

Paleomagnetic study of the upper member of the Daisen tephra formation in Okayama and Tottori Prefecture, southwest Japan

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2012-02-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤井, 純子, 中島, 正志, FUJII, Junko, NAKAJIMA, Tadashi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/4975

岡山・鳥取県に分布する大山上部火山灰層の古地磁気

Paleomagnetic study of the upper member of the Daisen tephra formation in Okayama and Tottori Prefecture, southwest Japan

藤井 純子*・中島 正志*
Junko Fujii and Tadashi Nakajima

キーワード：大山上部火山灰層，古地磁気，岡山県，鳥取県，地磁気永年変化

I まえがき

筆者らは後期更新世に噴出した広域テフラ（始良 Tn テフラ，阿蘇 4 テフラ，大山倉吉テフラ，鬼界アカホヤテフラ）についての古地磁気研究を続けている（中島・藤井, 1995a; Fujii *et al.*, 2001; Fujii *et al.*, 2002; 中島ほか, 2004など）。その過程で，鳥取県西部に位置する大山火山の周辺地域において，始良 Tn テフラ（AT：町田・新井, 1976）と大山倉吉テフラ（DKP：町田・新井, 1979）の古地磁気測定を実施し，報告している（中島・藤井, 1995 a; 藤井・中島, 1998）。AT の残留磁化は交流消磁に対し安定で，磁化方位は良くまとまっていたのに対し，DKP のそれは非常に不安定で一次磁化を抽出できなかった。本地域で採取した DKP の残留磁化が不安定なのは，噴出源に近いテフラ中の磁性鉱物が重くて粒子サイズが大きい，つまり磁力の小さい磁性鉱物が多いためであると考えた。さらに，テフラの粒子が大きく非常に短時間で堆積したため，もともと十分な堆積残留磁化を獲得していなかったことも考えられた。

大山火山は，更新世末期に活動の最終期を迎え，一連の降下テフラや火砕流堆積物を噴出した。このうち火砕流堆積物は主として西半部の山麓に分布するのに対して，降下軽石，火山砂やガラス質火山灰などからなる降下テフラは大山山麓から東方に広く分布している。同じ大山を起源とするこれらの降下テフラの残留磁化と厚く堆積した降下軽石である DKP の残留磁化とではどのような違いがあるのか，また，これらの降下テフラから安定な残留磁化を抽出できれば，この時代の地磁気永年変化についてより詳しく解明できるのではないかと考え，古地磁気測定を行った。

*福井大学教育地域科学部地学教室

(Geological Laboratory, Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui)

Ⅱ 大山上部火山灰層

大山周辺には大山火山が噴出した火砕流堆積物・降下火砕堆積物が厚く堆積している。これら一連の堆積物は大山火山灰層と呼ばれ、最下部・下部・中部・上部に区分されている（山陰第四紀グループ, 1969; 赤木, 1973）。また、その分布・産状・層準などについては、佐治ほか（1975）、町田・新井（1979）、津久井・棚山（1981）、岡田（1983）、津久井（1984）、荒川（1984）、岡田・谷本（1986）等により詳しく報告されている。

今回古地磁気測定試料を採取したのは、大山中部火山灰層上部の風化火山灰層（Roam）、それを覆う始良 Tn 火山灰（AT）およびその上位に重なる大山上部火山灰層である。大山上部火山灰層は下位から下のホーキ火山灰層（Sh）、オドリ火山砂層（Od）、上のホーキ火山灰層（Uh）、弥山軽石層（MsP）、弥山火砕流堆積物に区分され、各層とも重鉱物として角閃石・斜方輝石・鉄鉱物・黒雲母を含んでいる（日本の地質『中国地方』編集委員会, 1987）。

A. 風化火山灰層（Roam）

AT 直下にある褐色の火山灰質風化土壌で、層厚は50~100cmである。

B. 始良 Tn 火山灰層（AT）

約2.6~2.9万年前の一時期に南九州始良カルデラから噴出した降下火山灰である（町田・新井, 2003）。20cm浮石（赤木, 1973）あるいはキナコと呼ばれ、火山ガラスに富み、単斜輝石をもつ。肉眼的な特徴から、野外において大山上部火山灰の基底を知るのにきわめて有効な示標層となっている。

