

3. 2. 2 大規模数値解析結果の先端可視化技術の開発

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

地震被害評価は大規模数値解析の計算結果に基づくが、これには膨大な量の計算結果を効率的に可視化することが必須となる。3次元視とマルチスケールが可能な可視化を開発するとともに、応急評価に使えるよう高速処理も併せて実現する。

(b) 平成 27 年度業務目的

大規模数値解析法によって様々な都市地震被害データを準備し、それらを前年度までに開発された先端可視化技術を用いて表示することによって、地震被害の可視化の実用性の確認を行う。また、地震被害の可視化のみならず、サブプロジェクト③において得られた火災被害の解析結果の可視化を行い、開発した可視化技術を高機能化して応用展開を図る。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京工業大学情報理工学研究科	教授	廣瀬 壮一	shirose@cv.titech.ac.jp
東京工業大学総合理工学研究科	教授	盛川 仁	
東京工業大学総合理工学研究科	教授	山中 浩明	
東京工業大学理工学研究科	教授	坂田 弘安	
東京工業大学応用セラミックス研究所	教授	山田 哲	
東京工業大学総合理工学研究科	助教	石田 孝徳	
東京工業大学理工学研究科	助教	山崎 義弘	
東京工業大学情報理工学研究科	研究員	飯山かほり	

(2) 平成 27 年度の成果

(a) 業務の要約

- 1) 大規模数値解析法によって得られた様々な都市地震被害データを先端可視化技術によって表示することによって、地震被害の可視化の実用性の確認を行った。
- 2) サブプロジェクト③において得られた火災被害の解析結果の可視化を行い、開発した可視化技術を高機能化して応用展開を図った。

(b) 業務の成果

1) 地震被害の可視化の実用性の確認

平成 26 年度成果報告書の「3.2.1 地震動・地震応答の大規模数値解析手法の開発」では地震被害評価技術の基盤の実用性の検討として、建物特性の不確定性を考慮した複数の地震被害評価手法(点推定と確率密度関数を組み合わせた評価手法)が提案され、大規模数値解析によって都内の建物一棟一棟の建物に対して損傷確率が得られている。しかし、その結果の表示は図 1 に示すように、単に得られた損傷確率を建物の階層ごとに割り振られた建物 ID 順に並べて示すに留まっており、必ずしも分かりやすいものではなかった。

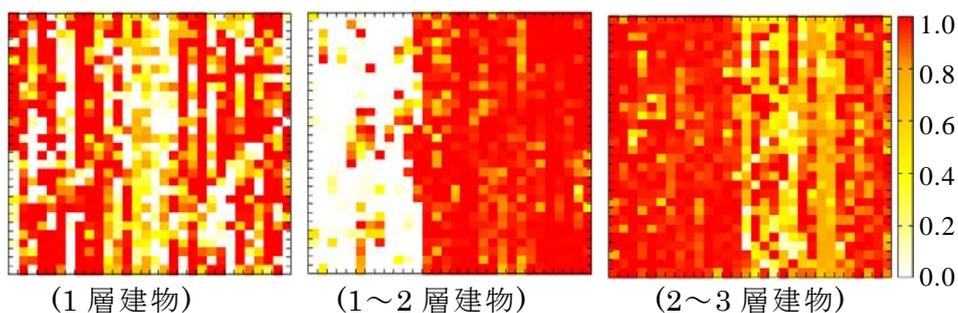


図1 建物 ID 順に示した 3 点推定+正規分布より求めた損傷確率(最大層間変形角が 1/50 を超える確率)。

そこで、以下の作業を通して、大規模数値解析によって得られる構造物損傷データを前年度までに開発された先端可視化システム(数万時間ステップにわたる 200 万棟の変位データを高速に可視化できるシステム)上で可視化できるようにした。

- ・ 構造物損傷データ変換プログラムの開発
- ・ データ変換の実施
- ・ 先端可視化システム上での表示確認

構造物損傷データ変換において利用するデータには、構造物損傷データ自体と建物データの 2 種類がある。そのうちの構造物損傷データは、図 2 に示す書式で記述されている。すなわち、一番左に建物 ID、その後、複数の地震被害評価手法によって得られた損傷データ(float 型、スカラーデータ)がスペース区切りの ASCII テキスト形式で並んで出力されている。なお、行頭に '#' が記述されている場合はコメント行とみなし、その行のデータは読み込まない。

```

<建物 ID1> <損傷度 1> <損傷度 2> <損傷度 3> .....<損傷度 N>
<建物 ID2> <損傷度 1> <損傷度 2> <損傷度 3> .....<損傷度 N>
... (建物数分繰り返し)

