

令和元年5月28日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21677

研究課題名（和文）信頼性の高い3次元地質情報のWeb共有手法の研究

研究課題名（英文）A study on Web sharing techniques for reliable three-dimensional geological information

研究代表者

野々垣 進（NONOGAKI, Susumu）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究グループ付

研究者番号：30568613

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：信頼性の高い3次元地質情報のWeb共有を目的に、PostgreSQLにより柱状図データのデータベースを構築するとともに、OpenMPマルチスレッディング技術を用いて3次元地質モデリングに必要な地層境界面の高速グリiddingシステムを開発した。また、機械処理による最適グリiddingパラメータの決定方法について検討した。さらに、次の4つの機能を備えた、地質情報Web共有システムを開発した：（1）柱状図データのデータベース検索、（2）地質図と柱状図データのマッピング、（3）3次元地質モデルの可視化、（4）3次元地質モデルの鉛直断面図の作成。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、紙媒体として保管されてきた地質情報の電子化・データベース化を推進するとともに、機械処理による3次元地質モデリングのための技術的基礎を向上するものであり、従来よりも高い信頼性・更新性・客観性をもった地質構造解析の実現に役立つ。また、地質情報の共有媒体のひとつとして3次元地質モデルを利用することにより、地下における地層の3次元分布を誰もが直感的に把握できるWeb環境を整えたものであり、地下地質に関する国民のリテラシー向上に貢献する。

研究成果の概要（英文）：For web sharing of three-dimensional (3D) geological information with high reliability, we have constructed a database for stratigraphic columns and borehole logs using PostgreSQL. We also have developed a high-speed gridding system for geological surfaces, which are essential in surface-based 3D geological modeling, using OpenMP multi-threading technology and have investigated a determination method of optimal gridding parameters by mechanical process. In addition, we have developed a web sharing system of geological information. This web system allows the users (1) to search database for stratigraphic columns and borehole logs, (2) to map locations of stratigraphic columns and borehole logs with a 2D geological map, (3) to browse a surface-based 3D geological model, and (4) to generate a cross-section from 3D geological model.

研究分野：情報地質学

キーワード：地質情報 柱状図 Web 3次元

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地質情報は、災害リスク評価や都市計画など、国民生活の基盤を構築する上で必要不可欠な時空間情報である。近年、減災・防災への関心の高まりを受け、地質情報を機械判読可能な形で電子管理し、それらを Web 共有しようとする動きが活発である。

地質情報を機械判読可能な形で電子管理する利点は、3次元地質モデリングなどの高度な解析に機械処理を適用し易い点、各種データの管理や解析結果の共有に Web 技術を導入し易い点にある。機械処理の適用は人為誤差の発生を防止し、安定した信頼性・更新性の確保につながる。Web 技術の導入は、複数のユーザーによる円滑な情報共有を実現する。

野外調査で得られる地質情報のほとんどは、未だ機械判読可能な形で電子化する手法が確立しておらず、紙資料として管理されることが多い。加えて、紙資料ゆえに Web 技術との連携が難しく、学術誌や報告書などに掲載されない限り、研究者のもとで個別管理されることが多い。このため、実質死蔵状態にあり、今後散逸することが危惧されている。また、地質図をはじめ、一部の地質情報については、機械判読可能な形で電子化・Web 共有する手法が提案されているが、これらの地質情報は 2 次的に地層の分布形態を示すものが多く、専門家以外には理解・利用しにくい。このため、より直感的に地層の分布形態を把握できる 3 次元地質情報を Web 共有する技術の確立が求められている。

2. 研究の目的

野外踏査で得られる地質情報を電子情報として集約し、そこから得られる地層の分布形態を、誰もが理解・利用しやすい 3 次元地質情報として Web 共有できるようにするため、主に次のことを目的として研究を行う。

- ・紙資料として残された地質情報をデータベース管理する手法を確立する。
- ・データベース化した地質情報から、迅速に 3 次元地質モデルを構築する手法を確立する。
- ・3 次元地質情報の統合表示・共有を可能とする Web システムを開発する。

3. 研究の方法

3 次元地質情報を管理・解析・共有するための手法の確立とシステム開発を行う。管理については、紙資料の地質情報の収集と、収集した地質情報のデータベース管理手法の確立を行う。データベース管理では、特に位置情報をもつ地質情報を中心に機械判読可能な形で電子化する方法を確立する。解析については、マルチスレッディング技術による高速演算および最適パラメータの機械的算出を可能とする地層境界の形状推定法を確立し、これをもとに信頼性・更新性の高い 3 次元地質モデル構築手法を確立する。共有については、データベースを利用した情報検索や 3 次元地質モデルと各種地質情報の統合表示を可能とする Web システム開発を行う。

4. 研究成果

3 次元地質情報を管理・解析・共有するための手法の確立とシステム開発を行った。主な研究成果を以下に記す。

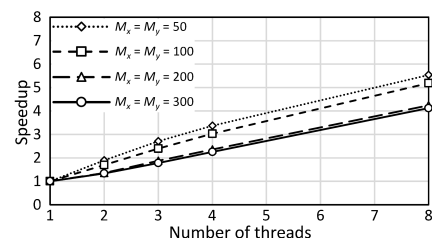
(1) 紙資料の地質情報の収集およびデータベース管理手法の確立

千葉県木更津地域を中心として、地質図類・堆積柱状図・ボーリング柱状図などの地質情報を収集した。収集した地質情報のうち、学術誌や報告書などにのみ掲載されており、位置情報がデジタルの数値データとして残されていない堆積柱状図について、電子化およびデータベース管理する手法を検討した。その結果、緯度経度情報・標高情報など、データ検索での利用頻度が高いと考えられる空間情報を主体とした柱状図データベースを、フリーオープンソースソフトウェアの PostgreSQL を用いて構築した。これにより、信頼度は高いが紙資料のために活用しにくかった堆積柱状図を、地質情報解析に適用するための技術的基礎を確立できた。さらに、土木・建築工事などの際に作成されるボーリング柱状図の情報を、上記データベースにインポートするためのプログラムを開発した。これにより、堆積柱状図とボーリング柱状図のデータ検索を一つのシステムで行えるようになった。

(2) 信頼性・更新性の高い 3 次元地質モデル構築手法の確立

3 次元地質モデルの重要な構成要素である地層境界面の形状データを、データベース化した大量の柱状図データをもとに、高速・高精度で求める新しいグリiddingシステムを開発した。

マルチスレッディング技術を用いた高速演算の実装
スプライン平滑化技術を用いて、等式・不等式標高データと走向・傾斜データから地層境界面の形状データを求めるグリiddingシステムに、OpenMP によるマルチスレッディング並列演算を適用した。マルチスレッディング機能の適用は、スプライン平滑化における、



第1図 大量の不等式標高データによる性能評価の結果。

正規方程式の構築、正規方程式の解の導出、面の滑らかさおよび推定精度の評価、という 3 つの処理について行った。また、少量/大量の等式標高データ、少量/大量の不等式標高デー

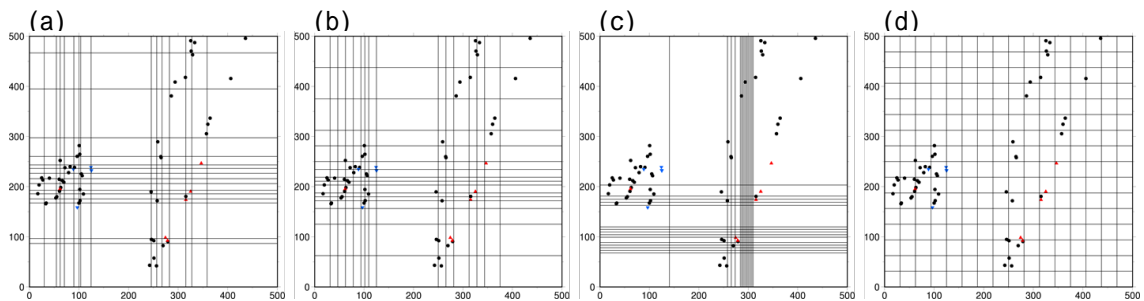
タ、という4種類のテストデータを用いて、新システムの性能評価を行った。その結果、いずれのテストデータについても、スレッド数の増加とともに高速化率が増加し、従来よりも高速なグリiddingが可能となったことを確認できた(第1図)。これにより、これまで時間的制約から困難であった、大規模演算による高精度な地層境界面の形状推定が可能となった。

