

断層の移動量及び隔離量を求める電算機プログラム

山 田 營 三*

YAMADA, E. (1980) Computer program to calculate the net slip of faults and the separation of planes by the faults. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 31(11), p. 567-584.

1. はじめに

断層を記載する場合、断層面の方向、落差、断層鏡面上における条線の方向、剪断帯(Shear zone)の幅、断層相互の切断関係などが測定され記載報告されている。しかし、断層の移動量については、活断層を除くとあまり報告がないようである。

本報文では、①ある断層が2つの面(例えば地層面と他の断層面など)を切断し、ずらしている場合、②ある断層が1つの面を切断し、ずらしており、しかもその断層の移動(Slip)の方向が、他のデータでわかっている場合、その断層の移動量(Slip)及びその断層により切断された平面の隔離量(Separation)を求める方法について報告する。なお、地質図上で、ある断層により切断された2つの面の隔離量からその断層の移動量を作図で求める方法については、BILLINGS (1954) 及び RAGAN (1973) の

方法がある。

また、今回報告するプログラムは、断層面ないし断層帯を隔てて両側のブロックが平行に移動した場合のみ適用でき、回転を伴ったり、両側のブロック間に差別的な歪がある場合は、そのままは適用できない。

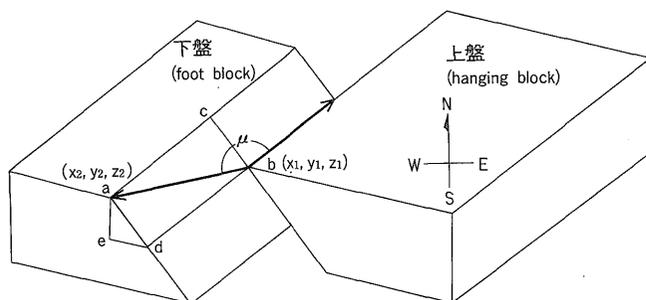
断層の移動及び面の隔離に関する各要素の名称は、第1図及び第2図に示したが、おもに BILLINGS (1954) によっている。

2. 測定(入力)データの取り方

今回報告する電子計算機プログラム(NSLIP)を用いて計算するのに必要な測定(入力)データは、第1表において四角で囲んだ部分である。

2.1 2つの面の隔離量から断層の移動量を求める場合は、露頭面・断層面及びその断層面によって切断された平行でない2つの面の走向・傾斜、並びに露頭面と断層面の交線上における上記2平面のそれぞれの隔離の距

* 地殻熱部



実移動 (Net slip) = ab , 走向移動 (Strike slip) = ac
 レイク (Rake) = μ (measured from northern direction)
 傾斜移動 (Dip slip) = cb , 鉛直移動 (Vertical slip) = ae
 水平傾斜移動 (Horizontal dip slip) = ed

第1図 断層の移動に関する各要素の定義
 Definition of various components of fault slip.

第1表 測定(入力)データと計算結果(出力)データの一覧表

List of input and output data

(入力データは四角で囲んだ部分, その他は出力データ)
(Input data are enclosed within rectangles)

***** I N D E X T A B L E *****
R- : RIGHT LATERAL SEPARATION OR REVERSE SLIP
L- : LEFT LATERAL SEPARATION N- : NORMAL SLIP
O- : OVERLAP G- : GAP
S- : SINISTRAL SLIP D- : DEXTRAL SLIP
(A) TO (B) : A-PLANE TO B'-PLANE
---- : OVERFLOW

MIYAZAWA, ONIKOBE

FAULT PLANE(F)	STR	DIP	SEPARATION	STRIKE-SEP	DIP-SEP	VERTICAL-SEP	OFFSET	OLAP/GAP	THROW	ST-GR-SEP	HEAVE							
MARK PLANE(A)	N83E	86NW		R-	469CM	N-	27CM	N-	28CM	393CM	O-	255CM	N-	27CM	N-	27CM	G-	2CM
MARK PLANE(B)	N40W	45W	32CM	R-	8CM	N-	16CM	N-	18CM	6CM	O-	5CM	N-	16CM	N-	6CM	G-	1CM
OUTCROP PLANE(D)	N49W	72SW	8CM															
(A) TO (B)	N20E	60SE	-35CM															
(A) TO (B')				L-	26CM													
DIRECTION OF SLIP	SPH-CO	RAKE																
	(101,-77)	-78																
DISTANCE OF SLIP	STRIKE	DIP	VERTICAL	HORIZ-DIP	NET SLIP													
	S-	6CM	N-	28CM	N-	28CM	G-	2CM										

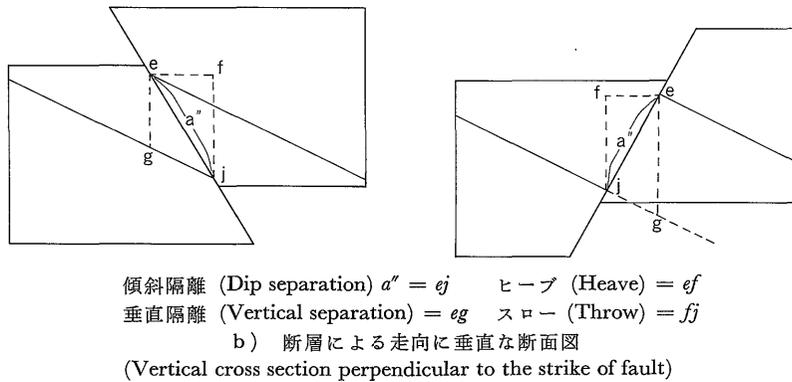
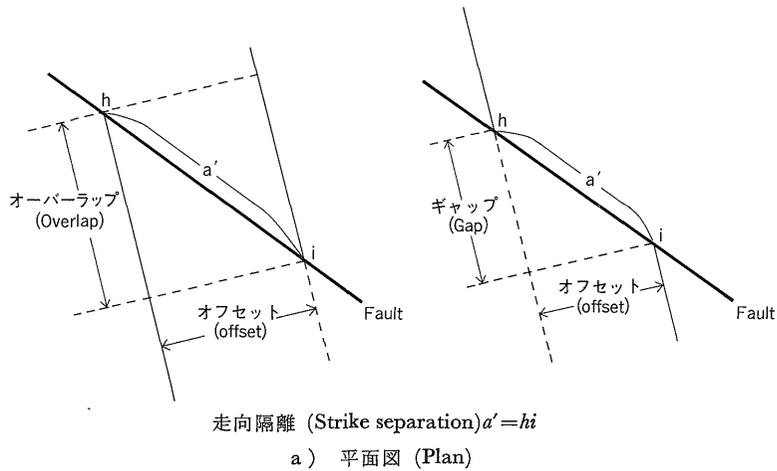
TEISHI, IZU, 10

FAULT PLANE(F)	STR	DIP	SEPARATION	STRIKE-SEP	DIP-SEP	VERTICAL-SEP	OFFSET	OLAP/GAP	THROW	ST-GR-SEP	HEAVE							
MARK PLANE(A)	N47E	68SE	-100CM	L-	802CM	R-	98CM	R-	102CM	313CM	G-	738CM	R-	91CM	R-	97CM	O-	37CM
OUTCROP PLANE(D)	N70E	18NW																
	N16W	80SW																
DIRECTION OF SLIP	SPH-CO	RAKE																
	(227, 0)	180																
DISTANCE OF SLIP	STRIKE	DIP	VERTICAL	HORIZ-DIP	NET SLIP													
	S-	802CM	0CM	0CM	0CM													

KANISAWABASHI 29

FAULT PLANE(F)	STR	DIP	SEPARATION	STRIKE-SEP	DIP-SEP	VERTICAL-SEP	OFFSET	OLAP/GAP	THROW	ST-GR-SEP	HEAVE							
MARK PLANE(A)	N35E	62SE	20M	R-	91M	N-	20M	N-	19M	88M	O-	25M	N-	18M	N-	18M	G-	10M
OUTCROP PLANE(D)	N71W	12NE																
	N75E	60SE																
DIRECTION OF SLIP	SPH-CO	RAKE																
	(305,-62)	-90																
DISTANCE OF SLIP	STRIKE	DIP	VERTICAL	HORIZ-DIP	NET SLIP													
	0M	N-	20M	N-	18M	G-	10M											

TOTAL COUNT -- 3



第2図 断層の隔離に関する各要素の定義
Definition of various components of the separation by fault.

離である。この2平面相互のなす距離は測定しなくとも断層の移動量及び各面の隔離に関する諸量は求められるが、これら2つの面の位置関係を明らかにするために付け加える。

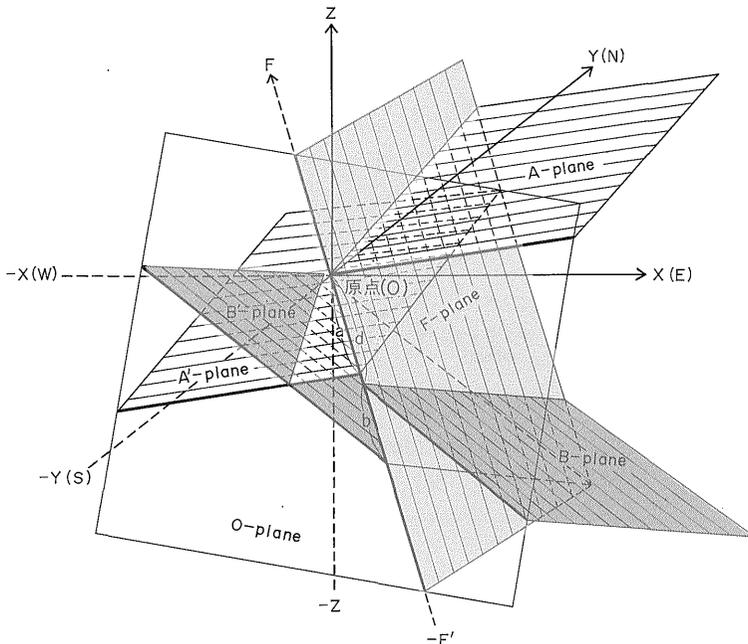
2.2 1つの面の隔離量と断層の移動の方向から断層の移動量を求める場合は、露頭面・断層面及びその断層面によって切断された1つの面の走向・傾斜、並びに露頭面と断層面の交線上におけるその平面の隔離の距離、さらに断層の移動の方向 (Rake) である。

2.3 記載を簡潔にするため、各平面・線分などを記号で表わすと同時に、正断層と逆断層・右ズレと左ズレ及びギャップ (Gap) とオーバーラップ (Overlap) の判定などを正しく行うため、正負の規約を次に述べるように定める (第3図)。

- (1) 露頭面を O-plane, 断層面を F-plane, 断層によって切断された2平面を断層上盤 (Hanging block) 内で A-plane 及び B-plane, 断層下盤 (Foot block)

内で A'-plane, 及び B'-plane と呼ぶ (ただし、断層面が垂直の場合は、北方向の Block 上の、さらに断層面の走向が南北の場合には、東方向の Block 上の2平面を A-plane, 及び B-plane と呼び、その反対側の Block 上の2平面を A'-plane 及び B'-plane と呼ぶ)。

- (2) A-plane, F-plane 及び O-plane の交点を原点(0)と定め、真北方向をY軸の正方向、真東方向をX軸の正方向、上方をZ軸の正方向とし、XYZ軸を定める。
- (3) F-plane と O-plane の交線を直線 F-F' と呼び、直線 F-F' 上でZが正の方向を正、Zが負の方向を負と定める (ただし、直線 F-F' が XY 平面内にある場合は、Xが正の方向を正とし、直線 F-F' が Y 軸と一致する場合は Y が正の方向を正と定める)。
- (4) 直線 F-F' 上で、原点(0)より A'-plane までの距離を a , B-plane から B'-plane までの距離を b , 原



第3図 直交座標軸 (X, Y, Z) と東西南北 (EWSN) の関係、及び露頭面 (O-plane) における Fault plane の Trace (F-F'), A-plane, A'-plane, B-plane, B'-plane, 原点 (0) 及び距離 a, b, d の定義 Relations between X, Y, Z-coordinate axes and N-E-S-W directions. Definition of the trace (F-F') of a Fault plane (F-plane) on an Outcrop plane (O-plane), A-plane, B-plane, A'-plane, B'-plane, Origin (0), and distances a, b, and d.

