

第Ⅱ章 250mメッシュデータを用いた地震被害想定システムの開発

本章では、既存の地震被害想定システムの概要、本研究で開発した地震被害想定システムの概要についてまとめる。

1. 既存の地震被害想定システムの概要

1995年兵庫県南部地震以降、様々な機関によって地震被害想定システムの開発が行われてきた。このような地震被害想定システムは、活用目的によって大きく2つに分類できる。一つは、早期地震被害想定システムで、地震発生直後に被害規模を推定することによって情報空白期を補い、迅速な災害対応を可能にするものである。国レベルのものとして内閣府の地震被害早期評価システム、自治体レベルのものとして東京都（東京消防庁）などのシステムが挙げられる。これらのシステムは、対象領域に地震計を設置し、そこで観測された震度情報をネットワークを通じて即座に収集し、地震発生直後に地震動、建物被害、ライフライン被害などを予測するものである。システムの対象領域は、各機関の管轄範囲であることが通常である。

二つめは、平常時地震被害想定システムで、行政の防災計画作成のための基礎資料や住民への啓発活動などに資するものである。代表的なものとしては、国土庁「地震被害想定支援マニュアル」（国土庁,1997）、国土庁「地震被害想定支援ツール」（国土庁,1999）、消防庁「簡易型地震被害想定システム」（自治省消防庁消防研究所,1997）などが挙げられる。システムの対象領域は、国土庁「地震被害想定支援ツール」および消防庁「簡易型地震被害想定システム」が日本全国に対応している。この2つのシステムの概要を表Ⅱ-1に示す。

国土庁「地震被害想定支援マニュアル」は表計算ソフト上で作動し、ユーザが建物や人口などのデータを準備することによって、物的被害や人的被害の予測を可能にしたものである。予測項目の中には、住宅復興資金やがれき量が含まれており、主に行政的観点から災害復興対策に必要な項目まで予測している点が特徴である。国土庁「地震被害想定支援ツール」は国土庁「地震被害想定支援マニュアル」の手法を見直すとともに、被害予測に必要なデータをシステムに格納することによって、震源を入力するだけで被害予測が行えるように発展させたものである。簡単な表示システムによって予測結果を視覚化し、広域的な地震被害の分布を把握することが可能となっている。ただし、予測項目は建物被害、人的被害などに限られている。

消防庁「簡易型地震被害想定システム」は、住民の生命・財産に直接関係する建物被害、死者および火災の3つの基本的な被害の推定を行う。また、画面スクロールや拡大縮小など基礎的なGIS機能を備えた表示システムによって予測結果を視覚化している。

以上のように、様々な機関によって地震被害想定システムが構築されているが、その目的や背景が異なるため、それぞれ異なる特徴を持ったシステムとなっている。

表Ⅱ-1 平常時地震被害予測システムの概要

システム名		地震被害想定支援ツール	簡易型地震被害想定システム
機関		国土庁	自治省消防庁消防研究所
開発年		1999	1997
現況 データ	地形・地質	国土数値情報	国土数値情報
	標高	国土数値情報	国土数値情報
	河川流路	—	国土数値情報
	人口	国勢調査（1990年度）	国勢調査（1990年度）
	建物	国土庁アンケート調査（1998年）	国勢調査（1990年度）
Input	震源形状	点震源／線震源／面震源（1枚断層）	点震源／線震源（1枚断層）
	季節	春・秋／夏／冬	—
	日付	—	月日を指定
	平日／休日の別	平日／休日	—
	時刻	時のみ指定	時：分を指定
	緯度	任意	任意
	経度	任意	任意
	深さ[km]	任意	任意
	マグニチュード	任意	任意
	断層の長さ[km]*	任意	任意
	断層の幅[km]*	任意	—
	断層の走向[°]*	任意	任意(断層の両端点を緯度経度で指定)
断層の傾斜[°]*	任意	90度固定	
Output	集計単位	1kmメッシュ, 市区町村別	1kmメッシュ, 市区町村別
	地震動	○	○
	液状化危険度	—	—
	建物被害（木造）	○（全壊のみ）	○（全半壊のみ）
	建物被害（非木造）	○	—
	出火	—	○（炎上出火）
	焼損	—	—
	死者	○	○
	負傷者	○（重篤／重傷／軽傷）	—

