

Extending a Social Network Service on a Visualization Cloud Service for Deep-Sea Drilled Core Database

Kyoko Toyota*, Yuto Kuroda*, Ryo Jozaki*, Hiroki Ito*, Dasheng Gao*,
Shinichi Yamagiwa[†], Toshio Hisamitsu[‡] and Koichi Wada[†]

*Department of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Science, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-6573, JAPAN

Email: toyota@iplab.cs.tsukuba.ac.jp, s1220640@u.tsukuba.ac.jp, jozaki@iplab.cs.tsukuba.ac.jp,
hito@cs.tsukuba.ac.jp, gaodasheng@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

[†]Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba / JST PRESTO, JAPAN
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-6573, JAPAN

Email: { yamagiwa, wada } @cs.tsukuba.ac.jp

[‡]Sciences Services Group, Kochi Institute for Core Sample Research (JAMSTEC)
Nankoku City, Kochi, 783-8502, JAPAN
Email: hisa@jamstec.go.jp

Abstract—The deep-sea drilling vessel called “CHIKYU” constructed by JAMSTEC has the riser coring system. It enables to drill into thousands of meters of deep sub-seafloor safely and continuously. One of the special functions onboard is an X-ray CT scanner to store the digital images of the natural structures of the core sample. The 3D information is saved into the DICOM format and stored as digital archive of core samples. The file size of the DICOM format for 150 cm of a core section becomes more than 400 Mbytes. Therefore, it is hard for the users to investigate many core section images on a personal computer that does not have powerful CPU and large memory. To resolve the drawback, we have developed a novel system for visualizing the core images. The system is able to serve the 2D images rendered the DICOM images on the server side. The user can control the perspectives of the core image using a web browser or an Android application. This service provides only the functions to browse the core images. However, the researcher needs to add memo to the images. It is used as the guides to find the remarkable points and the comments from the community. This paper describes the design and the implementation of the annotation functions that promote the research community of the geology.

Index Terms—Deep-Sea Drilled Core, Viewer, SNS, DICOM, Visualization, Android Application.

I. はじめに

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) が所有する地球深部探査船「ちきゅう」は、人類史上初めてマントルや巨大地震発生域への大深度掘削を可能にする世界初のライザー式科学掘削船である。「ちきゅう」は統合国際深海掘削計画 (IODP) の主力船として地球探査を行っている [1]。海底を掘削することにより、地球環境の変動、地震の発生メカニズムなどの解明を目的としている。「ちきゅう」には、掘削コア試料と呼ばれる海底から掘削された柱上の地層サンプルを分析するための様々な設備が搭載されている。他の掘削船にはない「ちきゅう」の特徴の一つとして、X線CTスキャナを船上に搭載していることがある。X線CTスキャナを用いて

掘削コア試料をデジタルデータ化することにより、コア試料を破壊することなく、かつ物質や構造が変化する前にその内部を可視化することができる。スキャンされた後の実物の掘削コア試料は高知コアセンターにて保管、管理される。デジタルデータ化された掘削コア試料 (以下、コアデータ) は同センターの Virtual Core Library [2] にて公開されており、誰でも自由に利用することができる。コアデータを用いて予めコア内部を調査することにより、実際のコア試料を用いた分析の効率や効果を高めることができる。

コアデータを用いる分析には主に2つの課題がある。1つ目は、コアデータのファイルサイズが大きいということである。コアデータは1つのコアセクションと呼ばれる掘削コア試料を1.5m毎に区切ったもの1つあたり約400Mバイトあり、これをPCにダウンロードし3次元描画するためには、広い通信帯域、高速なプロセッサと大容量のメモリが必要である。2つ目は、コアデータを閲覧するための専用ソフトウェアが存在しないことである。X線CTスキャナは医用画像をターゲットとしており、コアデータは医用画像の標準フォーマットであるDICOMという形式で保存される。DICOMファイルのビューワは医用であり骨や筋肉、靱帯などの生体情報を閲覧することは容易であるが、コアを分析する際にはユーザがコアの構造を表現するCT値に対して適切な色付けを行い、可視化しなければならない。これらの課題に対して坂本らの先行研究において、3次元描画処理サーバを構築し、コアデータを軽量の2次元画像としてユーザへ提供する事により、一般に普及している端末性能や通信帯域において利用可能なシステム「Virtual Core Viewer」 [3] を作成した。これは、コア試料の切断面の閲覧などのコアに対する操作や、CT値に対する自由な色付けを可能にするインタフェースを有する。先行研究では、タブレット端末からの利用を想定したAndroidアプリケーションと、PCからの利用を想定したWebアプリケーションの2つが開発された。

