

地震メカニズムの対話処理

東京大学地震研究所 牧 正

(昭和59年4月25日受理)

要 旨

地震メカニズムの図式解法における問題がパーソナルコンピュータの対話処理・画面表示の機能を用いて解決された。画面の高解像度によって節面の極の位置を精度よく対話的に設定することができ節線を高速・高精度で描くことができる。初動分布や直交条件にもとづいて2節面を論理的に決めることができ、さらに高度の解析に応用することもできる。求められた2節面から主圧力軸の位置・軸間距離・スコアが数値的に評価され、メカニズムダイアグラムが表示される。

1. はじめに

最近高解像度ディスプレイを備えたパーソナル・コンピュータが普及し計算処理や図形表示が手軽にできるようになり、とくに画面やキーボードを通して対話処理ができ又フォートランシステムにはなかった機能を利用することができる。本文ではパーソナルコンピュータのこれらの特長を利用して地震学、とくに地震メカニズムの図式解法の改善について述べる。

地震メカニズムの解析における従来の図式解法では客観性に欠け高い精度は望めない。与えられた初動分布にもとづき節線を決めるには、一般にシュミットネットを用い多数の節線を試行錯誤的に描く必要があり、この作業は煩雑であり多くの時間を要する。又2節面は直交条件を満足していなければならず、圧力軸の位置決定や初動データのスコアを求めるのは容易ではない。

地震メカニズムを客観的に求める試みとして、等間隔で系統的に配置されたP・T軸の試行解に対する初動データのスコアをしらべる図式法がとられた(牧, 1968, 1969)。さらに計算機を用いた数値解法により極めて多数の試行解からメカニズムを決める方法もとられている(ICHIKAWA, 1971; MAKI, 1982)。この方法では同じスコアを有する他のメカニズム解を見逃すことは避けられるが、膨大な計算時間が必要であること、特定の方位・傾斜角のP・T軸からなるメカニズム解に限定される傾向があるなどの欠点がある。ICHIKAWA (1979) はビデオディスプレイを用いて人手の介入する方法を試みている。

地震メカニズムの解析におけるこうした問題の多くはパーソナルコンピュータの画面表示・対話処理機能を用いて解決できる。本論文ではパーソナルコンピュータによる地震メカニズム決定プログラムの開発とその使用方法について述べる。多くの機種のパersonalコンピュータが出されているが、①画面の解像度が極めて高いこと、②16ビットCPU (8 MHz) による高速演算処理がなされること、の理由から IBM 5550 マルチステー

フローチャート

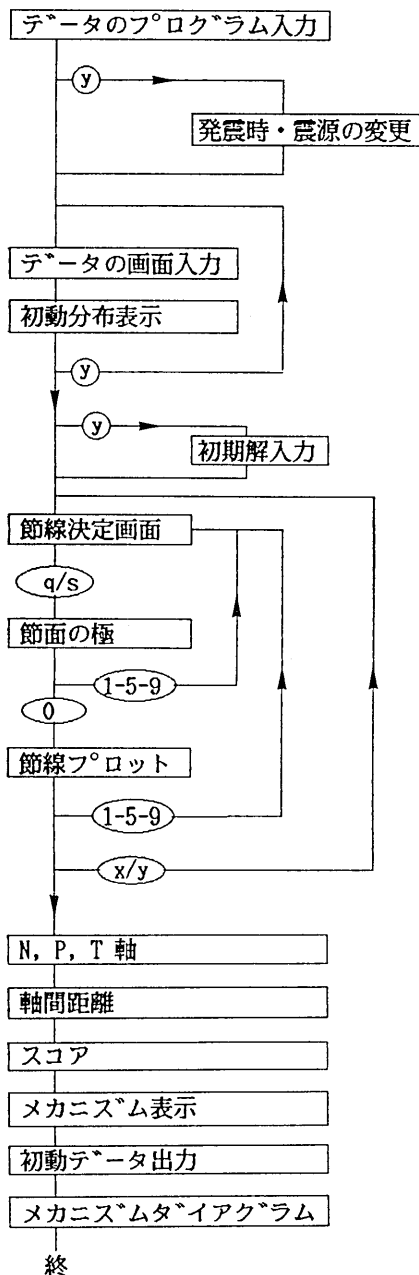


Fig. 1 Flow-chart of an interactive determination of earthquake mechanisms. Rectilinear terms mean the working routines and encircled letters denote the parameters to be keyed in. Arrow-heads mean repeats or selection of routines.

ションの BASIC インタープリターによりプログラミングを行った。

2. プログラムの構成とその使用法

初期画面の表示後、プログラムのフローチャート (Fig. 1) が3つに分けて表示される。プログラムは大別して①データの入力・表示、②節線決定および③メカニズム解の表示から構成されている。フローチャートにおいて長方形で囲まれた項目は作業内容を表わし、円・楕円は入力すべき文字を表わし画面上の位置の設定・移動やプログラムの進行・選択が処理される。表示される画面としてはメニュー画面・データ入力画面・ワーク画面及び出力画面に分けられる。各段階の作業を始めるに当ってメニュー画面が表示され、データの入力・表示画面やワーク画面で入力すべき文字・変数の説明や指示が与えられる。ワーク画面では下半球等面積影による初動分布図、メカニズム解の方位・傾斜角や入力要求・数値 (位置など) が表示される。

入力すべき文字・数値について各々の画面において指示が与えられている。とくに“(.)?”に対しては括弧内の文字だけが有効であり，“.!”には指示された変数に対する数値を順に入力し変数間はコンマで区切る。

プログラムの説明にあたって仮想の地震・初動データを用いる (牧他, 1984)。

2-1. データの入力と表示

データの入力には①プログラムの DATA 文、及び②画面入力の2通りの方法が準備されている (Fig. 2)。データ入力画面においてプログラムの DATA 文から読込まれた発震時 (年・月・日・時・分・秒)、震源 (経度・

```

=====
= メニュー 1 : 初動データの入力 =
=====
= データ 1 発生年・月・日・時・分・秒 =
=           2 経度・緯度・深さ・マグニチュード =
=           3 観測点・方位・射出角・押引 =
=
= 入力法 (1-プログラム, 2-画面) =
= 発震時・震源の更新 =
= データ追加・表示のくりかえし =
=
= データ名 =
=   観測点:コード (4文字) =
=   方位:時計廻り (0-360°) =
=   射出角:鉛直下向きから (0-180°) =
=           (-:鉛直上向きから) =
=   初動:押し=+,c,C,a,A =
=         引き=-,d,D,k,K =
=   データ間は ',' で区切る (最後は',,,') =
=====

```

読み終わりましたか (y) ? y

Fig. 2. Guide for data input (Menu 1), (a) date and time of earthquake occurrence, (b) hypocenter and magnitude, and (c) first-motion data. These data can be given in two modes, (1) table as DATA statement in the program and (2) correction and supplements on the screen.

```

a  -----< プログラムから >-----
    発震時: 1981 1 30 6 19 34.7
    震 源: 129.88 32.46 21 5.2
        ns= 20

b  -----< 画面から更新 >-----
    発震時・震源を入力 (y/n) ? y
    発生年・月・日・時・分・秒 ! ,,,,34.9
    経度・緯度・深さ・マグニチュード ! =,=,21.6,=

c  -----< 画面から追加 (ns= 20 ) >-----
    初動データを入力 (y/n) ? y
    観測点・方位・射出角・押引 ! unz,35.1,-55.1,D
    観測点・方位・射出角・押引 ! kum,53.3,-87.9,D
    観測点・方位・射出角・押引 ! sag,21.2,79.0,C
    観測点・方位・射出角・押引 ! asj,59.7,76.3,D
    観測点・方位・射出角・押引 ! myz,105.8,72.8,D
    観測点・方位・射出角・押引 ! ,,,

```

Fig. 3. Summary, correction and supplement of data, (a) origin time, hypocenter location, magnitude and station number as read from the program table, (b) correction of origin time and hypocenter and (c) supplement of first-motion data: station code, azimuth, take-off angle and initial motion.

