

平成22年 5月25日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500090
 研究課題名（和文）3次元地質情報発信のためのWeb-GISによる
 3次元地質モデリングシステムの開発
 研究課題名（英文）Development of Three Dimensional Geologic Modeling System
 based on Web-GIS for Providing Three Dimensional Geologic Information
 研究代表者
 升本 眞二（MASUMOTO SHINJI）
 大阪市立大学・大学院理学研究科・教授
 研究者番号：40173760

研究成果の概要（和文）：3次元の地質情報を共有・発信するために、野外調査データの収集、モデルの構築、および結果の可視化などをWeb上で行えるWeb-GIS 3次元地質モデリングシステムのプロトタイプを開発した。基本システムはマッピングエンジン、Web-GISクライアント、GIS、およびリレーショナルデータベースから構築した。また、地質モデリングのメインシステムは9つの機能モジュールから構成した。ボーリングデータベースを用いた実際の地質モデルの構築により本プロトタイプシステムを検証した。

研究成果の概要（英文）：The prototype of the three dimensional geologic modeling system based on Web-GIS has been developed to perform acquisition of the field survey data, construction of the model, and visualization of the results on Web for sharing and providing three dimensional geologic information. The base system is constructed by mapping engine, Web-GIS client, GIS and relational database. And, the main system for the geologic modeling is composed by nine functional modules. This prototype system has been established by the actual subsurface modeling using borehole database.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：情報地質学

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：地理情報システム・Web-GIS・地質モデル・3次元可視化・データベース

1. 研究開始当初の背景

環境・防災・地下利用などの地質学に関連する分野の問題解決において、地質情報は非常に重要である。これらの問題の対策には、

GIS等のコンピュータを利用した情報の管理・解析・シミュレーション、およびそれらを基礎にした総合的な判断を行うことが多くなり、地質情報をこれらの問題解決に十分

反映するためには、GIS 上で 3 次元空間の地質分布を表す 3 次元地質モデルを構築し、積極的に発信・共有することが必要である。

GIS は進化し、インターネットを利用した Web 上で GIS の情報を発信・活用する Web-GIS の技術開発が進みつつある。とくに、フリーオープンソースソフトウェアであるマップサーバ (MapServer) は、データを共有でき、機能を独自に開発して追加することが可能な Web-GIS システムである。

マップサーバを用いた Web-GIS を基本システムとし、これまで行ってきた研究成果をもとにした地質学特有の機能 (データの対比、地質境界面の推定、3 次元地質モデリング、および可視化など) を追加して、3 次元地質モデリングシステムを構築することにより、3 次元の地質情報を共有・発信することが実現できると構想した。

2. 研究の目的

地質情報の中で最も重要な 3 次元の地質分布の情報をより正しく理解・活用されるためには、3 次元地質モデルのみならず、モデリングのための基礎データから、推論結果の層序・構造や論理モデル、推定した地質境界面、およびそれらの推論やモデリングの全プロセスまでのすべてを Web 上で公開し、共有・発信することが重要である。本研究は、3 次元の地質情報を共有・発信するために、基礎データの入力やデータベース化をはじめ、対比、地質構造の論理モデル構築、地質境界面推定、3 次元地質モデル構築、およびそれらの可視化までのすべてを Web-GIS 上で行える 3 次元地質モデリングシステムのプロトタイプの開発を目的とする。また、実際のデータを用いて 3 次元地質モデルを構築する実証実験を行い、開発したシステムの各機能を確認するとともに、問題点の整理により、今後の実用化システムへ向けた検討を行う。

3. 研究の方法

情報の収集・集積・解析・発信などが可能な Web-GIS 上で、地質データ入力から 3 次元地質モデルの構築までを行うとともに、各過程での情報のデータベース化・可視化が可能なシステムを Web-GIS 基本システムと機能別のモジュール群から構成する。また、モデリングのための基本原理には、地質体と境界面の関係を表す「地質構造の論理モデル」を用い、そのための情報や論理の流れなどを整理し、開発する各モジュールに組み込む。さらに、実際のデータを用いて本システムの実証実験を行う。