C. 下のホーキ火山灰層（Sh）

大山山麓から東方一帯に分布し、厚さ1~2cm程の粗粒部と細粒部の互層からなる火山灰層で、暗灰色を示す。“ホーキ”という呼称は、箒ではいた目のように縞状に見えることから赤木（1973）が命名したものである。最大層厚は60cmである。上部のオドリ火山砂層（Od）との間にはロームの発達は認められないが、下部の始良 Tn 火山灰層（AT）とは境界で混合している様子が肉眼でもしばしば認められる。

D. オドリ火山砂層（Od）

大山山麓から東方一帯に分布し、山麓では一般に層厚50cm以下である。下のホーキ火山灰層にみられるような縞目はなく、デイサイトの火山礫を含む無層理の火山灰層である。“オドリ”の呼称は、波打って堆積している場合があることから“踊り”にみたててつけられたものである。上のホーキ火山灰層（Uh）に直接覆われることが多いが、岡山県蒜山原のような内陸部では両者の間にごく薄い（1cm程度）暗褐色ロームがみられることがある。

E. 上のホーキ火山灰層（Uh）

大山山麓から東方一帯に分布し、最大層厚は30cmである。下のホーキ火山灰ときわめてよく似ており、複数のフォール・ユニットからなる。上部の弥山軽石層との間には、堆積間隙を示唆す

るようなロームの発達は認められていない。

F. 弥山軽石層 (MsP)

津久井 (1984) が東大山軽石層と呼んだもので、東麓一帯に分布する最大層厚50cmの降下軽石層である。粒径の変化 (級化) から多数のフォール・ユニットが読み取れる。

G. 弥山火砕流堆積物

大山西麓～北西麓に流下した層厚20～50mの石質火砕流堆積物である。17,200±400y.B.P.の¹⁴C年代が得られている (津久井, 1984)。下部の弥山軽石層 (MsP) とは漸移関係となっている。

III 測定試料

測定試料の採取地点を表1および図1に示す。

岡山県の蒜山高校 (O1) と蒜山 (O5), 鳥取県の大山池2 (T2) と鴨ヶ丘 (T3) および倉吉 (T4) の5地点では, DKP 層準より上位の主に大山上部火山灰層について, 連続して試料を採取した。その他に, 珪藻土採掘地 (O2), 塩釜 (O3) で MsP を, 井川栄 (O4) で AT を, 大山池1 (T1) では DKP を採取した。

連続して試料を採取した5地点の各火山灰層の層厚と各層内での試料採取層準数を表2に示す。図2には, 蒜山における柱状図と試料採取層準を示す。

表1 試料採取地点

地点名 (試料番号)	地形図名	試料採取地点 (経度, 緯度)	文献
O1 蒜山高校 (EH127-150,250-280)	蒜山	岡山県真庭郡八束村 (蒜山高校北) (133°41' 23.4" E, 35°17' 10.5" N)	大久保 (1976) 町田・新井 (1979)
O2 珪藻土採掘場 (EH289-297)	蒜山	岡山県真庭郡八束村花園 (133°43' 17.4" E, 35°17' 44.2" N)	光野ほか (1980)
O3 塩釜 (EH281-288)	蒜山	岡山県真庭郡八束村塩釜 (133°40' 52.2" E, 35°17' 49.5" N)	大久保 (1976) 光野ほか (1980)
O4 井川栄 (EH151-160)	蒜山	岡山県真庭郡八束村井川栄 (133°41' 11.5" E, 35°17' 32.0" N)	
O5 蒜山 (AF67-121)	蒜山	岡山県真庭市蒜山上長田 (133°42' 23.0" E, 35°17' 38.4" N)	
T1 大山池1 (EH240-249)	泰久寺	鳥取県倉吉市寿開拓 (大山池) (133°43' 36.6" E, 35°22' 25.1" N)	町田・新井 (1979)
T2 大山池2 (EH161-239,298-345)	泰久寺	鳥取県倉吉市寿開拓 (大山池) (133°43' 46.5" E, 35°22' 21.8" N)	町田・新井 (1979)
T3 鴨ヶ丘 (EH541-639)	泰久寺	鳥取県東伯郡関金町鴨ヶ丘 (133°42' 39.3" E, 35°22' 01.1" N)	岡田 (1994)
T4 倉吉 (AF10-66)	泰久寺	鳥取県倉吉市寿開拓 (大山池) (133°43' 38.0" E, 35°22' 37.6" N)	

