

岐阜県美濃帯に見られる褶曲構造の解析

青 野 宏 美

Structural Analysis of Folds observed in the Mino Terrane, Gifu Prefecture

Hiromi AONO

Abstract

It is clearly found out that the present topography is strongly controlled by its geological structure, making use of “Google Earth” as an internet tool. Especially, the topography around Kakamigahara City in Gifu Prefecture reflects its geological structure, which is mainly made of chert beds in the “Sakahogi Syncline”. The bedded chert layers form a synclinal structure opening to west with “U” shape, and its axis gently plunges about 20 ° to 30 ° to the west. The westward inclination of crust in the Mino Terrane had already begun before the tilting movement under the “Noubi Plain” in central Japan occurred since the Miocene in Cenozoic.

The lineaments of deformed structures observed in the “Kamiaso Conglomerate” strata could be restored using the plunge angle of the “Sakahogi Syncline”. As a result, it is estimated that the paleo-slope in Jurassic time was elongated from NE or ENE to SW or WSW direction and also the sediments including the oldest conglomerate in Japan flowed into the southwestward on the slope. It is necessary that the direction of the sole marks under the turbidite beds should be investigated and restored using the plunge angle of the syncline.

Key words

Gifu Prefecture, Kakamigahara City, Mino Terrane, bedded chert, structural analysis, tilting movement

1. は じ め に

岐阜県的美濃帯には、中・古生界の石灰岩、チャート、礫岩、砂岩泥岩互層などから成る堆積岩が分布し（写真1）、西に傾いた軸をもつ褶曲構造が見られる（地質図幅「岐阜県」、1970）。特に、各務原市から可児市にかけての木曾川沿い（図1）には、中生代の堆積岩層が折り重なって西に開いたU字形に分布している（地質図幅「岐阜」1/5万、1999）。この西にブランチする褶曲軸をもつ褶曲構造（写真2）は「坂祝向斜」と呼ばれ、褶曲軸がブランチする角度は明らかではないが、地質図幅から幾何学的に褶曲軸のブランチの角度を推定することができる。美濃帯のチャート層中に見られる小褶曲に着目し、露頭で観察される小褶曲構造から、大褶曲の褶曲軸のブランチの角度を推定しうるか否かを検討した。

また濃尾平野には、東は基盤の花崗岩類が分布する愛知県猿投山塊から西の中古生界から成る



図1．岐阜県各務ヶ原市に分布するチャート層の位置

構造の解析やスランプ褶曲の構造解析により、当時の古斜面の方向を推定するためには、この地層が露出する「下之保向斜」の褶曲軸の傾きの角度で補正して、その方位を復元する必要がある、現在露出しているリニアメントの方向がそのままの方位とはならない。そこで、この向斜軸のプランジの角度を「坂祝向斜」とほぼ同じであると仮定して小断層の伸張方向やスランプ褶曲軸の方向を補正して古斜面の方向を推定した。

岐阜・三重県の養老山地にかけて西に緩やかに傾く「濃尾傾動盆地」が形成され、新生代の新第三紀から現在までその傾動運動が続いているとされる（桑原，1975）。新生代の傾動によって美濃帯の傾斜褶曲が説明できるか否かを検討した。

「坂祝向斜」のさらに北側に同程度の規模の「下之保向斜」と呼ばれる向斜構造があり、日本最古の礫岩層で有名な「上麻生礫岩」層がある（Adachi, 1971）。「上麻生礫岩」を含む露頭には、細かい堆積構造やスランプによる共役小断層や小褶曲が観察され、「上麻生礫岩」が堆積した当時の堆積環境やその後の地殻変動を推定する材料となりうる（青野，2006）。「上麻生礫岩」層中に見られる小断層

2．各務ヶ原市周辺のチャート層に見られる褶曲構造

2 1．大褶曲構造

岐阜県的美濃帯に分布する堆積岩の層理面は、高角度に急傾斜し、または逆転している場所もある。岐阜県の地質図に見られるように西にU字形に開いた地層の地表面での分布の挟角と層理面の傾斜角から、理論上この褶曲軸は高角度に傾斜し（図2）、美濃帯の分布する地殻が高角度に傾動することになるので現実的ではない。図2のステレオグラフに示すように、向斜北翼の地層の走行傾斜をN70°W80°S、南翼の地層の走行傾斜をN70°E80°Nとすると、向斜軸のプランジは、W64°となり西へ60°以上の急傾斜角を示すことになる。このことは、露頭で観察される地層面の傾斜がそのまま大褶曲構造の翼部の傾斜を示さないことを意

