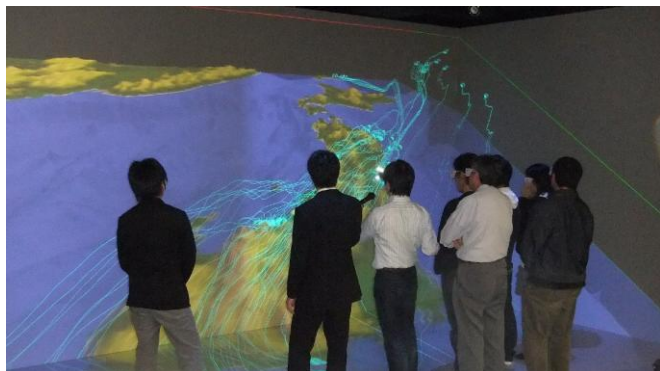


第47回 CAVE研究会



2010年10月26日
第44回CAVE研究会
@東海大学(高輪キャンパス)



2011年1月19日
第45回CAVE研究会
@埼玉大学



2007年7月18日
第27回CAVE研究会
@地球シミュレータ



2008年7月3日
第32回CAVE研究会
@地球シミュレータ



2009年8月7日
第39回CAVE研究会
@地球シミュレータ

2011年6月14日(水)
海洋研究開発機構・地球シミュレータセンター
主催:CAVE研究会
協賛:サイバネットシステム

第47回CG・可視化研究会（CAVE研究会）

日時：2011年6月15日（水）14：00～17：20

（受付開始：13：40）

研究会参加費：無料

場所：海洋研究開発機構 横浜研究所 交流棟2階 三好記念講堂

<http://www.jamstec.go.jp/j/about/access/yokohama.html>

懇親会参加費：1,000円

場所：横浜研究所内ゲストハウス1階

＝プログラム＝ ※プログラムは変更される可能性があります。

13：40 受付開始

14：00 挨拶

14：10～14：35 「Google Earth用ボリューム可視化ソフトウェアの開発」

海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター

シミュレーション高度化研究開発プログラム

川原慎太郎様

14：35～15：00 「高解像度地球ダイナモシミュレーション」

海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域

マントル・コア活動研究チーム 宮腰剛広様

神戸大学 大学院システム情報学研究所 計算科学専攻 陰山聡様

15：00～15：25 「東日本大震災による津波の被害と力について」

港湾空港技術研究所 アジア・太平洋沿岸防災研究センター

有川 太郎様

————— 休憩（15分）—————

15：40～16：30 BRAVE（CAVE）でのデモ

16：30～17：20 地球シミュレータ見学

17：30～19：00 懇親会 横浜研究所内ゲストハウス1階

代表幹事：井門俊治（埼玉工業大学 教授）

副代表幹事：吉川正晃（サイバネットシステム株式会社アドバンスド
ソリューション事業部）

幹事：山田敏規（埼玉大学情報メディア基盤センター 准教授）

幹事：細井睦子（埼玉大学情報メディア基盤センター）

幹事：北川千夏（サイバネットシステム株式会社アドバンスド

ソリューション事業部ビジュアライゼーション部 営業第1グループ）

協力：海洋研究開発機構

今までの研究会の内容は、以下URLから閲覧できます。

<http://luna.sit.ac.jp/IDOLAB/caveken/cave-meetings.html>

Google Earth 用ボリューム可視化ソフトウェアの開発

川原慎太郎, 杉村剛, 荒木文明, 高橋桂子
海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター
シミュレーション高度化研究開発プログラム

