

地上解像度にスケーラブルなリアルタイム雪ハザードマップの構築

柴田啓司 前田 恵 浦上創史
堀田裕弘(正会員)

富山大学大学院理工学研究部

あらまし ハザードマップは、主に地震・津波のための減災対策として作成されてきた。しかし、雪や豪雨などに対するハザードマップは従来のハザードマップでは対応できない点が多い。そこで本稿では、ハザードマップに対する利用者・媒体・内容などについて検討を行い、地上解像度にスケーラブルかつリアルタイムな新しいタイプのハザードマップの提案を行った。この考えに基づき雪ハザードマップのプロトタイプの構築を行った。空間補間によるレイヤの生成により地図的な地上解像度にスケーラブルでリアルタイムな雪ハザードマップを表現することが可能となった。

キーワード：ハザードマップ，Web GIS，Google Maps，Ajax，空間補間

Summary The hazard map has been mainly made as a disaster mitigation measures for the earthquake and the tsunami. In this paper, we investigate new type of hazard map, and construct the prototype. The layer of the hazard map was obtained by the spatial interpolation method. By using these database and layer information, a scalable, real-time hazard map was constructed in the different ground resolution.

Keywords: Hazard map, Web GIS, Google Maps, Ajax, Spatial interpolation

1. はじめに

内閣府の中央防災会議が発表した“自然災害の「犠牲者ゼロ」を目指すための総合プラン”では、災害リスクの見える化を行う手段として、ハザードマップを整備する必要性が挙げられている。また、災害時の情報の重要性にもふれ、災害情報を提供するシステムの整備の重要性が述べられている¹⁾。そこで被害を予測し、その被害範囲を地図化するハザードマップの作成が行われてきた。しかし、これらのハザードマップは、主に地震や津波に対してのものであり、雪害に対してのハザードマップは少ない³⁾。日本の豪雪地帯は、24 都道府県の 542 市町村にわたり、国土の 51%を占め、総人口の 16%が居住している(図1)。特に、北陸地方は世界有数の豪雪地帯であり、すべての市町村が豪雪地帯(積雪寒冷特別地域)に

指定されている。2006 年 2 月には路面凍結による 61 台を巻き込んだスリップ多重衝突事故が富山県内の北陸自動車道で起き、高速道路という日本の流通体系を支える幹線道路も停止するなど、この大雪により人的・経済的にも国民生活が大打撃を受けた。よって、雪害に対する様々な減災対策は、地震・津波対策に匹敵する、最も緊急性を有する課題といえる²⁾。

ハザードマップとしては、紙ベースとディスプレイベース(動くハザードマップなど)があり、紙ベースのハザードマップでは、災害および避難条件において、災害イメージが固定化する恐れがある。また、現行の動くハザードマップでは、災害が起こる以前に住民自らがパラメータを指定してシミュレートする必要があるため、紙面によるハザードマップ同様に、今現在どこが危険であるかは確認することができないという問題がある。

そこで、我々は様々な自然災害に対する減災対策として、リアルタイムに情報提供可能なリアルタイムハザードマップシステムを提案する。また、そのリアルタイムハザードマップを雪害に適用した雪ハザードマップのプロトタイプを構築したのでその概要について述べる。

“Construction of Scalable Snow Hazard Map in the Ground Resolution”

Keiji SHIBATA, Kei MAEDA, Soshi URAKAMI, Yuukou HORITA (Member)

Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama



図 1 豪雪地帯の地域指定図

Fig. 1 The local appointed figure of a heavy snowfall area

2. ハザードマップ

2.1 ハザードマップの役割

ハザードマップとは、自然災害による被害を予測し、その被害範囲を地図化したものである。予想される災害の発生地点、被害の拡大範囲や被害の程度、更には避難経路、避難場所などの情報が既存の地図上に図示されている。ハザードマップを利用することにより、災害発生時に住民などは迅速・的確に避難を行うことができ、また、二次災害発生予想箇所を避けることができるため、災害による被害の低減に非常に有効である。例えば、洪水に対する防波堤などハード面の設備は莫大なコストがかかるが、ハザードマップなどのソフト面の整備にかかるコストは低い。また、ハード面では対応しきれない状況変化にも柔軟に対応することができる。このように費用対効果が高いのもハザードマップの利点である。

