

# 岐阜県美濃帯に分布するチャート層に見られる オリオリ褶曲と“AONOパターン”

青 野 宏 美

## ‘OLI’OLI folds and “AONO pattern” in the chert beds of ‘Mino Terrane’, Gifu Prefecture

Hiromi AONO

### Abstract

Superimposed folds are generally considered to be made by deformation at various stages, but it is pointed out by the author that deformed structures such as folds in chert beds were made by the deformation of ‘OLI’OLI fold (Aono, 2012) at once. Nevertheless, the unique structures observed in the folds of chert beds such as the ‘octopus head pattern’ were not clearly explained in this theory. The deformed pattern concerned with the ‘OLI’OLI folds are newly discovered and named for the “AONO pattern” in this paper. The new deformation pattern involves the sets of longitudinal hexagon in an echelon shape vertical to the compressive axis. According to “AONO pattern”, three anticlines of different direction intersect with at one point (triple junction), and a syncline sandwiched in two anticlines are transformed into an anticline parallel to this syncline of the same direction. It is assumed that ‘OLI’OLI folds concerned with “AONO pattern” should be a possible explanation for the superimposed folds in the chert beds of the Mino Terrane in Gifu prefecture.

### Key words

AONO pattern, ‘OLI’OLI fold, chert beds, Mino Terrane, Gifu Prefecture

### 1. はじめに

岐阜県的美濃帯に見られるチャート層を含む中生層の大構造は、5万分の1の「岐阜」の地質図（工業技術院地質調査所，1999）に見られるように、地質構造が詳細に描かれている。この地質構造は、誰の目にも疑いなく西にプランジした東西方向の褶曲軸をもつ波長数 km の正立褶曲であるとされている。しかし、この地質図を詳細に眺めてみると、いくつかの疑問点があることに気づく。第1点は、この東西方向の褶曲軸が一直線ではなく、ところどころ雁行（エシェロン）状になっている点である。この地質構造は、青野（2010）により褶曲軸面が北に倒れている（北フェルゲンツ）と仮定すると解決できることがわかった。第2点に岐阜県的美濃地方に見られるドーム&ベイズン構造がやはり交互に雁行（エシェロン）状に配列している点である。同様にこの大構造は、青野（2011）のオリオリ褶曲の存在を仮定すれば解決できる。最後に第3点として、大構造の向斜軸（ヒンジ）部に相当する部分のチャート層の分布が東西方向に広がり、地質図上

ではまるで「タコの頭」状に東西方向に広く分布している点があげられる。この構造については、西にブランチした向斜構造があるだけでは説明がつかない。しかし、座屈変形を伴う変形機構による新たな変形構造パターンの発見により、この「タコの頭」状構造を解明することができた。美濃帯におけるチャート層の特徴的な変形構造を解明するための手段と方法を吟味する。

### 2. 紙コップの変形に見られる特徴的な繰り返しパターン

肉薄の円筒状の構造体を上下方向に強く圧縮すると、「吉村パターン」と呼ばれている連続して折り畳まれた菱形のしわ状構造が生じる。モノリザの袖のしわの模様や円筒形をした布地からできているズボンにもこの模様が現れる。この「吉村パターン」に見られる構造は「菱形」が基本であり、缶飲料などの表面構造にも応用されている。しかし、紙コップをゆっくりと上下に圧縮してみると、こうした菱形だけではなく、圧縮方向に対して垂直方向に細長く伸びた「六角形」のしわ状構造が多数現れることが新たにわかった（写真1）。これも吉村パターンの一種と考えられるが、「吉村パターン」では菱形を敷き詰めた形態が主流であるのに対して、新たに発見された変形構造パターンは、圧縮軸に対して垂直な方向に伸びた細長い六角形を敷き詰めた形態をしているので、本論では改めてこの構造配列を「青野パターン」と呼ぶことにする（図1上）。これらの細長い六角形からなる「青野パターン」の特徴は、正六角形であれば「蜂の巣構造」に類似した配列であるが、六角形と菱形が入り混じることもある。この「青野パターン」の一部を拡大すると、3本の背斜が一点で交わって3重点となり、その3重点から1本の背斜と反対方向の延長上に向斜が伸びていることがわかる（図1下）。地質構造においても、この構造が、紙コップに対して1回の上下方向の圧縮によって生じたことから、オリオリ褶曲（青野，2010；2011）と同様に、複数回の異なる次階による変形構造を示すものではなく、たった1回の圧縮作用による座屈変形でも「青野パターン」が生じ得ることを意味している。

