

2011年東北地震による津波伝搬コンテンツの作成と 名古屋大学での活用事例

伊藤武男@名古屋大学

第60回名大祭 研究室公開企画

地球不思議体験

主催 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター

日時 6月15日(土) 13:00~17:00

場所 理学部E館E124&E127&E132



惑星 -Planet-
「ダジックアース」
宇宙から見た惑星の姿を球体スクリーンで体験できます！

火山 -Volcano-
「ミニ噴火実験」
粘土や墨汁など簡単な材料で火山の噴火を再現できます！

流動 -Rheology-
「ダイラタンシー」
片栗粉と水を混ぜるだけで不思議な現象を体験できます！

物理探査
Exploration Geophysics
「電気探査」
砂の中の目に見えない物を電気探査で見よう！

特別講演 11:30~12:00 講演テーマ @E132
鷺谷 威 教授 「大地の変動を読み解く：地殻変動学の挑戦」
名古屋大学減災連携研究センター 兼 環境学研究科附属地震火山研究センター



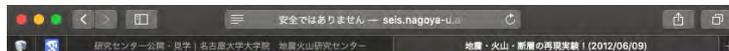
2019年6月15日 名大祭のポスターから
名大祭の企画に訪れる人は300名程度

第7回ダジック・アース研究

名大におけるダジックアースの歴

一体いつからなのか。。記録を探ると。。

どうやら2012年6月9日の名大祭が始めてのようだ



地震・火山・断層の再現実験！(2012/06/09)

開催日時：2012/06/09(土) 13:30-17:00
 場所：理学部E館 E124
 特別講演：山岡耕春教授 13:00-13:30 (場所：E132)
 主催：名古屋大学環境学研究科 地震火山研究センター
 同時開催：Petit 防災フェスタ in 名大祭2012 名古屋大学環境学研究科 地震工学・防災グループ
 ポスター (PDF:9406KB)



写真提供： M1 鈴木あゆみ 山田智哉 (地物) M2 坂田 剛

研究室公開の内容

- 「地球実験室」
- *火山実験室
 ジェル状の整髪料UNOをマグマに見立てて、火山噴火を再現した。2011年の研究室公開の火山模型に改良を加え、マグマが地下から上昇してくるのを再現した。
 去年はドライアイスを使用しUNOに空気を送っていたが、今年は機械化をし空気を送り込んだ。
- *液状化実験室
 ミニチュアの地盤模型を作り、液状化を再現した。土と水の割合を細かく調整し、軽く振動を与えると、土しかなかった地盤が泥状になり液状化を再現した。
- *地震実験室
 ダジックアースと呼ばれる球体スクリーンを使用し、地球を立体的に投影した。地球上で発生した地震分布、プレートの場所を球体スクリーンに投影し、地球上の地震の発生メカニズムを説明した。
 更に、並列の断層モデル模型を作成し、南海、東南海、東海地震の連動メカニズムを再現した。



- ### センター公開・見学等
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2019/08/9 (金)
 - 名大祭企画[地球不思議体験] 2019/06/15 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2018/08/10 (金)
 - 名大祭企画[地球不思議体験] 2018/06/9 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2017/08/10 (木)
 - 名大祭企画[地球不思議体験] 2017/06/10 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2016/08/10 (水)
 - 名大祭企画[地球不思議体験] 2016/06/04 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2015/08/11 (火)
 - 名大祭企画[地震・火山・断層の再現実験] 2015/06/06 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2014/08/08 (金)
 - 名大祭企画[地震・火山・惑星の室内実験] 2014/06/07 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2013/08/09 (金)
 - 名大祭企画[地震・火山・断層の再現実験] 2013/06/08 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2012/08/10 (金)
 - 名大祭企画[地震・火山・断層の再現実験] 2012/06/09 (土)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2011/08/11 (木)
 - 名大祭企画[大実験 地震と火山] 2011/06/04 (土)
 - サウジアラビアのキング・アブドゥルアズィズ大学副学長来訪 2010/10/06 (水)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2010/08/12 (金)
 - 名大祭企画[地震と火山を作ろう] 2010/06/05-06 (土/日)
 - タイ国科学技術省 (NSTDA)の研究チーム来訪 2009/09/11(金)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2009/08/07 (金)
 - 富山県立南砺総合高等学校8名 2009/07/30 (木)
 - 名大祭企画[身近なところで地震・火山を理解しよう！] 2009/06/06-07 (土/日)
 - センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2008/08/08 (金)

名大におけるダジックアースの歴

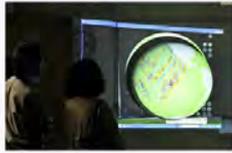
センター公開・見学会

- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2019/08/9 (金)
- 名大祭企画[地球不思議体験] 2019/06/15 (土)
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2018/08/10 (金)
- 名大祭企画[地球不思議体験] 2018/06/9 (土)
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2017/08/10 (木)
- 名大祭企画[地球不思議体験] 2017/06/10 (土)
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2016/08/10 (水)
- 名大祭企画[地球不思議体験] 2016/06/04 (土)
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2015/08/11 (火)
- 名大祭企画[地震・火山・断層の再現実験] 2015/06/06 (土)
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2014/08/08 (金)
- 名大祭企画[地震・火山・惑星の室内実験] 2014/06/07 (土)
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2013/08/09 (金)
- 名大祭企画[地震・火山・断層の再現実験] 2013/06/08 (土)
- センター見学会 (名古屋大学オープンキャンパス) 2012/08/10 (金)
- **名大祭企画[地震・火山・断層の再現実験!] 2012/06/09 (土)**

2012

地震・火山・断層の再現実験 (2013/06/08)

開催日時: 2013/06/08(土) 13:00-17:00
 場所: 理学部E館 E124
 特別講演: 山岡耕春教授 12:50-13:30, 15:20-16:00 (場所: E132)
 主催: 名古屋大学環境学研究所 地震火山研究センター
 ポスター [\(PDF:751KB\)](#)

 <p>山岡教授の特別講演 「誰にもわかる地震の仕組み」</p>	 <p>断層再現実験 (特別講演内に実演) 小麦粉とココアの断層再現モデル</p>	 <p>研究室公開の様子</p>
 <p>ミニチュア噴火実験</p> <p>身近な材料 (液体のり・石こう・重曹・水) を使って、火山噴火の再現実験を行いました。マグマがドロドロと吹き出してくる様子は面白く、人気がありました。</p>	 <p>連動型巨大地震の再現実験</p> <p>パネブロックモデルと呼ばれる断層モデルを3つ用意し、それぞれが連動するような模型を作成しました。近いうちに起こるとされている南海トラフ巨大地震を想定しています。</p>	 <p>クレーター形成実験</p> <p>大きさがそろった砂に金属球を落とすことで、クレーターを作成する実験を行いました。クレーターの形成設定に起こる現象や、クレーター形成後の地形などを実際に見ながら説明しました。</p>
 <p>液状化実験</p> <p>砂と水の割合を調整して作成した地盤模型に軽く振動を与えることで液状化を起こす実験を行いました。</p>	 <p>ダジックアース</p> <p>ダジックアースと呼ばれる球体スクリーンを使用し、地球・月・惑星を立体的に投影しました。東北地方太平洋沖地震の津波伝播のシミュレーションや月の地形などを投影し、解説しました。</p>	 <p>夕焼けの再現実験</p> <p>地球の夕焼けが赤いのは、太陽からの光が大気によって散乱されるためです。太陽に見立てた白い光を大気に見立てた液体の中で散乱させ、夕焼けの赤い光を再現しました。</p>

