

JAVAによる都市地震防災GISの インターネットへの展開

石田 栄介¹

¹博士(工学) 日本技術開発(株)環境防災事業部地震防災部 (〒164東京都中野区本町5-33-11)

JAVAを用いてインターネット上で都市地震防災GISを構築する。JAVAは、インターネット上で稼働するプログラムを記述できるオブジェクト指向言語である。都市地震防災GIS「Jmap」は、オブジェクト指向方法論を用いて、名古屋大学福和研究室が設計・開発したGISであり、種々のデータを同じ電子地図上で、オブジェクトとして表示・選択でき、個別分析へと展開できる枠組みとなっている。本論では、JAVAを用いることを前提に、都市地震防災GIS「JmapApplet」を再設計し、インターネット上で実装する。また、これをもとに、インターネット上での情報提供の可能性や現状における問題点について検討する。

*Key Words : Urban seismic disaster mitigation, Internet, GIS, GUI, JAVA,
Object oriented approach, Database*

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、各自治体で震災対策の見直しが行われている。震災対策を行うためには、被害想定を行うことが基本となる。都市の地震被害は、震源の位置や規模のほか、地盤条件や都市の状態などが複雑に作用し合っただけで起こるため、適切な被害想定を行うためには、震源の情報、地域の地盤情報、建物情報、都市情報など、多くの情報に基づいた総合的な評価が必要となる。膨大で多岐に渡る情報を整備し、分析、予測、評価につなげるためには、地理情報システム (Geographical Information System : GIS) の活用が効果的であり、兵庫県南部地震以後、災害分析などで、GISの利用が拡大されている^{1), 2)}。しかし、分析のために必要な基本情報が、これまでばらばらに整備されてきたため、データ間で精度のばらつきや空間的・時間的不整合が起こり、震災情報など新たなデータを整備していく上で支障をきたすケースも多く、統一的なデータ基盤整備の必要性が高まっている³⁾。また、地震発生時に、情報が古かったり呼び出せないようでは意味がないので、日常的にデータに触れ、絶えず更新が行われる枠組みが必要である⁴⁾。さらに、地震動や各種被害について、種々の評価手法が提案されているが、手法の組合せ方によっては、総合評価結果が大きく異なっ

くるので、一つの組合せに囚われずに、客観的かつ多面的に評価することが重要である。このためには、分析手法の組合せを容易に組み替えて再評価ができる柔軟性の高いシステムが必要となる。

以上の背景から、名古屋大学福和研究室では、都市地震防災に関わる各種のデータを収集し、オブジェクト指向技術⁵⁾を用いてデータ構造の分析を行い、データの統合利用が可能な都市地震防災GISの構築を行ってきた。この結果、ユーザーフレンドリーなGUI (Graphical User Interface) を介して、蓄積されたデータや分析技術を容易に呼び出すことのできる枠組みが実現された⁶⁾。また、新たなデータや分析技術も、機能拡張という形で継続的に追加され続けており^{7), 8)}、種々の分析に活用されている⁹⁾。

一方、ここ数年、インターネットが爆発的な普及を遂げている。官庁、学校、企業から一般市民に至るまで幅広く活用されるようになり、テレビ、電話、FAXを凌ぐ情報通信メディアとして期待されている。地震防災分野においても、震前のデータ基盤整備手段として、また、震後の様々な情報収集・提供手段として、インターネットの活用が検討されはじめている¹⁰⁾。強震計をインターネットに接続し、地震直後の早期被害予測に活用する試みも始まっている¹¹⁾。さらに、CGI (Common Gateway Interface)¹²⁾やJAVA¹³⁾の技術を活用することにより、視覚的で対

