

九州南部の古地磁気から琉球弧と日本列島弧の境
界部のテクトニクスを探る

神戸大学大学院自然科学研究科研究生

山口雅子

「九州南部の古地磁気から琉球弧と日本列島弧の境界部のテクトニクスを探る」

1. 研究の背景と目的

太平洋西側縁辺ではアジア大陸を縁取るように多くの島弧と島弧が連結し、特異な形を作っている。これらの島弧の多くは、島弧での古地磁気学と年代学の研究、または島弧と大陸の間にある背弧海盆の海底の研究から、島弧の大陸からの剥離現象によってできたと考えられている。その際、日本列島や琉球弧では、島弧の形は、島弧が大陸から観音開きをするように回転しながら剥離したことでできたと説明されている。では、島弧と島弧のつなぎ目はどのようにして形成されたのだろうか。この研究では島弧と島弧のつなぎ目に焦点をあて、古地磁気学の手法を用いてつなぎ目のテクトニクスを検証する。

島弧と島弧のつなぎ目のとがった形は、島弧が大陸から剥離する際に取り残されるようにしてできたと考えるのが自然である。しかし、Miki et al., 1993 の台湾北部、つまり琉球弧とルソン弧のつなぎ目での古地磁気学の研究結果は、このとがった形が、琉球弧が大陸から剥離する以前からあったことを証明した。

今回の研究では日本弧と琉球弧のつなぎ目である九州南西部に焦点をあてた。

また、日本列島弧と琉球弧の開いた時期が中新世とされているので (Otofuji and Matsuda, 1987; Miki, 1993) それ以前の白亜紀から中新世にかけての岩石を研究対象とした。

① 薩摩半島南部の南薩層群

四万十累層を不整合に覆い、下位から南薩層群下部層、南薩層群上部層に区分されている (通商産業省資源エネルギー庁, 1985)。上部層は下部層を不整合に覆う。地質年代は後期中新世。主に安山岩溶岩・火砕岩類などの火山噴出物からなり一部に水成層をともしなう。下部層から 7.6 Ma、上部層から 6.4、5.9、6.2 Ma の放射年代が報告されている。地層の傾斜は 10 度から 20 度程度で比較的緩い。

② 北薩地域の四万十累層

四万十累層は東西の走向をもって九州南部に分布しているが、北薩地域で走向が琉球弧の方向である南北に屈曲する。この構造は島弧の接続部を研究する場合、大変興味深い。この地域の詳しい層序は米田・岩松 1987 に詳しく報告されている。岩層は主に砂岩、泥質岩およびそれらの互層からなり凝灰岩や枕状溶岩を挟む。産出した微化石から年代は中期から後期白亜紀とされる。

2. 研究方法

① 試料採取

薩摩半島の野間岬周辺で南薩層群から 5 箇所、出水山地の四万十層群から 5 箇所で試料を採取した。1 地点あたり 5 個のブロック状の試料を定方位で採取した。また、傾動補正のために地層面の方向を測定した。実験室で、ブロック状の岩石試料から、直径 2.5 cm 高さ 2.5 cm の円筒形の測定用試料をできるだけ多く整形した。

③ 磁化の測定

磁化の測定には超伝導磁力計を用いた。それぞれのブロック状試料あたり 1 個の円筒形試料を測定した。まったく消磁をせずに磁化の強度、方向を測定した後、620 度までの熱段階消磁を行い、それぞれの段階での磁化を測定した。段階消磁は 500 度までは 50 度おき、500 度から 620 度までは 30 度おきに行った。熱消磁は無磁場中で各段階の消磁温度まで試料を熱し、30 分その温度を保った後室温まで冷却するという、一般的な方法を用いた。