*地震実験室

ダジックアースと呼ばれる球体スクリーンを使用し、地球を立体的に投影し、地球上の地震の発生メカニズムを説明した。

更に、並列の断層モデル模型を作成し、南海、東南海、東海地震の連動

名大におけるダジックアースの歴

2013年名大祭で2011年東北沖地震の
津波伝搬のコンテンツが登場

- ・ダジックアースは人気コンテンツ
- ・多くのコンテンツは無かった。
- ・典型的な震源分布
グローバルな震源分布でわかること。
海嶺・海溝の位置

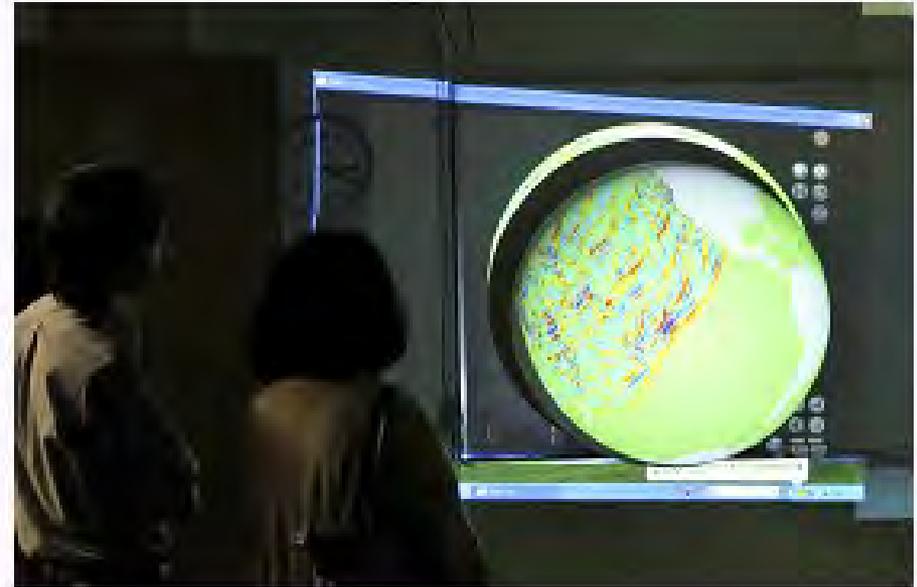
クイズ：陸にある海嶺はどこ？

- ・相対的にコンテンツが充実していたので、
Google Earthを直接投影したこともあり
しかし、位置合わせ、使い勝手など結構面倒。。

- ・試行錯誤の末、津波伝播シミュレーション
全球津波伝搬の計算には

COMCOT 1.7 を使用

コーネル大学が開発



ダジックアース

ダジックアースと呼ばれる球体スクリーンを使用し、地球・月・惑星を立体的に投影しました。東北地方太平洋沖地震の津波伝播のシミュレーションや月の地形などを投影し、解説しました。

名大祭企画の一例



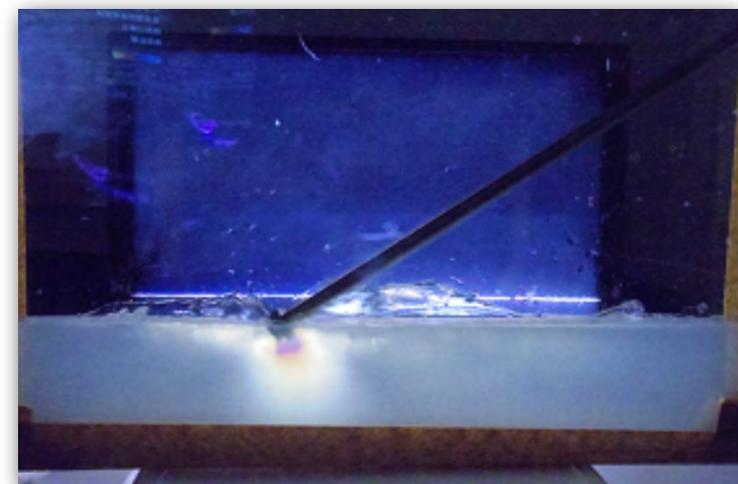
連動型巨大地震の再現実験
(バネブロックモデル)



ダイラタンシー実験
(水溶き片栗粉)



液状化実験



地震波の可視化実験
(寒天層と偏光板)



ココアと小麦粉による断層



火山噴火再現実験
(コーラとメントス)

2011年東北地方太平洋沖地震について

日時：2011年3月14日14時46分18秒

震源：三陸沖

(北緯38度6分,東経142度51分)

深さ：深さ23.7km

規模：マグニチュード9.0

(日本観測史上最大)

津波は日本に大きな影響を与えたが、
世界にはどのように伝播したのか？

東日本 大地震



津波が押し寄せた気仙沼市=11日午後、NHKニュースより



11日午後2時46分ごろ、三陸沖を震源とする地震があり、宮城県北部で震度7、東京23区でも震度5強の揺れを観測した。震源は牡鹿半島の東南東130㎞、深さは約10㎞。地震の規模を不十分マグニチュード(M)は8.1と推定される。

気象庁によると、震度7は宮城県栗原市、6強は宮城県南部、中部、福島県中通り、茨城県北部、千葉県、栃木県北部、南関東、内陸南部、福島県会津、群馬県南部、埼玉県南部、千葉県北部。

気象庁は、北海道、青森、岩手、宮城、福島、千葉県、相模湾、静岡、和歌山、徳島県などに津波警報を、北陸道から沖縄にかけて広範囲で津波警報を発令。気象庁によると、東北など各地で3mを超える津波が起きおり、沿岸地域を中心に、家路や路上の車などを押し流し、甚大な被害が出ている模様。

仙台市の名取川河口から1.5km付近は、津波崖防を越え、住宅のみ込みながら逆流した。このころに民家大火が発生し、激しい激流によって、地上を数回迂回された。濁流は内陸の道路を

