

上下水道における高度情報制御システム

Advanced Information Systems for Water and Wastewater Services

上下水道分野でのコンピュータ利用は、昭和30年ごろから始まり、浄水場・処理場・ポンプ場などの運転管理、料金計算・財務会計などの事務処理に活用されてきた。

しかし、近年、上下水道に対する需要家のニーズはますます高度化・多様化しており、一方では行政事務の高度化・効率化が求められている。このような背景から、上下水道に対する情報制御システムも、対象業務の拡大と高度化の方向にある。

本稿では、このような上下水道に対する情報制御システムの動向、最新のシステム事例について述べる。

嶋内 繁行*	Shigeyuki Shimauchi
宮岡伸一郎**	Shin'ichirō Miyaoka
林 晃***	Akira Hayashi
高田 啓吉****	Keikichi Takada
鈴木 啓*****	Hiraku Suzuki

1 緒 言

我が国の上下水道の歴史は既に100年を越え、今や上下水道は国民生活や社会的・経済的諸活動を支える基幹設備の一つとなっている。そして、コンピュータを中心とする情報システムは、上下水道の適切な運転管理と健全な運営に貢献してきた。

しかし、21世紀に向けて上下水道を取り巻く環境も大きな変化が予想される。需要家は生活の豊かさと充実を求めてその価値観は多様化し、ニーズも高度化・複雑化してきている。また、高齢化・高学歴化に伴い、内部では単純労働からの解放、労働環境の改善が求められ、更にOA(Office Automation)化を中心とした行政事務の高度化・効率化も要求されている。一方、技術面ではコンピュータ技術及び情報通信技術の発展は極めて著しいものがある。

このような状況下で、今後共上下水道の健全な運営を確保しながら需要家サービスの向上を図るためには、変化に即した施設の整備と、情報制御システムの高度化が不可欠である。

2 上下水道に対する高度情報制御システムの動向

我が国の上水道普及率は、昭和60年度末には93.3%にも達し、高普及時代という新しい局面を迎えている。

昭和59年に生活環境審議会がまとめた「高普及時代を迎えた水道行政の今後の方策について」の答申では、水道の目指すべき方向として、(1)水道の健全な運営を確保すること、(2)需要家サービスの向上を図ること、とし今後の水道の目標として、ライフラインの確保、安心して飲める水の供給、おいしい水の供給、などを掲げている。これらの目標を達成するためには、上水道施設の適切な整備、浄水処理の高度化を含めた水質管理体制の強化などと併せて、情報制御システムの

高度化が必要となる。

上水道に対する情報制御システムのニーズと要求機能を図1に、また、システムの概念図を図2に示す。

情報システムは、今後DB(Data Base)の重要性がますます高まり、これを中核として広域運用、施設管理、事務管理の各サブシステムが構築される。

広域運用に関しては、取水・送水・配水などの平常時の運用に加え、渇水・地震・事故時でも均等給水を実現するための異常時運用の機能、安全でおいしい水を供給するための水質トラッキングと管内水質変化を考慮した配水コントロールなどが要求される。

施設管理に関しては、最近急速に進歩したコンピュータマッピング技術を利用し、施設情報・図面情報をコンピュータで管理し、図面管理業務の効率向上と各種計画策定への情報活用が要求される。

事務管理に関しては、DBに蓄積された情報を活用し、情報分析や計画策定を行う機能が重要となり、また、需要家サービス向上の観点からは、料金調定を含めた窓口業務のオンライン化が要求される。

一方、下水道は公共用水域の水質保全、市街地への浸水防除、都市環境の整備などを目的として、強力にその整備が推進されている。その最大の課題は普及率の向上であるが、最近、このほかに下水道施設の多目的利用が求められている。

昭和60年に建設省下水道部が発表した「ハイブリッド下水道構想」では、下水処理水の多目的利用、下水道管きょの多目的利用、処理場・ポンプ場の上部利用など種々の施策を打ち出しているが、最も注目すべきものは下水道管きょを利用した光通信ネットワークの構築である。これは、都市の地下

* 日立製作所システム事業部 ** 日立製作所システム開発研究所 工学博士 *** 日立製作所機電事業本部
**** 日立製作所大森ソフトウェア工場 ***** 日立製作所商品事業本部

