

## 火山構造探査グループの人工地震記録読みとり用標準ソフト について

筒井智樹<sup>1)</sup>・森田裕一<sup>2)</sup>・三ヶ田均<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 京都大学理学部

<sup>2)</sup> 東北大学理学部

<sup>3)</sup> 東京大学地震研究所  
(1995年9月1日受理)

### A Standard Software Family for Assisting First-break Picking by the Volcanological Exploration Group

Tomoki Tsutsui<sup>1)</sup>, Yuichi Morita<sup>2)</sup>, and Hitoshi Mikada<sup>3)</sup>,

<sup>1)</sup> Faculty of Science, Kyoto University, <sup>2)</sup> Faculty of Science, Tohoku University,

<sup>3)</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo

(Received September 1, 1995)

#### Abstract

This text describes a standard software family for assisting data arrangement which is called the pick or the pickup, and presents some instructions about how to use them. The concepts of this software were demanded in order to help to find a first-break in the seismic data recorded over the Kirishima Volcanoes on December, 1994, through an analysis by the Volcanological Exploration group. This software is available on some popular engineering workstations, such as SUN, NeWS, and HP, which are owned by almost all of the participants of this survey.

#### 1. はじめに

火山構造探査グループの手によって1994年12月に行われた霧島火山群における人工地震探査実験では、新開発のデータロガー(白山工業製LS8000VF)を用いてすべての点の観測が行われた。実験後、データ整理と基本的な手法による構造解析を行うことを目的にデータ整理グループが編成された。

このグループがまず最初にならなければならなかった地震波の到来時刻の読みとり作業は、一連の地震波解析の最も基本的な部分であるにも関わらず、もっとも忍耐力と集中力を要求される単調な作業である。霧島火山で行われた人工地震実験では初動だけでも約960ポイントを読みとる必要があり、この作業を効率よく処理するためには紙上の波形出力の読みとりよりも計算機上で対話形式で作動する支援ソフトが必要であると考えられた。

本稿で解説するソフトウェア群はこのような要請のもとに、先述の実験で得られたデータファイルにおける初動到来時刻の読みとり作業を支援する標準のツールとして使用されることを目的として開発されたものである。

ソフトウェア制作にあたって、特に留意した点を以下に述べる。まず最初に、データ整理グループの目的は得られたデータの整理と基本的な解析にありソフトウェアの開発は主目的でないことから、ソフト開発作業に割ける時間が制約されていること。次に対象とするどのシステムでも安定に動作することが重要であるが、一般に万人が満足するようにソフトウェアの仕様を充実させようとすればするほどコードが複雑になり、その動作を安定させるのがむずかしくなる傾向がある。これらの条件を考慮して、著者の一人である筒井から供給する基本的なコードは必要最小限の機能を持ったものに限定し、安定で着実な動作を短い開発期間で実現するようにした。

本稿ではこれらのソフトウェア群に共通する操作方法について解説する。ここで紹介するソフトウェア群の目的とするところは、地震波解析のもっとも基本である到来時刻の読みとりであり、火山構造探査ばかりではなく他の目的にも応用ができるものである。

## 2. 本ソフトウェアのファミリー

ここで解説するソフトウェアは読みとり作業の対象とするデータファイルの形式に対応して、以下に述べる3種類のコードが存在する。

白山工業製 LS8000VF (旧) 対応読みとりソフト pickup.f

白山工業製 LS8000SH/VF改 対応読みとりソフト shpick.f

火山構造探査共通フォーマットファイル対応読みとりソフト cpickup.f

同上用読みとり結果評価ソフト tutui.f

上記のソフトウェア群は、データファイルの読み込みの部分以外は共通に設計されているので、本稿では一括して「ピック」と称し、特に必要がある時に限って pickup(shpick)/cpickup(tutui) の名称で区別して取り扱うことにする。なお、火山構造探査共通フォーマットについては三ヶ田・他(1995)を参照のこと。

また、これらのソフトはソースコードを圧縮されたテキスト形式に編集したうえで、インターネット経由の電子メールとして、データ整理グループのほとんどのメンバーに配布された。さらに著者の一人である三ヶ田によって、tansa@newsida.eri.u-tokyo.ac.jp にソースコードのファイルが置かれ、必要に応じてインターネット経由でFTPを使用して最新のファイルを得ることもできる準備がされている。