はじめに

近年, 研究成果の社会還元としてのアウトリーチ活動など, 研究者自身による一般への情報発信が強く求められている. そこで我々は, 地球・環境流体シミュレーションにより得られた 3 次元データを Google Earth [1]の技術を用いてアペーリングに表現し, 新しい情報発信の形を目指したプロジェクト「EXTRAWING (EXploring and TRaveling the World INside Geoscientific data)」を推進している[2-5]. EXTRAWING とは, 可視化手法, 情報の公開方法, それらに関連するソフトウェアなど, 本プロジェクトに関する全ての総称であり, 現在までにその成果の一つである Web アプリケーションについて公開を開始している(図 1)[6]. 本アプリケーションでは, Google Earth プラグインを用いた表示部でのシミュレーションデータの可視化結果の自由な観察を可能にすると共に, その内容に関する平易な説明文を一般的な Web ブラウザ上から誰でも閲覧することが可能となっている. Google Earth API [7]は, Google Earth プラグインと JavaScript を用いて Google Earth を Web ブラウザ上に埋め込む技術である. 対応した Web ブラウザであれば, 初回閲覧時にプラグインを導入するだけでよく, 通常の Web ページと同様の感覚で EXTRAWING のコンテンツを閲覧することが可能である. この点においても, Google Earth を用いた既存の情報発信プロジェクトとは異なると言える.

本プロジェクトでは, シミュレーションの結果として得られたデータを Google Earth 上に表現するため, 可視化に関する知識だけではなく, Google Earth における情報表現の方法に関する知識も必要となる. このため, シミュレーション研究者が EXTRAWING で使用するためのコンテンツを作成することは困難であった. そこで本研究では, EXTRAWING で提案する可視化表現によるコンテンツ作成の効率化を目指し, GUI ベースのボリューム可視化ソフトウェアの開発を行った. 本稿では, EXTRAWING における可視化手法と, 開発したソフトウェアの概要について述べる.



図 1 Web アプリケーションの外観

EXTRAWING における可視化手法

Google Earth 上で可視化結果の表示を行うため, Google Earth が外部データとして読み込み可能なデータフォーマット(KML [8]および COLLADA [9])を用いて可視化結果の記述を行う. これらの二つのファイルフォーマットはそれぞれ表現可能なオブジェクトが異なり, EXTRAWING で提案する可視化手法では両者を組み合わせて使用する.

KML は, 三次元地理空間情報の表示を管理するための XML ベースのマークアップ言語であり, 点, 線, 面の表現が可能である. 点, 線, 面それぞれを構成する頂点の座標は緯度, 経度および高度で指定される. ただし, 面は平面ではなく, 緯度および経度で指定された範囲において高度の等しい曲面として表現される. 曲面上には指定した画像ファイルをテクスチャとして貼付することが可能である. 可視化を目的として使用する場合, スカラーデータの水

平スライスなどのカラーコンターをテクスチャ画像とすることにより単一高度のデータの表現に利用できる。一方、COLLADAは、各種3-DCGソフトウェア間でのデータ交換用ファイルフォーマットであり、建築物の表現など、KMLでは表現できない複雑なポリゴンモデルが表現可能である。COLLADAにおける各構成要素はKMLのように極座標系での記述ではなく、実空間上のある位置を原点とした直交座標系での記述となる。このため、Google Earthで利用するには地球の曲率を考慮した座標変換が必要となる。Google Earthでの可視化を目的として使用する場合、地表面に対して鉛直なカラーコンターや、等値面を示すポリゴンモデルなど複雑な三次元形状の表現に用いられる。

本手法では、KMLおよびCOLLADAでそれぞれ表現されるオブジェクト群の組み合わせにより、不透明度を有するカラーコンター画像群の積層表示という形でGoogle Earth上へのボリュームレンダリング的な表現を実現する。図2におけるXY平面をGoogle Earthの地表面とすると、KMLによる記述部で地表面に対して水平なスライス面群を、COLLADAによる記述部で地表面に対して鉛直なスライス面群をそれぞれ表現する。各スライス面には対応するカラーコンター画像を用意し、テクスチャとして貼付する。カラーコンターの画像フォーマットとしては、PNGフォーマットのものを用いる。PNGフォーマットではピクセル毎に異なる不透明度の設定が可能であり、積層表示時にはボリュームレンダリング的な表現となる。また、本手法ではスライス面群によっては層状になった構造が目立ってしまう。このため、各方向のスライス面群をそれぞれグループ化しておき、それらの構造が目立たないようGoogle Earthの機能を使って各グループの表示・非表示を適宜切り換えることで、最適な表示結果が得られる。