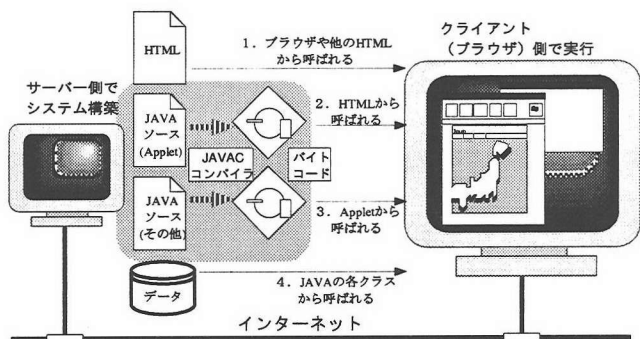


図1 JAVAの動作原理

話的な情報の処理・提供が可能となるため、各分野で適用方法が検討されはじめています。地震防災分野では、地図情報に基づく情報提供の機会が多いため、インターネット上で稼働するGISの登場が望まれている。

本論では、前述の都市地震防災GISを、JAVAを用いてAppletという形で実装し、インターネット上での稼働を実現する。これにより、より多くの人の目に止まるシステムとし、データ基盤整備、被害想定、災害時対応などでインターネットを最大限に活用していくための技術報告を行う。

2. 地震防災のインターネット活用におけるJAVAの位置付け

地震発生時の災害軽減においてインターネットの活用が検討され始めている¹⁰⁾。災害発生時には的確な判断を迅速に行う必要があるため、発災直後の被害把握では、即時性の高いマクロ分析から地域を絞り込んだ詳細分析までを連続的に行う枠組みが望まれる。このためには、ビジュアルかつインタラクティブにデータを扱うことのできるGISが有用である。また、日常から地震防災に関する情報やシステムに慣れ親しむためには、シミュレーション感覚で扱えるシステムを、どこからでも使えるような形で構築しておき、災害発生時には、そのまま震災対策システムとして活用されるような枠組みが理想的である。この要求を実現するには、インターネット上で稼働するGISが有効である。

インターネット上の多くのブラウザで稼働するGISを実装するには、現状では、CGIかJAVAを利用することになる。CGIによる実装では、サーバー側での処理が主体となるため、サーバーに高い処理能力が要求される。また、複数ユーザーのアクセス数だけ、毎回一時画像を生成するのは大変なため、予め画像ファイルを用意しておき、それを転送するだ

けのシステムも多い。この場合、任意の地震や解析パラメータに対して、分析対象を選択しながらインタラクティブに実行することは困難である。

これに対し、JAVAを用いたシステムでは、図1に動作原理を示すように、サーバーはAppletをはじめとするプログラムファイルと関連するデータファイルを要求に応じて転送するだけで、後はクライアントが処理する。サーバーで新たなプログラムを立ち上げる必要はなく、処理能力もそれほど要求されない。また、JAVAには、基本GUIやURL (Uniform Resource Locator) アクセス機能が備わっているため、X-Windowと同等のウィンドウプログラミングがインターネット上で可能となる。X-Windowプログラムからの移植作業においても、概念的な仕様変更は不要である。また、一旦データを送ってしまえば、何度もサーバーとやり取りすることなく、クライアント側で任意に加工したデータを高速に描画することができる。

これらの理由により、インターネットで稼働するGISの構築には、JAVAの技術が不可欠であると判断し、インターネット上で都市地震防災情報を活用する手段として、JAVAによる都市地震防災GISの構築が有効であると考えた¹⁴⁾。最終形態としては、クライアントとサーバーの役割を分析し、双方が適切な役割分担を行ったシステムを目標とすることが望ましいが、本論では、手始めとして、JAVAによるクライアント主体のシステムを構築した。