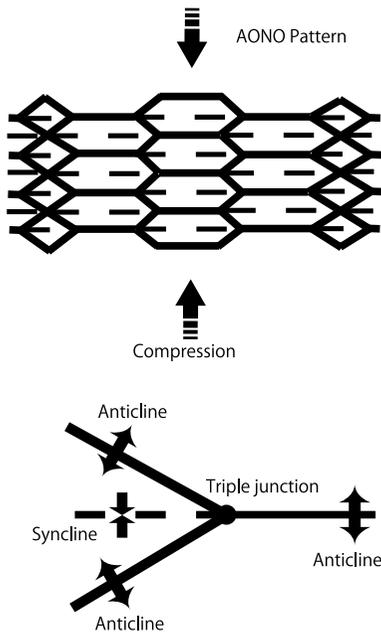


図1：「青野パターン」(上)と三重点付近の拡大図(下)。

### 3. 岐阜県的美濃帯に見られるチャート層の褶曲の特徴

岐阜県的美濃帯に見られるチャート層の褶曲構造は、かつての工業技術院地質調査所によって作成された5万分の1の地質図（工業技術院地質調査所，1964；1984；1991；1992；1994；1995；1999）を並べてつなげ、その全体の構造を俯瞰してみるとよくわかる。大構造として東西方向に伸びた褶曲軸が走り、数km～十数kmオーダーの波長をもった正立褶曲を形成している。岐阜市から各務原市にかけて存在する「坂祝向斜」では、この東西方向の向斜軸は西にブランチしているが、場所によっては東にブランチしているものもあり、すべてが西に傾斜した褶曲軸を持つものではなく、むしろ雁行状に配列したドーム&ベイゼン構造を形成しているようにも見える。これらの褶曲構造は、従来は海洋プレートの沈み込

みに伴う覆瓦構造（例えば、Otsuka, 1989）と解釈されてきたが、本当にそうであろうか？本論の目的は、この疑義に対して問題提起し解決策を見出すことにある。

美濃帯におけるベイズン&ドーム構造では、「吉村パターン」あるいは「青野パターン」が、地質構造の主たる骨格を成すものとすれば、自ずと菱形または東西に細長い六角形を成すベイズンの縁を異なる方向の背斜で囲まれたベイズン&ベイズン構造となるであろう。この構造の天地を逆さまにすれば、菱形または東西に細長い六角形を成すドームの縁を異なる方向の向斜で囲まれたドーム&ドーム構造となる。また、このような「青野パターン」による屈曲変形を伴う褶曲構造は、その下限を滑り面（デコルマ）で基盤岩と境されたシート状の岩体が横方向からの圧力によって受けた変形構造であると解釈できる。つまり、この地域で見られる地質構造は、海洋プレートのサブダクションによる逆断層を伴う「デュプレックス構造」ではなく、ヨーロッパアルプスのジュラ山脈や北米東岸のアパラチア山脈などの変動帯に見られる褶曲構造に近いものと考えられる（青野, 2010）。したがって、向斜構造の下端部の断面では、岐阜県の地質図に描かれているような円筒形の褶曲ではなく、底が平らな箱形に近い滑り面を伴った褶曲であろう。

### （1）岐阜県的美濃帯に見られるチャート層の褶曲構造

岐阜県的美濃帯には南から「坂祝向斜」、「下之保向斜」（Adachi, 1971）と呼ばれる向斜構造があり、その波長は数 km から十数 km である。その中の「坂祝向斜」は西に約 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$  プランジして西方に馬蹄形に開いた形に分布するチャート層が伸びている（青野, 2007）。しかし、その向斜構造の東端（ヒンジ）部にあり木曾川を挟んで東側に分布するチャート層は、東西方向に分布が広くなり、まるで「タコの頭」状構造を呈する（図2上）。こうしたチャート層の異常な分布形態と褶曲構造との関係は、単に向斜軸が西にプランジしているというだけでは説明がつかない。しかし、前章で述べたように、圧縮変形した紙コップに見られる「青野パターン」をこの地質構造に適用すると、3方向の異なる背斜が木曾川の東側で交わって3重点を形成し、東西方向で西にプランジした向斜軸も同じく背斜軸の3重点で合流し、その東側の延長方向で向斜軸が背斜軸に変換したとすれば説明できる。さらに、今まで向斜の北翼と南翼と考えられてきたチャート層が、実は褶曲の翼部ではなく、北翼がNW-SE方向の背斜であり、南翼がNE-SW方向の背斜であって、さらに「タコの頭」の部分がE-W方向の背斜軸（ヒンジ）部である（図2下）と考えれば、すっきりと説明ができる。これらの解釈を実証するためには何をすれば良いか、またどのようなデータを収集すれば証明できるのかを次に考察する。