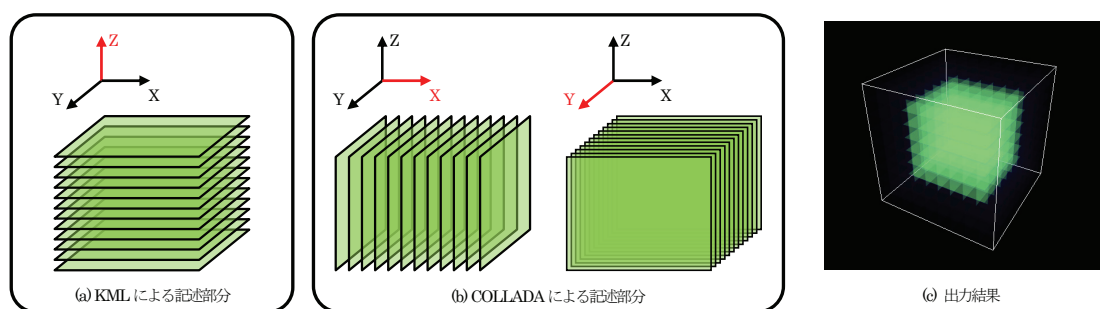


図2 EXTRAWINGにおける疑似ボリュームレンダリング表現

開発したソフトウェアの概要

EXTRAWINGで提案する可視化表現によるコンテンツデータを効率的に作成することを目的とし、前章で述べた可視化手法を実装したGUIベースのボリューム可視化ソフトウェアを開発した。本ソフトウェアに対する入力データフォーマットには、地球科学関連のデータを可視化するためのソフトウェアGrADS [10]で用いられるデータ形式(以下GrADS形式と呼ぶ)を採用した。GrADS形式のデータは、可読なテキストフォーマットで記述されたコントロールファイルと、データの実体であるバイナリファイルから構成される。コントロールファイルにはバイナリデータのファイル名、データの各軸(緯度、経度、および鉛直方向)の座標情報、データの内容に関する説明(物理量名や単位など)等が記載されている。バイナリデータについてはGrADSで取り扱い可能なもののうち、書式なしFORTRAN(単精度実数)のみを対象とした。また、同時に入力可能な物理量は一つのスカラー場のみとした。

入力されたシミュレーションデータに対しては、ユーザが設定したパラメータに従って前章で述べた可視化手法が適用される。ユーザによる可視化パラメータの調整後、その可視化結果をGoogle Earthで読み込み可能なデータフォーマットであるKML+COLLADA形式のファイルとして出力する。

開発したソフトウェアのスナップショットを図3および図4に示す。本ソフトウェアでは、ボリュームレンダリ

グに必要となる伝達関数の設定を、GUI を用いて行うことが可能である(図 3)。本ソフトウェアにおいて、ボリュームレンダリングに必要な伝達関数の設定は RGBA カラーを用いて行われる。その設定を行うカラーマップエディタでは、RGBA それぞれのパラメータについて、コントロールポイントを使った伝達関数の設定が可能である。各コントロールポイント間は Ferguson 曲線による接続となっており、マウスのクリックによるコントロールポイントの追加および削除、ドラッグによるコントロールポイントの移動が可能である。また、いくつかのカラーマップパターンについてはプリセットとして用意されており、それらを選択することによって伝達関数の設定を効率的に行うことも可能である。プリセットされたカラーマップパターンを選択した場合に、それらをベースとしてカラーマップの編集を行うことも可能である。各座標軸に対応するスライス面の枚数やスライス面群の表示の有無についても、GUI のスライダーコントロールやチェックボックスを用いて設定することが可能である(図 4)。

