

# NTTにおける防災関連システムの開発状況

本田 健一<sup>1</sup>・中川 守<sup>2</sup>・林 明<sup>1</sup>

1 NTTアクセス網研究所 (〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1)

2 NTTアクセス網研究所 (〒261-0023 千葉県美浜区中瀬 1-6NTT幕張ビル)

兵庫県南部地震以降、自治体やライフライン企業を中心に地震防災システムに関する動きが活発になっている。これは、先の地震時に被害状況の把握や応急物資・人員の輸送、避難住民の管理等が非常に困難であったこと等からシステム化の必要に迫られたものである。

NTTにおいても、この時の教訓から防災に関わるシステムとして「アクセス系地下ルート耐震性評価AP」及び「アクセス系被災状況把握システム」を開発した。これらは、それぞれ地下通信管路の耐震性評価・被災推定及びケーブルの被災推定・把握を行うためのツールである。また、このようなシステムに不可欠な地図情報のデータベース構築技術及び利用技術の開発にも取り組んでいる。

**keyword :** aseismic evaluation, damage estimation, underground telecommunication facilities, liquefaction, telecommunication cable, GIS, spatial database

## 1.はじめに

兵庫県南部地震では、震度階Ⅶの激震地域があったこと、沿岸部・埋立地で大規模な液状化が発生したこと等から NTT の通信設備も被災を免れることは出来なかった。NTT は、兵庫県南部地震発生後、情報化社会における電気通信サービスの重要性を考慮し、今回の地震を真摯に受けとめ、ハード、ソフト両面において災害対策の強化に向けた見直しを行うため本社内に「大都市激甚災害対策委員会」を設置した<sup>1)</sup>。同委員会では、7つの専門委員会に分かれて広範な検討を行ってきた。それらのうちの「危機管理・復旧」専門委員会において、「アクセス系被災状況の早期把握ツールの開発」が検討された。本稿では、この検討内容に基づいて開発した「アクセス系地下ルート耐震性評価アプリケーション（以下、AP）」及び「アクセス系被災状況把握システム」について紹介する。これらのツールの位置づけを図-1に示す。また、関連する技術としてマル

チメディア時代の各種システムの基盤を目指して開発中の共用地図情報データベースの構築技術及び利用技術についても紹介する。

## 2.アクセス系地下ルート耐震性評価 AP

兵庫県南部地震による地下通信設備の被害は比較的軽微であったが、地下通信設備は面的に広がっているうえ、被災状況を目で確認することが困難であるため、設備点検に時間を要し、復旧時の大きな障害となった。我々は、この教訓を基に「アクセス系地下ルート耐震性評価アプリケーション（以下、耐震性評価AP）」を開発した<sup>2)</sup>。これは地震、地盤、設備の各情報に基づいて事前に地下管路設備の耐震性評価を行い、地震後にはマクロの被災予測を行うためのツールである。平常時の事前評価は設備の総合計画・更改計画策定に、地震後のマクロ被災推定は復旧費用の概算、リソースの投入計画等にそれぞれ活用される。

### (1) MARIOS の概要

耐震性評価APは、社内の基盤設備の計画系マネジメントシステムである MARIOS のアプリケーションである。まずこの MARIOS の概略を説明する。

MARIOS (アクセス系マネジメント支援システム; Management Support System for Access Task Reengineering Innovation Objects) は、設備の現状把握、ケーブル配線計画策定、基盤設備のグランドデザイン策定等マネジメント業務を支援する情報分

