

# 計測震度計算プログラムの使い方

勝部 雅稔 (コンサルティング・エンジニア)

ビジネス・フィールド:

- 半導体の品質問題解決支援サービス
- 電子回路設計

自著:

題名: オペアンプ スペックと活用

本書は、オペアンプのスペックと、その測定方法や活用方法を示しています。本書が扱うスペックの範囲は、直流/交流/雑音です。「スペックの活用」には、応用回路上で発生する誤差計算方法が挙げられます。また本書では、理想モデルからは正確な計算が難しい場合の計算方法や測定方法を提案しています。「ノウハウ」とも言い得ます。本文は452ページです。

連絡先:

名前: 勝部 雅稔 (かつべ まさとし)

所在地: 〒215-0017 神奈川県 川崎市 麻生区 王禅寺西5-3-5-302

e-mail: mkatsube@juno.dti.ne.jp

ホームページ: <http://www.juno.dti.ne.jp/~mkatsube/Home.html>

## ご利用にあたって

この移植プログラムのご利用によって発生したいかなる損害にも、著作権者および気象庁は一切の責任や負担を負わないものとします。瑕疵や不注意や誤解による場合などをふくめて、あらゆる状況でこれを適用します。

この移植プログラムの制作者は、発行する資料の全てに著作権を主張いたします。著作権に抵触する場合や転載には、著作権者が発行する書面による許可が必要です。

なお気象庁発表の計測震度は、オリジナル・プログラムによったものではありません。オリジナル・プログラムまたは移植プログラムで得た数値と発表される数値の間に、違いが発生することがあります。

移植プログラムのご利用は、これら一切を承知されたものとします。

## 移植プログラムの背景

このプログラムは、書籍「震度を知る ―基礎知識とその活用― 気象庁監修」の巻末にあるN88-BASICで記述されたプログラムがオリジナルです。これをTiny Basicに移植しました。気象庁の了解を得て、公開いたしております。

プログラムの動作の概略は、気象庁が公開している震度計のデータ(.csvファイル)を読み

込み、1996年より実施された震度計算法によって計測震度を計算し出力するものです。オリジナル・プログラムは、87型電磁式強震計のデータフォーマット用に作られています。移植プログラムは、これを現在使われている95型震度計のデータフォーマットに変更しています。

ここで「計測震度」というのは、1991年に始まった器械観測(それ以前は、人の感覚による観測でした)による震度です。この計測震度は、人が感じる震度に合致するように作られています。

Tiny Basic(以下、TBと略)は、正確にはTiny Basic for Windowsです。Microsoft(R)の Windows(R)環境で動作するBASICインタプリターです。1970年代にもTiny BASICがありましたが、これとは異なります。

TBは、新潟大学で作られ、無料で公開されています。TBは構造化プログラミングに対応しています。また学生の教育用に作られているため、教材的な一面が感じられます。数値精度は倍精度以上で、ほとんどのユーザーの要求に応えられると思います。

[地震警報器を製作・販売する](#)にあたり、地震について専門知識を持たなかった私が、勉強の材料としてプログラムの移植作業を行ったものです。書籍のプログラムリストを読みながら、手で打ち込みましたので、あるいはミスがあるかもしれません。ミスにお気づきの方は、ご連絡いただけると幸いです。

また私は、オリジナル・プログラムの動作を見ていません。プログラムを読みながら動作を推測して、それをTBで実現したものです。

## ダウンロード・ファイルについて

zipには、下記の3ファイルを同梱しています。

計測震度プログラム.pdf	(本pdfファイル)
計測震度計算.tbt	(TBプログラム)
2009 08 11 御前崎市御前崎.txt	(参考資料)

## 移植プログラムを動作させるまで

TBのダウンロードは、下記から行えます(リンクの承諾を得ております)。

<http://www.tbasic.org/index.html>

ダウンロードの詳細は、リンク先の説明に従ってください。

添付の「計測震度計算.tbtt」を、希望するフォルダ(ディレクトリ)に保存します。

Tbが初めてであれば、「計測震度計算.tbtt」を右クリックしてプロパティから、アプリケーションの「変更」のボタンを押して、TBのフォルダにある Tbasic.exe に関連付けるとよいでしょう。すると、「計測震度計算.tbtt」をダブルクリックすると、TBが自動的に立ち上がるようになります。「計測震度計算.tbtt」自体は、拡張子を.tbtt にしたテキストファイルです。