(1) 基本システムの構築

多様な情報の発信・共有を可能にするための WMS (Web Map Service) や WFS (Web Feature

Service) の機能、およびデータベースや GIS を用いた各種解析・処理が利用できる WPS (Web Processing Service) の機能を持つ Web-GIS を基本システムとして構築する。

(2) 機能別モジュール群の開発

基礎データの入力から 3 次元地質モデリング、および各段階での情報のデータベース化や可視化までを、機能ごとの 9 つのモジュール (①データ入力モジュール、②岩相対比モジュール、③整理・分類モジュール、④論理モデル構築モジュール、⑤地質境界面推定モジュール、⑥地質関数モジュール、⑦可視化モジュール、⑧データベース管理モジュール、および、⑨標準化モジュール) に分けて開発する。

(3) 基本原理の整理

従来から開発してきた地質構造の論理モデルやそれらをもとにした地質関数などの 3 次元地質モデル構築のための基本原理を整理し、各論理や情報の流れをまとめる。また、高分解能に対応する地質境界面の推定法を開発する。

(4) 実証実験

大阪市のボーリングデータベースを用いて、大阪平野西部地域での 3 次元地質モデルを構築し、本システムの実証実験を行う。

4. 研究成果

Web 上で基礎データのデータベース化をはじめ、対比、モデリング、および可視化までのすべてを単独で行える Web-GIS による 3 次元地質モデリングのためのプロトタイプシステムが完成した。また、そのための基本原理が整理できた。さらに、大阪市のボーリングデータベースを用いた実証実験の実施により、システムが検証できた。

(1) 基本システム

基本システムは全てフリーオープンソースソフトウェア (FOSS) を用いて構築した。OS は Mandriva Linux, マッピングエンジンにはマップサーバ, Web-GIS クライアントには OpenLayers, WPS のための GIS には GRASS, リレーショナルデータベースには PostGIS と PostgreSQL, および位置座標変換には GDAL/OGR のライブラリーをそれぞれ用いた。

(2) 基本原理と機能別モジュール

基本原理の整理結果を基にした情報の流れと開発した各モジュールの関係を図 1 に示す。また、完成した各モジュールの基本機能を次に示す。

①データ入力モジュール: ボーリングデータベースなどの既存の外部データベースや

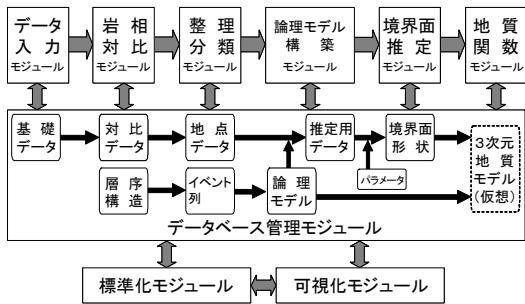


図1 情報の流れと各モジュールの関係。

地表踏査データなどの地質モデル構築のための基礎データ入力機能。

- ②岩相対比モジュール：入力された各種基礎データをもとに、層序区分や構造を確立しながら岩相対比の作業を支援する機能。
- ③整理・分類モジュール：岩相対比の結果にもとづいて、基礎データから層序に対応した地点データに整理・分類する機能。対比や整理の結果などの論理的な整合性を確認する機能。層序区分や構造データからイベント列を生成する機能。
- ④論理モデル構築モジュール：イベント列から論理モデルを構築する機能。論理モデルにもとづき地質境界面を推定するためのデータを整理する機能。
- ⑤地質境界面推定モジュール：整理されたデータから3次B-スプラインを用いて高分解能の地質境界面を推定する機能。
- ⑥地質関数モジュール：論理モデルと地質境界面を用いて、任意の点の地質体名を出力する地質関数を構成する機能（これにより、3次元地質モデルが仮想的に構築される）。
- ⑦可視化モジュール：各出力結果を可視化する機能。3次元の可視化にはVRMLを用いた。
- ⑧データベース管理モジュール：各種の基礎データ、対比結果、層序・構造、論理モデル、および境界面推定パラメータなどを保存するデータベースを管理する機能。
- ⑨標準化モジュール：複数のシステム間で境界面などの情報を共有するための機能。