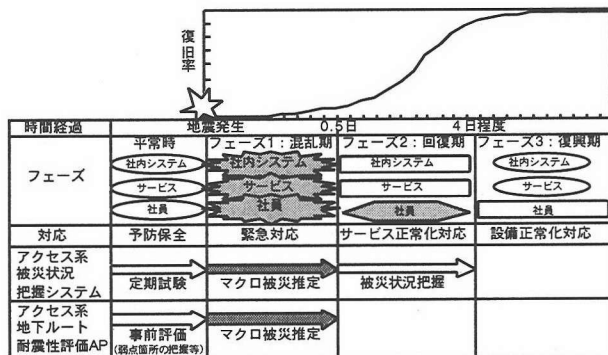


図-1 被災予測・把握ツールの位置づけ

析システムである。お客様 DB、設備 DB、地図 DB 等のデータを複合的・多角的に処理・加工することができ、その処理結果を区画地図、ルート図、直線図、グラフ、表等様々な形式で表示することができる。さらにオブジェクト指向プログラミングの OS を採用しており、担当者がアプリケーションを作成・改造することが可能である。MARIOS は、DB サーバと各支社・支店に置かれたクライアントがデジタル公衆回線によって結ばれたクライアント・サーバ方式を採用している。現在、全国に約 300 台のクライアントが設置されており、日々の業務に活用されている。

## (2)耐震性評価 AP の概要

MARIOS 上で動作する設備の耐震性を評価するための AP を開発する場合、MARIOS の基本機能である地図表示、ルート表示が活用できると同時に、設備 DB が既に整備されているため初期のデータ投入が少なく、短時間で評価が出来る。また、併せて MARIOS の DB 群にボーリングデータ、土の室内試験データといった地盤情報の DB を追加構築・整備することとした。この DB を整備することによって、耐震性評価の際の地盤データの収集・登録の稼働が削減される。AP のイメージを図-2 に示す。

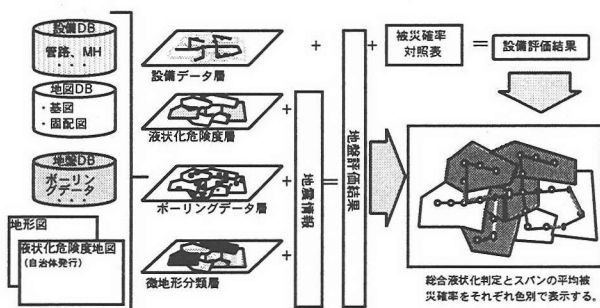


図-2 アクセス系地下ルート耐震性評価 AP イメージ

## (3)評価フロー

概略の評価フローを図-3 に示す。兵庫県南部地震直後に行った地下管路設備の緊急点検の分析結果より、地下管路設備の被災要因は大きく分けて地盤の液状化の有無、地震動の大きさ、管種、建設年度であることが分かっており、AP は「地盤評価部」と「設備評価部」に大きく分けられる。この AP における特徴は、1) 微地形分類、自治体の発行する液状化危険度マップ、ボーリングデータを使って総合的な液状化判定を行う点と、2) 固定配線区画（以下、固配）と呼ばれる NTT が通信網を管理する際の単位区画で地盤評価を行っている点である。

次節よりフローに沿ってその内容を説明する。

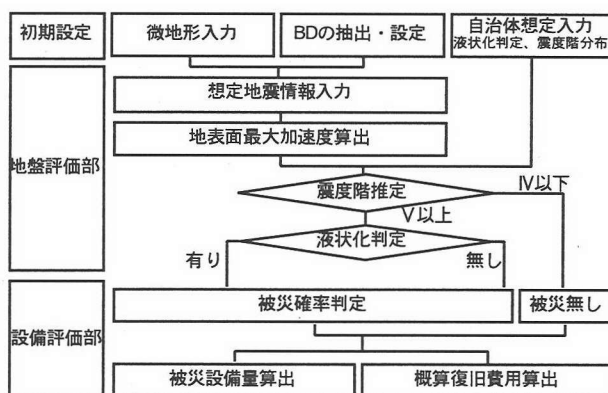


図-3 評価フローの概略

## (4)初期設定

初期設定では、地盤を評価するための地形データ、ボーリングデータの入力・加工を行う。また、自治体が発表している液状化危険度マップや震度分布想定図等の情報を入力する。

