

研究者間コラボレーションを促進する超高解像度 WebGIS

玉井 孝典[†] 廣田 雅春^{††} 横山 昌平^{†††} 福田 直樹^{†††} 石川 博^{†††}

[†] 静岡大学情報学部 〒 432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

^{††} 静岡大学創造科学技術大学院 〒 432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

^{†††} 静岡大学情報学部 〒 432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: †cs08056@s.inf.shizuoka.ac.jp, ††dgs11538@s.inf.shizuoka.ac.jp ,

†††{yokoyama,fukuta,ishikawa}@inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 情報技術の発達により衛星画像など様々な地図データが Web 上で扱えるようになった。本研究では、コミュニケーションを支援しコラボレーションを促進するような WebGIS の作成を行う。そこで本研究では月の情報のコラボレーションを促進するために Web ブラウザを利用した超高解像度可視化基盤とそのアプリケーションとしての WebGIS の開発を行う。本システムでは、Web ブラウザを利用した超高解像度可視化基盤を用いて、複数の種類の地図を同時に高画質で閲覧可能にすることで対面でのディスカッションの促進をはかる。また、本システムでは、地図の状態の共有を用いることによる遠隔地におけるコラボレーションの促進と、メモの付与を用いることで過去の情報とのコラボレーションをはかる。

キーワード 地理情報システム, WebGIS, 月, Tiled Display Wall

A Proposal of WebGIS to Promote Collaboration between Researchers on High Resolution Tiled Display Walls

Takanori TAMAI[†], Masaharu HIROTA^{††}, Shohei YOKOYAMA^{†††}, Naoki FUKUTA^{†††}, and Hiroshi ISHIKAWA^{†††}

[†] Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Shizuoka University
3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

^{††} Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University
3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

^{†††} Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Shizuoka University
3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

E-mail: †cs08056@s.inf.shizuoka.ac.jp, ††dgs11538@s.inf.shizuoka.ac.jp ,

†††{yokoyama,fukuta,ishikawa}@inf.shizuoka.ac.jp

Abstract The various map-data like satellite images by the development of information technology are used on Web. We propose a WebGIS that can help communication to promote collaboration between researchers. Our system consists of Web browser for collaboration of moon information using high resolution tiled display walls, and applications for our system. In this paper, we make a prototype system that can promote the face-to-face collaboration by simultaneously showing several types of maps of moon. In addition we make a prototype system aims to promote collaboration in remote areas by share state of the map in real time and, aims to promote collaboration with the past information by grant of the annotation.

Key words Geographic Information System, WebGIS, Moon, Tiled Display Wall

1. はじめに

コンピュータやネットワークの発達により、衛星画像など様々

な地理情報が Web 上で扱えるようになった。また、地球や月に関する情報など専門的な情報を含む GIS データの閲覧が可能となってきた。しかし、それら複数の機関のデータを有効に活か

せるシステムはまだ少ない。そのため、e-Science など、情報技術と自然科学分野を融合させるような研究が行われている [1]。地球での膨大な情報資源を活用する研究として、地球流体の観測データの可視化のために知見情報のデータベース化を行っている [2]。現在、地球の情報と同様に月の情報も増加しており、月に関する膨大な情報を活用する需要が高まっていくと考えられる。

近年、人工衛星の打ち上げなど各国で月に関する様々なプロジェクトが盛んに行われている。人工衛星の例として、日本のかぐや、インドのチャンドラヤーン 1 号、およびアメリカの GRAIL などがある。人工衛星などにより取得された月に関する情報を利用するために GIS が用いられる事が多い。しかし、既存の月に関する情報を扱う GIS(以下、月 GIS とする)は、情報の共有やコラボレーションなどを考慮していないものが多い。月 GIS の例として、Google Moon [3] や、かぐや 3D ムーンナビ [4] がある。月のプロジェクトごとにそれぞれの機関が月の情報を保有している。月の研究のため、それぞれの機関の間で、月に関する情報を共有し、活用していくことが重要になると考えられる。また、実際に地球に関する情報を扱っていた GIS を月に適用するには課題が出てくる。月特有の課題として、クレーターの名前などはあるが地球のような国や地域概念がなかったり、新たな情報が増えることで研究者が新たな地名を付ける可能性があるため、地名辞典が安定しないという課題がある。本研究では、月特有の課題の解決方法を提案し、これを実現するために、それぞれの機関の研究者が情報を共有や、コラボレーションを行いやすいシステムを作成する。