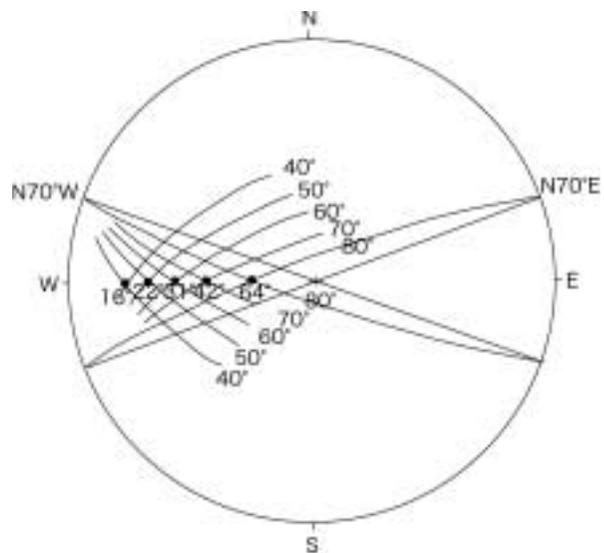


図2．岐阜県各務ヶ原市に見られるチャート層の褶曲（坂祝向斜）の翼部に相当する地層面の走行傾斜。大円の交点は褶曲軸のプランジの角度を示す（ステレオネット下半球投影）

味する。したがって、この地層面は、より小さい褶曲の翼部を示しているものであり、より小さい褶曲構造の褶曲波面が円筒状褶曲を成し(図3)、緩やかに西に傾いた褶曲軸をもつと考えるのが妥当である。仮に図3に見られるように褶曲波面の傾斜角が50°~60°であれば、向斜軸の西へのプランジの角度は、図2のステレオグラフより22~31°でよい。

地質図幅を用いて、向斜や背斜軸部付近の地層の見かけの厚さと、翼部付近の地層の見かけの厚さとの比から、褶曲軸のプランジの角度を推定することができる(図4)。曲げ褶曲の場合は、一般的に褶曲軸部付近が厚くなる傾向があるが、図幅の断面図では褶曲は円筒状褶曲に近く、特に褶曲軸部が厚くなっているわけではないので、軸部における厚みの変形は無視してもよい。試みに、「信濃池田地域の地質」図幅(1983)から、北へプランジする向斜軸の傾きを求めると、約31°となり(図5)、向斜軸部近辺に見られる地層の傾斜角度28~35°とほぼ一致する。同様にして、各務ヶ原市に分布するチャート層の西に傾く褶曲軸のプランジの角度を単純な三角関数の計算によって求めた。この結果、「坂祝向斜」の褶曲軸のプランジの角度は約30°(図6)、その北に隣接する背斜軸のプランジの角度は約20°(図7)となり、褶曲軸のプランジの角度は、高角度ではなく、西へ約20°~30°で緩やかに傾斜している。また1/25万の岐阜の地形図