震度データを取り込みます。例えば、[「主な地震の強震観測データ」](#)のページから希望する地震を選び、希望する地点の「ダウンロード」にカーソルをあてます。右クリックして「名前を付けて保存」を選び、「計測震度計算.tbtt」と同じフォルダに保存します。

これで準備完了です。

## プログラムの実行

「計測震度計算.tbtt」をダブルクリックすると、TBが立ち上がります。ウィンドウが2つ現れ、一方が「Tiny Basic for Windows」で、他方が「Tiny Basic 実行画面(コマンド入力可)」です。

「Tiny Basic for Windows」のウィンドウで、「即実行」を左クリックします。すると、「Tiny Basic データ入力」の小さなウィンドウが開きます。ここに、計算する.csvのファイル名を大文字・小文字の種別や拡張子を含めて入力し、「OK」を左クリックします。これで計算が開始します。

ここで、実行する前に計算対象の.csvファイルは閉じてください。開いたままだと、エラーが出ます。

すると「Tiny Basic 実行画面(コマンド入力可)」の画面に、次のような表示が現れます。

Input FILE NAME?J811E471.csv

データ入力を開始します

震度計算を開始します

N-S	2 - 11	0.19(gal)	0.025(sec)	-2.02	0.03
E-W	2 - 11	0.10(gal)	0.025(sec)	-2.40	0.02
U-D	2 - 11	0.09(gal)	0.025(sec)	-2.57	0.02
VECTOR	2 - 11			-1.98	0.03
N-S	12 - 21	608.52(gal)	0.372(sec)	6.06	363.92
E-W	12 - 21	402.22(gal)	0.366(sec)	5.72	246.10
U-D	12 - 21	124.13(gal)	0.386(sec)	4.61	68.48
VECTOR	12 - 21			6.07	368.31

実行画面の例

全ての計算が終了すると「Tiny Basic 実行画面(コマンド入力可)」の画面に、「終了しました」と表示されます。また「計測震度計算. tbt」と同じディレクトリに、この例であれば「2009 08 11 御前崎市御前崎. txt」というテキストファイルが生成されます。この生成されたファイルを、そのまま添付ファイルにしておきました。

プログラムの実行は、以上のとおりです。

## 計算結果の読み方

生成された. txtのファイル名は、計算した. csvファイルのヘッダーから得た情報で構成されています。添付ファイルであれば、. csvファイルの「2009 08 11」が発生日時 (INITIAL TIME=に続く数字列) であり、「御前崎市御前崎」が観測地点 (SITE CODE=に続く文字列) です。. csvファイルは、著作権がありますので添付していません。. csvファイルは、気象庁の「主な地震の強震観測データ」のページ(先の URL)にある「駿河湾の地震」の最初の行のデータ (ファイル名: J811E471.csv) です。

オリジナル・プログラムで生成されるファイルの拡張子は、. OUTでした。Windows (R)では、. txtの方が読みやすいと思いましたが変更しました。このファイル名は、プログラムリストの1840行で指定しています。

. txtファイルの読み方を、添付ファイルで説明します。

SITE CODE=から INITIAL TIME=に続く数字列までは、. csvファイルのヘッダー情報です。続く、観測地点からカットオフ周波数までは、同じくヘッダー情報から作成しています。上記の情報と重複していますが、読みやすくしているのだらうと思います。

続く数字列が、計算結果です。

1列目の「N-S」, 「E-W」, 「U-D」は、直交する3軸の行のタイトルであり、各々「北ー南」, 「東ー西」, 「上ー下」を意味しています。下に続く「VECTOR」は、直交3軸のベクトル合成と言う意味の行のタイトルです。以降は、これら4行の繰り返しです。

続く、例えば2 - 11 は、「2秒から11秒」を意味しています。プログラムは、. csvファイルの最初のデータから、10秒ごとにデータを区切って計算しています。計算した最初の10秒間のデータが、2秒から11秒までと言う意味です。

