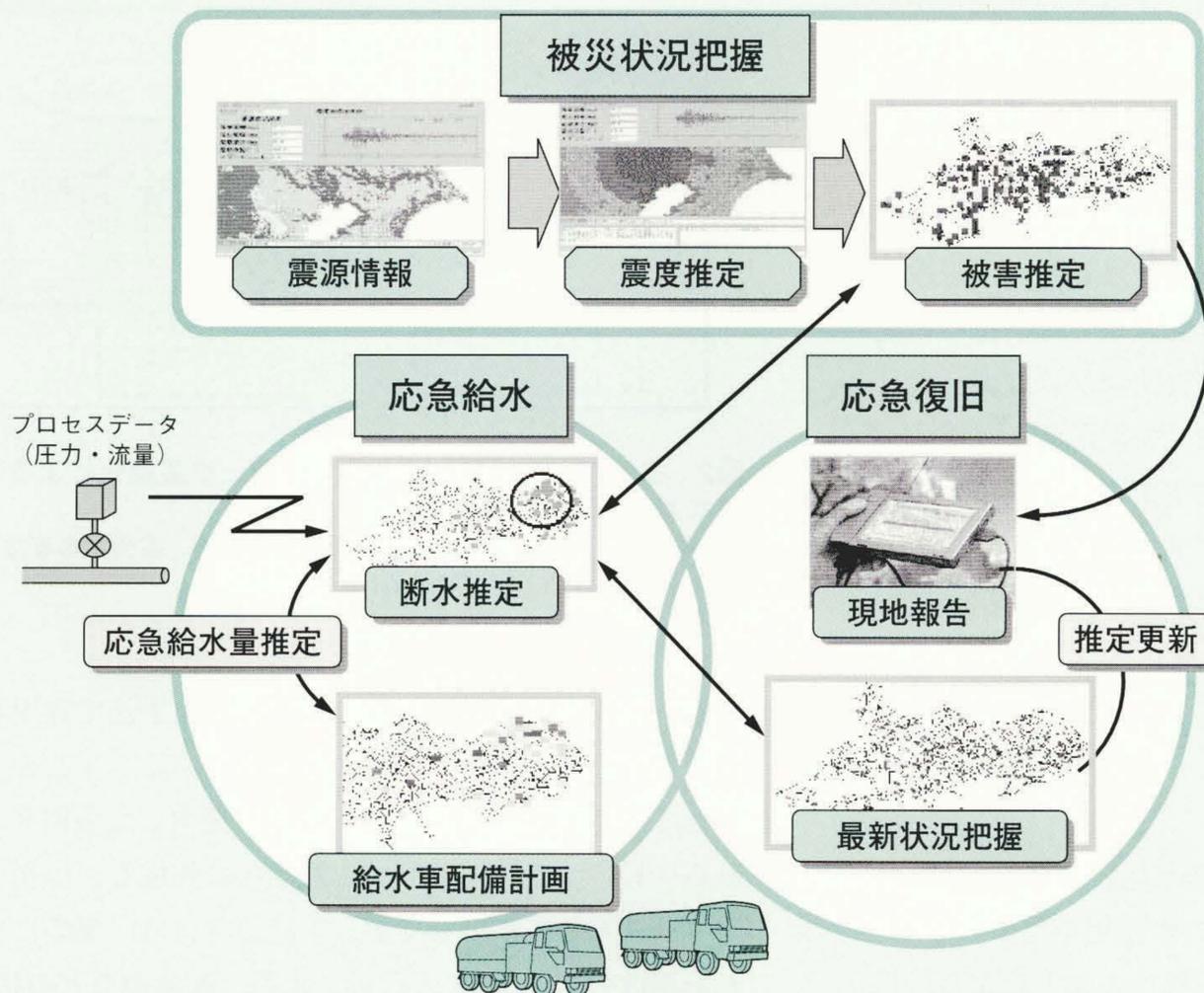


災害時・平常時共同のリアルタイム水運用・制御システム

Real-Time Water Management and Control Dual Use System in Disasters and Usual

瀬古沢照治 Teruji Sekozawa 栗栖宏充 Hiromitsu Kurisu
三井芳郎 Yoshirô Mitsui 加藤博光 Hiromitsu Katô