本研究では、月を対象として研究者間のコラボレーションを促進する WebGIS を開発する。月特有の課題の解決方法として、WebGIS にディスカッション中にアノテーションを行えるようにすることで、地図にメタデータの付与を行えるようにする機能を実装する。また、本研究ではメモの付与を支援するために、研究者間の対面でのコラボレーションと遠隔地でのコラボレーションのそれぞれを促進することを目指す。対面でのコラボレーションを促進するために Tiled Display Wall を用いての地図の表示を行う。Tiled Display Wall を用いることで、異なるレイヤを表示し超高解像度でそれぞれのレイヤを同時に見比べることを可能にする。これにより、各レイヤの画像の表示サイズが大きくなり、各レイヤの閲覧性が向上する。また、遠隔地でのコラボレーションを促進するために地図の状態の共有を行う。研究者が常に対面でディスカッションを行うことは困難である。異なる地図を閲覧しながらディスカッションを行っている場合、研究者間で理解の齟齬が生まれる可能性がある。ブラウザ上の地図の状態をリアルタイムで共有し、理解の齟齬が生まれる可能性を減少させる。本研究では、これらのシステムを実現することを目指す。

2. 関連研究

月 GIS の例として、かぐや 3D ムーンナビや Google Moon などがある。かぐや 3D ムーンナビは、かぐやが集めた情報を Java アプリケーションとして閲覧できるサービスを提供して

いる。Google Moon は、ブラウザを通して自由にスクロール、拡大、縮小して画像を閲覧可能である。また、API を用いることで他のサービスと連携させることができる。しかし、両者とも月特有の課題が解決されておらず、新規レイヤの追加を行う場合、新規レイヤに適するように実装を変更する必要がある。本研究では、月特有の課題の解決を目指す。また、本研究では、容易に任意のレイヤを追加可能なシステムの実現を目指す。

地球に関する情報を用いた GIS を用いたコラボレーション支援の研究も行われている。Yu らは、ディスカッションを支援するため、地理空間に対してアノテーションを付与する GeoAnnotator を開発した [5]。本研究とは、地図の状態をリアルタイムで共有する点で異なる。

WebGIS の研究としては、横山らの rinzo.ma [6] がある。これは Web GIS アプリケーションフレームワークであり、ネットワーク環境があればどこでも利用可能である。この rinzo.ma では、OGC(Open Geospatial Consortium) 標準規格をサポートしており、ユーザが所持している WMS(Web Map Service)、WFS(Web Feature Service) といったレイヤの追加が可能であり、各種プラグインを作成することで機能を拡張可能である。本研究では、Tiled Display Wall を用いて高画質で地図を閲覧可能となる。Tiled Display Wall とは、複数の液晶ディスプレイに接続された複数の PC を、協動的に動作させる事により、全体としてひとつの仮想的な高解像度画面を実現する手法である。Tiled Display Wall の研究には NASA の Hyperwall [8] や SAGE [9] というミドルウェアがある。NASA の Hyperwall は、横 7 台 × 縦 7 台の SXGA ディスプレイで構成された 64 メガピクセルの Tiled Wall Display である。本研究で使用する Tiled Display Wall は Web ブラウザを利用しているため、Web コンテンツとの親和性が高い。また、本研究では、Tiled Display Wall のアプリケーションとして WebGIS の作成を行う。

3. 提案システム

本システムでは、研究者間のコラボレーションを促進するために Web ブラウザを利用した超高解像度可視化基盤用の WebGIS アプリケーションとして、以下の機能を実装する。

