

人と文化財を災害から守るための ハザードマップ提供システムの開発 ーオープンソース WebGIS を用いてー

桐村 喬

瀬戸 寿一

中谷 友樹

立命館大学大学院

立命館大学文学部

本研究では、人および文化財の災害対策を立案できるツールとして、オープンソースの WebGIS である、MapGuide OpenSource をベースとしたハザードマップ提供システムを開発した。開発したシステムには、経路探索や被害予測情報の取得といった空間分析機能を実装しているため、本システムの利用者は、災害時の人・文化財の避難経路の把握や、周辺地域における被害の程度の予測などが可能である。また、別のシステムと連動させることで、避難経路の 3 次元表示も可能であり、対象地域の住民や事業者、観光客、文化財の管理者などに、災害に対する予備的な情報をより効果的に伝えることができる。

Development of a WebGIS-based hazard map for the protection of people and cultural resources: using an open-source WebGIS engine

Takashi KIRIMURA

Toshikazu SETO Tomoki NAKAYA

Graduate Student

Faculty of Letters

Ritsumeikan Univ.

Ritsumeikan Univ.

The purpose of this research is to develop a WebGIS-based hazard map to make a disaster planning for protection of lives and cultural resources by using an open-source WebGIS engine. This hazard map has two spatial analysis functions: escape path finding and damage prediction of surrounding area. These functions enable users of this hazard map including local residents, workers, tourists, and managers of cultural resources to make an effective disaster planning through learning of preliminary knowledge about coming disasters.

1. はじめに

(1) 文化財の災害対策とハザードマップ

災害対策にあたり、人間の生命とともに、近年では、重要な財産の保護という観点の必要性が唱えられている[1]。ここでの財産とは、歴史的な遺産としての文化財という公共的な財産である。文化財には代替物はなく、災害によって損壊してしまえば、本来の価値を有しなくなってしまう。そのため、人命はもちろんのこと、文化財を対象とした災害対策も行なう必要性は大きい。

種々の災害対策の手段のなかで、近年ハザードマップが注目されている。ハザードマップとは、洪水や地震などの災害時における被害予測や避難施設等の情報を示した地図であり、全国各地の自治体で整備が進んでいる。自治体による災害対策において、治水事業や耐震性能の強化といったハード面とともに、平常時から防災情報の周知というソフト面の対策の必要性がある。ハザードマップは、とりわけこのソフト面の対策において大きな役割を果たすものと考えられている。

ハザードマップは、文化財の保護という点からも有用な災害対策手段と考えることができる。文化財の周辺地域の被害予測情報を入手することで、文化財の管理者は有効なハード面での災害対策を検討でき、また災害時に文化財を安全に退避させるための避難経路の見通しを検討できることになる。しかし、従来作成されてきたハザードマップは、対象地域の居住者に向けて作成されたものが多く、文化財の保護にも利用可能なものは、管見の限りみられない。

(2) WebGIS によるハザードマップ

ハザードマップの多くは紙媒体で作成されてきたが、近年では、Web 上に電子媒体で防災情報を提供している自治体もみられる。また、紙媒体では通常配布先が限定されてしまうが、電子媒体であれば、他の自治体に居住する利用者にも情報を提供できる。とくに WebGIS を使用することによって、紙媒体では不可能であった、Web 上で利用者のニーズに合わせて、自らカスタマイズすることも可能となる。

一方で、WebGIS ベースのハザードマップにはいくつかの課題が挙げられている。金ほか[2]では、技術的な課題として、汎用的で親しみや

すいインターフェースの作成、災害時のデータベースのリアルタイム更新などがあり、社会的な課題として、大容量データの転送可能な環境の整備、システムの構築・維持に要する多大なコストの負担があると指摘されている。

後者の社会的な課題の多くは、現在ではかなり改善されてきた。2006年3月末における光ファイバーやADSLなどの高速回線の契約数は約2,330万契約[3]であり、年々増加している。また、オープンソースのWebGISエンジンも複数開発が進められ、低コストかつ目的に応じたWebGISの開発が可能になってきた。さらに、これらオープンソースのWebGISを用いることで、前者の技術的な課題も克服しやすいものへと変わってきた。