災害時・平常時共同のリアルタイム水運用・制御システムの仕組み

地震動分布から推定される管路被害にオンラインデータや現場情報を反映させ、リアルタイムでの被害推定、応急給水、復旧支援などを行う。地震対策システムとしてだけでなく、平常時には、高度な管路保守や施設管理をサポートする。

上水道の水運用・制御システムでは、災害時には現場情報を迅速に収集し、分析し、適切なアクションを起こすことが必須である。地震やその他の災害時、あるいは渇水・断水に対してどのように水を管理し、運用するかが課題になってきている。一方、災害時だけでなく、平常時での設備の耐震計画支援や、広域化、大規模化した水道施設の維持管理・保守の効率化など、上水運用管理のための情報制御システムの構築も期待されている。さらに、技術進歩の著しいサーバやモバイル端末などに代表される情報通信技術は、従来の被災推定方式の形態を変革する要素を含んでおり、刻々変化する災害関連情報をリアルタイムで取り込む技術が発達してきた。

日立製作所は、以上のような課題と情報通信技術を反映させ、平常時でも使用できるデュアルユースコンセプトに基づいた災害時の水運用・制御システムの開発・製品化に取り組んでいる。

1 はじめに

阪神・淡路大震災以降、都市でのライフラインの確保が重要視され、さまざまな対策・検討が進められている。土木関連のハードウェア面では、特に、埋設管路などの広域的な水道施設の耐震化基準見直しが進められ、災害推定の見直しが進んでいる。

一方、サーバやモバイル端末など、情報通信技術の急速な技術進歩により、刻々変化する災害関連情報をリアルタイムで取り込む技術が発達してきた。しかし、この

ような電機関連のソフトウェア面の重要性が増しているにもかかわらず、従来の計算機を利用した水運用管理は、平常時を対象としたシステムであった。

ここでは、以上のような水環境事業を取り巻く変化の中で、平常時および緊急時の両方に使用可能な水運用・制御システムについて述べる。この考え方は、コストパフォーマンス向上に加え、ふだんから機器を使い慣れるように、危機時だけでなく平常時にも使用できるシステムとすることである。

2 緊急時の水管理システムと技術の位置づけ

緊急時の水管理情報システムを図1に示す。緊急時の水管理システムに必要な機能を検討するという視点から見ると、同図左部は、水道施設の運用管理・制御を行う運用管理センターを中心とした広域水運用・制御システムを示し、右部は、水道局本局を中枢部とする管路状況管理システムを示す。左部には、取水から配水までの円滑な水の流れを支援するシステム機能として、導送水系の緊急時水運用システムがあり、配水系では緊急時の配水制御システムがある。右部の、管路状況管理保守を目的としたシステムでは、緊急時には被災影響推定機能があり、平常時には保守・工事作業支援機能がある。右部では、デュアルユースコンセプトにより、平常時でも緊急時でも使用できるように、その機器構成を同一にしている。

3 広域水運用・制御システム

3.1 緊急時水運用管理システム

このシステムは、取水場から浄水場に至る導水系と、浄水場から配水池に至る送水系の水運用を対象にする。水運用計画策定作業を計算機で支援することにより、迅速にかつ適切な運用計画の立案が可能になる。緊急時水運用管理システムの概要を図2に示す。