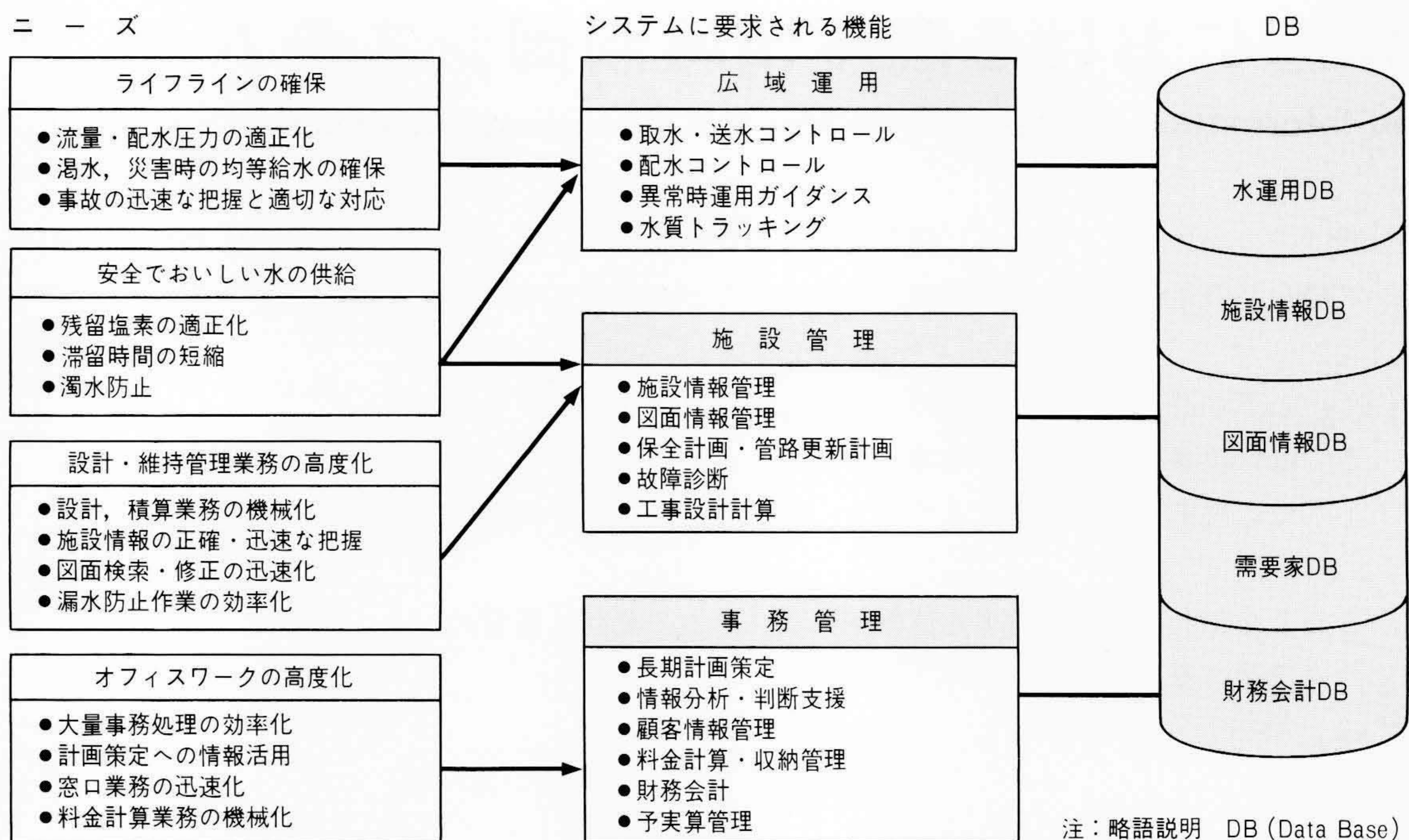


図1 上水道に対する高度情報制御システムのニーズ、要求機能 21世紀に向けて上水道を取り巻く環境は大きく変化しており、これに対応するためには情報制御システムの高度化が不可欠である。

