

## 火山露頭データベース：新たな“知識基盤”の構築とその試作例

奥村 勝<sup>\*,\*\*</sup>・高橋伸弥<sup>\*\*,\*\*\*</sup>・鶴田直之<sup>\*\*,\*\*\*</sup>・  
鳥井真之<sup>\*\*,\*\*\*\*</sup>・奥野 充<sup>\*\*,\*\*\*\*\*</sup>

(2014年9月1日受付, 2015年8月19日受理)

Outcrop Database for Volcanic Geology:  
New Type Knowledge Infrastructure and Trial Construction

Masaru OKUMURA<sup>\*,\*\*</sup>, Shinya TAKAHASHI<sup>\*\*,\*\*\*</sup>, Naoyuki TSURUTA<sup>\*\*,\*\*\*</sup>,  
Masayuki TORII<sup>\*\*,\*\*\*\*</sup> and Mitsuru OKUNO<sup>\*\*,\*\*\*\*\*</sup>

Outcrops provide fundamental information for reconstructing eruptive history. Such information is important not only for geological studies, but also for outreach activity for reducing volcanic hazards. Nevertheless, it is difficult to construct an outcrop database. As a result, much outcrop information is unavailable to researchers. This paper describes the basic concept of general database systems and reviews the structure of conventional volcano databases in terms of information engineering. Based on these reviews, we clarify some issues with the conventional approach and present our new framework to solve them. To construct an outcrop database for volcanic geology, we propose a new framework that can manage various kinds of data with manually added tags, keywords or key-phrases, and automatically added tags, such as global positioning system information. This framework enables researchers and non-expert users, such as the public, to register new data easily because the database does not require a fixed input format or limit data notation on the entry into the database. It means that database users can contribute to constructing the database. Furthermore, our framework can deal with various types of data as stored data; thus, the database can handle many kinds of research material, ranging from raw data (primary data) to arranged data and research papers (more than secondary data). The framework also provides an application programming interface for easy construction of Web database applications. We also introduce several database applications based on our framework and supporting tools for researchers and non-experts. One of them is a web-based database application to manage research materials, such as photos and documents, for geologists. This application enables users to manage the material files using tags. Another is a Web-based database application called “Geo-Log”, which is used to collect and share outcrop information. Our framework can build a new outcrop database for volcanic geology as a knowledge infrastructure for collecting various research data from a wide range of users and apply the data to multi-purpose use, as a research material database for experts, education for reducing disasters, and as an information guide for Geopark visitors.

**Key words:** Knowledge infrastructure, Outcrop database, Tag, Volcanic geology

\* 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1  
福岡大学総合情報処理センター  
Information Technology Center, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan.

\*\* 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1  
福岡大学国際火山噴火史情報研究所  
AIG Collaborative Research Institute for International Study on Eruptive History and Informatics, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan.

\*\*\* 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1  
福岡大学工学部電子情報工学科  
Department of Electronics Engineering and Computer Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan.

\*\*\*\* 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1  
熊本大学大学院自然科学研究科附属減災型社会システム実践研究教育センター  
The Implementation Research and Education System Center for Reducing Disaster Risk, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto 860-8555, Japan.

\*\*\*\*\* 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1  
福岡大学理学部地球圏科学科  
Department of Earth System Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan.

Corresponding author: Masaru Okumura  
e-mail: okkun@fukuoka-u.ac.jp

## 1. はじめに

研究論文などで公表される露頭情報は、調査して得た生データから必要な情報だけが抽出されたもののみで、生データは未公表のまま多数存在する。これらの未公表情報は、他の研究視点からも重要な場合が少なからずあり、露頭情報に関するデータベース（以下、露頭データベースという）を可能な限り構築して有効活用することが望まれる。