走る、避難中と見られる乗用車も押し寄せ、津波路は水と土砂で覆われている。

宮城県では11日午後3時40分現在で約133万世帯が停電。火災も相次いでいるという。

被害は首都圏でも発生。警視庁によると、東京、東武の建物とみられるという。東京都江川区の百穂高連上で、乗用車やバイクが横転している情報もある。

東京消防庁によると、東京都千代田区九段南1丁目の九段会館では天井が落下して、壁の一部が倒壊。計25人がけがをし、このうち10代の女性が心臓停止で意識不明となっている。地震当時は東京観光専門学校が卒業式が行われていたという。

千葉県市原市五井海岸のコスモ石油千葉製油所によると、11日午後3時頃ごろ、製油所内のガスタンク1基からブタンガスが漏れだし、火災が発生したという。

今回の地震について、経済産業省原子力安全・保安院によると、東北地方にある原子力発電所の周辺で、放射能漏れなどの異常は報告されていない。このうち、女川原発(宮城県)、1・3号機、福島第一原発(宮城県)、福島第二原発(茨城県)は、地震の揺れを感じて、いずれも原子炉が自動停止した。

朝日新聞

朝日新聞東京本社
〒100-8702 東京都千代田区千代田1-3-2
電話:03-5561-3111
www.asahi.com

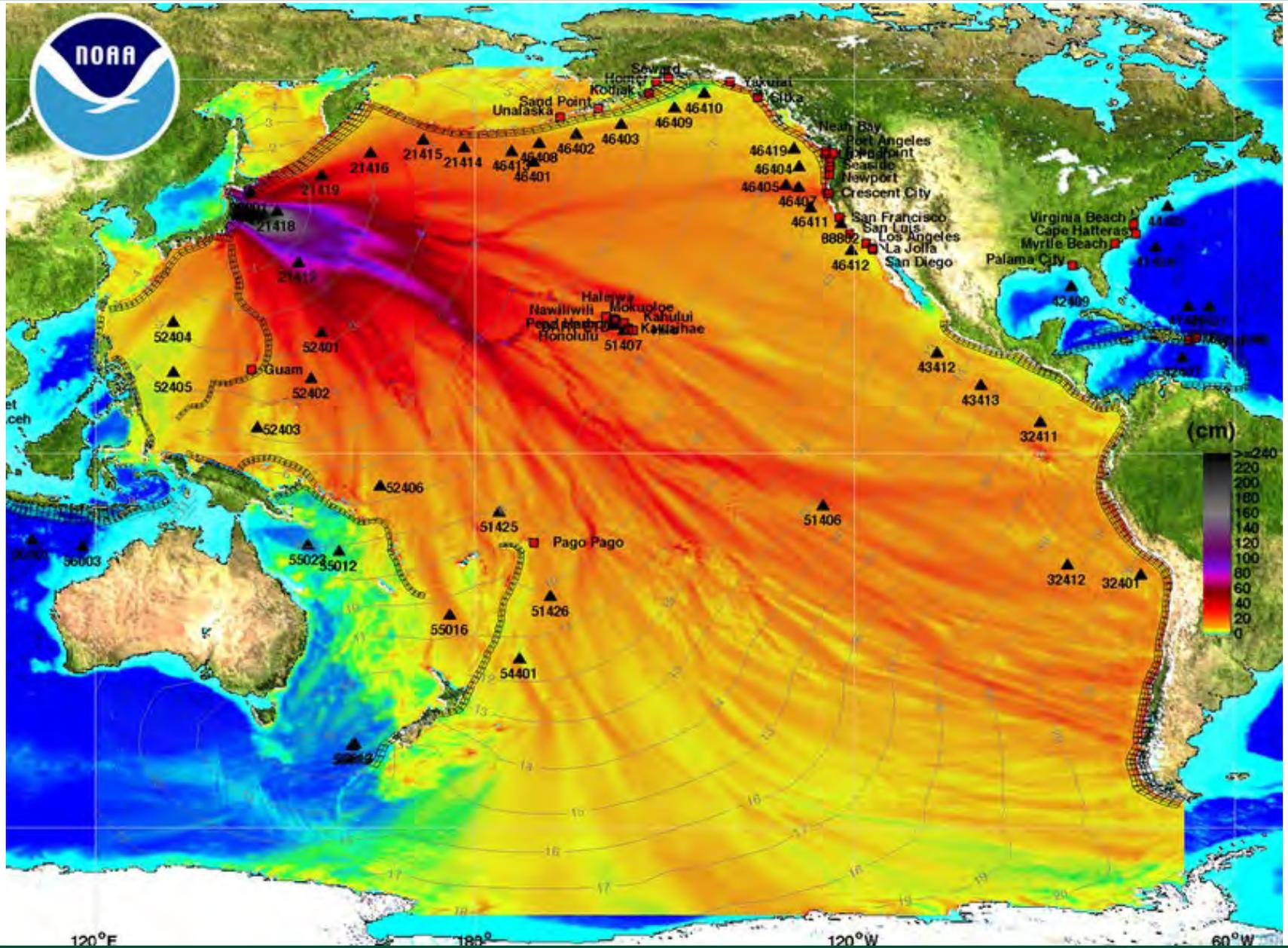
号外

朝日新聞
0120-33-0493
http://www.asahi.com

http://www.asahi.com/go/99999999

宮城震度7 大津波

太平洋を横断する津波



津波伝播の速度 (津波の物理)

法則 1 : 力の釣り合い

海面盛り上がりに関連して生じる圧力が作用して海中の流れが加速する。

$$U = g \frac{\eta L}{L C} \quad \text{流速変化} = \text{力} \times \text{時間} \quad (1 \text{式})$$