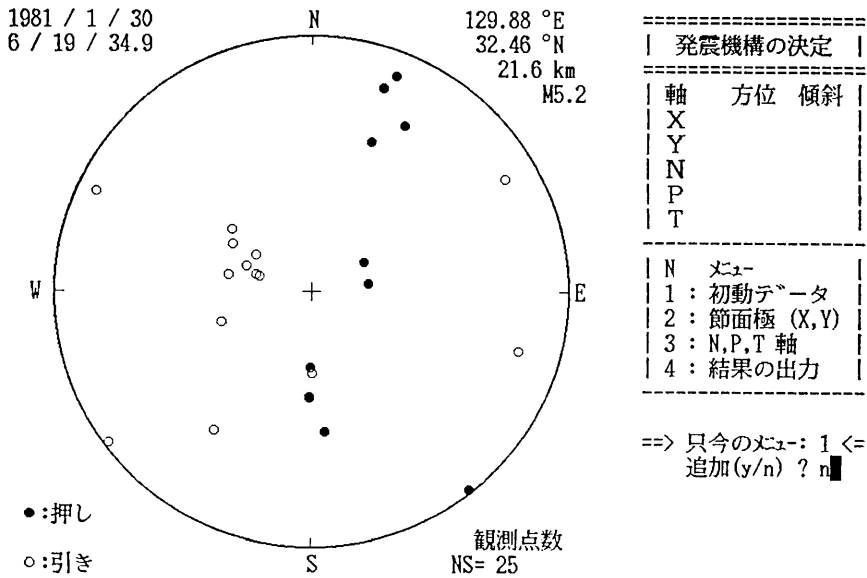


Fig. 4. Display of the first-motion data on the lower focal hemisphere by the equal-area projection. Compressional first-motions are denoted by solid circles and dilatational ones by empty circles.

```

=====
=   メニュー 2 : 極(X, Y)の位置と節線   =
=====
=   1. 初期解入力 (X, Y, N, P, T)       =
=   2. 極位置(キー入力)                 =
=   's' : 緩移動                         =
=   'q' : 速移動                         =
=   'x' : 第1節面の極                   =
=   'y' : 第2節面の極                   =
=   '0' : 極の位置/節線のプロット      =
=   '1' : 左斜下                         =
=   '2' : 下                             =
=   '3' : 右斜下                         =
=   '4' : 左横                           =
=   '5' : 停止/方位・傾斜               =
=   '6' : 右横                           =
=   '7' : 左斜上                         =
=   '8' : 上                             =
=   '9' : 右斜上                         =
=
=   その他は無意味です                   =
=   決め直しかけてきます               =
=====
読み終わりましたか(y) ? y
    
```

Fig. 5. Guide for determination of nodal planes (Menu 2), (a) input of initial solution of focal mechanism, and (b) commands for adjusting poles of nodal planes. The inset shows directions to be adjusted (arrows) and numerals of keys.

緯度・深さ・マグニチュード)及び初動データの数が表示されている (Fig. 3a). 発震時・震源のデータは画面上で修正することができる (Fig. 3b). 初動データの追加には変数名の順序に従って数値を入力する (Fig. 3c). 最後に“, , ,”を入力すると, それまで入力されていた初動データの分布図 (Fig. 4) が表示される. 初動データの追加・表示がくりかえされた後, 節線決定のワーク画面に移行する.

2-2. 節線の決定

節線決定のメニュー画面を Fig. 5 に示す. 多くの節線を試みる上で節線を表わすパラメーターとして傾斜方向 (又は走向)・傾斜角・廻転角を用いることもできるが, ここではパラメーターを少なくすること, 直交条件を留意して作図することから節面の極位置 (方位と傾斜角) を設定する方法がとられた. 挿入図に示される方向を表わすキー入力によって画面上の任意の位置 (即ち方位: 傾斜角) に極を設定することができ, その極に対応する節線を描くことができる. 点の移動には2種の早さが用意され指定された方向に自動的に動き続けさせることもできる. 点の移動を停止させ, その点の位置を表示し節線を描いてみるることができる.

画面上の位置設定と節線プロットを行うサブルーチンプログラムを Fig. 6 に示す. 行 770 の“INKEY\$”はキーボードからの1文字を読み取るコマンドである. 位置が円外に及び出さぬようにおさえると共に警音が鳴らされる (行 930).

Fig. 7a には第一節線を決定する例を示す. 初期位置は円の中心に設定されており, 軌

```

750 '====< 極の位置と節線 >====
760 XP=XO:YP=YO:DX=0!:DY=0!:SPD$="Q"
770 L$=INKEY$
780 IF L$="s" THEN SPD$="S":GOTO 770 ' 緩移動
790 IF L$="q" THEN SPD$="Q":GOTO 770 ' 速移動
800 IF L$="x" THEN DDX=DD:DPX=DIP:GOTO 960 ' 極 (1)
810 IF L$="y" THEN DDY=DD:DPY=DIP:GOTO 960 ' 極 (2)
820 IF L$="0" THEN DX=0!:DY=0!:GOSUB 970:
      GOSUB 1100:GOTO 770 ' 節線
830 IF L$="1" THEN DX=-1:DY=+1:GOTO 920 ' 左斜下
840 IF L$="2" THEN DX= 0:DY=+1:GOTO 920 ' 下
850 IF L$="3" THEN DX=+1:DY=+1:GOTO 920 ' 右斜下
860 IF L$="4" THEN DX=-1:DY= 0:GOTO 920 ' 左横
870 IF L$="5" THEN DX= 0:DY= 0:
      GOSUB 970:GOTO 770 ' 停止/位置
880 IF L$="6" THEN DX=+1:DY= 0:GOTO 920 ' 右横
890 IF L$="7" THEN DX=-1:DY=-1:GOTO 920 ' 左斜上
900 IF L$="8" THEN DX= 0:DY=-1:GOTO 920 ' 上
910 IF L$="9" THEN DX=+1:DY=-1:GOTO 920 ' 右斜上
920 XP=XP+DX:YP=YP+DY:PSET (XP, YP), 1:DXPO=XP-XO:DYPO=YP-YO
930 RP=SQR (DXPO^2+DYPO^2):IF RP=>R THEN BEEP:DX=0!:DY=0!
940 IF SPD$="S" THEN DX=0:DY=0
950 GOTO 770
960 RETURN

```

Fig. 6. List of the subroutine program for adjustment of nodal planes. Letters from the key-board are instantly read by "INKEYS" (line 770). Refer to Fig. 21 for an subroutine of drawing nodal lines.