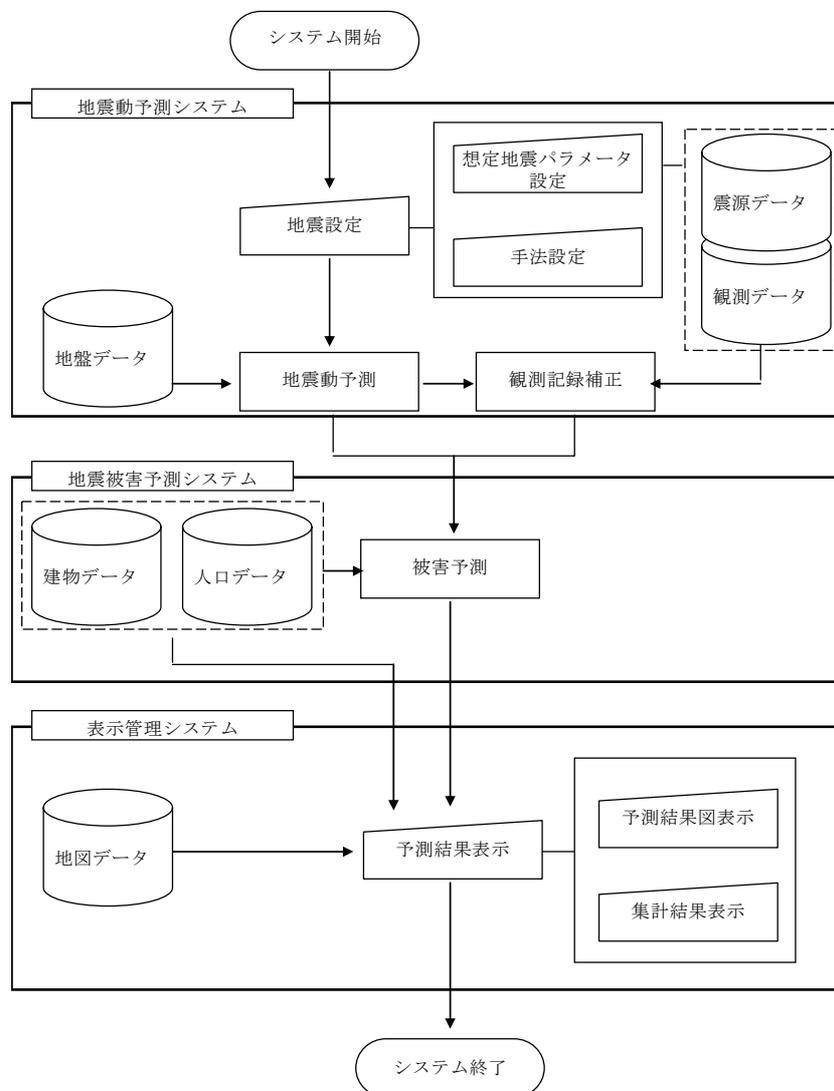
* 線震源もしくは面震源の時のみ設定

2. 本研究で開発した地震被害想定システムの概要

2-1. システムの構成

本研究で開発した地震被害想定システム（本システム）は，想定地震を設定して，地震動および建物被害等の予測を行うとともに，予測結果の分布図や集計表の出力を行う．本システムの流れを図Ⅱ-1に示す．

本システムは，日本全国を対象とし，予測単位は250mメッシュと1kmメッシュの2つのサイズを選択することができる．機能的には，地震動予測システム，地震被害予測システム，表示管理システムの3つのシステムから構成されている．システムのデータは，地盤データベース，震源データベース，観測データベース，建物分布データベース，人口分布データベース，地図データベースから構成されている．