法則 2 : 質量保存

海中の流れに関連して海面が盛り上がる。

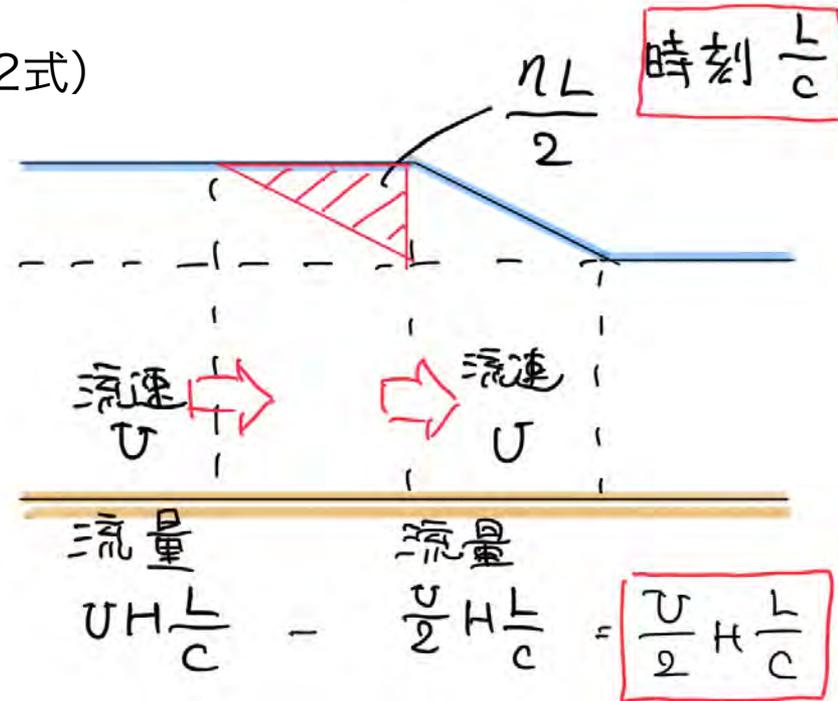
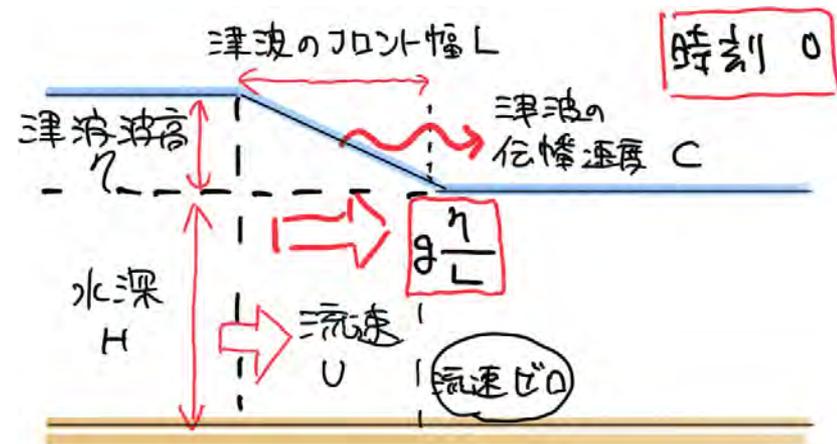
$$\frac{U}{2} H \frac{L}{C} = \frac{\eta L}{2} \quad \text{流量の収束} = \text{海面の盛り上がり} \quad (2 \text{式})$$

式 (1) と (2) を連立

$$\frac{U}{\eta} = \frac{g}{C} = \frac{C}{H} \quad \rightarrow \quad c = \sqrt{gH}$$

水深が浅いところでは津波の伝播は遅い

水深	速度
10m	9.8m/s (36km/h)
100m	31m/s (112km/h)
1000m	99m/s (357km/h)



COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami model)

COMCOT 1.7

言語 : Fortran 90

マニュアル : 59ページ (英語)

特徴 : 複数のグリッド (海底地形) の設定可

* 計算時間の短縮 (効率化)

- ・ 地震断層 / 海底地すべり / 海表面での擾乱
- ・ 非線形分散波理論 (海底摩擦) の考慮
- ・ 局所座標・球座標の考慮
- ・ 遡上計算のための移動境界条件

入力データ :

パラメータファイル (COMCOT.CTL) の準備

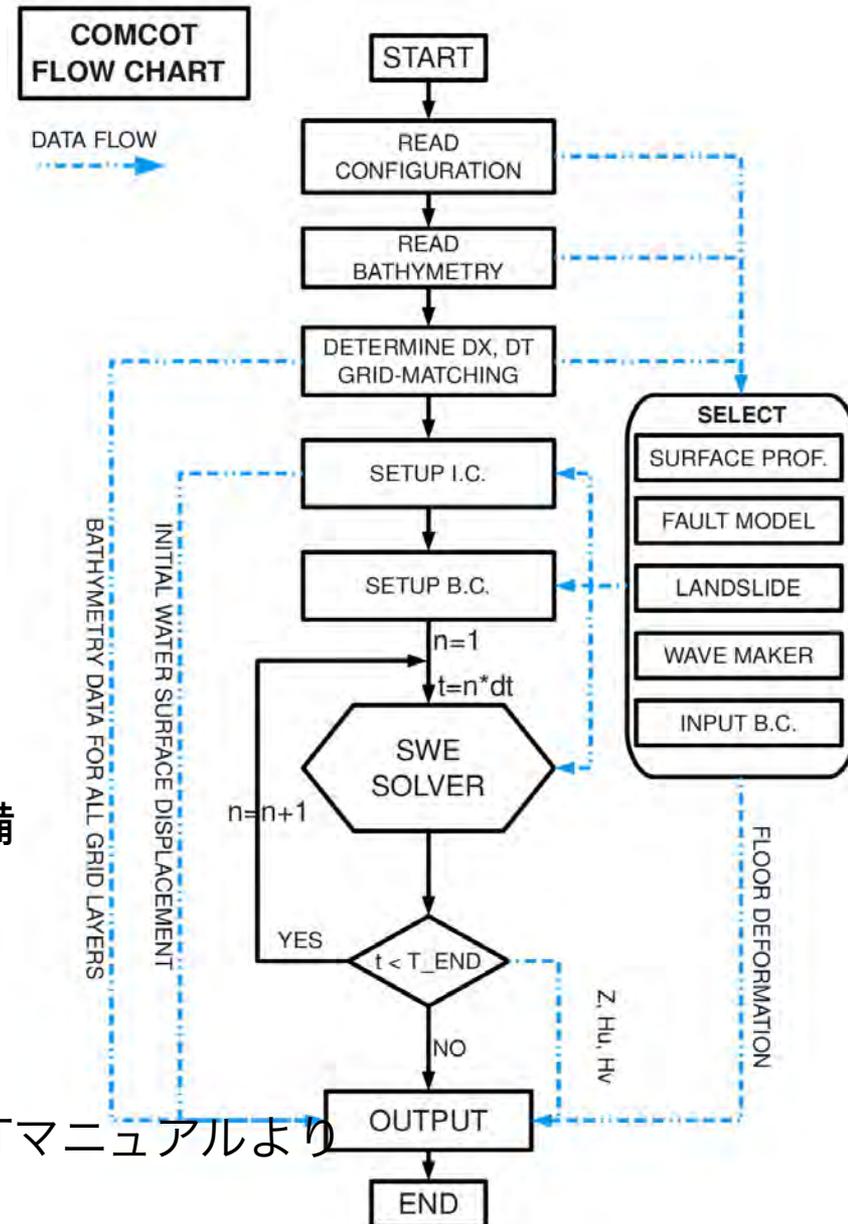
【断層パラメータ】 (場所・すべり量・走向・レイク・傾き)

【計算領域・時間などの指定】・【計算結果の出力フォーマット】

海底地形

(全球はETOPO1をほぼそのまま利用可能)

COMCOTマニュアルより



東北地方太平洋沖地震の断層モデル (国土地理院)

パラメータファイル (COMCOT.CTL)の準備

【断層パラメータ】 (場所・すべり量・走向・レイク・傾き)