点(0)より B-plane までの距離を d, と呼ぶ。

- (5) F-plane 内で、F-plane の走向線の北方向きの線 (ただし、走向が東西の場合は、東向きの線) と、断層の移動線で A-plane から A'-plane (B-plane から B'-plane でも同じ) に至る方向の線がなす角度を Rake (μ) と呼び、角度 μ が水平面より下向きの場合は正とし、上向きの場合は負と定め、 $-180^\circ < \mu \leq 180^\circ$ とする (したがって、正断層の場合 μ は負となり、逆断層の場合 μ は正となる)。
- (6) 方向を極座標 (ω, λ) で表示する場合は、方位角 (ω) は真北を 0° とし時計回りに $0^\circ \sim 360^\circ$ までの値とし、伏角 (λ) は水平面を 0° とし下方に向かって $0^\circ \sim 90^\circ$ 、上方に向かって $0^\circ \sim -90^\circ$ までの値とする。
- (7) F-plane が水平の場合は、F-plane の走向線は便宜上南北 (N-S) とし、Rake (μ) は真北方向より上方からみて右回りに正、左回りに負として計る。
- (8) F-plane が垂直の場合は、本来断層の移動及び平面の隔離の正 (Normal)・逆 (Reverse) の区別はないが便宜上(1)の項で定めた A-plane ないし B-plane がそれぞれ A'-plane ないし B'-plane より下

方にある場合を正 (Normal) とし、その逆の場合を逆 (Reverse) とする。

3. 二つの平面を切る断層を利用して、断層の移動量及び隔離量を求める計算

2つの平行でない平面の露頭面内における隔離量を測定して、断層の移動量及び各面の隔離量に関する諸要素を計算し、移動及び隔離の方向についての判定を行うための式を以下に示す。

3.1 各面の走向・傾斜をポール (Pole) に直し、さらにその方向余弦を求める。

	ポール	方向余弦 (Direction cosine)
F-plane	γ, ρ	$l_i = \cos \rho \sin \gamma, m_i = \cos \rho \cos \gamma, n_i = -\sin \rho$
A-plane	α, θ	$l_j = \cos \theta \sin \alpha, m_j = \cos \theta \cos \alpha, n_j = -\sin \theta$
B-plane	β, φ	$l_k = \cos \varphi \sin \beta, m_k = \cos \varphi \cos \beta, n_k = -\sin \varphi$
O-plane	δ, η	$l_o = \cos \eta \sin \delta, m_o = \cos \eta \cos \delta, n_o = -\sin \eta$

(ただし、下半球方向のものを求めた)

3.2 各面の式を求める.

F-plane の式は, $l_i x + m_i y + n_i z = 0$ (1)

O-plane の式は, $l_0 x + m_0 y + n_0 z = 0$ (2)

A-plane の式は, $l_j x + m_j y + n_j z = 0$ (3)

F-plane と O-plane の交線の方向余弦 (l_p, m_p, n_p) は, (1)と(2)式より,

$$\left. \begin{aligned} l_p &= \frac{m_i n_0 - n_i m_0}{X} \\ m_p &= \frac{l_0 n_i - l_i n_0}{X} \\ n_p &= \frac{l_i m_0 - l_0 m_i}{X} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

ここで,

$$X = \sqrt{(m_i n_0 - n_i m_0)^2 + (l_0 n_i - l_i n_0)^2 + (l_i m_0 - l_0 m_i)^2}$$

ただし, i) $n_p < 0$ の場合, ii) $n_p = 0$ で $l_p < 0$ の場合, 及び iii) $n_p = 0, l_p = 0$ で $m_p < 0$ の場合には,

$$l_p = -(m_i n_0 - n_i m_0)$$

$$m_p = -(l_0 n_i - l_i n_0)$$

$$n_p = -(l_i m_0 - l_0 m_i) \text{ に置き換える.}$$

A'-plane の式は, (3)と(4)式より

$$l_j(x - a l_p) + m_j(y + a m_p) + n_j(z - a n_p) = 0 \dots\dots(5)$$

B-plane の式は, 同様に,

$$l_k(x - d l_p) + m_k(y + d m_p) + n_k(z - d n_p) = 0 \dots\dots(6)$$

B'-plane の式も, 同様に,

$$l_k\{x - (d+b)l_p\} + m_k\{y - (d+b)m_p\} + n_p\{z - (d+b)n_p\} = 0 \dots\dots\dots(7)$$

3.3 実移動 (Net slip) の方向及び距離を求める.

A-plane と B-plane の交線が F-plane と交わる点の座標 (x_1, y_1, z_1) は, (1), (3)及び(6)式を解いて,

$$x_1 = \frac{-d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{D} \left| \frac{m_j n_j}{m_i n_i} \right|$$

$$y_1 = \frac{-d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{D} \left| \frac{n_j l_j}{n_i l_i} \right|$$

$$z_1 = \frac{-d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{D} \left| \frac{l_j m_j}{l_i m_i} \right|$$

同様に A'-plane と B'-plane の交線が F-plane と交わる点の座標 (x_2, y_2, z_2) は, (1), (5)及び(7)式を解いて,

$$x_2 = \frac{a(l_j l_p + m_j m_p + n_j n_p)}{D} \left| \frac{m_k n_k}{m_i n_i} \right| - \frac{(d+b)(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{D} \left| \frac{m_j n_j}{m_i n_i} \right|$$

$$y_2 = \frac{a(l_j l_p + m_j m_p + n_j n_p)}{D} \left| \frac{n_k l_k}{n_i l_i} \right| - \frac{(d+b)(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{D} \left| \frac{n_j l_j}{n_i l_i} \right|$$

$$z_2 = \frac{a(l_j l_p + m_j m_p + n_j n_p) \left| \frac{l_k m_k}{l_i m_i} \right| - (d+b)(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p) \left| \frac{l_j m_j}{l_i m_i} \right|}{D}$$

ただし, $D = \left| \frac{l_j m_j n_j}{l_k m_k n_k} \right| \left| \frac{l_i m_i n_i}{l_i m_i n_i} \right|$

従って, この断層の,

$$\text{実移動 } (s) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

移動方向の方向余弦 (l, m, n) は, 移動の方向を断層上盤 (Hanging block) から断層下盤 (Foot block) の同じ点に向って計るとすれば,

$$l = \frac{x_2 - x_1}{s}, m = \frac{y_2 - y_1}{s}, n = \frac{z_2 - z_1}{s}$$

これを極座標 (ω, λ) で表示すれば,

$$\omega = \tan^{-1} \frac{l}{m}$$

$$\text{ただし, } \begin{cases} l \geq 0, m > 0 \text{ のとき } 0 \leq \omega < 90^\circ \\ l > 0, m \leq 0 \text{ のとき } 90^\circ \leq \omega < 180^\circ \\ l \leq 0, m < 0 \text{ のとき } 180^\circ \leq \omega < 270^\circ \\ l < 0, m \geq 0 \text{ のとき } 270^\circ \leq \omega < 360^\circ \end{cases}$$

$\lambda = -\sin^{-1} n$, ただし, $-90^\circ < \lambda \leq 90^\circ$ (λ は, 水平面より下方に向って正, 上方に向って負とする).

3.4 実移動の方向より F-plane 上の Rake (μ) を求める.

F-plane の走向の北方向 (ただし, 走向が東西の場合は東方向) の方向余弦は,

走向が N(ϵ)E のとき, $(\sin \epsilon, \cos \epsilon, 0)$

走向が N(ϵ)W のとき, $(-\sin \epsilon, \cos \epsilon, 0)$

走向が N-S のとき, $(0, 1, 0)$

走向が E-W のとき, $(1, 0, 0)$

実移動方向の方向余弦は (l, m, n) であるから, 両者のなす角度, すなわち Rake (μ) は,

走向が N(ϵ)E のとき, $\cos \mu = l \sin \epsilon + m \cos \epsilon$

走向が N(ϵ)W のとき, $\cos \mu = -l \sin \epsilon + m \cos \epsilon$

走向が N-S のとき, $\cos \mu = m$

走向が E-W のとき, $\cos \mu = l$

$\rho \neq 0^\circ$ 及び $\rho \neq 90^\circ$ の場合

$n > 0$ のとき, $-180^\circ < \mu < 0$ (正断層)

$n < 0$ のとき, $0 < \mu < 180^\circ$ (逆断層)

$n = 0$ のとき, $\mu = 0^\circ, 180^\circ$ (水平移動断層)

3.5 走向移動 (Strike slip), 傾斜移動 (Dip slip) 水平傾斜移動 (Horizontal dip slip) 及び鉛直移動 (Vertical slip) を求める.

走向移動 = $s |\cos \mu|$

傾斜移動 = $s |\sin \mu|$

鉛直移動 = $|z_2 - z_1|$

$$\text{水平傾斜移動} = \sqrt{s^2 \sin^2 \mu - (z_2 - z_1)^2}$$

(1) 正移動と逆移動の区別.

ρ が 0° ないし 90° の場合, すなわち断層面が垂直の場合には正移動と逆移動の区別は本来はないが, 先に記した規約により区別する.

$n > 0$ のとき, 傾斜移動・垂直移動は正 (Normal) 水平傾斜移動はギャップ

$n < 0$ のとき, 傾斜移動・垂直移動は逆 (Reverse) 水平傾斜移動はオーバーラップ

$n = 0$ のとき, 水平移動断層

(2) 右移動 (Dextral slip) と左移動 (Sinistral slip) の区別.

$|\mu| = 90^\circ$ の場合……水平移動量はない.

