

# giSight を用いた土砂災害危険度マップの表示システム

DISPLAY SYSTEM FOR HAZARD OF LAND-SLIDE AND DEBRIS FLOW USING GISIGHT

森山 聡之<sup>1</sup>・中山比佐雄<sup>2</sup>・今 匡太郎<sup>3</sup>・平野宗夫<sup>4</sup>

Toshiyuki MORIYAMA, Hisao Nakayama, Yutaro Kon and Muneo HIRANO

<sup>1</sup> 崇城大学 工学部 エコデザイン学科 (〒860-0082 熊本市池田 4-22-1)

E-mail: moriyama@0disaster.net

<sup>2</sup> (有) シェスタクラブ (〒820-8517 福岡県飯塚市川津 680-41 福岡県立飯塚研究開発センター 105号室)

E-mail: nakayama\_hisao@siesta-club.co.jp

<sup>3</sup> NPO法人楽しいモグラクラブ (〒001-0019 札幌市北区北 19条西 3丁目 2番 33 - 100 パームツリー北 19条 1F)

E-mail: nakayama\_hisao@siesta-club.co.jp

<sup>4</sup> NPO法人防災ネット研究所 (〒820-8517 福岡県飯塚市川津 680-41 福岡県立飯塚研究開発センター 105号室)

E-mail: info@bousai.mobi

keywords: areal social network service, prediction of debris flow, precipitation radar, realtime hazard map, disaster information system

## 1. 概要

筆者らは2003年7月に発生した熊本県の水俣土石流以来、土砂災害に対応した次世代型防災情報システムを構築してきた<sup>1)</sup>。2005年9月5日に九州地方を通過した台風14号(以下T0514)による豪雨を水俣や垂水における土砂災害危険度マップとして作成するとともに、2006年7月豪雨の川内川流域をはじめ阿久根出水水俣地区の土砂災害危険度マップを作成して来た。今回、地域SNSであるgiSightを開発し、これに土砂災害危険度マップを組み込んだ防災情報システムを開発し、さらに災害時要援護者マップ機能も追加したので報告する。図1に全体構成図を示す。

## 2. 地域SNSによる防災情報の共有化

### (1) 防災情報の質の担保

掲示板型情報共有システムは、だれでも匿名で書き込めるため、情報の信頼性が問題になっている。これに対し、ソーシャルネットワークサービス(Social Network Service; 以下SNS)のユーザは紹介による登録制であるため、情報の信頼性はユーザの友人関係(人脈)を調べることにより担保される。

SNSを地域に提供し、常時その地域においてコミュニケーションが行われるようになれば、災害時の情報共有がスムーズに行われ、地域防災に寄与することが期待できる。

### (2) ログインシステム

SNSを利用するには、通常認証が必要である。また、地域の情報を発信する場合は、個人情報も含まれる可能性もあり、不用意にSNSのユーザ以外には公開したくない情報も少なくないと考えられる。コミュニティの内部だからこそ知らせることが可能な情報も存在する。また、災害時要援護者マップの内容は個人情報であるが、特定のユーザのみ閲覧可能であれば極めて有用であると

考えられる。

このため、ログインして認証を受けるシステムは必須である。しかし、そうになると、残念ながらGoogle Mapのような公開の場でのみの利用を許諾するシステムはSNSでは採用できない。

### (3) SNS機能の組み込み

そこで、基本的なコンテンツ管理システム(CMS)としては、オープンソースで開発が進められているDrupal<sup>2)</sup>を採用することにした。Drupalの機能拡張モジュールのうち、Invite, User Relationship, MySiteなどのモジュールを用いると、SNSにおけるユーザ間の関連を表示したり、ユーザを招待したりすることが可能になる。また、Organic Groups関連のモジュールを用いると、コミュニティ機能を充実させることが可能である。図2にユーザの関連を示す画面を示す。アバターを公開しているユーザは、左側に「お友達」一覧として表示されている。