さきにも述べたが、供給されたソースコードは必要最小限の機能をもつに過ぎないので、これをもとに配布先で部分的に改修され機能を付加された派生版も存在する。

## 3. 本ソフトウェアの構成および作者

本ソフトの骨子となる流れとサブルーチンの大部分は、共著者の一人である森田が作成した多チャンネル波形表示ソフト(plnet.f, pllwin1.c, pllwin2.f) のものを用いている。本ソフトはこれをもとにして、筒井がマウスによる操作のサブルーチンおよびデータファイルの読みとりサブルーチンを追加したものである。さらに、制作されたソフトウェアの異機種間で

Table 1. Examples of the initial parameter file for pickup.f (shpick.f) for (a) and cpickup.f for (b).

(a) <pickup.f/shpick.f>

.././kirisima	←データファイルがあるパスの名前
0.0.30.0	←表示開始時刻(秒), 表示長さ(秒)
148	←データファイル総数
00100001	←個々のデータファイルの名称(半角3文字)と チャンネル指定
12100001	← 同上
00200001	← 同上
:	
---	(中略) ----
:	
14600001	← 同上
14500001	← 同上
14100001	← 同上
1	←読みとりをしたいエリアの番号
yourfile	←読みとり結果を落とすファイルの名前 (shpick.fのみ)

b) <cpickup.f>

.././kirisima	←データファイルがあるパスの名前
0.0.30.0	←表示開始時刻(秒), 表示長さ(秒)
148	←データファイル総数
001 ud	←個々のデータファイルの名称(半角4文字左詰め) とチャンネル指定(半角2文字)
121 ud	← 同上
002 ud	← 同上
:	
---	(中略) ----
:	
146 ud	← 同上
145 ud	← 同上
141 ud	← 同上
s1	←読みとりをしたいショットの名前(半角2文字)