・ 国土地理院の断層モデルを採用。

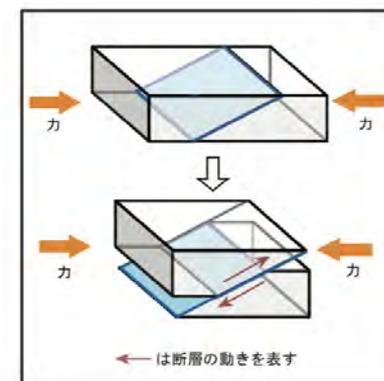
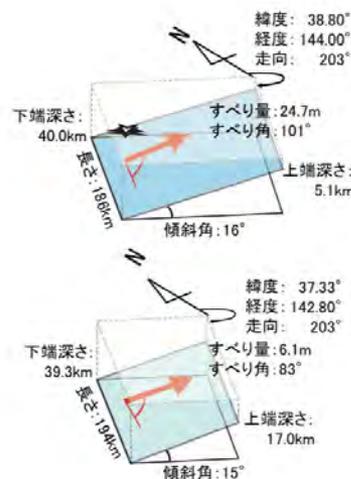
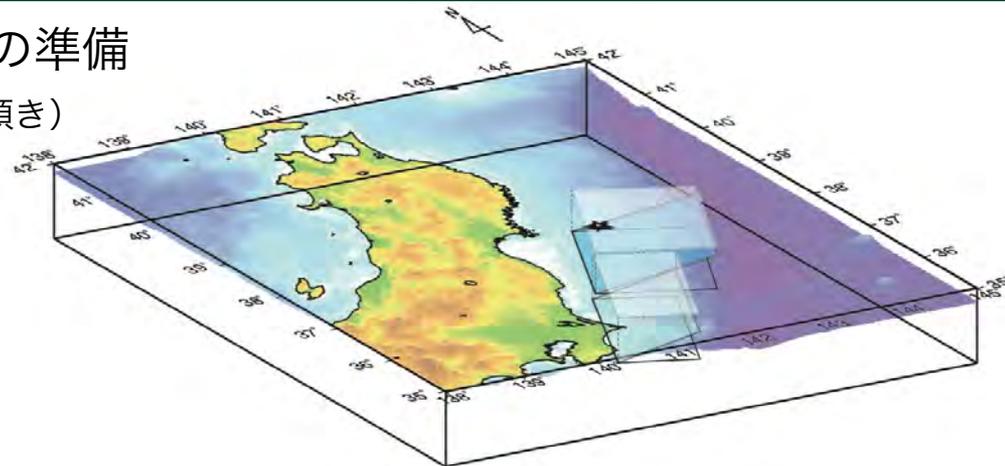
【計算領域・時間などの指定】

・ 全球を計算対象

・ 約2日間を10分間隔で出力

・ 解析結果をGMTで作図

ppmフォーマットにサイズ指定で変換
(ImageMagicのconvertコマンドを使用)

