

&lt;論文&gt;

## 光ファイバーケーブル心線管理システム

The Optical Fiber Cable Management System

筒井和雄<sup>1\*</sup>, 福島 学<sup>1\*</sup>, 林真智樹<sup>1</sup>, 小島信男<sup>1</sup>, 濱口清史<sup>1</sup>, 斎藤 仁<sup>2</sup>, 石丸伸裕<sup>3</sup><sup>1</sup> (株) 日立製作所 情報制御システム事業部 / 〒 319-1293 茨城県日立市大みか町五丁目2番1号<sup>2</sup> (株) 日立製作所 社会システム事業部 / 〒 101-8010 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地<sup>3</sup> (株) 日立製作所 中央研究所 / 〒 185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地KAZUO TSUTSUI<sup>1\*</sup>, MANABU FUKUSHIMA<sup>1\*</sup>, MASAKI HAYASHI<sup>1</sup>  
NOBUO KOHATA<sup>1</sup>, KIYOSHI HAMAGUCHI<sup>1</sup>, HITOSHI SAITOU<sup>2</sup>, NOBUHIRO ISHIMARU<sup>3</sup><sup>1</sup> Hitachi, Ltd., Information & Control Systems DivisionAnd Industrial Systems Reserach And Development Center  
/5choume-2-1, Omika-cho, Hitachi-shi, Ibaraki-ken, 319-1293 Japan<sup>2</sup> Hitachi, Ltd., Public & Municipal Systems Division  
/6, Kanda-Surugadai 4-choume, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-8010 Japan<sup>3</sup> Hitachi, Ltd., Centoral Reserch Laboratory  
/1-280, Hlgashi-koigakubo Kokubunji-shi, Tokyo, 185-8601 Japan

## Abstract

The laying of optical-fiber-cable networks—a key facility of the advanced information society—along riverbeds, roads, and sewers is rapidly being expanded. The condition of existing networks is therefore continuously changing. Accordingly, a new optical-fiber-cable management system for accurate and efficient maintenance of all the fibers (from 24-up to 1,000-fiber optical-fiber cables) in these networks has just been implemented. This system provides a fiber management function to manage the status of a huge amount of deployed fiber in conjunction with geographical data and a fiber monitoring function for monitoring fiber-cable faults.

**Key Words** : optical-fiber-cable, sewers, fiber-cable fault, OTDR, Geographical Information System

## 1 はじめに

高度情報化の基幹施設である光ファイバー網が、河川、道路、及び下水道管渠内の空間を利用して急速に敷設拡大している<sup>1)</sup>。この光ファイバーケーブルの敷設、使用状況は刻々と変化しており、24心から1,000心にも及ぶ多心光ファイバーケーブルを心線毎に効率的、かつ正確に維持管理できる「光ファイバーケーブル心線管理システム」が導入されつつある。このたび開発した「光ファイバーケーブル心線管理システム」は、膨大な量の心線敷設状況を地理情報上で管理する心線管理機能とケーブル障害の監視をする心線監視機能を備えたものである。光ファイバケーブルは多心構造を持ち、各心線毎に接続先が異なるため、心線毎の接続状況管理技術が重

要なポイントになる。本稿では、診断情報に基づく障害箇所特定、心線接続図の自動生成やケーブル・心線のルート追跡に加え、施設の存在時間(敷設日・撤去日)管理による現況及び計画・過去状況の検索表示処理について述べる。

## 2 開発の背景

光ファイバーケーブルは、数本から1,000本程度の心線で構成されており、敷設時には接続箱や成端箱にてケーブル心線が相互接続されている。光ファイバー網が拡大するとともに、ケーブルを構成する心線数が増加するに従い、実際の通信ルートである各心線の接続情報管理が重要となっている。

\*Member of EICA

しかしながら、従来から運用されている上下水道管路情報管理システムのような施設管理システムは、光ファイバ施設を管理するには機能が不十分で、下記のような問題点がある。

