

Title	通信管理システムのユーザインタフェース設計に関する研究
Author(s)	岡崎, 哲夫
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3144302">https://doi.org/10.11501/3144302</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

通信管理システムのユーザインタフェース  
設計に関する研究

平成10年4月

岡崎哲夫

# 目 次

第1章 序論	1
1.1 はじめに	1
1.2 研究の背景	2
1.3 研究の目的	4
1.4 各章の構成	5
第2章 通信管理システムのユーザインタフェース	10
2.1 はじめに	10
2.2 通信管理業務	10
2.2.1 通信サービスと通信管理業務	10
2.2.2 通信管理業務の構成	11
2.2.3 通信管理業務の処理構造	12
2.3 ユーザインタフェースの設計	13
2.3.1 ユーザインタフェースの設計方法	13
2.3.2 ユーザインタフェースの設計条件	14
2.3.3 ユーザインタフェースの設計内容	16
2.4 通信管理担当者	16
2.5 フロント管理担当者のユーザインタフェース	18
2.5.1 受付作業のユーザインタフェース	18
2.5.2 進捗管理作業のユーザインタフェース	19
2.5.3 作業引き継ぎのユーザインタフェース	20
2.6 バックヤード運転担当者のユーザインタフェース	21
2.7 バックヤード設計担当者のユーザインタフェース	22
2.8 むすび	23
第3章 通信網表示図	36
3.1 はじめに	36
3.2 通信網表示図の要求条件	36
3.2.1 通信網表示図の使用条件	36
3.2.2 通信網の構成	38
3.2.3 表示情報	39
3.3 通信網表示図の課題	40
3.3.1 ノード配置表示方法	40

3. 3. 2	ノード階層構成表示方法	4 2
3. 3. 3	通信網表示図の構成要素	4 3
3. 3. 4	評価方法	4 5
3. 4	むすび	4 6
第4章	通信網表示図の評価技術	5 5
4. 1	はじめに	5 5
4. 2	構成要素の評価	5 5
4. 2. 1	構成要素の評価法	5 5
4. 2. 2	ノードの形状	5 6
4. 2. 3	ノードのサイズ	5 7
4. 2. 4	ノードの重なり	5 8
4. 2. 5	ノードの色と背景色	6 0
4. 2. 6	構成要素の属性	6 1
4. 3	通信網表示図の操作性評価法	6 1
4. 3. 1	評価の課題	6 1
4. 3. 2	評価の項目	6 3
4. 4	評価実験	6 3
4. 4. 1	実験条件	6 3
4. 4. 2	実験結果	6 4
4. 5	むすび	6 6
第5章	通信ノード配置図表示技術	7 7
5. 1	はじめに	7 7
5. 2	マルチフィッシュアイ地図変形表示法	7 7
5. 2. 1	表示法の併用	7 8
5. 2. 2	複数フォーカスの平均変形値	7 9
5. 2. 3	不要領域の縮小変形	7 9
5. 2. 4	ノード配置図への適用	8 0
5. 3	評価実験	8 1
5. 3. 1	操作性評価の実験条件	8 1
5. 3. 2	達成時間	8 2
5. 3. 3	後戻り回数	8 3
5. 3. 4	正解率	8 4
5. 3. 5	通信網表示図の表示条件	8 4



5. 3. 6	操作過程の分析	85
5. 3. 7	主観評価	86
5. 4	むすび	87
第6章	通信ノード階層構成図表示技術	105
6. 1	はじめに	105
6. 2	スノー・クリスタル表示法	105
6. 2. 1	第1階層ノードの配置	106
6. 2. 2	第2階層ノードの配置	106
6. 2. 3	第3階層ノードの配置	106
6. 2. 4	リンクの接続	106
6. 2. 5	通信網の階層構成表示への適用	108
6. 3	評価実験	109
6. 3. 1	操作性評価の課題	109
6. 3. 2	実験の条件	109
6. 3. 3	リンクの選択時間	110
6. 3. 4	最短ルートの検出	110
6. 3. 5	主観評価	112
6. 4	むすび	114
第7章	結論	128
謝辞		132
参考文献		133
関連論文リスト		141

# 第1章 序論

## 1.1 はじめに

電話網に代表される公衆電気通信網は、現代社会のインフラストラクチャとして、これまで百年以上の歳月にわたって構築・運営されることによって巨大な規模の通信網となり、サービス統合デジタル網ISDNへと進化しながら、さらに成長を続けている。ファクシミリが画像の通信手段として一般家庭にも普及し、また、急激に成長する携帯電話やPHSなどの移動体通信サービスのサービス地域の拡大や相互通信のための通信網の整備が進んでいる。一方、パソコン通信やLAN間通信の急成長、世界的規模でのインターネット利用人口の爆発的増加により、コンピュータによる効率的な相互接続や通信を実現するためのコンピュータ通信網の整備も急速に行われている[1][2][3]。

このように、大規模化、複雑化が進行する種々の通信網を安定して運用し、高機能でかつ信頼性の高い電気通信サービスを提供するために、通信網の運用・管理の重要性がますます増大している。このため、通信網の管理に関する研究開発が盛んに行われ、設備の遠隔保守、通信トラヒックの収集分析、通信サービスの開通、試験等の業務を中心として、業務を手作業から機械処理へと置き換えることによって通信管理業務を効率化することを主目的とした、各種の通信管理システムが開発導入されてきた[4][5][6]。

しかしながら、通信管理システムの導入によって通信管理業務の自動化がいかに進展したとしても、通信網の状況を判断し、それに応じて措置を指示していくのは、通信管理システムの利用者すなわち人間である。したがって、この人間に正確な情報を伝え、伝えられた人間がこれをもとに、迅速に、正確にシステム、すなわち機械に指示を伝えられることが非常に重要である。機械がいかに高度な処理を行っても、人間に伝える段階で誤って伝わっては何もならないのである。人間と機械が一緒になって共同作業ができる環境作り、すなわち人間と機械の橋渡しを行うユーザインタフェースの善し悪しが、効率的な通信管理を実現する鍵となる[7][8]。

本研究は、通信サービスの高度化、多様化にともなう種々の通信網が構築され、その大規模化、複雑化が急激に進行する状況を踏まえ、通信網を効率よく運用・管理するための通信管理システムを対象として、通信網の状況を人間が迅速かつ正確に判断し、措置を行うためのキー技術の一つであるユーザインタフェース、特に、通信管理の全ての分野で広く使用される通信網のビジュアル表示技術を確立することを狙いとしてなされたものである。

本論に進む前に、研究の背景として、情報通信分野におけるビジネス、サービス、通信網および通信管理システムの発展過程とそのユーザインタフェース技術の検討課題について述べる。

## 1.2 研究の背景

図1.1は、情報通信分野におけるビジネス、サービス、通信網、通信管理システムおよびユーザインタフェース技術の発展過程を表したものである。以下、通信管理システムとの関連を中心に、それぞれの項目について簡単に説明する[9]。

### (1) ビジネスの展開

公共事業として独占形態で行われてきた通信サービスが、1980年代には世界的に自由化が行われた。このため、通信事業者は競争環境下において、通信サービスの維持向上に努めながら、価格競争に打ち勝つために、通信網のデジタル化や加入者回線への光ファイバの導入および通信管理システムの導入による広域保守体制の実現等を推進することによって、コストの削減を図った。1990年代に入ると、価格競争から通信管理の高度化による多様なサービスや高品質のサービスの提供による競争へと重点が移りつつある。国内、国際の枠にとらわれずにユーザに多様なサービスを提供するため、世界的な規模による通信事業者同士の提携や連携が進んでいる[10][11]。

### (2) サービスの展開

サービス面では、1970年代までは電話サービスが主体であったのに対し、1980年代には、音声、画像、データの統合情報通信サービスとしてISDNサービスが登場する[12]。高度な通信サービスとして、電話の通話料金を自動的に着信者が支払うフリーダイヤルサービスや公衆網上に企業の仮想的な専用網を構築するVPN（Virtual Private Network）なども提供されるようになった。1990年代に入ると、インターネットに代表されるマルチメディアサービスも、徐々に通信販売などのビジネス利用が始められ、Internet Phoneのように、動画、音声などのリアルタイム配信にインターネットを利用する動きも活発化しつつある。また、VOD（Video On Demand）等の広帯域通信網を活用したマルチメディアサービスも各地で商用実験が行われるようになった[13][14]。このようなマルチメディアサービスをビジネスチャンスと捉えて多くのカスタマが新たなサービスを模索しており、カスタマ毎、サービス毎のきめの細かい情報の収集、管理、提供が必要となると考えられる。

### (3) 通信網の展開

通信網の面では、ISDNサービスの土台となる、デジタル統合網が1980年代に構築された。電話網においては、4 kHzのアナログ音声信号が、交換システムと伝送システムのインタフェースであった。これに対して、デジタル統合網は、デジタル多重化信号によるインタフェースを採用する。電話網時代には、伝送システムと交換システムは

個別に管理されていたが、このデジタル統合により、通信網を一元的に管理することが必須となった。また、網構成の変更に対応するための新たな管理技術の研究も必要になった。

1980年代に入ると、広帯域ISDNを経済的に実現する要となる技術として、大容量伝送方式のSDH（Synchronous Digital Hierarchy）および汎用的な伝達方式のATM（Asynchronous Transfer Mode）の導入が始まった[15]。

一方、爆発的に増大するコンピュータ通信の需要に答えるためのオープンな通信網として、交換機の代わりに経路制御を行うルータを使用する、OCN（Open Computer Network）のようなコネクションレス型通信網の構築も進んでいる[16][17]。また、例えば米国においては、CATV回線が95%以上の家庭に引き込まれていることから、CATV回線をマルチメディア情報を伝送するアクセス回線として利用する動きも活発化しているなど、通信網の多様化がますます進行している。

#### (4) 通信管理システムの開発

通信管理とは通信サービスを提供するために、図1.2に示すように、通信網を設計し、建設し、運用し、保守するといった一連の動作を効率よく行っていくための管理をいう[9][18]。通信網や設備はただ設置しただけでは動かないし、通信サービスの完結性も保証できない。通信網の瞬時・瞬時の変化を監視し制御を行い、また、突発的あるいは計画的な変更・追加を適切に行うことにより、効率的なビジネスと良好なサービスを実現する必要がある。

通信管理技術は電気通信網の誕生とともに存在したはずであるが、当初は、通信管理はほとんど人手で行っていたため、管理技術という概念は明確には育っていない。自動交換機の導入など通信網の発達にともなって管理も人手だけでは不十分となり、機械力を取り入れた管理技術という概念が生まれてきた。特に、1980年代の通信市場の自由化後、コスト削減に関心が集まり、省力化を狙いとした通信管理システムの開発が行われ、図1.3に示すように、情報転送網を介して通信装置の集中管理、遠隔試験システムの導入が進んだ。1990年代に入ると、管理の重点は、個々の通信網設備から通信網全体としていかに機能を発揮していくかに移ってきた。すなわち、通信サービスの高度化とともに、複数の設備や異種の設備、複数の通信網についての運用保守を統合しながら、通信網対応の管理機能の整備が進められ、さらに個々のサービスの管理とこれを基盤とした個々のカスタマの管理が重要な課題として取り扱われるようになった。このような通信管理システムの変遷の状況を図1.4に示す[19]。

一方、人間と機械との関わりからの観点から通信管理システムの発展形態を要約すると図1.5のようになる[20]。この図は、実行、監視、制御、判断、管理という機能に着目して整理したものである。最初の段階では通信網設備が実行を行い、その他は人間が行っていた。次に監視、制御が機械化された。その次の段階、すなわち現在は判断、監理の一

部が自動化されている状況である。しかしながら、通信網の大規模化、複雑化が進み、通信サービスの高度化、多様化、さらには通信管理にもより高度な機能が要求される状況においては、人間に伝達される情報はより多く、複雑になっており、判断や措置の内容もより高度なものになっている。

#### (5) ユーザインタフェース技術の発展

人間と機械とを結びつけるユーザインタフェースの分野においては、コンピュータの能力が低い時代には、1次元の符号列を用いるコマンド入力、すなわちキャラクタユーザインタフェース（CUI）が主体であった。通信管理システムにおいては、コマンドはいわゆるシステムコンソール用の命令として使用され、交換機や伝送端局装置毎に専用のシステムコンソールが直付けされ、トラブル解析、システム診断等を行っていた。コマンドはシステム毎に文字列定義も構成も異なっており、専門の管理担当者でなければ使いこなすことができなかった。

コンピュータの処理能力の向上にともなって、コンピュータシステムのユーザインタフェースとして、直観的で分かりやすいグラフィカルユーザインタフェース（GUI）が導入されるようになった[21][22]。通信管理システムのユーザインタフェースに関しても、正確性や迅速性の観点から、汎用的なフローダイアグラムやグラフ等のほか、通信管理固有のグラフィクス表現として各種の通信網表示図、設備構成図、パッケージ実装図等が用いられるようになってきた。

中でも通信網表示図は、図1.6に例を示すように、通信網の状態を把握することを目的として、通信網の運用・管理に関する全ての分野で広く使用されている、最も汎用的、基本的なグラフィクス表現である[23][24][25]。このため、通信網表示図に関しては、通信網が元々持っている階層性を利用して、階層構造を持たせた複数の表示図に分割して表示するマルチウィンドウ表示法など種々の表示手法が提案されている。しかしながら、その操作性についてはこれまでほとんど評価が行われておらず、ユーザインタフェースの設計者は、通信網の規模や業務内容に対してどのような表示手法を適用すればよいかの判断ができない。このため、実際の通信管理業務に即した通信表示図やそれを構成する個々の表示要素に関する操作性の定量的な評価を行うことが急務となっている。

また、実際の通信管理業務では、通信網表示図を用いて同一画面上に通信網全体を表示し、その構成や状態の監視を行うのが一般的であるが、従来提案されている表示手法では、大規模化、複雑化した通信網の全体構成を見やすく表示することは難しく、新規の表示手法を早急に検討する必要があるが出てきた。

### 1.3 研究の目的

前節で説明したように、通信サービスの自由化をきっかけとして、通信サービスをめ

ぐる状況は急激に変化、進展している。すなわち、通信サービスの競争環境下において、通信サービスの高度化、多様化が進められ、これにともなって種々の通信網が構築され、その大規模化、複雑化が急激に進行するとともに、複数キャリア間、通信網間の相互接続によるグローバルな通信サービスが多数提供されるようになってきた。

本研究はこのような状況を踏まえ、通信網を効率よく管理するための通信管理システムを対象として、その基本技術の一つであるユーザインタフェース、特に通信網のビジュアル表示技術を確立することを目的とする。具体的には、通信管理における最も汎用的なビジュアル表示手法として通信網表示図を取り上げ、その表示条件を明確にする。次に、通信網表示図は、その用途から、主として通信設備の地理的位置関係を表示するための通信ノード配置図および通信設備の階層的関係を表示する通信ノード階層構成図に大別されることから、それぞれについて表示条件を満足する新規の表示法を提案し、その有効性を検証する。

## 1.4 各章の構成

第2章では、通信サービスを提供し、運用していくために必要となる通信管理業務について説明し、通信管理業務の効率化と高度化を進めて行くには、人間と機械との対話の手段であるユーザインタフェースが重要な検討課題の一つであることを示す。次に、ユーザインタフェースの設計条件を整理し、これに基づいて役割の異なるフロント管理担当者、バックヤード運転担当者およびバックヤード設計担当者別のユーザインタフェース設計の基本方針をまとめて具体的な画面の設計を行うとともに、通信管理のための作業に共通的に使用される通信網表示図をユーザインタフェースの検討課題として取り上げる必要性を述べる。さらに、通信網表示図の使用法として、通信網全体の一覧表示、特定の2点間の構成および状態表示が必須であることを示す。

第3章では、通信網表示図に関する要求条件を整理することにより、研究の課題を明らかにする。通信網表示図が用途から、主として通信設備の地理的位置関係を表示するための通信ノード配置図および通信設備の階層的関係を表示する通信ノード階層構成図に大別できることを述べる。さらに、それぞれの表示図について、従来の表示方法では大規模通信網の使用要求条件を満足せず、新規の表示手法を検討する必要があることを説明する。最後に、通信網表示図の検討を行う前提として、通信網表示図に適した構成要素の属性および通信網表示図の操作性の定量的な評価法を検討する必要があることを示す。

第4章では、先ず通信網表示図を評価するための前提として、構成要素の属性、ノード形状、ノードのサイズおよびノードの色と背景色の関係について整理する。次に、通信網表示図の評価方法として、通信管理の実作業をモデル化した、通信網表示図上で指

定された2個のノード間の最短ルートを検出する課題について説明し、実際の通信網表示図を用いて行った評価実験により、評価法としての有効を検証するとともに、課題の達成時間、操作の後戻り回数および指定された回数で課題を達成したかどうかという正解率によって通信網表示図の操作性が評価できることを示す。

第5章では、大規模通信網の通信ノード配置に適した表示法として、ノードの密集する複数領域を同時に拡大・変形するマルチフィッシュアイ地図変形表示法を提案する。最短ルートを検出する課題を用いて、従来表示法との操作性比較評価実験を行い、操作性の観点から通信ノード表示図の表示条件を求めるとともに、マルチフィッシュアイ地図変形表示法が大規模通信網のノード配置表示に有効であることを示す。さらに、見やすさに関する主観評価を行い、マルチフィッシュアイ地図変形表示法が見やすさの観点からも大規模通信網の表示に有効であることを示す。

第6章では、大規模通信網の通信ノード階層構成表示に適した表示法として、空間を利用して同一階層のノードを円形に等間隔に配置することにより、ノード、リンクの重なるの発生を軽減したスノー・クリスタル表示法を提案する。最短ルートを検出する課題および指定されたリンクを選択する課題を用いて、従来表示法との操作性比較評価実験を行い、スノー・クリスタル表示法が大規模通信網の階層構成表示に有効であることを示す。さらに、満足度を測定するために、見やすさに関する主観評価を行い、スノー・クリスタル表示法が見やすさの観点からも大規模通信網の階層構成表示に有効であることを示す。

第7章は本論文の結論である。

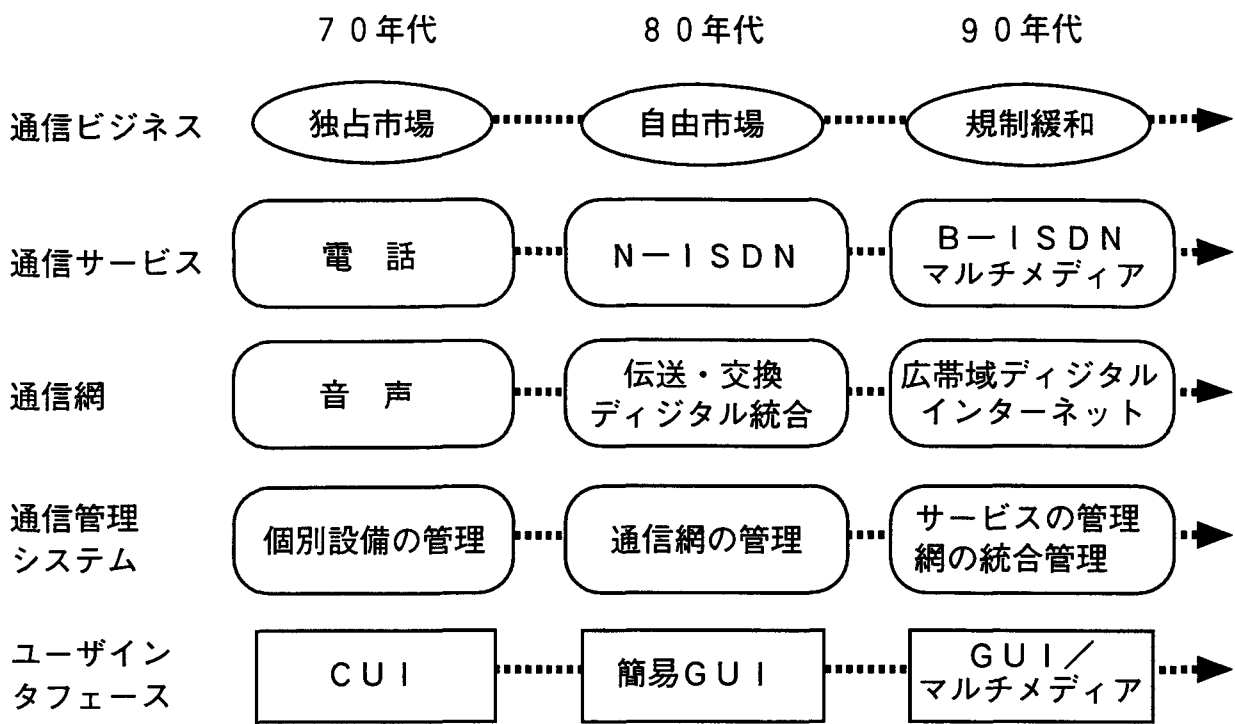


図1.1 電気通信分野の発展・動向

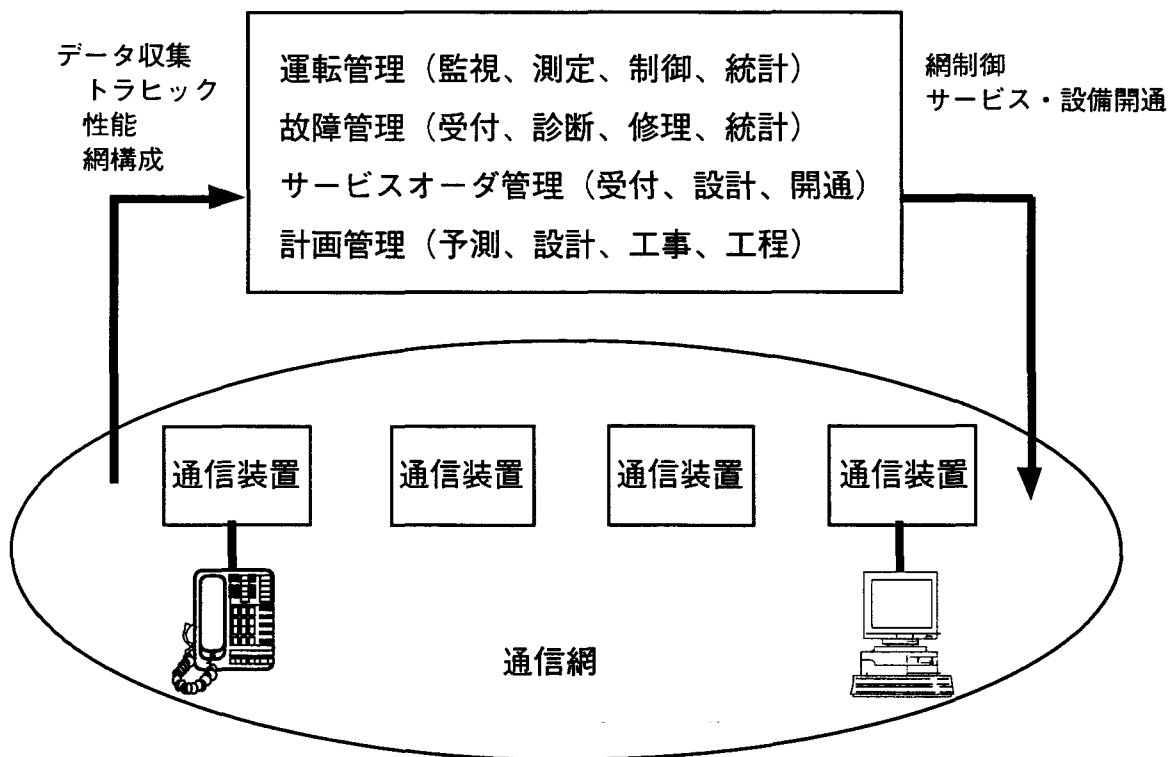


図1.2 通信管理の機能



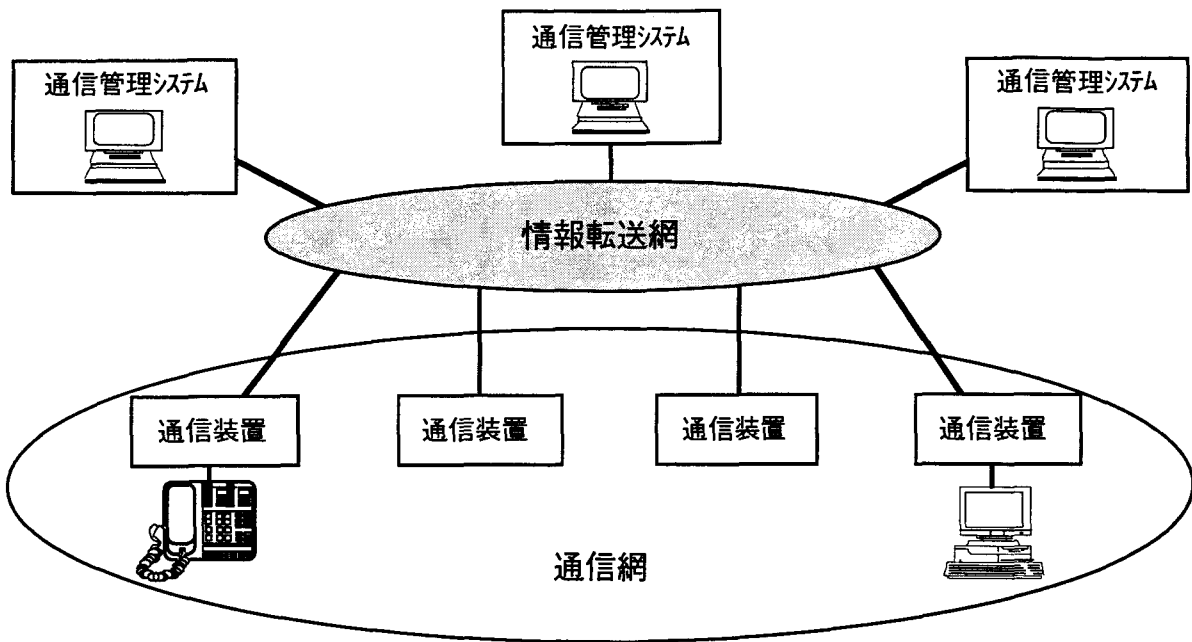


図1.3 通信網と通信管理システム

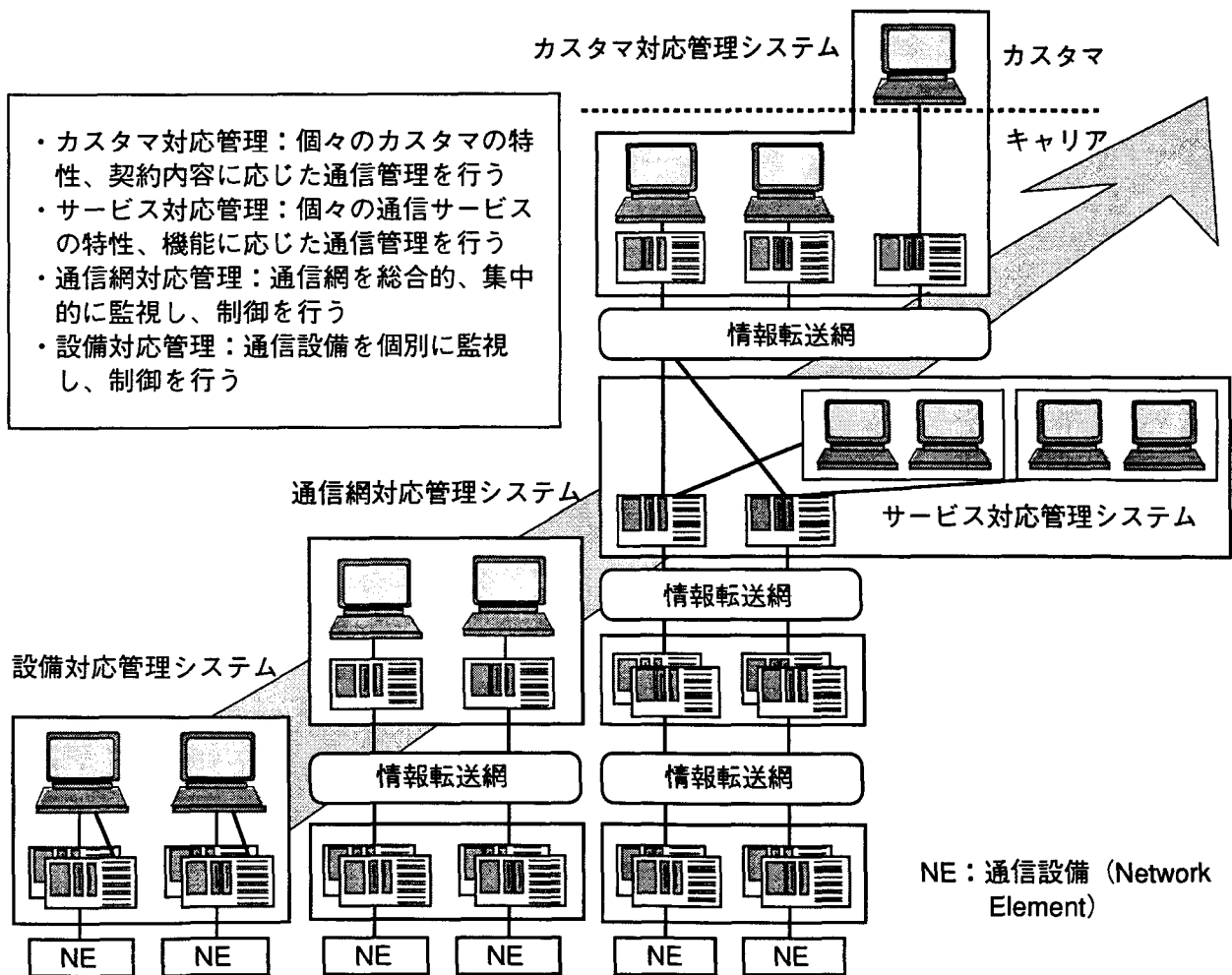


図1.4 通信管理システムの変遷

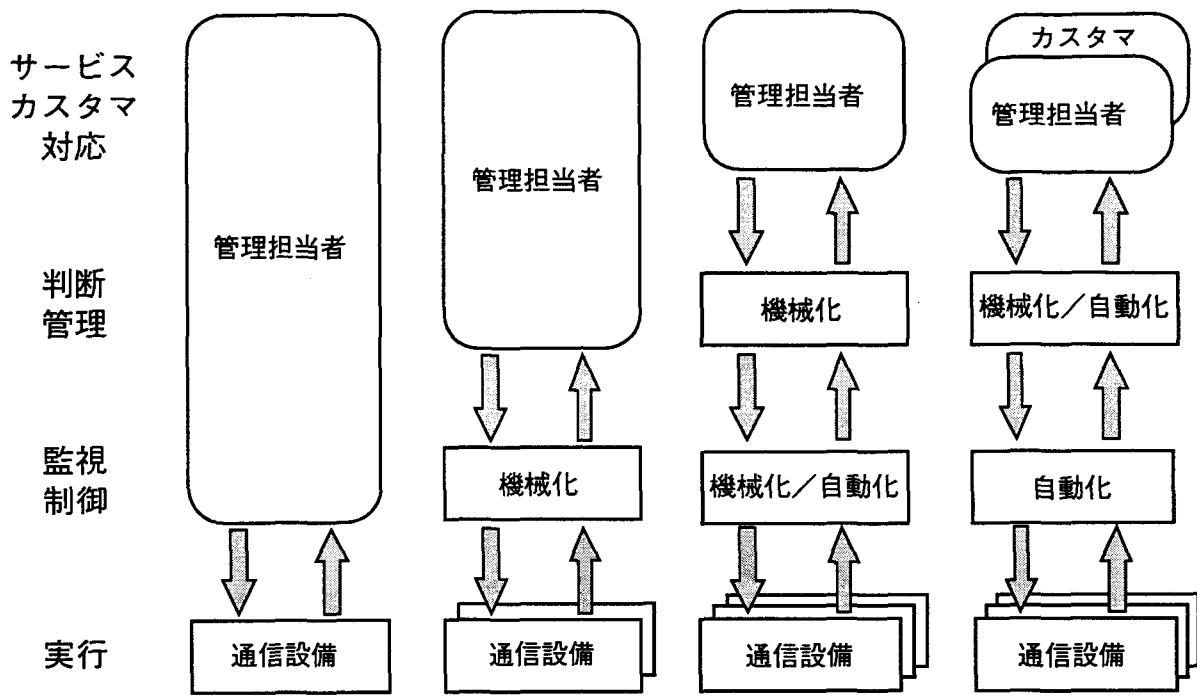


図1.5 通信管理システムの発展形態

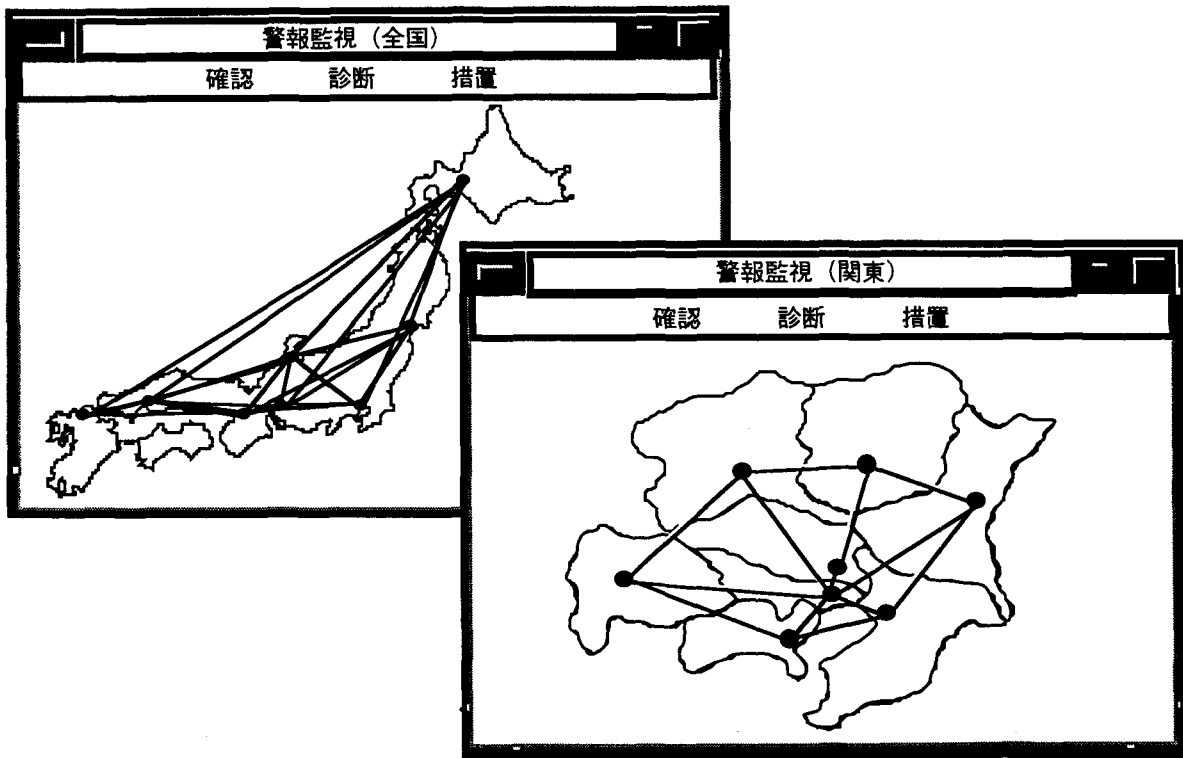


図1.6 通信網表示図の例

## 第2章 通信管理システムのユーザインタフェース

### 2.1 はじめに

本章では、通信サービスを提供し、運用していくための通信管理業務を高品質かつ効率的に実現するためには、人間（管理担当者）と機械（通信管理システム）とのユーザインタフェースが重要であり、ユーザインタフェースの設計条件を整理し、これに基づいて管理担当者別のユーザインタフェース設計の基本方針をまとめて具体的な画面の設計を行うとともに、通信管理のための作業に共通的に使用される通信網表示図をユーザインタフェースの検討課題として取り上げることの必要性を述べる。

先ず通信網とその構成要素である通信網設備および通信網を用いて良好な通信サービスを安定的に提供していくために必要となる通信管理業務について述べるとともに、通信管理業務が人間と機械の協調によって実行されることから、人間と機械との対話の手段であるユーザインタフェースが重要な検討課題の一つであることを示す。次に、ユーザインタフェースの設計に関し、人間中心のユーザインタフェース設計方法を用いることの必要性を述べるとともに、これに基づいてユーザインタフェース設計の基本条件を整理し、その共通化が重要な課題であることを示す。さらに通信管理を実行するためには、役割の異なるフロント管理担当者、バックヤード運転担当者およびバックヤード設計担当者が必要であることを示し、これらの担当者が行うべき作業の整理を行う。これに基づいて管理担当者別のユーザインタフェースの基本方針をまとめるとともに、基本方針の適用例として代表的な画面について具体的に設計を行い、その中で通信網表示図が共通的に使用されることを示す。

### 2.2 通信管理業務

#### 2.2.1 通信サービスと通信管理業務

通信サービスの特徴の一つはマルチサービスである。映像系ではCATV、VODやTV電話、テキスト系では在宅手続やテキスト検索、音声系では電話やボイスメールのように、複数のサービスが、例えばISDNという同一の通信網によって提供される[1][2]。ただし、サービス毎に独自の情報データベースやソフトウェアが必要であり、必要な通信容量や通信品質も異なるため、通信網の系構成をサービス毎に変更することによって個々の通信サービスを実現することになる。また、通信サービスの高度化、多様化に伴って、国際通信、移動体通信やインターネットを始めとして、複数の通信サービス業者、通信設備を使用することによって一つの通信サービスが実現するマルチキャリアサービスが急

速に増大していることも大きな特徴となっている。

通信サービス事業者は、交換機、伝送路、端局装置等の通信設備を使用して、企業および一般のカスタマに対して種々の通信サービスを提供する。良好な品質と信頼性の高い通信サービスを提供するために、通信設備の建設・導入、ソフトウェアのインストール、加入者線（端末装置と交換機間の回線）や中継回線（交換機間の回線）の建設・開通、伝送路の切換え等を行い、また通信設備自身の構成やその設定データに種々の変更を加えていく。さらに、これら設備全体を通信網として組み上げ、その中を流れる通信トラフィックや設備の稼働状況の監視を行い、状況の変化に即応して通信ルートや接続構成の変更を行っていく。このような通信サービスを提供・運用するための業務を総称して通信管理業務と呼ぶ。

カスタマと通信網、通信サービスおよび通信管理業務の関係を図2.1に示す。通信サービスを提供するための通信網の構築は通信管理業務であるが、通信サービス自体は全て自動化され、通信網を構成する各通信装置により自動的に実行される。通信管理業務は機械すなわち通信管理システムと人間すなわち通信管理担当者との協調によって実行されるが、マルチサービス、マルチキャリアの進展により、サービスやシステム間の連携だけでなく、通信管理業務自体の高度化、高機能化が急務の課題となっている[3][4]。

## 2.2.2 通信管理業務の構成

通信サービスを実現し、良好な品質で提供するためには、前節で述べたような種々の業務が必要となる。これらの業務をその内容に応じて分類すると、図2.2に示すようになる[5]。

カスタマからサービスへの新規加入や移動、加入条件の変更等の要求を受けたとき、これを具体的な形で通信網に伝え、速やかに要求を実現していくのが受注系管理業務であり、受付機能、設計機能および実行機能に分けられる。実行機能とは、通信設備に関するデータの追加・変更あるいは通信ケーブルの敷設や交換機パッケージの追加等、ハードウェアの状態を具体的に変更する機能である。

良好な通信品質を守って不都合なく通信サービスを提供するために、通信網の運用にかかわる種々の日常業務を実行するのが運転系管理業務であり、特定のカスタマのサービスや通信網を管理するカスタマ系機能、特定の通信サービスの状況を管理するサービス系機能および通信網や物理的な通信設備を管理するインフラ設備系機能に分けられる。例えば、光ファイバが切断した場合に、伝送切り換え装置を用いて他のルートに迂回させることによって速やかにサービスの回復を行ったり、変更工事中あるいは故障で動作しない設備がある場合でも、予備の設備を使用する等の措置を講じることによって、サービスが継続できるようにする。

運転系管理業務が実行されても、ハードウェアの故障、ソフトウェアのバグあるいは

道路工事等の外的な要因により、サービスが一時的に提供できない、あるいは良好なサービスの維持が難しいといった状況の発生を完全に防止することは困難である。このような状況に対処するために、カスタマからのサービスに対する問い合わせ、苦情、故障の通知に応じて処理の手配を行い、サービスの復旧を行うのが、故障系管理業務であり、カスタマからの種々の申告を受け付ける受付機能、受け付け内容を分析・解析し、原因を特定する診断機能、対処措置の手配等、サービスの早期復旧のための一連の工程を実施する実行機能に分けられる。

受注系、運転系および故障系管理業務が滞りなく実行されるためには、カスタマのニーズ、需要動向を想定しながら設備計画を立案し、予め通信設備を用意して通信網を構築しておく計画系管理業務が必要である。計画系管理業務は、設備需要の予測機能、予測に基づく設備の設計機能および設備の増減設工事を実際に行う実行機能がある。

### 2.2.3 通信管理業務の処理構造

通信管理業務は、人間（管理担当者）と機械（通信管理システム）の役割分担と協調によって実現される。すなわち、データの収集、転送のように、機械が得意な領域に関しては、人間を介することなく、通信管理システム同士あるいは通信管理システムと通信設備間で直接通信することによって効率的な管理が実現できる。逆に、カスタマに合わせ、如何にカスタマを満足させるかを考え、実行するのは、少なくとも当面は機械が行うことは難しく、人間の果たすべき役割であり、人間同士の通信あるいはそのための人間と機械の通信が必要になる。このように、人間と機械とは通信管理に対して果たすべき役割が異なると考えられることから、通信管理の実行には、(1)人間対機械、(2)人間対人間、(3)機械対機械の3通りのコミュニケーションが必要になる。特に、人間対機械のコミュニケーションの場合には、人間と機械との能力や特性の違いによって発生する処理の複雑さ、過誤を抑え、効率的な管理業務の実現を支援することが重要となる[6]。このため、ここでは人間および機械が担当すべき管理領域、人間と機械が協調し、コミュニケーションを行いながら管理を進めるべき領域を、図2.3に示すような管理コミュニケーション参照モデルに基づいて考察する[7][8]。

- ・第5層「管理精神層」：一般モデルでは、「心」間のコミュニケーションである。管理における「心」は経営理念、企業家精神であり、管理目標を定める基本精神である。
- ・第4層「管理規範層」：一般モデルでは、感性すなわち感動を理解して行うコミュニケーションである。通信管理の最終目標は、通信サービスを提供するカスタマの満足が得られるかどうかであり、管理規範として満足の指標を共有し、これに基づいて特定の管理を企画立案する。
- ・第3層「管理定義層」：一般モデルでは、意味を理解する層である。管理の意味、内容すなわち管理規範に基づいてどのような管理を行うかという管理定義を共有し、こ

れに基づいて管理を実行するシナリオを選定する。

- ・第2層「管理帳票層」：一般モデルでは、論理層である。規則に従ってフォーマット化されたメッセージあるいは帳票を共有し、これに基づいて管理を実行するための動作を選定する。
  - ・第1層「管理信号層」：一般モデルでは、物理層である。管理信号を共有し、これに基づいて管理合図を何れかの媒体（文字、図形、音声、画像、その他）で伝達する。
- これによれば、満足を覚えることができるのは人間に限られるため、人間と機械が協調するのは第3層以下となる。また、ここで整理したように、第2層以下は全て機械処理系に任せた方が効率が良いと考えられるが、第3層は一部を除いては、人間処理系が介在したほうが当面は効率が良いと想定される。すなわち、第2層以下に関わる管理に必要なデータの収集、整理、蓄積、転送等は機械が受け持ち、第3層に関わる管理シナリオの選定、具体的には収集すべきデータの選択や収集したデータに基づく判断、決定は人間が行う。例えば、トラヒックの集中により通信ルート振り分けの必要が生じた場合、機械は通信容量に基づいて迂回ルートの候補を抽出するが、トラヒック集中の規模、原因、今後の見通し等を判断し、どの迂回ルートを取ればよいかを最終的に決定するのは、当面は人間である。これにより、第2層と第3層間および第3層の中で人間と機械とのコミュニケーションが発生する。ただし、役割は時間とともに機械に移行していくことを想定して、人間と機械との間の柔軟な管理情報の共有を図ることおよび情報の交換を簡易に行えるようなコミュニケーション手段、すなわちユーザインタフェースの提供が課題である[9][10][11]。なお、通信管理システムが人間と直接対応する部分は、ワークステーションあるいはパーソナルコンピュータであり、入力装置としてキーボードおよびマウス、出力装置としては20インチ程度のカラーディスプレイが用いられる。

## 2.3 ユーザインタフェースの設計

### 2.3.1 ユーザインタフェースの設計方法

通信管理システムのユーザインタフェースに関しては、従来、個々の処理に必要な情報とその流れの抽出を主とした業務分析に基づいて業務フローを設計し、これに合うようにユーザインタフェースを設計する業務中心の設計手法が取られていた。この方法では、従来の紙の帳票をそのまま画面に展開したようなユーザインタフェース、あるいは通信管理システムが処理しやすい画面や画面フローになることが避けられず、人間が使いやすいかどうかは2次的な要素になりがちであった。

これに対して、業務を遂行する人間の認知処理行動を分析し、その結果に基づいて情報内容や表示画面を設計する、いわゆるユーザ中心の設計方法が提案されている[12][13][14][15]。通信管理システムのユーザインタフェース設計に関しても、ユーザ中心の設計

方法の必要性、重要性が認識されてきている。通信管理システムの場合には、カスタマ対応と通信設備対応業務とでは担当者の作業も要求されるスキルも異なることから、特に、各担当者が使いやすい、ユーザインタフェースを提供することによって、管理業務自体の効率化にも大きく寄与すると考えられる。このため、図2.4に示すような、通信管理システム全体としての共通的设计条件、役割の異なる業務担当者毎に共通する設計方針、さらに詳細な担当者が行う作業別の設計条件という3つのレベルで検討を行う通信管理システム向けの設計手法の整理を行った[16][17]。なお、担当者という用語は、特定の人間を指すのではなく、その業務を担当する人間一般の意味で使用している。

各レベルの検討では、管理業務の特性、受付管理、運転管理等の業務担当者としての共通な特徴および作業の特性を考察し、そこからユーザインタフェースに求められる規則や条件を抽出する。さらに、各作業に対して設計条件を満たすユーザインタフェースを規定した画面を設計することになる。ここでは、各作業における代表的な画面について、具体的に設計を行う。

コンピュータのユーザインタフェースに関しては、ディスプレイの色やサイズ、キーボードやマウスのキーの配列や形状のような、人間が直接機械と接する物理的なインタフェースに関する、いわゆる人間工学的研究が長年にわたって行われてきた[18][19][20]。これに加えて、人間が機械から情報を受け取って理解、判断する認知過程や思考過程に関するいわゆる認知工学的側面からの研究も盛んに行われてきている。また、これらの知見に基づいて操作手順、入力、出力等に関する基本的設計指針を示した設計ガイドライン[21][22]、あるいはMotif、Windows等の特定のGUIを対象に具体的設計原則を示したスタイルガイドも作成されている[23][24][25][26]。個々のシステムのユーザインタフェースを具体的に設計する場合には、ガイドラインのどれを適用し、どのように具現化するかという検討を行い、プロトタイピングを用いた評価等を行いながらシステム毎に最適なユーザインタフェースを決定していくことになる。

通信管理システムのユーザインタフェースの共通的设计条件については、これらの設計原則を参照して整理することとし、また、各作業における代表的な画面の具体的設計についても、ガイドラインあるいは認知工学的知見を参照・適用しながら行うこととする。

### 2.3.2 ユーザインタフェースの設計条件

ユーザインタフェースの目的は、人間と管理システムとの能力や特性の違いによって発生する処理の複雑さ、過誤を抑え、誤りのない適切な管理業務の実現を支援することである。その具体的な設計に際して配慮すべき原則を、設計ガイドライン等の知見に基づき、多種多様な設備が日本全国に配置され、構成された通信網を用いて種々の通信サービスを提供し、その運用状況を遠隔にいる人間が的確に判断し、異常の発生や網構成、

通信サービスの変更・追加等に対して迅速かつ正確に措置を行うという通信管理業務の特性を考慮して、以下のように整理した[5][27]。

- ・共通化：通信管理業務には種々の機能、多くの作業が含まれるが、ユーザインタフェースとしてみると類似のものも多い。したがって、類似の作業に対しては同様のユーザインタフェースを提供することにより、判断や操作に要する人間の負荷を軽減することが重要である。例えば、設備の管理においては、交換機や伝送システムのメーカーや規模による相違、対象の種類にかかわらずユーザインタフェースは同一とする。どのような単位で共通化を図るかが課題となる。
  - ・簡単化：迅速かつ正確に作業を行えるようにすることが重要である。このため、簡単で分かりやすいユーザインタフェースを提供することにより、種々の状況や形態で提示される通信の異常の通知・検出やカスタマの要求に対して、迅速に判断や操作ができるようにする。
  - ・高信頼：設備の接続構成や通信ルートの変更等、操作の誤りによってサービスに多大の影響を及ぼす場合がある。人間は誤りを起こすものであるという前提にたち、誤りを許容する信頼性の高いユーザインタフェースを提供することにより、安心して判断や操作ができるようにする。
  - ・柔軟性：夜間における集約管理やマルチサービス管理等により、交換機の専門家が知識の乏しい伝送設備の管理を受け持ったり、新システムの導入時にはシステムに対する理解が十分でない場合がある等の問題がある。このため、柔軟性のあるユーザインタフェースを提供することにより、人間の経験や知識に応じて判断や操作ができるようにする。例えば、初心者用と熟練者用を別に用意し、経験を積むとともに移行できるようにする、頻繁に行う作業を手順に合わせてカスタマイズする等の方法がある。
- ここでは、通信管理業務において人間の負荷を軽減する観点から特に重要と考えられる共通化について考察する。

共通性の観点からみると、通信管理システムのユーザインタフェースの構造は、図2.5に示すように、認知工学の成果の一つであるウィンドウやボタン、メニュー等のコンピュータに共通なユーザインタフェースとしてのGUIの上に、通信管理固有の部分が乗る構造となる。通信管理固有の部分は、さらに、通信管理業務全体で共通的なユーザインタフェース、業務の分野毎に共通な部分およびシステム毎に固有な部分とに分けることができる[6][28]。

このような共通化によって、人間の負荷を軽減するだけでなく、通信管理システム間のユーザインタフェース部品あるいはソフトウェアの共通化、再利用を図ることができ、ユーザインタフェース設計のコストを低減することができる。このため、コンピュータに共通なGUIを使用することを前提として、通信管理システム固有のユーザインタフェースとしての共通部分、すなわち通信網、通信設備あるいはその状態を表示するた



めの通信網表示図、通信網の状態の一つである警報の表示方法等について、先ず第一にシステム間の共通化を図ることが課題である。

### 2.3.3 ユーザインタフェースの設計内容

ユーザインタフェースの設計には、(1)複数の画面の提示順序を設計する画面遷移設計、(2)1枚の画面における部品の配列やそこでの操作手順を設計する画面表示設計、(3)個々の表示用部品やコマンドの投入形式を設計するユーザインタフェース部品設計がある[29][30]。

画面遷移設計は、通信管理業務の達成手順、作業項目間の関連、既存のシステムとの関連、整合性等を考慮して該当業務を個々の作業に分割する。これらの作業項目は、例えば、メニュー項目として初期画面に配置する。メニューの項目指定によって該当の作業画面を表示し、終了指示で画面遷移の制御を初期画面に戻す。作業の内容に応じて、AとBのデータを見ながらCのデータを作成する、というように、マルチタスクで作業を進めるか、1つの作業の終了を受けて次の作業を行う、シーケンシャルな流れにするかを決める。また、1つの作業にいくつまで画面を表示するかという、画面のネストの深さやウィンドウのコントロール部が隠れないようにする、カスケード表示のための基本的な画面の大きさや表示の順序等を決定する。

画面表示設計は、画面遷移設計の検討に基づき、それをどんな画面群に展開していくかを決める。まず、画面を用途に応じて、例えば、(1)データの操作など通常の作業を遂行するためにメインに使用する作業画面、(2)処理状況の表示や実行の確認、パラメータの入力や選択など、基本的には作業に依存しない操作支援画面、(3)利用者が作業を選択したり、作業の手順を示したり、作業そのものを効率的に行うことを目的とした作業支援画面、に分類する。さらに、作業画面については、作業毎にデータの量や内容、重要度、緊急度等を考慮して、映像やグラフィクスを利用するか、表形式、テキスト形式とするか、システム固有の表示方法を検討するか等の基本方針を決定する。操作支援画面、作業支援画面については、用途に応じてさらに細分化しておく。

ユーザインタフェース部品設計は、各画面で使用する部品を決定するとともに、開発するシステムで共通に使用する主要なユーザインタフェース部品、例えば、ラベルの表示/非表示を選択するトグルスイッチを設計する。また、ボタンの種類や名称、機能、共通的に使用する用語とその使い方、文字のフォントやサイズ、基本的なカラーの用法等を設計ガイドラインに基づいて決定する。

## 2.4 通信管理担当者

通信管理業務を人間を中心に整理した結果を図2.6に示す[31]。ここで、フロント管理

担当者はカスタマとの対応を行う役割を持ち、バックヤード運転担当者は、通信網の状態やその変化に即応して種々の対処を行うとともに、フロント管理担当者の要求に基づいて実際の対処作業を行う。バックヤード設計担当者は、他の担当者とは異なり、いわゆる非リアルタイム的に作業を行うものであり、サービスの需要を予測し、それに基づいて通信網の設計を行う。このほか、設備の設置や撤去、取り替え等の実際の工事を行う工事担当者もいる。しかしながら、これらの工事をシステム化することは難しく、工事担当者と通信管理システムとの関わりは工事情報の入出力程度であるため、ここでは、工事担当者に対するユーザインタフェースについては特に考察しない。

フロント管理担当者は、カスタマと直接対応することにより、カスタマの満足度を維持・向上する役割を担う。このため、受注業務および故障業務における受付作業を担当する。受注受付と故障受付を別の人間が担当することも可能であるが、以下の理由により、フロント管理担当者が一括処理することが妥当と考えられる。(1)受注と故障受付では処理する内容は異なるものの、カスタマからの要求を受け、これを的確に把握し、要求に応じて処理の手配を行い、処理の進捗を管理する、という作業の流れはほぼ同一である。(2)受付を一箇所にすることによって、部門間のたらい回しを避けることができる。(3)企業網の管理あるいは種々のサービスを利用している特定の企業カスタマを管理する場合には、ヘルプデスクとして専任の担当者を配置し、カスタマの要求を一手に引き受け、満足度の向上につながると考えられる。

受付作業においては、カスタマ主体の対応が求められることから、ユーザインタフェースについては、カスタマの多様な要求に即応できる多岐にわたるシステム動作フローが要求される。また、要求の処理に必要な通信設備の空き状態や特定サービスの運用状況のように、通信網の特定の状況が迅速に判断できるユーザインタフェースが必要である。

バックヤード運転担当者は、故障の原因特定、応急措置あるいは復旧作業等、サービス運用の鍵となる実作業を行う。運転業務および故障業務における通信網および通信設備の状態を監視し、不具合の原因を特定し、対処措置を講じる一連の作業は、きっかけがカスタマの要求か、問題点の自主的な発見かによる相違のみで、担当者の行う作業の流れはほぼ同一である。

通信網の状態管理のためには、設備、通信網、サービス、カスタマ等の種々のレベルで運用状況の全体あるいは細部について多様な観点から把握できるユーザインタフェースが必要である。また、カスタマからの故障申告の場合には、フロント管理担当者あるいは他の担当者によるそれまでの処理経緯を含めた請け負い内容を的確に把握する必要があり、様々な情報をわかりやすい形式で表示することが要求される。

バックヤード設計担当者は、計画系管理業務のうち、設備需要の予測および予測に基づく設備の設計を担当する。また、フロント管理担当者が受付けた受注に関する設計も

行うが、これは個人カスタマの場合には、基本的には単純な設備の割り当て作業であり、企業カスタマの場合には、計画系の作業と同様に、需要の予測および予測に基づく設備の設計を行うことになる。

需要の予測のためには、設備、通信網、サービス、カスタマ等の種々のレベルで時間変化や地域毎の特性に関する情報を各種のグラフや表、表示図等、様々な形式で比較、表示できる必要がある。また、設計作業の場合には、頻繁に行う作業ではないにもかかわらず、手順に従って複雑な設計操作を繰り返す必要があるため、作業手順が分かりやすく明示されていることおよび設計の各ステップに自由に戻って再設計できるようにすることが要求される。

## 2.5 フロント管理担当者のユーザインタフェース

### 2.5.1 受付作業のユーザインタフェース

フロント管理担当者がカスタマからの故障申告、問い合わせ等を電話で受け付ける電話受付処理においては、カスタマが話す内容を把握してその場で記録する必要があるが、カスタマは、必ずしも一定の順序で話すとは限らない。また、応対が進むにつれ受付内容の解釈の仕方が変化することもあるため、入力内容は受付終了まで確定することができない。そのため、あらゆる項目に対していつでも入力・修正できるメカニズムが必要である。

これより、図2.7に示すような基本画面を設計した[16][17]。ここでは、カスタマは、必ずしも一定の順序で話すとは限らないことから、マルチウィンドウを使用せず、一面でカスタマに対応できるように画面を設計した。本画面の特徴を以下に示す。

- ・情報の種類別に画面の表示領域を分割し、下半分に該当する項目がない情報のメモ欄、および申告者自身の情報をいつでも入力・表示できるように、両者を切り替えて表示するようにし、設定された処理の流れとは異なった申告情報も即座に入力でき、カスタマ主体の受付処理が行えるようにした。
- ・申告種別を含む入力内容は常時設定・変更可能とし、受付中の変動的な解釈・判断にも対応できるようにした。

通信網表示図は、故障受付作業においては、申告を受けたカスタマの通信網構成、運用状況の確認に使用する。この場合必要なのは、通信網全体の構成および運用状況が一覧できることである。すなわち、通信網全体の構成が同一画面で一覧できるとともに、その運転状態が同時に表示されていることが必要である。また、カスタマからの苦情は特定のサービスや相手と接続ができないという場合が多いことから、申告を受けた特定の2地点間の接続構成とその状態すなわち異常の有無が迅速に把握できることが必要である。ここで、例えば特定の接続ルート間に高トラヒック等の問題点の発生が確認され

た場合には、その旨をカスタマに回答するとともに、バックヤード運転担当者に対処の指示をする。特に異状が発見されなかった場合にもその旨をカスタマに回答するとともに、バックヤード運転担当者原因解明の指示をする。

これより、故障受付作業では、通信網表示図は通信網の運用状況を確認するために必ず使用される重要な表示要素であることが分かる。

受注受付の場合は、故障受付ほどではないが、カスタマは、必ずしも一定の順序で話すとは限らない。また、対応が進むにつれカスタマに適したサービス内容が変化することもあるため、入力内容は受付終了まで確定することができない。そのため、あらゆる項目に対していつでも入力・修正できるメカニズムが必要である。また、故障受付との共通化による学習性、操作性を考慮して図2.8に示すような、故障受付と共通の画面分割による基本画面を設計した。唯一の相違点は、故障受付画面では申告者情報を表示する画面右下をオーダーの詳細を入力する領域としたことである。