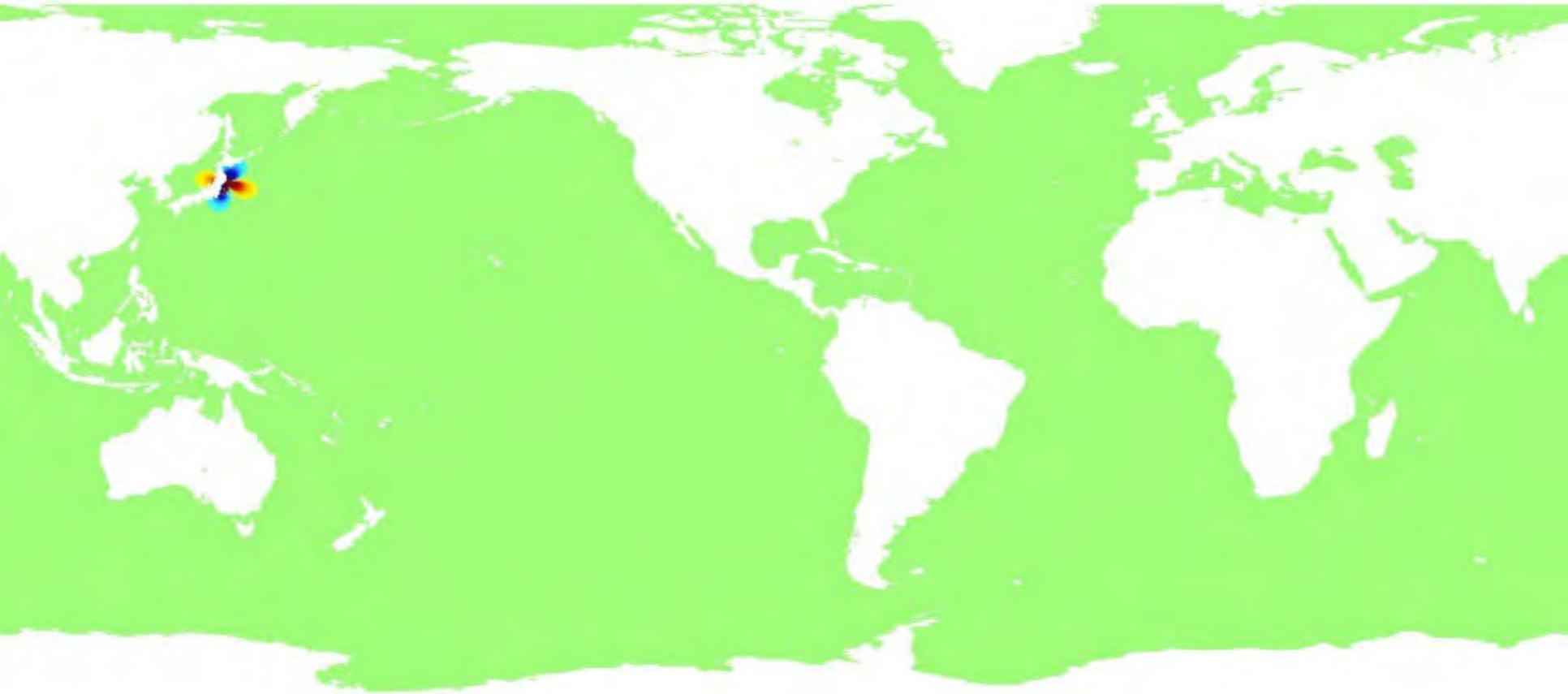


断層パラメータ

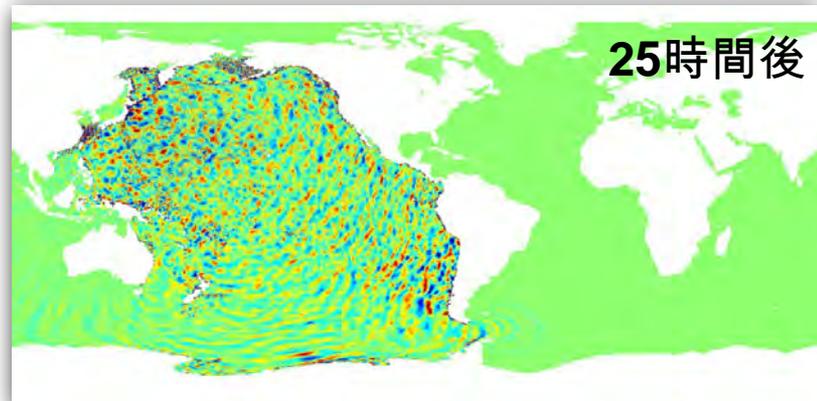
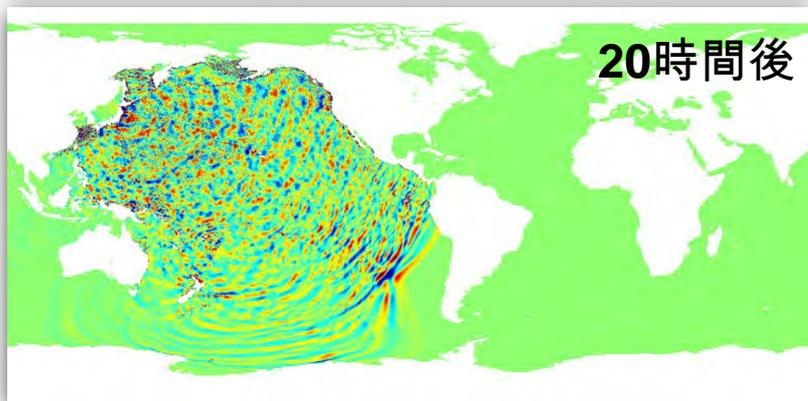
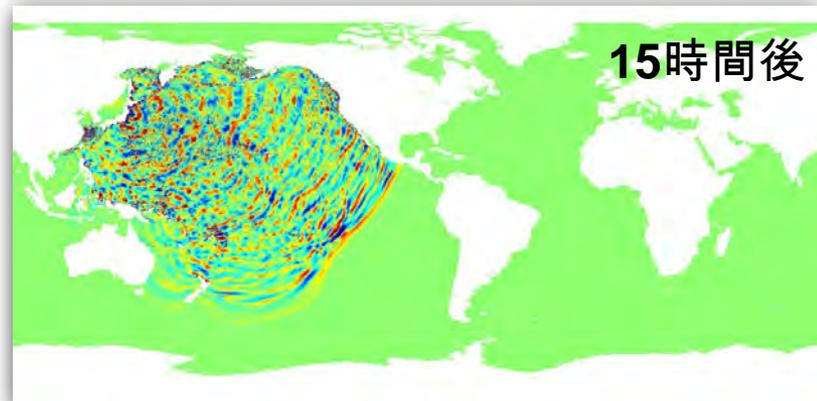
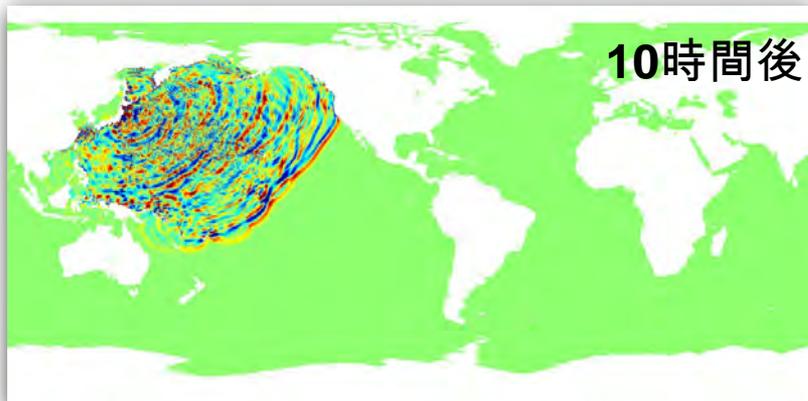
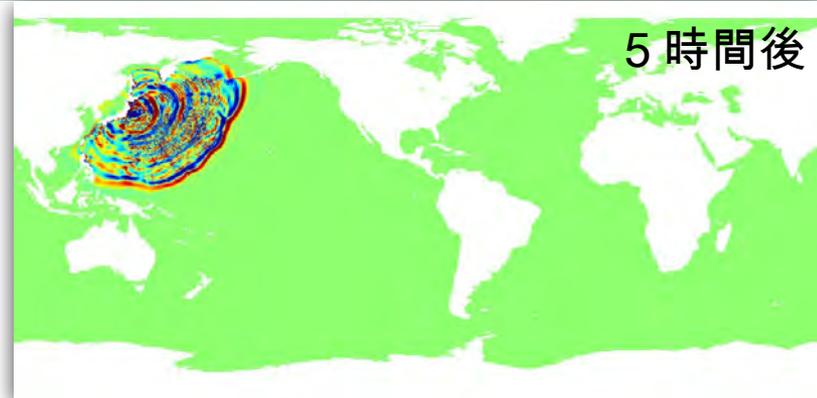
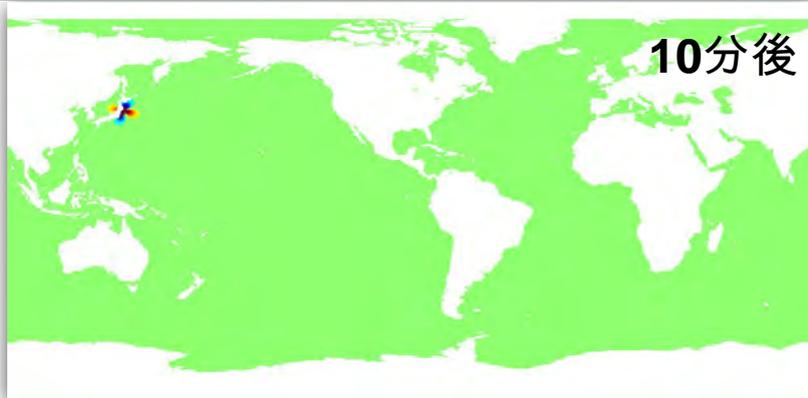
緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	すべり角	すべり量	モーメントマグニチュード
38.80 °	144.00°	5.1km	186km	129km	203°	16°	101°	24.7m	8.8
37.33 °	142.80°	17.0km	194km	88km	203°	15°	83°	6.1m	8.3