## (5)地震情報入力

想定地震名、震央位置（緯度、経度）、マグニチュードを入力する。事前の設備耐震性評価を行う場合は、その設備ビルが位置している地方自治体が防災計画策定時に想定している地震の各情報を入力する。地震発生後の被害推定を行う場合には、気象庁の発表データ等を入力する。

## (6)地震動・震度階推定

各固配ごとの震度階推定及び液状化判定を行うために地表面最大加速度を距離減衰式を用いて推定する。最大加速度を推定するための距離減衰式は、これまでに多くの研究者によって提案されてきたが、それらのうち建設省土木研究所が 1982 年に提案した推定式<sup>3)</sup>を採用した。

ボーリング地点または固配の座標と震央位置から距離を算出し、距離減衰式によって地表面最大加速度を推定する。また、震度階は地表面最大加速度から経験式によって算出・推定する。

## (7)液状化判定

本 AP では、液状化危険度マップ、微地形分類を用いた判定、ボーリングデータを用いた判定のうち、最も「液状化する」に近いものを総合液状化判定結果とする。

液状化危険度マップの場合、担当者が判断して固配ごとに入力した結果がそのまま判定結果となる。

微地形分類による判定の場合、距離減衰式によって求めた地表面最大加速度が 150gal 未満では微地形分類によらず「非液状化」と判定される。地表面

最大加速度が 150gal 以上と推定された固配については微地形に応じて「液状化の可能性が高い」「液状化の可能性がある」「液状化の可能性が低い」に自動的に分類される。微地形分類と液状化ランクの関係を表-1 に示す。

表-1 微地形分類と液状化ランクの関係

液状化ランク	液状化の可能性	液状化予測に用いる微地形分類
I	高い	砂丘末端緩斜面、砂丘間低地、旧河道、埋土地、干拓地 等
II	ある	自然堤防、自然堤防、砂州、砂丘、三角州、盛土地 等
III	低い	台地・段丘、扇状地、山地、丘陵 等

地盤情報 DB のボーリングデータによる判定の場合、液状化判定の必要性判断を行ったうえで FL 値<sup>4)</sup>、PL 値を算出し液状化判定を自動処理で行う。

### (7)設備評価

本 AP で評価対象としている設備は、MH、ハンドホール（以下、HH）、ビル引き込み管、橋梁添架設備、主線管路、配線管路の 6 種類である。各設備は、構造種別と建設年度によっていくつかに分類され、液状化の有無・震度階との組み合わせで被災確率を推定することができる。表-2 は主線管路（鋼管）の場合の被災確率対照表である。被災確率は、兵庫県南部地震を含む過去の大規模地震における被災分析より求めたものであり、MH と MH の間、一スパン中のある管種、建設年度の管のうち何割が被災するかを推定した値である。なお、建設年度は、継手構造の改良といった主な耐震対策の導入年度によって区分されている。

表-2 主線管路（鋼管）被災確率対照表

管種	建設年度	液状化有無		液状化			
		震度階	液状化	非液状化			
			V 以上	VII	VI	V	
鋼管		$Y < '53$	0.50	0.45	0.35	0.25	
		$'54 \leq Y < '81$	0.30	0.20	0.15	0.10	
		$'82 \leq Y$	0.10	0.00	0.00	0.00	

前述したように、同一スパン内に異なる管種の新旧の管が混在しているので個々の管路の被災確率を算出したうえで、平均、最大、最小の被災確率を算出する。これらの値は自動処理で算出される。

### (8)表示

MARIOS の基本機能である地図表示機能を用いて、液状化判定結果に設備ルート図を重ねて表示し、スパンごとの被災確率を色別に表示することができる。また、ビルエリア内の固配を震度階推定結果、微地形分類に応じて色別に表示することもできる。