(1) ケーブル障害発生時の障害個所特定

OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)と呼ぶ光パルス試験器により、障害個所までの距離はかなり正確に分かるが、ケーブルには余長や立上りがあり、地図上の距離と一致せず、障害個所特定に時間がかかる。

(2) 心線の接続状態把握

接続箱や成端箱単体の心線接続図は作成されているが、各心線の通過経路のわかる図面がなく、膨大な量で作成・維持が困難である。これは(1)の障害個所特定時にも問題となる。

(3) ルート模式図と実際の敷設個所の対応

ケーブルルートやルート上の施設は、通常ネットワーク図や敷設ルート図と呼ぶ模式図で管理されているが、実際の敷設個所を地図上に記載した台帳管理図上の位置と対応が取りにくい。

(4) 最新の施設状況把握

設備の新設・変更が増えるにつれ、設備と管理情報更新の同期がとれず、最新状況の把握が困難になってきている。

今回、上記ニーズに対応するため上下水道向け施設管理システム技術をベースに光ファイバーケーブル心線管理システムを開発した。本システムは、特に下水管きよ内に敷設された光ファイバー網を対象に開発したが、道路などに敷設された光ファイバー網にも適用できる。下水管きよへの光ファイバーケーブル敷設は、Fig.1に示すように管渠内にケーブルを通し、マンホールに接続箱などを設置している。

下水管きよを利用することにより、共同溝などと比較し低コストで短期間に敷設できる。このため、特に都市部のエリアネットワークを構築するのに適している。

### 3 システムの概要

本システムは、Fig.2に示すように光ファイバー施設の情報を管理する心線管理サーバを中心に、障害

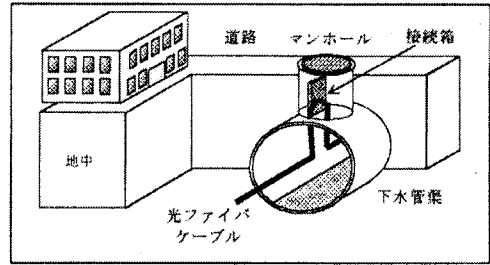


Fig.1 下水管きよへの光ファイバーケーブル敷設

発生個所を検出する心線監視装置、及び各種情報を検索表示する端末装置とから構成される。サーバ内の統合データベースには地形情報である地図情報、下水管きよや光ファイバーケーブルの敷設状況やケーブル・心線の長さや接続関係などの施設情報、写真、図面等の画像情報が格納される。下水管きよ内に敷設された光ファイバーケーブルは、下水道施設である下水処理場、ポンプ場を結んでいる。また、多目的な利用のため、マンホール内に接続場所を設けたり、公共施設を結んでいる。

本システムは、図面表示・属性検索など施設管理システムとしての機能に加え、上記の各問題に対応するため、光ファイバーケーブル心線管理向けとして次のような特徴を持っている。

- (1) 接続ルート高速追跡と障害点特定機能
  - ・心線接続とケーブル接続情報の階層ネットワーク構造を用いた高速ルート追跡。
  - ・OTDRからの障害点までの距離を用いた障害個所特定機能。
- (2) ルート検索を用いた心線接続状態表示機能
  - ・心線1本の接続先ルート表示機能。
  - ・2点間の心線接続図自動生成機能。
- (3) 関連図面の連動表示機能
  - ・ネットワーク図、敷設ルート図、台帳管理図間で同一施設を表わす位置を連動表示する。
- (4) 4次元GIS(Geographical Information System)採用による時間管理機能
  - ・統合データベースとその管理機能には、地図情報データベースとリレーショナルデータベースを統合し、各データの座標を時間軸まで拡張