④ 解析

段階消磁実験の結果は直交座標にプロットし、主成分分析の方法を用いて消磁さ

れた磁化の成分を解析した。各試料ごとに特徴的な磁化成分の方向を求め、各地点の平均方向を計算した。それぞれの方向に対し地層面の傾きの補正を行った。

表 1. 試料採取地点、岩石古地磁気結果のまとめ

地点	緯度・経度	層順	古地磁気方向 (地点内平均)				k	α_{95}	岩石
			偏角	伏角	偏角	伏角			
			傾動補正前	傾動補正後	傾動補正前	傾動補正後			
NM01	31, 23.59' N 130, 09.66' E	南薩層群 上部	357.8	31.5			80.3	8.6	安山岩溶岩
NM02	31, 24.25' N 130, 09.60' E	南薩層群 上部	242.6	60.7			28.6	14.6	安山岩溶岩
NM03	31, 21.83' N 130, 11.18' E	南薩層群 下部	97.6	-36.6			7.0	31.1	変質安山岩溶岩
NM04	31, 21.68' N 130, 12.45' E	南薩層群 下部	77.6	-48.8			17.1	19.1	変質安山岩溶岩
NM05	31, 22.13' N 130, 12.44' E	南薩層群 下部	99.8	-23.0			18.5	21.9	変質安山岩溶岩
NM06	31, 56.49' N 130, 20.29' E	桶之谷層	安定な磁化成分見出せず						砂岩
NM07	31, 57.37' N 130, 19.08' E	桶之谷層	安定な磁化成分見出せず						泥岩
NM08	32, 01.63' N 130, 23.23' E	桶之谷層	安定な磁化成分見出せず						泥岩及び砂岩
NM09	32, 03.06' N 130, 23.66' E	今ノ木場 層	35.8	52.2	346.2	30.3	39.9	10.7	泥岩及び砂岩
NM10	32, 03.03' N 130, 24.05' E	今ノ木場 あるいは 桶之谷層	157.5	51.6	326.7	15.9	36.5	15.4	泥岩

3. 研究結果

①南薩層群

(熱段階消磁)

上部層 南薩層群上部層の上部(NM 01)の 4 個の試料は強い磁化を持つ; $7 \sim 9 \text{ E}10^{-6} \text{ Am}^2$ 。1 成分だけの磁化をもち、590 度で磁化を失う (図 1)。残留磁化方向は、北向きの偏角、下向きの伏角であった。試料採取地点の一番北側の試料 (NM013) は、1 桁弱い磁化を持つ。250 度までの消磁で低温成分を失い、高温成分が出現する。南向きの偏角、上向きの伏角。高温成分は 590 度では消磁されず 620 度でほぼ消滅する。平均は NM013 の逆帯磁の方向を反転して求めた。

上部層下部の (NM 02) の試料の磁化強度は $1 \sim 3 \text{ E}10^{-6} \text{ Am}^2$ 。590 度の熱消磁で磁化を失う。低温、中温、高温の 3 つの磁化成分が観察される。特徴的な磁化成分である高温成分は 400~500 度の消磁で現れる。この成分は西向きの偏角、下向きの伏角で特徴づけられる。

下部層 多くの試料の磁化強度は $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ Am}^2$ でそれより弱いものもある。偏角東振り 90 度、伏角は上向きの逆帯磁の高温成分で特徴づけられる。特徴的な高温成分は 500 度までの熱消磁であられる。620 度の熱消磁でも磁化を失わない。一部の試料は北向き偏角、下向き伏角の現在の磁場と似た方向の低温成分を持つ。

(NM03) 地点の 1 試料は北向き偏角、下向き伏角の正帯磁の特徴的な成分を持つ。NM34 方向は逆帯磁に反転して平均した。

(古地磁気方向及び考察)

南薩層群から、北向きと西偏 90 度で特徴づけることの出来る方向の二つの異なった古地磁気方向を見つけた (表 1、図 2)。

北向きの古地磁気方向は南薩層群上部層内の最上部 (NM01) で見出した。古地磁気方向 (偏角=357.8 度、伏角=31.5 度) は、伏角値が地心双極子の伏角値 (50.7