(3)具体例

大阪市のボーリングデータベースを用いた大阪平野西部地域での実証実験の結果を用いて、システム的具体例を示す。図2に大阪市のボーリングデータ（7357本）の位置を表示した例を示す。地層を対比するために、断面図の範囲(任意の2地点を結ぶ直線と幅)を指定した例を図3に示す。ボーリングデータの検索結果と対比した結果を同時に表示した例を図4に示す。ボーリングデータはN値等も表示でき、日本標準であるJACIC形式に対応する。対比後のボーリングデータと、推定した地質境界面、および、それらを重ね合わせたものをVRMLで表示した例を図5か

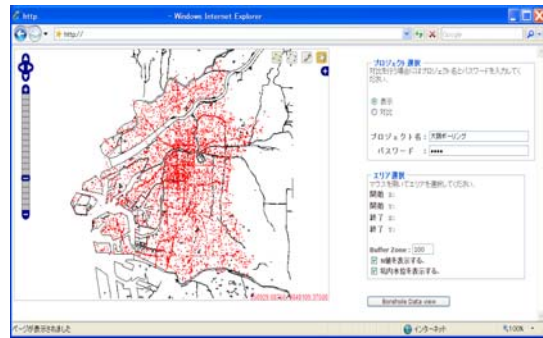


図2 大阪市のボーリングデータの位置(赤点)の表示例。

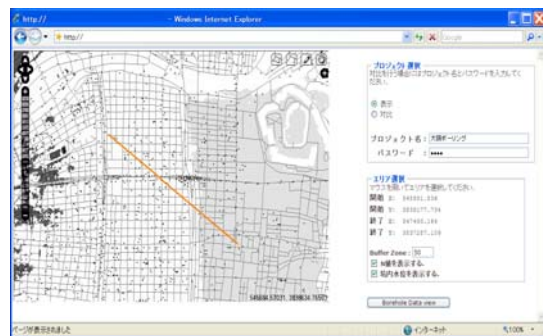


図3 地層対比のための任意の2地点と幅(バッファー)の指定例(橙色線)。

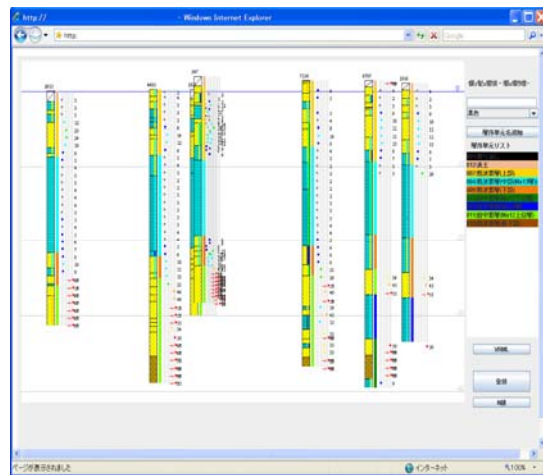


図4 データの検索結果と対比の例。

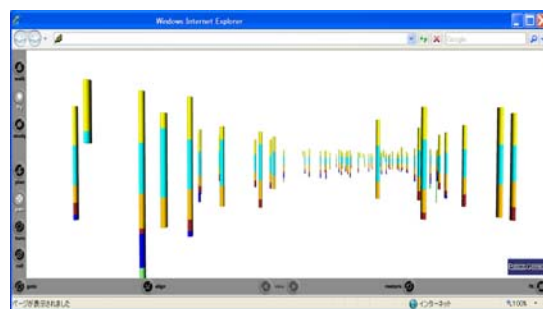


図5 ボーリングの対比結果のVRML表示(プラグインソフトはCortonaを利用)。

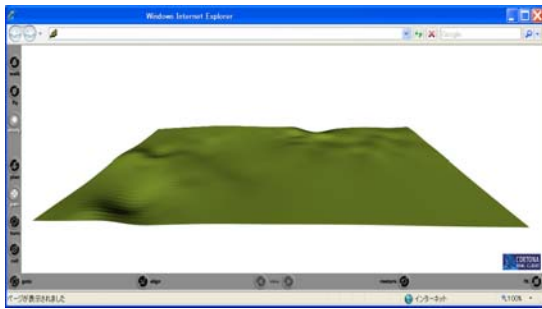


図6 推定した地質境界面のVRML表示例.