このシステムは、事例ベース推論によって運用案を検

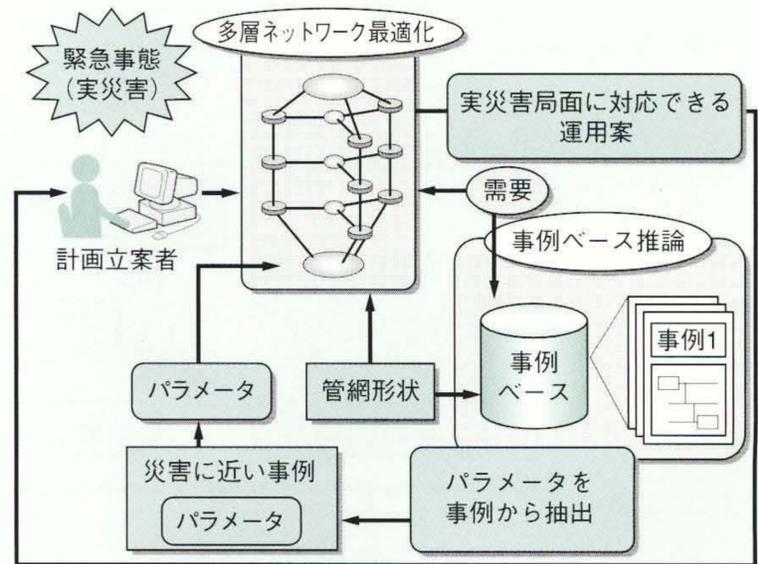


図2 事例ベース推論と多層ネットワーク最適化による緊急時水運用管理システムの概要

「事例ベース推論」で問題となる「抽出類似例と実現状況の事故とのギャップ」を埋める手法である。

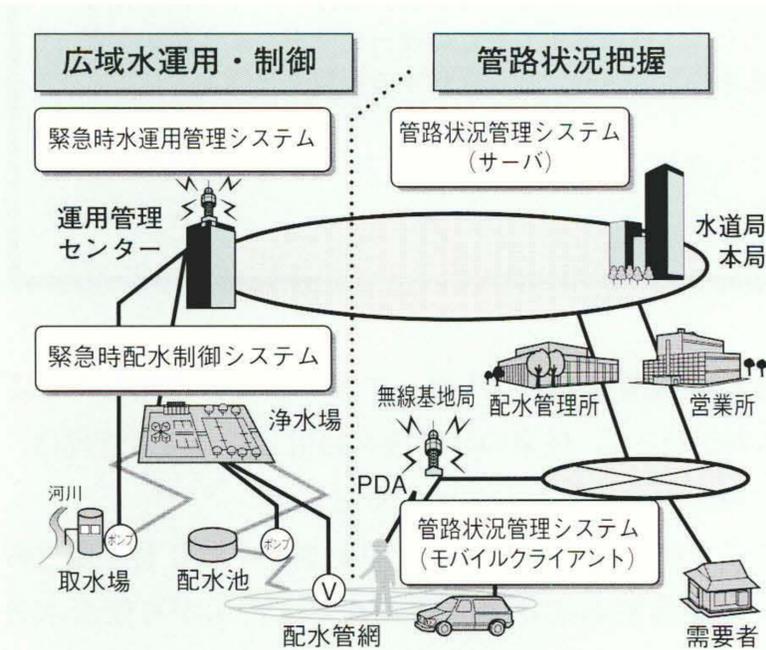
索し、実災害に合致させるために最適化手法で運用案を修正して最終運用案を作成するものである。平常の準備として、想定した事故事例や実際に発生した事例と、それらに対応する運用計画値を対話的に作成し、事例データベースとして格納しておく。緊急時には、実際に発生した事故の状況（需要、施設、水系、配水池などの状況）を検索キーとして、事例データベースから、最も類似した事例を抽出し、運用原案を作成する。しかし、「類似例として抽出された事例と現況の事故とのギャップ」の問題を埋めるには、何らかの最適化計算が必要になる。これを解決するために、多層ネットワークモデルを用いる。多層ネットワークは、複数時間にまたがる動的な運用計画を静的な最小費用流問題として解くものである。

これにより、実際の緊急時の状況に対応できる運用計画案が創出でき、迅速で臨機応変な水運用が可能になる。

3.2 緊急時配水制御システム

配水制御は、配水池から需要家の管網内の配水系を対象にする。平常時には、日々の需要パターンが季節、曜日などの変動はあるものの比較的同傾向にあるので、圧力定値化は従来の手法で可能である。しかし、管路破断や、渇水といった緊急時には、管路網内の分布的な需要パターンが通常とは異なり、また、破断・給水制限対応のための弁操作や加圧ポンプ操作停止などにより、管路の接続状態も異なってくる。さらに、緊急時には、管路の状況や需要量を事前に把握できなくなる。

この問題を解決するために、漏水と需要分布をオンラインで推定する手法を開発し、緊急時にも対応可能な配



注：略語説明 PDA(Personal Digital Assistant)