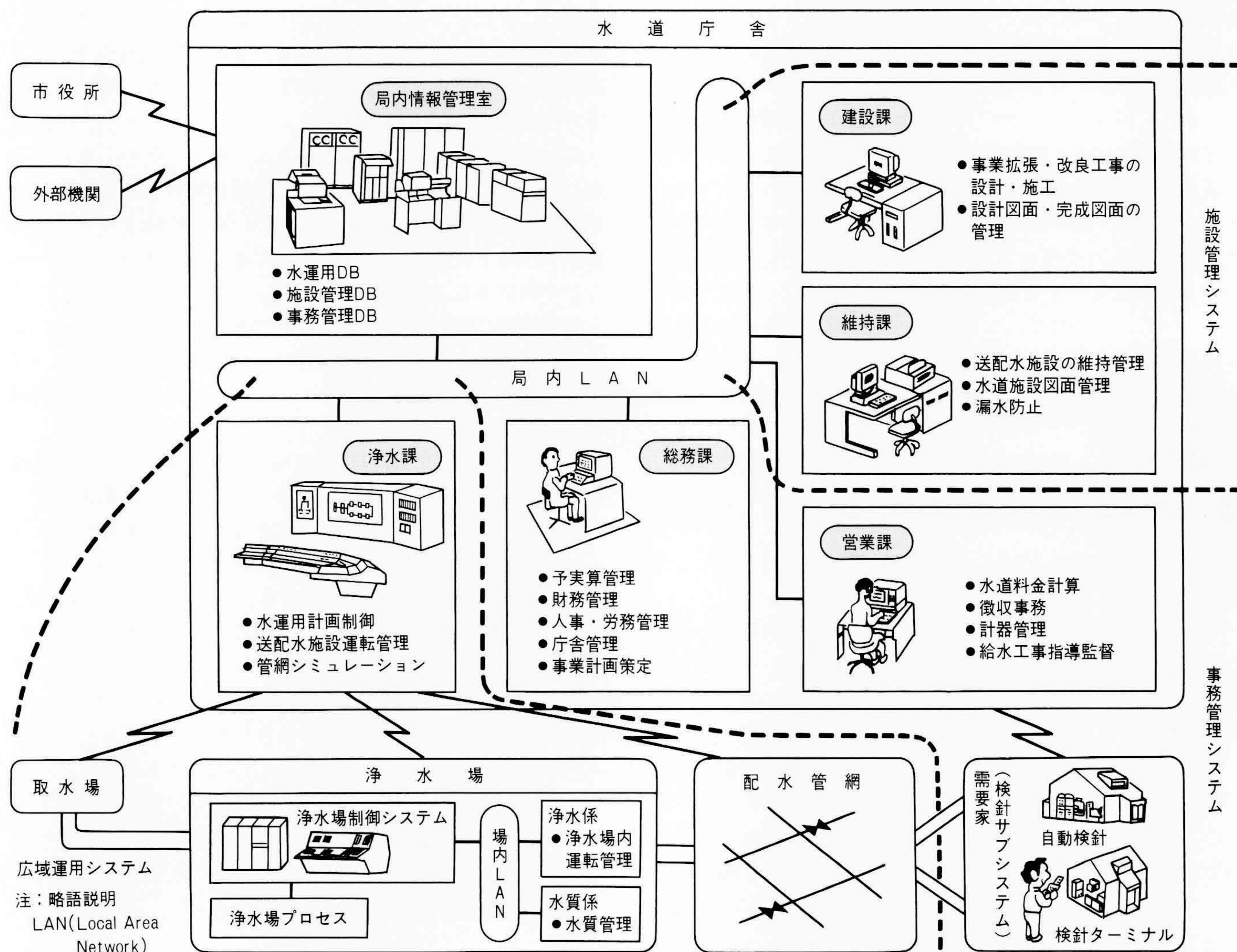


図2 上水道高度情報制御システムの概念図 上水道高度情報制御システムは、DB(Data Base)を中核とし、広域運用、施設管理及び事務管理の3サブシステムによって構成される。

に張り巡らされた下水道管きょに光ファイバーケーブルを布設して情報通信網を構築し、高度情報制御システムに活用しようというものである。

高度情報制御システムの概念は、先の図2に示したシステムの概念とほぼ同様で、広域運用・施設管理・事務管理の3サブシステムによって構成される。

以下に上下水道に対する高度情報制御システムの具体例を示す。

3 上水道広域運用システム

3.1 上水道広域運用システムの構成

上水道では水資源の不足が深刻な問題となっており、これに対応するために新規水源の開発、施設の新設・増設などが行われてきた。しかし、建設費の高騰、用地確保の困難さ、取水の制限などによってこれらの対応策に限界が生じてきており、新たな解決策として昭和50年代から既存の施設の効率的運用により水資源の有効活用を図る上水道広域運用システムの導入が進められた。

取水・送水系統を対象とした横浜市水道局の調整センターシステム¹⁾、配水系統を対象とした高松市水道局の配水コントロールシステム²⁾はその代表例である。これらのシステムでは、水理シミュレーション、数理計画手法をベースとした運用計画モデルによって、施設の効率的運用を達成している。

しかし、前述のライフラインの確保、安全でおいしい水の供給などの新たな目標を達成するためには、広域運用システムにも、より高度な機能が求められている。図3は広域運用システムの構成例を示すもので、広域運用センターでは従来のモデル、DBをより充実させ、更に熟練運転員のノウハウを盛り込んだ知識ベースを付加することによって、情報分析・判断支援、異常時水運用ガイダンス、知的統合監視、水運用計画策定支援などの機能を実現する。一方、サブセンターでは管轄区域内の各機場の個別監視、複合監視に加えて、管轄区域内の部分的異常に対しては他系統に影響を与えないように、区域内の操作量変更を行う自律分散制御、故障・事故時の緊急操作、復旧操作のガイダンスなどを行う。

これらの機能のうち、情報分析・判断支援の機能はDB技術を活用することによって、また、異常時ガイダンス、知的監視、自律分散制御の機能は知識工学とモデルの融合によって可能となったものである。

以下に、知識工学とモデルの融合に関して説明する。

3.2 運用計画モデルの高度化

現在の運用計画モデルには、現状運転との整合性、操作性の面で改善の余地を含んでおり、これに加えて異常時運用などの機能向上を図るためには、モデル自身の高度化と知識工学の応用が必要である。

(1) 多層ネットワークモデル

運用計画モデルの目的は、対象とする全施設・全時間帯の運転状態を最適化することであるが、このために非線形計画法などを用いた場合、最適計算の規模が大きくなり、膨大な計算時間を要するという問題がある。そこで、現状のモデルでは、ある時間断面、又はある施設に着目した最適計算に限

