

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果的に可視化することが必須となる。三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 28 年度業務目的

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、三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。

(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 28 年度の成果

(a) 業務の要約

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した。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が自動化できるよう、可視化技術の共有化を図った。

(b) 業務の成果

1) 都市地震被害データの先端可視化技術の性能向上

a) 都市地震応答把握のための 3 次元立体可視化システム

3 次元的な空間の広がりをもつ都市の地震応答を、通常のディスプレイ等を用いた平面的な可視化により把握することは難しい。本年度は、昨年度までに開発した可視化手法を拡張し、3 次元立体可視化により、都市地震応答の詳細な把握を可能とする可視化システ

ムの構築を行った。

はじめに、3次元立体可視化の原理について簡単に説明する。人間は右目と左目で視差のついた異なる像を見ることで、対象物に奥行きをつけ、立体的に認識している（図1左参照）。通常のディスプレイを用いた平面的な可視化では、この視差による奥行きを確保することが難しく、結果的に立体的な把握が困難となる。今年度開発した3次元立体可視化システムでは、特殊なプロジェクターと眼鏡を用いて、右目と左目の映像を高速に交互に表示・認識させることで、疑似的な視差を与える（図1右参照）。このようにすることで、対象物に奥行きをつけ、立体的な認識を可能とする。

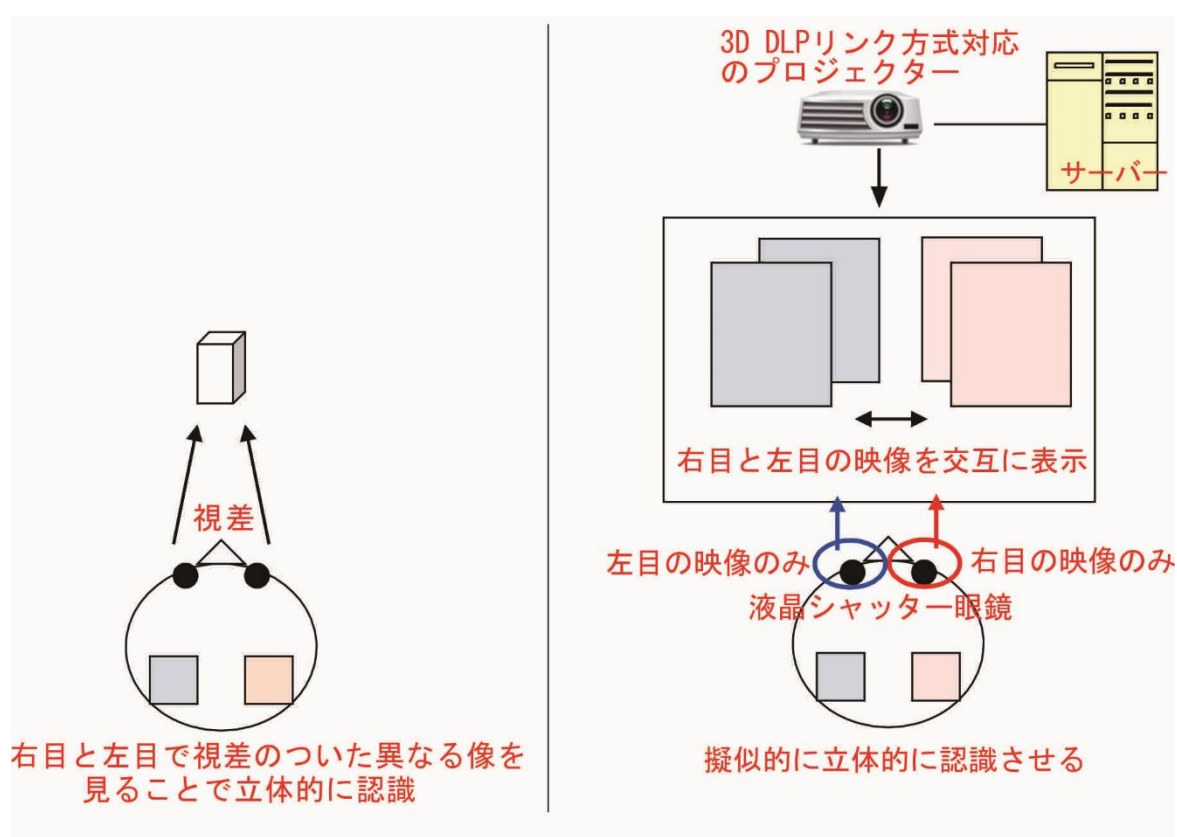


図1 3D DLP リンク方式による3次元立体可視化の原理。

次に、新宿区の都市地震応答を例に3次元立体可視化の具体例を示す。通常の可視化による都市の地震応答を図2に示す。上述の通り、右目と左目に対して視差がないため、都市の地震応答の奥行きを把握は困難である。図3に同地点での3次元立体可視化例を示す。右目用の映像と左目用の映像が可視化されることで、奥行きが与えられていることが分かる。この図では二重に見えてしまっているが、実際には、プロジェクターと眼鏡で右目用・左目用画像を高速に交互に表示するため、二重に表示されているようには見えず、この重なり分の視差のある奥行きのみが認識されることになる。また、空間的に立体的に見えるだけでなく、都市の動的変化の可視化も行うことができる。図4に時間ステップを進めた場合の同地点での3次元立体可視化例を示す。以上により、都市の動的な地震応答を立体的に可視化し、その詳細を把握することを可能とする3次元立体可視化システムが構築され