の移植性のチェックならびに tutui.f への改造は三ヶ田が行った。

#### 4. 本ソフトウェアの仕様

本ソフトウェア群は次のような仕様で制作されている。

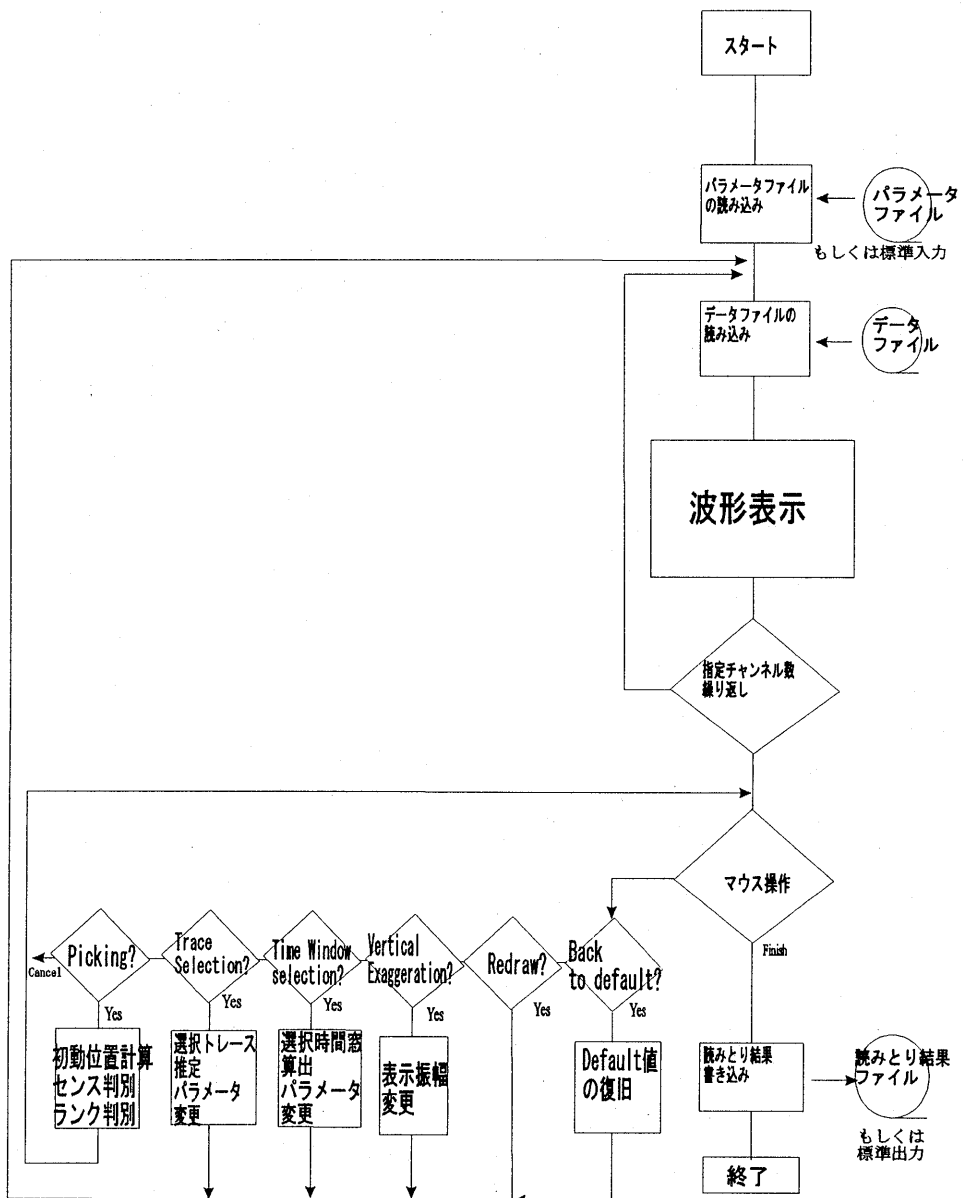


Fig. 1. Typical flow diagram of the pickup.f family. They have small differences in the input and output. Their differences are described in this text.

#### 4-1. 本ソフトウェアの動作環境

以下に示すように本ソフトウェアは、霧島構造探査参加機関の90%が保有するSUN(Sparc)ワークステーションおよび NeWSワークステーションで動作することを念頭に置いて開発され

Table 2. Example of the result output.

```
##### Result;
Logger, ch, Dst, Firstbreak, pol, rank
061 ,ud, 8.57, 8.116, U, A
060 ,ud, 8.39, 8.116, U, B
059 ,ud, 8.53, 8.120, U, B
058 ,ud, 8.74, 8.196, U, A
057 ,ud, 9.15, 8.284, U, A
056 ,ud, 9.03, 8.296, U, A
```

た。このソフトウェアをコンパイルして動作させるための環境としては、X-Windowsおよびそのライブラリである Xlib が必須である。

ハードウェア : Sparc系ワークステーション, NeWS系ワークステーション, HP系ワークステーション

OS:UNIX 系 OS(SUN-OS ver. 4.1.3, NeWS-OS ver. 4.1.3)+X-Windows Ver.11 Release 4(OpenWindows Ver.2)/5

言語 : FORTRAN 77 + ANSI C

#### 4-2. 入力データファイル

すべてのバージョンのプログラムの起動時に必要なものは、標準入力から入力する動作パラメーター群またはパラメーターファイル (例は Table 1 (a), (b) を参照) である。パラメーターファイルからの入力は、標準入出力の切り替え (リダイレクション) で実現される。また、プログラム tutui.f ではこのほかに、読みとり作業の中間出力ファイルが必要とする。

また、それぞれのプログラムで異なるのは読みとりの対象とするデータファイルであり、pickup.f は LS8000VF (旧) のデータファイルに、shpick.f は LS8000SH/VF (改) のデータファイル、cpickup.f は 火山構造探査共通フォーマットデータファイルにそれぞれ対応する。

なお、データファイル読み込み部分のプログラミングにあたっては、pickup.f は白山工業 (1995)、shpick.f は白山工業 (1995)、cpickup.f は三ヶ田・他 (1995) の文献を参考にした。

#### 4-3. 出力データファイル

出力内容は Table 2 に示されるように、読みとられた初動到来時刻と初動品質ランク、初動部極性を、カンマで区切られた固定長フィールドで表現している。読みとられた初動到来時刻は、測定開始時間の正分からの経過時間 (秒) で表現される。出力先は以下のようにプログラムによって異なる。cpickup.f/pickup.f は標準出力へ、shpick.f は初期パラメーター入力