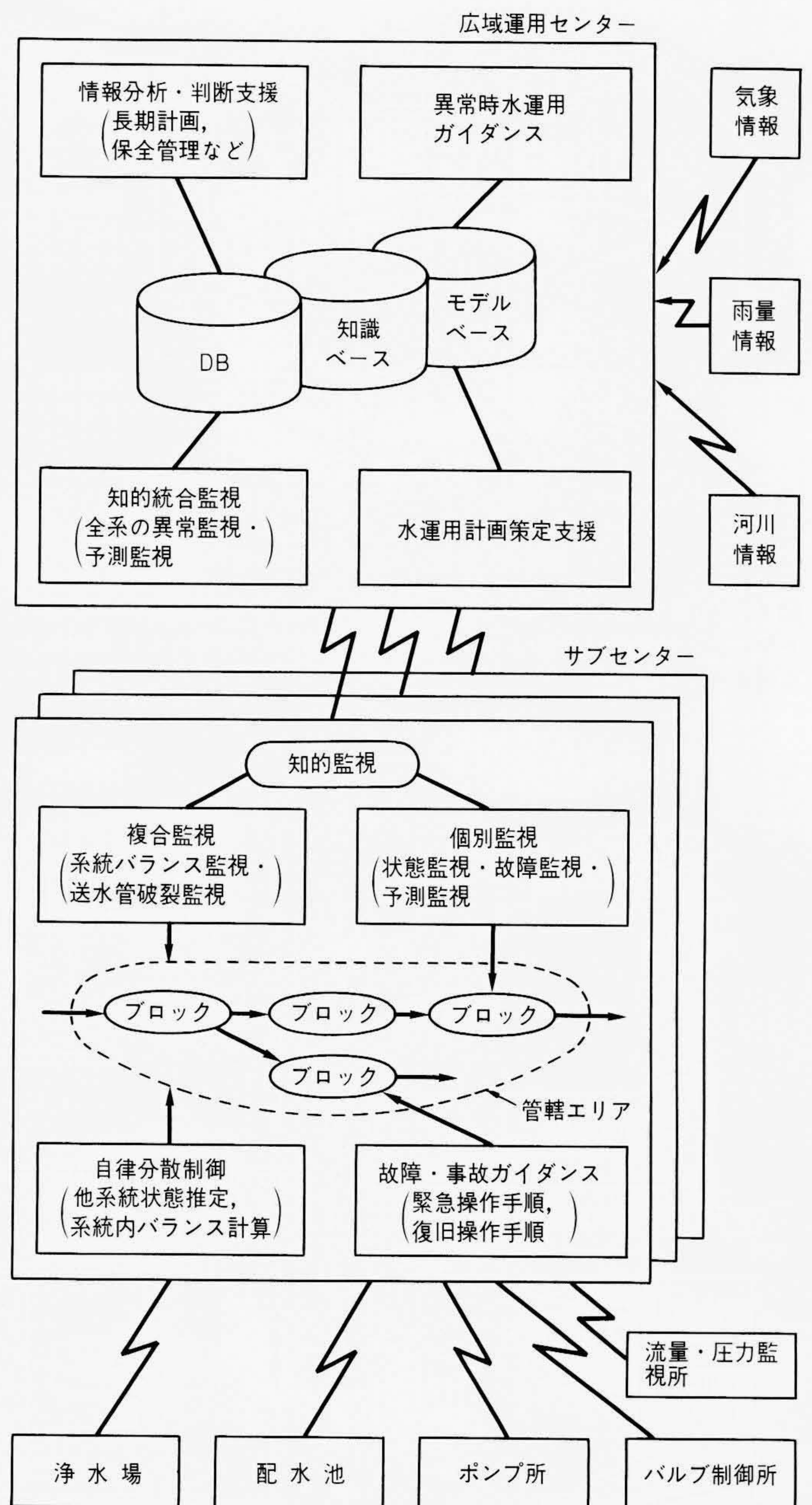
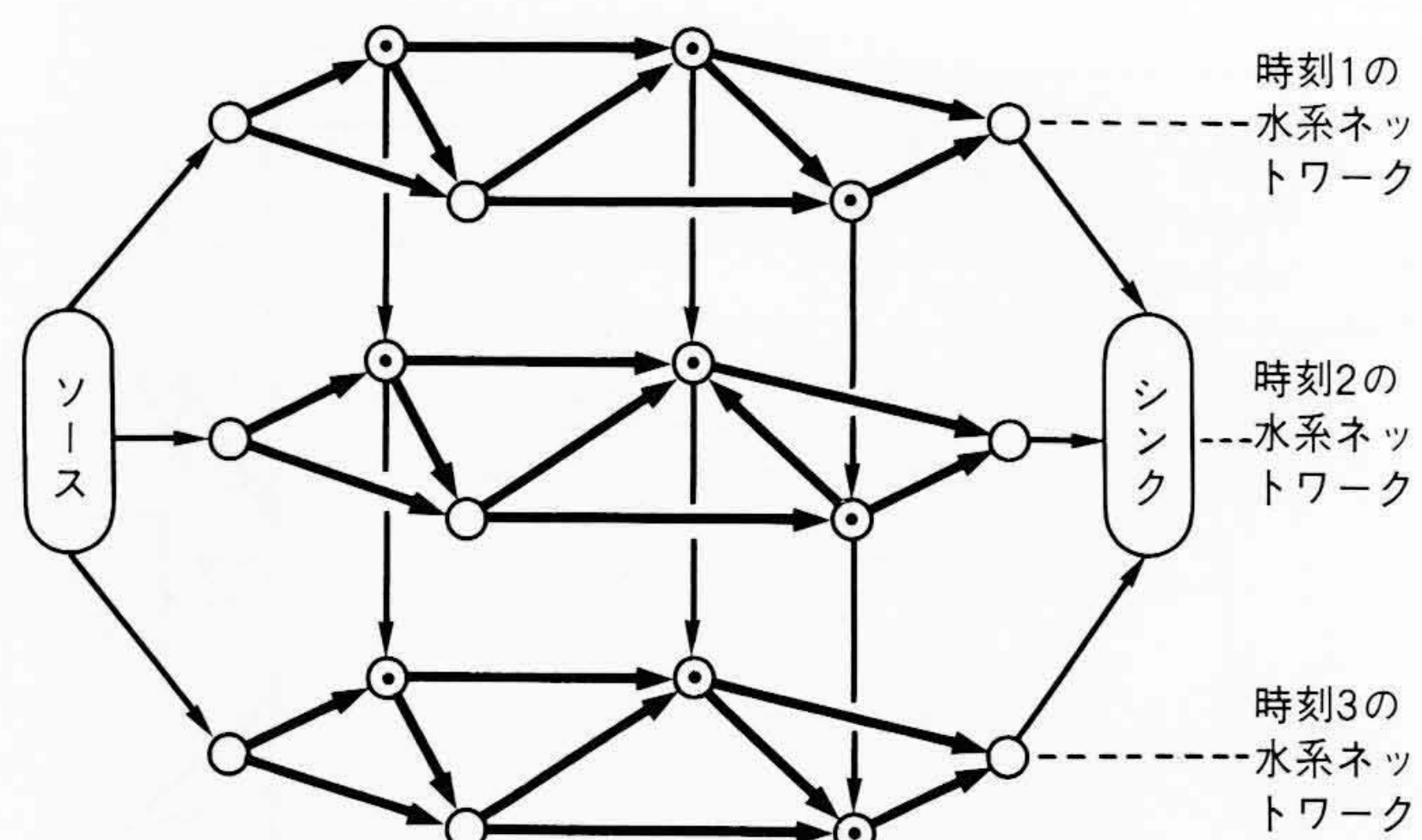