なおアバター(Avatar)というのは、ネット上の自分の分身を意味する。図3には、Shortest Routeというモジュールを用いた例であり、自分と表示された相手のユーザのと最短の人脈を表示している。

## 3. レーダデータベース

### (1) レーダデータの受信

レーダデータの受信は国土交通省九州地方整備局(以下

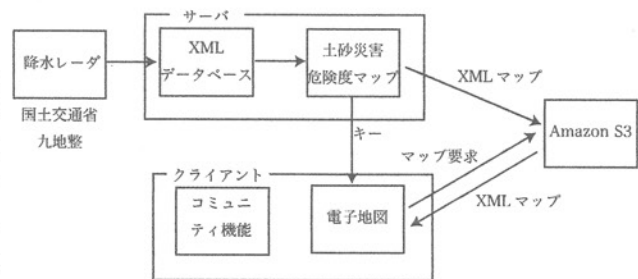


図1 全体構成図

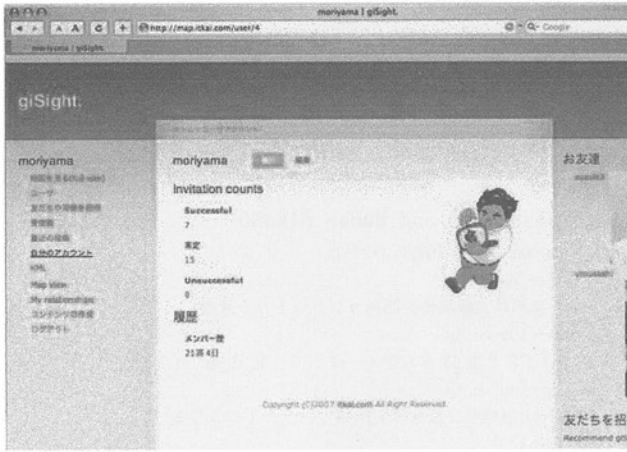


図2 アバターの友人リストの例

九地整)と崇城大学に光ファイバー回線であるBフレッツ回線を設置し、一種のVPNであるフレッツグループを介して接続しセキュリティを保っている。この回線はインターネットを介さず、NTT西日本のフレッツ網で直結されているため、ftpの実測で70Mbpsと高速であるが、実際に必要な帯域は64kbps程度で十分である。

九地整から送られてくるデータは九州地方を中心に、国土地理院の1次メッシュで95個分であり、1つのデータは約1km四方の3次メッシュに対応した降雨強度で5分毎に配信されている。このデータは地上雨量計でキャリブレーション済みのものである。配信されたデータは、レーダデータ受信サーバでXMLに変換後、gzip圧縮してファイルに保存している。この受信プログラムはJava言語で記述した。

#### (2) レーダデータのデータベース化

レーダデータ受信サーバでXMLで保存されたデータは、さらに、受信サーバからイントラネットを介してXMLデータベースに保存される。データベース(以下DB)に保存せず土砂災害危険度を逐次計算することも可能である。将来の高負荷時に分散処理を可能とするため、DBに保存して計算することにした。ここで採用したXMLデータベース(以下XML DB)は柔軟性が高いが高速処理に不向きなのが問題である。今回は、オープンソースのeXist<sup>3)</sup>をXML DBとして採用したが、5分毎のデータをデータの重複が無い検索してから保存する動作を行うのに5分以上かかった。このためデータベースの索引を付加する対象を絞り込む等の調整を行い、所定時間内に格納可能になった。また1ヶ月~2ヶ月分以上のレーダデータを保持すると、検索結果がおかしい等の不具合を生じたため、リアルタイム表示に不要なデータとして1ヶ月を経過したデータはXML DBから逐次消去するなどの対策をとった。