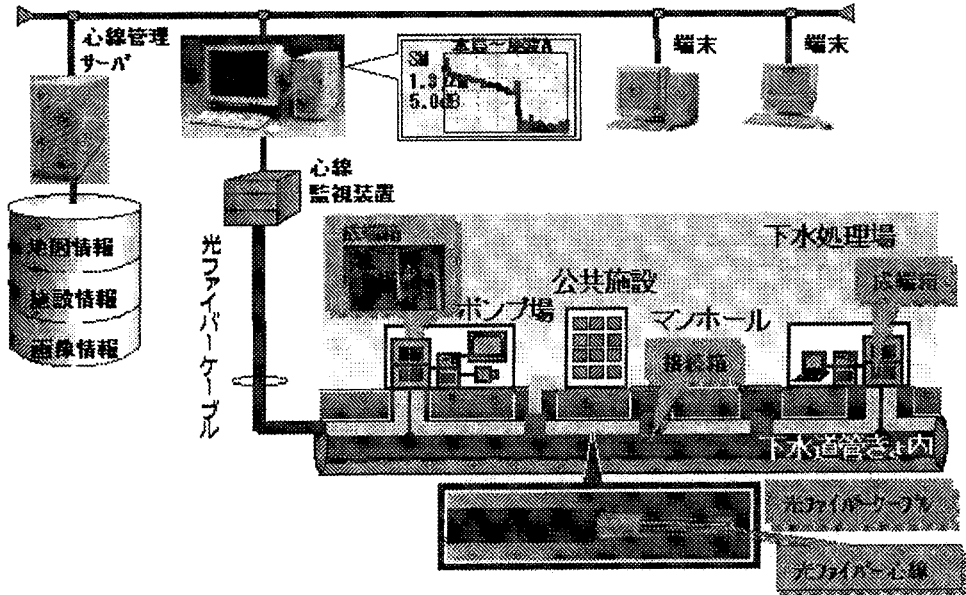


Fig.2 光ファイバケーブル心線管理システム構成敷設

した4次元GIS基本機能を採用した<sup>2)</sup>。  
 ・これにより任意時間断面での情報検索表示が行えるようになり、データベースに工事内容を完成月日(時間)付であらかじめ登録しておくことができ、最新状況や過去・将来の状況検索表示が容易に行える。

以降に、主な機能である、障害点特定機能と、本システムの各機能を実現する上で必要な情報である統合データベースについて述べる。

#### 4 障害発生点のケーブル位置特定

光ファイバの障害診断は、OTDRにより光ファイバの予備心線へ診断用光パルスを送出し、反射波が検出されるまでの時間と強度を測定する。この結果から測定対象の光ファイバ心線に対する障害の有無と、障害点までの距離を割り出す。

