

## [大規模科学計算システム]

### 三次元可視化システムと可視化事例の紹介

共同研究支援係 共同利用支援係

#### 1. はじめに

東北大学サイバーサイエンスセンター（以下、本センター）では、大規模科学計算システムを利用して得られたシミュレーション結果を可視化する環境として「三次元可視化システム」を提供しています。このシステムでは、GPU を搭載した 4 台の計算サーバと可視化ソフトウェアによる可視化処理や、大画面ディスプレイを使った高精細な三次元立体視を行うことができます。また、利用者支援活動の一環として、本センターの技術職員による可視化支援の取り組みも行っています。本稿では、三次元可視化システムの概要とこれまでに本センターで支援を行った可視化事例を紹介します。

#### 2. 三次元可視化システムの概要

三次元可視化システムは、三次元立体視対応 50 インチ LED モニタを 12 面配置した大画面ディスプレイと、演算結果の可視化処理およびディスプレイへの描画を行う可視化サーバ 4 ノードで構成されています。大画面ディスプレイは最大 7,680×3,240 画素の高精細表示が可能です。可視化サーバは、各ノードにインテル Xeon プロセッサ E5-2670 を 2 基、メモリを 64GB、グラフィックボード NVIDIA Quadro K5000 を搭載しています。可視化サーバから本センターの大規模科学計算システムのファイルサーバに直接アクセスできるようになっており、本センターの計算機で得られたデータを別環境にコピーすることなく三次元可視化システムで利用することができます。なお、研究室等で計算したデータを持ち込んで利用することも可能です。可視化ソフトウェアは CYBERNET の AVS/Express MPE を採用しており、大画面ディスプレイに可視化コンテンツを三次元表示することができます。表示された可視化コンテンツは、液晶シャッターメガネを通すことで立体的に見えます。再生しながら自由自在に回転・拡大・移動することができ、様々な視点から可視化コンテンツを見ることができます。

三次元可視化システムは、本センター1Fの可視化機器室に設置しています（図 1）。可視化機器室の壁面と大画面ディスプレイはほぼ同等の大きさのため、より没入感のある三次元立体視を体験することができます。大画面ディスプレイは 12 面全てを使用した全画面立体視の他に、3×3 画面、2×2 画面など様々な表示パターンが可能です。プレゼンテーションや Polycom によるテレビ会議等でも利用することができます（図 2）。

三次元可視化システムの利用方法は、本センターのホームページ[1]をご参照ください。



図 1 三次元可視化システム（可視化機器室）



図 2 ディスプレイ表示パターンの例



図 3 三次元可視化システム利用の様子

### 3. AVS/Express による可視化コンテンツ作成

可視化コンテンツの作成には、可視化ソフトウェア AVS/Express を使用します。AVS/Express は GUI 画面上で、モジュールと呼ばれる四角い箱の形をした様々な可視化機能をつなぎあわせて可視化ネットワークを作ることで、可視化コンテンツを作成していきます (図 4)。利用可能なモジュールはおよそ 1,000 個もあり、それらを任意に組み合わせることで多様な可視化処理を行うことができます。なお、スクリプトで可視化処理を自動化し実行することも可能です。

入力データは、テキスト形式/バイナリ形式のどちらにも対応しています。データ読込速度はバイナリ形式の方が速いので、大規模データの場合はバイナリ形式でデータを用意することをお勧めします。また、大規模なデータは、読込だけでなく、可視化処理 (加工/描画/出力) にも非常に時間がかかります。そこで、可視化処理では一般的にデータの間引きを行います。AVS/Express にはデータを間引くためのモジュールも備わっていますので、あらかじめ間引いた入力データを用意しなくても、AVS/Express 上で可視化した画像を見ながらデータの間引き度合いを調整することが可能です。入力データが構造格子型・離散データ・UCD 型の場合は、データのフォーマット情報を記述したヘッダファイル (AVS 共通書式) を介してデータを読み込みます。よって、可視化用にフォーマットを整えた入力データを別に用意するのではなく、シミュレーション結果をそのまま入力データとして読み込むことができます。(ただしデータのフォーマットによっては整形が必要な場合もあります。) そのほか、plot3D や STL など多数のフォーマットに対応しています。