我々がフィールドにおいて、実際に目で見て手に取って観察できるのは、露頭サイズのチャート層の褶曲のみであり、さらにそれらの事実を元に

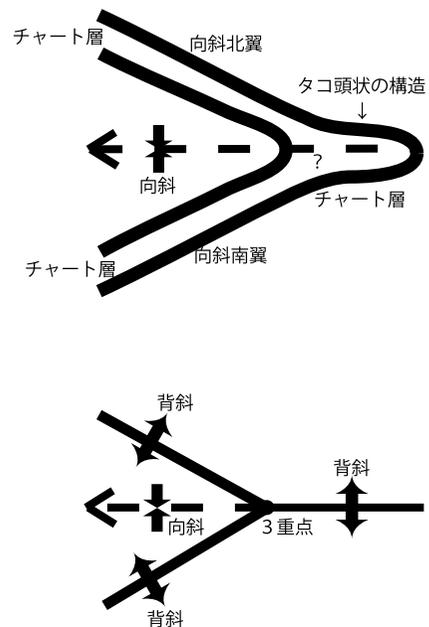


図2：チャート層の向斜（ヒンジ）部に見られる「タコの頭」状構造（上）とその構造形成にかかわる背斜軸と向斜軸の構造配置図（下）。

実地踏査によって作成された地質図である。こうした露頭サイズのチャート層によく見られる小褶曲軸の方位を測定したときに、各モデルによってどのような違いが出るのか思考実験をしてみよう。チャート層の小褶曲軸が水平な軸を持つ大構造が形成された時点で大褶曲内部のドラッグ褶曲として同時に形成され、その後この大構造と共に小褶曲軸全体が、西に20°~30° プランジしたと仮定すると、小褶曲軸の方位は全体として東西方向を向くはずである(図3上)。実際に、野外調査でそのようなになっていなければ、このモデルは成立しないことになる。今回の論文でその一部が測定されたデータをまとめてみると、チャート層に見られる小褶曲軸の多くは、チャート層の走向方向に向いている場合が多い(図3下)。後者のモデルでは、北翼の褶曲軸の方向と南翼の褶曲軸の方向が異なり、仮に西にプランジした大構造の褶曲軸を20°~30° 水平になるまで戻して復元しても、この結果は変わらない。つまり、向斜軸の北側と南側に見られるチャート層の小褶曲軸の形成は、大向斜の形成に伴うドラッグ褶曲によるものではなく、「青野パターン」による変形構造の結果として形成されたドラッグ褶曲である可能性が高

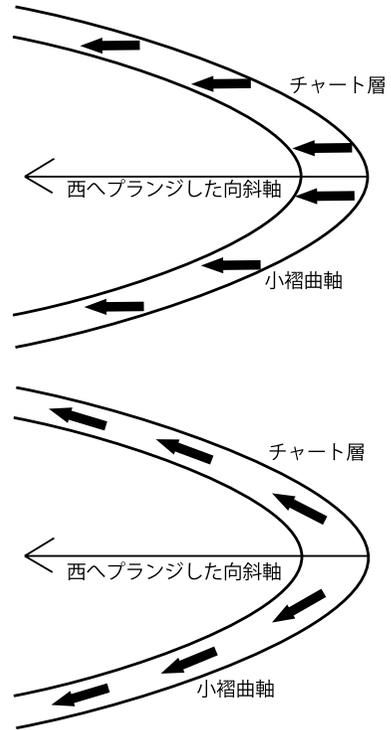


図3：チャート層中の小褶曲軸の方向が、チャート層の走向方向と斜交するが西へプランジした向斜軸と同方向の場合(上)とチャート層の走向方向と同じで向斜軸の方向とは異なる場合(下)。