障害点位置を台帳管理図上で特定する際、OTDRの診断結果で得られる障害点までの距離は、光ファイバ心線上での距離であり台帳管理図上の光ファ

イバケーブルをたどって割出す距離とは、Fig.3に示すように一致しない。

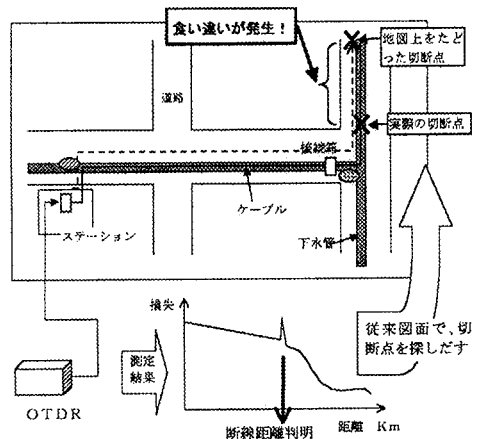


Fig.3 ケーブル障害点と実際の場所の違い

これは、Fig.4に示すようにケーブル接続時の余長が、一つの接続点について数十mあるため、障

害点までのルート上に接続箇所が多数存在すると、診断結果の距離と台帳管理図上の距離とでは数百 m も異なる場合がある。また、光ファイバケーブル

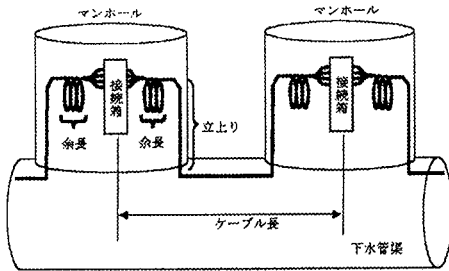


Fig.4 光ファイバケーブルの接続と長さ

には分岐があり、光ファイバ心線がどのケーブル経路を通るかは心線単位に検索が必要である。したがって、障害が発生した心線のケーブル経路を検索し、ケーブル余長を考慮した台帳管理図上の位置を特定する必要がある。本システムでは、経路検索用の施設情報として、次の情報を統合データベースに保管している。

- (1) ケーブルの経路や接続箱の位置を格納する図形情報。
- (2) ケーブルの長さ・余長及び接続箱等における心線の接続情報を格納し、図形に付属する属性情報。

これらの施設情報を用いて経路検索を効率よく行うため、ケーブルと心線の接続関係を示すネットワーク情報を二次生成し、本ネットワーク情報を用いた高速経路検索を開発した。すべての経路情報は心線単位に構築すると、経路情報が膨大となり管理が難しい。したがって、ネットワーク情報を、ケーブルと心線のネットワークに分離し、心線ネットワークに対応した分岐間のケーブルで分岐単位のルート検索を行い、ケーブルネットワークで心線ルートを検索する階層ネットワーク構造として、経路の情報量が少なく、効率の良い検索を行う。ここで、ケーブルネットワークは台帳管理図上のケーブル図形と対応をとり、位置を特定するため、すべてのケーブル経路情報を管理し、心線ネットワークは、光ファイバケーブルの接続箱にほとんど分岐がないため、

ケーブルが分岐する点に限定して管理する。

Fig.5 に上記のケーブルネットワーク構造を示す。ケーブルネットワークは、成端箱と接続箱をノードと

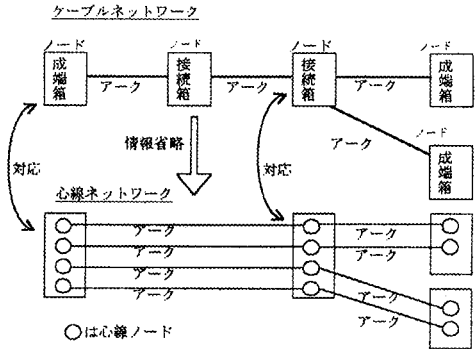


Fig.5 ケーブルネットワーク構造

し、ノード間のケーブルをアークとする。心線ネットワークは、成端箱上の心線端点とケーブルが分岐する接続箱上の接続点をノードとし、ノード間の心線をアークとする。ケーブルネットワークと心線ネットワークはケーブル分岐の接続箱で対応付けられる。ケーブルネットワーク情報は次の項目から構成される。

- (1) ケーブルネットワーク・ノード情報
  - ・接続するケーブルの ID
  - ・ケーブルノードの ID
- (2) ケーブルネットワーク・アーク情報
  - ・接続点における余長
  - ・余長を除くケーブル長
  - ・対応する台帳管理図ケーブル図形の ID
- (3) 心線ネットワーク・ノード情報
  - ・接続する心線の ID
  - ・心線ノードの ID
  - ・対応するケーブルノードの ID
- (4) 心線ネットワーク・アーク情報
  - ・余長を含む心線アーク長

ケーブルネットワーク、および心線ネットワーク情報を用いて、指定点からの指定距離が該当するケーブルを検索する処理を Fig.6 により説明する。指定点からの指定距離が、心線ルート上でどの分岐から