通信網表示図は、受注受付作業においては、要求されたサービスの通信網構成、運用状況の確認に使用する。この場合必要なのは、通信網全体の構成および運用状況が一覧できることである。さらに、サービスを提供する通信設備とカスタマ間の特定の2地点間の接続構成とその状態すなわち設備や通信トラヒックの余裕の有無が迅速に把握できることである。この場合、地理的な位置関係よりも設備の収容関係、すなわち設備の階層関係の把握が重要となる。また、設備の余裕の有無によって設計、工事の期間、費用等が異なるため、その旨をカスタマに回答するとともに、バックヤード設計担当者に対処の指示を行うことになる。

これより、受注受付作業では、通信網表示図は通信網の構成および設備の稼働状況や空き設備を確認するために使用される重要な表示要素であることが分かる。

## 2.5.2 進捗管理作業のユーザインタフェース

既に依頼した作業に対する進捗状況の問い合わせに対応して、該当作業の進捗状況を調査し、今後の予定や遅延理由等を説明する進捗問い合わせ対応作業においては、フロント管理担当者は、カスタマとの過去の対応経緯を瞬時に把握して対応する必要がある。また、特定作業に関する進捗、作業経緯、予定等を一括して把握する必要がある。

これより、図2.9に示すような基本画面を設計した[16][17][32]。本画面の特徴を以下に示す。

- ・各処理を部門別に時間の流れに沿って表示し、情報の受け渡しが瞬時に把握できるようにした。
- ・作業予定と作業進捗状況を重畳させて表示し、遅延度が視覚的に把握でき、さらに今後の予定も把握できるようにした。

フロント管理担当者で処理しているすべての作業について、その進捗度や各担当の負

荷等を常時監視・制御する進捗管理作業においては、前述の進捗管理作業と同じ情報にアクセスすることになるが、この場合、全作業の進捗状況を監視し、新規作業や作業遅延に迅速に対応する必要がある。これより、図2.10に示すような基本画面を設計した[16][17][32]。本画面の特徴を以下に示す。

- ・各作業を1つのオブジェクトで表し、各オブジェクトが進捗度に応じた位置に表示されるようにすることにより、新規作業や遅延作業を一覧できるようにした。
- ・各オブジェクトの色や形、文字等で、作業種別や重要度、担当者等を表し、進捗管理時に必要な作業属性も同時に把握できるようにした。
- ・作業表示順序を設定可能にし、作業や担当者を特定する等、様々な観点から管理することができるようにした。
- ・緊急に対処が必要な作業が発生した場合、点滅やアラーム音で知らせるようにし、常時監視していなくてよいようにした。

通信網表示図は、進捗管理作業においては、故障および受注作業の進捗を確認するために使用する。すなわち、故障受付では、通信ルートを変更する等の措置が行われた場合、措置の内容とそれによって暫定的にサービスが回復したことを通信網表示図上で確認する。また、故障の原因が取り除かれ、通信網がもとの状態に復旧した場合にも、通信網表示図上で通信網構成を確認し、申告のあった2地点間でサービスが正常に運用されていることを確認する。受注受付では、バックヤード担当者から受注工事完了の報告を受けた時点で設備やサービスの状況を通信網表示図上で確認する。特に、サービスを提供する通信設備とカスタマ間で実施された工事の内容とその状態が一覧できることが重要である。

これより、進捗管理作業では、通信網表示図は通信網の構成状態および運用状況を確認するために使用される重要な表示要素であることが分かる。

### 2.5.3 作業引き継ぎのユーザインタフェース

フロント管理担当者の中で別の担当者が処理を引き継いだり、バックヤード運転担当者が対処作業を請け負う際、それまでの処理経緯を把握したうえで、行うべき処理に必要な情報を的確に入手する必要がある。処理に際しては、作業概要と個々の処理に必要な特定情報の詳細を同時に把握できることが望ましい。

これより、図2.11に示すような基本画面を設計した[16][17]。本画面の特徴を以下に示す。

- ・画面を上下に分割し、作業内容と作業対象の情報の表示領域を区分し、必要な情報を瞬時に見つけられるようにした。
- ・上下に分割した画面を各々左右に分割し、全体の概要と特定の詳細に区分して表示し、同一画面で概要を把握しつつ個々の詳細を把握することができるようにした。

作業引き継ぎにおいては、引き継ぐ前に確認を行った時点における通信網構成や運用状況を通信網構成図として引き継ぎ相手に添付することにより、より効果的に作業の引き継ぎを行うことができると考えられる。

## 2.6 バックヤード運転担当者のユーザインタフェース

バックヤード運転担当者は、通信網および通信設備の状態を監視し、問題点を発見した場合には、その問題点を回避する手段を講じるとともに、種々の試験を行うことによって不具合の原因を特定し、原因を取り除く手段を講じる。このためには、設備、通信網、サービス、カスタマ等の種々のレベルで運用状況の全体あるいは細部について多様な観点から把握できる必要であり、通信網表示図を中心として作業を進めることになる。

通信網表示図は、その用途から、前述したように通信網全体の一覧性が良いことが重要な条件であるが、これまでは、表示の見やすさの観点から、通信網が本来有している階層性を利用して、階層構造を持たせた複数の表示図に分割して表示される場合も多い[33][34]。このような階層構造を持った表示図では、図2.12のように、下位階層の表示図上の、例えば大手町、霞ヶ関、池袋等に分散して配置されている設備を集約したものを、東京という一つの仮想的なシンボルとして上位階層の表示図に表示したり、霞ヶ関というビルの中の設備をさらに詳しく図示したり、表示図間を自由に遷移するための機能を持たせてある。また、設備を表すシンボルの形や色によって、設備の種類や状態を表現するようにしている。この場合、下位の設備の最も厳しい状態を上位のシンボルに表示することにより、担当者の迅速な対処を促すようにしている。

通信網表示図によって、担当者はシンボル化された通信網設備を画面上で直接操作することが可能であり、正常、故障、工事中等の設備の状態だけでなく、試験の指示や警報の確認のような担当者自身の操作も視覚的に確認することが可能である。通信網表示図を用いた具体的な作業の手順を以下に示す[5]。

- (1)通信網表示図をワークステーションの画面上に表示し、通信網の運転状態をリアルタイムに監視する。サービス品質の基準として、たとえば相手につながらなかった通話数に関するしきい値を設定し、これを越えた区間、すなわちラインシンボルを表示図上で赤く点滅（ブリンク）するようにしておく。
- (2)サービス品質の低下が発生した場合には、担当者はただちに表示図上でブリンクしているラインシンボルを直接指定し、例えば回線容量、交換機の運転状況、影響を受けるカスタマやその影響の範囲等、その区間に関する情報を表示図を使って表示する。担当者はさらに、通話数の推移、すなわちサービス品質の予測をグラフ表示して、ただちに措置すべきかどうかを判断する。
- (3)措置が必要と判断した場合には、例えば一定数以上の通話が集中しているルートを迂

回するために、迂回可能なルートを、図2.13のように表示する。迂回の候補となるルートの容量や通話数、サービス品質の低下の予測をグラフや表を使って確認し、迂回ルートを決定する。

- (4)決定したルートに基づいて、通信網表示図上で直接ルートの変更を行う。また、カスタマの対応を担当するフロント管理担当者や設備の工事を行う工事担当等の関連する部門に、通信網やサービス品質の状況、回復予測等の情報を、例えば表形式の連絡票にして通信管理システム経由で配付する。
- (5)サービス品質の回復状況を通信網表示図やグラフを使って確認し、非常措置として変更したルートを元に戻す。

このように、バックヤード運転担当者の行う作業では、通信網表示図は基本的な表示要素であり、通信網表示図を中心に作業を進めていることが分かる。

ここでは、通信網を複数の表示図に分割して表示する、いわゆるマルチウィンドウ表示方式の通信網表示図を用いて説明した。これは、マルチウィンドウ表示方式が従来多くの通信管理システムで使用されてきたためである。しかしながら、マルチウィンドウ表示方式は、通信網全体の一覧性に欠けるため、サービス品質の管理に必須である特定の2地点すなわちエンド・エンド間の通信品質を監視する作業には不向きである。例えば、(2)において、回線やルートの疎通率が低下していることがカスタマに与える影響、すなわち特定のカスタマがどのカスタマとの間で通信し難くなるか等を確認する作業には、ウィンドウをまたがるルートのトレース等の作業が必要となるため、マルチウィンドウ表示方式の通信網表示図を用いることは難しい。これは、マルチウィンドウ表示方式は、従来の通信設備の状況や通信網全体としての品質管理には使用できるが、より高度なエンド・エンドのサービス品質管理には不向きであることを示すものであり、このような場合に適した通信網表示図を検討する必要がある。

## 2.7 バックヤード設計担当者のユーザインタフェース

通信網設計の前提となる需要の予測のためには、サービスの利用状況や利用上の問題の発生状況について、時間変動や地域毎の特性を設備、通信網、サービス、カスタマ等の種々のレベルで把握する必要がある。これらのデータは各種のグラフや表形式で表示することにより、傾向や問題点を見つけ出しやすくなると考えられる。グラフ表示のユーザインタフェースに関しては、図2.14に示すようなグラフ構成要素について表2.1に示すように、既に設計ガイドライン等にまとめられており[29]、ここではこれらをそのまま利用することとする。

設計作業の場合には、頻繁に行う作業ではないにもかかわらず、例えば図2.15に示すような、回線網設計、パス網設計、媒体網設計といった一定の手順に従って設計を行う

必要があり、しかも設計した値が相互に影響を及ぼすこと、一度で最適な設計を行うことは非常に難しいことから、必要な個所に自由に帰って設計をやり直すことができるようにすることが必須である[35][37]。

これより、図2.16に示すような基本画面を設計した。本画面の特徴を以下に示す。

- ・画面の左側に作業手順を示すメニューを表示し、現在行っている作業の位置、既に行った作業、内容が確定した作業等が分かるようにするとともに、メニューに直接アクセスすることによって必要な作業に自由に帰れるようにした。
- ・画面の右側を上下に分割し、上部には作業対象を示す通信網表示図、装置構成図等を表示し、下部には設計作業の内容を表示することにより、設計した内容が作業対象上で即座に確認できるようにした。
- ・作業対象の通信網表示図上で通信設備のオブジェクトを直接操作して設備の設置、撤去、接続、切断等の基本的な設計ができるようにした。

通信網表示図は、先ず需要予測の作業では、既存の設備や通信網構成、運用状況の確認に使用する。設計時には、設備の設置位置の決定から、設備や地域網と長距離網の収容関係等、意図した通りに設計されているかどうかを確認するために、また設計した通信網を使用した場合の通信トラヒック等、運用状態の確認に階層構成や地理的位置関係を表す通信網表示図を、用途に応じて使い分けることになる。

これより、バックヤード設計担当者の行う作業では、通信網表示図は頻繁に使用される重要な表示要素であることが分かる。

以上考察したように、通信網表示図は、担当者による全ての作業、すなわちフロント管理担当者による受付作業、進捗管理作業および作業引き継ぎ、バックヤード運転担当者の通信網の監視、試験、制御作業およびバックヤード設計担当者による通信網の設計作業に共通的に使用されることを明らかにした。共通化はユーザインタフェースの重要課題であることから、通信管理システムのユーザインタフェースの研究対象として通信網表示図を取り上げることとする。

## 2.8 むすび

本章では、通信サービスを実現するための通信管理業務について概説してユーザインタフェースが重要な検討課題であることを示した。さらに、通信管理システムのユーザインタフェースの設計条件の導出、担当者別のユーザインタフェース設計の基本方針の整理および代表的な画面についての具体的設計を行うとともに、通信網表示図が重要な表示要素として共通的に使用されることを示し、研究対象として通信網表示図を取り上げることの必要性を明らかにした。要点を以下に示す。

(1)通信管理業務とは、通信サービスを提供・運用するための全ての活動であり、受注系



管理業務、運転系管理業務、故障系管理業務および計画系管理業務に分類できる。

- (2)通信管理業務における人間と機械との役割分担は、5層から成る管理コミュニケーション参照モデルを導入することによって説明できる。これより、人間と機械が役割を接する領域において、人間と機械とのコミュニケーションを取る必要が発生するため、人間の負荷を軽減する優れたユーザインタフェースの提供が重要な課題である。
- (3)ユーザインタフェースの設計方法は、従来の業務中心の設計手法に変えて、業務を遂行する人間の認知処理行動を分析し、その結果に基づいて情報内容や表示画面を設計する、いわゆるユーザ中心の設計方法を用いる必要がある。
- (4)ユーザインタフェースの設計条件としては、共通化、簡単化、高信頼および柔軟性が重要であり、通信管理業務においては通信網、通信設備あるいはその状態を表示するための通信網表示図、通信網の状態の一つである警報の表示方法等、特に共通化を重視すべきである。
- (5)通信管理業務の担当者は、フロント管理担当者、バックヤード運転担当者、バックヤード設計担当者および工事担当者に分類できる。
- (6)フロント管理担当者のユーザインタフェースとして、受付作業、進捗管理作業および作業引き継ぎのための基本画面を設計した。特に、受付作業については、カスタマに柔軟に対応できるようにするため、あらゆる項目に対していつでも入力・修正できるメカニズムを有する画面を考案した。
- (7)バックヤード運転担当者のユーザインタフェースとして、設備、通信網、サービス、カスタマ等の種々のレベルで運用状況の全体あるいは細部について多様な観点から把握ために、通信網表示図を中心として作業を進めることを示した。
- (8)バックヤード設計担当者のユーザインタフェースとして、手順に従って複雑な設計操作を繰り返せるようにするため、作業手順が分かりやすく明示され、設計の各ステップに自由に戻って再設計できる基本画面を設計した。
- (9)通信網表示図は、担当者による全ての作業、すなわちフロント管理担当者による受付作業、進捗管理作業および作業引き継ぎ、バックヤード運転担当者の通信網の監視、試験、制御作業およびバックヤード設計担当者による通信網の設計作業に共通的に使用される。

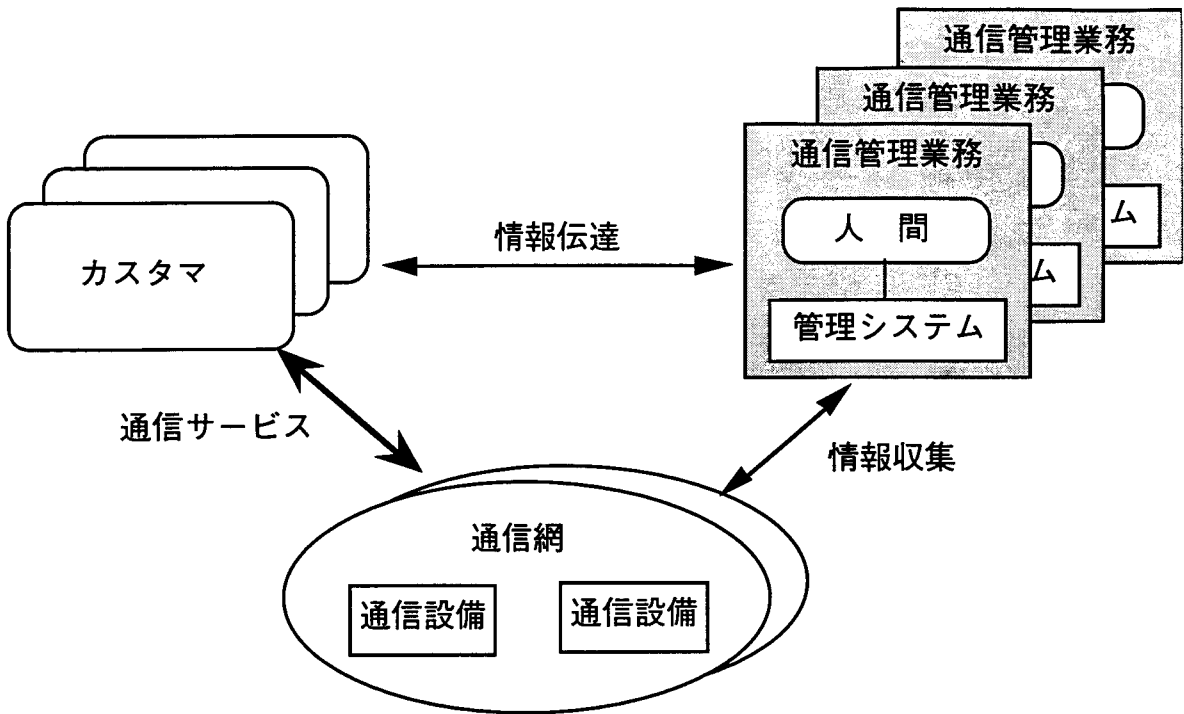


図2.1 カスタマと通信網、通信サービス、通信管理業務の関係

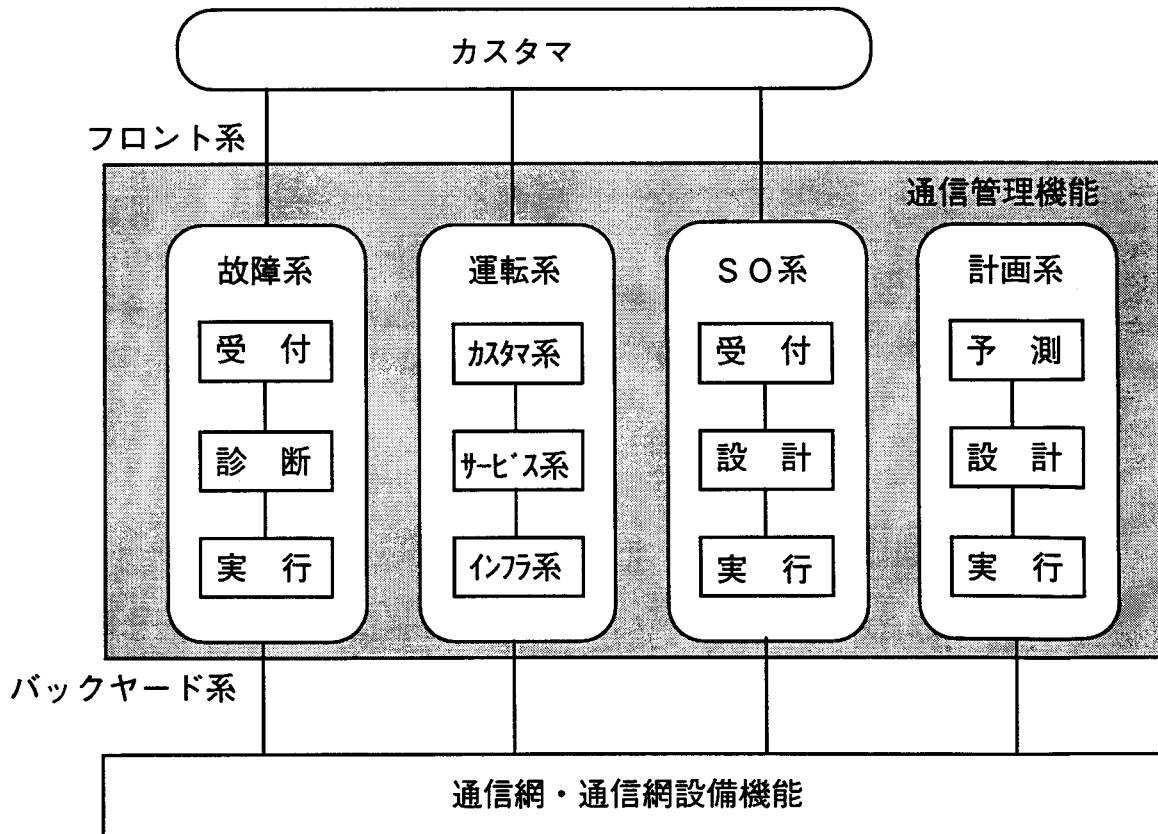


図2.2 通信管理業務の構成と分類

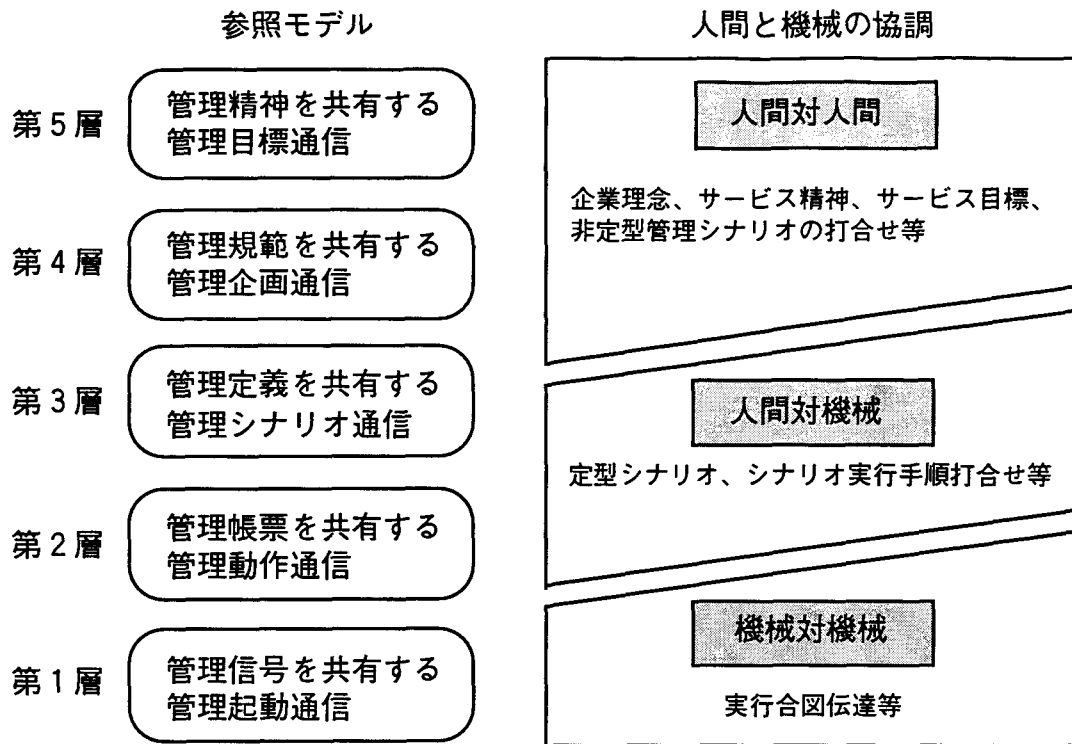


図2.3 管理コミュニケーション参照モデル

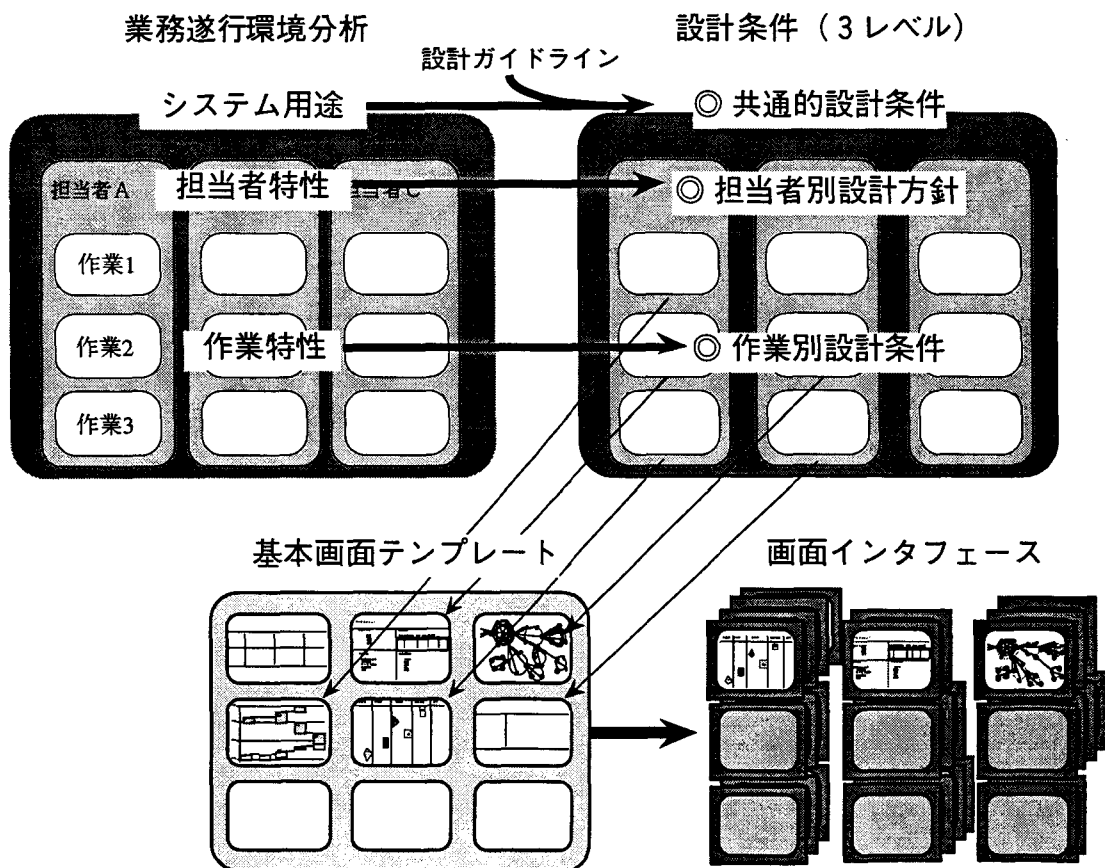
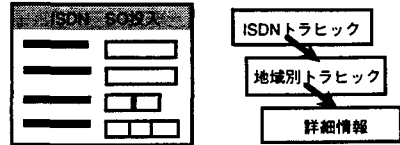


図2.4 通信管理システムのユーザインタフェース設計手順

通信管理業務固有のUI

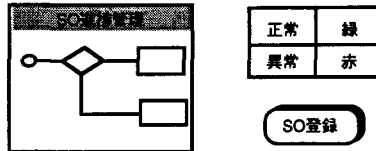
業務固有のUI

伝送設備監視、ISDNサービス管理など業務毎に固有なUI。例えば、ISDN用SO投入画面とその操作手順、業務専用のシンボル、ボタンなど。



分野毎の共通UI

設備管理、サービス管理などの分野毎に共通なUI。例えば、色による警報の重要度表示、SOの進捗管理手順、SO登録用ボタンなど。



通信管理業務共通UI

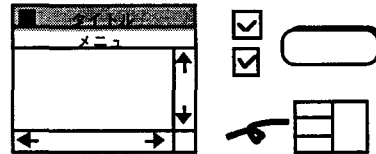
全てのオペレーションで共通に使用するUI。例えば、ネットワーク管理マップの基本構成要素とその操作、共通操作用ボタンの名称とその動作など。



コンピュータ共通のUI

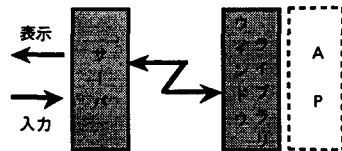
コンピュータ共通UI

コンピュータに共通な汎用的UI。例えば、ウィンドウ表示と拡大、移動などの操作方法、ボタン、メニューの形状配置や選択方法、マウスの操作など。



ウィンドウシステム

ウィンドウシステムとAP (クライアント・サーバ) 間の通信プロトコル、基本入出力処理とUI作成のための基本ライブラリの提供。



UI : ユーザインタフェース

図2.5 通信管理システムのユーザインタフェースの構造

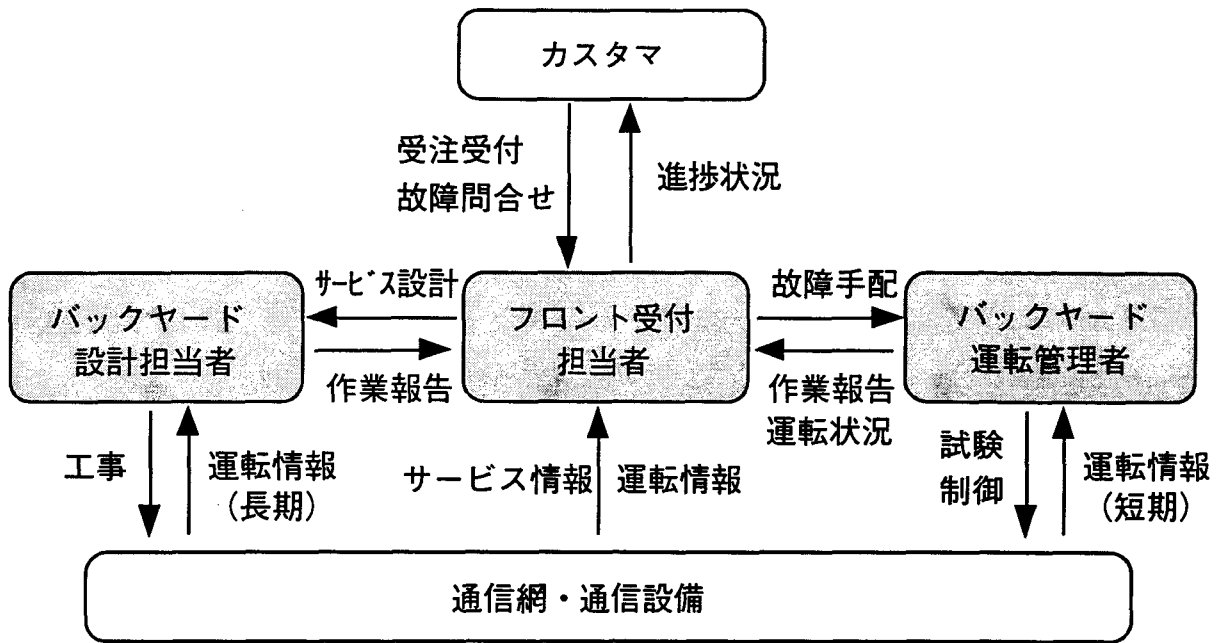


図2.6 通信管理担当者と管理作業

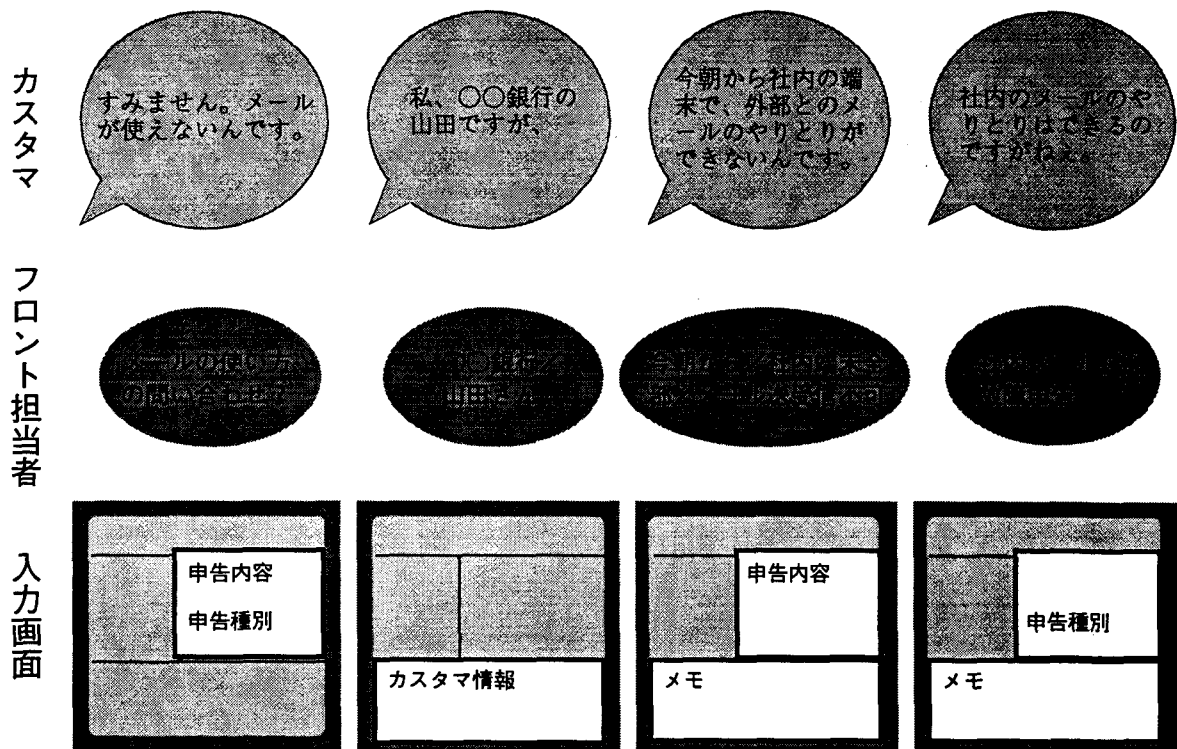


図2.7 受付作業の基本画面

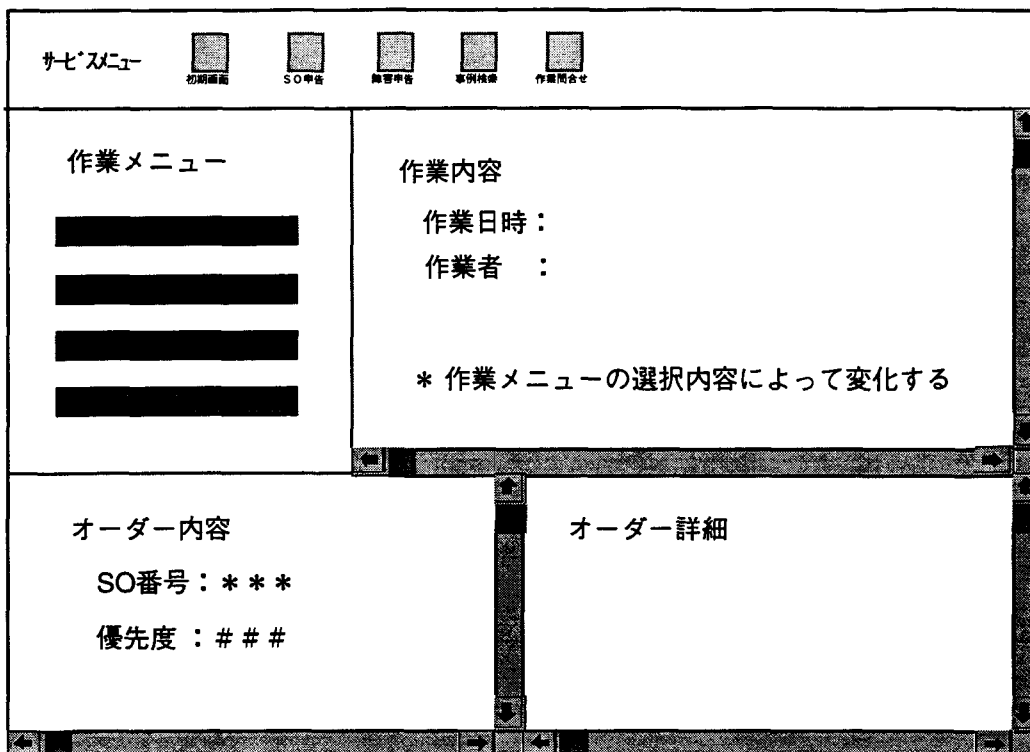


図2.8 サービス申込み受付作業の基本画面

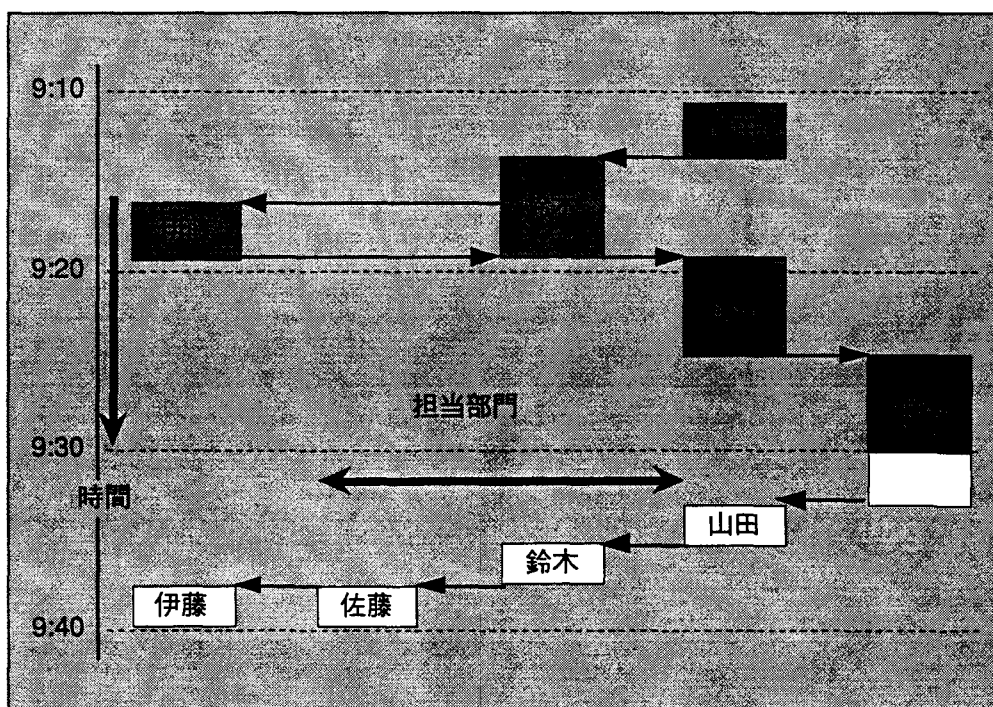


図2.9 特定作業の進捗管理の基本画面

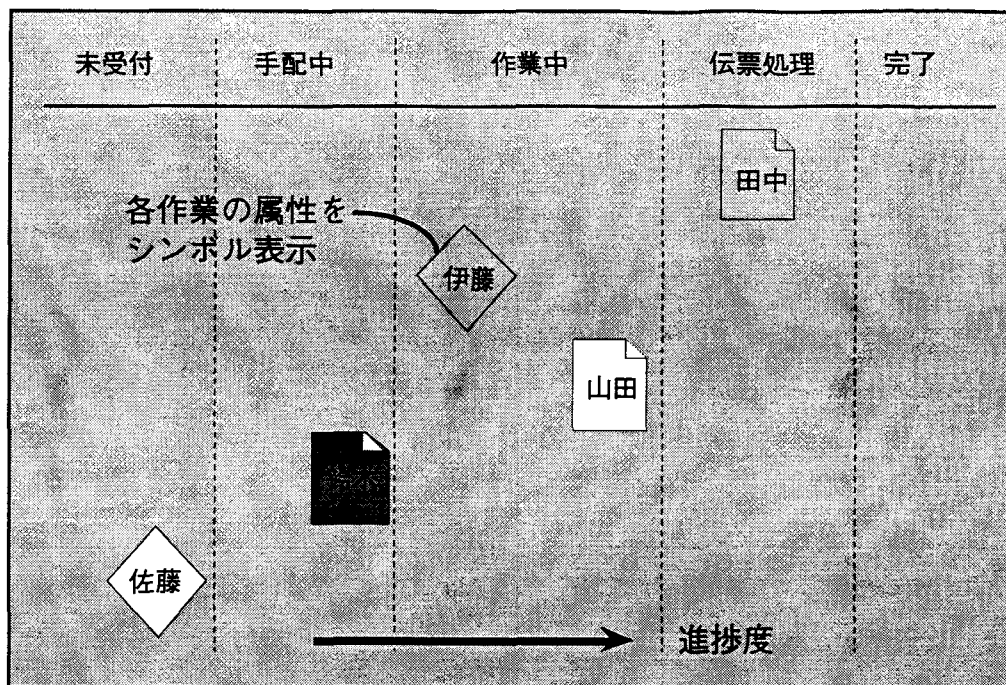


図2.10 全作業の進捗管理の基本画面

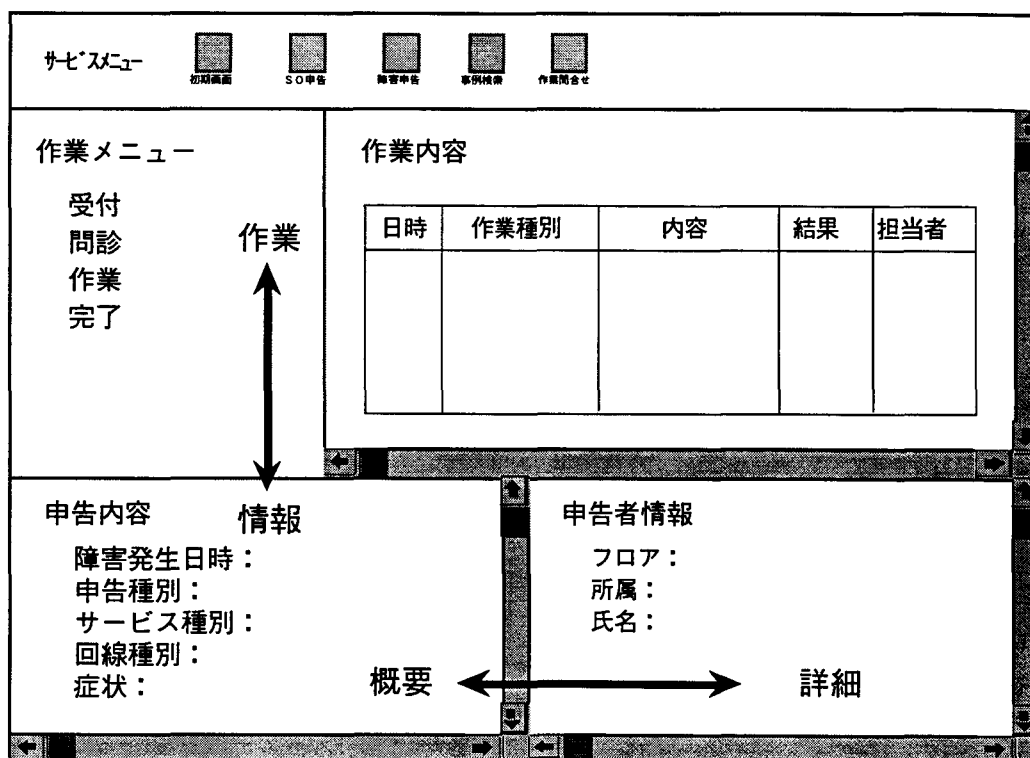


図2.11 作業引き継ぎ・手配の基本画面

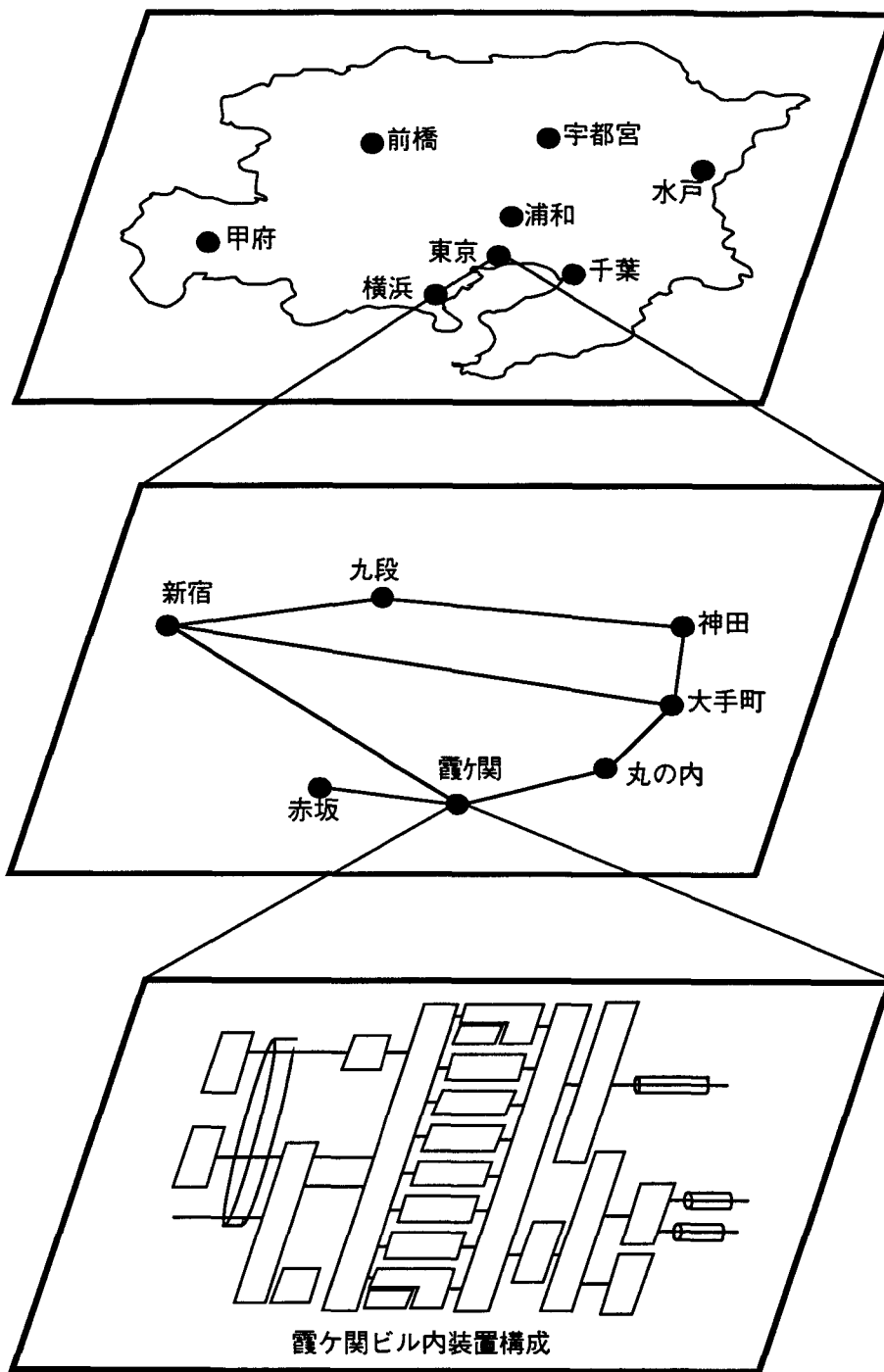


図2.12 階層構造を持つ通信網表示図



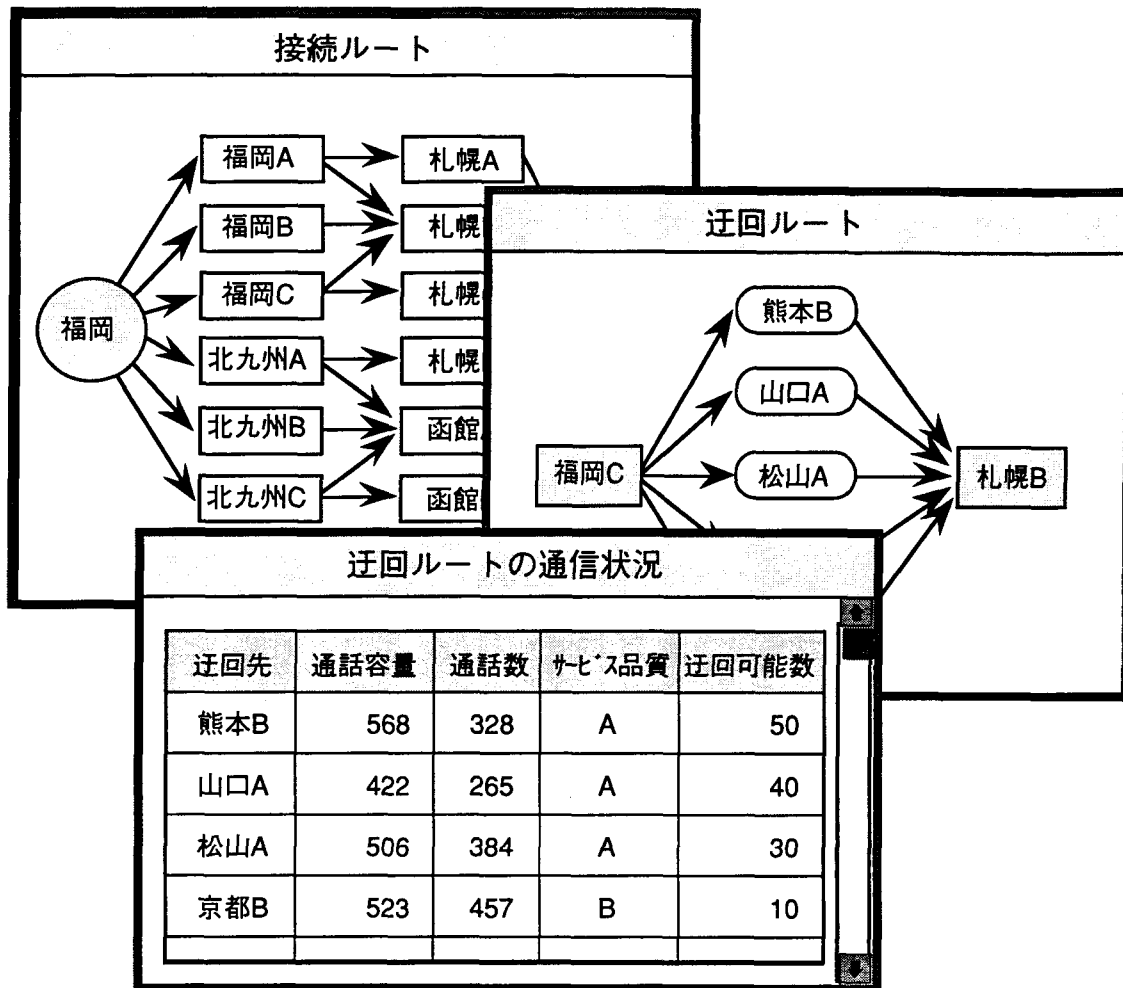
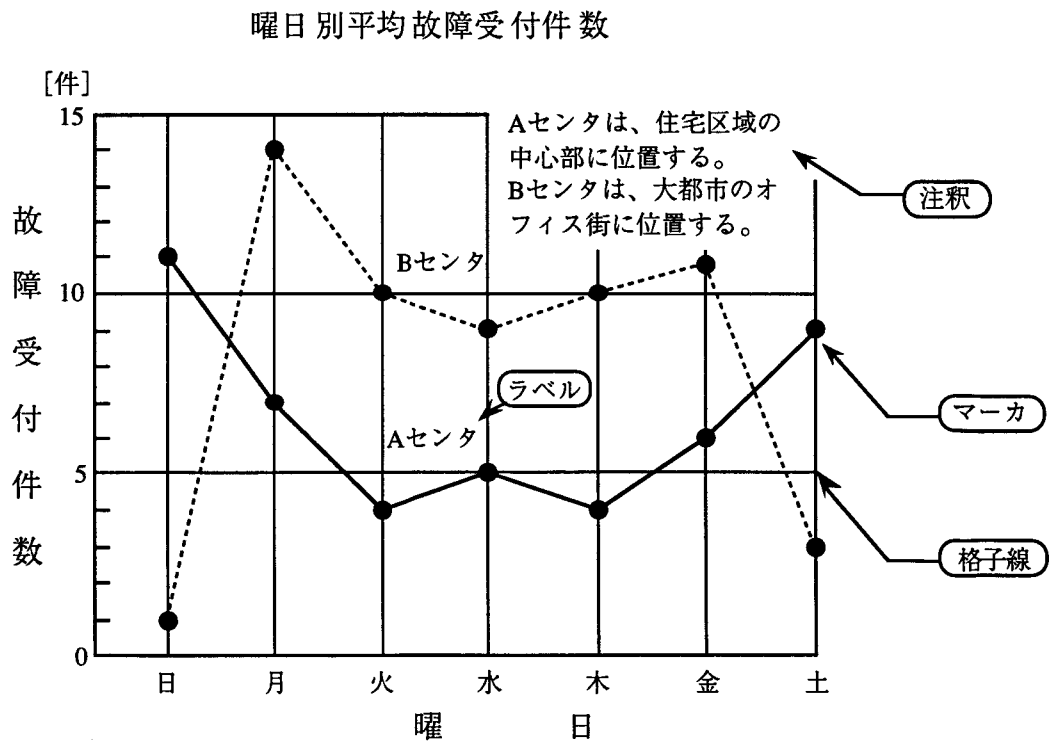
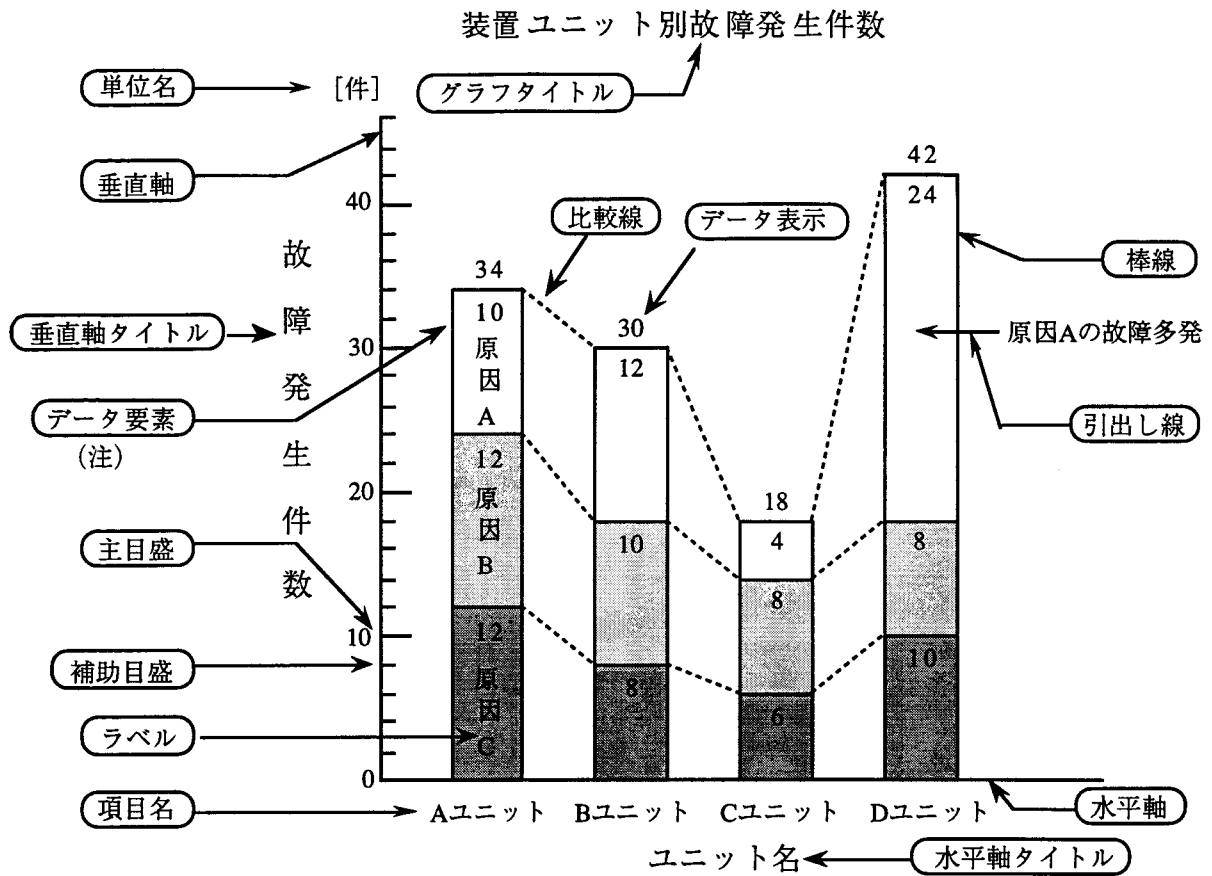


図2.13 迂回ルートの表示



(注) 全体を構成する個々のデータ

図2.14 グラフの基本構成要素

表2.1 グラフの基本構成要素に関するガイドライン

グラフのタイトル	グラフのタイトルはグラフの上部に表示する。
軸のタイトル	水平軸は、左から右へ横書き表示する。垂直軸は、上から下へ縦書き表示する。
単位名	目盛付けを行なった軸には、単位名を表示する（例、分、％）。表示位置は、水平軸では右端、垂直軸では上端とする。表示方向は横書きとする。
項目名	<ul style="list-style-type: none"> <li>・表示方向は横書きとする。但し、隣接項目と重なる場合には縦書き表示とする。</li> <li>・横書きで複数行に渡る場合は、左端をそろえて表示する。</li> <li>・縦書きで複数列に渡る場合は、左から右に表示する。また2列目以降は、1文字分の段落を付ける。</li> </ul>
注釈	注釈はグラフ内の右上部に表示する。
水平／垂直軸の用途	水平軸の方向は時間や事象の原因を、垂直軸は生じた結果を表示する。
目盛の間隔	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軸の目盛は均等目盛を基本とする。均等目盛以外を使用する場合には（例えば、対数目盛）、格子線や目盛に付ける数値を使って、均等目盛ではない事が容易に判別できるようにする。</li> <li>・目盛間隔の単位は1, 2, 5, 10（あるいは10の倍数）を標準とし、目盛に数値を付ける。標準間隔を補間するための補助目盛を付ける場合には、標準目盛と補助目盛とを識別するため、標準目盛を太線にするか長さを変えて表示する。</li> </ul>
目盛の開始	数値データの目盛は0から開始する。止むを得ず0以外の数値から開始する場合は、見落としのないように、色やフォントを変えるなど、表示を工夫する。
開始数値の表示	開始数値は必ず表示する。
破断線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・破断線は目盛が連続でないことを表示するが、目盛を付与した軸（水平軸、垂直軸）に対しては、原則として使用しない。</li> <li>・止むを得ず破断線を使用する場合には、不連続部分が存在することを明示する。例えば、不連続部分が存在することを明示する文章を引き出し線を使って表示したり、破断線の表示色を変える方法がある。</li> </ul>
格子線の表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>・格子線を表示する場合には、格子線と表示されたグラフとを明確に区別できるようにする。例えば、格子線には細線を使用し、表示色を変える方法がある。</li> <li>・格子線は表示されたグラフ、基準線の背後に隠れるように表示する。</li> </ul>
基準値との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較の基準となる値がある場合にはその値を基準線とし、細線を使用する。</li> <li>・必要に応じて基準線の上部にその意味を横書きで表示する。</li> <li>・基準線は表示されたグラフの背後に隠れるように表示する。</li> </ul>
グラフ間の比較	複数のグラフを比較する場合には、各グラフに同一の目盛を使用する。