F-plane の傾斜が NE, SE, E ないし S の場合

$|\mu| > 90^\circ$ ならば……左移動

$|\mu| < 90^\circ$ ならば……右移動

F-plane の傾斜が SW, NW, W ないし N の場合

$|\mu| > 90^\circ$ ならば……右移動

$|\mu| < 90^\circ$ ならば……左移動

F-plane の傾斜が垂直の場合, 走向が N(ϵ)W か

N-S で $|\mu| < 90^\circ$, ないし走向が N(ϵ)E か E-W で

$|\mu| > 90^\circ$ のとき……右移動

F-plane の傾斜が垂直の場合, 走向が N(ϵ)W か N

-S で $|\mu| > 90^\circ$, ないし走向が N(ϵ)E か E-W で

$|\mu| < 90^\circ$ のとき……左移動

F-plane が水平の場合は, 右移動, 左移動は定義出来ない.

3.6 A-plane の走向隔離 (Strike separation) (a') を求める. a' は, 原点から F-plane の走向線と A'-plane の交点までの距離である.

A'-plane の式(5)において $z = 0$ と置き,

$$l_j(x - al_p) + m_j(y - am_p) = an_j n_p \dots\dots\dots (8)$$

F-plane の原点を通る走向線の式は,

走向が NE-SW, E-W ないし N-S のとき

$$y = \tan(90^\circ - \epsilon) x$$

走向が NW-SE のとき,

$$y = \tan(90^\circ + \epsilon) x$$

$$\dots\dots\dots (9)$$

(8)と(9)式を x, y について解く,

$$x_{a'} = \frac{a(l_j l_p + m_j m_p + n_j n_p)}{l_j + m_j \tan(90^\circ \pm \epsilon)}$$

$$y_{a'} = \frac{a(l_j l_p + m_j m_p + n_j n_p) \tan(90^\circ \pm \epsilon)}{l_j + m_j \tan(90^\circ \pm \epsilon)}$$

$$a' = \sqrt{x_{a'}^2 + y_{a'}^2}$$

$l_j + m_j \tan(90^\circ \pm \epsilon) = 0$ の場合, すなわち F-plane の走向方向と A-plane の走向方向が一致している場合

は, 走向隔離は無限大となる.

(1) 右隔離 (Right lateral separation) と左隔離 (Left lateral separation) の区別.

$y_{a'} > 0$ で F-plane の傾斜が NE, E, SE のいずれかの場合……右隔離

$y_{a'} > 0$ で F-plane の傾斜が NW, W, SW のいずれかの場合……左隔離

$y_{a'} < 0$ で F-plane の傾斜が NE, E, SE のいずれかの場合……左隔離

$y_{a'} < 0$ で F-plane の傾斜が NW, W, SW のいずれかの場合……右隔離

$y_{a'} = 0, x_{a'} > 0$ で F-plane の傾斜が N の場合……左隔離

$y_{a'} = 0, x_{a'} > 0$ で F-plane の傾斜が S の場合……右隔離

$y_{a'} = 0, x_{a'} < 0$ で F-plane の傾斜が N の場合……右隔離

$y_{a'} = 0, x_{a'} < 0$ で F-plane の傾斜が S の場合……左隔離

F-plane の傾斜が垂直の場合

$x_{a'} \leq 0$ ならば……右隔離

F-plane の傾斜が垂直の場合

$x_{a'} > 0$ ならば……左隔離

$y_{a'} = 0, x_{a'} = 0$ の場合……走向隔離はゼロ

F-plane が水平の場合は, 右隔離左隔離は定義出来ない.

3.7 A-plane の傾斜隔離 (Dip separation) (a'') を求める.

a'' は, 原点から F-plane の傾斜方向の直線と A'-plane の交点までの距離である.

F-plane の傾斜方向の直線の方角余弦 (l_d, m_d, n_d) は,

$$l_d = \cos(90^\circ - \rho) \sin(\gamma \pm 180^\circ)$$

$$m_d = \cos(90^\circ - \rho) \cos(\gamma \pm 180^\circ)$$

$$n_d = -\sin(90^\circ - \rho)$$

ただし, $0 \leq \gamma \pm 180^\circ < 360^\circ$ とする.

A'-plane の式(5)に, $y = \frac{m_d}{l_d} x, z = \frac{n_d}{l_d} x$ を代入し解くと,

$$x_{a''} = I l_d, y_{a''} = I m_d, z_{a''} = I n_d$$

$$a'' = I, \text{ ただし, } I = \frac{a(l_j l_p + m_j m_p + n_j n_p)}{l_j l_d + m_j m_d + n_j n_d}$$

$a'' > 0$ の場合 逆傾斜隔離 (Reverse dip separation)

$a'' < 0$ の場合 正傾斜隔離 (Normal dip separation)

$a'' = 0$ の場合 傾斜隔離なし (No dip separation)

$l_j l_d + m_j m_d + n_j n_d = 0$ の場合, すなわち F-plane の傾斜方向が A-plane 内にある場合は傾斜隔離は無限

大となる。

3.8 A-plane の垂直隔離 (Vertical separation), スロー (Throw), 層位学的隔離 (Stratigraphic separation) 及びヒープ (Heave) を求める。

$$\text{スロー} = a'' \sin(90^\circ - \rho)$$

$$\text{垂直隔離} = \frac{a(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{n_j}$$

$$\text{層位学的隔離} = a' |\sin(\alpha - \gamma)| \cdot \sin(90^\circ - \theta)$$

ただし, $\theta = 90^\circ$ の場合, すなわち A-plane が水平の場合は, 層位学的隔離は垂直隔離に等しい。A-plane と F-plane の走向が一致している場合は, (垂直隔離) $\times \sin \theta$ に等しい。

$$\text{ヒープ} = \sqrt{(a'')^2 - \{a'' \sin(90^\circ - \rho)\}^2}$$

$n_j = 0$ の場合, すなわち A-plane が垂直の場合は, 垂直隔離は無限大になる。 $l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d = 0$ の場合, すなわち F-plane の傾斜方向が A-plane 内にある場合は, スローとヒープは無限大となる。

$a'' < 0$ の場合 スロー, 垂直隔離及び層位学的隔離は正, ヒープはギャップ

$a'' > 0$ の場合 スロー, 垂直隔離及び層位学的隔離は逆, ヒープはオーバーラップ

$a'' = 0$ の場合 スロー, 垂直隔離, 層位学的隔離及びヒープはゼロ

3.9 A-plane のオフセット (Offset) 及びオーバーラップ (Overlap) ないしギャップ (Gap) を求める。

$$\text{オフセット} = a' |\sin(\alpha - \gamma)|$$

$$\text{オーバーラップないしギャップ} = a' |\cos(\alpha - \gamma)|$$

ただし, F-plane の走向方向と A-plane の走向方向が一致している場合は, オーバーラップが無限大となる。

(1) オーバーラップとギャップの区別。

F-plane の傾斜方向は, $0 \leq \gamma \pm 180^\circ < 360^\circ$

ただし, \pm はどちらか一方。

A-plane の走向方向は $\alpha \pm 90^\circ$

ただし, $\begin{cases} \alpha - 90^\circ < 0 \text{ のときは, } \alpha - 90^\circ + 360^\circ \\ \alpha + 90^\circ > 360^\circ \text{ " , } \alpha + 90^\circ - 360^\circ \end{cases}$

に置き換える。

原点より A-plane の走向の方向は,

$|\gamma \pm 180^\circ - (\alpha \pm 90^\circ)| \leq 90^\circ$ を満足する $\alpha \pm 90^\circ$ のどちらか一方, またその方向余弦は,

$$\{\sin(\alpha \pm 90^\circ), \cos(\alpha \pm 90^\circ)\}.$$

原点から, F-plane の走向線と A'-plane の交点への方向の方向余弦は, $\left(\frac{x_{a'}}{a'}, \frac{y_{a'}}{a'}\right)$

$$\frac{x_{a'}}{a'} \cdot \sin(\alpha \pm 90^\circ) + \frac{y_{a'}}{a'} \cdot \cos(\alpha \pm 90^\circ) > 0 \text{ のとき,}$$

オーバーラップ

$$\frac{x_{a'}}{a'} \cdot \sin(\alpha \pm 90^\circ) + \frac{y_{a'}}{a'} \cdot \cos(\alpha \pm 90^\circ) < 0 \text{ のとき,}$$

ギャップ

$$\frac{x_{a'}}{a'} \cdot \sin(\alpha \pm 90^\circ) + \frac{y_{a'}}{a'} \cdot \cos(\alpha \pm 90^\circ) = 0, \text{ 及び } a' = 0 \text{ のときゼロ}$$

3.10 B-plane の走向隔離 (Strike separation) (b') を求める。

b' は, B-plane の式(6)と B'-plane の式(7)が, それぞれ F-plane の走向線を切る点の座標 $(x_b, y_b), (x_{b'}, y_{b'})$ を求め, その間の距離に等しい。

$$x_b = \frac{d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{l_k + m_k \tan(90^\circ \pm \epsilon)}$$

$$y_b = \frac{d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p) \cdot \tan(90^\circ \pm \epsilon)}{l_k + m_k \tan(90^\circ \pm \epsilon)}$$

$$x_{b'} = \frac{(d+b)(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{l_k + m_k \tan(90^\circ \pm \epsilon)}$$

$$y_{b'} = \frac{(d+b)(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p) \cdot \tan(90^\circ \pm \epsilon)}{l_k + m_k \tan(90^\circ \pm \epsilon)}$$

$$b' = \sqrt{(x_{b'} - x_b)^2 + (y_{b'} - y_b)^2}$$

$l_k + m_k (\tan 90^\circ \pm \epsilon) = 0$ の場合, すなわち F-plane の走向方向と B-plane の走向方向が一致している場合は, 走向隔離は無限大になる。

右隔離と左隔離の区別は, $y_{b'} - y_b, x_{b'} - x_b$ について

3.6(1)と同様の判定を行い決める。

3.11 B-plane の傾斜隔離 (Dip separation) (b'') を求める。

b'' は, B-plane と B'-plane がそれぞれ F-plane の傾斜方向を切る点の座標 $(x_b, y_b, z_b), (x_{b'}, y_{b'}, z_{b'})$ を求め, その間の距離に等しい。

$$\frac{x_{b'} - x_b}{l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d} = \frac{d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p) l_d}{l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d}$$

$$\frac{y_{b'} - y_b}{l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d} = \frac{d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p) m_d}{l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d}$$

$$\frac{z_{b'} - z_b}{l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d} = \frac{d(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p) n_d}{l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d}$$

$$b'' = \sqrt{(x_{b'} - x_b)^2 + (y_{b'} - y_b)^2 + (z_{b'} - z_b)^2}$$

$l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d = 0$ の場合, すなわち F-plane の傾斜方向が B-plane 内にある場合は傾斜隔離は無限大になる。

$z_{b'} - z_b > 0$ のとき, 正傾斜隔離

$z_{b'} - z_b < 0$ のとき, 逆傾斜隔離

$z_{b'} - z_b = 0$ のとき, 傾斜隔離ゼロ

3.12 B-plane の垂直隔離 (Vertical separation), スロー (Throw), 層位学的隔離 (Stratigraphic separation) 及びヒープ (Heave) を求める。

$$\text{スロー} = b'' \sin(90^\circ - \rho)$$

$$\text{垂直隔離} = \frac{b(l_k l_p + m_k m_p + n_k n_p)}{n_k}$$

層位学的隔離 = $b'|\sin(\beta - \gamma)| \cdot \sin(90^\circ - \varphi)$

ただし、 $\varphi = 90^\circ$ の場合、すなわち B-plane が水平の場合は、層位学的隔離は垂直隔離に等しい。B-plane と F-plane の走向が一致している場合は、(垂直隔離) $\times \sin \varphi$ に等しい。

$$\text{ヒープ} = \sqrt{(b'')^2 - \{b'' \sin(90^\circ - \rho)\}^2}$$

$n_k = 0$ の場合、すなわち B-plane が垂直の場合は垂直隔離は無窮大となる。 $l_k l_d + m_k m_d + n_k n_d = 0$ の場合、すなわち F-plane の傾斜方向が B-plane 内にある場合は、スローとヒープは無窮大となる。

$z_b - z_b > 0$ の場合……スロー、垂直隔離及び層位学的隔離は正、ヒープはギャップ

$z_b - z_b < 0$ の場合……スロー、垂直隔離及び層位学的隔離は逆、ヒープはオーバーラップ

$z_b - z_b = 0$ の場合……スロー、垂直隔離、層位学的隔離及びヒープはゼロ

3.13 B-plane のオフセット (Offset) 及びオーバーラップ (Overlap) ないしギャップ (Gap) を求める。

$$\text{オフセット} = b'|\cos(\beta - \gamma)|$$

ただし F-plane の走向方向と B-plane の走向方向が一致している場合は、オーバーラップが無窮大となる。

A-plane の場合と同様にして

$$\frac{x_b' - x_b}{b'} \sin(\beta \pm 90^\circ) + \frac{y_b' - y_b}{b'} \cos(\beta \pm 90^\circ) > 0$$

のとき、オーバーラップ

$$\frac{x_b' - x_b}{b'} \sin(\beta \pm 90^\circ) + \frac{y_b' - y_b}{b'} \cos(\beta \pm 90^\circ) < 0$$

のとき、ギャップ

$$\frac{x_b' - x_b}{b'} \sin(\beta \pm 90^\circ) + \frac{y_b' - y_b}{b'} \cos(\beta \pm 90^\circ) = 0$$

及び $b' = 0$ のとき、ゼロ

3.14 A-plane と B'-plane の F-plane の走向線上での Separation $\overline{AB'}$ は、

$$\overline{AB'} = \sqrt{x_b'^2 + y_b'^2}$$

右隔離と左隔離の区別は、 y_b' と x_b' については、3.6(1)と同様の判定を行い決める。

4. 断層の移動の方向と1つの面の隔離から断層の移動及び隔離に関する諸量を求める計算

断層の移動の方向がわかっている場合は、1つの平面の隔離を測定し、その断層の実移動及び平面の隔離に関する諸量を求めることが出来る。計算方法・手順はほぼ2平面を切る断層の場合と同様なので、異なる点のみ述べる。

4.1 F-plane, A-plane, O-plane の走向, 傾斜, 断層

のレイク (Rake) (μ), 及び F-plane と O-plane の交線上における A-plane の隔離が与えられているものとする。各 plane の走向・傾斜をポールにし、さらにその方向余弦を求める。F-plane の式は(2), A-plane の式は(3), A'-plane の式は(5)と同様である。

4.2 実移動の方向余弦 (l, m, n) を求める。

F-plane の走向が

$$\left. \begin{aligned} &N(\epsilon)E, N-S \text{ ないし } E-W \text{ のとき,} \\ &\dots \cos \mu = l \sin \epsilon + m \cos \epsilon \\ &N(\epsilon)W \text{ のとき} \\ &\dots \cos \mu = -l \sin \epsilon + m \cos \epsilon \end{aligned} \right\} \dots (10)$$

$$l l + m m + n n = 0 \dots (11)$$

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1 \dots (12)$$

(10), (11)及び(12)式を l, m, n について解く。

ただし、 $\mu < 0$ の場合は、 $n > 0$ の組、 $\mu \geq 0$ の場合は $n \leq 0$ の組を解とする。

4.3 実移動の距離 (s) は、原点から実移動の方向線が A'-plane と交わる点 $P(x_3, y_3, z_3)$ までの距離に等しい。

$$l_j(x_3 - a l_p) + m_j(y_3 - a m_p) + n_j(z_3 - a n_p) = 0 \dots (13)$$

$$\frac{x_3}{y_3} = \frac{l}{m} \dots (14)$$

$$\frac{y_3}{z_3} = \frac{m}{n} \dots (15)$$

(13), (14)及び(15)式を x_3, y_3, z_3 について解く

$$s = \sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}$$

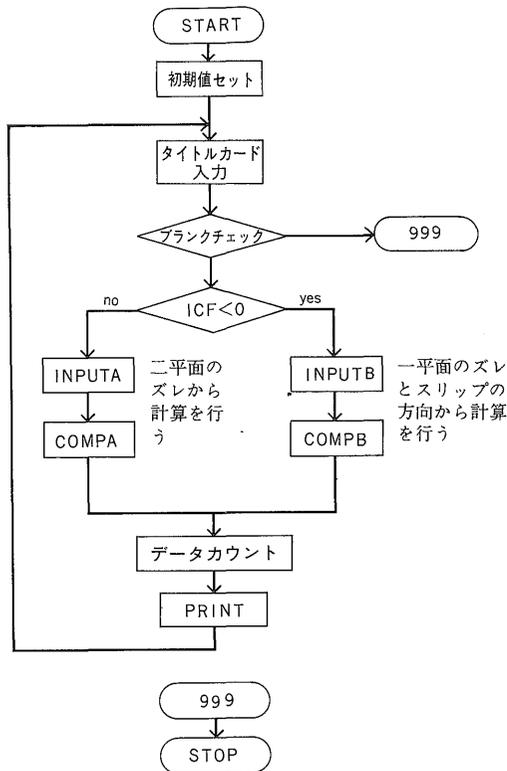
4.4 移動要素, 隔離の要素などの計算及び正, 逆, 右ズレ, 左ズレなどの判定は、すべてすでに述べた方法と全く同様にして求められる。

5. プログラム (NSLIP)の大まかなフロー及び使用例

プログラム "NSLIP" のメインフロー及びジェネラルフローとサブルーチンの説明をそれぞれ第4図及び第5図に示した。

このプログラムの特徴は、データを定められた通りに入力することによって、各面の走向隔離, 傾斜隔離, 垂直隔離, オフセット, スロー, オーバーラップないしギャップ, 層位学的隔離及び断層の走向移動, 傾斜移動, 垂直移動, 水平傾斜移動及び実移動の量が求められる。また、移動の方向についてはレイク (Rake) 及び極座標表示が求められるほか断層の移動及び隔離について正, 逆, 右ズレ, 左ズレなどの判定が行えることである。

二の面を切る断層を利用して断層の実移動を求める例として、鬼首の宮沢層に発達する小断層の例を示す。



第4図 “NSLIP” のフロー
Main flow of the program “NSLIP”.

ここの露頭には平均走向・傾斜 N47°W, 70°SW と平均走向・傾斜 N86°E, 89°NW の二つの断裂セットが顕著に発達しており、一見共役断裂系をなしているかのようにみえる。しかし、第6図左下のスケッチに示した断層を利用して今回のプログラムにより断層の実移動の方向などを計算したところ、第6図に示したように共役断裂系と仮定してプログラム“WULFF” (山田投稿中) を用いて求めた移動方向と全く異なることがわかった。さらに詳しく調べた結果、この露頭で見られる2つの断裂セットは全く異なる応力場で形成された新旧2つの断裂セットであると結論された。なお、この計算の入力データ及び計算結果は第1表の1番目に示したとおりである。

次に、断層の移動の方向と1つの面の隔離から実移動を求める例として、伊豆の手石付近に見られた小断層と鬼首の蟹沢橋のたもとに発達する断層の例を示す。

手石の小断層では、断層の移動の方向は、伊豆半島に見られる小断層群の性質から判断して、水平横ずれ断層と仮定して計算した。この入力データ及び計算結果は第1表の2番目に示したとおりであり、この仮定が正しければこの断層の実移動は左横ずれ約8 m となる。

蟹沢橋の断層では、断層の移動の方向は附近に発達する小断層群の解析から水平ずれ成分のない正断層と仮定した。この入力データ及び計算結果は第1表の3番目に示したとおりである。露頭面内における地層の隔離は実際20m以上で不明であるが、20mと計算しても、地層は右横ずれ的に90m以上隔離していることになる。

6. おわりに

このプログラムを小断層の測定に用いることにより、使用例に示したように小断層の共役性の判定の一つの要素として用いるのみならず、小断層の性格をさらに明らかにすることができる。マッピングされた断層に適用すれば、その断層の実移動などを求められる。また、ある断層による地層のズレなどを計算し、マッピングに用いることもできる。

6. おわりに

ただし、断層面及び断層帯を隔てて両側のブロックが回転を伴う動きをしたり、両側のブロック間に差別的な歪がある場合は、それらについて予め補正を行った上で、このプログラムを適用せねばならない。

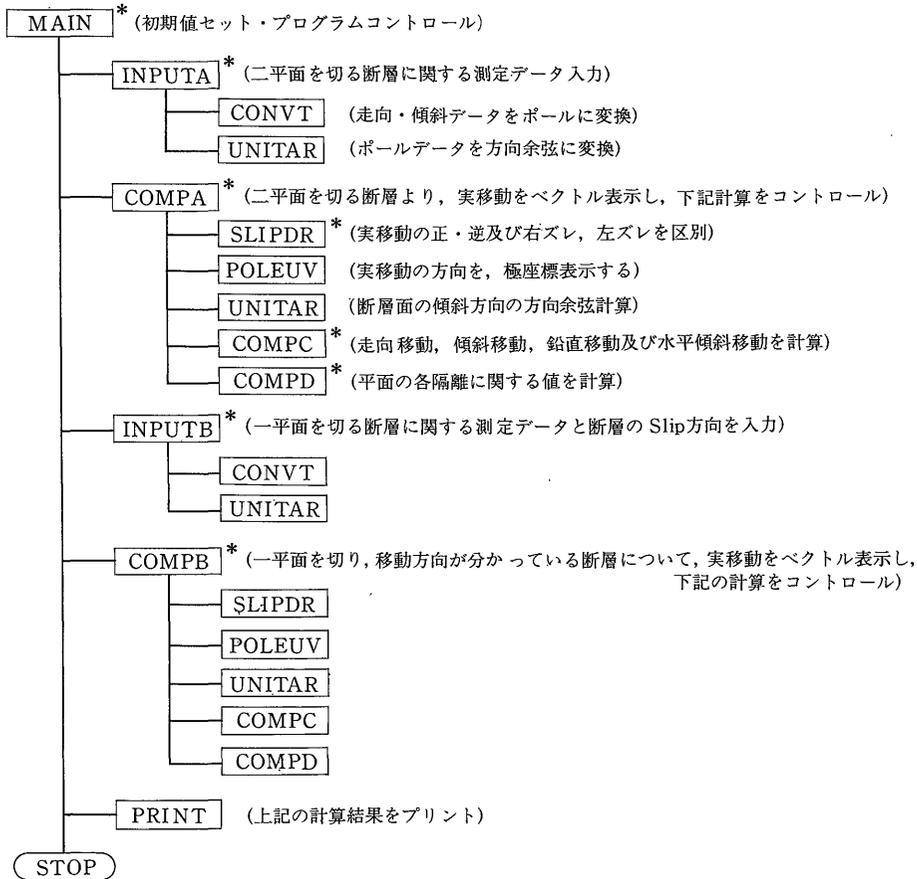
このプログラムを使用する場合のカードデッキの作成要領及び主要なサブルーチンのソースリストを付録として掲げる。なお、このプログラムは HITAC M150 用に書かれてある。