2011年東北沖地震による津波伝播シミュレーション

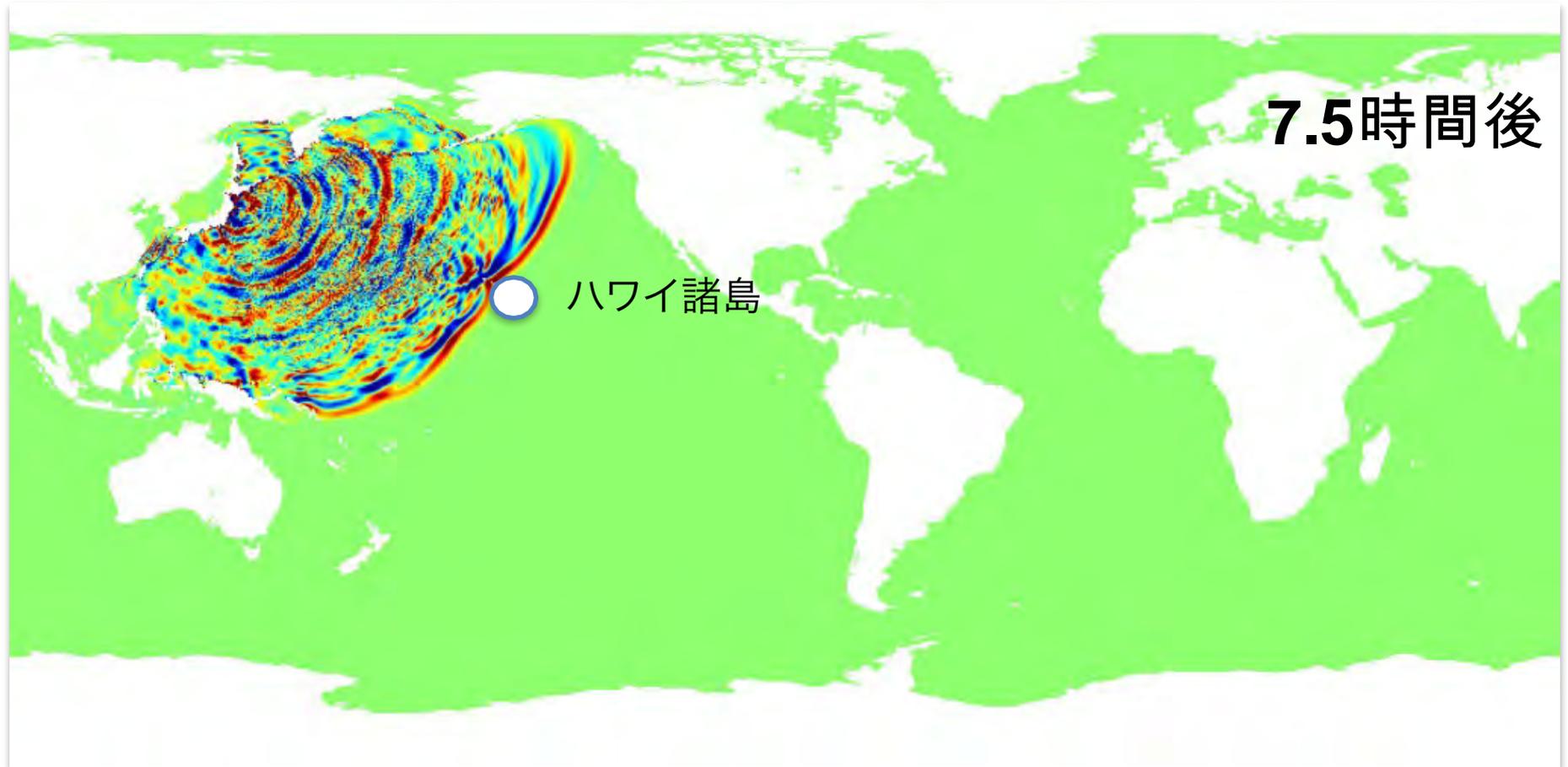
- ・ この津波伝播シミュレーションで伝えたいこと 1) 太平洋の反対側 (チリ) で津波が高くなっていることを視覚的に理解
- 2) どのような過程でチリで津波が高くなるのかを考えること



津波伝播シミュレーション (スナップショット)

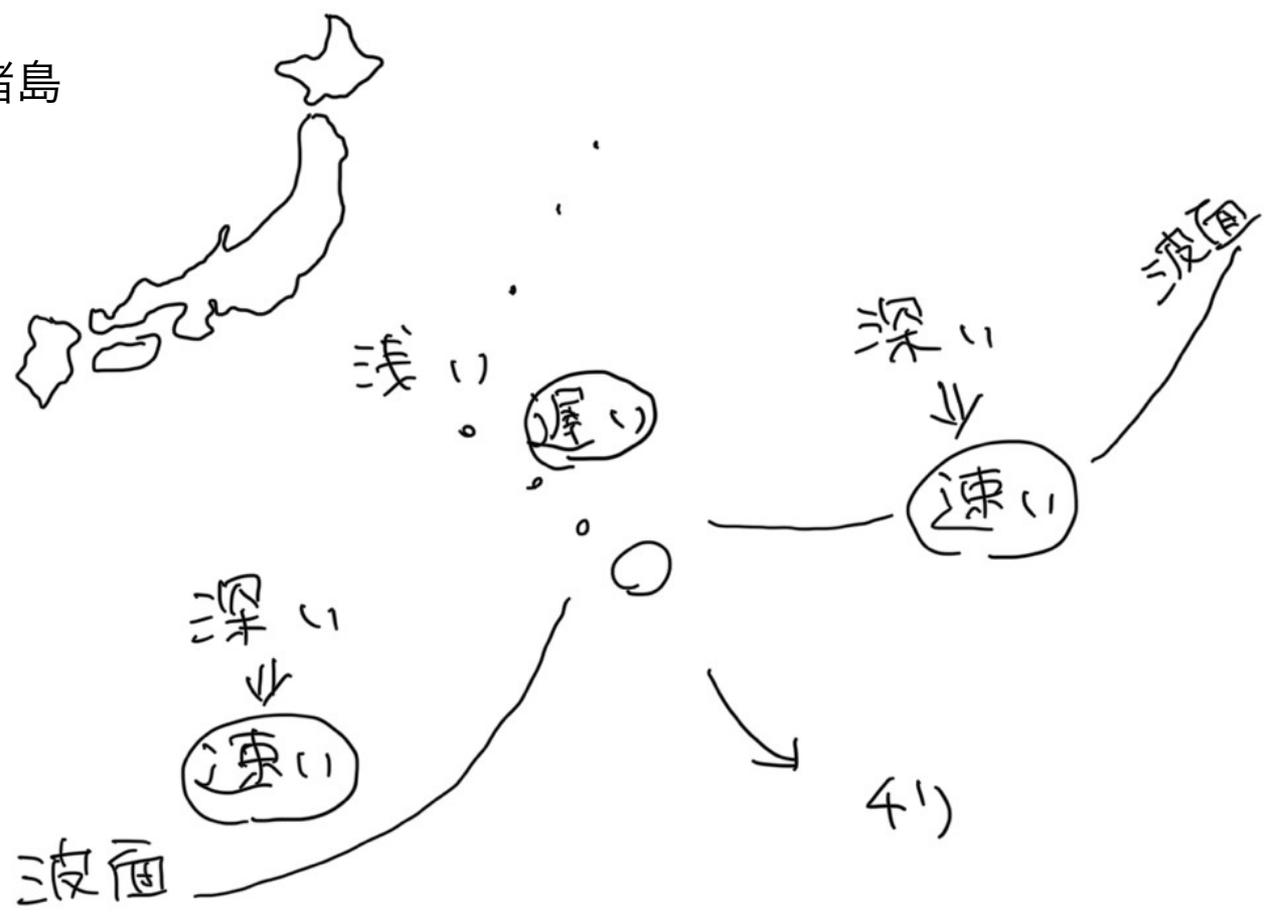
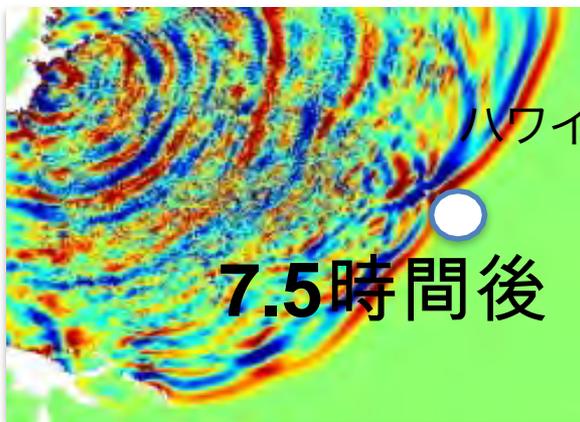