2.2 従来のハザードマップ

日本では、1990 年代より防災面でのソフト対策として作成が進められている。しかし、自然災害の発生地点や発生規模などの特定にまで及ばないものも多く、また、予想を超える災害発生の際には必ずしも対応できない可能性がある。特に、従来最もよく用いられている紙ベースのハザードマップ（図 2）では対応しきれない場合が多い。また、紙のハザードマップではある一つの災害の状況しか表すことができないため、災害および避難条件において、災害イメージの固定化が起きる可能性がある。これに対して、時々刻々と変化する自然災害やそのと

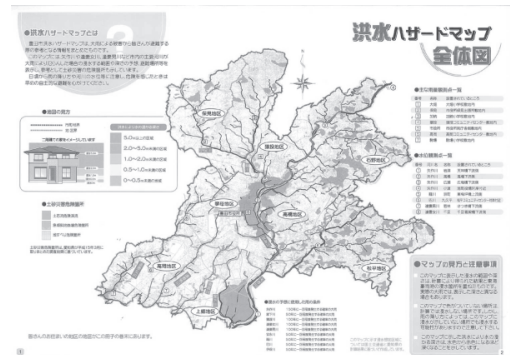


図 2 紙面を用いた洪水ハザードマップ

Fig. 2 Flood hazard map using a paper

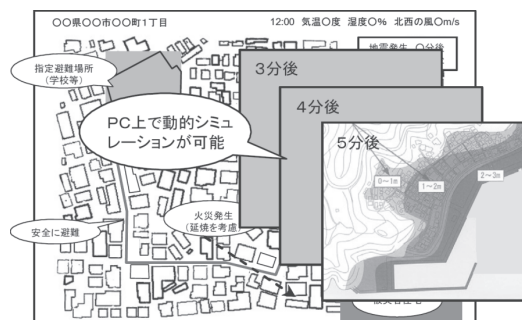


図 3 動く津波ハザードマップシステム

Fig. 3 Integrated simulation of TSUNAMI hazards

きの避難経路などを仮想的にシミュレートすることができる「動くハザードマップ」(図 3) も提案されている⁴⁾。動くハザードマップでは、災害や避難のパラメータを利用者が設定する必要があり、パラメータを変えることによりいろいろな状況を想定したシミュレーションを行うことができる。更に、動くハザードマップは、片田ら⁵⁾により市町村単位程度の範囲を対象として条件を設定し、今まで対応が難しかったマクロな被害の把握ができるようになってきた。しかし、実際の避難の際の移動範囲であるコミュニティレベル(集落、丁目程度)の範囲で、利用者が詳細に避難経路や避難場所を検討することのできるものはこれまでほとんど提案されていないのが現状である。

2.3 リアルタイムハザードマップ

従来の紙のハザードマップや動くハザードマップでは災害が起こる以前にそれぞれの災害に対し、避難経路や避難場所について利用者が事前にシミュレーションをする必要がある。つまり、災害時のその時々状況や環境変化に対応することができない。例えば、先程安全であった道路が、1 時間後には豪雨や路面凍結によって危険な

表 1 ハザードマップの比較

Table 1 Comparison with the hazard map

	従来のハザードマップ	動くハザードマップ	リアルタイムハザードマップ (提案方式)
利用者	住民/行政	住民	住民/行政
媒体	主に紙面上	主に画面上	ネットワーク端末上
解像度	固定	固定	自由に変更可能
活用する内容	・ 固定された災害規模の表示 ・ 避難場所の確認	・ 動的な災害規模の提示 ・ 避難場所の確認	・ 危険箇所の実時間での表示 ・ 危険箇所回避の迂回経路の提示
活用の時期	・ 平常時 (ワークショップなど) ・ 災害時 (避難時に携行など)	・ 平常時 (ワークショップなど)	・ 平常時 (ワークショップなど) ・ 災害時 (危険回避時に利用)
主な対象災害	洪水, 地震, 火災	津波, 地震	雪, 落雷, 洪水, 火災

状態になっているかもしれないし, 今も安全であるかどうかはわからない. また, 住民は天気予報のような画一的で大域的な情報だけでなく, 身近な道路など地域的で詳細な情報も必要としている.