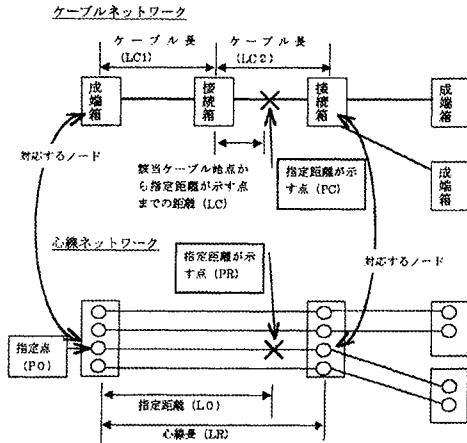


Fig.6 階層ネットワークによるルート検索

分岐の区間に当たるか検索し、次に検索した区間に該当するケーブルルート上で指定距離を検索する。検索の流れは次のようになる。

- (1) 心線ルートにて、指定点からアーク長を積算し指定距離に達するノードを検索する。
- (2) 図では  $LR \geq L0$  のため、1つ目のアーク上に指定距離が示す点 PR が存在する。
- (3) 心線アークの両端のノードに対応するケーブルノードを、ケーブルルート上から検索する。
- (4) 検索したケーブルノード間のケーブルアークについて、アーク長を積算し、指定距離に到達するケーブルノードを検索する。  $LC1 + LC2 > L0 \geq LC1$  のため、  $LC2$  の長さのアーク上に指定距離に該当する点 PC が存在することが分かる。
- (5) 検索したケーブル内の PC までの距離 LC から余長を引いた距離が、台帳管理図上のケーブル図形上座標点に対応する。

以上の方法により、ケーブルルートと心線ルートの検索によるケーブル特定を行う。本ルート検索を利用して、OTDR が検知した障害位置情報による台帳管理図上での障害箇所の特定や、Fig.7 に示すような 2 点間の光ファイバー心線接続状況を図示する心線接続図の自動生成が実現する。なお、障害が同一ケーブルルートの複数点で同時に発生した場合には、OTDR は測定距離の近い方を障害点として検知

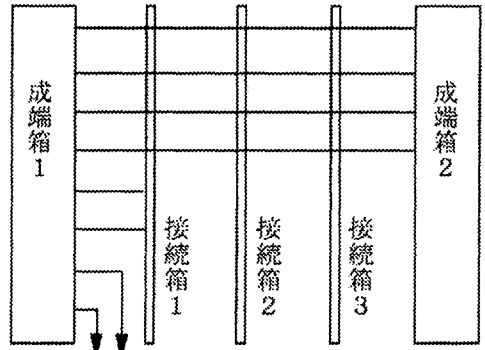


Fig.7 心線接続図の自動生成結果

する。これは、OTDR が反射波を利用しているためである。

## 5 統合データベースと情報の時間管理

### 5.1 統合データベース

本システムで使用する各種情報は、異なる図面間の同一施設検索や、情報の最新状況検索を実現するために、4次元 GIS 基本機能<sup>2)</sup>により、統合データベースとして管理する。統合データベースは、Fig.8 に示すように図形 DB と属性 DB から構成する。図

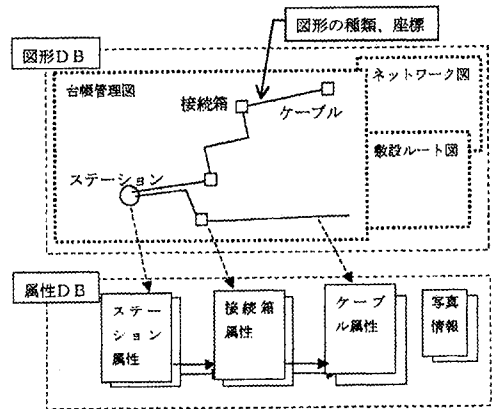


Fig.8 図形 DB・属性 DB の構成

形 DB は以下の情報からなる。

- (1) 台帳管理図：光ファイバーケーブル施設の位置を地図上に表す。
- (2) 敷設ルート図：光ファイバーケーブルの論理的な区域内の施設間接続を模式化する。
- (3) ネットワーク図：光ファイバーケーブル施設の管理領域全域におけるネットワーク主要ルートを模式化する。