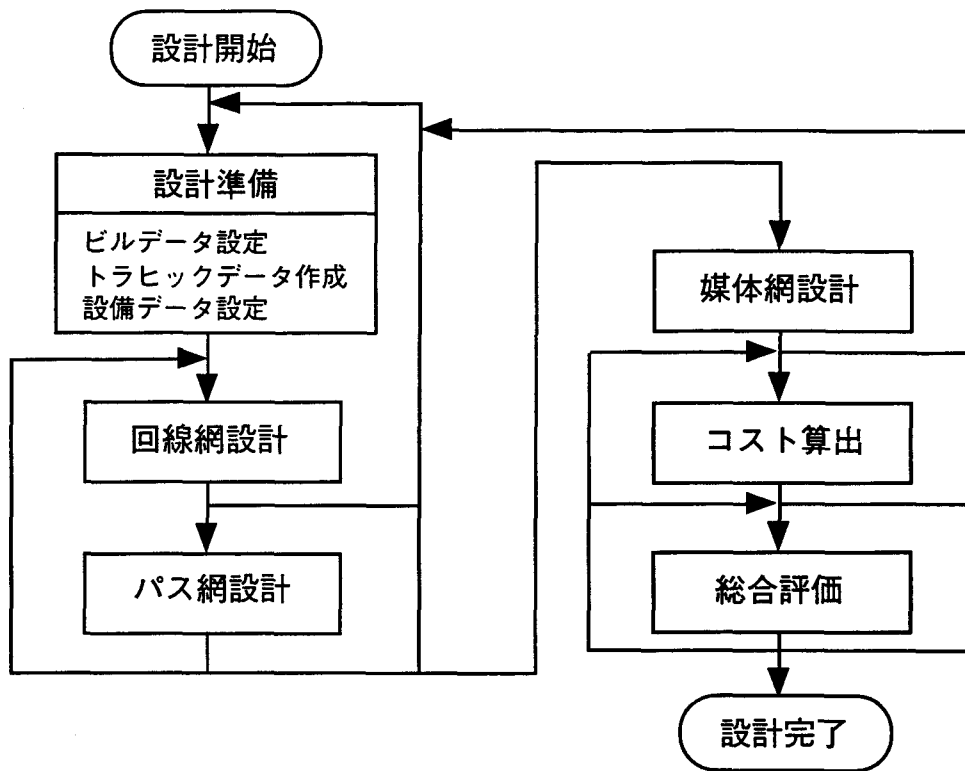


図2.15 通信網の設計手順例

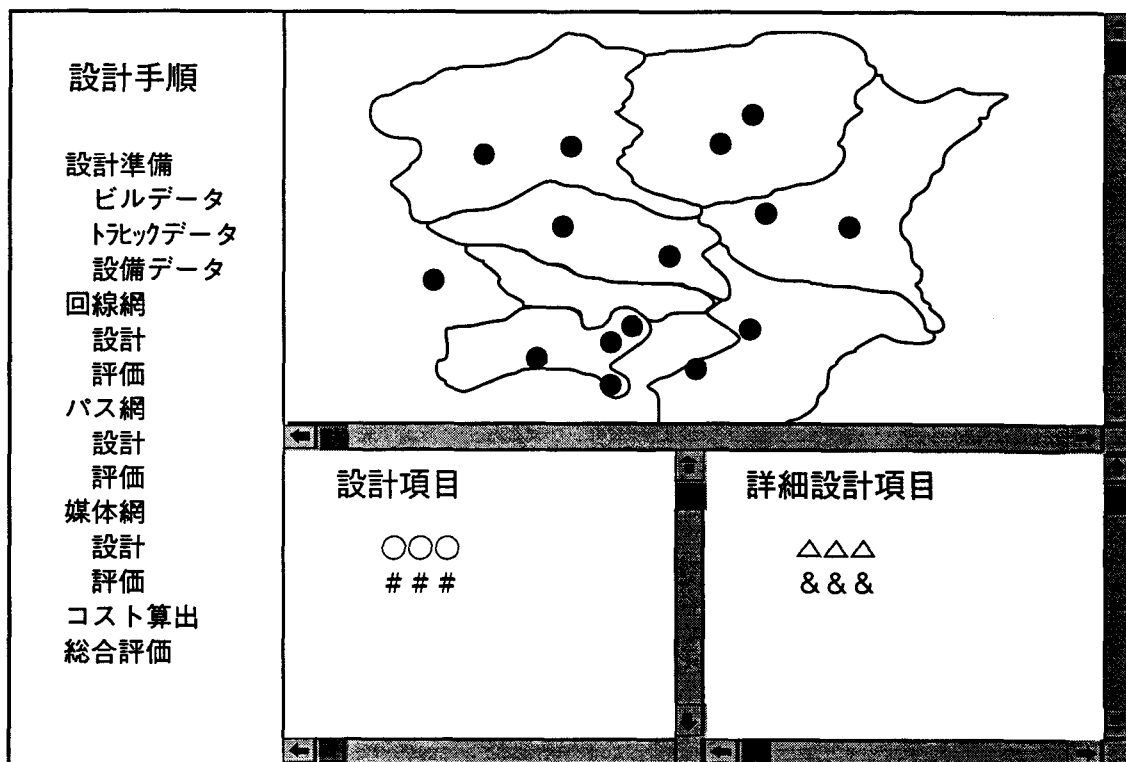


図2.16 バックヤード設計作業の基本画面

## 第3章 通信網表示図

### 3.1 はじめに

前章では、通信管理担当者別に基本となる画面を具体的に設計するとともに、通信網表示図が重要な表示要素として共通的に使用されることを示した。本章では、通信網表示図に関する要求条件を整理することにより、研究の課題を明らかにする。

先ず前章で明らかにした通信網表示図の使用法として、通信網全体の一覧表示、特定の2点間の構成および状態表示が必須であることを示す。次に、通信網の構成条件および通信網表示図に表示すべき情報の整理を行うとともに、通信網表示図が用途から、主として通信設備の地理的位置関係を表示するための通信ノード配置図および通信設備の階層的関係を表示する通信ノード階層構成図に大別できることを述べる。さらに、それぞれの表示図について、従来の表示方法では大規模通信網の使用要求条件を満足せず、新規の表示手法を検討する必要があることを説明する。最後に、通信網表示図の検討を行う前提として、表示と操作の観点から通信網表示図に適した構成要素の属性を明らかにする必要があることおよび通信網表示図について、操作性の定量的な評価ができるような通信管理業務に即した評価課題を検討する必要があることを示す。

### 3.2 通信網表示図の要求条件

#### 3.2.1 通信網表示図の使用条件

前章では、全ての通信管理担当者が行う作業において、通信網表示図が重要な表示要素として共通的に使用されることを明らかにした。これをまとめたのが表3.1である。ほぼ全ての作業について、通信網表示図を用いて通信網の構成とその上で利用されるサービスの状態すなわち利用状況や疎通状況、設備の稼働の状況等を把握することが基本的に行われる。また、通信網全体の状況を把握することが先ず必要であり、このためには通信網全体の一覧性に優れていることが重要となる。さらにコンピュータ間通信を除けば通信の特性は1：1の対向性であることから、高品質な通信サービスを提供するためには、特定の2地点間における接続構成とその状態の把握ができることが必須である。

構成や状態に関して何らかの問題あるいはその可能性を発見した場合には、問題点を明確にし、問題を解決するための対策を講じる必要がある。このためには、通信網表示図上に表示されている個々の設備すなわち構成要素を直接操作することによって、より詳細な情報の収集、設備単独あるいは複数設備間の動作試験の実行、不具合のある設備の予備の設備への切替等の作業を実行できるようにすることが、迅速性、正確性の観点

から有効と考えられる。すなわち、通信網表示図を使用して直接通信網や通信設備に働きかけるには、通信網表示図の構成要素が操作しやすいことが必須条件である。

ところで、通信管理業務を管理の対象の面からみると、1.2節で述べたように、設備対応、通信網対応、サービス対応およびカスタマ対応管理業務に分けることができる。これらの対象毎に分割された業務は、お互いに連携しながら、受注、運転、故障あるいは計画管理機能を実現することになる。

設備対応管理業務は、交換機、伝送装置、線路設備等の具体的な通信設備を個別に監視し、制御を行うものであり、これら設備の地理的配置や位置関係、物理的な接続関係の把握は必須である。設備設計において通信設備の配置を検討する場合にも、地理的な位置関係を考慮して設計が行われる。

これに対して、通信網対応管理業務は、通信設備を統合した通信網として扱い、通信網全体として最大限に機能を発揮させるためのものであり、A地点とB地点が論理的、階層的にどのように接続されているかを把握し、その間を流れる通信トラヒックや通信回線の品質を監視、制御できることが重要である。したがって、A地点とB地点が物理的にどのように接続されているかという詳細な情報や地理的な位置関係に関する情報は、直接は必要としない。例えば、通信トラヒックの集中を分散するための回避ルートの設定作業においても、設備の地理的遠近による通信コストの差がほとんどないことから、論理的な接続情報のみで最適ルートを決定する。さらに、サービス対応およびカスタマ対応管理業務は、通信網の機能を最大限に発揮することによって、個々の通信サービスを効率的に運用したり、カスタマの契約内容を満足させるためのものであり、管理の対象となるのは、物理的な通信網や通信設備ではなく、特定の通信サービスあるいはカスタマに特化した論理的な通信網である。したがって、作業には論理的、階層的な接続関係に関する情報のみで十分である。

このように、通信網表示図の用途を管理の対象の面から分析すると、設備対応管理業務のように、通信設備の地理的位置関係の識別が重要になる場合および通信網対応、サービス対応あるいはカスタマ対応管理業務のように、地理的位置関係は特に必要とせず、通信網の論理的、階層的な位置関係の識別が重要になる場合とに大別される。

通信設備の地理的位置関係に関しては、通信網の管理のしやすさや効率的に建設工事を行うためには、地理的に近い設備をまとめて管理することが妥当と考えられる。また、担当者は共通的な基礎知識として地理的位置関係を既に有していると考えられることから、この知識を積極的に利用して地図上の位置によって不具合の発生箇所を素早く判断したり、不具合の発生を地域的に捉えることによって発生原因を推定する場合の補助情報としては、地理的な位置関係の情報が有効である。

通信設備の階層的な位置関係に関しては、ある程度の数以上のカスタマを集めて収容する交換局、すなわち通信センタを配置し、これをいくつかのセンタ毎にまとめてサービ

スや管理のための単位を設定することが妥当と考えられる[1][2]。また、上位の設備に問題がある場合、その影響範囲を迅速に把握するにはその配下にある設備が一目で識別できること、すなわち階層的な位置関係が分かりやすいことが必要である。

通信網の大規模化、複雑化の急速な進展により、以上考察したような要求条件を全て同時に満たす単独の通信網表示図あるいはその表示方法を提供することは難しいことが指摘されている[3]。また、通信網表示図の用途が通信設備の地理的位置関係の把握が必須な場合と不要な場合に分けられることから、地理的位置関係の把握と階層的な位置関係の把握に適した通信網表示図をそれぞれ別個に提供することを狙いとして検討を行うこととする。

### 3.2.2 通信網の構成

前述したように、通信網表示図の用途が通信設備の地理的位置関係の把握と階層的な位置関係の把握に分けられることから、ここでは通信網における設備の配置と階層構成に関して考察する。

先に述べたように、電気通信サービスを提供する場合には、ある程度の数以上のカスタマ数を集めて収容する交換局、すなわち通信センタを配置し、これをいくつかのセンタ毎にまとめてサービスや管理のための単位を設定することが妥当と考えられる。すなわち、全国をサービスエリアとするような大規模通信網は、階層構成を有することになり、日本について、例えば都道府県内の都市、都道府県、都道府県をまとめた地方を管理単位とすると3階層構成となる。この場合は、最上位の通信センタは、複数配置されることになる。最下位の通信センタは、日本には約500の市があることから、500程度が一つの目安となる。これは、他の国、例えばブラジルにおける交換設備数は約650であること[4]、インドやインドネシア向けの通信網設計システムの想定交換設備数が400であること[5]、他の大規模通信網表示の検討においても500以上を大規模通信網と定義していることから[1]、最下位の通信センタを500とすることは、目安としては妥当な値と考えられる。また、トラヒックの分散や故障への対処を考慮して、上位や中位の通信センタは、一般に同一階層の通信センタ同士が接続される。

このような大規模通信網の階層的な位置関係を把握する場合の課題を以下に示す。

- (1) 通信網の構成すなわち階層の識別が容易であり、かつ個々の通信センタやその接続ルートの属する階層が容易に分かること。階層数としては、少なくとも3階層が識別できること。通信センタ数としては少なくとも500センタが識別できること。
- (2) 通信網全体を同一画面上に表示した場合、通信センタやその接続ルートが容易に識別できること。特に、特定の2地点間の接続ルートが容易に検出できること。
- (3) 通信センタやその接続ルートが容易に直接操作できること。特に、特定の2地点間の接続ルートが容易に直接操作できること。

通信センタの設置に関しては、サービスの加入者数に応じて交換局、すなわち通信センタのを配置することが妥当と考えられる。表3.2に、都道府県をサービス単位とし、その人口に応じて通信センタを配置する場合の計算例を示す。(a)は、総センタ数500を単純に県の人口に応じて配置したものである。(b)については、総センタ数200のうち各県に1センタを固定的に配置し、残りを県の人口に応じて配置したものである。

いずれの場合も、平均センタ数の2倍以上のセンタが集中する県が複数存在する。センタの密集度を県の面積当たりのセンタ数として比較すると、東京、大阪は、平均の10倍以上のセンタ密度である。実際には、図3.1のような2階層通信網構成の例（上位7センタ、下位143センタについては、人口20万以上の都市に配置）に示すように、都市が海岸部に遍在しているため、センタの密集度はさらに高くなっており、東京、大阪付近ではセンタの識別は困難である。また、米国の場合にも、同様の計算により、少なくとも東海岸と西海岸の2地域にセンタが集中することが分かった。

このように、大規模通信網においては、一般にセンタが極端に集中する地域が複数存在すると考えられるため、センタが集中する地域でも見やすさおよび操作性を維持することが、地理的位置関係を把握する場合の課題である。

### 3.2.3 表示情報

担当者が作業を行うために、通信網表示図に表示すべき情報として、通信網・設備の構成に関するもの、通信網・設備の状態に関するもの、担当者の操作に関するものに分類できる。それぞれの例を以下に示す。

- (1)通信網・設備の構成情報：設備の地理的位置、設備の階層的位置、設備の接続構成、通信サービス種別、通信網種別、設備種別、社内設備／社外設備、監視対象／対象外
- (2)通信網・設備の状態情報：通信量（設備間、ルート間、サービス全体、通信網全体）、設備稼働率、異常発生、故障発生、稼働状況（運用中、待機、工事中、設置／撤去予定）
- (3)担当者の操作情報：操作可能／操作不可、状態確認前／確認済み、作業前／作業中／作業終了

状態情報については、監視対象や監視のレベルに応じて、稼働率、トラフィック量、疎通率等の情報が必要となる。また、異常の発生については、例えば通信管理の製品化／実用化を促進する実装仕様を開発するために発足したNMF（Network Management Forum）で規定されている、カスタマと通信提供業者との間で締結したサービスレベルの合意（SLA：Service Level Agreement）等が基準として使用される。すなわち、通信網・設備の状態がSLAの閾値に近づくと注意を喚起し、閾値を超えるとサービスの品質が契約を満足しない異常事態として担当者に通知する。したがって、カスタマ毎に異常の定義が異なることから、異常発生の表示については、通信管理システムが自動的に管理を行い、



担当者は設定値を自由に参照できるようにする必要がある。また、閾値をどれくらい超えたか、どれくらい閾値に近づいたか、あるいは徐々に品質が低下しているのか、急激に低下しているのかによって、対処の重要度、緊急度も異なってくるため、異常発生のレベルを表示することも必要である。故障の発生についても、レベルを表示することが必要である。例えば、交換機が故障した場合に自動的に予備の設備に切り替わるようになっていれば、対処の緊急度はそれほど高くないが、2地点間を接続する1本しかないケーブルが切断した場合には、最緊急で対処する必要がある。

担当者の操作情報については、例えば最緊急の故障には対処したが、緊急度の低い故障に対しては措置を行っていないような場合、担当者が既に何を行い、何は未だ行っていないかを明示しておく必要がある。ただし、進捗管理作業のように構成や状態の参照・確認のみに使用する場合には担当者の操作がないため、操作情報の表示は不要である。

### 3.3 通信網表示図の課題

通信網表示図は、前節で考察した要求条件から、通信設備の構成すなわち地理的、論理的関係を表示するとともに、その状態や機能をグラフィカルに表示することが必要である。通信網表示図では、通常のグラフィクス表現で使用される中継点・分岐点としてのノードとそれを連結するためのリンクという考え方を適用し、交換設備やサービスを提供する通信サーバ設備やその状態を一括して通信センタとして、これをノード、通信センタ間を接続するための伝送設備やその状態をリンクとしてモデル化している。

ここでは、通信網表示図が主として通信設備の地理的位置関係を表示するための通信ノード配置図および通信設備の論理的、階層的関係を表示する通信ノード階層構成図に大別できることから、大規模通信網を対象とした場合の通信ノード配置図および通信ノード階層構成図の表示方法、構成要素の属性および通信網表示図の評価方法について研究の課題を述べる。

#### 3.3.1 ノード配置表示方法

大規模通信網のノード配置表示方法としては、マルチウィンドウを用いて、通信網全体の概要構成と各領域毎の詳細な表示図に分割して表示するマルチウィンドウ表示法、ディスプレイ画面よりも大きな地図を用い、画面上でスクロールすることによって必要な領域を表示するスクロール表示法、通信網全体の概観構成とその一部領域の詳細表示図を別画面として並べて表示する鳥瞰表示法[6][7]、通信設備が集中する地域を部分的に拡大して見易くする地図変形表示法等が提案されている。各表示法の概要を表3.2に示す。

マルチウィンドウ表示法は、図3.10に示したように、大規模通信網を各領域毎に見やすくウィンドウに分割しているため、ウィンドウ内における表示と操作には優れており、

限られた領域内での作業には適している。しかしながら、ウィンドウの重なりによって情報が隠蔽されることおよびウィンドウにまたがる2地点間の接続関係のトレースが難しいことが問題である。なお、通信網全体の一覧表示はできないが、下位の情報を上位のウィンドウに集約表示することにより、全体の概略構成と状態を把握することは一応可能である。スクロール表示法は、通信網の全体構成が概観できず、離れた2地点間の場合にはスクロール操作を繰り返す必要があるため、接続関係のトレース操作が煩雑になる。鳥瞰表示法は、マルチウィンドウ地図表示法の一つとも位置付けられるが、2台のディスプレイまたは画面の分割が必要であり、通信網全体の概略構成図上には、例えば最上位ノードのような、主要なノードとそれを結ぶリンクのみが表示されるため、エンド・エンドの特定の2地点間の通信ルートをトレースすることはできない。

この他、構成要素の属性を工夫することによって大規模表示への対処を試みた方法も提案されている[3][8]。例えば図3.2に示すように、2点間にリンクを接続するのではなく、途中で切断することによって見やすさを向上させようとするものである。短く切断されたリンクの方向だけでどこを結ぶリンクかを判別する必要があるため、特定のノードに関する発着信量を表示するには有効であるが、通信網全体の状態を表示する場合には、離れた2地点間の接続関係の判別が難しくなる。

地図変形法は、前述したように、着目した特定領域を部分的に拡大する遠近表示法である。主な方法として、フィッシュアイ表示法およびBifocal表示法がある。

フィッシュアイ表示法は、図3.3に示すように、指定したフォーカスを中心にして特定領域を拡大し、これに応じて周辺部を順次縮小していく表示法である[9][10][11]。拡大を行うフォーカスと拡大率を設定することにより、拡大縮小の計算式の基づいて自動的に地図および地図上に展開された通信設備の位置を変更する。図3.4に日本地図の変形例を示すように、フォーカスを設定した東京付近は滑らかで比較的自然的な拡大ができているが、九州や北海道のような画面周辺部では歪みが大きく、これらの地域に適切にノードを配置することは難しい。また、拡大できるのが1領域のみであるため、東京と同じようにノードが集中する大阪は、南北方向には多少拡大しているものの、東西方向は殆ど拡大されないため、歪みが大きくなっている。このように、フィッシュアイ表示法は、フォーカス付近は滑らかで比較的自然的な拡大ができるが、画面周辺部の歪みが大きいこと、拡大できるのが1領域のみであることが問題である。

Bifocal表示法は、図3.5に示すように、画面を9分割して、中心の1区画を拡大し、他の8区画はこれに応じて拡大/縮小する表示法である[12][13]。アルゴリズムが簡単なためにリアルタイムに変形や拡大率の変更が可能であるが、拡大区画と残りの8区画の境界に段差ができ、例えばリンクは境界線上で折れ曲がるという問題がある。また、拡大できるのは1領域のみである。

地図変形表示法は、ノードの集中する領域を拡大することができることから、同一画

面上に大規模通信網全体を見やすく表示する点で他の表示方法に比べて有利と考えられる。しかしながら、上述した方法を含め、大規模通信網表示では必須の複数領域の拡大を実現する変形法は、これまで提案されていない。また、拡大変形による歪み、不整合を減少することにより、見やすさを向上することも研究課題である。

なお、地図変形表示法の一つとして、図3.6に示すように、ノードを東西および南北方向に設定した2次曲線上に配置することによってリンクとノードの重なりを減少させる方法も提案されている[7]。しかしながら、大規模通信網に対しては、リンクとノードの重なりを緩和することは可能であるが、10個以上のノードが東京のような狭い領域に集中するような、高密度なノード配置には対応できない。

### 3.3.2 ノード階層構成表示方法

大規模通信網のノード階層構成表示方法としては、ノード配置表示方法と同様のマルチウィンドウ表示法、スクロール表示法、地図変形表示法などが従来使用されてきた。また、同一画面上に通信網の階層構成全体を表示する方法として、同一階層を表すプレーンにノードを配置し、上位階層のプレーンを画面の上部に設置することによって空間的に階層構造を表現する階層プレーン表示法が提案されている。各表示法の概要を表3.3に示す。

ノード配置表示方法をノード階層構成表示にも使用する場合は、通信網における階層的位置付け、例えば上位、中位、下位ノードを識別するために、ノードの属性、すなわち形状、寸法、色を変える方法が用いられる。この場合は、特定の下位ノードがどの上位ノードに属しているかを識別するのは比較的容易だとしても、階層構成表示の主眼の一つである、故障発生の場合の影響度、影響範囲を把握するために必要な、特定の上位ノードの配下にどのような下位ノードが属しているかを迅速に判断することは難しい。また、地図上に平面的に通信網の階層構造を表示するという制約のほか、階層の異なるノードが同一地点に配置される場合が多く、特に3階層以上になると階層構造の識別が難しくなる。この中でマルチウィンドウ表示法は、特定の上位ノードの属する下位ノードをまとめてサブネットワークとして一つのウィンドウに表示するため、サブネットワーク内の接続関係は分かりやすいが、サブネットワークにまたがる接続関係や3階層以上の階層間との関係が分かりにくい[14]。

いわゆるディレクトリ表示のような一般的な階層構成表示については、円錐状のコーン・ツリーを用いて3次元表示する方法[15]、フィッシュアイ表示法を適用してツリーを空間的に展開する方法[16]、その他、ノードの重複を減らすように自動的にツリーを作成する種々の方法が提案されている[17][18][19]。しかしながら、通信網では、特に上位ノードにおいては、通信サービスの品質確保のために同一階層のノード同士が接続されている場合が多く、同一階層のノード同士の接続を考慮していない、これらの表示法

をそのまま適用することは難しい。

プリント基板の自動設計法は、限られた領域への高密度な部品の配置および配線を狙いとしたものである[20][21]。限られた領域に如何に多数の部品を配置するかという点では大規模通信網の表示と共通する。しかしながら、設計条件として考慮されるのは、配線の総線長や線の交差数等を最小にすることであり、見やすさや階層構造の分かりやすさといった、人間が見る場合の条件は考慮されてない。このため、プリント基板の自動設計法を通信網の階層構成表示にそのまま適用することは難しい。

階層プレーン表示法は、同一画面上に通信網の階層構成全体を表示する方法として提案されたものであり、階層構成を表示する最も典型的なツリー表示法をベースとし、通信網表示で一般的に用いられる同一階層を表すプレーンを使用してこの面上にノードを自動的に配置し、上位階層のプレーンを画面の上部に配することによって階層構造を表現するものである[22]。

図3.7および図3.8は、階層プレーン表示法を用いて通信網を表示した例である。通信網は3階位網構成であり、表3.3に示すように、日本の地方、都道府県、都市をモデル化し、第1階層は7ノード、第2階層は48ノード、第3階層はそれぞれ100および500ノードを人口に応じて配置したものである。実際の通信網構成をモデル化しており、第1および第2階層のノード間はメッシュ接続、第3階層のノード間の接続はない。上位ノードと下位ノードはスター接続されており、斜め回線はない。第1階層および第2階層ノードは、メッシュ接続を表示するために4行に配置している。第3階層については、ノードが重ならないように配置し、各ノードを左手前から奥の行に順に配置している。また、上位ノードの水平位置は、その配下のノードの座標の平均値としている。これによれば、同一階層を表すプレーンを使用することによって、階層の識別という表示条件は満足しており、図3.7のような、100ノード程度の中小規模の通信網表示には有効である。しかしながら、図3.8においては、特に第3階層でリンク同士およびリンクとノードの重なりが非常に多く発生しており、ノードおよびリンクの識別が難しく、接続関係が分かりにくい。すなわち、大規模通信網への適用は難しいと考えられる。

### 3.3.3 通信網表示図の構成要素

3.2.3項で述べたように、通信網表示図の構成要素上に表示すべき情報として、通信網・設備の構成に関するもの、通信網・設備の状態に関するものおよび担当者の操作に関するものがある。これらの情報を図3.9に示すように、グラフィクス・シンボルとして表現される構成要素の属性に割り当てることになるが、構成要素の属性に関しては、(1)設備や状態の取りうる数に比べてシンボルに対して使える属性（形状、寸法、色、線の種類、点滅（ブリンク）、通常／反転表示など）の数が少ない、(2)担当者の理解や学習の容易性を考慮した制約が必要であること、などを考慮する必要がある。これより、通信管理の

作業全体を見渡したうえで、使用する属性を以下のように分類することが必要である[23]。

(1)通信管理のの全て分野で共通的に使用する属性。

(2)異なる分野であっても類似の用途に使用する属性、これには担当者の描く行動モデルを積極的に活用し、これから共通要素を抽出して決定する。

(3)制約条件を考慮したうえで、異なる分野で異なる要素に使用する属性。

グラフィクス・シンボルの属性に関しては、種々の人間工学的、認知工学的研究がなされており、設計ガイドラインやユーザインタフェースに関する国際標準として規定されているものもある。

サイズに関しては、ISO (International Organization for Standardization、国際標準化機構)の標準がある。ISOにおいては、コンピュータを使用して、安全で、効率的、効果的、かつ快適な作業ができるようにするための「VDT (Visual Display Terminal) を用いたオフィス業務の人間工学的条件」に関する標準化を進めており、この中でグラフィクス・シンボルのサイズに関して、角度30'以上、すなわち通常のディスプレイの使用距離50cmにおいて4.4mm以上の高さが必要であるとしている[24]。ただし、これはグラフィクス・シンボルの数が多くて互いに重なり合うような場合は想定していない。ノード同士がお互いに重なり合っても4.4mm以上の高さを確保した方がよいのか、高さを低くして重なりを減らした方がよいのか、特に認識性よりは操作性の観点からの検証が必要である。

形状に関しても種々の検討がなされている。それによれば、三角形や正方形のように単純な図形ほど認識性が良い[25]。また、通信設備に関しても、実物に近いリアルな絵柄のグラフィクス・シンボルよりも、より単純にモデル化した図形の方が検出時間が短く、しかも検出誤りが少ないという結果を得ている[26]。この場合、正方形よりも円の方が検出時間が短く、しかも検出誤りが少ない。これは操作に関する評価を含めたものであり、円よりも正方形の方が形状を認識しやすいという認識性とは異なる結果となっていると考えられる。通信設備を対象とした検討であることから、この結果が有用と考えられるが、最も単純な三角形との比較がなされていない。このため、三角形を含めた単純な図形による操作性の検証が必要である。

リンクの形状については、属性としては線の種類と太さがある。しかしながら、リンクに直接設備の状態を表示することを考えると、破線や鎖線を使用することはできない。線の太さについては、視覚的な比較が簡単なため、通信容量や通信量を線の太さで表現している例もある。しかしながら、500ノードを有する大規模通信網の場合には、最も単純な2階位網のスター接続でも最低500本のリンクが表示されることになり、20インチのディスプレイ上では線の太さで状態を表現することは見やすさの著しい低下を招くと考えられることから、採用することは難しい。これより、リンクの属性については、特に検討は行わない。

色に関しても種々の検討がなされており、例えば表3.4に示すような色の使用に関するガイドラインとしてまとめられている[27][28]。通信設備の種々の状態を色によって区別する場合には、例えば警報処理のように、予め定めた色と重要度の関係に従って重要度の高いグラフィクス・シンボルから順番に作業を行う必要がある。このような場合には、重要度の高い色は注目されることが必要であるが、色の誘目性に関しても、青や緑より、赤や黄、無彩色より有彩色、彩度の低い色より高い色が誘目性が高いという結果が得られている[29]。基本的にはこれらの成果を使用することとし、通信網表示図のような特定の用途に使用する場合のグラフィクス・シンボル色と背景色との組み合わせに限定して、操作性に関する2、3の補足実験を行うこととする。

強調表示の手段の一つとして、ブリンクが有効であることは広く検証されており、各種のガイドラインに使用法がまとめられ、ISOの国際標準にもブリンクの周期等が規定されている[24]。したがって、故障等の緊急事態の発生に関しては、担当者に注意を喚起する表示手段として、構成要素をブリンクさせることとし、ブリンクについての詳細な検討は特に行わない。

ラベルすなわち文字に関しても種々の検討がなされており、見やすい文字の高さや文字間隔、行間隔等がJIS化されている[30]。ラベルの表示／非表示を選択できるようにすることを含めて、通信網表示図固有の条件は特にないことから、ラベルに関する検討は行わない。

上記で考察したように、従来の研究結果を踏まえて通信網表示図の構成要素の属性として明らかにすべき点の検討を進める。第一段階として特に操作性の観点から大規模通信網を対象とした通信網表示図に適した属性として、グラフィクス・シンボルの形状、サイズおよび色に関する条件を明らかにする。次にこれらの属性を用いて通信網表示図を構築し、その評価を行うこととする。

### 3.3.4 評価方法

通信網表示図の操作性についてはこれまでほとんど評価が行われていない。先に述べた種々の表示方法についても、方法の提案と見やすさと操作性が向上しているとの定性的な説明がなされているだけである。したがって、通信管理システムのユーザインタフェースの設計者は、通信網の規模や作業内容に対してどのような通信網表示図の表示方法を適用すればよいかの判断ができない。このため、実際の通信管理業務に即した通信表示図やそれを構成する個々の表示要素に関する操作性の定量的な評価を行うことが急務となっている。

操作性すなわち使いやすさについては、ISOでは、コンピュータシステムの目的は、目標を達成するという利用者の要求を実現することと定義しており、その使いやすさを、特定の利用者が、ある環境において、特定の目標を達成する際の効果、効率、満足の度

合いであると定義している[31][32]。効果とは、利用者が特定の目標を達成することのできる正確さ、完成度、効率とは、目標を正確、完全に実現するために費やされたリソース、満足とは、コンピュータシステムの利用者とそのシステムの利用によって影響を受ける人間にとってのシステム全体の快適さと受容性である。

ISOの定義を通信網表示図に当てはめると、使いやすさとは、誰が（Who＝管理担当者が）、何処で（Where＝通信管理業務を実行する環境で）、何故（Why＝特定の管理業務を達成するために）、という条件の下で、何を（What＝通信網表示図を）、どのようにした（How＝使用した、操作した）場合の、効果、効率、満足によって評価されるものである。使いやすさの評価尺度として、効果は、目標を達成した際の正確さや完成度を示す指標であり、例えば、発生した問題点の発見率や正解率等で評価する。効率は、目標を達成するために費やした資源の量を示す指標である。資源とは、精神的・肉体的努力量、所要時間、材料消費量、経費等であり、目標を達成した時間、操作の回数等で評価する。満足は、システムの利用によって影響を受ける人間の受容性を示す指標である。問題と感じる操作の数や苦情の回数、肯定的、否定的コメントの比等によって評価する。満足は、効果や効率を数値化して評価する方法が得られない場合でも、使いやすさに関する担当者の感覚を表す有効な指標となる。

これより、通信網表示図について、効果、効率、満足の評価ができるような通信管理業務に即した評価課題を新規に定め、これに基づいて評価を行うこととする。ただし、満足の評価に関しては、被験者が見やすさ、使いやすさを主観的に評価する主観評価法が広く利用されている。通信網表示図を構成する構成要素の形状、サイズおよび色については、別途検討を行った結果を使用することになるため、見やすさ、使いやすさに影響する物理要因は、ノードの数とそれに伴うリンクの数である。このように、対象とする物理要因が明確であることから、主観評価法については、新規の評価法の検討は行わず、与えられた刺激が予め用意した心理的なカテゴリーのいずれに属するかを被験者に判断してもらう系列範疇法を使用していくこととする。

### 3.4 むすび

本章では、通信網表示図の使用条件、通信網の構成条件、通信網表示図に表示すべき情報を整理することにより、通信網表示図に関する研究の課題を明らかにした。要点を以下に示す。

- (1)通信網表示図の使用方法として、通信網全体の一覧表示、特定の2点間の構成および状態表示が必須である。
- (2)通信網の構成条件は、通信センタ500、網階層数3、通信センタが密集する領域が複数あることである。

- (3)通信網表示図に表示すべき情報として、通信網・設備の構成に関するもの、通信網・設備の状態に関するもの、担当者の操作に関するものに分類できる。
- (4)通信網表示図はその用途から、主として通信設備の地理的位置関係を表示するための通信ノード配置図および通信設備の階層的関係を表示する通信ノード階層構成図に大別できる。
- (5)通信ノード配置図の表示方法としては、マルチウィンドウ表示法、スクロール表示法、鳥瞰表示法、地図変形表示法等が提案されているが、いずれの方法も大規模通信網の使用要求条件を満足しない。このため、大規模通信網に適した新規の表示手法を検討する必要がある。
- (6)ノード階層構成図の表示方法としては、ノード配置表示方法と同様のマルチウィンドウ表示法、スクロール表示法、地図変形表示法などが従来使用されているが、いずれの方法も大規模通信網の使用要求条件を満足しない。また、階層プレーン表示法は、100ノード程度の中規模のノード階層構成の表示には適するが、大規模通信網の階層構成表示には適さない。このため、新規の表示手法を検討することが必要である。
- (7)通信網表示図の検討を行う前提として、通信網表示図に適した構成要素の属性として、グラフィクス・シンボルの形状、サイズおよび色に関する操作条件を明らかにする必要がある。
- (8)通信網表示図について、効果、効率、満足の評価ができるような通信管理業務に即した評価課題を新規に定め、これに基づいて操作性の評価を行うことが必要である。



表3.1 通信管理作業における通信網表示図の利用

表示図の用途		通信網全体		特定2地点間		
		構成	状態	構成	状態	備考
受付	受注	○	—	○	—	センタ・エンド間
	故障	○	○	○	○	エンド・エンド間
進捗管理	受注	○	—	○	—	センタ・エンド間
	故障	—	○	—	○	エンド・エンド間
作業引き継ぎ		○	○	○	○	引き継ぎ資料として添付
運転管理		○	○	○	○	表示図が作業の中心
網設計		○	○	○	○	種々の表示図を利用

○：利用あり、—：利用なし

表3.2 人口に応じた通信センタの配置例

項目	(a) 総センタ数500		(b) 総センタ数200	
	センタ数	センタ密度*	センタ数	センタ密度*
東京	46	21.2	19	8.77
大阪	34	18.2	14	7.49
神奈川	32	13.3	13	5.40
愛知	27	5.25	11	2.14
埼玉	26	6.84	10	2.63
鳥取	3	0.86	1	0.29
岩手	6	0.39	2	0.13
全国平均	10.6	1.32	4.3	0.53

\*： $\times 10^{-3}$  ノット/km<sup>2</sup>

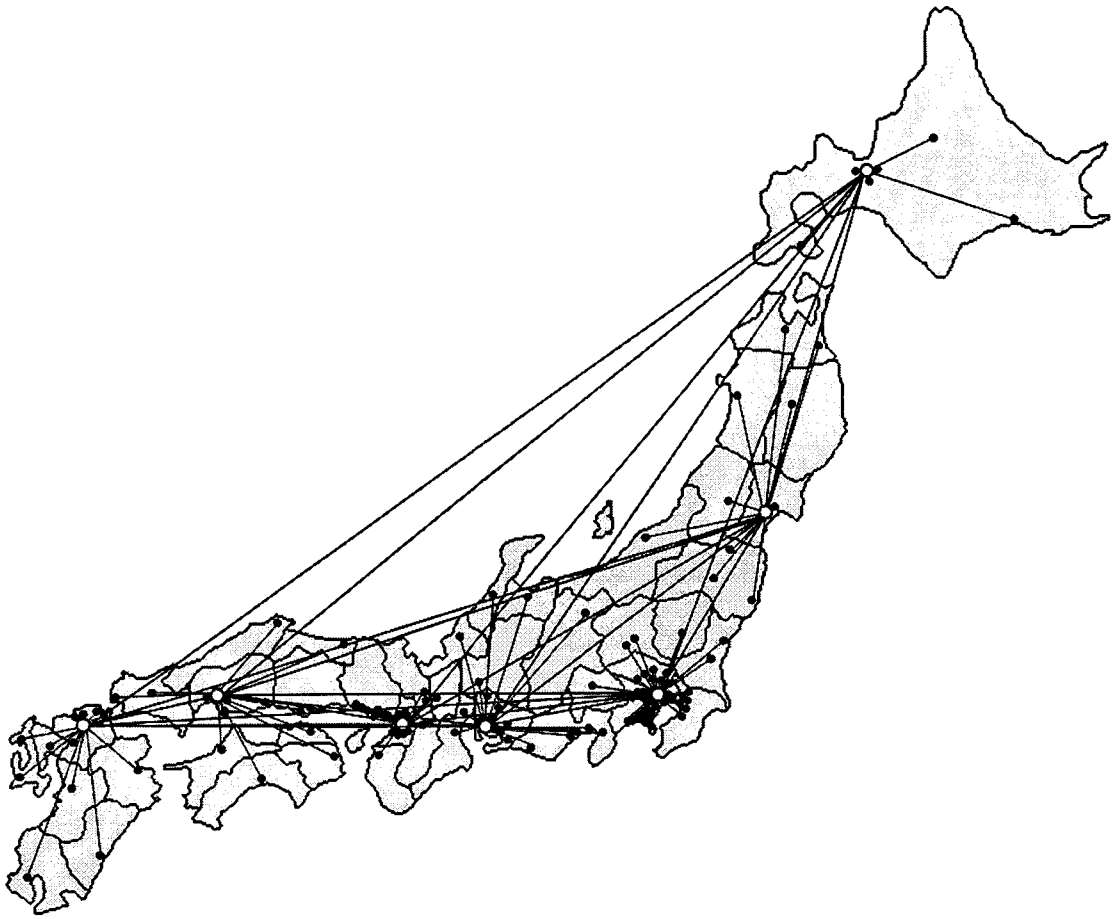


図3.1 通信センタの配置例（上位7センタ、下位143センタを人口に応じて配置）

表3.3 通信ノード配置図の表示法

表示法	概要	全体の一画面表示	ノード密集の解消	その他の問題点
マルチウィンドウ表示法	マルチウィンドウにより、通信網全体と詳細構成図に分割	×	○	ウィンドウの重なりによる情報の隠蔽
スクロール表示法	画面よりも大きな地図をスクロール	×	○	スクロール操作が必要
鳥瞰表示法	全体構成図と詳細構成を別画面表示（重なりなし）	×	○	画面の分割による表示の縮小
地図変形表示法	設備の集中する地域を部分的に拡大	○	△ (1領域のみ)	拡大による地図の歪み

○へ接続（発呼）するリンクのみ表示

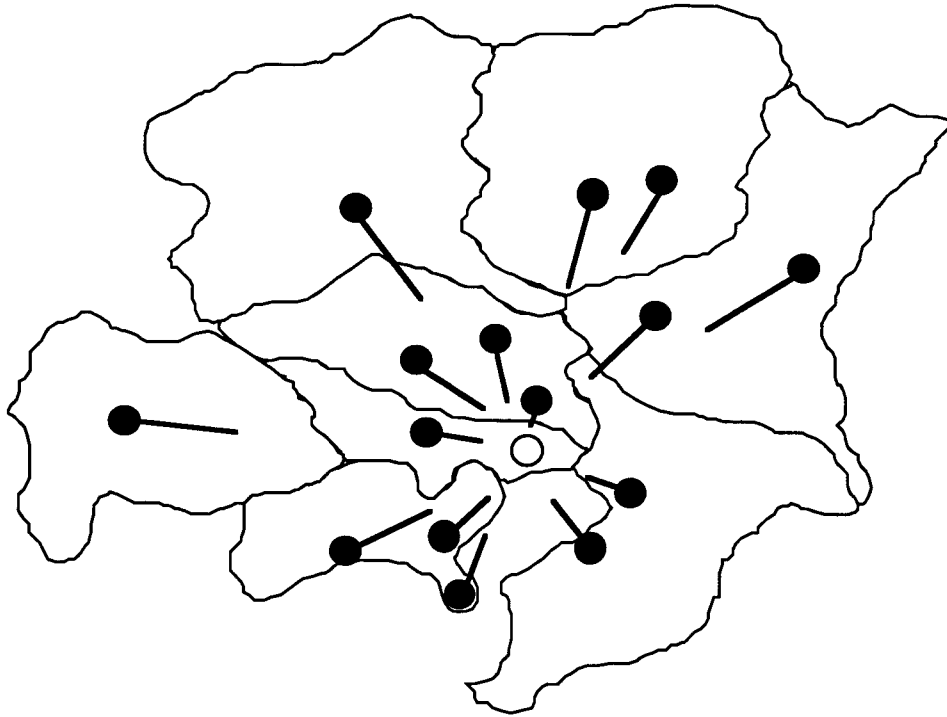
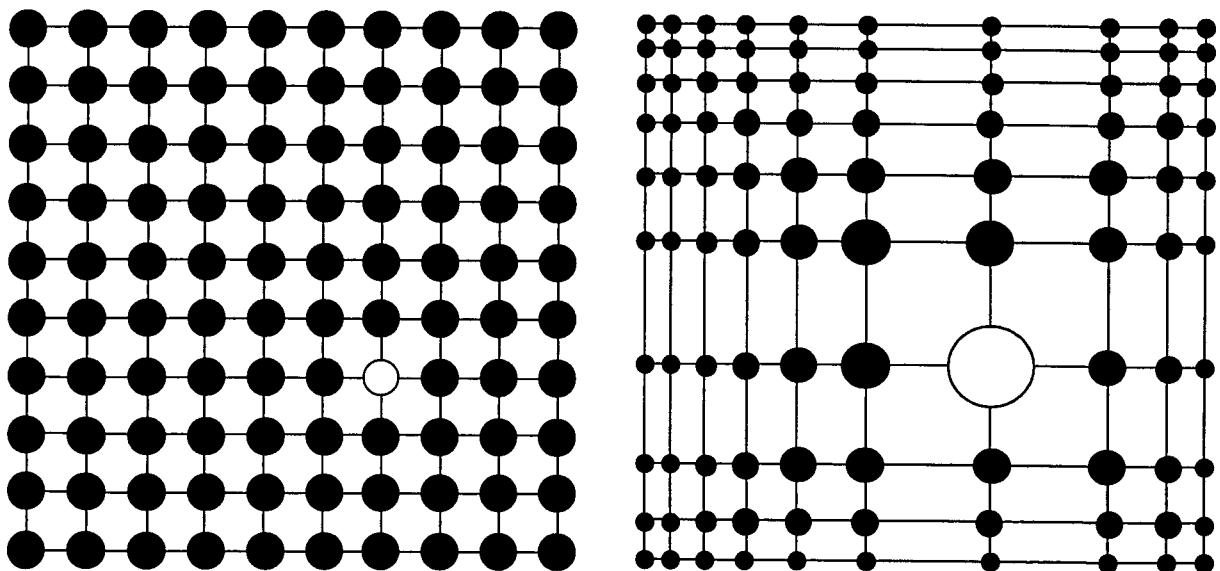


図3.2 リンク短縮表示法



○：フォーカス

(a) 元の格子

(b) フィッシュアイ変形後の格子

図3.3 フィッシュアイ表示法の原理

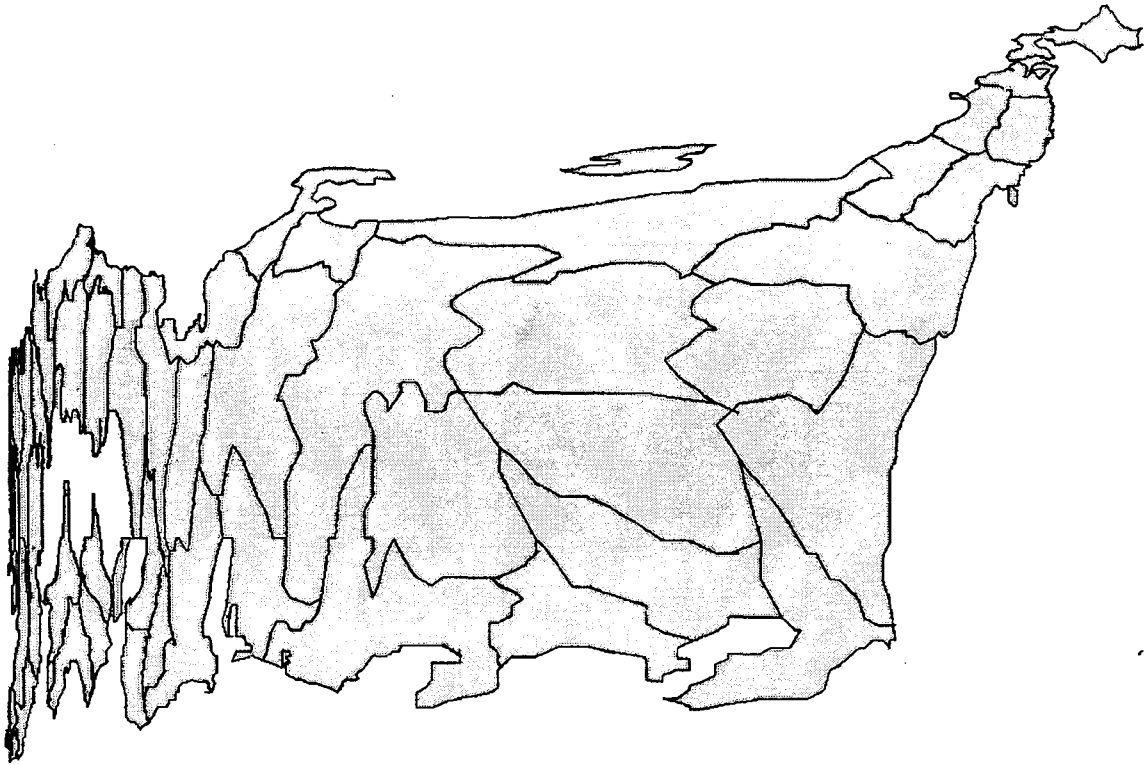
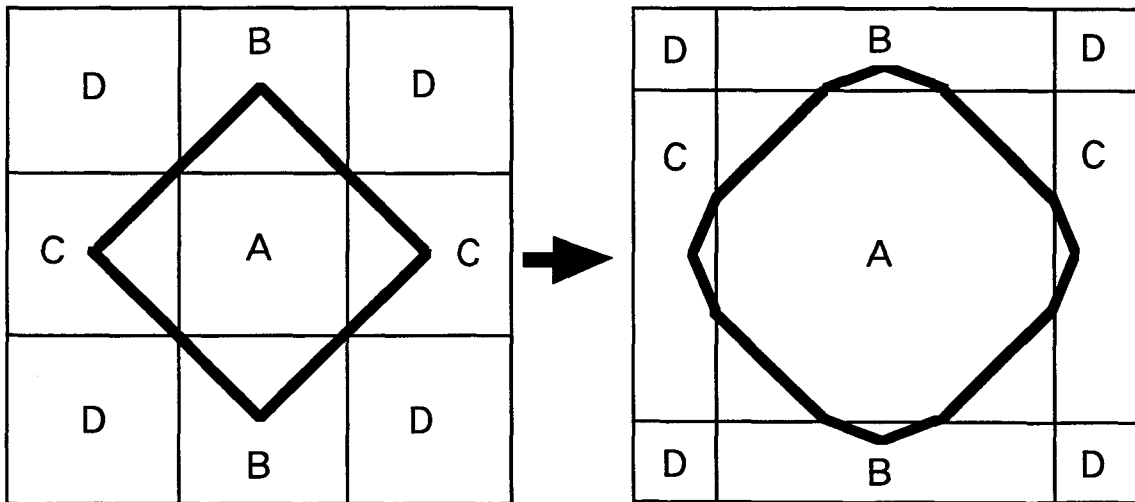


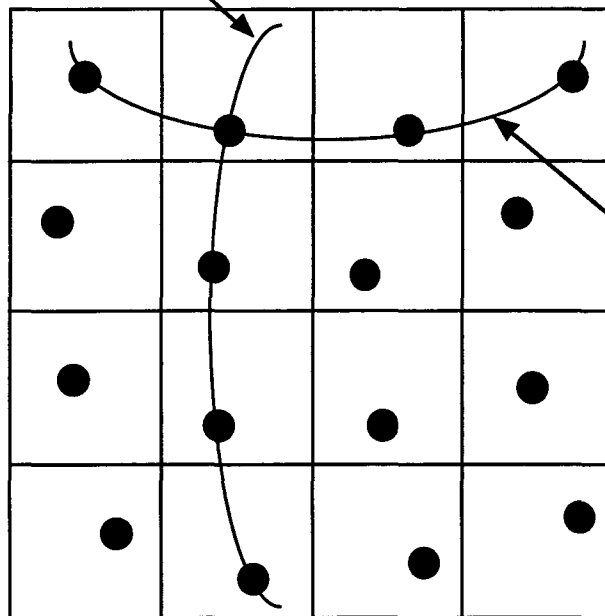
図3.4 フィッシュアイ表示法による日本地図の変形例  
(東京を中心にして変形)



画面を9分割して、中心の1区画を拡大、他の8区画はこれに応じて  
拡大／縮小表示

図3.5 Bifocal表示法の原理

南北方向の2次曲線



東西方向の2次曲線

図3.6 ノードの2次曲線配置法

表3.4 通信ノード階層構成表示図の表示法

表示法	概要	問題点
通信ノード配置図表示法	マルチウィンドウ表示法、スクロール表示法、地図変形表示法等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地図上に階層位置の異なるノードを平面的に配置するため、階層構造が分かりにくい</li> <li>・階層の異なるノードが同一ロケーションに配置される場合が多い</li> <li>・マルチウィンドウ表示、スクロール表示では同一画面に通信網全体の表示ができない</li> </ul>
ディレクトリ表示法	各種のツリー表示、奥行きを利用したCone Tree表示等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上位ノードについての同一階層ノード同士の接続表示が難しい</li> <li>・ノード数の多い最下位層ではノードとリンクの重なりが多数発生する</li> </ul>
階層プレーン表示法	階層をプレーンで表示、上位階層を画面上部に、下位階層を下部に表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ノード数の多い最下位層ではノードとリンクの重なりが多数発生する</li> </ul>

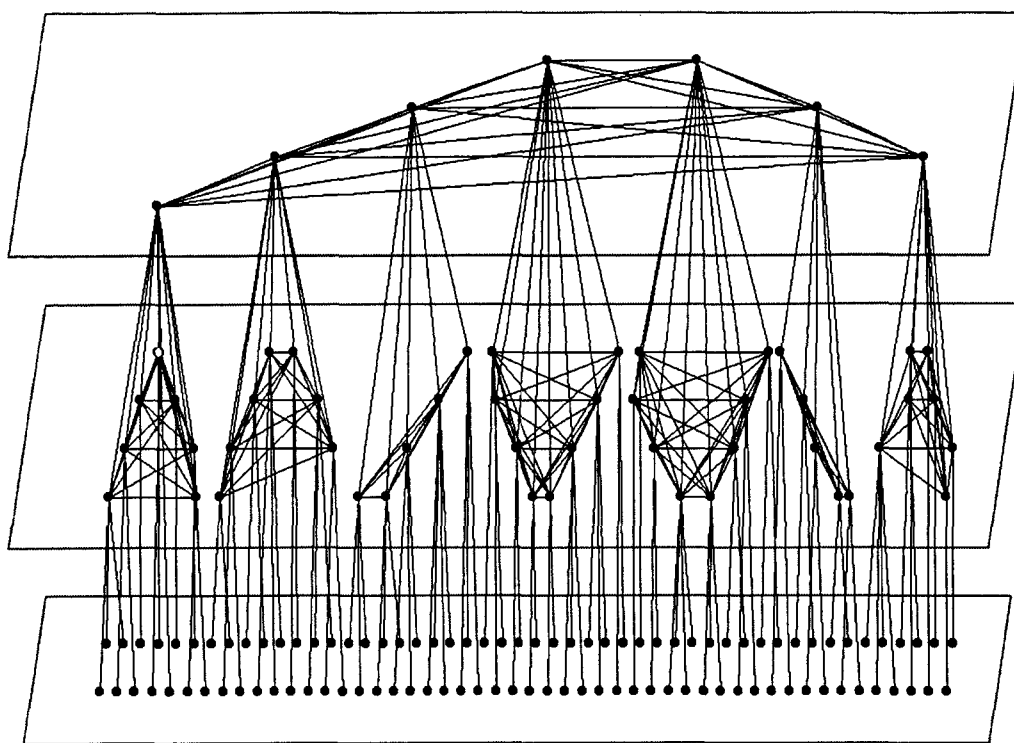


図3.7 階層プレーン表示法 (第3階層：100ノード)

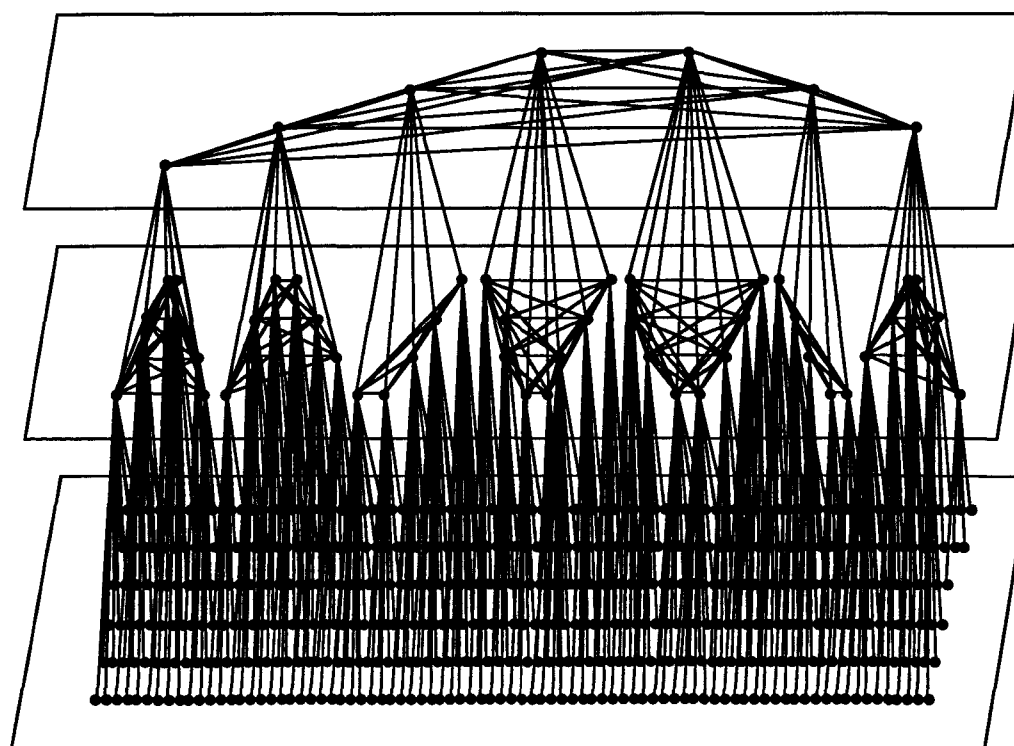
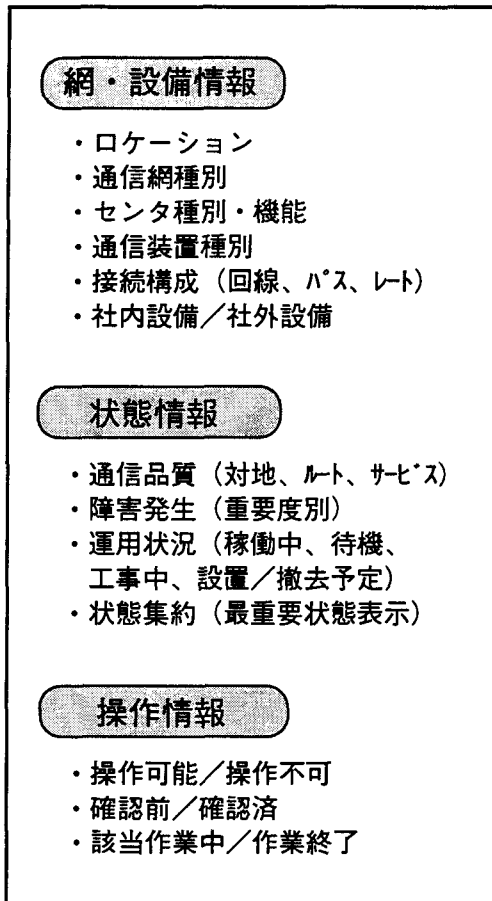


図3.8 階層プレーン表示法 (第3階層：500ノード)

## 通信管理情報（例）



## 構成要素の表示属性

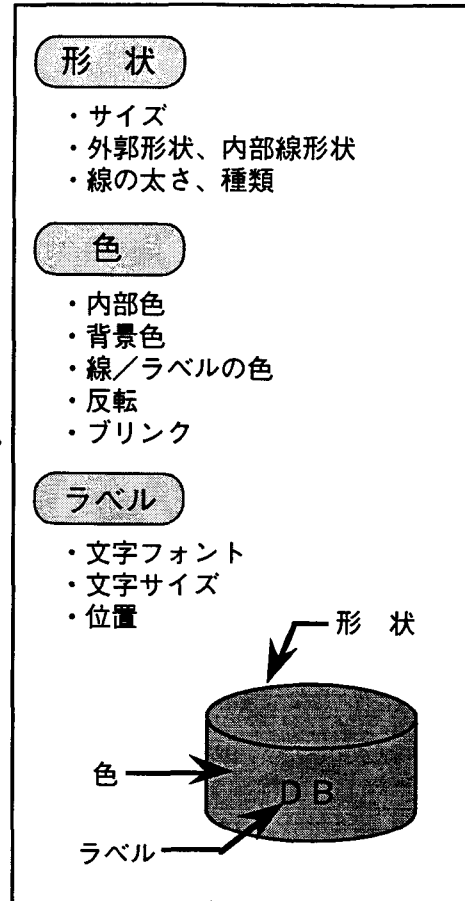


図3.9 通信管理情報と構成要素の表示属性

## 第4章 通信網表示図の評価技術

### 4.1 はじめに

本章では、通信網表示図の評価方法として、通信管理の実作業をモデル化した、通信網表示図上で指定された2個のノード間の最短ルートを検出する課題について説明し、実際の通信網表示図を用いて行った評価実験により、本課題が有効であることを示す。

まず通信網表示図を評価するための前提として、構成要素の属性、ノード形状、ノードのサイズおよびノードの色と背景色の関係について整理する。次に、通信網表示図を評価するための2個のノード間の最短ルートを検出する課題とその実行手順、評価のための基本条件を説明する。さらに、最短ルート検出課題を実際の通信網表示図の評価に適用し、評価法としての有効を検証するとともに、課題の達成時間、誤ったルートを選択したための後戻り回数および指定された回数で課題を達成したかどうかという正解率によって通信網表示図の操作性が評価できることを示す。また、これにより、通常地図表示では大規模通信網に対応できないことを示す。

