



JAGURS の使い方

ver. 2024.06.03

JAGURS-D_V0600 対応

1. 目次

1. 目次	2
2. はじめに	4
3. 実行環境（各種ライブラリ）のインストールとコンパイル	6
3-1. NetCDF	6
3-2. PROJ4	6
3-3. FFTW3	6
3-4. コンパイル	6
4. サンプルデータセット	7
4-1. サンプルデータ一覧	7
4-2. bathy.xxxx.grd：地形データファイル	7
4-3. disp.xxxx.grd：地殻変動データファイル	8
4-4. wetordry.xxxx.grd：WetOrDry ファイル（オプション）	8
4-5. 各種パラメータファイル	8
A. gridfile.dat：地形ネスティング指定用パラメータファイル	8
B. test_tgs.txt：波形出力ポイント指定用パラメータファイル	9
C. tsun.par：計算用パラメータファイル	10
4-6. その他	11
A. qsub.sh：キューの投入スクリプト	11
5. シリアル版での計算	12
5-1. シリアル版のコンパイル	12
5-2. シリアル版の入力ファイル	12
5-3. 各種パラメータファイルの設定	12
5-4. シリアル版の実行	12
5-5. シリアル版の出力ファイル	13
6. 並列版での計算	14
6-1. 並列版のコンパイル	14
6-2. 並列版の入力ファイル	14
6-3. 並列数（分割数）の設定	14
6-4. 並列版の実行	14
6-5. 並列版の出力ファイル	15
7. いろいろな使い方	16
7-1. 波源関連	16
A. 断層の破壊伝搬の考慮	16
B. 断層パラメータを入力し地殻変動を JAGURS 内部で計算する	17
C. Root ドメイン以外の初期水位を親ドメインの補間で得る	18
D. 海底斜面の水平移動の効果	18
E. Kajiura フィルタ	18
F. (A+B+C+D+E) いろいろ考慮した初期水位	19
G. 初期地殻変動をガウス分布で与える	21
H. 境界にサイン波を入力	22
7-2. 伝播関連	23
A. 分散ありで計算する	23
B. 吸収境界条件	23
C. Elastic Loading & 海水密度効果	24

D. マルチシナリオ実行	25
E. 計算のリスタート	27
F. 直交座標版	28
G. 粗度係数分布の入力	28
H. ライン状の構造物	29
7-3. 出力関連	31
A. 津波到達時刻の出力	31
B. NetCDF フォーマットの場合	32
C. 最大浸水深を作成する	33
7-4. 入出力関連	34
A. ピクセルフォーマットでのファイル入出力	34
7-5. ノーマルモード理論を用いた大規模噴火に伴う気圧波の生成と津波との連成	37
A. 概要	37
B. 大まかな流れ	37
C. 実行方法	37
8. パラメーター一覧	42
8-1. コンパイル時に指定するオプションパラメーター一覧	42
8-2. 計算パラメータファイル (tsun.par) で指定可能なパラメーター一覧	44
9. さいごに	47
10. 改訂履歴	48

2. はじめに

ここでは、主に JAGURS の使用方法についてサンプルデータを用いながら説明します。

JAGURS は線形長波、非線形長波、線形分散波、非線形分散波論に基づく、津波伝搬および浸水計算コードです。

さらに、津波荷重による地殻の弾性変形の効果や鉛直方向の海水密度の違いを考慮することができます。スタッガード格子、リーブフロッグ法を用いた差分法でこれらを解いています。

また、球面座標系もしくは直交座標系での計算が可能で、地形ネスティングも利用できます。その他、マルチシナリオ実行など様々な機能があります。

コードは、Fortran90 で記述され、OpenMP と MPI を用いての並列・大規模計算が可能となっています。

JAGURS 開発に関する参考文献を以下に示します。

参考文献

[非線形長波]

Satake, K. (2002). Tsunamis, in International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, (eds. Lee, W.H.K., Kanamori, H., Jennings, P.C., and Kisslinger, C.) (Academic Press 2002) 81A, pp. 437–451.

[ネスティングアルゴリズム]

Jakeman, J.D., O.M., Nielsen, K., Vanputten, R., Mleczeko, D. Burbidge, and N. Horspool (2010). Towards spatially distributed quantitative assessment of tsunami inundation models, Ocean Dynamics. <https://doi.org/10.1007/s10236-010-0312-4>

[並列化]

Baba, T., N. Takahashi, Y. Kaneda, Y. Inazawa and M. Kikkoin (2014). Tsunami Inundation Modeling of the 2011 Tohoku Earthquake using Three-Dimensional Building Data for Sendai, Miyagi Prefecture, Japan, Tsunami Events and Lessons Learned, Advances in Natural and Technological Hazards Research, 35, pp.89–98. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7269-4_3

安藤和人, 馬場俊孝, 松岡大祐, 加藤季広 (2014). 京コンピュータによる大規模津波シミュレーション, 情報処理, 55, pp.4–9.

Baba, T., K. Ando, D. Matsuoka, M. Hyodo, T. Hori, N. Takahashi, R. Obayashi, Y. Imato, D. Kitamura, H. Uehara, T. Kato, R. Saka (2015). Large-scale, high-speed tsunami prediction for the great Nankai trough earthquake on the K computer, Inter. Jour. of High Per. Comp. App. <https://doi.org/10.1177/1094342015584090>

[分散波]

Saito T., K. Satake, and T. Furumura (2010), Tsunami waveform inversion including dispersive waves: the 2004 earthquake off Kii Peninsula, Japan, J. Geophys. Res., 115, B06303, <https://doi.org/10.1029/2009JB006884>, 2010.

Baba, T., N. Takahashi, Y. Kaneda, K. Ando, D. Matsuoka, and T. Kato (2015). Parallel implementation of dispersive tsunami wave modeling with a nesting algorithm for the 2011 Tohoku tsunami, Pure appl. Geophys. <https://doi.org/10.1007/s00024-015-1049-2>

[地殻の弾性と海水密度の効果]

Allgeyer, S., and P. Cummins (2014). Numerical tsunami simulation including elastic loading and seawater density stratification, Geophys. Res. Lett., 41, 2368–2375. <https://doi.org/10.1002/2014GL059348>

Baba, T., S. Allgeyer, J. Hossen, P.R. Cummins, H. Tsushima, K. Imai, K. Yamashita, and T. Kato (2017). Accurate numerical simulation of the far-field tsunami caused by the 2011 Tohoku earthquake, including the effects of Boussinesq dispersion, seawater density stratification, elastic loading, and gravitational potential change, Ocean Modelling, 111, 46–54, <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.01.002>

[気圧波との連成]

Mizutani, A., & Yomogida, K. (2023). Source estimation of the tsunami later phases associated with the 2022 Hunga Tonga volcanic eruption. Geophysical Journal International, ggad174. doi: 10.1093/gji/ggad174

[その他]

Kajiura, K. (1963). The leading wave of a tsunami, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 41, pp. 535–571.

Tanioka, Y. and K. Satake (1996). Tsunami generation by horizontal displacement of ocean bottom, Geophys. Res. Lett., Vol. 23, pp. 861–864, 1996.

3. 実行環境（各種ライブラリ）のインストールとコンパイル

JAGURS を実行するために必要な環境（ライブラリ）を、あらかじめインストールしておきます。

各ライブラリのインストール方法については、各ソースコード付属の README をご参照ください。

なお、JAGURS ソースコードに付属の README にも各ライブラリインストール時の注意事項が記載されていますのでそちらも併せてご参照ください。

3-1. NetCDF

NetCDF 形式のデータを扱うためのライブラリです。JAGURS-D_V0406 以降では NetCDF4 が必須となります。そのため、HDF5 ライブラリ等のインストールも必要となります。

ダウンロード先: <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>

3-2. PROJ4

地図投影法および測位法の変換を行うライブラリです。

ダウンロード先: <https://trac.osgeo.org/proj/>

3-3. FFTW3

離散フーリエ変換を高速計算するためのライブラリです。

ダウンロード先: <http://www.fftw.org/>

3-4. コンパイル

JAGURS-D_V0520/ にソースコード一式が格納されています。

- (1) ソースコードのディレクトリ下にある Make ファイル（Makefile）に先にインストールしたライブラリのパスを設定します。

【主な編集箇所】

NETCDF=/opt/atlocal/netcdf/4.1.3	←実行環境上の NetCDF ライブラリのパス
PROJ4_DIR=/home/G10004/t-katou/JAGURS/local	←実行環境上の PROJ4 ライブラリのパス
FFTW3_INCLUDE_DIR=\$(MKLR00T)/include/fftw	←実行環境上の FFTW3 ライブラリのパス

- (2) 次のコマンドで、コンパイルします。

```
$ make -f Makefile
```

なお、JAGURS は球面座標系と直交座標系の切り替えや、非 MPI と MPI の切り替えなどのいくつかの機能はコンパイルオプションを選択することによって行います。コンパイルオプションについては「8-1. コンパイル時に指定するオプション一覧」を参照してください。

4. サンプルデータセット

4-1. サンプルデータ一覧

サンプルデータセットには、以下のファイルが含まれています。

【地形データファイル】

bathy.SD01.grd, bathy.SD02.grd, bathy.SD03.grd, bathy.SD04.grd, bathy.SD05.grd

【地殻変動データファイル】

disp.SD01.grd, disp.SD02.grd, disp.SD03.grd, disp.SD04.grd, disp.SD05.grd

【WetOrDdy ファイル】

wetordry.SD05.grd … 海陸判定を明示的に指定するためのファイル

【各種パラメータファイル】

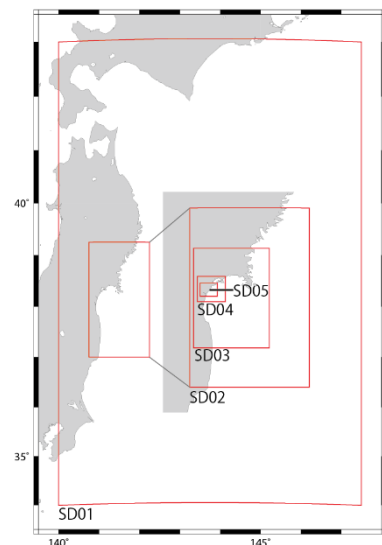
gridfile.dat … 地形ネスティングの親子関係を記述したパラメータファイル
test_tgs.txt … 波形出力ポイントを記述したパラメータファイル
tsun.par … 計算パラメータファイル

【スクリプトファイル】

qsub.sh … キューの投入スクリプト（JMASTEC システム用の記述）

サンプルデータセットは、仙台を中心に 5 層の地形ネスティングで構成されており、格子が荒く範囲が広いドメインから順に ID が振ってあります。また、ドメイン間のグリッドファイルの格子サイズは 3 : 1 で固定です。

↓	SD01	… 18 秒格子
	SD02	… 6 秒格子
	SD03	… 2 秒格子
	SD04	… 2/3 秒格子
↓	SD05	… 2/9 秒格子



4-2. bathy.xxxx.grd : 地形データファイル

陸と海の地形データが格納されたファイルです。

- ・ファイル名の例 … bathy.SD01.grd ~ bathy.SD05.grd
- ・ファイル形式 … GMT グリッドファイル^(注1)
- ・データの向き … 鉛直下向き（陸地：負, 水深：正）[単位：m]

