

hypoTD 操作説明書

(株)ホームサイスマメータ 堀内 茂木

1. はじめに

hypoTD による相対震源決定では、多数のテンプレート地震(大き目の地震で、全体の10%程度)の震源パラメータと到着時刻データ登録する。個々の地震について、登録したテンプレート地震の中から、N 個(50個)の地震を選び、1)N 個について、相対震源決定、2)N 個の相対震源決定結果を用いて、間違った読み取りデータと、ノイズイベントの削除、3)N 個のテンプレート地震の震源を固定して、走時残差の RMS が最小となるように、震源決定、を行うものである。

テンプレート地震の震源は、誤差を含んでいることから、hypoTD を用いて震源決定を行い、次に、再決定された地震を用いて、テンプレート地震を登録し、再度震源決定を行う。このイタレーションは、2回程度で収束する。なお、震源決定を行う地震数が、100,000 個程度以上の場合には、登録したテンプレート地震だけを2回計算し、その後、全ての地震を決定すると、計算時間は短縮できる。

2. Directory

- (1) JMA_measure、win_measure、hypoDD_measure ;入力データ変換ソフトディレクトリー
- (2) auto_td : hypoTD ソフト
- (3) arriv :hypoTD の読み取りフォーマットに合った、震源リストと、到着時刻データ
- (4) etc :hypoTD 用入力データ
- (5) event_dd : テンプレート地震と、震源再決定する地震の震源リスト
- (6) arriv_dd : hypoTD による震源決定結果保存

3. 入力データ変換ソフトのコンパイルと実行方法

入力データ変換ソフトは、以下に対応している。

(1) 気象庁一元化震源到着時刻データ measure****

1) コンパイル

```
cd JMA_measure
make
```

2) 入力データ

print.dat に読み込むファイル名を入れる。複数個ある場合は複数個。 以下は、print.dat の例
measure_20240102_1.txt

3) 実行

```
./read_jma_arriv
```

(2) win フォーマット picks/****

1)コンパイル

```
cd win_measure
```

```
make
```

2) データ

print.dat に読み込むピックファイルのディレクトリー名を入れる。複数個ある場合は複数個。以下は、**print.dat** の例

picks/1611

3) 実行

```
./read_win
```

3) hypoDD フォーマット LV.pha

```
cd hypoDD_measure
```

```
make
```

2) データ

print.dat に読み込むファイル名を入れる。複数個ある場合は複数個。以下は、**print.dat** の例

phase_Orkney_sumple.dat

3) 実行

```
./read_lv
```

4. テンプレート地震の登録

(1) コンパイル

```
cd auto_td
```

```
make
```

(2) 実行方法

```
./read_template
```

(3) 入力データ

1) etc ディレクトリーに、観測点ファイルのコピー

例

jma_stn.dat

観測点	緯度	経度	海拔
EHTO	1 36.5354	140.5136	0.041
ETKM	2 36.4386	140.5687	0.009
EMTH	3 36.3396	140.5182	0.025
EIBR	4 36.2575	140.4601	0.027
ENGK	5 36.1456	140.4295	0.020

2) etc/vel_model.dat に速度構造モデルを入れる。

以下は、速度モデルの例

#は、コメント行

```
# Component Name
```

```
UD NS EW AZ AX AYMZ MX MY SZ SX SY TZ TX TY
```

Select velmodel. 1;two layer gradient ,3:N Layer model N<50

1

Land Vel model table Two layer

5.40 -59.0 7.75 -2.3 3.15 -59.0 4.35 -2.3 31.0

6.00 -30.0 8.0 -2.3 3.53 -30.0 4.50 -2.3 40.0

#Ukawa 5.50 -53.49 7.80 -2.13 3.25 -44.68 4.41 -1.57 32.0

東北大 5.40 -59.0 7.796 -2.3 3.15 -59.0 4.40 -2.3 30.0

Velmodel.