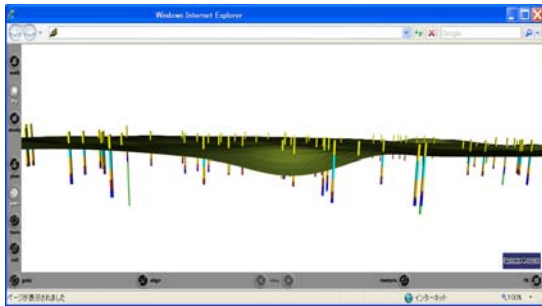


図7 ボーリングと地質境界面のVRML表示例.

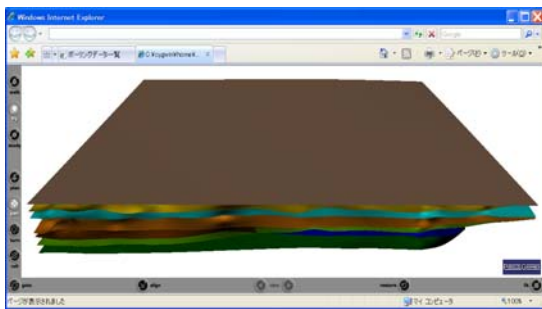


図8 3次元地質モデルのVRML表示例.

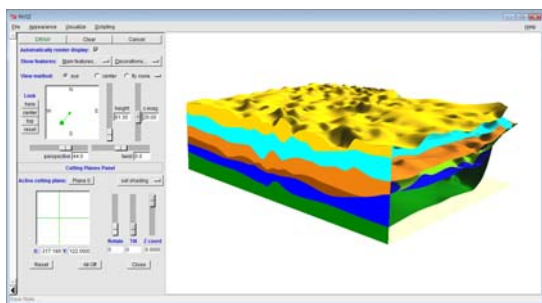


図9 GRASSの可視化ツールNvizで一部を拡大し地質断面を表示した例.

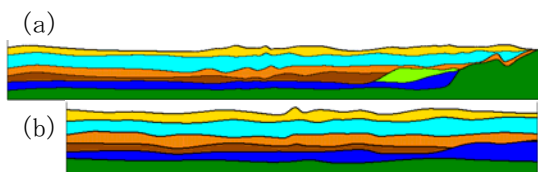


図10 Geomodelで表示した地質断面図.
(a) 東西断面, (b) 南北断面.

ら図7にそれぞれ示す. 完成した3次元地質モデル(本地域の地質モデルは7つの地層に分類)をVRMLで表示した例を図8に示す. 既存のソフトウェアへエクスポートして表示した例を図9と図10に示す. 図9はGRASSの3次元可視化ツールNvizでの例で, 図10はGeomodel(研究代表者らが独自に開発)で地質断面図を作成した例である.

(4) まとめと今後の展開

地質構造の論理モデルを基本原理とし, FOSSを基本システムに用いたWeb-GIS3次元地質モデルのプロトタイプが世界に先駆け開発できた. また, 3次B-スプラインを用いた画期的な高分解能地質境界面推定法が開発できた.

今後の展開としては, 複数のシステムで分散して構築されたモデルを結合するための原理やシステムを開発し, 実用的でシームレスな3次元地質モデリングを共有・発信するための研究を展開していく予定である.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計14件)

- ① 塩野清治, 3次元地質モデリングのための離散数学講義ノート. 情報地質, 査読有, vol.20, 2009, 219-253.
- ② 塩野清治・山根裕之, 地質構造の論理モデルを表す2分木の読み方. 情報地質, 査読有, vol.20, 2009, 151-167.
- ③ 野々垣進・升本眞二・塩野清治, BS-Horizonにより推定した3次B-スプライン曲面の活用法. 情報地質, 査読有, vol.20, 2009, 3-16.
- ④ Nonogaki S., Masumoto S. and Shiono K., Algorithm for extraction of geomorphological characteristics based on a mathematical function of surface derived from BS-Horizon. *Proceedings of International Symposium on GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2008*, 査読有, 2008, 55-60.
- ⑤ Nemoto T., Shiono K. and Masumoto S., Mathematical Expression of geologic boundary by neighborhood function. *Proceedings of International Symposium on GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2008*, 査読有, 2008, 95-100.
- ⑥ Masumoto S., Nonogaki S., Ninsawat S., Iwamura S., Sakurai K., Nemoto T., Raghavan V. and Shiono K., Development of prototype system for three dimensional

geologic modeling based on Web-GIS. *Proceedings of International Symposium on GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2008*, 査読有, 2008, 83-88.