(注1) JAGURS-D_V0516 以前のバージョンでは、GMT デフォルトの nf フォーマット（#18）ではなく、cf フォーマット（#10）である事に注意。JAGURS-D_V0516 以前のバージョンではファイルの入出力を cf フォーマット（#10）で行う。JAGURS-D_V0520 以降のバージョンでは、nf フォーマット（#18）、cf フォーマット（#10）のいずれも扱える。ドメイン間でフォーマットが異なってもよいが、同一ドメインに関する全ての GMT グリッドファイルは同一のフォーマットでなければならない。

4-3. disp.xxxx.grd : 地殻変動データファイル

津波の初期水位分布を求めるための地震による地殻変動（鉛直変位）のデータが格納されたファイルです。

全ドメインの地形データファイルに対し、領域・格子サイズが同じ地殻変動データファイルを 1 対 1 で用意します。指定しない場合は“NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN”と書きますが、その時は該当するネストドメインには初期水位が入力されません（ただし、tsun.par に init_disp_interpolation=1 を指定した時はルートドメインの地殻変動を補間して入力します）。

- ・ファイル名の例 … disp.SD01.grd ～ disp.SD05.grd
- ・ファイル形式 … GMT グリッドファイル^(注1)
- ・データの向き … 鉛直上向き（隆起：正）[単位：m]

4-4. wetordry.xxxx.grd : WetOrDry ファイル（オプション）

計算開始時点で海陸判定を明示的に指定したい場合に使用するファイルです。指定しない場合は空欄にするか、あるいは、“NO_WETORDRY_FILE_GIVEN”とします。

次のようなケースで 사용합니다：

⇒海抜ゼロメートル地域等を対象として、初期状態で陸と判定させる

WetOrDry ファイルを指定しない場合は、同じドメインの地形データファイルが指定された事になります。

浸水を検討したいドメインの地形データファイルに対し、領域・格子サイズが同じ WetOrDry データファイルを 1 対 1 で用意します。

- ・ファイル名の例 … wetordry.SD05.grd
- ・ファイル形式 … GMT グリッドファイル^(注1)
- ・データの内容 … 陸地：負, 海域：正

4-5. 各種パラメータファイル

A. gridfile.dat : 地形ネスティング指定用パラメータファイル

地形ネスティングの親子関係や、オプションファイルの使用有無を記述するファイルです。

先頭行から親グリッドファイル、子グリッドファイル、孫グリッドファイル … という様に順に記述します。

なお、一つの親の下に複数の子を定義する事も可能です。

- ・ファイル名の例 … gridfile.dat

【記述例】

SD01	SD01	1	bathy.SD01.grd	disp.SD01.grd		←親
SD02	SD01	0	bathy.SD02.grd	disp.SD02.grd		←子
SD03	SD02	0	bathy.SD03.grd	disp.SD03.grd		←孫
SD04	SD03	0	bathy.SD04.grd	disp.SD04.grd		←ひ孫
SD05	SD04	0	bathy.SD05.grd	disp.SD05.grd	wetordry.SD05.grd	←やしゃ孫

- ・区切り文字：スペース

- ・最終行が空白だとエラーが出ます。

- ・各カラムの説明は次の通りです。

第1カラム：地形 ID

第2カラム：その地形 ID の親の ID（最も親の場合は自身の ID を記入）

第3カラム：線形（1）／非線形（0）の指定（グリッド単位で線形／非線形を指定可能）

- 第4カラム：地形データファイル名
- 第5カラム：地殻変動データファイル名
- 第6カラム：WetOrDry データファイル名（オプション）

B. test_tgs.txt：波形出力ポイント指定用パラメータファイル

験潮所（検潮所）の所在地等、波形を出力したいポイント（＝ステーション）の座標を指定するためのファイルです。指定座標の最も近い格子を出力ポイントとします。

- ・ファイル名の例 … test_tgs.txt

【記述例】

6	←ステーションの総数			
40.116667	142.0666667	1	#GPS807	
39.627222	142.1866667	2	#GPS804	
39.258611	142.0969444	3	#GPS802	
38.857778	141.8944444	4	#GPS803	
38.2325	141.6836111	5	#GPS801	
36.971389	141.1855556	6	#GPS806	

- ・区切り文字：スペース
- ・各カラムの説明は次の通りです。
 - 1行目 … 第1カラム：ステーションの総数
 - 2行目以降 … 第1カラム：ステーションの緯度
第2カラム：ステーションの経度
第3カラム：ステーション番号（重複しない事）
“#”以降～改行まで：コメント

C. tsun.par : 計算用パラメータファイル

計算に必要なパラメータを指定するファイルです。

先頭行の「¶m」と、行末の「/」を忘れずに記述してください。

パラメータファイルの詳細については、「付録2. パラメータファイル (tsun.par) のオプション一覧」をご参照ください。

・ファイル名の例 … tsun.par

【記述例】

¶ms	←パラメータの開始記号
gridfile="gridfile.dat"	←地形ネスティングの親子関係を記述したパラメータファイル名
tgstafn="test_tgs.txt"	←波形出力ポイントを記述したファイル名
dt=0.05	←時間ステップ幅 [秒]
tend=120	←計算終了時間 [秒]
itmap=1200	←波高、流速をダンプアウトする間隔 [ステップ数]
tau=60	←ライズタイム [秒]
cf=-0.025	←海の粗度係数
cfl=-0.025	←陸の粗度係数
coriolis=0	←コリオリ力を有効にするかどうか (0 : 無効)
c2p_all=1	←子ドメインから親ドメインへ海域全コピー (1 : 処理有り)
def_bathy=1	←地殻変動に基づいて地形を変化させる (1 : 処理有り)
plotgrd=-1	←波高グリッドファイルを出力 (-1 : 全ドメイン出力)
velgrd=0	←流速グリッドファイルを出力 (0 : 出力しない)
!procx=2	←グリッドファイルの東西方向の分割数 (*並列版で使用)
!procy=4	←グリッドファイルの南北方向の分割数 (*並列版で使用)
/	←パラメータの終了記号

・区切り文字 : スペース/タブ、

・コメントアウト : ! 以降、改行まで

・dt

計算ステップ間隔を指定します。算出方法は、GMT の grdinfo コマンドを使い、各ドメインの地形データファイルから「z」の最大値 (zmax) を抜き出します。その後、下記の式に当てはめます。

JAGURS 実行時に使用する全ドメインの dt 値算出結果のうち、最小の dt 値未満を使用すると計算が安定します。

	ID	Grid(Sec.)	Grid(m)	zmax(m)	dt	
$\frac{\Delta x}{\sqrt{2gh}}$	SD01	18	450	9788.53125	1.027367238	g … 重力加速度[9.8m/s ²] h … 最大深度 (zmax) Δx … 移動幅 (Grid[m])
	SD02	6	150	2310.686523	0.704843514	
	SD03	2	50	331.7849121	0.620031355	
	SD04	2/3	16.66666667	36.26066589	0.625176761	
	SD05	2/9	5.555555556	31.81464577	0.222477407	
	SD06	2/27	1.851851852			

- ・ tau

地殻変動発生後、海水が持ち上がるまでにかかる時間を設定します。

(M8 クラスの地震で 60sec. を設定しています。)

- ・ cf / cfl

摩擦項の粗度係数です。正負で無次元の摩擦項かマニング則かを使い分けています。文献等を参考にして値を決定します。正の値を入力すると無次元の摩擦項を使うことを示し、その摩擦係数です。負の値はマニング則のマニングの粗度係数となります。cfl を指定すると、陸地だけ異なる粗度係数を与えられます。

- ・ coriolis

運動方程式にコリオリ力を考慮するか (1)、否か (0) のフラグです。外洋を伝播する遠地津波など、コリオリ力を考慮したいときに利用します。

- ・ c2p_all

子ドメインの全流速/全波高を親ドメインへコピーするか (1)、否か (0) のフラグです。
コピーする事により、ドメイン間のデータが一致します。

- ・ def_bathy

地殻変動に基づいて地形を変化させるか (1)、否か (0) のフラグです。

4-6. その他

A. qsub.sh : キューの投入スクリプト

キューの投入スクリプトです。

サンプルデータは JAMSTEC のシステム用の記述です。ご利用の環境に合わせて作成してください。

5. シリアル版での計算

5-1. シリアル版のコンパイル

Make ファイル (Makefile) の並列化ありのコンパイルオプションを次のように OFF に設定したうえでコンパイルします。シリアル版でも OpenMP によるスレッド内並列は可能です。その場合は、使用するコンパイラのオプションで OpenMP ありを指定します。

#MPI=ON	←シリアル版／並列版の切り替え：シリアル版はコメントアウト
---------	-------------------------------

5-2. シリアル版の入力ファイル

下記ファイルを同一ディレクトリ下に置きます。

ソースコード	JAGURS-D_V0xxx/	
地形データファイル	bathy.SD01.grd bathy.SD02.grd bathy.SD03.grd bathy.SD04.grd bathy.SD05.grd	
地殻変動データファイル	disp.SD01.grd disp.SD02.grd disp.SD03.grd disp.SD04.grd disp.SD05.grd	
WetOrDry ファイル	wetordry.SD05.grd	(オプション)
パラメータファイル	gridfile.dat	
	test_tgs.txt	(オプション)
	tsun.par	

5-3. 各種パラメータファイルの設定

パラメータファイルの設定内容を確認し、必要があれば修正します。

- ・地形ネスティング指定用パラメータファイル (gridfile.dat)
- ・波形出力ポイント指定用パラメータファイル (test_tgs.txt)
- ・計算パラメータファイル (tsun.par)

5-4. シリアル版の実行

パラメータファイル (tsun.par) と地形ネスティングファイル (gridfile.dat) の設定を確認したら、次のコマンドで JAGURS を実行します。

```
$ ./JAGURS-D_V0xxx/jagurs par=tsun.par
```

5-5. シリアル版の出力ファイル

ファイルの出力形式を指定しない場合^(注2) 実行ディレクトリ直下に下記ファイルが出力されます。

波形出力ポイント毎の 波高・流速	tgs000001 ～ tgsnnnnnnn	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイル形式 … テキストファイル (ASCII) ・出力ポイント毎の波高・流速が、ステップ数順に出力されます。 ・ファイル名の連番 (000001～) は、波形出力ポイントファイル (test_tgs.txt) 内のステーション番号に対応します。
ドメイン毎の初期水位	SD01.initl_disp.grd SD02.initl_disp.grd SD03.initl_disp.grd SD04.initl_disp.grd SD05.initl_disp.grd	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイル形式 … GMT グリッドファイル ・初期水位がドメイン毎に出力されます。
ドメイン毎の最大波高	SD01.zmax.grd SD02.zmax.grd SD03.zmax.grd SD04.zmax.grd SD05.zmax.grd	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイル形式 … GMT グリッドファイル ・最大波高がドメイン毎に出力されます。
ドメイン毎の最大流速	SD01.vmax.grd SD02.vmax.grd SD03.vmax.grd SD04.vmax.grd SD05.vmax.grd	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイル形式 … GMT グリッドファイル ・最大流速がドメイン毎に出力されます。
ドメイン&経過時間毎の 波高・流速 ^(注3)	SD01.00001200.grd ～ SD01.nnnnnnnn.grd [...] SD05.00001200.grd ～ SD05.nnnnnnnn.grd	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイル形式 … GMT グリッドファイル ・経過時間 (スナップショット出力間隔) 毎の波高・流速が、ドメイン毎に出力されます。 ・ファイル名の連番 (00001200～) は、計算パラメータファイル (tsun.par) 内のスナップショット出力間隔「itmap」で指定した値に対応します。