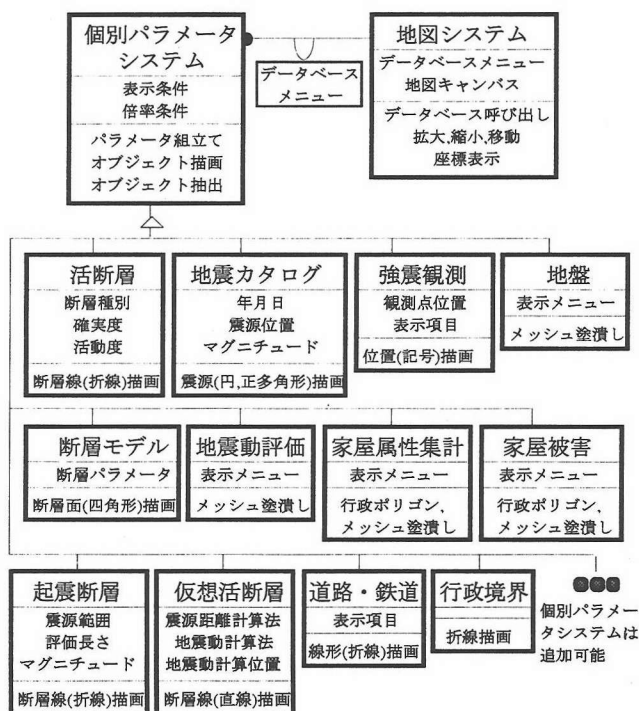


図2 基本クラス設計

3. 都市地震防災GIS「Jmap」

都市地震防災GIS「Jmap」は、名古屋大学福和研究室が設計・構築してきたシステムであり、これまで、EWS (Engineering WorkStation) のX11R6 (X-Window System Version 11 Release 6) 上で実装されてきた⁶⁾。各分野で蓄積されている解析知識を統合的に取り扱うため、オブジェクト指向方法論⁷⁾を用いてデータ構造の分析を行い、各種データが容易に呼び出せるよう、GUIを前提としたクラス設計を行っている。また、移植性と稼働速度、後任者への伝承性を考慮し、X11R6の基本ライブラリのみを用いて、C言語での実装を行ってきた。

図2に都市地震防災GISのクラス設計を示す。図はオブジェクトモデル化技術 (Object Modeling Technique : OMT)⁵⁾ に基づいた表現となっている。「地図システム」と「個別パラメータシステム」の間でメッセージのやり取りが行われ、各種データベースは「個別パラメータシステム」を継承することにより追加できる。「地図システム」は、地図の拡大・縮小・移動や座標表示など、地図ウィンドウの基本操作機能を持っている。一方、「個別パラメータシステム」は、各自の所有するデータベースからデータを読み込み、表示条件を満たすデータを地図キャンバスへ描画する役割を果たす。また、地図キャンバス内でマウス指定されたデータを検出し、そのデータの詳細情報を呼び出す機能を持っている。各種データベースの追加は、