### 4.2 構成要素の評価

通信網表示図の操作性を評価するためには、その前段として通信網表示図上で使用する構成要素、すなわち通信設備をモデル化したグラフィクス・シンボルの属性を表示と操作の観点から整理しておく必要がある。このため、グラフィクス・シンボルの形状とサイズおよび色について、被験者を用いた評価実験を行う[1][2]。

#### 4.2.1 構成要素の評価法

通信管理システムが人間と直接対応する部分には、ワークステーションあるいはパーソナルコンピュータであり、入力装置としてキーボードおよびマウス、出力装置としては20インチ程度のカラーディスプレイが一般的に用いられる。これより、評価実験には、出力装置として20インチのカラーCRTディスプレイ（アクティブ表示領域350mm×270mm、ドットピッチ0.31mm）を用い、被験者の目から約50cmの距離で使用する。これにより、実際の作業環境を模擬するとともに、例えば、ノードのサイズについては、ディスプレイの距離が変化した場合でも、距離による補正を施すことによって、得られた結果が適用できると考えられる。また、2章で考察したように、通信網表示図を用いた作業は、構成要素のポインティング操作が主体となることから、入力装置としては最も簡単な1ボタンマウスを使用する。



被験者については、実際の通信管理業務の担当者を用いることが最も良いと考えられるが、実験の期間、場所、拘束時間等の問題があり、必要な人数を確保できない場合もある。このため、通信管理業務の担当者と一般のコンピュータ使用経験者による通信網表示図を用いた主観評価および操作性評価に関する予備実験を行ったところ、主観評価に関してはほとんど差は見られなかった。操作性評価に関しては、操作時間等の値は通信管理業務の担当者の方が一般のコンピュータ使用経験者よりも優れていたが、課題の変化に対する傾向はほぼ等しくなった。これは、通信網表示図の扱いに熟知しているというよりは、日常業務としてマウス操作に馴れている結果と考えられる。また、通信管理に関するアイコンの理解に関する実験によれば、操作時間、正解率等について、通信管理担当者と一般のコンピュータ使用経験者の間の差はほとんどないことが報告されている[3]。これより、個々の実験については一般のコンピュータ使用経験者を被験者とし、特に必要と思われる実験については通信管理業務の担当者による評価を行うこととする。また、評価データの収集前に、通信網表示図とマウス操作に馴れるための練習を実施することとする。

実験の課題は、通信網表示図を用いる実際の通信管理作業をモデル化したものとする。具体的には、画面上に一定数のノードを等間隔で格子状に配置し、指定された形状や色のノードをできるだけ素早く見つけ、そのノードをマウスで選択、すなわちクリックするものである。(1)指定されたノードを認識する、(2)見つけたノードをマウスのポインタを移動させ、操作するという、通信網表示図を用いて行う実際の作業と同様の動作を行うことにより、通信網構成要素の属性に関する、認識と操作を統合した操作性、すなわち使いやすさを評価することができる。

操作性は、3章で考察したように、効果、効率および満足の度合いによって評価する。ここでは、通信網表示図を用いる作業で重要な迅速性と正確性に着目し、効果として指定したノードが正しくクリックできなかったエラーの回数、効率としてノードクリックまでの時間を測定する。

## 4.2.2 ノードの形状

### (1)実験の課題

ノードは簡単な形状が良いことが分かっていることから、ここでは、通信網表示図として使用可能な簡単な図形として、三角形、四角形、五角形、六角形および円を取り上げる。実験の課題を図4.1に示す。これらの図形を5個ずつ計25個を10cm×10cmの格子状にランダムに配置する。図形の色は黒、背景色は白とし、円を直径6mm、他の図形は面積が円とほぼ等しくなるように大きさを調整する。円の直径6mmは、通信網表示図のノード表示に使用される範囲のサイズで、かつ他の図形の識別も可能なサイズとして選定した。選択すべき図形はこれらの図形の約20mm上方に表示し、これと同じ図形

を2個選択すると1試行が終了する。クリックされたノードは中抜きになることで選択されたことが分かるようにしている。1つの試行が終了すると画面が切り替わり、図形の配置が変わる。

被験者は一般のコンピュータ使用経験者11名とし、次のような教示を与えた。「画面上に25個の点が出てきます。その上に1つだけ点が表示されますが、その点と同じものを下の中から2つ、できるだけ速く見つけてクリックして下さい。」

5種類の図形についてそれぞれ試行を5回繰り返し、計25回の試行を行った。

## (2)実験の結果

選択時間とエラー回数に関する実験結果を図4.2および図4.3に示す。これによれば、三角形、四角形および円の選択時間に関しては、ほとんど差はないがこの順に選択時間が長くなっている。これは、これまでの図形の認識に関する報告と一致している[4]。一方、五角形および六角形では他の図形に比べて明らかに選択時間が長くなっている。これは、6mm程度の大きさの場合には、角の識別に時間がかかることを示すものであり、特に上下が対称でない五角形の場合には1個目の識別に非常に時間がかかっている。これより、通信網表示図の構成要素としては、五角形以上の多角形は使用しない方がよいと考えられる。また、三角形は選択時間は短い、正しく図形をクリックできなかったエラー回数が多い。これは三角形は鋭角図形であるために、マウスのカーソルを図形に合わせる時に、円に比べて正確により中心を狙う必要があり、正しく図形の内部をクリックできない場合が多くなったと考えられる。すなわち、通信網表示図のノード形状としては円が最も適しており、次いで三角形および四角形が有効であると考えられる。これより、通信網表示図の評価実験には、基本的にノードの形状として円を使用することとし、階層の識別等が必要な場合には三角形および四角形を使用する。

### 4.2.3 ノードのサイズ

#### (1)実験の課題

通信網表示図のノード形状としては円が最も適していると考えられることから、ここでは、ノード形状を円として、ノードのサイズの評価を行った。実験の課題を図4.4に示す。20cm×20cmの格子状に100個のノードを配置する。通信網をモデル化して、ノード間をリンクで接続する。通信網は2階層で上位10ノード、下位90ノード、上位ノード間はメッシュ接続、上位と下位ノードはスター接続とする。ノードの色は黒、背景色は白とし、100ノード中の1ノードを赤くブリンクする。ブリンクの間隔は認識性を考慮して毎秒1回とする[5]。ブリンクしているノードをクリックすると1試行が終了する。画面が変わる毎にノードのサイズとブリンク位置を変える。円の直径は2mm、4mm、6mmおよび8mmの4種類とする。

被験者は一般のコンピュータ使用経験者11名とし、次のような教示を与えた。「画面

上に100個の点が出てきます。その中で赤く点滅しているものがありますから、その点をできるだけ速く見つけてクリックして下さい。」

各サイズについてそれぞれ試行を5回繰り返し、計20回の試行を行った。

## (2)実験の結果

選択時間とエラー回数に関する実験結果を図4.5に示す。これによれば、ノードのサイズが大きいほど、ノードの選択時間は短くてよい。また、正しくノードをクリックできなかったエラー回数も少なくなることから、ノードのサイズすなわち面積が大きくなるほど、ノードを見つけやすく、クリックしやすくなるといえる。一方、20名の被験者に対して別途行った主観評価実験によれば、図4.6に示すように、ノードが4 mm以上では、通信網表示図の見やすさが低下する。この主観評価実験は、日本地図上に展開した中規模通信網を対象として行ったものである。通信網は2階層で上位7ノード、下位70ノード、上位ノード間はメッシュ接続、上位と下位ノードはスター接続である。下位ノードは都道府県の人口に応じて配置している。評価は7段階（7：非常に見やすい、4：どちらでもない、1：非常に見にくい）で行った。これは、全ノード数が77という中規模の通信網であり、大規模通信網の場合には、さらに評価値が低下すると考えられる。すなわち、ノードのサイズが大きいほど見つけやすくなるが、大規模通信網の表示には、操作性が極端に低下しない範囲でノードのサイズを小さくするほうがよいと考えられる。

## 4.2.4 ノードの重なり

### (1)実験の課題

ノードのサイズに関する実験の一環として、大規模通信網表示に特有な、ノード数が多い場合に発生するノード同士の重なりを検討を行った。ノード同士が重なった部分は、実際のシステムにおいても、どちらを選択したかシステム側で判別できないため、マウスによる選択はできない。これより、マウスで選択できる面積、すなわち個々のノードの専有面積がノード同士の重なりによって小さくなることから、見やすさだけでなく操作性の低下ももたらすと考えられる。実験の課題を図4.7に示す。ノードサイズの実験と同様に、20cm×20cmの格子状に100個のノードを配置する。通信網をモデル化して、ノード間をリンクで接続する。通信網は2階層で上位10ノード、下位90ノード、上位ノード間はメッシュ接続、上位と下位ノードはスター接続とする。ノードの色は黒、背景色は白とし、画面上の5箇所ノードが横一列に重なっている状態を作る。5箇所中の1箇所のノード群の中で重なっているノードを全て赤くブリンクする。1ブリンクの間隔は毎秒1回とする。ブリンクは他のノードと重なっている部分を除いた個々のノードの専有部分のみとする。すなわちブリンク以外の部分をクリックした場合にはエラーとなる。ブリンクしている部分をクリックすると1試行が終了する。画面が変わる毎にノードのサイズと、重なり箇所、ブリンク位置を変える。円の直径は4 mm、6 mm、8

mmの3種類とする。

被験者は一般のコンピュータ使用経験者11名とし、次のような教示を与えた。「先ほどの大きさが変わる実験と同様に赤く点滅しているものがありますから、その点をできるだけ速く見つけてクリックして下さい。そのときに今回は点が重なっているところがあります。赤く点滅しているところ以外はクリックしてもエラーになりますので、必ず赤く点滅しているところをクリックするようにして下さい。」

4 mm、6 mm、8 mmのノードについて、ノードのサイズに応じてそれぞれ重なる条件を2、3、2種類用意した。具体的には、4 mmは重なりノード数7および8、6 mmは重なりノード数5、6および7、8 mmは重なりノード数5および6である。それぞれの条件について試行を5回繰り返し、計35回の試行を行った。

## (2)実験の結果

図4.8は、選択時間に関する実験結果を1個のノードについての専有面積に対して整理したものである。1個のノードの専有面積 $S$ は、図4.9に示すような関係から、式(5.1)によって計算した。

$$S = \pi r^2 - 4(\theta r^2 - AB) \quad (5.1)$$

ここで、 $r$ はノードの半径、 $A$ は図中の三角形の底辺の長さ、 $B$ は三角形の高さ、 $\theta$ は $r$ と $A$ とのなす角度(ラジアン)である。これによれば、ノードが重なることによって、図4.5に示した単独のノードの場合に比べて選択時間が長くなっており、ノードのサイズに関わらず、専有面積が小さくなるにつれて、選択時間は長くなっている。また、専有面積がほぼ等しい場合は、ノードのサイズが大きい方が選択時間が長くなる傾向にある。これは、専有面積が同じ場合は、ノードのサイズが大きい方がノードの重なりが大きくなり、選択すべきノードに隣接して、選択してはいけないノードの重なり部分が大きな面積を占めるために、選択操作の阻害要因となっていることが考えられる。さらに、ノードのサイズが大きいとノードの重なりが大きくなることから、専有部分は中央がくびれてきて上下2つの部分に分割されたのと近い状態となり、選択できる面積が見かけ上減少したように見えるためではないかと考えられる。これより、操作性の観点からはノードの重なりは極力排除することが必要であり、ノードのサイズは小さい方がよいといえる。

以上のようなノードのサイズとノードの重なりに関する実験およびノードが4 mm以上では、主観評価による通信網表示図の見やすさが低下することから、大規模通信網を対象とした場合のノードのサイズは、3~4 mmが適していると考えられる。これより、通信網表示図の評価実験には、ノードのサイズは基本的に3~4 mmを使用することとする。

## 4.2.5 ノードの色と背景色

### (1)実験の課題

これまでの評価実験により、ノードの形状は円、ノードのサイズは3～4 mm程度がよいことが分かった。また、形状に関しては円以外に使用できるのは、三角形および四角形のみである。これに対してノードに関する情報は、3章で考察したように、例えば通常に運用中、重大な異常発生、軽微な異常、工事中、待機中、社外設備のように設置はされているが管理の対象外の設備等があり、同時に表示する必要のある情報に限っても3種類では収まらない。したがって、ノードの形状によって特に動的に変化する情報を区別することは難しい。このため、これらの情報を表現する手段として、より多くの情報を識別することができると考えられる色を使用することを考える。ただし、色の使用についても赤、青のように言葉で表現できる色を使用すべきであること[6]、色の使用は5、6色を限度とすべきである[7][8]等の知見が得られていることから、このような条件を考慮して、3 mm程度のサイズのノードに色を付けた場合の操作性に関する評価実験を行う。

実験の課題を図4.10に示す。20cm×20cmの格子状に100個のノードを配置する。前述の実験と同様、通信網をモデル化して、ノード間をリンクで接続する。通信網は2階層で上位10ノード、下位90ノード、上位ノード間はメッシュ接続、上位と下位ノードはスター接続とする。ノードの色は赤 (R:255、G:0、B:0)、マゼンタ (R:255、G:0、B:255)、黄 (R:235、G:255、B:0)、緑 (R:0、G:255、B:0)、黒、シアン (R:0、G:255、B:255) および青 (R:0、G:0、B:255) の7色で、各色2個ずつのランダム配置とする。残りのノードは白で輪郭線を黒とする。ノードのサイズは3 mmと比較のために行う6 mmとする。背景色は暗灰色 (R:84、G:84、B:84)、明灰色 (R:216、G:216、B:216)、紺 (R:58、G:90、B:113)、クリーム (R:216、G:216、B:191)、深緑 (R:9、G:107、B:54) の5色とする。選択すべき色のノードを格子の上方に表示し、これと同じ色のノードを2個選択すると1試行が終了する。クリックされたノードは中抜きになることで選択されたことが分かるようにしている。1つの試行が終了すると画面が切り替わり、ノードのサイズおよび色の配置が変わる。

被験者は一般のコンピュータ使用経験者20名とし、次のような教示を与えた。「画面上に100個の点が出てきます。点には色が付いているものと白く中抜けになっているものがあります。100個の点の上に1つだけ点が表示されますが、その点と同じ色の点の下の中に2つありますので、その2つをできるだけ速く見つけてクリックして下さい。」

7種類のノードの色と5種類の背景色、2種類のノードのサイズの組み合わせについて、それぞれ試行を3回繰り返し、計210回の試行を行った。個々の試行は非常に単純なものであることから、70試行を1つの単位とし、70試行毎に3分間の休憩を入れた。

### (2)実験の結果

選択時間に関する実験結果を図4.11および図4.12に示す。選択時間としては、与えられたノードの色を認識し、通信網の中から同じものを見つけ出すまでの時間ということで、1個目のノードをクリックするまでの時間を用いている。なお、2個目のノードをクリックするまでの時間は全ての条件において1個目の場合よりも短くなっている。これによれば、ノードの色と背景色との組み合わせによる差はあるが、全体としてはノードのサイズが3mmおよび6mmの場合ともに、図4.5に示した黒の単色ノードの場合よりも10~20%程度長い選択時間が得られている。これは、7色程度の色相が離れた色を使用した場合には、3mm程度のサイズがあれば色の識別は比較的容易なことを示すものであり、課題として与えられた色を認識し、他の色の中から見つけだすための人間の負荷は、単色の場合よりは大きいですが、操作性を大きく損なうほどではないと考えられる。また、ノードの色と背景色との組み合わせについては、どの組み合わせについても選択時間に0.3~0.5秒程度の差があるが、本実験のように、実際の管理作業に近い特定の色のノードを見つけるという課題を実行する限りにおいては、特に問題となるような色の組み合わせは見られない。ただし、操作時間にばらつきが少ないという観点からは、明灰色およびクリーム色が有効である。

以上より、通信設備の状態を表示するために赤、マゼンタ、黄、緑、黒、シアンおよび青の7色程度を使用することは可能であり、この場合の背景色としては明灰色およびクリーム色が比較的適している。またノードのサイズは3mm程度でよいと考えられる。

#### 4.2.6 構成要素の属性

構成要素の属性に関する評価実験の結果をまとめると以下のようなになる。

- (1)ノード形状としては円が最も適しており、次いで三角形および四角形が有効であると考えられる。
- (2)大規模通信網を対象とした場合のノードのサイズは、3~4mmが適しており、ノード数や通信網表示図の表示法にあわせてサイズを決定すればよい。
- (3)通信設備の状態を表示するために赤、マゼンタ、黄、緑、黒、シアンおよび青の7色程度を使用することは可能であり、この場合の背景色としては明灰色およびクリーム色が比較的適している。

これらの結果を通信網の状態表示に適用した例を表4.1に示す[9][10]。

### 4.3 通信網表示図の操作性評価法

#### 4.3.1 評価の課題

既に述べたように、通信管理の基本的な作業として、通信ルートをたどることによって、特定の2地点間における接続構成とその状態を把握することがある。この作業をモ

デル化し、通信網表示図上で指定された2個のノード間の最短ルートを検出する課題を作成した[11][12][13][14]。これは、通信網表示図を用いた実作業の操作性を反映することから、最短ルートを検出する場合の操作性が測定できるとともに、ノードやリンク数の増加にともなってそれらの識別および選択操作に要する時間が増大することが予測され、ルート検出の操作性は、通信網表示図の複雑さを直に反映すると考えられるためである。また、通信ルートをたどる作業は、通信網の一覧表示が前提となることから、通信管理の基本的な作業をモデル化することにより、実作業で使用できる通信網の一覧表示の条件、特に大規模通信網を対象とした場合の表示可能なノード数を明らかにすることができる。

操作性を評価するには、ある程度の操作回数が必要と考えられることから、最短ルートに含まれるリンク数は、基本的に4以上とする。また、エンド・エンド間のサービス品質管理が重要な課題であることから、接続する2個のノードはともに最下位層に属するノードとする。

被験者に対しては、課題の実行手順を説明するとともに、最短ルートをできるだけ速く、正確に接続するよう指示を行う。最短ルートのリンク数は幾つであること、間違ったら後戻りできること、最後までたどり着けない場合はスキップできることを説明する。課題の実行手順を以下に示す。

- (1)通信網表示図を20インチディスプレイに全面表示する。通信網表示図は、サイズの変更、移動、アイコン化等の操作はできないようにする。入力装置はマウスである。
- (2)画面の左上部に「スキップ」ボタンを表示する。被験者がこのボタンをマウスでクリックすることにより、現在行っている課題を直ちに終了し、次の試行に進む。
- (3)接続すべき2ノードは赤で表示し、そのどちらかを被験者がマウスでクリックすることにより、そのノードの色が青に変わり、開始点となる。すなわち開始点は被験者が選択することになる。
- (4)被験者は開始点からリンクで接続されているノードを順にたどってクリックしていくことにより、終了点の残りの赤いノードまでのルートを検出する。順にたどったノードが前のノードとリンクで接続されている場合には、そのリンクとノードの色を黒から青に変える。前のノードと接続されていないノードあるいはリンクをクリックしても何も変化しない。
- (5)被験者はノードの選択をやり直すことができる。すなわち、被験者はやり直したいノードまで戻り、該当のノードを再度クリックすることにより、そのノードから先の既に変更されて青く変化しているノードおよびルートの色がもとの黒に変化し、操作をやり直すことができる。ノード選択のやり直しは何回でも行うことができる。
- (6)被験者が終了点をクリックすると課題は終了する。

課題の難しさを考慮して、15回の試行毎に3分間の休憩を入れる。接続すべき2ノード

ドはランダムに発生させ、通信網表示図の表示条件、すなわちノード数、表示法等が複数ある場合には、表示条件をランダムに提示する。本実験の前に実験の立会者が実験の説明をするとともに、操作の実演を行い、さらに被験者自身による練習を実施する。練習の回数は最低3回とする。

被験者の数は、画像品質の主観評価実験における条件を参考にして、一般のコンピュータ経験者の場合は20名以上、通信管理担当者の場合は10名以上とする[15][16]。

### 4.3.2 評価の項目

大規模通信網を対象とした表示図の課題は、ノード数に対する操作性を明らかにすることである。したがって、ノード数を変化させた場合の操作性を測定する。また表示図の表示法によって操作性が異なると考えられることから、種々の表示法における操作性を測定する。

前章で述べたように、操作性の評価項目として効果、効率、満足度がある。満足度は主観評価を行うことからここでは除くと、効果は発生した問題点の発見率や正解率、効率は目標を達成した時間、操作の回数等で評価することになる[17]。

効果については、通信網表示図を用いた作業の正確性を測定するものであり、上記の整理に基づいて、最小のリンク数で開始点から終了点まで到達したかどうかという正解率および最短ルートかどうかは別として、開始点から終了点まで到達したかどうかという課題の達成率で評価する。

効率については、通信網表示図を用いた作業の迅速性を測定するものであり、上記の整理に基づいて、課題を達成するための時間および誤ったルートを選択したために後戻り操作を行った回数で評価する。したがって、途中で課題をスキップした場合のデータは含まない。

## 4.4 評価実験

ここでは、前節で整理した通信網表示図の評価法を実際の通信網表示図の評価に適用し、評価法としての有効を検証するとともに、通信網表示図の操作性に関する問題点を定量的に把握する。通信網表示図としては、ノード配置表示図を対象とし、日本地図および米国地図を用いて行う[11][12]。

### 4.4.1 実験条件

(1)ノード配置図を使用する主たる目的は、ノードの地理的位置関係の把握であることから、通信網構成は最も単純な2階位網構成とする。上位ノードは最短ルートのリンク数が3または4となるように7ノードの非メッシュ構成とする。日本の場合は、被験



者には地理的な知識があると考えられることから、上位ノードは北から札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、福岡とする。米国については、全国ほぼ均等になるように7個のノードを配置する。下位ノードは上位ノードに対する二重帰属はないものとし、下位ノードのうち80%は最も近い上位ノード、残りの20%は2番目に近い上位ノードと接続する。

(2)下位ノード数は70、150、200の3通りとする。日本の場合は都道府県、米国の場合は州をサービスの管理単位と考えて、最低都道府県または州に1ノードを配置し、そのほかのノードは、都道府県または州の人口に応じて配置する。同一都道府県または州内ではノードは実際の都市の位置に、その人口の順に配置する。日本の政令都市については区を都市と同等と見なし、区の人口に応じてノードを配置する。実験に使用した地図の例を図4.13に示す。なお、日本地図については、下位ノードが最低の70ノードでも東京付近にノードの密集が見られるため、東京付近が通常地図の約2倍となるような変形を加えている。

(3)画面の背景は灰色（R：128、G：128、B：128）とし、日本および米国地図は白に県境または州境を黒で表示する。ノードは直径約4mmの黒丸とする。ノード同士が重なった部分は灰色とし、この部分はどちらを選択したか判別できないため、マウスによる選択はできないものとする。

(4)課題数は3（下位ノード数）×2（リンク数）に対して6課題、計36課題とする。最短ルートに含まれるリンク数は、リンク数と操作性の関係を確認する観点から3および4とする。

(5)被験者は20代から40代の通信管理業務従事者64名とし、日本および米国地図に関する課題をそれぞれ32名ずつで行う。

## 4.4.2 実験結果

### (1)達成時間

ノード数と達成時間の関係を図4.14に示す。これによれば、ノード数の増加にともなって達成時間も長くなっている。これは、ノード数が増加することによってルートを検出するために探すべきノード数がふえることおよびノードの重なりが発生することが原因と考えられる。また、米国地図に比べて日本地図の方が達成時間が長くなっている。実験終了後のアンケート調査によれば、多くの被験者が日本地図の場合は上位ノードがどこにあるか途中で分かるようになってきたのに対し、米国地図の場合は地理的な知識に乏しいため、上位ノードが探し難かったと回答している。すなわち地理的知識が有効に働いて日本地図の場合の達成時間を短縮する効果があったと考えられるにもかかわらず、同じノード数では日本地図は米国地図の2倍以上の達成時間がかかる。これは、日本地図は細長い形状をしており、米国地図に比べて面積が小さく、ノードが密集してい

るためであり、ノードの密集が達成時間に大きく関与していると考えられる。また、日本地図では4リンクの場合は3リンクに比べて3倍以上の達成時間がかかっている。これは、3リンクの場合は、開始点を収容する上位ノードと終了点を収容する上位ノードが直接接続しているために、接続ルートを見つけるのは比較的簡単と考えられる。これに対して4リンクでは、開始点を収容する上位ノードと終了点を収容する上位ノードが直接接続しておらず、他の5個のノードを経由して接続しているため、ルートの検出の負荷が非常に大きくなっていることが分かる。

このように、ノードが増加するに比べて達成時間も増加すること、同じノード数でも地図によって達成時間が違うことから、2点間のルートをたどる場合の達成時間は、通信網表示図の複雑さを表す指標として使用できると考えられる。

## (2)後戻り回数

ノード数と後戻り回数の関係を図4.15に示す。これによれば、ノード数の増加にともなって後戻り回数も増加している。これは、達成時間と同様に、ノード数が増加することによってルートを検出するために探すべきノード数がふえることおよびノードの重なりが発生することが原因でルートを間違える回数が増えたと考えられる。また、同じノード数では米国地図に比べて日本地図の方が後戻り回数が増えており、達成時間と同様に、日本の方がノードが密集しているためであり、ノードの密集が後戻り回数に大きく関与していると考えられる。また、日本地図の4リンクでは後戻り回数が非常に多く、200ノードの場合には1回の試行、すなわち開始点と終了点を除く3個のノードをクリックするために約2.5回ものやり直しをしていることになる。これは通信網表示図が見難いために接続ルートが見出し難くなっていることを示すものであり、このような条件では通信網表示図として使用することはできない。

このように、ノードが増加するにつれて後戻り回数も増加すること、同じノード数でも地図によって後戻り回数が違うことから、2点間のルートをたどる場合の後戻り回数は、通信網表示図の複雑さを表す指標として使用できると考えられる。また、日本地図で4リンクを接続する場合は、100ノードで後戻り回数が1回を超え、操作性の低下が著しいことから、100ノードが一つの使用限度といえ、大規模通信網表示のためには、新規の表示方法を検討する必要がある。

## (3)正解率

ノード数と正解率の関係を図4.16に示す。これによれば、全体としてはノード数の増加にともなって正解率は低下している。日本地図で3リンクの場合は70ノードよりも150ノードの場合が正解率が高くなっているが、これは3リンクの場合は、開始点を収容する上位ノードと終了点を収容する上位ノードが直接接続しているために、最短ルートを見つけやすく、150ノード程度までは正解率はあまり変わらなかったと解釈してよいと考えられる。また、日本地図、米国地図ともに、4リンクでは100ノードで正解率

が70%以下となっており、最短ルートを正確に検出することは通信管理業務において非常に重要な作業であることから、正解率の観点からは100ノード以上では通信網表示図として使用することはできない。

また、達成時間と後戻り回数に関しては、ノードの密集の少ない米国地図の方が良好な結果が得られたが、正解率に関しては地図による差はほとんど見られない。これは、日本地図の場合には、地理的な知識によって上位ノードの位置が記憶しやすく、米国地図に比べて今何リンク目にあるか、したがって後何リンクで課題を完了すればよいかを考えやすかったのではないかと考えられる。

このように、多少のばらつきはあるが、ノード数および接続リンク数が増加するにつれて正解率が低下することから、2点間のルートをたどる場合の正解率は、通信網表示図の複雑さを表す指標として使用できると考えられる。また、日本地図、米国地図ともに、正解率の観点からは100ノード以上では通信網表示図として使用することはできないため、大規模通信網表示のためには、新規の表示方法を検討する必要がある。

#### (4)達成率

ノード数と達成率の関係を図4.17に示す。これによれば、日本地図の場合はノード数の増加にともなって達成率は低下しているが、米国地図では達成率は非常に高く、ノード数との関連はほとんど見られない。すなわち、実験の範囲内では達成率は通信網表示図の複雑さを表す指標として使用することはできない。また、エンド・エンドのルートの検出は、正確に検出できることが重要であることから、達成率よりも正解率で評価すべきであり、達成率は補助的なデータとして使用すればよいと考えられる。

## 4.5 むすび

本章では、通信網表示図を評価するための前提として、構成要素の属性について明らかにした後、これらの属性を使用して通信網表示図上で指定された2個のノード間の最短ルートを検出する課題を用いて通信網表示図の操作性評価実験を行い、その有効性を明らかにするとともに、通常地図表示では大規模通信網に対応できないことを明らかにした。要点を以下に示す。

- (1)ノード形状としては円が最も適しており、次いで三角形および四角形が有効であると考えられる。
- (2)大規模通信網を対象とした場合のノードのサイズは、3～4 mmが適しており、ノード数や通信網表示図の表示法にあわせてサイズを決定すればよい。
- (3)通信設備の状態を表示するために赤、マゼンタ、黄、緑、黒、シアンおよび青の7色程度を使用することは可能であり、この場合の背景色としては明灰色およびクリーム色が比較的適している。

- (4)通信管理の基本的な作業として、通信ルートをたどることによって、特定の2地点間における接続構成とその状態を把握することがある。この作業をモデル化し、表示図上で指定された2個のノード間の最短ルートを検出する課題を案出し、その実行手順を整理した。
- (5)日本地図および米国地図によるノード配置図を用いてノード数を変えた操作性評価実験を行うことにより、(4)で案出した課題が有効であり、操作性は課題を達成するための時間、誤ったルートを選択したために後戻り操作を行った回数および正しく最短ルートで接続したかどうかという正解率で評価できることを確認した。
- (6)ルートの迂回が入る4リンク接続の場合は、後戻り回数からは、日本地図では100ノード、正解率からは日本地図、米国地図ともに100ノードが一つの表示限度であり、通常の地図表示では大規模通信網表示には適用できない。

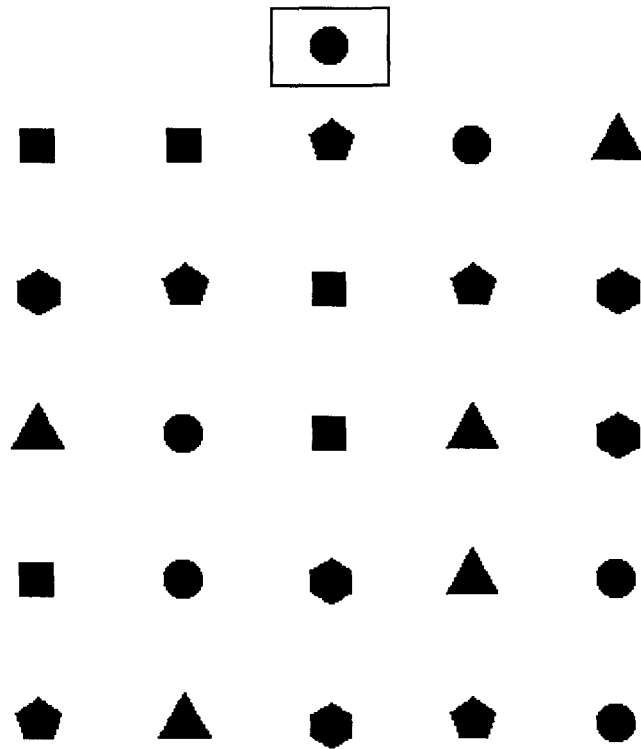


図4.1 ノードの形状評価の実験課題

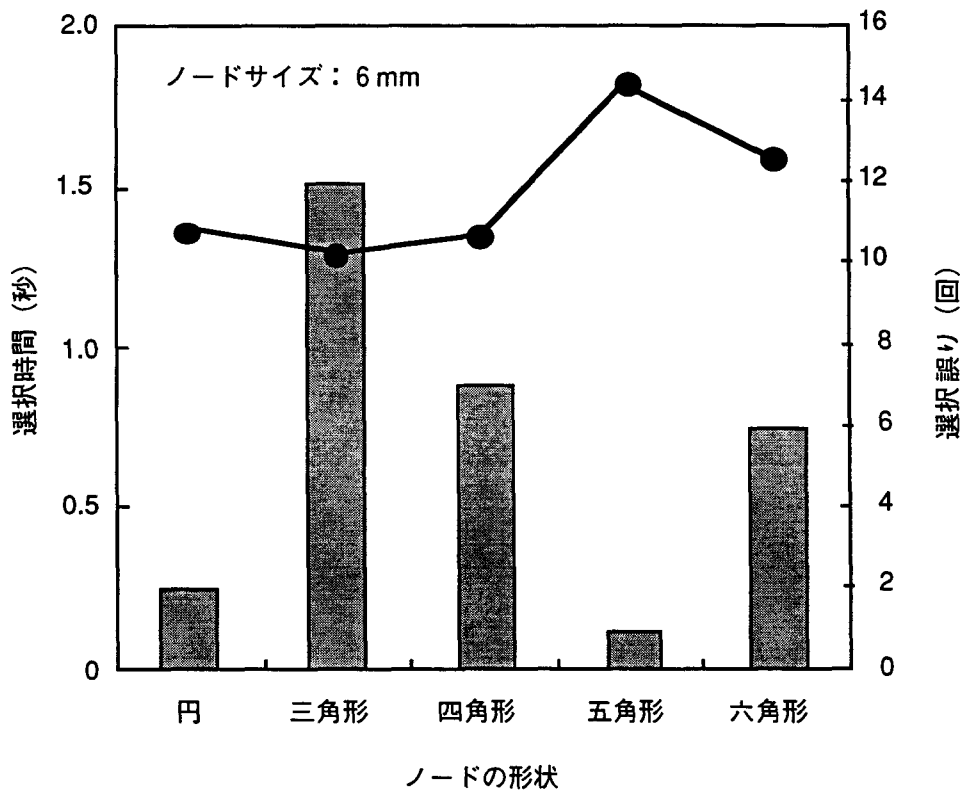


図4.2 ノードの形状と選択時間、選択誤りの関係

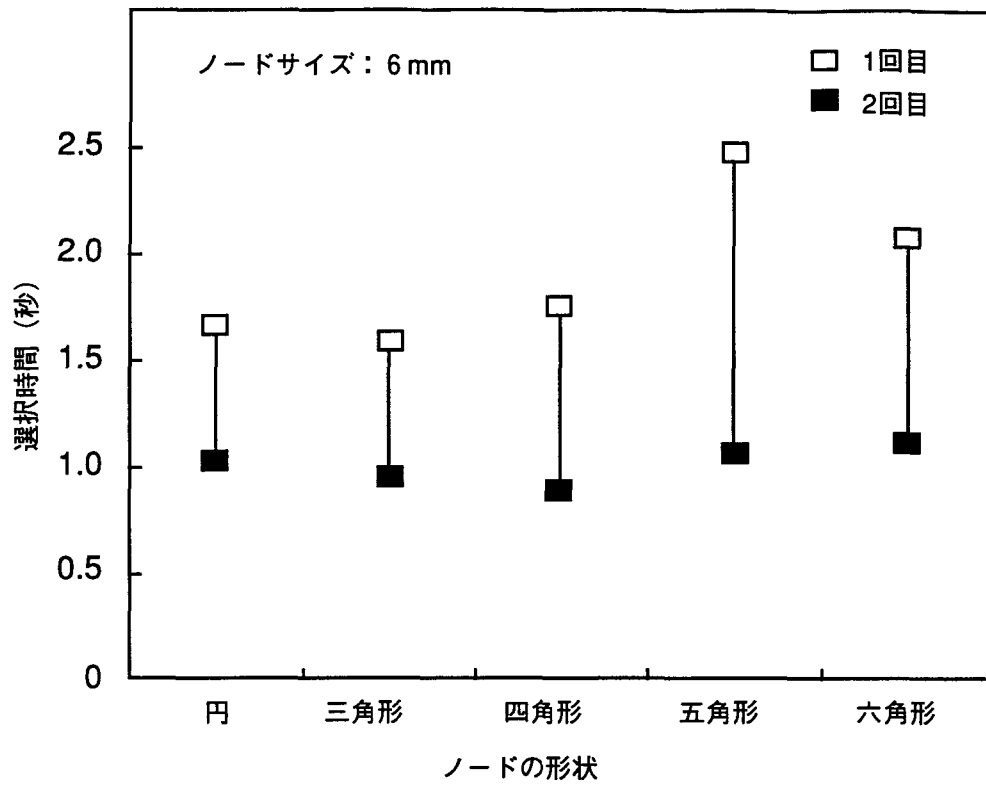


図4.3 ノードの形状と選択時間（1回目、2回目）の関係

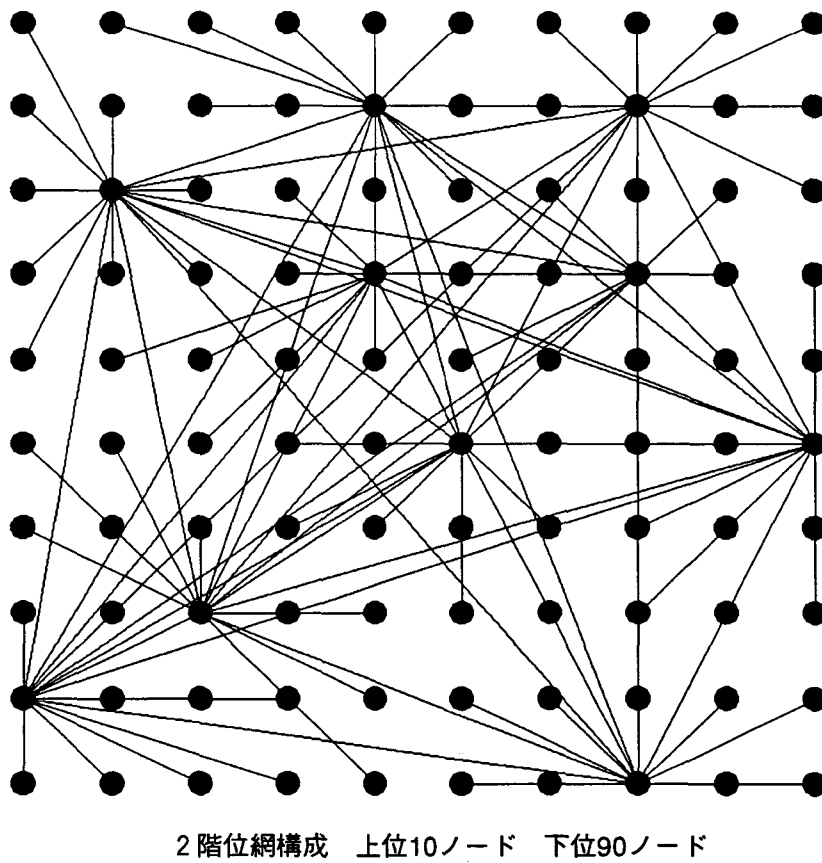


図4.4 ノードのサイズ評価の実験課題

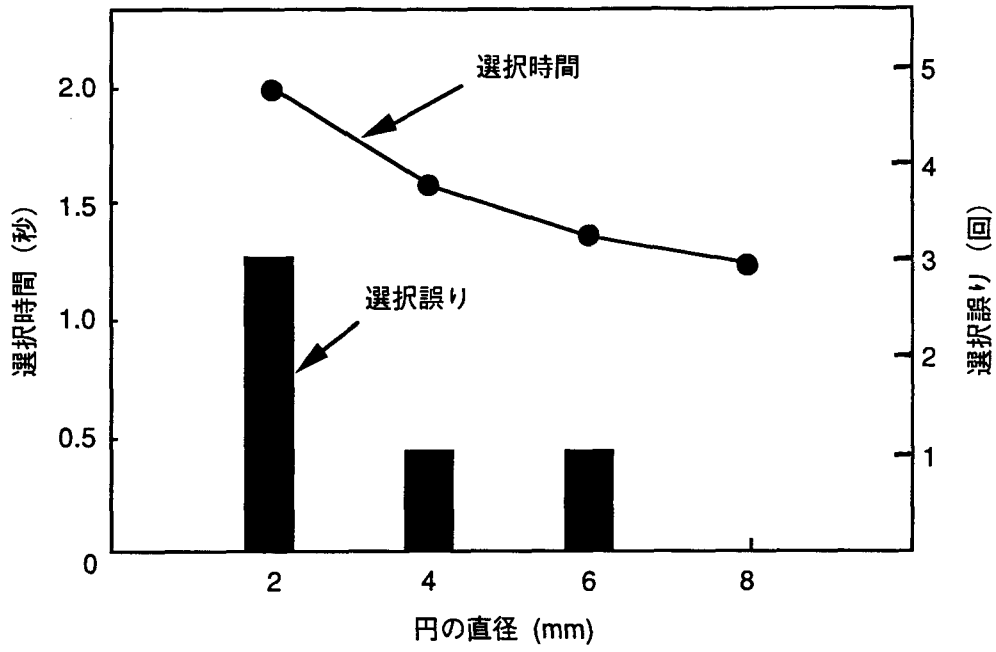


図4.5 ノード（円）のサイズと選択時間、選択誤りの関係

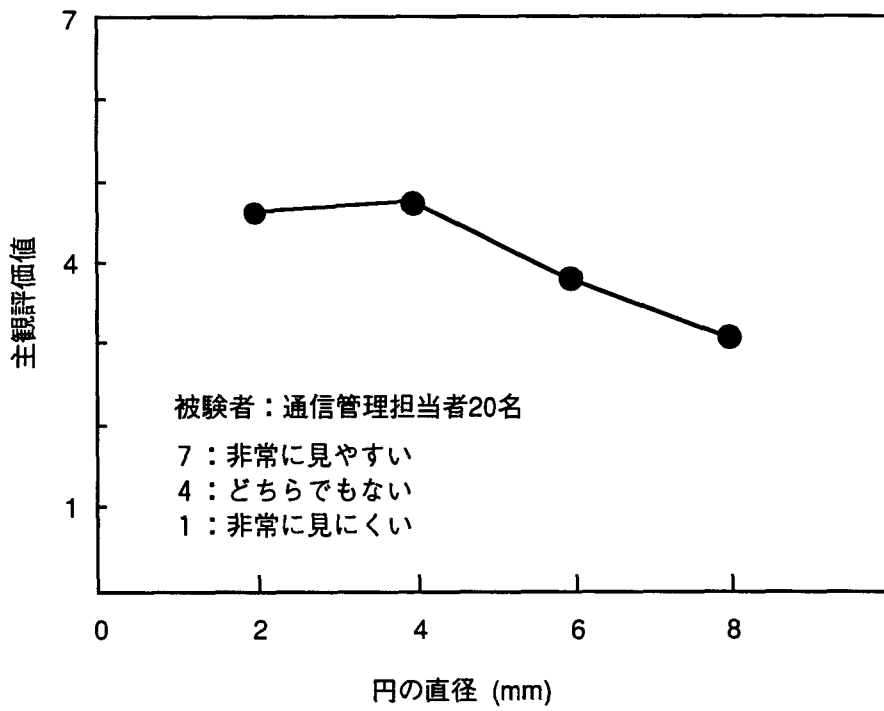


図4.6 ノード（円）のサイズと主観評価値の関係

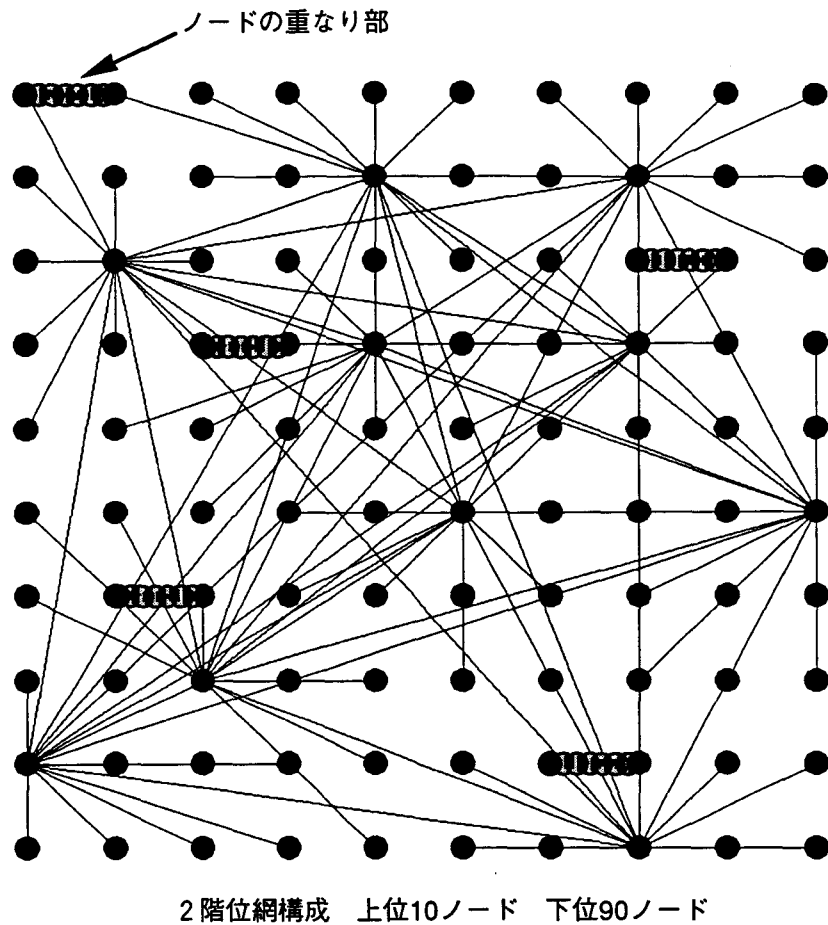


図4.7 ノードの重なり評価の実験課題

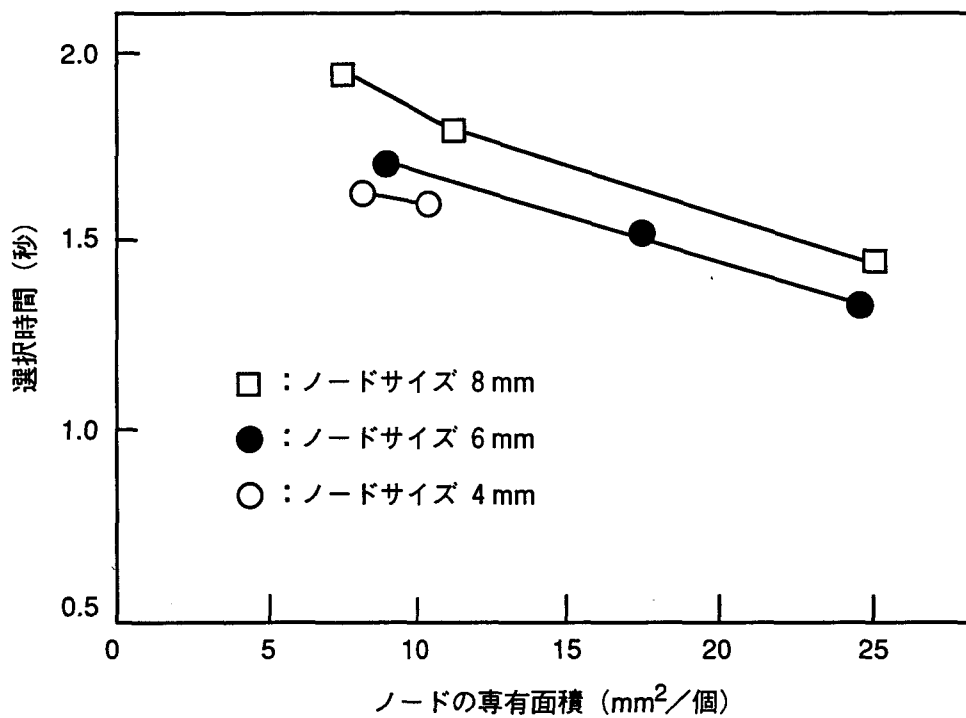
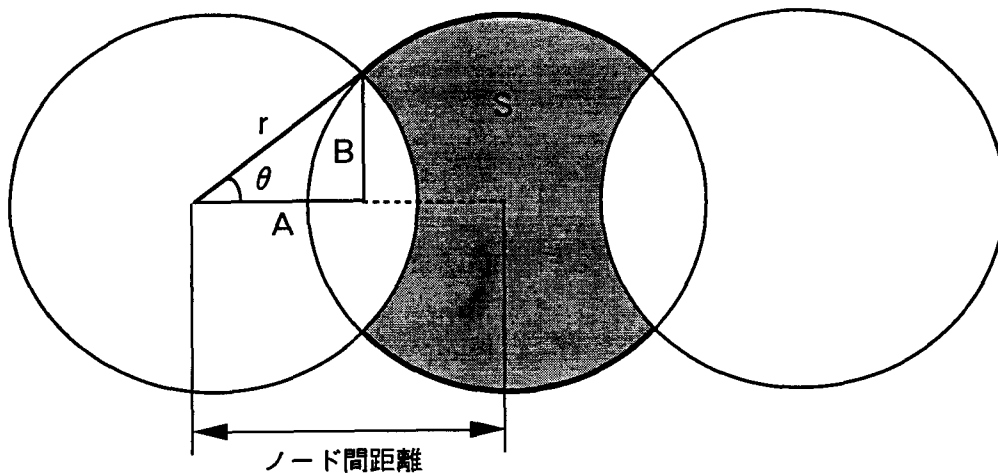


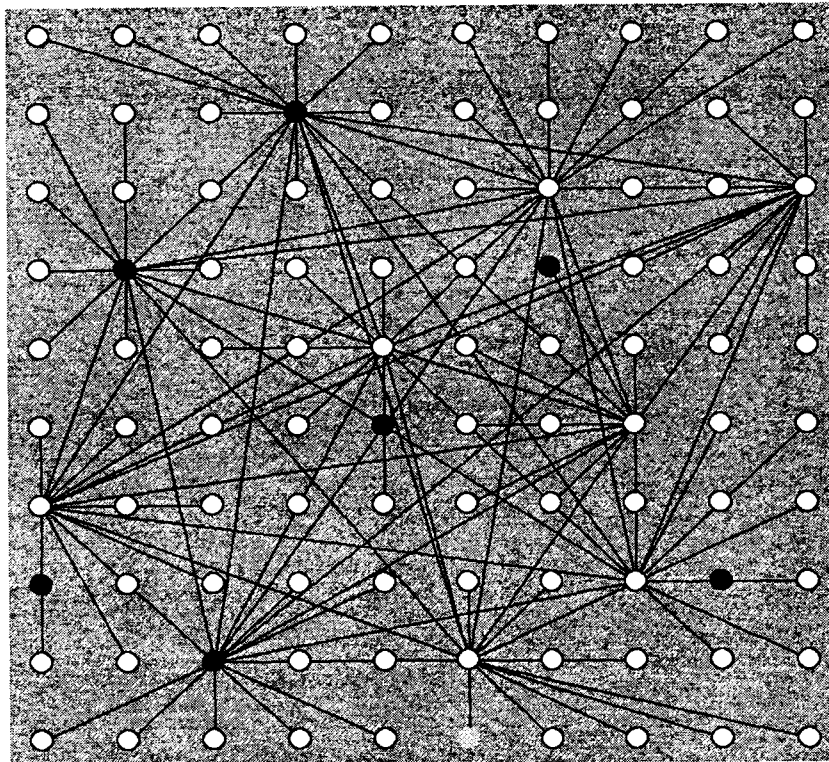
図4.8 ノードの専有面積と選択時間の関係





$$S = \pi r^2 - 4(\theta r^2 - AB)$$

図4.9 ノードの専有面積の算出



2階位網構成 上位10ノード 下位90ノード

図4.10 ノードの色と背景色評価の実験課題

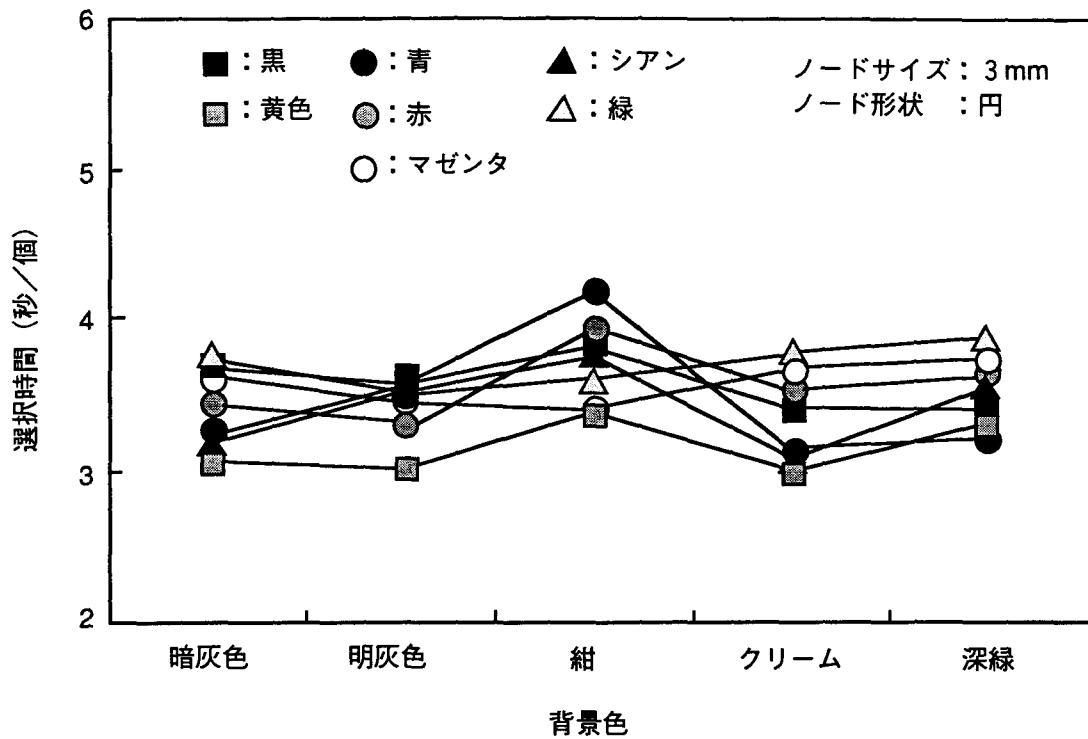


図4.11 ノードの色および背景色と選択時間の関係(1)

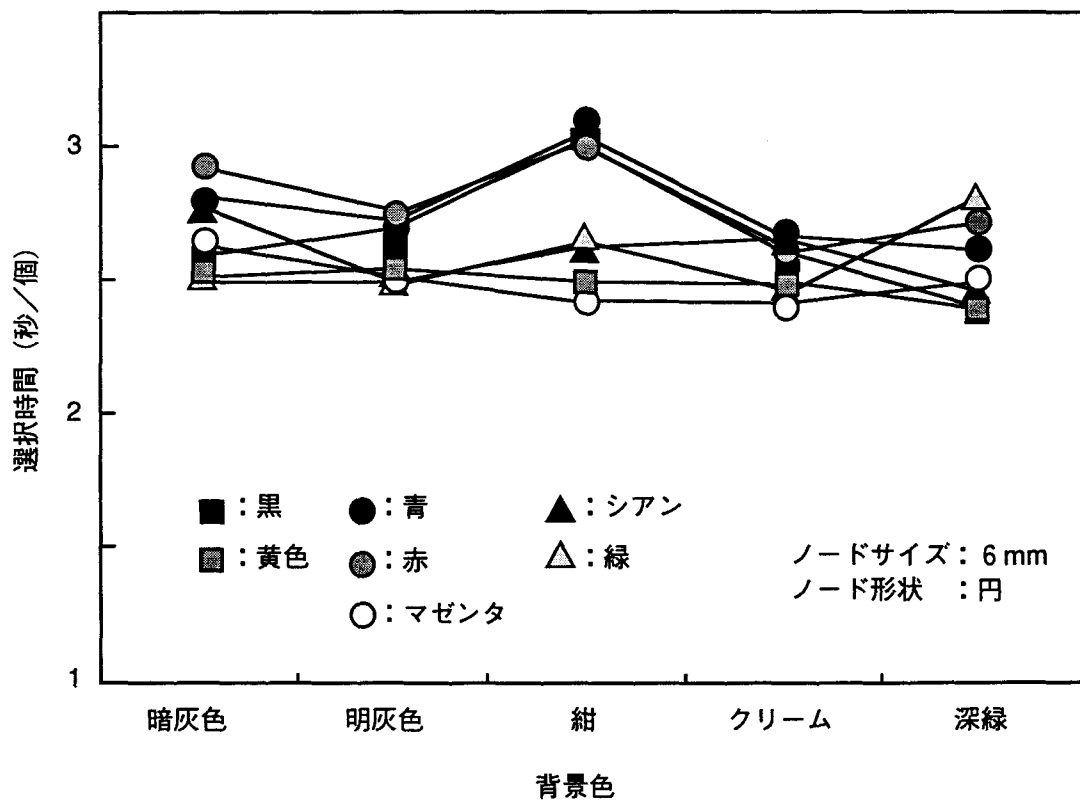


図4.12 ノードの色および背景色と選択時間の関係(2)

表4.1 通信網の状態表示例

設備の状態 \ 操作の状態	状態の表示	操作の要求	設備を選択
最上位の警報 (最緊急)	赤	赤+ブリンク	反転 (注)
第2位の警報 (緊急)	マゼンタ	マゼンタ+ブリンク	反転 (注)
第3位の警報 (軽度)	黄	黄+ブリンク	反転 (注)
正 常	緑	—	反転 (注)
管理の対象外	青	—	反転 (注)
閉塞 (工事中 その他)	シアン	—	反転 (注)

(注) 輪郭の色 (例えば黒) を内部色とし、内部色の赤、マゼンタ等を輪郭の色とする

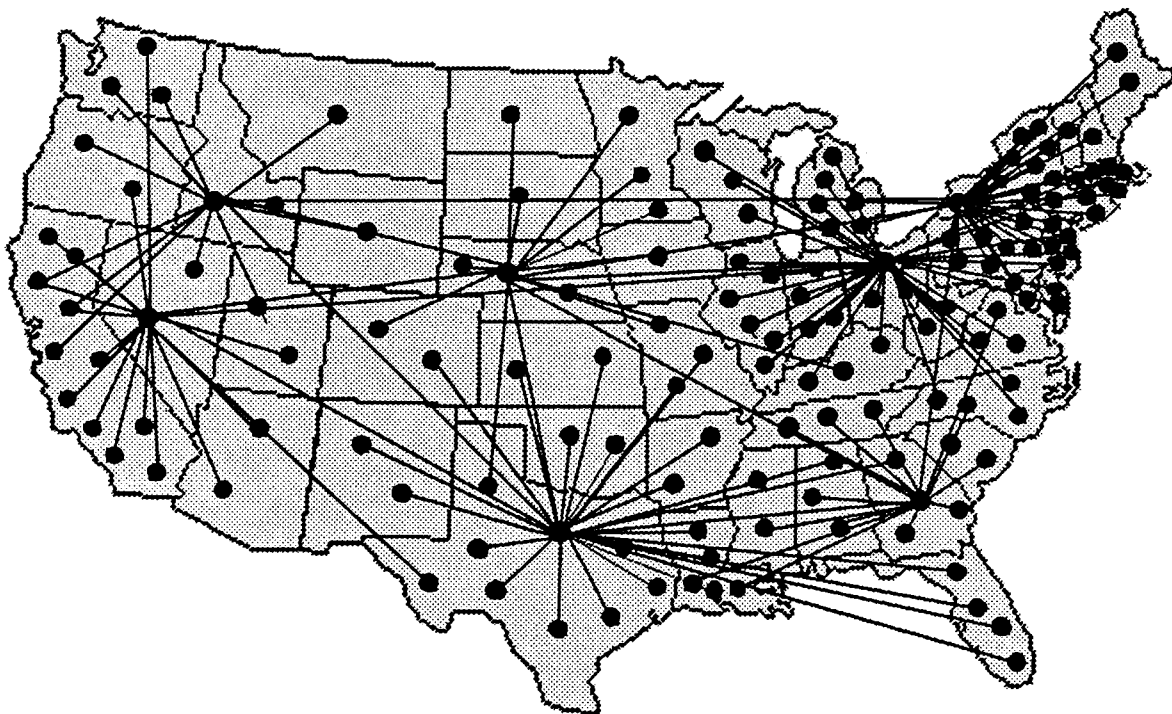


図4.13 実験に使用したノード配置の例 (米国、下位ノード数：200)