図3 上水道広域運用システムの構成例 最新のDB技術、知識工学技術を駆使した上水道広域運用システムの構成例を示す。

定することによって計算時間の短縮を図っている。しかし、このような部分最適化の積み上げでは全体の最適化につながらず、また計算時間短縮のため線形計画問題として定式化した場合、計画値が極端な値をとり、実際の運転ノウハウを反映したものとなっていない点が指摘されている。

全施設・全時間帯の運転状態最適化のためには、最適計算の高速化が不可欠であり、これには管網計算の高速化を実現したネットワーク アルゴリズム³⁾の採用が有効である。しかし、ネットワーク アルゴリズムは、特定の時間断面に対する最適化を行うもので、一般的には時間的な変化までは考慮されない。

そこで、図4に示す多層ネットワークモデルを開発し、計算時間の大幅な短縮を達成、全施設・全時間帯の運転状態最



注：ソース、シンク…多層ネットワークへの流入出を表す仮想的なノード

○ ……貯留のあるノード

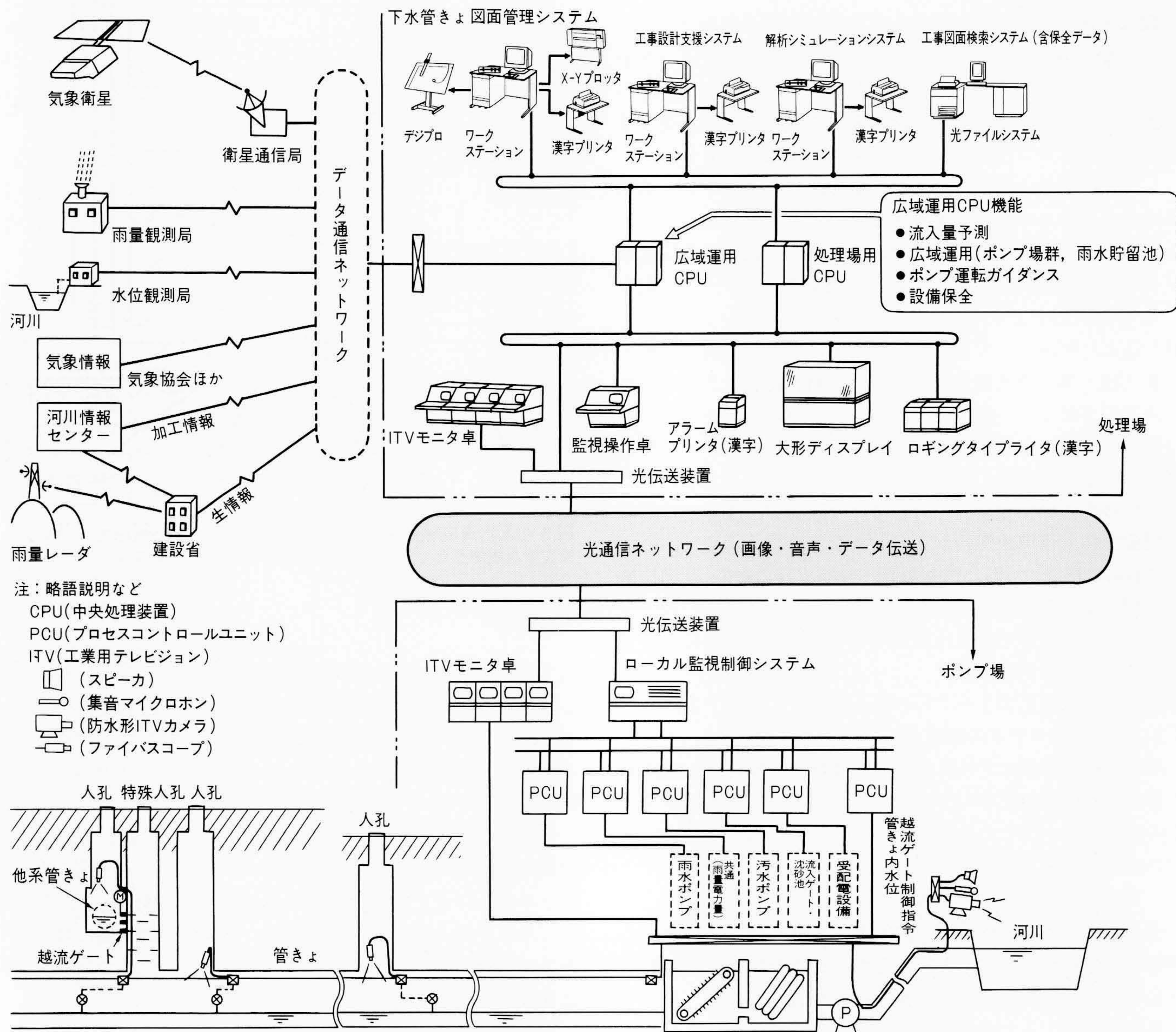
○ ……需要点、合流・分岐点などの一般のノード

図4 多層ネットワークモデルの概要 ある時間断面の水系ネットワークを時間的に多層化し、全施設・全時間帯を対象とした最適化を可能としている。

適化を可能とした。このモデルでは、ある時間断面の水系ネットワークを時間的に多層に積み重ね、配水池のような貯留量のあるノードには貯留量に相当する流量を層間に流すことによって、ネットワーク上の水量の時間的な変化を表現している。

(2) モデルと知識工学の融合

運用計画モデルが高機能なものとなるに従い、モデル利用者にも高度な知識が必要となり、かつ制約条件や評価関数などのパラメータが増大することから、その設定は非常に複雑となる。この課題解決には、知識工学手法の活用が有効である。すなわち、水運用ノウハウに加えて、現状運転に近い計画値を出力するための制約条件の設定方法、施設の一定運転を達成するための評価関数の設定方法などのモデル利用ノウハウを知識ベース化することによって、モデルの内容を意識せずに利用でき、かつ操作性のよいマンマシン インタフェースが実現できる。更に、この機能を充実させることによって、



注：略語説明など

CPU(中央処理装置)

PCU(プロセスコントロールユニット)

ITV(工業用テレビジョン)

□ (スピーカ)

○ (集音マイクロホン)

□ (防水形ITVカメラ)

□ (ファイバースコープ)

図5 下水道広域運用システムの構成例 光通信ネットワークを利用した下水道広域運用システムの構成例を示す。

異常時運用への対応も可能になると考えられる。