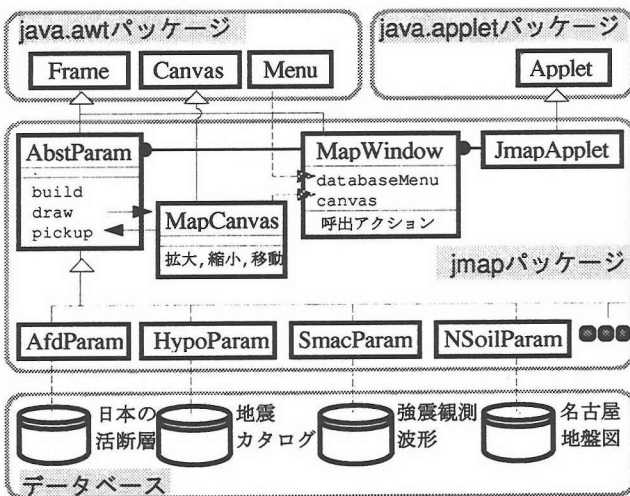


図4 JAVAパッケージを利用したクラス設計

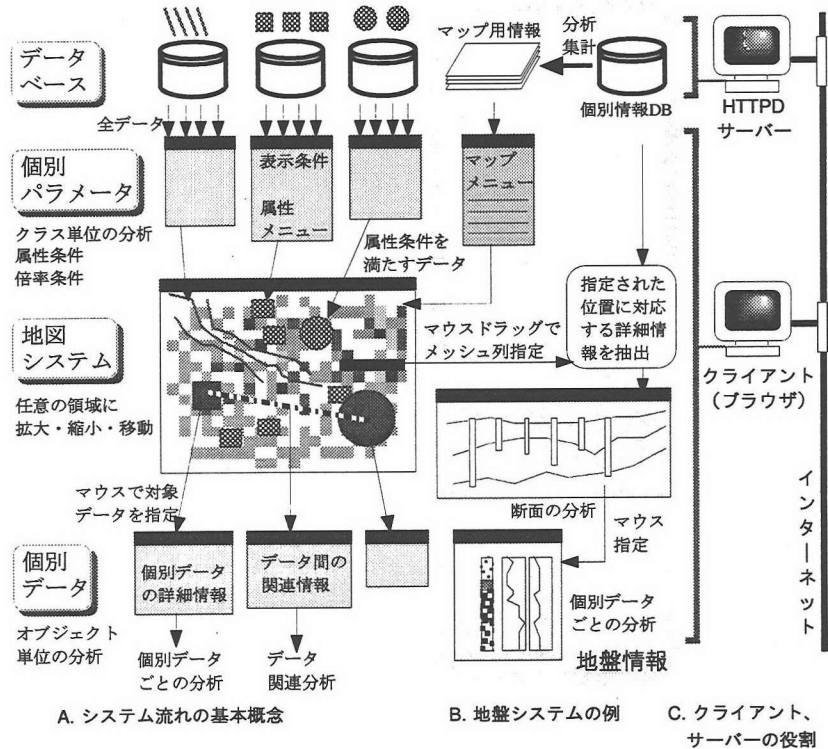


図3 実行時の概念的なシステムの流れ

スーパークラス「個別パラメータシステム」のサブクラスとして、各データベース用に個別パラメータシステムを構築し、データベースメニューに登録することにより実現される。個別パラメータシステムの構築は、表示条件を入力するためのパラメータウィンドウの組み立て(build)と、表示条件を満たすオブジェクトの描画メソッド(draw)、マウス指定によるオブジェクトの抽出メソッド(pickup)の実装により実現される。

図2の二段目以降の各クラスは、具体的な個別パラメータシステムである(各名称は省略形で、例えば「活断層パラメータシステム」は「活断層」としている)。システム属性欄には、具体的な表示条件内容を示しており、操作欄には、具体的な描画内容を示している。文献⁹⁾当時より、「地震動評価⁷⁾」「家屋被害」「仮想活断層⁸⁾」などが新たに追加されている。「家屋被害」は、家屋属性集計情報と被害率曲線から被害推定を行うが、文献¹¹⁾の被害推定システムの一部に同種の機能が活用されている。

図3に実行時の概念的なシステムの流れを示す。個別パラメータシステムにより、データベースの中から必要なデータのみが適切な形状・色情報を持って地図に配置される。個別パラメータシステムの表示条件値を色々変化させることにより、データ検索などが容易に行える。さらに、地図上のデータをマウス指定することにより、個別データの詳細情報が呼

び出される枠組みとなっている。図中Bに地盤システムの例を示すが、地盤システムでは、表示したい地層断面位置をマウスドラッグで直線指定することにより、地層断面図が呼び出され、さらに地層断面図内で任意の地点をマウス指定することにより、ボーリング詳細図が呼び出される。

4. JAVAを用いた実装

JAVA利用を前提に、前節で述べた都市地震防災GISの設計を見直し、実装を行った。図3Cに示す通り、本システムでは、プログラムは全てクライアント側で作動する。図1の動作原理に示す通り、Appletをきっかけとして、サーバーから送られた各プログラムがクライアント側で実行され、それらのプログラムがネットワークを介してサーバー側にあるデータベースを読み込む。データベースの読み込みは、`java.net.URL`と`java.io`パッケージを利用し、各個別パラメータシステム内で行う。図2に示した各クラスは、`java.awt`パッケージを利用して図4のように再設計した。また、ホームページから呼び出すことができるように、`java.applet`パッケージを利用し、本GIS用のAppletである「JmapApplet」を設計している。現時点では、図2の中の「活断層」「地震カタログ」「気象庁強震観測情報」「断層モデル」「地盤(名古屋)」などの個別パラメータシステムが、図4下部に示すように組み込まれており、インターネット上で表示可能となっている。未実装の個別パラメータシステムに関しても、随時組み込んでいく予定である。なお、「`java....`」の各パッケージは、JAVAの開発キットに標準装備されている。