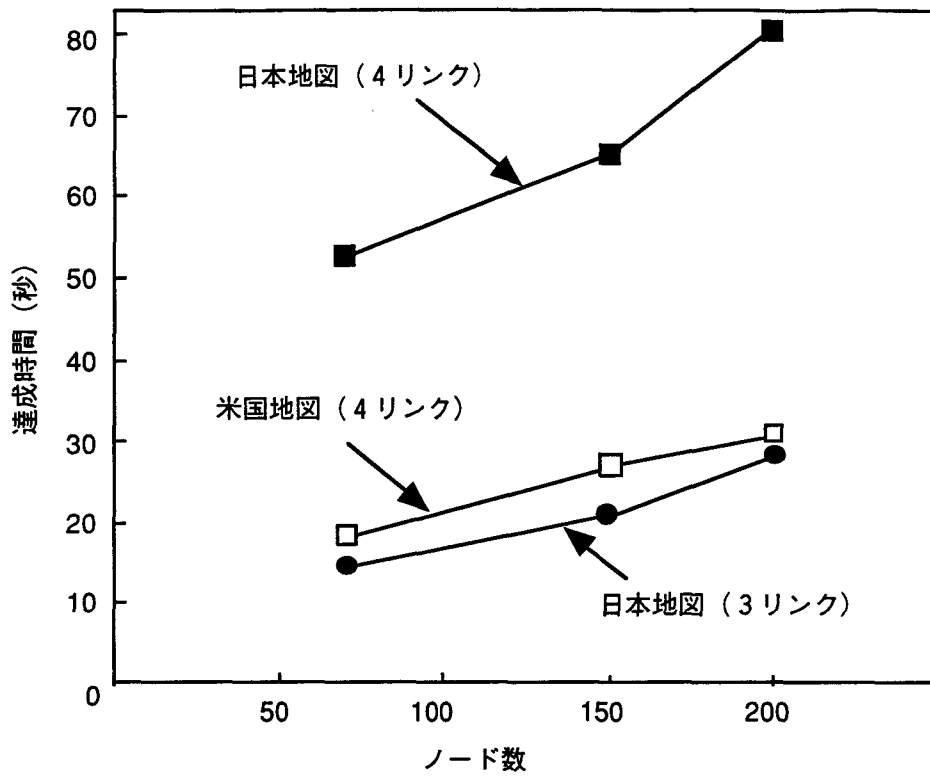


図4.14 ノード数と達成時間の関係

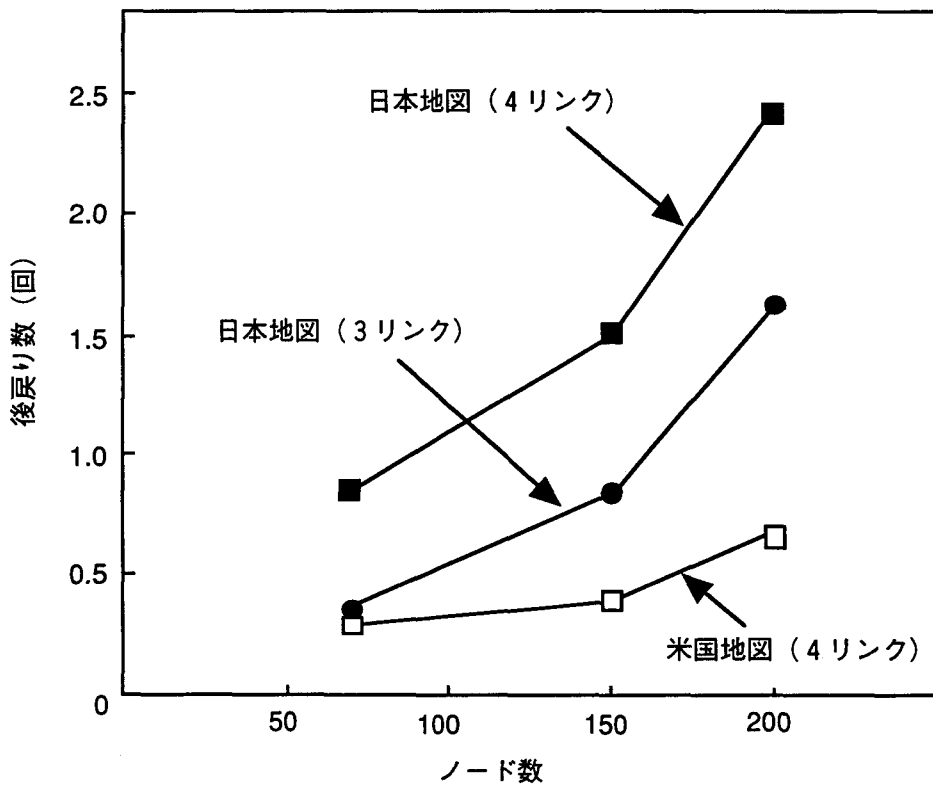


図4.15 ノード数と後戻り回数との関係

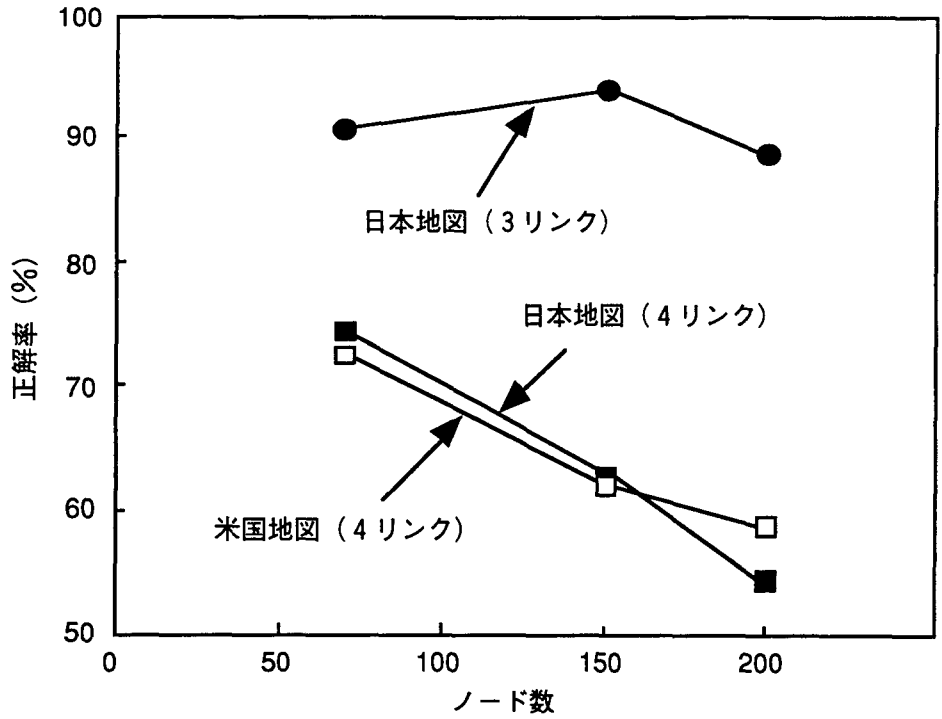


図4.16 ノード数と正解率の関係

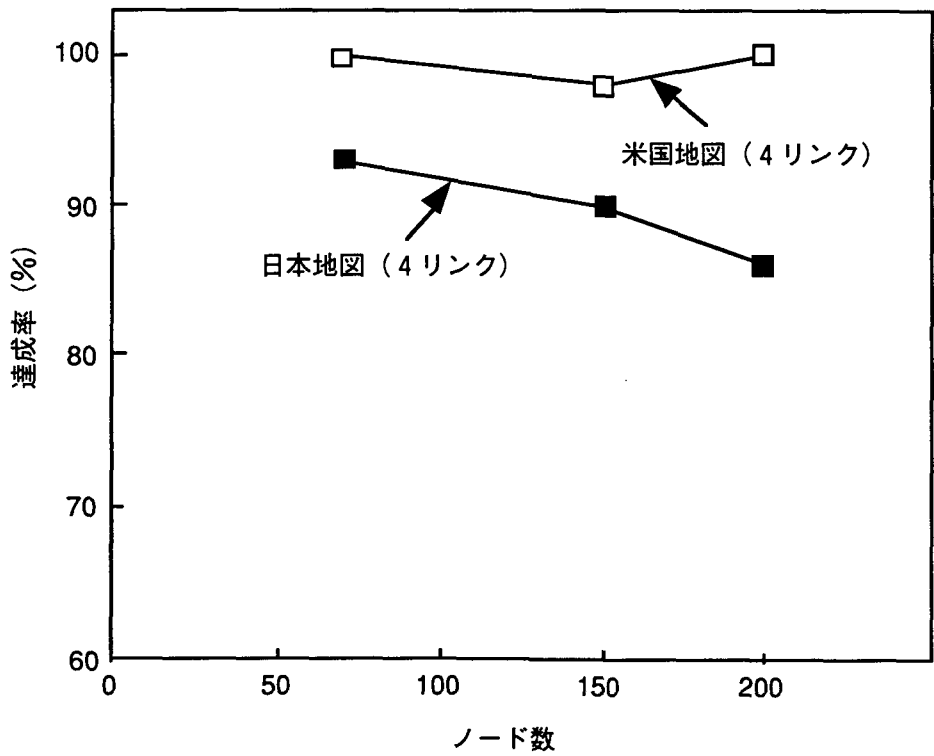


図4.17 ノード数と達成率の関係

## 第5章 通信ノード配置図表示技術

### 5.1 はじめに

前章では、操作性評価実験から通常的地図表示では大規模通信網の通信ノード配置の表示に適用できないことを明らかにした。本章では、大規模通信網の通信ノード配置に適した表示法として、ノードの密集する複数領域を同時に拡大・変形するマルチフィッシュアイ地図変形表示法を提案し、操作性評価実験および主観評価実験により、有効性を確認するとともに、通信ノード表示図の表示条件を明らかにする。

まず、マルチフィッシュアイ地図変形表示法が、(1)変形拡大の中心部ではフィッシュアイ表示法による滑らかな拡大、画面周辺部では等間隔に座標を割り付けることにより歪みを減少させる、(2)複数のフォーカス毎に算出した変形値を平均することにより、滑らかに複数領域を拡大できる、(3)不要な領域の縮小変形により、複数領域を拡大する場合にも十分な拡大率を確保できる表示法であることを説明するとともに、通信ノード表示図に具体的に適用して有効性を検証する。次に、前章で提案した最短ルートを検出する課題を用いて、通常地図表示およびフィッシュアイ表示法との比較評価実験を行い、操作性の観点から通信ノード表示図の表示条件を求めるとともに、マルチフィッシュアイ地図変形表示法が大規模通信網の表示に有効であることを示す。さらに、満足度を測定するために、見やすさに関する主観評価を行い、マルチフィッシュアイ地図変形表示法が見やすさの観点からも大規模通信網の表示に有効であることを示す。

### 5.2 マルチフィッシュアイ地図変形表示法

3章で考察したように、ノード配置図の検討課題は、ノードが集中する複数領域においても見やすさおよび操作性を維持することである。これより、地図の変形によって大規模通信網を表示する地図変形表示法で解決すべき課題は、(1)ノードの集中する複数領域を同時に拡大すること、(2)拡大変形による歪み、不整合を減少して地図としての自然さを保つことである。

マルチフィッシュアイ表示法は、前者については、複数のフォーカス毎に算出した変形値を平均することにより、滑らかに複数領域を拡大するとともに、不要な領域の縮小変形により、複数領域を拡大する場合にも十分な拡大率の確保を図ったものである。後者については、変形拡大の中心部ではフィッシュアイ表示法による滑らかな拡大、画面周辺部では等間隔に座標を割り付けることにより歪みを減少させる。以下、これらの内容について説明する[1][2][3][4]。

### 5.2.1 表示法の併用

フィッシュアイ表示法は、拡大したい領域の中心に拡大のためのフォーカスを設定し、これを中心として、変形座標値  $P_{feye}$  を以下の式によって求めるものである[5]。

$$P_{feye} = G (P_{norms}) D_{max} + P_{focus} \quad (5.1)$$

$$\text{ただし } G (P_{norms}) = \frac{(d+1) D_{norm} D_{max}}{d + D_{max}}$$

ここで  $P_{focus}$  はフィッシュアイ変形のフォーカス座標値、 $D_{max}$  は  $P_{focus}$  から変形を適用する画面の端までの距離、 $D_{norm}$  は変形前のノーマル座標値と  $P_{focus}$  との距離、 $d$  は変形係数であり、 $d=0$  は、フィッシュアイ変形を行わない場合である。式 (5.1) から分かるように、フィッシュアイ表示法では、拡大の中心点、すなわちフォーカス付近における拡大率が画面の端における縮小率となるため、 $d$  を大きくして拡大率を高くすると、画面の端における縮小率も高くなり、地図の歪みも大きくなる点が問題となる。

このため、図5.1に示すように、フォーカス  $F$  から一定距離  $P_K$  以内ではフィッシュアイ表示法、 $P_K$  より遠い領域では、画面限界  $E$  まで等間隔に座標値を割り当てる均等割付法を適用する。すなわち、変形前の座標値を  $P_N$  とし、以下の式により変形座標値  $P_F$  を算出する。

(1) フィッシュアイ変形 ( $P_K > P_N > F$ )

$$P_F = \frac{(d+1) D_E D_N}{d D_N + D_E} + F \quad (5.2)$$

(2) 均等割付変形 ( $E > P_N > P_K > F$ )

$$P_F = P_L + \left\{ \frac{D_E - D_L}{D_E - D_K} \right\} (D_N - D_K) \quad (5.3)$$

式 (5.2) は、デカルト座標を用いたフィッシュアイ変形式 (5.1) において、サイズ変形の項を無視して整理したものである。これは、計算を簡略にするとともに、フィッシュアイ変形によってノードのサイズが変化しないようにするためである。式(5.3)により、均等割付領域では、同じ割付率を適用するため、元の地図よりもサイズは小さくなるが、

同じ形状を保つことができる。また、フォーカスの位置、所望の拡大率および $P_K$ における滑らかさの必要性に応じて、 $P_K$ の値を任意に設定できるようにする。

ノードが集中する領域は本来狭い領域であり、拡大が必要な領域はある程度限定できることから、図5.2に示すように、同じ拡大率であればフィッシュアイ変形に比べて周辺部を縮めずに余裕を持たすことができ、拡大率を大きくしても、周辺部の歪みを押さえることができる。

式(5.2)および式(5.3)を用いて地図の変形とノード位置の算出を行い、リンクは変形後のノード位置間を結ぶことにより、直線で表示される。

### 5.2.2 複数フォーカスの平均変形値

フィッシュアイ表示法は、フォーカスは1個しか考慮していないが、本表示法ではフォーカスを複数設定できるようにする。すなわち、式(5.4)に示すように、フォーカス毎に独立に変形値 $P_{F_a}$ を算出し、その平均値を最終変形値 $P_M$ とすることにより、複数領域の拡大変形を行う。

$$P_M = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^n P_{F_a} \quad (5.4)$$

ここで $n$ は設定するフォーカスの数である。

図5.3に、 $y$ 座標が同一で、 $x$ 座標の異なる2つのフォーカスを設定した場合の計算例を示す。これより、以下のことが分かる。

- (1)フォーカスの内側では、一般に拡大する方向が逆になるため、単独のフォーカスの場合に比べて拡大率は小さくなり、全く変形しない不動点が存在する。これは、所望の拡大率を得るには、単独のフォーカスの場合よりも $d$ の値を大きくする必要があるが、平均化された滑らかな変形となることを意味する。
- (2)フォーカスの外側では、一般に拡大する方向が同じになるため、単独のフォーカスの場合に比べて拡大率は大きくなる。すなわち、フォーカスの内外で拡大率が異なるため、厳密な変形が必要な場合には、フォーカスを中心とした4方向について異なる $d$ の値を設定する必要がある。
- (3)画面周辺部については、均等割付後の座標値を平均するため、元の形状が保たれる。複数フォーカスの平均変形値を計算する場合の手順の例を図5.4に示す。

### 5.2.3 不要領域の縮小変形

拡大領域を矩形で指定するため、フォーカスの近傍等で拡大する必要のない領域が拡



大される場合がある。これらの領域を、フィッシュアイ表示法の座標置換、すなわち、変形前後の座標値を入れ換えることによって縮小する。縮小座標値  $P_S$  は  $P_F$  と  $F$  との距離  $D_F$  を用いて、次式により算出する。

$$P_S = \frac{D_E D_F}{d (D_E + D_F) + D_E} + F \quad (5.5)$$

拡大の場合と同様に、縮小率は  $d$  によって調整する。縮小変形は、不要領域が拡大されることを予測して拡大変形と同時にを行う方法および拡大変形された地図をもとに、不要領域を設定する2つの方法がある。

#### 5.2.4 ノード配置図への適用

マルチフィッシュアイ表示法を日本地図に適用した例を図5.5に示す。(a)は、拡大フォーカスの設定位置を示す。フォーカスCは、他のフォーカスによって福岡県が縮小されることを防ぐために設定したものである。(b)は、フィッシュアイ表示法のみによる変形結果を示す。(c)は、フィッシュアイ表示法と均等割付法を併用した変形結果である。(c)は、(b)に比べて画面周辺部、特に北海道付近では歪みが小さく、ほぼもとの地形が保たれている。北海道の面積は(b)の約1.5倍になっている。(d)は、(c)に縮小フォーカスDを設定して変形した結果を示す。Dは東京都や大阪府に比べて人口密度の低い山梨県と長野県の県境に設定したものである。この場合、山梨県は(c)の約1/4に縮小し、逆に東京都の面積は約20%増加している。また、東京都の面積は通常地図の約40倍、大阪府は約10倍に拡大している。このように、マルチフィッシュアイ表示法は、複数領域を同時に拡大し、画面周辺部の歪みも減少できることを確認した。

マルチフィッシュアイ表示法を通信ノード配置図に適用した結果を図5.6に示す。通信網は、2階層構成、上位ノードは札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島および福岡の7ノード、下位ノードは20万人以上の都市を1ノード、100万人以上の都市を2ノードとし、さらに50万人増える毎に1ノードを追加したもので、合計143ノード、上位と下位ノードを合わせた総ノード数は150である。図5.6(a)は通常地図、図5.6(b)は図5.5(d)の条件を適用したものである。このように、東京都に20ノード、大阪府に15ノードを配置し、リンクを接続しても十分識別が可能である。また、縮小された領域においても、ノードの配置に不都合は生じていない。

図5.7は、150ノードを州の人口に応じ、かつ州内ではほぼ均等に配置した米国の通信ノード配置図とその変形結果である。図5.7(a)は通常地図、図5.7(b)はノードの集中する

東海岸を拡大することによってノード密度を下げ、カリフォルニアには、縮小を防ぐためのフォーカスを設定したものであり、リンクを接続しても十分識別が可能である。また、縮小された領域においても、ノードの配置に不都合は生じていない。

図5.8は、本表示法を用いてノードの地理的配置および階層構成を併せて表示した例である。地図上には第3階層ノードのみを配置し、上位階層ノードを地図の上部空間に配置することによって階層構造の識別性の向上を図った。図にみられる部分的なリンクの重なりは、地図変形パラメータおよび上位ノード位置の調整によって解消できる程度のものであることから、第3階層が300ノード程度の場合には、ノードの地理的配置および階層構成の両面が同時に表現可能といえる。しかしながら、画面の上半分を上位ノードが占めるため、本表示法を単独でノード配置図に適用する場合に比べて最下位階層ノードの配置領域に制約があり、表示可能なノード数も半分程度に制約される。上位ノードの配置の工夫、階層構成表示に適した地図の変形等を行うことにより、大規模通信網の通信ノード階層構成図への適用を図ることが今後の課題である。

## 5.3 評価実験

4章で提案した最短ルートを検出する課題を用いて、マルチフィッシュアイ変形表示法と他の表示法とあわせて、操作性評価実験を行い、操作性からみた通信ノード配置図の条件を明らかにする[6][7]。また、担当者の満足度を評価するために、見やすさに関する主観評価実験を行う[8][9]。

### 5.3.1 操作性評価の実験条件

- (1)ディスプレイは、20インチカラーディスプレイを使用し、画面のほぼ全面に通信ノード配置図を表示する。
- (2)通信網構成は、日本地図上の2階位網構成とする。最短ルートのリンク数が4となる課題を無理なく実現するため、上位ノードは図5.9に示すような全国7ノードの非メッシュ構成とする。下位ノードの上位ノードに対する二重帰属はないものとし、下位ノードのうち80%は最も近い上位ノード、残りの20%は2番目に近い上位ノードと接続する。画面の背景は青味がかかった黄（R：255、G：230、B：153）、日本地図は白っぽい緑（R：204、G：255、B：204）とし、黒っぽい黄緑（R：51、G：102、B：0）で県境を表示する。上位ノードは一辺が約3.5mmの黒三角形、下位ノードは直径約3mmの黒丸、リンクは黒の直線とする。
- (3)下位ノード数は、70、150、200の3通りとする。都道府県をサービスの管理単位と考えて県庁所在地に1ノードを配置し、そのほかのノードは、都道府県の人口に応じて配置する。同一都道府県内ではノードは実際の都市の位置に、その人口の順に配置し

ていく。この場合、政令都市については区を都市と同等と見なし、区の人口に応じてノードを配置する。

- (4)地図は通常地図、フィッシュアイ変形地図およびマルチフィッシュアイ変形地図を使用する。マルチフィッシュアイ変形地図は、図5.5(a)に示したフォーカスA、B、CおよびDを用いて変形を行い、フィッシュアイ変形地図は図5.10に示すように、東京都にフォーカスを設定する。変形のレベルを3通りとし、マルチフィッシュアイ変形地図、フィッシュアイ変形地図ともにノードの最も密集する東京都の面積拡大率をそれぞれ通常地図の10、20、40倍とする。ただし、マルチフィッシュアイ変形地図については、大阪府も通常地図の2.5、5、10倍に拡大する。
- (5)操作性評価実験は、7（地図種類）×3（下位ノード数）×6（課題）=126通りの通信ノード配置図をランダムに被験者に提示し、地図上で指定された2点の下位ノード間の最短ルートを検出してもらう。6課題は、最短ルートの経由条件により、東京および大阪経由2課題、東京経由1課題、大阪経由1課題、東京、大阪ともに経由しないもの2課題とする。最短ルートのリンク数は4とする。
- (6)被験者は、20代から40代のマウスの使用経験者20名（男性7名、女性13名）とし、本実験の前に4回の練習を実施する。

### 5.3.2 達成時間

通常地図を用いた場合のノード数と課題達成時間の関係を図5.11に示す。達成時間は、全課題およびノードが密集している東京と大阪にある上位ノードを経由する課題についての結果である。ノード数が増えるにつれて達成時間が長くなり、全課題の場合には200ノードは70ノードの約2倍、東京・大阪経由の課題では約3倍に達している。すなわち、ノードの増加につれて操作性は低下するが、特にノードの密集する地域におけるノードの操作が課題の達成時間に大きく影響していることが分かる。

フィッシュアイ変形地図を用いた場合のノード数と課題達成時間の関係を図5.12に示す。達成時間は、全課題およびノードが密集している東京と大阪にある上位ノードを経由する課題についての結果である。70ノードの場合には、達成時間は通常地図とほぼ等しいが、ノード数が増えるにつれて通常地図ほどではないが、達成時間が長くなり、東京・大阪経由の課題では200ノードは70ノードの約2倍に達している。また、図には示していないが、条件によって平均で図5.12の場合の2倍以上の50秒程度の達成時間を要するものがあった。これは、フィッシュアイ変形地図ではフォーカスから遠ざかるにつれて歪みが大きく、面積も縮小されてしまうため、北海道や九州のノードを選択するような課題では、ノード密度が高くなり、操作時間も長くなるためであると考えられる。

マルチフィッシュアイ変形地図を用いた場合のノード数と課題達成時間の関係を図5.13に示す。70ノードの達成時間は通常地図とほぼ同じであり、変形レベル3の200ノード

ドでやや時間がかかっているものの、ノード数が増加しても達成時間はほぼ一定であり、操作性が変わらないことを示している。また、通常地図とは逆に、全課題に比べ東京・大阪経由の課題の達成時間が短くなっている。これは、東京都と大阪府の拡大によってこれらの地域のノードの検出が容易となり、操作時間が短縮されたことを示すものである。さらに、地図の変形レベルによる達成時間の差も殆どみられない。これは、変形レベル1、すなわち東京を通常地図の10倍、大阪を2.5倍に拡大すれば、全国200ノード程度の規模の通信網表示図では操作性の低下は殆どないことを示すものである。

東京・大阪経由の課題に関するノード密度と達成時間の関係を図5.14に示す。ノードの密集度は、単位面積当たりのノード数、すなわちノード密度で表すことができる。ここでは、画面上の地図を用いることから、 $1\text{ cm}^2$ 当たりのノード数をノード密度（個/ $\text{cm}^2$ ）とする。また、実際の大規模通信網において最もノード密度の高くなる東京都および大阪府に関して操作性を評価すればよいと考えられることから、ノード密度として東京都と大阪府の平均ノード密度を用いている。これによれば、多少のばらつきはあるが、ノード密度7付近までは達成時間はほぼ一定であり、これを越えると急激に上昇している。すなわち、達成時間から評価したノード密度の上限値は7であり、通信網表示図のノード密度をこれ以下に設定する必要があるといえる。ノード密度7は、例えば格子点上に規則正しく配置した直径3mmのノードに対して直径の約20%、0.6mm（斜めの間隔は2mm）という僅かなノード間隔があれば、達成時間への影響は殆どないことを意味する。

マルチフィッシュアイ表示法では実験の範囲内では全ての条件においてノード密度は7以下であり、変形レベル3、すなわち東京を40倍、大阪を5倍に拡大した場合にノード密度が7になるのは、人口に応じて配置した総ノード数が約1000個の時である。

### 5.3.3 後戻り回数

後戻り回数とは、被験者が間違ったルートを選択したことに気づいて操作をやり直した回数である。通信網表示図が複雑になるにつれて正しい接続ルートが見出し難くなることおよび後戻りのために操作回数が増えて煩雑になることから、後戻りの発生は通信網表示図の複雑さの増大による操作性の低下として捉えることができる。

全課題の達成時間と後戻りの回数の関係を図5.15に示す。解析に使用した総課題数は1,440である。達成時間と後戻りの回数の相関係数は0.790であり、高い相関を示す。すなわち、達成時間の変動の62%に相当する部分が後戻り回数に関係するものであることを示しており、後戻り操作を行うことによって課題の達成時間は長くなるといえる。

東京・大阪経由の課題に関するノード密度と後戻り回数の関係を図5.16に示す。これによれば、多少のばらつきはあるが、ノード密度5付近までは後戻り回数はほぼ一定で

あり、これを越えると急激に上昇している。課題毎に接続すべき2ノードが提示されるため、これを除くと1回の課題で被験者が自分の意志で選択するノードの数は3個である。例えば平均後戻り回数が0.5の場合には、2回の課題において1回のルート選択誤りを犯していることを意味し、通信網の複雑さによって操作性が低下していると考えられる。後戻りの回数を操作性から見て妥当と考えられる5回の課題に対して1回に抑えるとすれば、平均後戻り回数は0.07となる。これは、後戻り回数が上昇する前の値にほぼ等しいことから、後戻り回数から評価したノード密度の上限値は5と考えられる。

マルチフィッシュアイ表示法では実験の範囲内では全ての条件においてノード密度は5以下である。これに対してフィッシュアイ表示法では、変形レベル1では東京が10倍、大阪が5倍に拡大しており、200ノードでもノード密度を5に押さえることができるが、変形レベル2および3では200ノードでノード密度が5を越えてしまう。すなわち、フィッシュアイ変形地図では、操作性の観点からは、拡大率やフォーカスの位置を調整しても200ノード程度が表示の限界となる。

#### 5.3.4 正解率

東京・大阪経由の課題に関するノード密度と正解率の関係を図5.17に示す。正解率は、課題総数に対する最小の4リンクで達成した課題数の割合である。ノード密度10付近までは正解率は100%であり、これを越えると正解率は低下する。すなわち、正解率100%を操作性の条件としても、達成時間および後戻り回数に比べて正解率に関するノード密度の限界値は高いことが分かる。これは、予め被験者に4リンクで課題が達成できることを周知していたためであり、4リンクを越えた場合には、後戻りをして操作をやり直したと考えられる。

#### 5.3.5 通信網表示図の表示条件

以上で述べた操作性に関する実験結果をノード密度に関する上限値としてまとめると、(a)達成時間からの限界値7、(b)後戻り回数からの限界値5、(c)正解率からの限界値10である。通信網表示図のノード密度に関する設計値としては、最も厳しい後戻り回数に関する限界値5を用いるべきである。すなわち、最もノードの密集した地域について、ノード数を1cm<sup>2</sup>当たり5個以下にすることにより、操作性の低下を防ぐことができる。

都道府県の人口に応じて全国にノードを配置した場合の総ノード数とノード密度との関係を図5.18に示す。これより、例えばノード密度を限界値の5とすれば、マルチフィッシュアイ変形レベル3の地図を用いた場合には、本実験と同じ直径3mmのノードは全国800ノード程度まで配置できることになる。また、これより規模の小さな通信網の場合には、ノードのサイズを大きくすることによって操作時間を短くすることができると考えられる。すなわち、操作性の観点から、マルチフィッシュアイ地図変形表示法は、

全国500ノード以上でノードの集中する領域が複数ある大規模通信網の通信ノード配置図に十分適用できることが明らかとなった。一方、標準地図の場合には、ノード密度5では東京都には直径3mmのノードを2個しか配置できない。また、フィッシュアイ変形地図では全国200ノードが配置の限界であり、大規模通信網の通信ノード配置図には適用できない。

以上述べたようなノード密度に関して得られた表示条件は、マルチウィンドウに分割すべき表示条件あるいはスクロール表示の場合の地図の拡大率など、他の通信網表示図の表示方法にも適用可能と考えられる。

### 5.3.6 操作過程の分析

ここでは、課題を達成するための操作を、個々のルート、すなわちノードの選択操作に分割し、どの操作過程にどのような要因が関係しているかを分析することにより、通信網表示図の複雑さによる操作性低下の要因を明らかにする[6][7][9]。

#### (1)ノードの選択操作過程

1つの課題を達成する場合の各ノードの選択時間を図5.19に示す。ここでは、最も通信網表示図が簡単な条件、すなわち70ノードを配置した場合の選択時間を用いた。なお、ノードの選択に要した時間のみを抽出するため、後戻りの時間を除くとともに、正解できなかった場合も除いてある。これによれば、第5ノードの選択時間が最も短くなっており、この過程は、課題として提示された残りの1ノードをマウスを移動してクリックする操作のみでよく、特に思考、判断を必要としないためと考えられる。これより、第5ノードの選択時間を基準として、他のノードの選択時間が長くなる要因を以下のように整理した。( )の中は選択時間の増加分である。

- (a)第1ノード選択：課題として提示された2個のノードから1個を課題開始の第1ノードとして選択・決定するための判断時間(1.34秒)。
- (b)第2ノード選択：第1ノードから出ている1本のリンクを機械的にたどるための操作時間(0.68秒)。
- (c)第3ノード選択：最終的に接続すべき第5ノードがどの上位ノードすなわち第4ノードと接続しているかを目視で確認・判断しつつ、第2ノードから出ている3ないし4本のリンクから1本を選択する時間(2.62秒)。
- (d)第4ノード選択：第3ノードでの判断を基に第4ノードと第5ノードとの接続関係を最終的に確認し、第3ノードから出ている既に接続したリンクを除いた2ないし3本のリンクから1本を選択する時間(0.63秒)。

項(c)および(d)では接続ルートの選択操作があるが、実際の選択時間の増加分は(c)が(d)の4倍以上になっている。これは、(c)で最終ルートまでの確認操作を行うために時間を

要し、(d)では機械的にルートをとるだけになったために(b)の増加分と同程度になったと考えられ、図5.20に示すような、90%の被験者が第3ノードの接続前までに最終ルートの確認を行うという、実験終了後のアンケート調査の結果とも一致している。

## (2)ノードの選択操作時間

標準地図において配置ノード数が増加した場合の各ノードの選択時間の変化を図5.21に示す。これによれば、第1ノードの選択時間は、200ノードの場合が70ノードよりも逆に若干短くなっており、マウスの移動量等の操作条件の相違を考慮すると、ノードの増加によらず、ほぼ一定といえる。第5ノードの選択時間は、150、200ノードで70ノードよりも長くなっているが、0.5秒程度の範囲であり、また、200ノードは150ノードよりも短くなっていることから、ノード増加の影響は少ないと考えられる。これに対して、第2ノード、第4ノードのリンクをとる操作および第3ノードの最終接続ルートを目視で確認・判断するための時間は、ノードの増加によって大幅に長くなっている。特に、200ノードでは第2および第4ノードの選択時間の増加が大きくなっており、ノード数とそれに伴うリンク数の増加によって目指すリンク上で他のノードやリンクが交差し、接続状態の識別が難しくなることから、単純にリンクをたどれなくなることを示すものである。これより、第2および第4ノードの選択時間が通信網表示図の複雑さを表す1つの指標となると考えられる。これより、通信網表示図が複雑になるにつれて特に1本のルートをとる操作が難しくなるが、本実験における第1、第5ノードのように、例えば色を変える等の工夫によってルートをとらずに目的のノードを示すことができれば、操作時間を短縮することが可能と考えられる。

## 5.3.7 主観評価

地図変形表示法では、ノードの密集領域の解消による見やすさの向上と地図の歪みによる不自然さの増大のバランスを取る必要がある。このため、地図の不自然さも含めて通信ノード配置図としての見やすさの主観評価実験を行った。

主観評価実験は、操作性評価と同様の被験者により、操作性評価を行う前に、7（地図種類）×3（下位ノード数）=21通りの通信ノード配置図をランダムに被験者に提示し、評定尺度法により[10]、通信網全体の見やすさと東京都の見やすさを7段階（7：非常に見やすい、4：どちらでもない、1：非常に見難い）で評価してもらった。なお、被験者に対しては、地図の形状も含めて見やすさを評価するように指示をした[11][12]。

結果の一例としてノード数と主観評価値との関係を図5.22に示す。通常地図では、70ノードにおける全体の見易さの評点5.5（少しとかなり見易いの間値）から評点2.4（少しとかなり見難いの間値）まで急激に低下している。また、150ノード以上では全ての被験者が東京付近は非常に見難い（評点1）と判定している。これは、東京都には

150ノード中の11ノード、200ノード中の16ノードを配置しており、ノード同士の重なりによって識別が困難になったためと考えられる。これに対してマルチフィッシュアイ変形地図では、70ノードにおける全体の見やすさは変形による多少の不自然さから通常地図よりは低いものの、見やすい領域にあると評価されており、ノードの増加に対しても通常地図ほどの評価の低下はない。また、東京付近は全体より見やすいと評価されており、拡大によってノード同士の重なりを解消したためと考えられる。すなわち、地図形状が多少歪んでも、ノードの重なりがなく、十分に識別できるようにすることが、通信ノード配置図の見やすさの向上に大きく寄与していることが分かった。一方、フィッシュアイ変形地図では、ノード数に係わらず全体としてかなり見難いと判定されており、北海道や九州のような周辺領域における大きな歪みのために、全体を見渡す通信ノード配置図としては不適であることを示している。

課題達成時間と全体の見やすさに関する主観評価値との関係を図5.23に示す。図の左上にあるほど通信ノード配置図に適しており、マルチフィッシュアイ変形地図は、見やすさに関する主観評価および操作性の両面から大規模通信網の表示方法として有効であることが分かる。

## 5.4 むすび

本章では、大規模通信網向けの通信ノード配置図としてマルチフィッシュアイ地図変形表示法を提案し、操作性評価実験および主観評価実験により、有効性を確認するとともに、通信ノード表示図の表示条件を明らかにした。要点を以下に示す。

- (1)マルチフィッシュアイ地図変形表示法は、フィッシュアイ表示法を発展させ、(a)変形拡大の中心部ではフィッシュアイ表示法による滑らかな拡大、画面周辺部では等間隔に座標を割り付けることにより歪みを減少させる、(b)複数のフォーカス毎に算出した変形値を平均することにより、滑らかに複数領域を拡大する、(c)不要な領域の縮小変形により、複数領域を拡大する場合にも十分な拡大率を確保する、ことを特徴とする。
- (2)通信ノード表示図の複雑さは、東京都や大阪府のようなノードの密集する地域における単位面積当たりのノード数すなわちノード密度によって表現することができる。
- (3)操作性から見たノード密度の上限値は、達成時間からは7、後戻り回数からは5、正解率からは10である。これよりノード密度の上限値を5と規定することにより、十分な操作性を確保することができる。この条件で、マルチフィッシュアイ地図変形法では、直径3mmのノードを全国に800個程度配置でき、十分な通信網を扱うことができる。
- (4)課題を達成するための操作を個々のノードの選択操作に分割して分析することにより、通信ノード表示図が複雑になるにつれて特に1本のルートをたどる操作が難しくなる。



マルチフィッシュアイ地図変形表示法は、ノードの密集地域を拡大変形するためにノード密度を下げる効果が大きく、このような操作性の低下を防止することができる。

(5)見やすさに関する主観評価によれば、地図形状が多少歪んでも、ノードの重なりがなく、十分に識別できるようにすることが、通信ノード配置図の見やすさの向上に大きく寄与している。マルチフィッシュアイ変形地図は、他の方法に比べてノード数が多くなっても見やすさの評価の低下が少なく、大規模通信網の表示方法として有効である。

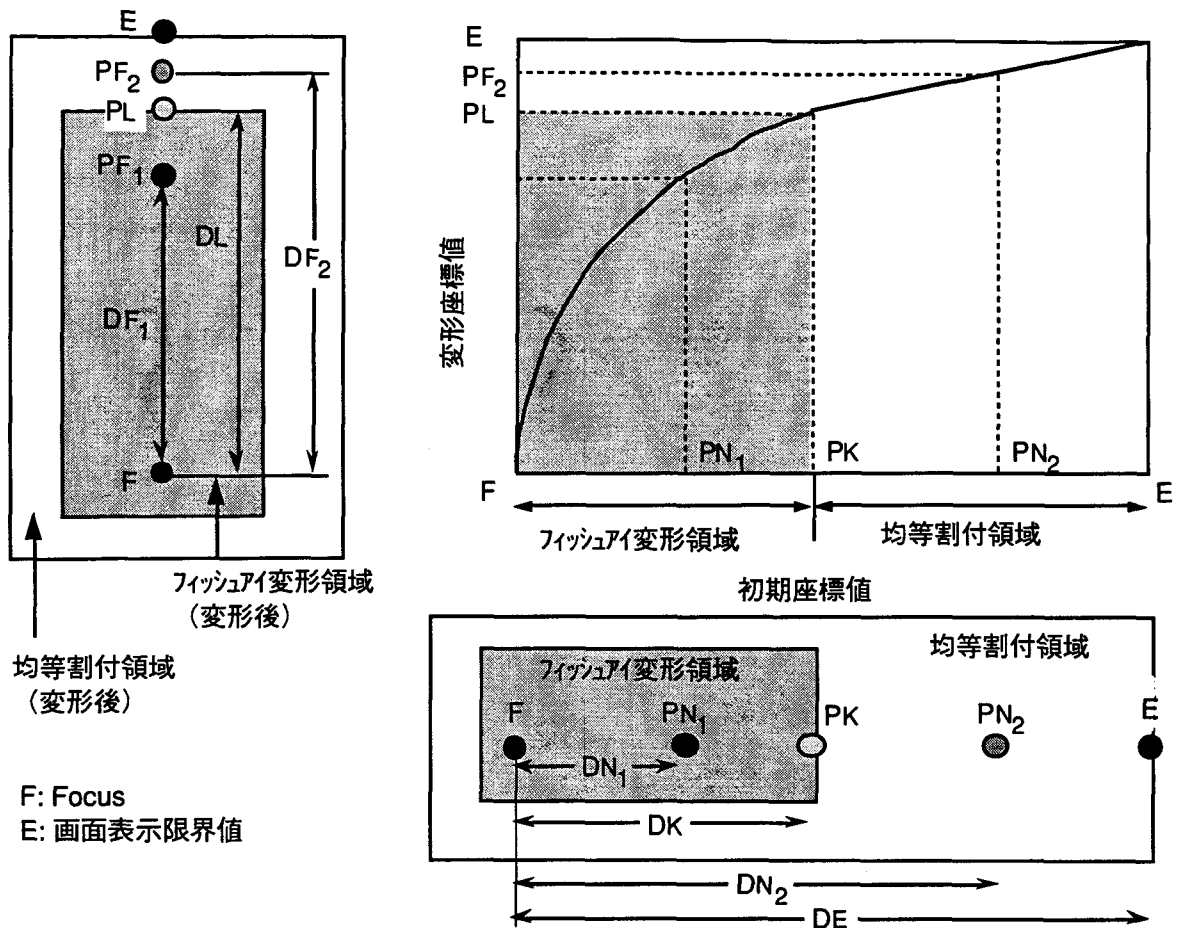


図5.1 マルチフィッシュアイ地図変形表示法の概要

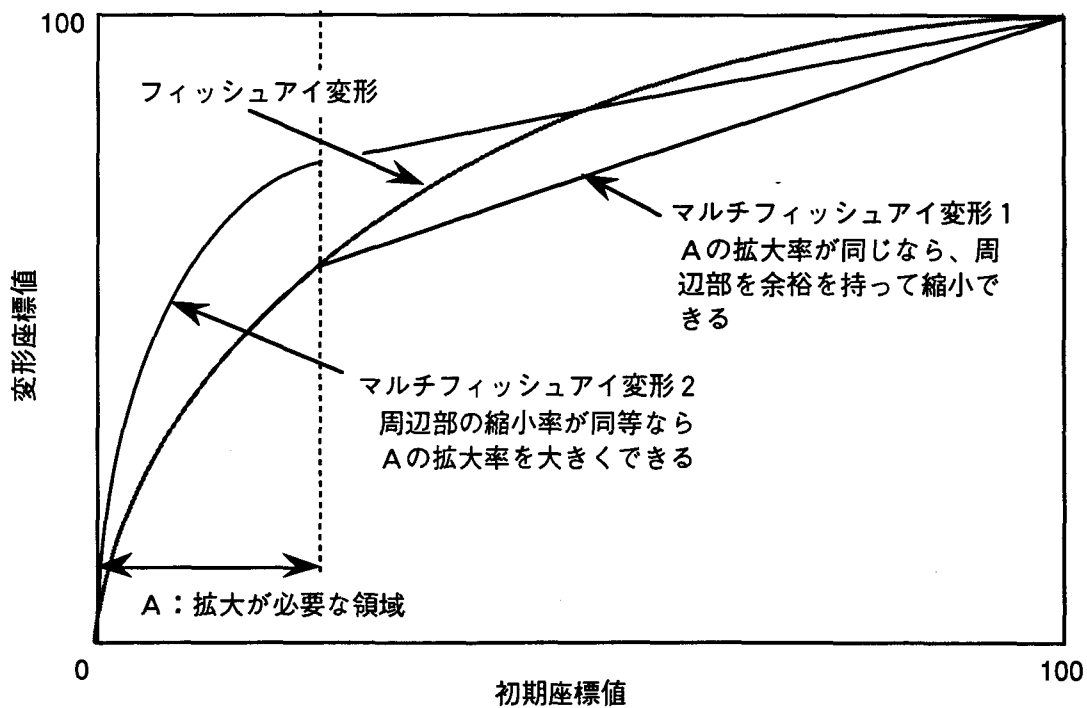


図5.2 フィッシュアイ変形との比較

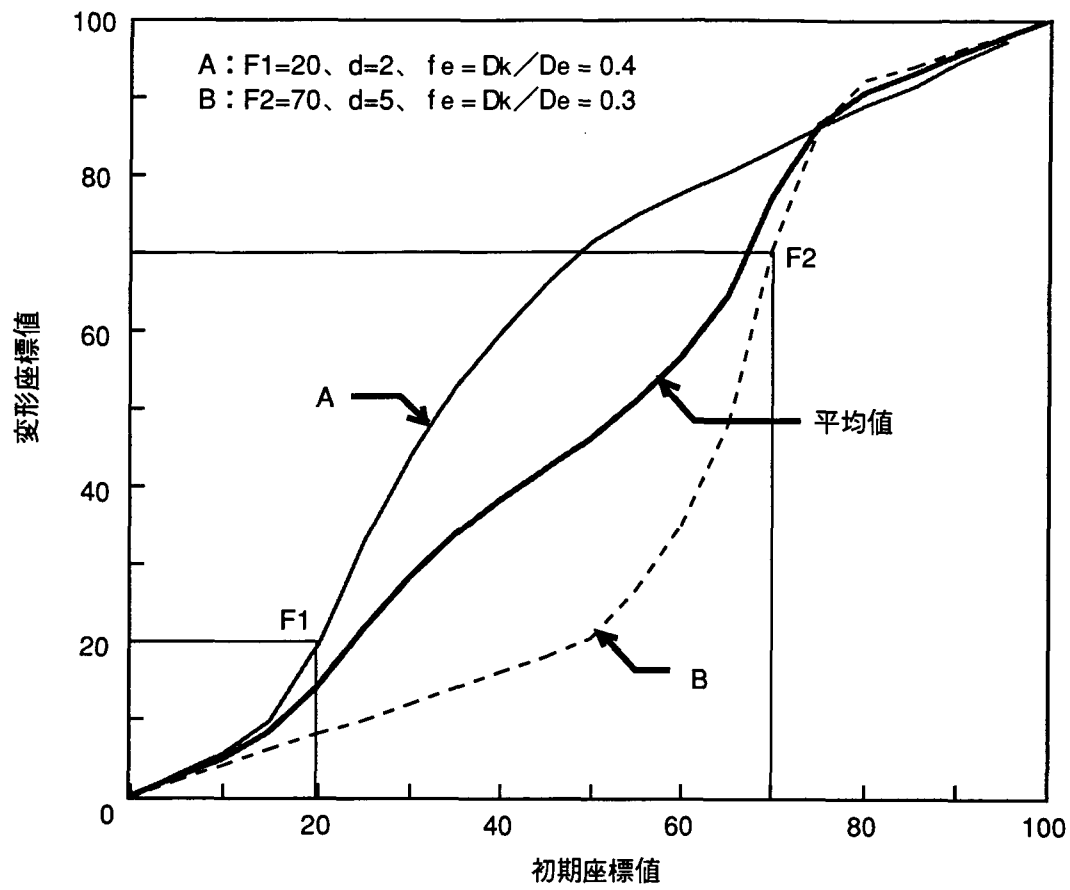


図5.3 平均変形値の計算例

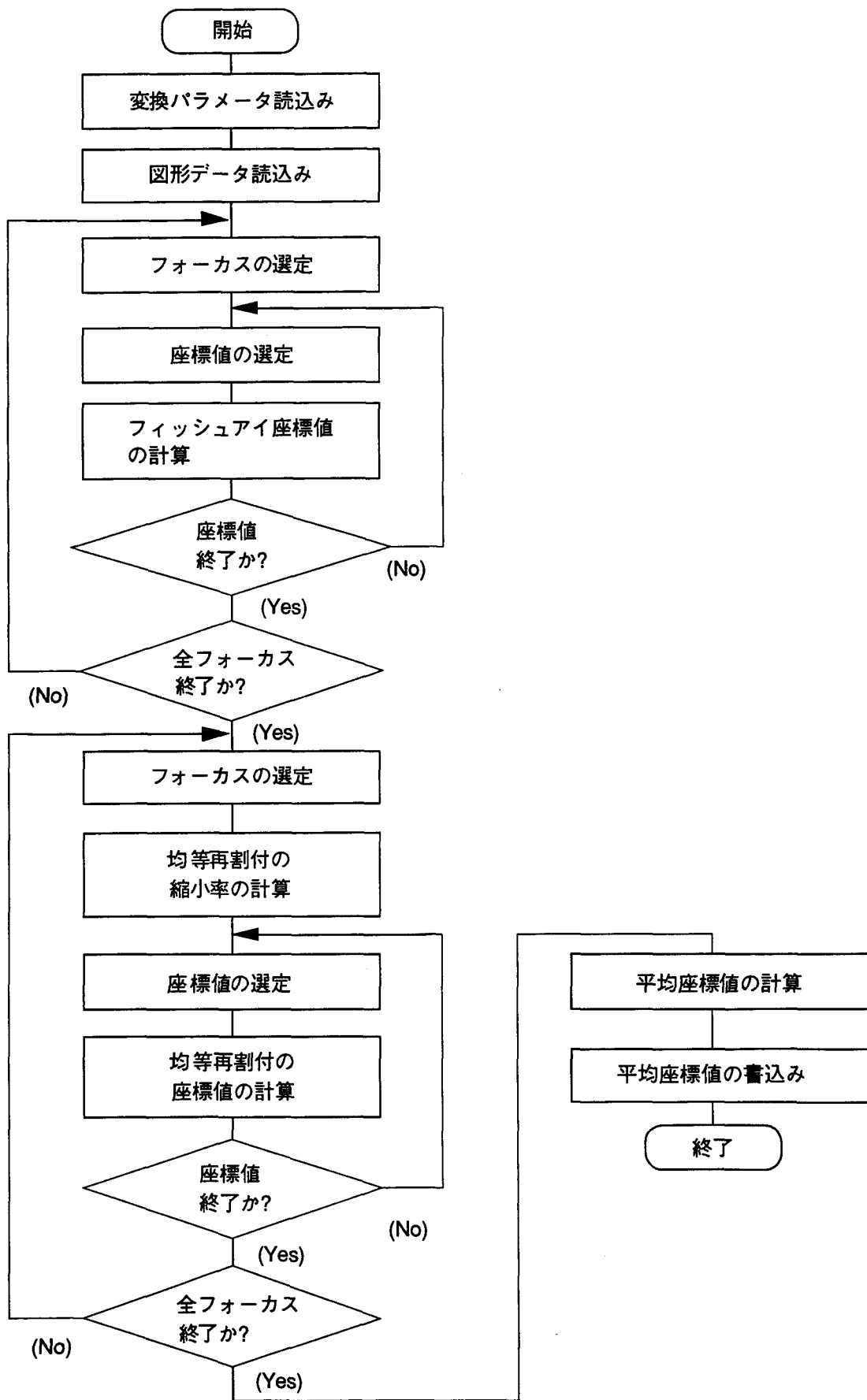
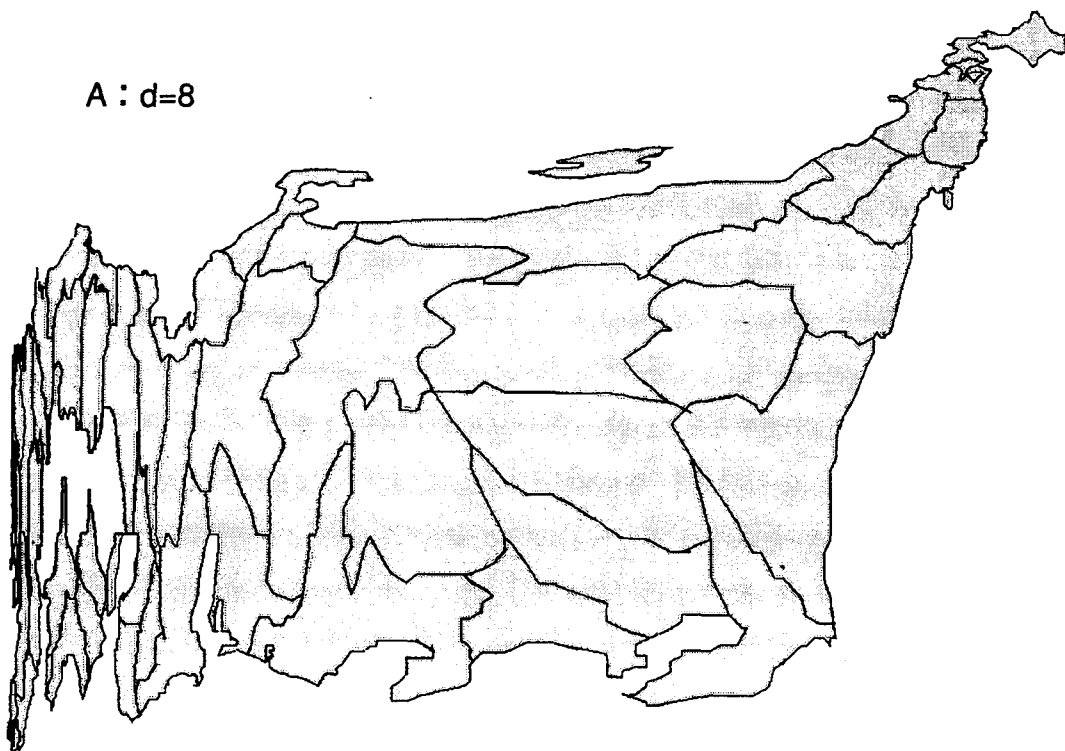


図5.4 複数フォーカスの平均変形値の計算手順例



(a) 通常の日本地図と設定したフォーカス位置

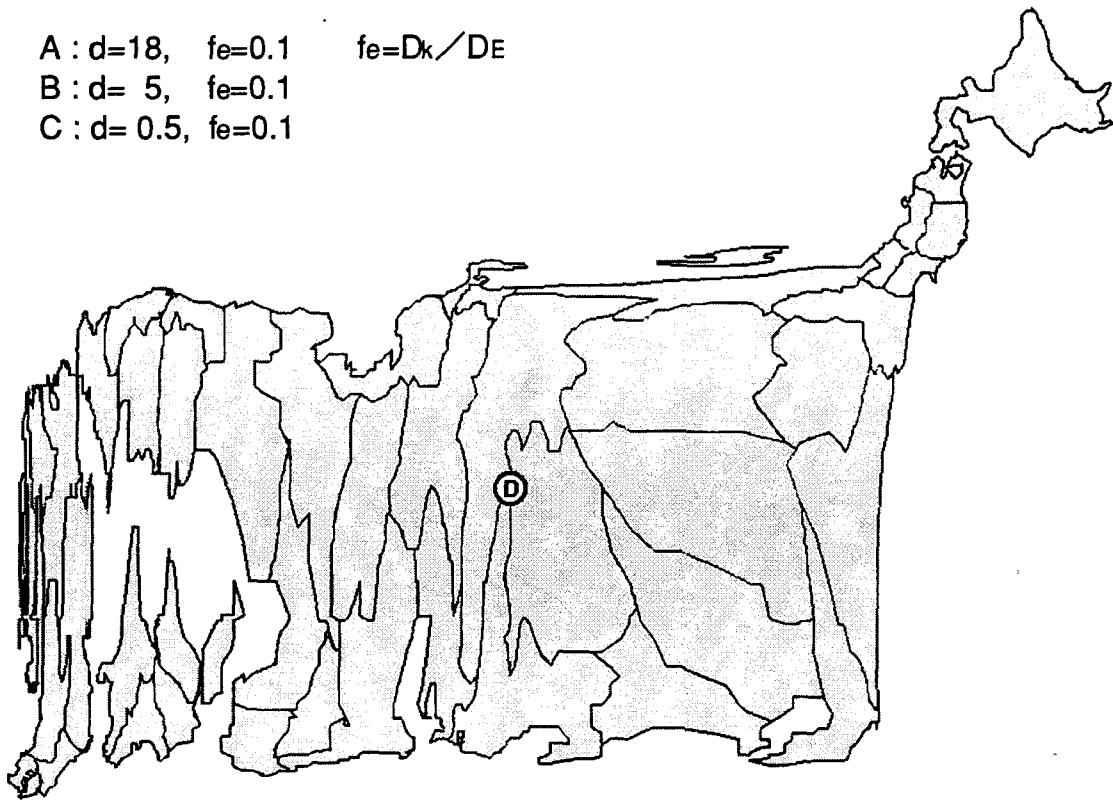
A :  $d=8$



(b) フォーカスAを用いた(a)のフィッシュアイ変形

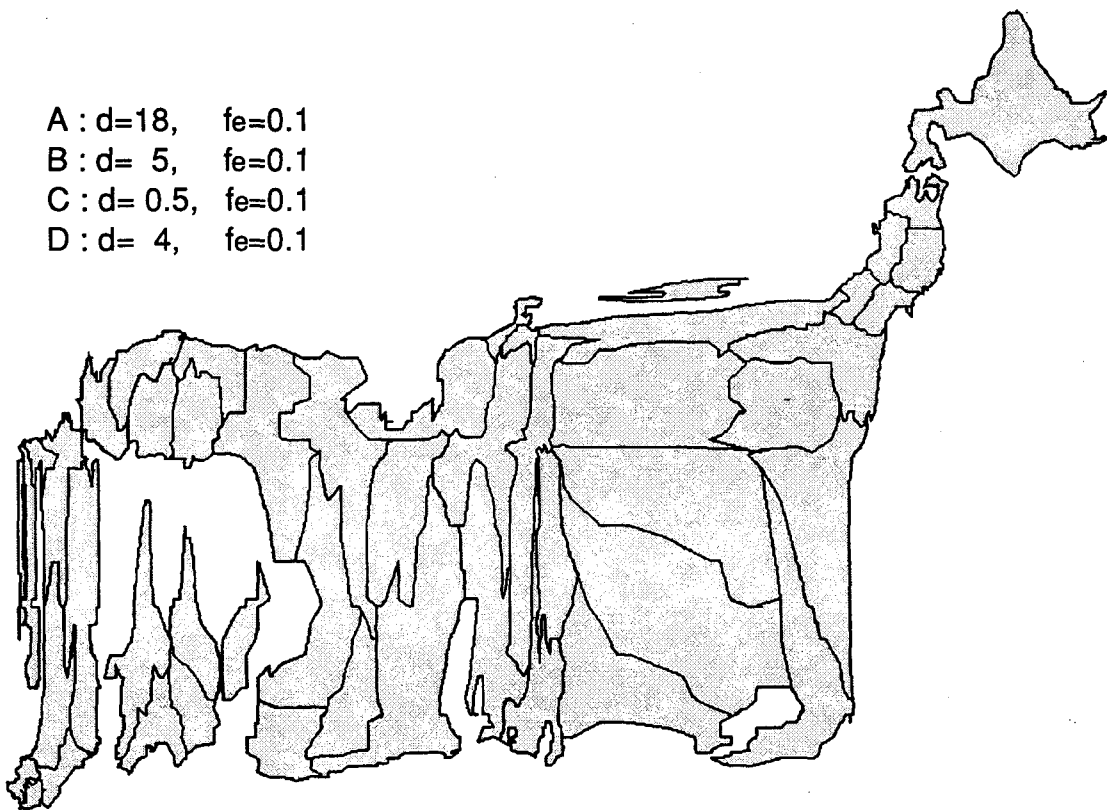
図5.5(1) 日本地図のマルチフィッシュアイ変形(1)