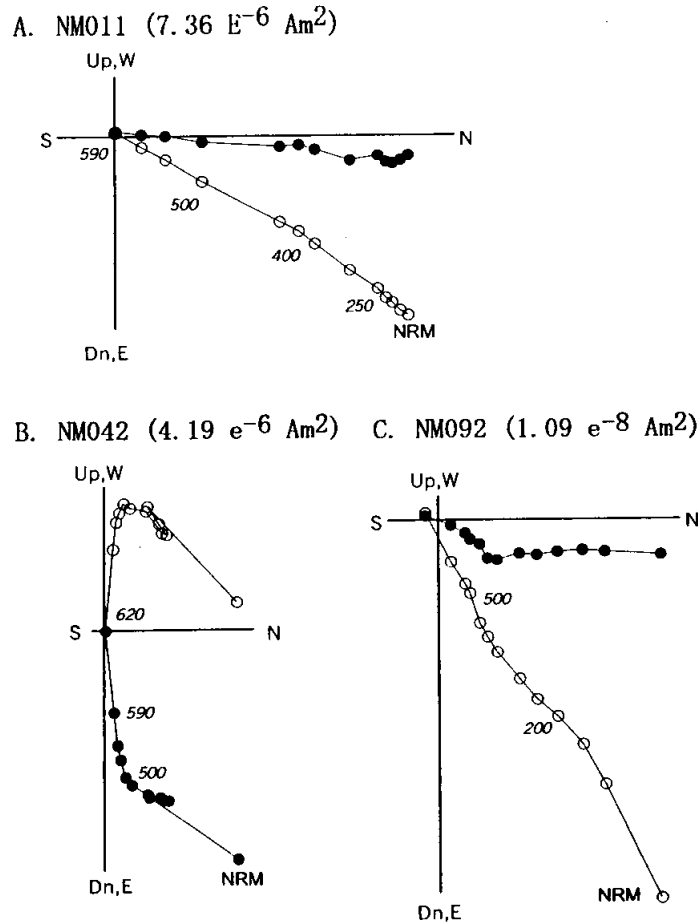


図 1. 段階熱消磁の様子 の例

段階熱消磁の様子を直交座標にプロットした。黒丸は水平面、白丸は垂直面への投影。括弧内は各試料の消磁前の磁化強度。A. 南薩層群上部層の上部。北向きの方向が得られた。B. 南薩層群下部層。500 度以降西振りの磁化方向が得られた。C. 四万十累層今ノ木場層 500 度以降に特徴的な高温成分。

度) より浅いものの、現在と同じ北の方向である。この地域の岩石は南薩層群の中で最も若い時代に形成された。

南薩層群上部層の下部 (NM02) の古地磁気方向は、上部にくらべ 90 度程偏角が西偏している (偏角=242.6 度、伏角=60.7 度)。90 度西振り偏角を示す古地磁気方向は。南薩層群下部層の古地磁気にもみることができた。しかもその帯磁は逆帯磁であった。90 度西振り偏角は、つぎのような根拠から、南薩層群を特徴づける十分長い年月の古地磁気方向であるといえる。

1. 正・逆両磁極の方向が観察できる。
2. 南薩層群上部層は南薩層群下部層を不整合で覆っていて形成された時代に差がある。
3. 両層から報告されている放射年代に、有意ではないが、1.2 m. y. の時間差がある。

西振り偏角値を持つ 4 地点の古地磁気方向を平均した。(偏角=267.9 度、伏角=43.2 度、 $k=16.3$ 、 $\alpha_{95}=23.5$ 度)。伏角は、現在の地球磁場あるいは地心双曲子磁場の値と近い。この古地磁気方向が、7Ma のころの野間半島地域を代表する古地磁気方向であると結論する。