5. 実行例

図5に実行例を示す。この実行例は、インターネット上のAppletを実行できるブラウザ環境があれば、本論末尾に示す名大・福和研究室ホームページの「JAVAによる都市地震防災情報統合GIS」をクリックすることによりどこからでも実行できる(図5A)。操作説明は、「ユーザズガイド」、各クラスの内容説明は、「プログラマーズガイド」より見ることができる(図5B)。なお、各クラスの内容説明は、JAVAのドキュメント生成システム「`javadoc`」を用いて自動生成したものである。図5Aの「Window」ボタンを押すことにより、地図システムが呼び出される。初期状態では日本白地図のみを描画するが、データベースメニューから各個別パラメータシステムを呼び出すことにより、それぞれのパラメータ

ウィンドウが現われ、「Redraw」ボタンにより描画される。「活断層」「地震カタログ」「断層モデル」の各表示例を図5のC～Eに示す。

地図上に表示されたデータに関しては、マウス指定により、個別データの詳細情報を呼び出すことができる。また、地図システムは、自由に拡大・縮小・移動でき、複数のデータベースを同時に重ね書くことができる。図5Fに「活断層」および「地震カタログ」と「気象庁強震観測情報」との重ね書きの例を示す。これにより、各震源情報と観測点位置の位置関係が明確になり、適切な震源想定への支援となる。観測点位置をマウス指定すると、気象庁強震観測情報の個別データとして、観測点位置で集録された波形のリストが示される。今後は、波形システムとリンクすることにより、地震動波形の分析・予測につなげていく予定である。

地盤情報については、名古屋市を中心に整備を行っているが、名古屋地盤図に基づくボーリングデータおよび各層基底面標高データを整備しており、メニュー形式により、各種マップが表示可能である(図5G)。また、マウスドラッグで直線指定することにより、任意の地層断面を推定し、結果をウィンドウ上に呼び出すことができる(図5H)。さらに、地層断面図より任意の柱状図をマウス指定することにより、ボーリング調査の詳細情報を呼び出すことができる(図5I)。今後は、波形システムとリンクすることにより、地盤の伝達特性分析や地表面地震動評価につなげていく予定である。

6. 現状での問題点

GISをインターネット上で稼働させるというテーマ自体がまだ始まったばかりの研究テーマであり、本システムにおいても、実用・活用に向かって多くの課題を残している。その中で、データ保護の問題、転送速度、稼働速度の問題は、インターネットやJAVA自体に内在する問題でもあり、徐々に改善されてくるものと思われる。本システムでも、データのバイナリ化などにより、現状で出来る限りの高速化を図っているが、クライアント側ですべて処理するため、データベースの転送に時間がかかると同時にクライアント側に大きめのメモリーや高い処理能力が要求される。サーバー側にDBMS (DataBase Management System) を置くなどしてバランスの良い役割分担を行う必要がある。