(3) 本研究の目的

本研究では、人命の保護だけでなく文化財の保護も目的としたハザードマップを、WebGISを用いて提供するシステムを開発する。本研究で開発するシステムは、既存のGISデータを利用でき、低コストで、使いやすいインターフェースを備えたシステムとするため、オープンソースWebGISの1つであるMapGuide OpenSourceをWebGISのエンジンとして選定した。

MapGuide OpenSourceは、無料で利用できるだけでなく、利用者にとって親しみやすいインターフェースを標準で備え、かつシステム提供者側による機能の追加が容易なWebGISエンジンである。また、「Google マップ BETA」や「Yahoo! 地図情報」などで用いられているAjaxと呼ばれる技術が利用されており、プラグインのインストールなしに、スムーズな地図の移動・拡大・縮小が可能である。また、「MapGuide® Studio 2007」と呼ばれるアプリケーションの試用版がAutodesk社から提供されており[4]、これを用いることでMapGuide OpenSourceのシステムに汎用的な形式のGISデータを容易に投入できる。そのため、ハザードマップに掲載する情報が、すでにGISデータとして作成されている場合は、このアプリケーションを経由してMapGuide OpenSourceで利用できる。

本システムの開発にあたっては、主にPHPを使用した。PHPは、Webアプリケーションの開発に一般的に用いられている言語であり、Webとデータベースとの連携に優れている。また、後述する追加機能等に使用するデータの一部には、PostgreSQLを用いて高速化を図っている。この両者とも無償で利用できるソフトウェアである。また、サーバーソフトウェアとして使用するApacheも無償で利用でき、全体的に低コストのシステム開発が可能である。

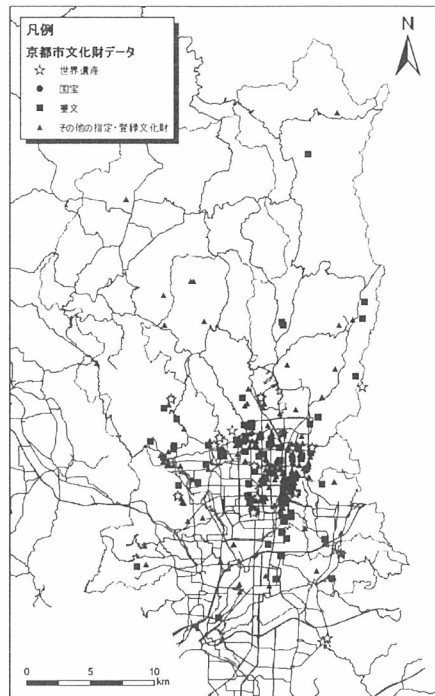


図1 京都市の文化財（建造物）の分布

2. システムの概要と想定する利用者

本研究で表示するハザードマップは、京都市が2005年3月に作成した「京都市防災マップ」をベースとしており、データの空間的範囲は旧京北町を除く京都市11区の区域（以下、京都市域とする）となっている。図1に示したように、建造物だけでも京都市域には数多くの指定・登録文化財が存在しており、国宝に指定されている有形文化財は全国の19.7%（2006年4月1日現在[5]）を占めている。また、「古都京都の文化財」として世界遺産登録されている建造物も14ヶ所存在するなど、京都市域は、保護すべき文化財が多い地域であるといえ、本研究の対象地域としてふさわしい。

WebGISエンジンとして利用するMapGuide OpenSourceには地図の拡大や縮小、レイヤーの表示・非表示の切り替え、印刷などといった標準的なWebGISの機能が備えられている。これらの機能に加え、本研究では、特に文化財の災害対策に有効なツールとして利用できるハザードマップの提供という目的に基づいて、いくつかの空間分析機能を実装した。

実装する空間分析機能は、①避難所や主要交通路への最短経路の表示機能と、②任意の地点での地震・浸水被害予測情報の表示機能である。①の最短経路の表示は、地図上の任意の地点や、システムで提供されている任意のポイントデ

表 1 提供する防災情報

■花折断層地震の被害想定 - 震度 - 家屋被害 - 火災被害 - 液状化危険度 ■浸水被害の想定・過去の被害 - 大雨時の浸水想定区域 - 過去の浸水区域 - 地形から判読した浸水予想区域	■避難施設等 - 広域避難場所 - 避難場所 - 緊急輸送路 - 水道・ガス・電気・電話事業者の施設 - 消防署 - 警察署・交番 - 病院
---	---