テフラの分布や分析値など様々なデータを集めた「火山灰アトラス」(町田・新井, 1992)、そして、テフラの露頭記載を集めた「第四紀露頭集—日本のテフラ」(日本第四紀露頭集編集委員会, 1996) はデータ量の限られた紙媒体ではあるが、火山学や考古学など幅広い分野で活用され露頭情報を共有することの有効性を示している。一方、パーソナルコンピュータ (PC) を使って大量に情報を処理できる露頭データベースの構築が試みられてきたが、露頭情報は非定型かつ自由度が高いため、表記や表現の統一が難しいなどの問題があった(河西, 2000; 横田, 1996 など)。その後、PC 性能やソフトウェア及びネットワーク技術が飛躍的に向上し、取り扱えるデータ量の制約が緩和されたこと、また、従来とは異なるタイプの分散データベースシステムが登場してきたこと、さらには、インターネット上でのクラウドサービスが実用化されたことなどにより、情報提供や検索が簡単にできるシステムの構築が可能になってきている。そこで、筆者らは露頭情報の表記や記述について、画一化された表記方法などを求めず、位置情報に紐づく露頭情報の存在性の記録・共有を優先してデータベース化を進めることで、火山噴火史のための新たな火山露頭データベース(以下、火山露頭データベース)の構築を検討してきた。また、露頭情報の収集方法として、研究者の外に一般市民からも情報提供を受ける仕組みも考慮している。既に Web アプリケーションによる市民参加可能な露頭情報収集システムが提案されていたが(勝野・他, 2002)、当時の機器性能や普及状況からは将来的な展望に留まっていた。現在では機器性能の向上や情報通信環境が整ったことから、場所を問わず利用できるスマートフォンを利用した収集機能の実装も試みている。これらによってデータベースの構築に研究者から一般市民まで幅広く参加できれば、大量の情報集積、すなわちビッグデータ<sup>注1)</sup>と呼ばれる情報爆発も期待できる。

本稿では、まず火山に関するデータベースを、主として情報工学の観点からレビューし、筆者らが提案する知識基盤 (Knowledge Infrastructure) として活用できる火山露頭データベースの構築に向けたアプローチを示す。具体的には新たなデータベース技術を用いたフレームワー

クやタグによるデータ管理手法を火山露頭データベースの構築に応用し、既往研究の課題の解消を図ることを提案する。さらに、提案するアプローチに基づく具体的なデータベースへの応用事例として、タグによるデータ管理手法を採用した研究者向けの研究資料管理データベース事例と、スマートフォンなども利用し、一般市民など幅広い層を対象とした露頭情報の収集、共有のための一般公開型露頭情報データベース事例を示し、筆者らの提案が火山露頭データベース構築の新たな手法として応用できることを示す。

## 2. 火山に関するデータベースのレビュー

これまでの火山に関するデータベース(以下、火山データベースという)は、宝田・他 (2015) や笠間・他 (2015) にまとめられており、その概観を知ることができる。ここでは、データベース構築に関する情報処理技術の基本概念を整理し、従来の火山データベースの構造を解説する。

### 2-1 データベースの基本概念

#### 2-1-1 基本構造

一般にデータベースは、コンピュータの記憶装置内に物理的に格納されている「データ」と、それを管理(登録と削除・更新・検索)する「データベースマネジメントシステム(データベース管理システム)」から構成されている(例えば、Date, 1997 など)。各種アプリケーションは、データベース管理システムを介してデータにアクセスする。宝田・他 (2015) にまとめられているような各種データベースは、データからアプリケーションまでを含んだシステム全体を指す。

近年は、アプリケーションをオペレーティングシステム (OS) に依存することなく、どこでも利用できるようにするために、画面表示に Web ブラウザを利用することが主流である。そのため、データベースは、アプリケーションとデータベース管理システムの間、各種サービスを実現する Web API (Application Programming Interface) を用意することで、より汎用性を増す方向に進化しつつある (Fig. 1)。例えば、Google マップの API を利用すれば、Google の地図上にハザード情報を重ね合わせるアプリケーションを簡単に構築できる。

注1) 情報通信技術の分野において、データ量 (volume)、入出力データの速度 (velocity)、データの多様性 (variety) のいずれか、あるいはすべてが従来の手法で処理困難な巨大で複雑なデータ集合を表す。各種センサ類によって自動的に収集される大規模データや、wikipedia のように不特定多数のユーザによって入力された大量の記事データなど様々な形のものがある。

2-1-2 リレーショナルデータベース管理システム

データベース管理システムで最もよく利用されているタイプは、リレーショナルデータベース管理システム (RDBMS: Relational Data Base Management System) である (Codd, 1970)。RDBMS は、データを表 (テーブル) として扱う。一つのデータは一行 (レコード) で表される。列は各データが共通に持つ属性 (フィールド) を表しており、緯度、経度や計測値などである。レコードごとに記憶される属性値は、検索が容易になるように予め決められた値と形式のみが使用される。このような固定化された形式のデータを構造化データと呼ぶ。データ管理には SQL (Structured Query Language) と呼ばれる問合せ言語が使用される。