図Ⅱ-1 システムのフロー

2-2. 本システムの特徴

本研究では、近年のシステム開発環境や基礎データ環境の動向を踏まえ、地震被害想定システムを開発した。以下にシステムの主な特徴をまとめる。

(1) 評価単位の細分化（詳細化）

被害予測に必要な基礎情報について、250mメッシュ単位で整備した。

(2) 計算処理時間の高速化

評価単位が250mメッシュの場合、データ量は1kmメッシュの約16倍となり、同様の計算処理を行うとすると、約16倍の処理時間がかかることとなる。そこで、本システムでは、計算処理時間の高速化を図るため、以下のような工夫を取り入れた。

①計算対象地域の絞り込み

被害予測計算を行う前に基礎計算として、1次メッシュの4隅と中心を対象として基盤速度を計算し、あらかじめ設定した速度以上の1次メッシュを対象に被害予測計算を行うこととした。

②高速化のためのデータ構造

1次メッシュで距離計算を行い、計算対象地域を絞り込む処理を行うため、基礎データの構造を1次メッシュ単位とし、データ読み込み時間の短縮化を図った。

③高速処理に適したプログラミング言語の選定

Microsoft社製Windowsを搭載したPC上で、大量のデータを高速に処理することが可能なプログラミング言語の検討を行い、データ読み込みなどの計算処理に大きな負荷が掛かる部分のプログラミングをC言語で行うこととした。また、大量データの描画処理を高速に行うため、既存のGISエンジンに対応する機能を独自に開発し、高速描画処理を実現した。

以下に高速化の効果を計測した例を示す。

□前提条件

パソコンのスペック：Dell Optiplex GX745, Intel® Core(TM)2 CPU6600 2.40GHz

対象地震：2007年新潟県中越沖地震（国土地理院モデル, 2008）

予測計算：ゆれによる建物被害, 液状化による建物被害, 焼損による建物被害

□計測結果

処理時間：高速化処理なし：21分33秒

高速化処理（計算対象地域の絞り込み：基盤速度が0.8cm/s以上）：2分40秒

以上から、計算処理時間の大幅な高速化が実現できたことを確認した。

(3) 世界測地系に準拠したデータ作成

日本では、測量法の改正により2002年4月より基準とする座標系が世界測地系に移行している。また、基礎データとなる国勢調査地域メッシュ統計なども世界測地系に準拠したデータが公開されている。このような状況の下、本システムも世界測地系に準拠したデータ作成を行うこととした。

(4) 複数の予測手法の導入

地震動予測については、計測震度や最大速度、最大加速度、S I値に加えて、周期別の加速度応答スペクトルを計算する機能を導入した。建物被害および人的被害の予測については、国や都道府県の近年の地震被害想定を調査し、システムに導入する予測手法を選定した。

(5) 地震観測記録を補間情報とした実地震の地震動予測

一般的な距離減衰式は、取り扱いが容易な反面、特徴のある複雑な地震動分布を表現することは困難である。本システムでは、実際に発生した地震（実地震）の地震動を予測する際に、気象庁や防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET, KiK-net）等の地震観測記録を補間情報として活用することにより、より実際に近い地震動分布を予測する機能を導入した。

2-3. システムの機能

(1) 地震動予測システム

地震動予測システムは、設定した想定地震の地震動分布を予測計算するシステムであり、距離減衰式を基本とした地震動指標の予測を行う。また、システムは、距離減衰式による結果を地震観測記録を補間情報として用いて補正する機能（以下「観測記録補正機能」）を搭載しており、実地震の地震動分布の推定精度の向上を図ることができる。システムの主な機能を表Ⅱ-2に示す。

想定地震設定機能については、点震源（震源を点として表現したもの）、点震源群（震源断層の形状を点の集まりで表現したもの）、震源断層（震源断層の形状を静的断層パラメータで表現したもの）の3種類の震源の設定が可能である。マグニチュード算定式およびマグニチュード変換式については、それぞれ3つの方法から選択する。地盤データ選択機能については、2種類の諸元に基づく1kmメッシュ単位と250mメッシュ単位のデータから選択する。なお、工学的基盤面地震動、地盤増幅率、地表面地震動の具体的な計算方法については付録にまとめた。