リアルタイムハザードマップは, 住民が必要としている災害情報を提供する. 利用者はパソコンのブラウザ上, 携帯電話, カーナビなどで情報を受信する. 危険情報は地図上で可視化され, 利用者が欲しい情報を地図のスケールを自由に変えて閲覧することができる. また, その情報はリアルタイムに更新され, 最新情報が逐次配信される.

従来のハザードマップと, 本研究におけるリアルタイムハザードマップのコンセプトの比較を表 1 に示す. リアルタイムハザードマップでは, 主に紙面上で作られる従来のハザードマップと比べ, 主にネットワーク端末上を媒体としているため, ネットワークを通じて常に最新の情報を利用者に提供することができる. また, 動くハザードマップと比べ実際の危険箇所を実時間で知ることができるため, そのときの雪害状況に応じて利用者に的確な危険箇所の迂回経路の提示を行うことができるなど, 平常時・災害時を問わず有効な活用が可能となる. また, リアルタイムハザードマップはリアルタイムに情報を配信できる利点を生かして, 地震, 洪水などの災害にも適用可能である. それらの災害においても災害の状況は変化するものであり, 利用価値は高いと考える.

3. リアルタイムハザードマップの構成

リアルタイムハザードマップの構成を図 4 に示す. まず, リアルタイムハザードマップに必要な気象情報や道路情報に関するデータの収集を行う. 気象情報には雪に関する情報だけでなく, 気温や風向風速といった路面の凍結に関与する情報が含まれる. また, 道路の状況を直接把握することで, より正確な危険度予測を行うことが可能となる. これらのデータは XML データベース化を行うことで情報の一元化を図る. 次に, 一元化された XML データベースの最も新しい情報を用いてハザードマップ

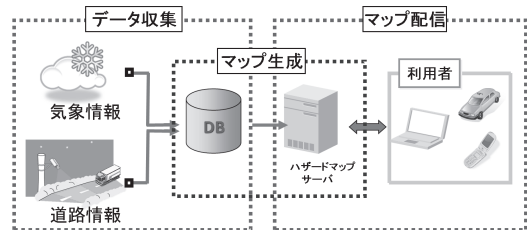


図 4 リアルタイムハザードマップの構成図

Fig. 4 Real-time hazard map system

の生成を行い, パソコンやカーナビ, 携帯電話などに配信を行う. これらの具体的な手法について検討を行ったので, 以下に示す.

3.1 データ収集

3.1.1 気象情報の取得

気象観測データは, 広範囲にわたる多数のデータが必要であるが, データ収集機材は非常に高価であり新たに個別に観測点を設けるのは難しい. そこで, 気象庁などが提供を行っている観測点からの気象データや, 国土交通省が観測している道路の気象情報からデータ収集を行う. 平成 21 年 7 月現在において, 富山県では気象庁と国土交通省とを合わせて 50 か所の観測点が存在する. その観測点の分布を図 5 に示す. は気温情報のみを, は気温情報と積雪深情報を表している. 更に, 気象庁の観測点では, 風向風速・日照時間・降水量も取得することができ, 国土交通省の観測点では, 降雪量・路面温度も取得することが可能である. 山間部では観測点が若干少ないが, 主要な道路上に観測点が配置されており, また, 人口や交通量が多い市街地には観測点が多数存在するため, これらの情報は有用である.

3.1.2 道路情報の取得

道路情報は主に, 道路に設置されたカメラの映像から収集を行う. 例として, 現在, 国土交通省は富山県内に 40 か所 (23 か所は冬季期間のみ) の道路状況ライブカ

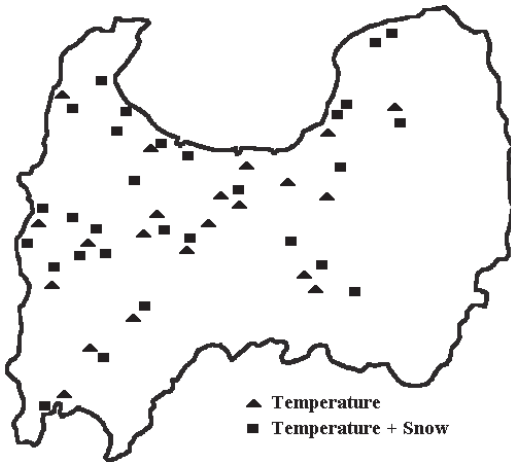


図5 富山の気温・積雪深観測地点

Fig. 5 Temperature and snowfall observation point in Toyama

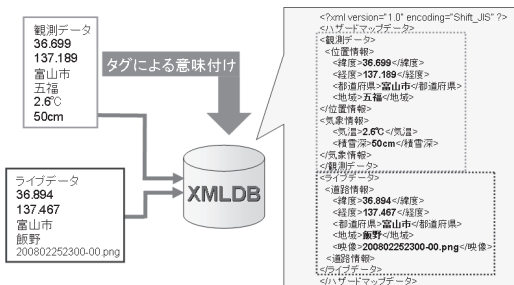


図6 XML データベース化による情報の一元化

Fig. 6 Unification of the information by the XML database compilation

メラを設置し、配信を行っており、それらの映像情報を利用することができる。現状で利用できるカメラの映像数は少ないが、交通事故などが多数発生している危険な場所を映しているため、その重要度は高い。

3.1.3 情報のデータベース化

気象情報および道路情報の管理は、各関係機関の管理者ごとに行われているため、情報が一元化されていない。そのため、これらの関係機関からの情報を一元化する必要がある。情報を一元化することにより、観測点の管理者が異なる場合でも、それぞれの観測点からの情報を同じように扱うことができる。情報の一元化は、図6のように各データにタグによる意味付けを行うことにより、XML データベース化を行う。

3.2 リアルタイムハザードマップの生成

3.2.1 メッシュの生成

リアルタイムハザードマップは、観測点の情報（気温、路面温度、積雪、降雪、カメラ画像など）を基礎として

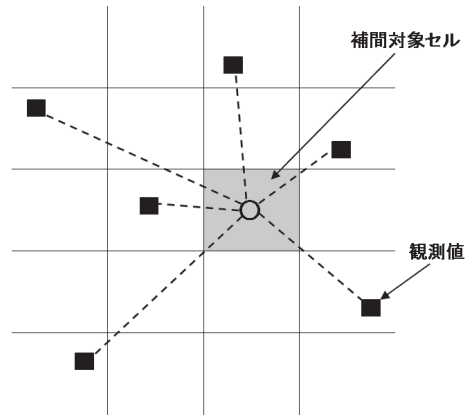


図7 メッシュ補間

Fig. 7 Mesh interpolation

作成されるが、その観測点の少ない地域などでは情報が不十分であるため、ハザードマップが作成できない問題がある。しかし、この観測点を増やすことは、設備投資の面からなかなか実現しにくいのが現状である。

そのため、観測点が少ない地域の情報を補間する必要がある。補間方法としては、まず、補間を行いたい地域および観測点を含むようにメッシュ分割を行い、観測値がある地点のセルはその値を、観測値がない地点のセルは補間対象セルとして計算をし、補間を行う。なお、メッシュ分割においてセルの大きさを可変とすることで、大きければ広範囲に、小さければその地域の情報を一つのセルで表現することができる。これにより、地上解像度においてスケーラブルにメッシュデータが生成できる。

3.2.2 空間補間によるデータ生成

観測点を情報とした地理統計解析における空間補間法が提案されている⁶⁾。

従来よく用いられる空間補間法として Inverse Distance Weighted (IDW) がある。IDW 補間法では、対象セル近くの観測値を、距離の逆数に基づく重み係数で加重平均し、対象となるセル値の推定を行っている（図7）。以下に IDW 補間式を示す。

$$f(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^N (d_i)^{-u} z_i}{\sum_{i=1}^N (d_i)^{-u}} \quad (1)$$

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (2)$$

x_i : 気象観測点の緯度

y_i : 気象観測点の経度

z_i : 気象観測点における観測データ

u : 補間される箇所から観測点までの距離の重み付け

d_i : 補間箇所と近接点 i の間の距離

N : 補間算出に利用される気象観測点数

本システムでは, IDW より高精度な補間が可能な Kriging 法⁷⁾を用いた. Kriging 法とは地球統計の手法による空間予測法の総称であり, 地点 u_1, u_2, \dots, u_n の特性値 $Z(u_1), Z(u_2), \dots, Z(u_n)$ が既知のとき, u_1, u_2, \dots, u_n とは異なる位置 u の特性値 $Z(u)$ を予測するものである. Z の予測値 E を定数 m と式 (3) のように仮定する.

$$E[Z(u)] = m \quad (3)$$

すべての u に対して, $Z(u+h) - Z(u)$ の分散をとると式 (4) となる.

$$\begin{aligned} \text{Var}[Z(u+h) - Z(u)] \\ = E\left\{[Z(u+h) - Z(u)]^2\right\} \\ = 2\gamma(h) \end{aligned} \quad (4)$$

$\gamma(h)$ は距離ベクトル h のみに依存し, 位置 $u, u+h$ に依存しない. Kriging 法の中でもっともよく用いられるのが Ordinary Kriging (OK) である. Ordinary Kriging はバリオグラムを取り入れて推定を行うもので, 重みを λ_i とした推定値 Z^* は式 (5) で求められる.

$$Z^*(u) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(u) Z(u_i) \quad (5)$$

重み λ_i は以下の式で定義できる. μ はラグランジュ乗数である.

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j(u) \gamma(u_j - u_i) + \mu(u) = \gamma(u - u_i) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j(u) = 1 \end{cases}, i=1, \dots, n \quad (6)$$

Ordinary Kriging の定常性条件(式 (3))を緩め, $Z(u)$ と一定の相関のある $s(u_i)$ を用いて予測を行う方法は Kriging with External Drift (KED)⁸⁾ とよばれる. この外部変数 $s(u_i)$ として標高値を用いることができる. 気温と相関の高い標高を加味することができるため, 高精度な空間補間が可能となる. Z の予測値の条件は式 (7) となる. a, b は未知の定数である.

$$E[Z(u)] = a + bs(u) \quad (7)$$

重みを λ_i とした推定値 Z^* は式 (8) で求められる.

$$Z^*(u) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(u) Z(u_i) \quad (8)$$

重み λ_i は式 (9) で定義でき, μ_1, μ_2 はラグランジュ乗数である.

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(u_i - u_j) - \mu_1 - \mu_2 s(u_i) \\ = \gamma(u_i - u), i=1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j(u) = 1 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j s(u_j) = s(u) \end{cases} \quad (9)$$

表 2 補間方法の精度検証結果

Table 2 Comparison of interpolation method

補間法	平均誤差 (°C)	最大誤差 (°C)	平均計算時間 (s)
IDW	1.07	7.68	0.40
OK	0.97	7.10	0.51
KED	0.79	6.72	0.52

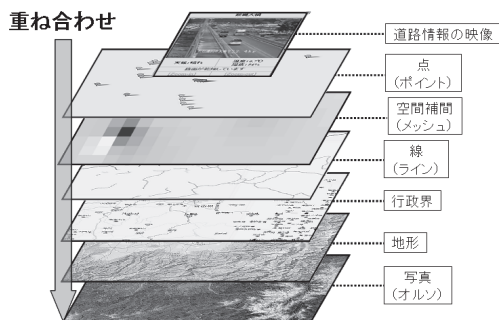


図 8 リアルタイムハザードマップのレイヤ構造

Fig. 8 Layer structure of the real-time hazard map

補間精度検証として富山県冬季道路交通システムが提供している 2007 年 12 月 15 日 ~ 2008 年 3 月 31 日の富山県内の気温観測データを用いて, Leave-one-out クロスバリデーションを行った. Leave-one-out クロスバリデーションとは全サンプルから, 一つのサンプルを除き, 残りのサンプルでモデルを作製したときに, あらかじめ抜いていたサンプルを正確に予測することができるかを検定する手法である. 実験 PC は CPU : Core2Duo E8400 (3.0 GHz), メモリ : 2 GB, OS : openSUSE (11.0), 使用ソフト : R(2.7.1) である. それぞれの補間方法の平均誤差, 最大誤差, 平均計算時間を表 2 に示す. KED は IDW や OK と比べ精度が良い. これは標高が考慮されているため他の二つの方法に比べて平均誤差が小さくなったと考えられる. また, 最大誤差も KED が最小である. 計算時間は KED が IDW と比べ 30%, OK と比べ 3% 増加したが, OK とほぼ同等であり, リアルタイム性は損なわれていない.

