

地震のメカニズム解の信頼度表示について*

市川 政治**

§ 1 まえがき

P波初動の押し・引き分布から節線の位置を決める場合、観測点数や震央に対する観測点の分布状況によっては、解析結果に相当な個人差が出てくることは避けられない。このことは、メカニズムの図的解析が世界各国の多くの人々により盛んに行われていた1960年はじめころ、大きな問題であった。その結果、得られたメカニズム解の信頼度を示す尺度の導入が検討された。

一方、この頃から、より客観的に地震のメカニズムを解析するため電子計算機が利用されはじめ、得られたメカニズム解に対し信頼度を与えることが具体的にされるようになった。

最近、わが国では多くの機関がそれぞれ同じ地震のメカニズムを解析し、その結果を速報するようになってきた。しかし、それぞれの解析結果のあいだに、上記の理由から多かれ少なかれ差異が認められ、1960年代はじめころの状況に似たような感じである。

超高速・大容量電子計算機からパーソナルコンピュータ（と言っても、一昔前の大型計算機に匹敵する性能を持っている!!）まで、容易に利用することが出来るようになった今日この頃、電子計算機を使って単に節線や起震歪力の状況を決めるばかりでなく、求めた震源要素に標準誤差を付けてその信頼度を表示するように、メカニズム解に対してもその信頼度を表示すべきである。

§ 2 信頼度表示尺度

地震波の到着時刻を最小自乗法的に処理する震源要素の計算と異なり、P波初動の押し引きという観測結果に基づき、節面の位置を電子計算機で決定する手順は、原理的には手作業による図的解

析のそれと同じである。すなわち、節面の位置を与え、与えられた観測点の押し引きを計算し、観測結果と一致する割合を計算するという手続きを、節面の位置を系統的に変えて実行する。次にこれらのメカニズム解のうち、観測結果と理論結果との一致率、すなわち、スコアの一番大きいものを最終結果として採用するというアルゴリズムで、一般のプログラムは書かれている。したがって、得られた最終解に対し、震源要素の場合のように標準誤差のような信頼度を示すものを与えることはできない。しかし、このような手順で観測結果を処理する場合、同じスコアを持ち、しかもそれが最大であるような一群の解が得られるような場合がしばしば発生する***。

このように同じスコアを持つ解が出た場合、筆者のプログラム（Ichikawa, 1971）では、それらの中の平均的位置にある節面に対応する解を最終解とした。そのうえで、この最終解の節面のdipとdip directionと同じスコアを持つ各解の対応する節面のdipとdip directionとのそれぞれの差の絶対値の和も計算する。そして、これらの和のうちで、最大のものをもって解の信頼度を示す尺度とした。

一方、Ritsema(1964)は、図的解析法で決めたメカニズム解の信頼度を次のようにして示した。すなわち、2節面と震源を通りこれと直交する平面が作る3軸、A、BおよびC軸（B軸がnull axisに相当する）に対し、最終解に基づいてそれぞれ独立に、たとえば、A軸をある方向に回転させ理論結果と観測結果との矛盾を3つ増やし、また、逆の方向にも回転させ同じく矛盾する地点を3つ増やす。この回転角をそれぞれ α_1 、 α_2 とする。B、C軸に対しても同じ操作を実行し、得られた回転角をそれぞれ、 β_1 と β_2 、 γ_1 と γ_2 とする。

各軸が動く範囲を規制する楕円錐を含む円錐のtop angleと、楕円錐の扁平度を表わす離心率でメ

* M. Ichikawa: Reliability of Focal Mechanism Solutions (Received 17 May 1985)

** 気象研究所

*** 作図的に節線を引く作業（電子計算機のディスプレイを使って対話的に節線を引く場合（Ichikawa, 1980）も同じ）において、2本の節線の描きうる位置に幅がある場合、われわれは平均的な位置に節線を引くよう努力はしているが、節面の直交という厳しい条件のもとでは、所期の結果を求めることは必ずしも容易でない。

カニズムの信頼度を示す尺度とすることを提案した。A, BおよびC軸に対するtop angleと離心率は、それぞれ下式で与えられる。

top angle	離心率
A 軸 $\sqrt{(\beta_1 + \beta_2)(\gamma_1 + \gamma_2)}$	$\left \frac{(\beta_1 + \beta_2) - (\gamma_1 + \gamma_2)}{(\beta_1 + \beta_2)} \right $
B 軸 $\sqrt{(\alpha_1 + \alpha_2)(\gamma_1 + \gamma_2)}$	$\left \frac{(\gamma_1 + \gamma_2) - (\alpha_1 + \alpha_2)}{(\gamma_1 + \gamma_2)} \right $
	および
C 軸 $\sqrt{(\beta_1 + \beta_2)(\alpha_1 + \alpha_2)}$	$\left \frac{(\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 + \beta_2)}{(\alpha_1 + \alpha_2)} \right $

電子計算機を用いて1922~1962年に世界各地に発生した地震のメカニズムを再解析した Wickens et al (1967)は、Ritsemaの尺度に準じ、次のようにしてtop angleと離心率を計算し、解の信頼度を示した。

最終解に対するA, BおよびC軸を中心にして、それぞれ独立に、矛盾する観測点が2つ増すまで任意に回転させる。このとき得られた旧軸と対応する新軸との角度の最小値と最大値をそれぞれ (α_1, α_2) , (β_1, β_2) , (γ_1, γ_2) とし、A, BおよびC軸のtop angleと離心率を次式で与えた。

top angle	離心率
A 軸 $\sqrt{(\gamma_1 + \gamma_2)(\beta_1 + \beta_2)}$	$\left \frac{(\gamma_1 + \gamma_2) - (\beta_1 + \beta_2)}{\max(\gamma_1 + \gamma_2, \beta_1 + \beta_2)} \right $
B 軸 $\sqrt{(\gamma_1 + \gamma_2)(\alpha_1 + \alpha_2)}$	$\left \frac{(\gamma_1 + \gamma_2) - (\alpha_1 + \alpha_2)}{\max(\gamma_1 + \gamma_2, \alpha_1 + \alpha_2)} \right $
	および
C 軸 $\sqrt{(\alpha_1 + \alpha_2)(\beta_1 + \beta_2)}$	$\left \frac{(\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 + \beta_2)}{\max(\alpha_1 + \alpha_2, \beta_1 + \beta_2)} \right $

ここに $\max(\alpha_1 + \alpha_2, \beta_1 + \beta_2)$ は $(\alpha_1 + \alpha_2)$ と $(\beta_1 + \beta_2)$ のうち、大きいほうを使うことを意味する。他も同じである。

筆者の電子計算機による地震のメカニズム解析のプログラム(Ichikawa, 1971)では、前記のように、複数の解が、同一、かつ、最大のスコアを持つ場合、各節面のpoleの分布の重心に最も近いものを最終解とし、この解のdipおよびdip directionと、同じスコアを持つ解の対応する節面のdipおよびdip directionとの差異の絶対値の和をもって解

の信頼度の尺度としている。

今回、同一で、かつ、最大のスコアを持つ複数の解から最終解を出す手順を次のように改め、同時にWieckensらの式によりtop angleと離心率を求めようとした。ただし、この場合、 $\alpha_1 = \alpha_2$, $\beta_1 = \beta_2$, $\gamma_1 = \gamma_2$ である。

最終解を求める手順は

- i) 2枚の節面のdipとdip directionからEuler角を求める。
- ii) 同一スコアの複数の解のEuler角の平均値を計算する。
- iii) この平均Euler角から2枚の節面のdipとdip directionを計算する。

さらに、平均Euler角の平均値と標準偏差を組合わせた8組のEuler角と最終解のEuler角、あわせて9組からそれぞれ節面のpoleと圧力と張力の軸の位置を計算し、これらをP波初動の押し引き分布図のうえに図示するようにした(Fig. 3参照)。

§ 3 新プログラムによるメカニズム解と半自動解析法による解との比較および信頼度の尺度の検討

望月らは1979年7月~84年1月までに関東および中部地方の一部に発生した地震のメカニズム解をディスプレイによる対話方式の半自動解析法で求めた。^{*}この際使ったデータをそのまま新プログラムで解析し、両解析結果を比較した。

望月らは68地震についてメカニズム解を出しているが、新プログラムはこのうち16地震については信頼度が低いとの理由から解は出していない。したがって解の比較が出来たのは52例である。解の捨てられた地震の大部分は、観測点の分布状況がよくなく、かつ、観測地点数が十分でない地震である。しかし、人間は欲を出し無理して答を出している。

対応する各解の節面のdip directionやdip, 圧力軸や張力軸の方位やinclinationなどについて、自動解と半自動解との差(角距離)の平均値と標準誤差を計算した(Tab. 1). Fig. 1は圧力軸について、両者の差異を示したものである。また、Fig. 2は節面(A, B), 圧力軸(P)および張力軸(T)についての両者の差異(角距離)の度数分布図である。検定結果によれば、各要素間の差は統計