- 地図上の任意の位置に、メモを付与する。
- 地図の状態をリアルタイムで共有する。
- 任意のレイヤを追加可能にする。

3.1 Tiled Display Wall

Web ブラウザを利用した Tiled Display Wall [7] は 16 台の画面を 16 台の PC が駆動する構成となっている。複数台の PC がそれぞれ Web ブラウザを全画面表示で起動し、それら複数の Web ブラウザインスタンスが一つの高解像度仮想画面を構築している。また、Tiled Display Wall 以外の機器は、Web サーバとユーザの操作デバイスとなっていて、インターネットを通じて互いに接続されている。以後、これらを WDcanvas(Wall Display Canvas) と呼ぶ。

本システムでは、Web ブラウザを利用した Tiled Display Wall として WDcanvas [7] を使用する。WDcanvas は、コンテンツを表示するためのソフトウェアは Web ブラウザのみであ

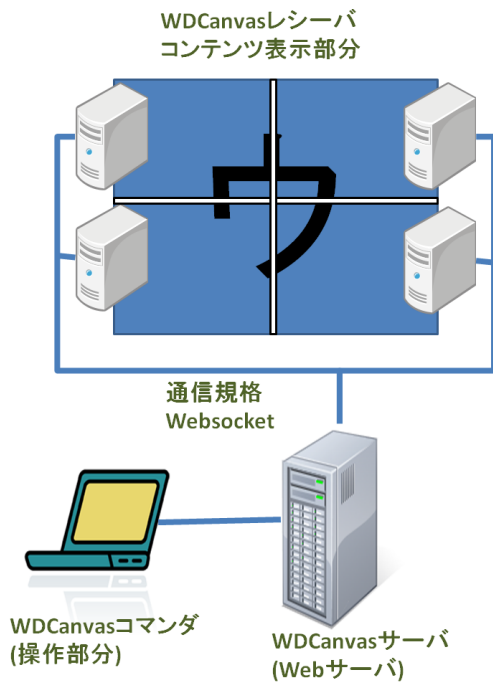


図 1 Wdcanvas の全体図

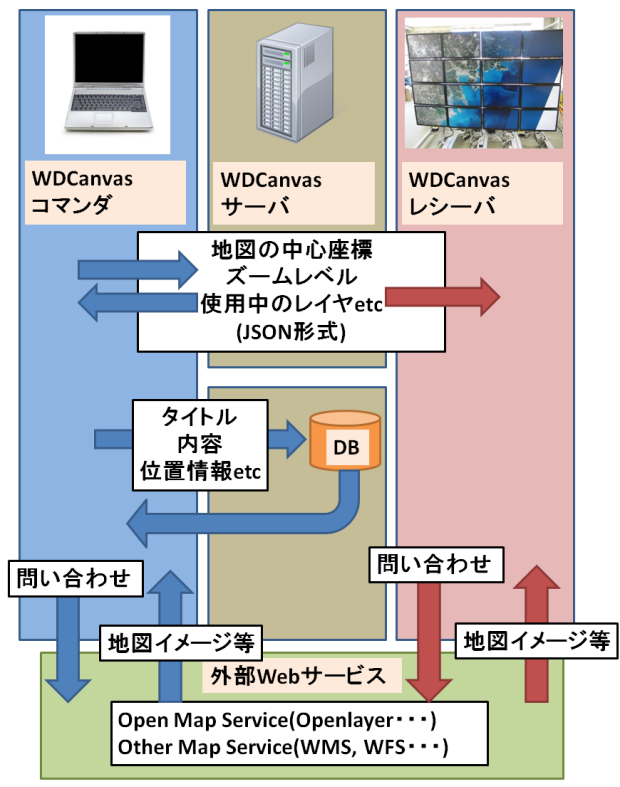


図 2 システム構成図

る．Wdcanvas の全体図を図 1 に示す．Wdcanvas は操作する部分が Wdcanvas コマンド、コンテンツ表示部分が Wdcanvas レシーバ、通信を行っている Web サーバという三層の構造になっている．

Wdcanvas は、HTML や JavaScript などの言語でアプリケーションを開発することが可能である．Wdcanvas 上で動く本システムでは、GIS ライブラリである Openlayer [10] と GUI ライブラリである ExtJS [11] を利用して開発を行う．