出来上がった可視化コンテンツは、画像や動画として保存して持ち出すことができます。汎用的な画像・動画の形式での保存も可能ですが、AVS/Express 独自の 3D アニメーションファイル「GFA 形式」での保存をお勧めします。GFA 形式のファイルは、AVS/Express をインストールしていないパソコンでも、CYBERNET のフリービューワ「3D AVS Player」[2] を用いて再生することができます。AVS/Express 上で再生するのと同様に、三次元動画として再生しながら自在に視点変更することができ、プレゼンテーション等でも利用することができます。

AVS/Express は、本センターの可視化機器室で利用することができます。詳しい使い方は、本センターの講習会資料[3]や AVS/Express の各種マニュアルをご参照ください。AVS/Express の各種マニュアルは可視化機器室にあります。

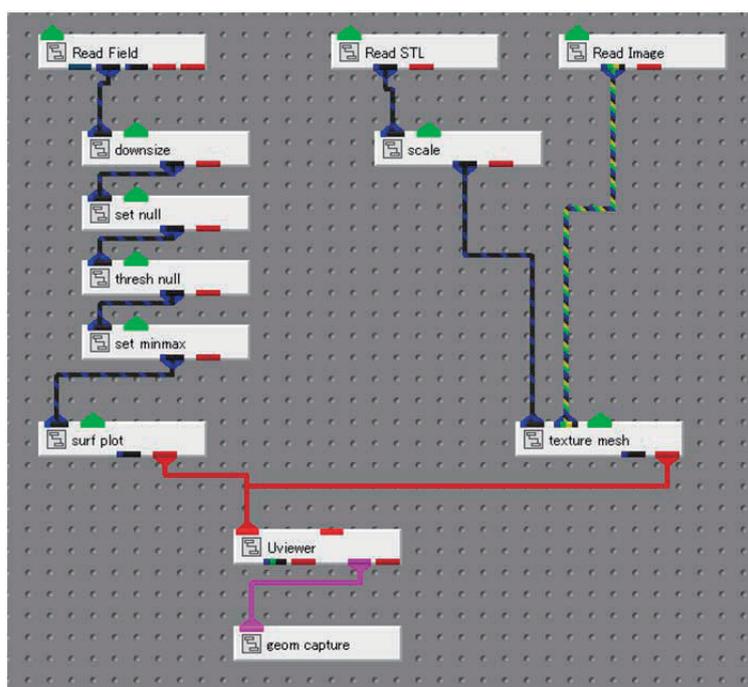


図 4 可視化ネットワークの例

## 4. 可視化事例紹介

本センターで作成および作成支援を行った可視化の事例を紹介します。これらの可視化コンテンツは、本センターの見学コースのひとつとして、センター来訪者にも公開しています。スーパーコンピュータや並列コンピュータの計算結果を分かりやすい形で伝えられるため、本センターや利用者の広報活動としても役立っています。

### 4.1 フラーレンの爆発解離シミュレーション

東北大学大学院理学研究科 河野研究室 山崎馨氏が研究された、X 線照射によりフラレンが爆発解離する様子のシミュレーション[4] を三次元動画として可視化しました(図 5)。出来上がった可視化コンテンツのファイルサイズは 94MB (GFA 形式)、201 フレームからなります。粒子の色は、電荷の違いにより色づけしています。作成した可視化コンテンツを、本研究者の河野先生、山崎氏に三次元立体視で体感してもらったところ、奥行き情報の視覚的な認知が可能となり、二次元画像よりも時間経過による構造の変化を詳細に観測できるので、より深く理解することができる、構造の妥当性の直観的な検証が可能になると期待される、との感想が得られ、三次元立体視による有意性を感じてもらえることができました。

