet等のパケット交換型のプロトコルを前提としている。IPの基本的機能はインターネットワーク環境においてデータグラムを目的ホストまで届けることであり、中継装置（IPルータ、ゲートウェイ）やホストにそのモジュールが実装され、以下の機能を持つ。

(1) 分割と再構成

パケット交換網が相互に接続されたインターネットワーク環境では、それぞれのローカル網で扱える最大パケットサイズが異なることがある。このため送信するデータグラムの分割を行い、受信側IPでは、その再構成を行う。

(2) アドレス処理

送信側ホストのIPモジュールは、上位層から指定された目的ホスト名をインターネットアドレスに変換し、発信ホストのインターネットアドレスをデータプログラムヘッダーに書き込む。

目的ホストに至るためのローカルネット上の中継ホストであると、目的ホストに到達できるように、その目的ホストのローカルアドレスを指定して下位層にデータグラムの送出を依頼する。

目的ホストではIPの下位層でローカルアドレスを見て自分宛であると認識すると、受信したデータをIPモジュールに渡す。

更に、IPモジュールは、インターネットアドレスが自分宛であれば、IPモジュールで付加されたヘッダーを取り外し上位層に渡す。

(3) ルーティング

相互接続網システムにおけるIPルーティングは、データグラムをどのローカル網を経由して送るべきか決定してデータプログラムの中継を行う。データプログラムのルーティングの決定については、以下の方法がある。

一つは、ユーザがネットワークのトポロジーやゲートウェイのインターネットアドレスを知っていてそのルートを指定する方式である。各IPモジュールはこの指定に従って中継処理を行う。

もう一つは、各ゲートウェイのIPモジュールが各ゲートウェイまで途中通過するローカル網の数、各ローカル網までの最適ルートに関する情報等を記憶しているテーブル等に従って、そのルートを決定する方式である。

5.3 データアクセス方式

5.3.1 ソケットによるデータアクセス

(1) ソケット通信方式の概要

ソケットはUNIXのプロセス間通信における基本的な要素であり、ソケットをアクセスすることで通信端点同志の通信が可能となる。UNIXでは、通信におけるインタフェースもファイル等の入出力装置と同様なインタフェースで扱える思想となっている。すなわち、ソケットの識別子、あるいは、送受信もファイルと同様な概念で取り扱う事が可能である。ソケットインタフェースは、TCP/IPプロトコルを直接コントロールするためのライブラリー群で構成され、利用者プログラムがファイルアクセスと似た手続きで通信相手との電文のやりとりを実現するものである。以下のソケットインタフェースが、システムコールの形で提供されている。

- ・ソケットの生成
- ・ソケットに名前を付ける（ファイルの識別子に相当）
- ・コネクションの開設／廃業
- ・コネクト要求の受付
- ・データの送受信(WRITE, SEND)/(READ, RCV)

ユーザは、これらのシステムコールを利用して直接ソケットをアクセスすることにより、プロセス間でデータアクセスが可能となる。また、telenet、FTP 等の上位層のアプリケーションもこのソケットインタフェースを応用したものである。図-5.2にソケット方式の概要を示す。

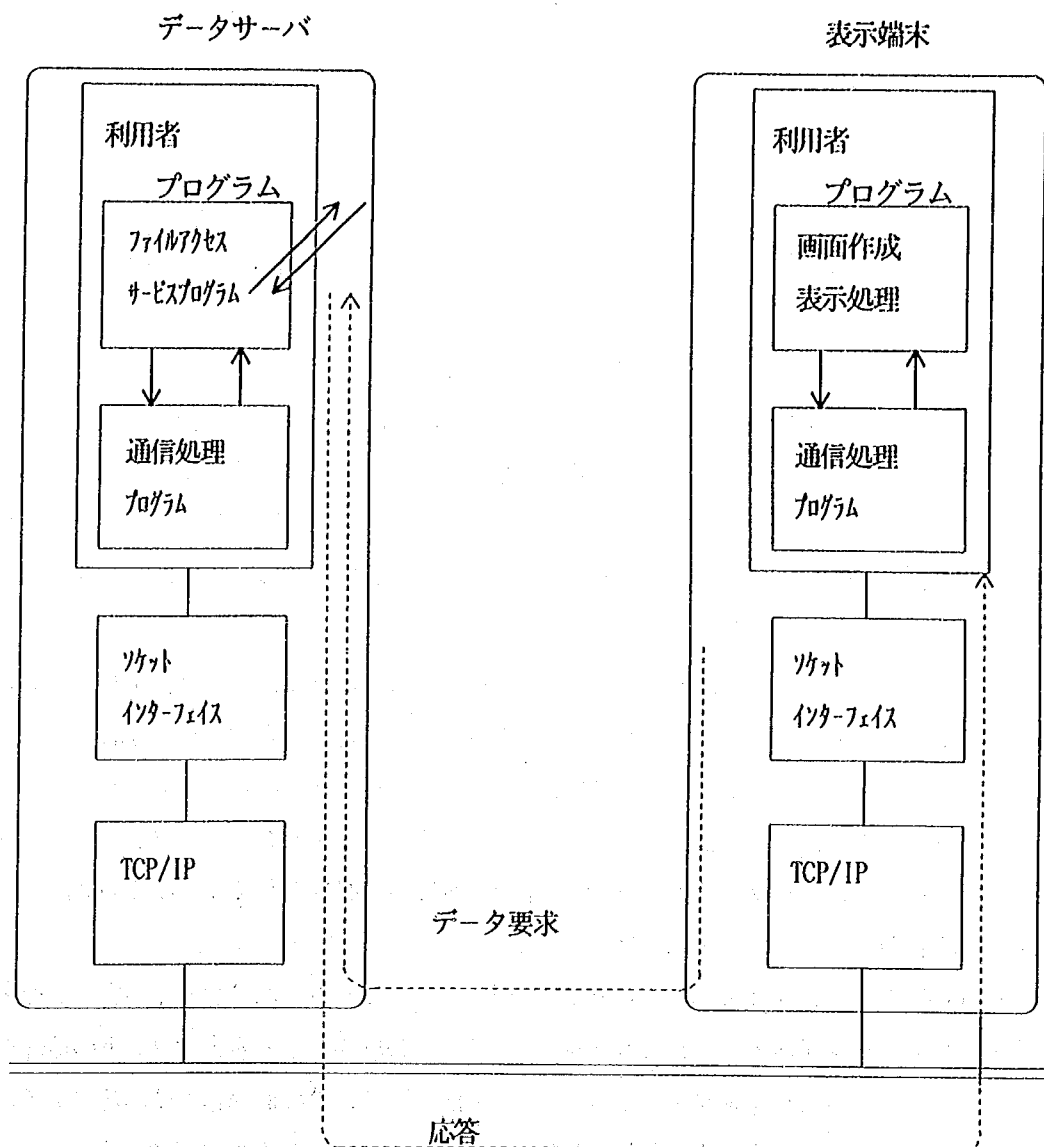


図- 5.2 ソケット通信方式の概要

(2) 問題点

ソケット通信では、FTP やNFS などの、より上位レベルでのアクセス方式と違い、通信電文のやりとりを直接、利用者プログラムが行うため、相互に細かいレベルでの規定（例えばタイム値など）を行う必要がある。（この点では従来のBSC コンテンションやHDLCなどの下位の通信プロトコル上に直接通信電文を規定していたものと本質的には違いは無い。）

5.3.2 NFS (Network File system) によるファイルアクセス

(1) NFS の概要

ディスク領域の管理やファイルアクセスの管理といったファイルシステム（ファイル管理機能）は、オペレーティング・システム（OS）の最も重要な機能の一つであり、そのシステムの性能の評価も左右してしまう程の大きな要素である。

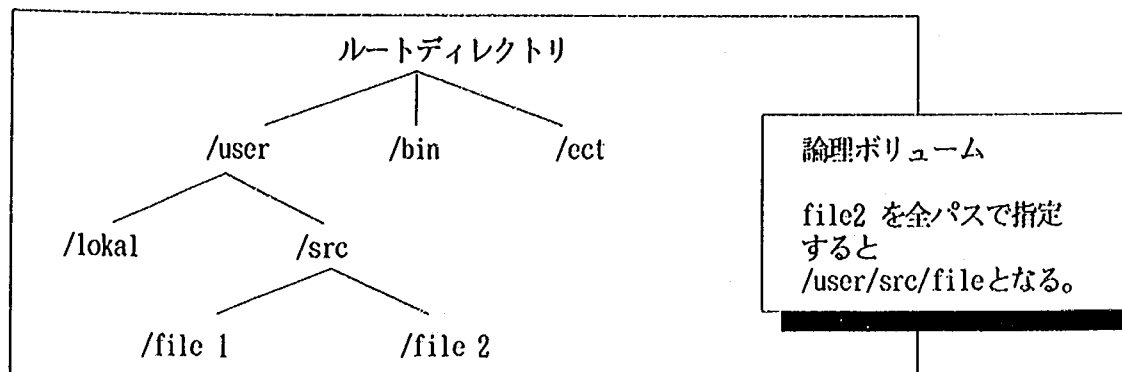
ネットワーク・ファイル・システム（NFS:Network File System）は、この管理機能をネットワークで接続される分散処理形態のシステム、すなわち、複数のコンピュータ間に適用しようとするものである。当初からコンピュータ、OSの種類によらないマルチベンダー指向の思想の下で、サン・マイクロシステムズ社により設計、開発が進められてきた。現在は、多くのメーカから様々なコンピュータ用のNFS が提供され、UNIX に留まらず、VMS（DEC 社VAX_OS）やMS-DOS等のシステムと接続した分散ファイルシステムを実現しており、業界標準（デファクト・スタンダード）となっている。

NFS は、ファイル共有によるファイル・アクセス方式と言える。複数のコンピュータで、リモートファイルをあたかもローカルファイルであるかのようにアクセスできるファイルシステムであり、分散コンピューティングに適した、より密結合された構成のクライアント/サーバモデルに基づいたシステムである。

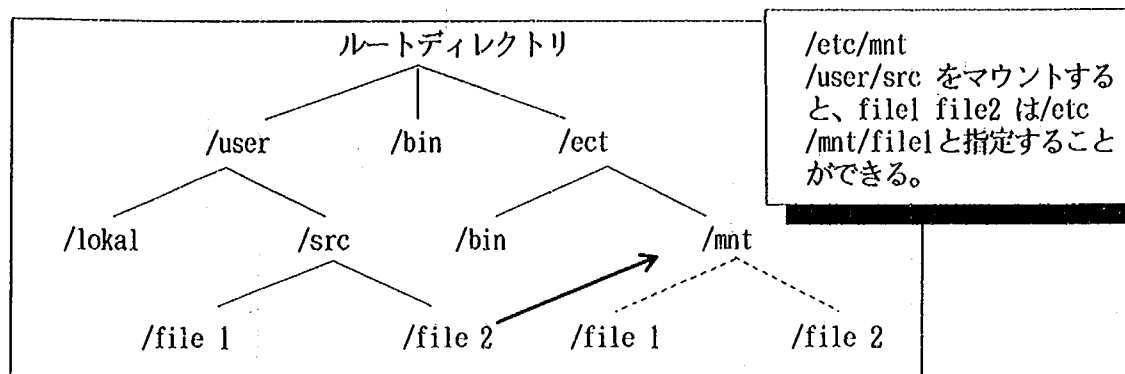
したがって、ファイルが物理的にどこに存在しているかは、全く意識する必要がなく、ファイル全体をネットワーク間で転送する必要も、同じファイルを別のホストで二重に持つ必要もなくファイルの共用化によるディスクの有効利用が図れ、データの一元管理が容易となる。

具体的には、TCP/IPのUDP（User Datagram Protocol）を用いて、リモートにあるファイルをアクセスするプロトコルであり、UNIXのファイル・システムの特徴の一つである論理ボリュームとマウントの概念を拡張し、リモートマウントと呼ばれる概念を導入している。この方法により、他の計算機上にあるファイル・システムの一部をマウントすることによって、あたかも自分のファイル・システムの一部であるかのように取り扱うことができる。

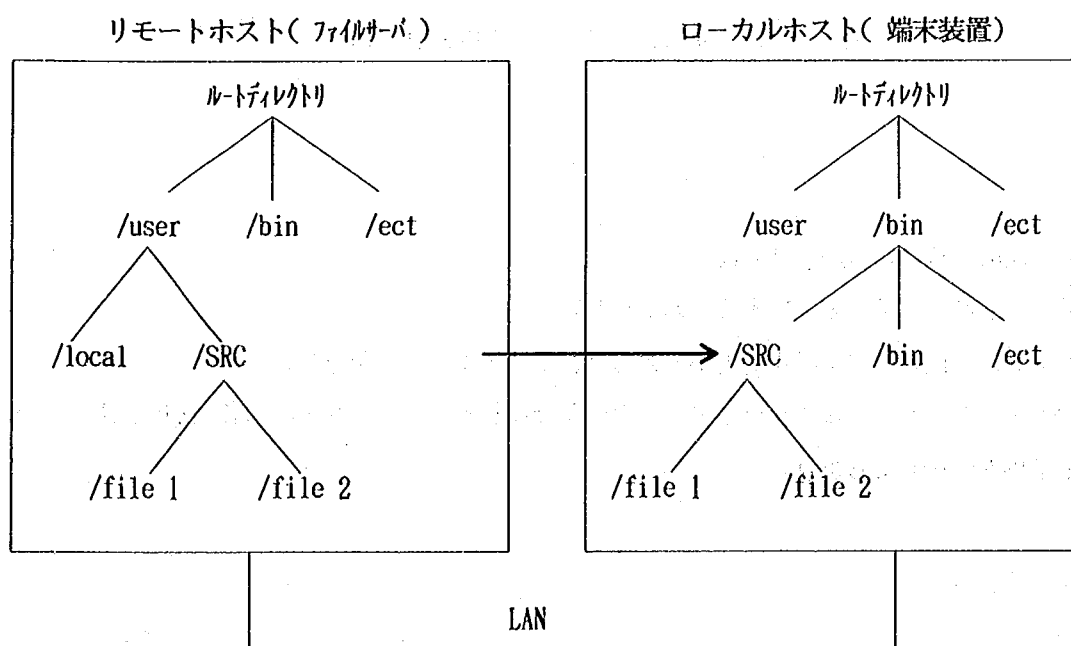
図-5.3にファイルシステムのマウントの概説図を示す。



(a)通常のファイルシステムのツリー構造



(b)ファイルのマウント構成



ローカルにおいては/user/SRC にリモートソフトの/user/SRC をマウントすることにより、ローカルホストのユーザーは、リモートソフト/file1を/user1/SRC/file1が指定できる。

(c) リモートファイルのマウント構成

図- 5.3 ファイルシステムのマウント

図-5.4にNFSによるファイル・アクセスのイメージを示す。端末装置はファイルサーバに対しNFSにより直接アクセスする。端末装置では検索・表示プログラム、ファイルサーバではNFS（提供処理）が動作する。

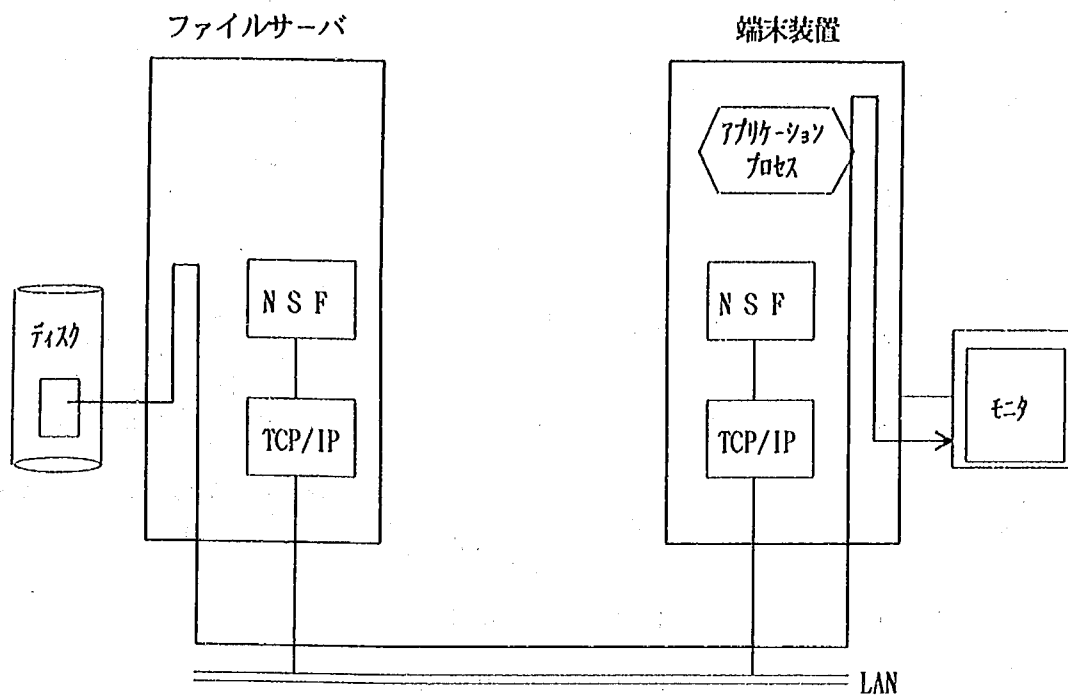


図- 5.4 NFSによるファイルアクセス

(2) 問題点

問題点として次のようなものが挙げられる。

- 1) 短いメッセージをファイル渡しにすると効率が悪い。
- 2) 多数の端末装置で簡単にファイル変更ができる為、ファイルの保護が難しい。
- 3) クライアント／サーバモデルでクライアントの数が増加してくると、サーバの負荷が増大し、サーバの障害による危険が集中してしまう。

5.3.3 FTP (File Transfer Protocol) によるファイルアクセス

(1) FTP の概要

FTP は、TCP/IP ネットワーク上で実現されるファイル転送プロトコルである。ネットワーク上の FTP サーバプログラムの稼働している FTP サーバに接続、これに対しファイル転送要求のサブコマンドを会話形式で発行することにより転送が実現される。FTP は業界標準のファイル転送プロトコルとして確立されており、異なるメーカーの OS 間でのファイル転送に多用されている。

FTP は、ネットワークを介してリモートファイルの内容をローカルファイルに転送したり、リモートファイルのディレクトリの表示や削除をローカルホストから行う機能を提供する。FTP で対象とするファイルは、非編成ファイルであり、データは、テキストデータ (ASCII) かバイナリーデータである。テキストデータに関しては、ASCII → EBCDIC 変換等が可能である。

FTP では、クライアント側が TCP を用いて二つのコネクションをサーバとの間に張る。一方は制御メッセージ転送用で、他方はファイル・データ転送用である。

FTP によるリモートファイルのアクセスは以下のように行われる (図-5.5~5.6)。

- 1) クライアント側がサーバ側の制御情報プロセスとの間に制御メッセージ用のコネクションを張る。
- 2) クライアント側からのファイル転送要求 (get、put) が発生した時点で、サーバ側の制御プロセスがデータ転送用プロセスを起動し、ファイル・データ転送用のコネクションを張る。このコネクションによりファイル転送を行う。
- 3) 転送が終了すると、このコネクションは切断され、データ転送用のプロセスも消滅させられる。

このように、FTP は基本的にはオペレータ操作による会話型のアプリケーションであるが、ユーザプログラムへの組み込み型の利用も可能なように設計されている。

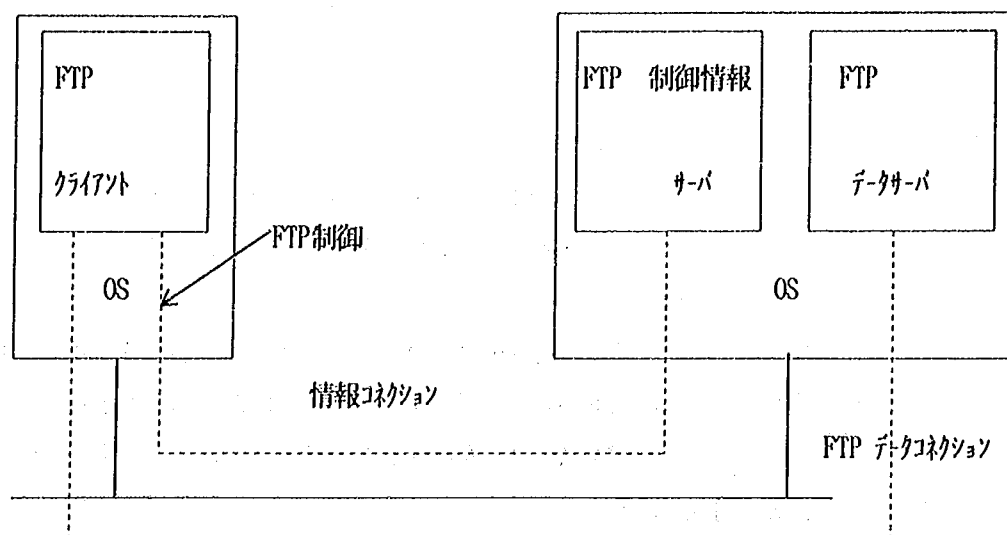


図- 5.5 FTPによるファイルのアクセス

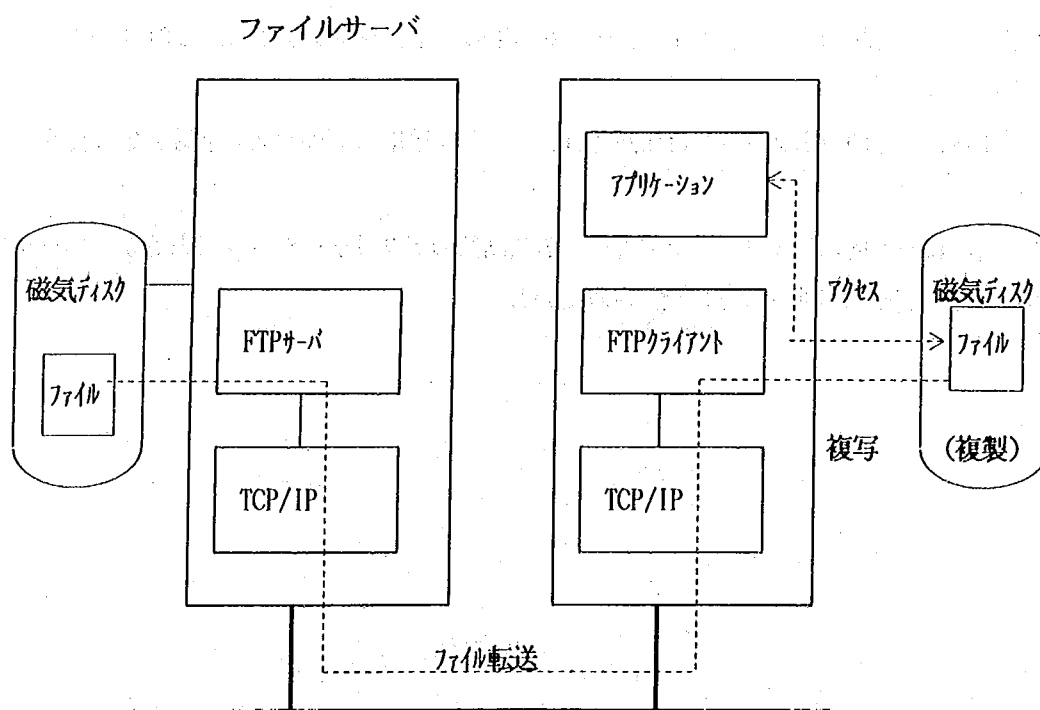


図- 5.6 FTPによるファイルの複製

(2) 問題点

FTP によるデータアクセスは、ファイルサーバのデータをすべてクライアントの磁気ディスクなどの記憶装置へ複写して使用するため、常に最新の情報が得られるとは限らない。このため、利用者側が常に最新かどうかのチェックを行う必要がある。また、ファイル構造についてもFTP は意識しないため、アプリケーションレベルでこれを意識した処理を行う必要がある。

ネットワーク上のコンピュータは、厳密に定義されたプロトコルを用いて各レイア毎に役割分担を行って通信を行う。FTP の役割としては、相手端末に「ファイル転送」依頼を行うことであり、依頼処理以降は、その下のレイアのTCP/IP層にゆだねる。

FTP を使った場合のデータの送信は、図-5.7に示すような流れで行われる。

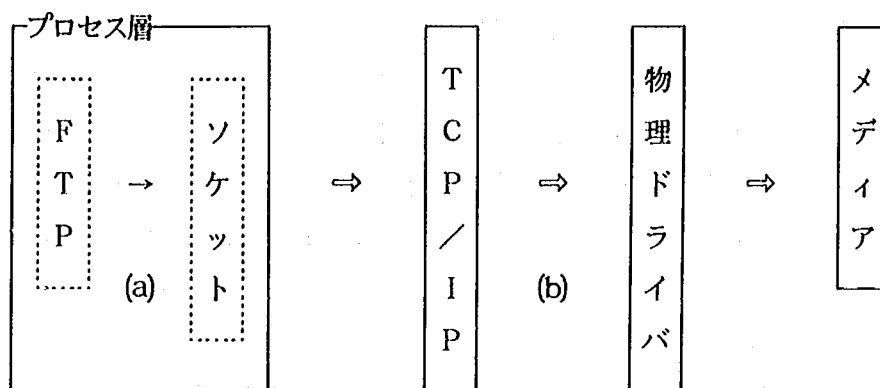


図- 5.7 FTPによるインプリメント箇所

FTP には転送が終了する毎に転送に費やした時刻を表示するインプリメント機能があるが、OSに依存するアプリケーションであるため、その表示時刻（計測時刻）が異なることがある。

