

Microsoft Excel を用いた津波シミュレーションプログラム (TSUNAMIdeEXCEL) の開発 Development of TSUNAMIdeEXCEL, a Tsunami Simulation Program using Microsoft Excel

南雅晃¹

Masaaki MINAMI¹

(Received April 10, 2012; Accepted September 20, 2012)

1 はじめに

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の津波による甚大な被害やその後の調査などから、国民への津波に関する正確な知識の周知啓発の重要性が再認識され、気象庁においても、津波について周知啓発をさらに幅広く行う必要が生じている。津波に関する正確な知識の習得や、その周知啓発において、最も効果的であると思われるのがコンピュータを用いた津波のシミュレーションであるが、周知啓発活動の最前線である管区、地方气象台等では、今まで津波シミュレーションプログラムを用いた津波シミュレーションが行われることはほとんどなかった。そこで、管区、地方气象台等でも簡便に津波シミュレーションを行うために、特別な準備をすることなく、Windows PC において Microsoft Excel を用いて、津波シミュレーションを行うことが出来る津波シミュレーションプログラム、TSUNAMIdeEXCEL を開発したことから、ここに報告する。

2 TSUNAMIdeEXCEL の特徴

通常の津波シミュレーションプログラムは UNIX 環境において、FORTRAN プログラムを用いる場合が多い。それらを用いる場合、UNIX 環境のコンピュータの準備や、FORTRAN やシェルの知識等が必要である。またそれらのプログラムは研究用や実務用であり、初学者が使用するためには作られていない。そのために今までは気象庁においても津波シミュレーションの担当者以外が津波シミュレーションを行うことはほとんど無かった。こうした状況に鑑み、初学者が津波に対する理解を深め、さらに調査研究に利用出来るように、特別な環境を準備する必要がなく今ある PC のみを用いて津波のシミュレーションが出来る事、GUI 環境で直感的にパラメータ

の設定等を行うことが出来る事、使用者がシミュレーションのコード部分を意識せずシミュレーションプログラムを動かすことが出来る事を目指して開発したものが TSUNAMIdeEXCEL である。

TSUNAMIdeEXCEL は、広く一般に普及している Windows PC において Microsoft Excel (以下 Excel と記す) を用い、またシミュレーション計算の設定に Excel の GUI を用い直感的な操作を可能とし、さらにデータの入力、シミュレーションの計算部分、結果の出力までを全て VBA (Visual Basic for Applications) で自動化することによって、ユーザーは津波の特性調査や画像の作成等に集中できるようになっており、当初の開発目標を達成したプログラムとなった。

3 TSUNAMIdeEXCEL 用プログラムの作成

3.1 計算方法

TSUNAMIdeEXCEL で使用している計算方法は、気象庁の量的津波予報でも用いられ、津波シミュレーションにおいて一般的に使用されている、浅水方程式(1)~(3)を Staggered-Leapfrog 法で差分化し計算する方法を用いている (例えば、後藤・小川 (1982) や IOC (1997) など)。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial N}{\partial y} + \frac{\partial \xi}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) - \frac{gn^2}{D^{7/3}} MQ \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) - \frac{gn^2}{D^{7/3}} NQ \quad (3)$$

¹ 地震火山部地震津波監視課, Earthquake and Tsunami Observations Division, Seismological and Volcanological Department

ξ は津波の波高, M, N は x, y 方向の流量流束, ξ は海底の初期垂直変位, g は重力加速度, D は全水深, n はマンニングの粗度係数, $Q = (M^2 + N^2)^{1/2}$ である. 式(2)・式(3)の右辺第 2 項第 3 項が移流項(非線形項)であり, 第 4 項が摩擦項である.

格子の取り方は直交座標格子, 境界条件は陸側は全反射, 沖側は進行性長波の特性曲線を用いた透過境界としている. またコリオリ力は考慮しておらず, 移流項は一次精度の風上差分を用いて差分化している. 以上の条件で式(1)~(3)を Staggered-leapfrog 法で差分化し Excel の VBA で計算させている. 以上, 計算方法については概要を述べるに留める. Staggered-leapfrog 法での差分式の詳細などは参考文献 IOC (1997)で確認願いたい.