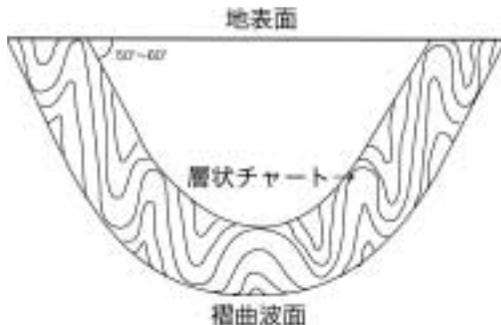


図3 . 小褶曲を連ねた褶曲波面の推定断面図。地表面との傾斜角度を50°~60°とすると、図2から褶曲軸のプランジの角度は、西へ22°~31°となる。

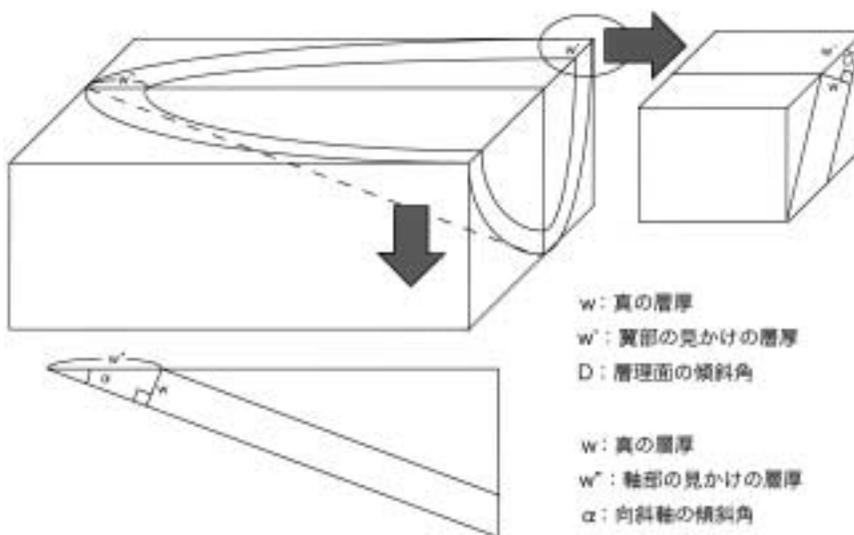


図4 . 見かけの地層の厚さから褶曲軸のプランジの角度を求める方法。

$$\sin D = w/w' \quad \text{なので, } w = w' \times \sin D \dots$$

$$\sin \alpha = w/w' \quad \text{なので, } w = w' \times \sin \alpha \dots$$

とより、 $\sin \alpha = w/w' \times \sin D$

よって $\alpha = \sin^{-1} (w/w' \times \sin D)$

($D = 90^\circ$ ならば、 $\alpha = \sin^{-1} (w/w')$ となる)

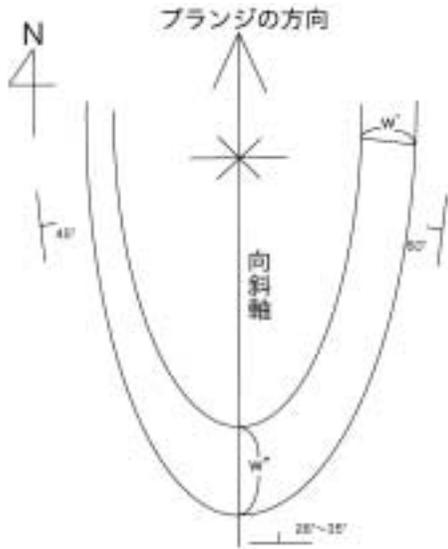


図5．信濃池田地域における北にブランチする向斜軸のブランチ角の推定。

$$w' = 600 \text{ m}, w'' = 950 \text{ m}, w = 600 \times \sin 60^\circ,$$

$$\sin \alpha = w/w'' = 0.547,$$

よって $\alpha = 31.3^\circ$

(国土地理院, 2003) からこの褶曲軸のブランチの角度を読みとることもできる。持田町北山でのチャート層の垂直高度差を200m, 水平距離を500mと見積もり, そのブランチの角度 α を計算すると, $\alpha = \tan^{-1}(200/500) = 21.8^\circ$ となり, 上述の値を指示する。

2.2. 小褶曲構造

次に, 木曽川沿いに分布するチャート層に見られる小褶曲の形状を観察した(写真3~5)。一般的に, 曲げ褶曲に伴う小褶曲はドラッグ褶曲であり, 大褶曲に調和的に配列していると考えられている(吉田・木村, 1974)。また, 美濃帯のチャート中の褶曲は海洋プレートの沈み込みに伴い, 陸側の付加帯で形成され, 沈み込むプレートの剪断応力によるドラッグ褶曲が主であると論じられ(Otsuka, 1989), 東側から見た断面で, チャート層の褶曲の形状が「S」字型の方が圧倒的に多いとされている。しかし, 実際の露頭で観察されるこれ