今回LAN 間接続実験に使用した中では、(a)(b) 2種類のインプリメント方法が存在した。(a) ではFTP からソケットにデータが渡った時点で計測終了としていたが、(b) では物理ドライバにデータが渡った時点で計測終了としていた。このため、OSの異なるFTP でインプリメント機能を用いた場合、その測定時刻が同等に評価できるとは限らないので、注意が必要である。

6. LAN (WAN) 間接続実験及び評価

6.1 実験

6.1.1 実験概要

河川情報システム、道路交通情報システムへのネットワーク・トポロジーの適用を検討するにあたり、これらのシステムの特性を分析し設計する必要がある。現在の河川情報システム、道路交通情報システムのネットワーク・トポロジーは、通信網の利用拡大に伴い、情報量の増加、多地点間のデータ通信による網の複雑化が進行している。これにより、ネットワーク構築・管理の複雑さに伴う管理業務の増大、通信需要への対応の遅れ、可用性確保に対する通信（設備）コストの上昇などの問題が生じている。

これらの問題を引き起こしている大きな原因は専用線方式によるデータ通信にある。そこで、データ通信の接続が物理的な通信路に密に依存する専用線方式に対し、論理的なデータ通信パスを自由に設定できるデータ交換網を構築すれば上記の課題に応えることができると思われる。更にデータ通信パスを自由に設定できるデータ交換網の構築により、情報資源の共同・有効利用を指向したシステム形態の実現を図ることができる。このシステム形態とは、各事務所に分散設置された多数の端末装置から任意の複数コンピュータへアクセスして高度のオンライン処理を実行する、分散設置された複数コンピュータを結合し、データ通信システムの処理の多様化及び信頼性向上を図るなどである。

データ通信パスを自由に設定できるデータ交換網構築のための基礎資料を得る目的として、現在運用している代表的なシステム（河川情報システム、道路交通情報システム、レーダ雨量計システム）の運用方法を採り上げ、ルータを用いたLAN 間接続実験を行った。実験では、WAN の回線速度、データ発生量（0.1K-10M Byte）、データ発生タイミング（周期）を可変にし、ネットワークの効率、レスポンスなどの調査・検討を行った。

なお、特定のルータの性能を評価するための実験ではないため、複数の種類のルータを使用した。端末の処理能力も影響すると思われたので、各環境で使用する端末1～5は統一した。

6.1.2 実験環境

(1) 実験仕様

① 端末仕様

- ・端末の時刻合わせ・・・ /etc/timedコマンドを使用し、同一ネットワーク上にて同一時刻とする
- ・通信プロトコル・・・ TCP/IP
- ・ファイル転送・・・ FTP コマンドを使用

② ルータ台数・・・ 5台 (ルーティングプロトコル (RIP など) は使用しない)

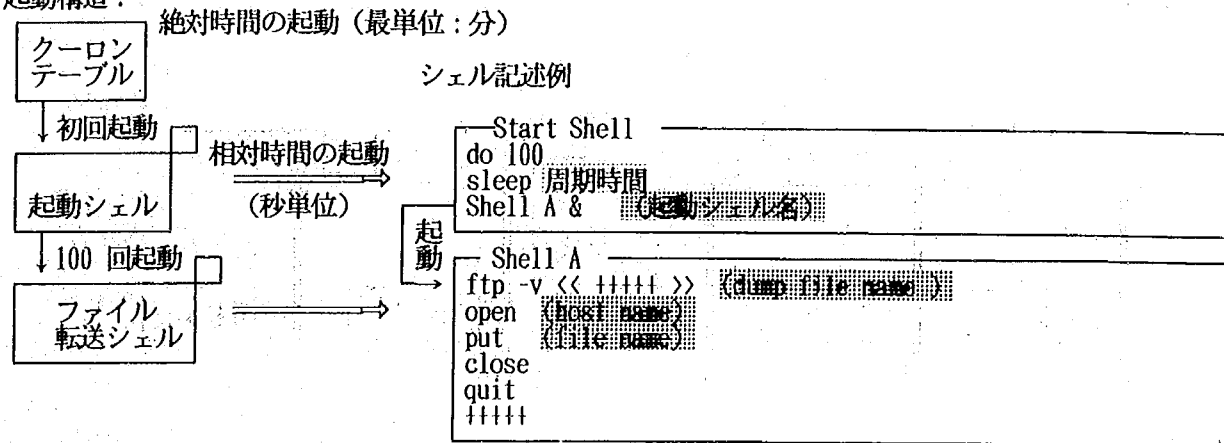
③ プロトコルアナライザ・・・ LAN/WAN の回線効率を測定

④ 測定仕様

- ・遅延時間計測回数・・・ 100回
- ・実効回線 (伝送) 効率測定・・・ 測定値

⑤ シェルスクリプト

起動構造:



出力結果例:

```
Connected to localhost.
220 WS01 FTP server (Version 1.5 11/26/92) ready.
331 Password required for kasen.
230 User kasen logged in.
200 PORT command successful.
150 Opening data connection for core (127.0.0.1,1042).
226 Transfer complete.
local: core remote: core
54091 bytes sent in 0.32 seconds (1.7e+02 Kbytes/s) ※下線部分が f t p でファイル転送に要した時間
221 Goodbye.
```

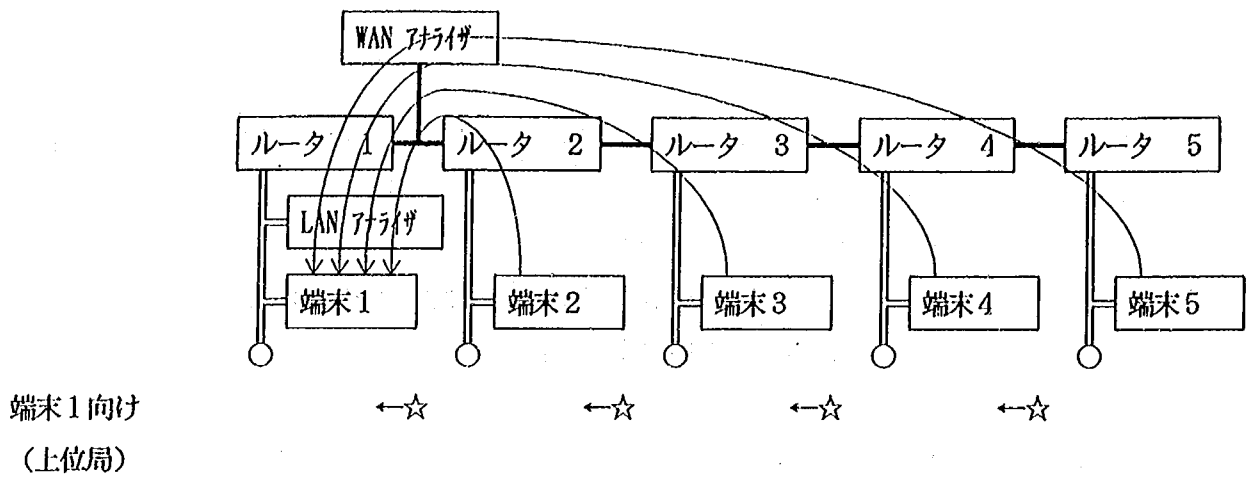
⑥ ログイン環境ファイル (.netrc) 設定

```
machine (machine name)
login (login name)
password (password)
```

■■■■■ : は、可変項目

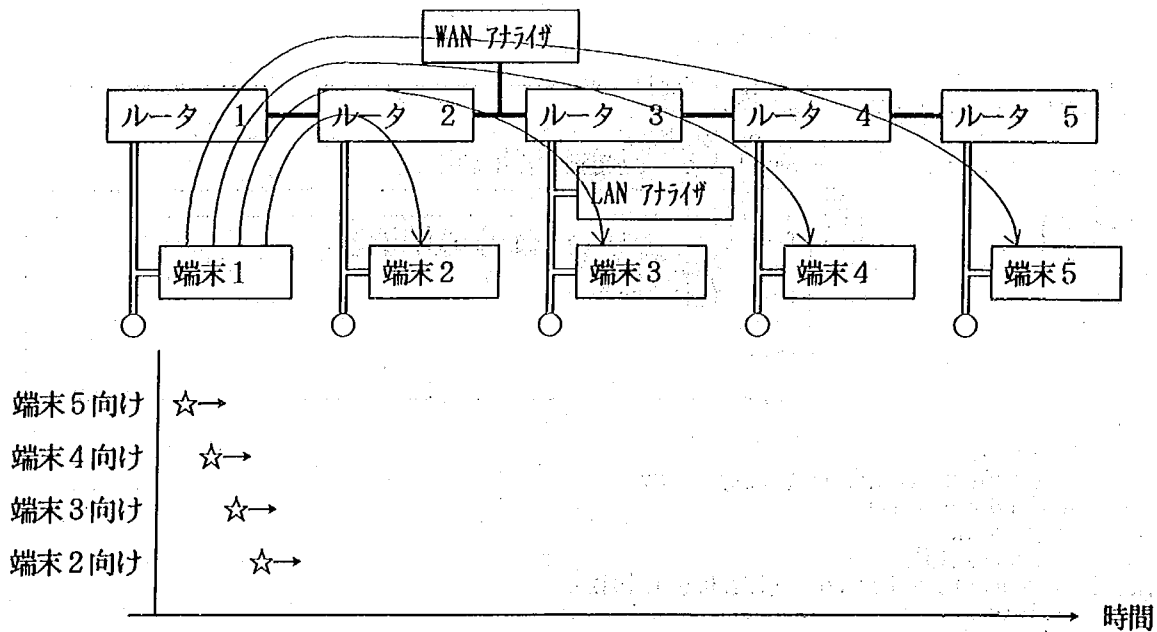
(2) 実験環境

① 通信形態 1



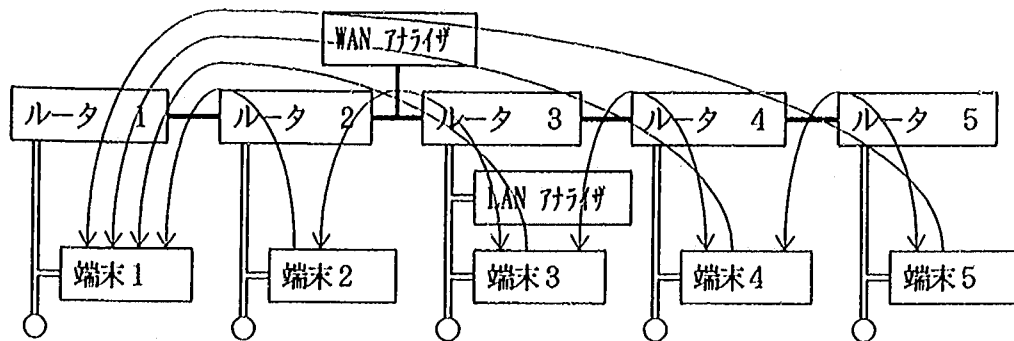
この通信形態は、河川情報システム・道路交通情報システムにおいて、ほぼ同一時刻に複数の端末局からハイアラキ上での上位局へ観測データを配信する状況を想定したものである。

② 通信形態 2



この通信形態は、レーダ雨量計システムにおいて、1つの局から複数の端末局へデータを配信する状況を想定したものである。

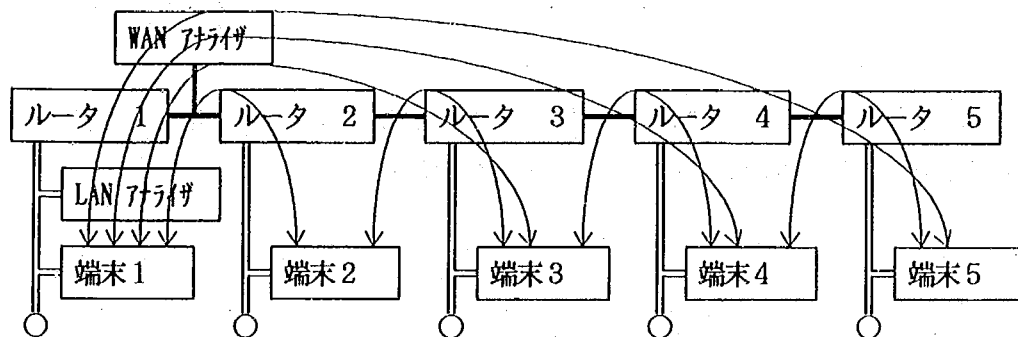
③ 通信形態3



端末1向け	←☆	←☆	←☆	←☆
隣接間向け	☆→	←☆☆→	←☆☆→	←☆

この通信形態は、河川情報システム・道路交通情報システムにおいて、各局がほぼ同一時刻にハイアラキ上での上位局（端末1）及び、隣接する端末局へ観測データを配信する状況を想定したものである。

④ 通信形態4



端末5向け	★→			
端末4向け	★→			
端末3向け	★→			
端末2向け	★→			
端末1向け	←☆	←☆	←☆	←☆
隣接間向け	☆→	←☆☆→	←☆☆→	←☆

この通信形態は、河川情報システム、道路交通情報システム、レーダ雨量計システムを同一物理回線上で運用した場合を想定したものである。

(3) データサイズ及び、転送周期

① 通信形態1

周 期		ファイルサイズ					
		0.1K	1K	10K	100K	1M	10M
W回 A線 N速 度	64k	6s	6s	12s	80s		
	384K	6s	6s	6s	15s	120s	
	1.5M		6s	6s	12s	60s	(547s)

② 通信形態2

周 期		ファイルサイズ					
		0.1K	1K	10K	100K	1M	10M
W回 A線 N速 度	64k	24s	24s	32s	80s		
	384K	24s	24s	24s	40s	(180s)	
	1.5M		24s	24s	32s	80s	(800s)

※ 端末1⇒端末4、端末1⇒端末3、端末1⇒端末2への転送では、1回目の転送を行う前に、それぞれ表の値の4分の1、4分の2、4分の3をディレイ・タイムとする。

③ 通信形態3

周 期		ファイルサイズ					
		0.1K	1K	10K	100K	1M	10M
W回 A線 N速 度	64k	6s	6s	12s	80s		
	384K	6s	6s	6s	15s	(120s)	
	1.5M		6s	6s	12s	60s	(547s)

④ 通信形態4

WAN 回線速度 384Kbps、1.5Mbps

端末1から各端末へ送信するファイルサイズ 200Kbyte

各端末から端末1に向けて送信するファイルサイズ 20Kbyte

隣接間同士でやり取りするファイルサイズ 20Kbyte

周 期 5分

(4) 機器仕様

			環境 1	環境 2	環境 3
端 末	CPU		6 8 0 3 0	MIPS R2000A	SPARC
	クロック		2 5 MHz	1 6 MHz	4 0 MHz
	メモリ		8 MByte	1 6 MByte	3 2 MByte
H D D	容量		3 3 0 MByte	1 8 2 MByte	4 2 4 MByte
	平均シーク		1 8 ms	2 0 ms	1 6 ms
	転送速度		1. 2 MByte/s	_____	4 MByte/s
ル ー タ	CPU		6 8 0 3 0	_____	AMD29030
	クロック		2 5 MHz	_____	2 5 MHz
	メモリ		4 MByte	8 MByte	4 MByte
	ルータ性能		1 4 0 0 0 PPS	7 0 0 0 PPS	7 5 0 0 PPS
ア ナ ラ イ ザ ー	L A N	メモリ	4 MByte	6 MByte	8 MByte
		HDD	2 0 0 MByte	1 2 0 MByte	2 1 0 MByte
	W A N	メモリ	4 MByte	4 MByte	1 6 MByte
		HDD	2 7 0 MByte	2 0 MByte	1 7 0 MByte

6.1.3 データ整理の前提条件

(1) 統計処理

実験は同一条件下で周期的に100回転送に要する時間を計測したが、shell など定期的に動作しているプロセスの関係上で計測値に大きなバラツキが生じた。計測値が正規分布していると想定して統計処理を行い、 2σ (σ では約68%、 2σ では95%)の平均値を採用することとした。

(2) 端末の特性による1回目の計測値の採用

端末の次の特性により、データサイズが小さい場合には2回目以降の計測値は0となってしまうため、データサイズとソフトキャッシュの容量により、適宜1回目の計測値を採用することとした。

① ディスクアクセス方法

一般に端末側では、その処理効率を早くみせるため、ファイルのI/Oを直接ディスクから読み込むのではなく、あらかじめ用意したソフトキャッシュ上に、一度読み込んだデータを残し、2回目以降のアクセスはこのメモリに対して行うため、0.1K, 1Kのデータに関しては、2回目以降のデータアクセスに、このディスクのI/Oが発生しなかった。今回実験を行った環境1～環境3の端末には、以下の容量のソフトキャッシュを用意していた。環境3では、10Kバイトの転送でも2回目以降の計測データに0が多い結果になっている。

環境1・環境2	4Kバイト
環境3	16Kバイト

② TCP/IPのWINDOWサイズ

WINDOWサイズとは、複数のパケットを送受信するときに相手からの受取通知(ACK パケット)を待たずにいくつまでパケットを先に送るかを定めるものである。ひとつのパケットを送ったあと、相手からACK が来るのを待って送るのではなく、WINDOWサイズの上限を越えない分のパケットをまとめて送るバッファの役目をするものである。連続して先送りできるパケット数を増やせば、ネットワークの利用度を上げられる。今回の実験に用いたTCP/IP、各端末のTCP/IPに実装したWINDOWサイズは、4096バイトである。

そのため、0.1K, 1Kのデータサイズでは、物理ドライブ上にデータが保持された状態で、計測が終了となる。そのため、0.1K, 1Kのデータサイズの計測時間は、相手端末への転送に要する実時間よりも、自端末のディスクのI/O時間と物理ドライブまでのファイル転送時間になる。また、100回データを転送しても、ソフトキャッシュの影響で、ディスクへのI/O時間が無くなってしまい、2回目以降の計測時間は0(FTP

でもつ計測カウンタが10msの場合)が多くなる。そのため、実際の計測値としては、1回目の値が有効になるが、ディスクI/O 時間+転送時間となり、ディスク性能に影響を受けることになる(表-6.1)。

表- 6.1 FTPインプリメント機能で計測不能なデータ例

	通信形態名	通信形態2		
	速度	64 KBPS		
	ファイルサイズ	0.1K(102) byte		
実験回数	端末1→端末2	端末1→端末3	端末1→端末4	端末1→端末5
1	0	0	0	0.03
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0

6.1.4 実験結果

(1) 通信形態1

複数の局より一箇所の局にデータを転送しようとする場合、ネットワーク上にトラフィックが集中することにより待ち合わせ時間が発生し、転送に要する時間がかかる。すなわち、本通信形態においては、近い方から順に通信が始まり、最後に遠い方の通信をする。理論的に、最終点に到達する経過は以下に示す逐次動作によるものである。

まず、端末2、3、4及び5から発生したパケットが、LAN 伝送路を経て各中間ノード（ルータ2、3、4及び5）へ到達する。各中間ノードは、到達したパケットを逐次、次の中間ノード向けのWAN 伝送路へ送る間に、もう一方の伝送路（WAN）からの割り込みパケットが発生することになるが、WAN の回線速度（伝送容量）は、LAN に比べ低速なため、高速なLAN からの受信処理は待ち状態になる。そのため、発生元の遠いパケットが一番最後に宛先へ到達する事になる。LAN、ノードの伝送・処理時間は、WAN のそれに比べ非常に小さいものであり、低速であるWAN の遅延時間が、ネットワーク全体の遅延時間を大きく左右する事になる。実際には、LAN・WAN 問わず通信効率の問題が大きな影響を与える。LAN 上では、他のアプリケーション等によるデータパケットのコリジョン（衝突）が発生したり、WAN 上では、ビット誤りによる再送や、フロー制御による送信待ちなどがあり、100%の伝送容量を使う事はできない。実際に本通信形態で測定した通信効率では、LAN で1～16%、WAN で10～100%となった（図-6.1～6.13）。

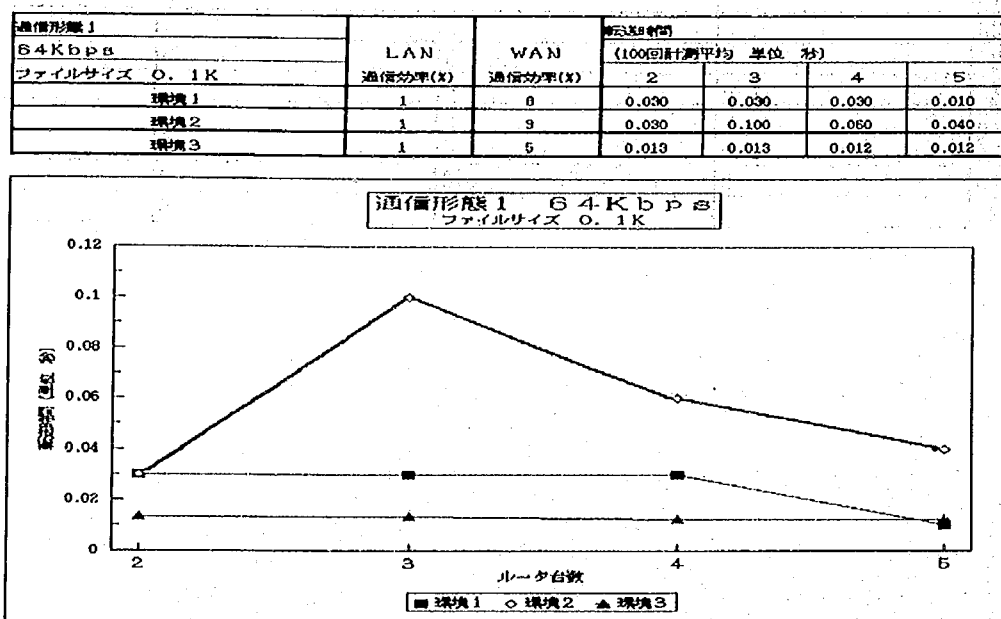


図- 6.1 通信形態1における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 0.1Kbyte)

通信形態1	LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
64Kbps			2	3	4	5
ファイルサイズ 1K	通信効率(x)	通信効率(x)				
環境1	1	15	0.040	0.030	0.030	0.020
環境2	1	17	0.050	0.070	0.040	0.030
環境3	1	10	0.037	0.038	0.037	0.038

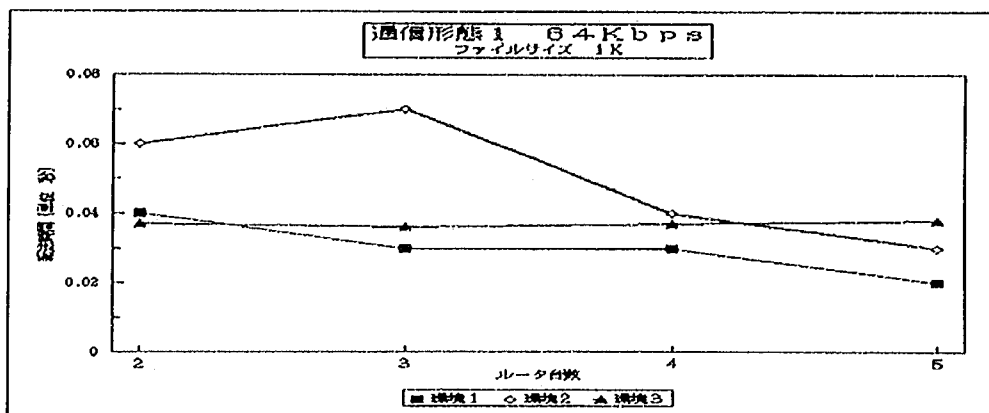


図- 6.2 通信形態1における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態1	LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
64Kbps			2	3	4	5
ファイルサイズ 10K	通信効率(x)	通信効率(x)				
環境1	1	48	1.086	1.681	2.121	1.703
環境2	1	43	1.844	1.657	1.513	2.372
環境3	1	40	0.021	0.026	0.021	0.032

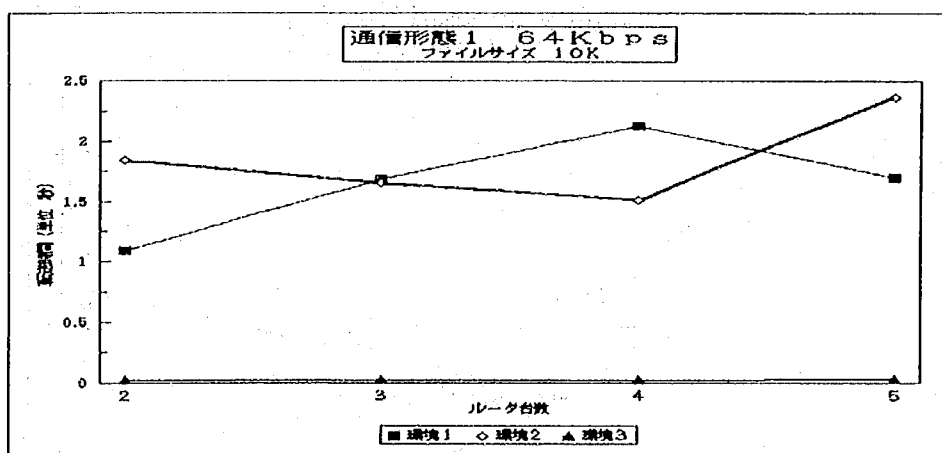


図- 6.3 通信形態1における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態1 64Kbps ファイルサイズ 100K	LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
			2	3	4	5
環境1	1	64	44.021	43.716	43.402	40.346
環境2	1	66	43.140	39.633	45.108	42.933
環境3	1	70	23.030	27.241	40.716	45.022