3.2 シミュレーションプログラムの作成

TSUNAMIdeEXCEL 用津波シミュレーションプログラムは VBA を用いて記述されている. 津波シミュレーションプログラムは通常, 科学数値計算に秀でた FORTRAN プログラムで記述されているものが多く, VBA では流用可能なプログラムは存在しなかった. その為, 今回は移植ではなくフルスクラッチで全てのプログラムを作成している. 津波の数値計算の核心部分(前項の津波の支配方程式の差分式等)は IOC (1997)等で詳細に述べられており, 加えてコードにして 100~200 行程度のものであり特段の留意点等なく容易に作成可能である. データ入出力処理等に関してはコードにして 500 行程度あるが, これらに関しては津波の数値計算に特有のものでないため, 通常のマニュアル本等で確認可能であり, これらについても作成に特段の留意点はない. また, 全てのコードは編集可能な状態で配布しており, ユーザー自らで機能の確認, 追加も可能となっている.

4 TSUNAMIdeEXCEL の使用方法

4.1 使用方法の概要

TSUNAMIdeEXCEL では Excel のシートにパラメータの設定, 水深データ, 地殻変動データ(津波の初期波源)の設定を行い, VBA の開始ボタンを押下することによって計算が開始される. 使用されるパラメータは全て津波の数値解析に一般的に用いられるもののみを使用している. またパラメータは常時確認可能であり, この点もユーザーインターフェイス

の向上に寄与している.

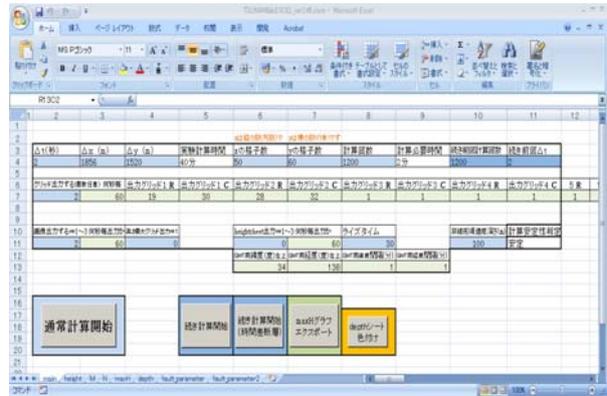


図 1 TSUNAMIdeEXCEL の概要

4.2 水深データ設定

水深データの設定は指定のシートに水深データを貼り付けるだけである. Excel では最初からグリッド表示になっているため直感的に操作(値の貼り付け, 確認)が可能である(図 2). 通常の CUI でのデータ操作では, おかした水深データ等を見つけることは困難であるが, 水深をグリッド表示することによって海図等との比較が容易となり, エラーデータの修正の効率が大幅に向上している. また仮想の水深地形等を作る際も, リアルタイム且つグラフィカルにデータ確認が可能であり, その作成を容易にしている. 使用水深データはどのようなものでも使用可能であるが, 例えば日本海洋データセンター(JODC)の 500m メッシュ水深データなどを用いると海図の読み取り等の作業をせずに水深データが取得できる. また TSUNAMIdeEXCEL には緯度経度をセル番号に変換するプログラムも付属しているため, スムーズに水深データ(次項の地殻変動データも)作成が可能である.

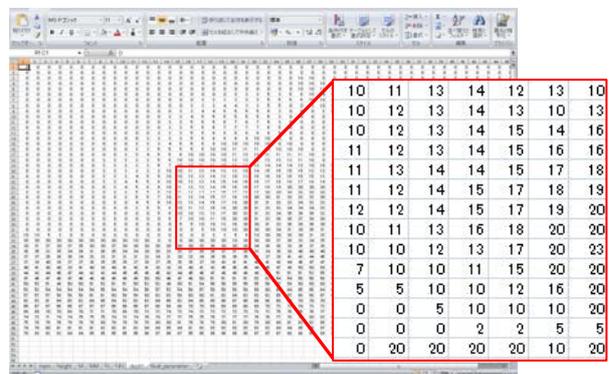


図 2 TSUNAMIdeEXCEL での水深データ

4.3 地殻変動データ設定

当プログラムには地殻変動計算機能は備わっていない。そのため津波波源となる地震による地殻変動での垂直変位は、内藤・吉川 (1999)の地殻変動解析支援プログラム MICAP-G を用いて Okada (1992)による一様な半無限弾性体内におかれた矩形断層の変位を計算し、その出力結果を指定のシートに貼り付けることによって設定する。

5 計算速度

各種設定が終了した後に、ボタン押下にて計算が開始される。計算速度は使用端末、各種設定で変わるが、例えば 2012 年現在気象庁で使われている事務用 PC (OS: Windows XP 32bit, CPU: Core2Duo E7500 2.93GHz, MEM: 2GB, EXCEL2007)で計算した場合 200×200 グリッドで 1 秒間に 6 ステップ程度計算が可能である。画像を出力する場合は 1 枚につき 3 秒程度時間がかかる。