マウスで固配やスパンを選択すると固配の各種判定結果、設備名、平均・最大・最小被災確率、管路数等の情報がウィンドウ表示される。評価結果の画面表示イメージを図-4 に示す。

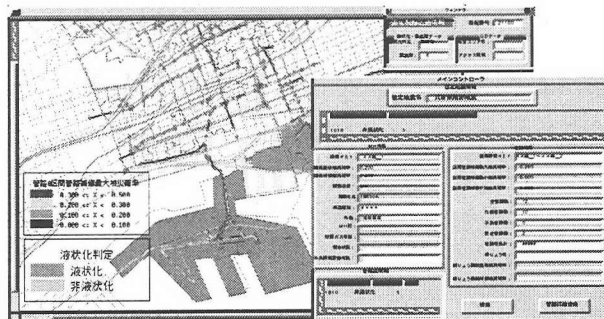


図-4 評価結果の画面表示イメージ

更に、設備センタビル収容エリア内の推定被災設備量及びケーブル量を基に管路修理費用、ケーブル張り替え費用、構造物更改費用等を算出し、応急復旧及び本復旧費用の概算費用を算出することができる。

### (9)今後の予定

兵庫県南部地震を教訓として開発したアクセス系地下ルート耐震性評価 AP の概要について記した。本 AP は 1998 年 4 月に試験的に導入されている。本 AP を用いて 1 つの設備センタビルの収容エリア内の全設備の耐震性を評価するのに要する時間は、準備、初期設定を含めて約 1 ヶ月である。初期設定が済み、地盤 DB が整備されれば、2 回目以降は約 30 分である。

本 AP については、計測震度への対応及び作業の省力化を目的とした数値地図データの取り込み<sup>5)</sup>、GIS ソフトの活用等のバージョンアップを図っていく予定である。また、被災確率対照表については今後、被害データの蓄積に応じて見直し、精度の向上を図っていききたい。

### 3.アクセス系被災状況把握システムの開発

上述した AP がケーブルを収容する地下通信設備の耐震性評価・被災予測をするためのツールであるのに対し、本システムはケーブルを試験してサービ

スへの影響を予測・把握するためのツールであり、  
1) 災害発生直後における、約半日程度でのマクロ被災状況推定及び、2) 回復期における被災状況把握に用いられる<sup>6)</sup>。システムの概要を図-5に示す。

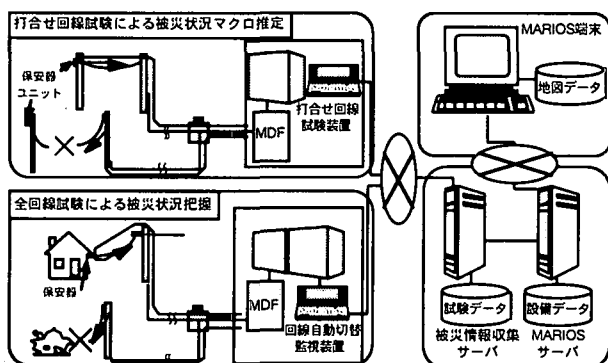


図-5 アクセシ系被災状況把握システムの概要

### (1)打合せ回線試験によるマクロ被災状況推定

通信ケーブルには、固定配線区画ごとに「打合せ回線」と呼ばれる作業時の連絡に用いられる回線が通っている。災害発生直後のマクロ被災状況推定は、まずこの打合せ回線の良否を「打合せ回線試験装置」により判定し、その結果をMARIOSのDBに転送・登録する。次にMARIOSを用いて被災状況のマクロ推定を行うと共に、地図及び帳票にその結果を表示する。

### (2)全回線試験による被災状況把握

回復期の被災状況把握は、設備センタビル内のMDF（本配線盤）から「回線自動切替監視装置」を用いて全回線試験を行い、試験結果をMARIOSのサーバに転送・登録する。次に、MARIOSにより被災状況を地図及び帳表に表示する。