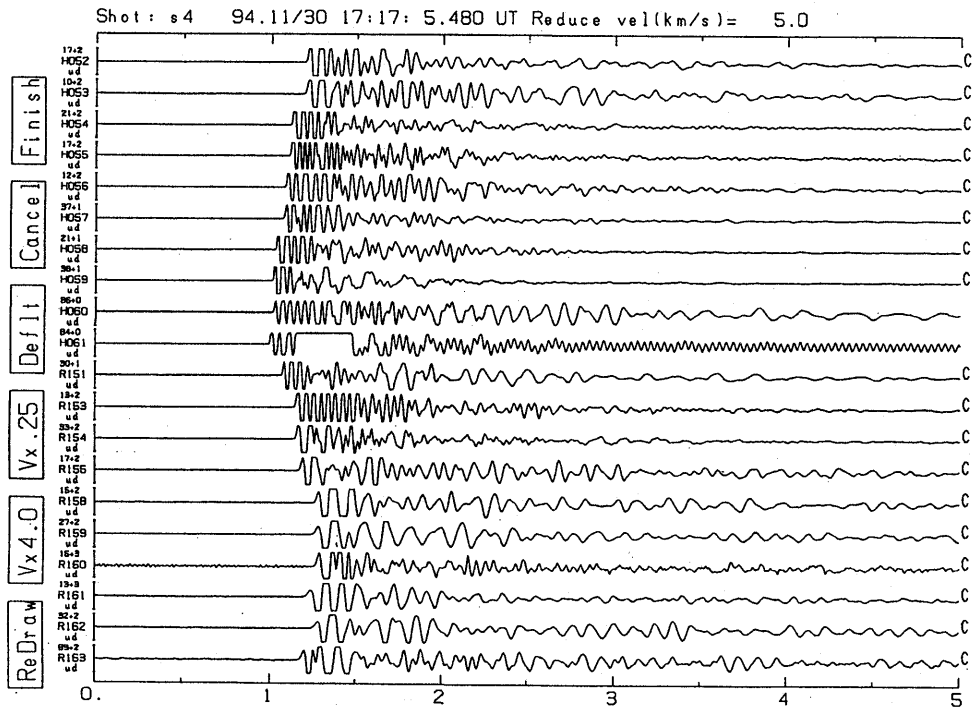


Fig. 2. Example of the wave-form display in the prompting stage of operation.

で指定されたファイル名のファイルおよび標準出力, cpickup.f/pickup.f でファイルへの出力が必要な場合には, 標準出力を任意の名前のファイルに切り替える(リダイレクションする)。

##### 5. 「ピック」の操作

ピックの動作の流れは Fig. 1 に示される。操作はキーボードとマウスを用いて、以下の要領で操作する。

1. コマンドプロンプト状態から、コマンドを投入してプログラムを起動する。
2. プログラム起動パラメーターを標準入力装置またはファイルから入力する。
3. 描画が完了したら、マウスでカーソルを動かして以下の操作を選択する。
  - 3-1. 初動の読みとりおよび、初動の極性判定と品質評価
  - 3-2. 全画面、全トレースの再描画
  - 3-3. 任意のトレースを選択して再描画
  - 3-4. 任意の時間窓の部分だけの表示を選択して再描画