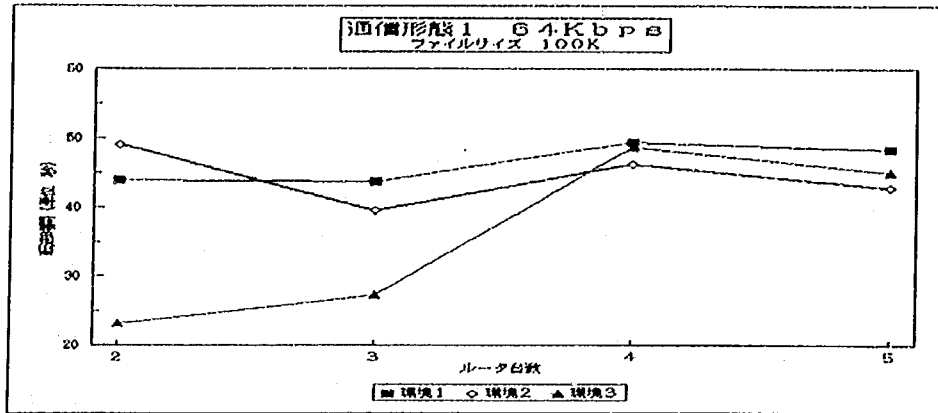


図- 6.4 通信形態1における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態1 384Kbps ファイルサイズ 0.1K	LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
			2	3	4	5
環境1	2	1	0.130	0.030	0.020	0.030
環境2	1	1	0.170	0.040	0.000	0.040
環境3	2	1	0.017	0.015	0.011	0.013

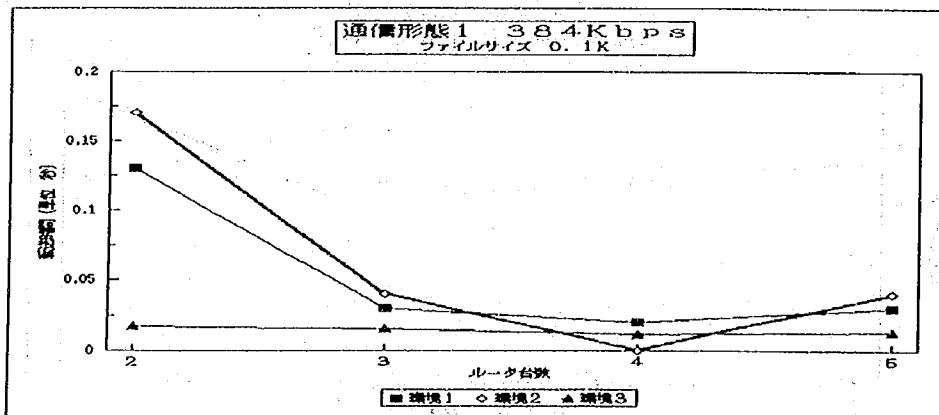


図- 6.5 通信形態1における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 0.1Kbyte)

通信形態1		LAN	WAN	転送時間			
384Kbps	ファイルサイズ 1K			(100回計測平均 単位 秒)			
		通信効率(x)	通信効率(x)	2	3	4	5
環境1		2	2	0.040	0.030	0.040	0.020
環境2		1	1	0.030	0.040	0.040	0.020
環境3		3	2	0.030	0.020	0.030	0.014

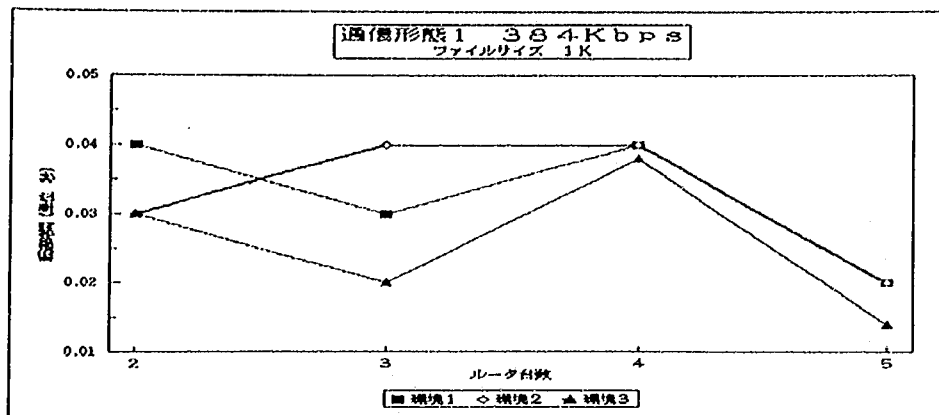


図- 6.6 通信形態1における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態1		LAN	WAN	転送時間			
384Kbps	ファイルサイズ 10K			(100回計測平均 単位 秒)			
		通信効率(x)	通信効率(x)	2	3	4	5
環境1		6	12	0.100	0.285	0.369	0.344
環境2		4	3	0.101	0.230	0.205	0.349
環境3		4	11	0.035	0.027	0.028	0.032

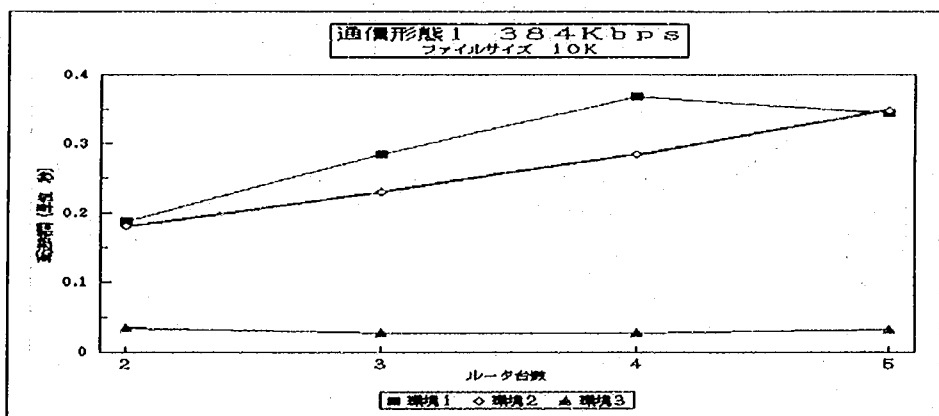


図- 6.7 通信形態1における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態 1		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
384Kbps	ファイルサイズ 100K			2	3	4	5
環境 1		6	63	2.903	2.459	3.102	3.607
環境 2		4	69	2.818	8.442	8.899	8.938
環境 3		4	41	2.493	6.723	5.232	7.142

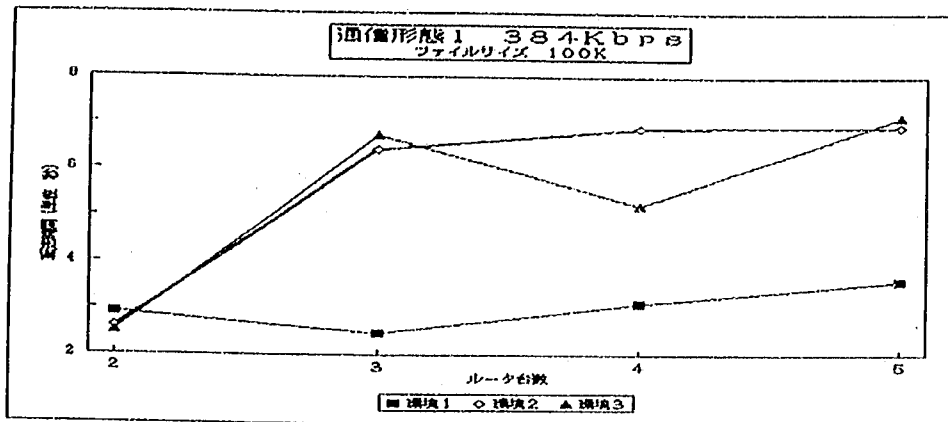


図- 6.8 通信形態 1 における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態 1		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
384Kbps	ファイルサイズ 1M			2	3	4	5
環境 1		6	68	80.346	85.193	84.889	86.844
環境 2		4	79	94.069	89.859	79.842	77.402
環境 3		4	76	77.349	80.424	80.526	80.677

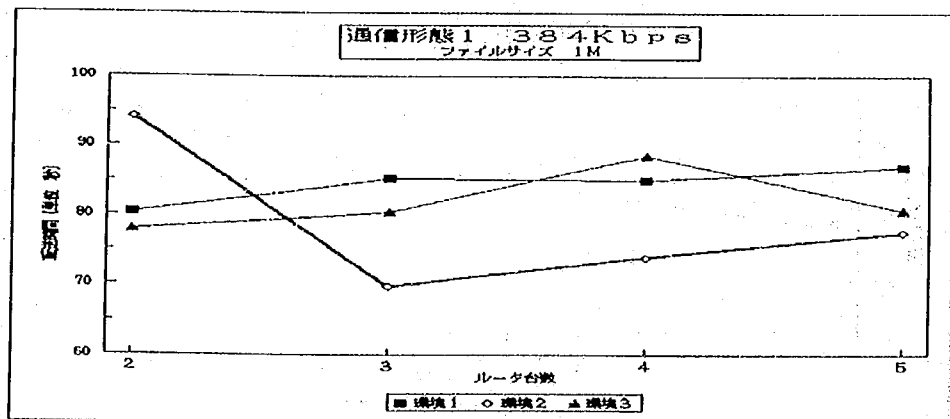


図- 6.9 通信形態 1 における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 1Mbyte)

通信形態1		LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 1K			2	3	4	5
環境1		2	0	0.030	0.030	0.040	0.020
環境2		2	1	0.050	0.030	0.070	0.050
環境3		1	0	0.018	0.013	0.016	0.015

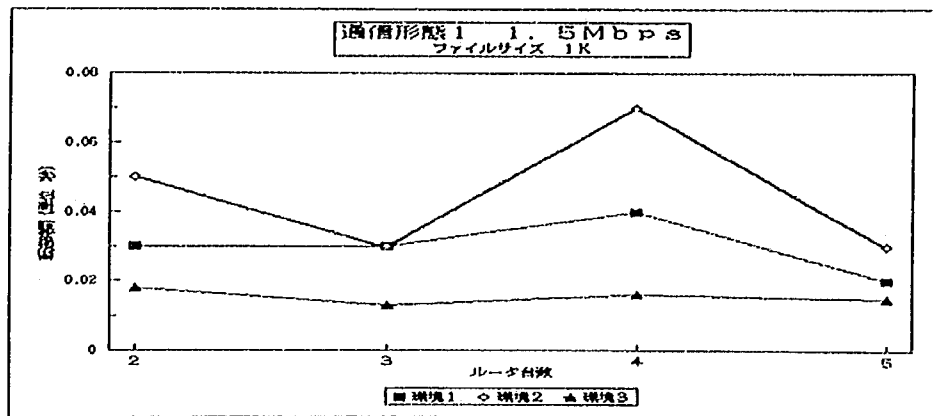


図- 6.10 通信形態1における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態1		LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 10K			2	3	4	5
環境1		7	3	0.094	0.107	0.166	0.133
環境2		3	3	0.066	0.096	0.110	0.136
環境3		13	3	0.026	0.033	0.027	0.029

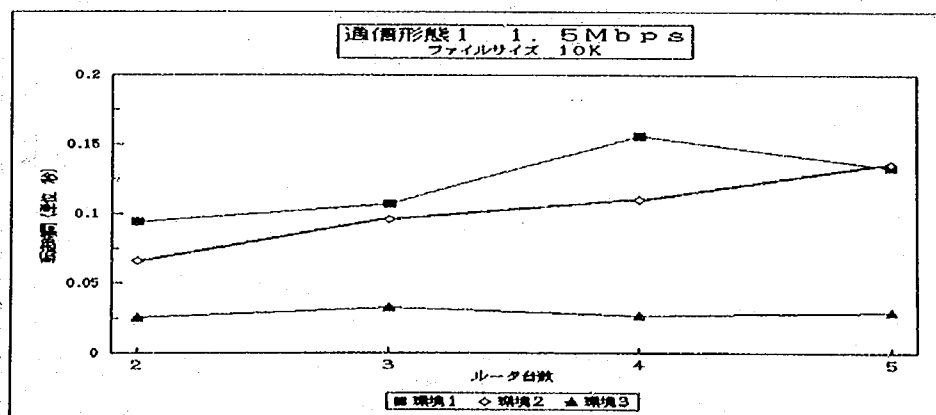


図- 6.11 通信形態1における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態1		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 100K			2	3	4	5
環境1		16	17	1.182	1.663	1.687	1.687
環境2		17	23	0.769	1.106	0.906	1.355
環境3		16	17	0.903	1.373	1.713	1.027

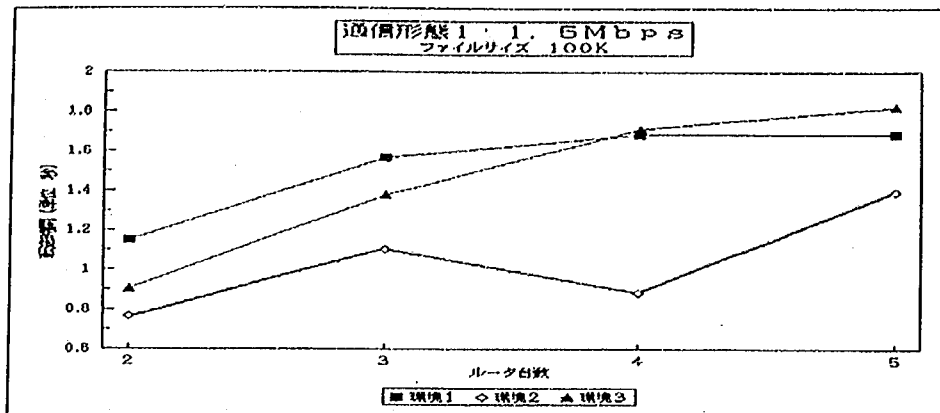


図- 6.12 通信形態1における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態1		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 1M			2	3	4	5
環境1		16	37	26.783	28.746	24.464	29.157
環境2		17	38	12.768	16.362	14.484	16.623
環境3		16	38	17.560	22.913	23.573	23.936

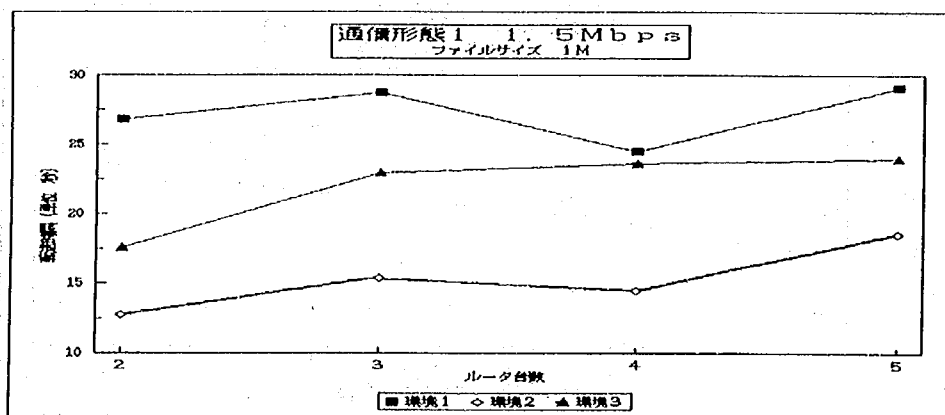


図- 6.13 通信形態1における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 1Mbyte)

WAN 回線速度を固定した場合、伝送するデータのファイルサイズの違いによる遅延時間の変化は次のとおりである。ただし、環境3ではキャッシュ容量が16Kbyteであったため、10Kbyteのデータ転送に要する遅延時間は、10Kbyteを越える場合と比較して非常に小さいので対象外とした。

表－6.2 WAN回線速度とファイルサイズによる遅延時間の関係

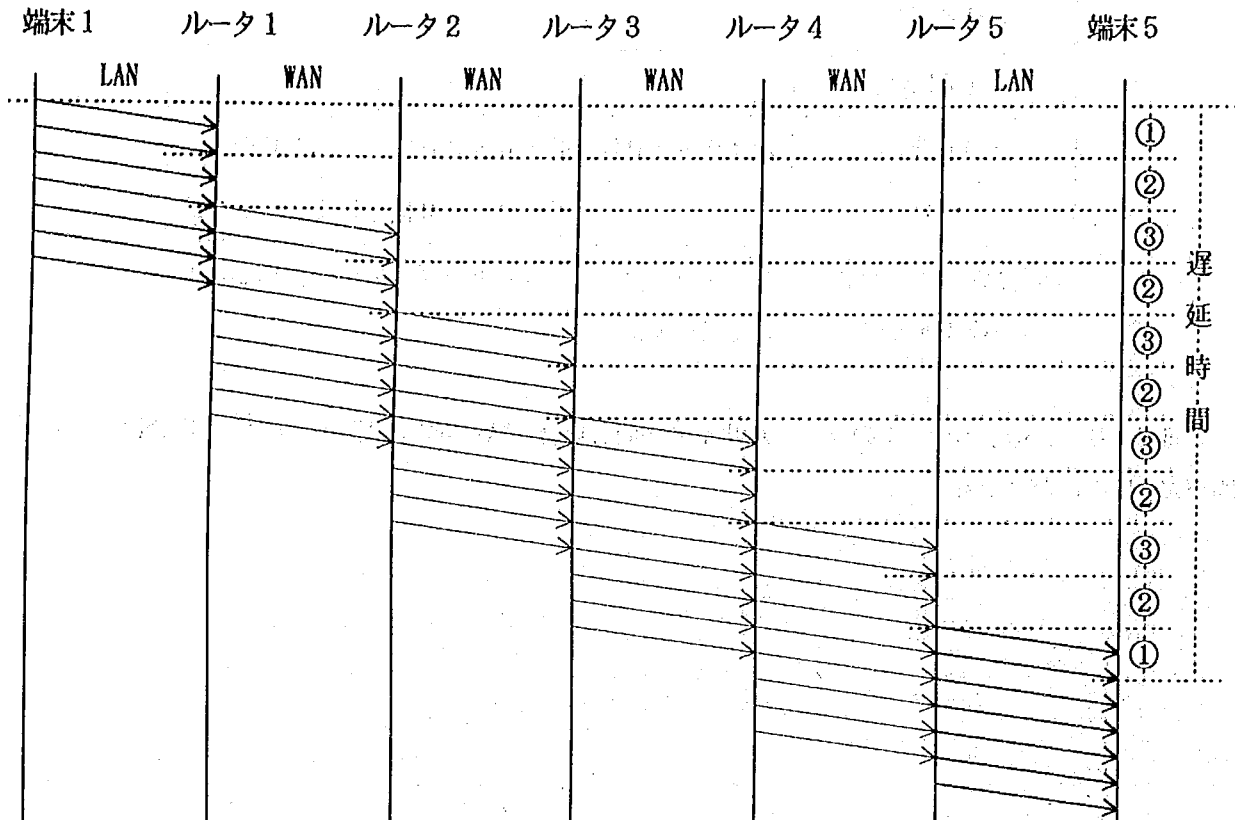
WAN 回線速度 ファイル サイズ	64Kbps	384Kbps	1.5Mbps
10Kbyte	1(*)	1(*)	1(*)
100Kbyte	約20～40倍	約10～20倍	約10倍
1Mbyte	—	約10～40倍	約10～20倍

(*)各WAN 回線速度において、10Kbyteのファイルサイズのデータ伝送に要する遅延時間を「1」としている。

表-6.2より、転送するデータのファイルサイズが同じ場合、WAN 回線速度が低速である場合ほど、遅延時間が大きいことがわかる。

(2) 通信形態 2

本通信形態においては、端末1を除く端末以外からはデータが発生しないため、ネットワーク上でデータが衝突することは無いはずである。このことから遅延時間のパラメータは、ルータ段数（ノード）、フェイルサイズ、端末内のタスク処理速度により決まると思われる。図-6.14 に実際のパケットが流れる概要をフレーム・シーケンスによって示す。



- ①は、1パケットを送り届けた時のLAN 伝送路でかかる時間。
- ②は、1パケットを中継する為のノードでかかる時間。
- ③は、1パケットを送り届けた時のWAN 伝送路でかかる時間。

図- 6.14 フレーム・シーケンス概略

実験結果を図-6.15～6.26に示すが、全パケットを送出するのにかかる遅延時間は、4拠点の和（ノード遅延時間、LAN 遅延時間、WAN 遅延時間、端末処理時間）により求めることとなるため、各図の勾配が1ルータ毎のディレイ（1ノード当たりの遅延時間）を表すことになる。

1ルータのディレイは、WAN 回線とファイルサイズによって異なるが、概ね次のように読み取ることができる。（異常値と思われるものは除いた。）

6.4 Kbps、	10 Kbyte	: 200～	300 ms/ノード
6.4 Kbps、	100 Kbyte	: 200～	300 ms/ノード
38.4 Kbps、	10 Kbyte	: 40～	60 ms/ノード
38.4 Kbps、	100 Kbyte	: 50～	70 ms/ノード
1.5 Mbps、	10 Kbyte	: 10～	20 ms/ノード
1.5 Mbps、	100 Kbyte	: 10～	40 ms/ノード
1.5 Mbps、	1 Mbyte	: 200～	1000 ms/ノード

LAN、WANの通信効率について見ると、いずれの環境においても、WAN回線が同一の場合、当然のことながら転送するファイルサイズが大きくなるとWANの効率は上昇している。LANの効率は、6.4 Kbps回線ではファイルサイズが大きくなっても効率は変わらないが、38.4 Kbps、1.5 Mbps回線ではファイルサイズが大きくなるとLANの効率も上昇している。

転送するファイルサイズを固定して比較すると、回線速度の増加にともないLANの効率は上昇し、WANの効率は下降している。

通信形態2 64Kbps ファイルサイズ 0.1K	LAN 通信効率(x)	WAN 通信効率(x)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
			2	3	4	5
環境1	0	1	0.030	0.030	0.030	0.030
環境2	0	1	0.440	0.360	0.030	0.000
環境3	0	2	0.022	0.025	0.030	0.015

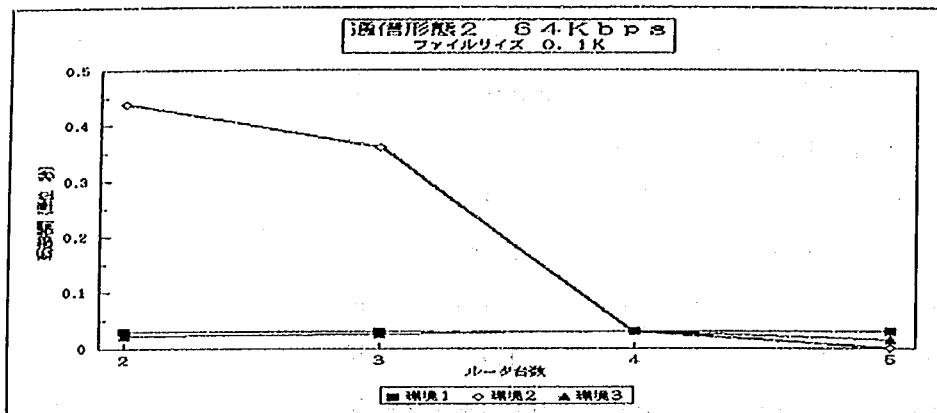


図- 6.15 通信形態 2 における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 0.1Kbyte)

通信形態2 64Kbps ファイルサイズ 1K	LAN 通信効率(x)	WAN 通信効率(x)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
			2	3	4	5
環境1	1	3	0.020	0.020	0.020	0.020
環境2	0	3	0.060	0.060	0.140	0.000
環境3	0	4	0.023	0.026	0.027	0.017

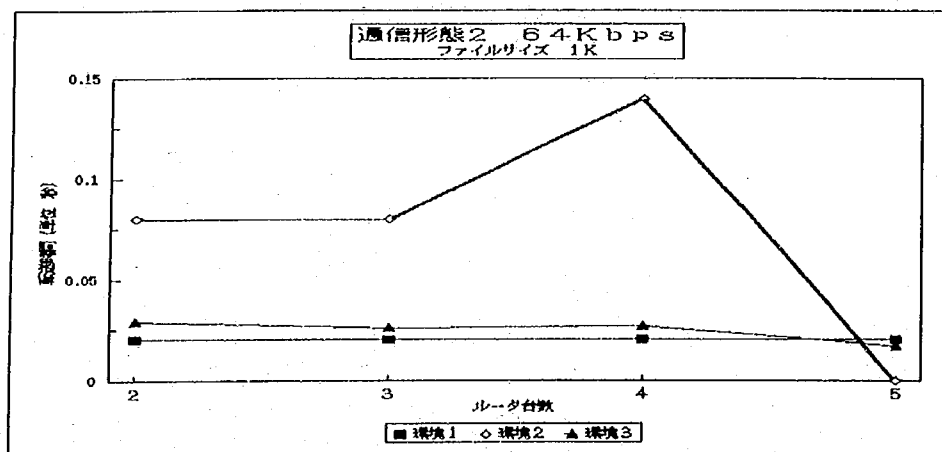


図- 6.16 通信形態 2 における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態2 64Kbps ファイルサイズ 10K	LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
			2	3	4	5
環境1	1	13	0.919	1.142	1.349	1.656
環境2	0	12	0.929	1.127	1.314	1.572
環境3	0	20	0.048	0.044	0.050	0.023