^{*}その後、これらの解は筆者のプログラム(Ichikawa, 1980)を、多少、手直したプログラムで再解析された(望月ら, 1985)。

Tab.1. 半自動解析法による解と筆者の解の差異の統計結果

要素	節面 A			節面 B		
	Dip dir.	Dip	AD	Dip dir.	Dip	AD
平均値	N 12.9° E	17.1°	9.1°	14.2°	16.6°	6.5°
標準誤差	2.06°	6.36°	1.91°	2.72°	3.42°	14.1°

圧力軸			張力軸		
Az	Incli	AD	Az	Incli	AD
N 10.5° E	9.7°	6.6°	N 22.6° E	7.4°	30.4°
0.94°	1.46°	0.83°	5.55°	1.49°	6.17°

Dip dir.: dip direction, AD: angular distance
 Az: Azimuth, Incli: inclination

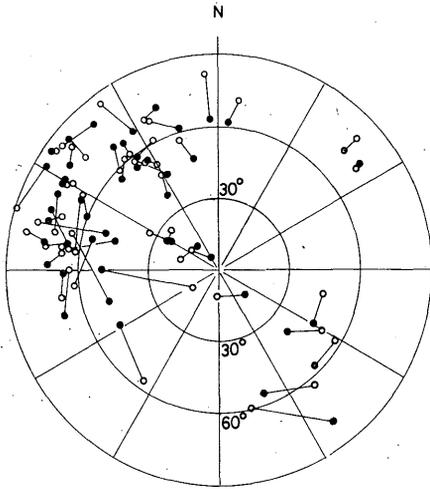


Fig. 1. 半自動解析法によるメカニズム解と筆者のメカニズム解における圧力軸の差異の分布 (○半自動解析法, ●筆者, N:北)

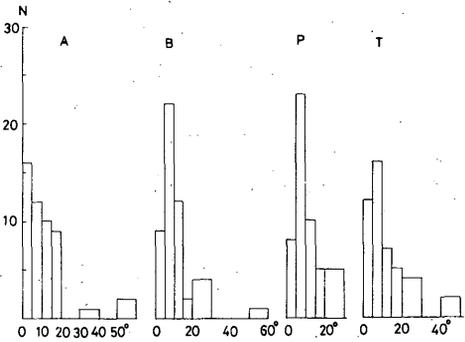
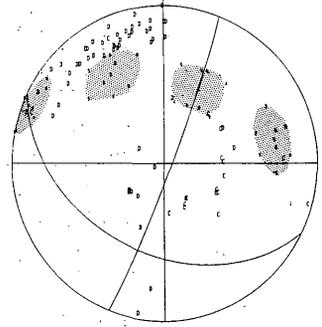
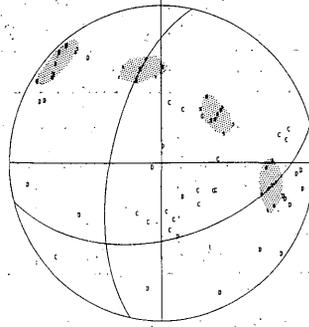
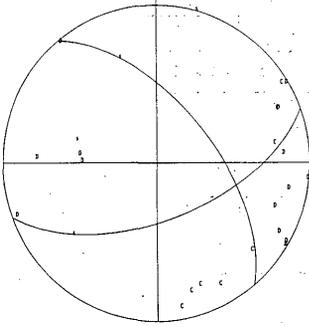


Fig. 2. 半自動解析法によるメカニズム解と筆者のメカニズム解における節面A, Bのpole, 圧力軸(P)および張力軸(T)の差異(角距離)の度数分布

DATE AND TIME 1980 3 17 9
 HYPOCENTER 141.0 35.42 N 40
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 20 DIP 50
 PLANE B DIP DIR 129 DIP 50
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 75 INCL. 45
 T AXIS AZIMUTH 345 INCL. 30
 FAULT FAULT TYPE NORMAL
 FAULTING TYPE STRIKE-SLIP

DATE AND TIME 1980 12 2 1 15
 HYPOCENTER 140.54 35.55 N 40
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 14 DIP 50
 PLANE B DIP DIR 258 DIP 63
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 49 INCL. 83
 T AXIS AZIMUTH 309 INCL. 38
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE AMBIGUOUS