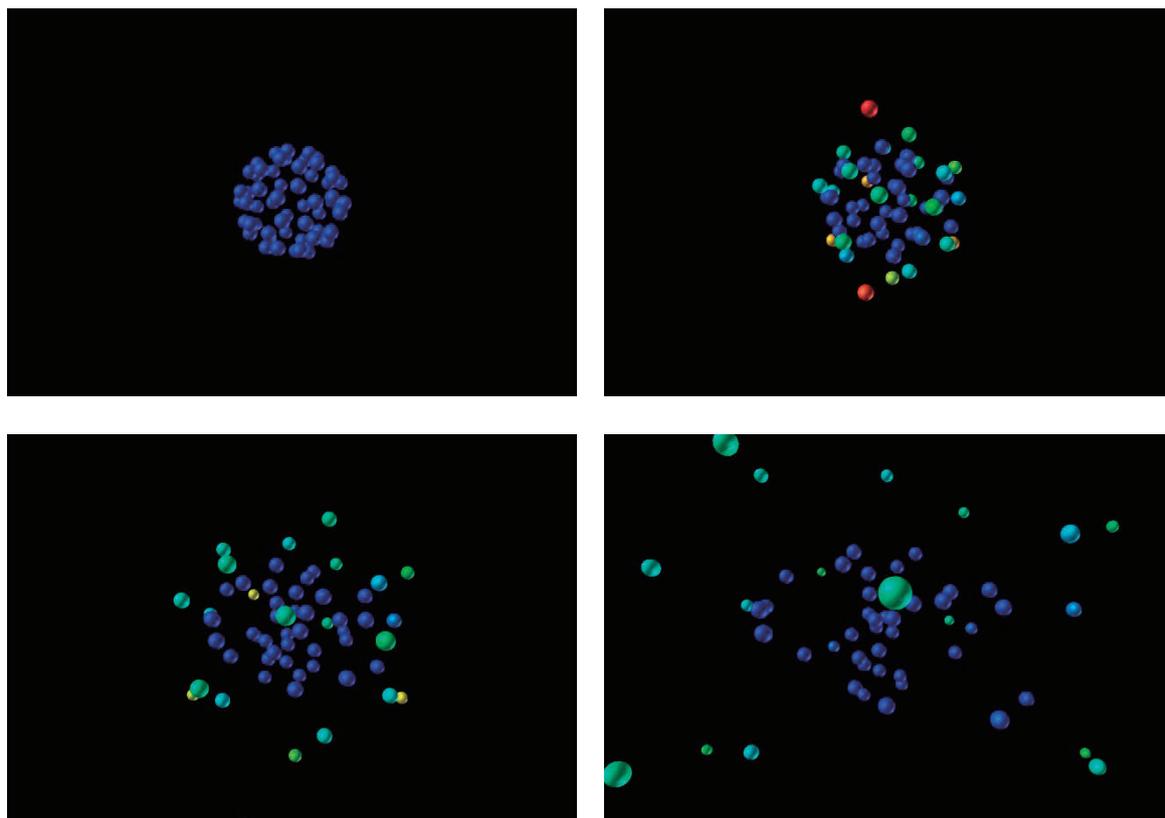


図 5 フラーレンの爆発解離シミュレーション

#### 4.2 DNA 二重らせんの切断シミュレーション

東北大学大学院理学研究科 河野研究室 菱沼直樹氏が研究された、放射線による DNA らせん構造の切断シミュレーション[5] を、本センターの技術職員の支援のもと、河野研究室で三次元動画として作成されました(図 6)。この可視化コンテンツは、2015 年オープンキャンパスで「飛び出すデジタル 3D 映像を体感しよう！DNA 鎖切断動画公開」と題して公開されました。紙面ではなかなかわかりにくい DNA のらせん構造を三次元可視化システムにより立体的に体感することができ、見学に訪れた方々も非常に興味深く見ていました。