また、本システムでは、サーバー側から与えられた分析システムおよびデータベースしか活用できず、カスタマイズやローカルな機能追加ができる段

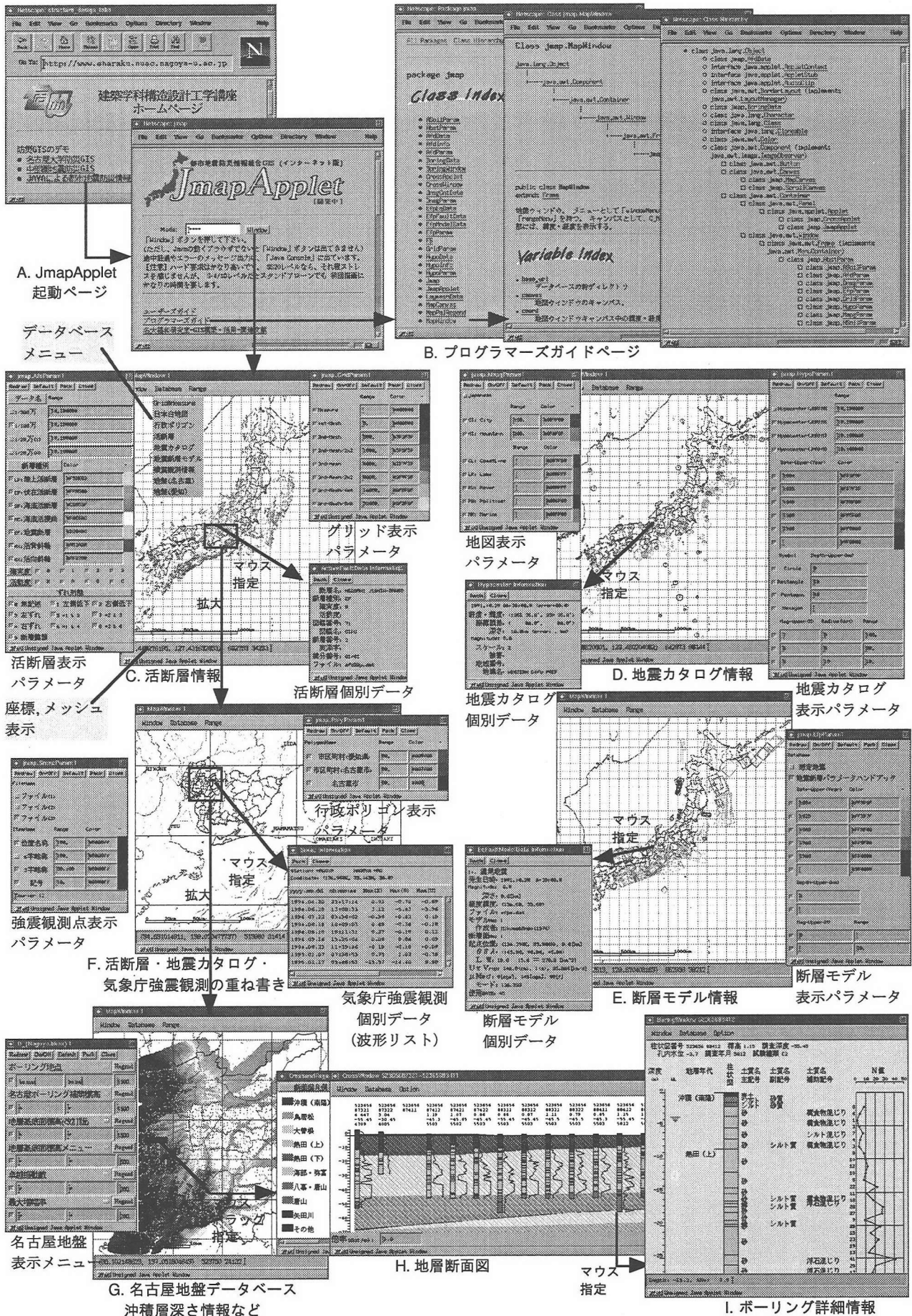


図5 インターネット版都市地震防災情報統合GISの実行例

階にはない。これらの機能を提供する場合、不特定のユーザーに生データを取り込まれることには問題があるので、認証機能によるユーザーの限定などが必要になる。セキュリティと絡む問題であるため、今後の方向性を含めて考える必要がある。

その他にも、データ更新の枠組みやデータの分散管理など、より有効にインターネットを活用していくために、サーバー・クライアント双方のシステム設計とデータ基盤の整備が必要である。