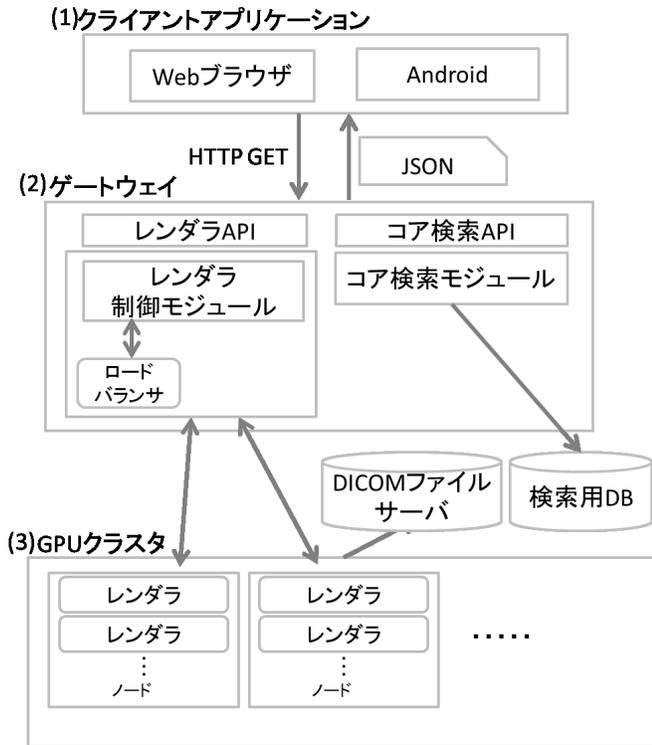


Fig. 1. 既存システムの構成

本研究では、先行研究のシステムを拡張し、地質研究者のコミュニティを活性化させるための SNS を構築することを目的とする。具体的に、現在のシステムではコアデータの閲覧のみを行うことができるが、コアデータは数が膨大であり、直感的な部位特定による地質学者特有の調査方法により、閲覧の際にメモを残すことや閲覧するポイントを保存する機能が切望されている。これらのアノテーション機能を追加することにより、DICOM 画像を元にコミュニティサービスを構築する。これらの機能を実装することにより、コアデータの閲覧の際に、注目すべき部分の再閲覧や情報の発信と共有、すでに得られている知見の検索などを行うことができるようになる。これにより、コアデータの解析が飛躍的に進むと期待され、地質学での新たな発見を促進させることができる。

本論文は次の構成になっている。2 章では先行研究で開発されたシステムの構成と機能について記述する。3 章では先行研究に加えて、新しく拡張した機能とその実装について記述する。4 章では関連研究について記述する。5 章にまとめを記述する。

II. これまでのシステム

本章では先行研究で実装されたシステムについて簡単に述べる。

最初に、今回拡張を行った既存のシステムについて述べる。既存のシステムは (1) クライアントアプリケーション、(2) ゲートウェイ、(3) GPU クラスタから構成されている。その構成を Fig. 1 に示す。クライアントアプリケーションに

は、Web ブラウザから利用できる Web アプリケーションと Android 端末から利用できる Android アプリケーションの 2 つがあり、コアデータを閲覧するためのユーザインタフェースを提供する。次に、ゲートウェイではクライアントアプリケーションからの要求を受け取り、DB からデータを検索しクライアントアプリケーションに返す、DICOM フォーマット画像を描画するために GPU クラスタにコアデータの描画リクエストを送る、といった処理を行う。GPU クラスタではゲートウェイから送られてきたリクエストを元に、コアデータの描画を行う。描画したデータは画像ファイルとしてクライアントアプリケーションに渡される。これにより、ユーザは高性能な PC を必要としなくなり、通信するデータ量は DICOM フォーマットのデータと比較すると大きく減少した。その結果として、場所や人を選ぶことなく自由にコアデータを閲覧することができるようになった。

システムのハードウェア構成を以下に記述する。ゲートウェイは CPU(Core i7 930 2.8GHZ)、メモリ 12GB で構成され、クラスタは CPU(Intel Xeon E5645 2.40GHz (6 cores)) × 2、GPU(Tesla M2050 1.55GHz) × 2、メモリ 12GB で構成されたノードが計 16 ノードで構成されている。ゲートウェイ、GPU クラスタ間は Infiniband QDR で接続されている。