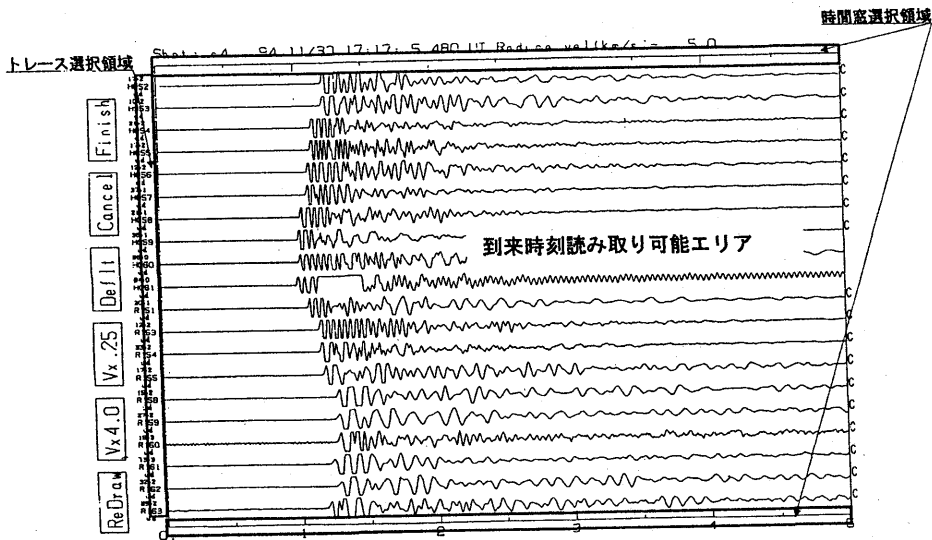


Fig. 3. Target areas to direct functions.

3-5. 現在表示されているトレース振幅の拡大・縮小

3-6. すべての読みとり終了

波形描画が完了した時点での画面表示の例を Fig. 2 に示す.

#### 5-1. 波形表示がなされた後の操作の詳細

Fig. 2 のように、波形表示とともにその左側には機能をもたせたボタンが描画される。また、トレースの選択や時間窓の選択も可能である。それらは、Fig. 3 に示される領域をマウスでクリックする事で指令できる。

##### 5-1-1. 基本操作ボタンについて

以下に述べる各機能は、機能選択ボタンを2回の連続クリックで指定することによって選択できる。

「ReDraw」：再描画をする。たとえば、読みとりをやり直して、どれが最新の読みとりインジケータかわからなくなったりした場合や、他のウィンドウが前に出てきて描画に失敗した場合に使う。また、時間窓選択やトレース選択をして再描画したい場合にも、これらの操作に続けてこのボタンを指定する。

「Vx5.0」：振幅を5倍に拡大する（バージョンによって倍率は異なる）。

「Vx0.2」：振幅を2割に縮小する（バージョンによって倍率は異なる）。

「Deflt」：プログラム起動時の状態で再描画する。

「Cancel」：現在している操作を終了する。

「Finish」 : プログラムを完全に終了させる.

#### 5-1-2. 時間窓選択

時間窓選択は以下のように操作する.

- 1) 上下の時間軸のうち, 1箇所ずつを一回のクリックで指定する.  
(指定された時間窓は黒枠で囲われる)
- 2) 波形表示領域もしくは「ReDraw」ボタンを2回連続してクリックする.

#### 5-1-3. トレース選択について

トレース選択は以下のように操作する.

- 1) 波形の左端の外側の領域(波形左端から5ミリくらいまで)を, 1箇所ずつ1回のクリックで指定する. この操作の結果として指定されたトレース群は黒枠で囲われるが, 一つだけのトレースの指定の場合は指定されたチャンネルに波形に黒線がオーバーラップする表示となる.
- 2) 波形表示領域もしくは「ReDraw」ボタンを2回連続してクリックする.

#### 5-1-4. 初動の読みとり

##### (1) 初動位置の確定とランク分け

初動品質ランクの決定機能をもたせるために, Fig. 4 に示されるように2回のポイントで囲まれた範囲の中点を読みとり値とする事にした. この2回のクリックの示す時間差をもとに, Table 3 の定義に従って読みとった初動品質ランクを自動的に決定する. ( ) 内は本プログラム実行時の判定の基準を記述する.

この初動品質ランク分類は 爆破地震動研究グループ(1982)を参考にして定義したものである. このうち, その定義から読みとり値が存在するのは A~L ランクまでで, X ランクには読みとり値が存在しない. また, 経験的には A~C ランクまでは必ず初動の極性を読みとれるが, L ランクに相当するものは初動の極性の判別が困難な場合がある.

##### (2) 初動極性の入力

3 ボタンマウスの3つのボタンそれぞれに極性を定義することで, 読みとりと同時に極性の判別結果も取り込む. これらのボタンの定義は以下のようにになっている.

マウスのケーブルを奥になるようにしておいた場合、

- 左ボタン=アップ
- 中ボタン=ダウン
- 右ボタン=読めない

なお, この極性指定操作は読みとり作業の2回目のクリックで有効になる. 極性の指定の結果は Table 2 に示されるように最も右側に位置するフィールドに書きこまれる. 極性の略号は アップ=U, ダウン=D, 読めない=X とする.