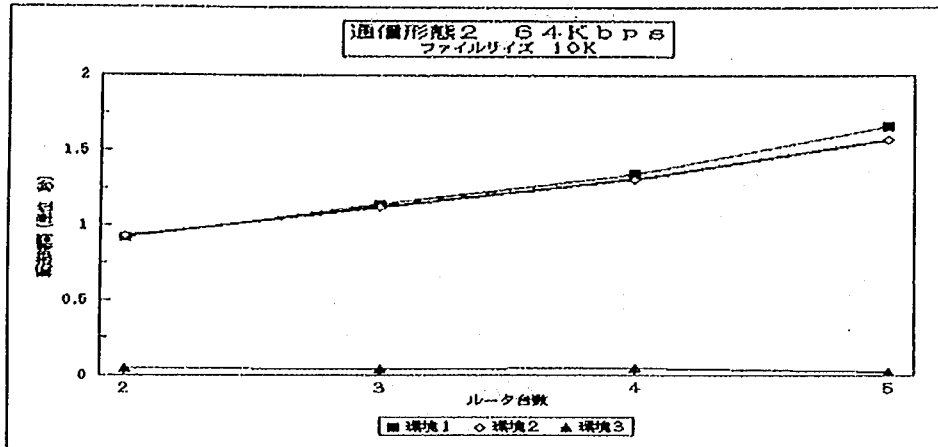


図- 6.17 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態2 64Kbps ファイルサイズ 100K	LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
			2	3	4	5
環境1	1	45	13.527	13.752	14.001	14.230
環境2	0	45	20.681	21.321	17.594	30.066
環境3	0	34	11.000	11.000	11.000	11.740

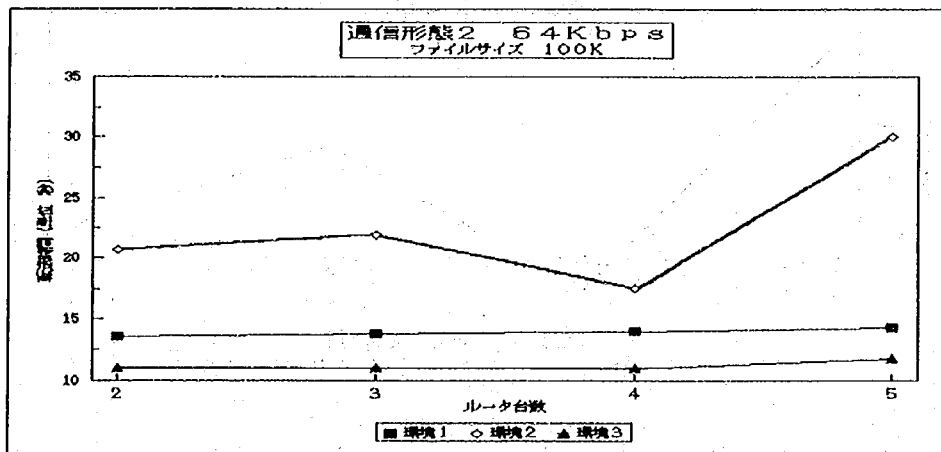


図- 6.18 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態2		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
384Kbps	ファイルサイズ 0.1K			2	3	4	5
環境1		0	0	0.020	0.020	0.020	0.020
環境2		0	0	0.200	0.000	0.100	0.050
環境3		0	0	0.025	0.021	0.030	0.017

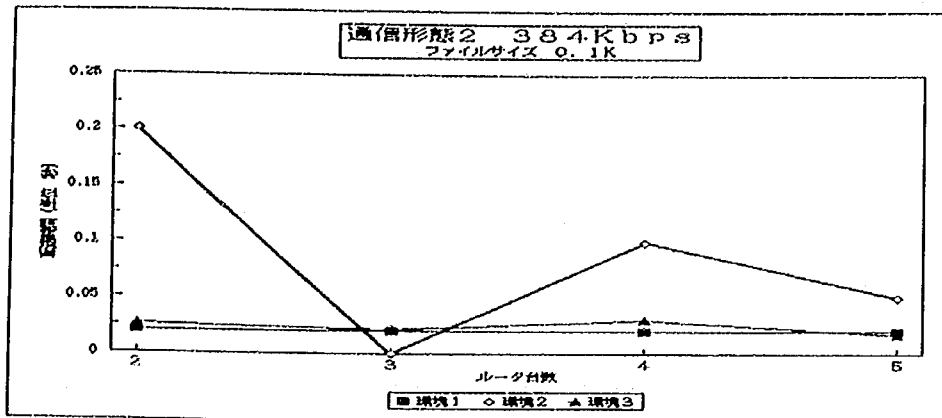


図- 6.19 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 0.1Kbyte)

通信形態2		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
384Kbps	ファイルサイズ 1K			2	3	4	5
環境1		1	0	0.030	0.030	0.030	0.030
環境2		1	0	0.220	0.000	0.130	0.060
環境3		1	0	0.020	0.024	0.018	0.020

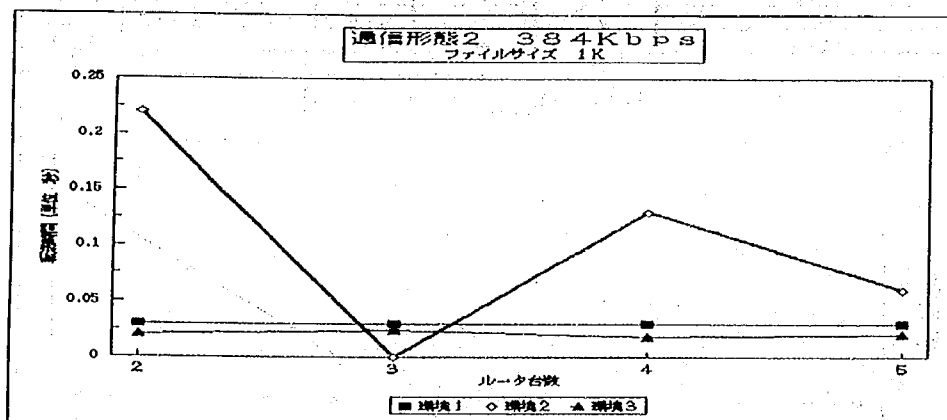


図- 6.20 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態2		384Kbps		転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
384Kbps	384Kbps	通信効率(%)	通信効率(%)	2	3	4	5
ファイルサイズ 10K							
環境1	2	1	0.174	0.223	0.201	0.340	
環境2	3	1	0.176	0.219	0.273	0.332	
環境3	3	3	0.048	0.038	0.049	0.027	

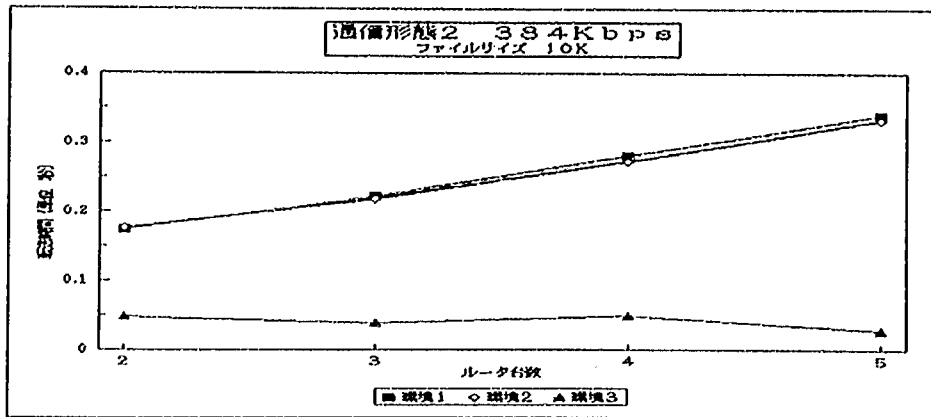


図- 6.21 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態2		LAN		WAN		転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
384Kbps	384Kbps	通信効率(%)	通信効率(%)	通信効率(%)	通信効率(%)	2	3	4	5
ファイルサイズ 100K									
環境1	6	16	2.275	2.325	2.397	2.455			
環境2	4	15	2.354	2.404	2.482	2.539			
環境3	4	15	1.900	1.900	2.000	2.000			

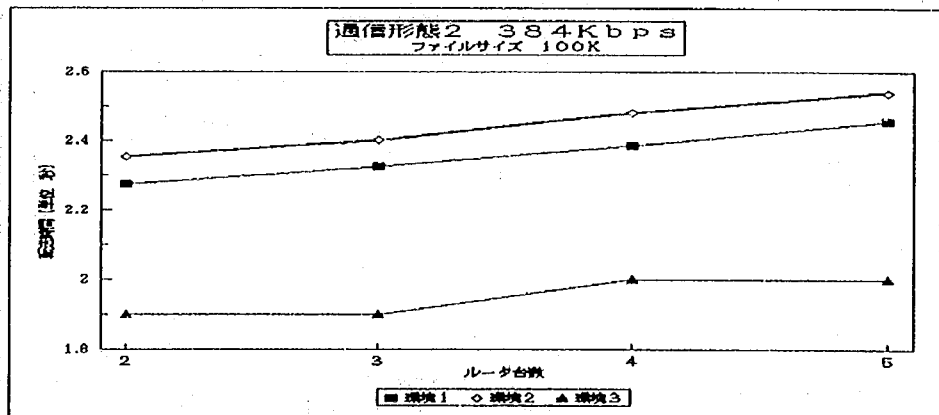


図- 6.22 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態2		LAN 通信効率(x)	WAN 通信効率(x)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)				
1. 5Mbps	ファイルサイズ 1K			2	3	4	5	
環境1		1	0	0.040	0.040	0.040	0.040	
環境2		1	0	0.156	0.353	0.052	0.240	
環境3		1	0	0.025	0.022	0.018	0.011	

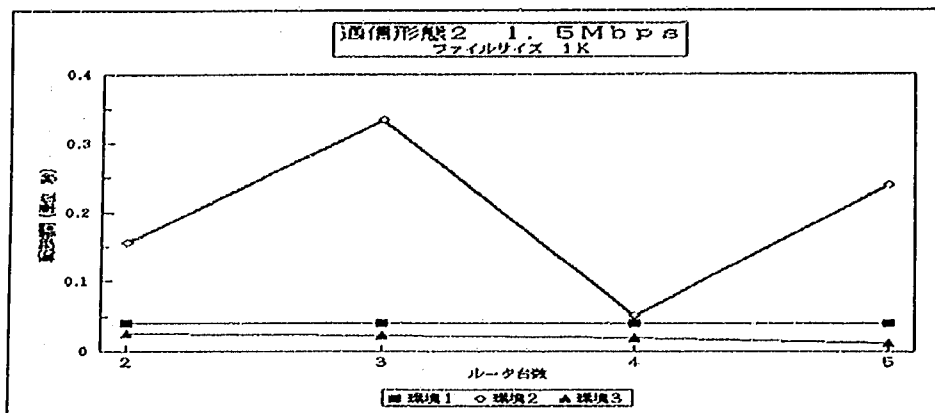


図- 6.23 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態2		LAN 通信効率(x)	WAN 通信効率(x)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)				
1. 5Mbps	ファイルサイズ 10K			2	3	4	5	
環境1		3	1	0.090	0.100	0.119	0.130	
環境2		4	0	0.070	0.089	0.111	0.128	
環境3		4	1	0.051	0.045	0.047	0.024	

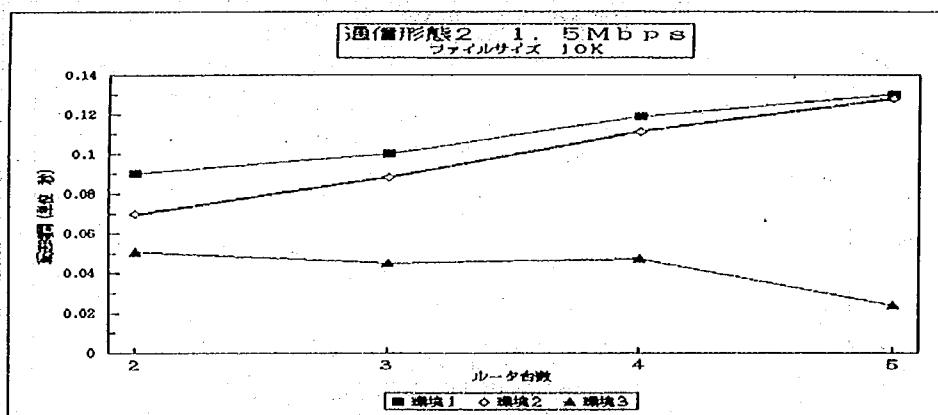


図- 6.24 通信形態2における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態2		LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 100K			2	3	4	5
環境1		13	6	0.924	0.916	0.941	0.984
環境2		16	8	0.643	0.678	0.777	0.904
環境3		15	1	0.520	0.546	0.570	0.500

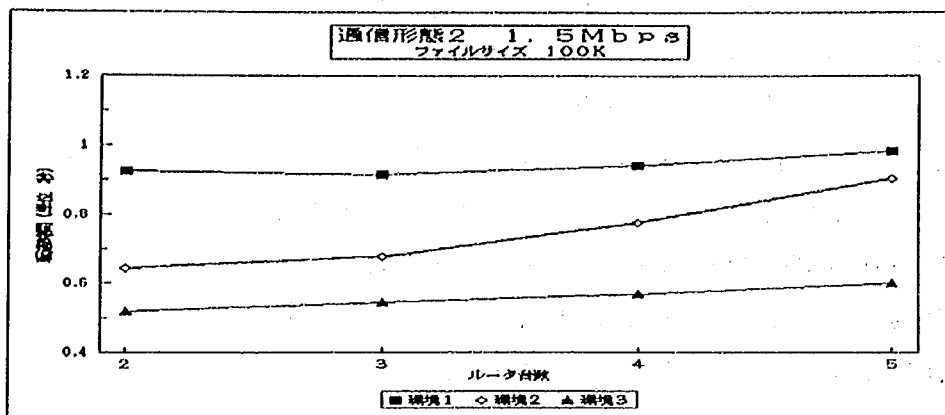


図- 6.25 通信形態2 における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 1.5Mbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態2		LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 1M			2	3	4	5
環境1		14	17	8.836	9.013	9.422	10.331
環境2		17	24	6.090	6.633	7.642	8.993
環境3		15	18	6.500	6.600	6.663	6.700

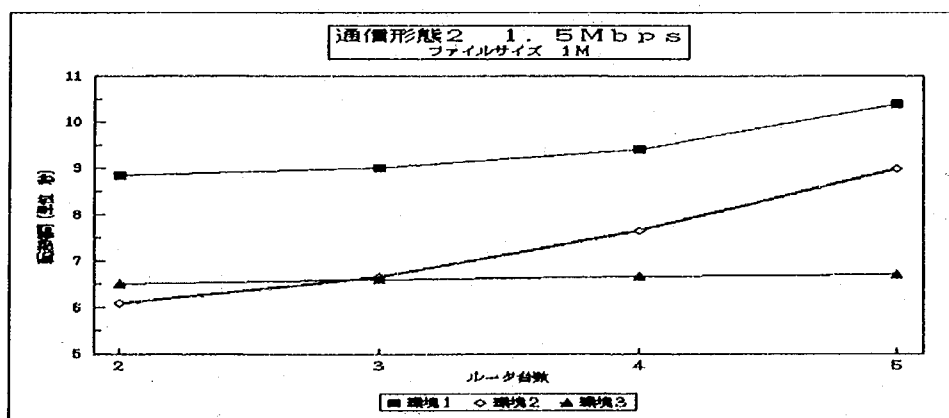


図- 6.26 通信形態2 における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 1.5Mbps ファイルサイズ 1Mbyte)

(3) 通信形態3

本通信形態は、通信形態1と比較して各端末が隣接の端末にもデータ転送を行っているため、ネットワーク上でのデータの衝突頻度を上げた加負荷実験とすることができる。

実験結果を図-6.27～6.38に示す。過負荷である（総トラフィック量としては、通信形態1の「4」に対して本通信形態は「10」であるため、ネットワーク上には2.5倍のデータ量が発生している）ため、端末1以外の複数の端末から端末1への転送に要する遅延時間は、通信形態1の場合と比較して大きくなると予想されたが、いずれの回線速度、ファイルサイズにおいても大きな差は認められない。

また、この時の隣接端末間でのデータ転送に要する遅延時間は、いずれも端末1以外の端末から端末1へのデータ転送に要する遅延時間とほとんど同じか同以下である。これは、端末1方向（上り方向）のトラフィックが反対方向（下り方向）のトラフィックよりも多く、渋滞が大きいためと考えられる。

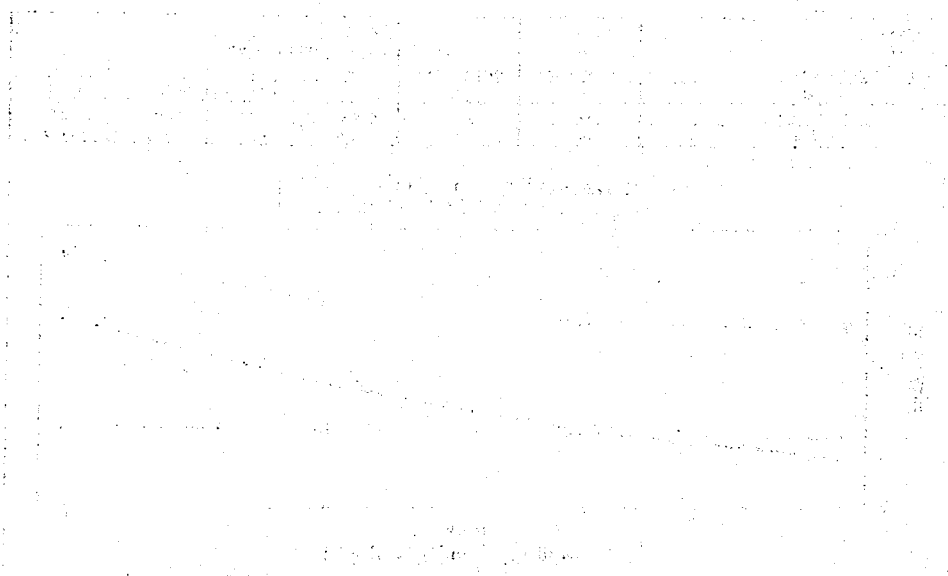


図-6.27 回線速度10Mbps、ファイルサイズ10KB、遅延時間（ms）

図-6.28 回線速度10Mbps、ファイルサイズ20KB、遅延時間（ms）

通信形態3		LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	平均伝送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
64Kbps ファイルサイズ 0.1K				2	3	4	5
環境1	1			10	0.030	0.000	0.000
環境2	1	12	0.000	0.000	0.000	0.000	
環境3	2	5	0.026	0.011	0.016	0.017	

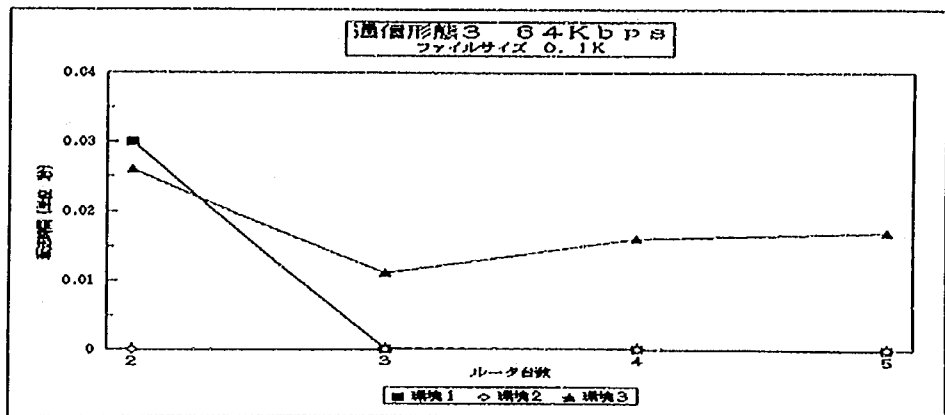


図- 6.27 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 0.1Kbyte)

通信形態3		LAN 通信効率(X)	WAN 通信効率(X)	平均伝送時間 (100回計測平均 単位: 秒)				
64Kbps ファイルサイズ 1K				2	3	4	5	
環境1		2	17	0.040	0.040	0.070	0.190	
環境2		1	20	0.000	0.010	0.010	0.010	
環境3		2	10	0.017	0.012	0.014	0.015	

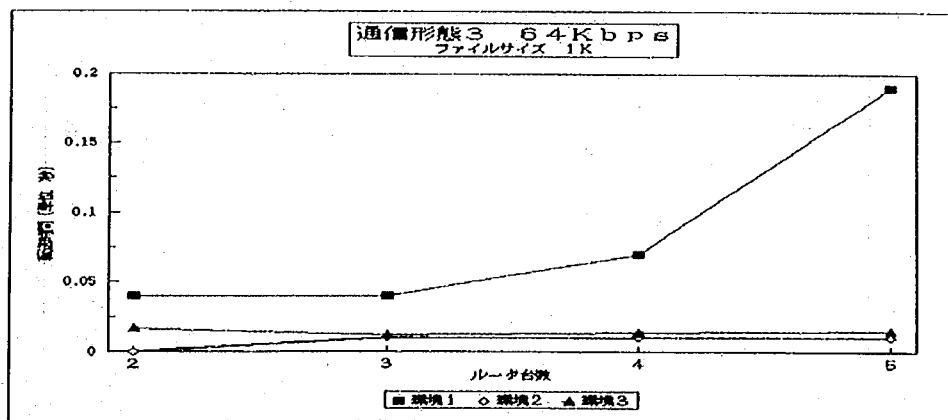


図- 6.28 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態3		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
64Kbps	ファイルサイズ 10K			2	3	4	5
環境1		2	43	0.923	2.010	1.443	2.453
環境2		3	54	1.205	1.754	1.995	1.990
環境3		4	48	0.923	0.913	0.923	0.923

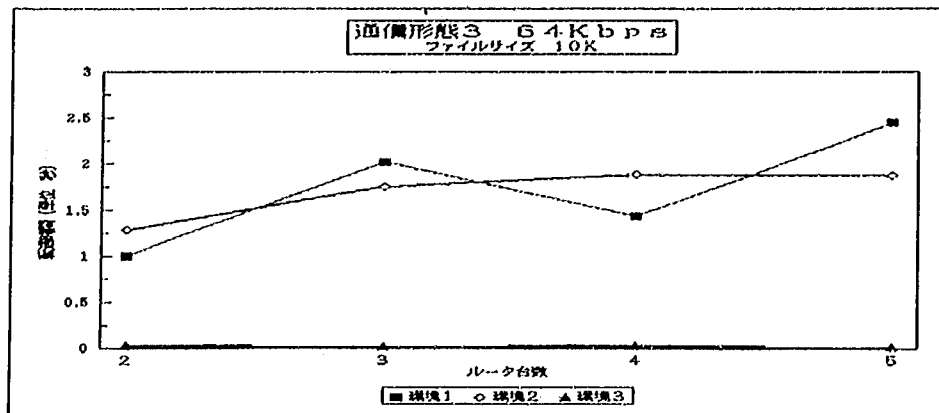


図- 6.29 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態3		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
64Kbps	ファイルサイズ 100K			2	3	4	5
環境1		4	57	27.756	29.887	45.804	47.273
環境2		4	74	48.270	55.427	57.254	49.912
環境3		10	71	11.000	44.250	27.041	29.532

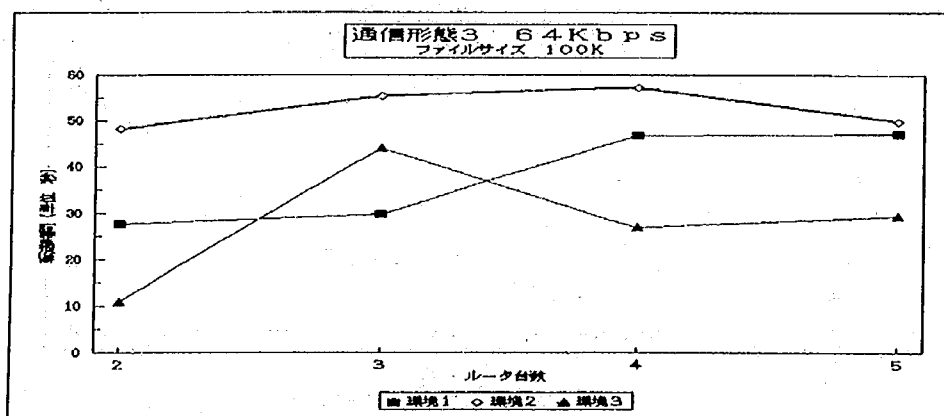


図- 6.30 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 64Kbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態3		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
384Kbps	ファイルサイズ 0.1K			2	3	4	5
環境1		1	1	0.020	0.220	0.000	0.000
環境2		1	2	0.000	0.010	0.000	0.000
環境3		3	1	0.013	0.010	0.010	0.012

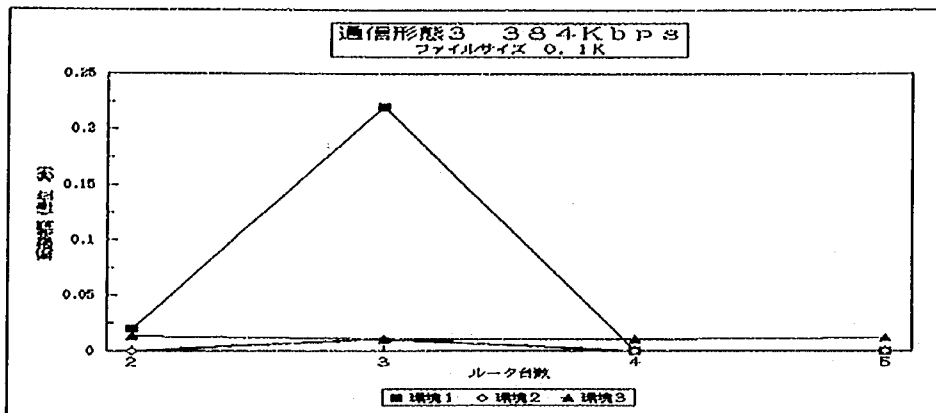


図- 6.31 通信形態3における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 0.1Kbyte)

通信形態3		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
384Kbps	ファイルサイズ 1K			2	3	4	5
環境1		2	3	0.050	0.040	0.030	0.180
環境2		2	2	0.000	0.000	0.010	0.000
環境3		4	2	0.016	0.010	0.013	0.012