機械処理による最適パラメータ決定手法の検討

上記のグリiddingシステムの基礎となっている、不等間隔に配置した節点に基づく正規化Bスプラインを用いた地層境界面の形状推定法において、入力データの個数と配置に基づいて、スプラインを定義する節点の個数と配置を自動決定する手法を検討した。節点の個数については、入力データの座標のうち重複しない座標(基準座標)の個数から、東西方向・南北方向それぞれに関する節点の個数を決定する方法を提案した。節点の配置については、節点間に存在する基準座標の個数を均等にする方法(方法1)、はじめに計算領域の両端および中央の3点に配置した後、基準座標がより多く存在する節点間を2等分割するように新しい節点を追加していく方法(方法2)、標高値や傾斜値の分散が大きい箇所を特定し、該当箇所により多くの節点を配置する方法(方法3)、という3つの配置方法を提案した(第2図)。また、Fortran95を用いて、上記のグリiddingシステムに実装した。

各手法の性能を評価するために、一様に分布する等式標高データ、一様に分布する等式・不等式標高データおよび走向・傾斜データ、偏在する等式・不等式標高データ、規則的に並ぶ不等式標高データ、という4種類のテストデータを用いて形状推定を行い、従来の等間隔に配置する方法(方法4)と併せて、得られる面の精度と滑らかさを比較した。その結果、方法1と方法4が、いずれのテストデータについても同等に良好な結果を示した。ただし、偏在する入力データを用いた形状推定については、今回新しく提案した方法1がより高い精度を示した。従来の手法(方法4)では、偏在データから高精度で面の形状を求めるにあたり、非効率に節点を増やす必要があったが、本成果によりこの課題を解決できた。また、本成果により、形状推定の一部のパラメータを、客観性を確保できる機械処理により決定できるようになった。

上記と の成果を、これまでの3次元地質モデル構築手法に組み込むことで、従来よりも信頼性・更新性の高い3次元地質モデル構築手法を確立できた。



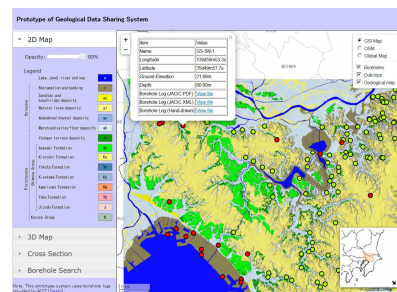
第2図 偏在する等式・不等式標高データから求めた節点配置。(a)方法1、(b)方法2、(c)方法3、(d)方法4。格子線の位置が、配置した節点の位置を示す。この場合は、(a)の節点配置が最も高い推定精度を与えた。

(3) 3次元地質情報の統合表示・共有を可能とするWebシステムの開発

フリーオープンソースソフトウェアのマッピングクライアントであるLeafletを用いて、データベース化した柱状図データと、それを活用して構築した3次元地質モデルが示す地層の分布形態の情報を、Web上で表示・共有できるシステムを開発した。

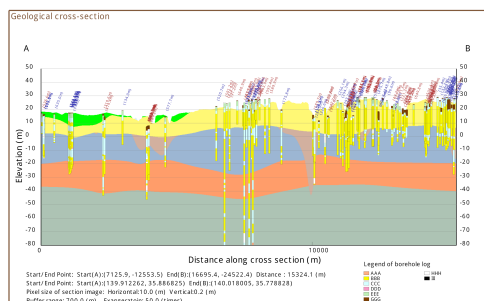
柱状図データのWeb共有については、マッピングシステムとデータベースとを連携することで、地図画像を背景に、柱状図データの位置やメタ情報の確認と、メタ情報による柱状図データの検索を行える機能を開発した(第3図)。3次元地質情報のWeb共有については、3次元地質モデルから作成した地質図(平面図)の表示と、任意位置における3次元地質モデルの断面図作成および立体図作成を行うための機能を開発した。地質図については、マッピング画面のズームレベルに応じた高速表示を行える(第3図)。断面図は、高さの強調を調節しながら、地図画像を背景に任意の測線について作成できる。作成結果には、3次元地質モデルの地質構造とともに、測線周辺に存在する柱状図データが描画される(第4図)。立体図は、地図画像を背景に任意の領域について作成できる。作成結果には、3次元地質モデルを構成する地層境界面の形状とともに、作成領域に存在する柱状図データが描画される(第5図)。断面図と立体図はそれぞれ、PDF形式とVRML形式でダウンロードできる。