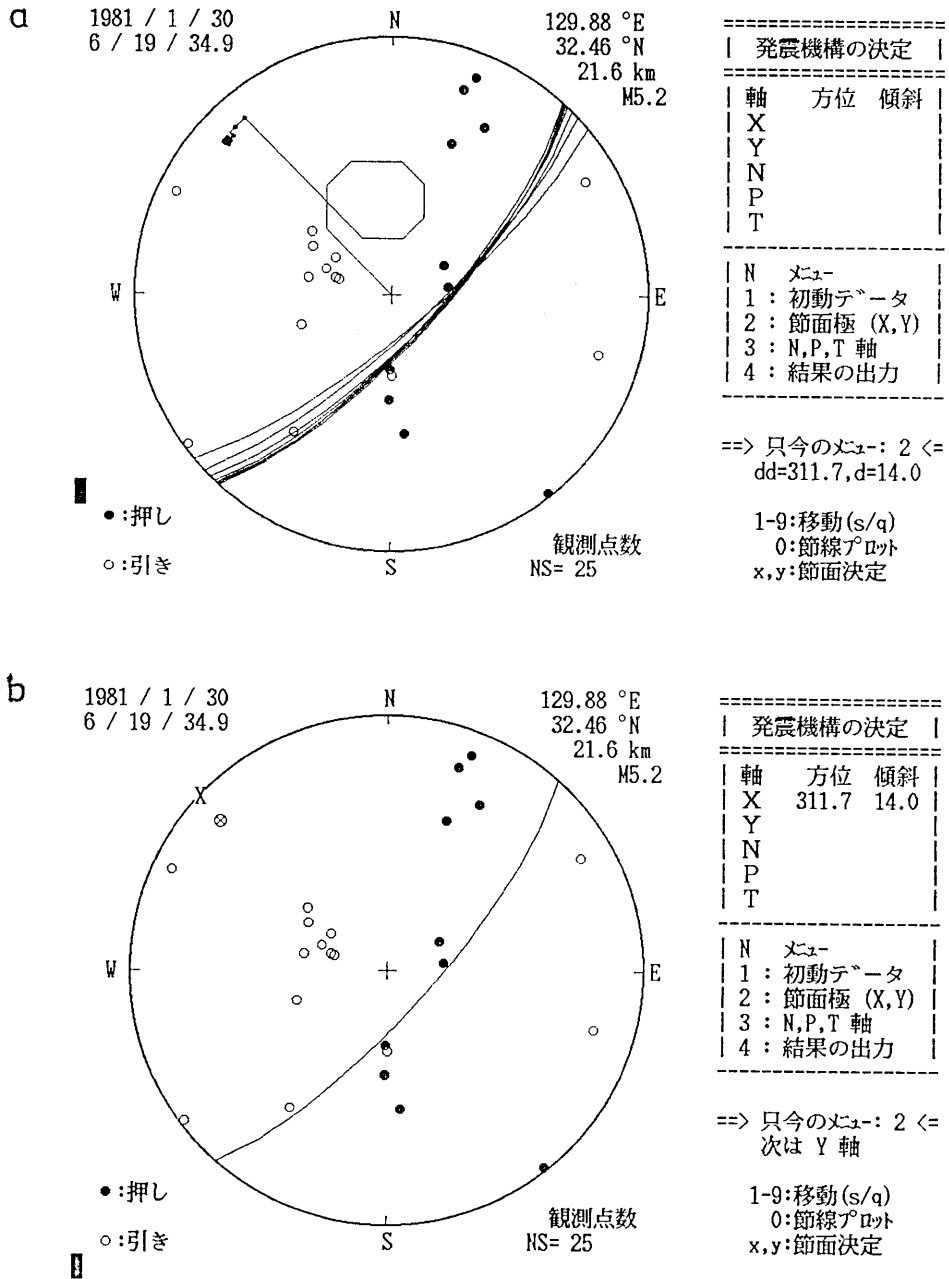


Fig. 7. Determination of the first nodal line. (a) trials of nodal lines by the interactive processing on the screen, and b) an adopted nodal line for the X-axis.

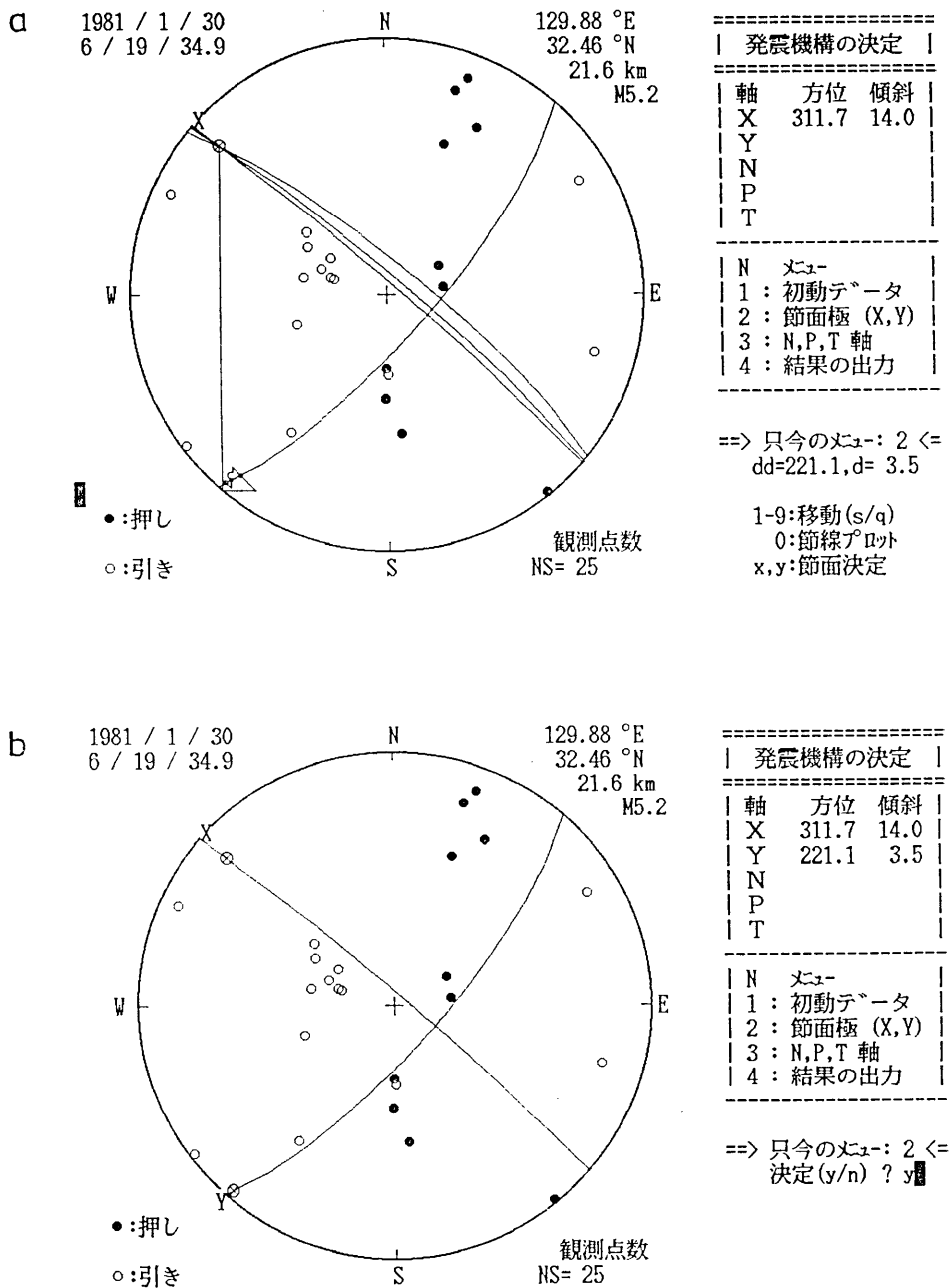


Fig. 8. Determination of the second nodal line, (a) candidates of nodal lines, and (b) a set of nodal lines to be adopted. Poles of nodal planes should be located on another nodal line to satisfy the orthogonal condition.

跡で示される様にキーボード入力によって画面上を自由に移動させることができる。小円は“5”又は“0”の入力によって方位・傾斜角を求めた位置を表わしその値は右側に表示される。図には描かれた節線が示されている。“x”の入力によって最後の極位置がX軸として採用され、画面はあらたにX極に対する節線だけを表示し次のY軸を決める作業が求められる (Fig. 7b)。右側上部のメカニズム解の欄にはX軸の方位・傾斜角が与えられている。

Fig. 8 では第2節面の決定画面を示す。節面の直交条件から極は互いに他の節線上に位置していなければならない。Fig. 8a では第1節線上のいくつかの極に対する節線が描かれ、Fig. 8b には採用された軸の節線、位置が与えられている。

節線を決めるに先立ってあらかじめメカニズム解を与えて能率化をはかることができる。Fig. 9a にはそのための初期解の入力画面を示す。初期解は軸名、方位、傾斜角の順で入力し最後に“,”を入力する。初期解のX又はY軸は節線決定において初期位置と