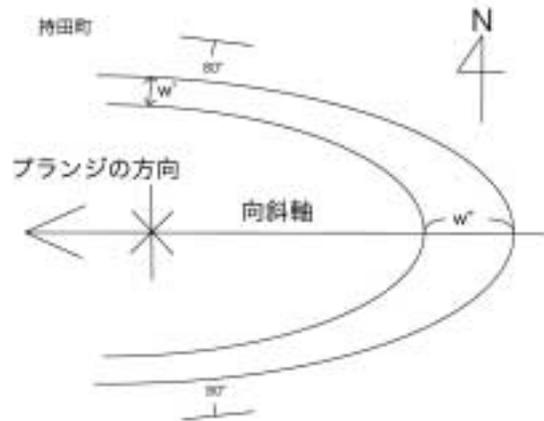


図6．岐阜県各務ヶ原市持田町における西にブランチする「坂祝向斜」軸のブランチ角の推定。

$$w' = 550 \text{ m}, w'' = 1050 \text{ m}, w = 550 \times \sin 80^\circ,$$

$$\sin \alpha = w/w'' = 0.516, \text{ よって } \alpha = 29.6^\circ$$

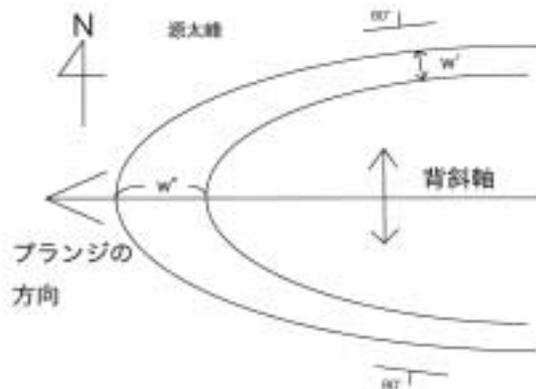


図7．岐阜県各務ヶ原市源太峰における西にブランチする背斜軸のブランチ角の推定。

$$w' = 300 \text{ m}, w'' = 850 \text{ m}, w = 300 \times \sin 80^\circ,$$

$$\sin \alpha = w/w'' = 0.348, \text{ よって } \alpha = 19.9^\circ$$

らのチャート層中の小褶曲の軸方向は、大褶曲軸の方向と必ずしも調和的であるとはいえず(写真4),またスランプ褶曲のように乱雑な形態と不規則な層厚の変化を示すチャート層(写真5)も多い。これらのチャート層中に見られるS字型, Z字型, スランプ型の小褶曲軸をステレオネットにプロットしてみると(図8), 2-1で述べた大構造に見られるE-W方向で緩く西にプランジする褶曲軸の方向とは調和的でないものもあるので, 大褶曲の構造を推定するのにチャート層中に見られる小褶曲をむやみに用いるのは注意を要する。

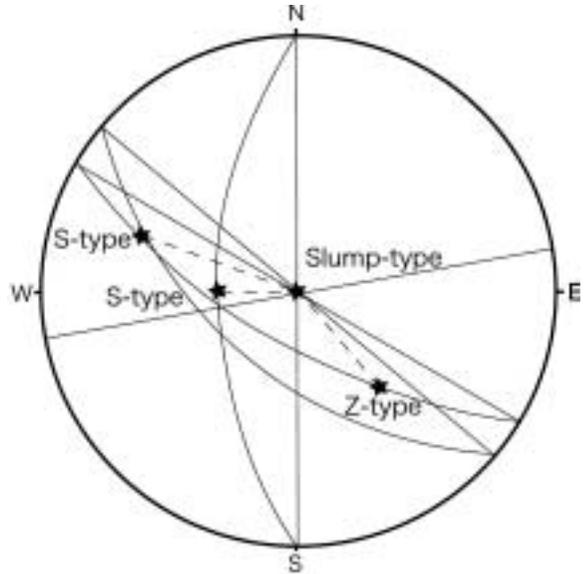


図8. 岐阜県各務ヶ原市の木曾川沿いに見られるチャート層中の小褶曲軸の方位(ステレオネット下半球投影)。S字型, Z字型, スランプ型に共通性は見られず, E-W方向で西に緩くプランジする褶曲軸をもつ大褶曲構造の方向と比べて, それぞれ調和的ではない。