#### 4 土砂災害危険度マップ

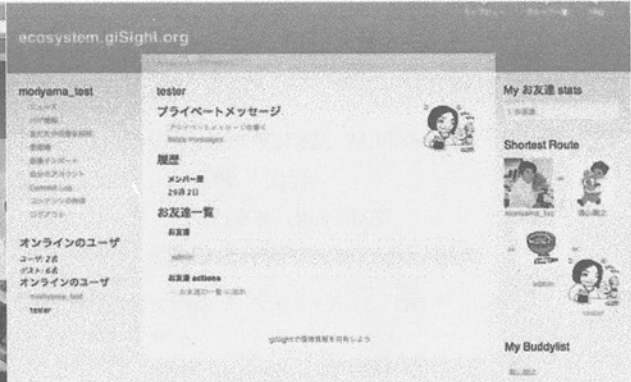


図3 Shortest Routeによる人脈表示の例

土砂災害危険度マップは、従来の研究<sup>4)</sup>において、斜面A層に特性曲線法を適用し、表面流発生を土石流の発生条件とすると、土石流の発生限界降雨 $r_T$ は、

$$r_T = \frac{1}{T} \int_0^T r dt \geq \frac{Dk}{\ell} \tan \theta \quad (1)$$

あるいは

$$R(t, T) = \int_{t-T}^t r(\tau) d\tau \geq T \frac{Dk}{\ell} \tan \theta = R_c \quad (2)$$

と表される。

ここに、 $D$ は斜面の厚さ、 $r$ は降雨強度、 $k$ は透水係数、 $\theta$ は斜面の傾斜角、 $T$ は斜面を流下する時の到達時間である。式(2)は、累加雨量が到達時間 $T$ 内に斜面の特性を表す或るしきい値 $R_c$ を越えると、土石流が発生する事を示している。平野らは土石流が発生する限界降雨のパラメータを求める方法をシステム解析の手法を用いる事を提案した。到達時間 $T$ と発生限界降雨 $R_c$ を推定するために、累加雨量 $R(t, \tau_m)$ を以下のように定義した。

$$R(t, \tau_m) = \int_{t-\tau_m}^t r(t) dt \quad (3)$$

および

$$R_{\max}(\tau_m) = \max R(t, \tau_m) \quad (4)$$

ここに $\tau_m$ は時間、 $R_{\max}(\tau_m)$ は各時刻 $t$ における $R(t, \tau_m)$ の最大値である。

最大累加雨量 $R_{\max}(\tau_m)$ は $\tau_m$ に対してプロットする。本理論によれば、図4~5に示すように、土石流が発生する場合、プロットされた線は全て $R_{\max}(\tau_m) = R_c$ を越え、発生しない場合は越えない。さらに、不発生の上限と発生の下限は図6で示すように $(T, R_c)$ で一致するはずである。しかし現実には図7で示すように、観測誤差や場が定常でないなどの理由で、2つの線は接せず最小の幅をもつ。この線の最も接近した時間を到達時間 $T$ とすると、その場合の発生の下限のカーブと到

達時間の交点が発生確率0を越え、不発生の上限との交点が発生確率 1.0 となる。この2つの交点の間は発生と不発生の遷移領域をあらわす。

被害をもたらした。台風時にはこのシステムは本稼働状態ではなかったが、レーダ雨量データは蓄積されていたので、このデータを用いてT0514の豪雨により引き起こされた土石流の発生予測に有効であったかどうか検証を行った<sup>5)</sup>。さらに、平成18年7月豪雨(2006年)では鹿児島県阿久根市、出水市、熊本県水俣市でも同様の検証を行った<sup>6)</sup>。

## 5. 地理情報システム

### (1) 概要

地理情報システム (Geographic Information System: 以下 GIS) は、プロ用の専用ソフトとしては各種のものが存在するが、一般には、Google Map が良く利用されている。しかし Google Map は公開されている Web サイトでしか利用を許諾されていない。前述の SNS のように、ログインして利用する事は出来ない。一方、英語版 Yahoo! Maps であれば、非商用なら自由に使えるとされている。しかし、英語版 Yahoo! Maps の日本における地図および衛星画像は極端に解像度が悪い。レーダの 1km メッシュ程度なら利用可能であるが、地域の防災マップとしては解像度が不足する。