一タの地点から、指定した避難所や鉄道の駅、主要道路までの最短経路を、ネットワーク分析によって地図上に表示する。ここではさらに、立命館大学地理学教室が作成している 3 次元 WebGIS である「バーチャル京都 WebGIS（仮称）」（以下、3D マップ）と連動した表示が可能である。また、②の被害予測情報の表示にあたっては、特定地点の被害予測情報とともにその周辺地域の被害予測情報を空間検索によって並列的に表示し、周囲の被災状況にも注意を払うことを容易にする。

本システムで提供する地図情報は、京都市防災マップで提供されているデータの一部と、京都市域における文化財データである。前者は、京都市防災マップのうち、花折断層地震による想定被害と、大雨時の想定浸水被害を中心とした表 1 のものであり、後者は、京都市域に位置する建造物の国宝や重要文化財、国・京都府・京都市の指定・登録文化財のポイントデータである。また、国土交通省国土地理院発行の数値地図 2500（空間データ基盤）および数値地図 25000（空間データ基盤）、環境省生物多様性センターによる「生物多様性情報システム」の自然環境情報 GIS データを、背景データおよびデータ解析のための基礎データとして利用した。

3. 空間分析機能による高度化

ここでは、本システムに実装した空間分析機能の詳細について述べる。2 で述べた機能は、①が（1）と（2）に、②が（3）に対応している。

（1）避難所への最短経路の表示

この機能では、地図上の任意の地点（表示画面の中央の点）を指定した上で、その周辺に位置する避難所への最短経路を探索・表示する。最短経路はダイクストラ法により求める。道路ネットワークデータを PostgreSQL のデータベース上に格納し、計算の高速化を図っている。

経路の算出にあたっては、災害時に道路が通行不可能になる場合を想定し、通行可能な道路の条件を利用者が選択できる。ここで選択可能な条件は、道路幅員と地震時の想定家屋被害データのうちの家屋大破率、大雨時の浸水想定データのうちの想定深さをかけ合わせたものである。まず、道路幅員については、地震や浸水など災害の種類に関わらず、狭小な道路では通

表 2 通行可能な道路の条件のリスト

地震	すべて
	幅員 5.5m 以上で大破率 50% 未満
	幅員 5.5m 以上で大破率 40% 未満
	幅員 5.5m 以上で大破率 30% 未満
浸水	幅員 5.5m 以上で大破率 20% 未満
	幅員 5.5m 以上で大破率 10% 未満
	すべて
	想定深さ 50cm 未満
	浸水想定区域以外

表 3 主要交通路の選択肢

■鉄道 - JR 新幹線 - JR 在来線 - 近鉄線 - 京阪線	- 阪急線 - 市営地下鉄線 ■道路 - 高速道路 - 一般国道
---	--

行不能となる危険性が高い。そのため、道路幅員による条件を設けている。また、家屋が倒壊することによって発生したのがれきが道路を塞ぎ、通行不能になる恐れがある。そのため、家屋大破率についても条件を設けた。最後に、大雨時の想定浸水深さについては、道路が水没することにより、通行が困難となる恐れがあるため条件として採用した。これらの条件について、それぞれ具体的な数値を設定し、最終的に、表 2 のような条件を選択できるようにした。

本システム単独では、最短経路が地図上に表示されるだけであるが、3D マップと連動させ、計算開始地点から避難所までの経路を 3 次元都市モデル上でたどることができる。これにより、地図上での経路表示だけでなく、3 次元空間上での擬似的な移動を体験できるため、利用者にとってより避難経路の確認が容易になる。

（2）主要交通路への最短経路の表示

この機能は、地図上の任意の地点や文化財、避難所、公共施設など、システムで提供しているポイントデータの地点から、主要鉄道路線の駅や主要道路といった主要な交通路への最短経路を探索する機能であり、地震時や浸水時の通行可能な道路の条件設定や 3D マップとの連動など、前述の避難所への最短経路の表示機能とほぼ同等の機能を備えている。この機能ではさらに、目的地を被害の程度が比較的小さい地域にある駅や主要道路に絞ることも可能である。

前述の避難所への最短経路表示が主に居住者に向けた情報の発信であるのに対し、ここでの最短経路表示は、災害時に京都市域外に脱出する必要がある人々・物に対する情報の発信である。この対象となる人々には観光客も含まれ、物とは移動可能な文化財である。