表Ⅱ-2 地震動予測システムの主な機能

機能	内容
想定地震設定機能	被害予測計算を行うための想定地震の設定を行う
マグニチュード算定式	断層の長さからマグニチュードを算定する
マグニチュード変換式	モーメントマグニチュードと気象庁マグニチュードの変換を行う
予測手法選択機能	予測手法の選定を行う
地盤データ選択機能	予測計算に使用する地盤データおよびその単位を設定する
計算範囲設定機能	予測計算する範囲を設定する
工学的基盤面地震動	工学的基盤面における最大地震動を計算する（最大速度，最大加速度，計測震度，加速度応答スペクトル，S I 値）
地盤増幅率	地盤増幅率を計算する
地表面地震動	地表面における最大地震動を計算する（最大速度，最大加速度，計測震度，加速度応答スペクトル，S I 値）
地震動読み込み	地震動の予測計算結果を読み込み表示する．また，以降の予測計算を行う
観測記録補正機能	観測記録を使用して，距離減衰式による地震動分布を補正する

(2) 地震被害予測システム

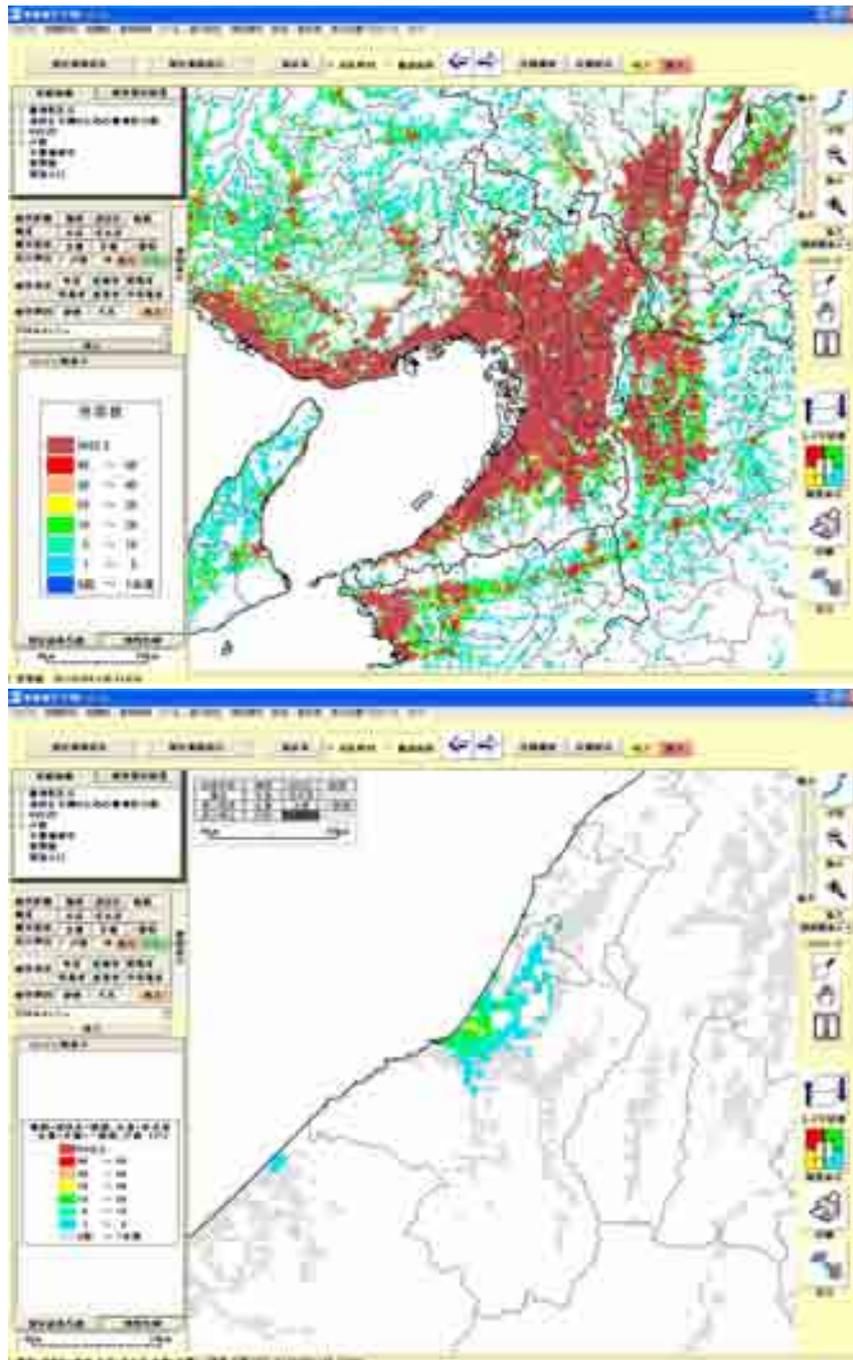
地震被害予測システムは，地震動予測システムで計算した地震動分布を基に，建物被害（ゆれ，液状化，地震火災）および人的被害（死者数，負傷者数）を予測するシステムである．システムに導入した主な予測手法を下表に示す．