3.2 本システムの構成

システム構成図を図 2 に示す．図 2 において、Wdcanvas レシーバが表示する地図の状態の情報は、Wdcanvas のコマンドの画面に表示されている地図の状態を JSON 形式で Wdcanvas サーバに送り、Wdcanvas サーバからそれぞれの Wdcanvas レシーバに送信している．Wdcanvas コマンドから Wdcanvas サーバにデータを送るタイミングは、Wdcanvas コマンドに表示されている地図の状態が遷移するときとする．図 2 に示されているように、Wdcanvas コマンドから Wdcanvas サーバ、Wdcanvas レシーバに送る地図の状態のデータは地図の中心座標やズームレベル、使用中のレイヤである．Wdcanvas レシーバは、図 3 のように Tiled Display Wall のどこに位置している場所をそれぞれ所持している．それぞれの画面が位置する場所から、それぞれが写す地図の中心座標を求め、地図を表示する．中心座標の求めるために、まず Wdcanvas レシーバが Wdcanvas コマンドから受信した中心座標を px 座標に変換する．次に、その px 座標にそれぞれの位置に応じたディスプレイの横幅 (縦幅) の px 数とディスプレイの端の px 数を足す．最後に、その px 座標を地図座標に戻すことでそれぞれの画面

(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)
(0,1)	(1,1)	(2,1)	(3,1)
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)

図 3 Wdcanvas の画面位置

で表示する地図の中心座標を求める．4 つのレイヤをそれぞれ別に表示する場合、図 3 で示されている画面 (0, 0)(1, 0)(0, 1)(1, 1) をレイヤ 1、画面 (2, 0)(3, 0)(2, 1)(3, 1) をレイヤ 2、画面 (0, 2)(1, 2)(0, 3)(1, 3) をレイヤ 3、画面 (2, 2)(3, 2)(2, 3)(3, 3) をレイヤ 4 として表示している．また、画面 (1, 1)(2, 1)(1, 2)(2, 2) の中心座標をそれぞれ画面の中心座標に設定している．それぞれ別のレイヤを表示するため、それぞれのレイヤの名前を Wdcanvas レシーバに送信する．

また、図 2 に示されているように、Wdcanvas コマンド、レシーバの双方に用いられている Openlayer 等のライブラリや地図などの外部の Web サービスは、それぞれ問い合わせを行い情報を取得する．

また、本システムでは、Wdcanvas コマンドに表示されている地図と遠隔地の地図の状態を、リアルタイムに共有する．

WDcanvas コマンドが操作された時に共有を行うようにし、遠隔地で共有している人の操作が反映されないようにする。WDcanvas コマンド側から許可を出した場合、遠隔地で共有している人の操作が反映される。図 2 に記述してあるように、地図の状態を共有するために送るデータは、地図の中心座標やズームレベル、使用中のレイヤである。これらのデータを用いることで、別のクライアントで地図の状態を再現することが可能である。データの送受信は、Websocket を用いて行うことで、リアルタイムに地図の状態の共有を行う。イベントが起きた時にサーバにデータを送信し、サーバから受信したデータを地図に反映する。地図をドラッグしている時とマウスの左ボタンを押して放した時を、サーバにデータを送信するイベントとする。

また、本システムは、ディスカッション中にそのディスカッションに関するアノテーションが可能である。メモは、メモのタイトル、内容のテキストデータおよび位置情報を保持している。それらのメモ情報は、マップ上にメモを置く時に、Ajax を用いて別の php ファイルに送信している。送信されたメモ情報は、今後、メモを利用可能にするためデータベースに格納している。付与されたメモは、新たな情報を追記することが可能である。メモを活用するために、メモの内容から、その位置情報等を検索してくる機能を実装している。この検索機能はメモのタイトル、内容に一致する単語があるメモをデータベースから検索し、マップに表示するためのメモのリスト作成して表示している。