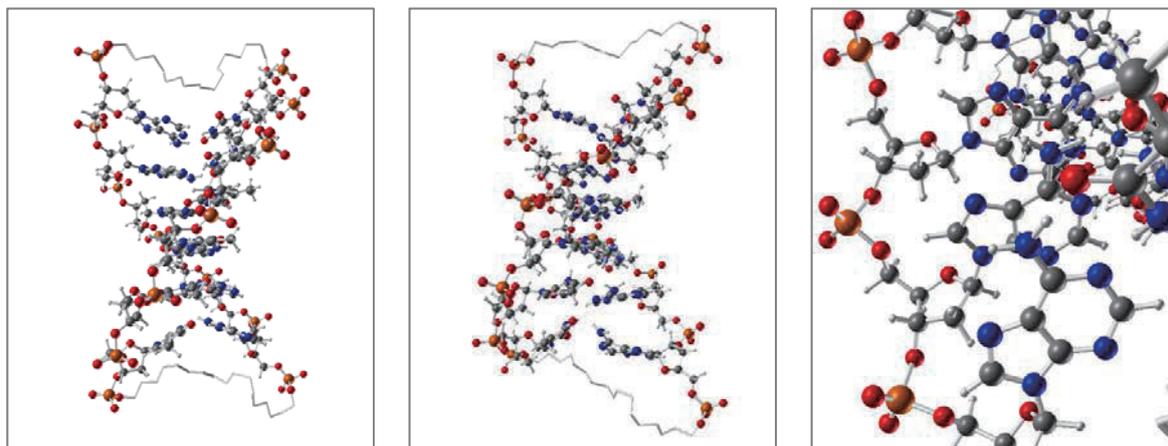


図 6 DNA 二重らせんの切断シミュレーション

### 4.3 プラズマ熱流動場のシミュレーション

大阪大学接合科学研究所 茂田正哉先生が研究された、プラズマ熱流動場のシミュレーション [6] を三次元動画として可視化しました (図 7) プラズマトーチ、RF 誘導コイル、トーチ内の温度変化、流れ場を可視化しています。出来上がった可視化コンテンツのファイルサイズは 536MB (GFA 形式)、400 フレームからなります。入力データは 267 万点の格子点を持つ大規模なデータであったため、可視化するにあたり、バイナリ形式に変換およびデータの間引きを行いました。トーチ内の全体の色およびトーチ中心断面の色は、プラズマの温度変化を示しています。流れ場は擬似的に流れに粒子を乗せて可視化しています。粒子の色は流速で色付けをしています。三次元立体視により、トーチ内部でらせん形状を描いて複雑に動く流れ場の様子を直感的に確認することができます。