A :  $d=18, fe=0.1$      $fe=Dk/DE$   
 B :  $d= 5, fe=0.1$   
 C :  $d= 0.5, fe=0.1$



(c) フォーカスA、B、Cを用いた(a)のマルチフィッシュアイ変形

A :  $d=18, fe=0.1$   
 B :  $d= 5, fe=0.1$   
 C :  $d= 0.5, fe=0.1$   
 D :  $d= 4, fe=0.1$

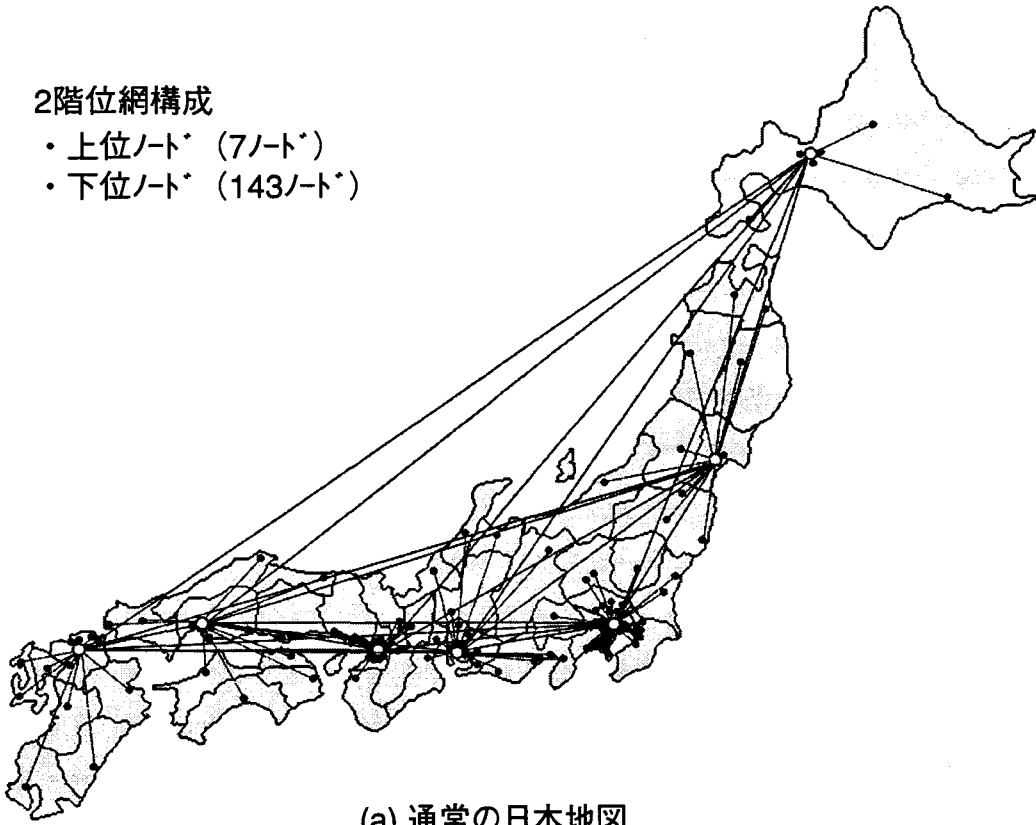


(d) A、B、Cに加えて縮小フォーカスDを用いた(a)のマルチフィッシュアイ変形

図5.5(2) 日本地図のマルチフィッシュアイ変形(2)

2階位網構成

- ・上位ノード (7ノード)
- ・下位ノード (143ノード)



2階位網構成

- ・上位ノード (7ノード)
- ・下位ノード (143ノード)

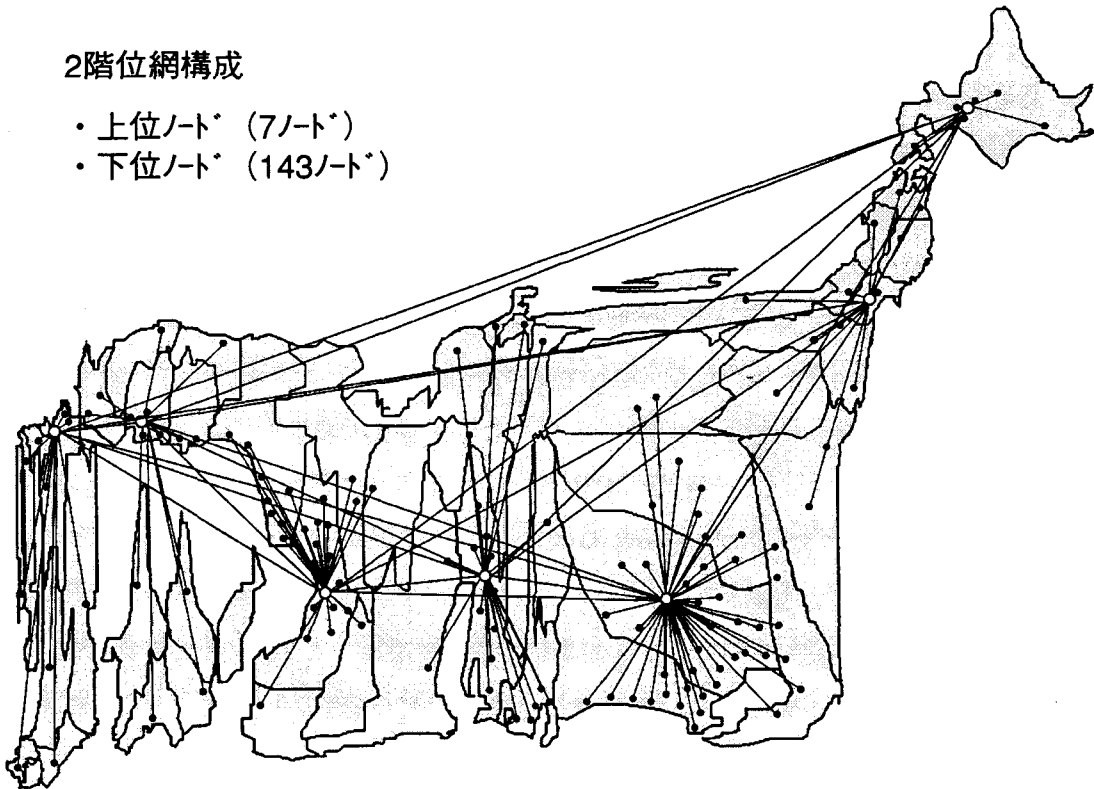
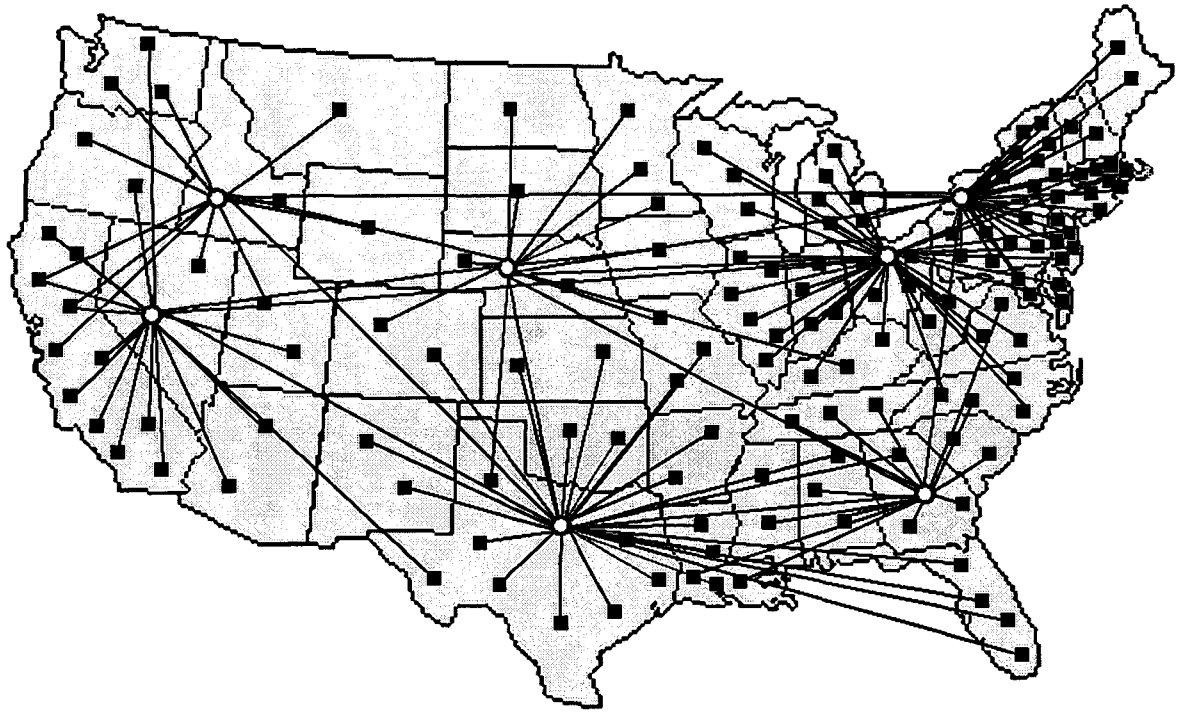
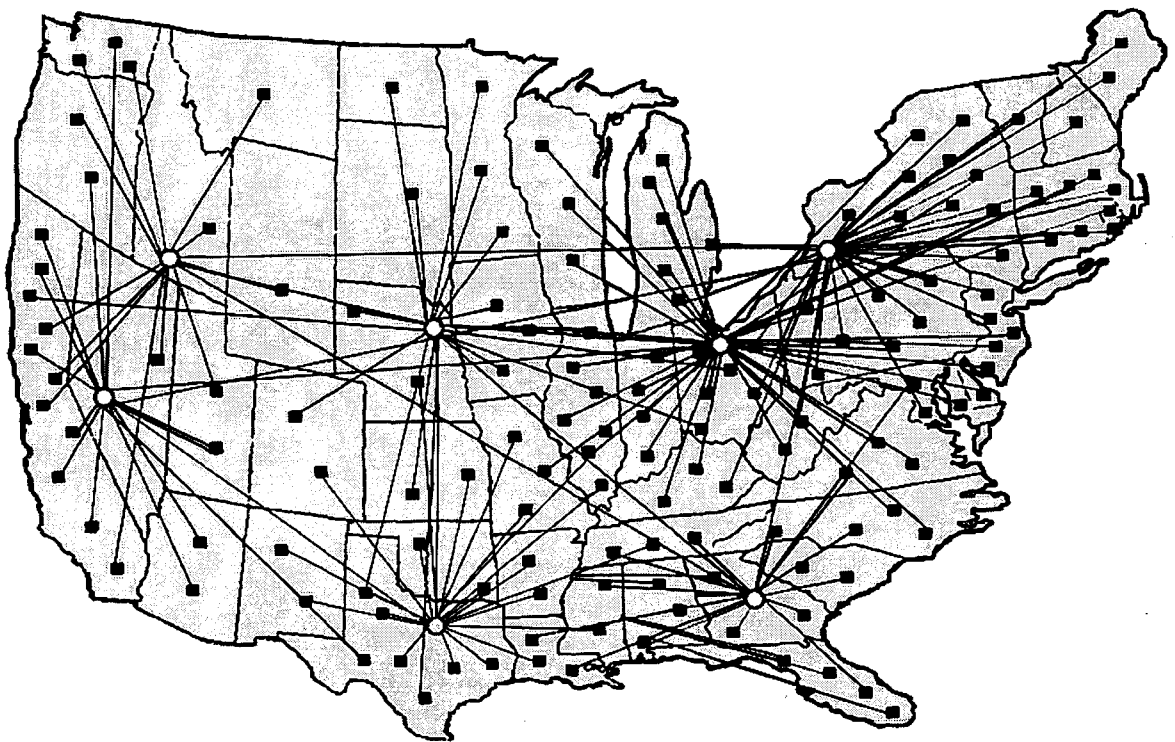


図5.6 通信網表示図への適用例



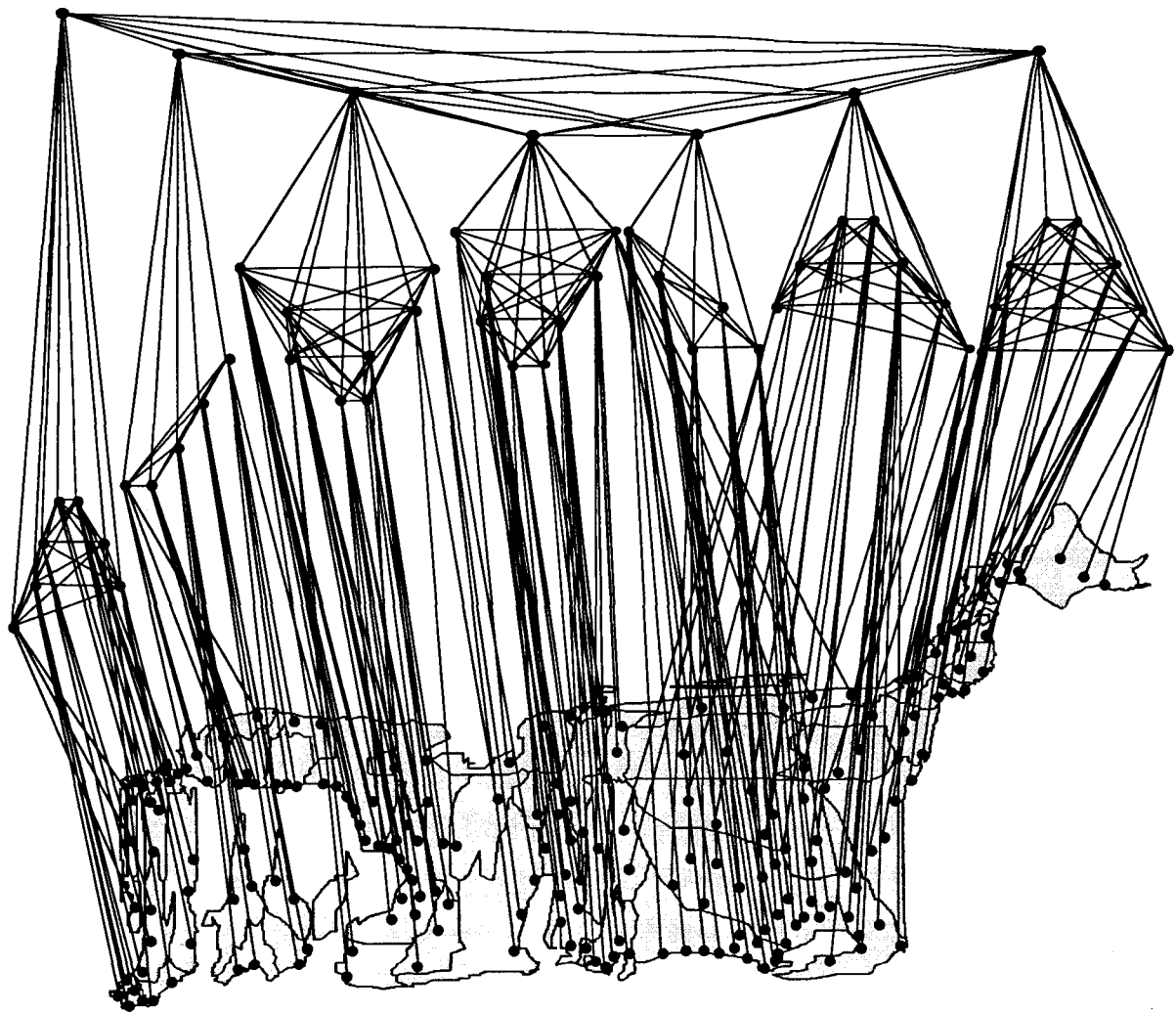
(a) 通常の米国地図



(b) マルチフィッシュアイ変形地図

図5.7 通信網表示図への適用例 (米国地図)





第1階層：7ノード 第2階層：48ノード 第3階層：300ノード

図5.8 ノード階層構成図への適用例

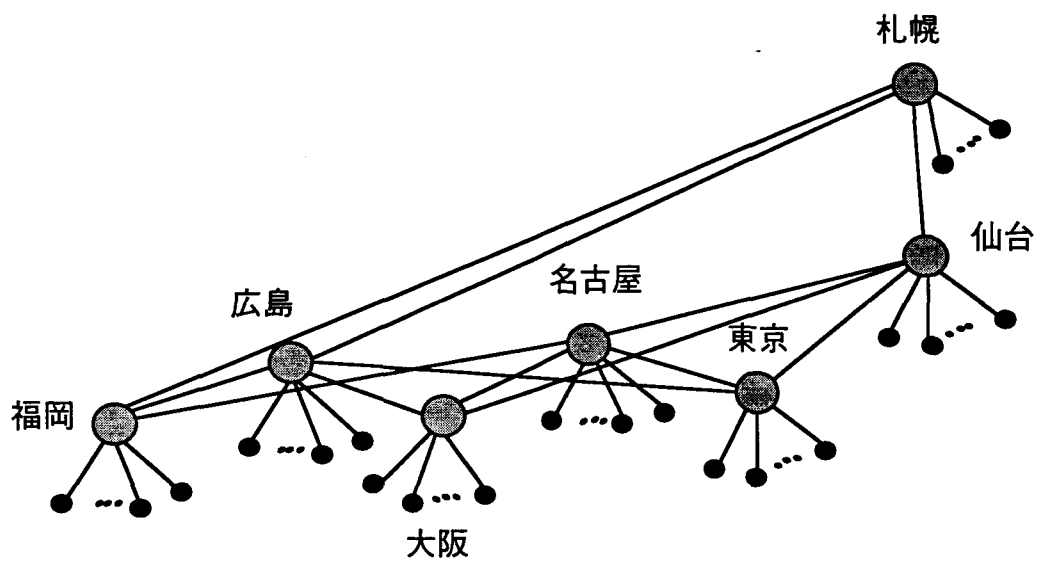
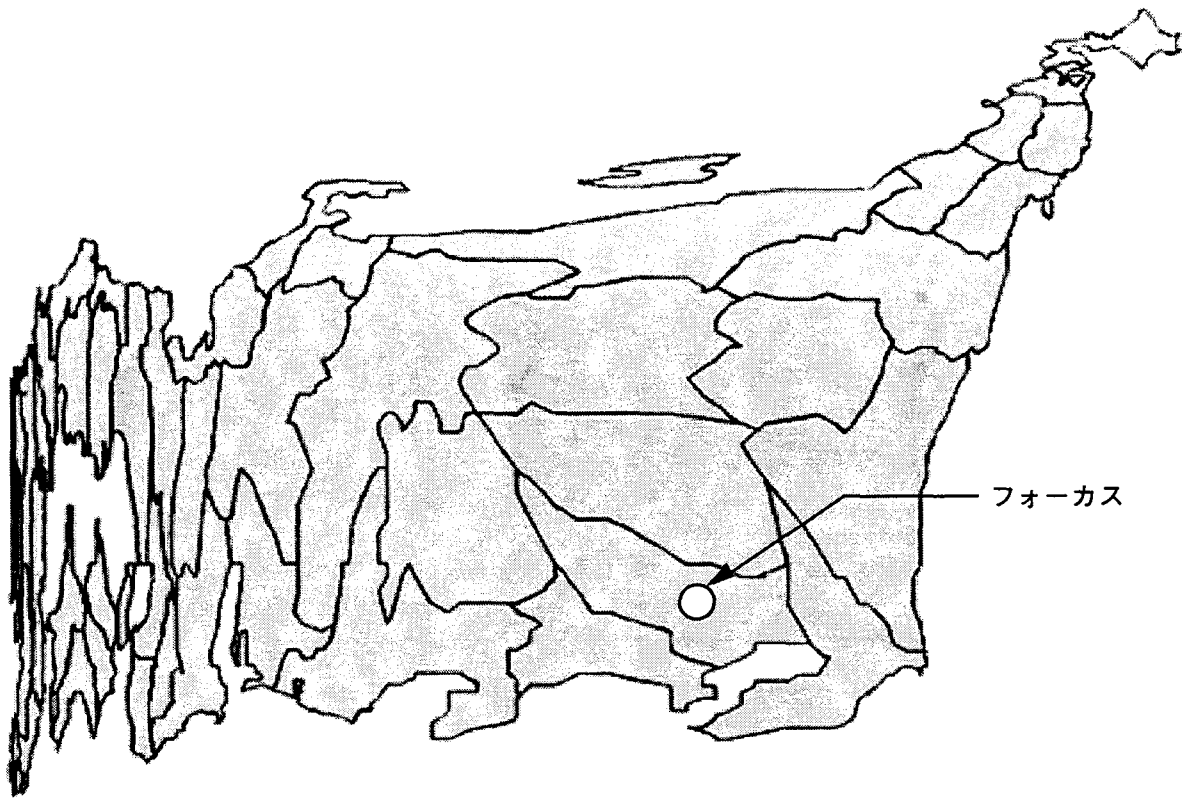


図5.9 実験に使用した通信網構成



(a) フォーカスの設定 (東京：通常地図の40倍)



(b) ノードとリンクの設定

図5.10 フィッシュアイ変形地図 (変形レベル3)

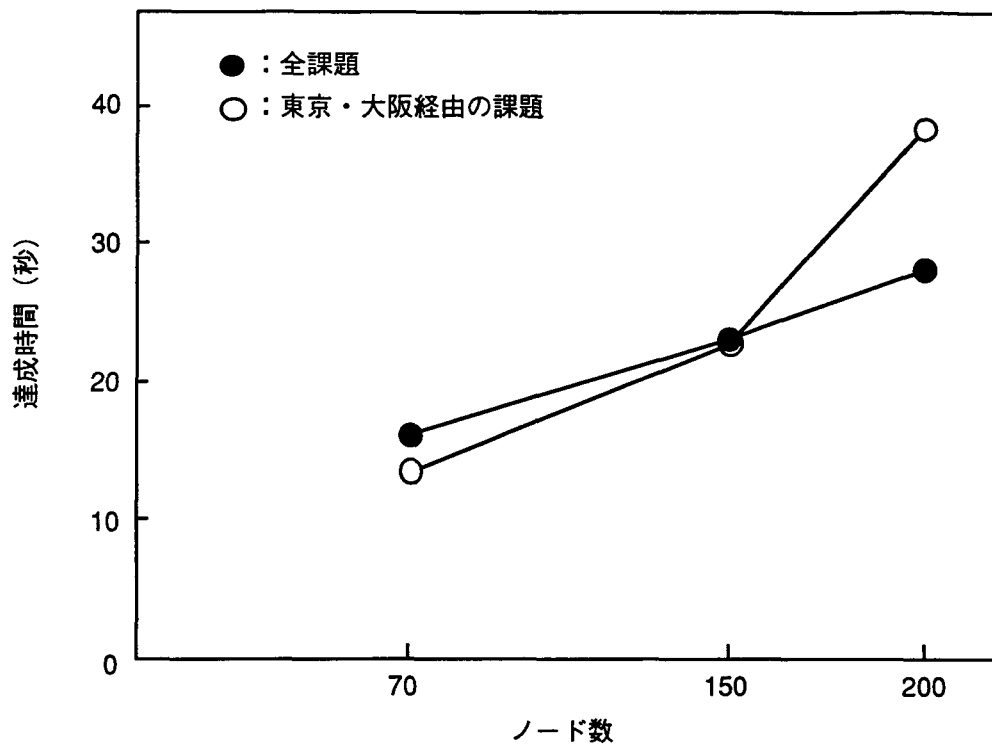


図5.11 ノード数と課題達成時間 (通常地図)

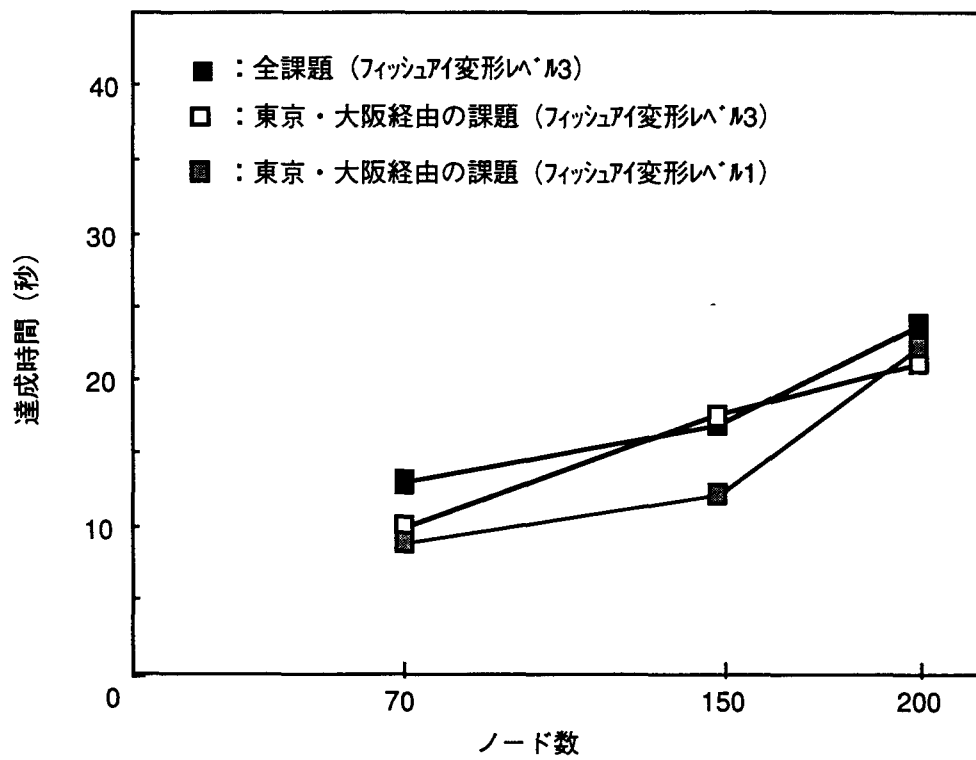


図5.12 ノード数と課題達成時間 (FishEye変形地図)

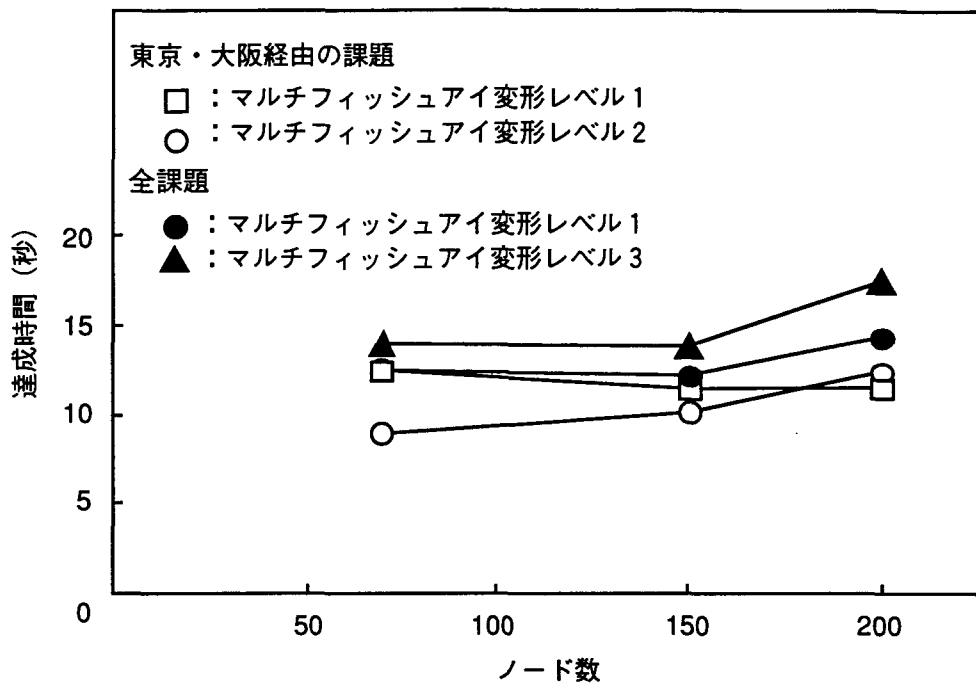


図5.13 ノード数と課題達成時間（マルチフィッシュアイ変形地図）

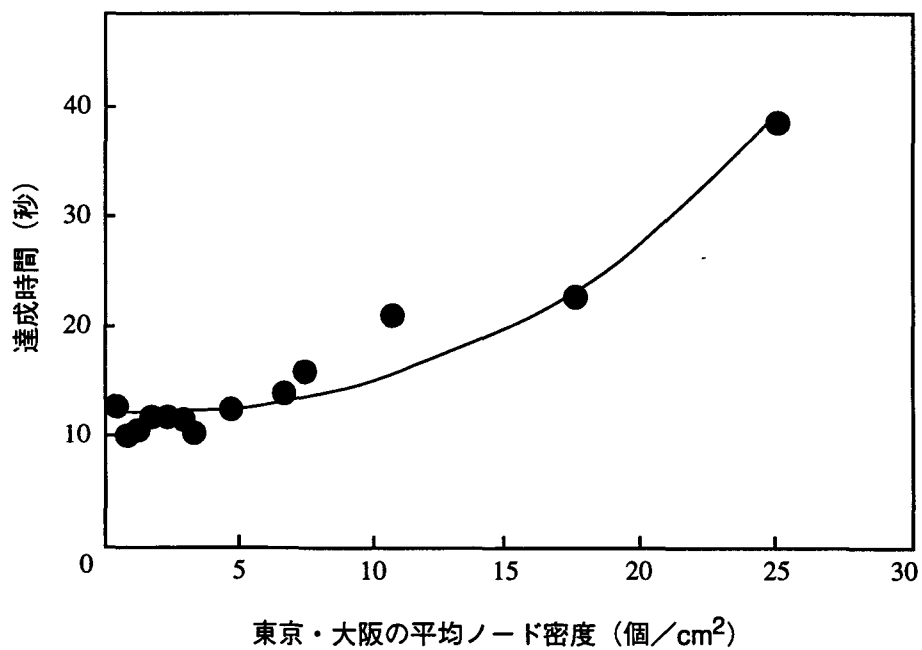


図5.14 東京・大阪のノード密度と課題達成時間

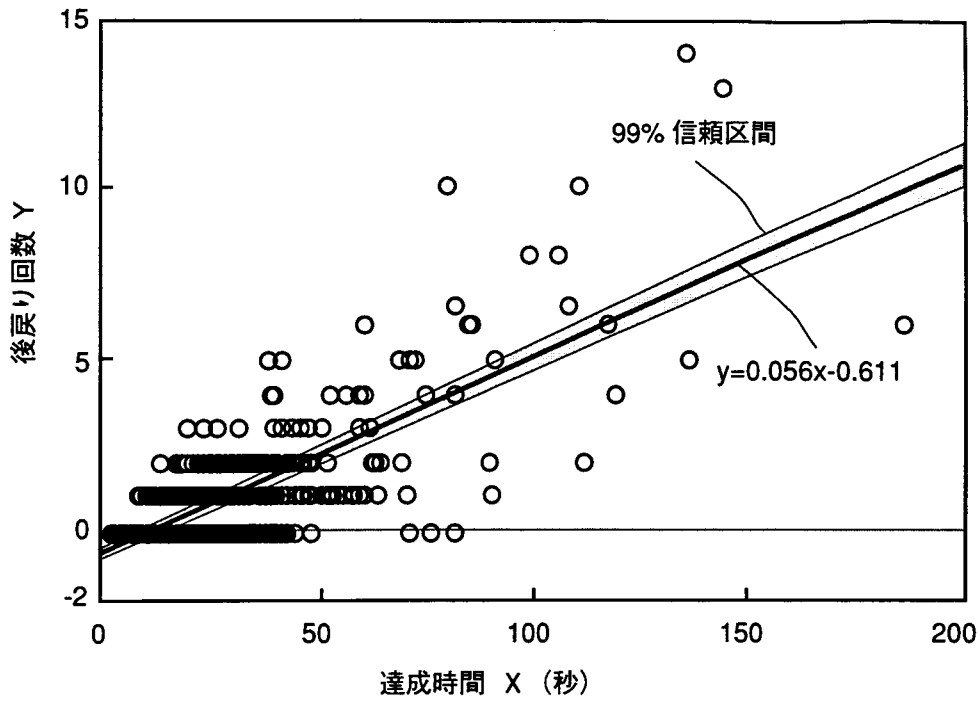


図5.15 達成時間と後戻り回数

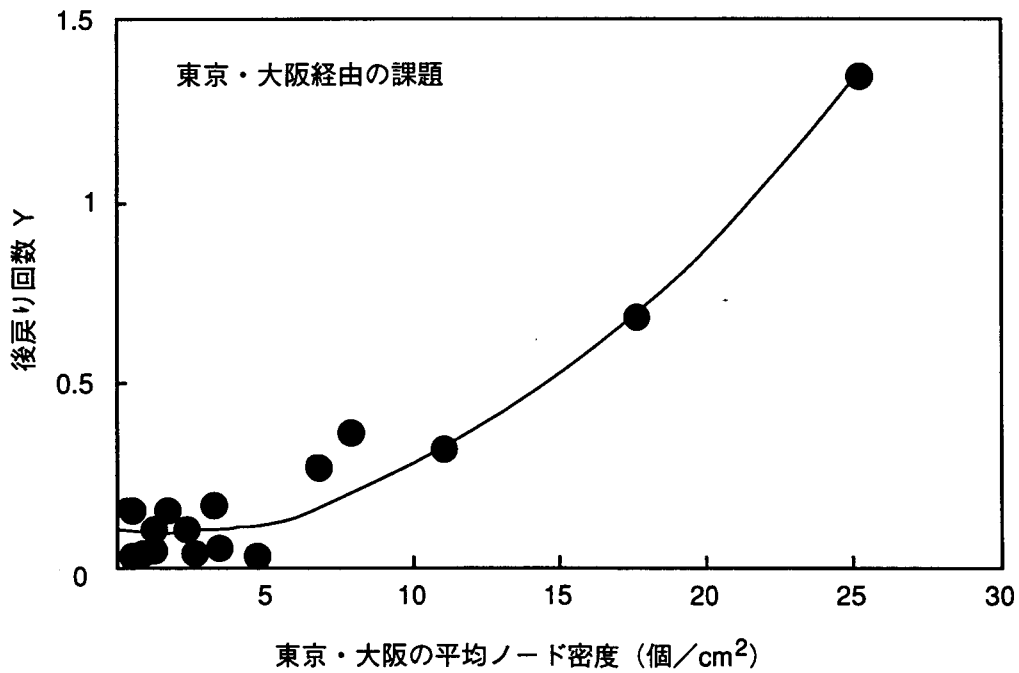


図5.16 東京・大阪の平均ノード密度と後戻り回数

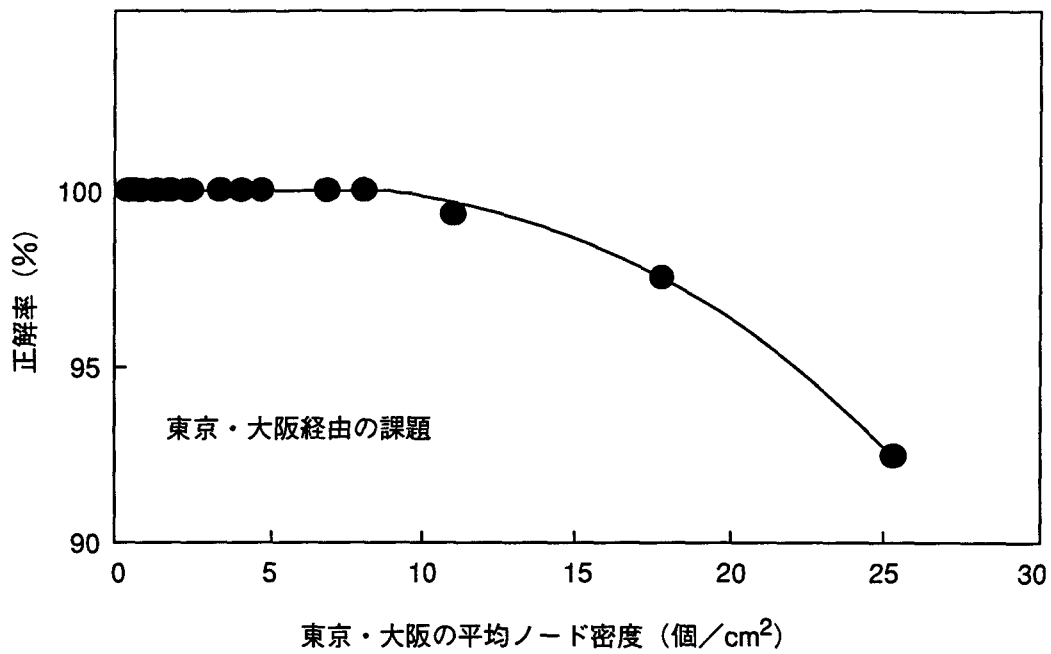


図5.17 東京・大阪の平均ノード密度と正解率

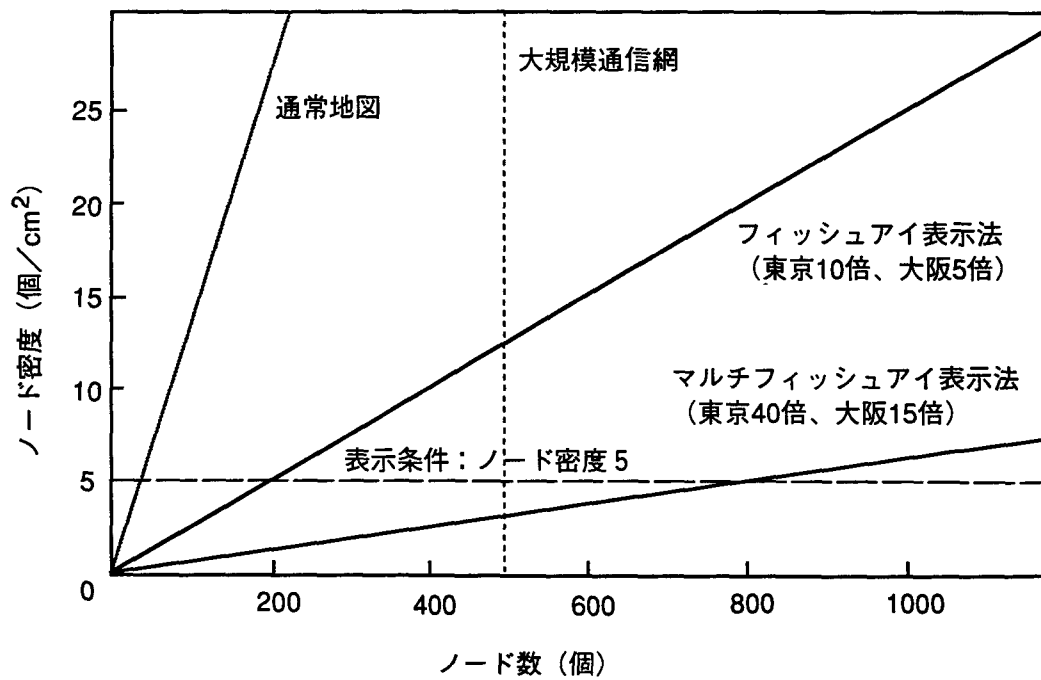


図5.18 ノード数とノード密度

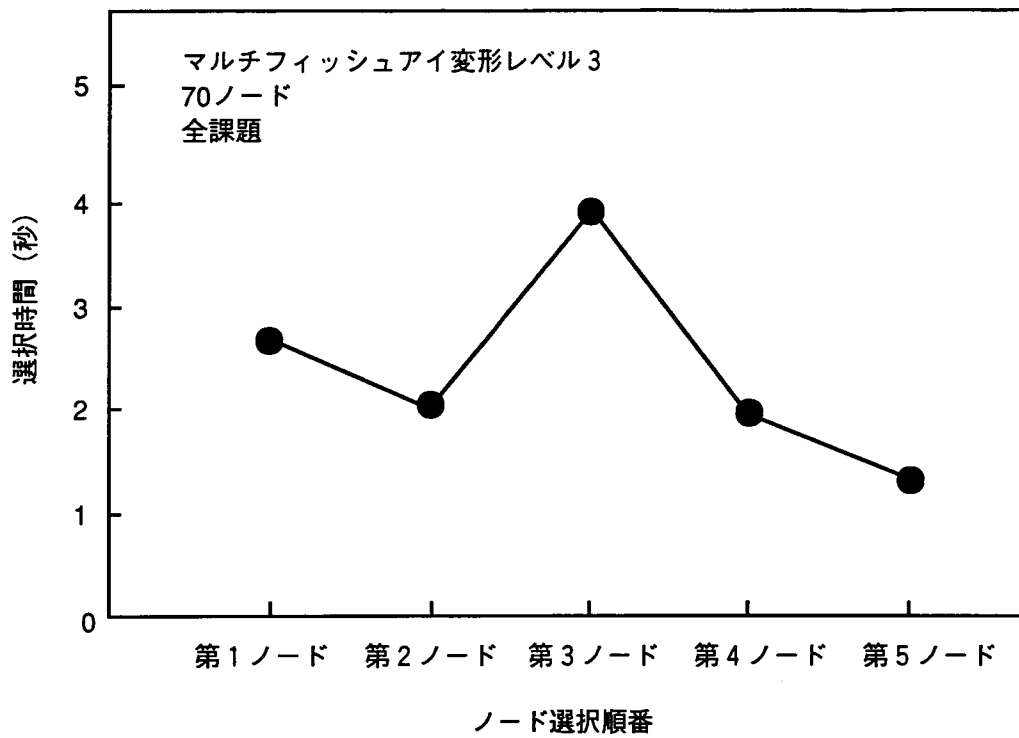


図5.19 ノードの選択時間

あなたは何時の時点で最終ルート（終了点までどのように接続されているか）の確認を行いましたか？

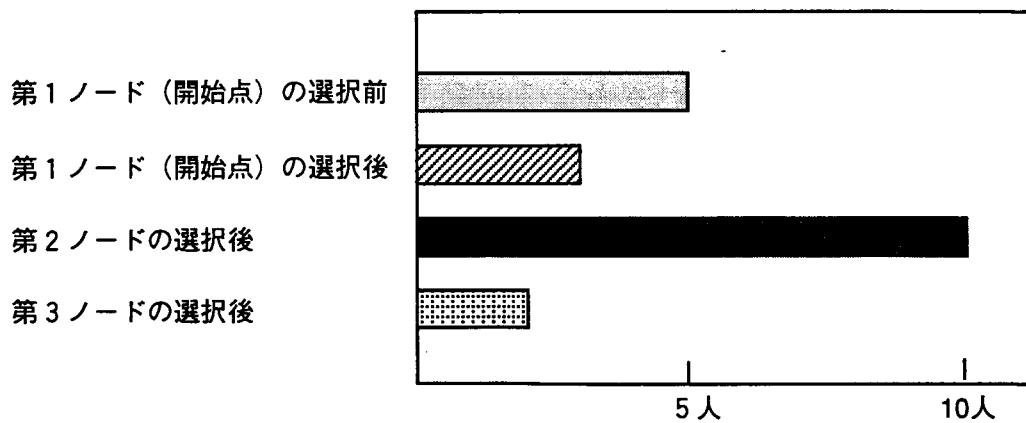


図5.20 最終ルートの確認に関するアンケート結果

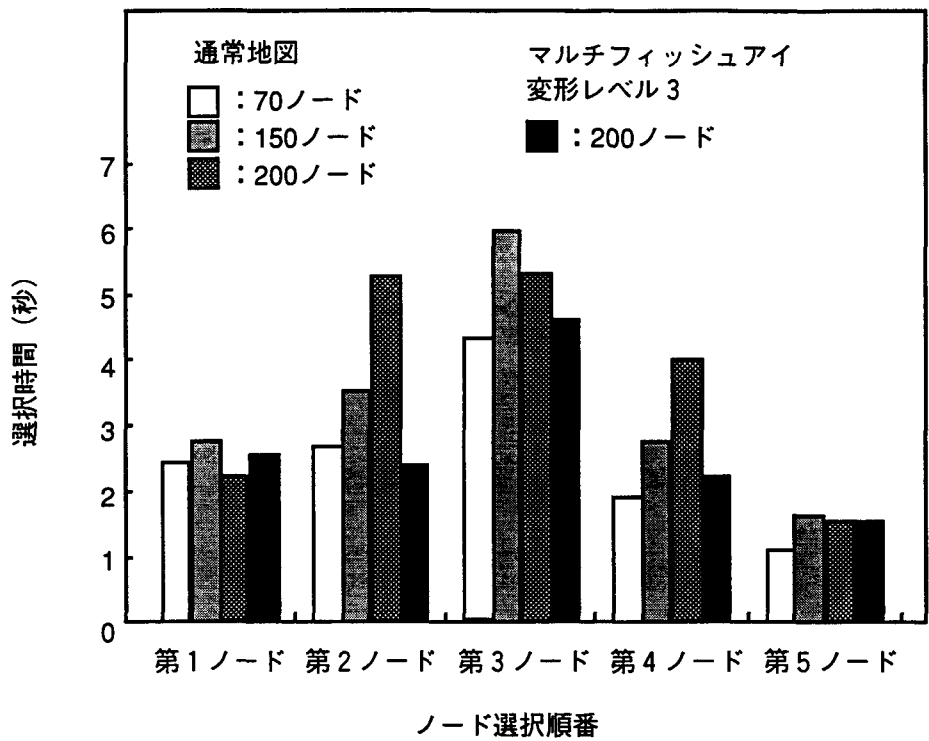


図5.21 ノード数によるノード選択時間の変化

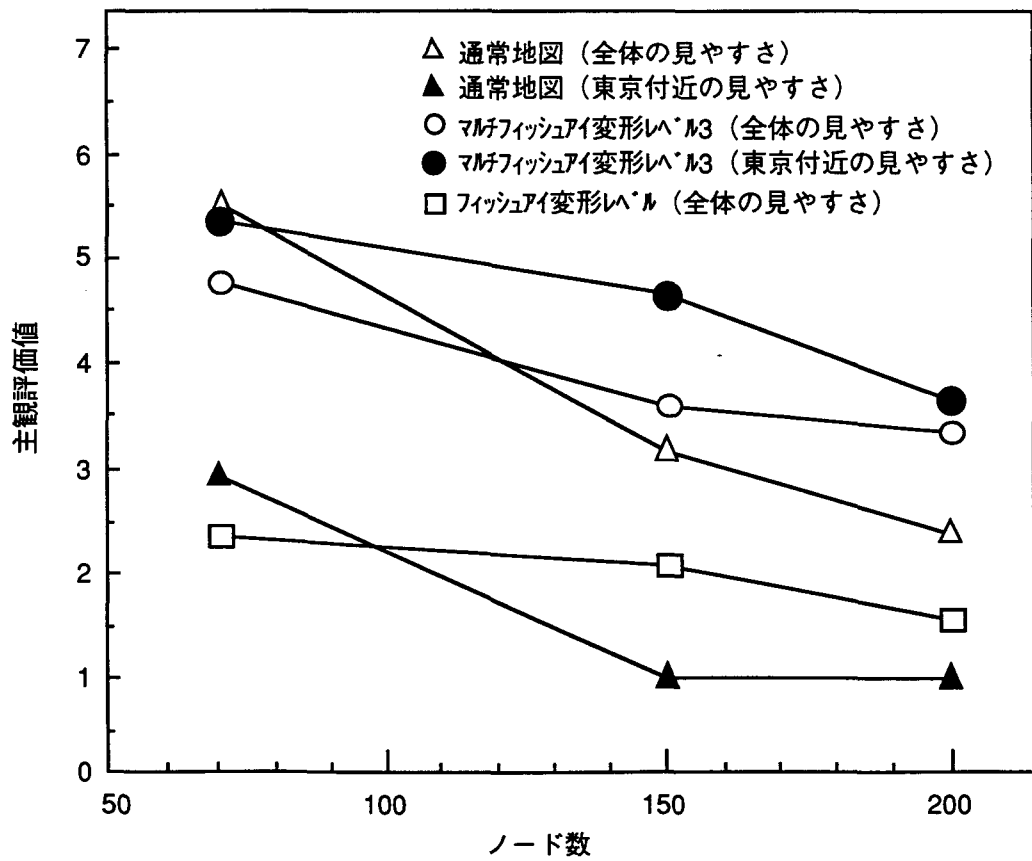


図5.22 ノード数と見やすさの主観評価値



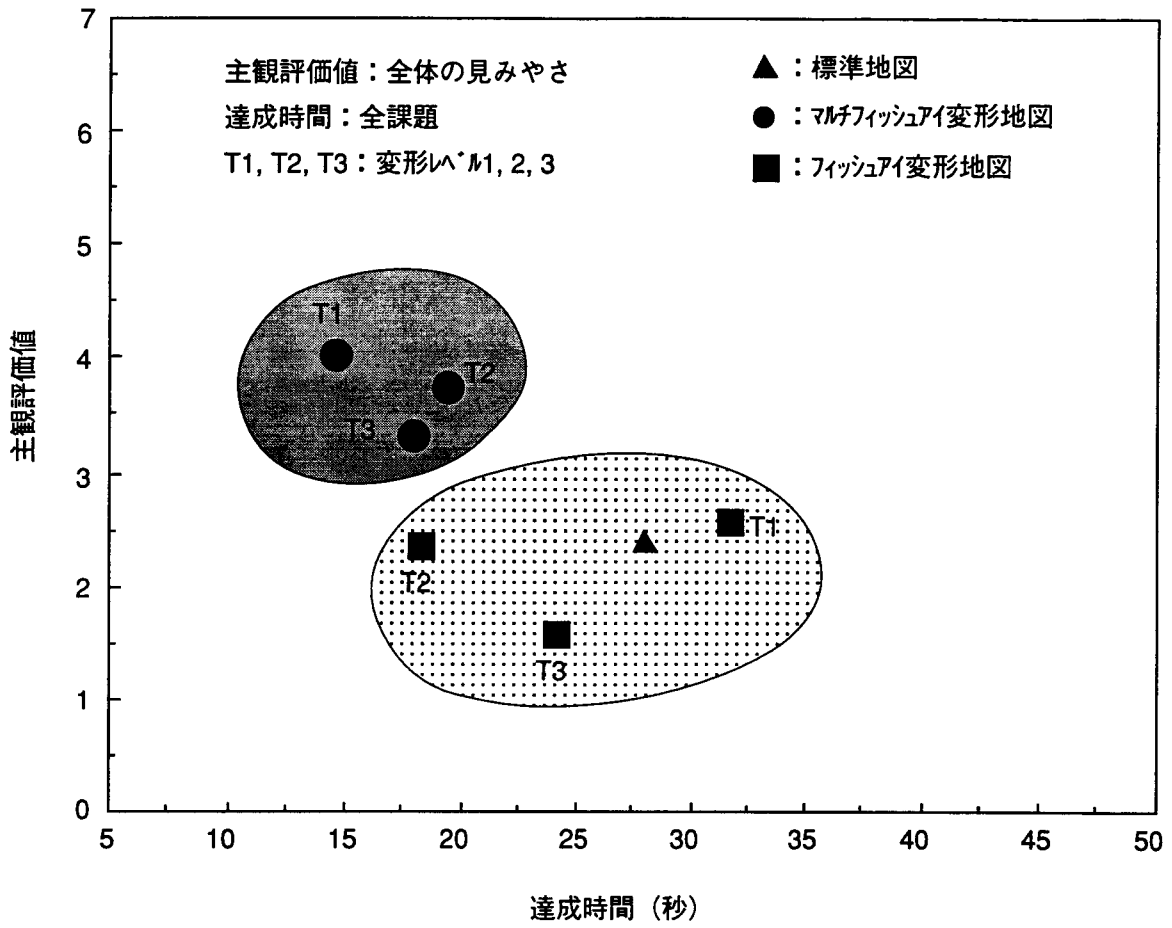


図5.23 課題達成時間と主観評価値

## 第6章 通信ノード階層構成図表示技術

### 6.1 はじめに

本章では、大規模通信網の通信ノード階層構成表示に適した表示法として、空間を利用して同一階層のノードを円形に等間隔に配置することにより、ノード、リンクの重なりの発生を軽減したスノー・クリスタル表示法を提案し、操作性評価実験および主観評価実験により、有効性を確認する。

先ずスノー・クリスタル表示法が、階層数とノード数をもとにして、各階層を円で表し、その円周上に等間隔にノードを自動的に配置する表示法であり、(1)第1階層を表す円は、表示領域の中央を中心点とし、ノード数から決定される半径を有する、(2)第2階層を表す複数の円は、第1階層の円の外側に描いた円の円周上に等間隔に中心点を有する、(3)第3階層を表す複数の円は、第2階層の円の外側に描いた円の円周上に等間隔に中心点を有することを説明するとともに、通信ノード階層構成表示図に具体的に適用して有効性を検証する。次に4章で提案した最短ルートを検出する課題に加えて指定されたリンクを選択する課題を用いて、階層プレーン表示法との比較評価実験を行い、スノー・クリスタル表示法が大規模通信網の表示に有効であることを示す。さらに、満足度を測定するために、見やすさに関する主観評価を行い、スノー・クリスタル表示法が見やすさの観点からも大規模通信網の階層構成表示に有効であることを示す。

### 6.2 スノー・クリスタル表示法

3章で考察したように、高品質な通信管理業務を実現するための大規模通信網の階層構成の表示条件は、(1)通信網全体を同一画面上に見やすく一覧表示できること、(2)特定の2地点間を接続するルートを容易に検出・識別できること、(3)通信網の構成すなわち階層の識別が容易で、かつ個々のノードやリンクの属する階層が容易に分かることである。また、操作条件としては、表示されたノードやリンクが容易に直接操作できる必要がある[1][2][3]。ここでは、大規模通信網の階層構成を一覧表示する表示法としてスノー・クリスタル表示法を提案し、上記のような表示および操作条件に適合しているかどうかを判定するための評価実験を行う。

スノー・クリスタル表示法は、階層数とノード数をもとにして、階層毎にノードの表示位置を自動的に決定する方法である。したがって、ノードの地理的位置関係については、特に考慮しない。各階層を円で表し、その円周上に等間隔にノードを配置する。階層構成を分かりやすく表現するために、最上位、すなわち第1階層を表す円は、表示領域の中央部に配置し、半径をノード数から決定する。第2階層を表す複数の円は、第1

階層の円の外側に描いた円の円周上に等間隔に中心点を有する。同様に、第3階層を表す複数の円は、第2階層の円の外側に描いた円の円周上に等間隔に中心点を有する。このように、本表示法は、階層を空間的に放射状に配置することによって全体構成の一覧性と識別性を高める表示法である。以下、これらの内容について説明する[4][5]。

ここでは、第3階層ノードの配置までについて説明するが、同様の処理を繰り返すことにより、更に深い階層の表示を行うことが可能である。

### 6.2.1 第1階層ノードの配置

- (1) 図6.1に示すような縦 $W_1$ 、横 $W_2$  ( $W_1 < W_2$ ) の長方形表示領域において、中心点  $a$  から $W_1$ に対して垂線  $l_1$ を下ろし、その交点を $b$ とする。
- (2) ノード数から均等分割角を  $\alpha = 360^\circ / i$  ( $i$ : 第1階層に属するノード数、 $i \geq 2$ ) として算出し、 $a$ から  $l_1$ が $\alpha$ の二等分線となるように直線  $l_2$ 、 $l_3$ を引き、 $W_2$ との交点をそれぞれ  $c$ 、 $d$ として、二等辺三角形 $\triangle acd$ を決定する。なお、第1階層に属するノード数が1の場合は、 $a$ にノードを配置する。
- (3)  $c$ より $\angle acd$ の二等分線  $l_4$ を引き  $l_1$ との交点を $e$ とする。 $e$ を中心点として $\triangle acd$ に内接する円 $P$ を描き、その半径 $L_1$ を求める。この円 $P$ が下位ノードの表示領域となる。
- (4)  $a$ を中心点として、半径 $L_2$  ( $L_2 = 0.5W_1 - 2L_1$ ) の円 $Q$ を描く。
- (5)  $\alpha$ を用いて、円 $Q$ の円周上に第1階層に属するノード $p_1$ 、 $p_2$ 、...  $p_i$ を等間隔に配置する。例えば、 $p_1$ は  $l_1$ と円周との交点上に配置し、 $p_2$ は  $a$ から $\angle l_1 l_5 = \alpha$ となるように直線  $l_5$ を引き、円周との交点に配置する。

### 6.2.2 第2階層ノードの配置

- (1) 図6.2において、角度  $\beta = 360^\circ / (m+1)$  ( $m$ :  $p_1$ 配下の第2階層に属するノード数、 $m \geq 2$ ) として、 $e$ から $W_2$ に下ろした垂線  $l_M$ が $\beta$ の二等分線となるように直線  $l_5$ 、 $l_6$ を引き、 $W_2$ との交点をそれぞれ  $f$ 、 $g$ とする。
- (2)  $f$ より $\angle efg$ の二等分線  $l_8$ を引き、 $l_M$ との交点を $h$ として、 $h$ を中心点として $\triangle efg$ に内接する円 $R$ を描き、その半径 $L_3$ を求める。この円 $R$ が下位ノードの表示領域となる。
- (3)  $e$ を中心点として、半径 $L_4$  ( $L_4 = L_1 - 2L_3$ ) の円 $S$ を描く。
- (4)  $\beta$ を用いて、円 $S$ の円周上に $p_1$ 配下の第2階層に属するノード $q_1$ 、 $q_2$ 、..  $q_m$ を等間隔

に配置する。a、eを結ぶ直線 $l_E$ と円Sとの交点をqとする。p<sub>1</sub>とその配下のノードを結ぶリンクの見やすさを考慮して、qにはノードを配置しない。 $\angle l_E l_g = \beta$ となるように直線 $l_g$ を引き、円周との交点にq<sub>1</sub>を配置する。

- (5) aを中心点として、半径 $L_5 = L_2 + L_1$ 、すなわちaとeを結ぶ直線の長さの円Tを描く。
- (6)  $l_5$ を延長し、円Tとの交点をe<sub>2</sub>とする。同様にして、e<sub>3</sub>、.. e<sub>i</sub>を求める。
- (7) e<sub>2</sub>、e<sub>3</sub>、.. e<sub>i</sub>について、(1)~(5)に準じた処理を行い、第2階層に属するノードを全て配置する。

### 6.2.3 第3階層ノードの配置

- (1) 図6.3において、eを中心点として、半径 $L_6$  ( $L_6 = L_3 + L_4$ ) の円Uを描く。
- (2)  $l_g$ と円Uとの交点をh<sub>1</sub>とし、h<sub>1</sub>を中心点として半径 $L_3$ の円R<sub>1</sub>を描く。
- (3) 角度 $\gamma = 360^\circ / (n+1)$  ( $n: q_1$ 配下の第3階層に属するノード数、 $n \geq 2$ ) を用いて、円R<sub>1</sub>の円周上にq<sub>1</sub>配下の第3階層に属するノードr<sub>1</sub>、r<sub>2</sub>、.. r<sub>n</sub>を等間隔に配置する。
- (4) (2)と同様に、q<sub>2</sub>、.. q<sub>m</sub>に関する円Uとの交点h<sub>2</sub>、.. h<sub>m</sub>を求め、円R<sub>2</sub>、.. R<sub>m</sub>を描く。
- (5) (3)と同様の作業により、円R<sub>3</sub>、.. R<sub>m</sub>の円周上に第3階層に属するノードを配置する。