続く数値が10秒間ごとの計算結果であり、列のタイトルには次の意味があります：

### ■ 最大加速度

. csvファイル内の生データ(加速度)の最大値です。

### ■ 卓越周期

計測震度の計算は、FFT→フィルタリング(周波数領域での重み付け)→逆FFTの順序で行われています。この過程でFFTにかけた後、最大の振幅を示す成分が持つ周波数(卓越周波数)の逆数のことです。

### ■ 震度

規定の計算法で算出された計測震度です

### ■ 濾波加速度

フィルタリングされた加速度データの最大値です

「震度」の数値を見ると、一部がマイナスになっています。これは、次の背景があります。まず計測震度の計算式は、次の形をしています。

$$I = 2 \times \log_{10} Am + 0.94$$

$I$  : 計測震度

$Am$  : 最大加速度 [gal]

この計算式の性質を考えると、次のようにいえます。 $Am$ が、 $0 < Am < 1$ の範囲にあるとき  $2 \times \log_{10} Am$  の項は負の値を取ります。それが0.94よりも小さければ、 $I$ は負の値をとることになります。該当する箇所の加速度をみると、例えば0.1[gal]程度です。すると、 $2 \times \log_{10} Am$  は－2程度ですから、 $I$ が負の値を取るわけです。マイナスの震度は違和感がありますが、計算式に代入するとこのようになります。

続いて、「継続時間」と「震度」のペアが4列あります(震度は、計測震度のこと)。これは、直交する3軸の加速度データのフィルタリング処理をして・ベクトル合成した全データを通算した結果です。

継続時間の間に存在した、最大計測震度を意味します。継続時間は断片的であっても合計されますから、「積算時間」と言えばピンと来るかも知れません。継続時間が長くなると、計測震度も小さくなっていきます。

この部分は、おそらく構造物に対する破壊エネルギーを見るためのものだろうと思います。強い揺れ(計測震度)が長時間続くほど、破壊エネルギーが大きくなるだろうと思うからです。

## 気象庁発表との比較

プログラムの実行結果と気象庁発表を比較します。結論から言えば、概ね合っています。  
[気象庁のホームページにあるフォーマット](#)で、「駿河湾の地震」のうち「御前崎市御前崎」を比較すると次のとおりになります。

	計測震度	最大加速度 (gal=cm/s <sup>2</sup> )			
		3成分合成	南北	東西	上下
気象庁発表	5.7	618.8	608.5	402.2	124.1
実行結果	5.77 (※1)	— (※2)	608.52	402.22	124.13

※1 計測震度は、継続時間=0.3秒の数値としました。

※2 該当データがありません。

### 比較結果

計測震度の計算法などは、気象庁のホームページでご確認ください。  
[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc\\_sindo.htm](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc_sindo.htm)

このページによれば、計測震度が「5.5以上6.0未満」は「震度6弱」となります。

更に詳しくは、書籍「震度を知る ―基礎知識とその活用― 気象庁監修」をご覧ください。  
既にこの書籍は絶版になっており、気象庁にも残っていないそうです。私は、市立図書館でみつけ、古書店で買い求めました。ですから、お近くの図書館に置いてあるかもしれません。

## 最後に

このプログラムは、「計測震度とは、いかなるものか？」を勉強するには良い材料だろうと思います。

今回採用したTBは、最近の高性能パソコンとWindows (R)で動作します。加えてフリーウェアというのも、実にありがたいと思います。計算精度も高く、多くの技術計算などに十分耐えると思います。構造化プログラミングに対応していますから、作ったプログラムリストは資産となり、以降はつなぎ合わせるだけで動作させることも出来ます。この移植プログラムでは行番号を使っていますが、TBは行番号なしでもプログラミングできます。

この震度計算プログラムを、書籍発刊当時のパソコンで動作させると、結構な処理時間がかかっただろうと思います。Windows (R)を搭載した最近のパソコンであれば、かなり短時間で処理が完了します。私は、微分や積分などを伴う重い処理では、TBを使ってシミュレーションするなどしています。BASICプログラミングは簡単ですから、ご存知ない方にはお勧めします。

## 謝辞

Tiny Basic for Windowsへのリンクに快諾を下さいました新潟大学の竹内教授、また移植プログラムの公開にお許しを下さいました気象庁火山課へ心より御礼申し上げます。

以上