RDBMS は、実用レベルで現在最も広く普及しているデータベース管理システムである。商用システム以外にも、信頼性の高いオープンソースが利用でき、後述する火山データベースも RDBMS を用いて構築されている。一方、データベース管理システムの設計が一旦完了すると、属性を新たに追加することは容易ではない。また異なる設計思想で構築されたデータベースの結合には、結合元と結合先の属性が意味的に同じであるかを判断し、属性値の表記方法やデータ形式を統一する必要がある。

2-1-3 NoSQL データベース

これに対し構造化されていないデータの取り扱いに適した NoSQL (Not only SQL) と呼ばれる新しいタイプのデータベース管理システム (Prasad and Martin, 2012) が普及しつつあり、Google や Amazon などでも使用されている。NoSQL は、属性や属性値、その形式を事前に定義する必要がなく、補足情報や特徴的な情報などをメタデータとして付与することで、容易にデータ管理できる (Fig. 2)。このとき、このデータに付与したメタデータをタグと呼ぶ。データ検索や分類は、検索キーワードとタグの値を照合する。その際、近年の情報処理技術を用いるとキーワードとタグの値が完全に一致しなくても、類似性によるあいまい照合が可能であり、研究者によって表記が異なる用語や複数の名称を持つ対象物などの取り扱いが容易となる。このタグによる分類手法、特に不特定多数による自由なタグ付けを用いた分類手法は、フォークソノミー (Folksonomy) と呼ばれ (Mathes, 2004)、オンライン百科事典の Wikipedia<sup>注2)</sup> や写真共有コミュニティサイトの Flickr<sup>注3)</sup> などでも採用されている。

また、NoSQL は非構造化データを容易に扱えるので、ファイルを単位としたデータ管理もできる。このため、画像ファイルやテキストファイルなど、普段利用してい

注2) <https://www.wikipedia.org/>  
 注3) <https://www.flickr.com/>

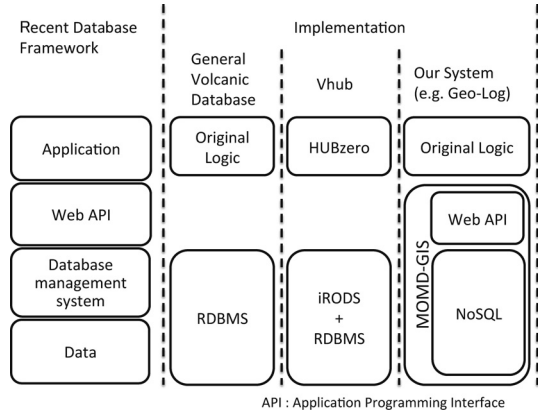


Fig. 1. Recent database framework and implementation model for database systems.

Recent database framework means typical technical elements of database systems. Implementation models for some volcanic database that included our system.

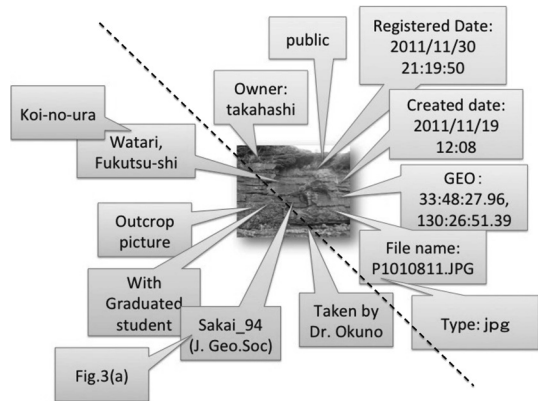


Fig. 2. An example of the posted image with tags, which is so-called meta-data.

The tags on the right side of the dashed line can be added automatically by extracting some meta-data included in the original image. The left side tags stand for user-generated keywords or key-phrase.