7. まとめ

地震防災情報の提供手段としてGISは有用であり、インターネットを活用した地震防災情報の提供のためには、インターネット上で稼働するGISの構築が効果的である。本論では、JAVAの技術を用いて、著者らが構築してきた都市地震防災GISをインターネット上で稼働させ、実用の可能性を検討した。JAVAを用いることにより、従来のウィンドウプログラミングと同等レベルのGUIをインターネット上でも提供できるようになり、インターネット上で本格的なGISの稼働が可能であることが分かった。都市地震防災GISでは、地震動評価や被害予測のため、既存のデータと分析技術の統合化を起点として整備を進めているが、現状ではデータの詳細情報を表示するところまでに留まっている個別パラメータシステムも多い。これらは今後、分析ボタンを追加していくことで、詳細分析につなげていく予定である。また、必要に応じてデータの更新・新規整備を行っていくためには、入力システムや更新情報の管理システムも設計していく必要がある。また、本論では、クライアントのみでプログラムを稼働させているが、今後、サーバー側でDBMSを構築することにより、必要情報のみの抽出転送や、ネットワーク上でのデータベース分散管理などが可能になると考えられる。さらに、ここから、各自治体で整備・更新するデータを繋ぎ目なく呼び出せるシステムへと展開できれば理想的である。

本論で示した技術などを足掛りとして、各部局からネットワーク上で積極的な情報提供が行われることが望まれる。これらの技術とデータ基盤の整備が進むことにより、情報の共有化、一元化、無矛盾化を押し進めることができる。また、日常から使用され、更新されるシステムとしていくことにより、地震発生時に、データや知識を最大限に活用した震災対応情報システムの実用化へとつなげていきたい。

なお、本システムのホームページ上での公開は研究用であり、本システムは、試作段階であるとともに、

多くの購入データ等に基づいているため、商用・営利目的での利用は避けられたい。

謝辞：本研究は、著者が名古屋大学・福和研究室在籍時に行なったものであり、同大学・福和伸夫教授には、多大な御指導、御協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山崎文雄：地理情報システムの都市地震防災への応用，GIS—理論と応用，Vol. 4, No. 1, pp.61-69, 1996
- 2) 岩井哲，亀田弘行，碓井照子，盛川仁：1995年兵庫県南部地震による西宮市の都市施設被害のGISデータベース化と多重分析，GIS—理論と応用，Vol. 4, No. 2, pp.63-74, 1996
- 3) 地理情報システム学会：空間データ基盤整備事業とGIS資料集，1996
- 4) 大野茂樹，川口浩平，角本繁，亀田弘之：災害時／平常時自治体システムの構築—阪神大震災復興支援での経験を生かして—，地理情報システム学会講演論文集，Vol. 5, pp. 69-72, 1996
- 5) James Rumbaugh, 他，羽生田栄一監訳：オブジェクト指向方法論OMTモデル化と設計，トッパン，1992
- 6) 石田栄介，福和伸夫：都市地震防災に関わる情報活用のためのGIS構築に関する研究—名古屋市への適用事例—，GIS—理論と応用，Vol. 4, No. 1, pp.1-10, 1996
- 7) 荒川政知，福和伸夫，石田栄介，小出栄治：地域性を考慮した地震動評価のための地盤情報の活用，第6回地域安全学会研究発表会，pp.61-66, 1996
- 8) 飯田正憲，福和伸夫，石田栄介，西飯理永：活断層情報と各種経験式を利用した地震動評価GIS 'QuSE'の構築，第7回地域安全学会研究発表会，pp.208-211, 1997
- 9) 荒川政知，福和伸夫，石田栄介，他：国土数値情報を用いた地震動地盤増幅度の推定と活用に関する研究 その1—その2，日本建築学会大会学術講演梗概集，1997
- 10) 目黒公郎：災害軽減へのインターネットの利用—現状と可能性—，リアルタイム地震防災—現状と可能性—資料集，pp. 49-88, 1997
- 11) 福和伸夫，山田耕司，石田栄介，森保宏，辻本誠，松井徹哉：オンライン強震観測・地震被害想定・振動実験システムの構築，日本建築学会技術報告集，第3号，pp. 41-47, 1996
- 12) 笹木望，太田晶宏，藤崎真美：新・HTML&CGI入門，エーアイ出版，1996
- 13) 松永健司訳：JAVA クイックリファレンス，オライリー・ジャパン，1996
- 14) 銭，石田，福和：JAVAを用いた地震防災情報統合システムのインターネット上への展開，建築学会大会学術講演梗概集B-2, pp.105-106, 1996

名古屋大学・福和研究室ホームページURL
→ <http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp>