

3.2.6 地震災害の事前及び事後の即時対応を考慮した地震情報統合システムの開発

3.2.6.1 確率的地震動予測及び地域地盤情報を活用したリスクマネジメントシステムの開発

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5 ヶ年の年次実効計画
- (e) 平成 1 4 年度業務目的

(2) 平成 1 4 年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
 - 1) 詳細な地盤データの整備
 - 2) 簡易地震被害推定ソフト（試作版）の作成
 - 3) 東京都北区上十条五丁目における地震防災基礎データの収集と防災マップの作成
- (c) 業務の成果
 - 1) 簡易地震被害推定ソフト（試作版）
 - 2) 東京都北区上十条五丁目における地震防災基礎データの収集と防災マップの作成
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表
 - 1) 論文発表
 - 2) 口頭発表
- (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成 1 5 年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

確率的地震動予測及び地域地盤情報を活用したリスクマネジメントシステムの開発

(b) 担当者

久田嘉章（工学院大学助教授 地震防災・環境研究センター）統括

広沢雅也（工学院大学教授 地震防災・環境研究センター）RC・S 造建物の簡易耐震診断ソフト開発

宮澤健二（工学院大学教授 地震防災・環境研究センター）木造建物の簡易耐震診断ソフト開発

村上正浩（工学院大学講師 地震防災・環境研究センター）GIS を活用した防災まちづくり支援システムの開発

柴山明寛（工学院大学博士課程学生）地震情報統合システムの開発

川合広樹（ABSG コンサルティング）リスクマネジメントの技術情報提供

小林正則（ABSG コンサルティング）リスクマネジメントの技術情報提供

秋山浩英（ABSG コンサルティング）リスクマネジメントの技術情報提供

中山俊雄（東京都・土木時術研究所）東京都の地盤に関する技術情報提供

(c) 業務の目的

大規模な地震が発生した場合、木造家屋が密集する大都市地域では、建物の倒壊による1次災害に加え、火災の発生による2次災害が危惧されている。このため国や都・県レベルでは直下型地震などを想定した地震被害想定が行われているものの、その情報が個人や地域（丁目・自治会レベル）で活用され、耐震性や防災性の向上に役立っているとは言えないのが現状である。その原因として、実際に大規模な地震が発生した場合、自分の住む家やまちに何が起こり、どう対応したらよいか、具体的なイメージが掴めないこと考えられる。一方、近年、企業では様々なリスク対策としてリスクマネジメント手法が発展し、想定される地震被害の軽減・転嫁・保有などの具体的な地震地震対策の意思決定手段として活用されてきている1)。さらに近年では強震動地震学の進展に加え、地域の詳細な地盤情報2),3)が整備され、精度の高い地震被害想定を行うことが可能になりつつある。

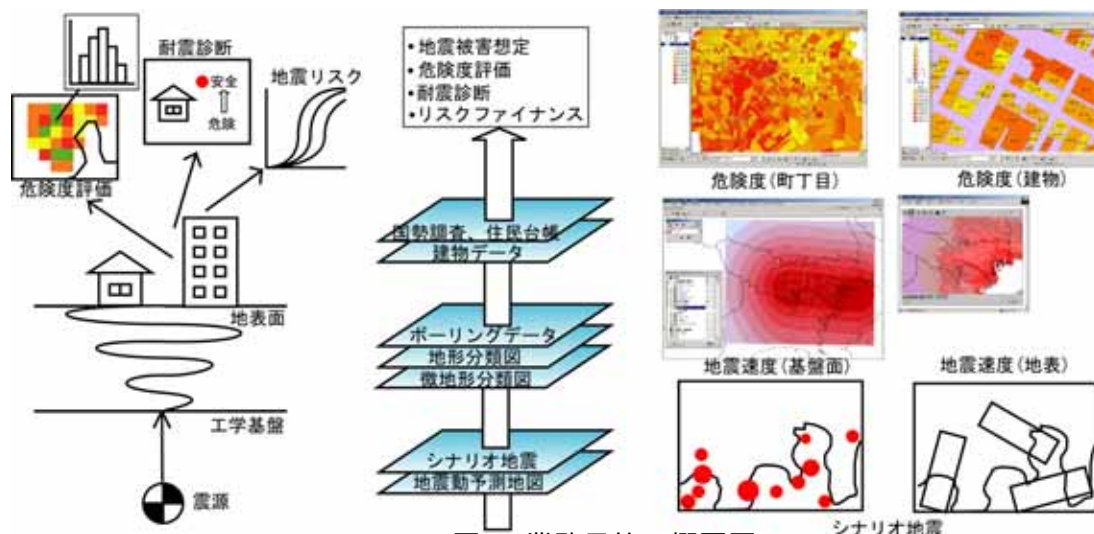


図1 業務目的の概要図

以上の背景を鑑み、本研究の目的は、個人や自治会レベルで使用できる地震対策のための地震マネージメントシステムを開発し、実際に個人や自治会の地域レベルで適用し、その有用性を調べることにある（図1）。

(d) 5カ年の年次実効計画

- 平成14年度：東京都の地盤・地域・建物データを活用した地震動想定システムの開発

東京都の地盤・地域・建物データをデジタル情報として整理し、PC上にて地域・地盤情報の表示し、シナリオ地震と経験式による簡易な被害推定を行う試作版ソフトウェアを開発する。被害推定結果は、地震観測記録や歴史地震による被害分布との比較からその精度の検討が行われる。同時にシステムを実際に活用する場として、東京都北区の自治会（上十条五丁目）の協力を頂き、現地での防災データを収集・整理する。

- 平成15年度：東京都の被害想定・簡易耐震診断・リスクマネージメントシステムの開発

上記のシナリオ地震による地震動推定をもとに、地域の被災度評価、個々の建物の簡易耐震診断、及びリスクファイナンスなどのメニューを加え、地域・建物のリスクマネージメントを支援するための試作版ソフトウェアを開発する。被害推定結果は、地震観測記録や歴史地震による被害分布などとの比較からその精度の検討を行う。同時に東京都北区の自治会（上十条五丁目）の協力を頂き、当地にてアンケート調査・耐震診断等のデータ収集を行い、さらに防災訓練への参加協力を行う。同時に現地の詳細な地盤・建物データを用いた地震危険度評価もを行い、リスクマネージメントのための基礎解析を行う。

- 平成16年度：全国の地盤・地域・建物データを利用した地震動想定システムの開発

上記の東京都を対象にした被害想定手法とシステムを全国版に拡張する。その際、精度の検討は地震観測記録や歴史地震による被害分布などとの比較から行う。また入力地震動の評価には、シナリオ地震に加え、地震調査研究推進本部による地震動予測地図の結果の本システムへの取り込みを試みる。同時にシステムを実際に活用する場として、東京都北区の自治会（上十条五丁目）の協力を頂き、当地にてアンケート調査・耐震診断等のデータ収集と地震危険度評価を行い、現地の詳細な地盤・建物データを用いたリスクマネージメントを試みる。

- 平成17年度：全国の被害想定・リスクマネージメントシステムの開発

全国を対象として、地域の被災度評価、個々の建物の簡易耐震診断、及びリスクファイナンスなどのメニューを加え、地域・建物のリスクマネージメントを支援するための試作版ソフトウェアを開発する。その際、精度の検討を地震観測記録や歴史地震による被害分布などとの比較から行う。さらに東京都北区の自治会（上十条五丁目）に適用し、現地の詳細な地盤・建物データを用いて実用性をテストする。

- 平成18年度：地震情報統合システムの完成と検証

シナリオ地震や地震動予測地図の結果をもとに、地域の被災度評価、個々の建物の簡易耐震診断、リスクファイナンスなどを行う地域・建物のリスクマネージメントを支援するための全国版ソフトウェアを完成させ、一般公開する。

(e) 平成14年度業務目的

平成14年度では、まず始めに関東平野を対象として、高精度な地震動推定のために用いる詳細な地盤情報データを整備する。このため土地条件図・地形分類図(5万分の1、2万5千分の1地図)のデジタル化と表層地盤の増幅率データベースを構築する。次に東京都のボーリングデータを元にした詳細な地盤情報も活用し、パソコンで簡便に使用できる地震被害推定ソフトの試作版を作成する。最後に、実際の地域への応用を前提として、東京都北区の上十条五丁目を対象とし、地元自治体の協力のもとで建物や道路幅員、ブロック塀、消火器・消火栓などの消火施設などに関するデータを収集し、地震防災のための防災マップを作成、基礎データを整備する。

(2) 平成14年度の成果

(a) 業務の要約

個人や自治会レベルで使用可能な地震リスクマネジメントシステムを開発するため、2002年度はまず土地条件図・地形分類図やボーリングデータをもとにした地盤データの整備し、それらを用いた東京都23区を対象とした簡易地震被害想定システムの試作版を開発した。本システムは Visual Basic で作成しており、PC で誰でも使用ができることを想定している。一方、開発したシステムを実際の地域に適用するため、北区上十条五丁目の自治会の協力を頂いている。2002年度は上十条五丁目の地震防災用の基礎データを収集し、防災マップを作成し、基礎データの整備を行った。

(b) 業務の実施方法

1) 詳細な地盤データの整備

精度の高い地震被害推定の鍵となる地盤情報の収集・整理を行い、データベースを構築する。既存の地形分類の数値データとして、全国土地分類図・地形分類図(縮尺20万分の1、又は10万分の3)を用いた国土数値情報(1kmメッシュ)や、工学院大学で作成した500mメッシュのデータ4),5)がある。本研究では、さらに個人や町丁目(自治会)単位を対象とした微細なレベルでも使用可能とするため、より詳細な土地条件図・地形分類図(5万分の1、2万5千分の1地図)を用いて、そのデジタル化と表層地盤の増幅率データベースを整理する。国土地理院(地理調査部社会地理課)は同地図(5万分の1)を用いて関東平野の一部をデジタルしており、本研究ではそのデータ使用させて頂いている。本研究ではさらに独自にデジタル化作業を行い、データを補完している。すなわち土地条件図・地形分類図を収集し、各地図をスキャナーで読み込み、GISを用いて地盤データを250mメッシュでデジタル化を行う。図2(a)は土地条件図・地形分類図をデジタル化した一例で、既存の図2(b)の全国土地分類図4),5)に比べると、より微細な地形分類であることが確認できる。

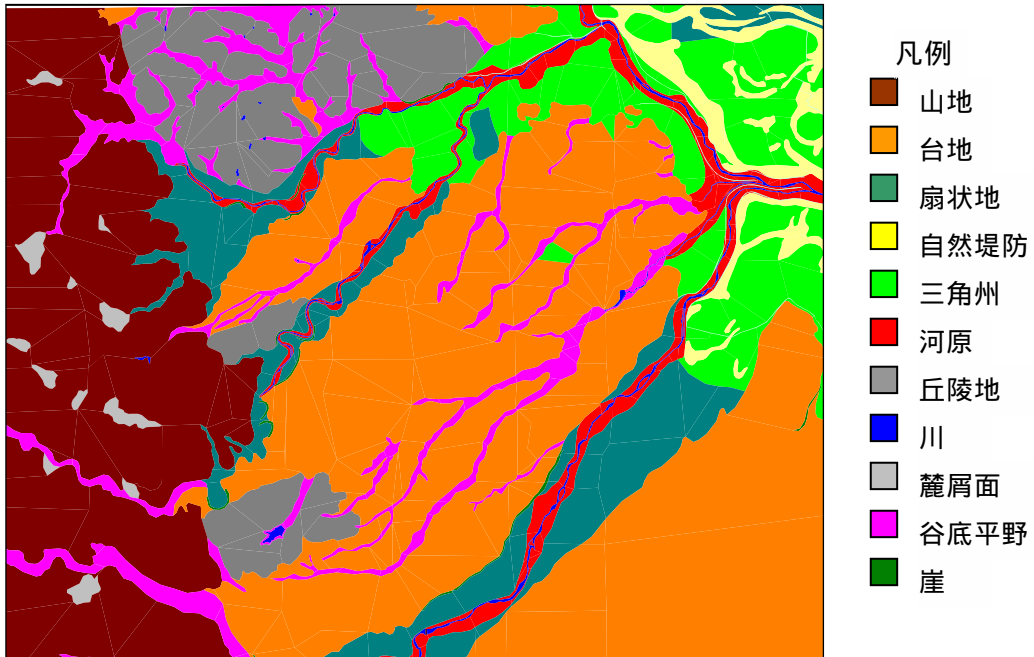
これらのデータと松岡・翠川の方法6)用いて表層地盤による最大速度の増幅率を求める(図2(b))。

$$\begin{aligned} \log_{10} W &= 1.83 - 0.66 \log_{10} VS \\ \log_{10} VS &= a + b \log_{10} H \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、Wは最大速度の増幅率、VSは表層地盤30mの平均S波速度、Hは標高(m)で国土数値情報(250mメッシュ)を利用する。さらにa、bは地形分類と標高によって決まる係数で、表1の値を用いる。

表 1 地形分類と標高による係数

地形分類	係数		標高の範囲	
	<i>a</i>	<i>b</i>	下限	上限
山地	2.64	0	-	-
台地	2.00	0.28	10m	400m
扇状地	1.83	0.36	15m	200m
自然堤防	1.94	0.32	5m	30m
砂州	2.29	0	-	-
谷底平野	2.07	0.15	10m	500m
三角州・旧河道	2.34	0	-	-
埋立地	2.23	0	-	-

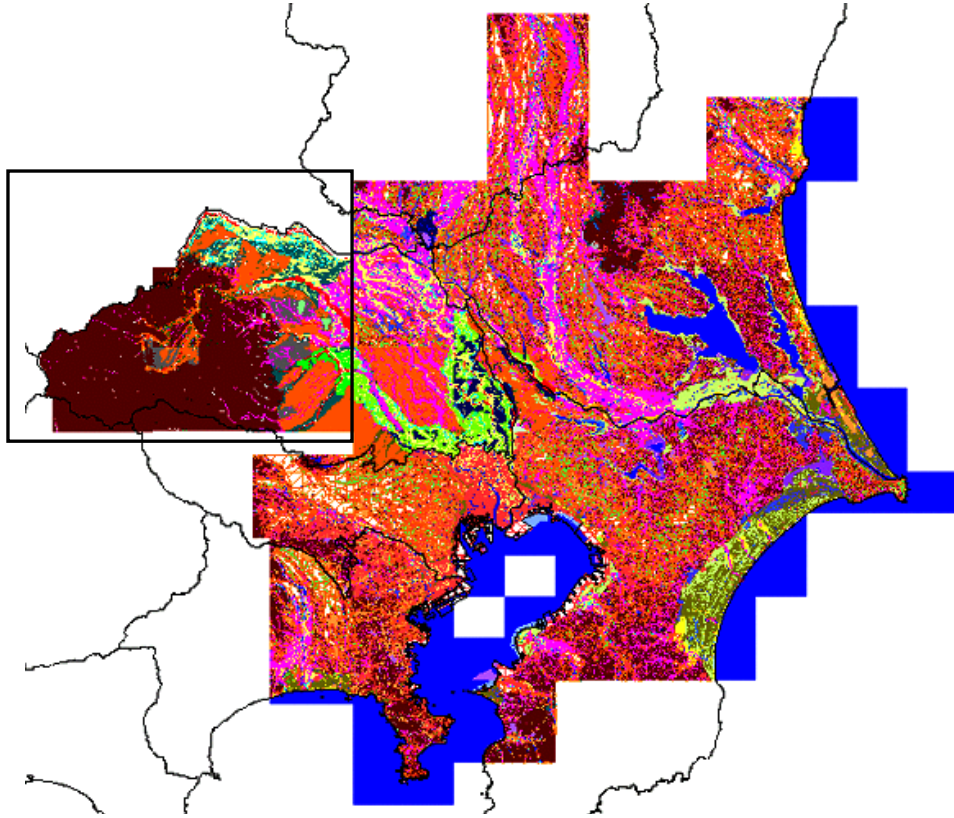


(a) 土地条件図・地形分類図（5万分の1）によりデジタル化したマップ（川越）

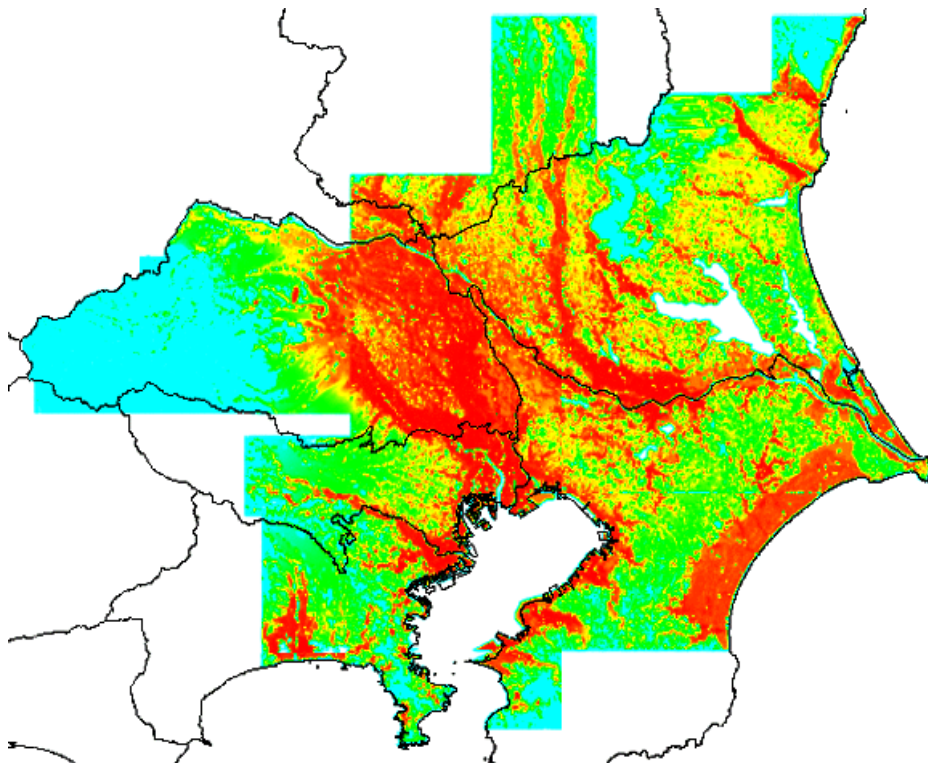


(b) 全国地形分類図（10万分の1）によりデジタル化したマップ^{4),5)}（埼玉県）

図2 土地条件図・地形分類図（5万分の1）によりデジタル化したマップ（上：川越）と、全国地形分類図（10万分の1）によりデジタル化したマップ^{4),5)}（下：埼玉県）

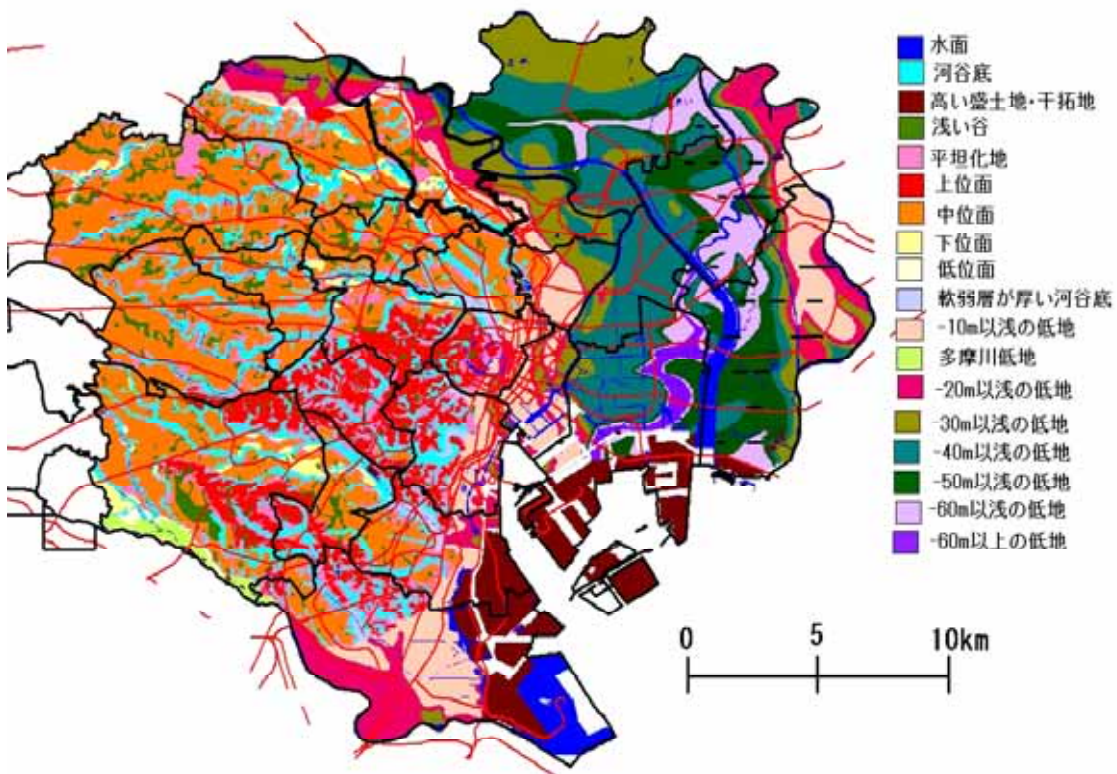


(a) 土地条件図・地形分類図（5万分の1）によるデジタルデータ（文献³⁾に加え、四角部分を本研究で新たに追加した）

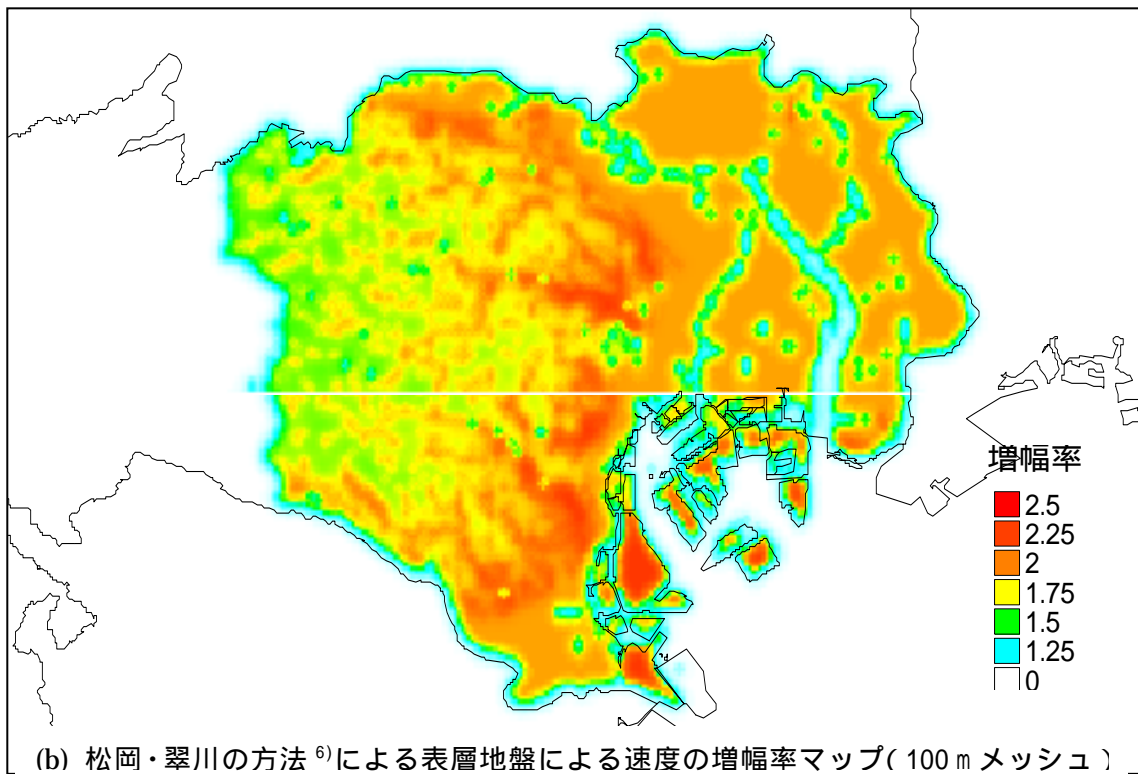


(b) 松岡・翠川の方法⁶⁾による表層地盤による速度の増幅率マップ（250 mメッシュ）

図3 土地条件図（5万分の1）の地形分類図デジタルデータ³⁾と（上）
松岡・翠川の方法⁶⁾による表層地盤による速度の増幅率マップ（下：250 mメッシュ）



(a) ボーリングデータ等を元にした詳細な地形分類図²⁾



(b) 松岡・翠川の方法⁶⁾による表層地盤による速度の増幅率マップ(100 mメッシュ)

図4 ボーリングデータ等を元にした詳細な地形分類図²⁾と(上)
松岡・翠川の方法⁶⁾による表層地盤による速度の増幅率マップ(下:100 mメッシュ)

一方、東京都土木技術研究所の協力を頂き、図4に示すようにボーリングデータ等を元にした詳細な地形分類図2)を用い、地盤増幅マップを100mメッシュで作成した。このデータを用い、次に示す東京都23区を対象とした簡易地震被害推定ソフトを開発する。

2) 簡易地震被害推定ソフト(試作版)の作成

1)で作成した東京都23区の詳細地盤データ(100mメッシュ)と、東京都の建物・人口データ7)をもとに、PC上で計算する簡易地震被害推定ソフトの試作版を作成する(図5~19)。被害推定手法は全て国土交通省の被害想定マニュアル8)に準拠し、使用ソフトはVisual Basicとする。

3) 東京都北区上十条五丁目における地震防災基礎データの収集と防災マップの作成

本プロジェクトで開発する地震リスクマネジメントシステムを実際に応用する実地現場として、東京都北区上十条五丁目の自治会の協力を頂いている。上十条五丁目は、面積が約0.15km²、人口は約3700名、世帯数は約1520(うち町内会所属は約1320)の木造も密集する住宅地である。2002年度は、現地にて建物や道路幅員、ブロック塀、消火器・消火栓などの消火施設、標高等の地盤情報などの位置を記したデータを収集し、地震防災のための防災マップを作成する(図20)。

(c) 業務の成果

1) 簡易地震被害推定ソフト(試作版)

b)の1)で作成した東京都23区の詳細地盤データ(100mメッシュ)と、東京都の建物・人口データ7)をもとに、国土交通省の被害想定マニュアル8)を用いた簡易地震被害推定ソフトの試作版を作成した(図5~19)。本ソフトを起動すると図5に示すメニュー画面が現れる。使用したデータは表示データボタンを押すと別メニュー画面で確認できる。まず100mメッシュの地形分類図(図6)、標高(図7)、地盤増幅率(図8)、昼間・夜間人口(図9・10)、木造建物数(図11:S46以前とS47以降で別表示も可能)、非木造建物数(S56以前とS57以降:図12)などである。

次にメニュー画面である図5にある被害推定ボタンを押すと、図13の震源や距離減衰式、発災日、風速などの設定メニューが現れる。まず震源では、東京都の地震被害想定で用いられている区部直下型地震や関東地震などの標準的な地震が選択可能であるのに加え、任意のマグニチュードや震源位置・深さなどが設定可能である。さらに地震動推定に用いる距離減衰式は、山崎・安中式(1997)や司・翠川式(1999)9)などから選択できる。図13の決定ボタンを押すと図14の地震動・被害推定結果の表示選択メニューが現れる。まず地震動の大きさを確認するため、例として東京区部直下型地震を選択し、基準地盤最大速度ボタンを押すと、図15の工学的基盤の最大速度分布が現れ、地表最大値ボタンを押すと図16の地表面での最大速度値の分布が現れる。一方、図17の選択画面から、建物被害メニューや火災・人的被害メニューに切り替えられる。例として、図18に木造家屋全壊数を、図19に非木造家屋全壊数をそれぞれ表示する。ちなみに得られた結果の全てテキストデータ(CSV形式)や図として出力可能である。本試作版はチェックを行った後、地域の地震リスクマネジメントソフトへと発展させる予定である。

2) 東京都北区上十条五丁目における地震防災基礎データの収集と防災マップの作成

本プロジェクトで開発する地震リスクマネジメントシステムを実際に応用する実地現場として、東京都北区上十条五丁目の自治会の協力を頂き、地震防災のための防災マップを作成した（図20）。図より道路の大半は幅員4m以下で、さらにその約半数は2.7m以下と狭いことが分かる。加えて木造密集地でもあるため、住民の地震災害への危機意識は高く、消火器の設置個所数は多い。また非常時には自治会による消火栓使用の許可も得ており、例年、活発な地震防災訓練を実施している地域である。一方、建物データは建築確認申請から建築年や構造などに関するデータを入手し、GISを用いてデータベース化を行っている（フェイルメーカーにてデータベース化を完了）。

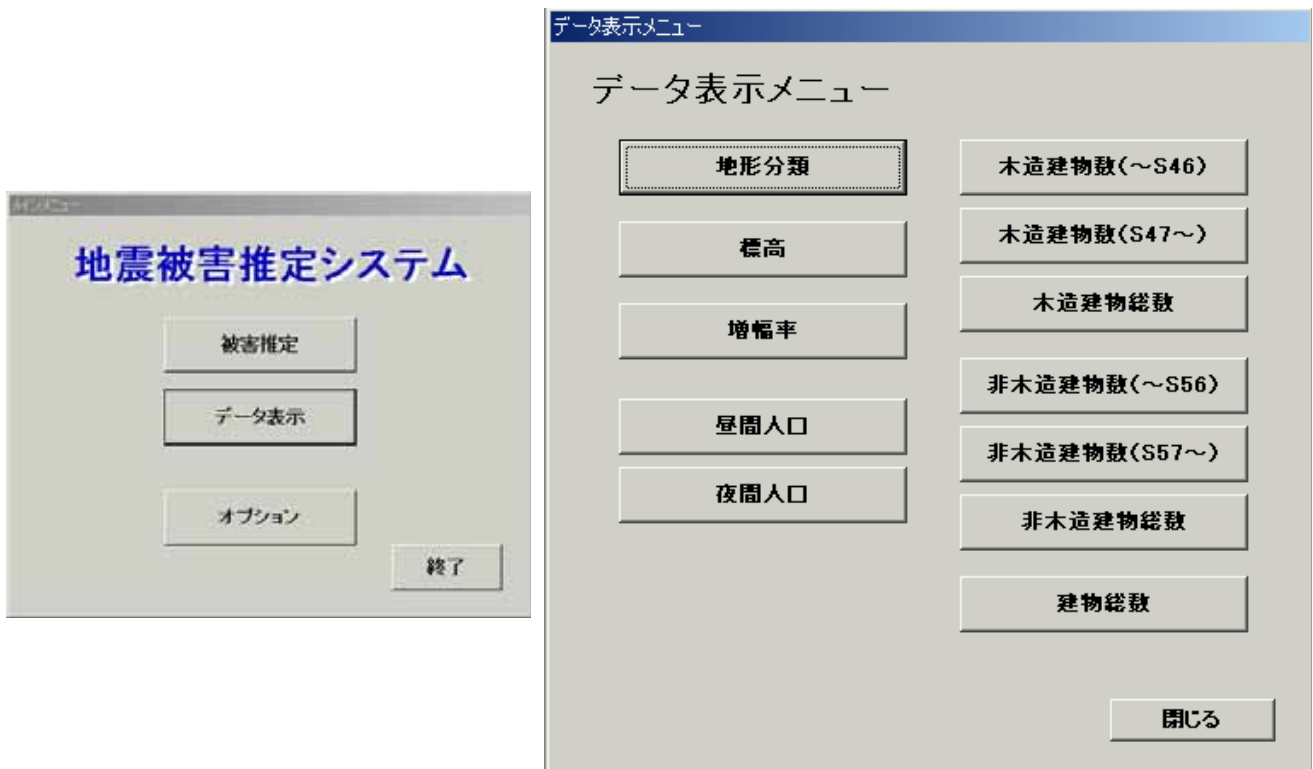


図5 開発した簡易地震被害推定ソフトの初期メニュー画面

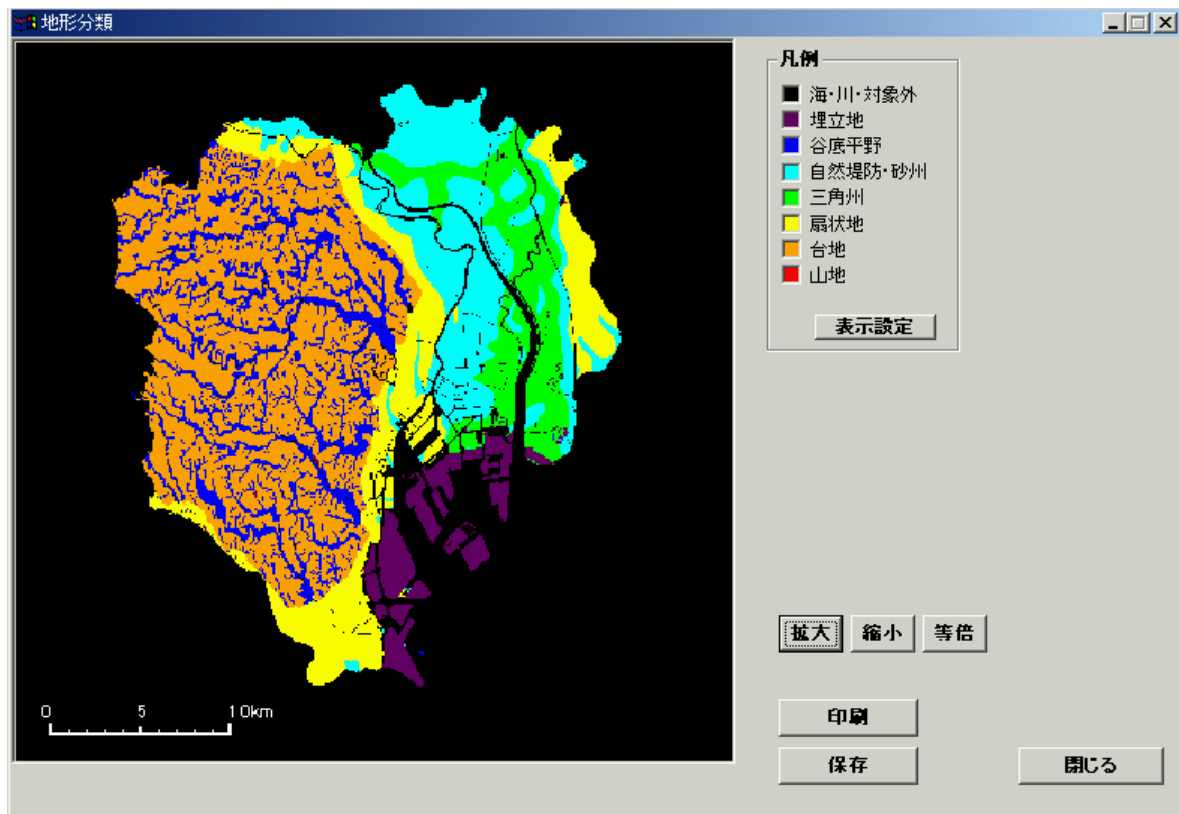


図6 同ソフトによる地形分類図データ表示の画面

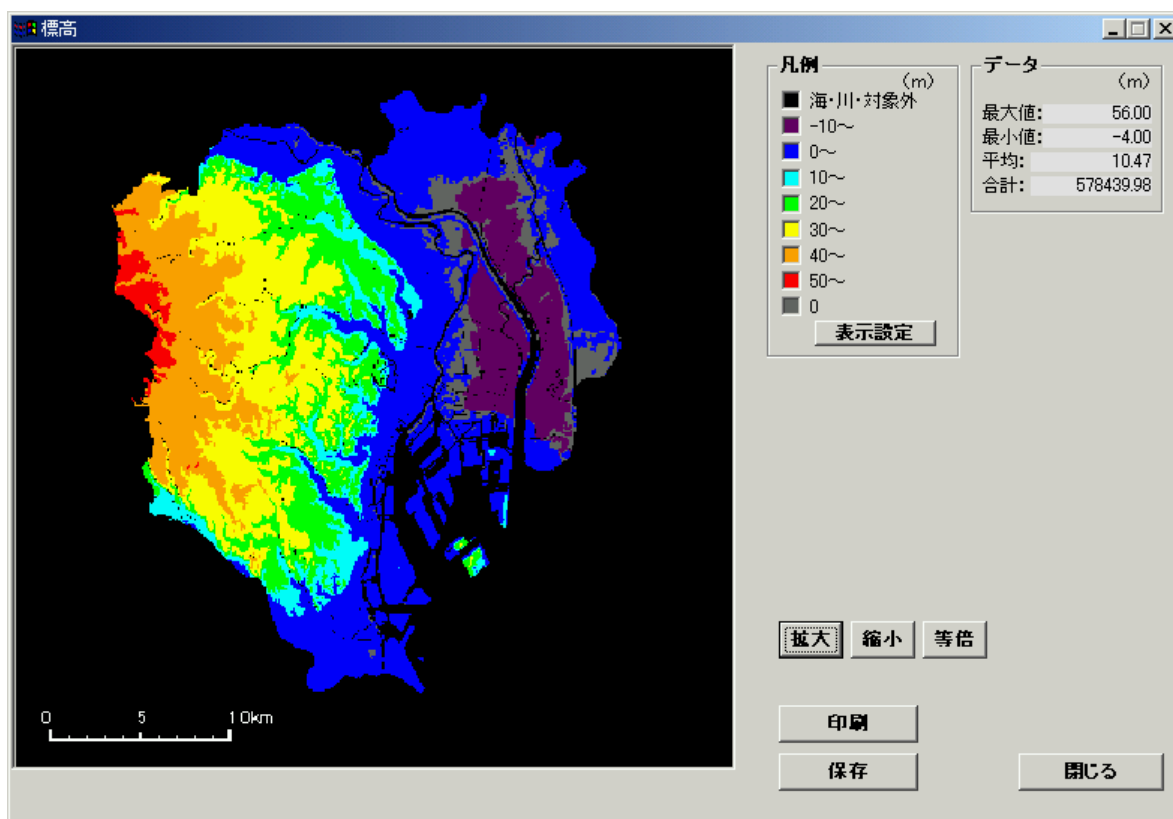


図7 同ソフトによる標高データ表示の画面

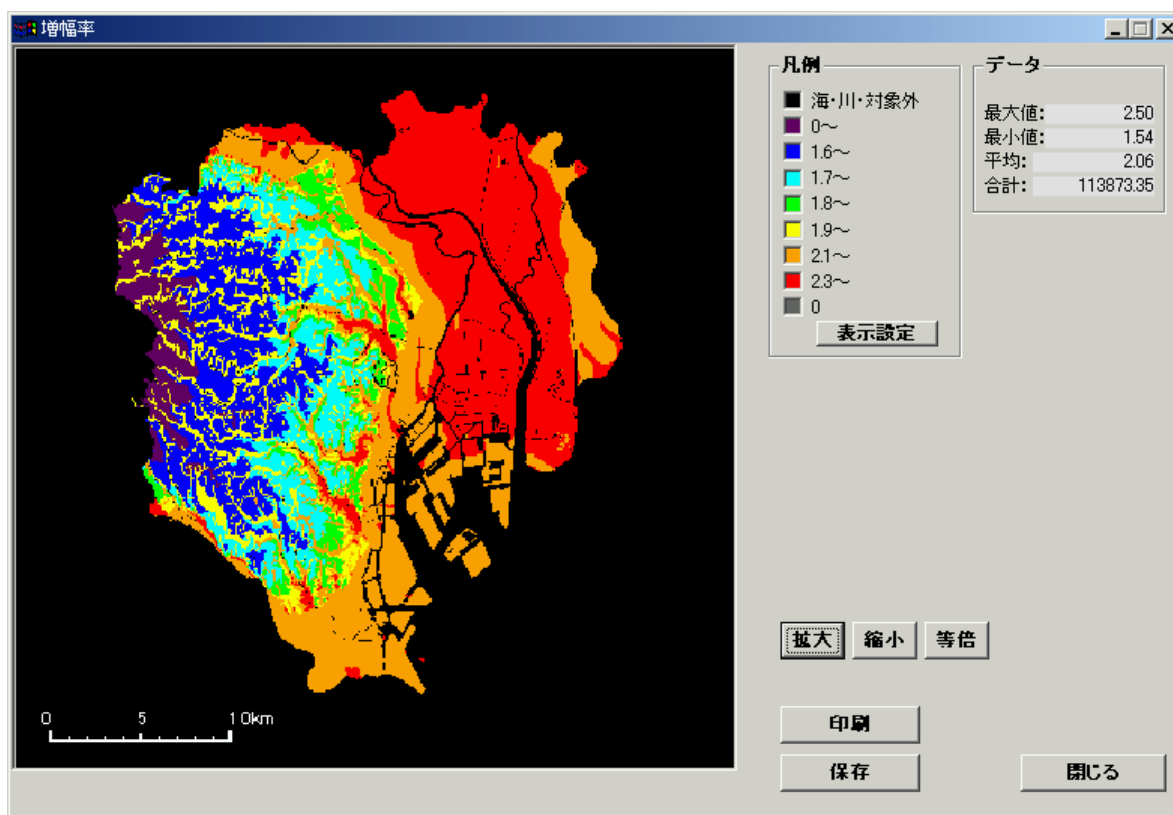


図8 同ソフトによる松岡・翠川法による地盤増幅率表示の画面

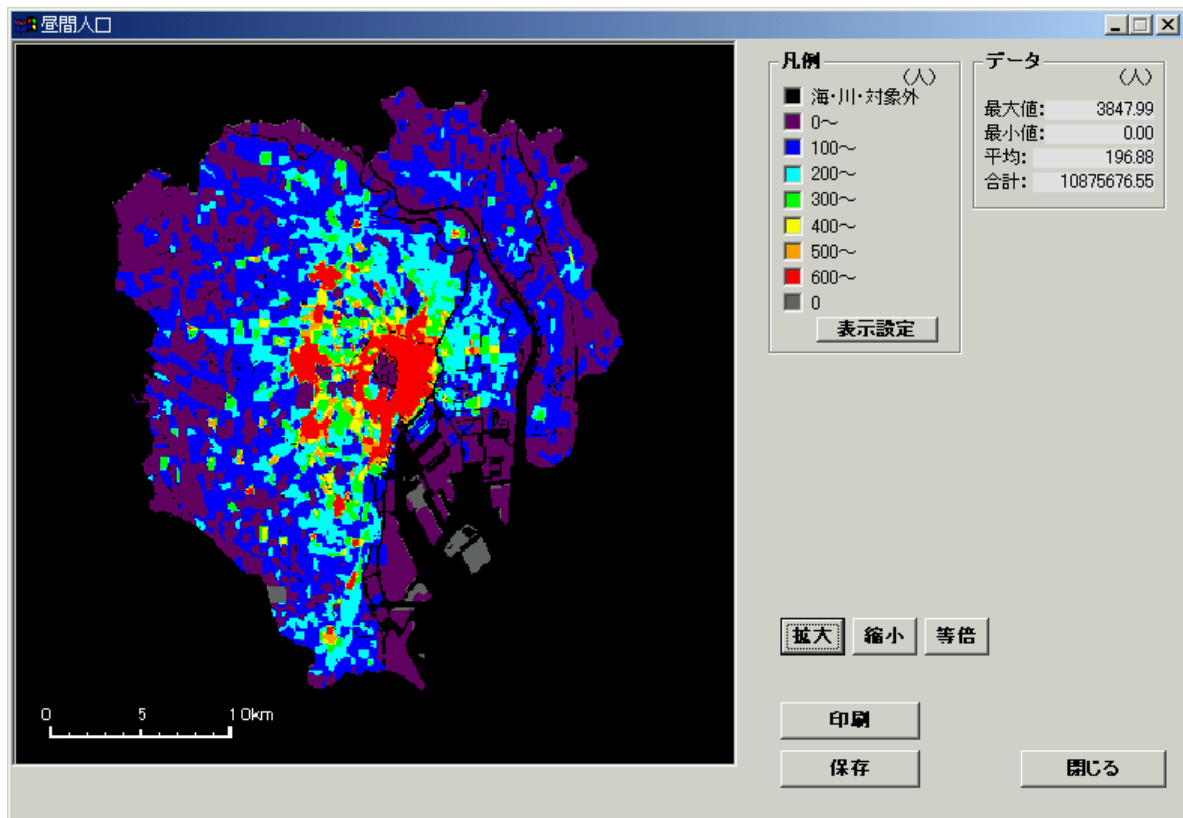


図 9 同ソフトによる昼間人口データ表示の画面

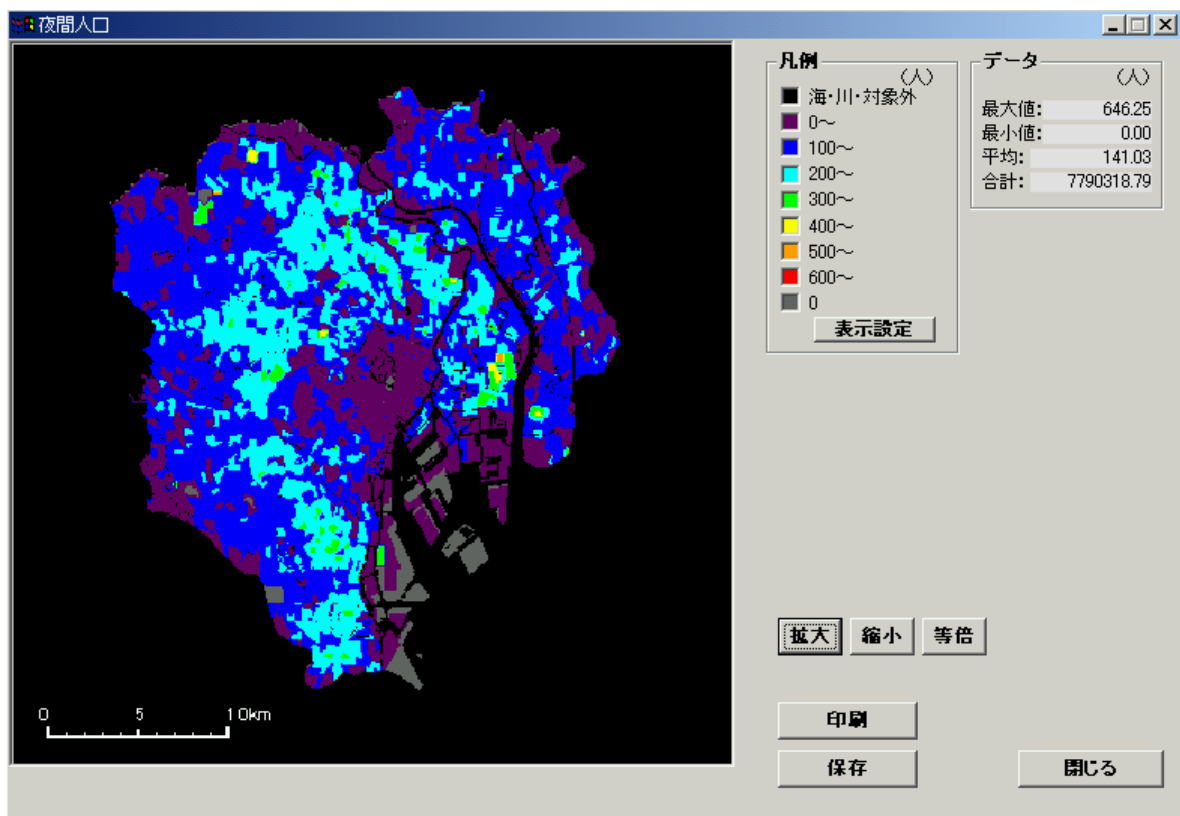


図 10 同ソフトによる夜間人口データ表示の画面

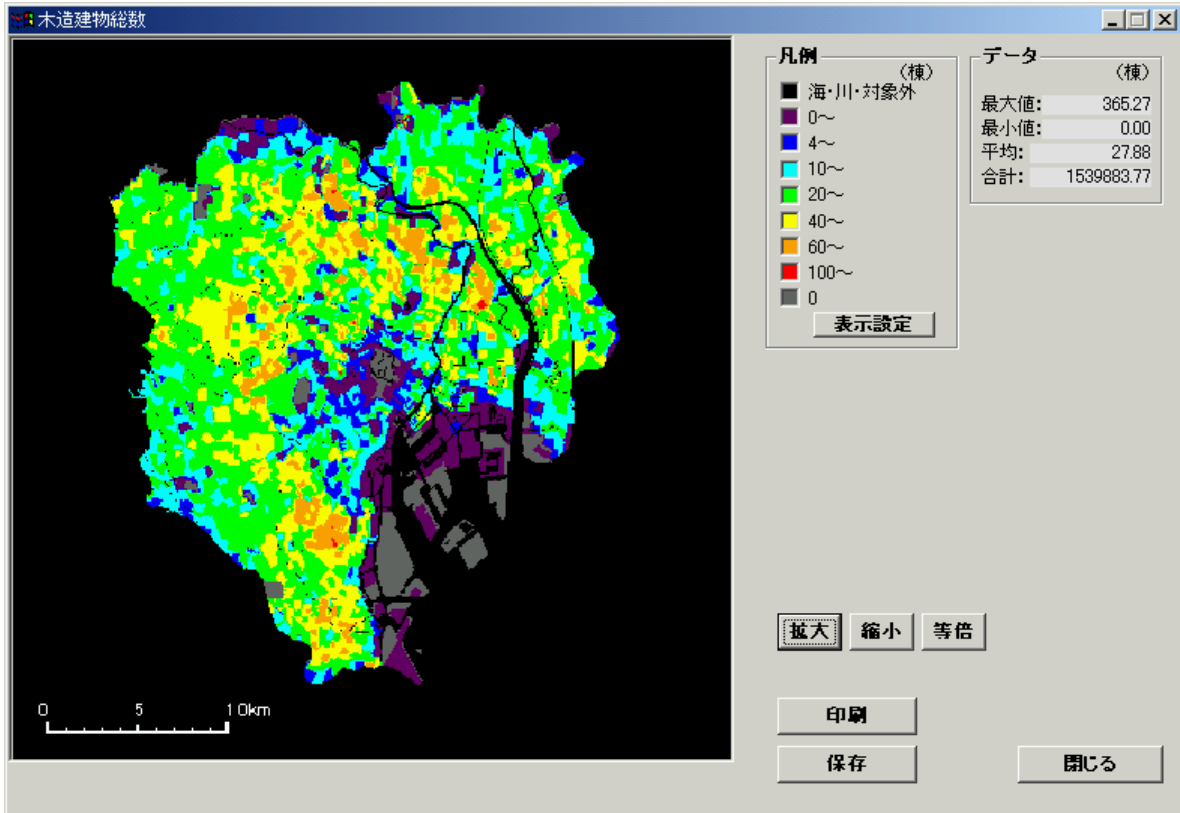


図 1 1 同ソフトによる木造棟数データ表示の画面

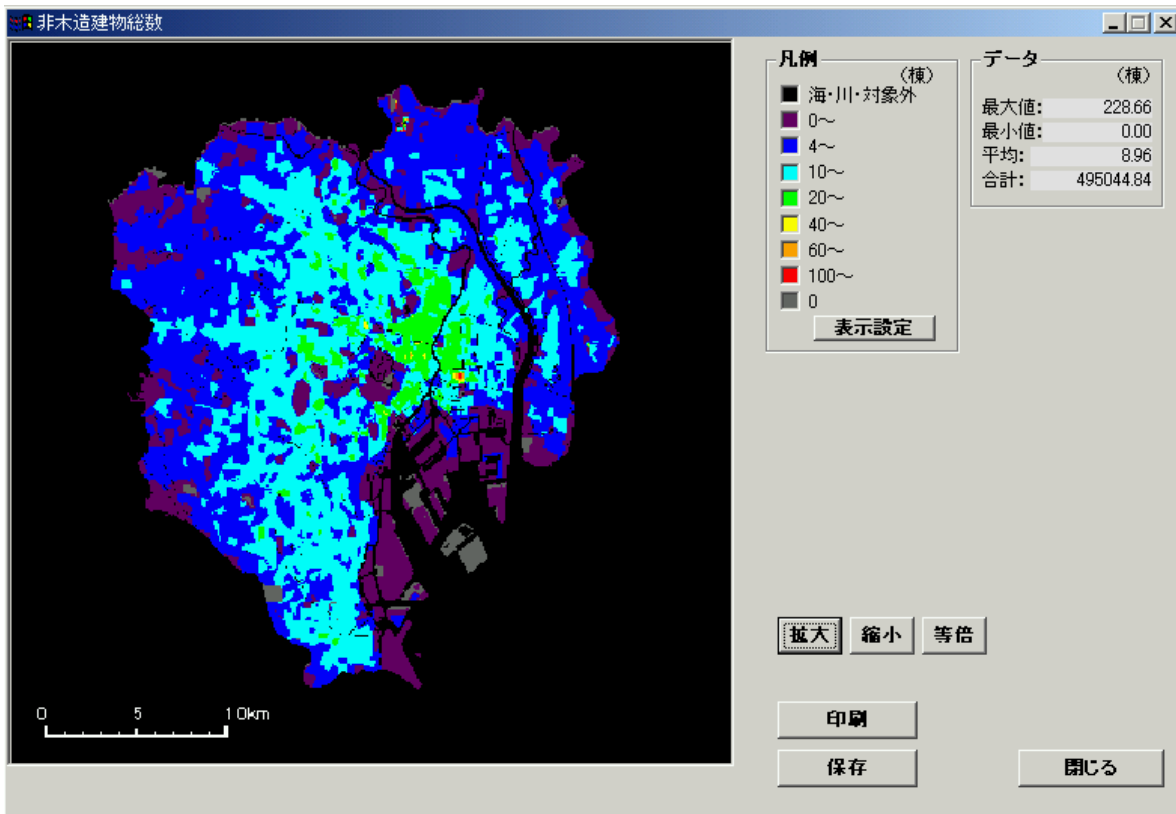


図 1 2 同ソフトによる非木造棟数データ表示の画面

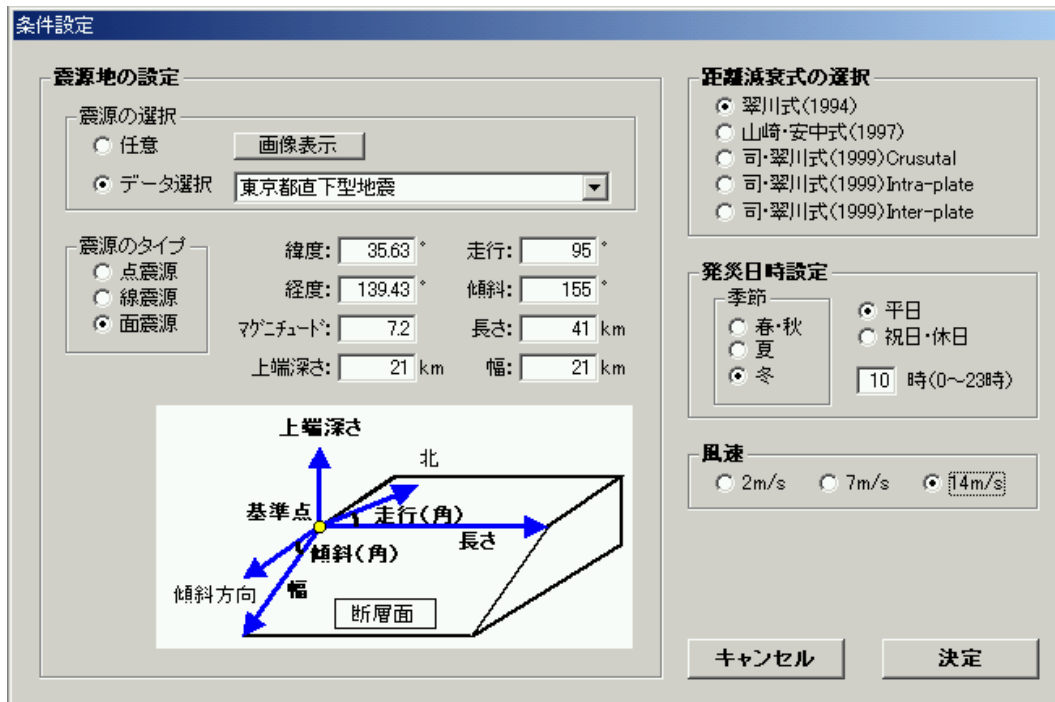


図 1 3 同ソフトによる震源条件・距離減衰式選択・発災日など設定の画面

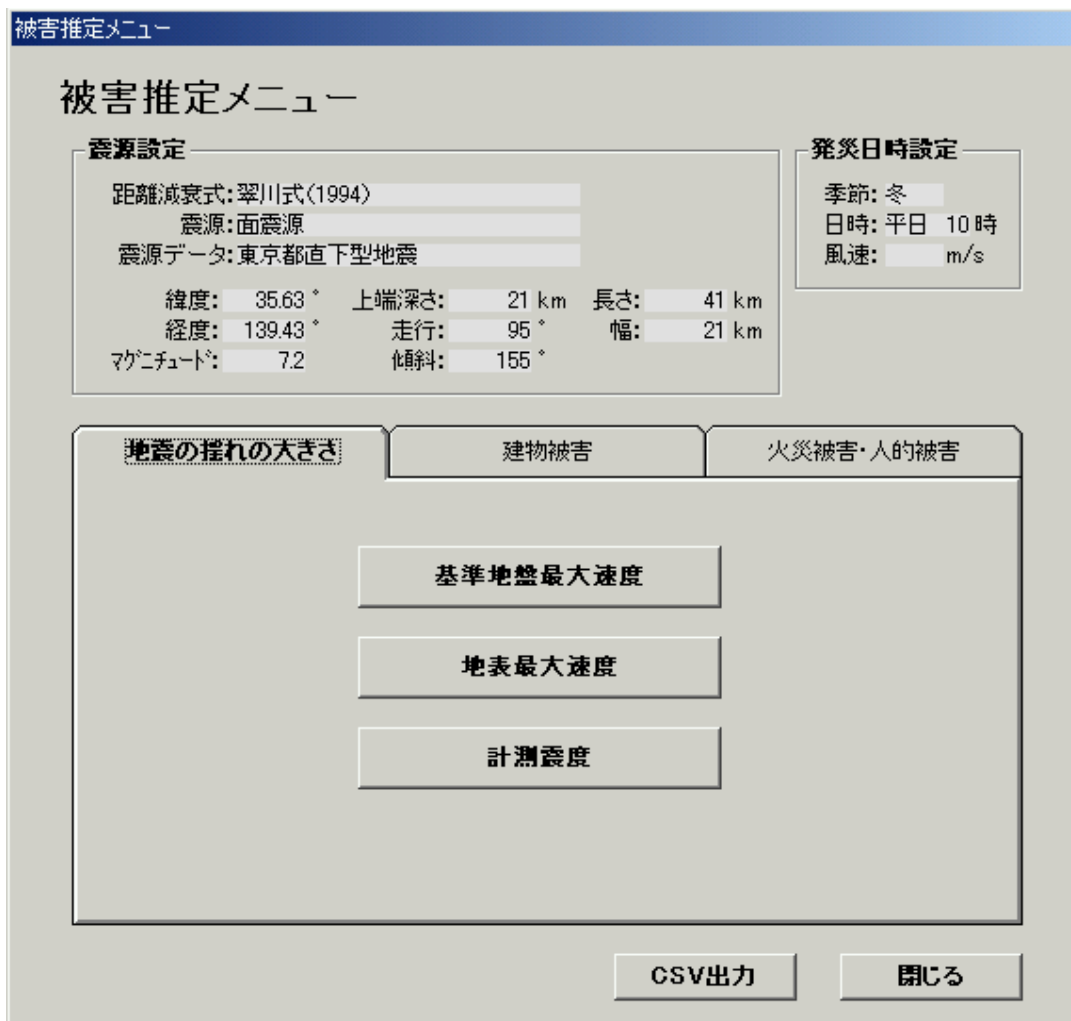


図 1 4 同ソフトによる出力結果表示選択用の画面

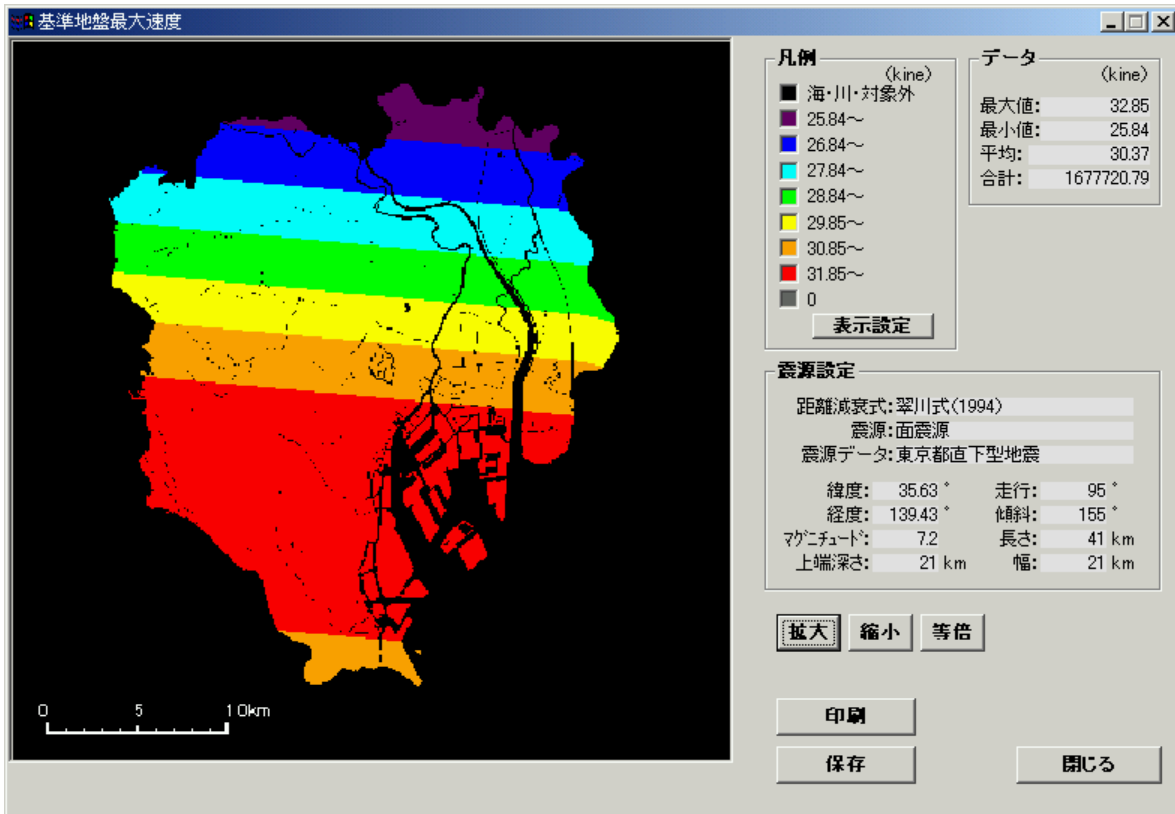


図 1 5 同ソフトによる工学的基盤における最大速度表示の画面（東京区部直下型地震の場合）

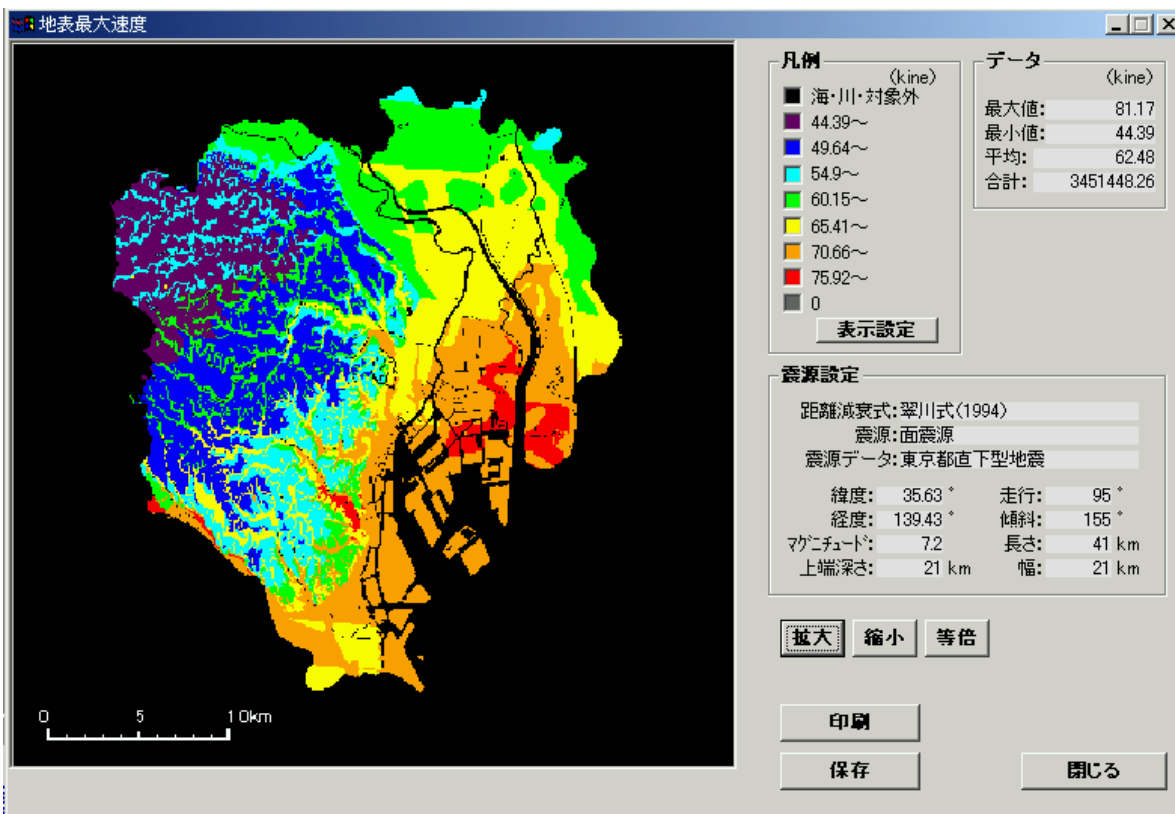


図 1 6 同ソフトによる地表における最大速度表示の画面（東京区部直下型地震の場合）

被害推定メニュー

被害推定メニュー

震源設定

距離減衰式: 翠川式(1994)

震源: 面震源

震源データ: 東京都直下型地震

緯度: 35.63° 上端深さ: 21 km 長さ: 41 km

経度: 139.43° 走行: 95° 幅: 21 km

マグニチュード: 7.2 傾斜: 155°

発災日時設定

季節: 春・秋

日時: 平日 10時

風速: 7 m/s

地震の揺れの大きさ

建物被害

火災被害・人的被害

木造建物全壊数(～S46)

非木造建物全壊数(～S56)

木造建物全壊数(S47～)

非木造建物全壊数(S57～)

木造建物全壊総数

非木造建物全壊総数

木造建物一部損壊

非木造建物全損総数

木造建物半壊数

CSV出力

閉じる

被害推定メニュー

被害推定メニュー

震源設定

距離減衰式: 翠川式(1994)

震源: 面震源

震源データ: 東京都直下型地震

緯度: 35.63° 上端深さ: 21 km 長さ: 41 km

経度: 139.43° 走行: 95° 幅: 21 km

マグニチュード: 7.2 傾斜: 155°

発災日時設定

季節: 春・秋

日時: 平日 10時

風速: 7 m/s

地震の揺れの大きさ

建物被害

火災被害・人的被害

焼失棟数

総死者数

木造建物死者数

負傷者数

非木造建物死者数

重傷者数

建物被害による死者数

重篤者数

火災被害による死者数

避難者数

CSV出力

閉じる

図 1 7 同ソフトによる建物被害（上）と火災・人的被害（下）の表示選択画面

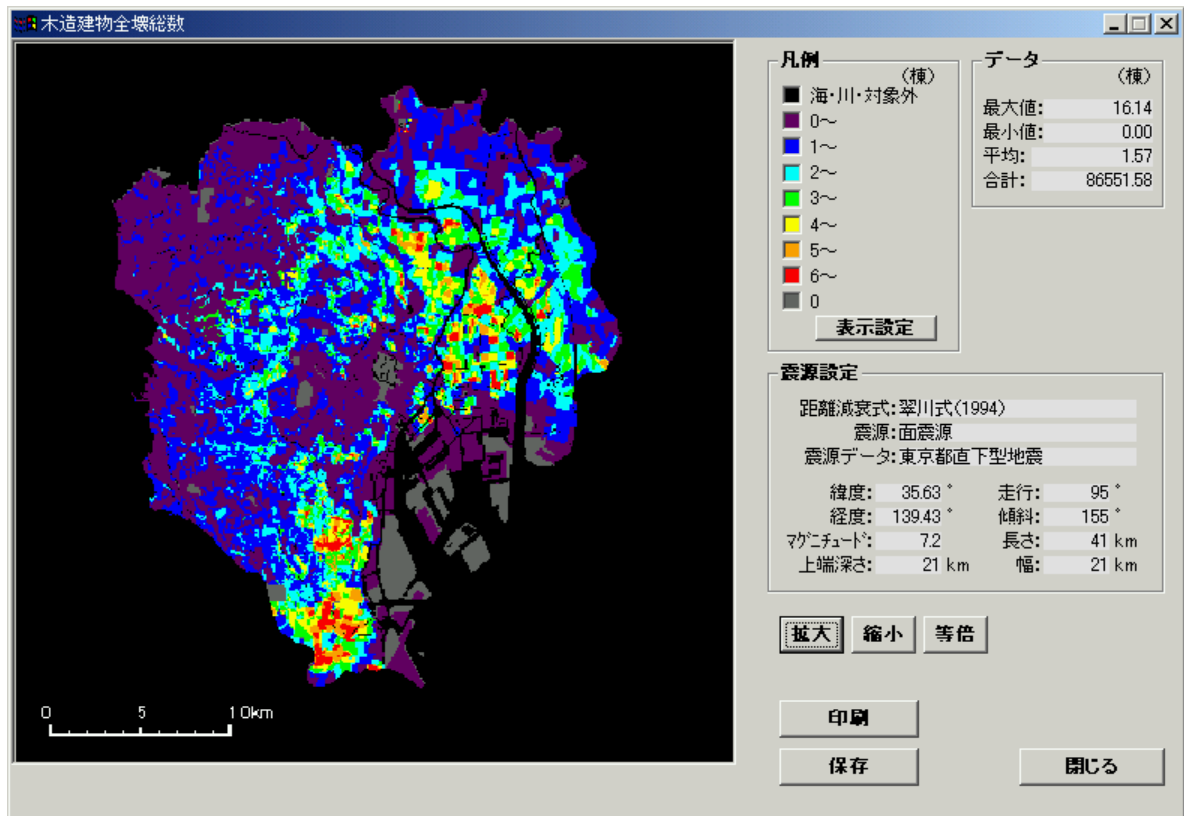


図 1 8 同ソフトによる木造家屋全壊数表示の画面 (東京区部直下型地震の場合)

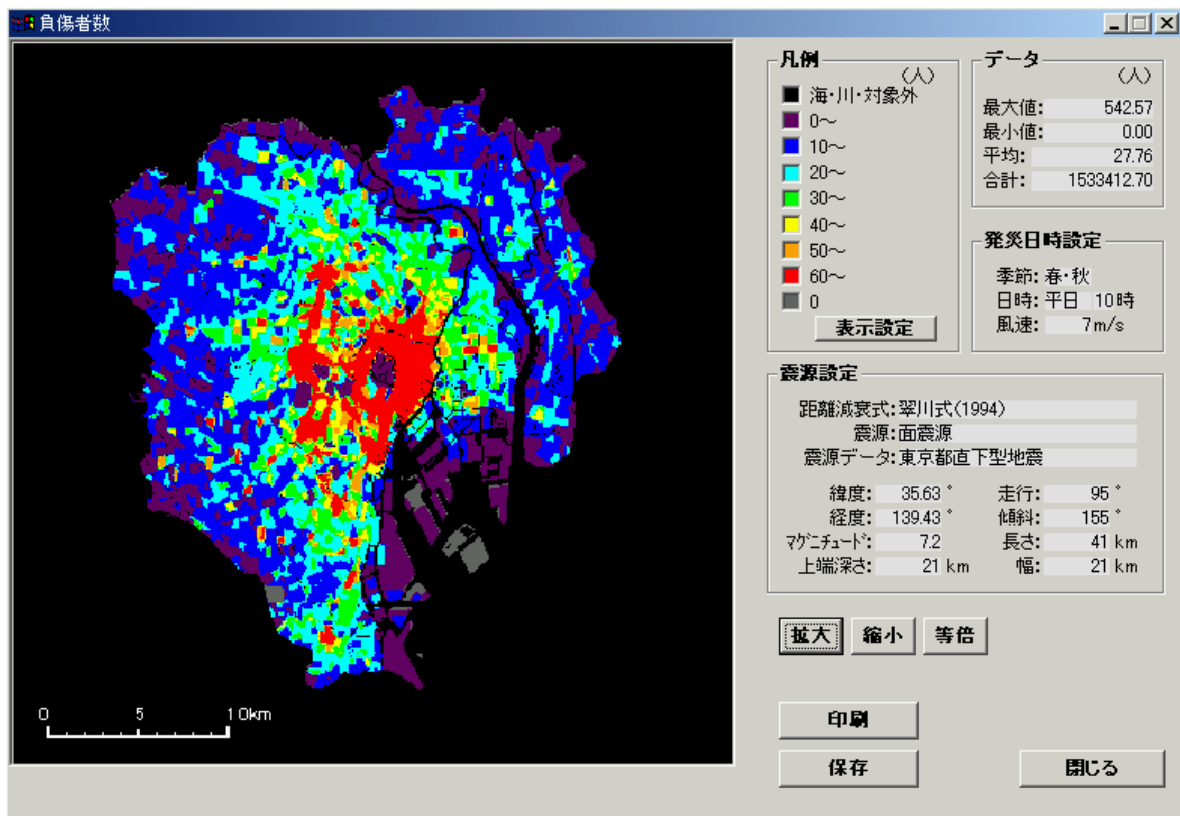


図 1 9 同ソフトによる非木造家屋全階数表示の画面 (東京区部直下型地震の場合)

上十条5丁目地区防災マップ 平成15年版



上十条5丁目地区の広域避難場所は桐ヶ丘・赤羽台・西が丘地区です

図20 北区上十条5丁目における防災マップの作成

(d) 結論ならびに今後の課題

本プロジェクトでは個人や自治会レベルで使用可能な地震リスクマネジメントシステムのための開発を行っている。平成14年度は高精度な地震被害想定を行うため、関東平野を対象に土地条件図・地形分類図をもとにした地盤データの整備を行い、表層地盤増幅率マップを整備した。さらにボーリングデータをもとにした東京都の詳細な地盤データをデジタル化し、それらをもとにした簡易地震被害想定システムを開発した。本システムは Visual Basic で作成しており、PCにて誰でも使用ができる。被害想定手法は内閣府の地震被害想定支援マニュアルに準拠しているが、この手法は広域な地震被害想定を行うための簡易手法であり、個人や自治会など微細な地域へ適用する場合の精度などに検討の余地を残している。今後は、より高精度な強震動予測手法や地震応答解析手法なども組み合わせた高度な地震被害予測手法の開発1)も平行して行い、その適用範囲を調べる予定である。さらに被害想定結果に確率的手法を適用し、耐震補強などの被害の低減や、地震保険などの転嫁など実際的な地震リスクマネジメントを行うためのシステムに発展させる予定である。開発したシステムは協力を頂いている自治会（北区上十条五丁目）に適用し、その結果をシステムの改善に役立てる予定である。

(e) 引用文献

- 1) Yuji Takahashi, Armen Der Kiureghian and Alfredo H-S. Ang, Decision Methodology in Seismic Risk Management of a Single Building Based on Minimum Expected Life-Cycle Cost, the SEMM Report, Department of Civil & Environmental Engineering, University of California at Berkeley, UCB/SEMM-2002/02, 2002.3
- 2) 小川 好、地図/ボーリング情報のデータベース化とその地震被害予測への応用、東京大学生産技術研究所博士論文
- 3) 国土地理院地理調査部社会地理課、土地条件図数値データ
- 4) 久保智弘、久田嘉章、柴山明寛、大井昌弘、石田瑞穂、藤原広行、中山圭子、「全国地形分類図による表層地盤特性のデータベースを用いた早期地震動推定」、第11回日本地震工学シンポジウム, CD-ROM、2002
- 5) 久保智弘、久田嘉章、柴山明寛、大井昌弘、石田瑞穂、藤原広行、中山圭子、全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化、及び、面的な早期地震動推定への適用」、日本地震学会・地震、2003（印刷中）
- 6) 松岡昌志・翠川三郎、国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング、第22回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、23-34, 1994
- 7) 東京都都市計画局、地震に関する地域危険度測定調査報告書、1998
- 8) 内閣府、内閣府地震被害想定支援マニュアル（2001改訂版）、2001
<http://www.bousai.go.jp/manual/manual.html>
- 9) 司 宏俊・翠川三郎、1999、断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文報告集、523、63-70, 1999

(f) 成果の発表

1) 論文発表

- 1) 久保智弘、久田嘉章、柴山明寛、大井昌弘、石田瑞穂、藤原広行、中山圭子、全国地形分類図による表層地盤特性のデータベースを用いた早期地震動推定、第11回日本地震工学シンポジウム、CD-ROM、2002
- 2) 久保智弘、久田嘉章、柴山明寛、大井昌弘、石田瑞穂、藤原広行、中山圭子、全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化、及び、面的な早期地震動推定への適用、日本地震学会・地震、2003(印刷中)

2) 口頭発表

- 1) 久保智弘、久田嘉章、全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化、及び、面的な早期地震動推定への適用、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、構造、83-84、2003

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(c)の1)で説明したようにPC上で簡単に計算できる地震リスクマネジメントのための地震被害想定簡素ソフトの試作版を作成した。現在精度チェックを行い、一般公開のための準備作業を行っている。プロジェクト終了時にはWEBによる公開を予定している。

(3) 平成15年度業務計画案

シナリオ地震による地震動推定をもとに、地域の被災度評価、個々の建物の簡易耐震診断、及びリスクファイナンスなどのメニューを加え、地域・建物のリスクマネジメントを支援するための試作版ソフトウェアを開発する。被害推定結果は、地震観測記録や歴史地震による被害分布などとの比較からその精度の検討を行う予定である。平成15年度は、関東地域を対象とした簡易リスクマネジメントシステムの開発と平行し、東京都北区を対象として詳細な地盤・建物・道路などの地域情報を収集し、詳細データを用いたリスクマネジメントシステムも開発する予定である。さらに平成15年8月に東京都北区の地域住民と共同で行う地震防災訓練を行い、地震情報収集・提供システムをチェックする予定である。