```

図 2 構造物損傷データの書式。

一方、建物データは、前年度までの構造物の変位の時系列データの可視化で用いたものと同じデータで、建物一棟ごとの形状が三角形要素で構成され、各節点上に 3 次元 float 型の変位ベクトルを設定されている。時系列で値が変わるのは変位ベクトルのみで、三角形要素を構成する節点数、要素数、接続情報は時系列で変わらず、GIS タイル単位で構成されており、全データを読み込むと 23 区全体を示す建物データとなる。

今年度開発した構造物損傷データ変換プログラムは、以下に示す手順で、構造物損傷データと建物データを読み込み、先端可視化システムで可視化できるようにデータを変換し出力するものである。

- ・ 構造物損傷データを読む。
- ・ 建物データを読む。

- ・両データで該当する建物を建物 ID から検索する。
- ・該当する建物が見つかった場合は、構造物損傷データに設定されている損傷度を建物に割り当てる。
- ・読み込んでいる変位ベクトルデータと同形式で出力する。

図3は、一例として新宿区全体の建物の損傷確率を図示したものである。損傷確率の大小はグレースケールのカラーマップを用いて表示しており、黒くなるほど大きな損傷を受けていることを表している。

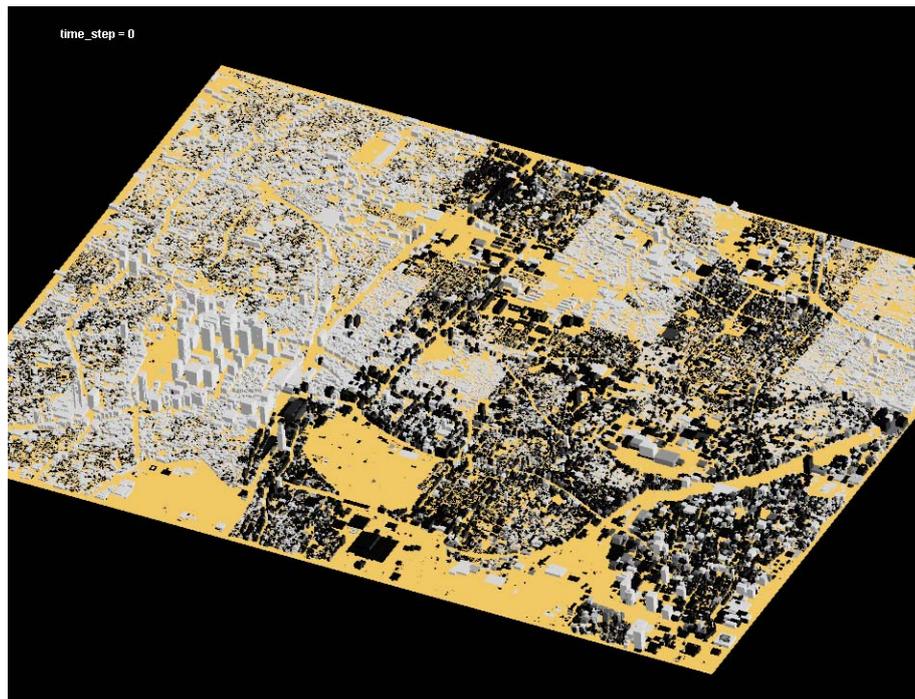


図3 新宿区全体の建物ごとの損傷確率の表示結果。

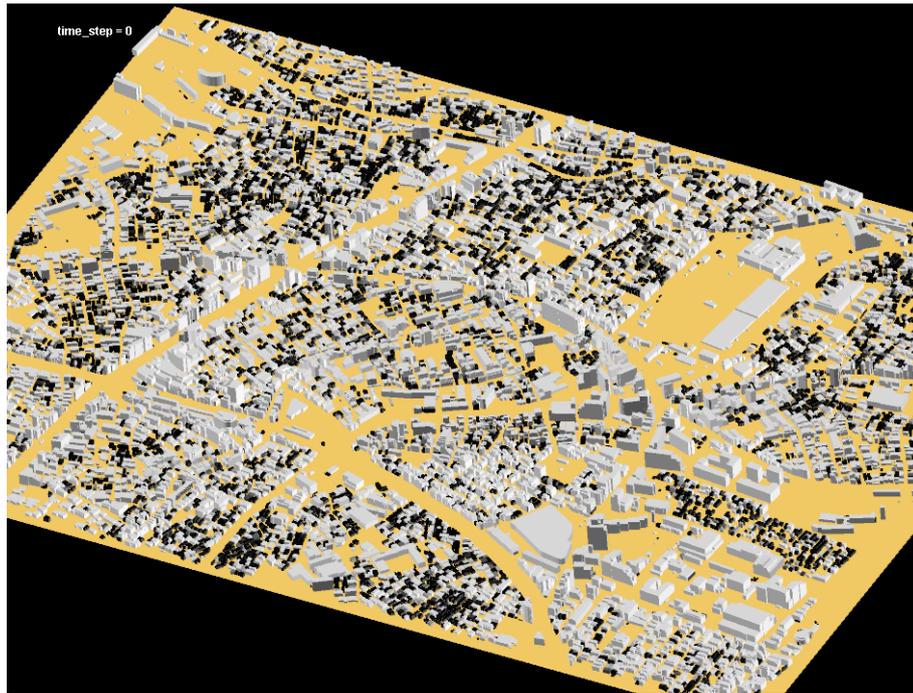


図 4 新宿区の一街区の建物ごとの損傷確率の表示結果。

図 4 は、新宿区全体の表示結果から一街区(図 3 の左上の街区)を拡大表示したものである。可視化に用いた先端可視化システムは、3 次元視とマルチスケールが自由に設定できるものとなっているので、図 4 のように街区の詳細を可視化することも容易に可能となっている。

2) 火災被害の可視化