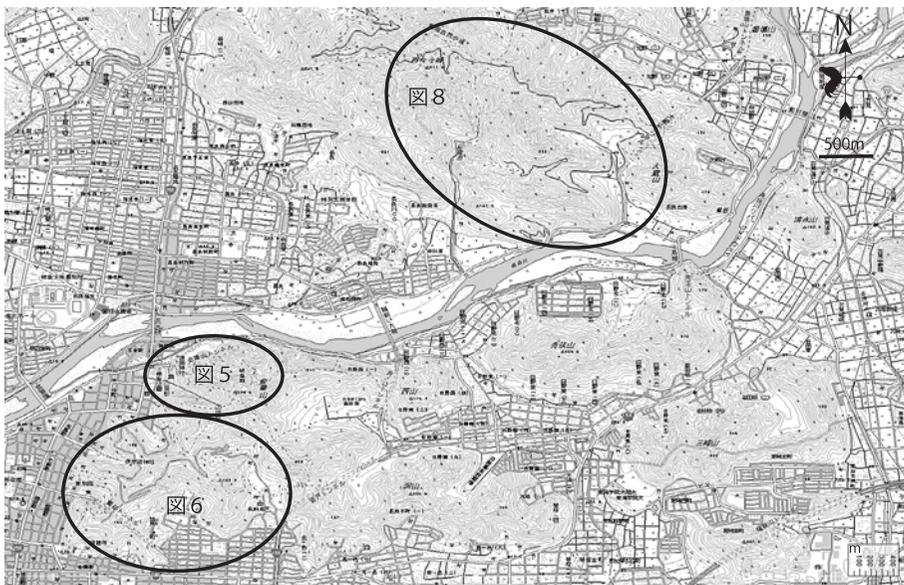


図4：調査地域。岐阜市の金華山の登山道(図5)、金華山ハイウェー(図6)、長良川北方の大蔵山から百々ヶ峰にかけての東海自然歩道(図8)。

い。これらの小褶曲軸が「青野パターン」によって形成されたのであれば、 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ の復元角度は必要もなく、濃尾平野の傾動分の $4^{\circ}\sim 5^{\circ}$ だけの補正で済む。次に、実際に西にプランジした向斜構造の北側と南側で観察されたチャート層（図4）の小褶曲軸の測定結果を基に考察する。

## （2）岐阜県金華山付近に見られるチャート層の褶曲構造

向斜軸南側の測定地点は、金華山登山ルート（図5）と金華山ハイウェイ（図6）において実施した。図5と6では、矢印でチャート層に見られる小褶曲軸（例えば写真2～6）の方位を表し、矢印の長ささと（ ）内の数値で褶曲軸のプランジ角を表している。さらにそれらのデータをシュミットネットの下半球投影で表したのが図7である。これらの測定結果を見ると、ばらつきが見られるものの、NE-SW方向の褶曲軸が多く、さらに西側方向に傾斜しているものが多いようである。E-W方向の小褶曲軸もあるが、E-W方向で東側にプランジしたものはない。

金華山ハイウェイルートでは、波長十数m～数十mの中褶曲が存在する。露頭サイズで見られる褶曲にはドラッグ褶曲（写真2，4～6）タイプが多いが、正立褶曲（写真3）もある。中にはタイト褶曲と見間違えるもの（写真4～6）もあり注意が必要である。これらの偽タイト褶曲は、ドラッグ褶曲を褶曲軸に対して斜交して切った露頭で見たときに左右対称なタイト褶曲に見えているが、褶曲軸に直交した方向から観察すると左右非対称なドラッグ褶曲であることが良くわかる事例である。

## （3）岐阜県の大蔵山から百々ヶ峰の東海自然道に見られるチャート層の褶曲構造

向斜軸北側の測定地点は、大蔵山から百々ヶ峰にかけての東海自然道沿いの林道（図8）において実施した。図8では、矢印でチャート層に見られる小褶曲軸の方位を表し、矢印の長ささと（ ）内の数値で褶曲軸のプランジ角を表している。さらにそれらのデータをシュミットネットの下半



