

オブジェクト指向による雨水流入解析シミュレータの開発

志間正和*、高木勝久*、津村和志*

- 京都大学工学研究科環境地球工学専攻環境情報工学講座
京都市左京区吉田本町

概要

本研究では、近年の下水道施設のデータベースを用いた情報の統合化・一元化の動きを受け、データベースを施設の管理のみならず、シミュレーションに利用するための手法を模索した。そこで、下水管渠内の水理解析を行なうシステムを構築することを試みた。具体的には、オブジェクト指向型プログラミングにより、データベースからオブジェクトを生成し、等流計算、不等流計算をおこなうシミュレータを開発した。さらに、別途に開発された雨水流入モデルをリンクし、雨水流入解析への対応を試みた。以上の機能を持つ下水排水シミュレータのシステムについて紹介する。

キーワード

下水排水、水理解析、データベース運用、オブジェクト指向型シミュレータ、雨水流入解析

1 緒言

近年、下水道施設の管理事業、および更新補修事業を効率的に行なうために、データベースを用いた情報の統合化・一元化を進める動きが目立っている。その一方で、下水道における課題の一つとして、現存の施設を効率的に運用して、最大限の効果を上げることが要求されている。これには、流入予測を初めとする効率的な運用を支援する技術体系の構築が必要であるとされている。

以上のような昨今の下水道を取り囲む情勢を踏まえ、データベースを施設の管理に使うだけでなく、さらに踏み込んで、デジタル化された情報をシミュレーションに利用できないかと考え、そのための手法を模索した¹⁾。その手法をもとに、実用的な管理・運営システムを構築することを目標に研究を進めてきた。

本研究では、流域下水道を対象としたデータベースを構築し、その蓄積された施設データを活用して、下水管渠内の水理解析を行なうシステムを構築することを試みた。そこで、まず初めにデータベースとそのアプリケーションツールとの関連性について考察を行ない、次いで、データベースを利用することを前提としたシミュレータの開発を行なった。

次に、雨水排水管理の重要性が都市域を中心に高まってきているという背景から、実用的なシステムへのアプローチとして、雨水流入解析を試みた。この分野に関しては、水理解析システムと平行してオブジェクト指向型プログラミングで開発された降雨モデルプログラムをリンクすることにより、雨水流入のシミュレーションをすることを目標とした。これらのシステム開発の経緯と成果について述べる。

2 データベース

シミュレータの構成は図1に示されるとおりである。データベースシステムは、日立製作所において上水道施設情報管理システムとして開発されたAQUAMAPを使用した。AQUAMAPは、データベース管理システムにリレーショナルデータベースのInformixを用い、マンマシンインターフェース部分には、マッピングシステムを使用して情報に空間的広がりを持たせている。本研究では、このAQUAMAPを情報のプラットフォームとして利用し、大阪府寝屋川南部流域下水道の約500の下水管・マンホールについて、データベースを構築した。

このデータベース化の狙いは、それを利用するプログラムからデータを独立させることである。しかし、従来の手続き型プログラミング手法では、データが必要となったときに、そのつどデータベースにアクセスするため、データベースとそれを利用する応用プログラムの独立性が不十分であると思われる。本研究では、オブジェクト指向プログラミング手法により、オブジェクト生成時のみデータベースにアクセスすることで、データベースとの分離性を改善した。というのは、現在一般的な手続き型プログラミング手法では、プログラムとデータの間の相互依存性が強く、データの更新、変更等に対応することは困難であることが予想される。したがって、データの変更ごとにプログラムの修正が必要とされ、データの更新が頻繁に行なわれるような場合は実用的ではない。そこで、このような問題を解決する一つの方法として、本研究ではプログラミングにオブジェクト指向を取り入れた。これによって、データベースへのア