6

-2.00 4.800 2.844

0.50 4.950 2.931

1.00 6.000 3.521

24.00 6.648 3.858

40.01 8.10 4.50

700.00 12.0 6.66

#を除く行

1行目 未使用。消さないこと。

2行目 1 速度モデルの選択 1 あるいは、3を入れる。

1;2層傾斜モデル、3;N層 モデル 層内の速度は一定

3行目 2行目を、1にした場合の速度モデル

6.00 -30.0 8.0 -2.3 3.53 -30.0 4.50 -2.3 40.0 とした場合の速度は以下で与えられる。

$$V_p = 6.0 \cdot \{(R - \text{dep}) / R\}^{-30.0}$$

$$V_s = 3.53 \cdot \{(R - \text{dep}) / R\}^{-30.0}$$

2 層目の深さ 40km

2 層目の速度

$$V_p = 8.0 \cdot \{(R_m - \text{dep}) / R_m\}^{-2.3}$$

$$V_s = 4.5 \cdot \{(R_m - \text{dep}) / R_m\}^{-2.3}$$

R=6371.05 Rm=6371.05-40.0

と表せます。

4行目 2行目を3とした場合の速度モデルで、層数

5行目以降

N 層モデルの深さ、P 波速度、S 波速度

この例だと、深さ-2km(標高2km) から、0.5km までの、P波速度は、4.8km/sec, S 波は 2.844 km/s です。

3) 到着時刻データ

arriv/hypo_****.dat 震源リスト アスキーファイル
 arriv/arv_****.dat 到着時刻データ バイナリーファイル
 入力データ変換ソフトの実行で作成される。

4) データファイル名、期間、解析領域の入力データ

etc/wave_dir.dat

以下は etc/wave_dir.dat の例

#は、コメント

```
# 1) ./read_template    !Make event lists for ateq_td and rgister template EQ.
# 2) ./ateq_td          !Re-locate hypocenters.
#date from and date to
2024 1 1                !1  date from
2024 1 13               !2  date to
#../etc/stn_test.dat    !3 station win format
#../etc/jma_stn.dat     !3 station JMA
#../etc/stn_dd.dat      !3 station hypoDD
../etc/station_Orkney.dat !3 station Orkney
# File name of Event list for re-location events
#../event_dd/jp_noto.dat
../event_dd/jp_Orkney.dat !4  file name of re-
locate list
# Latitude longitude and depth aranges of the study area by re-location
-90.0  90.0 -180.0  180.0   -2.0  700.0   All      !5  study area
lat1,lat2,lon1,lon2,dep1,dep2
# 37.5  38.0 136.5  137.0   -2.0  100.0          ! 5 Noto
# trigger waveform directory name  Eg. of file. trg/23/05/05/230505.144143
../trg      !Not used          !6 Not used
# file name of the list selected as the template events.
../event_dd/template_Orkney.dat          !7 File name of
Templatelist
# Minimum number of P and S wave readings used for  template events
# Total number of  template events must be less than 300000
5    3          !8 Template selection
# pick file directory names used for the template events of ateq_dd
../arriv/hypo_2014.dat          !9 arrival time data for the
selection of template EQ
以下の行番号では、コメント行は除く。
```

1, 2行目 計算を行う期間、
`read_template` では未使用。 `ateq_td` で使用。
3行目 観測点ファイル名
4行目 震源決定を行う地震のファイル名、
5行目 解析範囲の緯度、経度、深さの範囲を指定
6行目 未使用
7行目 テンプレート地震のファイル名 `read_template` を実行されると、このファイルが作成される。
8行目 テンプレート地震を選ぶ基準。15 10 であれば、P 波、S 波読み取りデータ数が、15、10点以上 $N_p \geq 15$
9行目 テンプレート地震と解析する地震の震源リストファイル名。複数のファイルに分かれている場合は、複数個
`read_template` を実行すると、9行目以降に書かれている、震源リストファイルを読み取り、
4行目のファイル名で、震源決定を行う地震のリスト作成
7行目のファイル名で、テンプレート地震のリスト作成
フォーマットは、9行目の震源リストと同じ。

`arriv arriv_dd event_dd` に書き込まれるファイルは、同じフォーマットになっている。

5. hypoTD による震源決定

(1) コンパイル

`auto_td` ディレクトリで `make` とすると、`read_template` と `ateq_td` がコンパイルされる。

(2) 実行

`Cd ateq_td`

`./ateq_td`

イタレーションを2回行う場合は、

hypoTD.com は、イタレーションを2回行うコマンド

`source hypoTD.com`

以下は `hypoTD.com` の例

```
# Iteration 0 *****
cp ../etc/wave_dir_org.dat ../etc/wave_dir.dat
./read_template
./ateq_td
cp -r ../arriv_dd ../arriv_dd_0
cp ../etc/wave_dir.dat ../etc/wave_dir_org.dat
```

```
cp ../etc/wave_dir_ita.dat ../etc/wave_dir.dat
```

```
# Iteration 1 *****
```

```
./read_template
```

```
rm ../arriv_dd/*
```

```
./ateq_td
```

```
cp -r ../arriv_dd ../arriv_dd_1
```

```
./read_template
```

```
./ateq_td
```

```
cp -r ../arriv_dd ../arriv_dd_2
```