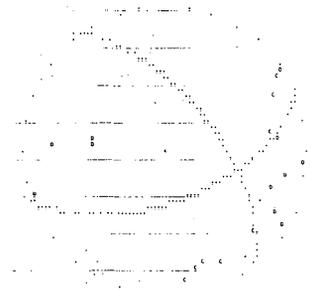
DATE AND TIME 1980 11 18 33
 HYPOCENTER 140.3 32.58 N 40
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 68 DIP 85
 PLANE B DIP DIR 334 DIP 42
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 33 INCL. 95
 T AXIS AZIMUTH 281 INCL. 62
 FAULT FAULT TYPE NORMAL
 FAULTING TYPE AMBIGUOUS



48-0 14 0 0 140 180 20 20 180

80 12 2 0 30 140 54 35 55 40

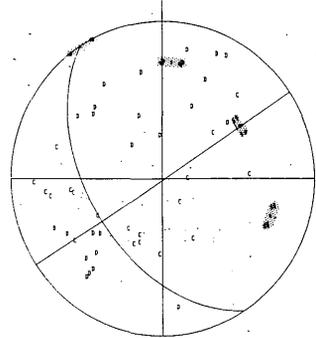
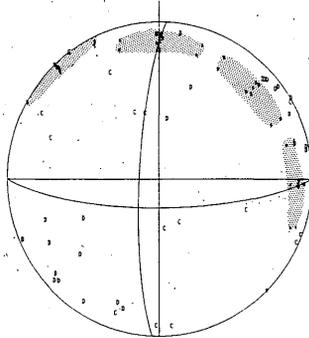
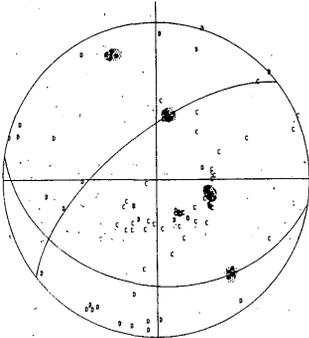
80 18 7 18 33 140 3 32 58 40



DATE AND TIME 1981 1 28 12 47
 HYPOCENTER 139.51 36.10 N 60
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 218 DIP 66
 PLANE B DIP DIR 351 DIP 33
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 21 INCL. 22
 T AXIS AZIMUTH 255 INCL. 28
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE DIP-SLIP

DATE AND TIME 1981 3 12 4 16
 HYPOCENTER 140.16 35.54 N 60
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 267 DIP 79
 PLANE B DIP DIR 0 DIP 75
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 313 INCL. 22
 T AXIS AZIMUTH 44 INCL. 87
 FAULT FAULT TYPE NORMAL
 FAULTING TYPE STRIKE-SLIP

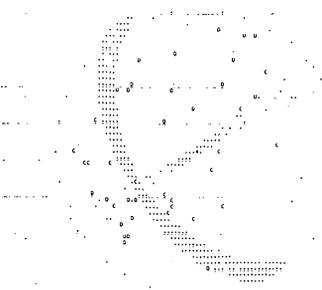
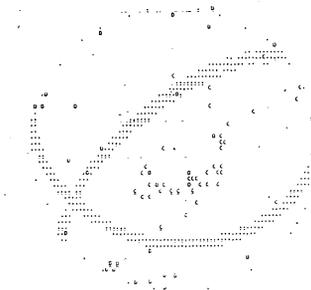
DATE AND TIME 1981 11 25 23 54
 HYPOCENTER 139.25 35.42 N 40
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 33 DIP 89
 PLANE B DIP DIR 303 DIP 50
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 355 INCL. 62
 T AXIS AZIMUTH 250 INCL. 64
 FAULT FAULT TYPE NORMAL
 FAULTING TYPE STRIKE-SLIP



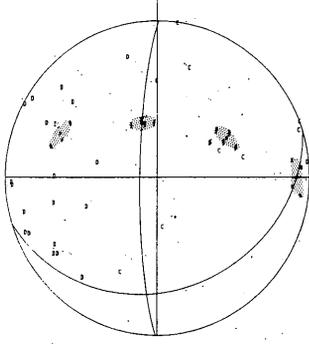
80 1 28 12 47 139 51 36 10 60

80 3 12 4 16 140 16 35 54 60

80 11 25 23 54 139 25 35 42 40



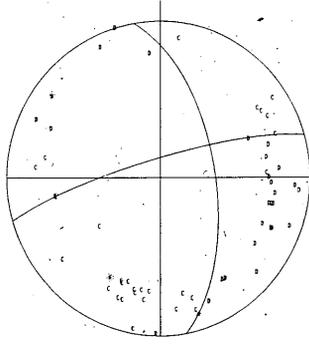
DATE AND TIME 1982 3 19 05 51
 HYPOCENTER 140 11 35 37 H 70
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 17 DIP 28
 PLANE B DIP DIR 269 DIP 81
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 68 INCL. 60
 T AXIS AZIMUTH 298 INCL. 43
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE AMBIGIOUS



82 3 19 05 51 140 11 35 37 70



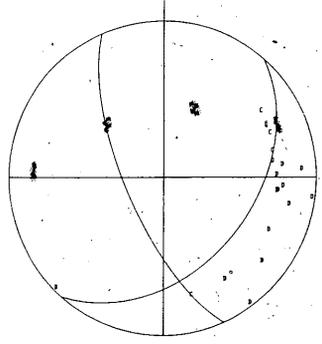
DATE AND TIME 1982 8 12 13 33
 HYPOCENTER 139 84 34 53 H 30
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 100 DIP 60
 PLANE B DIP DIR 196 DIP 80
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 55 INCL. 77
 T AXIS AZIMUTH 152 INCL. 62
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE STRIKE-SLIP



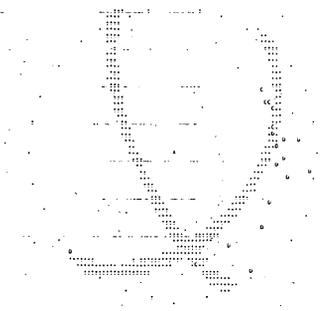
82 8 12 13 33 139 84 34 53 30



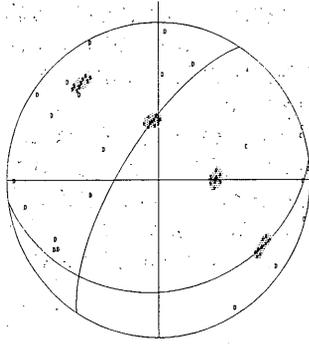
DATE AND TIME 1982 9 19 3 19
 HYPOCENTER 141 30 36 18 H 30
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 49 DIP 41
 PLANE B DIP DIR 294 DIP 70
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 89 INCL. 73
 T AXIS AZIMUTH 336 INCL. 39
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE AMBIGIOUS



82 9 19 3 19 141 30 36 18 30



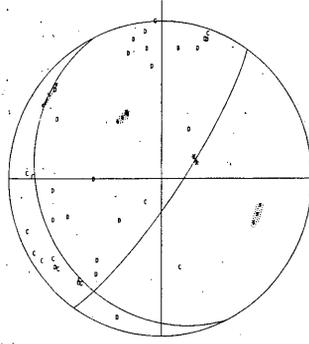
DATE AND TIME 1982 9 30 1 10
 HYPOCENTER 140 9 35 32 H 70
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 81 DIP 30
 PLANE B DIP DIR 237 DIP 70
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 48 INCL. 68
 T AXIS AZIMUTH 269 INCL. 31
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE AMBIGIOUS



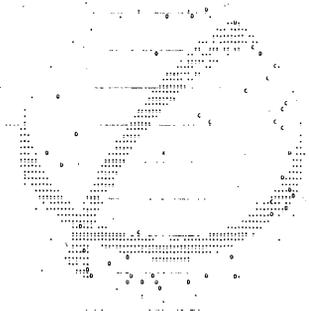
82 9 30 1 10 140 9 35 32 70



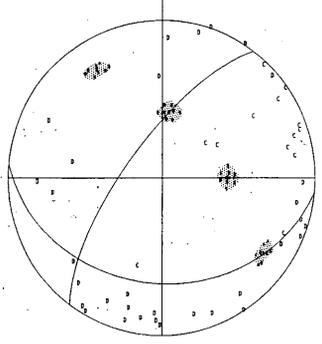
DATE AND TIME 1982 11 10 8 37
 HYPOCENTER 140 38 36 34 H 100
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 55 DIP 80
 PLANE B DIP DIR 296 DIP 20
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 95 INCL. 38
 T AXIS AZIMUTH 250 INCL. 57
 FAULT FAULT TYPE NORMAL
 FAULTING TYPE AMBIGIOUS