3. 新生代の濃尾平野の傾動運動と傾動盆地

岐阜県の中・古生界から成る美濃帯に見られるチャート層の傾動褶曲構造と濃尾平野の傾動運動との関連について検討

した。濃尾平野は, 新第三紀中新世以降の基盤の傾動運動の結果生じた西に傾く基盤岩を埋積してできた傾動盆地であり, 養老山地東縁にある逆断層(養老-伊勢湾断層)によって境される(図9)。この逆断層による落差は, 現在約2800 mに達しており, 削剥された量も考えると3000 mをゆうに超えていたと思われる。この逆断層によって約1500万年間に約3000 m 養老山地が隆起

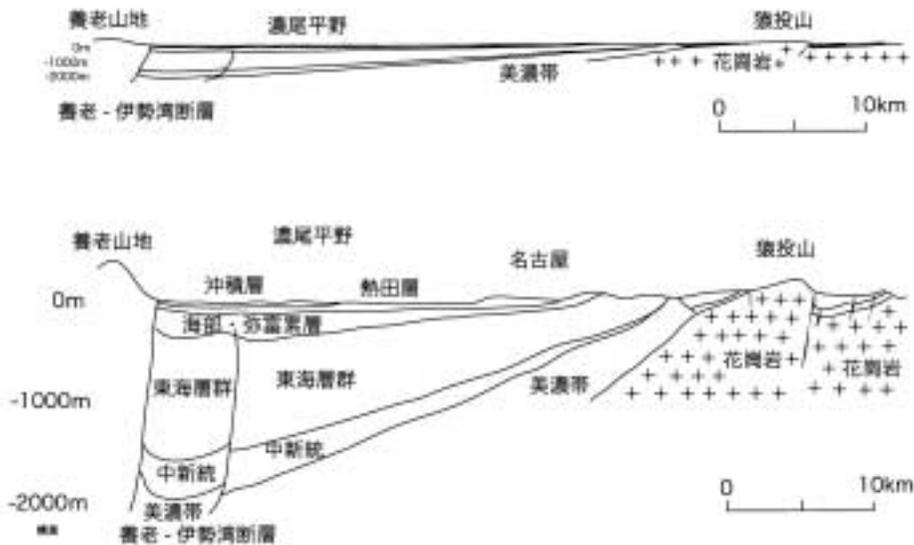


図9. 桑原(1975)を基に作図した濃尾平野の傾動運動と傾動盆地。(上)縦横比1:1に改変, 基の図(下)では, 縦横比は垂直方向に誇張している。

したと考えると、年間平均上昇率は約0.2 mm となる。図9の下の図を見ると、濃尾平野はかなり傾斜しているように見えるが、これは縦方向の縮尺を誇張して描かれているためであり、図9の上の図のように縦横方向を1:1に描き直してみると、実際は、かなり緩い傾斜角であることがわかる。西の養老山地から東の猿投山塊までの水平距離を約35 km、養老山地の垂直上昇距離を約3 km として、濃尾平野の傾斜角度を求めると、わずか約5°にすぎない結果となる。したがって、この中新世以降の濃尾傾動運動の傾斜角のみで美濃帯の傾斜褶曲構造を示す20°~30°の傾斜角を説明することはできない。つまり、岐阜県に分布する美濃帯に見られる西に約20°~30°傾く大褶曲構造は、中新世以前には、すでに生じていたと考えるべきである。