3.3 リアルタイムハザードマップの配信

リアルタイムハザードマップの構築には, 基盤となる地図が必要となる. 本システムでは Google 社が提供する Google Maps を利用した. Google Maps は API が整備されており, 無償で利用が可能である. また, Google Maps は Internet Explorer, Firefox, Safari などの主要ブラウザで動作し, 別途プラグインのインストールが必要ない. Google Maps は地図の表示に Ajax (Asynchronous JavaScript + XML) を取り入れている. Ajax

により地図の拡大・縮小，移動などの操作の際にページ遷移がなくスムーズな操作が可能である．また，ベクターデータである図形や文字，ビットマップデータである写真や画像など個々の要素をレイヤ構造で保持することができる．これにより，図形や画像の重ね合わせや，グループ化した要素への処理を行うことができる．3.1 により収集された気象情報や道路画像，3.2.2 で述べた空間補間により得られた各種情報のレイヤ（気温分布メッシュレイヤや降雪深分布メッシュレイヤ）を重ねて表示することが可能である．レイヤ構造を図 8 に示す．

4. プロトタイプシステムの実装

3. で述べた構成にそって，雪ハザードマップのプロトタイプの作成を行った．雪ハザードマップのプロトタイプを図 9 に示す．作成したプロトタイプについて以下に述べる．

4.1 気象情報・道路状況の映像取得とデータベース化

現在，気象情報は気象庁で 1 時間間隔で配信されているため，プロトタイプとしては 1 時間間隔で Web サイトにアクセスする．同様に，国土交通省から得られる道路状況の映像は 2 分間隔で更新されているため，2 分間隔でアクセスし，これらの情報をハザードマップサーバに蓄積を行う．利用者には，閲覧している段階で最も新しいデータを提供する．

4.2 雪ハザードマップの生成

本研究では気象データなどを用いて，空間補間を行いメッシュデータを生成し，これらを一つのレイヤとして雪ハザードマップ上で可視化を行う．

観測点の位置情報と観測された気象データを元にメッシュデータを生成した．積雪深分布メッシュレイヤを地図上にオーバーレイした例を図 9 に示す．メッシュデー



図 9 リアルタイムハザードマップの外観（積雪深メッシュを重ね合わせ）

Fig. 9 The appearance of the snow hazard map

タは平成 21 年 1 月 30 日 22 時のデータを基に生成を行った．また，3.2.2 で述べた IDW 補間法，KED 補間法のそれぞれで気温分布メッシュレイヤを生成，地図上にオーバーレイした例を図 10，図 11 に示す．これらの図の中心付近には日本アルプスと言われる山々があり，実際の気温は平地より低くなる．しかし，IDW で補間した図 10 では気温が低くなる傾向は見られない．標高を考慮した KED で補間した図 11 では，標高が高い地点の気温が低くなる傾向が表されている．

4.3 利用者インタフェース

図 12 に示すように，マップ上に配置されたバルーンは道路状況の映像を映しているカメラの位置を現している．バルーンをクリックすることでその位置の道路状況の映像を確認することができる．また，リアルタイムハザードマップの左部に配置されたコントローラにより利用者が自由に表示，非表示を切り替えることができる．

基盤地図が Google Maps であるため，地図の拡大・縮小，移動などの操作が可能である．気温などのメッシュレイヤは地図の表示範囲に応じてメッシュの大きさを約 0.5，2，11，111 km へ 4 段階に変化させ再計算を行っ