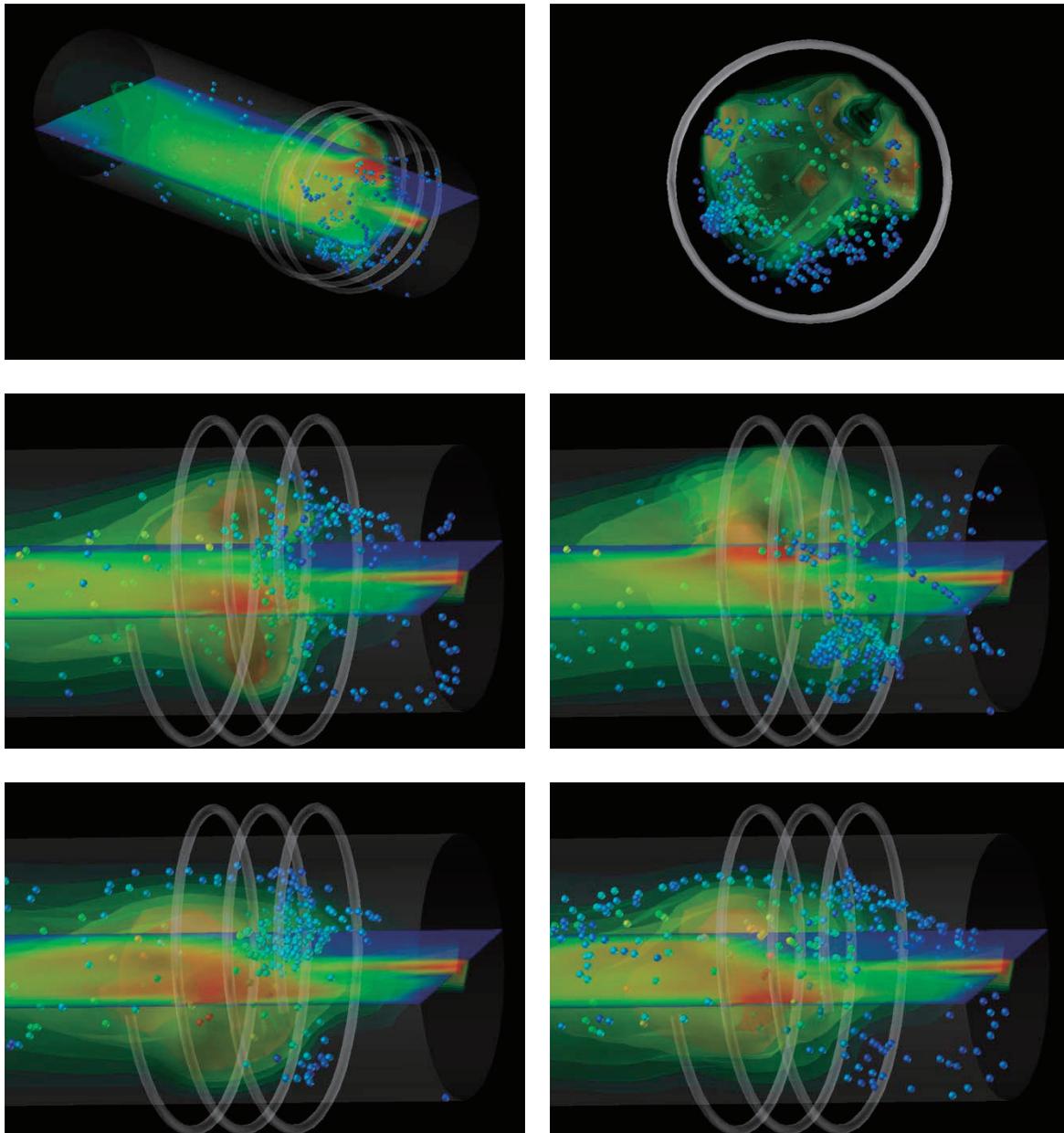


図 7 プラズマ熱流動場のシミュレーション

#### 4.4 航空機エンジン騒音の音圧伝搬シミュレーション

金沢工業大学 佐々木大輔先生、東北大学大学院工学研究科 福島裕馬氏が研究された、航空機エンジン騒音の音圧伝搬シミュレーション[7] を三次元動画として可視化しました(図 8)。ある時刻の音圧分布を様々な断面で三次元静止画にしたものをまとめて動画にしており、出来上がった可視化コンテンツのファイルサイズは 107MB (GFA 形式)、25 フレームになります。赤い部分が最も音圧の高い部分を示しており、エンジン回りやエンジンに近い機体部分で圧力の高い分布になっていることが可視化した画像から見て取れます。