謝辞 本プログラムはセンチュリリサーチセンタ株式会社が発注し作成した。本プログラム作成を担当され熱心に細部にわたる修正まで心よく引き受けて下さった同社の益子孝夫氏に厚くお礼申し上げます。

このプログラム作成はサンシャイン計画の地熱熱水系の研究(グループ長角清愛課長)の一部として行われた。

引用文献

- BILLINGS, M. P. (1954) *Structural Geology* (2nd ed.). Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 514p.
- RAGAN, D. M. (1973) *Structural geology* (2nd ed.). Wiley & Sons, New York, 208p.
- 山田管三 (投稿中) ウルフネット上に断裂頻度分布図及び共役断裂系を用いて主応力軸の方向を描くプログラム。



その他のサブルーチン

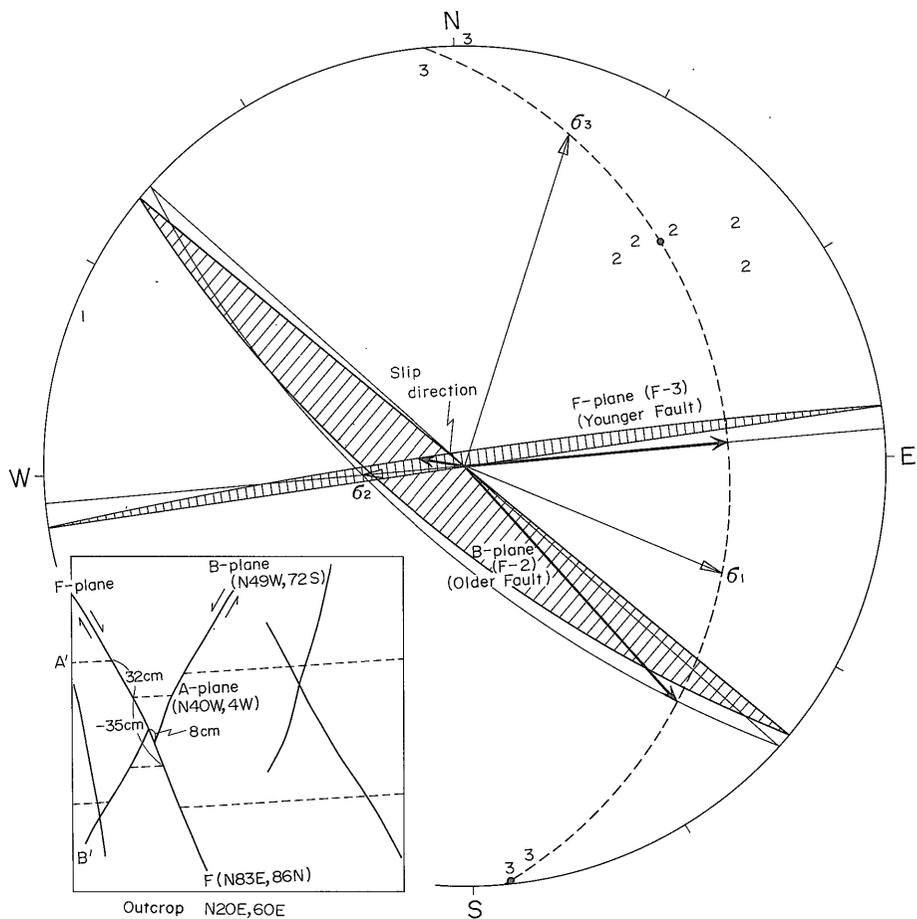
STRDIP (ポールを走向・傾斜に変換)

AMAT2 (2次行列式を計算)

AMAT3 (3次行列式を計算)

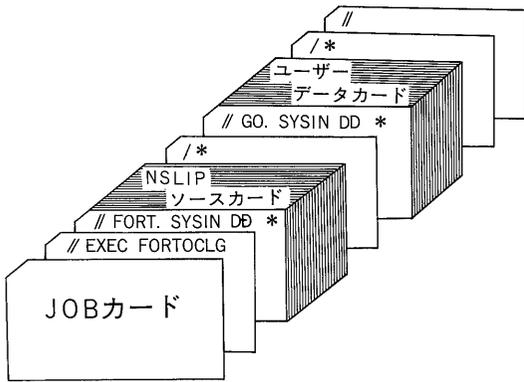
*付録にソースリストを掲げたサブルーチンプログラム
 (* denotes subroutine programs, whose source lists are shown in appendix.)

第5図 プログラム“NSLIP”のジェネラルフロー、及びサブルーチン説明
 General flow of the program “NSLIP” and explanation of subroutines.



第 6 図 鬼首の宮沢層に発達する小断層のスケッチとそのステレオネット上の解析
Sketch and stereographic analysis of minor faults developed in the Miyazawa Formation.

付録1 カードデッキの作成要領
Scheme of the arrangement of a card deck.



ユーザーデータカードの順序

- 1 { ① タイトルカード
② チェックカード
③ 測定データカード
 - 2 { ① タイトルカード
② チェックカード
③ 測定データカード
 - 3 { ①
②
③
 -
 -
 - n { ①
②
③
- ブランクカード(データの終りに必ず入れる)

- ① タイトルカード
・80文字以内のコメント
・1~4カラムがブランクだとブランクカードとみなされる。
- ② チェックカード
・1~5カラムに数字を入れる
・その数字が≤0ならAタイプ
 >0ならBタイプの測定データカードを読む
- ③ 測定データカード
(AタイプないしBタイプのどちらか1枚を入れる)

Aタイプ

10										20										30										40										50										60										70										80																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																																																																
60E					30NW					STR DIP										STR DIP										STR DIP										10 CM					Length					Unit					Length					Unit					Length					Unit																				
NS90					EW30S																																			F8.0					A2					B-plane separation					B-plane separation					A-B distance																														
2X F2.0 A2 F3.0 A2										F-plane										A-plane										B-plane										O-plane										A-plane separation										B-plane separation										A-B distance																				

Bタイプ

10										20										30										40										50										60										70										80																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																																																																
STR DIP					STR DIP					STR DIP										0.5 M					30.					Angle degree																																																												
2X F2.0 A2 F3.0 A2										F-plane										A-plane										O-plane										F8.0					A2					F10.0					A-plane separation					Rake(μ)																														

- ・F-plane, A-plane, B-plane 及び O-plane の走向・傾斜の書き方は, F-plane の1~10カラムと同じ。
- ・長さの項の数字は右づめ, 単位は左づめとする。
- ・使用単位は $\square \text{M}$, $\square \text{M}$ と $\square \text{M}$ であるが, プリンター出力の際は A-plane の隔離の単位に統一される。
- ・レイク (Rake) の単位は度 (degree) である。

付録2 “NSLIP” の主要サブルーチンのソースリスト
 Source list of main subroutines of the program “NSLIP”.

```

C PROGRAM MAIN
C "NET SLIP" , "SEPARATION" KEISAN

COMMON /LUN/ LR,LW
COMMON /NPRINT/ NPLANE(4,4),NA,NB,NAB,NRAKE,NTITL(20)
COMMON /INIT/DG,RD,PAI,NTANI(3),TANI(3),KTANI,EPS
DATA IBLANK/4H /,ISETC,ISETM,ISETKM/4HCM ,4HM ,4HKM /
LR = 5
LW = 6
KCOUNT = 0
PAI = 3,141593
DG = 180./PAI
RD = PAI /180.
NTANI(1) = ISETC
NTANI(2) = ISETM
NTANI(3) = ISETKM
TANI(1) = 1.
TANI(2) = 100.
TANI(3) = 100000.
EPS = 1,E-6
1 CONTINUE
KSIG = 0
C *** DATA READ ***
C NET SLIP TITLE DATA
C NET SLIP DATA FORMAT
C NET SLIP COLLECTED DATA
READ(LR,1000) (NTITL(I),I=1,20)
1000 FORMAT(20A4)
IF( NTITL(1),EQ,IBLANK ) GOTO 999
C *** IF(ICF,GT,0) INPUTB TYPE
READ(LR,1001) ICF
1001 FORMAT(16I5)
IF( ICF,GT,0 ) GDTU 2

C NET SLIP TYPE#A# F,A,B,0-PLANE DIRECTION
C CALL INPUTA A,B,A TO B-PLANE SEPARATION
CALL COMPB(KSIG)
GOTO 3

C NET SLIP TYPE#B# F,A,0-PLANE DIRECTION
C CALL INPUTB RAKE,A-PLANE SEPARATION
CALL COMPA(KSIG)

3 KCOUNT = KCOUNT + 1
CALL PRINT(ICF,KCOUNT,KSIG)
GOTO 1

999 WRITE(LW,2000) KCOUNT

2000 FORMAT(//10X,14HTOTAL COUNT --,I3)
STOP
END

SUBROUTINE INPUTA
COMMON /NPRINT/ NPLANE(4,4),NA,NB,NAB,NRAKE,NTITL(20)
COMMON /INIT/DG,RD,PAI,NTANI(3),TANI(3),KTANI,EPS
COMMON /LUN/ LR,LW
INTEGER BDATA,DDATA,FDATA
DIMENSION ADATA(4),BDATA(4),CDATA(4),DDATA(4),EDATA(3),FDATA(3)
COMMON /NCOMPA/ PLPOLE(4,3),A,B,D,RAKE,POLE(4,2)
READ(LR,1000) ((ADATA(I),BDATA(I),CDATA(I),DDATA(I)),I=1,4),
* ((EDATA(I),FDATA(I)),I=1,3)
1000 FORMAT(4(2X,F2.0,A2,F2.0,A2),3(FB,0,A2))
C *** INPUT SCALE UNIT CHECK ***
DO 10 I=1,3
IF( FDATA(I),EQ,NTANI(2) ) EDATA(I) = EDATA(I) * TANI(2)
IF( FDATA(I),EQ,NTANI(3) ) EDATA(I) = EDATA(I) * TANI(3)
10 CONTINUE
DO 11 I=1,3
IF( FDATA(I),EQ,NTANI(I) ) KTANI = I
11 CONTINUE

A = EDATA(1)
B = EDATA(2)
D = EDATA(3)
TANIA = 1. / TANI(KTANI)
NA = A * TANIA + 0.5
IF( A,LT,0. ) NA = NA - 1
NB = B * TANIA + 0.5
IF( B,LT,0. ) NB = NB - 1
NAB = D * TANIA + 0.5
IF( D,LT,0. ) NAB = NAB - 1

DO 15 I=1,4
NPLANE(1,I) = ADATA(I) + 0.5
NPLANE(2,I) = BDATA(I)
NPLANE(3,I) = CDATA(I) + 0.5
NPLANE(4,I) = DDATA(I)
CALL CONV(ADATA(I),CDATA(I),BDATA(I),DDATA(I))
POLE(1,1) = ADATA(1)
POLE(1,2) = CDATA(1)
15 CALL UNITAR(ADATA(I),CDATA(I),PLPOLE(1,1),PLPOLE(1,2),PLPOLE(1,3))
RETURN
END
    
```