4 下水道広域運用システム

下水道では、全国レベルの普及率は昭和60年度で36%であるが、政令指定都市の普及率80%にみられるように、大都市周辺の下水道施設は大規模・広域化している。そこで、最近では複数の処理場、ポンプ場及び下水管きょ全体を見渡し、処理区ごとに異なる流入下水の水量・水質の時間変動を平滑化することによって、施設能力を最大限に発揮する運用が望まれている。

特に、雨水排水に関しては、処理区域の広域化、舗装区域の増加などによって雨水流入量は増大しており、集中豪雨時には流入量が排水能力以上となる場合も発生している。そこで、各ポンプ場では流入量を精度よく予測し、よりの確なポンプ運転を行うことが必要となってきた。

昭和57年に完成した大阪市下水道局弁天抽水所流入量予測システム⁴⁾は、このようなシステムの先駆けとなるもので、下水管きょに設置された水位計、流量計などの情報を基に水理学モデルによって流入量を予測し、ポンプの最適操作ガイダンスを行っている。

今後、流入量予測システムは、前述の光通信ネットワークと結ばれ、図5の構成例に示すような広域運用システムに発展してゆくと考えられる。すなわち、各ポンプ場では、下水管きょ内や放流先河川に設置されたファイバースコープなどの情報を併用することによって高度で臨場感のある監視を行う

とともに、これらの画像・音声・データを上位の処理場へ伝送することができる。処理場では、収集された情報に、気象情報・河川情報などの他機関からの情報も併せて処理区域内の状態を総合的に判断し、管轄下の排水施設の能力を最大限発揮する広域運用を実施し、浸水事故の防止を図る。

このようなシステムは、大量情報の長距離伝送が可能な光ファイバケーブルを下水管きょ内に布設することによって初めて実現可能となるものである。

5 施設管理システム

上下水道とも施設の大規模・広域化が進む中で、ライフラインの確保、下水道施設の多目的利用に代表される新しいニーズに対応するためには、前述の広域運用と併せて維持管理業務の高度化、効率化が不可欠である。

なかでも上下水道の配管は、道路下に他の公益物件とふくそう(輻輳)して布設されていることから、特にち(緻)密な管理が要求される。現状は、配管図、工事完成図などの図面類と台帳類の併用による管理が行われているが、図面、台帳とも情報量が膨大なため、その管理には多大の労力と費用を要している。そこで、最近急速に進歩したコンピュータ マッピングの技術を用い、配管にかかわる維持管理業務の効率化を図る配管情報管理システムが注目を浴びている。

このシステムは図6に示すように、配管に関する図面情報、属性情報を相互に関連づけてDB化し、計画策定、情報分析などに利用するもので、図面情報の一元化による迅速・正確な情

