

## 地下水流動仮想実験環境の構築

吉岡尚秀 田中譲

北海道大学 知識メディアラボラトリー

### 1 はじめに

実際に目で見て検証することが困難な場所で生じる物理現象が、今日、計算機の発達により、計算機を用いて解析・可視化をすることで、実際に実験を行うよりも低コストで迅速にシミュレーションを行うことが可能となった。

このような物理現象に地下水流動があるが、これをシミュレーションするためには、モデリング、解析、可視化を同一環境内でインタラクティブに行うことが要求される。

本研究では、IntelligentBox[1]を用いて開発された、モデリング・解析・可視化を同一環境内で、インタラクティブに行うことを可能にする仮想実験環境構築フレームワーク [5] を地下水流動仮想実験環境の構築に適用し、このフレームワークの有意性、有益性を検証する。本研究では、地下水仮想実験環境に必要な、地層や水文データなどのモデリング機能、地下水解析機能、地下水流動の可視化機能、それぞれの部品化を行い、それらを組み合わせて地下水仮想実験環境の構築を行う。

仮想実験環境では、ユーザが仮想空間内に配置された機能部品を直接操作し、また、それらを自由に組み合わせて、実験環境を構築することができ、ユーザはあたかも実際に実験を行うかのように、仮想空間内でインタラクティブなシミュレーションを行うことができる。

### 2 地下水流動解析の機能部品

地下水が流れる場である地層、その地層状態のデータを持つボーリングデータ、そして地下水の源である井戸や地下水が流れる排水路などの水文データをIntelligentBox で利用可能な機能を持った部品である「ボックス」にする。そして、解析するためのグリッド化された計算領域をボックス化し、また、地下水流動解析部品は、USGS (米国地質調査所) で開発された地下水流動解析プログラム MODFLOW[3] を、IntelligentBox のボックスとしてラッピングを

する方法を用いる。これらを組み合わせることで地下水流動仮想実験環境を構築していく。

ボーリングデータを部品化した BoringBox には地層の数、地質情報、地下水面までの距離のデータを保持しており、地層モデル生成の基盤となる。部品化した水文データは、井戸の機能要素を部品化した WellBox(井戸ボックス)、と排水路の機能要素を部品化した DrainBox (排水路ボックス) の2つがある。WellBox には単位時間あたりの水の湧き出し量または吸い込み量の値を保持できるようになっており、DrainBox には、水の流れやすさの度合いを示すコンダクタンスという値が保持できるようになっている。これらの外在化されたデータを、ユーザがインタラクティブに配置して、解析のパラメータ設定を行う。部品化した計算領域は、領域内に追加された井戸や排水路の水文データボックスの位置を検知し、ボックスが保持しているパラメータと領域内の地層モデルとともに、MODFLOW へ入力を行う。

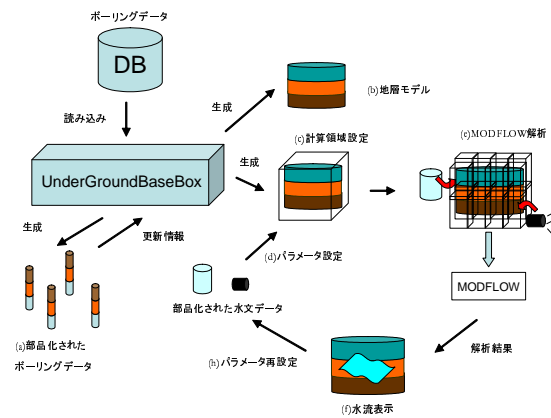


図 1: システム概要

### 3 システム概要

図1のように、まず、(a) ボーリングデータや地層の管理を行う UnderGroundBaseBox がボーリングデータを読み込んで、BoringBox を生成する。配置された BoringBox の位置が変更されたり、BoringBox の数が変化した場合、UnderGroundBox はこの更新された情報を管理する。(b) 配置された BoringBox から UnderGroundBox が地層モデルを生成する。次に、(c) UnderGroundBaseBox は地層モデルに対し

A Virtual Experiment Environment for Groundwater Flow

Naohide Yoshioka,  
Yuzuru Tanaka  
Meme Media Laboratory, Hokkaido University  
N13W8, kita-ku, Sapporo, 060 8628, Japan