表Ⅱ-3 システムに導入した主な予測手法

予測項目		予測手法
建物被害	ゆれ	村尾・山崎(2000)，中央防災会議(2005)，佐伯・翠川(2001)
	液状化	中央防災会議(2005)，損害保険料率算出機構(2008)
	地震火災	中央防災会議(2005)，損害保険料率算出機構(2005)
人的被害	死者	中央防災会議(2007)，大分県(2008)，佐伯ら(2001)
	負傷者	中央防災会議(2007)，大分県(2008)，佐伯ら(2001)

(3) 表示管理システム

表示管理システムは、予測した計算結果の表示や印刷、データ管理を行うシステムである。システムの主な機能には、地図操作機能（拡大・縮小表示機能、地図スケール表示機能など）、表示選択機能（予測結果選択機能、基礎情報選択機能、凡例表示機能、表示域選択機能など）、外部出力機能（印刷機能、データ出力機能、画像ファイル出力機能）、凡例管理機能、データメンテナンス機能などがある。実際の表示例を下図に示す。



図Ⅱ-2 システムの表示例：(上段)世帯数分布，(下段)被害予測結果

2-4. 基礎データ

本システムの基礎データは、全て世界測地系に準拠して作成しており、地盤データベース、震源データベース、観測データベース、建物分布データベース、人口分布データベース、地図データベースから構成されている。

各データベースの概要を以下に示す。

(1) 地盤データベース

微地形区分、液状化予測のための微地形区分、AVS30の3種類のデータについて、250mメッシュ単位および1kmメッシュ単位のものを作成した。

(2) 震源データベース

想定地震の設定に役に立つように、過去の地震の諸元をデータベース化した。震源データは、国土地理院が推定した断層モデルや理科年表などを基に作成した。

(3) 観測データベース

地震観測記録を補間情報とした実地震の地震動予測に活用するため、近年の主な被害地震の地震観測記録を収集し、データベース化した。収録した主な観測記録は、気象庁（自治体観測点を含む）および防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET, KiK-net）のものである。

(4) 建物分布データベース

国勢調査地域メッシュ統計（2005年）および住宅・土地統計調査（2003年）等を基に、250mメッシュ単位および1kmメッシュ単位の住宅戸数データ（構造別・建築代別・階数別など）を作成した。また、建設省総合技術開発プロジェクト（国土開発技術研究センター, 1983）の式とメッシュ別住宅戸数データを用いて不燃領域率を算出した。

(5) 人口分布データベース

国勢調査地域メッシュ統計（2005年）を基に、250mメッシュ単位および1kmメッシュ単位の人口および世帯数データを作成した。

(6) 地図データベース

行政界（都道府県界、市区町村界）、道路、鉄道の地図データは、JMCマップ（日本地図センター, 2007）に基づき作成した。メッシュの所属する市区町村の情報は、2007年3月31日現在で整備した。