既存のシステムに実装されている機能を以下に記述する。

- コアデータの選定
- 視点の移動と回転
- コアデータの切断
- CT 値に対する色付け

以上の操作がすでに実装されており、これらをベースに SNS 向けの機能を拡張した。

III. SNS 向けシステム拡張

本章では今回実装した機能について述べる。大きな変更として地質研究者より切望されている 2 つの機能を追加した。1 つはブックマーク機能、もう一つがアノテーション機能である。その他にもユーザレビューをもとに改善を行った。

A. 拡張機能

1) ブックマーク機能: ブックマーク機能は、閲覧しているコアデータの視点情報を保存する機能である。コアデータを閲覧する際に、コアデータの深さや回転角、CT 値に対するフィルタについてユーザが設定する必要がある。既存のシステムでは、もう一度この状態を見たい場合には同じ操作をしなければならない。今回実装した機能では、この閲覧状態を保存する事ができる。保存する際には同じ画面を復元するための URL が生成され、PC 上の Web ブラウザまたは VirtualCore Viewer がインストールされている Android 端末からその URL を開くと、各クライアントにて同じ閲覧状態が再現される。閲覧中に気になった箇所を保存することにより、簡単に同じ閲覧状態を復元することができるようになった。また、個人が利用するだけでなく、この閲覧状態を他の人と共有することもできる。自分が見ていて気になったので他の人にも見てもらいたい、といった場面において、以前は、深さや回転角といった操作の情報を詳細に伝えなければならなかったが、この機能を実装したことにより、簡単に共有することができるようになった。これは、同じ研究所の人とメールで共有することもできるだけ

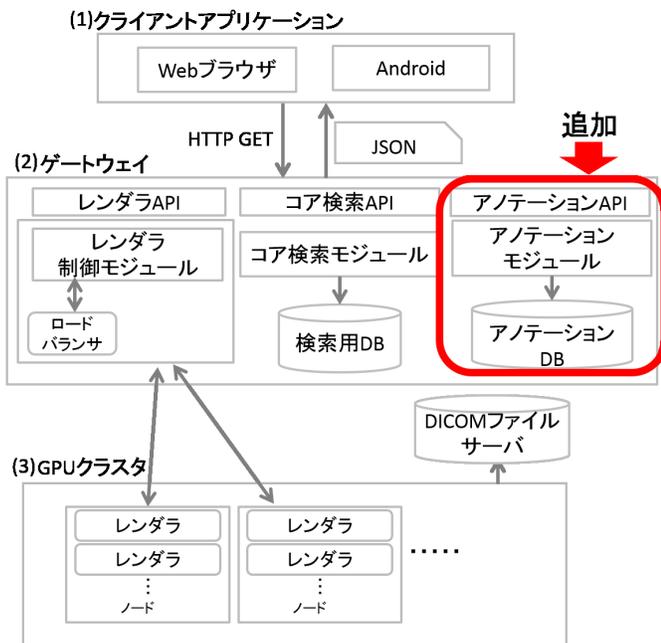


Fig. 2. 拡張したシステムの構成

でなく、TwitterのようなSNSを利用することにより世界中の研究者と共有することもできる。

2) アノテーション機能: アノテーション機能は、コアデータに対して注釈を付加する機能である。ユーザは、コアデータを閲覧中に気になった箇所があった場合、コアデータ画像の気になった箇所をクリックすることにより、その位置にメモを保存することができる。例えば、コアデータを閲覧中に断層のようなものがあることに気がついた場合、断層がある部分を選択しメモを付加することができる。これにより、自分がどのようなことが気になるかのような調査を行ったかを、あとから見た時に振り返ることができる。このメモは自分だけでなくすべてのユーザが閲覧することが可能である。自分が調査した成果について、他のユーザが意見を述べたり、その調査結果を利用し一歩先の研究を行う、といったことが可能になる。従来このような不特定多数がコア試料に対して情報共有を行うことが出来るサービスは存在しておらず、すでに得られている知見を蓄積できると考えられる。これにより、研究者間の議論が活発になり、地質に関する研究の質が大きく向上すると考えられる。