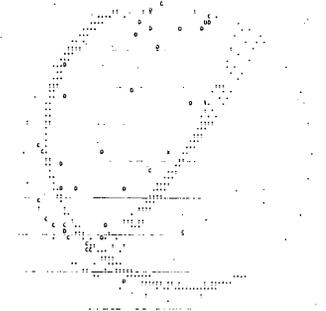
82 11 10 8 37 140 38 36 34 100



DATE AND TIME 1983 1 8 3 18
 HYPOCENTER 139 54 36 5 H 52
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 233 DIP 71
 PLANE B DIP DIR 355 DIP 34
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 32 INCL. 69
 T AXIS AZIMUTH 269 INCL. 35
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE AMBIGIOUS



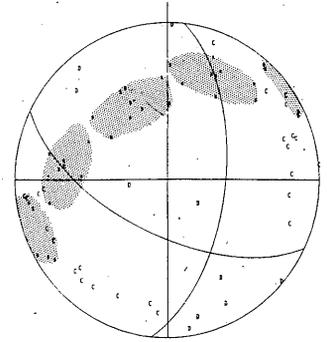
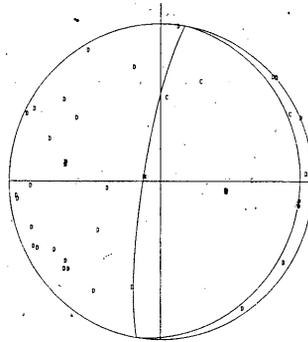
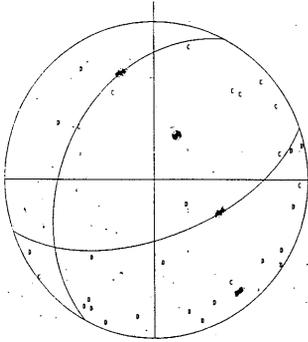
82 11 8 3 18 139 54 36 5 52



DATE AND TIME 1983.1 27.18.42
 HIPOCENTER 139.37 35.17 H.50
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 19 DIP 59
 PLANE B DIP DIR 242 DIP 39
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 217 INCL. 79
 T AXIS AZIMUTH 332 INCL. 25
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE DIP-SLIP

DATE AND TIME 1983.2 22.11.48
 HIPOCENTER 140.9 35.44 H.70
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 81 DIP 9
 PLANE B DIP DIR 261 DIP 81
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 81 INCL. 54
 T AXIS AZIMUTH 261 INCL. 36
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE DIP-SLIP

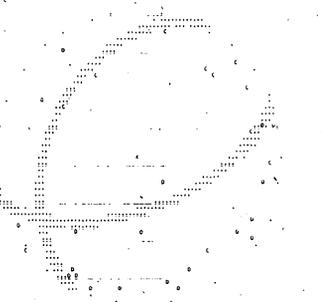
DATE AND TIME 1983.3 16.2.27
 HIPOCENTER 137.37 34.47 H.40
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 84 DIP 59
 PLANE B DIP DIR 334 DIP 61
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 28 INCL. 45
 T AXIS AZIMUTH 120 INCL. 88
 FAULT FAULT TYPE NORMAL
 FAULTING TYPE STRIKE-SLIP



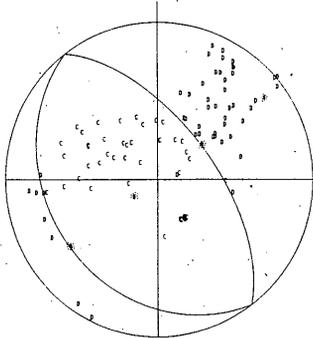
83.1.27.18.42 139.37 35.17 50.

83.2.22.11.48 140.9 35.44 70.

83.3.16.2.27 137.37 34.47 40.



DATE AND TIME 1984.1 1.18.3
 HIPOCENTER 136.51 33.38 H.388
 NODAL PLANES PLANE A DIP DIR 127 DIP 61
 PLANE B DIP DIR 307 DIP 29
 STRESSES P AXIS AZIMUTH 307 INCL. 74
 T AXIS AZIMUTH 127 INCL. 16
 FAULT FAULT TYPE REVERSE
 FAULTING TYPE DIP-SLIP



84.1.1.18.3 136.51 33.38 388.