図5：岐阜県金華山登山道沿いに見られる層状チャートの褶曲軸の方位。（ ）内の数値は、褶曲軸のプランジの角度を表す。

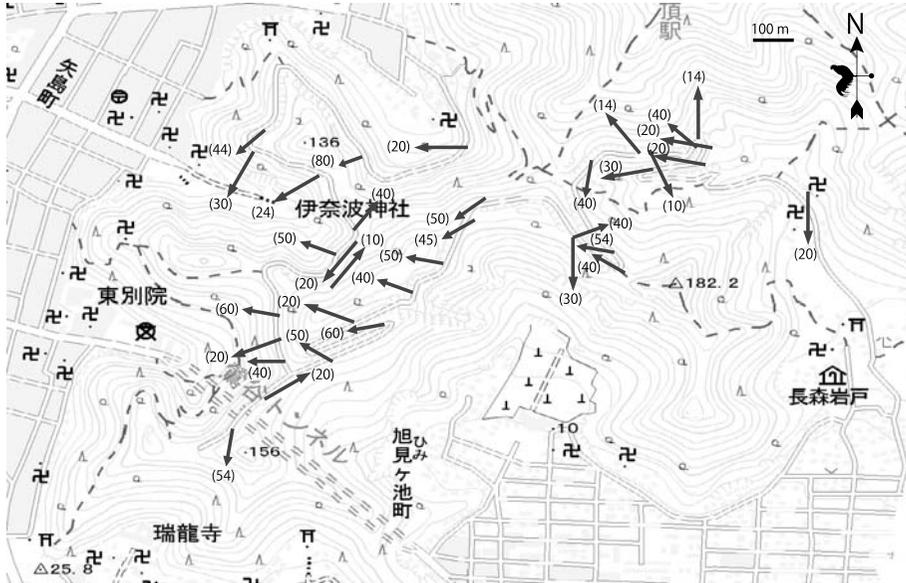


図6：岐阜県の高華山ハイウェイ沿いに見られる層状チャートの褶曲軸の方位。( )内の数値は、褶曲軸のプランジの角度を表す。

球投影で表したのが図9である。これらの測定結果を見ると、ばらつきは見られるが、NW-SE方向の褶曲軸が多く、さらに東西両側に傾斜する。E-W方向の小褶曲軸は、ほとんど見られない。小褶曲軸のデータ数が、不足しているのてさらなるデータの収集が必要である。

4. おわりに

岐阜県における美濃帯の地質構造が、前述の「青野パターン」に従って形成されたことを実証するには、何を調べればよいか、あるいは、このモデルで予想されるべき地質学的な事象は何かを考えてみよう。前提として、E-W方向の軸を持ち、西へ20°~30°プランジした「坂祝向斜」の存在は、正しいと仮定すると、次の幾つかの予想が立てられる(図10)。

- ①「坂祝向斜」の北翼に相当する部分は、NW-SE方向の軸をもつ背斜が存在する。チャート層の小褶曲軸と褶曲軸面の走向も同じくNW-SE方向である。
- ②「坂祝向斜」の南翼に相当する部分は、NE-SW方向の軸をもつ背斜が存在する。チャート層の小褶曲軸と褶曲軸面の走向も同じくNE-SW方向である。
- ③「坂祝向斜」のヒンジの延長部に相当する部分は、E-W方向の軸をもつ背斜が存在する。チャート層の小褶曲軸と褶曲軸面の走向も同じくE-W方向である。