試料採取地点は, 試料採取時の市町村名等で表記してある。

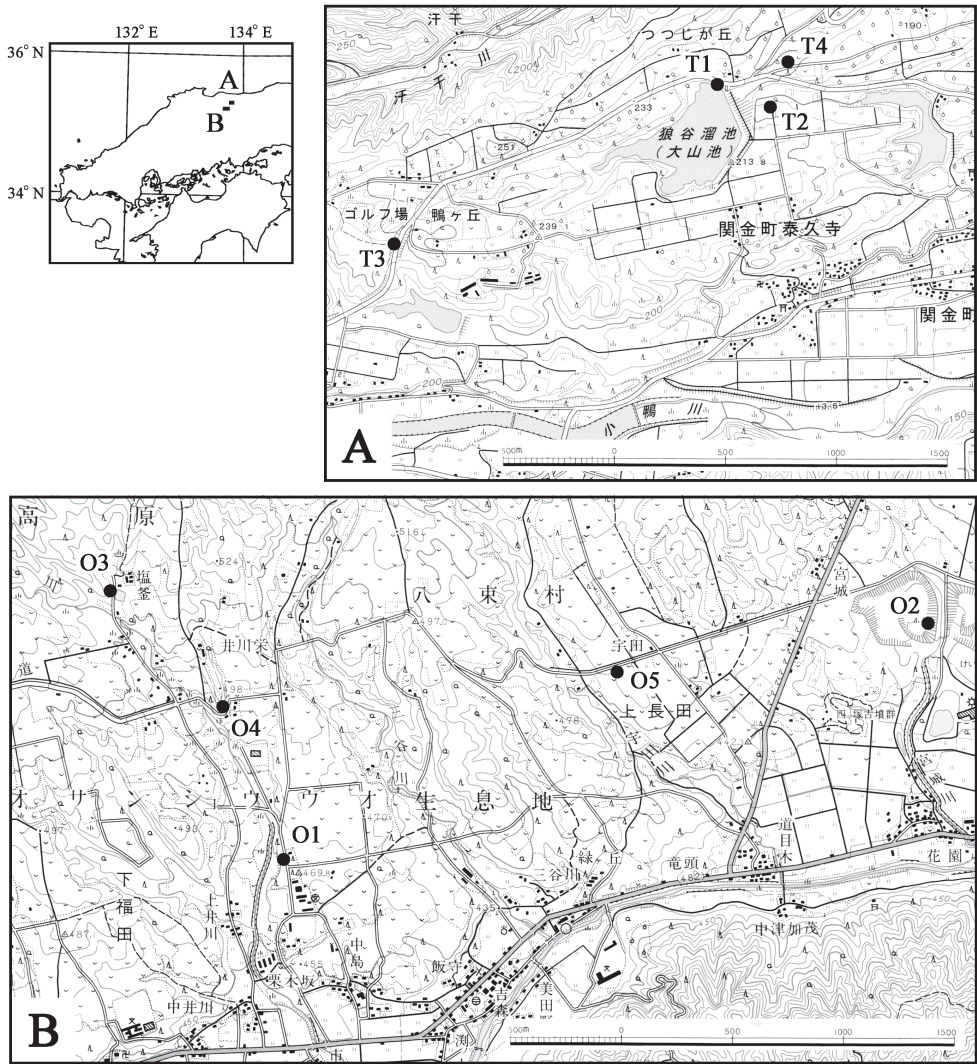


図1 試料採取地点

図AおよびBは、それぞれ国土地理院発行の2万5千分の1地形図「泰久寺」および「蒜山」を使用。記号は地点名を示し、表1に対応している。

表2 火山灰層の層厚および採取した層準数

テフラ層	蒜山高校 (O1)		蒜山 (O5)		大山池2 (T2)		鴨ヶ丘 (T3)		倉吉 (T4)	
	層厚	採取層準数	層厚	採取層準数	層厚	採取層準数	層厚	採取層準数	層厚	採取層準数
弥山軽石層 (MsP)	39	2 (2)	26	1 (1)	40	3 (3)	34	1 (1)	55	4
上のホーキ火山灰層 (Uh)	19	1	10	3	29	1	30	4	18	3
オドリ火山砂層 (Od)	35	1	30	3	50	1	40	2 (1)	28	3 (2)
下のホーキ火山灰層 (Sh)	30	2 (1)	20	2	50	1	59	3 (1)	11	2 (1)