表示する地図は外部の Web サービスを用いている。そのため、OGC の標準規格である WMS などの形式になっているものは表示可能である。研究者が所持している地図情報が WMS 形式になっている場合、最低限 WMS の URL とレイヤの名前で追加可能である。図 2 に示されているように、WDcanvas コマンド、レシーバがそれぞれ問い合わせを行っている。それにより、レイヤの追加処理を WDcanvas レシーバ側にも行うために、WDcanvas コマンド側から WMS の URL とレイヤの名前等のデータを送っている。

3.3 対面でのコラボレーションの促進

本システムでは、Web ブラウザを利用した超高解像度可視化基盤を用いて、複数の種類の地図を同時に高画質で閲覧可能にする。図 4(a) は月の鉄含有量のレイヤである。図 4(b) は月の地質のレイヤである。これらのレイヤは、地図上のそれぞれの色に意味があるため、これらのレイヤを重ね合わせても、ふたつのレイヤを見分けることが困難である。図 4(c) は鉄含有量のレイヤの上に地質のレイヤを重ね合わせたものである。複数の種類のレイヤを閲覧したい場合、ひとつの画面で見るとそれぞれのレイヤが小さくなってしまい閲覧しにくくなる。そのため、WDcanvas を用いて複数の種類の地図を同時に高画質表示することで解決する。本システムは、Web ブラウザを利用した超高解像度可視化基盤を用いて、図 4(d) のように複数の種類の地図を同時に高画質で表示可能であり、図 4(c) のように複数のレイヤを重ね合わせた地図を高画質で表示可能である。また、図 4(d) のような表示と図 4(c) のような表示は切り替えは可能である。他にも、図 4(d) の表示ではそれぞれのレイヤを指定

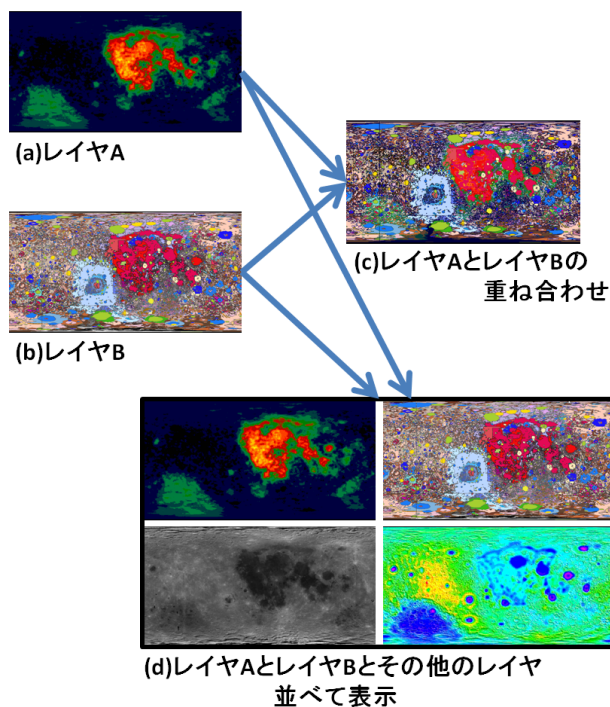


図 4 レイヤの表示例

することが可能である。また、高画質で地図を閲覧可能であるため、地図全体の俯瞰と細部を同時に閲覧できるため、閲覧効率が向上すると考えられる。

3.4 遠隔地でのコラボレーションの促進

本システムでは、リアルタイムに遠隔地の地図と状態を共有する。常に対面でのディスカッションを行うことは困難である。そこで、地図の状態をリアルタイムで共有することによって遠隔地で同じ状態の地図を閲覧可能にする。これは、利用者が自らページの更新を必要がなく、自動的に地図の状態を共有できるメリットがある。遠隔地で研究者同士がディスカッションを行う場合、常に同じ状態の地図を閲覧しながら行うのは困難であるため、ディスカッションを行っている研究者間で理解の齟齬が生まれる可能性がある。リアルタイムで地図の状態を共有することで、研究者が常に同じ地図を閲覧可能なため、理解の齟齬が生まれる可能性を減少させることが可能であると考えられる。