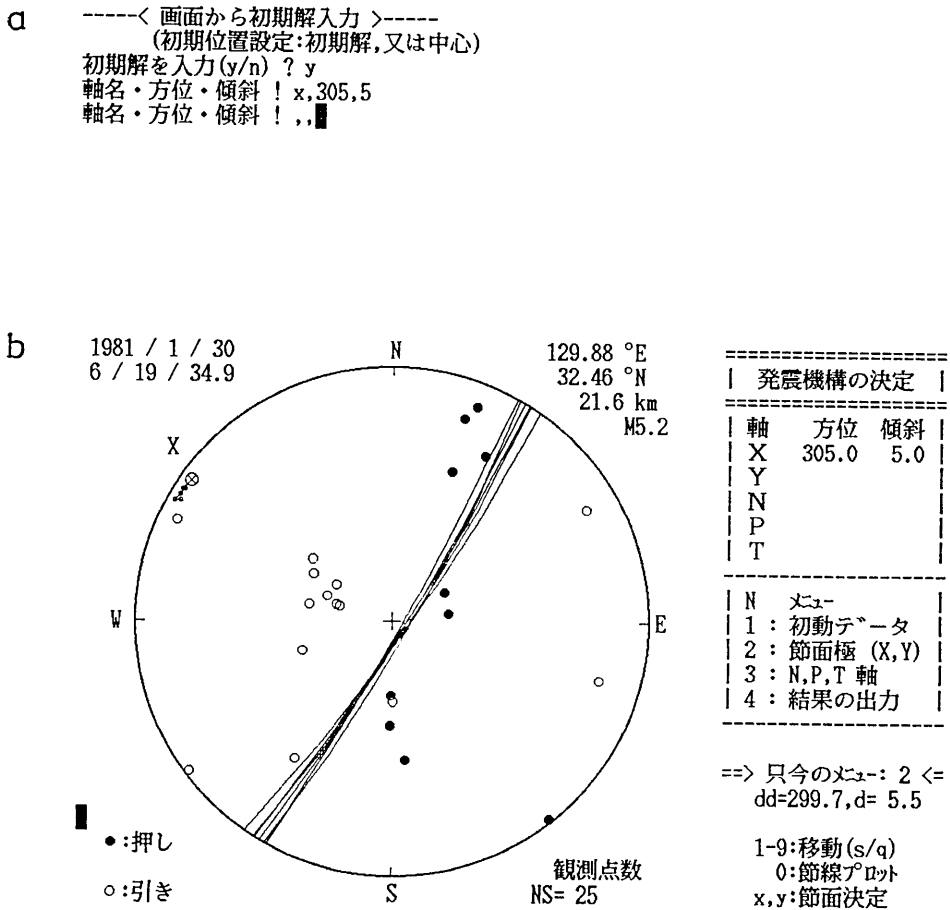


Fig. 9. Input of initial solutions, (a) input of pole locations (azimuth and dip angles), and (b) adjustments of nodal lines.


```

a
=====
= メニュー 3 : N, P, T 軸の計算                               =
=====
=
= 1 位置(*)を確認して下さい                                 =
=   N 軸 : 'N' 又は 'n'を入力                               =
=   P/T 軸 : 角距離が"表示されます                         =
=   'y' : P 軸 : 'P' 又は 'p'                             =
=           T 軸 : 'T' 又は 't'                             =
=   'n' : 方位の逆転                                       =
=   'N', 'P', 'T' が"表示されます                         =
= 2 軸間距離                                               =
= 3 スコア                                                 =
=====

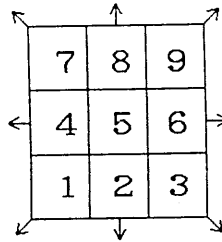
```

読み終わりましたか(y) ? y

```

b
=====
= メニュー 4 : 結果の出力                                   =
=====
= 1 画面コピー                                           =
= 2 データ出力                                           =
= 3 メカニズムダイヤグラム                               =
=   '+'の位置を決めて'P'で"塗色                           =
=   'p' : ヘ°イント                                       =
=   '1' : 左斜下                                         =
=   '2' : 下                                             =
=   '3' : 右斜下                                         =
=   '4' : 左横                                           =
=   '5' : '+'表示                                        =
=   '6' : 右横                                           =
=   '7' : 左斜上                                         =
=   '8' : 上                                             =
=   '9' : 右斜上                                         =
=====

```



読み終わりましたか(y) ? y

Fig. 10. Guide for numerical estimation of focal mechanisms, (a) Menu 3 for axes of principal stresses, angular distances and score, and (b) Menu 4 for fault-plane solution, first-motion data and mechanism diagram.

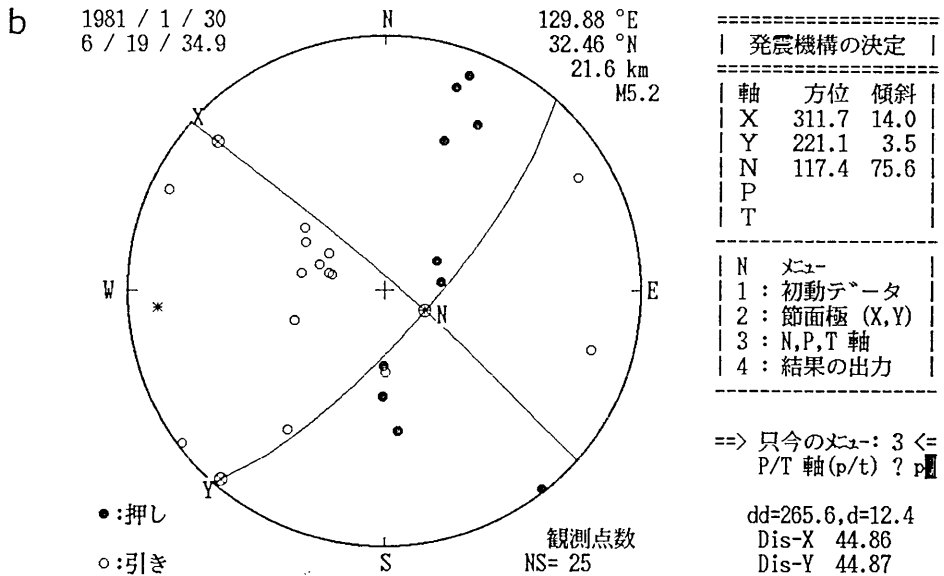
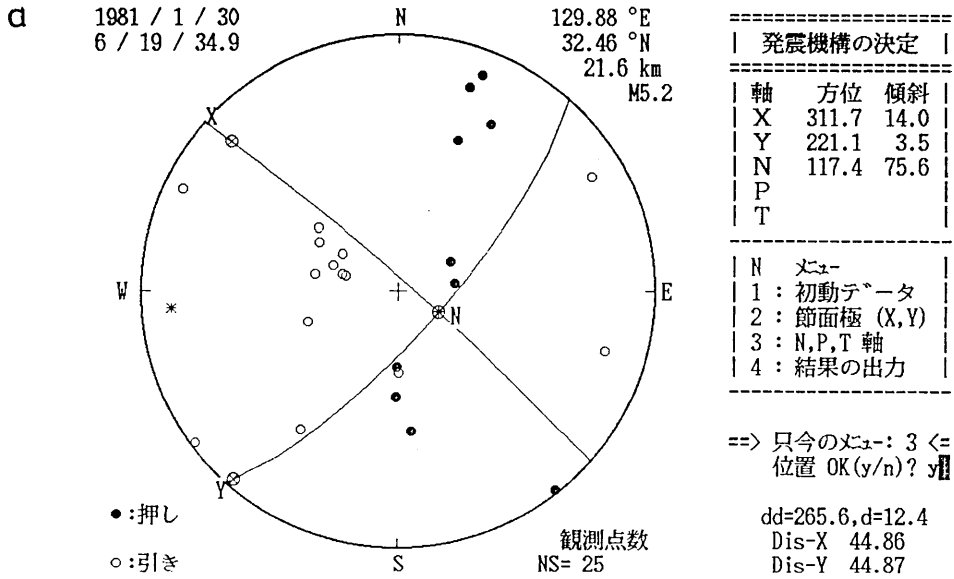


Fig. 11. Confirmation of N, P and T axes derived from the adopted poles of nodal lines, (a) location (*) of a candidate for P or T axes and angular distances from the X and Y axes, and (b) confirmation of P or T axes by keying a letter "p" or "t".

して用いられる (Fig. 9b).

2-3. メカニズム解の表示

前節で決定された2本の節線解 (方位・傾斜角) にもとづいて圧力軸・軸間距離を数値的に評価し画面表示を行うことができる. Fig. 10a (メニュー 3) には①圧力軸の位置決定, ②軸間距離, ③スコアの計算について, Fig. 10b (メニュー 4) には④メカニズム解の複写, ⑤初動データ及びメカニズム解に対する放射様式, ⑥メカニズムダイアグラムの表示について説明されている.

圧力軸の内 P・T 軸については初動方向の分布から識別する必要がある. 先づ2節面の極 (X・Y 軸) から $45^\circ \cdot 135^\circ$ の角距離を有す位置 (N 軸から共に 90°) が計算で求められ星印 (“*”) で表示される (Fig. 11a). X・Y 軸からの角距離を確認した後 P・T 軸を識別する (Fig. 11b). 得られた軸間の角距離を目安として2節面の直交条件のチェックができる (Fig. 12). 従来の方式法では数度以上の誤差があると考えられるが, 今回の場合最大で 0.27° のくい違いが X-Y 軸間にみられる. 1° 以内のくい違いで直交条件を保つためには 0.1° 単位で解を表示する必要がある (MAKI, 1982), 今回のプログラムではこの水準の精度を保つことができる.

求められたメカニズム解のうち P・T 軸にもとづいて P 波の放射様式を求めることができる (HERRMAN, 1975; MAKI, 1982). この放射様式と観測された初動方向との比較によってスコア (ここでは観測点数) を計算することができる. Fig. 13 には観測点, 初動デ

-----< 軸間距離 = 直交条件 >-----
(メカニズム解: 方位・傾斜)

	極-X	極-Y	N 軸	P 軸	T 軸
	311.70	221.10	117.35	265.58	357.20
	14.00	3.50	75.57	12.37	7.35
X	0.00	89.73	90.00	44.86	45.14
Y		0.00	90.00	44.87	134.87
N			0.00	89.97	90.02
P				0.00	90.00
T					0.00

コヒ°-しましたか (y) ? y■

Fig. 12. Angular distances (in degree) between the axes. Angular distances should be 90° for the orthogonal condition. Principal axes of P and T axes should have a distance of 45° or 135° from two poles.