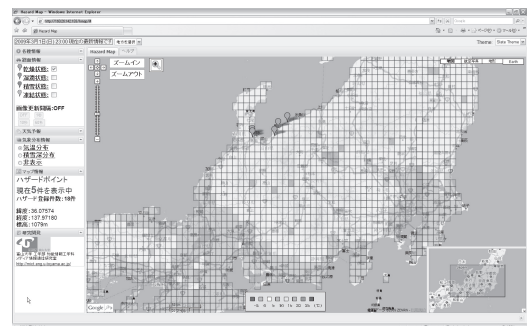


図 10 気温を IDW で補間した場合
Fig. 10 Temperature is interpolated by IDW

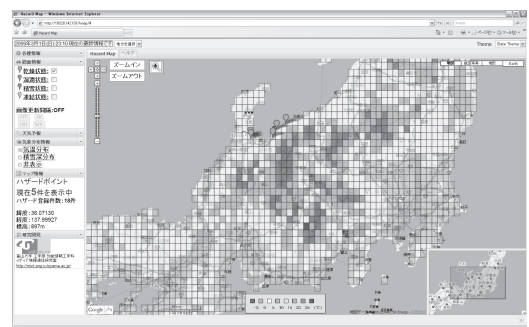


図 11 気温を KED で補間した場合
Fig. 11 Temperature is interpolated by KED

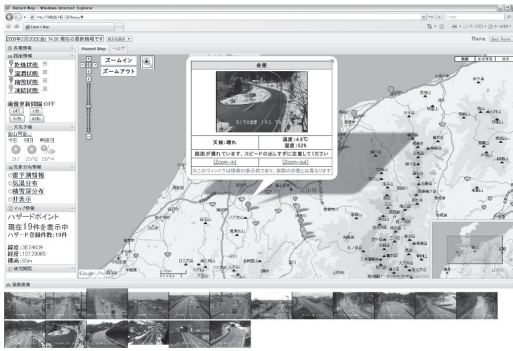


図 12 Ajax を用いたユーザインタフェース
Fig. 12 User interface using Ajax

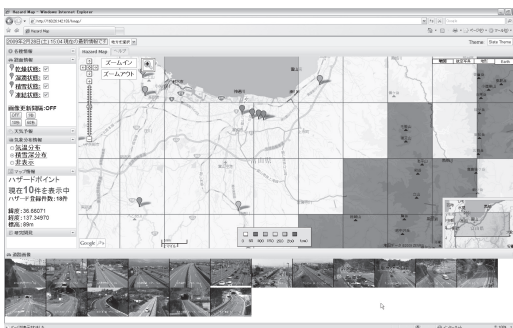


図 13 地図を拡大した様子
Fig. 13 The map zoom in

ている．これにより，大域的な情報から詳細で地域的な情報までスケラブルに情報提示が可能となる．図 9 の地図を拡大した様子を図 13 に示す．

これら情報の更新は，最新の情報を取得したデータベースの更新と同時にされるため，リアルタイムな情報を利用者に提示することが可能となっている．更新は Ajax engine が雪ハザードマップのバックグラウンドで非同期通信により行うため，利用者はリロードおよび待ち時間なくマップの操作を継続することができる．

雪ハザードマップを大画面タッチパネルディスプレイで操作している様子を図 14 に示す．街角にこのようなタッチパネル付きディスプレイを設置することにより，多くの人へのハザードマップ配信が可能となる．

4.4 雪ハザードマップのプロトタイプの評価

雪ハザードマップのプロトタイプに対するアンケートを行った．始めにリアルタイムハザードマップのコンセプトと雪ハザードマップの操作について説明を行ったうえで，実際にアプリケーションを操作してもらった．その後以下項目について記入式によるアンケートを行った．アンケートの評価項目は視認性，操作性，リアルタイム



図 14 雪ハザードマップをタッチパネル付き大型ディスプレイで操作

Fig. 14 Operate the hazard map on PDP with touch panel

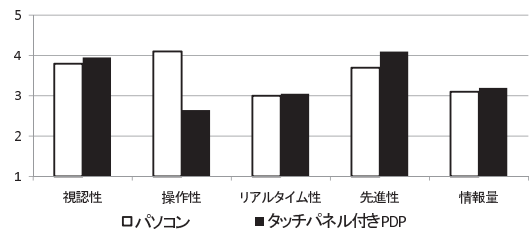


図 15 評価結果

Fig. 15 Result of the questionnaire

性，先進性，情報量の 5 項目で，1 (悪い)~5 (良い) の 5 段階で評価してもらった．回答者にはノート PC 内蔵のディスプレイでハザードマップを表示してマウスで操作した場合と，同じノート PC を用いて図 14 に示すタッチパネル付き大型ディスプレイに出力しハザードマップを表示してタッチペンで操作した場合との 2 種類の操作法に対してそれぞれ評価をしてもらった．実験に用いたノート PC は CPU : Core2Duo P8600 (2.4 GHz)，メモリ : 2 GB，OS : Windows Vista SP2，液晶ディスプレイ : 15.4 インチワイド (1680×1050 ドット) である．ブラウザは Firefox 3.6.3 を用い雪ハザードマップにアクセスした．タッチパネル付き大型ディスプレイは 65 インチサイズのプラズマディスプレイ (PDP) (1920×1080 ドット) に赤外線再帰反射検出方式のタッチパネルを取り付けたものを使用した．回答は 20 代の男性 15 人，女性 5 人の計 20 人より得た．評価結果を図 15 に示す．アプリケーションを操作してもらった時間が短時間であるため状況の変化が見られず，情報量，リアルタイム性についての評価が低くなった．操作性はパソコンとマウス