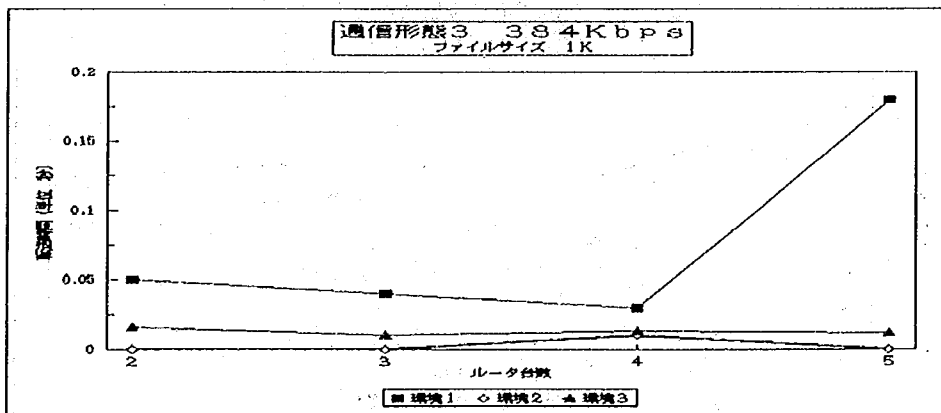


図- 6.32 通信形態3における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態3		384Kbps		転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
384Kbps		384Kbps					
ファイルサイズ 10K		通信効率(x)	通信効率(x)	2	3	4	5
環境1		7	12	0.197	0.272	0.369	0.375
環境2		8	7	0.249	0.253	0.378	0.355
環境3		11	9	0.032	0.013	0.052	0.016

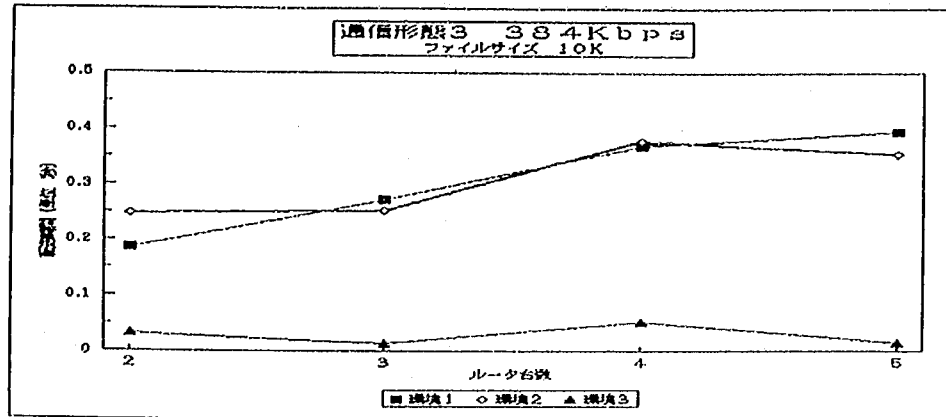


図- 6.33 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態3		LAN		転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
384Kbps		WAN					
ファイルサイズ 100K		通信効率(x)	通信効率(x)	2	3	4	5
環境1		13	43	3.417	4.647	6.651	5.291
環境2		17	63	10.632	7.427	9.090	7.900
環境3		20	44	1.900	3.627	3.077	6.856

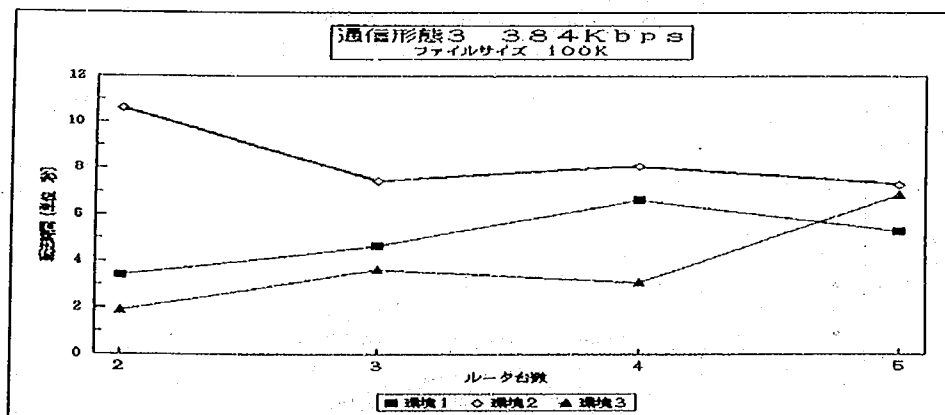


図- 6.34 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態3		LAN 通信効率(X)	WAN 通信効率(X)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 1K			2	3	4	5
環境1		2	1	0.020	0.050	0.040	0.120
環境2		3	1	0.000	0.000	0.000	0.000
環境3		4	1	0.023	0.022	0.061	0.030

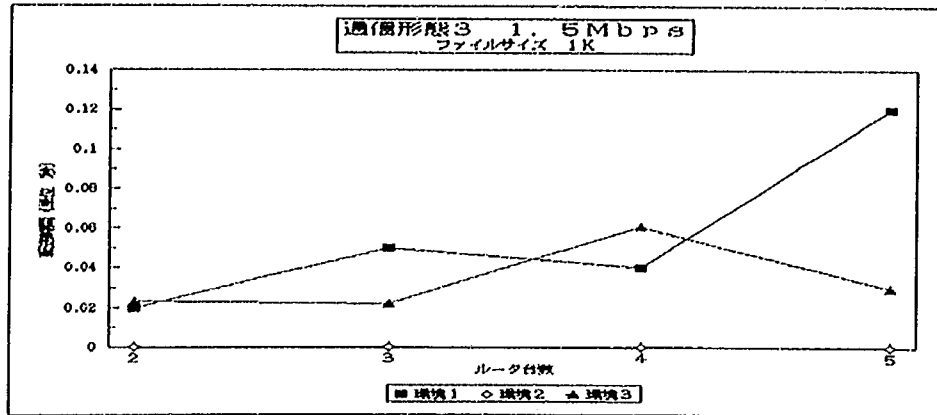


図- 6.35 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 1Kbyte)

通信形態3		LAN 通信効率(X)	WAN 通信効率(X)	転送時間 (100回計測平均 単位 秒)			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 10K			2	3	4	5
環境1		6	3	0.098	0.134	0.131	0.137
環境2		12	4	0.061	0.104	0.125	0.131
環境3		21	5	0.067	0.023	0.028	0.032

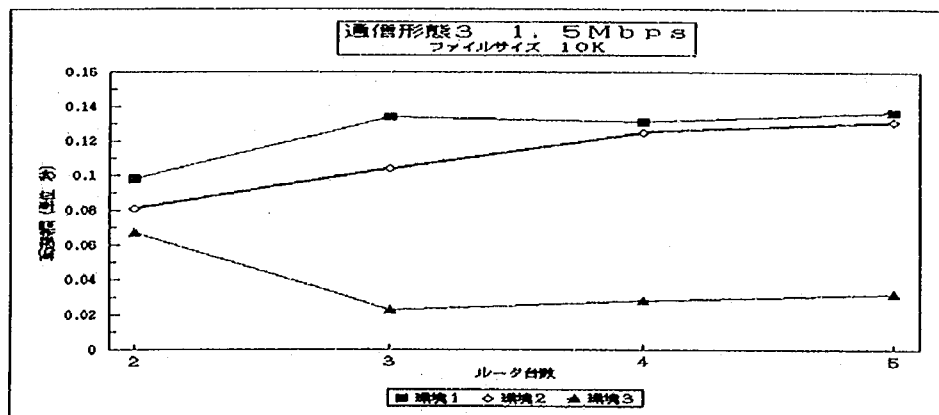


図- 6.36 通信形態3における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 10Kbyte)

通信形態3 1.5Mbps ファイルサイズ 100K	LAN 通信効率(x)	WAN 通信効率(x)	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
			2	3	4	5
環境1	18	16	1.880	1.959	1.684	1.876
環境2	36	22	1.013	1.221	1.637	1.201
環境3	50	16	0.695	0.903	1.054	1.345

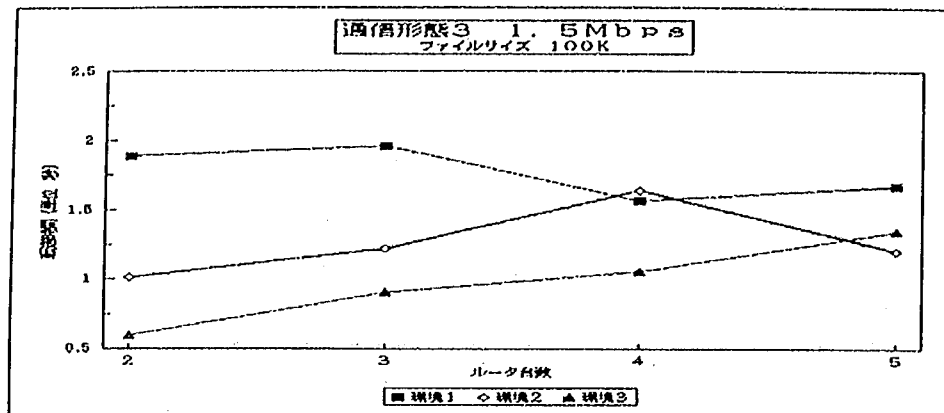


図- 6.37 通信形態3における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 1.5Mbps ファイルサイズ 100Kbyte)

通信形態3 1.5Mbps ファイルサイズ 1M	LAN 通信効率(x)	WAN 通信効率(x)	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
			2	3	4	5
環境1	17	37	25.343	36.875	36.426	25.624
環境2	36	40	15.754	15.077	18.843	19.792
環境3	53	37	8.201	17.043	19.313	31.074

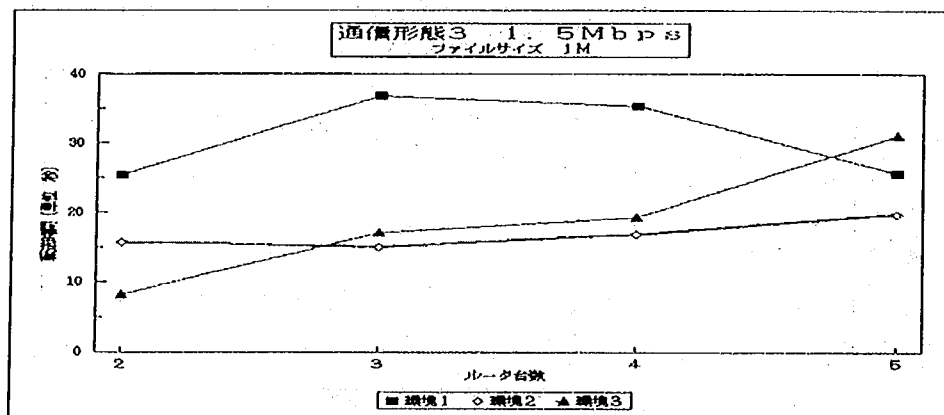


図- 6.38 通信形態3における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 1.5Mbps ファイルサイズ 1Mbyte)

(4) 通信形態4

本通信形態は、WAN 回線速度を384Kbps、1.5Mbpsとし、同一ネットワーク上において河川情報・道路交通情報システム及びレーダ雨量計システムのデータ転送を行うことを想定して行ったものである。河川情報・道路交通情報システムにおいて5分周期でデータ転送を行うことは一般的には無いと考えられるが、現在のレーダ雨量計システムが5分周期でデータ転送を行っているため、正時・定時にはトラフィックが増加すると予想され最悪の場合を想定してこのような形態をとった。

実験結果を図-6.39～6.42に示す。端末1から各端末への200Kbyteのデータ転送に要する遅延時間は、端末2～4にかけての差は少ないが、端末5に対しては遅延時間が約3～37%位増加している。

各端末間における20Kbyteのデータ転送に要する遅延時間は、200Kbyteのデータ転送に要する遅延時間以内である。

通信形態4		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
384Kbps	ファイルサイズ 20K			2	3	4	5
環境1		7	15	0.449	0.524	0.648	0.704
環境2		6	19	0.627	0.906	1.114	0.702
環境3		10	16	0.005	0.006	0.006	0.005

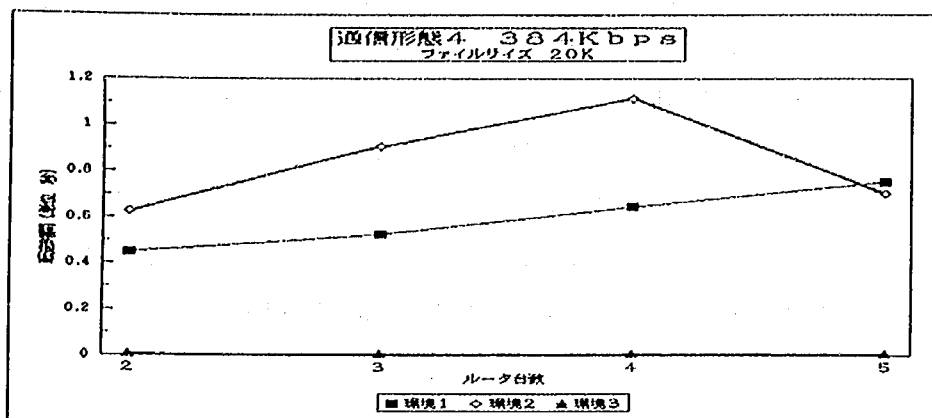


図- 6.39 通信形態4における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 20Kbyte)

通信形態4		LAN	WAN	転送時間 (100回計測平均 単位: 秒)			
384Kbps	ファイルサイズ 200K			2	3	4	5
環境1		7	15	4.614	4.662	4.604	8.531
環境2		6	19	5.276	4.683	4.956	5.411
環境3		10	16	4.300	4.400	4.445	6.164

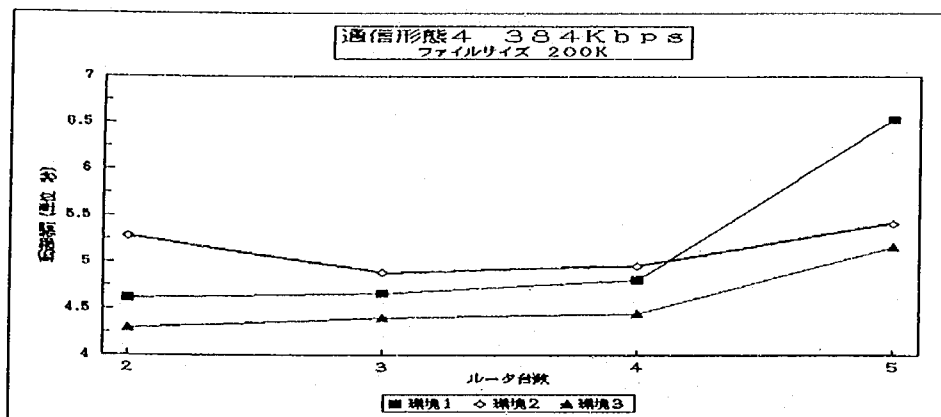


図- 6.40 通信形態4における通信効率とファイル転送時間

(回線速度 384Kbps ファイルサイズ 200Kbyte)

通信形態4		LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 20K			2	3	4	5
環境1		14	7	0.271	0.243	0.314	0.230
環境2		10	10	0.207	0.210	0.233	0.233
環境3		22	7	0.007	0.007	0.006	0.006

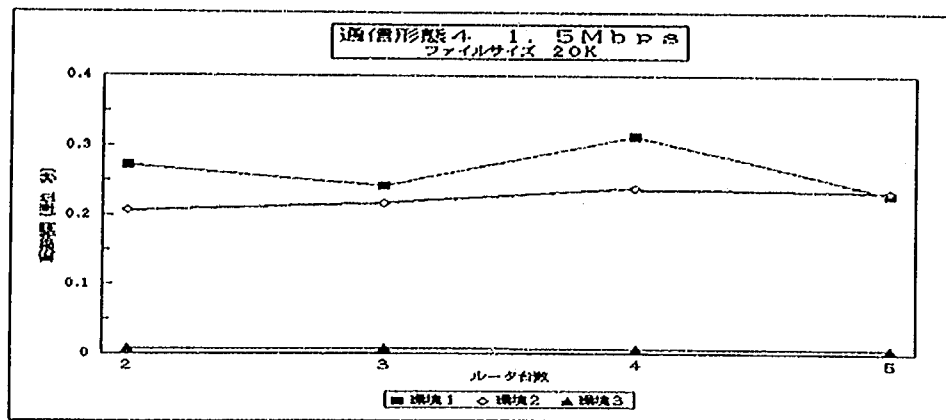


図- 6.41 通信形態4における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 20Kbyte)

通信形態4		LAN 通信効率(%)	WAN 通信効率(%)	転送時間 (100回計測平均) 単位: 秒			
1. 5Mbps	ファイルサイズ 200K			2	3	4	5
環境1		14	7	1.790	1.737	1.849	2.534
環境2		10	10	1.640	1.454	1.618	2.065
環境3		22	7	1.200	1.200	1.257	1.304

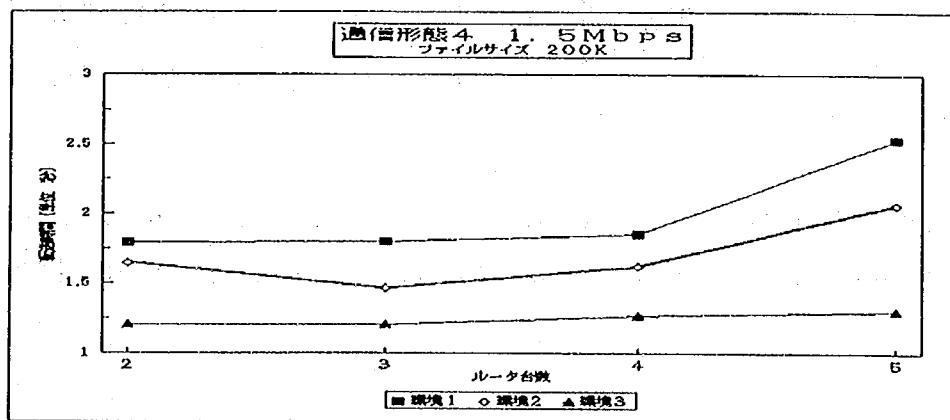


図- 6.42 通信形態4における通信効率とファイル転送時間
(回線速度 1. 5Mbps ファイルサイズ 200Kbyte)

6.1.5 考 察

(1) 通信形態1と通信形態2の比較

通信形態1では複数の局より一箇所の局にデータ転送するため、ネットワーク上にトラフィックが集中し、データの衝突が発生するのに対し、通信形態2では端末1がファイル転送するタイミングを制御しているため衝突は発生しない。

この両者について、WAN 回線速度とファイルサイズによる遅延時間の関係を整理すると表-6.3のとおりとなる。(平均的な遅延時間は環境1の値を採用した。)

表- 6.3 WAN回線速度とファイルサイズによる遅延時間の関係

WAN 回線速度	ファイルサイズ	平均的な遅延時間(s)		遅延比率 (通信形態1 /通信形態2)
		通信形態1	通信形態2	
6 4 Kbps	1 0 Kbyte	1. 6 4 8	1. 2 6 9	約1. 3 倍
	1 0 0 Kbyte	4 6. 3 7 1	1 3. 8 5 0	約3. 3 倍
3 8 4 Kbps	1 0 Kbyte	0. 2 9 6	0. 2 5 5	約1. 2 倍
	1 0 0 Kbyte	3. 0 1 4	2. 3 6 1	約1. 3 倍
1. 5 Mbps	1 0 Kbyte	0. 1 2 3	0. 1 1 0	約1. 1 倍
	1 0 0 Kbyte	1. 5 2 4	0. 9 4 1	約1. 6 倍
	1 Mbyte	2 7. 2 8 8	9. 4 1 6	約2. 9 倍

表-6.3より、WAN 回線速度が6 4 Kbpsで1 0 0 Kbyte 以上、1. 5 Mbpsで1 Mbyte 以上のファイルサイズのデータを転送する場合には、データの衝突の影響で遅延時間が著しく大きくなり、運用上問題が生じられる。

(2) 通信形態1と通信形態3の比較

6.1.4 (3) でも記述したとおり大きな遅延時間の差は認められない。

参考に、WAN 回線速度とファイルサイズによる遅延時間の関係を整理すると表-6.4のとおりとなる。(平均的な遅延時間は、環境1の値を採用した。ただし、異常値は除外した。)

表- 6.4 WAN回線速度とファイルサイズによる遅延時間の関係

WAN 回線速度	ファイルサイズ	平均的な遅延時間(s)		遅延比率 (通信形態3 /通信形態1)
		通信形態3	通信形態1	
6 4 Kbps	1 0 Kbyte	1. 7 2 8	1. 6 4 8	約1. 0 倍
	1 0 0 Kbyte	4 7. 0 3 9	4 6. 3 7 1	約1. 0 倍
3 8 4 Kbps	1 0 Kbyte	0. 3 1 1	0. 2 9 6	約1. 0 倍
	1 0 0 Kbyte	5. 0 0 2	3. 0 1 4	約1. 7 倍
1. 5 Mbps	1 0 Kbyte	0. 1 2 5	0. 1 2 3	約1. 0 倍
	1 0 0 Kbyte	1. 7 7 1	1. 5 2 4	約1. 2 倍
	1 Mbyte	3 0. 8 1 7	2 7. 2 8 8	約1. 1 倍

(3) 通信形態4と通信形態3の比較

通信形態4では、端末1から他の端末に転送するデータのファイルサイズは2 0 0 Kbyte、端末1以外の端末から端末1及び隣接の端末に伝送するデータのファイルサイズは2 0 Kbyte であるのに対し、通信形態3では伝送するデータのファイルサイズは全て同じである。似ているデータサイズでのデータ伝送に要する遅延時間の関係を整理すると表-6.5のとおりとなる。

表- 6.5 WAN回線速度とファイルサイズによる遅延時間の関係

WAN 回線速度	ファイルサイズ	平均的な遅延時間(s)	
		通信形態4	通信形態3
3 8 4 Kbps	2 0 0 Kbyte	5. 1 5 3	—
	1 0 0 Kbyte	—	5. 0 0 2
1. 5 Mbps	2 0 0 Kbyte	1. 9 9 3	—
	1 0 0 Kbyte	—	1. 7 7 1

表-6.5においてファイルサイズの違いを考慮すると、遅延時間の差はほとんど無いと考えられるのため、各WAN 回線上でそれぞれのデータ転送を行っても遅延時間は、問題にならないと思われる。

6.2 評 価

6.2.1 理論値による遅延算出式

ネットワークを図-6.43 のように簡易化して考え、一方向遅延時間、すなわち、発信側からメッセージを送信し、各中間ノードを通過して宛先まで到着する時間として以下の算出式を作成した。

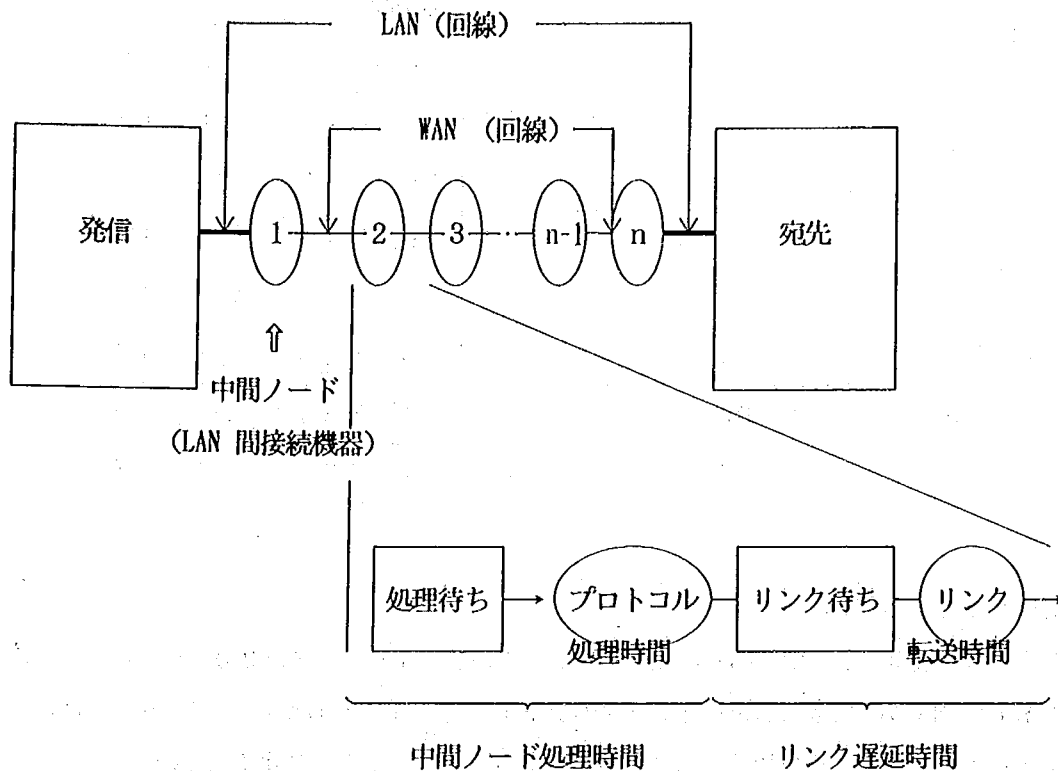


図- 6.43 遅延時間

(1) 中間ノード（ルータ）処理時間

中間ノード（ルータ）処理時間とは、中間ノードでのプロトコル処理にかかる時間である。多段中継では、各中間ノードでのトラフィック負荷と処理能力に依存するが、実際には利用できるWAN 回線速度がLAN やルータ処理に比べ低速であり、WAN 部分がボトルネックとなることから、最初のパケットが中間ノードに到着してから送信する為、各中間ノードでの逐次1パケット分のプロトコル処理時間と、最後の1パケット分のプロトコル処理時間で表せる。