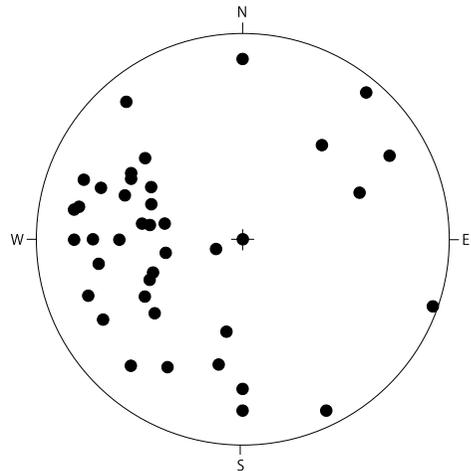


図7：岐阜県の高華山登山道および高華山ハイウェイ沿いにおいて測定された層状チャートの褶曲軸の方位(シュミットネット下半球投影)。

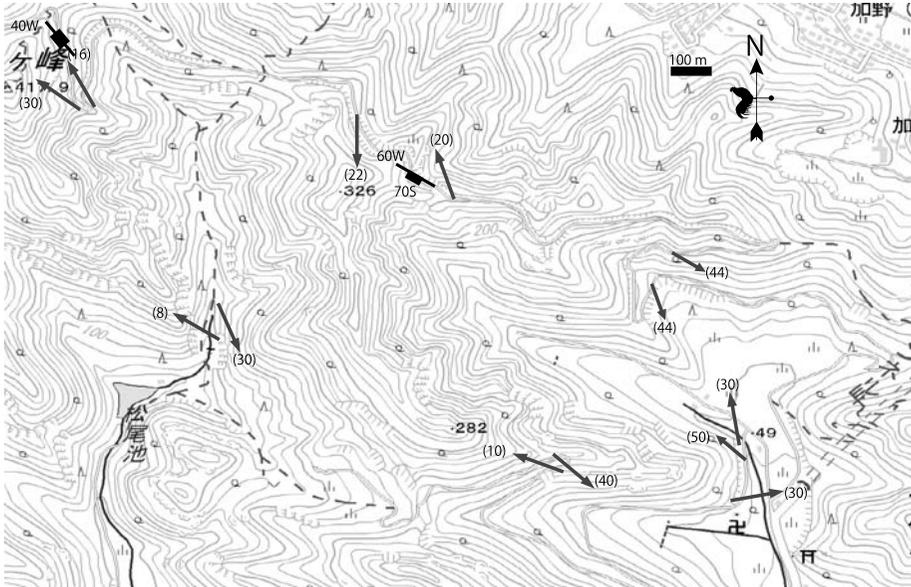


図8：岐阜県の大蔵山から百々ヶ峰にかけての東海自然歩道沿い見られる層状チャートの褶曲軸の方位。  
 ( ) 内の数値は、褶曲軸のプランジの角度を表す。■記号は、断層面の方位を示す。

④他の「下之保向斜」などにおいても、同様に①～③の内容が成立する。

以上4点について、1つでも実証し得る事実があれば、「青野パターン」による変形構造を支持する可能性が高まり、全内容が実証できれば、新たな地質構造として認知されるであろう。逆に、すべてが否定される結果となれば、従来の地質構造の解釈が正しかったことになるが、疑問点は残ることになる。これらの予想を基に、地質調査が実施された例は今までにはなく、新しい地質調査法として、今後も役に立つ内容である。

初頭で述べたように、岐阜県における美濃帯の研究は、すでにすべてが完成しているように見える。しかし、作成された地質図をよく見ると、単純に過去のプレートのサブダクションに伴う地質構造だけでは説明ができない点が多々あることに気がつく。これらの疑問点を丁寧に洗い出して、再度篩にかけて検討することは意義のあることと考える。これらの疑問点の中で最後まで引っかかっていた第3の疑問点が、座屈褶曲の形成に伴う新たな「青野パターン」によって解釈上は解決することができた。しかし、その地質構造を実証することはまだ、始まったばかりであり、特にオリオリ褶曲であることを実際の地質調査から証明することは容易なことではない。こつこつと、丹念に美濃帯において露頭サイズの観察を行い、その大構造を推定して、地質構造の形成過程を考察することは、今までの

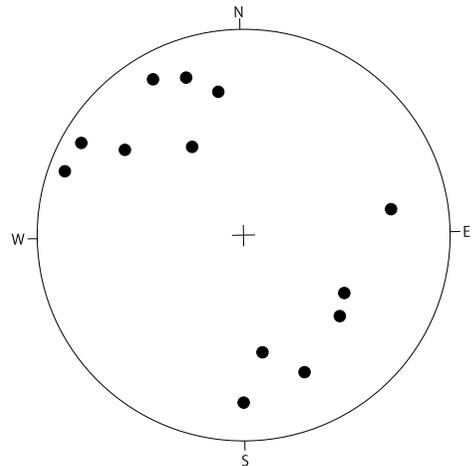


図9：岐阜県の大蔵山から百々ヶ峰にかけての東海自然歩道において測定された層状チャートの褶曲軸の方位（シュミットネット下半球投影）。

定説を覆して、地質構造を形成した独特の機構を明らかにする原動力となることは間違いない。今後は、岐阜県下でのフィールドを中心として、チャート層の小褶曲の小褶曲の調査を続行してデータを積み重ねる必要がある。これらのモデルを実証するためには、避けては通れない作業であり、自身のモデルに固執するあまり、モデルにデータを合わせてしまう愚だけは避けたい。地質構造の解釈において、日本列島が地質時代にも活動的縁辺域であったと仮定して、誰もがプレートのサブダクションモデルのみに引きずられた論文発表を行った過去を見てみると、新たな進歩も生じないであろうことは明白である。