4. 「上麻生礫岩」層に見られる小変形構造の復元

4.1. リニアメントの復元方法

日本最古の礫岩を含む「上麻生礫岩」を挟んで上下にある砂岩泥岩互層中には、さまざまな堆積構造や堆積後の小変形構造が観察できる(青野, 2006)。例えば、地層の上下判定に有効なタービダイト中の級化層理や斜交層理、火炎構造あるいは荷重痕などがある。砂岩泥岩互層の下面には、ソールマークであるグループキャストやフルートマークが見られることもあり、これらの方位から礫岩などの碎屑物は北方からもたらされたと考えられた(Adachi, 1971)。堆積直後で未固結状態の変形構造として、スランプ礫岩層(写真6)、共役正断層(写真7)、スランプ褶曲(写真8)などが観察される。これらのリニアメント(線構造)を堆積当時の位置に復元するためには、2回のステップを踏んで、復元する必要がある(図10)。まず、リニアメントを乗せた層理面を復元するために、傾いた褶曲軸を水平になるまで褶曲全体を回転する。このとき、層理面はリニアメントをのせたまま回転する。次に、褶曲の翼部に当たる地層面を走行を軸として水平になるまでリニアメントと共に回転する。この復元では、向斜の西へのプランジの角度を「坂祝向斜」とほぼ同じ20°であると仮定してリニアメントを補正・復元して、堆積当時の古斜面の方向と碎屑物の流下方向を推定した。

4.2. 共役正断層の復元

共役正断層(写真7)は、砂岩泥岩互層中に見られ、走行方向に地層が引き伸ばされた結果生じたものである。これらの小断層は写真7に見られるように上位の地層には影響を及ぼしておらず、地層の堆積直後で固結する前に形成されたことがわかる。これらの共役小断層セットの方位を測定し、現在(見かけ)

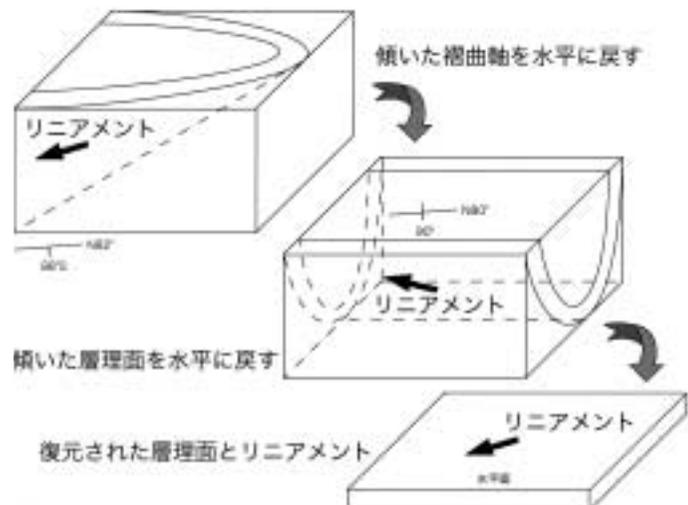


図10. プランジした褶曲構造の層理面上にあるリニアメントの復元方法
まず、プランジした褶曲軸が水平になるまで褶曲全体を回転する。次に、回転した地層面の走行を軸に、傾いた層理面が水平になるまで回転して、リニアメントの堆積当時の方位を2段階で復元する。

の主圧縮応力軸の方位 ($\sigma_1 \sim \sigma_3$) を求め、その堆積当時の方位を復元した (図11)。現在の最小主圧縮応力軸 σ_3 の方向は、西 (E W 方向) を向いているが、復元の結果 σ_3 の方向は、N 50° E (4°) となり、北東 南西方向に地層が引き伸ばされた結果、共役正断層セットが生じたと考えられる。

4 3 . スランプ褶曲の復元

スランプ褶曲は、「上麻生礫岩」層の下位にも上位にも見られ、不安定な斜面上に乱泥流堆積物や礫岩を含む海底土石流などが流れ下って堆積したことを示す。スランプ褶曲軸の方位を測定することにより、当時の古斜面の方向を共役正断層とは別な方法で推定することができる。現在のスランプ褶曲軸の方位は S 70° E (44°) であるが、復元の結果、N 11° W (20°) となり (図12)、スランプ褶曲のドラッグの形態から考えると重力によるスランプが当時の斜面に沿って東北東から西南西へ向かって生じたことが推定され、4 2 で述べた古斜面の方向とほぼ同じである。