断面の移動量及び隔離量を求める電算機プログラム (山田啓三)

```

SUBROUTINE COMPA(KSIG)
INTEGER RIVERS,RIGHTL,BLANK
COMMON /NDIRST/ RIVERS,NORMAL,RIGHTL,LEFTL,BLANK,JNE,JS,JSE,
* LAP,NGAP,JN,JE
COMMON /NCOMP/ MDIP1,MDIP2,MDIP3,NSEPSA,NSEPSB,THROWA,SGSEPA,
1 HEAVEA,NTHRWA,NOVEGA,NSEPSB,NSEPSB,THROWB,SGSEPB,
2 HEAVEB,NTHRWB,NOVEGB,NABSEP,NHEVA,NHEVB,MDIP4
COMMON /NPRINT/ NPLANE(4,4),NA,NR,NAB,NRAKE,NTITL(20)
COMMON /NCOMPA/ PLPOLE(4,3),A,B,D,RAKE,POLE(4,2)
COMMON /INIT/ DG,RD,PAI,NTANI(3),TANI(3),KTANI,EPS
COMMON /NCOMP/ SNET,SSLIP,DSLIP,VSLIP,HSLIP,POLENX,POLENY,
1 POLE1,POLE2,NSTR,NDIP,ADASH1,ADASH2,VSEP,OSET,
2 OVR LAP,BDASH1,BDASH2,VSEPB,OSETB,OVR LPA,XAB
DATA IW,INS,IEW/4HW ,4HNS ,4HEW /
SMALF(0) = SIGN(AMAX1(ABS(Q),1.E-6),Q)
C *** F-PLANE, O-PLANE NO KOUSEN UNIT VECTOR (ALP,AMP,ANP) ***
ALP = PLPOLE(1,2)*PLPOLE(4,3) - PLPOLE(1,3)*PLPOLE(4,2)
AMP = PLPOLE(1,3)*PLPOLE(4,1) - PLPOLE(4,3)*PLPOLE(1,1)
ANP = PLPOLE(1,1)*PLPOLE(4,2) - PLPOLE(4,1)*PLPOLE(1,2)
BAIS = SQRT(ALP*ALP+AMP*AMP+ANP*ANP)
ALP = ALP / BAIS
AMP = AMP / BAIS
ANP = ANP / BAIS
IF( ANP,LT,0. ) GOTD 2
IF( ANP,EQ,0. ,AND,ALP,LT,0. ) GOTD 2
IF( ANP,EQ,0. ,AND,ALP,EQ,0. ,AND,AMP,LT,0. ) GOTD 2
GOTO 3
2 ALP = -ALP
AMP = -AMP
ANP = -ANP
3 CONTINUE

C *** A-PLANE,B-PLANE,F-PLANE NO KOUTEN P(X1,Y1,Z1) ***
BAIS = AMAT3(PLPOLE(2,1),PLPOLE(3,1),PLPOLE(1,1),
1 PLPOLE(2,2),PLPOLE(3,2),PLPOLE(1,2),
2 PLPOLE(2,3),PLPOLE(3,3),PLPOLE(1,3))
DD1 = D*(ALP*PLPOLE(3,1)+AMP*PLPOLE(3,2)+ANP*PLPOLE(3,3))
BAIS = SMALF(BAIS)
X1 = AMAT3(0.,DD1,0.,PLPOLE(2,2),PLPOLE(3,2),PLPOLE(1,2),
* PLPOLE(2,3),PLPOLE(3,3),PLPOLE(1,3) ) / BAIS
Y1 = AMAT3(PLPOLE(2,1),PLPOLE(3,1),PLPOLE(1,1),0.,DD1,0.,
* PLPOLE(2,3),PLPOLE(3,3),PLPOLE(1,3) ) / BAIS
Z1 = AMAT3(PLPOLE(2,1),PLPOLE(3,1),PLPOLE(1,1),
* PLPOLE(2,2),PLPOLE(3,2),PLPOLE(1,2),0.,DD1,0.) / BAIS

C
C *** A'-PLANE,B'-PLANE,F-PLANE NO KOUTEN P(X2,Y2,Z2) ***
DD1 = A*(PLPOLE(2,1)*ALP+PLPOLE(2,2)*AMP+PLPOLE(2,3)*ANP)
DD2 = (D+B)*(PLPOLE(3,1)*ALP+PLPOLE(3,2)*AMP+PLPOLE(3,3)*ANP)
Y2 = AMAT3(PLPOLE(2,1),PLPOLE(3,1),PLPOLE(1,1),DD1,DD2,0.,
* PLPOLE(2,3),PLPOLE(3,3),PLPOLE(1,3) ) / BAIS

X2 = AMAT3(DD1,DD2,0.,PLPOLE(2,2),PLPOLE(3,2),PLPOLE(1,2),
* PLPOLE(2,3),PLPOLE(3,3),PLPOLE(1,3) ) / BAIS
Z2 = AMAT3(PLPOLE(2,1),PLPOLE(3,1),PLPOLE(1,1),
* PLPOLE(2,2),PLPOLE(3,2),PLPOLE(1,2),DD1,DD2,0.) / BAIS

```

```

ANETX = X2-X1
ANETY = Y2-Y1
ANETZ = Z2-Z1
1 SNET = SQRT(ANETX*ANETX+ANETY*ANETY+ANETZ*ANETZ)
SNET = SMALF(SNET)
ANETX = ANETX / SNET
ANETY = ANETY / SNET
ANETZ = ANETZ / SNET
CALL POLEUV(ANETX,ANETY,ANETZ,POLENX,POLENY)
POLE1 = POLENX
POLE2 = POLENY
C *** RAKE KEISAN ***
TH = FLOAT(NPLANE(1,1))
NST = NPLANE(2,1)
AST = 90.-TH
IF( NST,EQ,IW ) AST = 90.+TH
IF( NST,EQ,INS ) AST = 90.
IF( NST,EQ,IEW ) AST = 0.
AST = AST * RD
ALFST = COS(AST)
AMFST = SIN(AST)
RAKE = ACOS( ANETX*HALFST+ANETY*AMFST )
IF( ANETZ,GT,0. ) RAKE = -RAKE
CALL SLIPDR(ANETX,ANETY,ANETZ,MDIP1,MDIP2,MDIP3,MDIP4,NPLANE(4,1),
+ RAKE)
PDIP1 = POLE(1,1) + 180.
IF( PDIP1,GT,360. ) PDIP1 = PDIP1 - 360.
PDIP2 = 90. - POLE(1,2)
C STRIKE SLIP , DIP SLIP , VERTICAL SLIP , HORIZONTAL SLIP

C STRIKE SEPARATION * A-PLANE , B-PLANE *
C DIP SEPARATION * A-PLANE , B-PLANE *
C VERTICAL SEPARATION* A-PLANE , B-PLANE *
C OFF SET * A-PLANE , B-PLANE *
C OVERLAP * A-PLANE , B-PLANE *
C A,B-PLANE STRIKE SEPARATION

CALL UNITAR(PDIP1,PDIP2,ALFDP,AMFDP,ANFDP)
CALL COMP(SNET,RAKE,Z1,Z2,SSLIP,DSLIP,VSLIP,HSLIP)
C *** A-PLANE ***
CALL COMPD(ALFST,AMFST,ANFST,ALFDP,AMFDP,ANFDP,ALP,AMP,ANP,
1 PLPOLE(2,1),PLPOLE(2,2),PLPOLE(2,3),0.,A,XA,YA,
2 ADASH1,BDASH2,VSEPB,OSETB,OVR LPA,POLE(1,1),POLE(1,2),
3 POLE(2,1),POLE(2,2),NPLANE(4,1),NSEPSA,NSEPSB,THROWA,
4 SGSEPA,HEAVEA,NTHRWA,NOVEGA,PDIP1,PDIP2,NHEVA)

C *** B-PLANE ***
DB = D + B
CALL COMPD(ALFST,AMFST,ANFST,ALFDP,AMFDP,ANFDP,ALP,AMP,ANP,
1 PLPOLE(3,1),PLPOLE(3,2),PLPOLE(3,3),0.,DB,XB,YB,
2 BDASH1,BDASH2,VSEPB,OSETB,OVR LPA,POLE(1,1),POLE(1,2),
3 POLE(3,1),POLE(3,2),NPLANE(4,1),NSEPSB,NSEPSB,THROWB,
4 SGSEPB,HEAVEB,NTHRWB,NOVEGB,PDIP1,PDIP2,NHEVB)
XAB = SQRT(XB*XB+YB*YB)
INDEX = 1
NFPLN = NPLANE(4,1)
IF( NFPLN,EQ,JNE ,OR, NFPLN,EQ,JE ,OR,
+ NFPLN,EQ,JSE ) INDEX = 2

```

```

      IF( YB ) 10,11,12
10 NABSEP = RIGHTL
   IF( INDEX,EQ,2 ) NABSEP = LEFTL
      GOTO 14
11 NABSEP = BLANK
   IF( XB ) 13,14,15
13 IF( NFPLN,EQ,JN ) NABSEP = RIGHTL
   IF( NFPLN,EQ,JS ) NABSEP = LEFTL
      GOTO 14
15 CONTINUE
   IF( NFPLN,EQ,JN ) NABSEP = LEFTL
   IF( NFPLN,EQ,JS ) NABSEP = RIGHTL
      GOTO 14
12 NABSEP= LEFTL
   IF( INDEX,EQ,2 ) NABSEP = RIGHTL
14 CONTINUE
   NRAKE = RAKE * DG + 0.5
   IF( RAKE,LT,-0.5 ) NRAKE = NRAKE - 1
   SIG1 = PLPOLE(1,1)*PLPOLE(2,1)+PLPOLE(1,2)*PLPOLE(2,2)
   + PLPOLE(1,3)*PLPOLE(2,3)
   SIG2 = PLPOLE(1,1)*PLPOLE(3,1)+PLPOLE(1,2)*PLPOLE(3,2)
   + PLPOLE(1,3)*PLPOLE(3,3)
   SIG3 = PLPOLE(2,1)*PLPOLE(3,1)+PLPOLE(2,2)*PLPOLE(3,2)
   + PLPOLE(2,3)*PLPOLE(3,3)
   SIG1 = ABS(ABS(SIG1)-1,0)
   SIG2 = ABS(ABS(SIG2)-1,0)
   SIG3 = ABS(ABS(SIG3)-1,0)
   IF( SIG1.LT.EPS .OR, SIG2.LT.EPS .OR, SIG3.LT.EPS ) KSIG = 2
   RETURN
   END

```

SUBROUTINE COMPC(SNET,RAKE,Z1,Z2,SSLIP,DSLIP,VSLIP,HSLIP)

```

C *** STRIKE SLIP ***
  SSLIP = SNET * COS(RAKE)
  SSLIP = ABS(SSLIP)
C *** DIP SLIP ***
  DSLIP = SNET * SIN(RAKE)
  DSLIP = ABS(DSLIP)
C *** VERTICAL SLIP ***
  VSLIP = ABS(Z1-Z2)
C *** HORIZONTAL DIP SLIP ***
  VAL = SNET*SNET*(SIN(RAKE)**2)-VSLIP*VSLIP
  HSLIP = 0.
  IF( VAL,GT,0. ) HSLIP = SQRT(VAL)

  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE COMPD(ALFST,AMFST,ANFST,ALFDP,AMFDP,ANFDP,ALP,AMP,ANP,
1 ALJ,AMJ,ANJ,B,D,X2,Y2,
2 ADASH1,ADASH2,VSEP,OSET, OVRLAP,FP1,FP2,AP1,AP2,
3 NFPLN,NSEPST,NSEPD,THROW,SGSEP,HEAVE,NTHROW,
4 NOVEGP,PDIP1,PDIP2,NHEV)
  INTEGER RIVERS,RIGHTL,BLANK
  COMMON /NDIRST/ RIVERS,NORMAL,RIGHTL,LEFTL,BLANK,JNE,JS,JSE,
  * LAP,NGAP, JN,JE
  COMMON /INIT/ DG,RD,PAI,NTANI(3),TANI(3),KTANI,EPS
  DIMENSION NTABL(2,2)
  DIMENSION JTABL(2,2)
  DATA JNW,JW,JSW/2HNW,2HW,2HSW/
  DATA NTABL/4HR-,4HL-,4HL-,4HL- /
  SMALF(Q) = SIGN(AMAX1(ABS(Q),1,E-6),Q)
  ADFST = -ALFST
  DD1 = ALJ*ALP + AMJ*AMP + ANJ*ANP
  AR = B * DD1
  BAIS = AMAT2(AMFST,ALJ,ADFST,AMJ)
  BAIS = SMALF(BAIS)
  X1 = AMAT2(0,AR,ADFST,AMJ) / BAIS
  Y1 = AMAT2(AMFST,ALJ,0,AR) / BAIS
  AS = D * DD1
  X2 = AMAT2(0,AS,ADFST,AMJ) / BAIS
  Y2 = AMAT2(AMFST,ALJ,0,AS) / BAIS

  XX = X2 - X1
  YY = Y2 - Y1

  NSEPST = BLANK
  INDEX = 0
  IF( NFPLN,EQ,JNW,OR,NFPLN,EQ,JW,OR,
  + NFPLN,EQ,JSW ) INDEX = 1
  IF( NFPLN,EQ,JNE,OR,NFPLN,EQ,JE,OR,
  + NFPLN,EQ,JSE ) INDEX = 2
  IF( YY ) 1,2,1

1 CONTINUE
  IF( INDEX,EQ,0 ) GOTO 5
  MIDEX = 1
  IF( YY,GT,0. ) MIDEX = 2
  NSEPST = NTABL(INDEX,MIDEX)
  GOTO 5

2 CONTINUE
  IF( XX,GT,0. ,AND, NFPLN,EQ,JN ) NSEPST = LEFTL
  IF( XX,GT,0. ,AND, NFPLN,EQ,JS ) NSEPST = RIGHTL
  IF( XX,LT,0. ,AND, NFPLN,EQ,JN ) NSEPST = RIGHTL
  IF( XX,LT,0. ,AND, NFPLN,EQ,JS ) NSEPST = LEFTL

5 CONTINUE
  IF( ABS(FP2).GT,EPS ) GOTO 7
  NSEPST = RIGHTL

  IF( XX,GT,0. ) NSEPST = LEFTL

7 CONTINUE
  IF( ABS(FP2-90.),LT,EPS ) NSEPST = BLANK
C *** DIRECTION COSINE ***
  ADASH1 = SQRT(XX*XX+YY*YY)
  ADASH1 = SMALF(ADASH1)
  XA1 = XX / ADASH1
  YA1 = YY / ADASH1

```

```

C *** B-PLANE DIP SEPARATION
AVFDP = - ALFDP
AZFDP = - AMFDP
BAIS = AMAT3(ANFDP,0.,ALJ,0.,ANFDP,AMJ,AVFDP,AZFDP,ANJ)
BAIS = SMALF(BAIS)
XX1 = AMAT3(0.,0.,AR,0.,ANFDP,AMJ,AVFDP,AZFDP,ANJ) / BAIS
YY1 = AMAT3(ANFDP,0.,ALJ,0.,0.,AR,AVFDP,AZFDP,ANJ) / BAIS
ZZ1 = AMAT3(ANFDP,0.,ALJ,0.,ANFDP,AMJ,0.,0.,AR) / BAIS
XX2 = AMAT3(0.,0.,AS,0.,ANFDP,AMJ,AVFDP,AZFDP,ANJ) / BAIS
YY2 = AMAT3(ANFDP,0.,ALJ,0.,0.,AS,AVFDP,AZFDP,ANJ) / BAIS
ZZ2 = AMAT3(ANFDP,0.,ALJ,0.,ANFDP,AMJ,0.,0.,AS) / BAIS

XX = XX2 - XX1
YY = YY2 - YY1
ZZ = ZZ2 - ZZ1
ADASH2 = SQRT(XX*XX+YY*YY+ZZ*ZZ)

NSEPDP = BLANK
IF( ZZ,GT,0. ) NSEPDP = NORMAL
IF( ZZ,LT,0. ) NSEPDP = RIVERS

C *** VERTICAL SEPARATION , OFFSET , OVERLAP GAP ***
S90 = (90. - FP2) * RD
ALGAM = (AP1-FP1) * RD
THROW = ADASH2 * SIN(S90)
OSET = ADASH1 * ABS(SIN(ALGAM))
OVR LAP = ADASH1 * ABS(COS(ALGAM))
PH90 = (90. - AP2) * RD
SGSEP = OSET * SIN(PH90)
VSEP = (D-R) * DD1 / SMALF(ANJ)
VSEP = ABS(VSEP)
HEAVE = SQRT(ADASH2*ADASH2 - THROW*THROW)

NTHROW = NSEPDP
NHEV = BLANK
IF( NTHROW,EQ,NORMAL ) NHEV = NGAP
IF( NTHROW,EQ,RIVERS ) NHEV = LAP

C *** MARK PLANE DIRECTION COSINE ***
A1 = AP1 - 90.
IF( A1,LT,0. ) A1 = A1 + 360.
A2 = ABS(PDIP1 - A1)
IF( A2,LE,90. ) GOTO 6

A1 = AP1 + 90.

IF( A1,GT,360. ) A1 = A1 - 360.

6 A1 = A1 * RD
XASIN = SIN(A1)
YACOS = COS(A1)
VALUE = XASIN*XA1 + YACOS*YA1
NOVEGP = BLANK
IF( VALUE,GT,0. ) NOVEGP = LAP
IF( VALUE,LT,0. ) NOVEGP = NGAP

AP1RD = AP1 * RD
FP1RD = FP1 * RD
FX = COS(FP1RD)
FY = SIN(FP1RD)
AX = COS(AP1RD)
AY = SIN(AP1RD)
IF( ABS(ABS(FX*AX+FY*AY)-1,0),LT,EPS ) SGSEP = VSEP*COS(PH90)
IF( ABS(ABS(AP2)-90.),LT,EPS ) SGSEP = VSEP

RETURN
END

SUBROUTINE INPUTB
COMMON /NPRINT/ NPLANE(4,4),NA,NB,NAB,NRAKE
COMMON /INIT/ DG,RD,PAI,NTANI(3),TANI(3),KTANI,EPS
COMMON /LUN/ LR,LW
COMMON /NCOMP/ PLPOLE(4,3),A,B,D,RAKE,POLE(4,2)
INTEGER BDATA,DDATA
DIMENSION ADATA(3),BDATA(3),CDATA(3),DDATA(3)
READ(LR,1000) ((ADATA(I),BDATA(I),CDATA(I),DDATA(I)),I=1,3),
* A,KUN,PP
1000 FORMAT(5(2X,F2,0,A2,F2,0,A2),F8,0,A2,F10.0)
C *** INPUT UNIT CHECK ***
DO 10 I=1,3
IF( KUN,NE,NTANI(I) ) GOTO 10
KTANI = I
A = A * TANI(I)
10 CONTINUE
NA = A / TANI(KTANI) + 0.5
IF( A,LT,0. ) NA = NA - 1
RAKE = PP * RD

DO 11 I=1,4
K = I
IF( I,EQ,3 ) GOTO 11
IF( I,EQ,4 ) K = I - 1

NPLANE(1,I) = ADATA(K) + 0.5
NPLANE(2,I) = BDATA(K)
NPLANE(3,I) = CDATA(K) + 0.5
NPLANE(4,I) = DDATA(K)

CALL CONV(ADATA(K),CDATA(K),BDATA(K),DDATA(K))

POLE(1,1) = ADATA(K)
POLE(1,2) = CDATA(K)

11 CALL UNITAR(ADATA(K),CDATA(K),PLPOLE(1,1),PLPOLE(1,2),PLPOLE(1,3))
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE COMPB(KSIG)
INTEGER RIVERS,RIGHTL,BLANK
COMMON /NDIRST/ RIVERS,NORMAL,RIGHTL,LEFTL,BLANK,JNE,JS,JSF,
* COMMON /NCOMP/ LAP,NGAP,JN,JE
COMMON /NCOMP/ MDIP1,MDIP2,MDIP3,NSEPSA,NSEPSA,THROWA,SGSEPA,
1 HEAVEA,NTHRWA,NOVEGA,NSEPSB,NSEPSB,THROWB,SGSEPB,
2 HEAVEB,NTHRWB,NOVEGB,NABSEP,NHEVA,NHEVB,MDIP4
COMMON /NCOMP/ PLPOLE(4,3),A,B,D,RAKE,POLE(4,2)
COMMON /INIT/ DG,RD,PAI,NTANI(3),TANI(3),KTANI,EPS
COMMON /NCOMP/ SNET,SSLIP,DSLIP,VSLIP,HSLIP,POLENX,POLENY,
1 POLE1,POLE2,NSTR,NDIP,ADASH1,ADASH2,VSEP,ASET,
2 OVRAP,BDASH1,BDASH2,VSEPB,ASETB,OVRAPB,XAB
COMMON /NPRINT/ NPLANE(4,4),NA,NB,NAB,NRAKE,NTITL(20)
DIMENSION WORK(3,2)
DATA IW,INS,I EW/4HW ,4HNS ,4HEW /
SMALF(Q) = SIGN(AMAX1(ABS(Q),1,E-6),Q)
C *** F-PLANE, D-PLANE NO KOUSEN UNIT VECTOR (ALP,AMP,ANP) ***
ALP = PLPOLE(1,2)*PLPOLE(4,3) - PLPOLE(1,3)*PLPOLE(4,2)
AMP = PLPOLE(1,3)*PLPOLE(4,1) - PLPOLE(4,3)*PLPOLE(1,1)
ANP = PLPOLE(1,1)*PLPOLE(4,2) - PLPOLE(4,1)*PLPOLE(1,2)
BAIS = SQRT(ALP*ALP+AMP*AMP+ANP*ANP)
BAIS = SMALF(BAIS)
ALP = ALP / BAIS
AMP = AMP / BAIS
ANP = ANP / BAIS
IF( ANP,LT.0. ) GOTO 2
IF( ANP,EQ.0.,AND,ALP,LT.0. ) GOTO 2
IF( ANP,EQ.0.,AND,ALP,EQ.0.,AND,AMP,LT.0. ) GOTO 2
GOTO 3
2 ALP = -ALP
AMP = -AMP
ANP = -ANP
3 CONTINUE
C *** FAULT-PLANE STRIKE LINE ***
TH = NPLANE(1,1)
NST = NPLANE(2,1)
AST = 90. - TH
IF( NST,EQ,IW ) AST = 90.+TH
IF( NST,EQ,INS ) AST = 90.
IF( NST,EQ,I EW ) AST = 0.
AST = AST * RD
ALFST = COS(AST)
AMFST = SIN(AST)
DD1 = COS(RAKE)
IF( RAKE,EQ,0. ) GOTO 14
IF( AMFST,EQ,0. ) GOTO 10
DDA = DD1 / AMFST
DDB = ALFST / AMFST
IF( PLPOLE(1,3),EQ,0. ) GOTO 11
DDC = -DDA * PLPOLE(1,2) / PLPOLE(1,3)
DDD = (PLPOLE(1,2)*ALFST/AMFST-PLPOLE(1,1))/PLPOLE(1,3)