た。

奥行きのある3次元的な都市の可視化を忠実に行えば行うほど、可視化位置の把握が困難となる。この把握を助けるため、視点位置を指定するための2次元地図を利用可能としている（図2-4右上、拡大図は図5）。この2次元地図上で場所を指定することで、任意地点での3次元立体可視化を行うことができる。また、図5に示すように複数の地点を指定し、その番号順に従い可視化することで、その経路に従って実際の都市の地震応答をあたかもドローン等で空撮しているかのような可視化を行うことも可能としている（図6-8参照）。

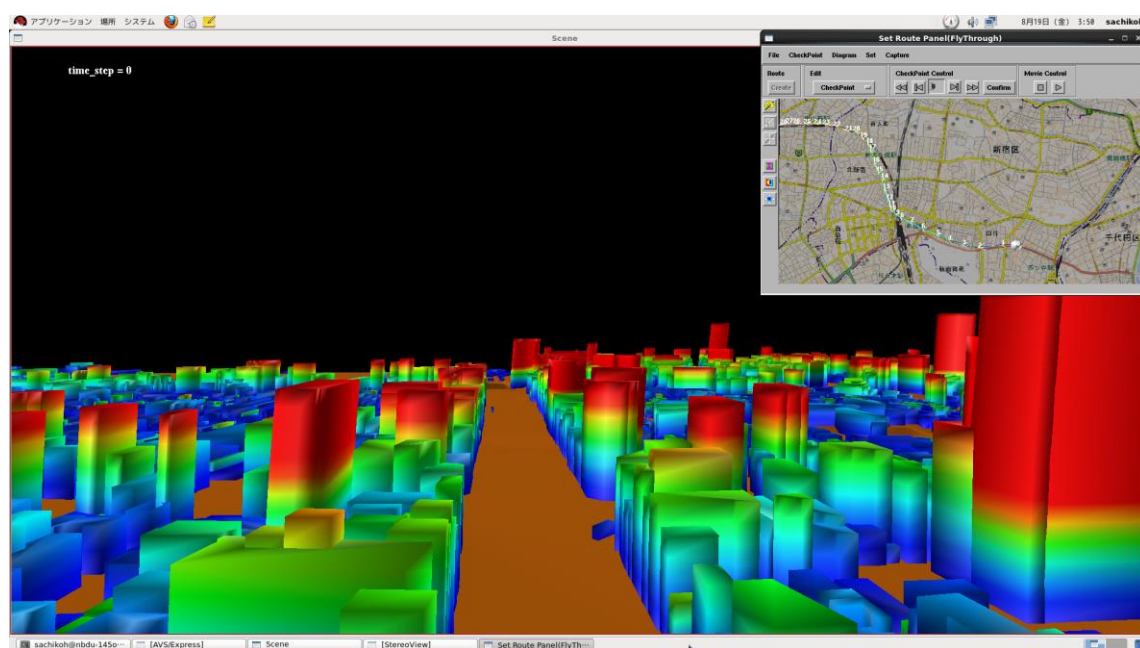


図2 通常の表示状態。

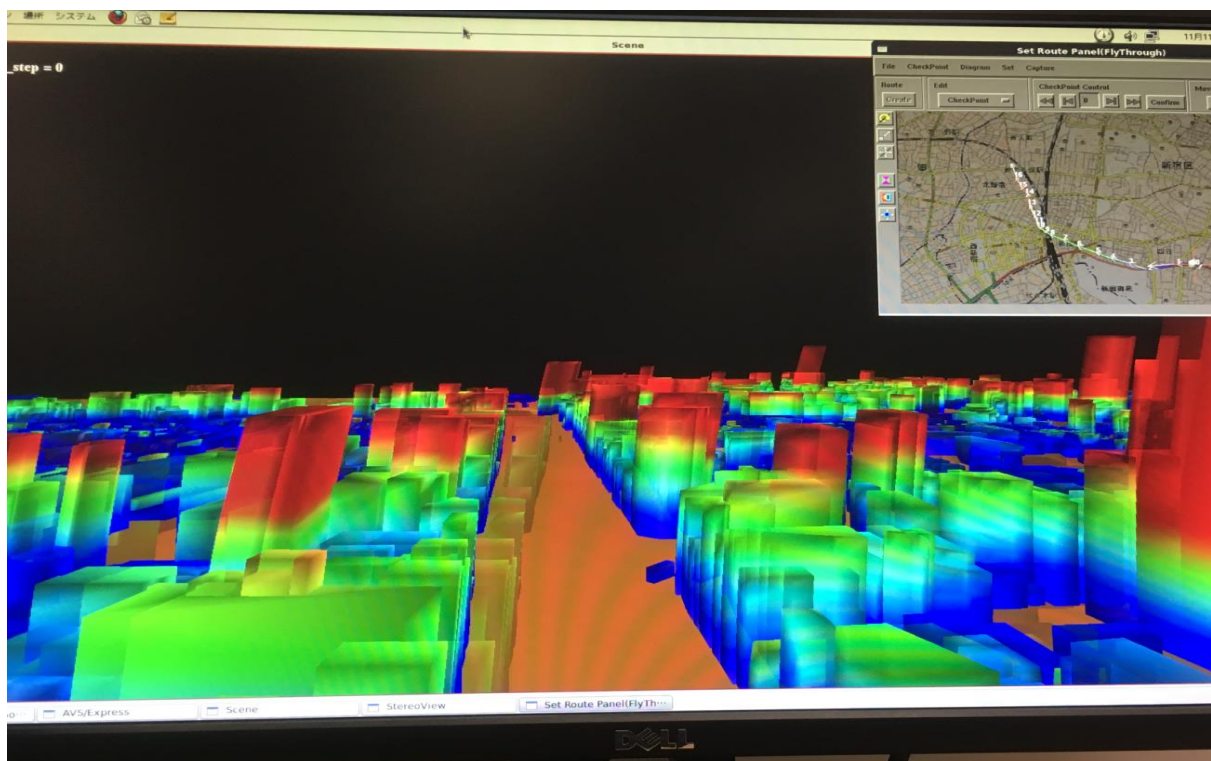


図 3 3次元立体可視化表示時。