1パケット分のノード処理時間は、

$$\text{中間ノード処理時間(sec)} = N \times (1(\text{packet}) / \text{ルータ処理能力(pps:packet per second)})$$

N : 中間ノード数を表す。

(2) リンク遅延時間

ある中間ノードでパケットを送る準備ができてから、そのパケットの最初のビットを送り出すまでの時間とそのパケットの最初のビットが次の中間ノード（次のホップと呼ぶ）に届いてから最後のビットが届くまでの時間である。つまり、送る準備ができたとしても送出リンクが使用中であることもあり、その場合は、リンクが空き、そのパケットの送信の順番が来るまでは送信バッファで待たなければならない（リンク処理待ち時間）。これは、リンクの利用率、言い換えればトラフィック量に依存する。また、最初のビットから最後のビットが届くまでの時間は、リンクの容量とパケット・サイズによる（リンク処理時間）。リンク遅延時間も図-6.43 のネットワークを使うと、利用できるWAN 回線速度がLAN に比べ低速であり、WAN 回線部分がボトルネックとなることから、LAN/WAN 遅延時間に分ける。

① LAN 遅延時間

図-6.43 のネットワークより、LAN 伝送路は、発信側と中間ノード1の間、中間ノードnと宛先側の間であり、LAN 遅延時間は、最初のパケットが、中間ノード1に到着するまでにかかる1パケット伝送時間と、最後のパケットが、中間ノードnから宛先側に到着するまでにかかる1パケット伝送時間で表せる。

$$\text{LAN 遅延時間(sec)} = (1 \text{パケット(Byte)} \times 8 / (\text{リンク容量(bps)} \times \text{通信効率}(\%) / 100)) \times 2$$

② WAN 遅延時間

図-6.43 のネットワークより、WAN 伝送路は中間ノード1から中間ノードnとの間にある伝送路である。

WAN 遅延時間はLAN 遅延時間と同等な考え方で良いが、WAN 回線速度はLAN に比べ低速であることから、WAN 遅延時間は、ネットワーク全体に掛かる遅延時間に占める割合が大きいことになり、以下のWAN 遅延時間で表せる。

$$\begin{aligned} \text{WAN 遅延時間(sec)} = & (1 \text{パケット(Byte)} \times 8 / (\text{リンク容量(bps)} \times \text{通信効率}(\%) / 100)) \times (N-2) \\ & + 1 \text{パケット(Byte)} \times 8 / (\text{リンク容量(bps)} \times \text{通信効率}(\%) / 100)) \times P \end{aligned}$$

N : 中間ノード数を表す。

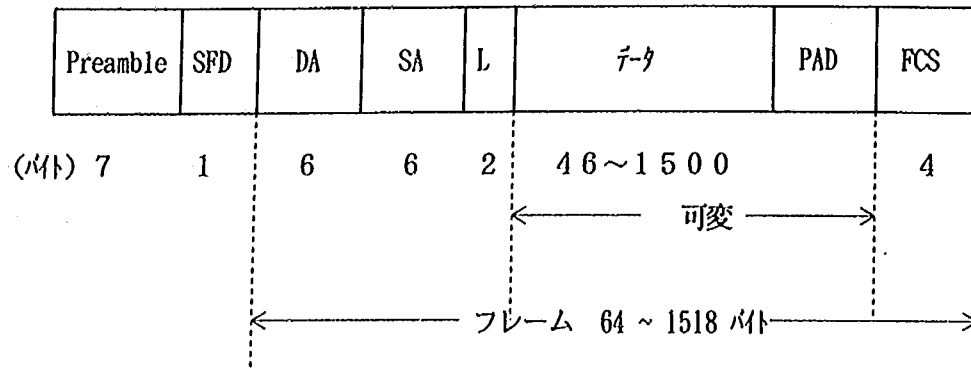
P : 全パケット数を表す。

ここで使用される「通信効率」とは、単位時間あたり実際に回線上でやりとりされるデータ量に対するアプリケーションレベルのデータ量の割合を示す。すなわち、図-6.44 の伝送フォーマットで示したように、データを送信する際には、必ずヘッダーが付加されている。また、アプリケーションレベルのデータ以外に、通信プロトコル各層においてデータ伝送の確認や再送要求、オーバフロー制御といった目的とするデータ伝

送以外の送受が行われている。

このように、目的とするデータ量は、通常リンク容量を100%利用できない。

IEEE802.3



- Preamble 同期を確立するために使用する
- SFD(Start Frame Delimiter) フレーム開始デリミタ
- DA (Destination Address) 宛て先アドレス。ブロードキャストの場合は"FFFFFF"
- SA (Source Address) 送信元アドレス
- L (Length) データ長。(0 ~ 1500バイト)
- PAD 最小データ長に足りない時に足す
- FCS(Frame Check Sequence)..... フレーム検査シーケンス

図- 6.44 伝送フォーマット

(3) 伝搬時間

発信側からパケットを送り始めてから宛先に最初のビットが到着するまでの時間である。これは、純粋に電気信号の速度と発信側から宛先までの距離で決まるものである。

(1) ~ (3) より遅延時間を下式のように表した。

$$\begin{aligned} \text{遅延時間(sec)} &= \text{ノード処理時間} + \text{LAN 遅延時間} + \text{WAN 遅延時間} + \text{伝搬時間} \\ &\approx \text{ノード処理時間} + \text{LAN 遅延時間} + \text{WAN 遅延時間} \end{aligned}$$

の式が成り立つ。

※ 伝搬時間は、極僅かな時間であるため、算出式の項目より省いた。

※ ここでは、各LAN/WAN、各中間ノードともに同じスピード、処理能力を持つと仮定している。

(4) トラフィック

今回の実験で使用したデータ・フレーム長は、512バイト長のTCP/IP標準サイズである。通常、LANのEthernetは30%のトラフィックで危険な状態になると言われているが、データ・フレーム長（64～1514バイト）と回線使用率の関係をグラフに示したのが図-6.45である。大きなデータ・フレームサイズのほうが効率よく送信できることが読みとれる。

トラフィックとは1秒間に何ビット送信したかを百分率で示した目安であり、トラフィック量だけで危険度を判断することはできない。図-6.45における各データ・フレーム長における最大スループットは、60バイトで約25%、1514バイトで87%となり、これらの値を越えるとキャリア検知機能およびコリジョン検知機能が失われ、ネットワークが飽和する状況となる。これらは、以下の式により求められた。

$$E(\%) = 80P / (0.8P + T) \quad \dots \text{スループット算出式}$$

P : データ・フレーム長 (バイト)

T : フレーム間隔 (μs)

E : 最大スループット値 (%)

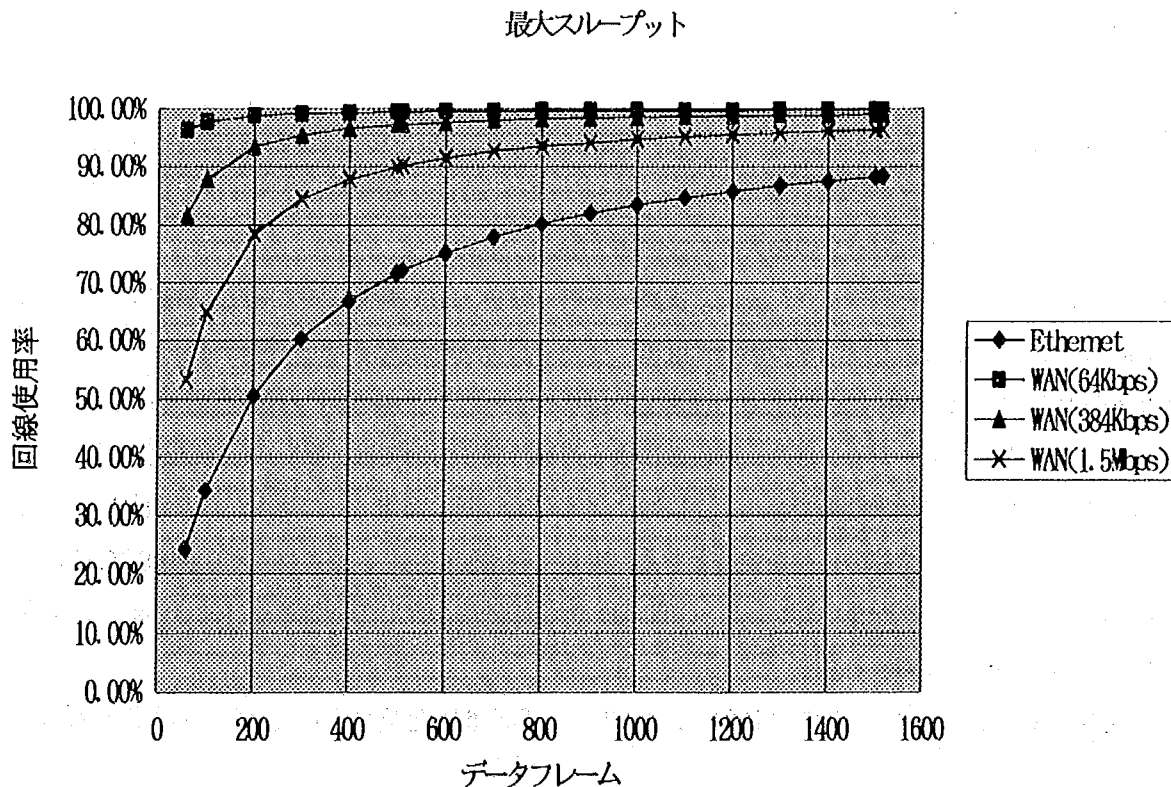


図- 6.45 データ・フレーム長に対する最大スループット

6.2.2 理論値と実測値

ネットワーク設計に関する基礎的資料を得るため、平成5年度には遅延時間算出式を定義した。平成6年度は、その算出式を検証するため、定量的な実験を行った。遅延時間の算出方法は前述したとおりであるが、今回の定量的実験においては、FTP コマンドを使用し、ENDtoENDの処理も踏まえて行った。

(1) FTP

FTP の概要・問題点については、前述したとおりである。転送に要する遅延時間は、ファイル転送するデータ数、パケット数の少ない場合には、物理ドライバにデータを渡した時間となるため、実データ通信時間より小さな値となってしまう。特に、今回は、FTP の「PUT コマンド」を使用したため、データサイズが小さい転送では、その傾向が顕著に現れている(0.1K, 1K 転送時間)。これを解決するために、FTP の「GET コマンド」を使用する方法もあるが、この場合には、逆にデータサイズが大きいものに関して、端末側のスワップ処理、端末のCPU 性能などの問題が発生することになる。「PUT コマンド」を使用する場合でも、データ数、パケット数が増えてくると、実際に相手端末側までデータが転送されないと次のデータをFTP から受け取ることができないため、転送に要する遅延時間は実際の通信時間に近い値をとるといえる。

(2) 理論値との比較

遅延時間を作り出すものとして、ルータ段数(中間ノード数)、データの衝突、転送データサイズ、回線速度、端末の処理速度などが挙げられる。ここでは、今回の実験により判明したルータ段数(中間ノード数)、データ発生量によるデータの衝突について述べる。

他の端末からのデータとのコリージョン(衝突)が無い場合、ルータ段数による遅延時間については全体の遅延に比べ極わずかであり、端末の処理速度により理論値を挟む傾向にある(図-6.46)。したがって、理論値を基準に考えた場合には、端末の処理速度によりチューニングが必要になると思われる。

さらに、データのコリージョンとルータ段数による遅延時間については、WAN の回線速度、データ発生量(端末数に比例する)の相乗効果で、ルータ段数による遅延時間は図-6.46 に比べかなり顕著に現れてくる(図-6.47)。これは、全体の負荷を均一と考え算出した理論値に対し、実際はWAN の回線部分(ルータ2～5の間)にトラフィックが集中し、LAN (10Mbps)の伝送効率がWAN の回線速度(384Kbps)に引きずられて低下するためと考えられる。

以上より、ネットワークにおける全体的な遅延時間は、WAN 回線速度により決定されると思われる。

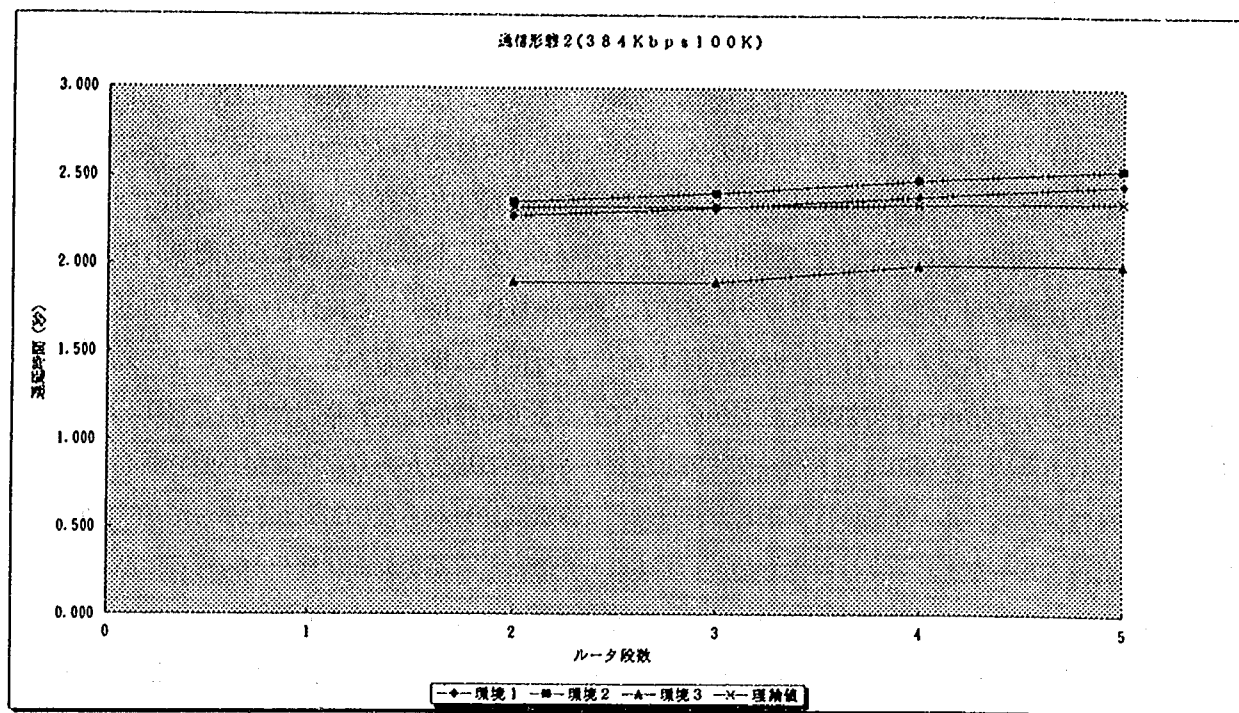


図- 6.46 ルータ段数による遅延

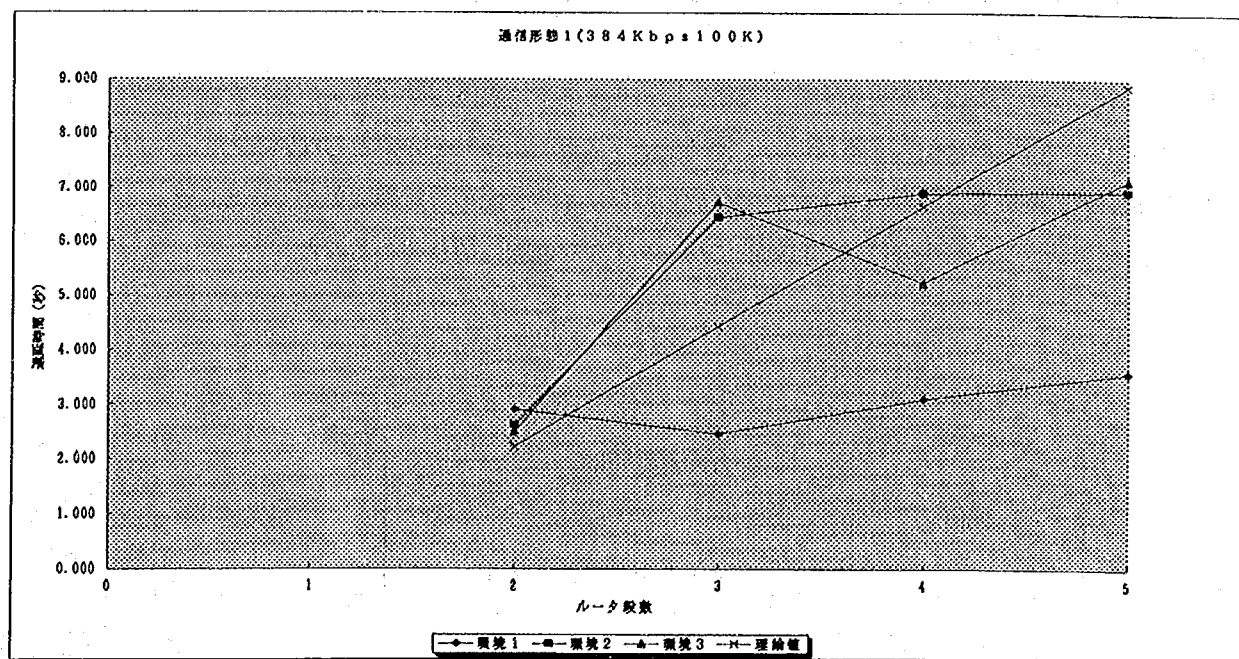


図- 6.47 データの衝突による遅延

6.2.3 実ネットワークとの関連

ユーザが遠隔地のコンピュータを利用する場合は勿論のこと、コンピュータ間通信においても定められたレスポンスを確保する必要がある。伝送速度の低い回線を用いて大量のデータ通信を行うことによりネットワークが正常に機能しなくなることを防ぐため、遅延時間を評価尺度とするネットワーク設計についての基礎資料を得るための調査をしたが、遅延時間は、メッセージやパケットの送信に要する時間であり、一方向遅延時間と往復遅延時間（ラウンドトリップ・タイム：Round-trip time）とに分けられる（図-6.48）。後者は応答時間（レスポンス・タイム：Response time）と呼ばれる場合もあるが、コンピュータ用語では一般にメッセージが受信ホストで処理されてから戻ってくるまでの時間を応答時間と呼んでおり、ホスト処理時間も含まれるため、狭義のネットワーク遅延とは異なっている場合があり、注意が必要である。

今回の実験結果から、ルータの処理による遅延は特に大きな問題にならないことがわかった（6.1.4（2）より）。これは、ルータをさらに7段まで接続して実験した際にも、その傾向に変化がみられ無かった事から明らかである。また、ルータの段数が増え、ファイルサイズが大きくなったとしても、ルータ側のバッファ容量に余裕がある限り、ルータ内でのパケットの取りこぼしはないこともわかった。これは、環境2のルータのメモリを4 Mbyte、8 Mbyteの双方で測定しても差異が認められなかったことから明らかである。今回使用したファイルサイズのデータを転送した場合、それを受け取る端末側の処理時間に大きな時間を要し、ルータの遅延時間が吸収された形となっている。

ルータはいまや一般コンピュータ機器並に普及しつつあり、その性能については、どの環境も特別な差異はないと思われる。性能よりむしろ必要なものは、運用管理上の機能であると思われる。

具体的には以下の機能が必要と考えられる。

- ① 運用中にルータの設定変更を実施する場合に、ルータ本体の再起動（リブート）が必要ないこと。
- ② 各サイトでは電源を投入するだけで、特別なインストール作業を必要としないこと。
- ③ 構成定義を変更する場合、センターで作成したファイルを配布し定義変更ができること。
- ④ 専用線がダウンした場合には、自動的にバックアップ回線に切り替わること。

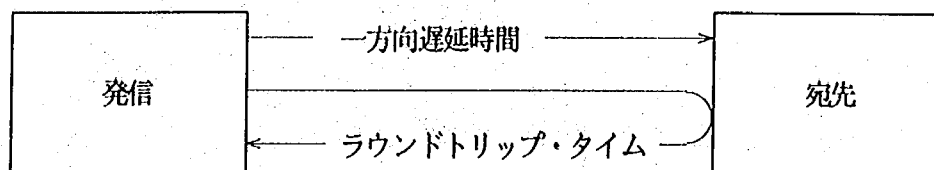


図- 6.48 遅延時間の分類

6.3 ま と め

「6.1 実験」及び「6.2 評価」より、10Kbyte程度のデータを伝送している現在の河川情報システム・道路交通情報システムにおいては、回線速度64Kbpsの回線を用いてWANを構成しても遅延時間が特に大きな問題となることは無いと思われる。しかし、将来的なシステムの増加やトラフィックの増加に対応していくことも考慮すると、現在の専用線方式を1本の64Kbpsの回線に集約するよりも、専用線方式の回線を束ねてネットワークを構築するほうがより望ましいと思われる。

例えば、レーダ雨量計システムのデータを同一のネットワークで扱う場合、ネットワーク上に流れるデータは次のようになる。現在のレーダ雨量計システムのほとんどは、3kmメッシュのRRデータ及び定性画面・定量画面データを配信しており、そのデータ量は2～3サイト分で約40～60Kbyteである。将来的にレーダ雨量計システムが1.5kmメッシュのRRデータのみを配信する場合、1サイト当たりのデータ量は約50Kbyteであるため、4サイトで200Kbyteとなる。

また、現在建設省においては各種のデータベースが整備されており、CALS等、データベース間の連携も考慮する必要が出て来ると考えられる。

現在の情報通信システムのデータ量（レーダ雨量計システムを含む）は、ネットワークが正常に機能している場合、384Kbps程度のWAN回線上で一緒に扱っても遅延の問題は特に生じないと思われるが、将来的にはデータ量の増加が見込まれることを考慮すると、現在情報通信に使用している容量をなるべく削減しない方向で回線の集約をはかり、ネットワークを構築することが良いと思われる。現在情報通信用に利用している回線の集約については、中国地方建設局を例に後述する。

ただし、回線を集約した場合には、ネットワークに障害が発生した場合の影響が増大し、また、十分な対策を行なうことには、採り得る手段の数が限られてくる、コストが上昇する、等の問題がある事には注意が必要である。

7. ネットワーク設計

7.1 概要

LAN 間接続によるデータ通信網を構築する際には、新たなネットワークポロジを採用し、現行の問題を軽減しなければならない。本項では、河川情報システム、道路交通情報システムに適したLAN 間接続網のネットワーク構成（案）として中国地方建設局をモデルに、次の観点から検討を行った。

- (1) 遅延時間：LAN 間接続による遅延時間を算出し、専用線によるデータ通信の遅延時間と比較する。
- (2) 可用性：論理パスと物理パスが等しいという条件の下で、採り得る迂回路数を尺度とする。但し、実際にはコストの制約から可用性を向上させるために中継局を新設することは少なく、主ルートの回線構成上必要な局を有効利用して迂回路構成を行っていることに注意すべきである。
- (3) 回線利用率：運ばれるデータ量／（チャンネル容量×スパン数）を評価尺度とする。
- (4) 物理回線の複雑さ（運用性、ネットワーク構築の容易性、コスト、管理労力）：通常1本の論理パスは複数のスパン（局間回線）を経由して成り立っており、LAN 間接続の運用性等は、論理パス数より、この物理的な側面に依存する（図-7.1）。例えば、物理回線の制約によりスター状回線はリング状よりも複雑な物理的回線構成となる（なお、論理的な管理の複雑さは除いている）。

ここでは、物理回線の複雑さの評価尺度として下式を仮定した。

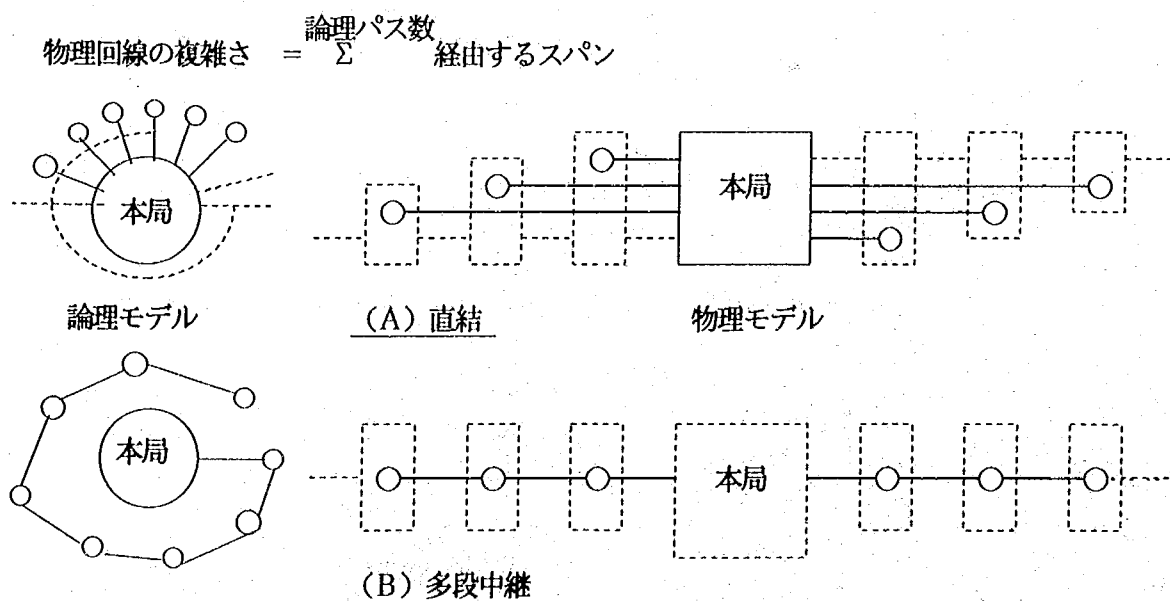


図-7.1 本局-事務所間の接続

現在、主ルートに対する迂回ルートは物理的な二重化対策を採っているため、直結されたスター状となっており（図-7.2）、次に挙げる問題点を有する。

- (1) 迂回ルートは100%予備のルートであり、主ルート正常時は利用されておらず、輸送されるデータ量に比して回線利用率が低い。
- (2) 迂回ルートは、危険分散を図るため、主ルートとは異なる中継点を通過させる。このため、常に物理ルートを意識したネットワーク設計を行う必要がある。
- (3) 上記2点より、信頼度を向上させるためには物理回線を追加する必要性があり、コストや管理労力が増大する。