3) その他: 上記のブックマーク機能、アノテーション機能以外にも情報提供を簡単にするための機能をいくつか開発した。まず、Twitter連携である。アプリケーション内にTweetボタンをつけることにより簡単に自分のタイムラインに閲覧状態をつぶやくことができる。これにより、同じ研究所の人以外の不特定多数の人にも閲覧状態を共有することができる。次に、現在表示しているコアの画像を保存することができる機能である。この機能は、コアデータの画像をWebページなどに説明文とともに掲載し研究者でない人に興味を持ってもらう、論文などの資料に載るといった場合に利用できると考えられる。

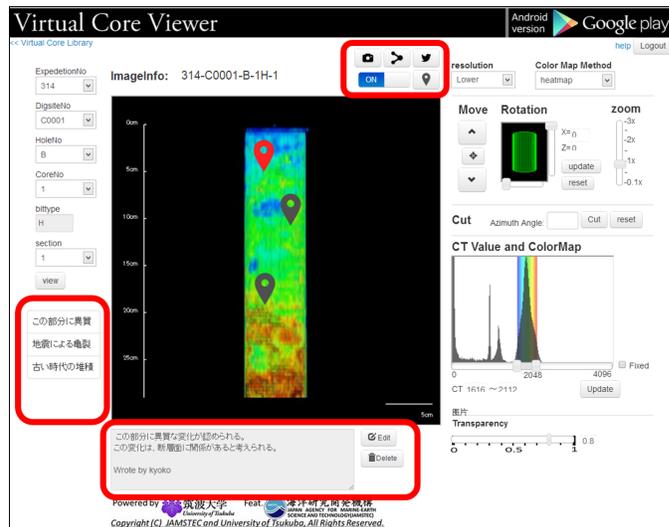


Fig. 3. Web版クライアントアプリケーション

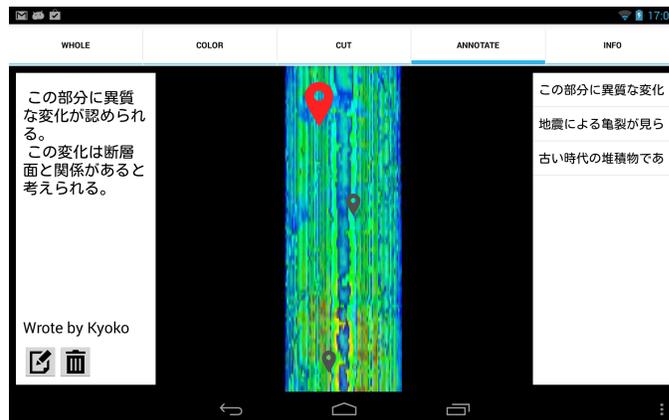


Fig. 4. Android版クライアントアプリケーション

B. 実装

次に、システムの実装について述べる。Fig. 2に、今回拡張したシステムの構成を示す。赤枠で囲んだ部分を新規に開発を行った。

1) クライアントアプリケーション: 既存のクライアントアプリケーションではコアデータを選択、視点移動、回転、カット等の閲覧に必要な機能が実装されていた。Fig. 3とFig. 4に、それぞれWeb版クライアントアプリケーションの画面とAndroid版クライアントアプリケーションのアノテーション画面を示す。既存のWeb版クライアントアプリケーションの画面では、画面の中央にコアデータの画像を表示し、その左側に閲覧したいコアデータを選択するツール、画像の右側にコアデータの回転やCT値への色付けの設定などを行うためのツールが配置されている。今回、新しく開発した機能は、画像の左下、下、上の3箇所の赤枠に囲まれたボタンから操作を行うことができる。次に、ブックマーク機能とアノテーション機能の追加による変更点と、その操作方法について述べる。

はじめに、ブックマーク機能の追加による変更点を述べる。

Web 版クライアントアプリケーションでは画像の上方に閲覧状態を保存する URL の生成ボタン、その URL を Twitter に投稿するためのボタンが追加され、閲覧状態を容易に共有することができるようになった。URL を生成するボタンを押すと、コアデータの回転や視点の移動、CT 値の設定などのパラメータを含めた URL が生成され、URL をブラウザで開いた際にはこれらのパラメータをゲートウェイに渡すことにより実現している。ユーザは生成された URL をコピーし利用する。また Twitter に投稿するボタンを押すと、Twitter に投稿するテキストに生成された URL が表示されており、簡単に投稿することができる。Android 版クライアントアプリケーションでは、メニューボタンから Share URL を選択すると、メールや Twitter などのさまざまなアプリケーションへ URL を渡すことができる。また、本システムが生成した URL を Virtual Core Viewer がインストールされている端末から選択した場合には、Virtual Core Viewer が起動しブックマークされた視点を再現する。