始良Tn火山灰層 (AT)	18	1	28	1	20	1	15	1	19	1
風化火山灰層 (Roam)			100	3 (1)	180	3	70	1	10	1

() 内の数字は、残留磁化が不安定であった層準数を示す。

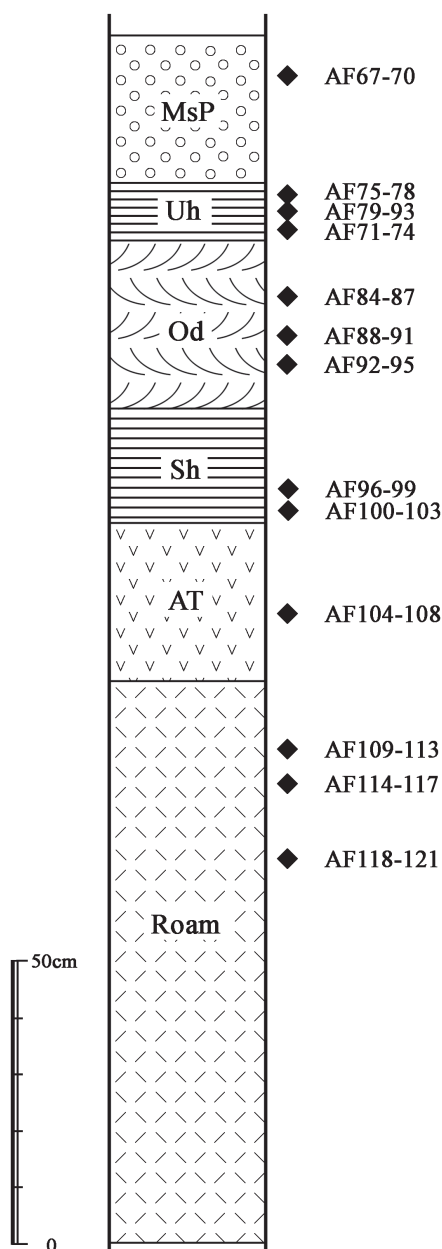


図2 蒜山における柱状図と試料採取層準

MsP：弥山軽石層，Uh：上のホーキ火山灰層，Od：オドリ火山砂層，Sh：下のホーキ火山灰層，AT：始良 Tn 火山灰層，Roam：風化火山灰層。

IV 試料採取および測定方法

IV-1 試料採取方法

試料は，中島・藤井（1995a）と同様に，24×24×24mmのプラスチック・キューブを地層に打ち込む方法で採取した。

採取した試料は，乾燥し変形するおそれがあるため，研究室に持ち帰った後，できる限り短期間で測定を行った。また，乾燥・変形を防ぐため，測定終了までは湿らせたティッシュペーパーと共に密閉した試料ケースに保管した。