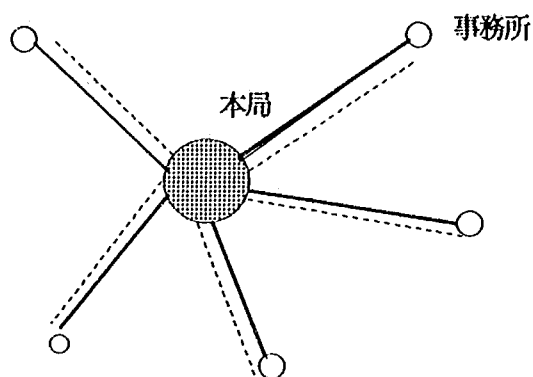


図- 7.2 迂回ルート

LAN 間接続網に適用するトポロジーとして、前年度は、スター状トポロジーについて検討したが、本年度は、従来の水平ルートを利用したリング状トポロジーについて検討した（図-7.3）。

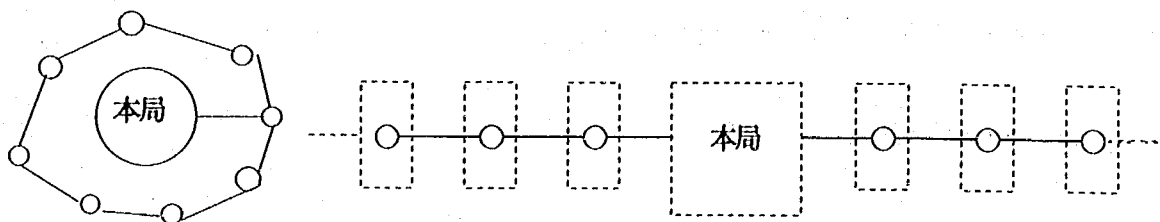


図- 7.3 検討の対象としたトポロジー

7.2 実モデルを用いた設計

現在の本局－事務所間のネットワークは、図-7.1(A)に示したように、直結されたスター状のトポロジである。これらのルート（垂直主ルート）は、河川情報システム、道路交通情報システムにおいて最も重要な集配機能を担っており、ほぼ完成された通信路を確保している（図-7.4）。

前年度は、スター状のトポロジを構成する方向であったが、今年度の実験結果における回線効率やルータの遅延時間の特性、障害対策の点（8 障害対策で詳細に述べる。）等から、既設ネットワークからの移行の容易性（コストを含む）、ネットワークの管理の簡素化の点においてリング状のトポロジで構成することが望ましいと思われる。

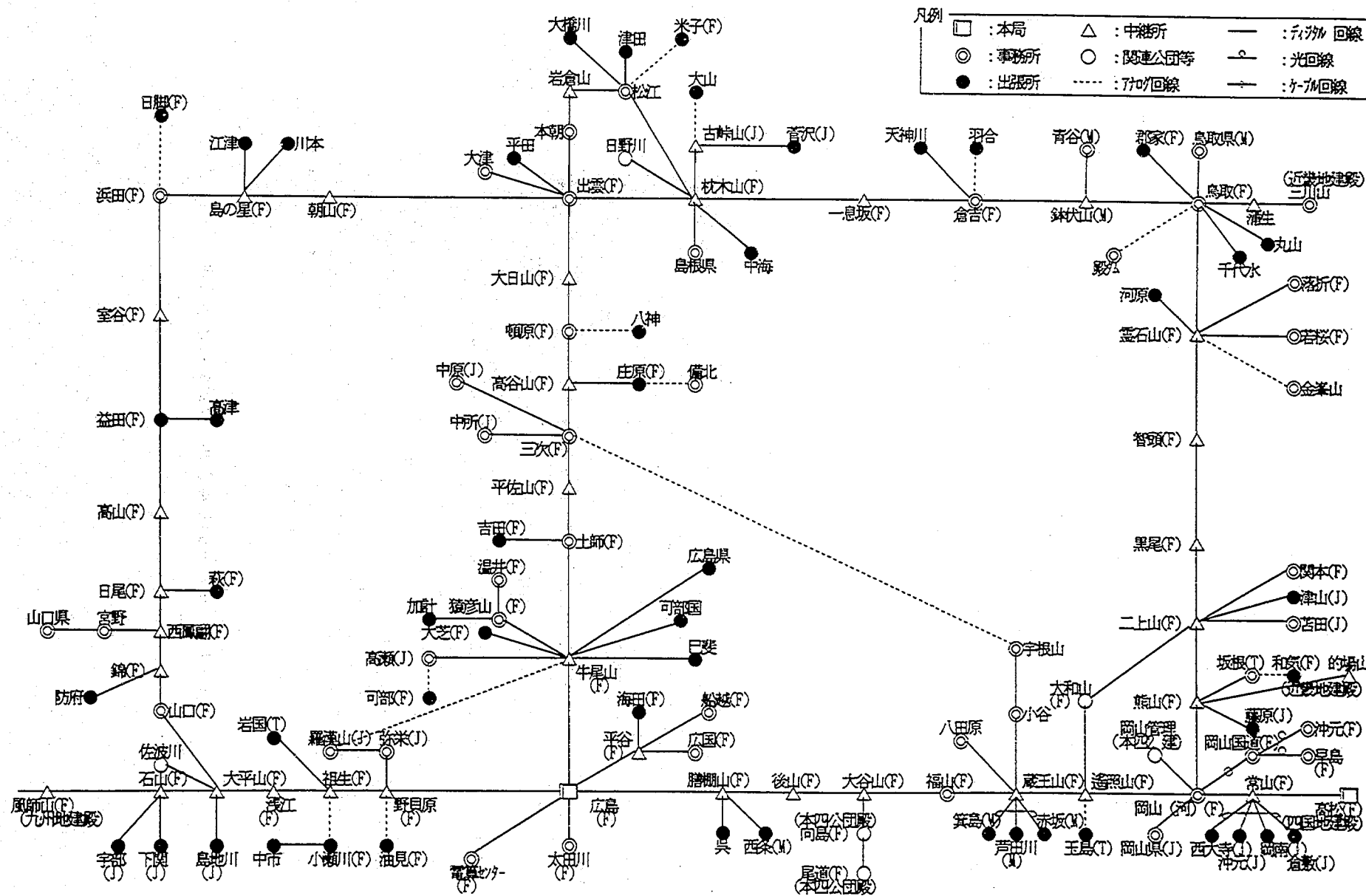
すなわち、物理的回線を共有する部分が多く含まれる場合に、直結方式（スター状のトポロジ）でネットワークを整備していくことは、回線容量の効率の面では従来の専用線方式による方式と同じことであり、現状の問題点を解決することは困難であると言える。既に、無線通信回線の容量の問題で新たな通信ニーズに対応することに苦慮していることを考え、現状の問題点であるデータ量や接続点、回線容量やコスト、管理労力の増大を減らしていくためには、リング状のトポロジで構成することが望ましいと思われる。

(1) 信頼性からの理由

直結構成によりLAN 間接続を行った場合の機器構成は図-7.5(A)である。これを多段中継で構成すると、同図(B)となる。この場合、直結に比べ多段は他局のルータに依存せずには通信が行えないこととなり、物理的なスパン数は増える。しかし、多段接続をすることによるルータの遅延は、今回の通信形態2の実験結果からはほとんど見られず（図-7.6）、河川情報システムや道路交通情報システムにおけるトラフィック量を想定した実験通信形態1、3の結果を考慮すると充分許容範囲内であると思われる。回線の障害対策に関しては、OSPFやRIP を利用するよりもダイヤルバックアップ機能を利用する方が、ネットワークの障害検出からバックアップ回線への切替え・ネットワーク全体の安定化という動作を考慮すると、時間的に大きな利点があり、多段中継を行っても信頼性の確保という点で問題は無いと思われる。

(2) 利用用途拡大からの理由

遠方局の遅延が大きくなる可能性が考えられたが、今回のLAN(WAN)接続実験に基づく検証により多段接続による遅延は、許容値以内であると考えられる。この遅延を受け入れたトポロジでネットワークを構築することにより、ユーザが遠隔地のコンピュータを自由に利用できるという、新たな利用用途が発案されると思われる。



图—7.4 中国地方建設局回線系統图

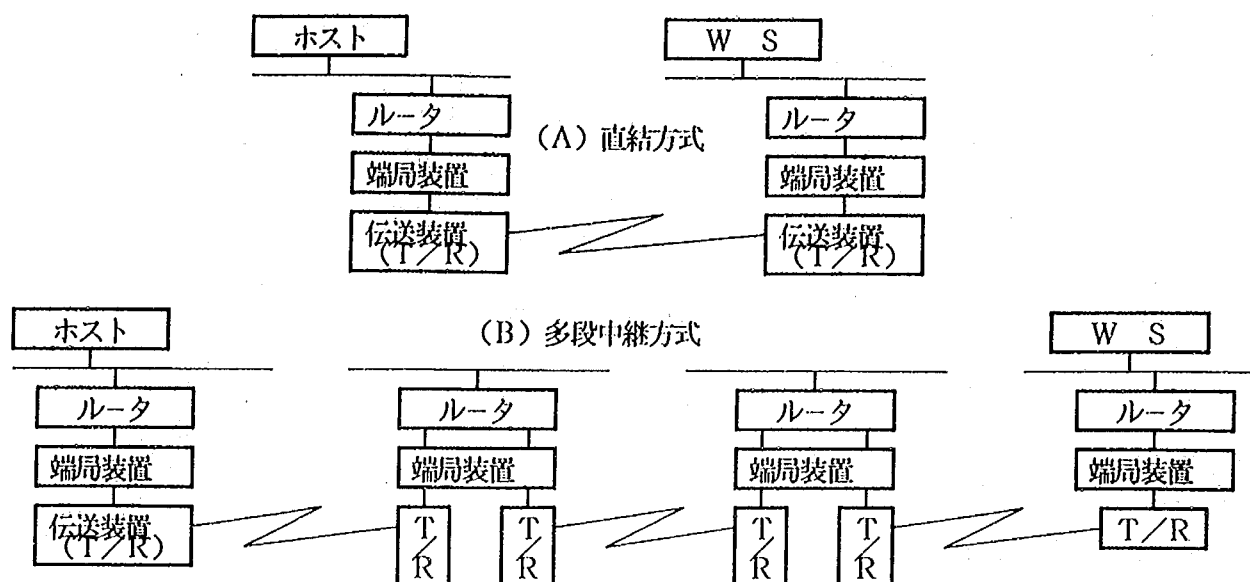


図-7.5 LAN間接続の機器構成

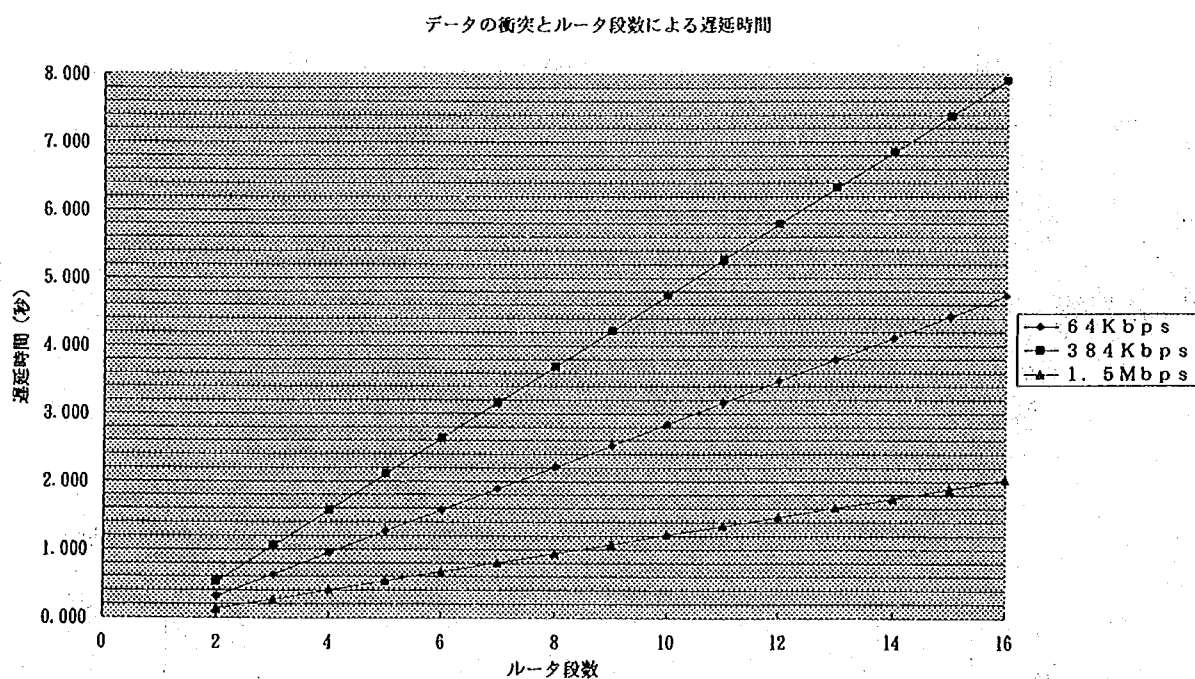


図-7.6 データの衝突とルータ段数による遅延

(3) 整備・移行計画からの理由

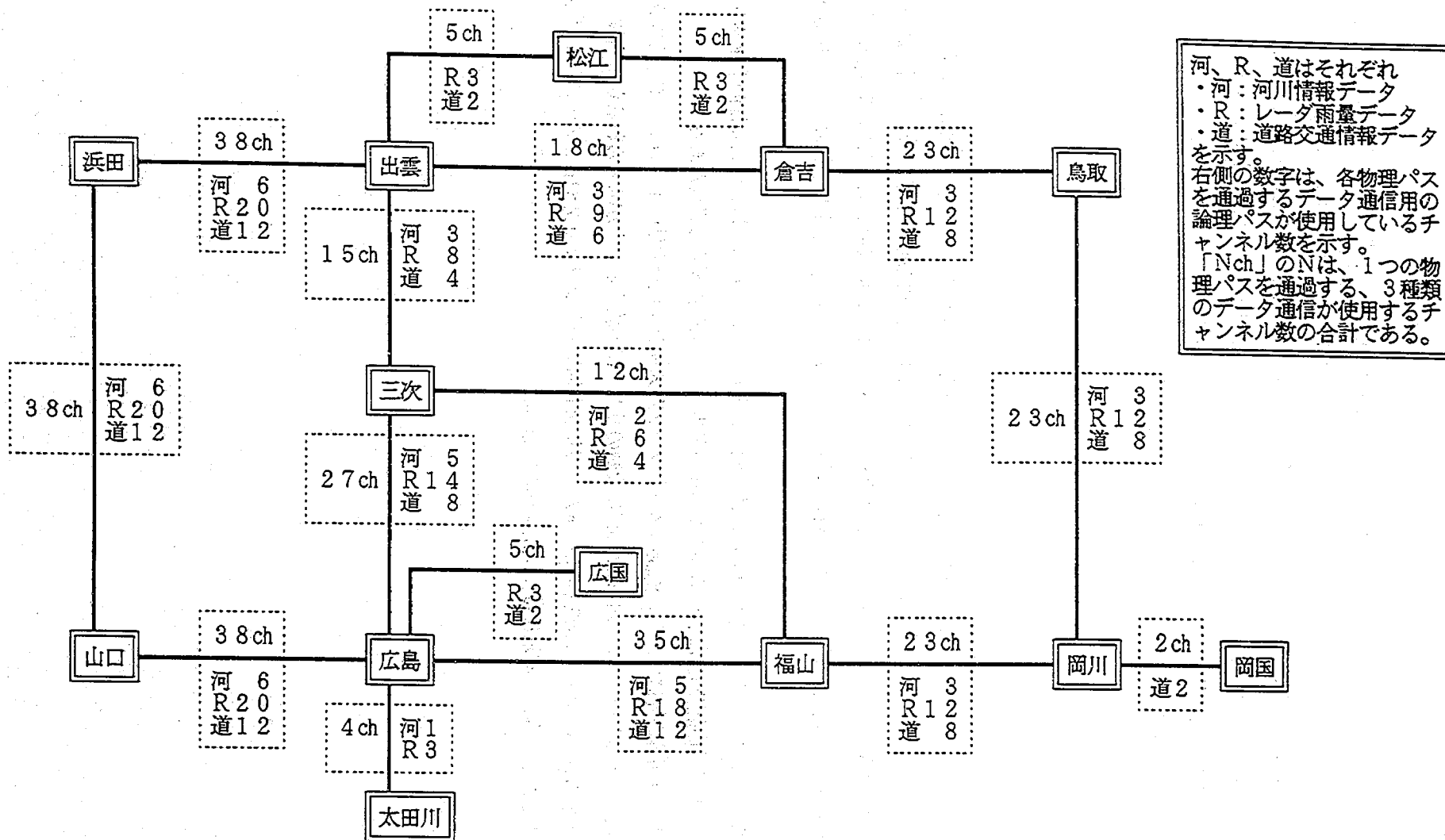
現在のネットワークは、専用線方式で構築されており、基本的に迂回ルートを有する。迂回ルートは主ルートと物理的に異なる通信回線を通していているため、主ルート、迂回ルートを利用することによりリングが構成されている。このため、既存のデータ通信回線の構築状況を考慮し、既存のパスを変更せずに、回線数を減らし、集約した回線に（現在システム毎に物理パスが張られているが（図-7.7）、これらのパスを論理パスに置き換え、河川情報システム・道路交通情報システムの物理パスを1本に集約）（図-7.8）することにより現在の専用線方式からWAN 間接続するネットワークに移行することは、技術的、コスト的に非常に有利である。

(4) まとめ

今回の実験結果から中国地方建設局の河川情報システム、道路交通情報システムをモデルに、新たなネットワーク設計を行った結果、リング状のトポロジとなった。これは、中国地方建設局の各工事事務所等が地理的にもリングを構成し易い配置であることにも関係している。また、既設のシステムがLAN 対応になっていることを前提とし、移行に当たっての容易性は既設のシステムにおけるネットワークのチャンネル数を元に検討している。

今後、今回提案したネットワークに移行するために回線を集約するに当たっては、既設の他のチャンネルとの入替え等、管内の無線通信回線における各チャンネルのグループ単位を整理する必要がある。

さらに各工事事務所等の配置により、既設のネットワークがメッシュ状その他のトポロジである場合、これをリング状のトポロジに移行させるためには複数のリングに集約することが考えられるが、当該トポロジにどの工事事務所のシステムが属するべきか、事務所間通信のトラフィックや各システムにおけるデータ量をも考慮した上で容量や回線構成を決定すべきである。



図－7.7 中国地方建設局におけるシステム毎の利用チャンネル数

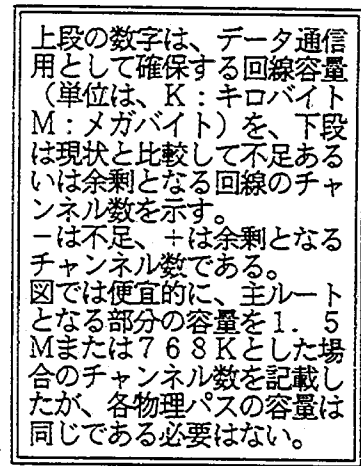


図-7.8 中国地方建設局におけるデータ通信網用容量とチャンネル数

8. 障害対策

8.1 ルーティング

8.1.1 ブリッジによるルーティング

幾つかのLAN をブリッジで接続し、エンド・ノード間に複数の経路が存在するような構成をとる場合は、経路選択（ルーティング）機能を考慮しなければならない。

このようなLAN 接続をトランスペアレントブリッジで構築すると、ブロードキャストフレームや所在不明の宛先フレームなどがネットワークを巡回してしまい、ネットワークの正常な運用が出来なくなる。

ブリッジのルーティング方式には、主にIEEE802.3(CSMA/CD)に準拠したLAN 間で使用されるスパニングツリー方式と、IEEE802.5(トークンリング)に準拠したLAN 間で使用されるソースルーティング方式がある。

2種類のルーティングプロトコルは、それぞれ独立な関係にあるため、混在させてもうまく活用することはできない。IEEE802委員会では、標準とすべきルーティングプロトコルはスパニングツリーアルゴリズムとし、ソースルーティングはオプションとしている。

(1) スパニングツリー方式

スパニングツリー方式の特長は、ルーティング処理はブリッジだけが関与し、エンド・ノードには特別なプログラムを必要としないことである。スパニングツリーをもつブリッジは、互いに制御用メッセージ（ハローメッセージ）を交換して、使用する経路（アクティブルート）を1つにする。残りのブリッジは、待機ブリッジとし、アクティブルート（ブリッジやLAN）に障害が起きたときの代替ルートを提供する。このため、スパニングツリーを採用しているブリッジでLAN 接続をしておけば、新しいブリッジを導入することで予備のルートを確保することができ、信頼性を高めることができる（図-8.1）。

(2) ソースルーティング

ソースルーティングは、どの経路を使用するかというルーティング情報を送信メッセージに格納して指示する方法である。ソースルーティングでは、送信を開始する前に相手先確認フレームを送出する。相手先確認フレームは幾つかの経路で相手先に届く。各ブリッジは、通過する相手先確認フレームに、ルーティング情報（ブリッジとLAN の識別子）を付加する。相手先端末には、経路の数だけ相手先確認フレームが着信するが、最も早く着信した相手先フレームのルーティング情報を発信元に返送する。これによって、発信端末は最適な経路を知ることができ、以後はこのルーティング情報をデータフレームの RI (Routing Information) 部に格納して送出的る。（図-8.2）。ソースルーティング方式では、端末を含む全ての構成機器がこのプロトコルを実装しなければならないが、スパニングツリー方式よりもブリッジの負荷を軽くできる。

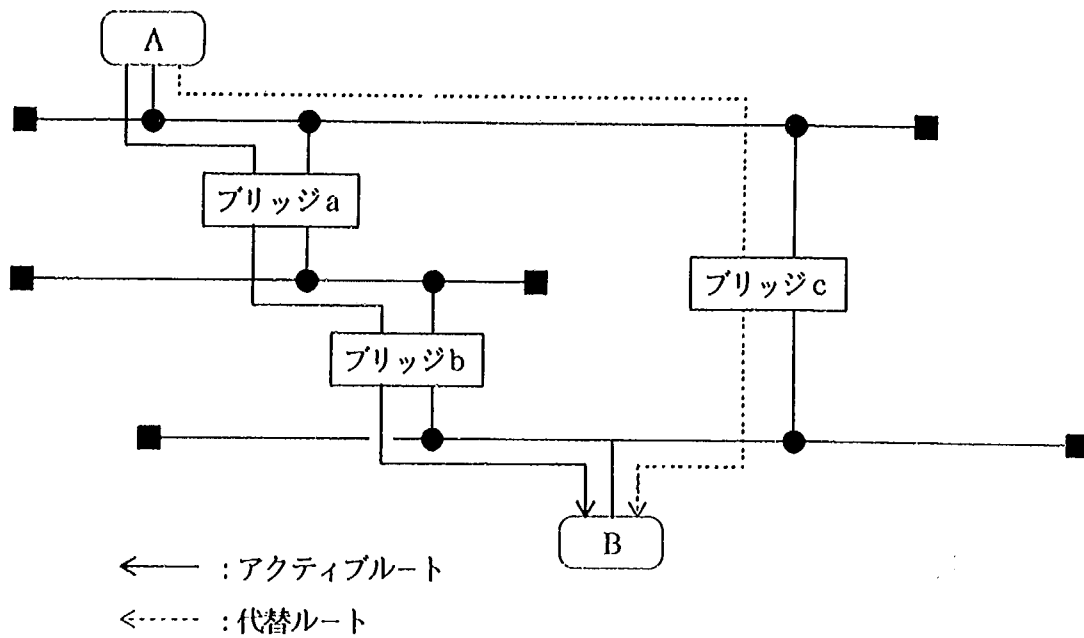


図- 8.1 スパニングツリーによる経路の2重化

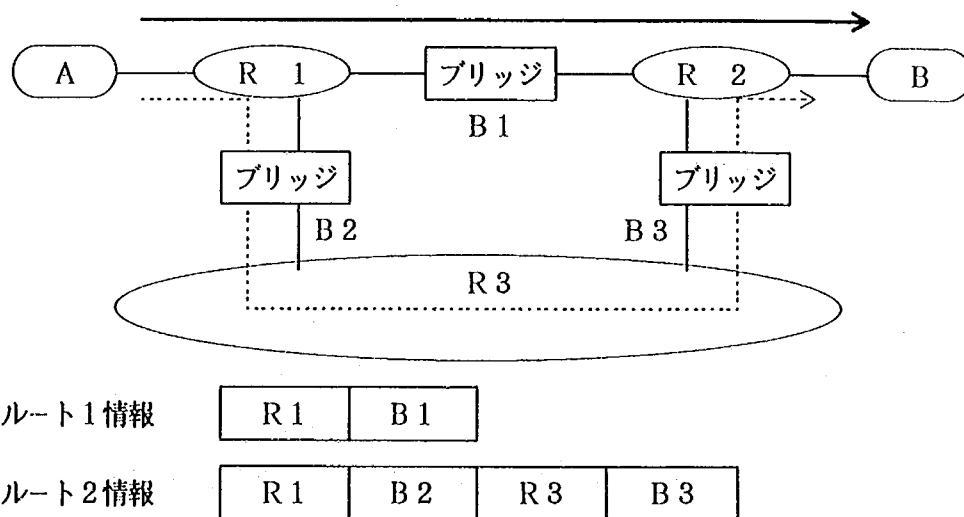


図- 8.2 ソースルーティングの概念

8.1.2 ルータによるルーティング

(1) ルータによるルーティングの概要

目的とする相手端末との経路が複数存在する場合、最適な経路を選択する必要がある。最適な経路は、ネットワークの故障や運用の状況、経路選択の基準（プライオリティ）などから決まる。