Date: 1981 / 1 / 30 Origin time: 6 / 19 / 34.7
 Epic: 129.88 °E, 32.46 °N, Dep: 21 km, M 5.2

No	Sta	Azim	Ih	C/D	Obs	Rad
1	NGS	174.40	45.30	C	1.0	0.359
2	FKJ	295.10	82.00	D	-1.0	-0.532
3	KUM	233.30	87.90	D	-1.0	-0.394
4	KAG	141.30	88.30	C	1.0	0.343
5	FKK	19.30	72.80	C	1.0	0.741
6	SHN	29.10	63.10	C	1.0	0.507
7	VLA	21.50	52.60	+	1.0	0.590
8	PPR	180.80	33.80	+	1.0	0.146
9	MOY	308.20	32.30	-	-1.0	-0.112
10	CHT	251.50	30.20	-	-1.0	-0.437
11	ELT	301.30	29.50	-	-1.0	-0.185
12	TAS	281.50	27.10	-	-1.0	-0.332
13	WRA	179.20	26.00	-	-1.0	0.054
14	MEK	180.80	23.90	+	1.0	0.027
15	OBN	291.80	22.20	-	-1.0	-0.205
16	DAG	303.80	21.10	-	-1.0	-0.116
17	GDH	61.00	18.80	+	1.0	0.062
18	CLL	287.20	18.50	-	-1.0	-0.189
19	WDC	82.20	18.00	+	1.0	0.012
20	UCC	286.60	17.30	-	-1.0	-0.178
21	unz	215.10	55.10	D	-1.0	-0.076
22	kum	233.30	87.90	D	-1.0	-0.394
23	sag	21.20	79.00	C	1.0	0.695
24	asj	59.70	76.30	D	-1.0	-0.419
25	myz	105.80	72.80	D	-1.0	-0.590

Fig. 13. List of the first-motion data and theoretical P wave radiation pattern for the fault-plane solution obtained in the analysis.

ータ, 理論的放射様式が与えられている. Fig. 14 には各軸の方位・傾斜角・スコアと共にメカニズム解の最終画面が表示されている. Fig. 15 では模式的なメカニズムダイアグラムを描く方法が示されている. ここでは張力域内の1点を計算で与える (Fig. 15a の小十字) と共に, 対話的方法によってこの位置を移動させる方法が採られている. 位置を確認後 “P” の入力によってこの張力域を塗りつぶすことができる (Fig. 15b). Fig. 15c は2つの張力域が塗りつぶされた結果を示す.

3. 対話処理プログラムの応用

今回開発されたプログラムは従来の図式解法に比べ利点があり高度の解析も可能であり又数値解法に比べてもきめの細かい解析ができる. 節線プロットが高精度・高速で処理されるので多数の節線を思う様に描くことができ, メカニズム解の存在範囲, 複数解, ユニ-

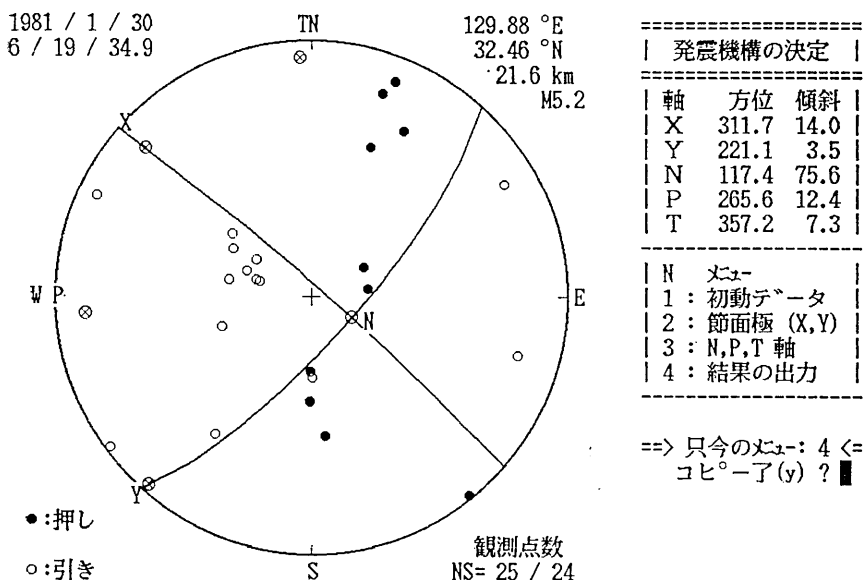


Fig. 14. Final solution for focal mechanism and scores. Fault-plane solutions are also given in terms of azimuth and dip angles on the right-hand side, and score (station number) of the consistent first-motion data at the bottom.

ク解を求めるなど従来の図式解法ではできなかった解析も可能となった。

前章では節線を試みて最良解を探索する方法がとられたが、本章では主として初動分布・直交条件にもとづいて節線の通るべき点・範囲をユニークに求める方法について述べる。

Fig. 16 は初動分布から規定される1点Aを通るいくつかの節線の描き方を示す。2節面の直交条件から1点を通る節面の極は、その点を極とする節線上に位置することが必要である。点Aを極とする節線が描かれ、その節線上の点x1~x4を極とする節線が全て点Aを通ることが示されている。

Fig. 17a には3点A, B, Cの近くを通る節線を描く方法を示す。点A, B, Cの各々を極とする節線が描かれ、3節線の交わる領域内に極をもつ節線が3点の近くを通る。ここでは3点のうちAとBを重視した節線(極X)が描かれている。2節線の交点を極とする節線はその2点の極を厳密に通る。Fig. 17b には初動分布にもとづいて、極の存在すべき範囲(例えばA1~2及びB1~2)が与えられた場合、各々を極とする節線の交叉する領域(砂目)が求められる。この図では比較的小さな範囲が得られた場合が示されている。

Fig. 18 では初動データの押し引きの境界領域の点A, B, Cを極とする節線の交点が節面の極のユニーク解を与えることが示されており、この交点を極とする節線も示されている。

複数解の例が Fig. 19 に示される。すでに横ずれのメカニズム解が得られている(Fig.

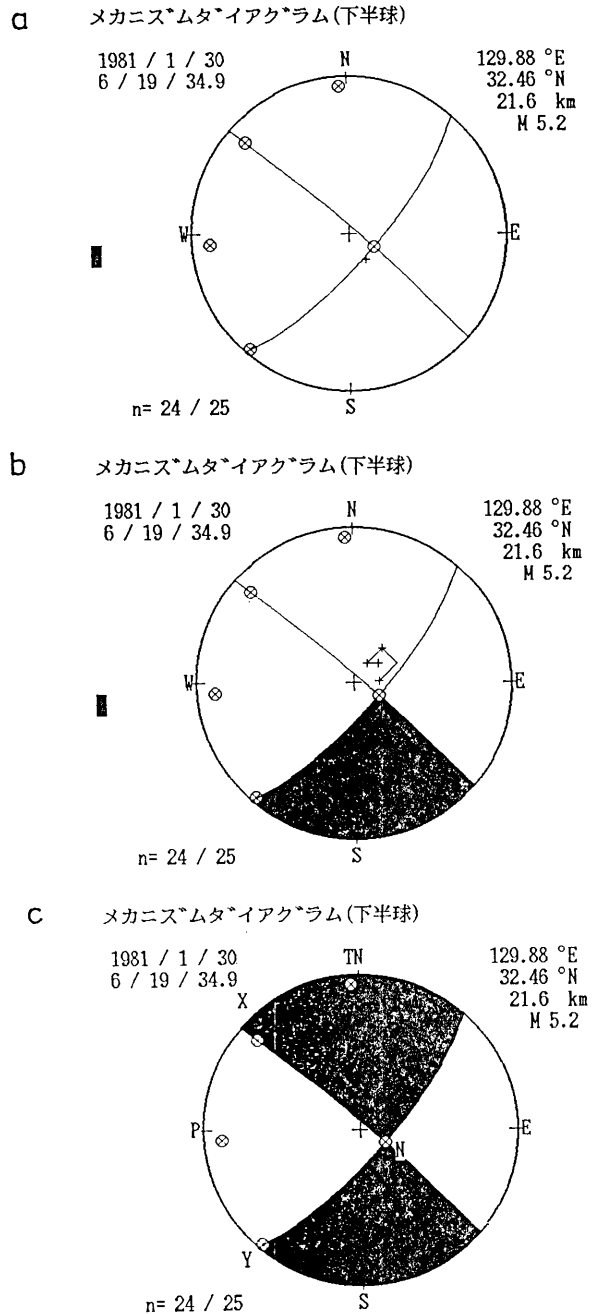


Fig. 15. Schematic presentation of the accepted focal mechanism, (a) a point ("+" within the first extensional area, (b) painting the first extensional area by keying "p", and (c) a schematic diagram of focal mechanism.