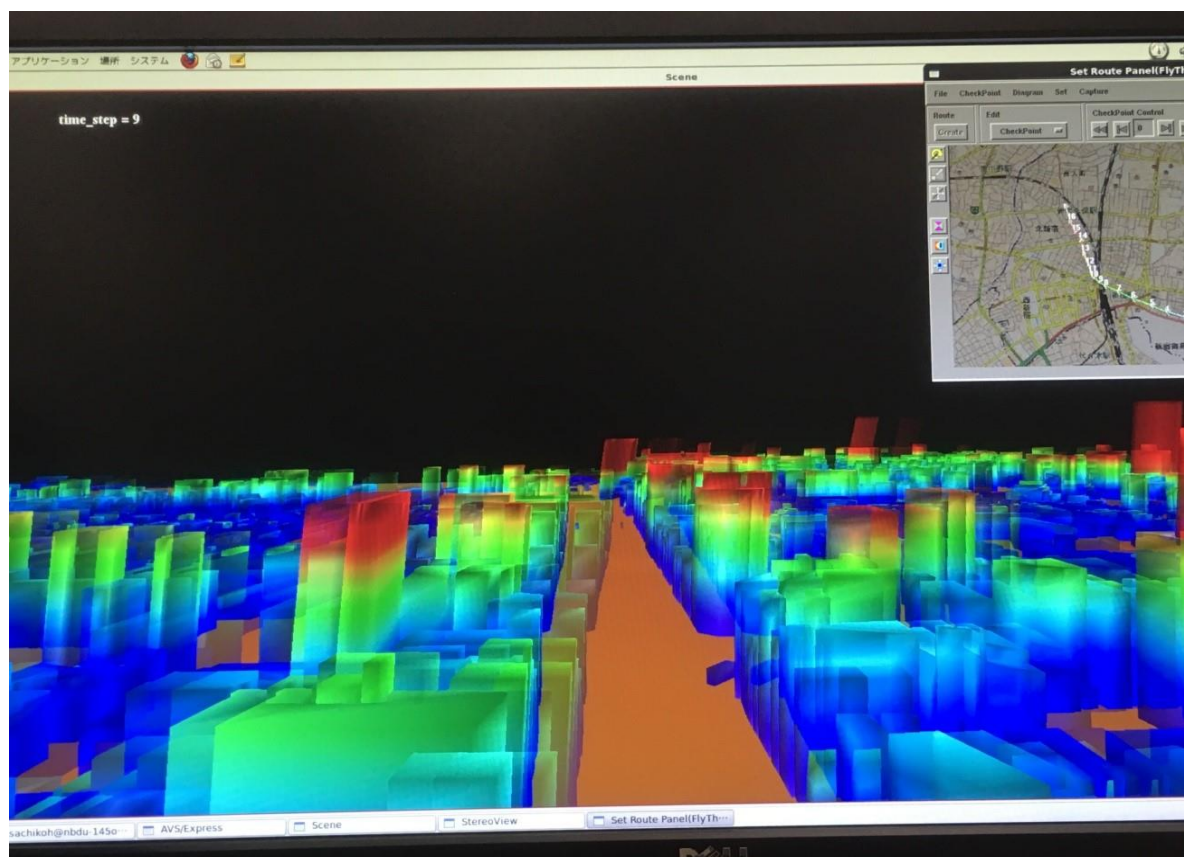


図 4 時間ステップを進めた場合の 3次元立体可視化表示時。



図 5 視点位置の表示。白地で示した視点位置の番号に従って、図 6-8 のように可視化を行うことができる。

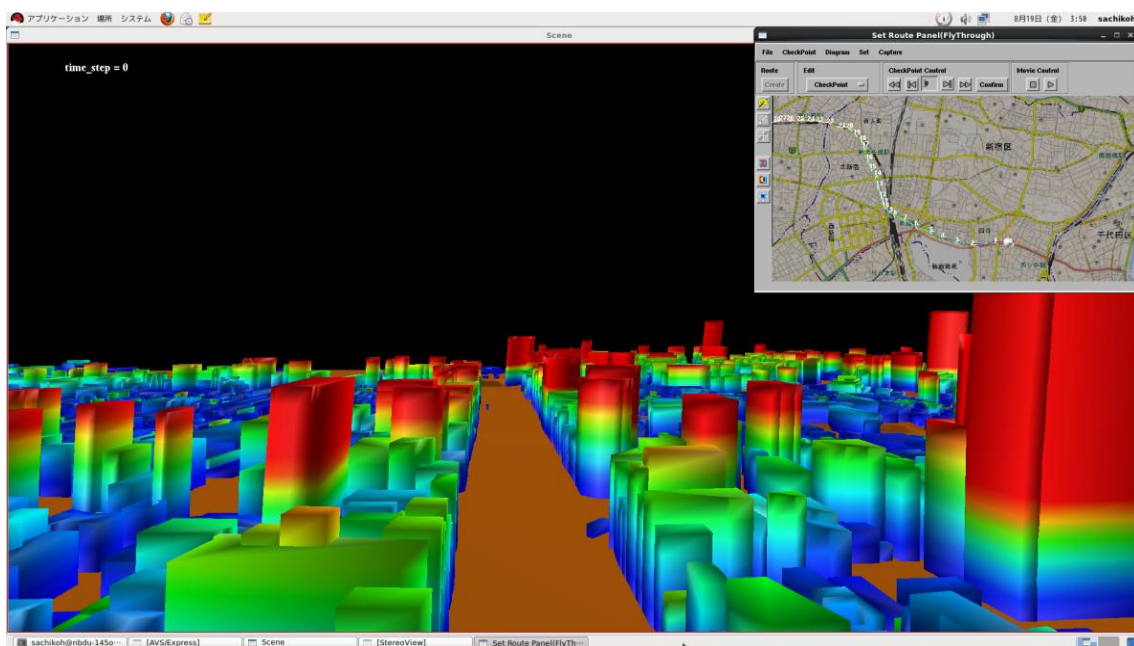


図 6 視点位置 0 における都市地震応答。

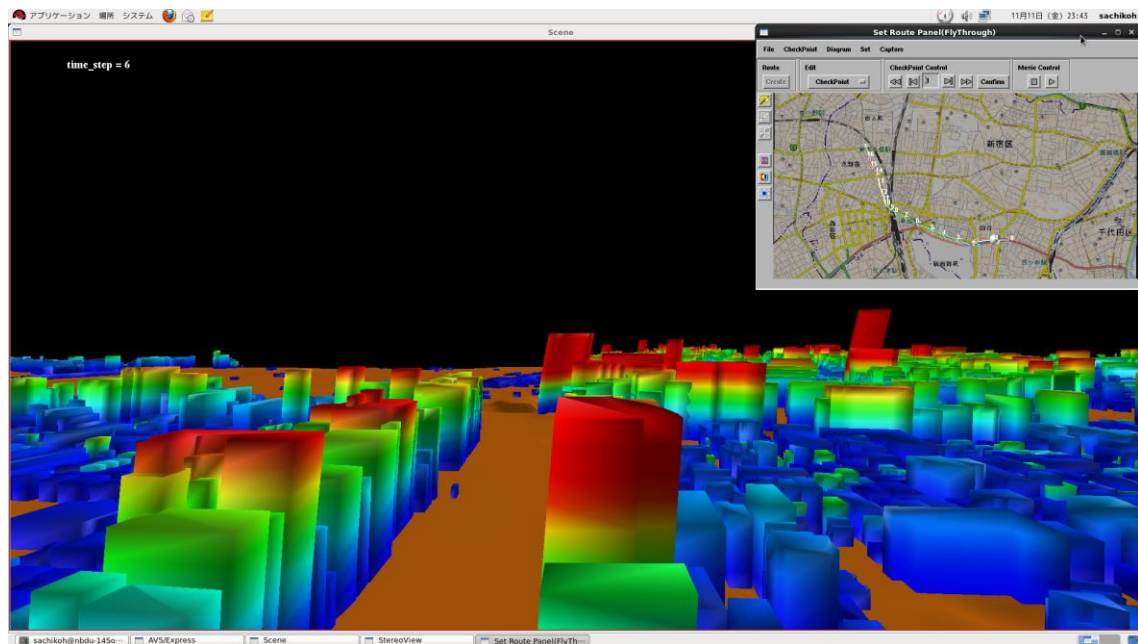


図 7 視点位置 1 における都市地震応答。

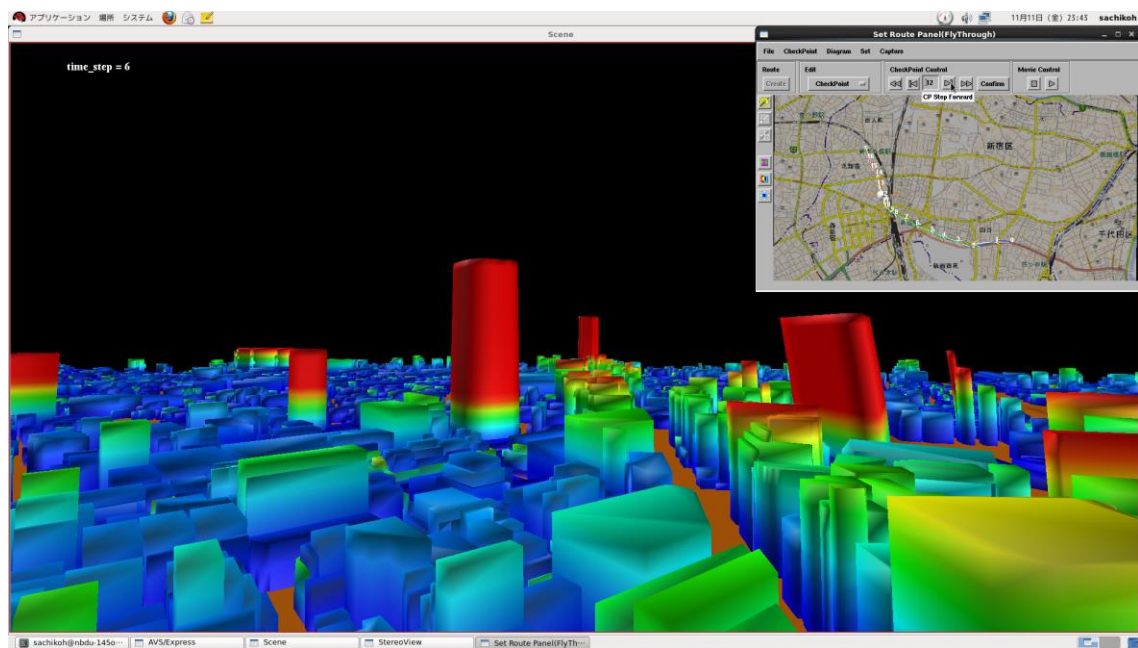


図 8 視点位置 12 における都市地震応答。

b) 都市地震被害データのマルチスケール、かつ、マルチスクリーンによる可視化