(注2) ファイルの出力形式は、コンパイル時のオプションで指定。

(注3) 流速を出力するかどうかは、計算パラメータファイル (tsun.par) で指定。

6. 並列での計算

6-1. 並列版のコンパイル

Make ファイル (Makefile) の並列化ありのコンパイルオプションを次のように ON に設定したうえでコンパイルします。なお、JAGURS は OpenMP と MPI のハイブリッド並列も可能です。

MPI=ON	←シリアル版／並列版の切り替え：並列版はこれを有効にする
--------	------------------------------

6-2. 並列版の入力ファイル

前バージョンまで JAGURS (V0407) では、MPI 並列数に従って事前に入力ファイル群を領域分割する必要がありましたが、本バージョン (V500) からシリアル版の入力ファイルをそのまま利用できるようになりました (8-1 節におけるパラメータ ONEFILE の項をご参照ください)。

6-3. 並列数 (分割数) の設定

計算パラメータファイル (tsun.par) に並列数 (領域分割数) を次のようにしています。この例では MPI 並列数が 8 です。

並列実行の場合、分割数を忘れずに記述する事。

procx=2 ←追記：X (東西) 方向の分割数 procy=4 ←追加：Y (南北) 方向の分割数
--

6-4. 並列版の実行

全グリッドファイルを分割し、分割数を計算パラメータファイル (tsun.par) に書き込んだら計算を実行します。並列化計算については、処理系によってジョブの投入の仕方は異なりますので、使用する各マシンに対応したジョブスクリプトを作成してください。

JAMSTEC のシステムでは、以下のようなジョブスクリプトを用いて OpenMP と MPI のハイブリッドジョブを投入します。

【例】 OpenMP によるノード内並列：16 コア，MPI によるノード間並列：8 ノード
(グリッドファイル分割数=2x4)
を使用する場合のジョブスクリプト (qsub.sh)

<pre>#!/bin/bash #BSUB -n 128 #BSUB -W 360 #BSUB -R rusage[mem=512] #BSUB -a ICE #BSUB -J jagurs #BSUB -o stdout #BSUB -e stderr export OMP_NUM_THREADS=16 hybrid -mpi 8 -omp 16 -mpipn 1 "/JAGURS-D_V0xxx/jagurs par=tsun.par"</pre>
--

JAMSTEC のシステムに於ける、ジョブの投入コマンドは次の通りです。

\$ bsub < qsub.sh

6-5. 並列版の出力ファイル

実行ディレクトリ直下にシリアル版と同じファイル（5-5.シリアル版の出力ファイル）が出力されます。

7. いろいろな使い方

7-1. 波源関連

A. 断層の破壊伝搬の考慮

パターンの異なる複数の地殻変動ファイルを準備する事により、断層の破壊伝搬の効果を疑似的に取り込む事ができます。複数の地殻変動を連続して読み込ませる場合は、リストファイルにまとめて記述します。

地殻変動データは、リストファイルに記載された順に、ライズタイム (tau) 秒毎に入力されます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

multrupt=1	! 1 を指定すると複数の断層モデル使用有効化、その他の場合無効化
------------	-----------------------------------

◆地形ネスティング指定用パラメータファイル (gridfile.dat)

SD01 SD01 1 bathy.SD01.grd	<u>disp.SD01.list</u>	←地殻変動ファイルの代わりに
SD02 SD01 0 bathy.SD02.grd	<u>disp.SD02.list</u>	リストファイル名を指定
SD03 SD02 0 bathy.SD03.grd	<u>disp.SD03.list</u>	
SD04 SD03 0 bathy.SD04.grd	<u>disp.SD04.list</u>	
SD05 SD04 0 bathy.SD05.grd	<u>disp.SD05.list</u>	

・区切り文字：スペース

- ・地殻変動ファイル名 (disp.SDxx.grd) の代わりに、連続して読み込む grid ファイル名の一覧を記したファイル (disp.SDxx.list) を指定します。

◆リストファイル (gridfile.dat で指定されたリストファイル) ※disp.SD01.list の場合

./disp.multrupt/disp.SD01.00.grd	←例：tau=60 の場合、0～60 秒間に入力	} 合計 180 秒 かかる
./disp.multrupt/disp.SD01.01.grd	60 秒～120 秒間に入力	
./disp.multrupt/disp.SD01.02.grd	120 秒～180 秒間に入力	

- ・実際に連続して読み込む地殻変動ファイル名をここに記述します。(各ファイルの所在 (パス) も含む)
- ・当例では、「disp.SD01.00～02.grd」を順番に 60 秒ずつかけて読み込む事になります。

B. 断層パラメータを入力し地殻変動を JAGURS 内部で計算する

この機能を有効にすると、初期地殻変動を地殻変動データファイル (disp.xxxx.grd) から読み込む代わりに、断層パラメータを記述したファイルを用いて地殻変動を計算し、その鉛直変位を初期水位とします。地殻変動の計算には半無限均質弾性体モデル (Okada, 1985) を利用しています。

初期水位は "[ドメイン名].initl_disp.grd" に出力されます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

init_disp_fault=1	! 1 を指定すると断層パラメータ取り込み機能が ON、その他の場合 OFF
fault_param_file='hoge.txt'	! 断層パラメータを記述したファイル名を指定

◆断層パラメータファイル (hoge.txt)

! lat[degree], lon[degree], depth[km], length[km], width[km],	} ←!で始まる行はコメント
! ~ dip[degree], strike[degree], rake[degree], slip_amp[m]	
40.1980 144.35 0.0 50 25 8.0 193.0 81.0 1.0	←1 行 1 断層 (断層は任意数指定可能)
...	
39.0000 143.00 0.0 50 25 8.0 193.0 81.0 1.0	←最終行が空白だとエラー

・区切り文字 : スペース

・各カラムの説明は次の通りです。

- 第 1 カラム : Lat/断層の基準点 [緯度]
- 第 2 カラム : Lon/断層の基準点 [経度]
- 第 3 カラム : Depth/地表からの深さ [km]
- 第 4 カラム : Length/断層の長さ [km]
- 第 5 カラム : Width/断層の幅 [km]
- 第 6 カラム : Dip/傾斜角 [度]
- 第 7 カラム : Strike/走向 [度]
- 第 8 カラム : Rake/滑り角 [度]
- 第 9 カラム : Slip/断層のすべり量 [m]

◆地形ネスティング指定パラメータファイル (gridfile.dat)

SD01 SD01 1 bathy.SD01.grd	<u>NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN</u>	} ←disp ファイルは不要のため 代わりにこのように記述する
SD02 SD01 0 bathy.SD02.grd	<u>NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN</u>	
...		

・区切り文字 : スペース

【補足説明】

- ・震源からの距離 (正確には "okada.sub.f" の 221 行目 "RRD=F1/(R*RD)" における "RD" の値) が 0 となる格子点が存在する場合、アラームを出して波源を X 方向に +1.0d-6 [m] ずらします。
- ・波源からの距離が (緯度経度空間で) 30 度以上のところは計算対象としません。

C. Root ドメイン以外の初期水位を親ドメインの補間で得る

この機能を有効にすると、ルートドメイン（＝最も格子が荒く範囲が広いドメイン）“以外”のドメインについて、初期波高を親ドメインの補間で取得します。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

init_disp_interpolation=1	! 1 を指定すると Root ドメイン以外の初期波高を親ドメインの補間で得る
use_linear=0	! 1 を指定すると線形補間、その他の場合はスプライン補間

D. 海底斜面の水平移動の効果

各断層パラメータから計算した地殻変動に対し、海底斜面の水平変位による津波励起の効果（Tanioka and Satake 1996）を取り入れて初期水位とします。

（※地殻変動データファイル “disp.xxxx.grd” から地殻変動を読み込んだ場合は、水平移動の効果を計算できませんのでご注意ください。）

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

hzdisp_effect=1	! 1 を指定すると水平変位寄与効果を取り入れて初期波高とする
min_depth_hde=100.0d0	! 水平移動を考慮する水深を指定 [m]

・ min_depth_hde

デフォルト値：50m

ここで指定した水深以上の値を持つグリッドでのみ、水平移動が考慮されます。

E. Kajiura フィルタ

地殻変動が短波長を含む場合には、Kajiura フィルタ（Kajiura, 1963）の適用も可能です。

各断層パラメータから計算した地殻変動、または disp ファイルで与えた地殻変動に対し、Kajiura フィルタを適用します。

Kajiura フィルタは小断層毎にフィルタがかかります。また、Kajiura フィルタに於ける h0（＝波源に於ける代表的な水深）は root ドメインのものを使用しています。Kajiura フィルタありでネストする場合は

init_disp_interpolation=1 を指定します。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

apply_kj_filter=1	! 1 を指定すると初期波高に Kajiura フィルタを適用する
init_disp_interpolation=1	! Kajiura フィルタありで、ネストする場合は必ず指定

F. (A+B+C+D+E) いろいろ考慮した初期水位

「A. 断層の破壊伝搬の考慮 (multrupt)」

「B. 断層パラメータを入力し地殻変動を JAGURS 内部で計算する (init_disp_fault)」

「C. Root ドメイン以外の初期水位を親ドメインの補間で得る (init_disp_interpolation)」を組み合わせると、断層パラメータを multiple rupture のタイミングで (つまり "tau" 秒おきに) 読み込むことができます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

multrupt=1	! 1 を指定すると複数の断層モデル使用有効化
init_disp_fault=1	! 1 を指定すると断層パラメータ取り込み機能が ON

◆地形ネスティング指定用パラメータファイル (gridfile.dat)

■各ドメインに同じ断層パラメータリストを指定する場合

SD01 SD01 1 bathy.SD01.grd fault.list	} ←断層パラメータリスト
SD02 SD01 0 bathy.SD02.grd fault.list	
SD03 SD02 0 bathy.SD03.grd fault.list	

■Root ドメインにのみ断層パラメータリストを指定する場合^(注4)

SD01 SD01 1 bathy.SD01.grd fault.list	←断層パラメータリスト
SD02 SD01 0 bathy.SD02.grd NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN	
SD03 SD02 0 bathy.SD03.grd NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN	

・区切り文字: スペース

・disp 部分に、連続して読み込む断層パラメータの一覧を記したファイル (fault.list) を指定します。

◆リストファイル (gridfile.dat で指定されたリストファイル) ※fault.list の場合

fault.0-30sec.txt	←例: tau=30 の場合、0 秒～30 秒間に入力	} 合計 90 秒 かかる
fault.30-60sec.txt	30 秒～60 秒間に入力	
fault.60-90sec.txt	60 秒～90 秒間に入力	

・実際に連続して読み込む地殻変動ファイル名をここに記述します。(各ファイルの所在 (パス) も含む)

・当例では、「fault.0-30sec.txt ~ fault.60-90sec.txt」を順番に 30 秒ずつかけて読み込む事になります。

◆断層パラメータファイル (fault.list で指定された断層パラメータファイル) ※fault.0-30sec.txt の場合

! lat long depth length width dip strike rake slip
40.19800 144.35000 0.0 50.0 25.0 8.0 193.0 81.0 0.000000
39.73800 144.33100 0.0 50.0 25.0 8.0 193.0 81.0 0.000000
[...]
36.20372 140.90455 26.0 50.0 50.0 16.0 193.0 81.0 0.000000

・断層パラメータファイルの書式は「B. 断層パラメータを入力し地殻変動を JAGURS 内部で計算する」の解説をご参照ください。

(注) 計算パラメータファイル (tsun.par) で "init_disp_interpolation=1" を追加指定する事。

さらに次のように tsun.par 指定することにより、「D. 海底斜面の水平移動の効果」と「E. Kajiura フィルタ」も合わせて、考慮できます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

hzdisp_effect=1	! 1 を指定すると水平変位寄与効果を取り入れて初期水位とする
apply_kj_filter=1	! 1 を指定すると初期波高に Kajiura フィルタを適用する

G. 初期地殻変動をガウス分布で与える

この機能を有効にすると、初期地殻変動を地殻変動データファイル (disp.xxxx.grd) から読み込む代わりに、ガウス分布設定ファイル "gaussian" で指定した値を与えます。

ガウス分布設定ファイル "gaussian" では、中心水位 h0[m] (未指定時はデフォルト値 1.0d0)、中心座標 (経度, 緯度)、幅 L[km]を指定できます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

init_disp_gaussian =1	! 1 を指定するとガウス分布付与機能が ON、その他の場合は OFF
-----------------------	-------------------------------------

◆ガウス分布設定用パラメータファイル (gaussian) ※ファイル名固定

&gaussian		
h0=1.0d0	! Wave height[m]	中心の水位
lon_o=141.300201d0	! Center lon.[Degrees]	} ガウス分布の中心座標
lat_o=38.337348d0	! Center lat.[Degrees]	
L=80.0d0	! Width[km]	ガウス分布の幅
/		

・このファイルは、波源設定用パラメータファイル "gaussian" で指定した場合のみ用意します。

◆地形ネスティング指定パラメータファイル (gridfile.dat)

SD01 SD01 1 bathy.SD01.grd	<u>NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN</u>	} ←disp ファイルは不要のため 代わりにこのように記述する
SD02 SD01 0 bathy.SD02.grd	<u>NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN</u>	
[...]		