図1 緊急時の水管理情報システム

緊急時水運用管理システム、緊急時配水制御システム、およびデュアルユースコンセプトに基づいた管路状況管理システムで構成する。

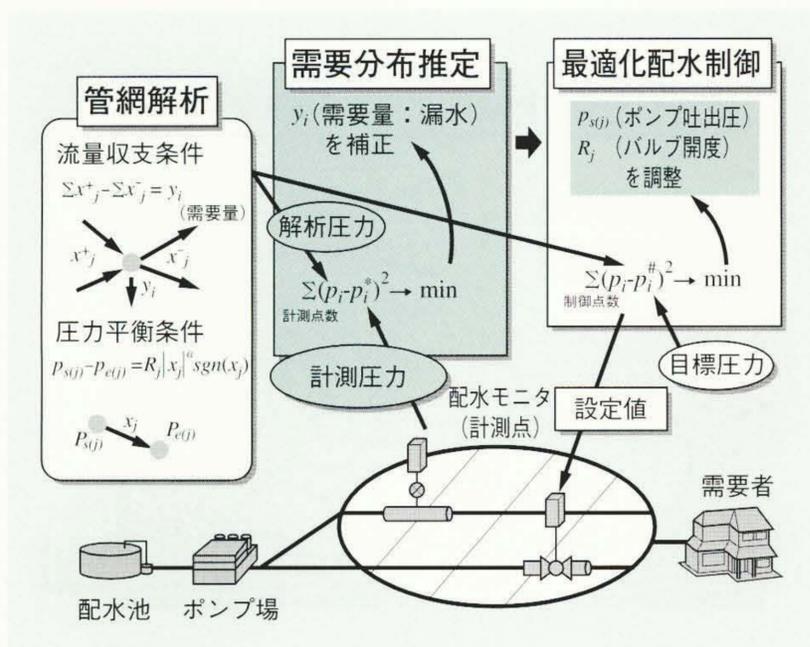


図3 緊急時配水制御システムの構成
新開発の「逆管網解析」により、漏水量や需要量をリアルタイムで推定した配水制御が可能になる。

水制御システムを構成した(図3参照)。このシステムは、解析計算によって得られる圧力、流量の値と計測によって得られる圧力、および流量の値との二乗誤差がそれぞれ最小になるように需要を推定する。

このシステムでは、管路内の複数の計測点(流量計, 圧力計)データに基づいて、需要分布を推定する(図3参照)。従来の管網解析手法では、需要量を境界条件として入力し、流量、圧力分布を得るのに対して、この手法は、限られた点数の流量、圧力計測情報から需要分布を推定する、言い換えれば、「逆管網解析」とも言えるものである。

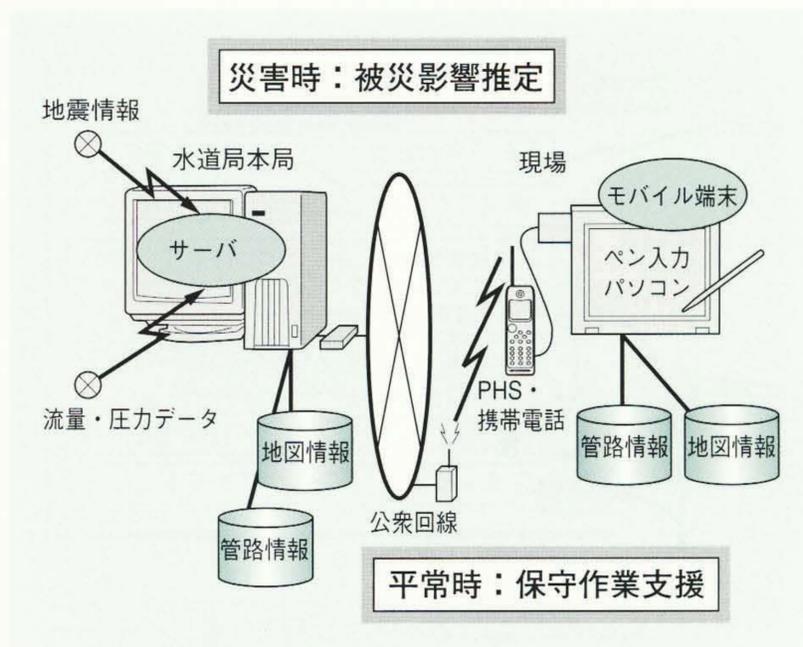
これらにより、漏水や需要量をリアルタイムで考慮した配水制御が可能になる。

4 管路状況管理システム

平常時でも緊急時でも使用できるというデュアルユースコンセプトに基づいた、被災時の配水管網のリアルタイム被害推定システムと、平常時の保守作業支援システムについて以下に述べる。震災時には、管路網被災状況を即時に把握でき、平常時には、管路保守支援が行えるものである(図4参照)。