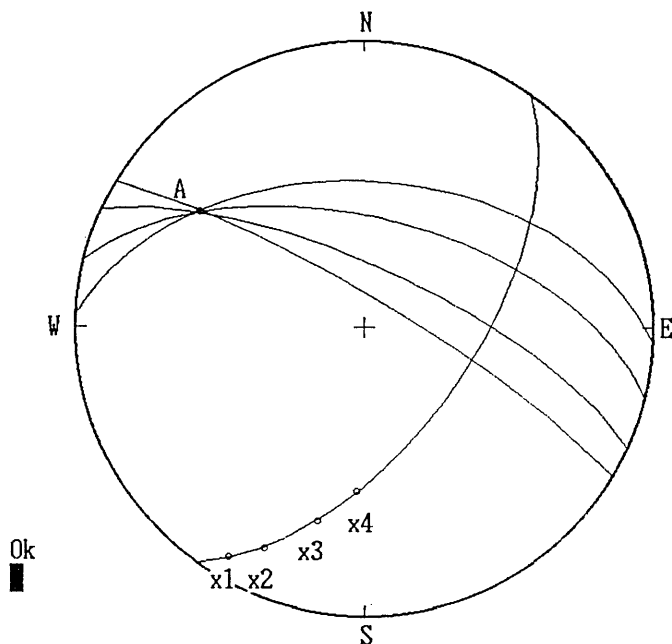


Fig. 16. A method of drawing nodal lines which pass through a given point, A. Poles (X1 to X4) are restrained on the nodal line for the point A due to the orthogonality.

14) が、さらに同じスコアを与える他のメカニズム解 (Fig. 19a) が得られる。又 Fig. 19b には低いスコアではあるが、縦ずれ型のメカニズム解も得られることが示される。従来の図式法ではこうした複数解を求めることは困難である。

今回開発されたプログラムの応用として、異なる研究者によって求められたメカニズム解の比較にも用いることができ、スコアの比較、軸間距離の検査、各メカニズム解の表示に用いることができる。初期解の入力法によって余震やある地域内の地震についてメカニズムの系統的解析 (MAKI, *et al.*, 1980) に応用することもできる。

5. 議論と結論

パーソナルコンピューターの画面表示・対話処理の機能を利用したプログラムが開発され、初動データの入力・表示、節線決定、メカニズム解の表示がディスプレイ画面を通して対話的方法によって処理することができる。画面の高解像度によって節線を高精度で位置設定することができ、圧力軸の位置 (方位・傾斜角)、軸間距離、スコアを数値的に評価することができる。従来の図式解法に比べて精度の改善、高速処理が実現でき、さらに初動分布や2節面の直交条件にもとづいて高度の解析が可能となった。又解の方位・傾斜角のきざみが大きく設定される数値解法に比べてもきめの細かい解析ができる。

節線を規定する極の位置 (方位・傾斜角) を画面上で高精度で設定・読取りができ、そ

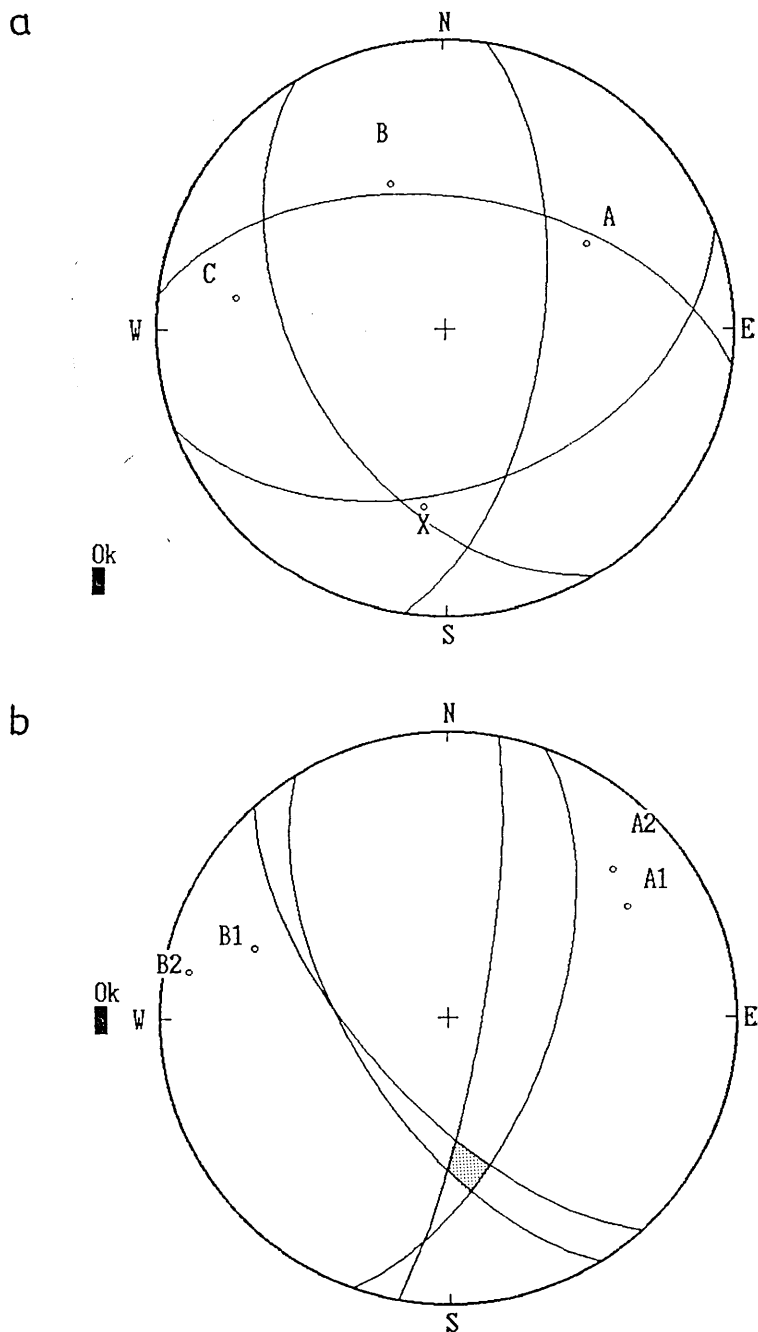


Fig. 17. Determination of nodal lines, (a) a nodal line (pole X) which pass near three points (A, B and C), and (b) a possible area (shaded area) for a pole of nodal plane which is defined from two areas of A1 to A2 and B1 to B2.

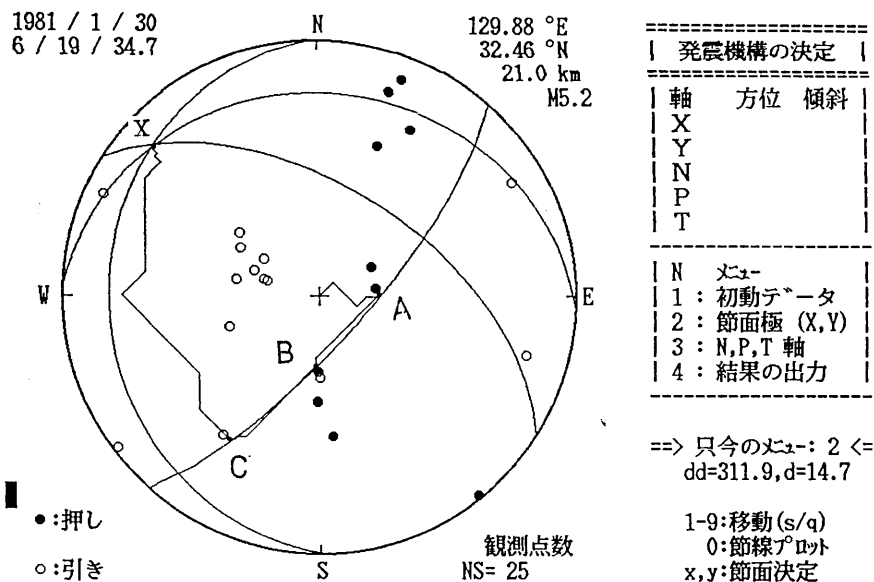


Fig. 18. A unique solution of nodal line skimming along three points (A, B and C) which are located along the boundary of compressional and dilatational areas of first-motion data.