(3)入力データ

1) ../etc/wave_dir.dat read_template と共通

2) 観測点データ read_template と共通

3) 速度構造データ read_template と共通

4) 到着時刻データ arriv/arv_****.dat

入力データ変換ソフトで作成される

5) 震源再決定を行う地震のリストファイル

read_template の実行で作成される。

6) テンプレート地震のリスト

read_template の実行で作成される。

7) ../etc/hypo_remove.dat

地震のノイズとの判定パラメータ

0.1 !1 err_min Minimum sd_cross

2.0 !2 rat_stn_sd2 remove error picks sd2=2.0*sd

0.4 !3 sd_remove remove hypo when large sd (sec)

10.0 !4 dl_remove remove hypo when large location error (km)

0.4 !5 rat_err_eq remove hypo if 60% of large sd eq.

70.0 !6 del_lim_sd_change km

5.0 !7 S波到着時刻を用いるマグニチュードの上限

1行目 ; 相対震源決定の走時残差の最小値

2行目 ; 読み取りデータを削除する場合の基準

1行目が 0.1 2行目が2.0の場合が、

50個の地震の走時残差のRMSをsd, 走時残差の平均値からのずれを av とすると

Sd が0.1秒より小さければ、sd=0.1 とし、av>2sd であれば、その観測点データを削除

3行目 50個の地震の走時残差の中で、RMSがこの値以上であれば、そのテンプレート地震との震源決定を行わない

4行目 50個の相対震源決定を行った場合の、震源位置のばらつきが、この値以上であれば、震

源決定を行わない。

5行目 50個の相対震源決定で、震源決定できた地震の割合が、この値以下であれば、震源決定を行わない。

6行目 平均的観測点間距離の閾値。例えば、70km で、平均的観測点間距離が、Lとすると、3行目、5行目のデータは、

Lが70kmを超えた場合に、3行目、5行目のデータを、L/70で、除して、判定に使う。

7行目 マグニチュードがこの値以上であれば、S波到着時刻を使用しない。

6. hypoTD の出力

arriv_dd に、震源リストが作成される。

ファイル名

Arriv_dd/hypo_year.dat

120 バイト固定長、アスキーファイル

例

421

```
161130 0 5 0.00 7.71 0.00 37.1735 0.0000 141.3073 0.0000 13.83 0.00 2.30
6 17 17 2 0.13
161130 0 11 0.00 35.46 0.00 37.2222 0.0000 141.5003 0.0000 28.66 0.00 1.60
6 10 13 3 0.17
161130 0 5 0.00 7.71 0.00 37.1735 0.0000 141.3073 0.0000 13.83 0.00 2.30
6 17 17 2 0.13
```

1行目 地震数

2行目以下

(年-2000), 月、日、時、分、秒、発震時 誤差 緯度、誤差、経度 誤差、深さ 誤差、マグニチュード、

P 波読み取り数、S 波読み取り数、観測点数 イベント番号 相対震源決定の走時残差の標準誤差

hypoTD は、誤差を決定していない。

```
open(7,file=file_hypo,access='direct', form='formatted',
1 recl=120,status='unknown')
write(7,1303,rec=irece) cret,iy,im,id,ih,imin,sec,t,dt,

1 phi,dphi,ram,dram,dep,ddep,fmag,nobsp,nobss,nobsall,
1 c_temp,c_hypo_flag,irec_arv,sd_all_cross
1303 format(a1,1x,5i2,f6.2,f8.2,f6.2,f8.4,f7.4,f9.4,f7.4,
```

1 2f7.2,f5.2,3i4,1x,2a1,i9,f6.2)

Cret 改行

iy,im,id,ih,imin,sec 時刻

t,dt オリジンタイムとその誤差

phi,dphi,ram,dram,dep,ddep 緯度、経度、深さとその誤差

fmag マグニチュード

nobsp,nobss,nobsall ;P 波、S 波読み取り数、観測点数

c_temp,c_hypo_flag 気象庁フラグ

irec_arv イベント番号

sd_all_cross 走時残差の標準誤差