そこで、GIS に用いる電子地図は、数 10 cm/pixel の精

度の高解像度航空写真を用いて電子地図を作製し、住民に地域の状況を正確に把握して貰う事を試みることにした。

### (2) 巨大ストレージサービス Amazon S3

Amazon Simple Storage Service<sup>7)</sup> (以下 Amazon S3) は、インターネット書店で有名な Amazon.com が運営する巨大データストレージサービスである。サービスの価格は全て従量制であり、月ごとにクレジットカードで清算される。保存料は、月 \$0.18/GB、データの受信は \$0.10/GB、データの送信は 10TB まで \$0.18/GB であり、国内の同様なストレージサービスよりもはるかに安価で、なおかつ多数のサーバを並列動作させている為、安定で冗長性が高い。仮に日本国内でどこかに大きな災害が発生してもまずは影響を受けないと考えられる。

### (3) Amazon S3 を利用した土砂災害危険度マップの保存とキーの伝達

土砂災害危険度マップは、eXist から抽出した 5 分間雨量データを到達時間分遡って累加計算している。この累加雨量は 1 次メッシュごとに XML ファイルでサーバに格納することが可能であるが、ここでは、これを gzip 形式に圧縮して、キー付きかつ期限付きで順次 AmazonS3 に保存している。キーは、暗号化して、後述

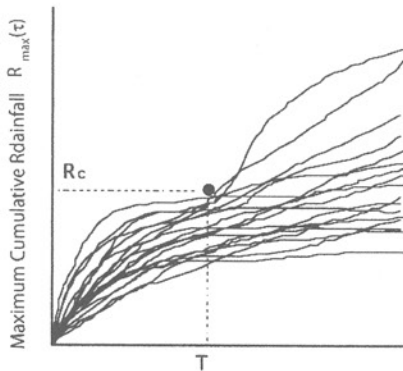


図4 累加雨量の最大値 (不発生)

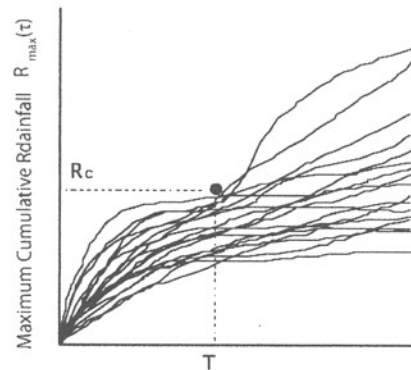


図5 累加雨量の最大値 (発生)

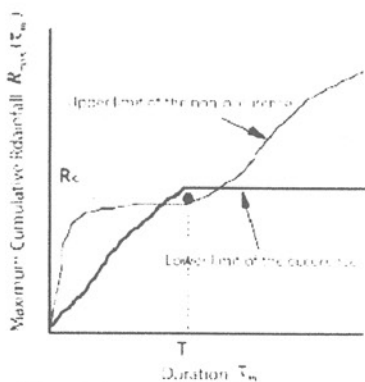


図6 発生の下限と不発生の上限 (理論)

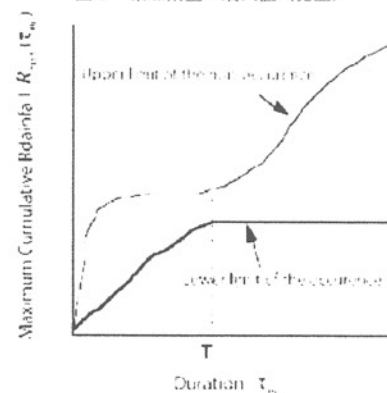


図7 発生の下限と不発生の上限 (実際)