プレビュー部では OpenGL を用いた描画により、設定したパラメータによる可視化結果を逐次確認することができる。時系列データについても対応しており、アニメーション表示させながらプレビューすることも可能である。可視化結果は計算領域を示す箱型表示(図 3)の他、地球儀表示(図 4)でのプレビューも可能であり、Google Earth 上での表示をイメージしながら編集することが可能である。ただし、Google Earth で表示される地形や建築物データとの重ね合わせ表示については本ソフトウェアでは行うことができないため、最終的な表示結果については Google Earth での表示により確認する必要がある。鉛直方向への拡大率についても設定可能であり、広範囲に渡る大気シミュレーションなど、実際の高度で表示した場合には確認することが困難な種々の現象の鉛直構造についても確認しやすいよう表現することができる。

本ソフトウェアの開発には、GUI ツールキットとして広く知られている Qt [11]を用いている。Qt はクロスプラットフォームのフレームワークであり、共通のソースコードで Windows、Linux および MacOS 用のバイナリを作成できるため、幅広いユーザ層の利用が期待できる。

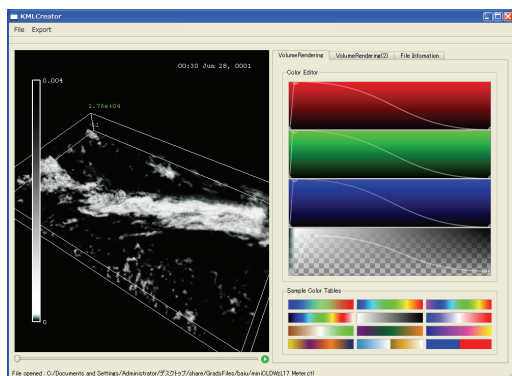


図 3 開発したソフトウェアのスナップショット
(プレビュー部:箱型表示,
コントロールパネル部:カラーマップエディタ)

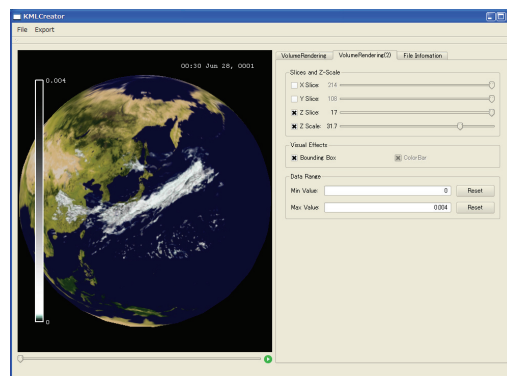


図 4 開発したソフトウェアのスナップショット
(プレビュー部:地球儀表示,
コントロールパネル部:スライス面数等の操作)

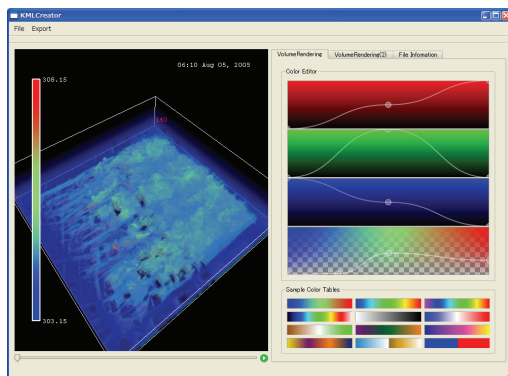
本ソフトウェアを用いたコンテンツ作成と Google Earth 上での表示

本ソフトウェアを用いたコンテンツ作成の様子と、出力された KML+COLLADA ファイルを Google Earth で表示させた様子を図 5 に示す。本データは、東京駅付近の気温分布を表現したものである。ソフトウェアのプレビュー部で示された可視化結果が、Google Earth 上でも同様に表示されていることが確認できる。また、Google Earth で表示可能な建築物の三次元モデルデータとの重ね合わせ表示についても違和感なく行われていることが確認できる。