Fig. 3. 筆者の改造プログラムによるメカニズム解プロットによる押し(c)引き(d)分布図中、網目の部分は最終解と同じスコアを持つ複数解から推定した節面のpole(図中×で示されている)や歪力軸(図中Sで示されている)の変動範囲を示す。ラインプリンタによる押し引き分布図における点群は節線の位置を示す。同じスコアの解が複数ある場合は、それらの全節線がプロットされている。したがって、点の集りの幅が広いほど最終解の信頼度は悪い。

Tab.2. Fig.3に示した各メカニズム解のtop angle (TA), 離心率(E), 半自動解析法による解と筆者の解の節面のpoleの差異(角距離)(α_1, α_2)とSD (Fig.4参照)との関係

発震時 月 日 時 分	節面A		節面B		節面A	節面B	SD
	TA	E	TA	E	α_1	α_2	
1980 8 14 09 09	0.000*	-	0.000*	-	54°	109°	0°
1980 12 2 01 15	0.200	0.355	0.183	0.163	20	13	30
1980 12 7 18 33	0.227	0.013	0.289	0.382	4	6	45
1981 1 28 12 47	0.052	0.228	0.036	0.514	4	6	9
1981 3 12 04 16	0.307	0.055	0.208	0.539	3	9	42
1981 11 25 23 54	0.056	0.898	0.088	0.597	16	5	13
1982 3 19 00 51	0.153	0.343	0.072	0.778	3	8	24
1982 8 12 13 33	0.000	-	0.000	-	6	7	0
1982 9 19 03 19	0.036	0.735	0.071	0.749	13	21	8
1982 9 30 01 10	0.081	0.551	0.103	0.376	15	9	15
1982 11 10 08 37	0.000	1.000	0.000	1.000	6	9	13
1983 1 8 03 18	0.103	0.066	0.106	0.052	18	17	17
1983 1 27 18 42	0.026	0.591	0.047	0.680	34	11	5
1983 2 22 11 48	0.024	0.517	0.010	0.837	0	0	4
1983 3 16 02 27	0.337	0.073	0.325	0.257	13	10	55
1984 1 1 18 03	0.000	-	0.000	-	4	5	0

*単位: ラジアン

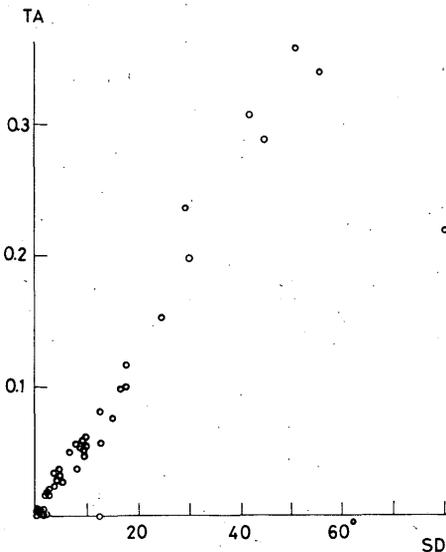


Fig.4. Top angle (TA: 単位 (ラジアン)) と最終解の節面のdip, dip directionと、最終解と同じスコアを持つ各解のdip, dip directionとの差異の絶対値の和 (SD: 単位 (度)) のうちの最大の値との関係

的に有意である。

解の信頼度を示す尺度として与えられたtop angleと離心率の実態を見るために、今回、解の求められた52地震のうち16地震について、top angleや離心率算出の基礎となった節面のpoleや圧力・張力軸の位置の分布も示した押し引き分布図と、同一スコアの解の各節線の状況などを示す押し引き分布図とをFig.3に示した。さらにFig.3の各地震について、top angle (TA), 離心率 (E), 半自動解析法による解と今回の解の節面のpole間の角距離 α 、および今回の解析で得られた最終解とこれと同じスコアを持つ複数個の解における節面のdipとdip directionとの差異の絶対値の和のうち、最大の値を持つもの (SD)をTab.2に示す。Fig.3の各図とTab.2から、top angleと離心率では解の信頼度がよりよく表示できていることがわかる。すなわち、複数個の同一スコアを持つ解において、節線の変わり得る範囲が狭い場合、すなわち、与えられた最終解の信頼度が高い場合はtop angleも小さく、逆の場合、すなわち節線の変動範囲が広い場合、すなわち信頼度が低い解の場合はtop angleは大きくなる。