平成 24 年度～27 年度までの 4 年間において、都市・構造モデルの構築と高度化、及び、都市地震被害の可視化と高度化を進めてきた。その結果、地理情報システムのデータを利用し、地盤と構造の都市モデルを構築した。東京 23 区全体を対象とした 200 万戸以上の構造物一棟一棟(土木構造物を含む)をモデル化し、地震時における構造物の時系列変位データ(数万時間ステップ)をリアルタイムでアニメーション表示した。その上で、高速、3 次元、マルチスケールによる都市地震応答の先端可視化技術を開発してきた。ただし、これまで開発してきた可視化システムは、Windows 操作端末 1 台に対して Linux 表示端末 1 台のみが操作可能となっていた(図 9 参照)。

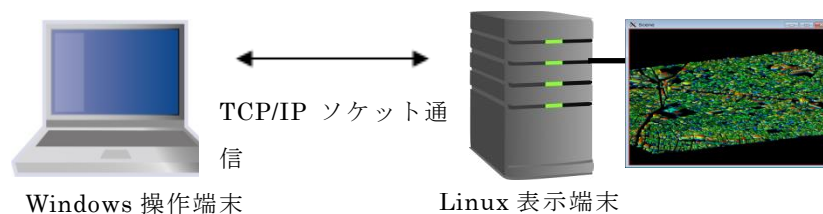


図 9 Windows 操作端末 1 台・Linux 表示端末 1 台の可視化システム

しかし、実用上の可視化システムの運用を想定した場合、複数の街区の地震被害を同時に表示するという要求が大きいと考えられる。そこで、今年度は、複数台の表示端末が存在するとして、それぞれの画面に異なる街区のデータを表示できるマルチスクリーン化を図った。

具体的には、図 10 に示すように、複数台の Linux 表示端末のスクリーンを 1 台の Windows 操作端末によって操作できるように機能改良を行い、各解析結果をマルチスクリーン表示できるようにした。また、図 11 に示すように、Linux 表示端末 1 台において複数表示プロセスを起動して、Windows 操作端末 1 台によって Linux 表示端末 1 台上のスクリーンを分割して複数の街区を表示できるシステムも開発した。