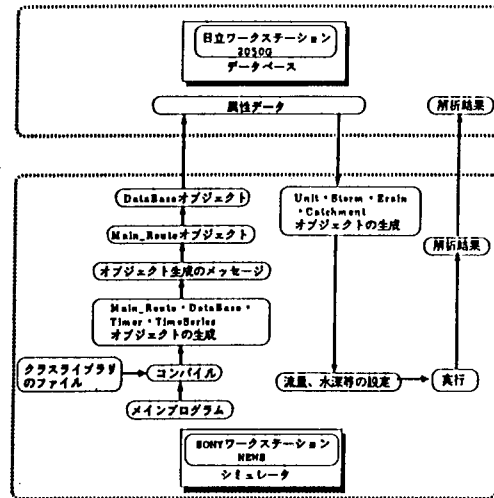


図 1：シミュレータの構成

クセスはオブジェクト生成時のみになり、さらに、シミュレータとデータベースのアクセスに関する DataBase クラスを導入することにより、シミュレータとデータベースのインタフェース部分が明確になっている。

3 オブジェクト指向

オブジェクト指向パラダイムでは、現実の世界のものを”オブジェクト”としてとらえる。オブジェクトの中身は、自分自身の状態を表す変数とメッセージ(命令)に対する各々の動作の方法(メソッド)を持たせてカプセル化したもので、オブジェクト外部からのアクセスはメッセージを介してのみ行なわれる。このため、各オブジェクトの独立性が保たれている。また、外部からメソッドを指定して動作を要求するのではなく、動作をした結果を求めるメッセージによってプログラムプロセスが進行するため、コード(変数名や関数名)の相互依存性もなくなる。その結果、ソフトウェアの拡張性、ソフトウェア資源の再利用性が高められる。オブジェクトのイメージとしては、メッセージの受け手がメッセージを解釈し、それに応じた適切なメソッドを動かしてその結果をメッセージの送り手に返してくれると考えればよい。以上のような性質から、オブジェクト指向パラダイムでは現実の世界のイメージでプログラム開発ができるので、複雑なデータを操作する場合のプログラム実行モデルの把握が明確になる。

このような特長を有するオブジェクト指向プログラミングによってシステム開発を進めていった。

4 水理解析システム

4.1 システムの構成

本研究では、シミュレータのプログラミングには C++を用いた。シミュレーションプログラムのクラス構成を図 2 に示す。ここでクラスとは、オブジェクトのデータ構造とメソッドを定義したもので、これに状態を示す変数を入れたものがオブジェクトであり、オブジェクトの抽象的な表現である。クラスとクラスをつないでいる線は、継承という概念で各クラスの共通部分をまとめてこれを上位クラスとし、異なる部分を上位クラスから派生させた下位クラスに記述するものである。

各クラスの概要を説明すると、Unit クラスは下水道を構成する施設を表現する最上位クラスであり、下水道施設の総称として用いている。Manhole クラスは人孔、Pipe は下水管のクラスでそれぞれ水理解析に関するメソッドを持っている。さらに、Pipe の下位クラスにおいては、メッセージに対して適切な水理解析がなされるように、Circle.Pipe は円管について、Rectangle.Pipe は矩形管についてのメソッドが記述されている。Area は排水区域を表し、現段階では(流域下水道に接続している)公共下水道を通じて排出される下水を発生させるオブジェクトである。また、降雨の受入先になっているのも Area である。現段階では、Area で発生した汚水は Manhole に集められ Pipe に流れ込むという構

造になっている。Socket クラスは Unit 間で交換されるデータの界面部分を表示するクラスである。すなわち、Socket オブジェクトは Unit オブジェクトにおける水の入口と出口の部分に付随し、Unit 間で交換される情報およびメッセージの制御は Socket によって行われる(図5参照)。DataBase クラスにはデータベースからオブジェクトを生成するなどのデータベースとのアクセス方法を記述している。Display クラスには解析結果のグラフ表示などの表示の方法を記述する予定である。Main_Route クラスは、各オブジェクト間のメッセージのやりとりを制御するクラスである。このよう