京都市は、日本を代表する歴史都市であり、数多くの貴重な文化財が存在することから、1

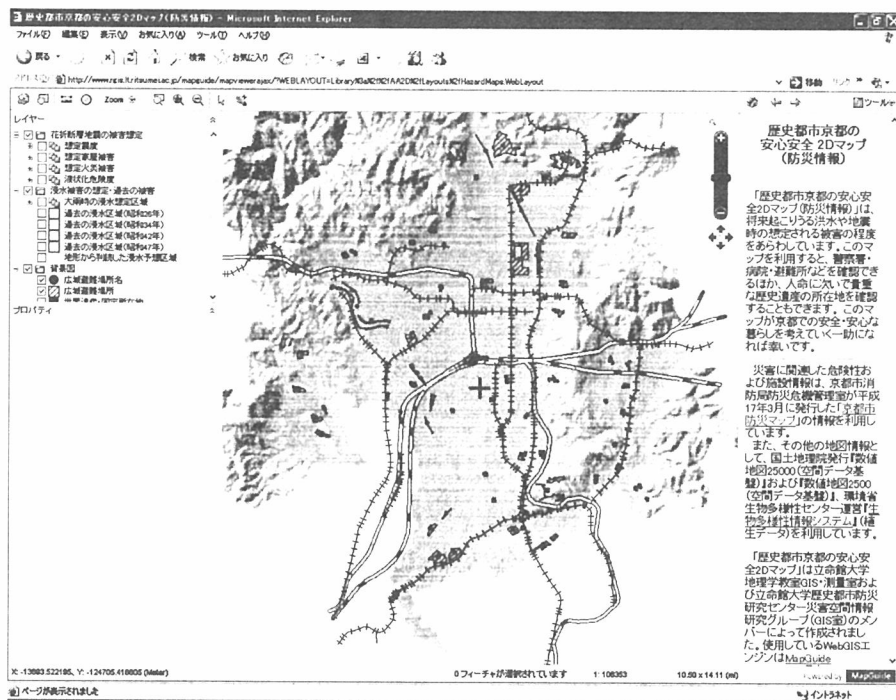


図2 本システムの Web ブラウザでの表示

年を通じて国内外から多数の観光客が来訪する都市である。このような観光客は、一時的には周辺の避難所へと避難させることが可能であるが、避難所の収容人数やスペース、環境を考慮すると、可能な限りすみやかに域外の安全な地域に退避させる必要がある。この問題は、文化財の場合はとくに重要であり、早急に修理が必要な場合では、適当な設備を整えた施設へ移動させる必要がある。

以上のような位置づけを踏まえて、ここで目的地として選択できる主要交通路を表3のように設定した。鉄道路線の選択肢としては、京都市域外と結ばれている各社の路線としたため、市内交通機関といえる叡山電鉄や京福電鉄は選択肢に加えなかった。また、道路については、域外へと通ずる主要な路線として、市内を通るすべての国道と高速道路とした。

これらの交通路は、災害時に使用不能となる場合もあり、オプション機能として、目的地となる駅や道路を、被害の程度が比較的小さい地域にあるもののみに限定することができる。

(3) 地震・浸水の被害予測情報の表示

最後に、任意の地点およびシステムで提供しているポイントデータの地点における被害予測情報を表示する機能を設ける。この機能では、指定した地点だけでなく、その周辺の被害予測情報も把握できるように、周辺 1km の各被害予

測情報も表示する。ただし、今回用いた京都市防災マップのデータセットでは、家屋被害予測データと火災被害予測データの空間単位が学区単位となっており、1km というバッファの範囲については検討を要するが、本システムの標準的な機能の一つとして紹介しておく。この機能では、PostgreSQL の空間検索機能を利用することで高速化を図っている。

地図のオーバーレイでは 1 種類ずつしか確認できないのに対し、この機能を用いれば、その地点の総合的な被害予測情報を一度に確認できる。また、周辺 1km の情報も把握できるため、その地点は比較的安全であっても、周囲の火災危険度が高いといった場合に、類焼の危険性に備えるといった検討が可能となる。