西振りから北向きへの偏角の変化は、南薩層群の上部層が形成された時期におこ

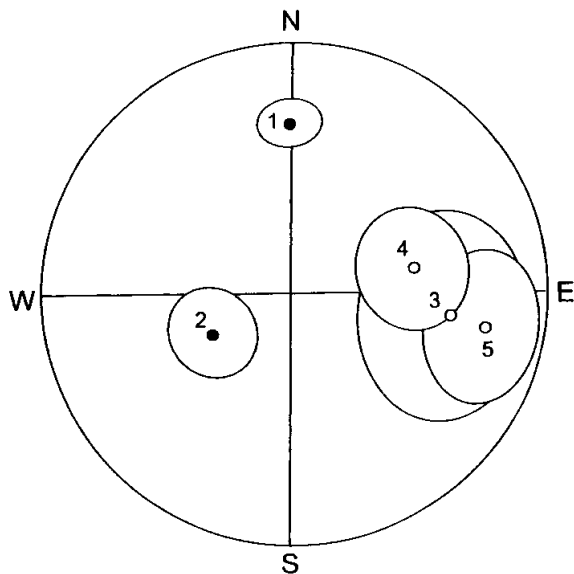


図 2. 南薩層群から得た古地磁気方向。
各地点の古地磁気方向と 95%信頼限界
円 (半径 = α_{95}) をシュミットネットに
投影。黒丸が下半球、白丸が上半球への
投影。数字は地点番号の下一桁。北向き
(1) と西振り (2~5) の方向がある。

った。北向き偏角を示す地点の年代は、この地点と同じ標高地点から報告されている K-Ar 年代 (6.4 ± 0.3 Ma) で与えることができる。偏角の変化はこの地点の層が形成された 6.4 Ma には終了していたといえる。偏角の変化は南薩層群の上部層が形成されている期間におこったので、極めて短期間におこったことになる。

大きな古地磁気方向変化は、一般に二つの要因で説明される。地球磁場の変動か、あるいはテクトニクスである。十分長い期間を代表する方向であることを考えるとテクトニクスである可能性が高い。テクトニクスとすると 6 Ma 頃の短期間の間に 90 度西回りの地殻の回転があったことになる。この時代が沖縄トラフの拡大時期 (10Ma ~ 6Ma, Miki 1993) とほぼ同時期であることは興味深い。この変動の規模や要因を考えるにはより詳しく調査をする必要がある。

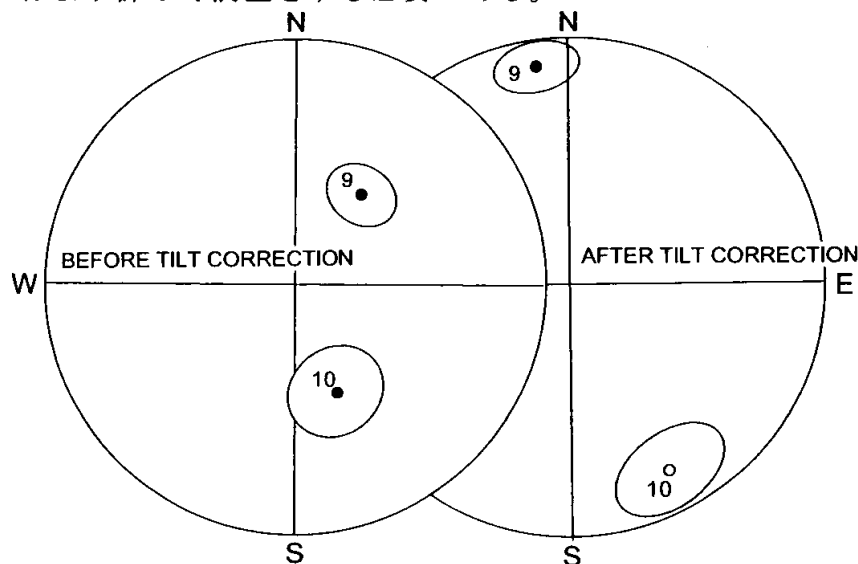


図 3. 四万十累層から得た古地磁気方向。投影は図 2 と同じ。左は傾動補正前、右は傾動補正後。

② 四万十累層群 (段階消磁)