・区切り文字 : スペース

H. 境界にサイン波を入力

この機能を有効にすると、初期地殻変動を地殻変動データファイル (disp.xxxx.grd) から読み込む代わりに、波源設定ファイル "sinwave" で指定した波源をライズタイム (tau) の間だけ波として取り込みます。

波源設定ファイル "sinwave" では、周期 T[s]、波高 a[m]、sin 波を入れる位置 (x 座標, y 座標) を指定できます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

init_disp_sinwave=1	! 1 を指定すると sin 波源取り込み機能が ON、その他の場合 OFF ! (※ init_disp_gaussian より優先されます)
---------------------	---

◆波源設定用パラメータファイル (sinwave) ※ファイル名固定

&sinwave	
T=20.0d0	! 周期 [s]
A=0.03d0	! 波高 [m]
x_index=11	! sin 波を入れる位置 (グリッド)
input_file='hoge.dat'	! dt 単位での波高データファイル
/	

- T / A

波高データファイル (input_file) を指定した場合は、T および A は無視されます。

- x_index / y_index

x_index=0, y_index=11 のようにすると、y 座標も指定可能です。

但し、x_index と y_index の両方に非 0 の値を指定すると、十字架状に sin 波ができてしまうためご注意ください。

◆dt 単位での波高データファイル (hoge.dat) ※dt=0.1, tau=30 の場合

0.1 -0.000054	←dt:0.1 (時刻 0 からスタートしていない事に注意)
0.2 -0.000054	←dt:0.2
[...]	
299.9 -0.000162	←dt:299.9
300.0 -0.000162	←dt:300.0 (tau の値を超えたので読み込まれない)

- 区切り文字 : スペース

- このファイルは、波源設定用パラメータファイル "sinwave" で指定した場合のみ用意します。
- 開始 1 ステップ目から時刻 tau に至るまで、dt 単位 (ステップ毎) に上から順に読み込みます。
(時刻 0 の行が含まれていると 1 ステップ分ずれてしまいますのでご注意ください。)
- 読み込むべきデータがなくなった場合は何もしません。
 - [実数] [実数] の行のみが有効で、他のデータは読み飛ばされます。
- 1 カラム目 (左側) の [実数] も読み飛ばされます。

◆地形ネスティング指定パラメータファイル (gridfile.dat)

SD01 SD01 1 bathy.SD01.grd	NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN	} ←disp ファイルは不要のため 代わりにこのように記述する
SD02 SD01 0 bathy.SD02.grd	NO_DISPLACEMENT_FILE_GIVEN	
[...]		

- 区切り文字 : スペース

7-2. 伝播関連

A. 分散ありで計算する

JAGURS では、分散項を取り入れた計算を行う事も可能です。

分散項を有効にすると計算時間が増大するため、通常は並列版を使用して計算を行います。

計算手順は「6.並列版での計算」のケースと同じです。

【編集対象ファイル】

◆JAGURS の Make ファイル

CONV_CHECK=ON	! ON を指定すると収束計算チェック有効化、その他の場合無効化
---------------	----------------------------------

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

with_disp=1	! 1 を指定すると分散項有効、その他の場合 OFF
max_step=150	! 反復（収束）計算の最大回数
conv_val=1.0d-8	! 反復（収束）計算チェック時に使用する打ち切り誤差の閾値 [m/s]
min_depth=10	! 分散を計算する最小水深 [m]

・ max_step

デフォルト値 : 9999

コンパイル時オプション「CONV_CHECK」

有効時 : 計算が収束した時点で打ち切られます。

無効時 : 常に「max_step」で指定した回数だけ計算が行われます。

・ conv_val

デフォルト値 : 1.0d-8

反復（収束）計算における流速の差が、この値以下になった場合に「収束した」と判定され、次のステップに進みます。（コンパイル時オプション「CONV_CHECK」有効時のみ使用されます。）

B. 吸収境界条件

吸収境界条件を設定すると、ルートドメインの端（境界）に到達した波が境界に吸収されます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

with_abc=1	! 1 を指定すると沖側吸収境界有り、その他の場合は沖側透過境界
nxa=60	! 東西（X）方向からの吸収境界の幅 [グリッド数]
nya=60	! 南北（Y）方向からの吸収境界の幅 [グリッド数]
apara=0.018	! 吸収境界の強さ

・ nxa / nxy

デフォルト値 : 20^(注5)

例えば 18 秒格子の場合、デフォルトでは「18 秒 x 20 グリッド」が吸収境界の幅として設定されます。

・ apara

デフォルト値 : 0.055 d 0^(注5)

root ドメインに於ける減衰の強さを表すパラメータで、値が大きいほど急速に減衰します。

^(注5) 境界幅を大きく、減衰を緩やかに設定すると計算が安定する傾向がある。（nxa/nxy=60, apara=0.002d0, 辺り）

C. Elastic Loading & 海水密度効果

連続の式に津波の荷重による地球の弾性変形の効果を入れるかどうかのオプションです。

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

(Elastic Loading に関するパラメータ)

with_elastic_loading=1 ! 1 を指定すると Elastic loading が ON、その他の場合 OFF
m_radius=2.0d3 ! Elastic loading 効果を計算する半径 [単位は km]
m_pyfile='PREM_Ggz.nc' ! グリーン関数を与える NetCDF4 形式ファイル名

・ m_radius

デフォルト値 : 2.0d3

点荷重による地球の弾性変形を計算する範囲を指定します。(通常はデフォルト値を使用)

・ m_pyfile

デフォルト値 : 'PREM_Ggz.nc'

点荷重による地球の弾性変形を表すグリーン関数を NetCDF4 形式のファイルとして与えます。(通常はデフォルト値記載のファイルを使用)

(海水密度効果に関するパラメータ)

with_density=1 ! 1 を指定すると海水密度効果が ON、その他の場合 OFF
m_rho=1025.5d0 ! 海面での密度 [kg/m³]
m_K=2.2d9 ! 海水の体積弾性率 [Pa]

・ m_rho

デフォルト値 : 1025.5d0

海面での密度を指定します。(通常はデフォルト値を使用)

・ m_K

デフォルト値 : 2.2d9

海水の体積弾性率を指定します。(通常はデフォルト値を使用)

D. マルチシナリオ実行

複数の計算を 1 ジョブで実行する機能です。

シナリオ毎にディレクトリを用意し、その中に計算に使用するファイル一式を置きます。

ディレクトリ名は "input.[ケース ID(6 桁)]" とします。(ディレクトリ名は "input.*" 固定です)

ジョブの実行方法は、実行用シェル内で引数に対象ケースの範囲を指定し、対象ケース数と各ケースの MPI 並列数の積と同じ MPI 並列数で実行します。作成した各ディレクトリ (input.xxxxxx/) と同じレベルで実行します。

計算結果は、ケース毎に "member.[ケース ID(6 桁)]" というディレクトリに出力されます。

【編集対象ファイル】

◆ JAGURS の Make ファイル

MULTI=ON	! マルチシナリオ実行機能有効 (OFF or 未指定 ... 無効)
----------	-------------------------------------

◆ 地殻変動ケース毎のディレクトリ

16 ケース ("input.000001"~"input.000016") を用意する場合のディレクトリ構造

```
JAGURS-D_Vxxx/jagurs
qsub.sh.noomp
input.000001/bathy.SD01.grd
        bathy.SD02.grd
        [...]
        disp.SD01case01.grd
        disp.SD02case01.grd
        [...]
        gridfile.dat
        tsun.par
        test_tgs.txt
[...]
input.000016/bathy.SD01.grd
        bathy.SD02.grd
        [...]
        disp.SD01case16.grd
        disp.SD02case16.grd
        [...]
        gridfile.dat
        tsun.par
        test_tgs.txt
```

- ・ 当例では、各パターン内のグリッドファイルは分割していませんが、必要に応じて 2 次元領域分割できます。
(その場合は、後述の実行用シェルに記述するノード数を適宜変更してください。)

◆実行用シェル (qsub.sh.noomp) ※JAMSTEC のシステムの場合

```
#!/bin/bash
#BSUB -n 16                                     ←16 ケースなので 16 並列実行
#BSUB -W 2880
#BSUB -R "rusage[mem=1024] span[ptile=16]"
#BSUB -a ICE
#BSUB -J Tsunami-MPI
#BSUB -o stdout
#BSUB -e stderr

export OMP_NUM_THREADS=1

mpijob "/JAGURS-D_V0xxx/jagurs 1-16 tsun.par" ←16 ケース("input.000001"~"input.000016")
```

※通常版 (MULTI=OFF) と少し実行の仕方が違います。

通常版 jagurs par=tsun.par

マルチシナリオ版 jagurs 1-16 tsun.par

全てのケースでパラメータファイルの名前 (上記の例では、tsun.par) は同一である必要があります。

各ケースで並列計算を行わない場合でも、procx=1、procy=1 を指定する必要があります。

各ケースで OpenMP による並列も可能です。

(48 並列計算設定の例)

procx=2, procy=4 (MPI8 並列) で 6 シナリオ計算・・・mpirun -np 48

procx=1, procy=1 (MPI 並列無し) で 48 シナリオ計算・・・mpirun -np 48

procx=1, procy=1 (MPI 並列無し, OpenMP2 並列) で 24 シナリオ・・・mpirun -np 24

E. 計算のリスタート

計算機の実行時間制限により、設定した時間分の計算が終了しない事があります。

そのような場合に、リスタートポイントでの計算済み情報を“リスタート情報ファイル”として保存しておき、その情報を元に残りの計算を再開する事ができます。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル (tsun.par)

(リスタートに関するパラメータ)

restart_interval=12000	！ “リスタート情報ファイル” の出力間隔 [ステップ]
restart =60000	！ “リスタート情報ファイル” のステップ番号 [ステップ]
max_time='23:40:00'	！ 計算打ち切り時間

・ restart_interval

ここで指定したステップ (=ステップ数が restart_interval で割り切れるステップ) の完了直前に、次のような名称で “リスタート情報ファイル” を出力します。

restart.[ステップ数(8桁)]