チリで津波が高くなる理由 (1)



チリで津波が高くなる理由 (1)

- ・ ハワイ諸島の北西側に、日本に向かって浅瀬が続く。
- ・ 水深が深い領域から浅い領域へ向かって津波のエネルギーが集中する『**レンズ効果**』の影響



チリで津波が高くなる理由 (2)

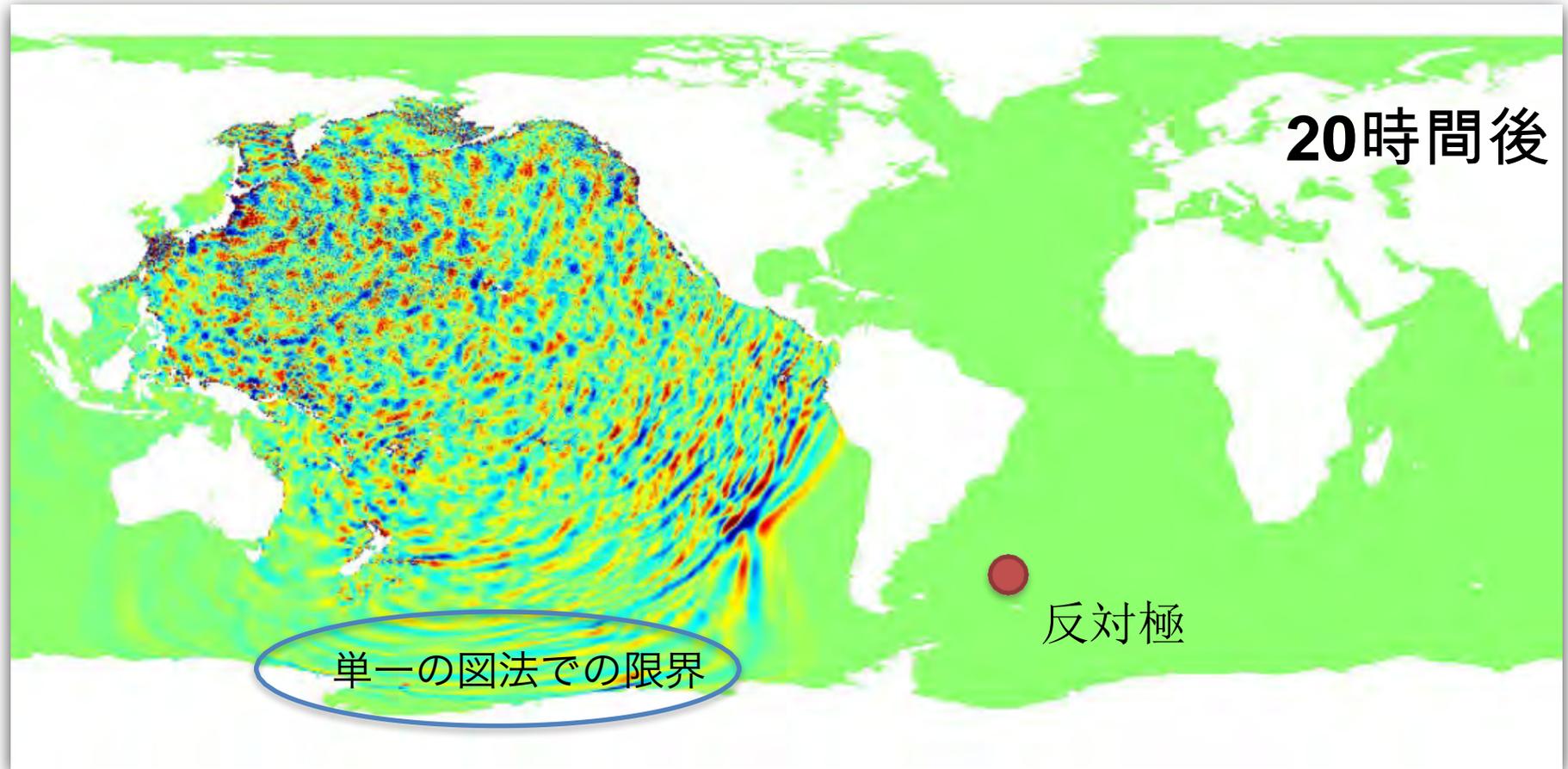
球面上を伝わる波は波源の反対極に集まる

このような現象は地震波 (表面波) でも観測される。



作図方法に依存しない可視化は波の反対極への集中が直感的に理解できる。

チリで津波が高くなる理由 (2)



震源：北緯38.10度、東経142.85度

反対極：南緯51.90度、西経37.15度

まとめ

- ・名古屋大学の学祭の企画に2012年からダジック・アースを活用している。
(集客は300人程度)
- ・コンテンツの充実を目指し、2013年から2011年東北沖地震の津波伝播シミュレーションを実施し、ダジックアースを用いて津波の伝播を可視化。
- ・津波計算コード (COMCOT 1.7) は地震の震源パラメータを与えるだけで計算可能。球座標での計算も可能なため、ダジック・アースでの可視化に向いている。

・