る各種ファイルをそのまま蓄積データとして扱える。

2-2 火山データベース

火山データベースの登録情報は、1. 地震波など観測装置によって取得された物理計測値、露頭調査によって得られた写真や岩相記載、そして採取試料の分析値などのいわゆる生データ、2. 地質図や堆積物の体積など生データから導き出された情報、3. それらの情報を取捨選択し作成された論文や報告書などに大別できる。本稿

では、それらを便宜的に1~3次情報と呼ぶ。

従来の火山データベースでは、3次情報の公開例として地質文献データベース (Geolis) や CINI Ⅱ や J-Stage など論文データベースがあげられる。一方、1次情報では RDBMS と親和性の高い物理計測値などが積極的にデータベース化されている (例えば防災科研の火山活動連続観測網<sup>注4)</sup> など)。これらのデータベース管理システムのほとんどは、RDBMS の利用を前提として、データの項目および定式化はデータベースの管理者が担っており、データの登録も基本的に管理者が行う。これが、非定型かつ自由度が高く、表記や表現が研究者ごとに異なる露頭情報の1次情報としてのデータベース化を困難にしている要因である。さらに RDBMS の登録情報は全て RDBMS を介して指定された形式で格納されるため、2次~3次情報のもとになった1次~2次情報に関するテーブルが定義・設計されていなければ、利用者がそれらに直接触れることはできない。宝田・他 (2015) は、1次情報の重要性を認識し、そのデータベース化の必要性を指摘している。

3次情報のデータベースの新しい形として、Vhub (Palma *et al.*, 2014) が登場した。Vhub は、研究者向けの情報共有ウェブサイト構築用プラットフォームである HUBzero<sup>注5)</sup> (McLennan and Kennell, 2010) を用いて構築されたウェブページで、内部的には各情報を RDBMS で管理している。データベースというよりは情報共有サイトとしての色合いが強い。Vhub では、論文やプレゼン資料、シミュレーションプログラム、マニュアルを掲載しており、ファイル単位でのタグ付けとその検索が可能である。Vhub 上にアカウントも持つユーザは、データ登録が可能で、ファイル形式も JPEG などの画像やパワーポイント、エクセルファイルなど多岐にわたる。特に登録のためにデータを加工する必要がなく、多くの情報が収集され、多数のユーザ間で情報共有が図られている。さらに Vhub は、分散管理用ミドルウェア<sup>注6)</sup> の iRODS<sup>注7)</sup> を用いてデータ格納用サーバや Web サイトを連携させ、利用者に1つのデータベースとして認識させている。すなわち、Vhub は火山に関する様々な情報を共有するだけでなく、関連サイトの情報も網羅的に提供することを目指したハブサイトであり、データの配置

注4) [http://vivaweb2.bosai.go.jp/viva/v\\_index.html](http://vivaweb2.bosai.go.jp/viva/v_index.html)

注5) <https://hubzero.org/>

注6) ソフトウェアの種別の一つで、OS とアプリケーションソフトウェアの中間に位置し、特定分野のアプリケーションに共通する機能を提供するものを指す。データベース管理システムもミドルウェアの一種である。

注7) <http://irods.org/>

を集中管理から分散管理に変えることで、規模の拡張性を高めることに成功している。

### 3. 新たな知識基盤としての火山露頭データベースとその試作

前述のレビューを踏まえ、筆者らが提案する新たなアプローチに基づくフレームワークと、データベースの試作事例を通して火山露頭データベースへの活用や提案方式の具体的な特徴を示す。

#### 3-1 火山露頭データベース構築のためのフレームワーク

筆者らは、火山露頭に関する1次情報から3次情報までの情報資源を統一的かつ多目的に扱え、一般利用者也データの登録が可能な火山露頭データベースの構築を目指している。また、多目的なデータ利用を容易にするための各種機能を API として提供する。

データベース管理システムとしては NoSQL の1つで、タグによるファイル単位での管理とサーバ数の変更などの拡張が容易な MongoDB<sup>注8)</sup> を採用する。また、アプリケーション開発を容易にするために、独自の Web API を作成している。MongoDB に独自の API を追加した部分を地理情報データベース向けフレームワーク MOMD-GIS (Metadata Oriented Multimedia Database for GIS; 奥村・他, 2013a) と呼んでいる。Fig. 1 に、既存の火山データベースと筆者らの提案するデータベースとの実装上の違いを示す。Fig. 1 に示すように Vhub では蓄積されたデータを管理・活用するための Web API は提供されておらず、利用者はあくまでも Vhub を1つの情報共有アプリケーションとして利用するに止まるが、筆者らの提案するフレームワークでは Web API を提供することで、蓄積されたデータを活用しながら用途に応じたアプリケーションの開発を可能にする拡張性を考慮しており、この点は既存の火山データベースには見られない特徴である。