・ restart

このオプションを指定すると、ここで指定したステップ番号を持つ “リスタート情報ファイル” を読み込み、restart + 1 ステップ目から計算を再開します。

なお、前回計算時に出力されたファイルで同じ名前のファイルが存在していると、リスタート時に上書きされてしまうため、事前に退避させる等の対応を行ってください。(波形出力ファイル: tgs0000** 等)

・ max_time

このオプションを指定すると、計算実行時間がこの値に達した時点で、時間ステップ処理を抜け、終端処理を行います。

ジョブ実行時に指定する実行時間制限に対して、ある程度の余裕を持った値 (時間ステップ 1 つ分 + 終端処理分) を考慮して設定してください。

F. 直交座標版

JAGURS では、極座標の他に直交座標の地形を取り扱うことも可能です。

【編集対象ファイル】

◆JAGURS の Make ファイル

CARTESIAN=ON	! ON を指定すると直交座標版、その他の場合は極座標版としてコンパイルされる
--------------	---

入力データなどの扱いは極座標系版と同様です。入力データの x,y 座標をメートルで準備してください。

G. 粗度係数分布の入力

摩擦項の計算において、デフォルトでは陸域、海域で区別はできるものの空間的に均一な摩擦係数が用いられます。空間的に不均一な粗度係数分布を GMT グリッドファイルで読み込ませることにより、空間的に不均一な粗度係数を考慮した計算ができます。粗度係数の GMT グリッドは地形グリッドと同様にネストドメイン毎に準備します。範囲と格子間隔もその領域の地形グリッドに一致させます。粗度係数の GMT グリッドの指定は、地形ネスティング指定パラメータファイル (gridfile.dat) で行います。

◆地形ネスティング指定パラメータファイル (gridfile.dat)

SD01	SD01	1	bathy.SD01.grd	disp.SD01.grd	
SD02	SD01	0	bathy.SD02.grd	disp.SD02.grd	
SD03	SD02	0	bathy.SD03.grd	disp.SD03.grd	
SD04	SD03	0	bathy.SD04.grd	disp.SD04.grd	
SD05	SD04	0	bathy.SD05.grd	disp.SD05.grd	wetordry.SD05.grd sodo.SD05.grd

第 7 カラムが粗度係数分布の GMT グリッド (sodo.SD05.grd) です。この例の場合は、SD05 ドメインのみに空間的に不均一な粗度係数分布を入力しています。その他のドメインには計算パラメータファイル (tsun.par) のデフォルト値が用いられます。粗度係数分布のファイルを指定しない場合は、空欄または "NO_FRICTION_FILE_GIVEN" と記載します。

H. ライン状の構造物

防潮堤などの海岸構造物の効果を、流量の計算格子上に幅ゼロのライン状の壁を入れることで考慮します。越流公式（本間, 1940）を使用します。格子間隔よりも海岸構造物を考慮する際に便利です。直交座標系、球面座標系の両方で利用できます。コンパイル時に次のように指定します。

◆JAGURS の Make ファイル

CARTESIAN=ON	! ON を指定すると直交座標版、その他の場合は極座標版としてコンパイルされる
BANKFILE=ON	! ON で構造物ラインデータが有効になる。

構造物ラインデータはドメイン毎にアスキーファイルで準備します。記載方法は次のとおりです。

◆構造物ラインデータ（ir.SD05.dat）

-116105 -17035 1 3.30
-116105 -16715 3 3.12
-116115 -17035 1 3.30
-116115 -16715 1 3.12
-116125 -17045 1 3.30
-116125 -17035 2 3.30

- ・区切り文字：スペース
- ・各カラムの説明は次の通りです。
 - 第1カラム：南北(y)座標
 - 第2カラム：東西(x)座標
 - 第3カラム：壁の方向（整数）（1：東側、2：北側、3：東側と北側）
 - 第4カラム：天端高[標高、m]

注）位置は地形データの格子点位置を指定します。JAGURS ではスタaggerド格子を採用しており、地形データの格子点位置と流量データの格子点位置は入れ子になっています。一行目の

-116105 -17035 1 3.30

は、南北(y)座標=-116105m, 東西(x)座標= -17035m の地形格子点の東側（1）の流量格子点の流量を計算する際に、標高 3.30m の壁の越流公式で求めるという意味です。壁を入れるところのみを記載します。

構造物ラインデータは地形ネスティング指定パラメータファイル（gridfile.dat）の第8カラム目（ir.SD05.dat）で指定します。構造物ラインデータを指定しない場合は空欄にします。

◆地形ネスティング指定パラメータファイル（gridfile.dat）

SD01	SD01	1	bathy.SD01.grd	disp.SD01.grd				
SD02	SD01	0	bathy.SD02.grd	disp.SD02.grd				
SD03	SD02	0	bathy.SD03.grd	disp.SD03.grd				
SD04	SD03	0	bathy.SD04.grd	disp.SD04.grd				
SD05	SD04	0	bathy.SD05.grd	disp.SD05.grd	wetordry.SD05.grd	sodo.SD05.grd	ir.SD05.dat	

津波高が天端高を超えた時に背後地域に津波が侵入しますが、そのタイミングで海岸構造物の天端高を低くすることが出来ます。越流後破堤の現象を考慮する際に用います。設定は計算パラメタファイル（tsun.par）で行います。

◆計算パラメータファイル（tsun.par）

broken_rate=0.4	！越流後の構造物の低下率
-----------------	--------------

この例では、オリジナルの堤防の天端の地盤からの高さは、越流後に 40%の高さになります。変化させない場合は指定しないか、負の値を入力します。

7-3. 出力関連

A. 津波到達時刻の出力

津波が到達した時刻（秒）を最大水位分布等と同じ形式で出力します。

【編集対象ファイル】

◆計算パラメータファイル（tsun.par）

（津波到着時刻出力に関するパラメータ）

check_arrival_time=1	！ 津波到達時刻の出力(1:ON/0:OFF)
check_arrival_height=0.30d0	！ 津波到達の判断のしきい値（水位変化【m】）

- ・ check_arrival_time
津波到達時刻出力の ON/OFF を切り替えます。
- ・ check_arrival_height
津波到達の判断のしきい値（水位変化【m】）です。計算スタート時に海域では水位がしきい値を超えたタイミング、陸域では浸水深がしきい値を超えたタイミングの時刻（秒）が出力されます。

B. NetCDF フォーマットの場合

コンパイル時に下のように指定すると

OUTPUT=NCDIO	←ドメイン毎に 1 つの NetCDF ファイルにまとめて出力
--------------	---------------------------------

初期水位分布、水位変動分布、最大津波高分布、最小津波高分布、到着時刻をドメイン毎に 1 つの NetCDF ファイルにまとめて出力します。ncdump -h コマンドでどの属性が含まれているか確認できます。また、GMT の grdreformat コマンドで特定のタイムステップや統計データのみ切り出すことができます。

◆NetCDF 形式のファイル(*.nc)から GMT 形式(*.grd)にて特定の情報を抽出する方法について

例 1. 最大津波高の抽出

抽出元ファイル名 : nankai.2s.thk.nc

抽出先ファイル名 : nankai.2s.thk.max_height.grd

抽出対象の属性名 : max_height

```
$ grdreformat nankai.2s.thk.nc?max_height nankai.2s.thk.max_height.grd -V
```

例 2. 水位スナップショット(初期タイムステップ)の抽出

抽出元ファイル名 : nankai.2s.thk.nc

抽出先ファイル名 : nankai.2s.thk.wave_height_10s.grd

抽出対象の属性名 : wave_height[1]

```
$ grdreformat nankai.2s.thk.nc?wave_height[0] nankai.2s.thk.wave_height_10s.grd -V  
(?, [, ]は¥でエスケープする必要がある場合があります。)
```

※以降のタイムステップの情報を抽出したい場合は、

wave_height[]のインデックスの数値を変更します。

例えば、初期タイムステップの次のステップを抽出する場合は、

wave_height[2]とする必要があります。

ちなみに wave_height[0]で抽出されるのは、最初に出力が行われたタイムステップでのスナップショットであり、wave_height[1]は、指定した間隔を経てその次に出力が行われた際のものとなります。

つまり、10 秒ごとにスナップショットを吐く指定を行った場合、

wave_height[0]は積分時間として 0 秒後のスナップショットであり（つまり水位はすべてゼロ）、

wave_height[1]は積分時間として 10 秒後のスナップショットとなります。

抽出されるファイルはGMTで読み書きできます。ファイルフォーマットはGMTで言う「nf フォーマット (#18)」です。

C. 最大浸水深を作成する

〔地形の高さ+ 地殻変動〕と〔最大波高〕の差を求めます。

= 地形の高さ(鉛直下向き) - 地殻変動(鉛直上向き) + 最大津波高(鉛直上向き)

【例】SD05 ドメインの最大浸水深ファイルを作成する場合

(1) 最大浸水深のグリッドファイルを作成。

= [bathy.SD05.grd] - [init.SD05.grd] + [SD05.zmax.grd]

\$ grdmath bathy.SD05.grd disp.SD05.grd SUB SD05.zmax.grd ADD = SD05.fdmx.nc=nf -V

7-4. 入出力関連

A. ピクセルフォーマットでのファイル入出力

JAGURS の地形データに関するグリッドシステムはグリッドラインフォーマット（格子交差点に座標と物理値を格納）を採用しています。一方で、一般的な津波数値解析における地形データのグリッドシステムはピクセルフォーマット（格子中央に座標と物理値を格納）で構築されています。本節に示す方法で、ピクセルフォーマットの地形データを直接読み込むことができます。

(1) Make 時の設定

コンパイル時に下のように指定すると

```
PIXELIN=ON
```

地形データファイル、地殻変動データファイル、WetOrDry ファイルおよび粗度係数分布ファイルをピクセルフォーマットで読み込みます。また、コンパイル時に下のように指定すると

```
PIXELOUT=ON
```

経過時間毎の波高・流速、最大波高、最大流速、津波到達時刻データ等をピクセルフォーマットで出力します。これらは個別に指定することができます。

なお、ピクセルフォーマットでのファイル入出力を使用する場合には以下の make 時設定が必須となります。

```
CARTESIAN=ON ! 直交座標系での計算を行うことを指定します
```

```
ONEFILE=ON ! MPI 並列化有効時の領域分割を JAGURS 内部で行うことを指定します
```

(2) 実行方法

プログラムの実行方法はピクセルフォーマット形式を用いない場合と同様ですが、ピクセルフォーマット形式のデータは「東西、南北方向のグリッド数」、「格子サイズ」、「東西南北端の座標」等のデータを含んでいません。そこで、これらを指定するための「ディスクリプタファイル」を作成しなければなりません。ディスクリプタファイルの例を以下に示します。ディスクリプタファイルの名称は、当該ドメインの地形データファイル名に ".desc" を付加したものとします。例えば、地形データファイル名 "foo.dat" に関するディスクリプタファイルの名称は "foo.dat.desc" とします。

◆ディスクリプタファイル (foo.dat.desc)

```
&desc
west=487200.0d0, ! [必須] 領域西端の座標[m]
east=727800.0d0, ! [必須] 領域東端の座標[m]
south=371700.0d0, ! [必須] 領域南端の座標[m]
north=430200.0d0, ! [必須] 領域北端の座標[m]
dx=810.0d0,      ! [必須] 東西方向の格子間隔[m]
dy=810.0d0,      ! [必須] 南北方向の格子間隔[m]
zmin=3694.47d0,  ! [任意] 領域の標高最小値[m]
zmax=7231.11d0,  ! [任意] 領域の標高最大値[m]
nx=1500,         ! [必須] 東西方向の格子数
ny=990,          ! [必須] 南北方向の格子数
/
```