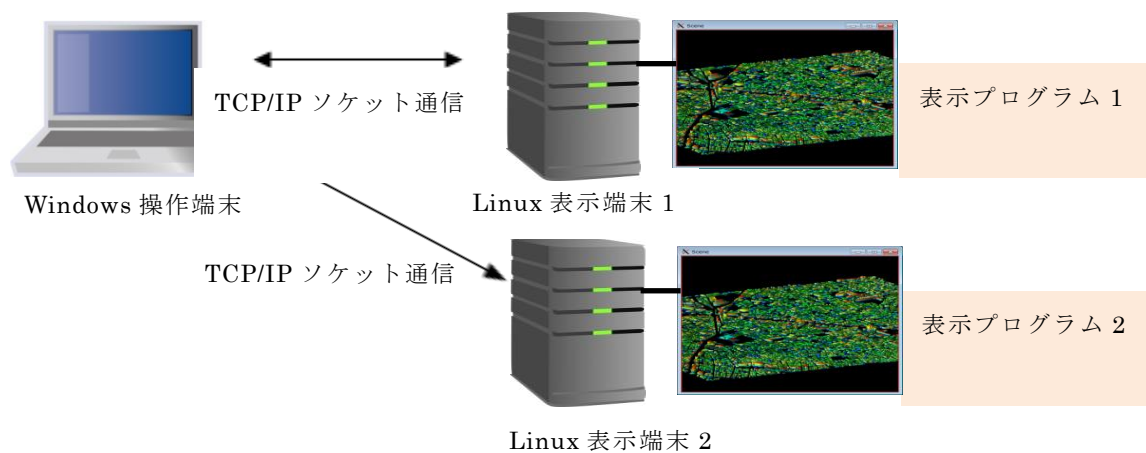


図 10 Windows 操作端末 1 台・Linux 表示端末複数台の可視化システム。

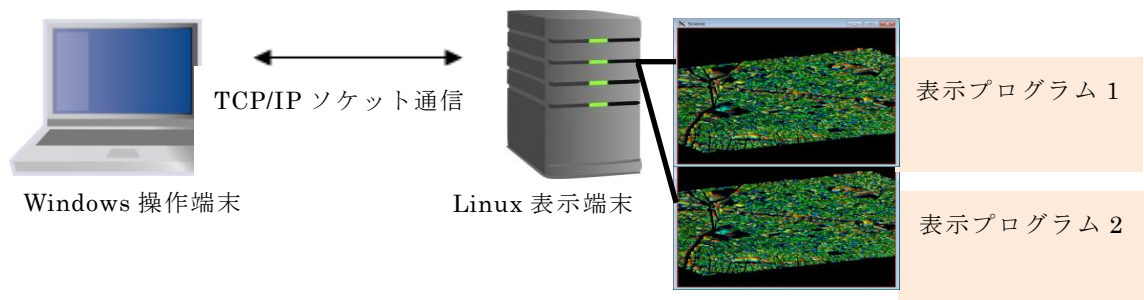


図 11 Windows 操作端末 1 台・Linux 表示端末 1 台(複数画面)による可視化システム。

なお、スクリーンのレイアウトはユーザ指定ができるようになっている。Linux 表示端末においてユーザごとに、

`$HOME/.avs_conf/multi.view`

という、固定パス・ファイル名で、図 12 に示す書式を持つテキストファイルを作成すればよい。

```
LV_DISP_NUM <総スクリーン画面数 %d>
<x1 %d> <y1 %d> <w1 %d> <h1 %d>
<x2 %d> <y2 %d> <w2 %d> <h2 %d>
...スクリーン数分繰り返し
```

図 12 スクリーンのレイアウト設定ファイルの例。

行頭に LV_DISP_NUM(固定文字列)を記述後、スペースを挟んで、総スクリーン画面数を記述する。次に、各スクリーンの記述位置を記述する。各項目の具体的な内容は表 1 に示す通りである。各スクリーンの座標系に関しては図 13 に示す。スクリーンの左上端が原点

(0,0) であり、向かって右方向に X 軸、下方向に Y 軸をとり、数値は画面の解像度で指定する。解像度が 1200×800 のディスプレイで、横 2 分割レイアウトの場合は、図 14 のような記述となる。

表 1 スクリーンのレイアウト設定パラメータ

項目	パラメータ	内容
1	xN	スクリーン N、左上の表示位置 X
2	yN	スクリーン N、左上の表示位置 Y
3	wN	スクリーン N のサイズ (X 方向幅)
4	hN	スクリーン N のサイズ (Y 方向高さ)