MOMD-GIS を核にしたデータベースの主な特徴は、① タグ情報の付加 (定型化が難しい1次情報に対しても分類整理が可能)、② ファイル単位での管理 (1次~3次情報までの加工なし管理による登録作業の簡易化)、③ アプリケーションによる定型情報の付加 (タグ以外の定型情報も、必須か任意かを指定しながら定義し、従来型の利用形態や多目的利用も可能)、④ データごとの公開・非公開設定、⑤ 自動的なタグ付け (ファイルの種類や位置情報など、機械的に処理できる情報の付与)、⑥ 検索機能 (タグ検索、期間検索、位置情報検索など)、⑦ 目的

注8) <http://mongodb.com>

に応じたアプリケーション開発やデータ活用を容易にする Web API の提供である。

タグによるデータ管理手法と多様なファイルも蓄積可能な上記のフレームワークにより、露頭データベースの構築を困難としていたデータの構造化問題や、既存の火山データベースに見られるデータ登録者の制限が緩和される。そして、データベースの利用者自身が、その構築に積極的に参画することで収集情報の拡大も期待できる。また、データベース内のデータを目的に応じて分類・提示することで、専門家向けのサービスから、例えば中学・高校生の学習向けやジオパークでの訪問者向けの活用など一般市民向けのものまで様々なサービス提供が可能となる。データの一部は公開し、一部は非公開とするなど、博物館の展示スペースと収蔵庫のような利用方法も容易に実現できる。このことは、予め特定の目的を決めてデータを集積する従来のデータベースとは大きく異なり、構造化されていない情報を目的に応じて構造化し、利用者に必要な情報を提示できる「新たな知識基盤」として、この提案データベースが利用できることを示す。

### 3-2 タグによるデータ管理方式を用いた研究者向けの研究資料管理データベース

ここでは筆者らが提案するタグによるデータ管理方式の有効性を検証する事例として、研究室単位でのデータ管理を想定し、①個人のPCに蓄積されるデータを、データベースに移行・公開する際に、データに効率よくタグ付けするツール、②調査および論文作成の過程で発生する多様なファイル形式による情報蓄積と付加したタグによる分類整理のツールを記述する。

#### 3-2-1 タグ入力支援ツール「o-GIE」

露頭情報の公開にあたって、大量かつ有益なデータを収集するためには、研究者からのデータ提供が不可欠である。そこで、研究者個人が所有している膨大な露頭情報の管理を効率かつ容易にすることを目的に、位置情報やキーワード・コメント等のタグを露頭画像に一括して付与できるツールとして、デスクトップアプリケーション「o-GIE (outcrops Geo-Info Editor)」を開発した(高橋・他, 2013)。

研究者の作業性からオンライン上にデータをアップロードすることなくローカル環境(個人のPC)でも管理できることを念頭に、位置情報や調査日時などを優先して設計・実装した。GPSを搭載しないデジタルカメラや、写真をスキャナで取り込んだ画像データは、撮影時の位置情報を持たない。そのため、PC上で複数の画像に位置情報を一括して書き込む機能が最優先の課題であった。現段階で実装済みの主な機能は、①タグ一括編

集機能(位置情報、キーワードおよびコメント)、②ベスマップ切り替え機能(電子国土 Web<sup>注9)</sup>/OpenStreet-Map<sup>注10)</sup>/GoogleMap)、③産総研シームレス地質図の重ね合わせ表示機能である。なお、実行環境としてはOSに依存しないようにするためJavaを採用した。