を用いたときの評価はおおむね良好であるが、タッチパネル付き大型ディスプレイとタッチペンで操作したときの評価が低い。これはタッチパネルによる地図の拡大・縮小などの操作に不慣れであったこと、ボタン類が小さくタッチしづかったことなどが考えられる。視認性、先進性はおおむね良好な結果が得られた。

5. む す び

本研究では、リアルタイムハザードマップシステムの構成とパソコンのブラウザ上で動作する雪ハザードマップのプロトタイプについて述べた。各関係機関の管理者ごとに行われている気象情報や、国土交通省が管理を行う道路状況の映像をリアルタイムでデータベース化を行い、そのデータをもとに地理的空間において、離散的な観測値から空間補間することで観測点以外の情報を予測し、雪ハザードマップの構築に有用なメッシュデータのレイヤ生成を行った。得られたレイヤを雪ハザードマップ上に重ね合わせることで、観測地点の少ない、または存在しない位置に対して、各気象情報を可視化することが可能となった。

今後は、アンケートの評価が低かったリアルタイム性の向上、情報量の増加、また雪以外の落雷などの様々な災害へのリアルタイムハザードマップシステムの対応を行っていく。更に、実際の災害情報なども合わせて蓄積し、蓄積したデータを解析することで災害予測に役立つように、リアルタイムハザードマップに組み込んでいく予定である。

謝 辞 本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 SCOPE（平成 19、20 年度採択課題）“地上解像度にスケーラブルな雪ハザードマップ生成とその情報発信（072305005）”、および（平成 21、22 年度採択課題）“落雷ハザードマップの情報配信・提示システムとそのフレームワークの研究（092305004）”によるものである。

参 考 文 献

- 1) 内閣府：“自然災害の「犠牲者ゼロ」を目指すために早急に取り組むべき施策”，
<http://www.bousai.go.jp/oshirase/h19/071218kisyu.pdf>.
- 2) 国土交通省都市・地域整備局：“総合的な雪情報システムの構築に向けて”（2005）.
- 3) 中田文雄：“インターネットを利用したハザードマップの公開状況”，日本情報地質学会シンポジウム 2006 講演論文集，pp.91-92（2006）.
- 4) 熊谷兼太郎，小田勝也，土方 聡，奈良 正：“沿岸域における津波・高潮時の避難シミュレーター（動くハザードマップ）に関する

研究”，第 35 回安全工学シンポジウム講演予稿集，pp.143-144（2005）.

- 5) 片田敏孝：尾鷲市動く津波ハザードマップ，
<http://dsel.ce.gunma-u.ac.jp/simulator/owase/>.
- 6) 臼谷友秀，中津川誠，工藤啓介：“石狩川流域における水循環の定量化”，北海道開発土木研究所月報第 628 号（2005）.
- 7) 間瀬 茂，武田 純：“空間データモデリング—空間統計学の応用”，共立出版（2001）.
- 8) U. Haberlandt and G.W. Kite: “Estimation of daily space-time precipitation series for macroscale hydrological modelling”，Hydrological Process, Vol.12, pp.1419-1432（1998）.

（2009 年 11 月 16 日受付）

（2010 年 6 月 18 日再受付）



柴 田 啓 司

1992 年，富山大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。現在，富山大学工学部知能情報工学科助手。主として ITS，コンピュータネットワーク，計算機言語などの研究に従事。



前 田 恵

2010 年，富山大学大学院理工学教育部知能情報工学専攻修士課程修了。在学中は，ITS，画像高精細化技術の研究に従事。



浦 上 創 史

2009 年，富山大学工学部知能情報工学科卒業。現在，同大学院修士課程在学中。主に，ITS，ハザードマップの研究に従事。



堀 田 裕 弘（正会員）

1986 年，長岡技術科学大学大学院工学研究科修士課程電気・電子システム工学専攻修了。現在，富山大学大学院理工学研究部（工学）教授・工学部副学部長を併任。工学博士。メディア品質評価，ITS，感性情報処理などの研究に従事。