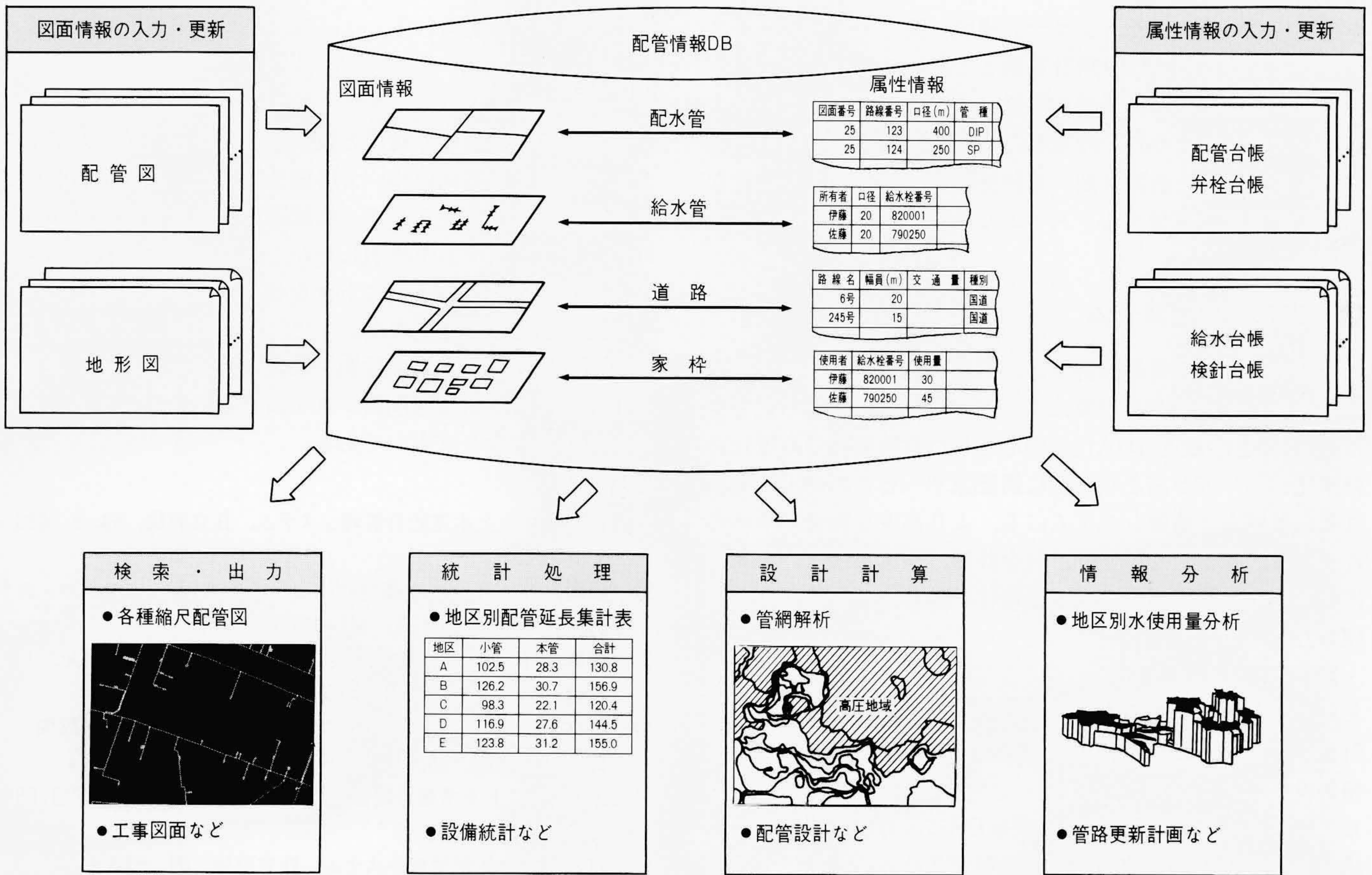


図6 配管情報管理システムの概要 図面情報と属性情報は相互に関連づけてDB化し、情報の多角的利用を可能にしている。

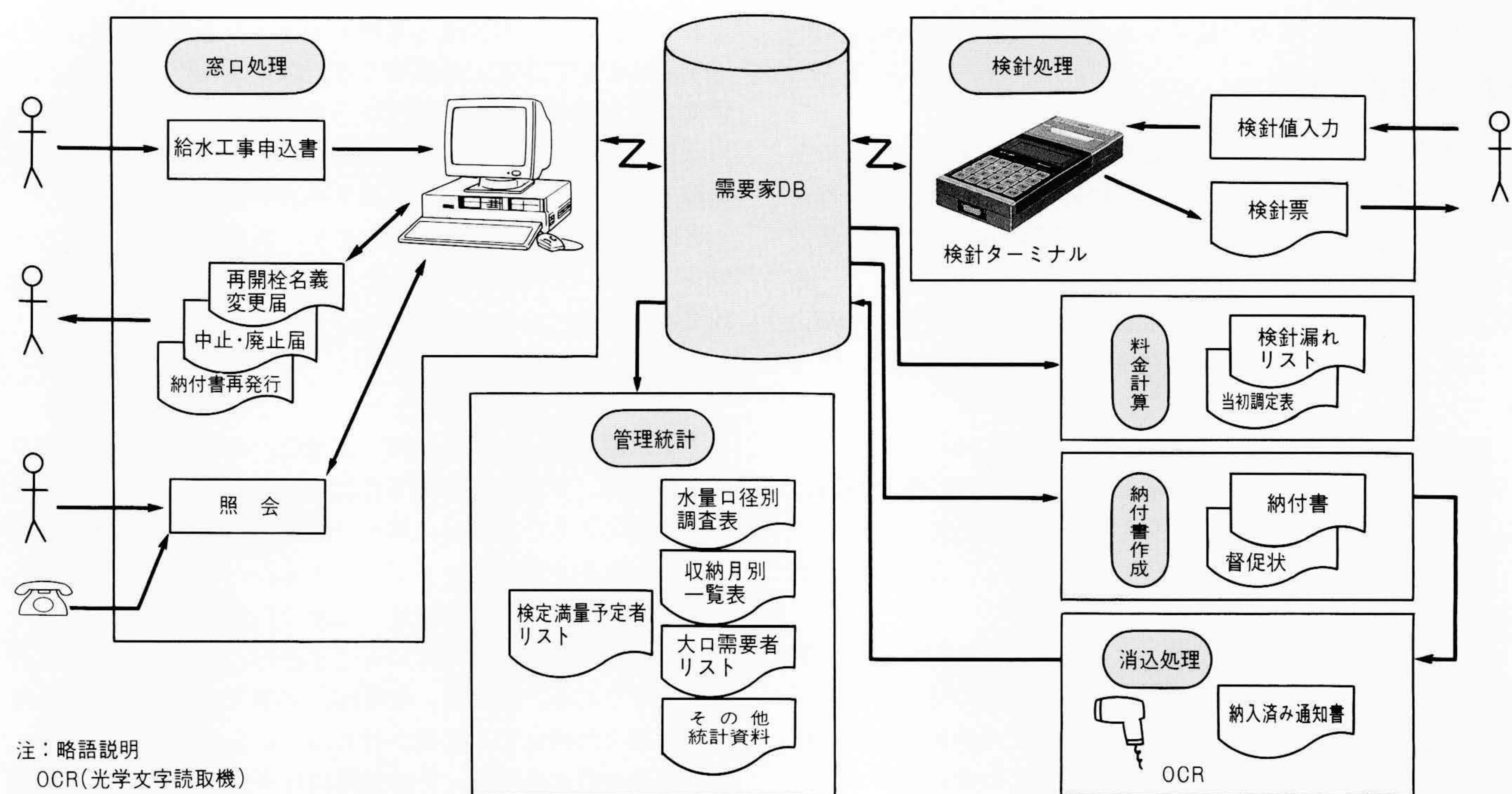


図7 料金計算システムの概要 検針ターミナル、需要家DB、窓口業務のオンライン化などによって、業務効率の向上と顧客サービスの向上が図られる。

報提供と図面修正時間の短縮、情報の高度活用による作業効率の向上と維持管理業務の近代化などの効果が挙げられる⁵⁾。

日立製作所は、オートディジタイザをはじめとした最新の図形処理機器を設置した図面入力センターを昭和62年に完成し、図面情報の入力からシステム構築まで一貫したサービスを提供している。また、システム構成に関しても、ワークステーションからはん(汎)用計算機まで種々のレパートリーを準備し、規模に応じた最適な機器の選択を可能としている。

本システムは、今後、浄水場、処理場などの機場内の設備情報も取り込み、故障診断、管路更新計画などのより高度な情報分析業務を支援するシステムに発展してゆくものと考えられる。

6 事務管理システム

上下水道の事務管理分野では、昭和30年代から料金計算、財務会計などの業務を対象にコンピュータ化が進められてきた⁶⁾。しかし、最近ではOA化を中心とした行政事務の高度化、効率化のニーズが高まり、更に需要家サービスの向上が望まれることから、情報システムにも、より高度な機能が求められている。なかでも、検針、料金計算、営業業務は、需要家に密着した業務であるので、迅速化、効率化、正確化が強く望まれている。

図7は、このようなニーズにこたえるために開発された新しい料金計算システムを示すもので、検針業務に関しては検針値を入力するだけで使用水量を計算し、検針票を作成する検針ターミナルが用いられる。このようにして検針ターミナルで収集された検針データは需要家DBに入力され、料金計算、納付書作成などの一連の処理が機械化される。一方、営業業務に関しては、窓口で設置された端末によって工事申込み、