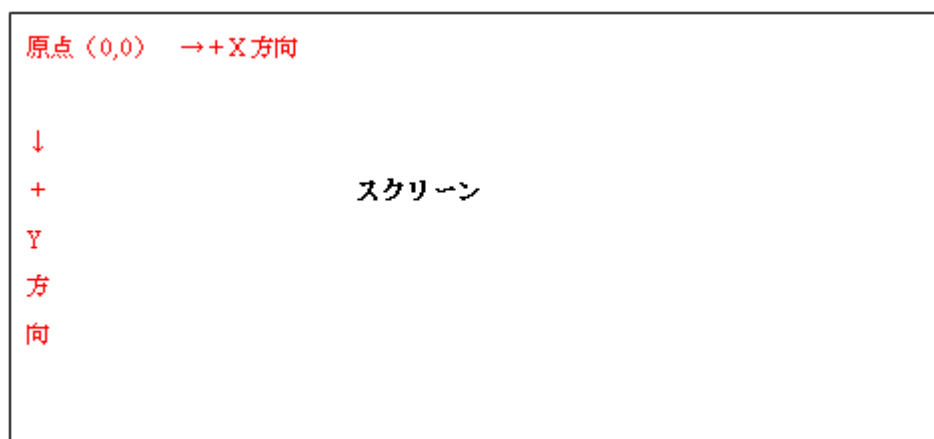


図 13 スクリーンの座標系。

```
LD_DISP_NUM 2
0 0 600 800
600 0 600 800
```

図 14 スクリーンのレイアウト設定ファイルの記述例。

マルチスクリーン化したそれぞれのスクリーンにおいて、表示内容を切り替えることができるようにし、各スクリーンにおいて全体・街区表示切り替えが可能なマルチスケールに対応した可視化システムを開発した。例えば、表示プログラム 1 では、街区全体を簡易モデル表示し、表示プログラム 2 以降では、Windows 表示端末で選択されている街区を詳細モデルで表示することができる。

図 15 は、1 台で複数画面を持つ Linux 表示端末の表示例を示したもので、各構造物の変形状況を可視化したものである。Linux 表示端末 1 台上で、表示プログラムを 3 プロセス

起動し、画面左側で街区全体を簡易モデル表示し、画面右上・右下で異なる街区を詳細モデルによって表示している。マルチスクリーンにおけるマルチスケールによる可視化の例を示したものである。

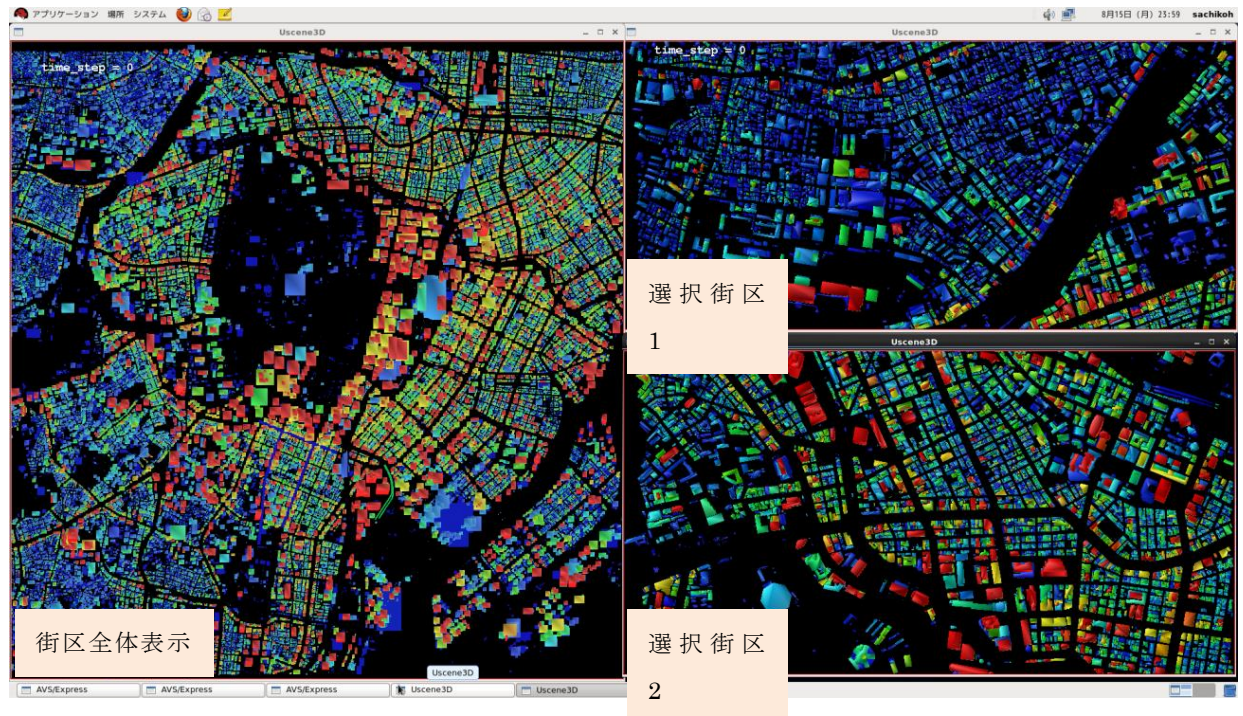


図 15 マルチスクリーンにおけるマルチスケールによる可視化の例。

2) 火災被害の解析結果の可視化技術の共有化

昨年度は、火災延焼シミュレーションの擬似データを、開発した先端可視化システム上で可視化した。そのデータの書式は、図 16 に示す通りであった。

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
 ・ ・ ・ (建物数分繰り返す)