ディスクリプタファイルが存在しない場合は 'Error! Descriptor file "foo.dat.desc" does not exist!' というメッセージが標準エラー出力に出力され、プログラムが終了します。また、指定が必須となっている値 west, east, south, north, dx, dy, nx および ny が指定されていないか、あるいは不正な値が指定されている場合は 'Error! Invalid description on descriptor file "foo.dat.desc"!!!' というメッセージが標準エラー出力に出力され、プログ

ラムが終了します。領域の標高最大値および最小値については指定が必須ではありません。どのような値を指定しても計算内容には影響しません。

(3) 留意事項

- ・ 複数ドメイン実行時のネスト間接続を正常に行うためには、各ドメインの東西、南北方向の格子数が $3*n+1$ (n は整数) でなければなりません。そのため、計算実行時は東西、南北方向の格子数を「東西南北各端の 1 格子を除く」ことで削減します。なお、各ドメインの取り扱いを統一するため、格子形状に特に制限がない root ドメインについても同様に格子を削減します。
- ・ 入力データのサイズは「東西南北各端の 1 格子を除く」ことで格子数が $3*n+1$ となるものでなければなりません。つまり格子数は $3*n$ でなければなりません。
- ・ 出力ファイル形式としてピクセルフォーマット形式を指定した場合、上記のようにして削減された格子については値として 0 を出力します (入出力ファイルの格子サイズを同一
- ・ とするためです)。出力ファイル形式がピクセルフォーマット形式でない場合は、削減された格子形状そのままの領域についての出力となります。
- ・ ネスト間接続を正常に行うため、東西南北端の座標としては 1.5 格子分 "ずらした" 値を用います。
- ・ 上記のような格子形状変更の結果は、(MPI 列化有効時は rank 0 の) 標準出力ファイルに以下朱書き部分のような形式で出力されます。

◆標準出力ファイルの例

```
[...]
./jagurs: Reading grid data...

*** grid 1
[pixel format] 1 grid on each edge is ignored on "depth_2430-01.dat"!
[pixel format] Grid size is dealt as 718 x 538
[pixel format] instead of it's original gird size 720 x 540.
[pixel format] West edge is changed from -730200.000 to -726555.000.
[pixel format] East edge is changed from 1019400.000 to 1015755.000.
[pixel format] South edge is changed from -857700.000 to -854055.0 00.
[pixel format] North edge is changed from 454500.000 to 450855.000.

      read_bathymetry_gmt_grdhdr(newsub.o): file name=depth_2430-01.dat
      nx=718 ny=538
      dx=2430.000000 dy=2430.000000
      zmin=-3171.920 zmax=9797.570
      west=-726555.000 east=1015755.000 south=-854055.000 north=450855.000
      mlon0=-726555.000 mlat0=-854055.000 dxdy=2430.000000
      read_bathymetry_gmt_grd(newsubs.o):
      min=-3171.920 max=9797.570
      NO_FRICTION_FILE_GIVEN
      NO_WETORDRY_FILE_GIVEN

*** grid 2
[pixel format] 1 grid on each edge is ignored on "depth_0810-01.dat"!
[pixel format] Grid size is dealt as 1498 x 988
[pixel format] instead of it's original gird size 1500 x 990.
```

```
[pixel format] West edge is changed from -487200.000 to -485985.000.  
[pixel format] East edge is changed from 727800.000 to 726585.000.  
[pixel format] South edge is changed from -371700.000 to -370485.000.  
[pixel format] North edge is changed from 430200.000 to 428985.000.
```

```
read_bathymetry_gmt_grdhdr(newsub.o): file name=depth_0810-01.dat  
nx=1498 ny=988  
dx=810.000000 dy=810.000000  
zmin=-3694.470 zmax=7231.110  
west=-485985.000 east=726585.000 south=-370485.000 north=428985.000  
mlon0=-485985.000 mlat0=-370485.000 dxdy=810.000000  
read_bathymetry_gmt_grd(newsub.o):  
min=-3694.470 max=7231.110  
NO_FRICTION_FILE_GIVEN  
NO_WETORDRY_FILE_GIVEN
```

[...]

- ・ 出力ファイル形式としてピクセルフォーマット形式を指定した場合でも、未定義値としては 1.0d10 が出力されます。ポスト処理での取り扱いにご注意ください。

(4) ファイル形式

- ・ 入力ファイル

入力ファイルをピクセルフォーマット形式とした場合は、入力ファイル名を指定するグリッドファイル（典型的なファイル名は gridfile.dat）において、4 列目で指定される地形データファイル、5 列目で指定される地殻変動データファイル、6 列目で指定される WetOrDry ファイルおよび 7 列目で指定される粗度係数分布ファイルがピクセルフォーマット形式となります。これら 4 つの入力ファイルのうち、地形データファイルおよび WetOrDry ファイルについては Fortran 書式付きファイル "10f8.2" 形式（全体 8 桁、小数点以下 2 桁で 1 列あたり 10 要素）であり、地殻変動データファイルおよび粗度係数分布ファイルは Fortran 書式付きファイル "10f8.4" 形式（全体 8 桁、小数点以下 4 桁で 1 列あたり 10 要素）です。

- ・ 出力ファイル

出力ファイルをピクセルフォーマット形式とした場合、経過時間毎の波高・流速、最大波高、最大流速、津波到達時刻データ等のグリッドデータ出力が全てピクセルフォーマット形式となります。出力データは Fortran 書式付きファイル "10e15.6" 形式（仮数部全体 15 桁、小数点以下 6 桁で 1 列あたり 10 要素）であり、未定義値としては 1.0d10 が出力されます。また、計算対象から除外される東西方向、南北方向端の 1 グリッドについては値として 0 が出力されます。

7-5. ノーマルモード理論を用いた大規模噴火に伴う気圧波の生成と津波との連成

A. 概要

Harkrider and Press (1967, GJI), Press and Harkrider (1962, GJI)および Harkrider (1964, JGR)の定式化に基づき、与えられた一次元構造（大気海洋モデル；海底は水深一定かつ剛体，大気上端は自由表面を仮定）からノーマルモードおよび対応する波形を計算します。その後，計算された波形を JAGURS に入力することで，大気波によって励起される津波の計算をおこないます。

B. 大まかな流れ

以下のような流れで計算をおこないます。

1. ノーマルモード計算プログラムの準備（C-(1)参照）
2. ノーマルモード計算プログラムによる分散曲線の計算（周波数領域，C-(2)参照）
3. ノーマルモード計算プログラムによる波形の計算（時間領域；一次元，C-(3)参照）
4. 計算された大気波形を入力とした JAGURS による津波計算（JAGURS 本体；二次元，C-(4)参照）

C. 実行方法

(1) 準備

- ・ Fortran 版

"meteotsunami/normalmode/fortran" 以下で，ノーマルモード計算プログラムの実行ファイル PHcalc_wave6 およびダンプツール printp（(5)参照）を make します。まず，Bessel 関数ライブラリ amos を入手し，make します。

1. Netlib の web ページ <https://www.netlib.org/amos/> にアクセスし，"zbesh.f" のソースコードと関連ファイルをダウンロードします。"plus dependences" の部分をクリックしてください。
2. 圧縮形式として "Tar-gzip (tgz)" を選択すると関連するソースコード一式を含む "netlibfiles.tgz" が得られるので，これを "meteotsunami/normalmode/fortran" 以下で展開すると "amos" ディレクトリ以下にソースコードが展開されます。
3. 必要なソースコード修正は "patch.amos" で適用できます。"amos" ディレクトリ以下で "patch < ../patch.ams" を実行します。

以降の手順は以下の通りです。

```
$ cd meteotsunami/normalmode/fortran/amos
$ make # make して libamos.so を作成する
$ cd ../ # 必要に応じて Makefile を修正する
$ make # 実行ファイル PHcalc_wave6 およびダンプツール printp が作成される
```

以降の手順では，Fortran namelist ファイル normalmode.namelist（下図）で適宜必要な実行時パラメータを指定して PHcalc_wave6 を実行します。

ここで指定するパラメータと未指定時の既定値については(5)を参照してください。

```

&normalmode
srclon=138.72d0 ! 気圧源の経度[degree]
srclat=35.35d0 ! 気圧源の緯度[degree]
dist_s=0        ! 計算対象となる気圧源からの距離の始点[km]
dist_e=2000     ! 計算対象となる気圧源からの距離の終点[km]
tmax=3600.0d0   ! 計算時間[s]
dt=1.0d1        ! 計算時間間隔[s]
sind=10         ! 気圧源の高度[○層目の底面]
minmode=10      ! 計算対象モードの最小値
maxmode=13      ! 計算対象モードの最大値
Samp=1000.0d0   ! 気圧源の振幅[m]
SDt=2000.0d0    ! 周期[s]
DCflag=.true.   ! 分散曲線の計算を行うか否かを指定
SYNflag=.true.  ! 気圧波形の計算を行うか否かを指定
OH=5.0d0        ! 水深[km]
atmfile='AtmModel.dat' ! 大気構造ファイル名
/

```

・ Python 版

“meteotsunami/normalmode/python” 以下で、Python3 環境で実行します。NumPy, SciPy, Pandas パッケージおよび json モジュール、およびこれらが依存するパッケージをインストールします。

以降の手順では、JSON ファイル normalmode.json（下図）で適宜必要な実行時パラメータを指定して PHcalc_wave6.py を実行します。

ここで指定するパラメータと未指定時の既定値については(5)を参照してください。

```

{
  "srclon":138.72, ! 気圧源の経度[degree]
  "srclat":35.35, ! 気圧源の緯度[degree]
  "dist_s":0,      ! 計算対象となる気圧源からの距離の始点[km]
  "dist_e":2000,   ! 計算対象となる気圧源からの距離の終点[km]
  "tmax":3600,     ! 計算時間[s]
  "dt":10,         ! 計算時間間隔[s]
  "sind":10,       ! 気圧源の高度[○層目の底面]
  "minmode":10,    ! 計算対象モードの最小値
  "maxmode":13,    ! 計算対象モードの最大値
  "Samp":1000,     ! 気圧源の振幅[m]
  "SDt":2000,      ! 周期[s]
  "DCflag":1,      ! 分散曲線の計算を行うか否かを指定
  "SYNflag":1,     ! 気圧波形の計算を行うか否かを指定
  "OH":5,          ! 水深[km]
  "atmfile": "AtmModel.dat" ! 大気構造ファイル名
}

```

(2) 分散曲線の計算

必要なパラメータ: minmode, maxmode, OH, 大気構造ファイル (デフォルトのファイル名は AtmModel.dat)
ノーマルモードの計算には水深一定を仮定しているため、水深 OH は、例えば、波源と観測点を結ぶ大円経路の平均値など使用します。

ここでは、指定された位相速度の範囲内にある全てのノーマルモードを計算し、minmode から maxmode に相当する分散曲線を出力します。ここで試行錯誤が必要なため最初は波形の計算は行わずに分散曲線のみ計算すること (Fortran 版では "DCflag=.true." および "SYNflag=.false." , Python 版では "'DCflag":1' および "'SYNflag":0' を指定) を推奨します。