## 謝 辞

本論文をまとめるにあたり、英文要旨について同大学教育学部の John Spiri 准教授にはご校閲を頂き、ここに感謝いたします。また、地学ゼミの4年生と3年生の諸君には、フィールドワークにおいて尽力して頂いたことに謝意を表します。

## 参 考 文 献

- Adachi, M. (1971) : Permian intraformational conglomerate at Kamiasso, Gifu Prefecture, central Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 77 (8), 471-482.
- 青野宏美 (2007) : 岐阜県美濃帯に見られる褶曲構造の解析, 岐阜聖徳学園大学紀要, 46, 1-12.
- 青野宏美 (2010) : 地質のフィールド解析法, 近未来社, Science Selection Series 6, 209頁
- 青野宏美 (2011) : 重複変形とオリオリ褶曲—岐阜県の坂祝向斜に分布するチャート層の変形を例として—, 岐阜聖徳学園大学紀要, 51, 63-75.
- 工業技術院地質調査所 (1964), 地質図幅「根尾」1/5万
- 工業技術院地質調査所 (1984), 地質図幅「八幡」1/5万
- 工業技術院地質調査所 (1991), 地質図幅「大垣」1/5万
- 工業技術院地質調査所 (1992), 地質図幅「金山」1/5万
- 工業技術院地質調査所 (1994), 地質図幅「下呂」1/5万
- 工業技術院地質調査所 (1995), 地質図幅「美濃」1/5万
- 工業技術院地質調査所 (1999), 地質図幅「岐阜」1/5万
- Otsuka, T. (1989), Mesoscopic folds of chert in Triassic-Jurassic chert-clastics in the Mino Terrane, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 95, 97-111.

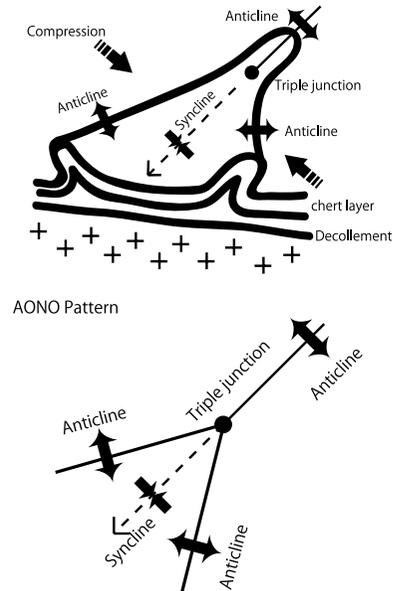


図10: 「青野パターン」に基づく、「坂祝向斜」内の地質構造要素 (下図) と南北方向の断面図を含んだ3Dモデル図 (上図)。基盤岩上に滑り面 (デコルマ) を挟んで褶曲したチャート層が乗る。「坂祝向斜」の両翼では、互いに内側に傾く翼をもった背斜軸が通り、三重点で交わる。三重点から先では、向斜軸が背斜軸に転換する。



写真1：紙コップを上下方向に圧縮することにより生じた「青野パターン」。圧縮軸の方向に対して垂直な方向に細長く伸びた六角形が連続したパターンが生じ、菱形にトランスフォームする部分も見られる。