異動、照会などの処理のオンライン化が可能となり、顧客サービスの向上が図られる。

今後は、財務会計、予算管理、人事給与などの、より広範囲の情報を統合するDB化が進展し、経営計画立案、長期計画策定などの高度の情報分析、判断支援を行うシステムへ発展してゆくと考えられる。

7 結 言

上下水道を取り巻く環境と技術的動向から、情報制御システムの進展する方向について展望を試みた。高度情報制御システムを構成する柱として、広域運用、施設管理及び事務管理の3サブシステムを提示したが、社会的機運と技術の発達には、これらを実現するのに十分な状況に至っている。

今後、高度情報社会に向かって、情報制御システムは上下水道の管理運営に重要な役割を果たすと考えられる。本稿が上下水道に対する情報制御システムを検討するうえで、なんらかの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 神林, 外: 上水道総合管理システム, 日立評論, **59**, 8, 625~630(昭52-8)
- 2) 西岡, 外: 高松市水道局向け上水道配水コントロールシステム, 日立評論, **64**, 6, 447~452(昭57-6)
- 3) 宮岡, 外: 上水道配水制御技法“NEFLAN-C”の開発, 日立評論, **64**, 2, 135~140(昭57-2)
- 4) 小林, 外: 広域雨水排除システムにおける大形ポンプ設備と制御, 日立評論, **65**, 4, 279~284(昭58-4)
- 5) 筒井, 外: 上下水道管路図面情報管理システム, 日立評論, **68**, 9, 749~754(昭61-9)
- 6) 石沢, 外: 住民情報システム, 日立評論, **69**, 5, 453~460(昭62-5)