次に、アノテーション機能の追加による変更点を述べる。Web 版クライアントアプリケーションでは、コアデータ上にアノテーションが付加されている位置にマークがオーバーレイ表示される。アノテーションマークの表示は画像の上にあるボタンにより ON/OFF を切り替えることができ、これを OFF にすることによりアノテーションを気にせず、コアデータを見ることに集中できる。また、付加されているアノテーションはオーバーレイ表示だけでなく画像の左下にあるリスト化して表示されるため、アノテーションの内容から他の人が気になった箇所を見ることもできる。アノテーションの内容は画像の下に投稿者のユーザネームとともに表示される。アノテーションが自分で付加したものである場合、編集や削除といった操作が可能である。アノテーションを付加する際にはアノテーションを付加するためのモードに切り替え、付加したい位置をクリックすることにより可能である。この操作を行った時、画像中の座標と付加したい情報をゲートウェイに送る。Android 版クライアントアプリケーションでは新しくアノテーションの閲覧や付加を行うための画面が追加された。機能は、Web 版クライアントアプリケーションと同様のことが可能であり、画面を長押しすると、アノテーションの追加が行えるなどタブレット端末の操作性を活かした実装を行った。

2) サーバ: アノテーション機能の追加による変更点について述べる。アノテーション機能では、新しくアノテーション用のデータベースを作成した。その DB に対してアノテーションが付加されている座標やメモの内容の保存、読み込みをサーバが行う。また、サーバではアノテーションが付加されている位置の座標変換を行っている。これは、コアデータが 3 次元モデルでありコアデータを回転させた場合や視点を移動した場合には、オーバーレイ表示するアノテーションの位置が変わるため、表示位置を計算する必要があるためである。また、アノテーションを付加する際にも同様に、2 次元の座標を元に 3 次元の座標に変換しなければならない。

次に、アノテーションの座標変換について述べる。アノテーションの座標変換について説明する。コアデータの座標系は表示している部分のコアデータの中心を原点とし、回転などの操作を行っていない状態から右方向を正とする横軸の座標値を x 、下方向を正とする縦軸の座標値を y 、奥に

向かう方向を正とする軸の座標値を z とする。また、 x, y, z 軸を正の方向に向かって右回転させる方向を正とする回転角をそれぞれ $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ とする。画像上の座標系は画像上の中心を原点とし、画像上の右方向を正とする横軸の座標値を x' 、画像上の下方向を正とする縦軸の座標値を y' 、画像上の奥方向を正とする軸の座標値を z' とする。このとき、アノテーションをコアデータの座標系から画像上の座標系に変換するには次の式により計算できる。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & -\sin \theta_x & 0 \\ 0 & \sin \theta_x & \cos \theta_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

クライアントの画面に表示されている画像にオーバーレイする際には、画像は平面であり、 z 軸は表示には必要ないため x', y' のみを利用する。 x', y' に画像の拡大率による処理を行い、さらに、画像の左上を原点とするため、表示する際に平行移動させる。

次に、アノテーションを付加する際については式 (1) と同様に行うが、ユーザが画面上において指定できるのは x', y' のみであり、 z' については計算を行う必要がある。この z' の計算を行うために、「ちきゅう」が掘削するコア試料はすべて直径が全て同じであるという条件を利用した。コア試料の半径を r とおくと z' は次の式で計算することができる。

$$z' = \begin{cases} y' \sin \theta_x + \frac{\sqrt{r^2 - x'^2}}{\cos \theta_x} & (\theta_x < \frac{\pi}{2}) \\ y' \sin \theta_x - \frac{\sqrt{r^2 - x'^2}}{\cos \theta_x} & (\theta_x > \frac{\pi}{2}) \end{cases} \quad (2)$$

$\theta_x = \frac{\pi}{2}$ のときは、コアを真上から見ていることになり、アノテーションを付ける位置が特定できない。次に、式 (3) により、コアデータを基準とした座標系に変換する。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & -\sin \theta_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

3) ユーザ管理機能: 本研究ではアノテーション機能を追加する際に、ユーザ管理機能を追加することにした。これは、コアデータに付加されたアノテーションを誰が書いたかわかるようにし、また、悪意のあるユーザが無意味なアノテーションを大量につける、といった行為を防ぐことを目的としている。悪意のあるユーザにアノテーションを操作されてしまうと、