4.1 被災影響推定

緊急時の被災影響推定機能の処理内容を図5に示す。サーバ側では管路被害推定と断水領域推定を、モバイル側では被害情報収集をそれぞれ行う。通常の被害推定は、地震データに基づいてメッシュごとの破断個所数を出力する、オープンループ系の一次推定であり、従来の



注: 略語説明 PHS(Personal Handyphone System)
図4 管路状況管理システムのプロトタイプ
緊急時には被災影響推定が行え、平常時には保守作業支援ができるデュアルユースシステムである。

手法はこの部分でとどまっていた。日立製作所が開発したシステムの特徴は、オンラインデータや現場情報を反映させ、リアルタイムで被害推定などが行えるところにある。漏水量や断水地域、さらに断水人口も推定することができる。

モバイル端末側の被害の確定情報については、無線通信が可能な携帯端末を利用し、管路被害の三次推定に使う。このように、オンラインデータと現場情報を用いて破断個所の再推定を行うことにより、被災推定精度を大幅に向上させることができる。

4.2 保守・工事作業支援

平常時の保守・工事作業支援について以下に述べる。保守作業では、例えば減圧による節水や管路工事などのために、バルブ操作を施す必要がある。このバルブ操作は、管路内の流れの状態を変化させ、周囲の流量・圧力分布に敏感に影響を及ぼす。ここでは、上述したサーバとモバイル端末の装置構成をそのまま利用し、保守作業を支援する。

保守作業には、小径管網も考慮した流量・圧力分布の把握が必須であり、このシステムではこれが実現できる。また、保守・工事作業でのバルブ操作の影響がどのようになるかを事前に把握できる(図6参照)。さらに、作業の報告なども容易に行え、地図情報と管路情報を統合したことにより、維持管理業務の正確さと効率の向上が図れる。

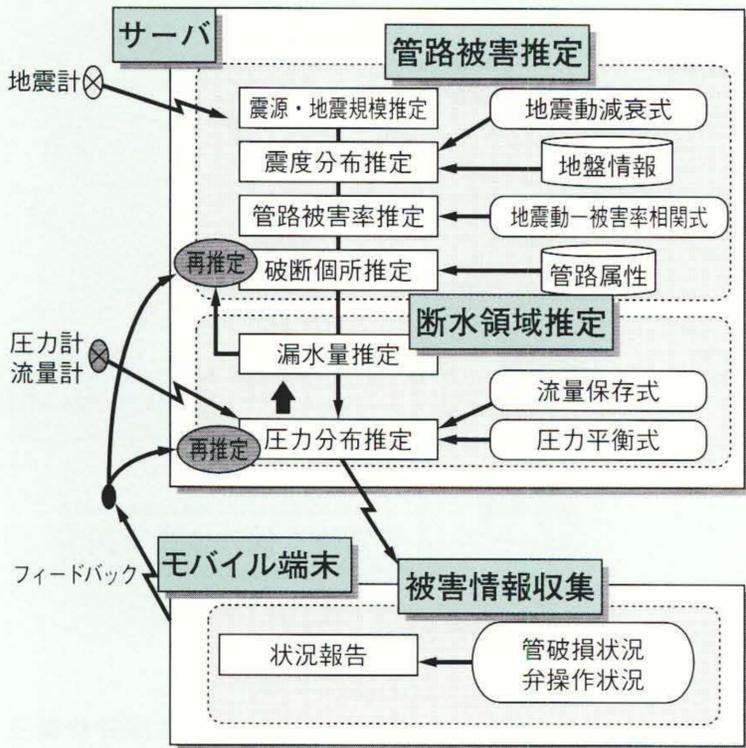


図5 緊急時被災影響推定機能の処理内容

リアルタイムデータや現場確認情報を収集し、リアルタイムで破断箇所数や漏水量、漏水地域などが推定できる。

5 おわりに

ここでは、緊急時の上水道で、管路解析技術、最適化技術および情報通信技術を統合することにより、リアルタイムでの対応を可能とする水運用・制御システムについて述べた。

このシステムは、地震動分布から推定される管路被害にオンラインデータや現場情報を反映させ、リアルタイムでの被害推定、応急給水、復旧支援などが行えるものである。

また、ここでは示さなかったが、開発した技術をさらに応用して、断水領域や断水人口などの推定もできる。地震対策システムとしてはもちろんのこと、平常時にも、高度な管路保守や施設管理をサポートできる。