の処理には2つの早さが準備されており能率的でもあり又細かい解析もできる。節線のプロットが高精度・高速で処理されるので、2節面の直交条件を高い水準で保ちつつ多数の節線を思うように試みることができる。

初動データの inputs は観測点の方位・射出角で与えるが、これらの値はユーザーに任せられる。とくに射出角の値には気象庁標準モデルに対する広域の距離をカバーする表 (MAKI, 1983) が適当と思われる。この表では地殻・上部マントルの構造の影響が反映されている (Fig. 20)。

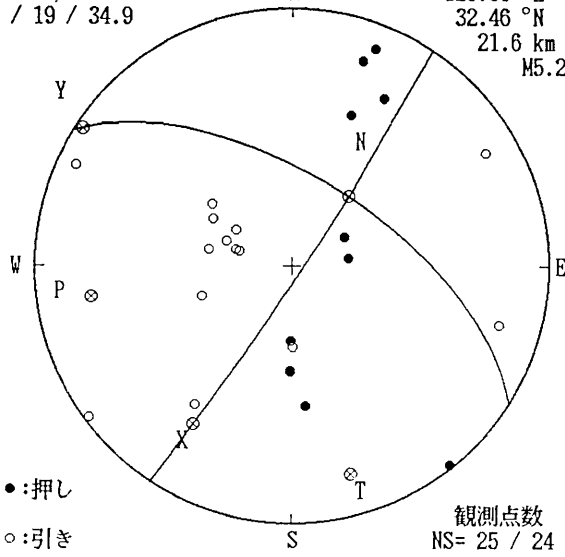
節線の計算・プロットには点位置を与える方位角のきざみによって所要時間が大きくかわる。ベンチマークテストとして傾斜角10°毎の節線8本を方位角のきざみをかえて計算・プロットするプログラム (Fig. 21) によって所要時間を計測した。Fig. 22 では4種の方位角きざみに対する所要時間、描かれた節線の比較を示す。1本の節線を計算・プロットするためには、方位角きざみ $\Delta\theta=1, 5, 10$ 及び 15° に対し各々 15.6, 3.3, 1.8 及び 1.3 秒を要する。方位角のきざみが大きければ所要時間は少なくすむがスムーズな節線を描くことはできない。本文では 5° の方位角きざみで節線を計算・プロットしている。

他機種のパersonalコンピュータに應用する上で問題となるのは画面の解像度とCPU 処理時間の違いがあげられる。IBM 5550 の場合 (15 型単色ディスプレイ) では 1024×768 ドットの解像度を有しているため、半径300ドットの初動分布図・メカニズム解の表示の他に文字・数値を表示できる。又1ドット当りの射出角の間隔は約 0.3° であるが、他機種では一般に 600×400 (又は 200) ドットの解像度であるため分解能は半減

a

1981 / 1 / 30
6 / 19 / 34.9

129.88 °E
32.46 °N
21.6 km
M5.2



=====
| 発震機構の決定 |
=====

軸	方位	傾斜
X	212.0	28.5
Y	303.3	3.1
N	38.9	61.3
P	261.4	22.1
T	164.1	17.4

N	チュー
1	: 初動データ
2	: 節面極 (X,Y)
3	: N,P,T 軸
4	: 結果の出力

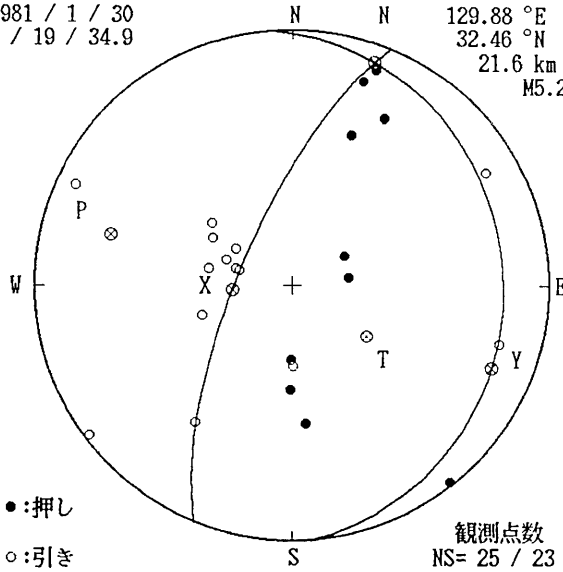
=> 只今のチュー: 4 <= コヒ-了(y) ? ■

観測点数
NS= 25 / 24

b

1981 / 1 / 30
6 / 19 / 34.9

129.88 °E
32.46 °N
21.6 km
M5.2



=====
| 発震機構の決定 |
=====

軸	方位	傾斜
X	265.9	71.2
Y	112.6	17.0
N	20.2	8.0
P	286.0	27.6
T	124.8	61.2

N	チュー
1	: 初動データ
2	: 節面極 (X,Y)
3	: N,P,T 軸
4	: 結果の出力

=> 只今のチュー: 4 <= コヒ-了(y) ? ■

観測点数
NS= 25 / 23

Fig. 19. Alternative solutions for a set of first-motion data, (a) another strike-slip solution with an intermediate dip angle (dip=61.3°) of the null vector (N axis), and (b) a dip-slip solution with a poorer score.

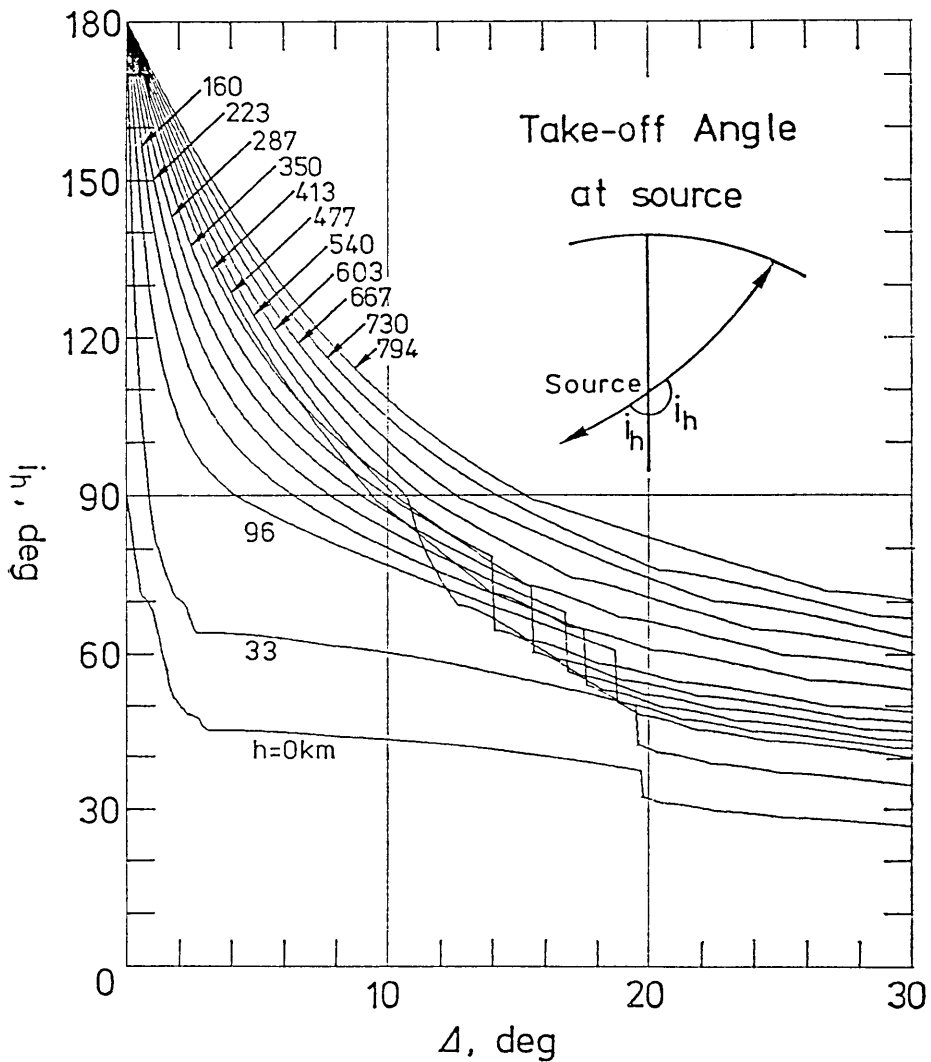


Fig. 20. Distance variation of take-off angles for various focal depths for the JMA standard model (MAKI, 1983). Effects of the fine structure of the crust and upper mantle are included in these take-off angles.