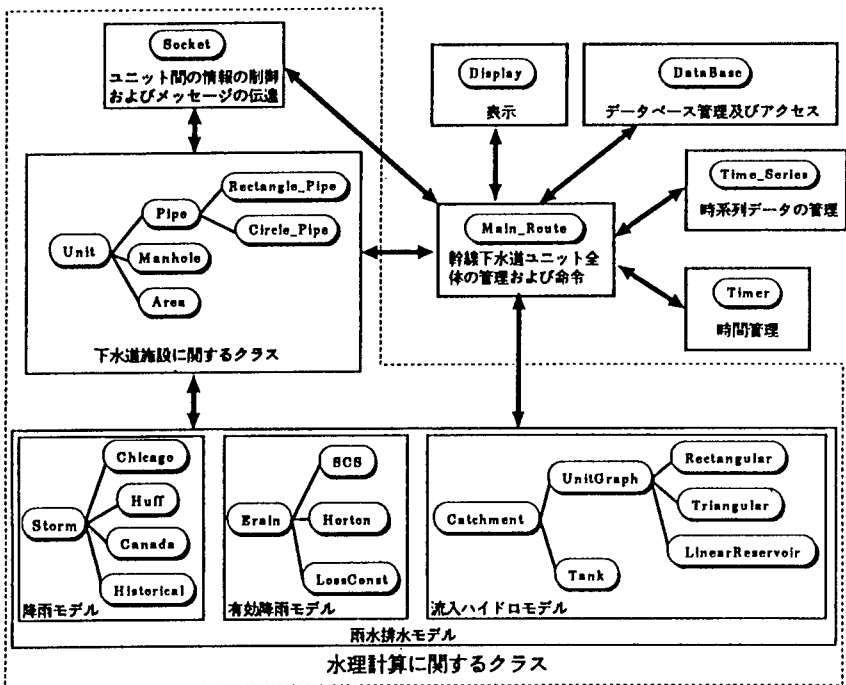


図2: クラス構成

にして、下水道システムをオブジェクト指向的にとらえたイメージを図3に示す。

オブジェクト生成の流れとしては、Main_Route から DataBase へメッセージを送り、DataBase オブジェクトがデータベースにアクセスし、その情報をもとに、Unit・Storm・Erain・Catchment オブジェクトを生成する。ここで、オブジェクトの動作は、データベースとは独立に存在する Unit クラスライブラリーを結合することによって規定される。(図1参照) Unit オブジェクトが生成されると同時に、Socket オブジェクトが生成され、データベースの情報から各 Unit の結合関係を Socket に持たせる。これで一つの系統的な幹線を表示する。このオブジェクト生成というプロセスによって、データベース内の施設データの変更に対し、その影響が自動的にシミュレータに反映できるようになっている。

現段階においては、等流計算、限界水深計算、不等流計算が可能である。

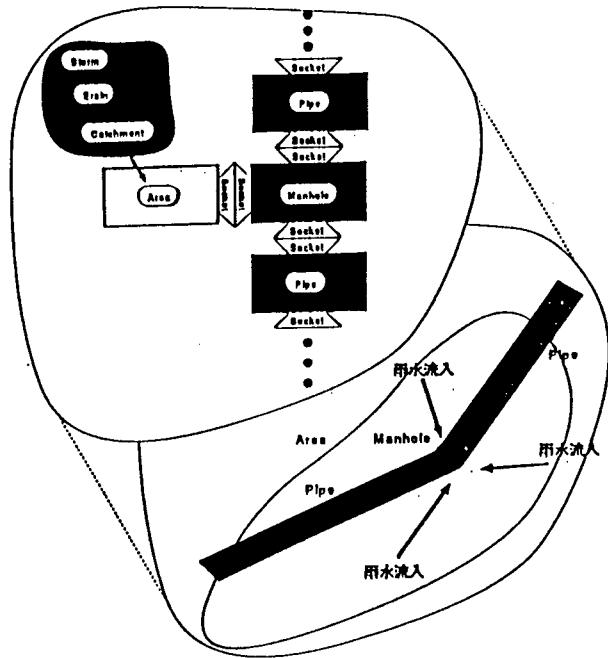


図3: オブジェクトによる下水道システムのイメージ

5 時間の概念への対応

降雨データに代表される時系列データをオブジェクトごとにオンメモリで展開し、シミュレーションをおこなってゆくことは下水道施設を対象としていることから考えるとハードの限界を超えることが予想され、現実的ではない。しかしながら、オブジェクト指向的なカプセル化の概念からすると時系列データをどこからでもアクセス可能なオブジェクト外におくことは、オブジェクト指向のメリットを損なうことになる。このようなハード的な制限と、オブジェクト指向のコンセプトの接点を見いだした結果、Time_Series オブジェクトを作成し、ここに多量の時系列データをファイルで格納し、管理させることを考えた。