ノーマルモードは無数に存在し、計算されたノーマルモードを順番に並べているだけであることに注意してください (acoustic mode, 津波モードも含めて計算されるため、例えば結果として計算されるモードは GR11, GR10, GR9, ..., GR4, GW(津波), GR3, GR2, GR1, GR0(いわゆる Lamb 波), S0, S1,...となります。GR11 からモード番号 1 番から順に振られており、一次高次モード(GR1)と大気重力波の基本モード (GR0) を計算したければ minmode=12, maxmode=13 とします。計算された分散曲線がどのモードに相当するかは出力ファイル "DC_PH5_[minmode]-[maxmode].txt" について図を描いて確かめる必要があります(ファイルには mode(モード番号), kroot(波数), vpk(位相速度), omgk(角周波数)が出力されます。これらから各モードの周波数 or 周期および位相速度をプロットすることで分散曲線が得られます)。

単一モードのみを計算したい場合は minmode と maxmode に同じ数字を指定します。

必ず分散曲線を確認して、欲しいモードの計算ができていることを確認してから次のステップに進んでください。

(3) 気圧波形の計算

必要なパラメータ: 前節も含む全てのパラメータを使用

前節のようにして計算された分散曲線を元に、指定された距離における気圧波形を計算します。気圧波形は気圧源からの距離と時間の関数になっています。

気圧源は大気海洋モデルにおける sind で指定された層の底面に置かれます。例えば、第一層が海洋で第二層以降が大気の場合、sind=2 とすることで海面(第二層の底面)に波源が置かれます。

気圧源については、Harkrider and Press (1967)の式(13)にならって 1 サイクル分の sin 関数を用いています (振幅は Samp, 周期は SDt)。最初は観測点における波形のみを何度か計算し計算波形が合致するように Samp, SDt を決定した後、全ての距離で計算することを推奨します。

計算結果の normalmode.dat はバイナリ形式ですが、printp を使用することで、指定した場所における波形を ascii 形式に変換できます ((5)参照)。

気圧源から距離=0 の場所では計算が発散するため、計算は行われず距離=1 の値が参照されることに注意してください (津波計算時には dist_s=1 の値で補間するため、気圧源にも気圧変化があることとなります)。

また、周波数領域で計算された分散曲線をフーリエ変換によって時間領域に戻す都合上、波形が時間軸上でループしていることに注意してください。そのため、計算する時間範囲は余裕をもって設定することを推奨します。

出力される nomarlmode.dat および nomalmode.namelist (Fortran 版ではノーマルモード計算プログラムの入力, Python 版ではノーマルモード出力プログラムの出力であることに注意してください) が JAGURS への入力となるため、JAGURS の実行ディレクトリにコピーします。

(4) 津波の計算

波源から計算領域の各グリッドまでの距離に応じて前ステップで計算した大気波を入力し、津波を計算します。

JAGURS 本体の make 時に、Makefile において NORMALMODE=ON を指定することでノーマルモード入力ファイルの読み込みが有効となります。

ノーマルモード計算プログラムにおける出力ファイル nomarlmode.dat および nomalmode.namelist を実行ディレクトリに置いて実行します。

観測点データ (TGS ファイル) に圧力の値が追加されているため必要に応じて確認してください。また、実行時設定ファイルに “dumpp=1” という指定を追加することで、流速のスナップショットファイル出力と同じタイミングで、各グリッド点における圧力[Pa]の値が “[ドメイン名]-P.[ステップ].grd” に出力されます。

(5) 付録

・ 実行パラメータ

実行時設定ファイル (Fortran 版では Fortran namelist ファイル normalmode.namelist, Python 版では JSON ファイル normalmode.json) で指定するパラメータと、未指定時の既定値を下表に示します。

変数名	説明	未指定時の既定値
srclon	気圧源の経度[degree]	なし
srclat	気圧源の緯度[degree]	なし
dist_s	計算対象領域始点の震源からの距離[km]	なし
dist_e	計算対象領域終点の震源からの距離[km]	なし
tmax	計算時間[s]	なし
dt	計算時間間隔[s]	なし
sind	気圧源の高度[○層目の底面]	2
minmode	計算対象モードの最小値	3
maxmode	計算対象モードの最大値	5
Samp	気圧源の振幅[m]	1,000
SDt	周期[s]	2,000
DCflag	分散曲線の計算を行うか否か	行う(.true./1)
SYNflag	気圧波形の計算を行うか否か	行う(.true./1)
OH	水深[km]	5
atmfile	大気構造ファイル名	AtmModel.dat

- ・ 大気構造モデル

ソースに付属の大気構造モデル (AtmModel.dat) は U.S. Standard Atmosphere を高度 220km までデジタル化したものです。各行がそれぞれの層におけるパラメータを指定しており、

1 列目: 層の下端高度(海面を 0 とする) [km]

2 列目: 層の厚さ [km]

3 列目: 音速 [km/sec]

4 列目: 密度 [kg/m³]

となっています。(参考までに U.S. Standard Atmosphere の元データは、Campen, C.F., Cole, A.E. & Condron, T.P., 1960. Model atmospheres, in Handbook of Geophysics, revised edition, pp. 1.1–1.43, The Macmillan Company.)

- ・ ダンプツール printp の使用方法

ノーマルモード計算プログラムの出力ファイル normalmode.dat について、指定した座標における圧力の値をダンプするツール printp の使用方法について説明します。

printp は Fortran 版を make する際に実行ファイル PHcalc_wave6 と共に作成されます。

まず、Fortran namelist ファイル printp.namelist に観測点の経度、緯度を指定します。

```
&params
distlon=140.86d0 ! 観測点の経度
distlat=38.26d0 ! 観測点の緯度
/
```

その後、実行ファイル printp を実行します。下図のように、指定した座標における 0~tmax 秒での圧力の値[Pa] が出力されます。

```
1 - Normalmode parameters in "normalmode.namelist" ! normalmode.namelist の内容
2 srclon, srclat:      138.720      35.350
3 dist_s, dist_e:      0      2000
4 tmax, dt:      3600.000      10.000
5
6 - Reading "normalmode.dat"
7
8 - Observation point is specified in "printp.namelist" ! printp.namelist の内容
9 distlon, distlat:      140.860      38.260
10 nm_ind:      375
11
12 -----
13 Time[s]      P
14 -----
15      0.000      -0.666E+03 ! 時刻と観測点における P の値
16      10.000      -0.645E+03
[...]
```

374	3590.000	-0.911E+03
375	3600.000	-0.872E+03
376	-----	

8. パラメーター一覧

8-1. コンパイル時に指定するオプションパラメーター一覧

Item	Value	Comment
PREC	REAL_DBL	全て倍精度で計算
	DBLE_MATH	算術関数のみ倍精度で計算
	上記以外	全て単精度で計算
MPI	ON	MPI 並列化を有効とする（並列版）
	上記以外	MPI 並列化を無効とする（シリアル版）
USE_ALLTOALLV	ON	ネスティング間通信に MPI_Alltoallv を使用
	上記以外	MPI_Allreduce を使用
A2A3D	ON	ネスティング間通信のための MPI_Alltoallv 通信を仮想的な 3 次元ネットワークポロジを用いて行う MPI プロセス数が非常に大きい場合に性能が向上する可能性がある （このオプションは「USE_ALLTOALLV=ON」の場合のみ有効）
SINGLE_A2A	ON	ネスティング間通信のための MPI_Alltoallv 通信を可能な限りまとめて処理する 性能が向上する可能性がある （このオプションは「USE_ALLTOALLV=ON」の場合のみ有効）
TIMER_DETAIL	ON	タイマー出力を有効化
	DETAIL	より詳細なタイマー出力を有効化
	上記以外	タイマー出力を無効化
CONV_CHECK	ON	収束計算チェックを有効化 ＝分散項の収束計算に於いて、流量の変化が閾値（計算パラメータファイル内「conv_val」で指定した値）以下になった場合に次のステップに進む
	上記以外	収束計算チェックを無効化（＝決まった回数イタレーションを行う）
OUTPUT	NCDIO	波高・流速等の出力ファイルを、ノード単位毎に 1 つの NetCDF ファイルにまとめて、プログラム実行ディレクトリ直下に出力 ・ファイル形式：NetCDF フォーマット ・ファイル名："[ドメイン名].nc"
	DIROUT	波高・流速等の出力ファイルを、ステップ単位毎のディレクトリ下に集約した後、プログラム実行ディレクトリ直下に出力 ・ファイル形式：GMT フォーマット ・ファイル名："[ステップ番号].grd/[ドメイン名].[ステップ番号].grd"
	上記以外	全ての出力ファイルをプログラム実行ディレクトリ直下に出力 ・ファイル形式：GMT フォーマット ・ファイル名："[ドメイン名].[ステップ番号].grd"
SINGLE_TGS	ON	波形出力ポイント（＝ステーション）毎の波高・流速を、プロセス単位で単一ファイルに出力 ・出力ファイル名：" tgs_station.[ランク番号]"（プロセス毎に出力） ・各出力ファイルには複数ステーションの情報が混ざった状態で出力される（但し、各行の先頭に "[ステーション番号]" が付加されているので、どのステーションの出力が区別可能） ・付属のスクリプト"splittgs.sh"を使って、従来の出力形式（＝ステーション毎に単一ファイル）に戻す事も可能
	上記以外	波形出力ポイント（＝ステーション）毎の波高・流速を、ステーション別に単一ファイルに出力 ・出力ファイル名："tgs[ステーション番号(6 桁)]" ※基本こちらを利用する。

Item	Value	Comment
MULTI	ON	マルチシナリオ実行
	上記以外	シングルシナリオ実行
SKIP_MAX_VEL	ON	実行時間短縮のため最大流速の計算および出力を抑止する
	上記以外	最大流速の計算および出力を有効にする
LESS_CC	ON	実行時間短縮のため分散項の収束計算における収束判定を 10 ステップ毎に行う
	上記以外	分散項の収束計算における収束判定を毎ステップ行う
CARTESIAN	ON	直交座標系で計算
	上記以外	球面座標（経度緯度座標）で計算
UPWIND3	ON	移流項を 3 次風上差分で解く
	上記以外	移流項を 1 次風上差分で解く
BANKFILE	ON	構造物ラインデータを有効にする
	上記以外	構造物ラインデータを無効にする
HZMINOUT	ON	最も大きい引き波の分布（最小津波高分布）を出力する
	上記以外	最も大きい引き波の分布（最小津波高分布）を出力しない
ONEFILE	ON	MPI 並列化有効時の領域分割を JAGURS 内部で行う。並列計算において入力ファイルを予め分割しておく必要はない。また、出力ファイルを結合する必要がない。V0500 からの機能。本マニュアルは ONEFILE=ON に準拠して記載。
	上記以外	MPI 並列化有効時に、入力ファイルを領域分割に合わせて予め分割しておく必要がある。また、出力ファイルを必要に応じて結合する必要がある。計算ノードにおけるローカルファイルシステムが利用可能なシステムにおいて性能が向上する可能性がある。このオプションを利用する場合は V0400 のマニュアルを参照すること。
PIXELIN	ON	地形データファイル、地殻変動データファイル、WetOrDry ファイルおよび粗度係数分布ファイルをピクセルフォーマットで読み込む。V0520 からの機能。
	上記以外	地形データファイル、地殻変動データファイル、WetOrDry ファイルおよび粗度係数分布ファイルを GMT グリッドファイルで読み込む。
PIXELOUT	ON	経過時間毎の波高・流速、最大波高、最大流速、津波到達時刻データ等をピクセルフォーマットで出力する。V0520 からの機能。
	上記以外	経過時間毎の波高・流速、最大波高、最大流速、津波到達時刻データ等を GMT グリッドファイルで出力する。
OLD_SCHEME	ON	運動方程式の計算を従来（V0516 以前）の方法で行う。
	上記以外	運動方程式の計算で Minami et al. (2023)の摩擦項計算手法を用いる。
NORMALMODE	ON	ノーマルモード入力ファイルの読み込みを有効とする。
	上記以外	ノーマルモード入力ファイルの読み込みを無効とする。