5 . お わ り に

インターネットの衛星画像の閲覧用ソフトであるグーグルアースを用いると、現在見られる地表の地形が、地質構造に強く支配されていることを明瞭にかつ簡単に観察できる時代となった。特に、岐阜県各務ヶ原市から可児市にかけての木曾川沿いに分布するチャート層の織り成す地形 (写真2) は見事に、その地質構造を反映している。この地域では、西に「U字」に開いた分布を示すチャート層が西に緩くブランチする向斜構造を呈している。この褶曲構造のブランチの角度は、露頭の地層面の傾斜角度から考えると高角度であると思われるが、実際は西に約20°~30°と緩やかに傾いていることが明らかとなった。この西への傾動運動は、新生代の新第三紀に始まる濃尾平野の傾動運動量 (約5°) だけでは説明できず、中新世以前にすでに生じていたと考えられる。この「坂祝向斜」のブランチの角度を基にして、「上麻生礫岩」層に見られる変形構造を堆積当時の方位に復元することができる。その結果、日本最古の礫岩を運んで来た方向は、真北というよ

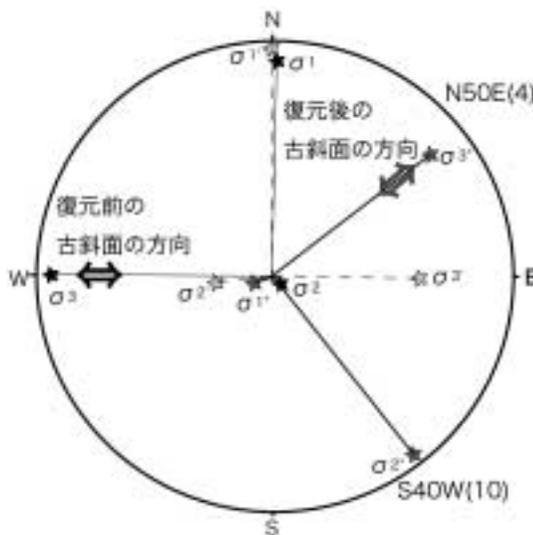


図11. 共役正断層セットの復元 (ステレオネット下半球投影)。復元の結果、最小主圧縮応力軸 σ_3 の堆積当時の方向は古斜面の方向である NE SW 方向を示す。

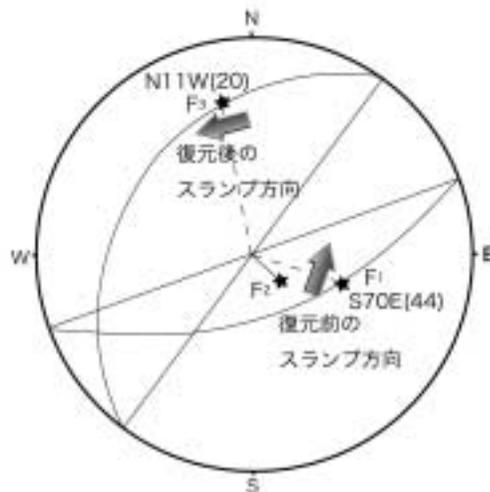


図12. スランプ褶曲の復元 (ステレオネット下半球投影)。復元の結果、重力によるスランプは、図11の古斜面の方向とほぼ同じ ENE から WSW 方向に生じた。

りは、やや東よりの北東ないし東北東から南西ないし西南西方向へ古斜面が延び、その下方に碎屑物が流下したことが推定される。今後は、タービダイトの流下方向を示すソールマークなどのリニアメントの方位も同様に復元して検証する必要がある。

謝 辞

岐阜聖徳学園大学教育学部名誉教授である榊原雄太郎先生には、本論文を執筆するに当たり多大なご教示を賜りましたので、ここに深謝いたします。

文 献

Adachi, M.(1971) Permian intraformational conglomerate at Kamiaso, Gifu Prefecture, central Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*, Vol. 77(8), p. 471-482.

青野宏美 (2006) : 美濃帯の「上麻生礫岩」層に見られる堆積構造, 岐阜聖徳学園大学紀要, 第45集, p. 1-8.

国土地理院 (2003) : 数値地図25000 (地図画像) 岐阜

桑原徹 (1975), 濃尾傾動盆地と濃尾平野, URBAN KUBOTA, No. 11, p. 18-25.

Otsuka, T.(1989) Mesoscopic folds of chert in Triassic-Jurassic chert-clastics in the Mino Terrane, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, Vol. 95, p. 97-111.