### (3)その他の機能・特徴

被災直後のマクロ推定及び回復期における被災状況把握ともに、被災状況下においても確実なデータ転送を可能とするため一般公衆回線、専用線及び携帯電話等複数の通信手段に対応できる転送技術を確立した。また、端末機種、OS、通信ソフトに対し自由度の高いオープンなシステムとした。さらにデータ駆動型リアルタイムDB変換プログラムを開発し、公衆回線から送り込まれる不定期データの常時監視、到着データの検知等を行うことが可能な迅速で柔軟なDB構築処理を確立した。また、地図情報のファイルに住所表示機能を付与することにより、具体的な被災地域の把握を可能とした。

試験結果をMARIOSのサーバに登録することに

より、MARIOSの特徴である、強力なデータ加工技術・多彩な表示機能をフル活用できる。また、MARIOSの持つ設備データ、お客様データと被災データを組み合わせての多角的且つ、高度な分析が可能である。更に将来の拡張機能が柔軟に行えるメリットがある。

## 3.共用地図データベースの開発

ここまで述べてきたツールのベースとなるMARIOSで用いられている地図の縮尺は1/25,000である。このシステムが当初目的としていた、総合的な計画や設備の管理と言った業務ではこれで十分であった。一方、NTTではサービスを利用するお客さま、通信ケーブル、電柱等の膨大なアクセス系設備の位置管理等、幅広い業務で地図を利用している。従来は設備記録図、住宅地図等の紙面地図が利用されてきたが、業務のシステム化が進むにつれ、電子地図に対するニーズが高まってきた。しかし、電子地図は大都市エリアしか市販されていないのが現状であり、さらにシステムごとに高価な地図を個別に購入しなくてはならない等の課題がある。

そこで、NTTでは、マルチメディア時代のインフラデータともいえる全国の電子住宅地図DBを構築する入力システムである共用地図情報データベースシステム（GEOS；Geographic information system for shared spatial database）を開発し、データベース整備を目指す一方、地図情報を利用する業務を支援するシステム、及び地図情報の応用技術の開発を行っている<sup>7,8)</sup>。開発は平成7年度から始まり、現在は試行導入に至っている。

### (1)地図情報データベースの構造

地図情報は様々な業務の中で利用されており、それぞれに必要なとされる情報が異なるため、本システムで管理するデータベースも多様なニーズに応えられる仕様でなくてはならない。構造のポイントは以下の通りである。1) 地図データはシステムに依存しない普遍的なデータ（国家座標）で生成した。2) 各データの管理にはレイヤ構造を採用し、地形、家屋、設備等を独立して管理するので、レイヤ単位での表示・非表示、更新等のカスタマイズが可能である。3) 家屋図形には顧客情報、設備図形には設備情報といったように、それぞれの地図情報に複数レコードの属性情報を付与できる構造にした。

このような構造により、視覚的な範囲でしか付加情報を示せない紙面地図に比べて豊かな表現力を

持たせることができるとともに、ユーザ側へ目的ごとの地図情報を提供することができる。

## (2) システム構成

本システムはクライアントサーバシステムで構成されており、地図情報管理データベース、属性情報管理データベースの2つの分散データベースからなっている。また、機能別には大きく2つのシステムに分けられ、地図情報データベースを構築する共用地図情報システムと、地図情報を利用する各種地図利用システムから成る。ここでいう利用システムとは地図情報を扱えるシステムを指し、特定のシステムを指していない。

### a) 地図情報管理データベース

イメージスキャナから読み込まれた紙面地図（国土基本図、都市計画図、道路台帳、森林基本図等）の画像データを管理する。このデータに対し座標付与、ベクトル化（家屋、道路等の地図構成要素別図形抽出）の処理を施し、地図情報の元データが生成される。