8-2. 計算パラメータファイル (tsun.par) で指定可能なパラメーター一覧

(* は必須項目)

Item		Comment	Default Value
(Filename setting)			
gridfile	*	地形ネスティング指定用パラメータファイル名 (例:gridfile.dat)	
maxgrdfn		最大波高の出力時ファイル名 (例:zmax.grd)	maxgrdfn='zmax.grd'
mingrdfn		最小波高の出力時ファイル名 (例:zmin.grd)	mingrdfn='zmin.grd'
vmaxgrdfn		最大流速の出力時ファイル名 (例:vmax.grd)	vmaxgrdfn='vmax.grd'
tgstafn	*	波形出力ポイント指定用パラメータファイル名 (例:test_tgs.txt)	
tgstxtoutfile		出力ポイント毎の波形出力ファイルの頭に付加する文字列	tgstxtoutfile='tgs'
(Model Parameters)			
dt	*	計算ステップ間隔 [秒]	
tend	*	計算終了時間 [秒]	
itmap	*	スナップショット出力間隔 [ステップ] (dt * itmap = スナップショット出力間隔 [秒])	
itmap_start		└ 計算開始ステップ数 [ステップ]	itmap_start=1
itmap_end		└ 計算終了ステップ数 [ステップ]	itmap_end=99999999
tau	*	ライズタイム [秒]	
cf	*	海域 正の値: 無次元の摩擦係数として扱われる	(cfl 未定義の場合、cf の値 が cfl にコピーされる)
cfl	*	陸域 負の値: マニングの粗度係数として扱われる	
froude_lim		フルード数によるリミッタを適用	froude_lim=2.0d0
coriolis	*	コリオリ力を使用 (1:ON/0:OFF)	
smooth_edges		ドメイン間の境界をスムーズにつなぐため地形を少し変化させる (1:ON/0:OFF)	smooth_edges=0
c2p_all		子ドメイン→親ドメインへの海域全コピーを行う (1:ON/0:OFF)	c2p_all=0
nest_1way		親ドメイン→子ドメインの領域境界内挿のみが行われる (子ドメイン→親ドメインのコピーが抑止される)	nest_1way=0
def_bathy		地殻変動に基づいて地形を変化させる (1:ON/0:OFF)	def_bathy=1
plotgrd		波高グリッドファイルの出力対象となるドメインを指定 ・ 0 未満 or 全ドメイン数以上の値: すべてのドメインを出力 ・ 上記以外: 対応するドメイン(複数指定可)のみ出力 例: plotgrd=2,5 ... ドメイン 2,5 のみ出力 plotgrd=-1 ... 全ドメイン出力	plotgrd=-1
velgrd		時系列の流速ファイル(x 方向, y 方向)を出力 (1:ON/0:OFF)	velgrd=1
speedgrd		時系列の流速ベクトルの絶対値を出力 (1:ON/0:OFF) (velgrd とは独立して指定可能)	speedgrd=0
start_date		シミュレーション開始時刻 ・ NetCDF 形式出力ファイルの time データに於ける units attribute が "seconds since [start_date]" となる ・ start_date には 64 文字以内の任意の文字列が指定可能	start_date='2000-01-01 00:00:00'
itgrn		出力ポイント毎の波形出力ファイルにおける出力頻度を指定 (itgrn ステップ毎に出力される)	itgrn=1

(* は必須項目)

Item	Comment	Default Value
(Initial sea surface displacement)		
multrupt	複数の断層モデルを使用する (1:ON/0:OFF) (このオプションを使用する場合は、地殻変動データをリスト化する等の処理が必要)	multrupt=0
init_disp_interpolation	Root ドメイン以外の初期波高を親ドメインの補間で得る	init_disp_interpolation=0
use_linear	init_disp_interpolation=1 の場合に、使用する補間方法を指定 (1:線形補間/0:スプライン補間)	use_linear=0
init_disp_fault	初期地殻変動を断層パラメータファイルから取り込む (1:ON/0:OFF)	init_disp_fault=0
fault_param_file	断層パラメータファイル名	fault_param_file="fault"
init_disp_gaussian	初期地殻変動をガウス分布で与える (1:ON/0:OFF) (読み込むファイル名は "gaussian" 固定)	init_disp_gaussian=0
init_disp_sinwave	初期地殻変動に sin 波源を取り込む (1:ON/0:OFF) (読み込むファイル名は "sinwave" 固定)	init_disp_sinwave=0
(Dispersive wave)		
with_disp	分散項の有効化 (0:無効/1:有効/2:最親のドメイン以外有効)	with_disp=0
max_step	反復計算の最大回数	max_step=9999
conv_val	打ち切り誤差 [m/s]	conv_val=1.0d-8
min_depth	これ未満では分散項を計算しない海の深さ [m]	min_depth=5.0d0
(Absorbing Boundary Condition)		
with_abc	吸収境界条件 (1:ON/0:OFF)	with_abc=0
nxa	東西境界線からの吸収境界幅	nxa=20
nya	南北境界線からの吸収境界幅	nya=20
apara	吸収パラメータ	apara=0.055d0
(Horizontal movement of seafloor slope)		
hzdisp_effect	海底斜面の水平変位による津波励起 (1:ON/0:OFF)	hzdisp_effect=0
min_depth_hde	水平移動を考慮する水深を指定 [m]	min_depth_hde=50.0d0
(Kajiura filter)		
apply_kj_filter	Kajiura フィルター (1:ON/0:OFF)	apply_kj_filter=0
(Elastic Loading)		
with_elastic_loading	Elastic loading (1:ON/0:OFF)	with_elastic_loading=0
m_radius	Elastic loading 効果を計算する半径 [km]	m_radius=2000.0d0
m_pyfile	グリーン関数を与える NetCDF4 形式ファイル名	m_pyfile='PREM_Ggz.nc'

(* は必須項目)

Item		Comment	Default Value
(Seawater Density Stratification)			
with_density		海水密度効果を有効にする (1:ON/0:OFF)	with_density=0
m_rho		海面での海水密度 [kg/m ³]	m_rho=1025.5d0
m_K		海水の体積弾性率 [Pa]	m_K=2.2d9
(Restart)			
restart		リスタート情報ファイルのステップ番号 [ステップ] (0:OFF)	restart=0
restart_interval		リスタート情報ファイルの出力間隔 [ステップ] (0:OFF)	restart_interval=0
max_time		計算打ち切り時間 (例: max_time="23:40:00")	
(MPI parallelization)			
procx	*	東西方向の分割数 (並列版では必須)	
procy	*	南北方向の分割数 (並列版では必須)	
(Arrival time)			
check_arrival_time		津波到達時刻の出力(1:ON/0:OFF)	check_arrival_time=0
check_arrival_height		津波到達の判断のしきい値 (水位変化 [m])	check_arrival_height=0.01d0
(Bank file)			
broken_rate		越流時堤防破壊機能 (正の値 : 低減率、負の値 : 機能無効)。低減率は越流前のライン状構造物の地盤からの高さに対する越流後の高さの比	broken_rate=-1.0
(Normalmode)			
dumppp		流速のスナップショットファイル出力と同じタイミングで各グリッド点における圧力[Pa]の値を出力する	dumppp=0

9. さいごに

本プログラムは、日本、オーストラリアの研究チームが共同で開発、高度化を行っています。

「開発で得られた成果はコミュニティ全体で社会のためにシェアする」という理念が受け継がれたコードだと思います。新たな機能を追加した場合は連絡を取り合うという形で、機能向上を進めさせていただきたいと思っています。

なお、ご利用にあたり、バグや気づいた点等ございましたらご一報いただければ幸いです。

以上

徳島大学大学院社会産業理工学研究部
馬場 俊孝
baba.toshi @ tokushima-u.ac.jp

10. 改訂履歴

版数	発行日	改訂履歴
ver. 2014.03.11	2014/03/11	初版発行
ver. 2014.06.03	2014/06/03	<ul style="list-style-type: none"> ・誤字脱字修正 ・その他 <ul style="list-style-type: none"> p02: 2-1. JAGURS-D_V0177 リリースに伴うバージョン変更 p03: 2-5. 説明補足 p04: 2-6-2. 説明補足 p05: 2-6-3. サンプルパラメータ値変更 p06: 2-7. ファイル説明追加 p07: 3-2. 説明補足 p10: 4-2. 説明補足、サンプルパラメータ値変更 p11: 4-3. 説明補足 p19: 7-2. JAGURS-D_V0177 リリースに伴う説明補足
ver. 2014.07.14	2014/07/14	<ul style="list-style-type: none"> ・誤字脱字修正 ・その他 <ul style="list-style-type: none"> p02: 2-1. JAGURS-D_V0178 リリースに伴うバージョン変更 p06: 2-7. 結合ツール説明追加 p17: 7-1. 説明補足
ver. 2014.07.22	2014/07/22	<ul style="list-style-type: none"> ・誤字脱字修正 ・その他 <ul style="list-style-type: none"> p18,20: パラメータ「start_time」追記
ver. 2014.08.31	2014/08/31	・誤字脱字修正
ver. 2015.10.13	2015/10/13	<ul style="list-style-type: none"> ・JAGURS-D_V0200(&V0330)リリースに伴う修正 <ul style="list-style-type: none"> p11: 4 章追加 p20: 7 章追加および関連項目集約(&補足資料整理) p40: 8 章コンパイルパラメータ追加 p43,45: 8 章パラメータ解説修正 ・誤字脱字修正
ver. 2015.11.11	2015/11/11	<ul style="list-style-type: none"> ・JAGURS-D_V0203(&V0333)、ncdmerge.V0180 リリースに伴う修正 <ul style="list-style-type: none"> p22,23: 7-2 章 C.追加, F.追加 p22: 7-2 章 E.修正(水平移動効果を考慮する水深設定) p43,45: 8 章パラメータ解説修正
ver. 2016.10.24	2016/10/24	<ul style="list-style-type: none"> ・JAGURS-D_V0400 リリースに伴う修正 <ul style="list-style-type: none"> p42: コンパイル時オプション SKIP_MAX_VEL および LESS_CC に関する記述を追加 p43: 計算パラメータ itgrn に関する記述を追加
ver. 2018.04.22	2018/04/22	<ul style="list-style-type: none"> ・JAGURS-D_V0500 リリースに伴う修正 <ul style="list-style-type: none"> ONEFILE 機能 粗度係数分布の入力機能 ライン状構造物機能 に関する記述を追加 ※ONEFILE 機能の追加により並列計算時にも入力ファイル群を計算前に分割する必要がなくなったため、それらに関する事柄を削除。

ver. 2024.01.31	2024/01/31	<ul style="list-style-type: none"> ・ JAGURS-D_V0520 リリースに伴う修正 ピクセルフォーマットでのファイル入出力に関する記述を追加 GMT グリッドファイルのフォーマットとして nf フォーマットをサポートしたため記述を修正
ver. 2024.05.17	2024/05/17	<ul style="list-style-type: none"> ・ JAGURS-D_V0600 リリースに伴う修正 ノーマルモード計算に関する記述を追加
ver. 2024.06.03	2024/06/03	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「7-5. ノーマルモード理論を用いた大規模噴火に伴う気圧波の生成と津波との連成」におけるノーマルモード計算プログラム fortran 版の make 方法を訂正