Fig.4は54個の解すべてについて、top angleと

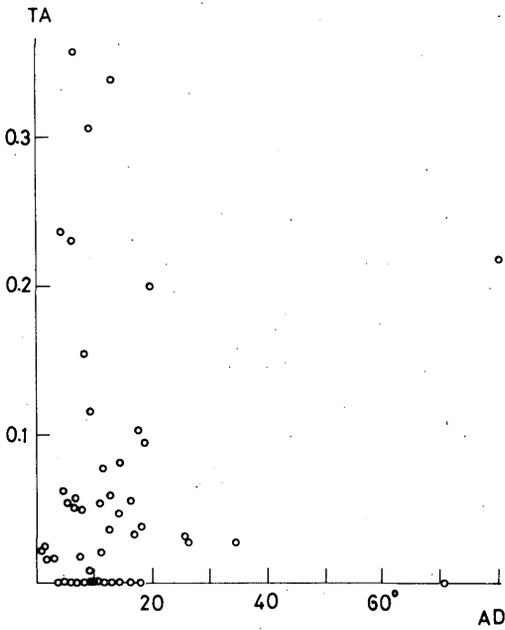


Fig. 5. Top angle (LTA)と半自動解析法による解と筆者の解の節面の pole の差異(角距離)との関係.

上記SDとの関係を示したもので、両者の相関係数は0.89*である。このことは、SDも解の信頼度を示す良い尺度であることを示唆している。しかし、top angle と離心率を併用することにより、節線の変動の範囲の様子が大体推定できる。すなわち、離心率が小さいときは、節線の pole あるいは歪力軸はほぼ円形の区域内に存在し、離心率が大きくなるに従って楕円形になっていることなどもわかる。しかし、楕円形になっている場合、どちらの方向をむいているかはわからない。

Fig. 5はTop angle と、半自動解析法による解と筆者の解の節面の pole の間の角距離との関係を示したものである。相関係数は-0.03である。

このことは、信頼度が高く求めうるようなデータでも、手作業では常に良い結果を出しているとは限らない、すなわち、出された解に相当な個人差の出でくる可能性のあることを示唆している。

§ 4 むすび

地震のメカニズムは常にユニークな解が得られるとは限らない。そこで、筆者は、最終メカニズム解

と同じスコアを持つ複数の解が存在する場合、すなわち、観測結果を満足させる複数の節面が存在する場合、最終解の節面の dip と dip direction と、同じ最大スコアを持つ複数の解の対応する節面の dip と dip direction の差の絶対値の和を解の信頼度を示す尺度としてきた。

最近、筆者のメカニズム解析プログラムのうち、同じ最大スコアを持つ複数個の解から最終解を求める方法を改め、また、同時に、Ritsema が提案した top angle と離心率も求めるようにした。

1979年～1984年に関東と中部地方の一部に発生した地震のメカニズムを解析し、従来の筆者の尺度と top angle や離心率による信頼度表示尺度とを比較した。その結果、筆者の尺度と top angle は非常に良い相関を持つことがわかった。しかし、Ritsema の尺度は離心率によって節面の pole の位置の散らばり具合、すなわち、円形か楕円形の区域内に分布しているか推定できるようになっている点で優れている。ただ、楕円形の区域に pole が存在するとき、その長軸/短軸の方向は推定できないという難点はある。

筆者はかつて、ミニコンピュータを使って、対話形式で半自動的にメカニズム解を求めるプログラムを作成した。この半自動的解析は、データ数が必ずしも十分でない場合に有効であるが、解析結果に個人差が出る恐れが多分にある。したがって、このような解析法にはぜひ、Ritsema法の信頼度表示尺度決定手順を採用すべきであると考えている。

謝 辞

本調査に当って、気象研究所地震火山研究部の伊藤秀美研究官から、有益な提案を得た。また、同部望月英志第2研究室長からは、未発表のメカニズム解を使用させてもらった。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- Ichikawa, M. (1971): Reanalyses of Mechanism of Earthquakes which Occurred in and near Japan, and Statistical Studies on the Nodal plane Solutions Obtained, 1926~1968. Geophys. Mag., 35, 207-274.
- Ichikawa, M. (1980): Determination of Focal

*ただし、かけはなれたデータ1つを除去した。これを入れると相関係数は0.62である。

- Mechanism on the Basis of a Man-machine
Mixed Technique. *Geophys. Mag.*, **39**, 23~35
- Ritsema, A.R. (1964): Some Reliable Fault
Plane Solutions. *Pure and Appl. Geophys.*, **59**,
58~74.
- Wickens, A. J. and J. H. Hodgson (1967):
Computer Re-Evaluation of Earthquake
Mechanism Solutions, 1922-1962. *Publications of the Dominion Observatory*, **33**,
No.1, 1~560
- 望月英志・佐久間喜代志・井元政二郎 (1985): 関
東・東海地方の発震機構 (1979~1983). 地震
(投稿中).