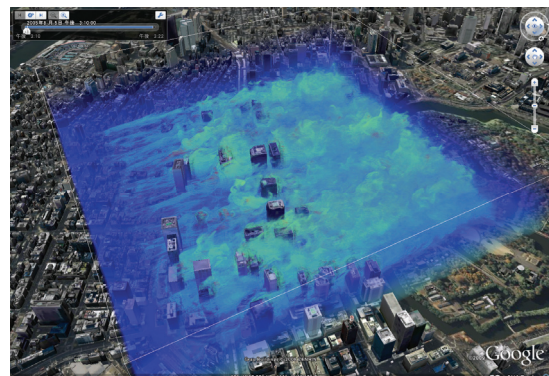
まとめ

本稿では、Google Earth の技術を応用した情報発信プロジェクト EXTRAWING の概要について紹介すると共に、そこで用いている可視化手法と、それを実装した GUI ベースのコンテンツ作成ソフトウェアの開発について述べた。本ソフトウェアにより出力された KML+COLLADA ファイルを Google Earth で読み込み、ボリュームレンダリングの結果が地形や三次元の建築物モデルデータとも違和感なく重ね合わせ表示されることを確認した。

EXTRAWING の Web アプリケーションで利用できる Google Earth の機能の内、視点移動によるツアー機能については本ソフトウェアには現在実装されていない。今後は、ツアーのためのパス作成機能の他、今回実装したボリュームレンダリング以外の可視化手法についても、Google Earth 上での可視化において効果的な機能の実装を行うことを検討している。また、今後の継続的な情報発信の為に、本ソフトウェアを用いたコンテンツの拡充はプロジェクトとしての課題でもある。



(a) 開発したソフトウェア上での表示



(b) Google Earth 上での表示

図5 本ソフトウェアを用いた可視化の様子と Google Earth 上での表示

参考文献

- [1] Google Earth (<http://earth.google.com>)
- [2] 荒木文明, 杉村剛, 馬場雄也, 川原慎太郎, 高橋桂子: EXTRAWING: Google Earth API を利用した地球・環境流体シミュレーション結果の Web 展示手法, 可視化情報 Vol.30 Suppl./No.2 pp.333-334, 2010.
- [3] 荒木文明, 杉村剛, 川原慎太郎, 馬場雄也, 高橋桂子: EXTRAWING: Google Earth API を利用した地球・環境流体シミュレーション結果の発信方法, 第 24 回数値流体力学シンポジウム 講演予稿集/F8-4 1-4, 2010.
- [4] 荒木 文明, 杉村 剛, 川原 慎太郎, 馬場 雄也, 高橋 桂子: EXTRAWING ～地球・環境流体シミュレーション結果の新しい見せ方の提案～, 第 45 回 CG・可視化研究会(CAVE 研究会), 2011.
- [5] 荒木 文明, 杉村 剛, 川原 慎太郎, 馬場 雄也, 高橋 桂子: Google Earth 上での地球流体シミュレーションの 3D 可視化表現とその発信方法 -EXTRAWING- について, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011.
- [6] EXTRAWING (<http://www.jamstec.go.jp/esc/extrawing/>)
- [7] Google Earth API (<http://code.google.com/apis/earth/>)
- [8] KML (<http://www.opengeospatial.org/standards/kml/>)
- [9] COLLADA (<http://www.khronos.org/collada/>)
- [10] GrADS (<http://www.iges.org/grads/>)
- [11] Qt (<http://qt.nokia.com/>)

高解像度地球ダイナモシミュレーション

宮腰剛広¹, 陰山聡²

1. 海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域
2. 神戸大学大学院 システム情報学研究科

目的: 地球は約 1 ガウス弱の磁場を持っている。地球磁場は高エネルギーの(生物にとっては有害な)太陽風や宇宙線から地球大気や表層環境を保護する役割を果たしている。地球の中心部には、核と呼ばれる構造があり、その外側の部分(外核)は流体鉄が主成分であると考えられている。地球の磁場は、この流体鉄が対流運動を起こすことにより、ダイナモ作用と呼ばれるメカニズムが働く事で生み出されていると考えられている。よく知られているように、磁場中を導電性の物質が動くと、電流が流れる。もし、その電流が元々あった磁場を強めるように流れれば、ダイナモ作用が有効に働き、磁場を発生させる事が出来ると考えられる。しかしながら、地球内部でこのメカニズムがどのように働いているのか、具体的にどのようにして磁場が生み出されているのかは分かっていない。どんな対流運動でも磁場を増幅出来るわけではなく、磁場は電気抵抗によってどんどん散逸してしまうため、散逸に打ち勝って磁場をうまく増幅出来るような対流運動でないとこのメカニズムは働かず、ダイナモ作用は生じない。このため、地球磁場の生成機構を知るには、外核の流体鉄の対流運動、及びそれと磁場との相互作用を知る必要がある。本研究では、地球シミュレータを用いた高解像度の大規模数値計算により、外核の対流運動とそれによる磁場生成機構の解明を目指している。