Fig. 3に、開発したプロトタイプシステムの利用画面の例を示す。システムを動作させると中央に地図が表示され、右端のウィンドウに登録済みの画像ファイル一覧がサムネイル画像付きで表示される。サムネイルをクリックするとそれぞれのファイルの詳細情報画面が表示され、そこからEXIF情報<sup>注11)</sup>(撮影日時、位置情報など)やIPTC情報<sup>注12)</sup>(キーワード及びコメント)が確認・編集できる。また詳細画面上の画像をクリックすると、オリジナルの画像が表示される。本体ウィンドウ上部に用意されたメニューからは、ファイル登録、タグ編集、ファイルアップロードの各機能が選択できる。タグ編集機能では、登録済みのファイル一覧から複数ファイルを選択することができ、EXIF情報およびIPTC情報の一括編集によって作業の効率化を図っている。また地図上のマーカーを移動することで、位置情報を取得できる。さらに地図表示部下のチェックボックスを選択すると、産総研のシームレス地質図と重ね合わせて表示できる。

#### 3-2-2 研究者向けデータ管理支援システム「Geo-InfoTagger」

ネットワーク上で稼働する研究者向けデータ管理支援システムについて、筆者らのひとり奥野が指導する福岡大学理学部の卒業論文関連データを対象に、タグによるデータベース構築手法の有効性を検討した(高橋・他, 2015)。卒業論文の作成過程で得られる研究データは、1次～3次情報まで膨大であり、その種類も、写真や画像、測定値、そして各種ドキュメントファイルなど多岐にわたる。これまでは論文公表後に主に3次情報がデータベースに入力されるが、このシステムでは調査、分析、そして論文作成の一連の過程で得られるデータをデータベースに逐次蓄えることによって、情報の散逸を防ぐだ

注9) <http://maps.gsi.go.jp/>

注10) <https://openstreetmap.jp/>

注11) EXIF (Exchangeable Image file Format) とは、電子情報技術産業協会 (<http://www.jeita.or.jp/>) により定められた、デジタルカメラ用の画像ファイルフォーマットで、カメラの機種や撮影時の条件等をメタデータとして画像ファイル内に埋め込むための規格である。GPS付きのカメラでは、経度緯度や標高を埋め込むことができる。

注12) IPTC (International Press Telecommunications Council) が策定した写真の内容を示す各種情報(キーワードやコメントの他、撮影者や所属団体に関する情報も含む)をメタデータとして記録したもの。



Fig. 3. A sample of developed tool for researchers.

The user can change the meta-data of a lot of photographs on the PC in a lump.

けでなく、検索機能などにより研究そのものを支援することもできる。現段階で実装済みの主な機能は、①ファイルの一括登録（アップロード）機能（Web ブラウザを介したドラッグ & ドロップ）、②登録ファイルへのタグ付け機能（位置情報、キーワードなど、o-GIE と同様）、③タグによる登録ファイルの検索機能（Web のインタフェースを活用した直感的な操作）、④登録ファイルの閲覧機能である。Fig. 4 に、試験運用中のプロトタイプシステムの使用画面例を示す。

卒業研究の情報に任意のタグを付与してデータを本システムにアップロードした結果、利用時にはタグに基づいて容易にデータ検索可能なこと、またタグクラウドと呼ばれる直感的なユーザインタフェースを用いた検索機能により操作性が向上している。検索をさらに容易に、そして的確なものにするためには適切なタグの付加と入力時の負荷軽減が重要であることから、タグ入力を支援する機能として、タグ入力時の候補例示や、表記の揺れの補完、そして位置情報の地名タグへの自動変換などが必要な機能と考えられる。

### 3-3 一般公開型露頭データベース

ここでは MOMD-GIS を用いて構築した公開型データベースの事例として、一般市民の利用も想定した露頭情報の収集と共有サイト「じおログ」と、スマートフォン上から「じおログ」への情報提供を簡便に行えるモバ

イルアプリケーションを記述する。

#### 3-3-1 露頭情報収集と共有サイト「じおログ」

「じおログ」<sup>注13)</sup> は、研究者や一般市民から露頭情報を中心とした地質データ（主に露頭写真とその位置情報）の提供を受け、露頭情報を広く共有することを目的とした Web アプリケーション型のデータベースである（奥村・他、2013b）。利用者は、Web ページを介して露頭情報の提供（投稿）と登録されている露頭情報の検索・活用が行える。このシステムでは、勝野・他（2002）と同様に利用者の協力を得ながらデータベースを成長させる仕組みとなっている。

露頭情報の提供時に入力された自由形式のコメントやキーワードは、集積された露頭情報の検索や分類にタグとして利用される。また、提供画像に位置情報が含まれている場合は、自動的にそれらを取り込むなどし、情報提供者の入力負担を軽減している。

「じおログ」は MOMD-GIS を用いて実装しており、筆者らの提案するフレームワークがデータベース構築に必要な基本機能を備えていることを示す。

#### 3-3-2 「じおログ」向けモバイルアプリケーション

上記の「じおログ」は、Web アプリケーションであるため、PC からの利用は閲覧や操作が容易な反面、野外調

注13) <http://www.acrifis-ehai.fukuoka-u.ac.jp/geology/>





Fig. 5. An example of “Easy-Posting-Camera”.