の SNS サーバ (Drupal) に伝達している。

#### (4) ModestMaps

Yahoo! Maps や Live Earth あるいは高精度の航空写真の電子地図を Adobe Flex2 を用いて表示するために、ModestMaps<sup>9)</sup> を採用した。Flex2 とは Web ブラウザ上の Flash Player プラグインを用いて動作するプログラムを生成する開発ツールであり、生成されたプログラムはサーバと更新しながら高度な処理をクライアント側で行う。ModestMaps は Flex2/Flash 用のコンポーネントライブラリであり、各地図サービスの API を介さず、またサーバも介さずに直接地図の小片 (Map-Chip) を格納したファイルをクライアント側にダウンロードして表示することが可能である。そこで ModestMaps を Flex2 に組み込んで表示を行なう GIS を開発した。図 8 に Yahoo! Maps 英語版の地図を表示した画面を示す。この SNS と GIS を基本とした情報システム全体を giSight と称する事にした。

この機能を利用して、任意の Map-Chip を格納したファイルをそのファイルの命名法則に従ってダウンロードすることが可能である。熊本県や鹿児島県より入手した高解像度航空写真も表示可能であり、これも giSight に組み込んだ。これらの高解像度航空写真による電子地図は AmazonS3 に保存して利用することにした。図 9 に水俣市全体の高解像度航空写真を、図 10 に 2003 年 7 月 23 日に土石流が発生した現場に建設されている砂防ダムの

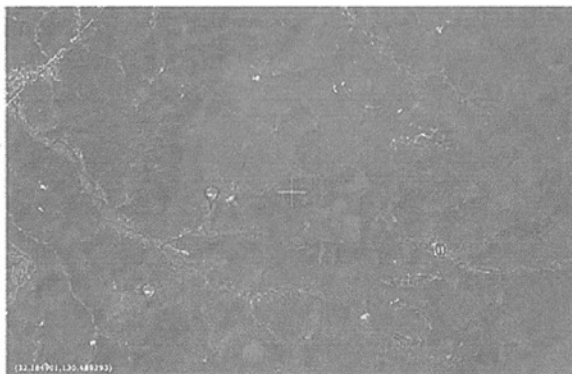


図 8 Yahoo! Maps 英語版の表示 (水俣市山間部)



図 10 高解像度航空写真の表示 (水俣市宝河内)

高解像度航空写真を示す。図 9 の上部には、たまたまキャッシュに残った Yahoo!Map の画像が表示されているが、これとほぼ継ぎ目無しに表示されていることがわかる。

#### (5) マーカの表示

ModestMaps 自体にはマーカの表示機能はない。そこで、giSight のバックエンドサーバとして Drupal を採用し、Drupal の基本的な情報単位である node に 3 種類のマーカである「まちなみ」「ライン」「ポリゴン」のデータを格納し、これを Drupal の AMFPHP モジュールを介して、Flex2 で地図の上に表示させることにした。図 11 に Drupal 内での giSight による表示の状況を、図 7 にマーカの利用例とポップアップによるマーカの説明例を示す。

さらに、Drupal の Web コンテンツ管理システム (Content Management System ; CMS) 機能を利用して、Drupal の画面の中に地図を表示可能とし、Drupal から node の管理をすることにした。マーカはコントロールパネルの「まちなみ」「ライン」「ポリゴン」を押すことで、十字カーソルの位置にダイレクトに作成することが可能であり、この場合、緯度経度の入力はいらない。

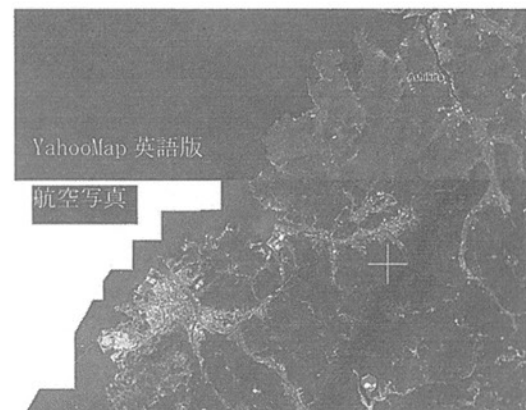


図 9 高解像度航空写真の表示 (水俣市)