これまでは、水運用・制御のための情報がローカルな制御系ネットワークだけで活用されていたが、現在では、情報の収集・管理も含めた、オープンな情報ネットワークと連携することが求められている。市民をはじめ、消防、病院、警察、学校が容易に情報を共有でき、災害対策を総合的に連携して推進する必要がある。また、ガス、電力、交通など、他の社会インフラストラクチャーとの連携を密にしたシステムの検討も重要である。今後は、これらのシステムの実現に向けた開発に取り組んでいく考えである。

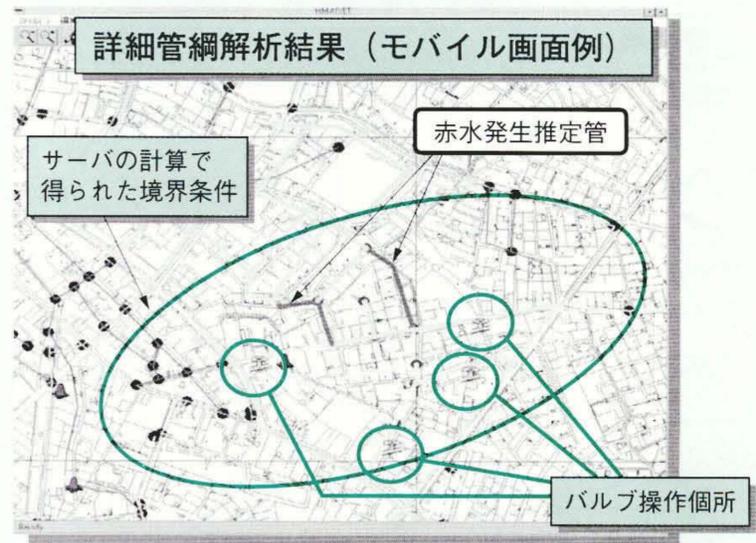


図6 平常時の保守工事作業支援の事例

サーバ側で求めた隣接主要接点を境界条件として、モバイル端末側では、詳細な管路網の圧力や流量を計算し、赤水(管の内壁のさびがはがれて、水が赤く濁る現象)発生 の事前予測ができる。

参考文献

- 1) 瀬古沢, 外: 緊急時の水運用とその制御システム, 水道管路国際シンポジウム(1997)
- 2) 中村: 研究展望; 総合地震防災システムの研究, 土木学会論文, No. 531(1991)
- 3) 栗栖, 外: 数理解析法とヒューリスティック法を組み合わせた動的計画技法の上水道運用計画問題への適用, 計測自動制御学会論文集, Vol. 30(1994)

執筆者紹介



瀬古沢照治

1979年日立製作所入社, システム開発研究所 第1部 所属
現在, 上下水道, 河川, 農水の情報制御システムおよび自動車エンジン制御, プラント制御システムおよび社会基盤情報サービスシステムの研究開発に従事
工学博士
計測自動制御学会会員, 電気学会会員
E-mail: sekozawa@sdl.hitachi.co.jp



三井芳郎

1971年日立製作所入社, 電力・電機グループ 社会システム事業部 情報システム部 所属
現在, 上下水道広域管理システムの開発・設計に従事
E-mail: mitui@cm.head.hitachi.co.jp



栗栖宏充

1988年日立製作所に入社, システム開発研究所 第1部 所属
現在, 水道の運用計画, 配水制御, 危機管理システムおよび下水道雨水排水システムの研究開発に従事
計測制御情報学会会員, 電気学会会員, IEEE会員
E-mail: kurisu@sdl.hitachi.co.jp



加藤博光

1995年日立製作所に入社, システム開発研究所 第1部 所属
現在, 上下水道の運用監視制御システム, 危機管理システム, セキュア情報システムの研究に従事
計測自動制御学会会員, 情報処理学会会員
E-mail: hkato@sdl.hitachi.co.jp