本成果は、これまで2次元情報として共有されてきた地層の分布形態の情報を、誰もが直感的に把握しやすい3次元情報として、その基礎データである柱状図データも含めて共有できるようにしたものであり、地下地質に関する国民のリテラシー向上に役立つ。また、システムをフリーオープンソースソフトウェアで構成したことにより、今後、

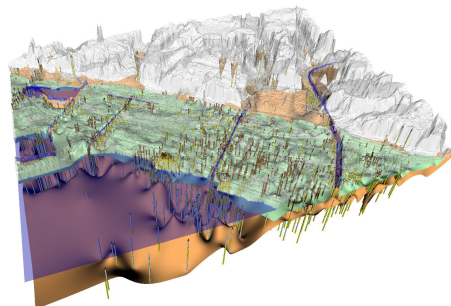


第3図 柱状図データのメタ情報と地質図の表示例。

社会ニーズに応じた柔軟な機能の改良や拡張を行える。現時点では、3次元地質モデルの可視化にVRMLを利用しているが、VRMLの表示には専用プラグインが必要であるため利便性が低い。今後、WebGLを導入するなど、誰もが一般的なWebブラウザのみで可視化機能を利用できる仕組みを検討する必要がある。



第4図 Webシステムを利用した任意測線における鉛直断面図の作成例。



第5図 Webシステムを利用した任意領域における立体地質図の作成例。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

- (1) Nonogaki S., Masumoto S., and Nemoto T., Web Sharing of Three-Dimensional Geological Data using Open Source Software. Proc. GIS-IDEAS 2018, 査読有, 2018, 353-358.
- (2) チャン ティ アン, 升本 眞二, ベンカテッシュ ラガワン, 野々垣 進, 米澤 剛, 根本 達也, Evaluating Parameters for BS-Horizon Surface Generation Using Elevation Data. 情報地質, 査読有, 28, 2017, 31-50. DOI: https://doi.org/10.6010/geoinformatics.28.2_31.
- (3) Nonogaki S., Masumoto S., and Nemoto T., High-Speed Gridding System for Geological Surfaces using Multi-threading Technology. Int. Jour. Geoinformatics, 査読有, 13, 2017, 1-10.
- (4) Nonogaki S., Masumoto S., and Nemoto T., Development of GRASS GIS Modules to Generate DEM for Geological Modeling. Proc. ESASGD 2016, 査読有, 2016, 160-165.

〔学会発表〕(計8件)

- (1) Nonogaki S., Web Sharing of Three-Dimensional Geological Data using Open Source Software. GIS-IDEAS 2018, 2018.
- (2) 野々垣 進, フリーオープンソースソフトウェアを用いた2次元・3次元地質情報のWeb共有システム. 日本地球惑星科学連合2018年大会, 2018.
- (3) Nonogaki S., Prototype of Web-based Geological Data Sharing System using Free and Open Source Software. 2017 AGU Fall Meeting, 2017.
- (4) 野々垣 進, 双3次B-スプラインを用いた地層境界面推定のための節点配置方法. Geoinforum2017, 2017.
- (5) 野々垣 進, FOSS4Gを用いた柱状図データの3次元可視化とWeb共有. 日本地球惑星科学連合2017年大会, 2017.
- (6) Nonogaki S., Development of GRASS GIS Modules to Generate DEM for Geological Modeling. ESASGD 2016, 2016.
- (7) 野々垣 進, フリーオープンソースソフトウェアを利用した柱状図データの3次元可視化とWeb共有. 日本地質学会第123年学術大会, 2016.
- (8) 野々垣 進, コンピュータで見る地面の地下. 第1回防災推進国民大会, 2016.

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

中澤 努 (NAKAZAWA, Tsutomu)
 升本 眞二 (MASUMOTO, Shinji)
 ラガワン ベンカテッシュ (RAGHAVAN, Venkatesh)
 米澤 剛 (YONEZAWA, Go)
 根本 達也 (NEMOTO, Tatsuya)