白い部分は、海のため航空写真が提供されていない部分

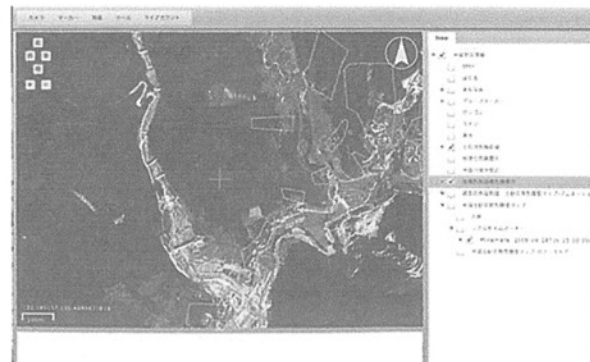


図 11 Drupal を用いた giSight の表示およびコントロールの状況

#### (6) 土砂災害危険度マップの表示

土砂災害危険度マップは、Amazon S3 に5分間ごとに格納され、そのファイル名とキー名がXML-RPCを介してDrupalに通知される。DrupalはFlex2にこのファイル名とキー名を知らせることで、各クライアントが航空写真と同じようにXMLに変換されたデータファイルをAmazon S3からダウンロードする。図13に土砂災害危険度マップを表示した例を示す。高解像度航空写真の上に土砂災害危険度マップが表示され、マウスが静止した3次メッシュに該当する緯度・経度・日付と時間・到達時間・到達時間内の累加雨量がポップアップで表示されている。

#### (7) 静的ハザードマップの表示

さらに、静的ハザードマップをKMLに変換し、土砂災害危険度マップと重ねて表示する事が可能である。KMLはKeyhole社(Googleに吸収合併された)により制定された地物を表現するためのXML形式である。図14に水俣市及び熊本県砂防課、熊本県河川課より提供頂いたハザードマップのデータをKMLで変換して表示した静的ハザードマップを示す。白黒印刷のためわかりにくいですが、桃色の線で囲まれた領域が急傾斜地崩壊危険箇所、紫の線で囲まれた領域が土石流危険渓流、黄色に塗りつぶされた領域が浸水想定箇所となっている。

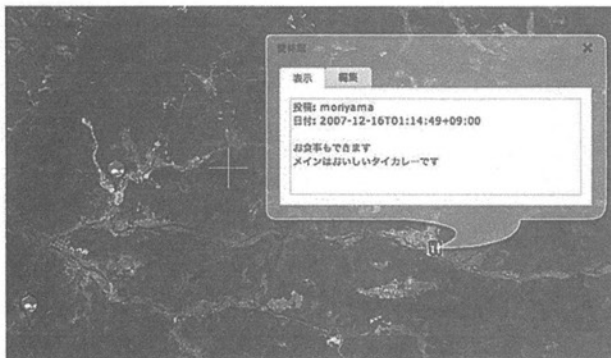


図12 マーカの利用例

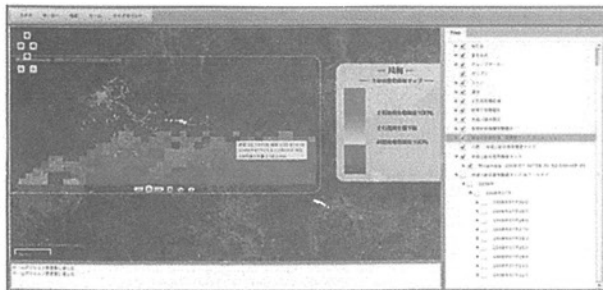


図13 土砂災害危険度マップの表示例  
(平成18年7月豪雨、水俣市)

る。図13より、カラー表示では、危険度マップで示されたメッシュ内に実際に危険な箇所があるかどうか、瞬時にわかる。

#### (8) 要援護者マップの表示

疋田らは、川内川の要援護者マップを紙で作成した<sup>9)</sup>ところ、作成してみて随時更新の必要性を感じたと述べていることからgiSightに要援護者マップ機能を実装する事にした。しかし、初期のgiSightでは、「まちなみ」のようなコンテンツに属するデータ(フィールド)はDrupalであらかじめ決められたものしか使えなかった。要援護者マップ独自のフィールド、例えば「要援護者のレベル」や「何階に住んでいるか」、「いざというとき誰が駆けつける予定か」などのフィールドをDrupalのCCKモジュールを用いて追加しても、Flex2ではこれらを表示することが出来なかった。