6 出力データ

他の津波シミュレーション同様、全計算過程のデータを出力することはデータ容量的に不可能なため、時間間隔を決め、波高分布等のデータを出力可能となっている。また画像ファイルも同時に自動出力可能となっており、作業者の負担軽減が図られている。

さらに特定グリッドの津波高さを時間毎に出力することが可能であり、そのデータをそのまま Excel のシートに貼り付けることによって、検潮所等でのシミュレーション結果の波形を簡単に可視化出来る。

津波シミュレーション結果の画像は通常、シミュレーションとは別に画像処理ソフト等を用いて可視化する必要があるが、その場合データの受け渡しや、画像処理ソフトの操作の習熟等が必要である。その点 TSUNAMIdeEXCEL は Excel 上で全て自動でそれらの処理を行っており、効率的で利便性が高い。グラフの凡例などの設定等も最初から Excel に備わっている機能を使用するため、Excel の知識のみで使用可能である。

加えて、さらに進んだ利用者のために GMT (The Generic Mapping Tools)等の描画ソフトでも結果が可視化出来るように、それらにも対応した出力形式も備えている。

最後に画像出力の例として、波高分布図を図 3 に、

波形のグラフを図 4 に示す。

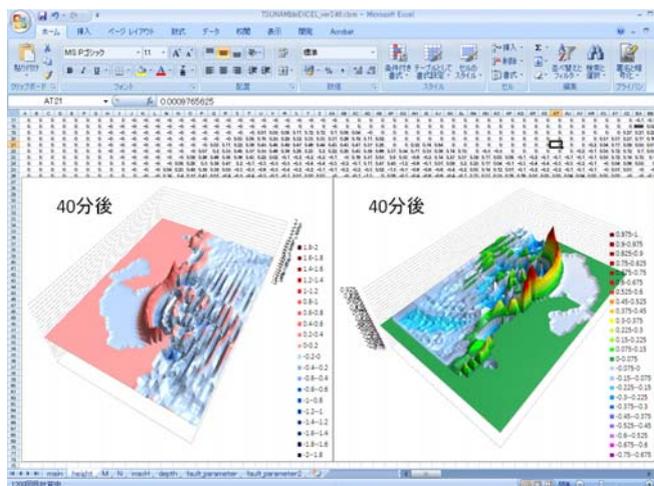


図 3 TSUNAMIdeEXCEL での波高分布図

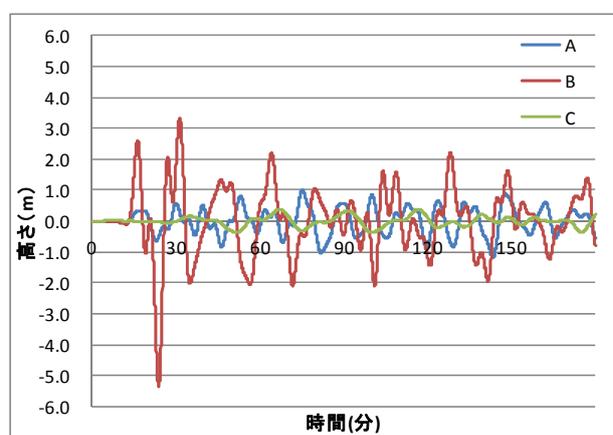


図 4 TSUNAMIdeEXCEL での波形グラフ

7 まとめ

以上のように、TSUNAMIdeEXCEL を用いることによって、津波数値解析の初学者にも簡便に津波のシミュレーションが可能となり、津波の調査や、周知啓蒙活動への活用が期待される。

今後も陸上への遡上計算、異なる格子間隔での計算の実装などのさらに進んだ津波のシミュレーションや、更なるユーザーインターフェースの改善などに取り組んでいきたい。

謝辞

本文の作成に当たっては、長谷川洋平氏、尾崎友亮氏、桑山辰夫氏、中田健嗣氏、館畑秀衛氏に有益な助言を頂いた。記して感謝の意を表します。

文献

後藤智明・小川由信 (1982): Leap-frog 法を用いた津波の数值計算法, 東北大学工学部土木工学科資料, 52pp.

首藤伸夫 他 (2007): 津波の辞典, 朝倉書店, 341pp.

内藤宏人・吉川澄夫 (1999): 地殻変動解析支援プログラムの開発, 地震 2, **52**, 101-103.

IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) (1997): IUGG/IOC TIME PROJECT: Numerical Method of Tsunami Simulation with the Leap-frog Scheme, UNESCO Manuals and Guides, **35**, 126pp.

Okada, Y (1992): Internal deformation due To shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., **82**, 1018-1040.

(編集担当 尾崎友亮)