また、時間の管理は Timer オブジェクトを作成し、時間を一元管理し、各オブジェクトから Timer オブジェクトに時間を問い合わせるという形を考えている。

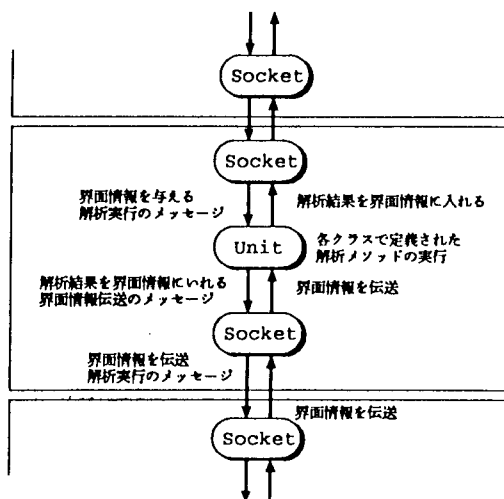


図5: Unit間のデータ交換

6 降雨・雨水流入モデル

雨水流入モデルは、図2に示されるように、降雨を表現する Storm クラス、有効降雨を表現する Erain クラス、雨水流入を表現する Catchment の3つで構成される。

Storm クラスで用いられている降雨モデルは、Chicago 型、Huff 型、Canada 型である。さらに、実際の観測時系列データをもとにハイエトグラフを描く、Historial モデルも可能である。Erain クラスで用いられている有効降雨モデルは、SCS 法、Horton 法、一定量損失雨量法である。Catchment クラスで用いられている流入ハイドロモデルは、単位図法、タンクモデルである。雨水は Storm により発生して、Erain を経て (タンクモデルは直接 Catchment へ)、Catchment に達したところで雨水流出量として Area に渡され、下水管渠へと流れる。

現段階においては、Erain と Catchment は、雨の降下した地域に依存すると考え、Area オブジェクトごとに持たせている。Storm は、Area 全体を通して一つである。今後は雨域の時間的な移動にも対応できるシステムを考えてゆく。

また、現在、これらのモデルを使用するに当たって、人為的にパラメータを設定する必要がある。将来的には GIS (Geographic Information System) を利用したパラメータ決定手法を構築することを考えている。

7 結言

この解析シミュレータの開発をオブジェクト指向で行なうことで、システムの拡張性が高くなり、ソフトウェアを一つの資源として、多様な目的に使用できることが明らかになった。具体的には、既存のクラス定義にメソッドをくわえることで、既存のオブジェクトをそのまま利用して、新たな動作ができることが示された。

本研究は、システムのフレームワークが固まったところであり、これからは時間変動への対応等の課題に取り組みつつ、シミュレータのシステムアップに力を注ぐつもりである。具体的には、降雨レーダーと接続して、リアルタイムの流入予測に発展して、情報を取り扱うプラットフォームだけでなく、そこから得られる情報も実用的なものになるようにしたいと考えている。また、水質の面にも目を向けて、越流負荷の制御等を目的としたシミュレータにも拡張することも考えている。

参考文献

- 1) 志間正和, 津村和志, 平岡正勝: 土木学会第 48 回年次学術講演概要集 2, pp1202-1203, 土木学会編, 1993
- 2) 岡本芳美: 開水路の水理学解説, 鹿島出版会, 1991
- 3) 玉井信行: 水理学 2, 培風館, 1989
- 4) Timothy A. Budd: オブジェクト指向プログラミング入門, トッパン, 1992
- 5) Tony Lacy-Thompson: informix-SQL, トッパン, 1992