図 16 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。

今年度は、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を、上記の書式に変換して、可視化が自動化できるように可視化技術の共有化を図った。そして、マルチスケール、かつ、マルチスクリーンによる可視化システムによって火災被害を可視化した。可視化の例を図 17 に示す。左側の画面が街区全体の火災被害を簡易モデル表示し、右上と右下の画面がそれぞれ、左側画面における青と赤で囲った部分における火災被害を詳細モデルによって表示している。この例では、赤い枠の中央右側の赤くなっている部分に火災被害が発生している。

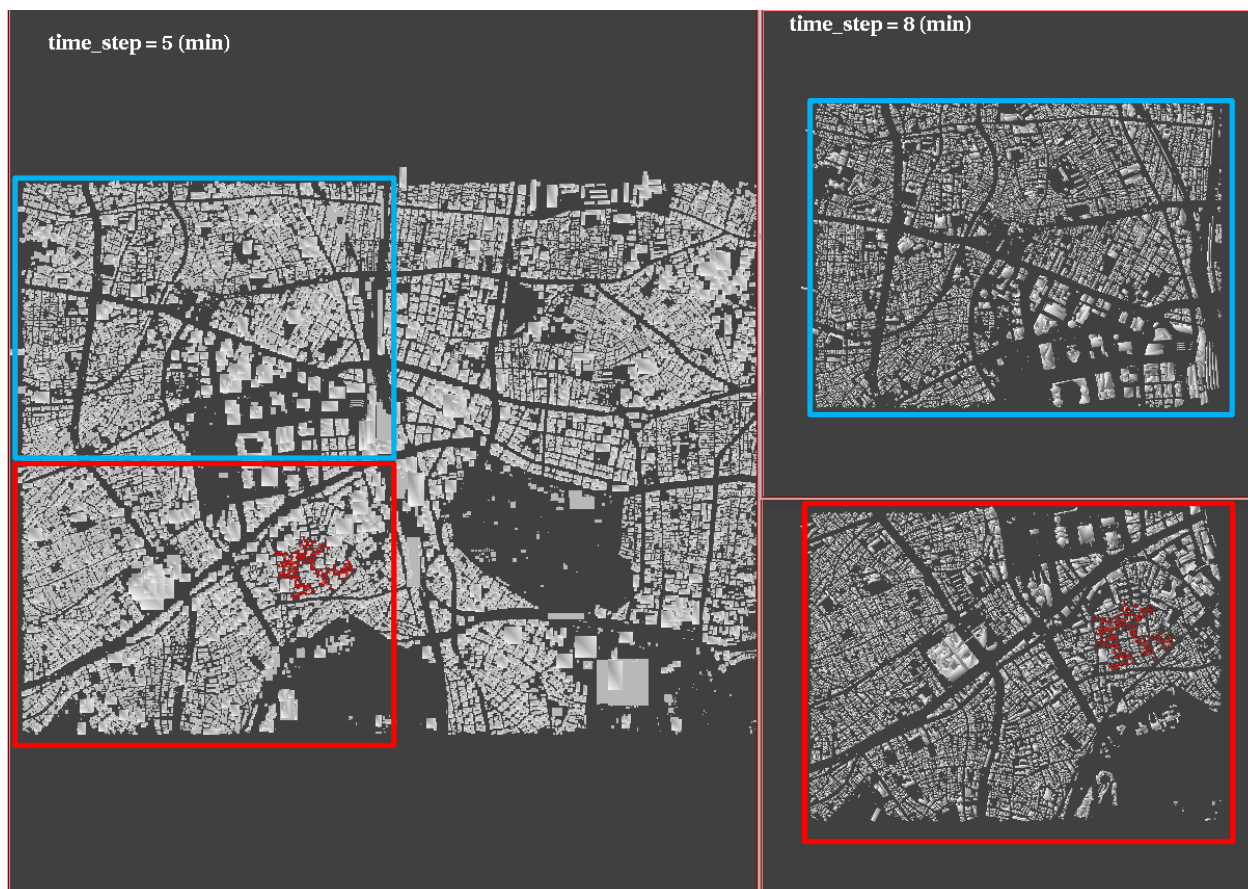


図 17 火災延焼シミュレーションの可視化の例。

(c) 結論ならびに今後の課題

今年度の研究開発において、大規模数値解析法によって得られた様々な都市の地震被害データを、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した。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データを、自動変換して可視化できるように可視化技術の共有化を図った。

平成 24 年度から平成 28 年度の 5 年間の研究によって、都市の地震被害及び火災被害に関する大規模な数値解析データを、高度で、かつ、実用的に可視化する技術の構築がなされた。今後、開発した可視化技術が様々な地域や各種データに応用・展開されることを期待している。

(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