- アノテーションのメモ内容の削除や改竄
- 無意味なアノテーションを大量につける

といった事が可能になってしまうためである。コアデータに無意味なアノテーションが大量についてしまうと、

- 見たいアノテーションが埋もれてしまう

● 特定のアノテーションの閲覧が困難になる可能性があるといった問題が発生すると考えられる。そのため、本研究ではユーザ管理機能を追加し、アノテーションの付加や編集の操作にはユーザ登録しなければならない仕様とした。アノテーションの閲覧はユーザ登録する必要なく全ての利用者が平等に可能である。ユーザ登録の手順としては、メールアドレス、ユーザ名、パスワードの3つを利用する。これらのデータを JAMSTEC にユーザ登録してもらうように申請し、申請が通ったユーザは次回からそのアカウントを利用しログインできるようになる。ログインしているユーザはアノテーションの付加、自分が付加したアノテーションに対する編集と削除が可能になる。

IV. 関連研究

DICOM 画像を参照する際に利用されるアプリケーションとして OsiriX 財団が開発している OsiriX[4] というアプリケーションがある。OsiriX は、MacOS を対象としたソフトウェアであり、ローカルのデスクトップ環境で動作する。OsiriX において、大容量の DICOM ファイルを扱う場合は大量のハードディスク容量と、レンダリングや画像処理などは高スペックのマシンが必要となる。こうした問題を解決するために、ネットワーク経由のファイルサーバからの DICOM ファイルの提供に関する研究 [5] が行われている。

また、Softneta 社が提供している DICOM Library[6] というオンラインサービスがある。このサービスは、PC のブラウザから DICOM ファイルをアップロードすると、ブラウザ内の Viewer でアップロードした DICOM 画像を閲覧、操作することができる。それらに加えてその View を Twitter や Facebook などの SNS をつかってその閲覧した View を共有することができる。しかし、DICOM ファイルを自分で用意しなければならない、DICOM ファイルのアップロードに長い時間がかかる、Viewer での操作が医療向けであり画像に対する色付けやアノテーションを追加するなどの処理は行うことができないという現状である。

本研究では、既存システムのコア試料を閲覧することに特化した DICOM ファイル Viewer 機能に加えて、その閲覧状態を保存する URL 機能とその DICOM ファイルの 3 次元モデルにアノテーションを追加する機能を加えた。それにより利用者が情報共有を簡単にを行うことができる環境を構築した。

V. おわりに

本研究では、掘削コア試料の X-CT スキャンデータを閲覧するためのサービスである Virtual Core Viewer を拡張し、コアデータを利用した SNS の開発を行った。本サービスにより、地質に関する研究を行っている人が、コアデータに対してメモを添付したり、他の研究者に対して自分の研究の成果を報告する、意見を求めるといったことが可能になった。

今後は、研究者を含む様々なユーザに利用を促し、ユーザビリティの改善を目標とする。また、本システムは掘削コア試料に限らず、様々な DICOM 画像を利用したいものに利用することができると考えており、次の発展を検討したい。

ACKNOWLEDGMENT

本研究の一部は柏森情報科学振興財団の研究助成により支援されています。This research project is partially supported by Kayamori Foundation of Information Science Advancement.

REFERENCES

- [1] Drilling ship Chikyu returns deepest seabed core samples yet: Nature News Blog, <http://blogs.nature.com/news/2012/09/drilling-ship-chikyu-returns-deepest-seabed-core-samples-yet.html>
- [2] Virtual Core Library, <http://www.kochi-core.jp/VCL/>
- [3] Virtual Core Viewer, <http://gpgpu.cs.tsukuba.ac.jp/ccore/guest/index.php>
- [4] A. Rosset, L. Spadola, and O. Ratib, Osirix: an open-source software for navigating in multidimensional dicom images.,” *Journal of Digital Imaging*, vol. 17, no. 3, pp. 205-216, 2004.
- [5] M. Yakami, K. Ishizu, T. Kubo, T. Okada, and K. Togashi, ”Development and Evaluation of a Low-Cost and High-Capacity DICOM Image Data Storage System for Research,” *Journal of Digital Imaging*, Springer, vol. 24, no.2, pp. 190-195, April 2011.
- [6] DICOM Library, <http://www.dicomlibrary.com/>