3.5 その他のコラボレーションの促進

GIS におけるコラボレーションの手段として地理空間に注釈を付けるといった方法を用いられる場合がある。地図上の任意の位置に、テキストデータとしてメモを付与することができる機能の実装をしている。メモを付与することで過去のデータを用いたコラボレーションの促進が可能であると考えられる。また、今後のディスカッションの時にメモを閲覧できるようにすることで、コラボレーションを促進できると考えられる。地球とは異なり、月には、国や地域の概念がないため、クレータや海、山などのデータのみとなっている。そのため、月の情報を分析する際に、研究者が付けたメモがメタデータとして有益

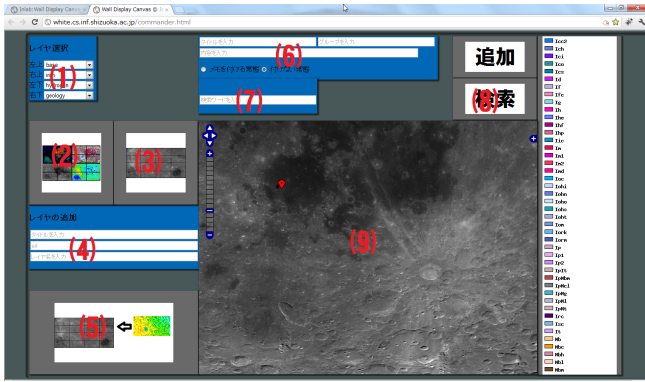


図 5 本システムのインターフェース

であると考えられる．そこで，キーワードを用いてメモに含まれるテキストを検索し，キーワードが含まれるメモが付与された地点を表示する機能を実装することで，過去の情報を利用可能にする．また，メモに内容を残すことでディスカッションの内容を残すことが可能となるため，ディスカッション中に内容を確認可能である．

既に存在するメモに対して，意見などを記述したい場合，メモに記述を追加可能な機能を実装している．簡易な掲示板のような利用方法が可能となっている．その地点における意見の出し合いなど利用できると考えられる．他にも，ある地点における過去の記述に対して意見を記述することで，今後その地点における情報の変化を追うことが可能である．

利用者によって所持している情報がことなることが考えられるため，任意のレイヤを追加できる機能の実装する．また，システムを使用している最中に表示したいレイヤが増えた場合，システムを閉じずにレイヤを追加することが可能である．WDcanvas に表示を行う場合，システムを止めてレイヤを追加すると手間がかかると考えられる．しかし，本システムでは，システムを止めることなくレイヤを追加できるため，閲覧効率が向上すると考えられる．WMS という一般的な形式であれば簡易にレイヤを追加可能である．

4. インターフェース

図 5 は本システムの WDcanvas コマンドのインターフェースである．図 5 の (1)，(2)，および (3) は，WDcanvas の表示方法を変えるための入力フォームとボタンである．図 5 の (4)，(5) はレイヤを追加するための入力フォームとボタンである．図 5 の (6) はメモを追加するための入力フォームである．図 5 の (7)，(8) はメモを検索するための入力フォームとボタンである．図 5 の (9) の地図と同じ位置を示している地図が WDcanvas レシーバに表示される．

図 5 の (2) のボタンを押すことにより，図 4(d) の表示方法に変更することが可能である．図 6 は WDcanvas を利用して実際に 4 つのレイヤを同時表示したものである．また，図 5 の (1) の入力フォームで表示するレイヤを選択することが可能である．入力フォームは上から順に左上，右上，左下，右下のレイヤの入力フォームとなっている．途中で表示するレイヤを