通産省工業技術院地質調査所 (監修) (1970), 地質図幅「岐阜県」1/15万

通産省工業技術院地質調査所 (1983), 地質図幅「信濃池田地域」1/5万

通産省工業技術院地質調査所 (1999), 地質図幅「岐阜」1/5万

吉田鎮男・木村敏雄 (1974), 秩父「古生層」, 科学, Vol. 44(12), p. 747-754.

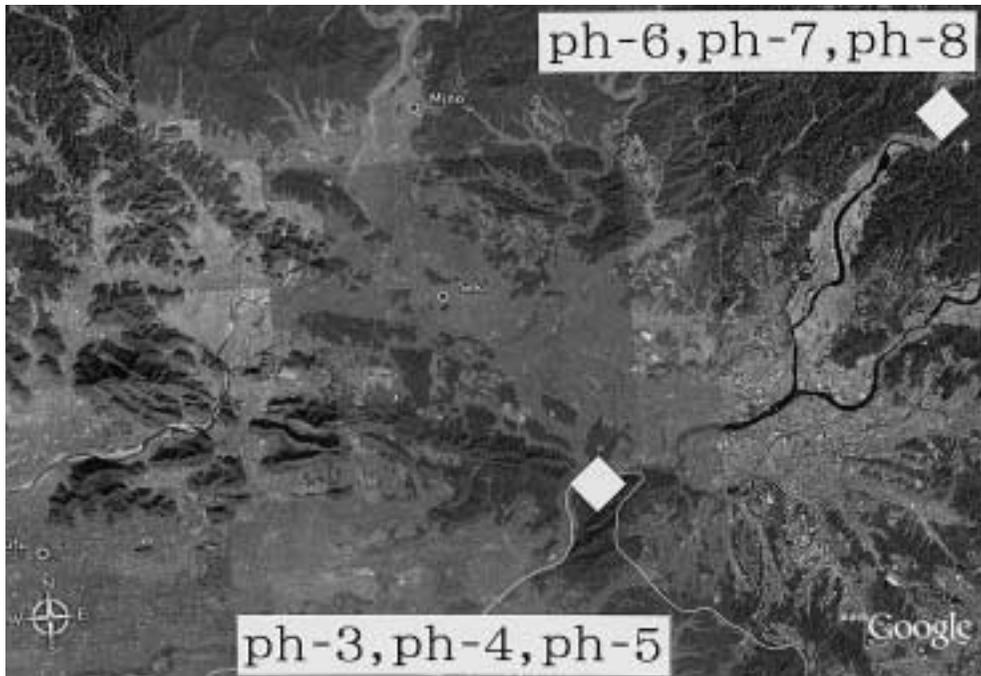


写真 1 : 岐阜県, 木曾川・飛騨川沿いの衛星写真 (Google Earth 使用)

ph 3 , ph 4 , ph 5 : 木曾川に露出するチャート層の写真の位置 ,

ph 6 , ph 7 , ph 8 : 飛騨川沿いに露出する「上麻生礫岩」層に見られる変形構造の写真の位置を示す。



写真 2 : 岐阜県, 各務ヶ原市の木曾川沿いに分布するチャート層。

西に緩くプランジした「坂祝向斜」の地形を示す衛星写真 (Google Earth 使用)



写真3：岐阜県各務ヶ原市の木曾川沿いに露出するチャート層の褶曲（Z字型）。SE方向にプランジしている（写真1のph 3）。



写真4：岐阜県各務ヶ原市の木曾川沿いに露出するチャート層の褶曲。ほぼ垂直の褶曲軸と褶曲軸面をもつ（写真1のph 4）。



写真5：岐阜県各務ヶ原市の木曾川沿いに露出するチャート層の褶曲（スランプ型）。チャート層の層厚が不規則であり、褶曲の形状も乱雑である（写真1のph 5）。



写真6：岐阜県加茂郡七宗町の飛騨川沿いに露出するスランプ礫岩層。「上麻生礫岩」層の上位の含礫泥岩中に変形した砂泥互層が見られる（写真1のph 6）。



写真7：岐阜県加茂郡七宗町の飛騨川沿いに露出する砂泥互層中に見られる共役正断層。走行方向に伸張している（写真1のph 7）。



写真8：岐阜県加茂郡七宗町の飛騨川沿いに露出する砂泥互層中に見られるスランプ褶曲（写真1のph 8）。