方法: この問題を解くには、地球は自転しているため、回転する球殻内における磁気対流運動を調べる必要がある。地球外核の流体鉄は極端な物理状態に置かれており、数値計算を難しくしている。その主な理由の1つが、粘性が非常に小さいという事である。粘性力は外核内ではコリオリ力のおよそ 10^9 分の1(大きな渦粘性を仮定した場合。分子粘性の値をそのまま用いると 10^{15} 分の1)しかない。一般に粘性が小さいと対流運動の空間スケールが小さくなるため、計算には高い解像度を必要とする。我々はインヤン格子(Kageyama and Sato, 2004)を用いて、通常の球座標メッシュよりもはるかに高効率なダイナモシミュレーションコードを実現し、地球シミュレータで高解像度の地球ダイナモシミュレーションを行った。その結果、粘性力のコリオリ力に対する比が 10^7 分の1(世界で最も低い値)を実現し、従来のダイナモモデルよりもより現実の地球外核に近い数値シミュレーションを行った。

結果: このような低粘性領域で初めて現れる、新しい対流構造、および電流構造、ダイナモ機構を発見した。対流構造は、中心から外方向に向かう、細いシート状になる事を見出した。対流シートの経度方向のモード数は約 50~100(半径が大きくなるほど増大する、枝分かれの構造を取る)であり、シートは外核のスケールに比べて非常に薄い。シート状対流はほぼまっすぐ動径方向に伸びており、そこでは動径方向の運動が卓越するが、さらにその外側に、経度方向の運動が卓越する流れ(帯状流)があり、2重対流構造となっている事が分かった(Miyagoshi et al. 2010)。またこの対流は強いダイナモ作用を持ち、対流の運動エネルギーよりも大きな磁場を生み出す事が分かった。

ダイナモ作用によって生み出される電流はコイル構造に組織化されており、コイルの幅は対流シートの厚みと同程度で外核スケールに比べて非常に小さいものであった (Kageyama et al. 2008)。シミュレーション全体の領域に対して構造が非常に細かいため、シミュレーション領域内に入り込み内部を自由に探索出来る CAVE による解析が威力を発揮した。解析の結果、細いシート流が磁場を強く引き伸ばす事により磁場が増幅されること、電流コイル内に磁束管と呼ばれる強磁場が集中して束ねられた構造が形成される事が分かった (Miyagoshi et al. 2011, in press)。

結論: 地球シミュレータを用いて、世界で最も低粘性の地球ダイナモシミュレーションを行った。その結果、外核内の対流構造、対流によって生み出される電流構造、磁場生成機構について新しい発見を得た。シミュレーション領域全体よりも構造の方がずっと小さいため、CAVE による探索や解析が非常に有効であった。

東日本大震災による津波の被害と力について

独立行政法人 港湾空港技術研究所 有川 太郎

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に生じた非常に大きな地震により、巨大な津波が太平洋沿岸部を襲い、多くの人命、財産を奪った。

その津波の高さを調査（※1）すると、図-1 のようになる。北海道は上に、そのほかは右側に津波高さを示す。大きいところでは30mを越える場所まで津波が到達した。細かくみると、岩手県においては、今回の津波は、明治三陸津波より平均的に大きく、宮城県以南においては、それらに比べ比較にならないくらい大きな津波が来襲したことがわかる。宮城以南では、貞観地震（869年）による津波の規模と同じぐらいとも言われる（※2）。