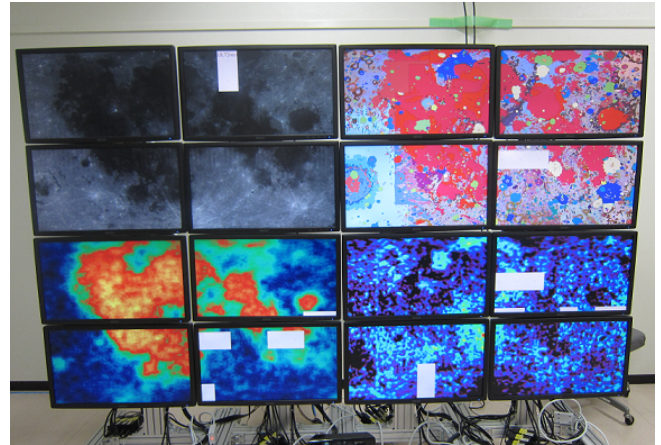


図 6 4 つのレイヤを同時表示した例



図 7 ひとつのレイヤを全てのディスプレイ用いて表示した例

更したい場合，入力フォームを変更して，もう一度，図 5 の (2) のボタンを押すことで変更される．図 5 の (9) の地図では，WDcanvas の左上に表示されているレイヤと同じものが表示される．

また，図 5 の (3) のボタンを押すことでひとつのレイヤを全てのディスプレイを用いて表示する方法に変更することが可能である．図 7 は WDcanvas を利用して，ひとつのレイヤを全てのディスプレイ用いて表示したものである．WDcanvas レシーバにひとつの地図を全てのディスプレイを用いて表示する場合，入力フォームの一番上に入力されているレイヤが全ディスプレイに表示される．また，図 5 の (9) の地図もそのレイヤが表示される．

図 5 の (4)，(5) はレイヤを追加するための入力フォームとボタンである．WMS の URL とレイヤの名前を入力してボタンを押すことによって，レイヤを追加される．レイヤは WDcanvas レコーダ側にも追加される．そのため，WDcanvas レコーダに表示することも可能である．

図 5 の (6) はメモを付与するための入力フォームである．入力フォームは現状，メモのタイトル，内容，グループとメモを付与できる状態にするためのラジオボタンがある．メモを付与

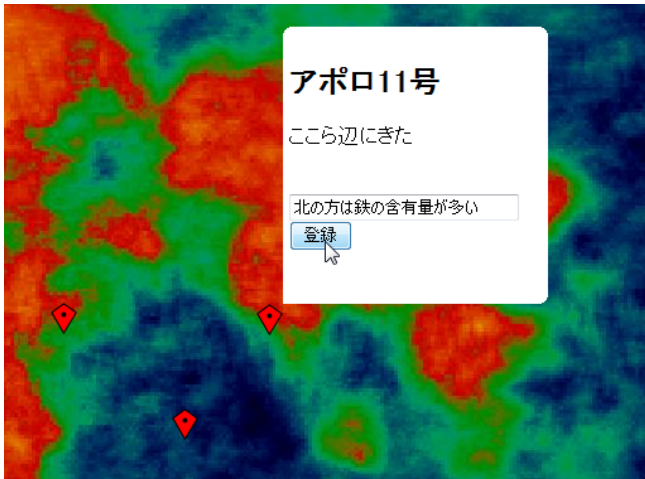


図 8 メモの表示例

する状態にしてある場合、WDcanvas コマンドの地図上でクリックした位置に、その時、図 5 の (6) の入力フォームに記述されている内容をメモとして付与する。図のように、地図上のアイコンをクリックすることでメモが表示される。メモには、図 8 のように入力フォームがある。これは、メモの記述を付け足すための入力フォームである。追加のボタンを押すと、図 8 のようにメモに記述を足すことができる。

また、図 5 の (7), (8) は検索するための入力フォームとボタンである。検索を行うことで、入力した単語を含むメモだけを地図上に表示可能である。

図 5 の (9) の地図を動かすことで、WDcanvas レシーバに表示されている地図を動かすことが可能である。図 5 の (9) の地図のズームレベルを変えることで、図 5 の (9) の地図のズームレベルを上げることも可能である。