前年度までに開発された先端可視化システム(数万時間ステップにわたる 200 万棟の変位データを高速に可視化できるシステム)上で火災延焼シミュレーションによって得られた結果を可視化できるようにした。ただし、建物の変形データと火災被害データを同時に読み込むとデータ量が多くなることから、可視化システムの起動時に変形データか火災被害データのどちらかを可視化するかを指定して、いずれかの結果を表示する。

火災被害データは、図 5 に示す書式で記述されている。

出火 ID1, 建物 ID1, 火元建物 ID1, 出火建物 ID1, 着火時間, 焼失時間 出火 ID2, 建物 ID2, 火元建物 ID2, 出火建物 ID2, 着火時間, 焼失時間 . . . (建物数分繰り返し)
--

図 5 火災延焼シミュレーションによって得られる火災被害データの書式

具体的には以下の手順で、火災被害データと前出の建物データを読み込み、先端可視化システムで可視化できるようにデータを変換し出力するデータ変換プログラムを開発した。

- ・火災延焼シミュレーションによる火災被害データを読む。
- ・建物データを読む。

- ・両データで該当する建物を建物 ID から検索する。
- ・建物データの変位計算結果出力時間での延焼状況（着火時間を 0、焼失時間を 1）を補間計算により求める。
- ・得られた延焼状況フラグを、既開発の可視化アプリケーションで読み込んでいる変位ベクトルデータと同形式で出力する。

上記のように、補間計算により得られる延焼状況フラグを、既開発の可視化アプリケーションで読み込んでいる変位ベクトルデータと同形式で読み込むことで、可視化アプリケーション側を大幅に改良することなく、火災被害データの重ね合わせ表示を実現している。なお、可視化における火災被害状況の色付けは以下のように定義している。

- ・焼失前、または、シミュレーション対象外：白
- ・着火時間以降：赤
- ・着火～焼失まで：赤-黒を線形補間した色
- ・焼失時間以降：黒

図 6 は、新宿区の一街区における建物一棟ごとの火災被害状況を可視化したものであり、図 7 は、建物一棟ごとでなく、街区のブロック単位で火災被害を表示したものである。