写真2：岐阜県の高山山頂付近に見られる層状チャートのドラッグ褶曲。



写真3：岐阜県の金華山ハイウェイで見られる層状チャートの正立褶曲（背斜軸部）。



写真4：岐阜県の金華山ハイウェイで見られる層状チャートの左右非対称なドラッグ褶曲（見かけ上は左右対称なタイト褶曲）。

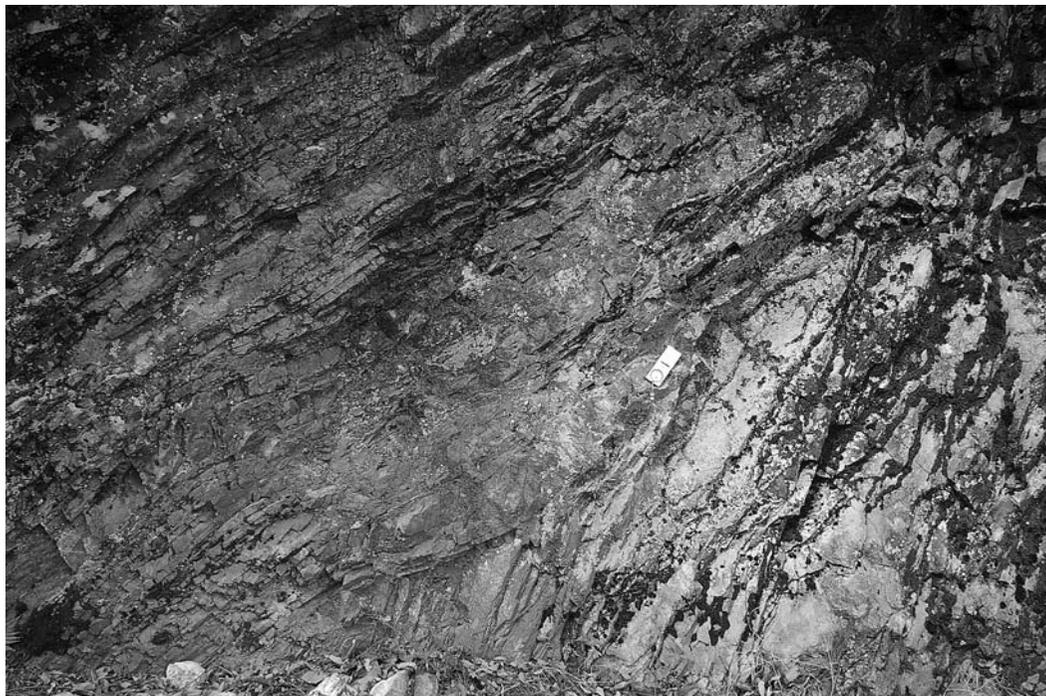


写真5：岐阜県の金華山ハイウェーで見られる層状チャートの褶曲（写真4を拡大）。見かけ上は左右対称なタイト褶曲に見えるが、実は左右非対称なドラッグ褶曲であり、右上から左下にかけて斜めに褶曲軸が通過する。

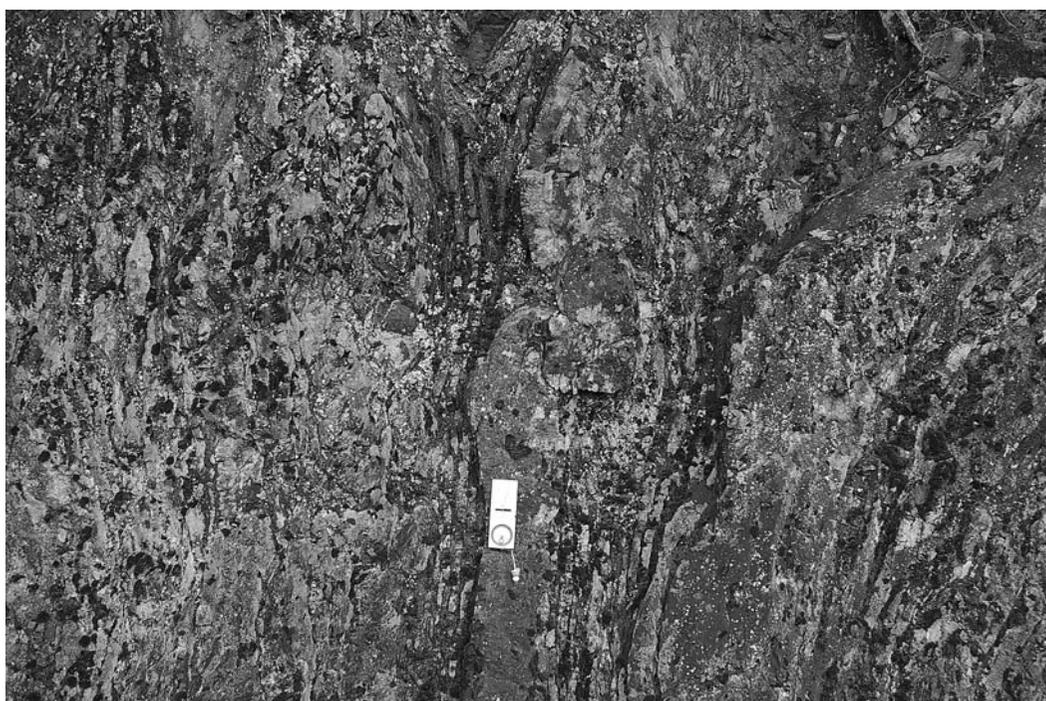


写真6：岐阜県の金華山ハイウェーで見られる厚い層状チャートのドラッグ褶曲（写真中央部）。