### b) 属性情報管理データベース

地図情報に付与される属性情報（顧客情報、設備情報等）を管理する。

本システムに使用されるサーバ、クライアントともにすべてパーソナルコンピュータ（PC/AT 互換機）で構成されており、Windows NTをOSとしている。また、DBMSとしてOracleを採用している。

なお、地図情報管理サーバではイメージ画像、ベクトル画像双方を扱うことができる。つまり、属性情報等が必要な図形からベクトル化を進めていく方法をとることにより、初期構築稼働を軽減することが可能になる。

NTTではこれまでも地図データを利用する情報システムを開発していたが、そのデータベースは当該システムでのみ利用可能ということが一般的であった。本システムでは図形データまたは属性データから地図情報の位置座標データを供給できる。さらに、図形データは、各種データ形式で供給できる。また、道路管理システム等、社内外の既存システムの地図情報を本システムの共用データベースとして利用することができる（図-6）。

## (3) 共用地図情報データベース応用技術

共用地図情報データベースを様々なプラットフォーム上で利用するための応用技術と防災システムへの適用例を紹介する。

### a) 地図情報フォーマット変換技術

現在、社内外では多くの地図情報システムの開

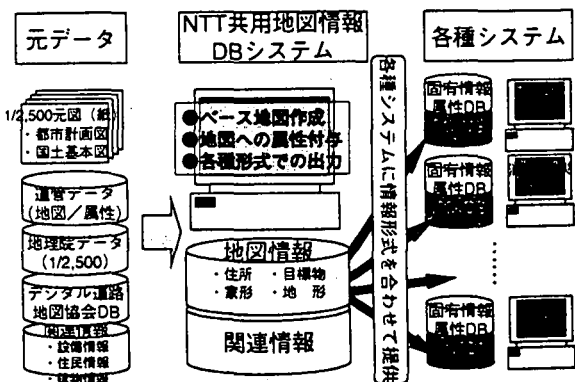


図-6 共用地図DBシステムのイメージ

発・運用が行われている。それらの運用形態、データの管理方法、形式は統一されておらず、幅広く共用されるデータベースの実現にはこの課題を解決する必要がある。

GEOSでは、地図情報を汎用フォーマットでの変換出力が可能である。これらの出力フォーマットは多くの地図利用情報システムで幅広く対応している。

### b) モバイル技術と地図情報の連携

設備現況調査等、地図情報を利用する業務には屋外で実施されるものもある。そこで、モバイル端末で地図情報を取り扱うシステムの開発も行っている。モバイル端末は様々な状況での利用を考慮し、ペン入力タイプのものを採用した（図-7）。

データの送受信は携帯電話を使用し、GPS測位で現在位置を求め、該当する地図情報の検索を行い、投入した情報を送信してサーバでデータを収集する。送信データは文字情報のほか、デジタルカメラとの連携で画像データを扱うことも可能である。

次に共用地図情報データベースの防災システムへの適用事例を以下に示す。

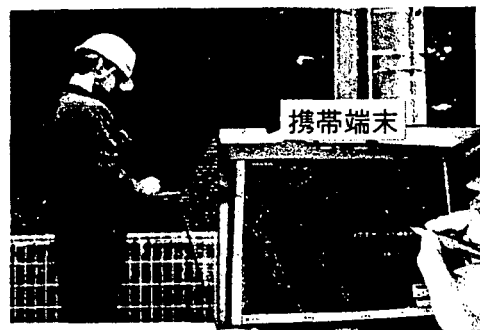


図-7 モバイル端末を使用した作業

### c) 被災状況把握、被災設備の図面検索

災害発生後の調査で撮影した写真等を属性情報としてデータベースに登録しておくことによって、地図上のある地域又は設備を選択して、その被災状

況を地図と重ねて表示する。また、発災直後の航空写真と電子地図を重ね合わせることによって、焼失地域、倒壊家屋、被災設備等を抽出・把握する。また、被害地域における設備を検索し、その図面を選択・表示する（図-8）。