Table 3. Classes and their criteria for first-break examinations.

Aランク	: ±10ms 以内で初動の位置が確定できるもの。 (2回のクリックポイントの時間差が 20ms 以内)
Bランク	: ±30ms 以内で初動の位置が確定できるもの。 (2回のクリックポイントの時間差が 60ms 以内)
Cランク	: ±30ms よりも広い範囲でしか初動位置を特定し得ないもの。 (2回のクリックポイントの差が 60ms 以上にわたるもの)
Lランク	: 隣合った観測点を参照しないと初動位置が類推できないもの。 (2回のクリックポイントの差が 0.1sec 以上として指定する)
Xランク	: 全く初動位置の読みとりができない。

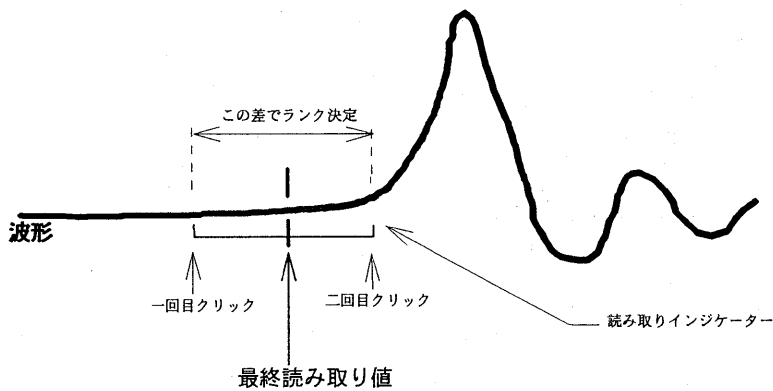


Fig. 4. Close up around a picking indicator. Two clicks define an ambiguity zone, their center point expresses the final arrival time.

## 6. コンパイル方法

以下に SUN系のシステムでコンパイルする場合について説明する。

- 1) サブルーチンを先にコンパイルして、オブジェクト (中間形式) ファイルを作成する。

```
cc -c pllwin1.c
```

(pllwin1.oが作成される)

```
f77 -c pllwin2.f -o pllwin2.o
```

(pllwin2.oが作成される)

- 2) サブルーチンのオブジェクトファイルを作成した後、メインルーチンをコンパイルする。

```
f77 pickup.f pllwin1.o pllwin2.o -xl -lX11
```

(a. outが実行形式が作成される)

上の作業はSUN系用のコンパイルオプションである (SunPro, 1992) が, cpickup.fをコンパイルする場合と, NeWSで pickup.f/shpick.f をコンパイルする場合は -xlオプション無しでも構わない。

ここで述べたのは UNIXなどで使用される make コマンドを用いない方法であるが, Makefileの作成法を知っている場合は make コマンドを使用した方が実行ファイルの管理の面で有利である。

## 7. 読みとり結果の精度

初動の立ち上がりが見やすい波形であれば, サンプリング間隔と同程度の読みとり精度が保証される。

## 謝辞

本プログラムの制作および虫とりの過程では, 霧島探査本線整理グループの諸兄に度重なるバグの発生にも関わらずつきあっていただいた。特に九州大学理学部松島健氏のバグ解消への示唆および, 東北大学理学部西村太志氏の読みとりプログラムの存在, 気象庁高木朗充氏のオリジナルプログラムの存在は, 本プログラムへの信頼性を高める上で有益であった。また, 本稿の改良にあたっては複数の匿名の査読者の指摘が有益であった。ここに感謝する。

## 参考文献

白山工業, 1994, 私信; LS8000VFメモリレイアウト

白山工業, 1995, 私信; LS8000SHメモリレイアウト

三ヶ田均・筒井智樹・森田裕一, 1995, 火山構造探査における波形デジタル共通フォーマット, 地震研究所彙報 (投稿中)

爆破地震動研究グループ, 1982, 伊豆半島における爆破地震動の観測. I I. 伊東・松崎測線, 地震研究所彙報, 57, 701-738

SunPro, SparCompiler FORTRAN Reference Manual, 1992