また、属性 DB は以下の情報から構成される。

- (1) ステーション属性：下水管渠の管理施設であるステーションの属性情報。
- (2) 接続箱属性：光ファイバー心線の接続情報。
- (3) ケーブル属性：光ファイバーケーブルの長さ・余長等。
- (4) 写真：工事写真等の関連する画像。

保管される各種情報は、ケーブルの識別子や接続箱の識別子などのように、対象物を指定する識別子を付けて管理する。異なった図面や属性の中で、同じ対象物を指す情報は、同じ識別子が与えられる。識別子による情報の関連付けにより、施設に対する属性を検索したり、Fig.9のように、ネットワーク図の施設が地図上のどこに位置するかを検索・表示するなど、情報の高度利用が可能となる。

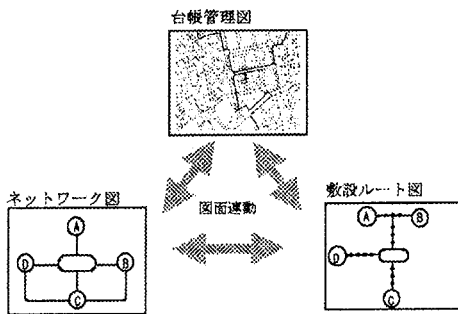


Fig.9 図面情報の相互連動

Fig.10 に今回開発した光ファイバーケーブル心線管理システムの画面例を示す。台帳管理図、敷設ルート図、ネットワーク図は同時に検索・表示し、施設の属性情報を表示している。

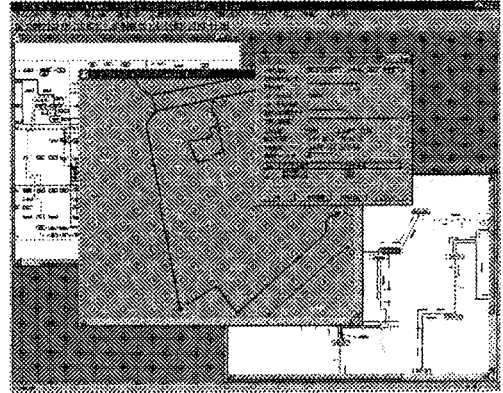


Fig.10 光ファイバーケーブル心線管理システムの画面例

## 5.2 情報の時間管理

各情報は、最新情報を管理することが主たる目的であるが、工事が完成した時点でその内容を入力すると、実際の設備状況との間に時間差が生じ、最新情報を利用することができない。また、業務の中では過去や将来計画を参照したり、現在との比較シミュレーションにより設備増強効果を評価する必要性もある。

本システムでは、これらのニーズに対応するため4次元 GIS 基本機能<sup>2)</sup>を採用した。4次元 GIS では図形座標として従来の X, Y, Z 軸に加え時間座標 T を加えて4次元にしている。時間座標値は該当事物が生成された時間と消滅時間であり、施設の敷設（稼動）と撤去（停止）に相当する。また、属性データにも時間情報を加えており、データベース内の情報は全て任意の時間断面で取出すことができる。

これにより、ケーブル施設は完成予定日を含めて入力しておけば、完成日になると該当情報が有効となり、最新情報として利用することができる。また、該当月日や範囲などを指定することにより該当月日の状況表示や、その期間に新設・更新された施設を抽出することが容易にできる。

## 6 おわりに

今回開発したシステムは、高度情報化の基盤を支える光ファイバーケーブルが急速に普及拡大していくために必須となる施設管理システムである。今後、新しい業務に対応した、業務支援機能の充実を図って行く予定である。また、システムの実証データを蓄積し、より効率的なシステム構築を図っていく所存である。

## 参考文献

- 1) 森岡：高度情報化社会構想に向けた建設省の取組み、下水道協会誌、p4~9（1999年4月）
- 2) 岩村、他：4次元GISを用いた公共施設・地域管理の新展開、電気学会研究会資料、p15~20（1999年2月4日）

(受付 2001. 9. 5)

(受理 2001. 9. 10)