て、MODFLOW の計算パラメータである計算領域を設ける。(d) その領域内に、水文データのインタラクティブ部品である WellBox (井戸ボックス) や、DrainBox (排水路ボックス) を配置し、計算パラメータの設定を行う。そして、(f) IntelligentBox で利用可能にした MODFLOW が、計算パラメータとなる水文データと指定した計算領域から水流解析を行い、(g) 解析された水頭結果から、水流を表示する。(h) 表示された結果に対し、ユーザによるパラメータの再設定が行われた場合は、その更新情報を MODFLOW へ再入力し、再計算・再表示を行う。(図 1)。

図 3 に、地下水流動の可視化例を示す。井戸と排水路のボックスである、WellBox と DrainBox を図のように設置すると、地下水は渦を巻いていることを検証できる。ここでは、地下水流動の様子を確認しやすいよう、地層モデルと計算領域は非表示になっている。

#### 4 ユーザ・インタラクション

図 2 のように、水流計算・表示が行われた後、水文データやグリッドデータに対するユーザ操作が行われた場合、それらの情報を MODFLOW に伝えて再計算・再表示を行うというユーザ操作のフィードバックを行うことにより、実験結果から新たに最初から実験を行うのではなく、結果それ自体を入力とすることができ、インタラクティブな水流解析シミュレーション環境の構築が可能になる。

例えば、計算・表示が終了した後に井戸の Box をコピーし新たに領域に追加し領域内の水量を増加させたり、グリッドの各セルを小さくすることで計算の精度の向上を計ったりするなど、表示されている Box を直接操作することにより、それを入力として再計算・再表示を行い、インタラクティブな水流解析を行うことができる。

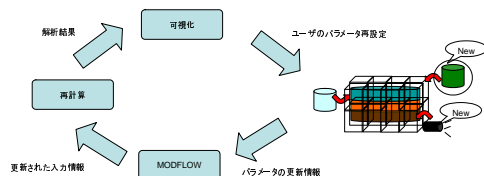


図 2: ユーザ・インタラクション

#### 5 おわりに

本研究では、モデリング部である地層モデルに計算領域や水文データを設けることで、モデリング部と解析部をつないだ。解析部が可視化部を呼び出し、表示された結果に対し、ユーザ操作があった場合に再計算・再表示を可能としたことで可視化部とモデ

リング部がつながり、モデリング・解析・可視化を同一環境内でインタラクティブに行うことを可能にした。

様々なアプリケーションを IntelligentBox に統合し、モデリング・解析・可視化を同一環境内でインタラクティブに行うことによって、より、アプリケーションの相互連携を図ることができるようになる。

今回は、地下水流動アプリケーションを IntelligentBox に統合したが、この流動結果からシミュレーションできるもの、例えば、汚染物質の移流などを解析するツールを IntelligentBox に統合したり、雨量の増加などの地表の条件が変化した場合のシミュレーションができるように、今後は、汚染物質解析ツールなどの、新たな解析アプリケーションツールを統合したり、3次元GISツールの統合へ向けていく。

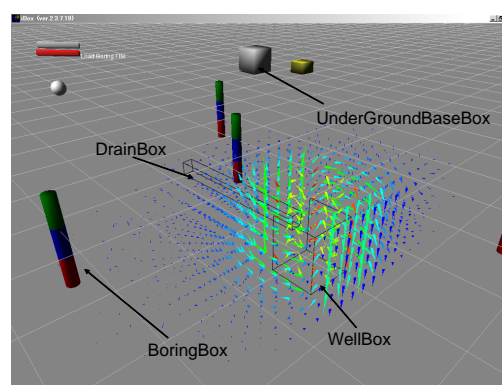


図 3: 地下水流動の可視化例

#### 参考文献

- [1] 岡田義広, 田中譲: 対話型 3D ソフトウェア構築システム-IntelligentBox-, コンピュータソフトウェア, Vol.12, No.4: 84-94 (1995)
- [2] Y. Tanaka: Meme Media and Meme Market Architectures: Knowledge Media for Editing, Distributing, and Managing Intellectual Resources.2003
- [3] USGeologicalSurvey(USGS).<http://www.usgs.gov>
- [4] 堀田均, 田原拓永, 大宮学, 田中譲, 伊藤靖彦. アンテナの電磁解析における対話的な仮想実験環境の実現. 1999年情報処理学会全国大会, 1999-09
- [5] 平井正人, 岡田義広, 田中譲.IntelligentBox と Scientific Visualization ツールとの連携に関する研究. 日本ソフトウェア科学会第 13 回論文集,pp.153-156, 1996.