```

```

CDAB = DDA*DDB - DDC*DDD
BD12 = 1.+ DDB*DDB + DDC*DDD
AC1 = DDA*DDA + DDC*DDC -1,
DDAS = CDAB*COAR - BD12*AC1
IF( DDAS,LT,0. ) DDAS = 0,
WORK(1,1) = (CDAB-SQRT(DDAS)) / BD12
WORK(2,1) = DDA - DDB*WORK(1,1)
WORK(3,1) = DDC + DDD*WORK(1,1)
WORK(1,2) = (CDAB+SQRT(DDAS)) / BD12
WORK(2,2) = DDA - DDB*WORK(1,2)
WORK(3,2) = DDC + DDD*WORK(1,2)
IF( WORK(3,1),LT,WORK(3,2) ) GOTO 4
DO 5 I=1,3
TRS = WORK(1,1)
WORK(I,1) = WORK(I,2)
5 WORK(I,2) = TRS
4 ALK = WORK(1,1)
AMK = WORK(2,1)
ANK = WORK(3,1)
IF( RAKE,GE,0. ) GOTO 20
ALK = WORK(1,2)
AMK = WORK(2,2)
ANK = WORK(3,2)
GOTO 20
11 DDBDS = PLPOLE(1,2) * DDA
DDADS = PLPOLE(1,2) * DDB - PLPOLE(1,1)
ALK = DDBDS / DDADS
AMK = DDA - ALK * DDB
ANK = -SQRT(1.-AMK*AMK-ALK*ALK)
IF( RAKE,LT,0. ) ANK = -ANK
GOTO 20
10 ALK = DD1
EB = -PLPOLE(1,1)*PLPOLE(1,3)*ALK
EA = PLPOLE(1,2)*PLPOLE(1,2)+PLPOLE(1,3)*PLPOLE(1,3)
ED = EB*EB-EA*(PLPOLE(1,2)*PLPOLE(1,2)*ALK*ALK-1.+
+ PLPOLE(1,1)*PLPOLE(1,1)*ALK*ALK )
EA = SMALF(EA)
ANK = (EB - SQRT(ED)) / EA
IF( RAKE,LT,0. ) ANK = (EB+SQRT(ED))/EA
EDM = PLPOLE(1,3)*ANK + PLPOLE(1,1)*ALK
IF( EDM,EQ,0. ) GOTO 13
AMK = EDM/SMALF(PLPOLE(1,2))
GOTO 20
13 AMK = 0,
GOTO 20
14 ALK = ALFST
AMK = AMFST
ANK = 0,
20 CONTINUE

```

```

C *** A DASH PLANE , (ALK,AMK,ANK) NO CROSSING POINT ***
  AMLK = /ALK
  DD1 = A * (PLPOLE(2,1)*ALP+PLPOLE(2,2)*AMP+PLPOLE(2,3)*ANP)
  AMMK = /AMK
  BAIS = AMAT3(PLPOLE(2,1),AMK,0, ,PLPOLE(2,2),AMLK,ANK,
  * PLPOLE(2,3),0, ,AMMK)
  BAIS = SMALLF(BAIS)
  X1 = AMAT3(DD1,0, ,0, ,PLPOLE(2,2),AMLK,ANK,PLPOLE(2,3),0, ,AMMK)
  * / BAIS
  Y1 = AMAT3(PLPOLE(2,1),AMK,0, ,DD1,0, ,0, ,PLPOLE(2,3),0, ,AMMK)
  * / BAIS
  Z1 = AMAT3(PLPOLE(2,1),AMK,0, ,PLPOLE(2,2),AMLK,ANK,DD1,0, ,0, )
  * / BAIS

  ANETX = X1
  ANETY = Y1
  ANETZ = Z1
  SNET = SQRT(ANETX*ANETX+ANETY*ANETY+ANETZ*ANETZ)
  SNET = SMALLF(SNET)
  ANETX = ANETX / SNET
  ANETY = ANETY / SNET
  ANETZ = ANETZ / SNET
  IF( ANETZ*RAKE.GT.0. ) KSIG = 1

  CALL SLIPDR(ANETX,ANETY,ANETZ,MDIP1,MDIP2,MDIP3,MDIP4,NPLANE(4,1),
  * RAKE)
  CALL POLEUV(ANETX,ANETY,ANETZ,POLENX,POLENY)
  POLE1 = POLENX
  POLE2 = POLENY
  PDIP1 = POLE(1,1) + 180.
  IF( PDIP1.GT.360. ) PDIP1 = PDIP1 - 360.
  PDIP2 = 90. - POLE(1,2)
  IF( ABS(PDIP2).LT.EPS ) KSIG = 0
  CALL UNITAR(PDIP1,PDIP2,ALFDP,AMFDP,ANFDP)

  CALL COMPC(SNET,RAKE,Z1,0, ,SSLIP,DSLIP,VSLIP,HSLIP)

C *** A-PLANE
  CALL COMPO(ALFST,AMFST,ANFST,ALFDP,AMFDP,ANFDP,ALP,AMP,ANP,
  1 PLPOLE(2,1),PLPOLE(2,2),PLPOLE(2,3),0, ,A,XB,YB,
  2 ADASH1,ADASH2,VSEP,0SET,DVRLAP,POLE(1,1),POLE(1,2),
  3 POLE(2,1),POLE(2,2),NPLANE(4,1),NSEPSA,NSEPPA,THROWA,
  4 SGSEPA,HEAVEA,NTHRWA,NOVEGA,PDIP1,PDIP2,NHEVA)
  CALL STRDIP(POLE1,POLE2,NSTR,NDIP)
  XAB = 0.
  NRAKE = RAKE * DG + 0.5
  IF( RAKE.LT.-0.5 ) NRAKE = NRAKE - 1
  SIG1 = PLPOLE(1,1)*PLPOLE(2,1)+PLPOLE(1,2)*PLPOLE(2,2)
  * + PLPOLE(1,3)*PLPOLE(2,3)
  SIG1 = ABS(ABS(SIG1)-1,0)
  IF( SIG1.LT.EPS ) KSIG = 2
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE SLIPDR(AL,AM,AN,MSSLIP,MDSLIP,MVSLIP,MHSLIP,NFDIP,RAKE)
  INTEGER RIVERS,RIGHTL,BLANK
  COMMON /NDIRST/ RIVERS,NORMAL,RIGHTL,LEFTL,BLANK,JNE,JS,JSE,
  * LAP,NGAP,JN,JE
  COMMON /INIT/ DG,RD,PAI,NTANI(3),TANI(3),KTANI,EPS
  COMMON /NPRINT/ NPLANE(4,4),NA,NB,NAB,NRAKE,NTITL(20)
  DIMENSION NLTRL(2,2),NRTRL(2,2)
  DATA IW,INS/4HW ,4HNS /,NRTRL/4HD- ,4HS- ,4HS- ,4HD- /
  DATA NLTRL/4HD- ,4HS- ,4HS- ,4HD- /

C *** REVERSE OR NORMAL ***
  NPO = NPLANE(3,1)

  IF( ABS(AN).LT.EPS ) AN = 0,
  IF( AN ) 1,2,3
  1 MDSLIP = RIVERS
  MVSLIP = RIVERS
  MHSLIP = LAP
  GOTO 5

  2 MDSLIP = BLANK
  MVSLIP = BLANK
  MHSLIP = BLANK
  GOTO 5

  3 MDSLIP = NORMAL
  MVSLIP = NORMAL
  MHSLIP = NGAP

  5 CONTINUE
  RA = ABS(RAKE*DG)

C*****RIGHT OR LEFT LATERAL ***
  INDEX = 2
  IF( NFDIP,EQ,JNE,OR,NFDIP,EQ,JSE
  +,OR,NFDIP,EQ,JS ,OR,NFDIP,EQ,JE ) INDEX = 1
  MINDX = 1
  IF( RA,GT,90. ) MINDX = 2
  MSSLIP = NLTRL(INDEX,MINDX)
  IF( NPO,NE,90 ) GOTO 6
  INDEX = 2
  IF( NPLANE(2,1),EQ,IW,OR,NPLANE(2,1),EQ,INS ) INDEX = 1
  MSSLIP = NRTRL(INDEX,MINDX)

  6 CONTINUE
  IF( ABS(RA-90,).LT.EPS ) MSSLIP = BLANK
  RETURN
  END

```