- ⑦ 塩野清治・山根裕之, 2 分木による地質構造の論理モデルの図式表現. 情報地質, 査読有, vol.19, 2008, 209-221.
- ⑧ Ninsawat S., Raghavan V. and Masumoto S., Integration of Web processing service and sensor observation service for distributed geoprocessing using real-time data. *GeoInformatics*, 査読有, vol.19, 2008, 171-179.
- ⑨ 野々垣進・升本眞二・塩野清治, 3 次 B-スプラインを用いた地層境界面の推定. 情報地質, 査読有, vol.19, 2008, 61-77.
- ⑩ Masumoto S., Nonogaki S., Nemoto T., Shiono K. and Raghavan V., Implementation of geologic symbology for free and open source GRASS GIS environment, *International Journal of GeoInformatics*, 査読有, vol.4, 2007, 49-54.

[学会発表] (計 28 件)

- ① Raghavan V., 3D Geological Modeling in an Open Web-GIS Platform. International Symposium GEOKARsT 2009, 2009 年 11 月 12 日, ハノイホテル (ハノイ, ベトナム).
- ② 升本眞二, 三次元地質モデルの基本要素と地質構造の論理モデル. 日本地質学会第 116 年学術大会シンポジウム, 2009 年 9 月 6 日, 岡山理科大学 (岡山県).
- ③ 生賀大之, Web-GIS による 3 次元地質モデリング-ボーリングデータを用いた大阪平野西部表層部の例-. 日本地質学会第 116 年学術大会, 2009 年 9 月 6 日, 岡山理科大学 (岡山県).
- ④ 升本眞二, Web-GIS を用いた 3 次元地質モデル構築システム. 第 20 回日本情報地質学会講演会, 2009 年 6 月 26 日, 沖縄県青年会館 (沖縄県).
- ⑤ 野々垣進, 双 3 次 B-スプライン曲面にもとづく地層境界線の探索. 第 20 回日本情報地質学会講演会, 2009 年 6 月 25 日, 沖縄県青年会館 (沖縄県).
- ⑥ 岩村里美, 地質構造の論理モデルにもとづいて調査データから境界面推定用データを作成するプログラム GeoSEQ のアルゴリズム. 日本地質学会第 115 年学術大会, 2009 年 9 月 22 日, 秋田大学 (秋田県).
- ⑦ 櫻井健一, Web-GIS による 3 次元地質モデリングのためのボーリングデータ層相

対比支援システムの開発. 日本地質学会第 115 年学術大会, 2009 年 9 月 22 日, 秋田大学 (秋田県).

- ⑧ Masumoto S., Development of prototype system for three dimensional geologic modeling based on Web-GIS. International Symposium on GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2008, 2008 年 12 月 4 日, ハノイ工科大学 (ハノイ, ベトナム).
- ⑨ 升本眞二, Web-GIS による 3 次元地質モデリングシステムのプロトタイプ開発. 第 19 回日本情報地質学会講演会, 2008 年 6 月 12 日, 北海道大学 (北海道).
- ⑩ 塩野清治, 地質構造の論理モデルの図式表現とその活用法. 第 18 回日本情報地質学会講演会, 2007 年 6 月 21 日, 島根県民会館 (島根県).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

升本 眞二 (MASUMOTO SHINJI)
大阪市立大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 40173760

(2) 研究分担者

塩野 清治 (SHIONO KIYOJI)
大阪市立大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 40047387
ベンカテッシュ ラガワン (RAGHAVAN VENKATESH)
大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授
研究者番号: 30291602

(3) 連携研究者

なし