### 6.2.4 リンクの接続

各階層内のノード間に接続関係がある場合は、ノード間を直接結んでリンクを作成する。階層間をまたがるリンクについては、図6.4に示すように、第1階層ノードとその配下の第2階層ノードを接続するリンクは、第2階層のノード間を接続するリンクとの重なりを避けるため、qにはノードを配置しない。これより、例えば、ノードp<sub>1</sub>から点eに直線を引き、さらにeとp<sub>1</sub>配下のノードq<sub>1</sub>、q<sub>2</sub>、..q<sub>m</sub>とを接続する。第2階層ノードとその配下の第3階層ノードを接続するリンクは、例えば、ノードq<sub>1</sub>から円の中心点h<sub>1</sub>に直線を引き、さらにh<sub>1</sub>とq<sub>1</sub>配下のノードr<sub>1</sub>、r<sub>2</sub>、.. r<sub>n</sub>とを接続している。これは、第3階層ノード間の接続がない場合であり、第3階層ノード間の接続がある場合には、第1階層と第2階層間のリンク接続と同様に行う。

スノー・クリスタル表示法を用いて通信ノード階層構成図を作成する場合の手順の例を図6.5に示す。

### 6.2.5 通信網の階層構成表示への適用

図6.6は、スノー・クリスタル表示法による通信網の表示例である。通信網の構成は、日本をモデル化したものであり、第1階層は7ノード、第2階層は48ノード、第3階層は大規模通信網の基準である500ノードである。また、ノードの配置によって各階層を示す円が想定できることおよびリンクと間違えることを防ぐため、円は表示していない。

第1階層を例えば東西南北に対応させた4ノードとし、第2階層をその2倍の8ノードずつ、計32ノード、第3階層をさらに2倍の16ノードずつ計512ノードとした例を図6.7に示す。また図6.8には、第1階層を6ノード、第2階層を60ノード、第3階層を1000ノードとした場合の均一な構造の例を示す。これによれば、ノードの重なりはほとんど生じておらず、また第3階層では図4.8の従来法で問題となったリンクの重なりがないため、リンクは容易に識別できる。階層を表す円の位置や大きさから通信網の全体構成や階層の識別も比較的容易である。

図6.9および図6.10は、スノー・クリスタル表示法における表示可能ノード数の検討結果である。図6.9は、第1階層を10ノード、第2階層を100ノード、第3階層を2000ノードとしたものである。これによれば、第3階層でノード同士が一部分重なっているが、リンクの重なりがないために、ノードおよびリンクの識別は比較的容易である。これに対して、第3階層を3000ノードとした図6.10においては、第3階層のノード同士が1/2以上重なっており、操作性の低下は避けられないと考えられる。これより、第3階層ノード数2000程度が本表示法の表示限界といえるが、これは大規模通信網の階層構成表示条件を十分満足するものである。

通信網においては、トラヒックの多いノード間に直通のルート、いわゆる斜回線が引かれる。スノー・クリスタル表示法による通信網の一部に斜回線を設定した例を図6.11に示す。本表示法は斜回線を見やすく表示する方法については特に考慮していないため、第3階層のノードからその所属する第2階層の別の上位ノードに接続したリンクは、第2階層ノード間を接続するリンクと重なることになるため、識別性が低下している。また、第3階層のノードからその所属とは別の第2階層ノードあるいは第1階層ノードに接続したリンクは、通常のリンクに比べて極端に長くなったり、リンクの方向によってスノー・クリスタル表示法の特徴である階層構造の対照性が乱れて見える点が問題である。一方、階層プレーン表示法では、リンクの傾きの違いによって斜回線が識別できるという利点がある。しかしながら、図6.12に示すように、第3階層のリンクが密集した状態では、斜回線の識別性がよいとはいえない。また、従来は、通信コスト削減の目的で斜回線が設定されたが、同一ノード間に論理的に複数の接続ルートが存在することから、その管理が複雑となるため、近年は斜回線を使用しない方向で通信網が構築されてきている。このため、本表示法においては、斜回線の表示については特に考慮しなかつ

たが、対策としては、例えばリンクの太さを変えて斜回線を識別する方法が考えられる。

本表示法は、関門交換機を介して接続される複数の通信網の階層構成表示にもそのまま使用することができ、また、個々の上位ノードに属するノード群が空間に占める割合をノード数から円を均等分割するのではなく、例えば、最下位層のノード数にあわせて比例配分することにより、最下位層のノード間の間隔を全て一定にすることも可能である。

## 6.3 評価実験

4章で提案した最短ルートを検出する課題およびより多角的な評価を行うために、通信管理の基本作業であるリンクを選択する課題を用いて、スノー・クリスタル表示法と階層プレーン表示法との操作性比較実験を行う[6]。また、担当者の満足度を評価するために、見やすさに関する主観評価実験を行う。

### 6.3.1 操作性評価の課題

#### (1)リンクの選択

先に考察したように、通信網表示図を用いて、例えば、予め設定した使用率よりも高い、または低い回線すなわちリンクを検出し、必要な措置を行うことは、通信管理における基本作業の一つである。このためには、通信網表示図上のリンクを直接操作できることが必要である。

リンクの識別および操作のしやすさを評価するために、通信ノード階層構成図上に黒で表現したリンクの中の5本を階層によらずランダムにマゼンタで表示し、5本のリンクをマウスでクリックする時間を測定する。

#### (2)最短ルートの検出

図6.13に示すように、スノー・クリスタル表示法と階層プレーン表示法それぞれについて、全ての階層を通過して2個のノード間の最短ルートを検出する課題とする。最短リンク数は5である。

### 6.3.2 実験の条件

(1) ディスプレイは20インチカラーディスプレイ（アクティブ表示領域350mm×270mm、ドットピッチ0.31mm）を使用し、画面のほぼ全面に階層構成図を表示する。入力装置は1ボタンマウス。

(2) 通信網構成は3階位網構成とする。第1および第2階層のノード間はメッシュ接続、上位ノードと下位ノードはスター接続されており、斜め回線はない。リンクは黒の直線とし、リンク同士が重なった部分は、どちらのリンクを選択したか判別できない

め、マウスによる選択はできないものとする。

- (3) ノード数は、第1階層は7ノード、第2階層は48ノード固定。第3階層は、100、300、500の3通りとする。ノードの配置数は表3.3に示したものを使用する。ノードは直径約3mmの黒丸とする。通信ノード階層構成表示図では、階層の識別が容易にできることが重要であることから、ノードの形状は全て円とする。実験に使用した通信ノード階層構成図の例を図6.14に示す。このほか、図3.7、図3.8および図6.6に示したものを使用する。
- (4) 試行数は2課題毎に2（表示法）×3（下位ノード数）通りの表示法に対して5試行、計30試行とし、ランダムに被験者に提示する。課題はリンクの選択、最短ルートの選択の順に行う。
- (5) 被験者は20代から40代のマウスの使用経験者20名（男性10名、女性10名）とする。
- (6) 本実験の前に課題毎に2（表示法）×3（下位ノード数）通りの表示法を各1回、計6回の練習を実施する。リンクの選択、最短ルートの選択課題の間には10分間の休憩を取る。

### 6.3.3 リンクの選択時間

第3階層のノード数と平均リンク選択時間の関係を図6.15に示す。これによれば、ノード数が100の場合には、表示法による選択時間の差は見られないが、ノード数が増えるに従って階層プレーン表示法では選択時間が長くなり、500ノードの場合は100ノードの場合の2.6倍以上になっている。これは、100ノードではほとんど見られないリンク同士の重なりが、階層プレーン表示法の500ノードでは多数発生しており、リンク同士の重なりのために、指定されたリンクを選択し難くなったためと考えられる。これに対して、スノー・クリスタル表示法ではノードが100から500に増加しても、選択時間は3.1秒から3.8秒に約20%増加しただけであり、階層プレーン表示法の約1/2である。これは、スノー・クリスタル表示法では第3階層のようなスター接続の場合には、上位ノードからのリンクの方向が放射状に分散しているために、ノード数が増えるとリンクの間隔は狭くなるが、リンク同士が重なることはない。このため、発見・選択時の識別性がよく、僅かな選択時間の増加にとどまったと考えられる。

すなわち、リンク同士の重なりがリンクの選択の操作性に大きく影響しており、スター接続の場合にはリンク同士の重なりのないスノー・クリスタル表示法では、リンクの選択に関しては、大規模通信網の目安となる第3階層が500ノード程度までは、操作性はほとんど低下しないことが分かった。

### 6.3.4 最短ルートの検出

#### (1) 達成時間

第3階層のノード数と課題の達成時間の関係を図6.16に示す。これによれば、全てのノード数において階層プレーン表示法がスノー・クリスタル表示法よりも達成時間が長くなっている。100ノードではリンク同士の重なりがほとんど見られないにも関わらず、階層プレーン表示法はスノー・クリスタル表示法の1.6倍、500ノードでは2倍近くの達成時間である。これは、最短ルートをたどる操作に関しては、通信網の規模に関わらず、スノー・クリスタル表示法が達成時間から見て優れていることを示すものである。この理由を各ノードの選択時間の結果から考察する。

一つの課題を達成するための各ノードの選択時間を図6.17に示す。これによれば、ルートの検出の必要のない第1ノードを除いては、階層プレーン表示法の選択時間が長くなっている。階層プレーン表示法では、上位階層から下位階層にノードをトレースする場合に極端に選択に時間がかかる傾向があるのに対し、スノー・クリスタル表示法ではほとんど差が見られない。これは、階層プレーン表示法において下位から上位にルートをたどる場合は、リンクが一意に定まること、また下位階層のノードの水平方向の平均座標値に上位ノードがあることから、上位ノードを容易に発見・識別できると考えられる。一方、上位階層から下位階層にトレースする場合には、複数の下位ノードへのリンクの分岐があり、それらのリンクが一方向に集中しているために接続関係の識別が難しくなる。このため、最終ノードから上位へリンクを遡って選択していると思われ、そのために時間がかかっていると考えられる。これは、ビデオによる被験者の操作状態の観察からも確認された。また、100ノードではリンク同士の重なりがほとんどないために、第5ノードと第6ノードの接続関係が分かりやすく、このような操作が不要となるために第5ノードの選択時間が短くなっていると考えられる。

これに対し、スノー・クリスタル表示法では、分岐しているリンクの方向が放射状に四方に分散しているために確認・判断の必要がほとんどなく、機械的にルートをたどることができるために選択時間が短く、またノードの位置による選択時間にもほとんど差がなかったと考えられる。

## (2)後戻り回数

第3階層のノード数と1課題当たりの平均後戻り回数の関係を図6.18に示す。これによれば、ノード数の増加とともに後戻り回数も増えるが、全てのノード数において階層プレーン表示法がスノー・クリスタル表示法よりも後戻り回数が多い。特に、500ノードの後戻り回数は0.59に急増しており、これは、2回の課題に対して1回以上のルート選択誤りを犯していることを意味している。各階層のノードを水平に並べて表示しているためにノード数が多くなると重複が多くなり、接続関係が分かりにくくなるため、ノードの選択のために時間がかかるだけでなく、接続ルートを間違える場合が多くなり、操作性が低下していることが分かる。これに対し、スノー・クリスタル表示法では、全



てのノード数において階層プレーン表示法の1/10程度の後戻り回数である。例えば500ノードの後戻り回数は0.06で、20回の課題に対して1回程度のルート選択誤りであり、操作性はほとんど低下していないといえる。

このように、実際の作業を単純化した最短ルートの検出課題に関しては、階層プレーン表示法では100ノード程度の中規模通信網レベルにおいても接続関係が分かりにくくなるため、ノードの選択のために時間がかかるだけでなく、接続ルートを間違える場合が多くなり、操作性が低下するのに対し、スノー・クリスタル表示法では、第3階層が500ノード程度までは、操作性はほとんど低下しないことが分かった。

### (3)正解率

第3階層のノード数と課題総数に対する最小の5リンクで達成した課題数の割合として求めた正解率の関係を図6.19に示す。これによれば、正解率は、階層プレーン表示法が条件によって92~96%、平均93.3%、スノー・クリスタル表示法では93~97%、平均95.7%であり、また300ノードでは階層プレーン表示法がスノー・クリスタル表示法よりも正解率が高くなる等、顕著な差は見られない。これは、予め被験者に5リンクで課題が達成できることを周知していたためであり、5リンクを越えた場合には、後戻りをして操作をやり直したと考えられる。また、5章で求めた通信ノード配置図の場合はより簡単な4リンク接続であったため、これに比べて正解率が低くなったと考えられる。

これより、通信ノード階層構成図の評価においては、少なくとも500ノード程度の規模では、正解率は操作性を表す指標として単独で使用することは難しい。

## 6.3.5 主観評価

スノー・クリスタル表示法は従来用いられてきた階層プレーン表示法とは全く異なる表示法であるため、表示法に対する違和感やぱっと見たときに分かりにくいと感じる恐れがある。このため、操作性評価と同様の被験者のほか、通信管理業務の従事者を被験者として、通信ノード階層構成図としての見やすさや階層構成の分かりやすさに関する主観評価実験を行った。

主観評価実験は、操作性評価と同様の被験者20名については、操作性評価を行う前に、通信管理業務の従事者12名については単独で、2（表示法）×3（下位ノード数）=6通りの通信ノード階層構成図をランダムに被験者に提示し、通信網全体の見やすさおよびノードとリンクの接続関係の分かりやすさを、評定尺度法により[7][8]、7段階（7：非常に見やすい、非常に分かりやすい4：どちらでもない、1：非常に見難い、非常に分かり難い）で評価してもらった。なお、通信管理業務の従事者に対しては、スノー・クリスタル表示法に対する違和感があるかどうかを見るため、階層構成の分かりやすさについても評価することとし、ノードがどの階層に属しているかが分かるかどうかを評

価するように指示をした。

一般の被験者によるノード数と通信網全体の見やすさおよび接続関係の分かりやすさとの関係を図6.20に示す。これによれば、通信網全体の見やすさおよび接続関係の分かりやすさともに、全てのノード数においてスノー・クリスタル表示法が階層プレーン表示法よりも高い評価を得ている。また、スノー・クリスタル表示法では、500ノードの場合でも見やすさおよび接続関係の分かりやすさの評点はそれぞれ、4.4および4.7で、「どちらでもない」よりも高い評点であり、しかも接続関係の分かりやすさの方が評点が高い。すなわち、大規模通信網の一覧表示において、エンド・エンド間の接続ルートを見やすく表示するというスノー・クリスタル表示法の目的が、被験者による評価からはある程度達成されていることを示すものと考えられる。これに対して階層プレーン表示法では、100ノードの場合には「どちらでもない」よりも高い評点を得ているが、ノードの増加にともなって急激に評価が低下し、500ノードでは約2点、すなわち見難い、分かりにくいと評価されており、見やすさ、分かりやすさの観点からも大規模通信網の一覧表示には適さないことが分かる。

通信管理業務の従事者によるノード数と通信網全体の見やすさおよび接続関係の分かりやすさとの関係を図6.21に示す。これによれば、全体の傾向は、一般の被験者の場合と同様であり、通信網全体の見やすさおよび接続関係の分かりやすさともに、全てのノード数においてスノー・クリスタル表示法が階層プレーン表示法よりも高い評価を得ている。しかしながら、全てのノード数においてスノー・クリスタル表示法は一般の被験者よりもやや低い評点であり、逆に階層プレーン表示法は一般の被験者よりもやや高い評価を得る傾向にある。これは、階層プレーン表示法は通信管理作業に従来から汎用的に用いられてきた表示法であり、表示法自体に馴れているためであり、スノー・クリスタル表示法は通信管理業務の従事者には全く新規の表示法であるため、表示法に対する違和感、抵抗感があったためと考えられる。ただし、接続関係の分かりやすさについては評点に大きな差があり、単にエンド・エンド間の接続ルートが見やすいかどうかという観点からは、スノー・クリスタル表示法が十分優れていることを示すものである。

通信管理業務の従事者によるノード数と階層構成の分かりやすさとの関係を図6.22に示す。これによれば、100ノードの場合には評点の差はほとんどないが、階層プレーン表示法では、ノード数の増加にともなって急激に評価が低下しているのに対し、スノー・クリスタル表示法では、評価の低下は比較的緩やかで、500ノードの場合でも評点は「どちらでもない」よりも高い4.1である。階層プレーン表示法は、被験者が表示法に馴れているだけでなく、階層を明確にプレーンで表現することから、階層構造が分かりやすいはずである。しかしながら、100ノード程度では評点が高いものの、ノードとリンクが増加するとそれらの重なりが発生によってノードの識別が難しくなるため、ノードの帰属関係が分かりにくくなったと判断したものと考えられる。すなわち、通信管理業務の従

事者にとっては、何階層の構造かは自明のことであり、特定の階層にどのノードが所属しているかが分かることが通信ノード階層構成表示図として重要であると判断したと考えられる。

以上より、通信網全体の見やすさ、ノードとリンクの接続関係の分かりやすさおよび階層構成の分かりやすさに関する主観評価実験からは、スノー・クリスタル表示法は大規模通信網の階層構成の一覧表示に適しているが、階層プレーン表示法は100ノード程度の中規模通信網の一覧表示までしか適用は難しいと考えられる。

## 6.4 むすび

本章では、大規模通信網向けの通信ノード階層構成表示図としてスノー・クリスタル表示法を提案し、操作性評価実験および主観評価実験により、有効性を確認した。要点を以下に示す。

- (1)スノー・クリスタル表示法は、階層数とノード数をもとにして、各階層を円で表し、その円周上に等間隔にノードを自動的に配置する表示法であり、(a)第1階層を表す円は、表示領域の中央を中心点とし、ノード数から決定される半径を有する、(b)第2階層を表す複数の円は、第1階層の円の外側に描いた円の円周上に等間隔に中心点を有する、(c)第3階層を表す複数の円は、第2階層の円の外側に描いた円の円周上に等間隔に中心点を有する。
- (2)通信ノード階層構成表示図としては、第3階層ノード数2000程度が本表示法の表示限界であるが、これは大規模通信網の階層構成表示条件を十分満足するものである。
- (3)3階位網からなる通信網を用いて指定されたリンクを選択する操作性評価実験によれば、リンク同士の重なりがリンクの選択の操作性に大きく影響しており、階層プレーン表示法では第3階層が300ノードから急激に操作性が低下するのに対し、リンク同士の重なりのないスノー・クリスタル表示法では、500ノード程度までは、操作性はほとんど低下しない。
- (4)3階位網からなる通信網を用いて最短ルートを検出する操作性評価実験によれば、階層プレーン表示法では上位階層から下位階層にトレースする場合には、複数の下位ノードへのリンクの分岐があり、それらのリンクが一方向に集中しているために、第3階層が300ノード以上になると接続関係の識別が難しくなる。これに対し、スノー・クリスタル表示法では、分岐しているリンクの方向が放射状に四方に分散しているために確認、判断の必要がほとんどなく、機械的にルートをたどることができるために選択時間が短く、500ノード程度までは、操作性はほとんど低下しない。
- (5)通信網全体の見やすさ、ノードとリンクの接続関係の分かりやすさおよび階層構成の分かりやすさに関する主観評価実験からは、スノー・クリスタル表示法は大規模通信

網の階層構成の一覧表示に適しているが、階層プレーン表示法は100ノード程度の中規模通信網の一覧表示までしか適用は難しいと考えられる。

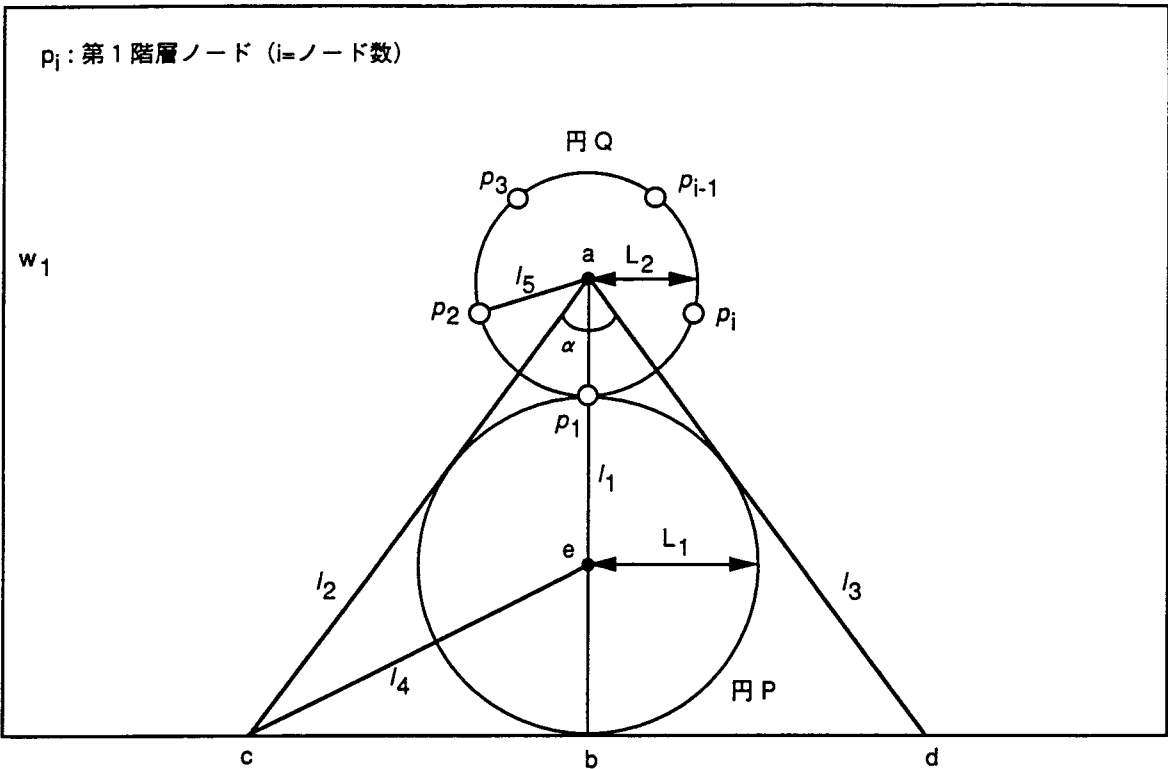


図6.1 第1階層ノードの配置

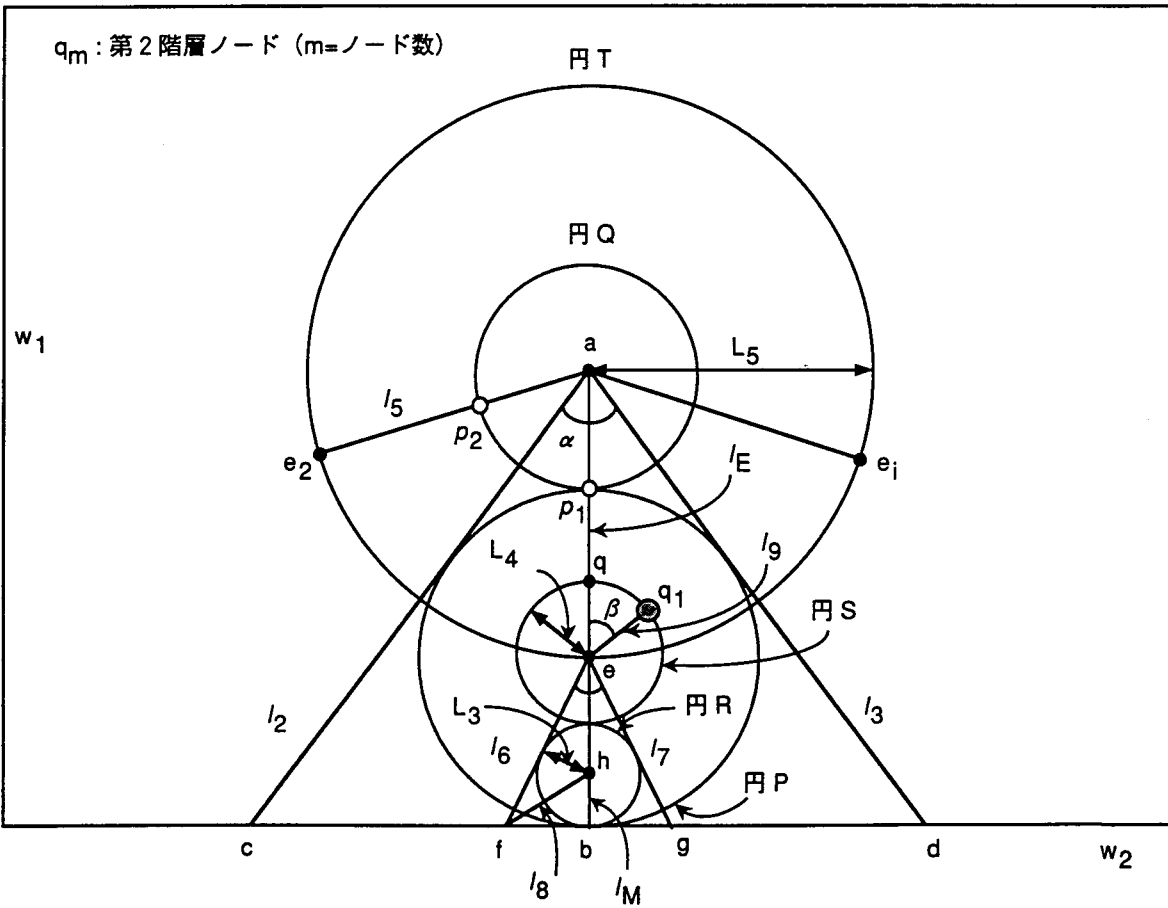


図6.2 第2階層ノードの配置

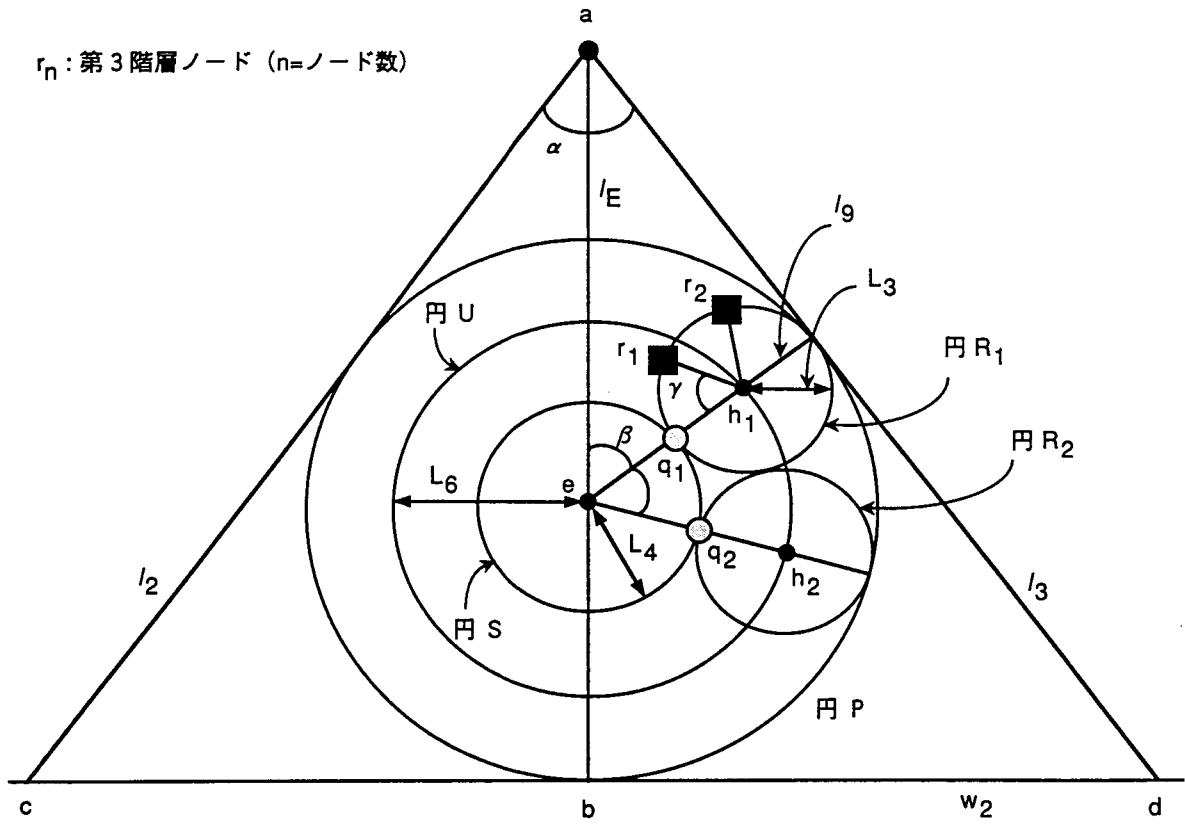


図6.3 第3階層ノードの配置

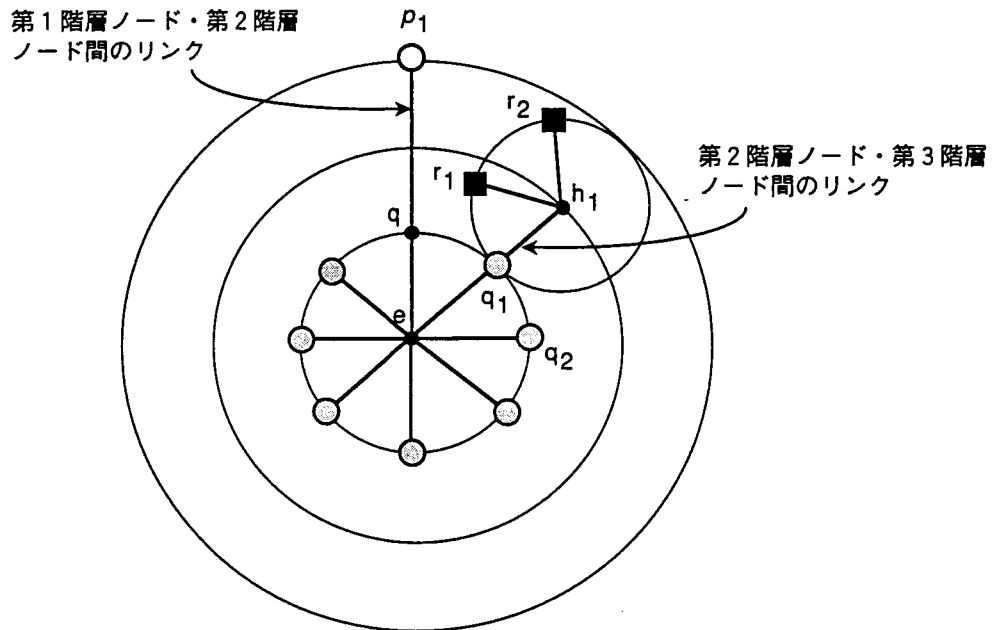


図6.4 階層間リンクの接続

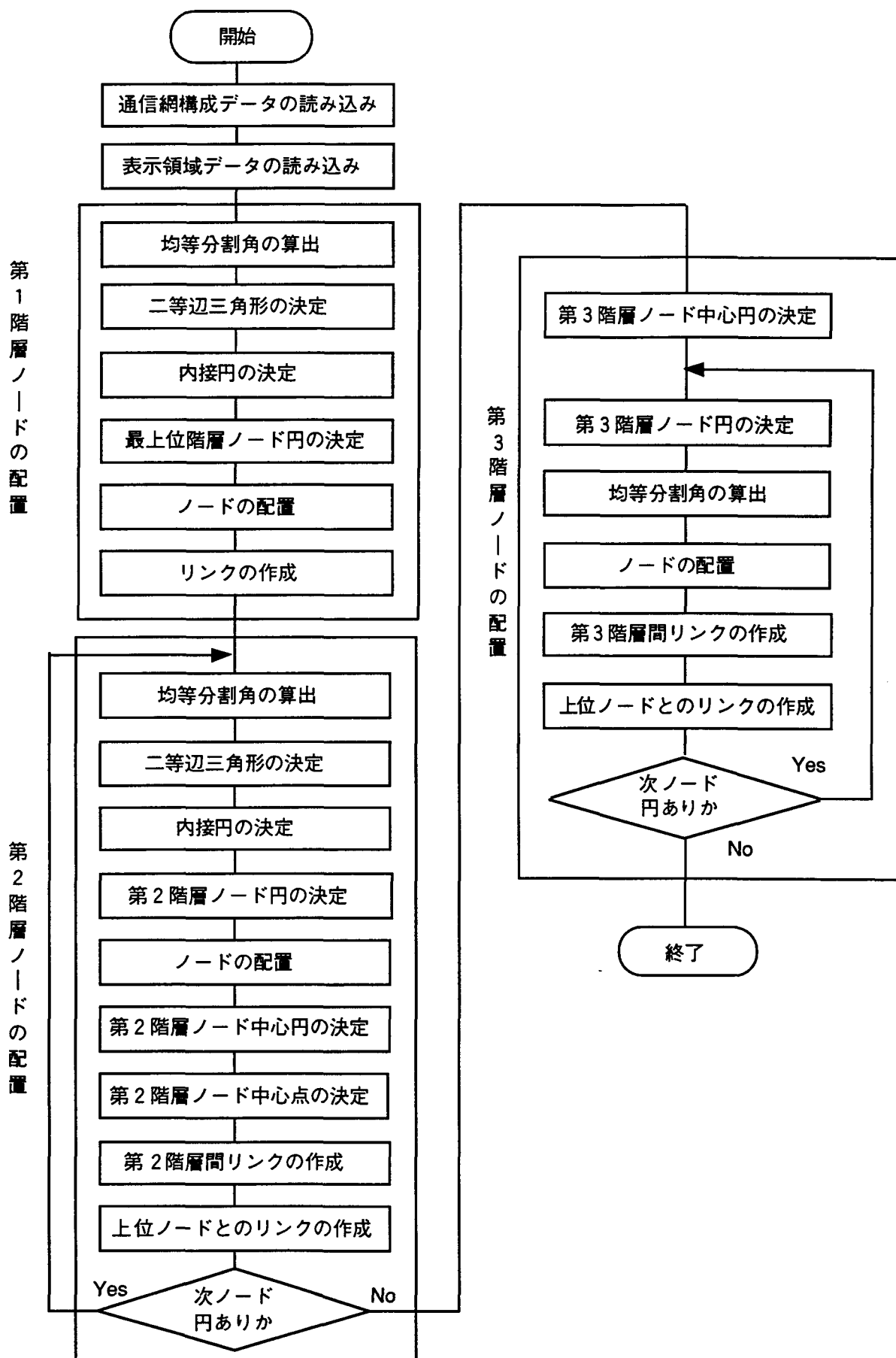


図6.5 スノー・クリスタル表示法による通信網の表示手順例

第1階層： 7ノード  
第2階層： 48ノード  
第3階層： 500ノード

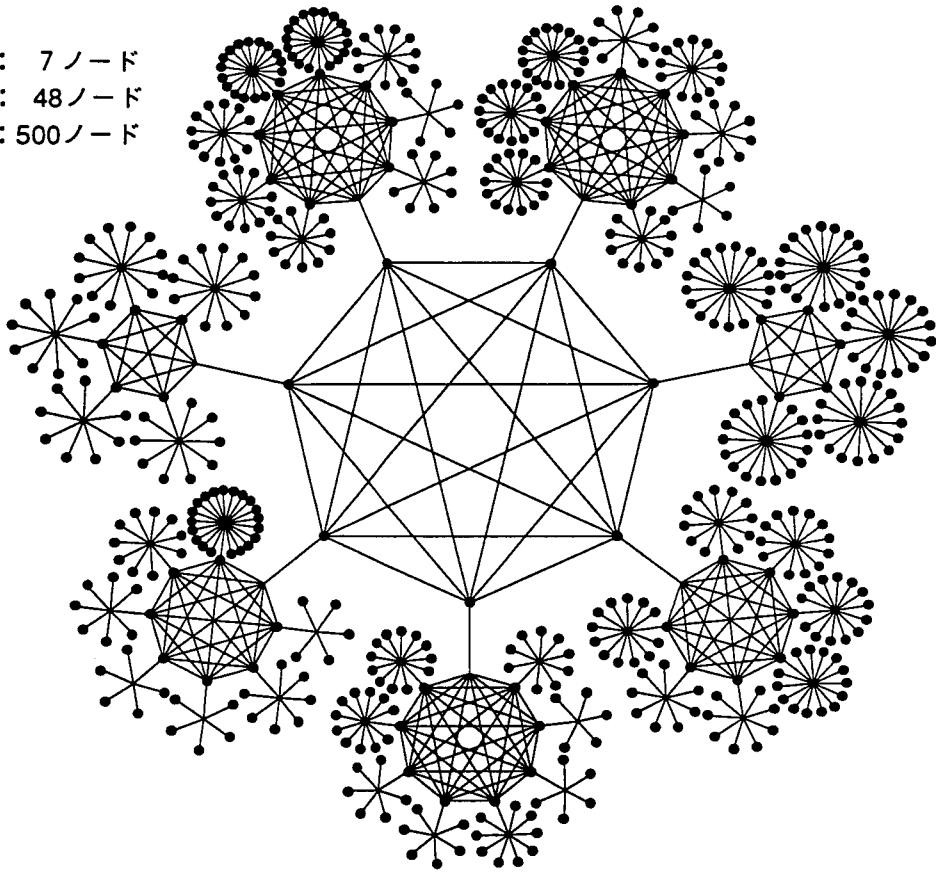


図6.6 通信網の階層構成表示への適用例(1)

第1階層： 4ノード  
第2階層： 32ノード  
第3階層： 512ノード

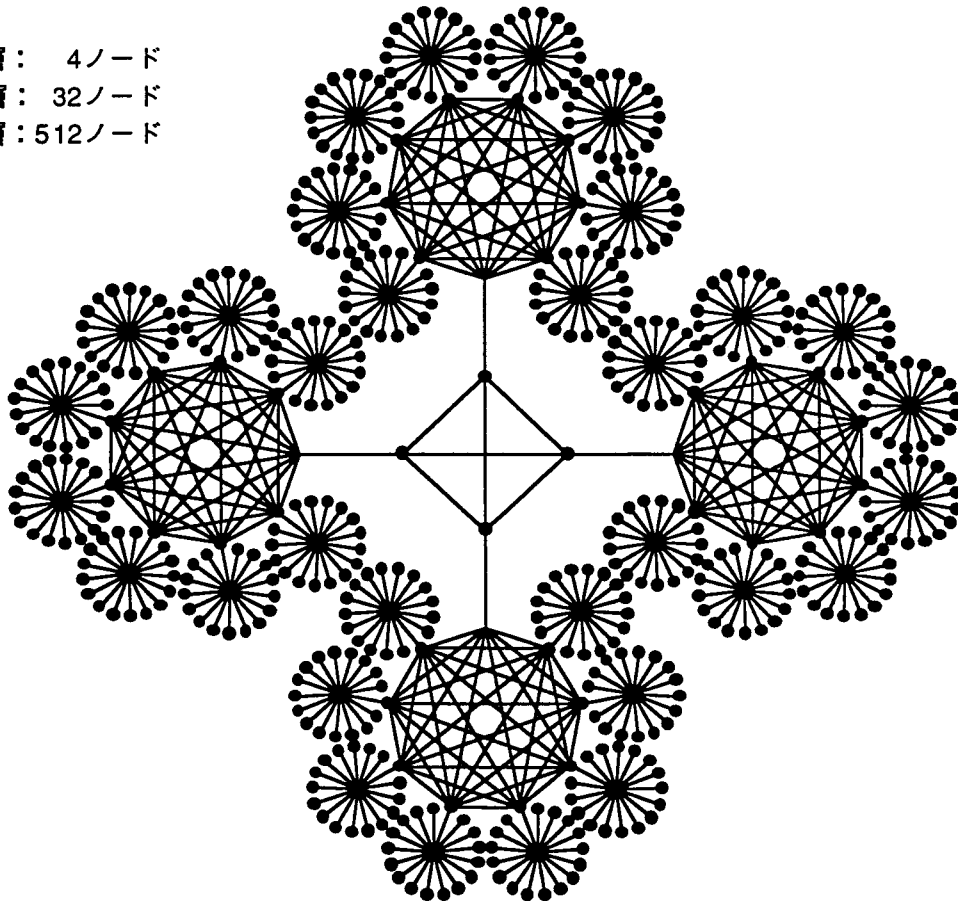


図6.7 通信網の階層構成表示への適用例(2)



第1階層： 6ノード  
 第2階層： 60ノード  
 第3階層： 1000ノード

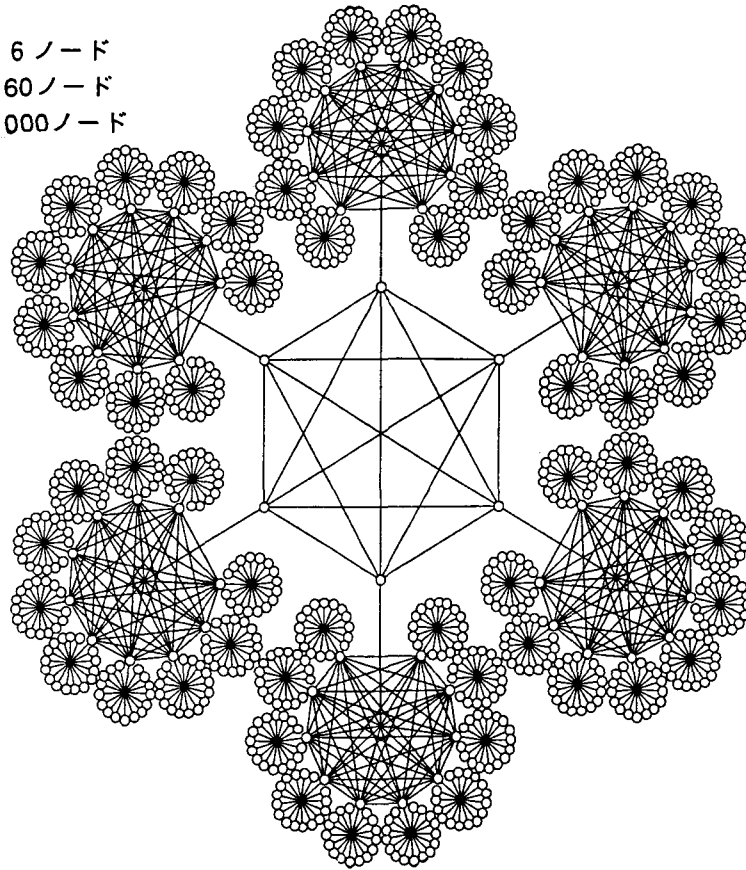


図6.8 通信網の階層構成表示への適用例(3)

第1階層： 10ノード  
 第2階層： 100ノード  
 第3階層： 2000ノード

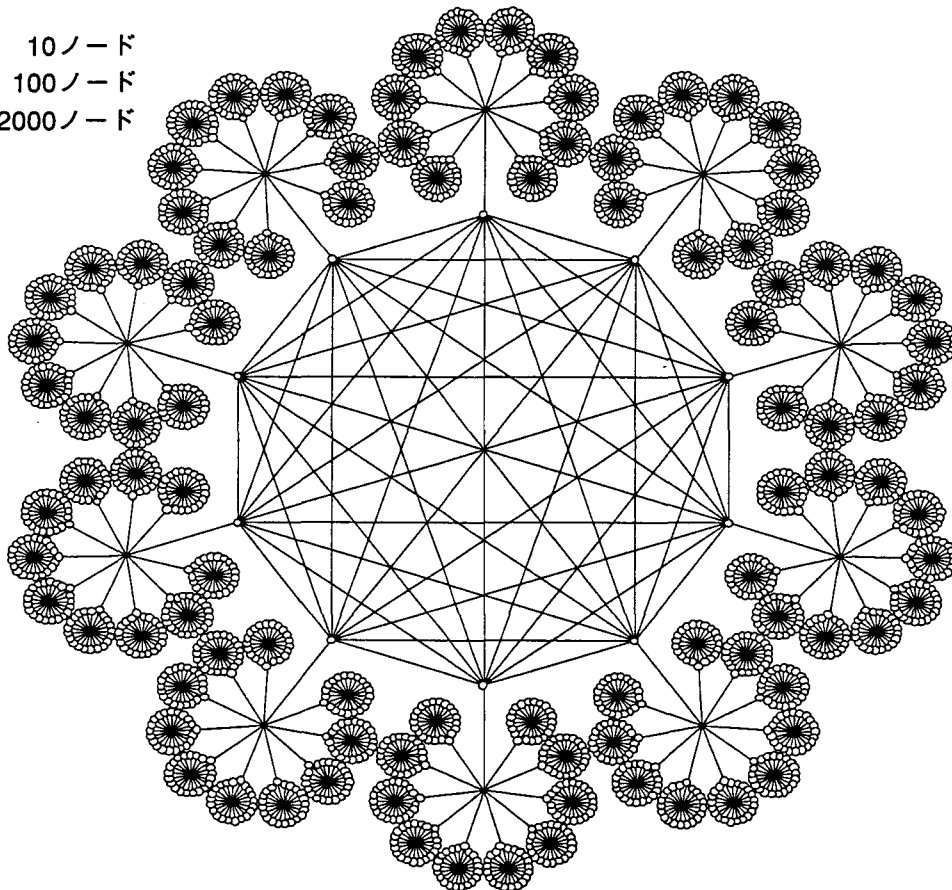


図6.9 通信網の階層構成表示への適用例(4)

第1階層： 10ノード  
 第2階層： 100ノード  
 第3階層： 3000ノード

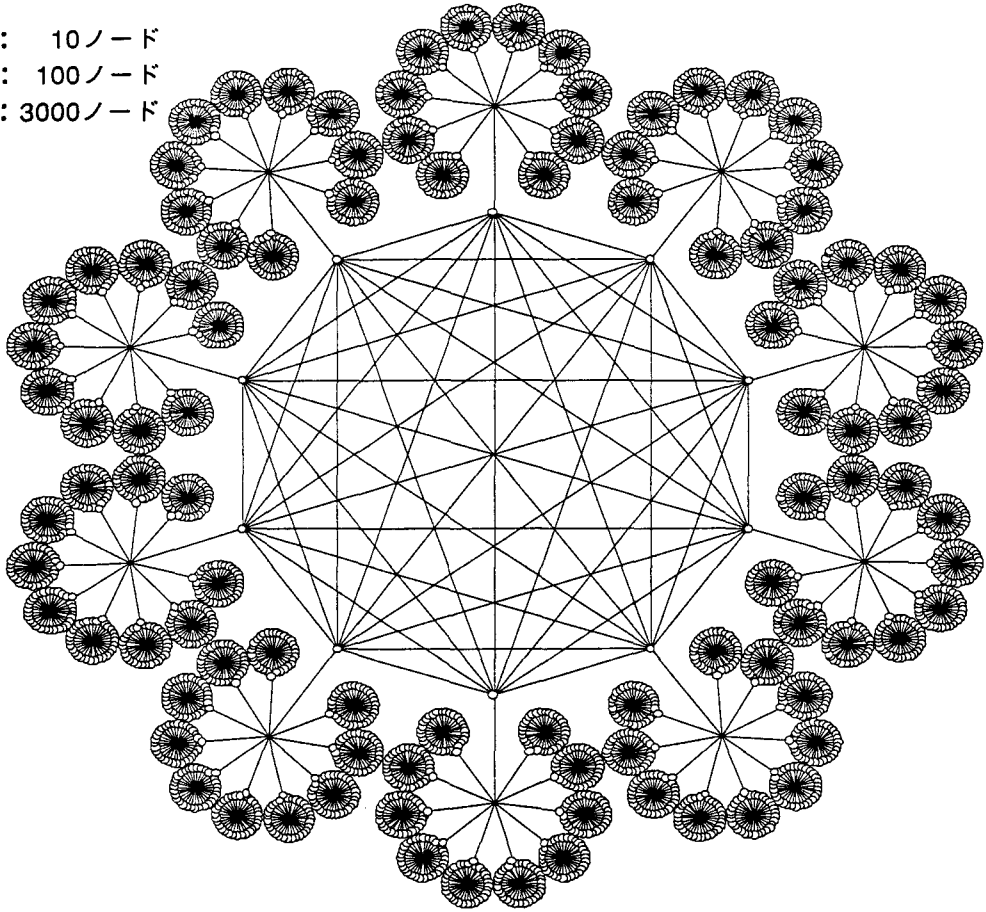


図6.10 通信網の階層構成表示への適用例(5)

第3階層： 500ノード  
 斜回線

第1・3階層ノード間： 3本  
 第2・3階層ノード間： 3本  
 (同一階層内)  
 第2・3階層ノード間： 3本  
 (別階層間)

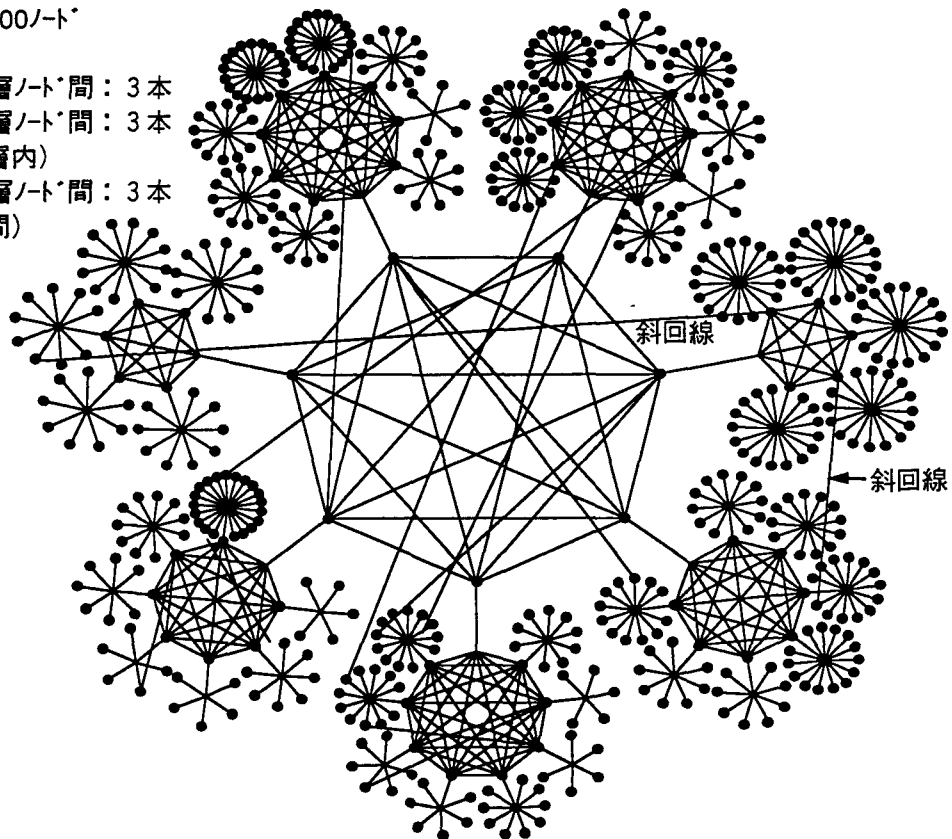
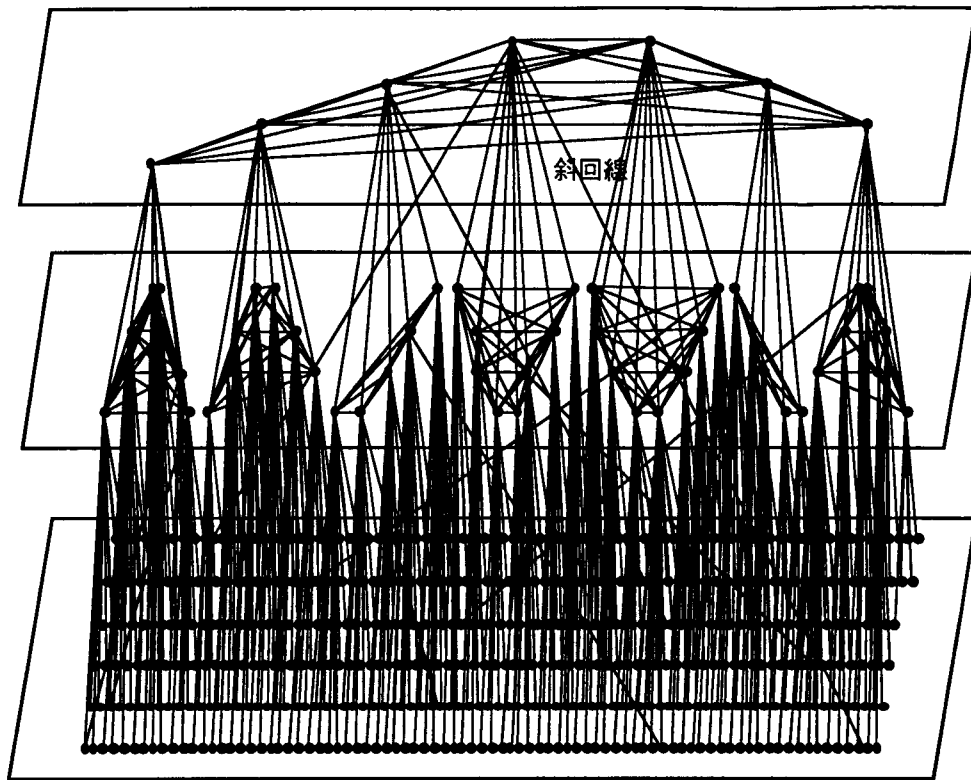


図6.11 斜回線を有する通信網の階層構成表示例 (図6.6に追加)



斜回線

第1・3階層ノード間：3本 第2・3階層ノード間（同一階層内）：3本  
 第2・3階層ノード間（別階層間）：3本

図6.12 階層プレーン表示法による斜回線を有する通信網の階層構成表示例（図3.8に追加）

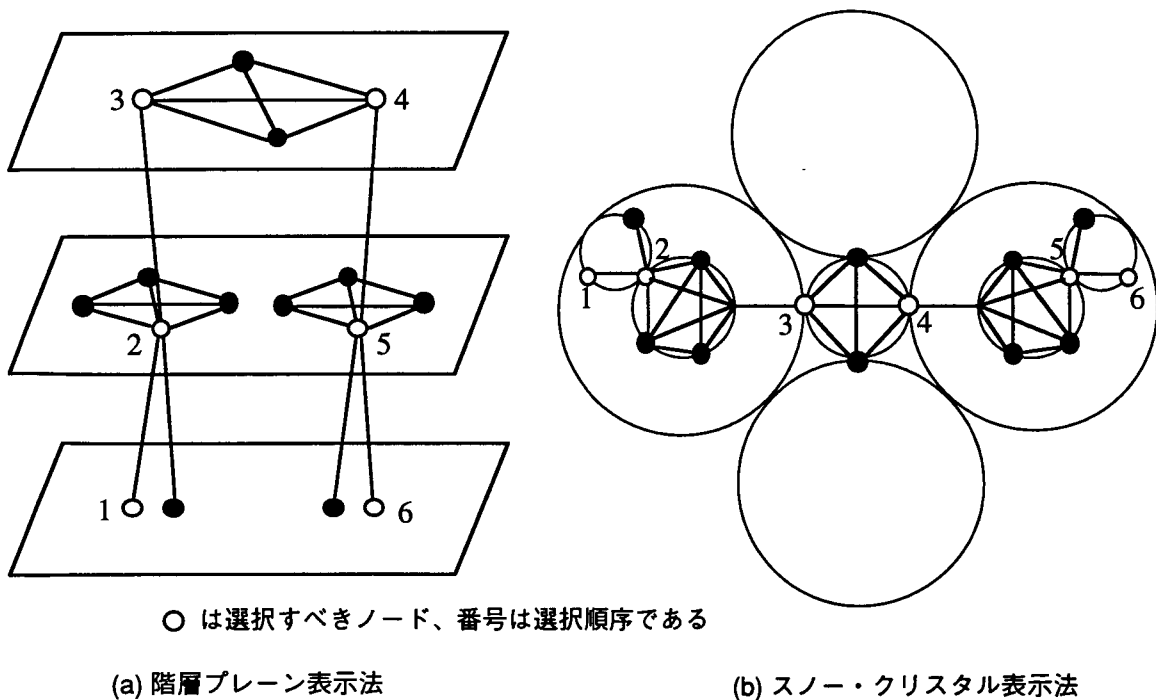
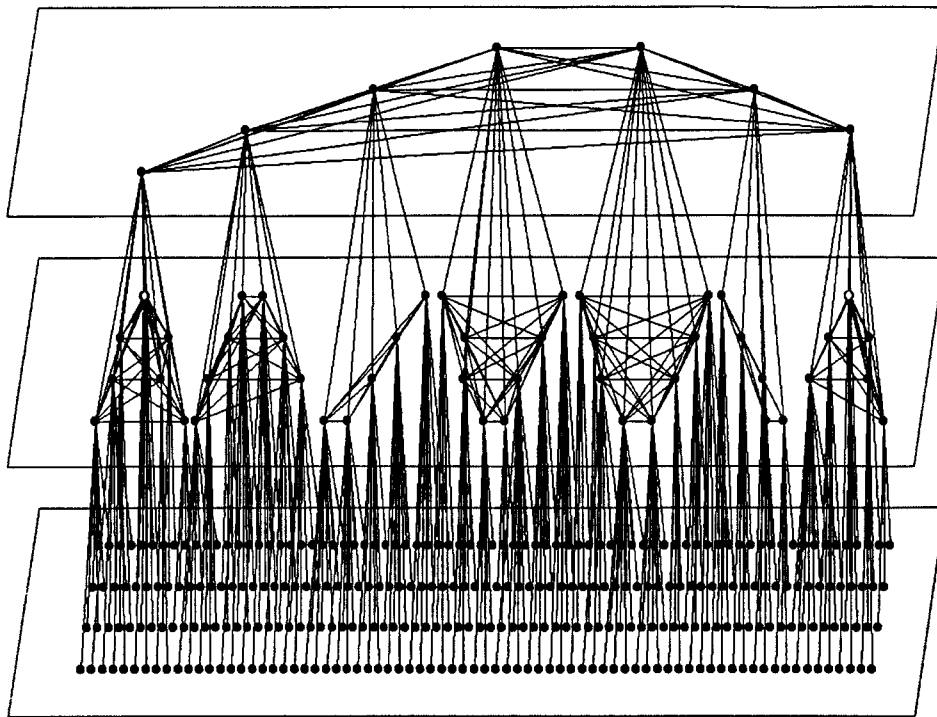
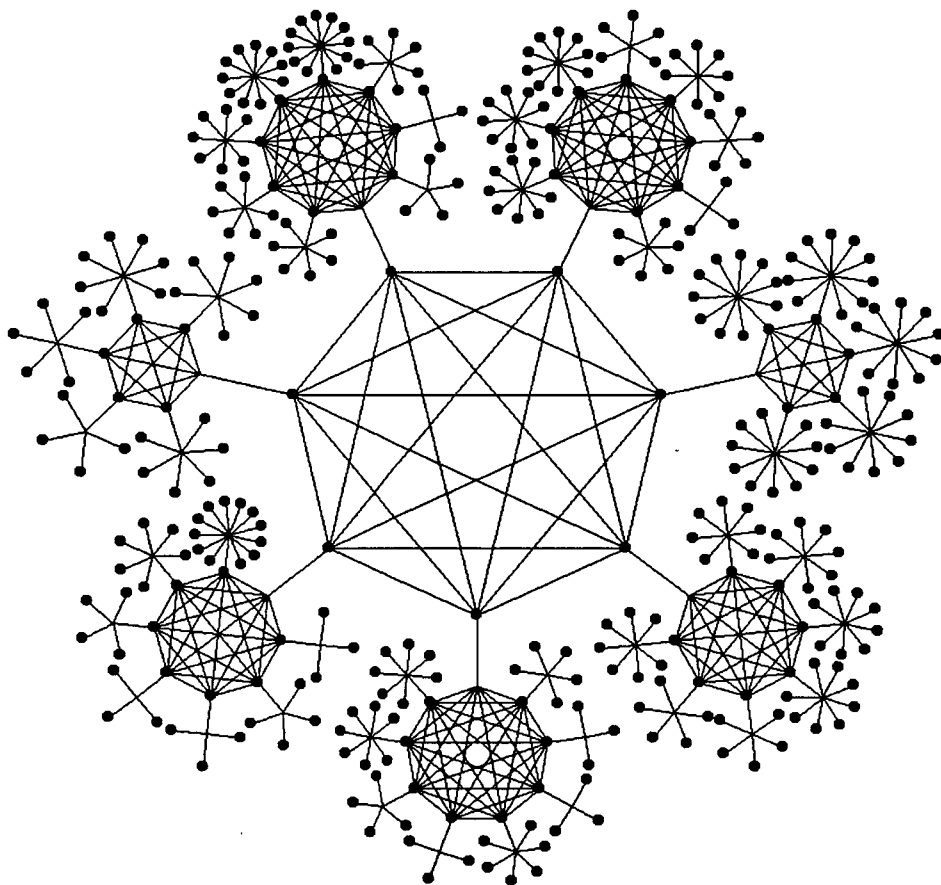