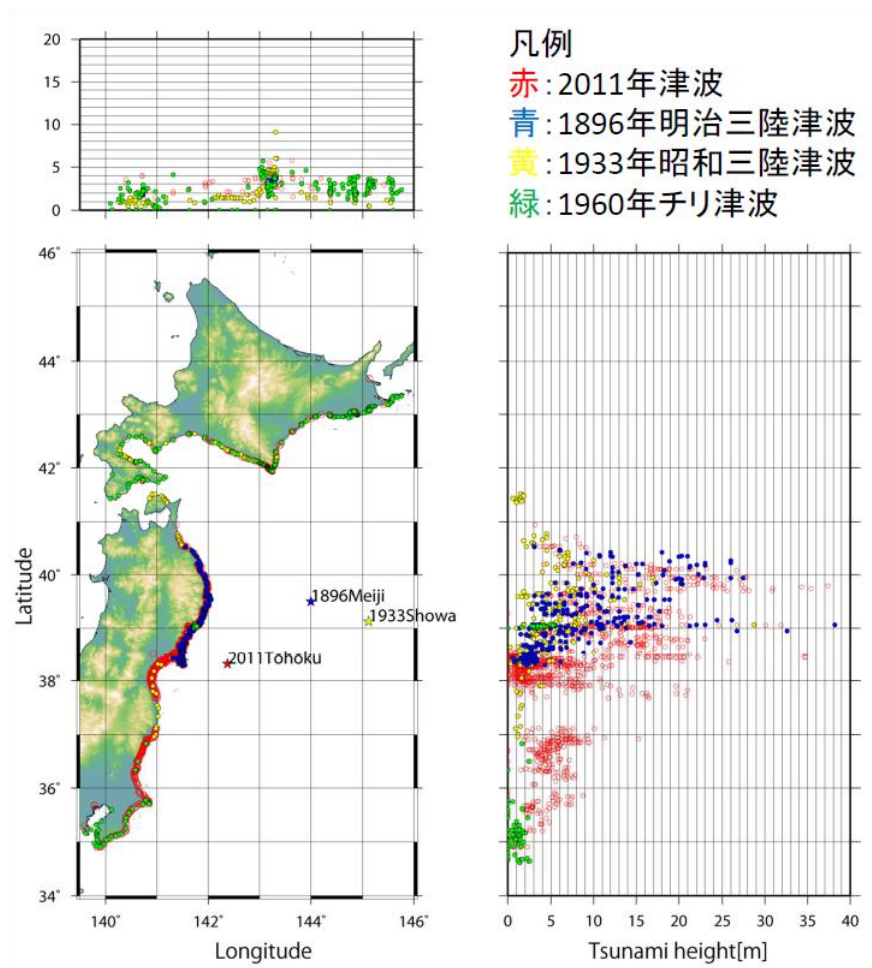


図-1 東北地方太平洋沖地震による津波高さと過去の津波高さの比較

2. 津波の力と被害の実態

2. 1 陸地に押し寄せた後の津波

沖側で 6m を越えるような津波は、各地で図-1 のように非常に高い津波となって陸地に襲いかかった。そのときの様子は、たくさん撮影されている。このなかで、今回の津波の非常に特徴的であったのが、段波と呼ばれる津波である。図-2 は段波の種類であるが、仙台平野の海岸などの砂浜海岸でみられた波状段波や、大きな津波が砕波した砕波段波が各地でみられた。