この機能は、本システムの利用者全体に向けて提供するものであるが、退避させることのできない建造物などの文化財の保護をハード面から検討する際に、有用であろう。

4. システムの利用例

ここでは、本システムの Web ブラウザ上での画面構成について述べたのち、想定される利用者別にその利用例を解説する。

(1) 画面構成

図2は、本システムを Web ブラウザで表示したものである。画面中央に地図が表示され、左

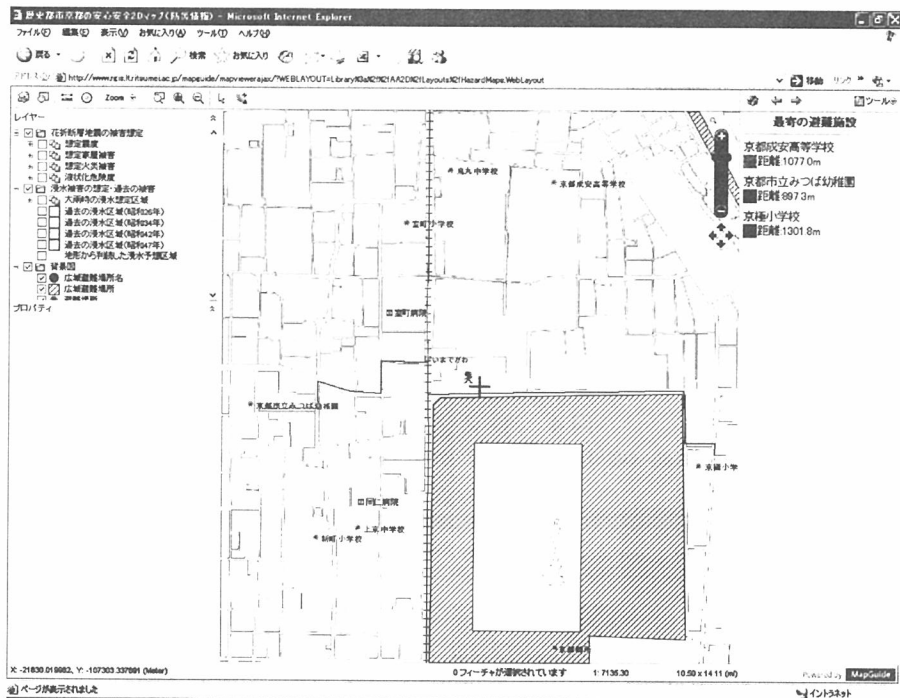


図3 避難所までの最短経路

同志社大学今出川キャンパス付近（上京区）から
京都成安高校・みつば幼稚園・京極小学校までの経路を表示

には表示可能なレイヤーのリストが示されている。また、地図およびレイヤーリストの上部には地図の拡大や縮小、移動、データの選択、印刷といった MapGuide OpenSource に標準で装備されているツールが並んでいる。右には、本システムで提供するハザードマップの名称である「歴史都市京都の安心安全 2D マップ（防災情報）」と表示され、このマップに関する基本的な説明が記述されている。マップの名称の右上部に「ツール」と示されたボタンがあり、これをクリックすると、3で追加実装した機能が実行できるようになっている。

（2）居住者

京都市域居住者が本システムを利用する際の主な目的は、自宅あるいは勤務・通学先（京都市域内に限る）から最寄りの避難所への避難経路の確認と、周辺地域の医療機関や公共施設の位置の確認であろう。

避難経路の確認は、「ツール」ボタンから「最短ルート（地震時）」あるいは「最短ルート（水害時）」を選択する。地図の右側にこの機能の簡単な説明と、現在表示されている画面の中央の地点の町丁名が表示され、その下部に周辺に位置する避難所のリストおよび通行可能な道路の条件のリストが表示される。

経路算出の起点を変更したい場合は、画面を移動させ、画面中央の赤い十字を計算したい位置に合わせ、「現在地更新」のボタンをクリックするか、もう一度「ツール」ボタンから最短ルート機能を選択すると、新たな地点の町丁名が表示される。経路算出の起点が決定すれば、避難先とする避難所（複数選択可）および通行可能な道路の条件を設定し、最下部の「表示」をクリックすると、最短経路の探索が開始され、地図上に起点を示すアイコンと目的地別の経路が表示される（図3）。このとき、通行可能な道路の条件が厳しいと、経路が見つからない場合がある。地図の右側の凡例部分の「3次元表示」をクリックすると、新たなウィンドウに3Dマップが表示され、仮想都市のなかで経路上を移動できる（図4）。ただし、3Dマップの表示には別途プラグインのインストールが必要である。