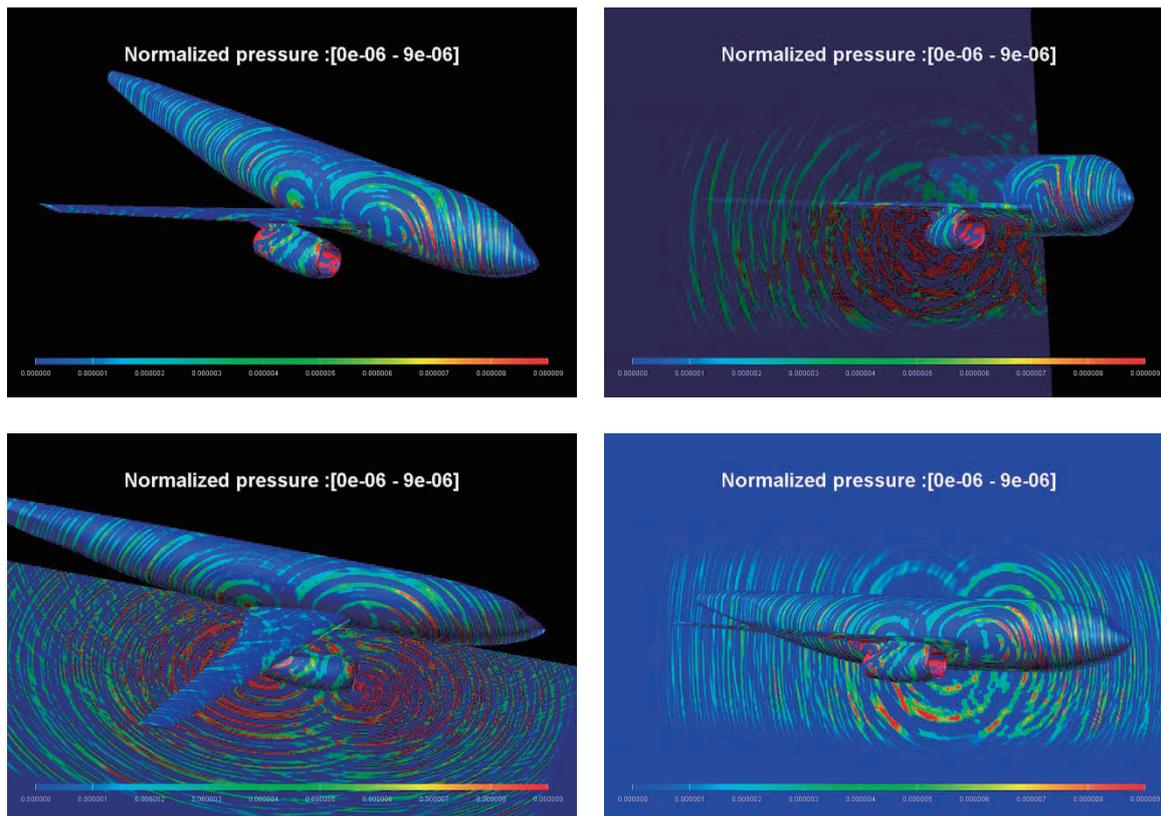


図 8 航空機エンジン騒音の音圧伝搬シミュレーション

#### 4.5 津波浸水被害の再現シミュレーション

東北大学災害科学国際研究所 越村俊一先生が研究された、東日本大震災での宮城県女川町の津波浸水被害の再現シミュレーション[8] を三次元動画として可視化しました(図 9)。500m×320m の区域を 33cm メッシュで分割して計算された大規模なデータのため、データの間引きを行い可視化しています。出来上がった可視化コンテンツのファイルサイズは 776MB(GFA 形式)、1401 フレームからなります。津波の色は波高により色づけをしています。町の地形や構造物は震災前の地形データと航空写真から再現しています。津波がどのように押し寄せ、町を覆っていったのが、可視化した動画から確認することができます。

### 5. おわりに

本センターの三次元可視化システムおよび可視化支援の例を紹介しました。本センター内で大規模科学計算からその結果の可視化までの一連の処理を行うことができます。ぜひ研究の強力なツールとして三次元可視化システムを活用していただければ幸いです。