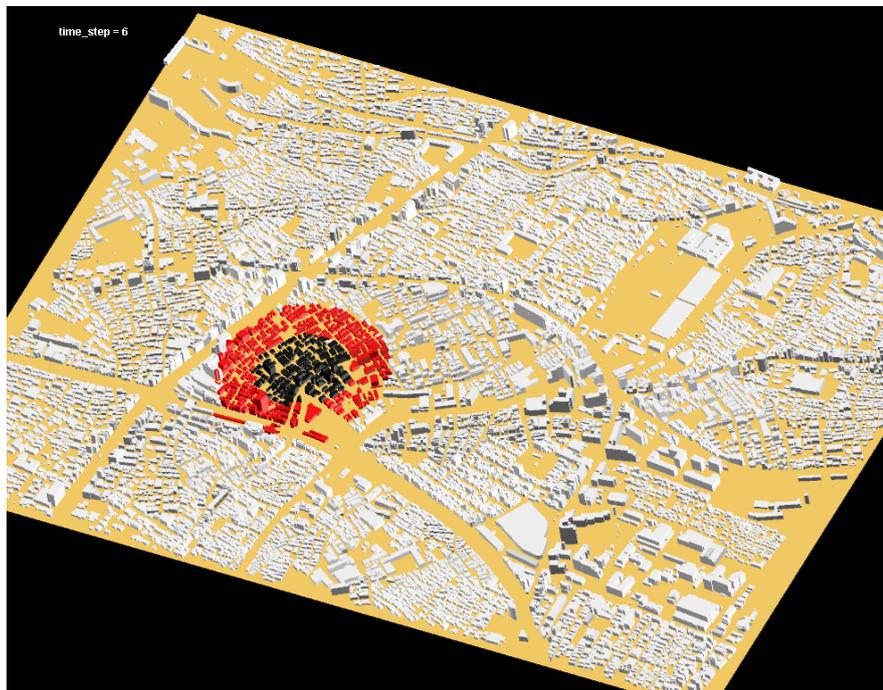


図 6 新宿区の一街区における建物ごとの火災被害状況の表示。

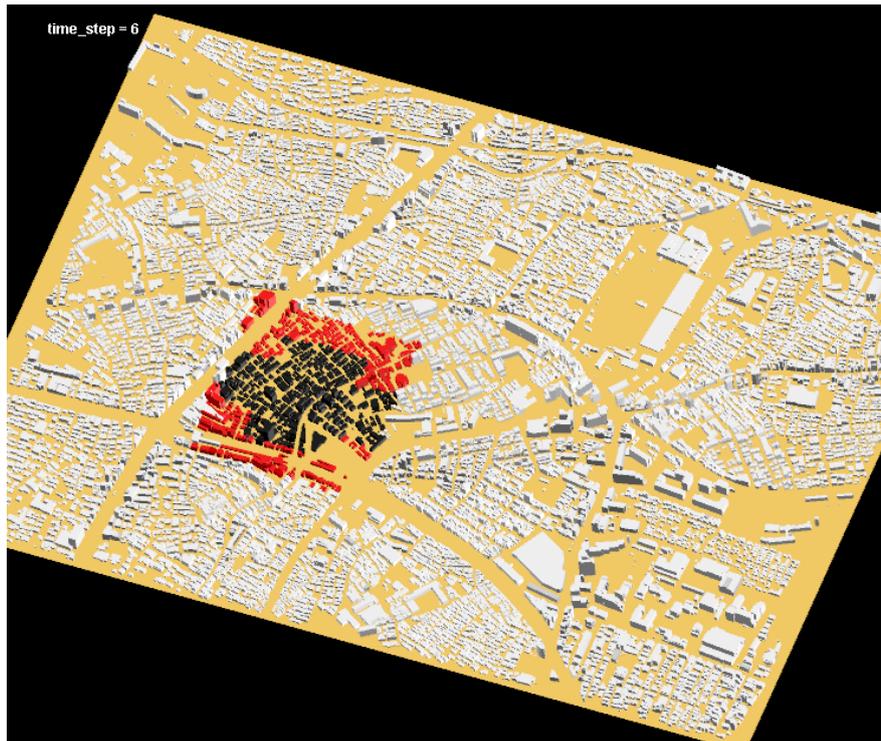


図 7 新宿区の一街区におけるブロック単位の火災被害状況の表示。

(c) 結論ならびに今後の課題

大規模数値解析法によって様々な都市地震被害データを準備し、それらを前年度までに開発された先端可視化技術を用いて表示することによって、地震被害の可視化を行った。

また、火災延焼シミュレーションによって得られた火災被害の解析結果の可視化を行った。これらの可視化によって地震被害と火災被害のいずれについても被害状況の容易な認識が可能となりその実用性を確認し、開発した可視化技術の機能拡張と応用展開が図られた。

今後は、大規模数値解析法によって得られた複数の区や街区の都市地震被害データを、3次元視とマルチスケール、かつ、“マルチスクリーン”で可視化し、先端可視化技術の有効性を検証する。また、火災被害の可視化については現在一部のデータ変換に手作業があるため、サブプロジェクト③において得られた火災被害の解析結果の可視化の自動化を実現し可視化技術のさらなる共有化を図る。

(d) 引用文献

なし

(e) 学会等発表実績

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 28 年度業務計画案

大規模数値解析法によって得られた様々な都市地震被害データを、3次元視とマルチスケールで、かつ、マルチスクリーンで可視化し、先端可視化技術の有効性を検証する。

地震被害の可視化のみならず、サブプロジェクト③において得られた火災被害の解析結果の可視化が自動化できるよう、可視化技術の共有化を図る。