5. 本システムの利用例

本システムの利用例として、地図を閲覧しながらの研究者間のディスカッションやメモによる過去とのコラボレーションがある。

例えば、月の内部構造を推測する研究では、月の重力マップやチタン・鉄の含有量、表面の色といった複数の観点がある。そのため、複数のレイヤを同時に開きたい場面があると考えられる。前述の図 4(c) のように、複数のレイヤを重ねて閲覧することが困難な場合が存在する。そこで、複数のレイヤを Tiled Display Wall を用いて表示することで、各レイヤを超高解像度で見ることが可能となり、対面での研究者間のコラボレーションを促進する。

また、研究者が行ったディスカッションの結果として、ある地点に付与したメモを利用する事があげられる。研究者が記したメモに含まれるテキストデータをその地点に対するメタデータとして利用することで、月の情報を分析する際に有効であると考えられる。今後のディスカッションにおいては、付与されたメモを用いる事で、過去のディスカッションの内容を閲覧したり、メモの内容を検索する機能を用いる事で、より今後のディスカッションを促進可能ではないかと考えられる。

6. おわりに

本研究では、メモの付与を用いての、月特有の課題の解決方法の提案した。また、本研究では、Tilde Display Wall を用いて高画質で地図を表示することによって、対面における研究者間のコラボレーションを促進する WebGIS について提案と、地図の状態を共有を用いることによる遠隔地におけるコラボレーションの促進を提案した。

分野間コラボレーションを促進させるシステムを検討する必要がある。例えば、月の内部構造と月の磁場の研究をしている人が、コラボレーションすることで新たな発見が生まれる可能性がある。他分野の研究者間でディスカッションが円滑になる機能を検討する必要がある。また、研究によって WebGIS の利用方法が異なり、それに対処する必要がある。月における研究には、月の内部構造の推測や磁場の伝搬方向と変動方向の特性など複数存在する。例えば、後者の磁場の伝搬方向と変動方向の特性の研究では電磁波の時系列データを閲覧といった利用方法が予測される。今後、利用方法が増えて行く場合、WebGIS の機能を簡易に拡張できるような機能を検討する必要がある。

謝辞本研究は、科学研究費(学術研究助成事業)(課題番号 23650046)の助成により行われた。

文 献

- [1] Laura Díaz, Sergio Costa, Carlos Granell, Michael Gould, " Migrating geoprocessing routines to web services for water resource management applications ", 10th AGILE Conference on Geographic Information Science Aalborg, 2007
- [2] 伴林晃紀, 堀之内武, 津田敏隆, 渡辺知恵美, 西澤誠也, " 地球流体データ解析・可視化ツール Gfdnavi における知見情報のデータベース化 ", Proceedings of Data Engineering Workshop (DEWS-2008), C9-5, 2008
- [3] Google Moon, <http://www.google.com/moon/>
- [4] かぐや 3D ムーンナビ, <http://wms.selene.jaxa.jp/3dmoon/index.html>
- [5] Bo Yu, Guoray Cai, " Facilitating Participatory Decision-Making in Local Communities through Map-Based Online Discussion ", C&T '09 Proceedings of the fourth international conference on Communities and technologies, 2009
- [6] 横山昌平, 黒井星良, 岡本章裕, 石川博, " Web GIS アプリケーションフレームワーク rinzo.ma の設計と応用 ", 情報処理学会論文誌 データベース Vol.3 No.1 82-95, 2010
- [7] 横山昌平, 石川博, " Web ブラウザによる超高解像度可視化基盤の開発 ", 情報処理学会論文誌 52(1) 56-67, 2011-01-15
- [8] T. A. Sandstrom, C. Henze, and C. Levit. The hyperwall. In Proceedings of International Conference on Coordinated and Multiple Views in Exploratory Visualization, pages 124-133, 2003.
- [9] Renambot, L., Rao, A., Singh, R., Byungil, J., Krishnaprasad, N., Vishwanath, V., Vaidya, C., Nicholas, S., Spale, A., Charles, Z., Gideon, G., Leigh, J. and Johnson, A.: SAGE: the Scalable Adaptive Graphics Environment, Workshop on Advanced Collaborative Environments (WACE04) 2004.
- [10] Openlayers (Web GIS ライブラリ) <http://openlayers.org/>
- [11] ExtJs (GUI ライブラリ) <http://extjs.com/>