次に、医療機関や公共施設の位置の確認であるが、地図が煩雑となるのを防ぐため、一定の縮尺以上に拡大しなければこれらの施設は表示されないように設定している。そのため、これらのデータを参照するには、地図の表示をある程度拡大する必要がある。

利用者によって範囲を選択され、自動算出された経路を記載した地図は、印刷して家庭や職

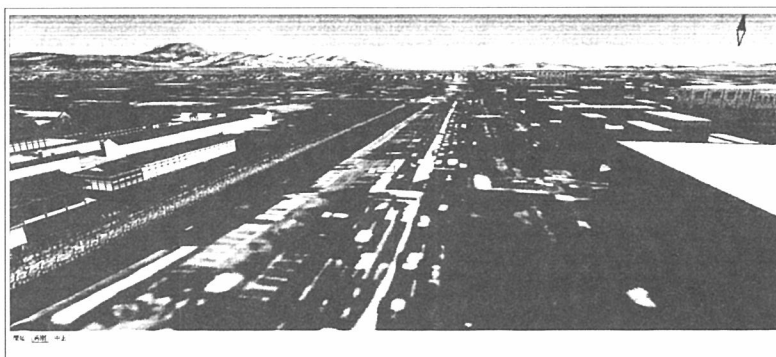


図4 3Dマップの表示例

二条城前（堀川通，中京区）から二条中学校までの経路上

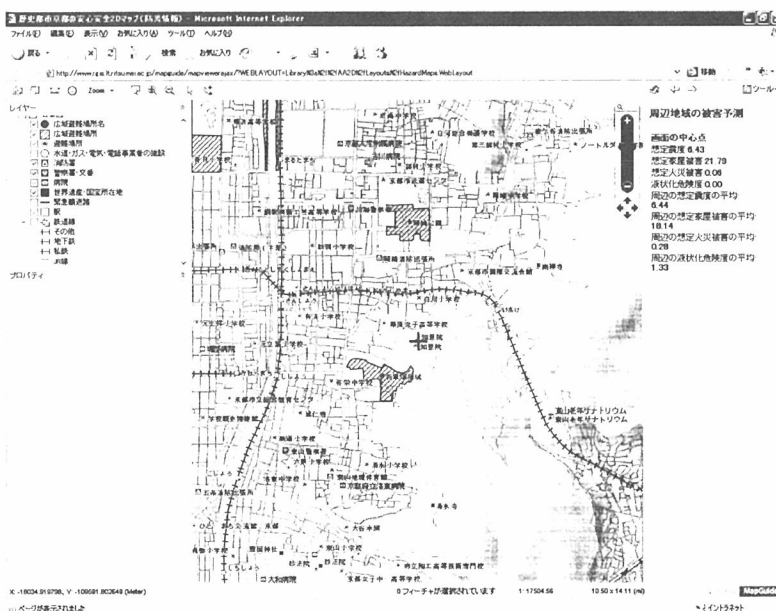


図5 任意の地点とその周辺地域の被害予測データの取得

場に提示することで、このマップで得られる災害に関する情報を家族や同僚、友人などと共有することができる。

（3）文化財の管理者（行政担当者・所有者）

続いて、行政の文化財保護担当者や文化財の所有者といった文化財の管理者が利用する場合、主な利用目的は、災害によって管理する文化財が被害にあう可能性の把握、および災害時に移動可能な文化財を安全な場所へ移動させる手段の確認、という2点である。

まず、前者については「周辺地域の被害予測」機能が有用である。右上の「ツール」から「周

辺地域の被害予測」を選択すると、地図の右側に、この機能の使い方と、検索地点の設定方法、検索する災害の種類を選択画面が表示される。検索地点の設定方法については、画面の中心点を用いるか、システムで提供されている文化財等のポイントデータを選択してその地点を用いるかを選択できる。「選択データ」としたときは、複数の地点についての検索が可能であり、Shift キーを押しながら選択ツールで複数のポイントデータを選択できる。