ルーティングアルゴリズムには、RIP に代表される距離ベクタ（Distance- Vector）アルゴリズムとOSPF（Open Shortest Path First）に代表されるリンク状態（Link-State）アルゴリズムの2種類がある。

1）距離ベクタアルゴリズムでは、隣接するルータ間で隣接する経路情報を交換し、接続に要する中継の回数（ホップカウント情報）を経路選択の基準（コスト）とする。

2）リンク状態アルゴリズムは、個々のルータが全ルータの経路情報を持ち、全ネットワークを監視する方式であり、故障や構成の変更などの検出が可能でダイナミックに、正常なルーティングが行える。

故障やネットワークの構成変更に対して即応できるダイナミックなルーティングを行うには、ルータ間の最新ステータスを情報交換したり、ステーションに外部情報を伝えるなどの仕組みが必要である。RIP では情報を隣接ルータに一定時間ごとに次々と伝えていく形となるため、大規模ネットワークではルータ間の伝送遅延が原因で整合性がとれなくなったり、中継数だけを比較することから低速回線を選択してしまうなどの欠点がある。これに対して、OSPFは回線速度や特性も経路選択の基準（コスト）として考慮できる。しかしながら、現時点ではOSPFを実装しているルータは少なく、以下は技術的にほぼ確立しているRIP について述べる。

(2) RIP (Routing Information Protocol) の概要

① 動作概要

図-8.3では、コンピュータAがコンピュータBにパケットを送る場合、ルート1とルート2の2通りのルートが存在する。RIP ではホップ・カウント（中継数）が少ないことを理由にルート2が選択される。

ダイナミック・ルーティングを採用している場合はN2とN4間のルート（Rd）に故障が発生すると、データは自動的にN3を経由したルート1に迂回される。これはルータRaがルータRdのトラブルをルータ間のルーティング情報から検出し、自動的にルータRdを使用するルートに切り替えるからである。もしルータRaが、N2からN4へのルートをスタック・ルーティング（固定ルート）に設定していた場合は、このような自動迂回は実行しない。迂回ルートを設定するには、ルータRaのN4へのルートをルータRdあてに手動で変更する必要がある。このような動作を実現するため、次のようなプロトコルが実装されている。

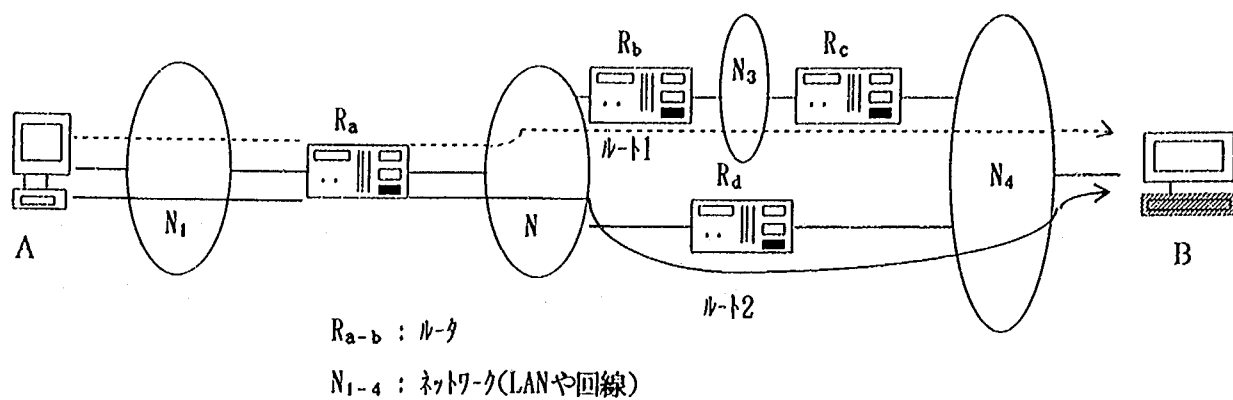


図- 8.3 RIPルーティングの例

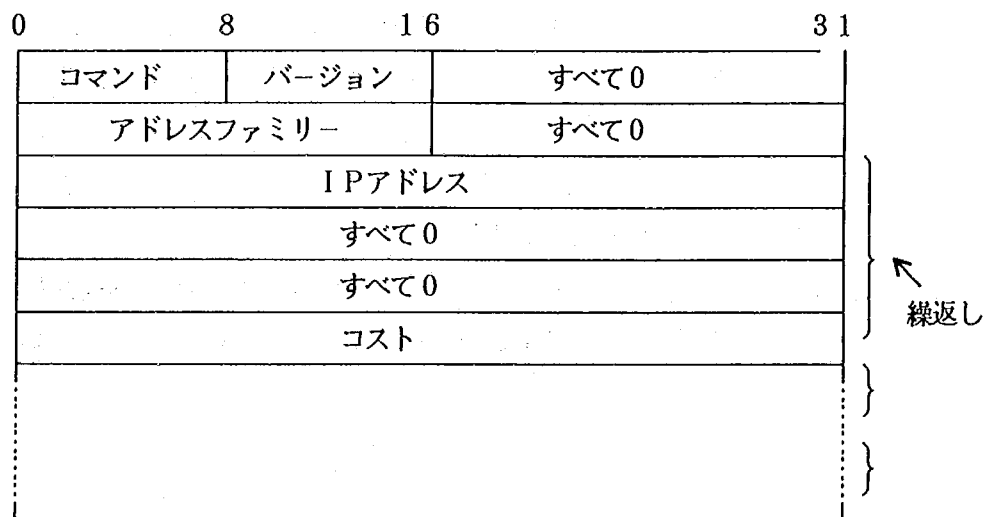


図- 8.4 RIPパケットのフォーマット

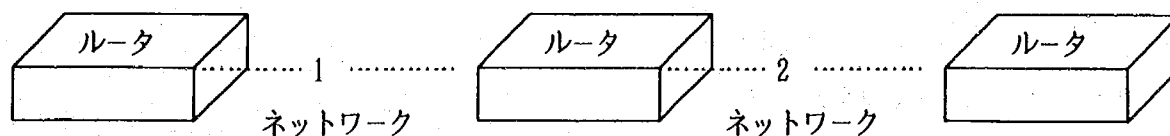


図- 8.5 ルートのコスト

② プロトコル概要

RIP パケットのフォーマットを図-8.4に示す。

1) コマンド

：リクエスト

立ち上がったばかりのルータなどが、ルーティング情報を得るために隣のルータにルート情報を尋ねるためなどに使われる。ある特定の宛先に対するルート情報を得る場合と、すべてのルート情報を得る場合と2つある。前者は、アドレス・ファミリーに続くアドレスのところにそのルート情報が入手したい宛先のアドレスを入れる。後者では、アドレス・ファミリーを0とする。

：レスポンス

レスポンス・メッセージは、アドレスの部分に〈宛先アドレス、コスト〉の情報が入れられる。レスポンスは、次のいずれかの事象に基づいて隣のルータに送られる。

a. リクエストメッセージを受信

b. 一定時間の経過

リクエストが来なくても30秒に1回送出される。すべてのルータは、一定時間ルート情報が更新されないとルーティング・テーブルから削除される。このため、一定時間毎にルート情報は交換される必要がある。

(この定期的交換によって隣接ルータの状態、あるいは隣接ルータとのリンクの状態をチェックすることができ、定期連絡が来ない場合には異常があったものとしてルーティング・テーブルの更新作業が始まる)。

c. ルーティング・テーブルの内容に変更が生じたとき

ネットワーク構成の変更があったことを検出したルータは、他のルータに対して構成変更を知らせるために更新ルーティング・テーブルを通知する。構成変更があっても、ルーティング・テーブルに変更がない場合は通知する必要はない。

2) アドレス・ファミリー

アドレスの種類を表し、IPの場合は2が使われ、アドレス・ファミリーの後にルーティング情報が続く

3) アドレス

宛先アドレスを表す。アドレスとしては、次の種々のタイプを含むことができる。

- ホスト・アドレス
- サブネット番号
- ネットワーク番号
- 0 (デフォルト・ルートを表す)

4) コスト (またはメトリック)

宛先アドレスに至るルートのコストを1~15の整数で表す。ルートのコスト表現についてはプロトコル仕様上は記述されていないが、そのルータから宛先までに経由する各ローカル網の個数で表している。

例えば、そのルータに直接つながっているネットワーク (あるいはそのネットワークに接続されているホスト) までのルートのコストは1とする。またコスト=16とは、その宛先に至るルートがないことを意味する。(つまり、ルート・コストは無限大である。)(図-8.5)

③ プロトコル処理

RIP のプロトコル処理 (上記のルーティング・プログラム) は、□タイマー処理と、ルーティング情報の入力処理、出力処理に分けられる。

ここでは、ネットワークに対する負荷、及び、障害時の切り替え時間の点から、ルート情報の更新について述べる。

1) タイマー処理

RIP には種々のタイマー処理が必要である。まず30秒ごとの出力処理であるが、ルーティング・テーブルの更新が行われなくても30秒ごとに隣接ルータ間でテーブル情報を交換し合う必要がある。すべてのルータが一斉に30秒ごとの定期連絡を始めると、ネットワークの負荷が瞬間的に大きくなるので、この30秒タイマーは乱数をふってスタート時点をずらす必要がある。さらに、内部ルーティング・テーブルの各項目ごとの処理のために2つのタイマーが必要である。これらのタイマーは、それぞれの項目の削除プロセスと関連があるため、削除プロセスを説明しながらタイマーの動作を説明する。

2) 削除プロセス

180 秒間ルート情報の更新が行われないと (つまり6回続けて定期連絡がないと)、そのルートは期限が切れたものとして削除プロセスが起動される。ルーティング・テーブルのルート情報の削除は、「タイマーが切れた」「コストが16にセットされた」のいずれかの理由によって行われる。いずれにしても削除プロセスでは、すぐにその項目をテーブルから消さずに次の処理を実行する。

I) 抹消タイマーを120秒にセットする

II) そのルートのコストを16とする

III) そのルート項目の内容が変更されたことを示すフラッグをセットし、出力プロセスにレスポンスを送る必要が生じたことを知らせる。

抹消タイマーが切れる前に他のルートがあると分かると、そのルート情報を書き入れてから抹消タイマーを切る。しかし抹消タイマーがタイムアウトになると、その項目をテーブルから抹消する。

3) 出力処理

出力処理は、ルーティング・テーブルの全部あるいは一部の情報を含んだレスポンス・メッセージを送る処理をするレスポンス・プロセスと、隣接ルータからルート情報を取得するためのリクエスト・プロセスより構成される。レスポンス・プロセスは、下記のいずれかによって起動される。

I) リクエスト・メッセージを受信して入力プロセスが起動された

II) 30秒ごとの定期的なテーブル情報の交換のためのタイマーが起動された

III) テーブル内のルート項目のコストが変更された

ここでIII) のケースは注意を要する。つまりルートのコストが変わったということは、ネットワークの構成になんらかの変化があったためであり、これはひとつのルータだけですむものではなく、その構成変化にかかわるすべてのルータで出力プロセスが同時に動き出す可能性がある。このため、それらのルータがレスポンス・メッセージを互いにやりとりし始めると、トラヒックが急激に増大してネットワークの混雑を招く恐れがある。また、テーブルの中での変更は複数の項目に及ぶことがあるが、その変更に時間差があったときも1項目の変更ごとにレスポンス・メッセージを出していたら、ひとつのルータから出力されるメッセージ数は大量になってしまう。

このため、コスト変更によるレスポンス・メッセージを送るときには、できるだけメッセージ数を減らすような注意が必要になる。例えば、Ⅲ)の原因でレスポンス・メッセージを送った後でタイマーを起動する(1から5秒くらいの間)。そのタイマーが切れるまでは、コスト変更があったルート項目があったとしても、しばらくは待つ。そしてタイマーが切れたら、その間に起きたコスト変更のルート情報をすべて含んだレスポンス・メッセージをひとつだけ送る。もしタイマーが切れるまでにⅡ)の定期連絡の事象が生じた場合は、その間に生じたコスト変更はこれによって知らせれるためⅢ)の処理はキャンセルする。またⅢ)によって引き起こされる出力プロセスのような場合、ルーティング・テーブルの全情報をレスポンス・メッセージに入れる必要はなく、変更があったルート情報だけを送るだけでよい。ネットワークが大規模になると、これらの工夫によってかなりトラフィックを削減することができる。

(3) RIP バージョン2 (RIP-2)

なお、RIP バージョン2 (RIP-2) が標準化されている。これは、ルーティング・ドメインの考え方として、ひとつの物理ネットワーク上で、複数の独立したRIP を使う論理的に分離されたネットワークが構成できる。これによって、ひとつのネットワーク上で複数のRIP を動作させることができる。また、RIP パケットの交換に、ブロードキャストではなくマルチキャストを用いることができる。これによってブロードキャストによるトラフィック増大を防ぐことができる。そのほか、サブネットマスクなど、RIP-2 ではRIP-1 で得られた経験に基づいて種々の改善が施されている。

8.2 ダイアルバックアップ

(1) 概要

ダイアル・バックアップ機能は、①Dial-on-demand, ②Bandwidth-on-demand, ③Dial-bakupに含まれるダイアルアップ・サービスのひとつの機能としてルータに備わっている。

通常回線（専用回線）の異常を検知すると、指定されたバックアップ回線に自動的に切替えることが可能であり、逆にバックアップ回線で運用中に通常回線（専用回線）が復旧した場合にはバックアップ回線から通常回線に切り替わる機能のことである。

(2) ルート切替え

通常回線、BOL (Breath of Life) パケットを5回連続して受信できない場合に、通常回線の障害と判断し、回線の切替えを実施する。BOL の送信インターバルは、1～60秒の間に設定できる。回線が切り替わるのに要する時間は、障害検出から回線を切替えて通信を開始するまでに約35～330秒間となる。

バックアップに用いる回線用インタフェースは、ISDNのBRI または、V.35, RS422, RS499, RS232の2つに大別される。これらの相違点は、ISDN回線を使用することにかわりないが、直接ネットワークに接続するか、TA (Terminal Asapter) 経由で接続するかの違いである。直接接続の場合には、I インタフェースでBRIの2 B/Dの内のD-chを使用して、発呼切断をLAPDプロトコルにより実施する。TA接続の場合には、発呼／切断は、V.25bis または、RaiseDTRにより行う。

建設省専用通信網において、この機能を実現するためには、まず、無線通信回線がデジタル化されており、さらに電話交換網にISDN端末となるルータを収容するため、基本的に交換機が信号方式としてD-ch共通線信号方式に対応していることが条件である。ルータをバックアップ回線として使用する電話交換網との接続点である交換機への収容はBRI インタフェースではなく、V.25bis または、RaiseDTRによって発呼／切断が実現できる（図-8.6）。もし、当該局のデジタル交換機がD-ch共通線信号方式に対応していない場合には、対応している隣接局等からの内線延長により、D-ch共通線信号方式の交換網に収容することにより対応することも可能である。

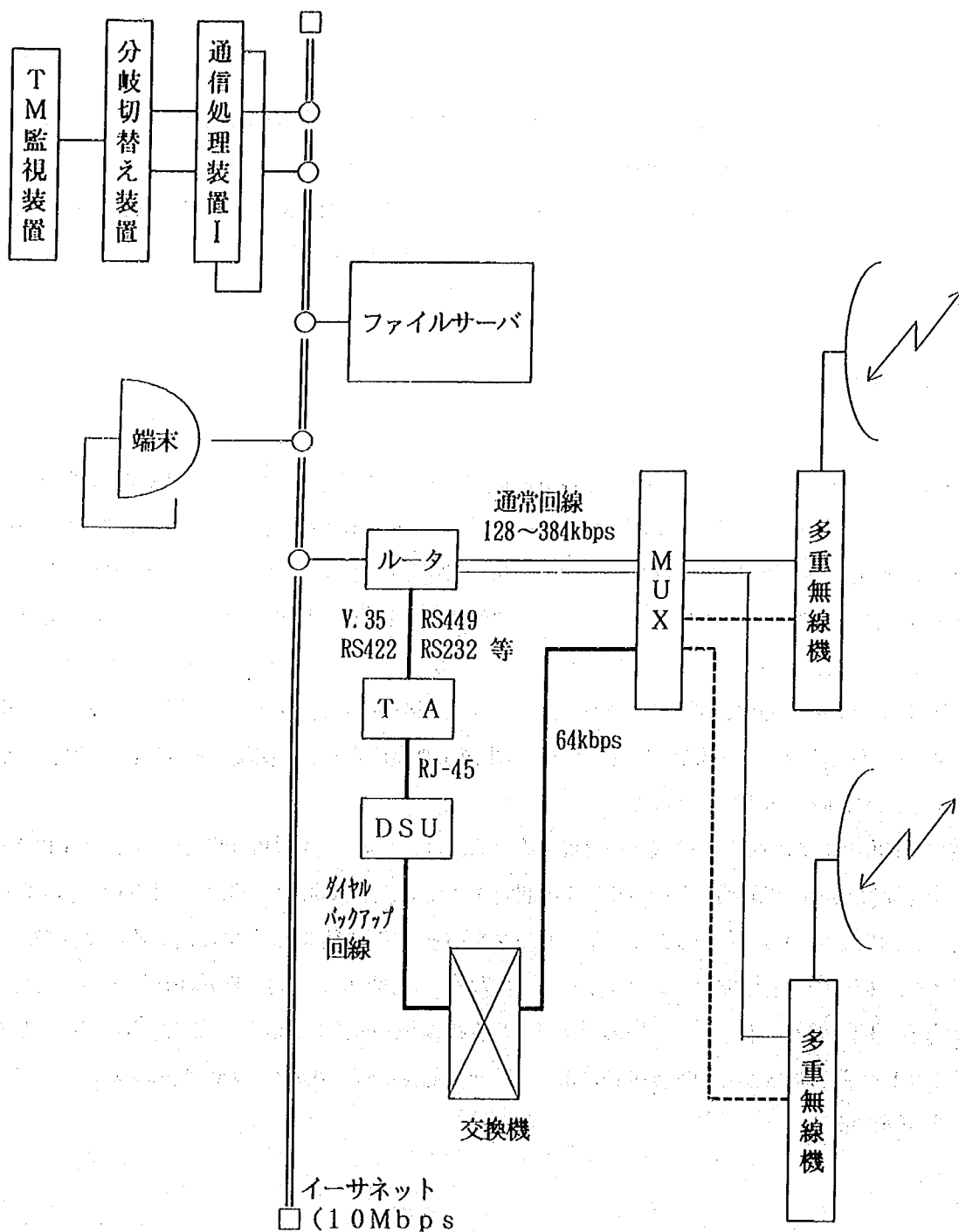
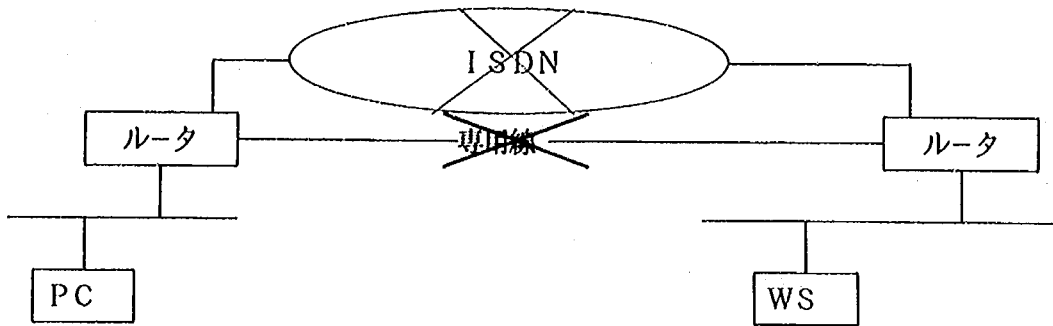


図- 8.6 ダイヤルバックアップ機能の実現するためのシステム構成例

(3) ルート切替え接続実験

ダイヤルバックアップ機能実験として、実際に接続するのに要する時間を測定した。

① テスト構成



2台のルータを対向にし、専用線+Backupライン (V.25bis) で接続した。実験方法は、PCからPingコマンドを連続的に発行し切断から接続までの時間を測定した。

② 実験結果

テスト番号	1	2	3	4	5	6	7	備 考
Dialup time (秒)	27	27	26	24	23	11	11	回線障害検出に要した時間
通信接続時間 (秒)	58	59	57	54	53	42	42	回線障害検出からバックアップ回線への切替えに要した時間
復旧時間 (秒)	35	30	31	31	33	33	32	バックアップ回線から通常回線への切替えに要した時間

テスト番号 1～4 : BOFL設定を5秒 (デフォルト値) に設定

テスト番号 5 : COM-LINES のリトライ回数を2回に設定

テスト番号 6 : BOFL設定を2秒に設定

テスト番号 7 : RIP 情報を交えた

※ BOFL (Breath Of Life) : インタフェース間での特定のパケットを送出することにより相手先の応答を待つ機能。

設定された時間によりポーリングを行い、5回の失敗でタイムアウトとなる。デフォルト値の設定では、 $5 \times 5 = 25$ 秒で回線ダウンと判断する。

9. 課 題

ルータを利用したネットワークの大きな欠点の一つは専用線などに比べ、システム設計時にレスポンス・タイムを計算することが難しい上にレスポンス・タイムを短縮するためのチューニング技術が確立していないことである。今回のLAN 間接続実験ではルータ段数による遅延は、ネットワーク設計においてそれほど重要視するものではなく、複数システムにおけるプロセス間の衝突などによる遅延が大きな要素になることがわかった。このため、ネットワーク設計と整合性のあるコンピュータシステムの設計を行うべきである。

今後の課題として、最適なネットワークを設計するためには、異種回線速度による接続遅延時間の検討の他、以下に示す検討が必要である。

(1) レスポンス・タイムにおける伝送遅延時間とデータ処理時間のバランス

今回の実験は、FTP を使用して遅延時間を評価した。実際の情報通信システムとしてデータを伝送する場合には、メモリー上のプロセスが競合し合い、プロセス上の遅延はもっと大きくなることが予想される。

したがって、WAN 間接続網設計に当たっては、ユーザがデータを要求してからコンピュータがデータを他の場所から受取って処理を行い、表示するまでのレスポンス・タイム（応答時間）に対する遅延時間を考慮して、ネットワークの回線速度を決定する事が必要である。

(2) アプリケーション側でのディレイの決定

通常のTCP によるデータ伝送では、送り先毎に複数のソケットを生成して、ほぼ同時に伝送するが、渋滞の可能性のあるネットワークでは、アプリケーション側で意識してディレイを決める必要がある。

これにより、同報的な通信が発生するLAN/WAN 上での衝突、ルータでのデータ破棄、TCP での再送、アプリケーションでの再送等のために増大する再送データを減らすことが可能となる。

(3) データ圧縮による遅延時間の短縮

マイクロ回線の伝送容量には限界があるため、実際にWAN 間接続網を構築するに当たっては既設機器の有効利用等の関係から伝送速度に限界が生じることも考えられる。ネットワークを有効に利用するためにはデータ圧縮を検討する必要がある。

圧縮のアルゴリズムとして確立されたものには数種類の方式があるため、建設省としての標準方式を検討する必要がある。

(4) 運用管理体制の確立、運用管理による設計へのフィードバック

ネットワークの障害対策及びネットワークの有効利用を図るため、SNMPなどに準拠したLAN 監視システムを利用した運用体制の整備やネットワーク上におけるトラフィック監視によるネットワークの動的な管理等の検討が必要である。

情報通信システムの設計合理化
に関する試験調査(Ⅱ)

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3382号
平成7年3月(1995)

要 旨

末 吉 滋 , 菊 池 克 男

河川情報システム、道路交通情報システム等、情報通信システムの拡大にともない、システムを構成するハードウェア、ソフトウェアは複雑化の一途をたどっている。このため、各システムの機能や信頼性を維持、向上させつつ、同時に開発、維持コストを抑制する事が、従来にも増して大きな課題となっている。
この課題に答えるため、これらの情報通信システムを、(1)データ管理、(2)データアクセス、(3)データ通信、(4)ユーザインタフェースの各機能ユニットに分離し、その最適な機能設計についての調査結果をとりまとめた。(1)及び(2)に関しては、データ中心アプローチ及びDBMSを中心とする設計方法について、土木研究所資料(第3621号)で報告した。本報告では、(3)に関しては、LAN間接続によるネットワーク設計について、(4)に関しては、認知理論に基づくユーザインタフェースの改善及びシステムを構成するソフトウェアのモジュール化による改善について述べた。

キーワード：河川情報システム、道路交通情報システム、データベース、データベースマネジメントシステム、ミドルウェア、データ通信、LAN、TCP/IP、ユーザインタフェース、GIS。

郵便はがき

切手
はって
下さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

積算技術研究センター

システム課 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 3382 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印