し射出角の間隔は約 0.8° である。この分解能では2節面の直交条件に影響があらわれてくると思われる。

5550 は 16 ビット CPU (8 MHz) によって高速の演算・処理がなされるが、8 ビット CPU (4 MHz) の場合節線の計算・プロットに多くの時間を要する。しかし従来の図式法に比した場合には多くの点で改善がみられると思われる。フォートランシステムのグラフィックスでは高解像度の画面を用いることもできるが、図形・文字が同時に表示でき独特の機能 (paint) 等により鮮明な図形が表示できるパーソナルコンピュータに大きな利

```

10 'save "b:demo2.bas
20 'ヘンチマークテストプログラム:節線フロッット所要時間
30 SCREEN 2:KEY OFF
40 DIM X(181),Y(181)
50 RAD=.0174532925#:GOSUB 130
60 TIMES="00:00:00":AZM=180!:NSTP=15
70 FOR DIP=10 TO 80 STEP 10:GOSUB 240:NEXT
80 LOCATE 21,1:PRINT "所要時間"
90 LOCATE 22,1:PRINT TIMES
100 LOCATE 1,1:PRINT "方位角ステップ°";NSTP;"°"
110 LOCATE 23,1
120 END
130 '====< フレーム >====
140 CLS:R=300:X0=368:Y0=333
150 CIRCLE(X0,Y0),R:R1=R+1:CIRCLE(X0,Y0),R1
160 LOCATE 1,29:PRINT "N":LOCATE 12,53:PRINT "E"
170 LOCATE 23,29:PRINT "S":LOCATE 12, 4:PRINT "W"
180 R1=10:R2=R-10:FOR IAZ=0 TO 3:RAZ=RAD*90!*IAZ
190 X1=X0+R1*SIN(RAZ):Y1=Y0-R1*COS(RAZ):LINE(X0,Y0)-(X1,Y1)
200 X2=X0+R2*SIN(RAZ):Y2=Y0-R2*COS(RAZ)
210 X3=X0+ R*SIN(RAZ):Y3=Y0- R*COS(RAZ):LINE(X2,Y2)-(X3,Y3)
220 NEXT
230 RETURN
240 '====< 極(方位・傾斜)に対する節線のフロッット >====
250 EQL=SQR(2!)*SIN(.5*RAD*(90!-DIP)):Z=RAD*AZM
260 XP=X0+R*EQL*SIN(Z):YP=Y0-R*EQL*COS(Z):CIRCLE(XP,YP),2
270 Z=RAD*(90!-DIP):J=0:FOR I=0 TO 180 STEP NSTP
280 AG=1.57078-ATN(SIN(RAD*I)*TAN(Z))
290 EQL=SQR(2!)*SIN(.5*AG):J=J+1:RAZ=RAD*(AZM-90!-I)
300 X(J)=X0+R*EQL*SIN(RAZ):Y(J)=Y0-R*EQL*COS(RAZ):NEXT
310 N=J-1:FOR J=1 TO N:LINE(X(J),Y(J))-(X(J+1),Y(J+1)):NEXT
320 RETURN

```

Fig. 21. A program list of a bench mark test for drawing nodal lines with different increments of azimuth.

点があり又手軽に用いることもできる。

残された問題として①初動データの削除の対話的処理, ②複数解の採用・表示, ③データのファイル入力等をプログラムに組み入れる必要がある。

謝辞 プログラムの開発にあたり, 東京大学地震研究所地震予知データセンターの IBM 5550 マルチステーションを使わせて頂きました。

文 献

- HERRMAN, R. B., 1975, A student's guide to the use of P and S wave data for focal mechanism determination, *Earthquake Notes*, 46, 29-39.
- ICHIKAWA, M., 1971, Reanalyses of mechanism of earthquakes which occurred in and near Japan, and statistical studies on the nodal plane solutions, 1926-1968, *Geophys. Mag.*, 35, 207-274.
- ICHIKAWA, M., 1979, Determination of the focal mechanism on the basis of a man-machine mixed technique, *Geophys. Mag.*, 39, 23-35.

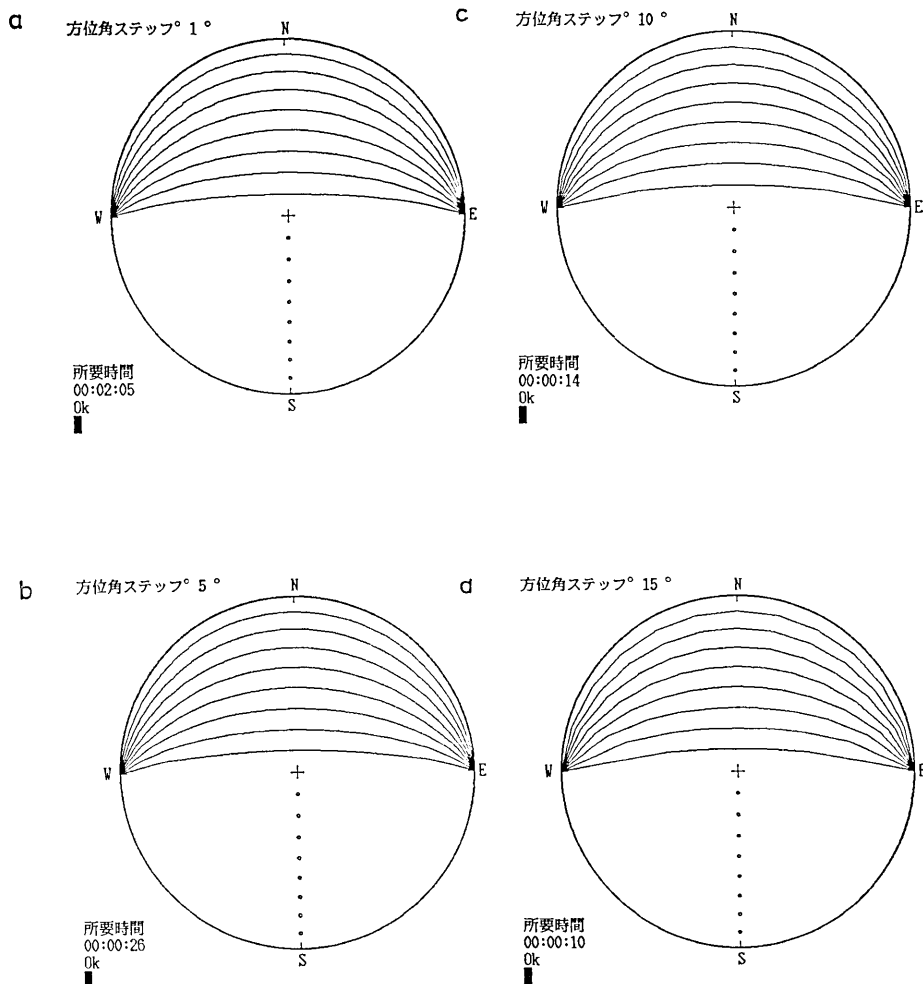


Fig. 22. Comparison of elapsed times and nodal lines for four cases with different azimuth increments.

- 牧 正, 1968, 1963年エトロフ沖地震群の発震機構, 北海道大学地球物理学研究報告, **19**, 21-55.
 牧 正, 1969, 1964年アラスカ地震群の発震機構, 北海道大学地球物理学研究報告, **20**, 63-105.
 MAKI, T., 1982, Numerical estimation of confidence region of fault-plane solutions, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **57**, 193-219.
 MAKI, T., 1983, Extended travel-time tables for the JMA standard model of the crust and uppermantle structure beneath the Japanese Islands, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **58**, 311-383.
 MAKI, T., I. KAWASAKI and A. HORIE, 1980, Earthquake mechanisms associated with the conjunction of the sinking plates beneath the Kanto District, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **55**, 577-600.
 牧 正・多田 堯・山科健一郎, 1984, 九州中部における浅発地震の分布と発震機構—南北張力場の解釈—, 昭和59年度春季地震学会講演予稿集, p. 67.

An Interactive Determination of Earthquake Mechanisms

Tadashi MAKI

Earthquake Research Institute
University of Tokyo

Graphic determination of earthquake mechanisms has been improved by the conversational method of the BASIC interpreter of the personal computer (IBM 5550 Multistation). First-motion data are displayed vividly on the screen, and the high resolution of the screen display gives the precise adjustments of the nodal lines with an accuracy of tenths of a degree. Nodal lines are displayed quickly and precisely to search for the most likely set of nodal planes by the dialogic interaction. For the final set of two nodal planes satisfying the orthogonal condition within a degree, the program calculates other axes of the principal stress (P, T and N axes) and scores of consistent first-motion data, together with schematic diagrams of focal mechanisms.