そこで、この「まちなみ」を拡張した。具体的には、従来は自前のFlex2のプログラムでフィールドの中身(HTML)を解釈して表示していたが、独自のフィールドを扱うためにViewモジュールを利用することにした。ViewモジュールのHTML出力は、Flex2のHTML描画エンジンを利用して表示する。

各要援護レベルに応じて表示するアイコンを変えるため、コンテンツとしては要援護レベル1、要援護レベル2、要援護レベル3・・・というように、レベルの数だけ作成し、それに対してアイコンを指定する。アイコンは別途PhotoShopのような画像作成ソフトで作成しておく。アイコンの例を図15に示す。要援護のコンテンツは、アクセス制御でログインしたユーザにのみ表示出来るように設定を変更する。その結果、ログインしない場合は図16のようにアイコンは表示されないが、ログインした場合は図17のように表示される。図18にアイコンをクリックした時に表示されるデータの表示例を示

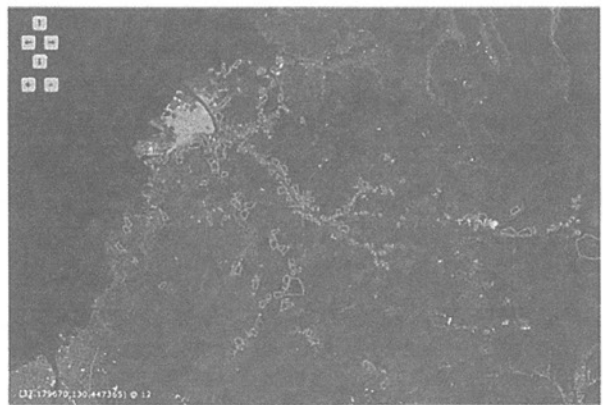


図14 静的ハザードマップの表示例(水俣市)



図15 要援護者アイコンの例

す。

## 6. 結論

本研究では、住民が日頃から使える地域情報共有システムに土砂災害危険度マップを表示することができた。

## 7. 今後の予定

今後は実際に水俣の住民に利用して頂いてさらに改良をすすめる予定である。例えば、e-learningを利用した防災教育やgiSightの利用方法の説明、スマートフォンへの対応、3次元表示、河川氾濫への対応、災害時におけるアクセスの殺到によるサービス停止を回避するための冗長化、いわゆるゲリラ豪雨に対応したデータの高速配信、情報弱者に対してのテレビやラジオと連携した配信等を行う予定である。