図6.13 最短ルートの検出課題



(a) 階層プレーン表示法



(b) スノー・クリスタル表示法

図6.14 実験に使用した通信ノード階層構成図の例  
(第3階層：300ノード)

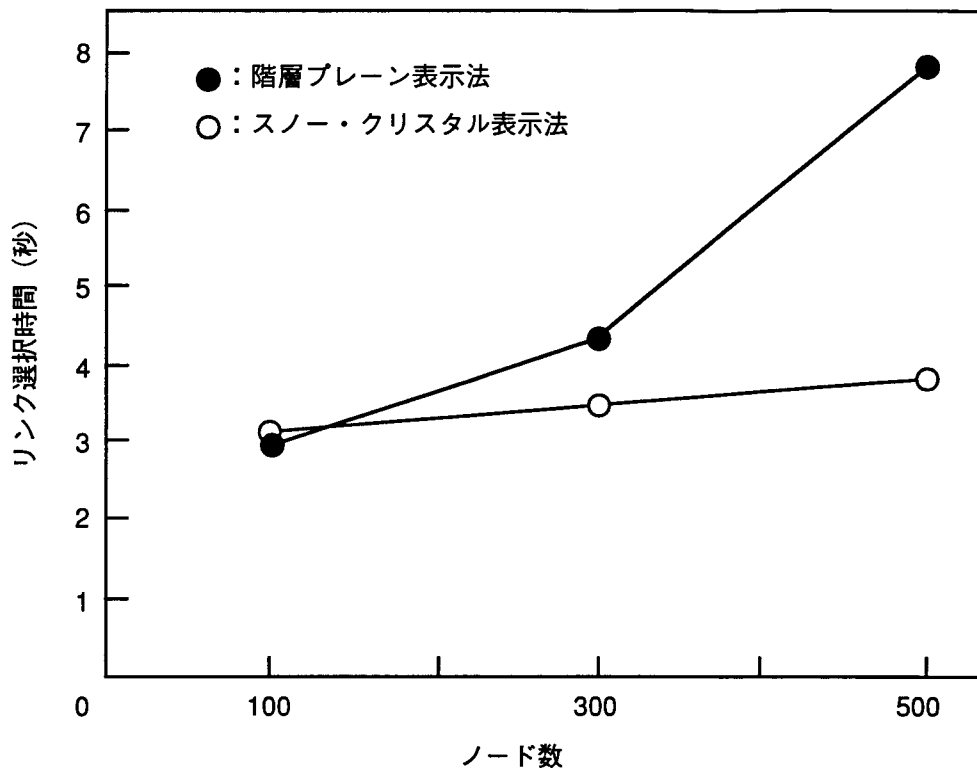


図6.15 ノード数とリンク選択時間

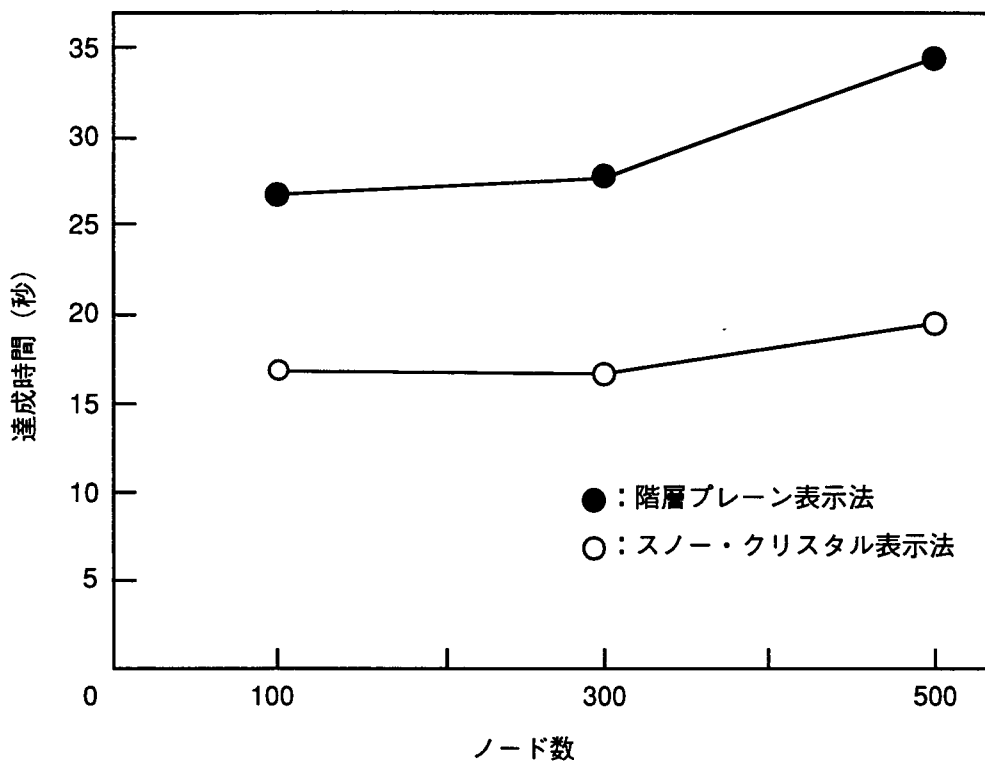


図6.16 ノード数と達成時間

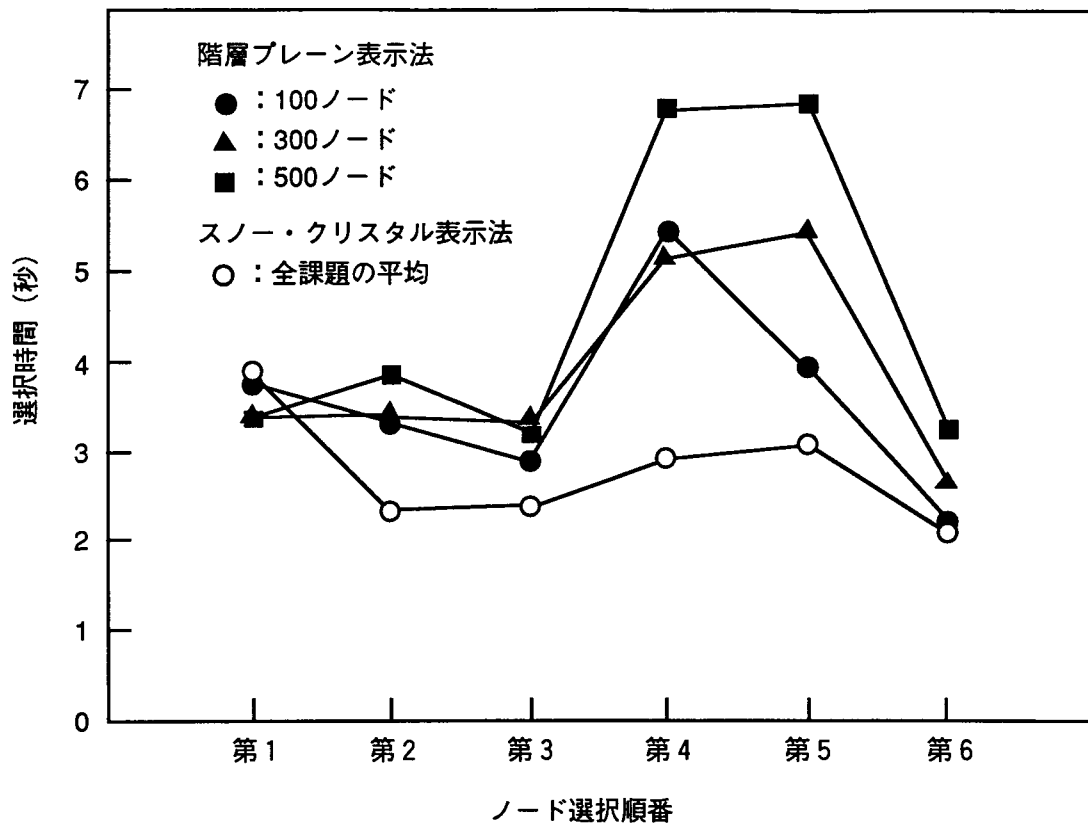


図6.17 ノードの選択時間

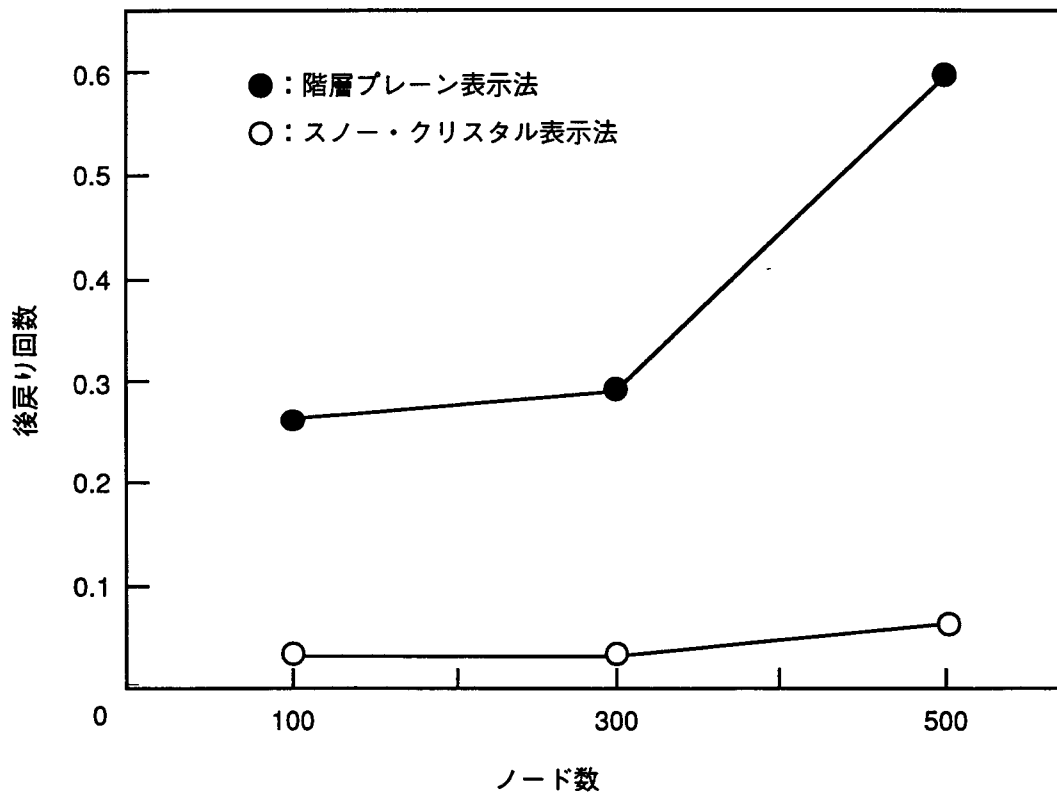


図6.18 ノード数と後戻り回数

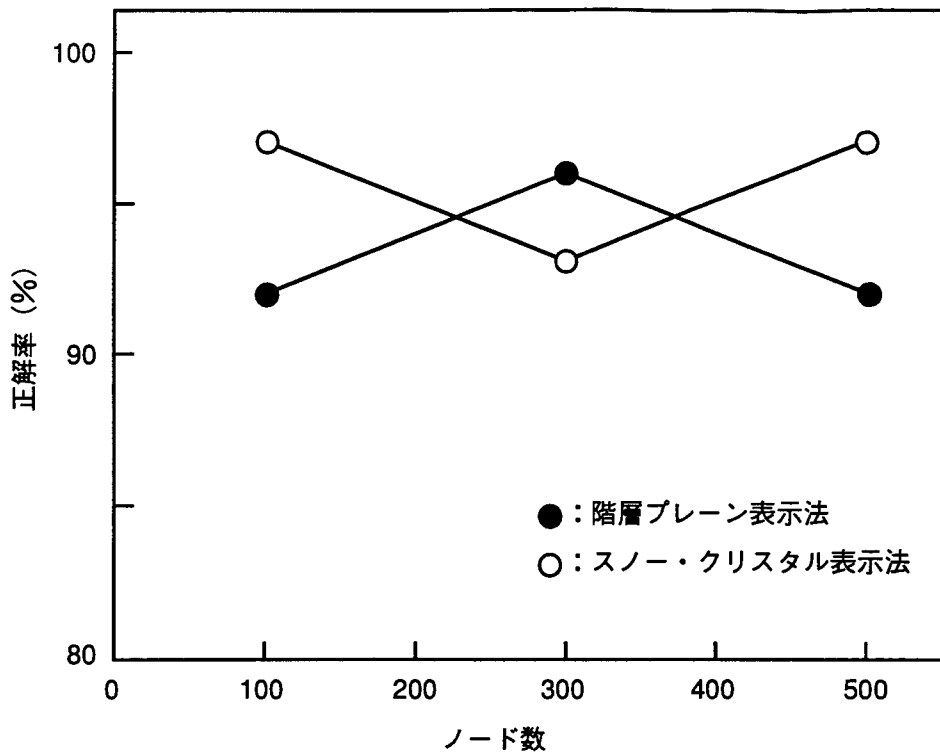


図6.19 ノード数と正解率

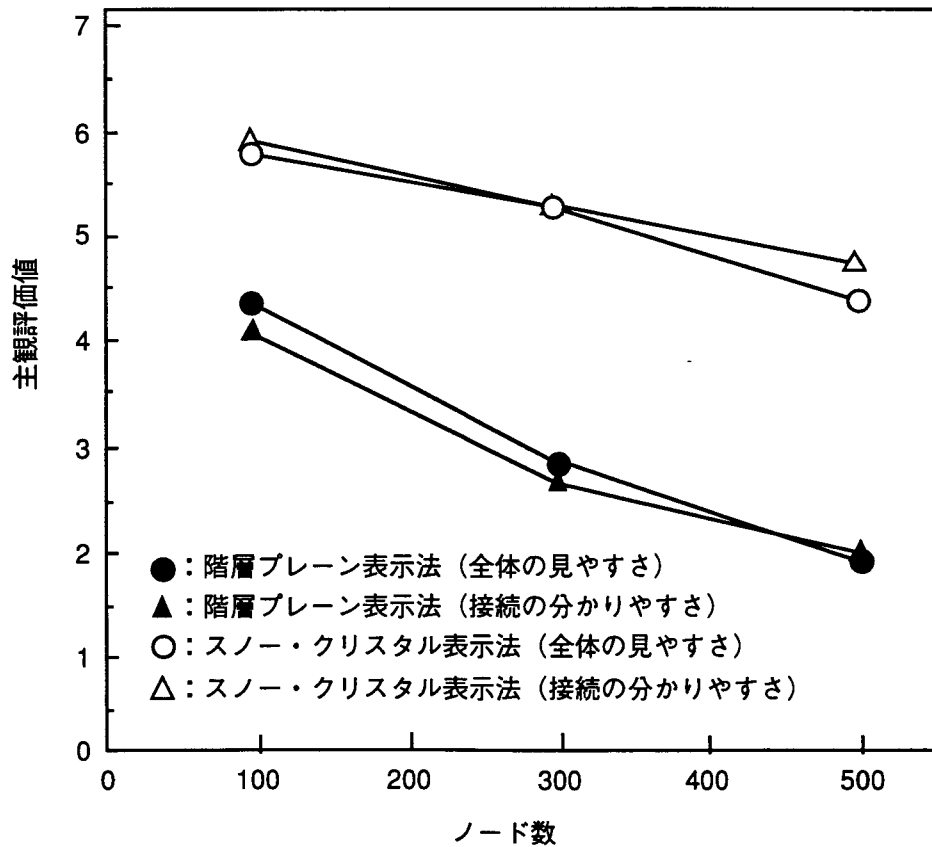


図6.20 ノード数と主観評価値 (一般被験者)

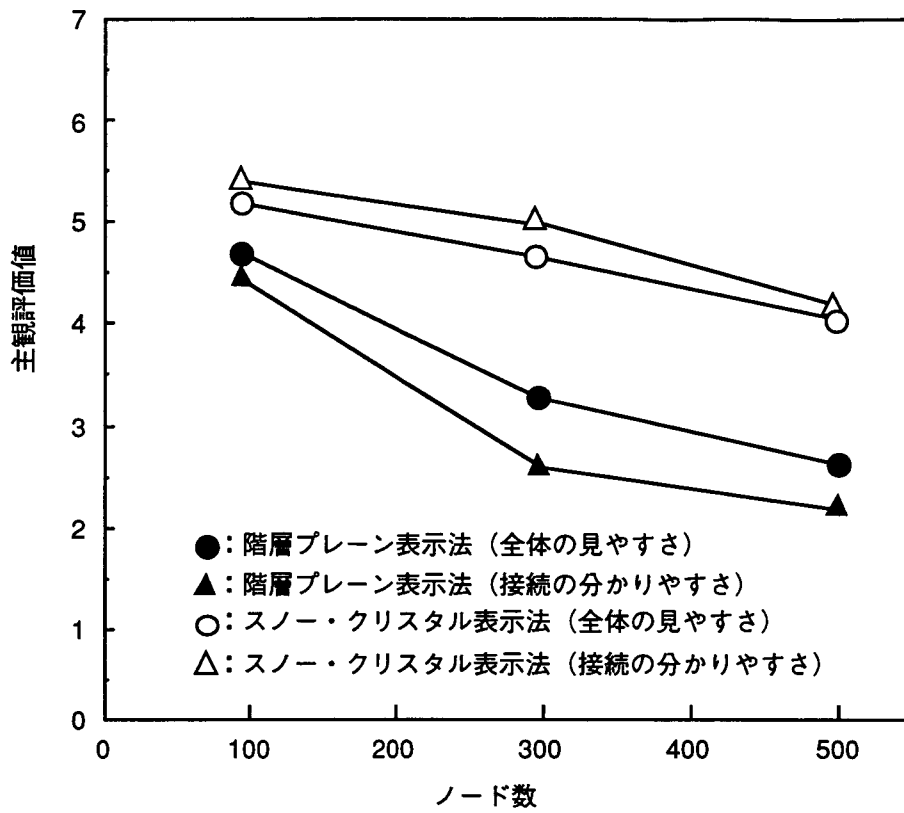


図6.21 ノード数と主観評価値 (通信管理担当者) (1)

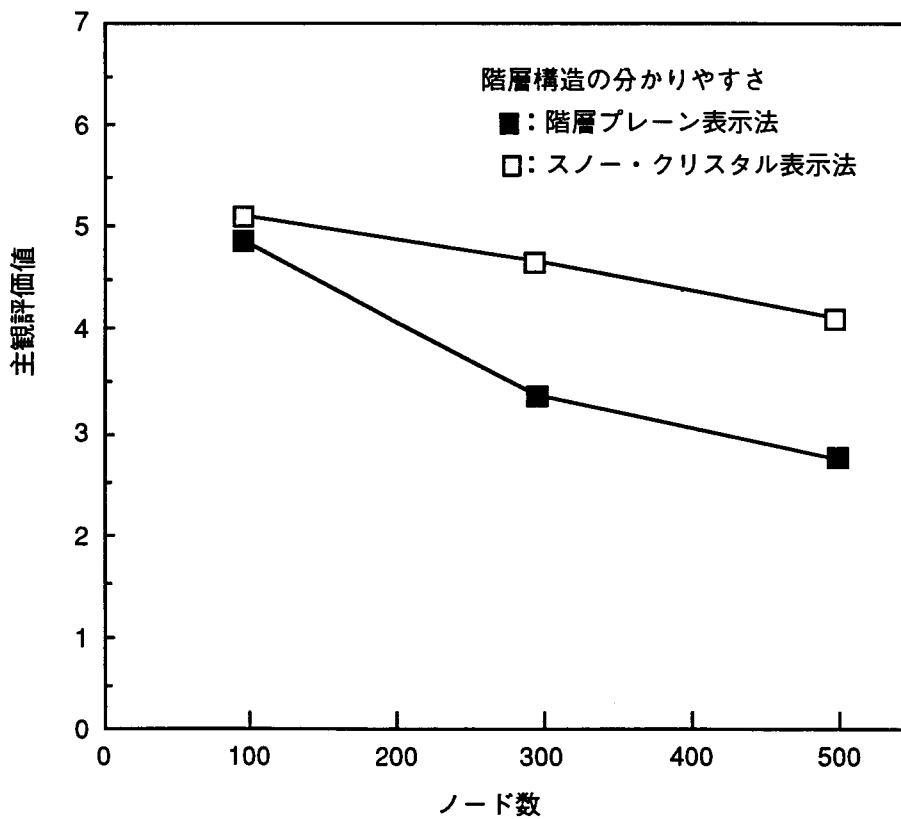


図6.22 ノード数と主観評価値 (通信管理担当者) (2)



## 第7章 結論

通信管理業務とは、通信サービスを提供し、運用していくために必要な諸業務であり、人間（通信管理担当者）と機械（通信管理システム）の役割分担と協調によって実現される。しかも、通信管理業務は受注管理、運転管理、故障管理、計画管理等多岐にわたるため、複数のシステム、複数の通信管理担当者によって実行される。マルチサービス、マルチキャリアが進展する中で、より高度な通信管理を効率良く実行するためには、通信管理担当者が通信網の構成や状態を的確に判断し、迅速で誤りなく措置を行うことが必須であり、通信管理システムのユーザインタフェースの向上が重要な課題である。

本研究では、このような背景に基づき、通信管理システムにおけるユーザインタフェースについて、通信管理担当者毎の設計条件を整理するとともに、全ての通信管理担当者の行う作業で使用される通信網表示図の表示法を検討課題として取り上げた。まず、通信網表示図の要求条件と検討課題を明らかにした。次に、通信網表示図を評価するための前提として、通信網表示図の構成要素の表示属性を整理するとともに、通信管理業務に即した通信網表示図の評価法として、最短ルートを検出課題を案出した。さらに、通信網表示図は、その用途から、主として通信設備の地理的位置関係を表示するための通信ノード配置図および通信設備の階層的関係を表示する通信ノード階層構成図に大別されることから、大規模通信網向けの表示法として通信ノード配置図については、マルチフィッシュアイ地図変形表示法、通信ノード階層構成図についてはスノー・クリスタル表示法を考案し、評価実験によりその有効性の検証を行った。

得られた結果を以下に示す。

- (1)第1章は序論である。ここでは、研究の背景、目的と本研究の内容を明らかにした。通信網表示図は、全ての通信管理担当者の行う作業において、通信網表示図を用いて同一画面上に通信網全体を表示し、その構成や状態の監視、確認を行うために使用させる。しかしながら、従来提案されている表示手法では、大規模化、複雑化した通信網の全体構成を見やすく表示することは難しい。新規の表示手法を早急に検討することが必要であり、本論文は、大規模通信網向けの表示法の提案と評価結果について体系的に整理したものである。
- (2)第2章は、通信サービスを実現するために行われる通信管理業務について述べ、人間の負荷を軽減する優れたユーザインタフェースの提供が課題であることを明らかにした。さらに、通信管理システムのユーザインタフェースの設計条件、基本方針の整理および代表的な画面について具体的に設計を行った結果について述べるとともに、通信網表示図が重要な表示要素として共通的に使用されることを示している。通信管理

業務のユーザインタフェースの設計条件としては、通信網、通信設備あるいはその状態を表示するための通信網表示図、通信網の状態の一つである警報の表示方法等、特に共通化を重視すべきである。設計条件に基づいて、フロント管理担当者のユーザインタフェースとして、受付作業、進捗管理作業および作業引き継ぎのための基本画面を設計した。バックヤード運転担当者は、設備、通信網、サービス、カスタマ等の種々のレベルで運用状況の全体あるいは細部について、多様な観点から把握するために、通信網表示図を中心として作業を進めることを明らかにした。バックヤード設計担当者向けには、手順に従って複雑な設計操作を繰り返し実行できるようにするため、作業手順が分かりやすく明示され、設計の各ステップに自由に戻って再設計できる基本画面を設計した。

(3)第3章は、通信網表示図の使用条件、通信網の構成条件、通信網表示図に表示すべき情報を整理することにより、通信網表示図に関する研究の課題を明らかにした。通信網表示図の使用方法として、通信網全体の一覧表示、特定の2点間の構成および状態表示が必須である。通信網の構成条件は、通信センタ500、網階層数3、通信センタが密集する領域が複数あることである。通信網表示図に表示すべき情報として、通信網・設備の構成に関するもの、通信網・設備の状態に関するもの、担当者の操作に関するものに分類できる。通信網表示図はその用途から、主として通信設備の地理的位置関係を表示するための通信ノード配置図および通信設備の階層的関係を表示する通信ノード階層構成図に大別できるが、従来提案されている表示方法では大規模通信網の使用要求条件を満足しないことを定性的に明らかにした。通信網表示図の検討を行う前提として、通信網表示図に適した構成要素の属性と操作性の関係を明らかにする必要がある、通信網表示図について、通信管理業務に即した評価課題を案出し、これに基づいて操作性の評価を行うことが必要である。

(4)第4章は、構成要素の属性に関する評価実験の結果について述べた。次にこれらの属性を使用して通信網表示図上で指定された2個のノード間の最短ルートを検出する課題を案出して通信網表示図の操作性評価実験を行い、その有効を明らかにするとともに、通常地図表示では大規模通信網に対応できないことを明らかにした。ノード形状としては円が最も適しており、ノードのサイズは、3～4mmが適している。通信設備の状態を表示するために赤、マゼンタ、黄、緑、黒、シアンおよび青の7色程度を使用することは可能であり、この場合の背景色としては明灰色およびクリーム色が比較的適している。通信管理の基本的な作業である通信ルートをたどることによって、特定の2地点間における接続構成とその状態を把握する作業をモデル化し、表示図上で指定された2個のノード間の最短ルートを検出する課題を案出した。日本地図およ

び米国地図によるノード数を変えた操作性評価実験を行うことにより、案出した課題が有効であり、操作性は課題を達成するための時間、誤ったルートを選択したために後戻り操作を行った回数および正しく最短ルートで接続したかどうかという正解率で評価できることを確認した。後戻り回数からは、日本地図では100ノード、正解率からは日本地図、米国地図ともに100ノードが一つの表示限度であり、通常の地図表示では大規模通信網表示には適用できない。

(5)第5章は、大規模通信網向けの通信ノード配置図としてマルチフィッシュアイ地図変形表示法を提案し、操作性評価実験および主観評価実験により、有効性を確認するとともに、通信ノード表示図の表示条件を明らかにした。マルチフィッシュアイ地図変形表示法は、(a)変形拡大の中心部ではフィッシュアイ表示法、画面周辺部では等間隔に座標を割り付けることにより歪みを減少、(b)複数のフォーカス毎に算出した変形値を平均することにより、滑らかに複数領域を拡大、(c)不要な領域の縮小変形により、複数領域を拡大する場合にも十分な拡大率を確保することを特徴とする。通信ノード表示図の複雑さは、東京都や大阪府のようなノードの密集する地域における単位面積当たりのノード数すなわちノード密度によって表現することができ、操作性から見たノード密度の上限値は、達成時間からは7、後戻り回数からは5、正解率からは10である。これより、ノード密度の上限値を5と規定することにより、十分な操作性を確保することができる。この条件で、マルチフィッシュアイ地図変形法では、直径3mmのノードを全国に800個程度配置でき、十分な通信網を扱うことができる。見やすさに関する主観評価によれば、地図形状が多少歪んでも、ノードの重なりがなく、十分に識別できるようにすることが、通信ノード配置図の見やすさの向上に大きく寄与しており、マルチフィッシュアイ変形地図は、大規模通信網のノード配置表示方法として有効である。

(6)第6章は、大規模通信網向けの通信ノード階層構成表示図としてスノー・クリスタル表示法を提案し、操作性評価実験および主観評価実験により、有効性を確認した。スノー・クリスタル表示法は、階層数とノード数をもとにして、各階層を円で表し、その円周上に等間隔にノードを自動的に配置する表示法である。3階位網からなる通信網を用いて指定されたリンクを選択する操作性評価実験によれば、リンク同士の重なりがリンクの選択の操作性に大きく影響しており、リンク同士の重なりのないスノー・クリスタル表示法では、500ノード程度までは、操作性はほとんど低下しない。最短ルートを検出する操作性評価実験によれば、スノー・クリスタル表示法では、分岐しているリンクの方向が放射状に四方に分散しているために確認、判断の必要がほとんどなく、機械的にルートをたどることができるために選択時間が短く、500ノード

ド程度までは、操作性はほとんど低下しない。通信網全体の見やすさ、ノードとリンクの接続関係の分かりやすさおよび階層構成の分かりやすさに関する主観評価実験からは、スノー・クリスタル表示法は大規模通信網の階層構成表示に適している。

## 謝 辞

本論文をまとめるに当たり、懇切丁寧なご指導、ご鞭撻を賜った、大阪大学大学院基礎工学研究科 西田正吾教授に衷心より感謝の意を表します。また、有益なご指導とご助言を賜った基礎工学研究科 井口征士教授、産業科学研究所 豊田順一教授、工学研究科 岸野文郎教授に衷心より感謝の意を表します。

本論文は、著者が日本電信電話株式会社ヒューマンインタフェース研究所、情報通信研究所およびオペレーションシステム開発センタにおいて研究開発業務の一環として行った成果をまとめたものであり、本論文をまとめる機会を与えて頂いたNTTヒューマンインタフェース研究所、岡田和比古所長に感謝致します。映像処理研究部長、徳永幸生博士には、本論文をまとめる過程で種々のご指導、ご尽力を頂きました。心からお礼申し上げます。

著者の目を通信管理の世界に開かせ、本研究を遂行するきっかけを与えて頂いたNTTソフト、本間勝利担当部長（元情報通信網研究所オペレーションSE研究グループリーダー）を始めとして、ご指導、ご鞭撻を賜ったNTTアドバンステクノロジー、吉田真部長（元情報通信研究所オペレーション研究部長）、マルチメディアネットワーク研究所情報通信アセスメント研究部、間瀬憲一部長、通信機器事業推進部第一商品部、浜田洋部長（元ヒューマンインタフェース研究所映像要約技術研究グループリーダー）、ヒューマンインタフェース研究所映像処理研究部、外村佳伸映像要約技術研究グループリーダーに深謝致します。

また本研究を進める過程で多数の方々のご指導、ご協力を頂きました。とりわけ、マルチメディアネットワーク研究所第一プロジェクト、川野弘道主任研究員には、研究の初期段階より多大なご教示、ご助言やご討論を頂きました。ヒューマンインタフェース研究所映像要約技術研究グループ、浅野陽子研究主任には、本研究全般にわたって種々のご協力、ご討論を頂きました。さらに、通信管理業務に関しては、前橋工科大学、松下正彦教授、東京国際大学、鈴木健司教授、情報通信研究所サービスオペレーション研究部、貝原正治オペレーション管理研究グループリーダーを始めとする元情報通信網研究所オペレーションSE研究グループの方々、通信網表示図の表示法に関しては、国際本部、畠山裕爾担当部長、ユーザインタフェースの具体的な設計とシステムへの適用に関しては、日本電気、藤本喜作統括部長（元情報通信研究所オペレーション技術研究グループリーダー）、情報通信研究所サービスオペレーション研究部、田中一敏主幹研究員、評価実験に関しては、NTTアドバンステクノロジー、加藤秀一担当部長、高浜良友主任にご協力とご討論を頂きました。これらの方々には厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

### 第1章

- [1] M. Kojima : " Celebrating 100 years of telephone service ", NTT Review, Vol.2, No.6, 1990.
- [2] 青木 : " マルチメディアサービスに向けたネットワークの構築" , NTT R&D, Vol.45, No.5, pp.395-424, 1996.
- [3] M. Ueno and H. Ishikawa : " Strategies toward an open network ", NTT Review, Vol.9, No.1, pp.20-32, 1997.
- [4] AT&T : " Engineering and operations in the Bell System ", AT&A Bell Laboratories, Murry Hill, 1984.
- [5] 武内, 本間他 : " 通信網管理技術の動向" , 信学会誌, Vol.72, No.1, pp.82-89, 1989.
- [6] D. Stanzione : " Operations systems : A perspective ", AT&T Tech. J., Vol.73, No.4, pp.4-13, 1994.
- [7] R. F. Yates : " Human factors - an overview ", British Telecom Technology, vol.6, no.4, pp.7-16, 1988.
- [8] N. Aykin, J. Cunningham and J. Rotella : " Designing operations systems interfaces that are easy to use ", AT&T Tech. J., Vol.73, No.4, pp.14-21, 1994.
- [9] 島田監修, 吉田, 江尻編著 : " ネットワーク・オペレーション" , オーム社, 1994.
- [10] 日経コミュニケーション別冊 : " 通信サービス利用ガイドブック 1997" , 日経BP社, 1997.
- [11] 吉田 : " マルチメディア時代に向けたサービスオペレーション・マネジメント" , NTT R&D, Vol.44, No.6, pp.473-480, 1995.
- [12] 久慈, 岡崎 : " 情報ネットワークシステム" , 岩波書店, 1986.
- [13] A. Shimizu, M. Sano and I. Tsukima : " Present status of joint utilization tests of multimedia communications ", NTT Review, Vol.8, No.2, pp.8-13, 1996.
- [14] S. Kurihara and A. Shimizu : " Joint utilization tests of multimedia communications ", NTT Review, Vol.8, No.3, pp.34-41, 1996.
- [15] 吉田 : " ネットワーク構成" , 信学会誌, Vol.74, No.11, pp.1146-1154, 1991.
- [16] 香取, 加納 : " 本格的なマルチメディア時代の幕開け" , NTT技術ジャーナル, Vol.9, No.1, pp.10-14, 1997.
- [17] H. Saigoh : " OCN's basic services and network configuration ", NTT Review, Vol.9, No.3, pp.24-32, 1997.
- [18] 吉田, 勅使河原 : " ネットワークオペレーションとマネジメント" , 信学会誌, Vol.77, No.4, pp.416-423, 1994.
- [19] M. Ejiri : " Competitive telecommunications management and system development ", IEICE

Trans. Commun., Vol.E80-B, No.6, pp.805-810, 1997.

- [20] 吉田：“次世代オペレーションシステムの展望”，NTT技術ジャーナル，Vol.6, No.1, pp.34-38, 1994.
- [21] 日経コンピュータ別冊：“マルチメディア時代のユーザー・インタフェース”，日経BP社，1989.
- [22] 富士通：“GUI（グラフィカルユーザインタフェース）特集号”，FUJITSU, Vol.43, No.5, pp.411-561, 1992.
- [23] J. L. Crawford：“Graphics for network management : an interactive approach”，Integrated Network Management, Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland, 1989.
- [24] J.Fletcher and R. Taylor：“Human factors engineering in network management”，British Telecom Technology, 6, 4, pp.44-51, 1988.
- [25] R. Crutture and A. Lazer：“Management and control for giant gigabit networks”，IEEE Network, No.7, pp.62-73, 1993.

## 第2章

- [1] 吉田，貝原他：“今後のカスタマサービスとオペレーションの方向”，信学技報，IN94-111, 1994.
- [2] 吉田：“マルチメディア時代に向けたサービスオペレーション・マネジメント”，NTT R&D, Vol.44, No.6, pp.473-480, 1995.
- [3] Network Management Forum：“A Business Strategy : Implementing TMN Using OMNIPoint”，Network Management Forum, 1994.（吉田監訳：“ネットワーク管理システムのビジネス戦略”，テレコム高度利用センター，1994）
- [4] S. Aidarous and T. Plevyak：“Telecommunications Network Management into 21th Century : Techniques, Standards, Technologies, and Applications”，IEEE Inc., 1995.（吉田監訳：“ネットワーク管理のすべて”，トッパン，1996）
- [5] 島田監修，吉田，江尻編著：“ネットワーク・オペレーション”，オーム社，1994.
- [6] 松下，鈴木，岡崎：“高度通信網オペレーション標準化の推進”，NTT R&D, Vol.42, No.2, pp.251-260, 1993.
- [7] 松下，岡崎，吉田：“TMN環境における人間・機械協調通信モデル”，信学技報，IN93-130, 1994.
- [8] M. Matsushita, T. Okazaki and M. Yoshida：“A telecommunication management integration network”，IEICE Trans. Commun., Vol.E78-B, No.1, pp.17-23, 1995.
- [9] N. Aykin, J. Cunningham and J. Rotella：“Designing operations systems interfaces that are easy to use”，AT&T Tech. J., Vol.73, No.4, pp.14-21, 1994.
- [10] 吉田，高橋他：“トータルオペレーションシステムの構想”，NTT R&D, Vol.38,

No.12, pp.1453-1462, 1989.

- [11] 佐々木, 永井他: " 統合ネットワーク管理システムのためのヒューマンインタフェース開発指針の構築" , 信学技報, IN90-56, 1990.
- [12] D. Norman and S. Draper (eds.) : " User Centered System Design. New Perspectives on Human-Computer Interaction ", Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- [13] 淵監修, 古川, 溝口編著: " インタフェースの科学" , 共立出版, 1987.
- [14] J. Rasmussen and A. Pejtersen : " Mohawc taxonomy implications for design and evaluation ", Riso-R-673(EN), Roskilde, Denmark: Riso National Laboratory, 1993.
- [15] Y. Asano et al. : " Method of ecological interface design applied to interactive diagnosis support system ", Symbiosis of Human and Artifact, pp.423-428, Elsevier Science, 1995.
- [16] 浅野, 岡崎, 田中: " LANサービス管理システム用ユーザインタフェースの検討" , 信学技報, OFS96-45, 1996.
- [17] 浅野, 岡崎, 田中: " サービス管理向けヒューマン・マシン・インタフェース設計法" , NTT R&D, Vol.46, No.11, pp.1233-1238, 1997.
- [18] 西田, 佐伯: " ヒューマン・コンピュータ交流技術" , オーム社, 1991.
- [19] J. Rasmussen : " Information Processing and Human-Machine Interaction -An Approach to Cognitive Engineering ", Elsevier Science Publishing, 1986. (海保他訳: " インタフェースの認知工学" , 啓学出版, 1990)
- [20] J. Jenny and L. Keller (eds.) : " Human-Computer Interaction ", Prentice Hall, 1990.
- [21] S. Smith and J. Mosier : " Guidelines for Designing User Interface Software ", MITRE, Bedford, 1986.
- [22] B. Shneiderman : " Designing the User Interface. Second edition ", Addison-Wesely Publishing, 1992. (東, 井関訳: " ユーザーインタフェースの設計 第2版" , 日経B P社, 1993)
- [23] Apple : " Human Interface Guidelines : The Apple Desktop Interface ", Addison-Wesly Publishing, 1987.
- [24] Open Software Foundation : " OSF/Motif Style Guide Revision 1.2 ", Prentice-Hall, 1993. (日立製作所ソフトウェア開発本部訳: " OSF/Motif スタイル・ガイド リリース 1.2" , トッパン, 1993)
- [25] S. Kobara : " OSF/Motif Graphical User Interface ", Addison-Wesly Publishing, 1991. (小畑他訳: " OSF/Motif のビジュアルデザイン" , アジソンウェスレイ, 1993)
- [26] Microsoft : " The Windows Interface Guideline for Software Design ", Microsoft, 1994. (森川訳: " Windowsユーザーインタフェースデザインガイド, アスキー, 1995)
- [27] 岡崎, 山田, 中村: " トータルオペレーションのためのヒューマンマシンインタフェース" , NTT R&D, Vol.38, No.12, pp.1473-1480, 1989.



- [28] 松下, 鈴木, 岡崎: "高度通信網オペレーション標準の体系化について", 信学会春季大会, s3-433, 1993.
- [29] 吉田編, 岡崎, 河田他著: "ヒューマンマシンインタフェースのデザイン", 共立出版, 1995.
- [30] 菊池, 山岡編著: "GUIデザイン・ガイドブック", 海文堂, 1995.
- [31] 田中, 岡崎, 藤本: "エンタープライズネットワークにおけるサービス管理の概念とその実現方式", 信学技報, IN95-97, 1996.
- [32] 浅野, 岡崎, 浜田: "サービス管理オペレーションシステムのユーザインタフェース", 信学会通信ソサイエティ大会, SB9-5, 1996.
- [33] 国枝: "次世代通信網のオペレーション技術", 信学技報, CS93-8, 1993.
- [34] 河田, 岡崎, 川野: "通信網オペレーションにおけるHMI操作手順の検討", 信学会秋季大会, 3-243, 1993.
- [35] 間瀬, 川野: "ネットワーク計画・設計システムの基本構想", 信学会秋季大会, B-695, 1994.
- [36] 川野, 倉谷, 城間: "NW計画システム (PLATON)", NTT R&D, Vol.45, No.12, pp.1341-1348, 1996.

### 第3章

- [1] S. Erick and G. Wills: "Navigating large networks with hierarchies", Visualization 93 Conference Proceedings, pp.204-210, 1993.
- [2] 井上, 都丸: "新情報通信早わかり講座", 日経BP社, 1995.
- [3] R. Becker, S. Elick and A. Wilks: "Visualizing network data", IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, vol.1, no.1, pp.16-28, 1995.
- [4] J. Marcos et al.: "The SIS Project: A distributed platform for the integration of telecommunication management systems", IEEE 1996 Network Operations and Management Symposium, Symposium Record, pp.175-185, 1996.
- [5] 川野, 加藤: "ネットワーク計画・設計システムの海外事業へ向けた展開", NTT技術ジャーナル, Vol.8, No.11, pp.92-94, 1996.
- [6] J. Cunningham, C. Blewett and S. Anderson: "Graphical interfaces for network operations and management", AT&T Tech. J., 72, 3, pp.57-66, 1993.
- [7] J.Fletcher and R. Taylor: "Human factors engineering in network management", British Telecom Technology, 6, 4, pp.44-51, 1988.
- [8] R. Becker, S. Elick and A. Wilks: "Basics of network visualization", IEEE Computer Graphics & Applications, Vol.11, pp.12-14, 1991.
- [9] G. Furnas: "Generalized fisheye views", In Proc. ACM SIGCHI '86 Conf. on Human

- Factors in Computing Systems, pp.16-23,1986.
- [10] M. Sarkar and M. Brown : " Graphical fisheye views of graphs ", In Proc. ACM SIGCHI '92 Conf. on Human Factors in Computing Systems, pp.83-91,1992.
- [11] M. Sarkar and M. Brown : " Graphical fisheye views ", Communications of the ACM, 37, 12, pp.73-84, 1994.
- [12] 藤, 中井他 : " リアルタイムなBifocal表示を用いた網構成表示方式" , 信学技法, IN93-101, 1993.
- [13] H. Fuji et al : " DUALQUEST:Real-Time Bifocal Network Visualization System", IEICE Trans. Commun., Vol.E78-B, No.1, pp.68-73, 1995.
- [14] HEWLETT PACKARD : " HP Open View Windows User's Guide ", Manual Part Number: J2136-90000, 1992.
- [15] G. Robertson, J. Mackinlay and S. Card : " Cone trees: Animated 3D visualization of hierarchical information ", In Proc. ACM SIGCHI '91 Conf. on Human Factors in Computing Systems, pp.189-194, 1991.
- [16] J. Lamping, R. Rao and P.Pirolli : " A focus+context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies ", CHI '95 Conference Proceedings, pp.401-408, 1995.
- [17] K. Sugiyama, S. Tagawa and M. Toda : " Methods for visual understanding of hierarchical system structure ", IEEE Trans on Systems, man and cybernetics, Vol.SMC-11, No.2, 1981.
- [18] E. Ganser et al. : " A technique for drawing direct graphs ", IEEE Trans on Software Engineering, Vol.19, No.3, 1993.
- [19] B. Johnson and B. Shneiderman : " Tree maps : A space filling approach to the visualization of hierarchical information structures ", Proc. of IEEE Visualization 91, pp.284-291, 1991.
- [20] 川野, 岡崎, 浅野 : " 階層構造をもつ大規模ネットワーク表示法の評価" , 信学会春季大会, B7-43, 1997.
- [21] 岡崎, 川野 : " オペレーションのためのスクリーンシンボルの検討" , 信学会秋季大会, B-470, 1992.
- [22] ISO 9241-3 : " Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Part 3 : Visual display requirements ", 1992.
- [23] 野呂編 : " 図説エルゴノミクス" , 日本規格協会, 1990.
- [24] 加藤, 小川他 : " スクリーンシンボルの日米共通ガイドライン" , 情報処理学会HI研究会, 92-HI-43-2, 1992.
- [25] W. Smith : " Using Computer Color Effectively ", Prentice Hall, 1989.
- [26] 吉田編, 岡崎, 河田他著 : " ヒューマンマシンインタフェースのデザイン" , 共立出版, 1995.
- [27] 千々岩 : " 色彩学" , 福村出版, 1983.

- [28] JIS X 6041-1987 : " 業務用陰極線管表示装置及びけん盤" , 1987.
- [29] L. Makiniak : " A guide to PCB layout tools for Windows ", Electron Des, Vol.44, No.7, p.65-80, 1996.
- [30] Y. Mizuguchi and T. Watanabe : " Application of the path-addition planarity testing algorithm to layout design of printed wiring boards ", 信学技報, COMP94-76, 1995.
- [31] ISO/DIS 9241-11 : " Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Part 11: Guidance on specifying and measuring usability ", 1996.
- [32] 浜田, 小川 : " 人間-システムインタラクションと国際標準" , 人間工学, Vol.30, No.4, pp.9-13, 1994.

#### 第4章

- [1] Y. Asano, T. Okazaki and N. Tonomura : " Graphical representation for network operations and management ", Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium '97, p.287-298, 1997.
- [2] 浅野, 岡崎, 外村 : " オペレーションシステムにおけるネットワーク表示方法" , 信学技報, SSE97-145, 1997.
- [3] 加藤, 小川他 : " スクリーンシンボルの日米共通ガイドライン" , 情報処理学会HI研究会, 92-HI-43-2, 1992.
- [4] 野呂編 : " 図説エルゴノミクス" , 日本規格協会, 1990.
- [5] ISO 9241-3 : " Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Part 3 : Visual display requirements ", 1992.
- [6] 米村, 長谷川, 小川 : " コンピュータゲームを用いた色と意味との親和性評価" , 信学会秋季大会, A-139, 1990.
- [7] ANSI T1.211-1992 : " Operations, administration, maintenance, and provisioning(OAM&P) - Telecommunications management network(TMN) G interface specification ", 1992.
- [8] AT&T : "AT&T Network Management OPEN LOOK", AT&T, 1990.
- [9] J. Cunningham, J. Rotella, C. Asplund, H. Kawano, T. Okazaki and K. Mase : " Screen symbols for network operations and management ", IEEE 1992 Network Operations and Management Symposium, Symposium Record, pp.5.1.1-5.1.10, 1992.
- [10] 岡崎, 川野 : " オペレーションのためのスクリーンシンボルの検討" , 信学会秋季大会, B-470, 1992.
- [11] K. Mase, J. Cunningham, J. Cantor, H. Kawano, J. Rotella, T. Okazaki, T. Lipetz and Y. Hatakeyama : " Human performance analysis and engineering guidelines for designing graphical network management interfaces ", IEICE Trans. Commun., Vol.E79-B, No.10, p.1491-1499, 1996.

- [12] H. Kawano, T. Okazaki and K. Mase : " Experimental Evaluation for Network Map Manipulation ", HCI International '95, p.75, 1995.
- [13] 岡崎, 川野 : " 通信網構成図の表示条件と操作性の評価" , 信学会和文論文誌, Vol.J79-A, No.2, p.432-440, 1996.
- [14] T. Okazaki and H. Kawano : " Evaluation of display and manipulation of network map ", Electronics and Communications in Japan, Part 3, Vol.80, No.6, pp.83-92, 1996. ([13]の英訳版)
- [15] 小野 : " デジタル画像における画像評価法" , 電子写真学会誌, Vol.24, No.3, p.218-223, 1985.
- [16] 早川 : " 電子写真における画像品質の主観評価" , 電子写真学会誌, Vol.24, No.3, p.224-231, 1985.
- [17] ISO/DIS 9241-11 : " Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Part 11 : Guidance on specifying and measuring usability ", 1996.

## 第5章

- [1] T. Okazaki, H. Kawano and Y. Hatakeyama : " Multi-fisheye distortion of the network map ", IEICE Trans. Commun., vol.E78-B, no.1, pp.61-67, 1995.
- [2] 岡崎, 川野, 畠山 : " マルチフィッシュアイ・ネットワーク表示法" , 信学技法, IN94-116, 1994.
- [3] 岡崎, 川野, 畠山 : " マルチフィッシュアイ・ネットワーク表示法" , 信学会秋季大会, B-648, 1994.
- [4] 岡崎 : " マルチフィッシュアイ大規模ネットワーク表示法" , Journal of Technology Transfer, Vol.18, No.10, p16-17, 1995.
- [5] M. Sarkar and M. Brown : " Graphical fisheye views of graphs ", In Proc. ACM SIGCHI '92 Conf. on Human Factors in Computing Systems, pp.83-91,1992.
- [6] 岡崎, 川野 : " 通信網構成図の表示条件と操作性の評価" , 信学会和文論文誌, Vol.J79-A, No.2, p.432-440, 1996.
- [7] T. Okazaki and H. Kawano : " Evaluation of display and manipulation of network map ", Electronics and Communications in Japan, Part 3, Vol.80, No.6, pp.83-92, 1996. ([6]の英訳版)
- [8] 畠山, 岡崎, 川野 : " 大規模ネットワークの表示条件" , 信学会秋季大会, B-649, 1994.
- [9] 岡崎, 川野 : " マルチフィッシュアイ大規模ネットワーク表示方式" , NTT R&D, Vol.44, No.6, p.459-500, 1995
- [10] J. Guilford : " Psychometric Methods ", McGRAW-HILL, 1954. (秋重監訳 : " 精神測定

法” , 培風館, 1959)

- [11] 宇佐美：“カラーハードコピーの画質評価” , 電子写真誌, Vol.26, No.4, pp.413-417, 1987.
- [12] 吉川, 西村：“3種の主観量測定法の比較” , Human Interface, Vol.9, No.4, pp.415-422, 1994.

## 第6章

- [1] Y. Asano, T. Okazaki and N. Tonomura : " Graphical representation for network operations and management ", Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium '97, p.287-298, 1997.
- [2] 浅野, 岡崎, 外村：“オペレーションシステムにおけるネットワーク表示方法” , 信学技報, SSE97-145, 1997.
- [3] 浅野, 岡崎, 田中：“サービス管理向けヒューマン・マシン・インタフェース設計法” , NTT R&D, Vol.46, No.11, pp.1233-1238, 1997.
- [4] T. Okazaki, Y. Asano and H. Kawano : " Snow Crystal method for visualizing hierarchical large-scale telecommunication networks ", IEICE Trans. Commun., Vol.E80-B, No.6, p.922-929, 1997.
- [5] 浅野, 岡崎：“大規模通信網の構成表示方法” , 信学会春季大会, B7-44, 1997.
- [6] 川野, 岡崎, 浅野：“階層構造をもつ大規模ネットワーク表示法の評価” 信学会春季大会, B7-43, 1997.
- [7] 宇佐美：“カラーハードコピーの画質評価” , 電子写真誌, Vol.26, No.4, pp.413-417, 1987.
- [8] 吉川, 西村：“3種の主観量測定法の比較” , Human Interface, Vol.9, No.4, pp.415-422, 1994.

## 関連論文リスト

### 1. 学術論文

- (1) M. Matsushita, T. Okazaki, M. Yoshida : " A Telecommunications management integration network " , IEICE Trans. Commun., Vol.E78-B, No.1, p.17-23, 1995.
- (2) T. Okazaki, H. Kawano, Y. Hatakeyama : " Multi-fisheye distortion of the network map " , IEICE Trans.Commun., Vol.E78-B, No.1, p.61-67, 1995.
- (3) 岡崎哲夫, 川野弘道 : " 通信網構成図の表示条件と操作性の評価 " , 電子情報通信学会論文誌, Vol.J79-A, No.2, p.432-440, 1996.
- (4) K. Mase, J. Cunningham, J. Cantor, H. Kawano, J. Rotella, T. Okazaki, T. Lipetz, Y. Hatakeyama : " Human performance analysis and engineering guidelines for designing graphical network management interfaces " , IEICE Trans. Commun., Vol.E79-B, No.10, p.1491-1499, 1996.
- (5) T. Okazaki, Y. Asano, H. Kawano : " Snow Crystal method for visualizing hierarchical large-scale telecommunication networks " , IEICE Trans. Commun., Vol.E80-B, No.6, p.922-929, 1997.

### 2. 国際学会

- (1) J. Cunningham, J. Rotella, C. Asplund, H. Kawano, T. Okazaki, K. Mase : " Screen symbols for network operations and management " , Proceedings of IEEE NOMS '92, p.112-121, 1992.
- (2) H. Kawano, T. Okazaki, K. Mase : " Experimental evaluation for network map manipulation " , Abridge proceedings of HCI International '95, p.75, 1995.
- (3) Y. Asano, T. Okazaki, Y. Tonomura : " Graphical representation for network operations and management " , Proceedings of Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium '97, p.287-298, 1997.

### 3. 国内学会講演会

- (1) 岡崎哲夫, 川野弘道 : " オペレーションのためのスクリーンシンボルの検討 " , 電子情報通信学会 全国大会, p.3-136, 1992.
- (2) 松下正彦, 鈴木健司, 岡崎哲夫 : " 高度通信網オペレーション標準の体系化について " , 電子情報通信学会全国大会, p.3-433-434, 1993.
- (3) 河田悦生, 岡崎哲夫, 川野弘道 : " 通信網オペレーションにおけるHMI操作手順の検討 " , 電子情報通信学会全国大会, p.3-243, 1993.
- (4) 岡崎哲夫, 川野弘道 : " 通信網オペレーションのための基本スクリーンシンボル " ,

電子情報通信学会全国大会, p.3-244, 1993.

- (5) 松下正彦, 岡崎哲夫, 吉田真: "TMN環境における人間・機械協調通信モデル", 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, IN93-130, p.79-86, 1994.
- (6) 岡崎哲夫, 畠山裕爾, 川野弘道: "マルチフィッシュアイ・ネットワーク表示法", 電子情報通信学会, 全国大会, p.B-648, 1994.
- (7) 畠山裕爾, 岡崎哲夫, 川野弘道: "大規模ネットワークの表示条件", 電子情報通信学会全国大会, p.B-649, 1994.
- (8) 岡崎哲夫, 川野弘道, 畠山裕爾: "マルチフィッシュアイ・ネットワーク表示法" 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, IN94-116, p.59-66, 1994.
- (9) 岡崎哲夫: "通信網構成図を用いたルート選択操作の分析", 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, PRU95-58, p.49-54, 1995.
- (10) 田中一敏, 岡崎哲夫, 藤本喜作: "エンタープライズネットワークにおけるサービス管理の概念とその実現方式", 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, IN95-97, p.55-60, 1996.
- (11) 浅野陽子, 岡崎哲夫, 浜田洋: "サービス管理オペレーションシステムのユーザインタフェース", 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, p.SB9-5, 1996.
- (12) 浅野陽子, 岡崎哲夫, 田中一敏: "LANサービス管理システム用ユーザインタフェースの検討", 電子情報通信学会オフィスシステム研究会, OFS96-45, p.25-30, 1996.
- (13) 浅野陽子, 岡崎哲夫: "大規模通信網の構成表示方法", 電子情報通信学会全国大会, p.B7-44, 1997.
- (14) 川野弘道, 岡崎哲夫, 浅野陽子: "階層構造をもつ大規模ネットワーク表示法の評価", 電子情報通信学会全国大会, p.B7-43, 1997.
- (15) 浅野陽子, 岡崎哲夫, 外村佳伸: "オペレーションシステムにおけるネットワーク表示方法", 電子情報通信学会交換システム研究会, SSE97-145, p.31-36, 1997.
- (16) 浅野陽子, 岡崎哲夫, 外村佳伸: "通信サービス管理向けネットワーク表示方法", Human Interface N&R, Vol.13, No.1, p.55-60, 1998.

#### 4. 著書

- (1) 久慈要, 岡崎哲夫: "情報ネットワークシステム", 岩波書店, 1987.
- (2) 島田禎晋監修, 吉田真, 江尻正義編著, 松下正彦, 山口治男, 山中康史, 岡崎哲夫著: "ネットワーク・オペレーション", コロナ社, 1994.
- (3) 吉田真編, 岡崎哲夫, 河田悦生, 管村昇, 鉄谷信二, 戸井田徹著: "ヒューマンマシンインタフェースのデザイン", 共立出版, 1995.

#### 5. 解説記事

- (1) 岡崎哲夫：“GUI (Graphical User Interface) の動向”，人間工学会東京支部大会招待講演，1993.
- (2) 岡崎哲夫：“マルチフィッシュアイ大規模ネットワーク表示法”，Journal of Technology Transfer, Vol.18, No.10, p16-17, 1995.

#### 6. その他 (NTT機関誌に発表したもの)

- (1) 岡崎哲夫，山田淳二，中村能章：“トータルオペレーションのためのヒューマンマシンインタフェース”，NTT R&D, Vol.38, No.12, p.1473-1480, 1989.
- (2) 松下正彦，鈴木健司，岡崎哲夫：“高度通信網オペレーション標準化の推進”，NTT R&D, Vol.42, No.2, p.251-260, 1993.
- (3) 岡崎哲夫，川野弘道：“マルチフィッシュアイ大規模ネットワーク表示方式”，NTT R&D, Vol.44, No.6, p.459-500, 1995.
- (4) 浅野陽子，岡崎哲夫，田中一敏：“サービス管理向けヒューマン・マシン・インタフェース設計法”，NTT R&D, Vol.46, No.11, p.1233-1238, 1997.