(NM09) 及び (NM10) 地点からのみ安定な磁化の成分を得ることができた (図 1)。これ以外の 3 地点の試料の磁化は熱消磁に対し不安定で、主成分分析では磁化の成分を得られなかった。

安定な磁化の成分を得た 2 地点の試料の消磁前の磁化強度は $10^{-8} \sim 10^{-9}$ Am² と小さい。特徴的な高温成分は 400 度ないし 500 度の消磁で現れ、590 度の消磁で磁化

は消失した。

(古地磁気方向及び考察)

2地点の泥岩から残留磁化がもとまった。砂岩からは消磁に耐える残留磁化が見いだせなかった。磁化方向を得た2地点は北薩の屈曲地点の北部で、東西の構造の方向をもつ地域に分布する。2地点の古地磁気方向は地層面補正をするときわめてよく似た残留磁化方向を示す(表1、図3)。このやや西振りの偏角値は、西九州地域の対馬や五島に分布する Oligocene から middle Miocene の岩石の古地磁気似ている。

対馬; 偏角=337.6度, $I=47.1$ 度, $\alpha_{95}=11.7$ 度, $k=33.9$ (Ishikawa and Tagami, 1991)。
五島; 伏角=321.8度, $I=40.7$ 度, $\alpha_{95}=23.0$ 度, $k=16.9$ (Ishikawa et al., 1989)。
四万十層群の磁化は地層の傾動が起こる前に獲得され、この地域はその時代以降西九州を代表するテクトニックブロックに含まれていたらしい。

4. 研究がもたらす効果および波及効果

今回の研究で西南日本弧と琉球弧の境界部である九州南部の2地点で信頼できる古地磁気の方法を得ることができた。興味深いことにこれらの方向は、西南日本弧を代表する古地磁気方向からも、琉球弧北部を代表する古地磁気方向からも異なった方向である。島弧の接続部では島弧の動きからは独立した地殻の動きがあるらしい。

背弧海盆が拡大し島弧が形成する際の様式は、島弧での古地磁気学的研究や背弧会盆の海底の研究から明らかにされつつあるが、島弧の境界部で、地殻がどのような運動をするかの研究はあまりされていない。今後研究を続ければ境界部をも含めた島弧形成のモデルを解明できるであろう。

参考文献

- Ishikawa, N. and T. Tagami, Paleomagnetism and fission-track geochronology on the Goto and Tsushima Islands in the Tsushima Strait area: Implications for the opening mode of the Japan Sea, *J. Geomagn. Geoelectr.*, 43, 229-253, 1991.
- Ishikawa, N., M. Torii and K. Koga, Paleomagnetic study of the Tsushima Islands, southern margin of the Japan Sea, *J. Geomagn. Geoelectr.*, 41, 797-811, 1989.
- Miki, M., Two-phase opening mode of the Okinawa Trough inferred from paleomagnetic study of the Ryukyu arc, *J. Geophys. Res.*, 100, 8169-8183.
- Miki M., M. Furukawa, Y. Otofujii, S. Tsao and T. Huang, Paleomagnetism and K-Ar ages of Neogene rocks of northern Taiwan: Tectonics of the junction of Ryukyu and Luzon arcs. *Geophys. J. Int.*, 225-233, 1993.
- Otofujii Y. and T. Matsuda, Amount of clockwise rotation of southwest Japan-fan shape opening of the southwestern part of the Japan sea, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 85, 289-301, 1987.
- 通商産業省資源エネルギー庁, 広域調査報告書(南薩地域), 1985
- Yoneda, S. and A. Iwamatsu, Stratigraphy and geologic structure of the Shimanto supergroup in the Hokusatsu district, Kagoshima Prefecture, South Kyushu, Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 93, 881-895, 1987.