災害の種類としては、花折断層地震の被害予測と大雨時の浸水被害予測の2種類から選択できる。各条件を設定して「検索」ボタンを押せ

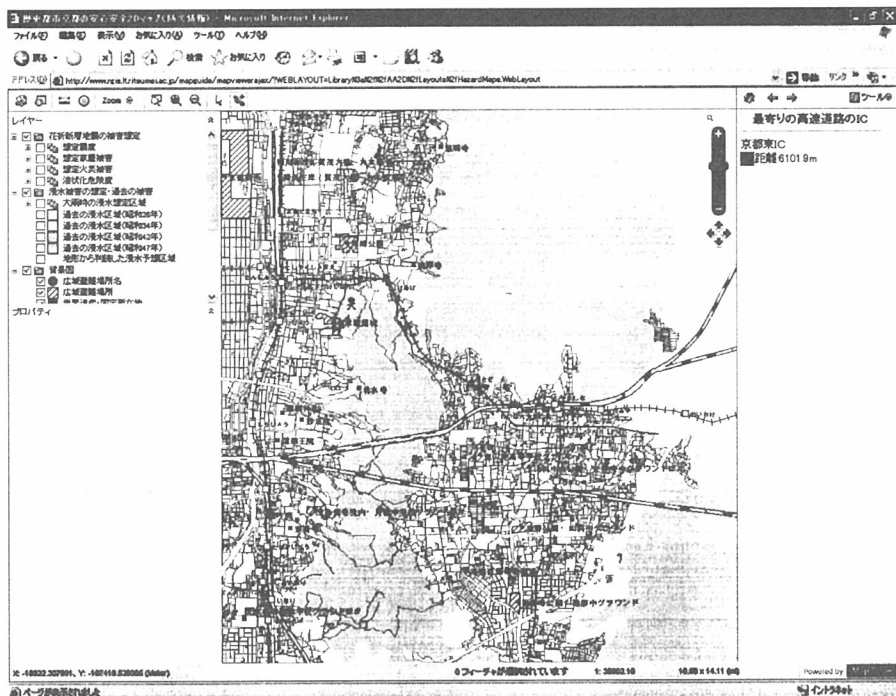


図6 主要交通路（道路）までの最短経路の表示

知恩院付近（東山区）から最寄りの高速道路（京都市東IC）までの経路を表示

ば、その地点の被害予測値と周辺 1km の地域の被害予測値の平均が表示される（図 5）。

次に、後者の文化財の輸送経路については、主要交通路への最短経路検索機能が有用である。これは、「ツール」の「交通路への避難ルート（地震時）」あるいは「交通路への避難ルート（水害時）」を選択すると実行できる。実行すると、地図の右側に操作の説明が表示され、鉄道路線や主要道路といった目的地の種類の選択と、避難場所検索と同様に通行可能な道路の条件の選択が可能である。文化財の輸送を考慮した場合、目的地の種類としては、高速道路や一般国道となろう。画面の中心点を検索したい地点に移動させ、これらの条件を設定して「表示」ボタンを押せば、最も近い高速道路の IC や一般国道までの経路が表示される（図 6）。

なお、美術工芸品などの移動可能な文化財の位置情報については、盗難の恐れも十分に考えられるため、本システムでは提供せず、文化財の管理者が、自ら管理する文化財の位置に画面の中心点を移動させる必要がある。

（4）通勤・通学者、観光客

最後に、通勤・通学者や観光客といった、京都市域外に住居を有する立場の人々のハザードマップ利用として、自宅へと向かう最短経路を把握しておくという目的が考えられる。

これには、「交通路への避難ルート」を実行すればよいが、文化財の場合とは異なり、この場合は最寄りの鉄道駅が目的地となることが多いと考えられる。鉄道は、会社別に選択できるようになっているため、利用者の行き先に応じて、近隣地域の場合は「近鉄線」などの私鉄や「JR 在来線」、遠隔地の場合は「JR 新幹線」などを選択するといったことも可能である。例えば、二条城から周辺の JR 在来線の駅までの最短経路を示したものが、図 7 である。

観光客は、利用可能な交通インフラの情報を出発前に有していないことがあり、本マップを閲覧することによって、観光先での緊急時に適切な対応を、親しみながら学習することができるであろう。

5. おわりに

本研究では、人命だけでなく文化財も含めた災害対策を立案できるツールを提示することを目的に、オープンソースの WebGIS エンジンを利用して、ハザードマップの提供システムを開発した。オープンソースのシステムを用いることで、従来では大きな課題となっていた導入・維持に関わるコストが大幅に軽減できた。また、ここで用いた MapGuide OpenSource は、情報提供者側からみれば、データの追加が比較的容易であり、システムの維持・管理が行ない