謝辞：本研究は文部科学省科学研究費基盤研究(B)「ITを利用した防災情報システムの構築に関する研究」(平成16～17年度)「降水レーダを用いた次世代土砂災害予警報システムの構築とその応用」(平成18～20年度)の補助および、河川整備基金「土砂災害被害低減のための防災情報システムの実用化研究」、河川情報センター研究助成の助成「地域防災リーダーへ水防防災情報を直接伝達するための防災情報システムの開発」(平成22年10月から平成23年9月)を受けた。国土交通省九州地方整備局の河川管理課課長川崎正彦氏(当時)、洪水予報係長原和久氏(当時)ならびに電気通信課内田康之係長(当時)にはレーダデータ取得に関しご尽力いただいた。また河川情報センター光武富雄氏(現東京建設コンサルタント九州支店)にもご協力いただいた。レーダデータの受信にあたっては(株)東芝九州支社村野隆氏には多くのご示唆を頂いた。高解像度航空写真および静的ハザードマップに使用したデータは熊本県より借用した。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 森山聡之・疋田誠：水俣における防災無線ネットの構築，第60回土木学会全国大会講演概要集，CD-ROM版，2005
- 2) Drupal, <http://drupal.org/> 2010.5.13
- 3) eXist, <http://exist.sourceforge.net/> 2010.5.13
- 4) 平野宗夫・疋田誠・森山聡之：活火山流域における土石流の発生限界と流出規模の予測，第30回水理講演会論文集，181-186，1986
- 5) 森山聡之，疋田誠：降水レーダを用いたリアルタイム土石流危険度マップ，第3回土砂災害に関するシンポジウム論文集，2006
- 6) 森山聡之，田中健路，北村良介，杉尾 哲：降水レーダから観測した平成18年7月豪雨，河川災害シンポジウム予稿集，2007
- 7) Amazon Simple Storage Service (Amazon S3), <http://aws.amazon.com/s3> 2010.6.13
- 8) ModestMaps, <http://modestmaps.com/> 2010.6.13
- 9) 橋口和希・今村安伸・疋田誠・萩木場一水・今村哲志：川内川流域における洪水ハザードマップの課題とその考察(第2報)，平成20年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.245-246，2009
- 10) Moriyama, T., Nakayama, H., Kon, K., Hirano, M. and Hikida, M., Distribution of aerial hazard maps of debris flow on a social network service, Debris Flow 2008, pp. 33-40, 2008.
- 11) 森山 聡之，中山比佐雄，今 匡太郎，平野宗夫，疋田 誠，地域防災情報共有システムの構築と問題点，土木学会年次学術講演会予稿集，CD-ROM版，2009
- 12) 森山 聡之，中山比佐雄，今 匡太郎，平野宗夫，疋田 誠，giSightを用いた災害時要援護者マップの開発，土木学会年次学術講演会予稿集，投稿中，2010

参考文献10から12は本文中では引用していないが、参考のため追記した

白黒印刷のため、カラーの図が見にくいことから、カラー版を以下の用意した。

<https://demo.gisight.org/node/168>

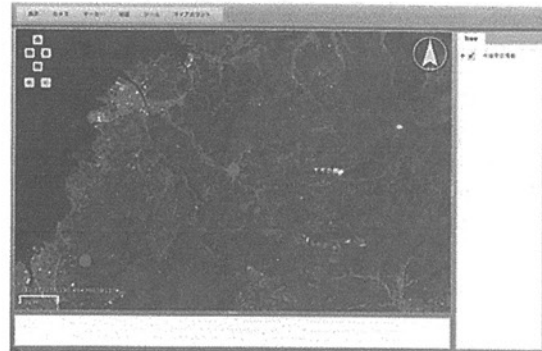


図16 ログイン時の電子地図

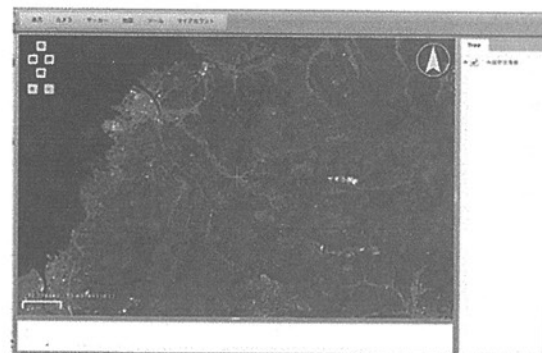


図17 ログアウト時の電子地図

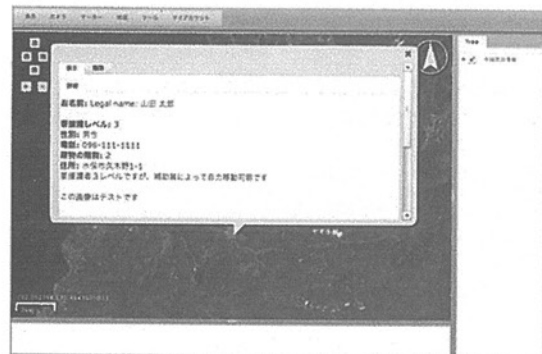


図19 要援護者のデータ表示の例  
アイコンをクリックすると表示される

(2010.5.14 受付)