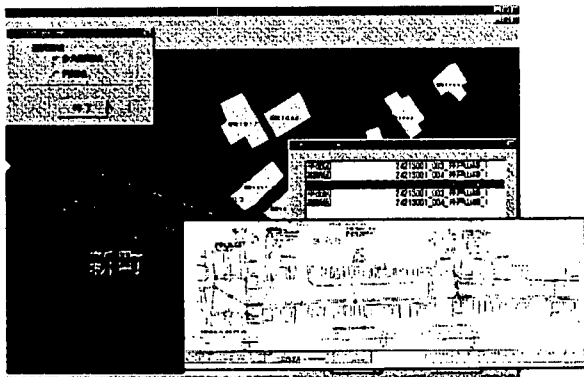


図-8 被災箇所設備図面検索・表示

#### d)被災家屋、防災施設の検索

家屋の被災状況の調査結果を属性情報としてデータベースに登録しておくことによって、家屋の状態別に抽出・ハイライト表示する。また、ライフライン設備の被災情報を登録することによって、その影響が及ぶ家屋を検索・表示する。また、事前に登録しておいた避難場所、警察、消防等の防災施設の検索・表示を行う。

#### e)復旧作業の手配

PHSを用いた位置検知システムと組み合わせて、地図上に復旧作業車両と被災箇所を表示し、作業班を適切に配置する（図-9）。



図-9 復旧作業の手配

#### f)現場調査支援

発災後の現場調査において、モバイル端末に地図を表示し、前述の機能を用いて設備図面、写真等を検索・表示するとともに、調査結果や写真をサーバに伝送・登録する。

#### g)Web上での情報提供

汎用のブラウザソフトからの地図情報の参照を

実現したものである。地図データは汎用イメージフォーマット（GIF形式）を採用し、GEOSより形式変換処理を施したものを利用する。空間参照データを使用して座標、住所等で地図データの検索が可能である。避難所の位置確認、被災箇所確認等をWeb上で地図やテキストで情報提供する。

#### (4)今後の予定

これまでに紹介したもののほかにもCTI技術による地図情報データ処理の応用技術、そして、住宅地図レベルの地図上で最短経路検索等のより高度な機能実現のために、道路の方向性、規制情報等を備えたナビゲーション地図情報との融合技術の開発等が検討されている。

#### 4.おわりに

NTTでは、兵庫県南部地震を踏まえ、従来からの大規模災害への種々の対策に加えて、災害に強い通信サービスの実現に向けて新たな施策に取り組んでいる。具体的には、災害用伝言ダイヤル（171）、被災地情報ネットワークの構築、災害による停電時公衆電話無料化等がある。今後、情報通信の重要性が増す中で、非常時においてもその責務を果たせるよう、より一層信頼性の高いネットワークの構築を目指し、引き続き各種防災システムの開発にも取り組んでいく予定である。

#### 参考文献

- 1) 本田他 阪神・淡路大震災調査報告9巻ライフライン施設の被害と復旧、pp.467-505、1997
- 2) Honda *et al.* Development of Earthquake-proof Performance Evaluation Application for Underground Telecommunication Conduits, 3rd China-Japan-U.S. Lifeline Earthquake Engineering Sumosium, 1998
- 3) 建設省土木研究所 土研資料第1864号、1982
- 4) 財団法人道路協会 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、pp.34-42、1990
- 5) 翠川他 国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価、物理探査、第48巻第6号、pp.519-529、1985
- 6) Honda *et al.* Aseismic Countermeasure Technologies for Outside Telecommunication Facilities Implemented Following the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, Draft Proceedings of the 7th US-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, 1997
- 7) 南橋 文二、通信施設の空間データ整備と活用について、第22回土木情報システム講演集、pp.9-12、1997
- 8) 中川他、社内の各種システムの基盤となる共用地図情報データベースの構築、NTT技術ジャーナル、1996 Vol.8 No.12