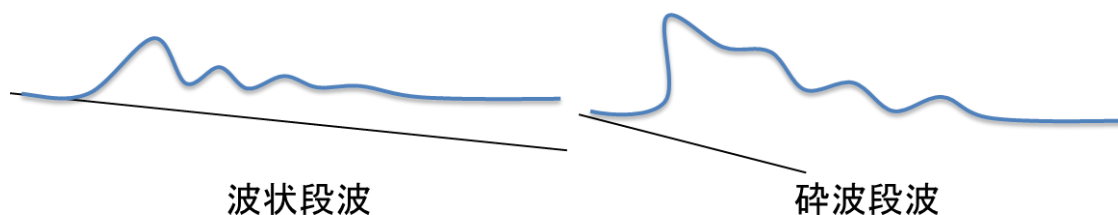


図-2 段波の種類

特に砕波段波は、波が砕けることで、その勢いが増し、ゆっくりと遡上してくる津波よりも非常に大きな力を沿岸部に作用させることとなる。

2. 2 津波力の被害とコンクリート構造物

ここでは、主にコンクリート構造物の被害であるが、浸水深が 10m を越える場所では、壁が壊れたり、建物が流されたりした。宮城県女川町では、多くの鉄骨やコンクリートの建物が被害を受けた。写真-1 は、岸壁近くにあったと思われる 3 階建のアパートが流され様子と右隣は 2 階建の交番の横倒しになった。女川町では、約 18m の浸水深があったため、これらの建物は、完全に水没し流されたと推測される。写真-9 は、15cm の鉄筋コンクリートの壁が破壊され、津波の勢いが大きかったと考えられる。



写真-1 鉄筋コンクリート建物の被害



写真-2 コンクリート壁の被害

3. 数値計算手法の構築と可視化

3. 1 計算手法

段波においては、砕波などの変形を計算すること波力を計算するための重要な要素となり得ることから、本研究では、流体計算と個別要素法との連成システムを開発し、様々な流体による破壊現象に適用できるような計算手法の構築を行った。段波による射流を擬似的に作成し、大規模実験（著者ら、2008）と定性的に同様の条件となるように設定し、その破壊・変形について比較する。DEMの粒子の半径は、0.015mとして、3列の幅とし、壁厚9cmと見なせるものを作成した。壁高さは、1.2mとした。初期の配置を図-3示す。

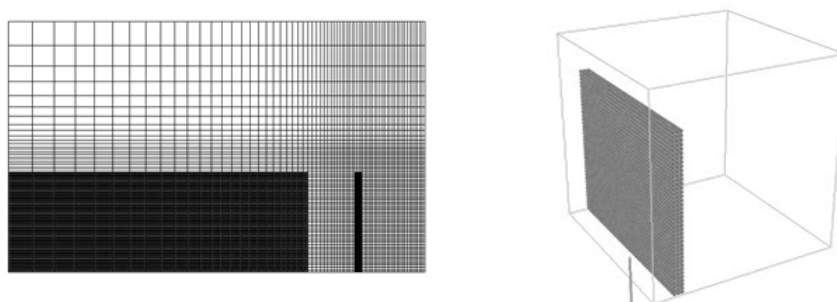


図-3 初期配列（左：流体領域，右：DEM）

3. 2 結果と可視化

側面の要素のみ壁面と拘束した場合の計算結果を図-4示す。これをみると、著者ら(2008)の壁厚が6cmのときの破壊の様子によく似ている破壊モードであることがわかる。

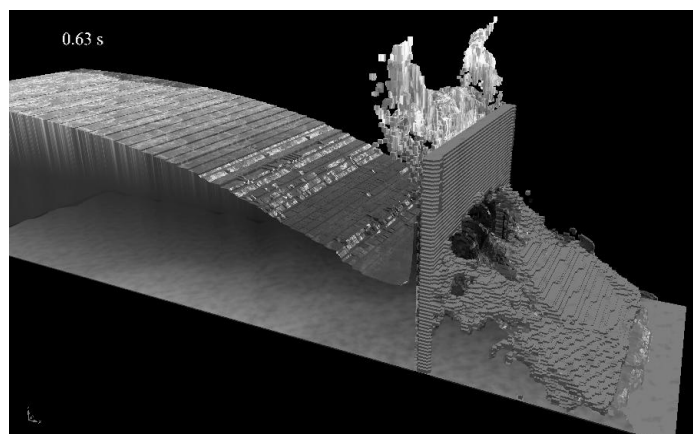


図-4 壁面の変形する様子

参考文献

- ※1 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (<http://www.coastal.jp/ttjt/>)
- ※2 たとえば、<http://unit.aist.go.jp/actfault-eq/seika/h21seika/pdf/namegaya.pdf>
- ※3 有川太郎・中野史丈・下迫健一郎・山野貴司（2008）：津波力による壁・柱部材の変形・破壊に関する大規模実験，海岸工学論文集，第55巻，pp.256-260.