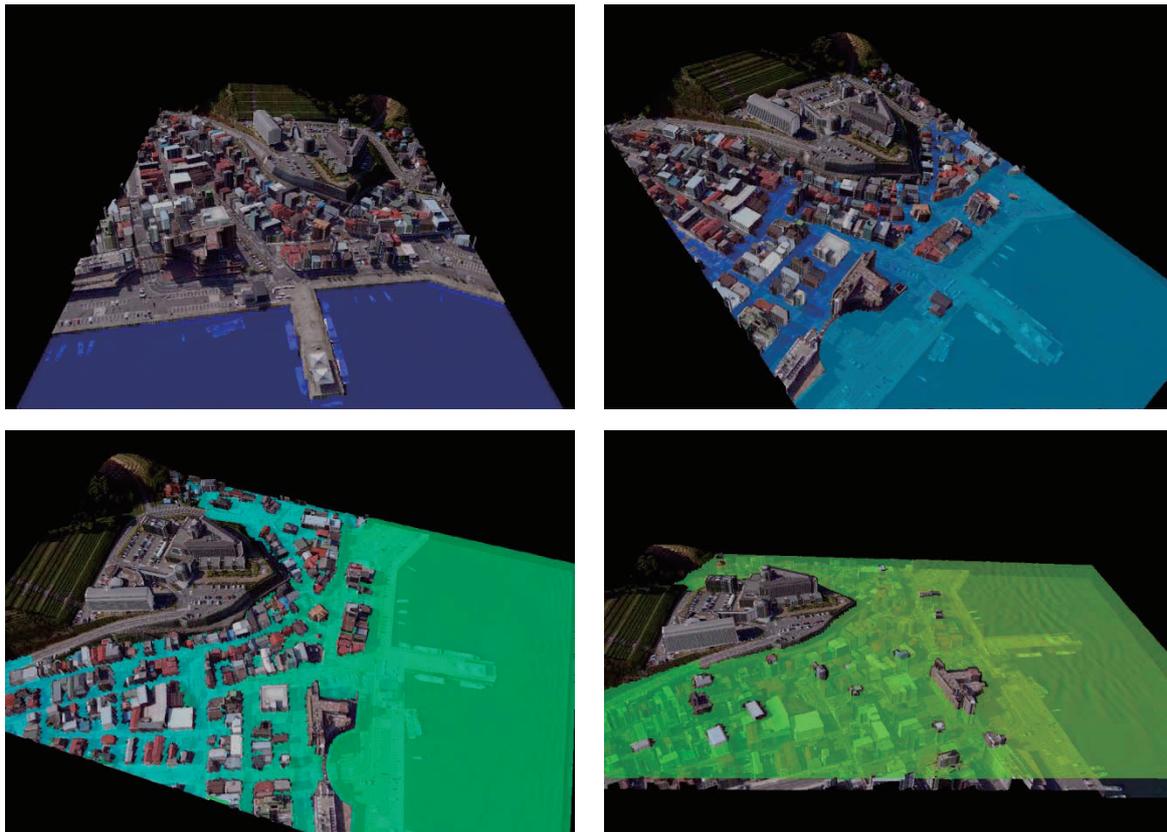


図 9 津波浸水被害の再現シミュレーション

## 謝辞

本稿を執筆するにあたり、可視化データを提供いただいた、東北大学大学院理学研究科 河野研究室 河野裕彦先生、山崎馨氏、菱沼直樹氏、大阪大学接合科学研究所 茂田正哉先生、金沢工業大学 佐々木大輔先生、東北大学大学院工学研究科 福島裕馬氏、東北大学災害科学国際研究所 越村俊一先生をはじめ、多くの方々にご協力ご支援をいただきました。心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 三次元可視化システムの利用方法 <http://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/service/vsr.html>
- [2] フリービューワ「3D AVS Player」 <http://www.cybernet.co.jp/avs/download/player.html>
- [3] 講習会資料「可視化システムの利用法」 <http://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/guide/archives.html>
- [4] 山崎馨, 上田潔, 河野裕彦, 「X線自由電子レーザーパルスによるフラーレン超多価カチオン  $C_{60}^{9+}$  の爆発解離の動力学シミュレーション」, SENAC Vol.48 No.3 (2015-7), pp.1-6, 2015
- [5] 及川啓太, 菱沼直樹, 菅野学, 木野康志, 秋山公男, 河野裕彦, 短鎖モデル DNA の鎖切断過程: 化学反応動力学による解析, 日本化学会第 96 春季年会(2016), 2016 年 3 月 24 日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京都, 2016
- [6] 茂田正哉, 「DC-RF ハイブリッド熱プラズマ流の非定常 3 次元数値シミュレーション」, SENAC Vol.46 No.3 (2013-7), pp.13-17, 2013
- [7] 福島裕馬, 大林茂, 佐々木大輔, 中橋和博, 「Building-Cube Method を用いたエンジンナセルインレットからの騒音伝播解析」, SENAC Vol.47 No.1 (2014-1), pp.35-45, 2014
- [8] S. Koshimura et al., 「The impact of the 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster and implications to the reconstruction」, Soils and Foundations 54 (2014), pp.560-572, 2014