Using this supporting tool on mobile phone, user can easily post an outcrop information in the open.

いる。また喜多敏博教授（熊本大学）には執筆にあたり情報工学の用語に関する助言を頂いた。稲倉寛仁博士（西日本技術開発(株)）と2名の匿名の査読者のコメントにより本稿は大きく改善された。本研究はJSPS 科研費（課題番号：26350410, 26350392）の助成を受けたものである。記して謝意を表す。

#### 引用文献

- Codd, E.F. (1970) A relational model of data for large shared data Banks. *Communications of the ACM*, **13** (6), 377-387.  
 Date, C.J., 藤原 譲 (翻訳) (1997) データベースシステム概論, 丸善, 922p.  
 笠間友博・石浜佐栄子・山下浩之・新井田秀一・平田大二 (2015) 箱根火山噴出物を中心とした更新世中・後

- 期テフラ露頭画像データベースの構築と公開～神奈川県立生命の星・地球博物館の事例～. *火山*, **60**, 333-340.  
 勝野直樹・西岡孝章・林 浩司・伊佐治寿英・野澤竜二郎・鈴木康弘 (2002) 参加型 WebGIS を活用した露頭情報システムの構築例. *情報地質*, **13**, 74-75.  
 河西秀夫 (2000) 個人用露頭データベースの設計について: 露頭構造の数式化に関する考察. *情報地質*, **11**, 235-240.  
 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラスー日本列島とその周辺一. 東京大学出版会, 276p.  
 Mathes, A. (2004) Folksonomies-cooperative classification and communication through shared metadata. *J. Comp. - Med. Comm.*, **47** (10), 1-13.  
 McLennan, M. and Kennell, R. (2010) HUBzero: a platform for dissemination and collaboration in computational science and engineering. *Comp. Sci. Eng.*, **12**, 48-52  
 日本第四紀露頭集編集委員会編 (1996) 第四紀露頭集—日本のテフラ. 日本第四紀学会, 352p.  
 奥村 勝・高橋伸弥・鶴田直之 (2013a) データ活用のためのメタ情報を考慮した地理情報システム向けデータベースの提案. 地理情報システム学会第 22 回学術研究発表大会予稿集, F-4-3.  
 奥村 勝・高橋伸弥・鶴田直之 (2013b) 火山露頭情報の収集と共有のための情報サイトの開発. 電気・情報関係学会九州支部連合大会講演論文集, **66**, 03-2P-07.  
 Palma, J. L., Courtland, L., Charbonnier, S., Tortini, R. and Valentine, G. A. (2014) Vhub: a knowledge management system to facilitate online collaborative volcano modeling and research. *J. Appl. Volcanol.*, **3**, doi: 10.1186/2191-5040-3-2.  
 Pramod J. S. and Martin F. (2012) NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence, Addison-Wesley Professional, 256p.  
 高橋伸弥・奥村 勝・鶴田直之 (2013) 火山露頭情報データベースのためのメタデータ編集ツールの開発. 地理情報システム学会第 22 回学術研究発表大会予稿集, E-3-4.  
 高橋伸弥・奥村 勝・鶴田直之 (2015) 地質学研究における研究データ共有のための地理情報データベースサービスの構築. 情報処理学会第 77 回全国大会予稿集, 6B-03.  
 宝田晋治・Joel Bandibas・Oktory Prambada (2015) 日本及び世界の火山データベースの現状と展望. *火山*, **60**, 125-142.  
 矢羽田優輝・奥村 勝 (2014) 露頭情報収集のためのモバイルアプリケーションの開発. 電気・情報関係学会九州支部連合大会講演論文集, **67**, 09-2P-09.  
 横田修一郎 (1996) 露頭データベース作成は何故困難か?. *情報地質*, **7**, 297-301.

(編集担当 福島大輔)