IV-2 測定方法

IV-2-1 残留磁化

残留磁化は，夏原技研製 SMM-85型スピナー磁力計で測定した。すべての試料について段階交流消磁を実施した。交流消磁装置は夏原技研製の2軸回転方式で，アンプはDEM-8601-2型である。この装置の内部は，3層の円筒μ-メタルによって外部磁場は10nT以下に遮蔽されている。測定方法やデータ処理方法は中島・藤井（1995a）によるATの測定方法と同様であり，消磁ベクトル図で方向変化が停止した消磁段階以後のデータを用い，原点に固定した直線近似により各試料の偏角と伏角を求め（Kirschvink, 1980），地点または層準ごとにその平均を計算した（Fisher, 1953）。

IV-2-2 帯磁率

帯磁率は，Dearing（1994）に従いBartington製MS2B型帯磁率計で測定した。本帯磁率計は0.46kHz低周波

(LF) と 4.6kHz 高周波 (HF) の 2 周波測定が可能であり，今回はすべての試料について 2 周波測定を実施した。

MS2B 型帯磁率計は，容積 10cc の大きさの試料で理想的な測定値が得られるようになっている。試料採集に使用したプラスチック・キューブの内容積は 9.6cc であるため，残留磁化測定試料をそのまま帯磁率測定用試料として用いた。残留磁化を測定した後，試料が自然に乾燥するのを待って，帯磁率の測定を行った。

帯磁率は $0.1 \times \text{帯磁率の測定値} / \text{重さ (g)}$ で計算した。単位は $[\mu\text{m}^3/\text{kg}]$ である。LF 帯磁率と HF 帯磁率の測定値から， $\{(\text{LF 帯磁率} - \text{HF 帯磁率}) / \text{LF 帯磁率}\} \times 100$ という式を用いて周波数依存性帯磁率 ($\kappa^{\text{fd}\%}$) を計算した。単位は % である。

V 測定結果

交流消磁で安定な残留磁化成分が得られた測定結果を，MsP などのテフラ層ごとにまとめて表 3 に示した。MsP では磁化方位が他と大きく異なる 2 層準 (表 3 で地点名に ** を付したものはテフラ層平均の計算から省いた。AT については，既報の岡山・鳥取県における測定結果 (中島・藤井, 1995a) も再掲している。層準平均 (Dm, Im) の誤差角 (α_{95}) が 11° 未満のものを安定な磁化方位が得られたとし，それより大きいもの (表 3 で地名に * を付したものはテフラ層平均の計算から省いた。 α_{95} が 11° 未満にならなかった層準数は，風化火山灰で 1，MsP で 1，Od で 3，Sh で 3，Roam で 1 であった。Uh と AT の α_{95} はすべて 11° 未満であった。

図 3 は層準平均磁化方位 (表 3) をテフラ層ごとにまとめ，シュミット・ネットに投影したものであり，図 4 はテフラ層平均磁化方位を示す。テフラ層毎に測定結果をみると，AT は非常に良くまとまっている。Roam, Od, Uh も比較的良くまとまっていて，テフラ層平均磁化方位は AT のそれとよく似ている。Sh と MsP は AT などと比べるとまとまりは悪い。

まとまりの良いグループの中でも特に AT の磁化方位が良くまとまっているのは，AT の残留磁化がより安定なだけでなく，AT がごく短期間に降灰した火山灰層であり，ほぼ同じ層準であるからだと思われる。これに対して，大山上部火山灰層の各テフラ層には何枚かのフォール・ユニットが認められ，試料はそれぞれ異なる層準から採取している。このため地磁気の永年変化により磁化方位がやや分散してしまっただけではないかと考えられる。

Sh のまとまりが悪い原因としては，Sh の時代の永年変化の変化量が Od や Uh の時代より大きかったことや，Sh の残留磁化が Od や Uh と比べてより不安定であることが推測できるが，現時点では特定できない。

MsP の磁化方位は，他の大山上部火山灰の各層の磁化方位と比べて，採取地点によって大きく異なっている。蒜山高校 (O1) と鴨ヶ丘 (T3) の方位は，他のテフラ層からのデータと比べると偏角が東西に大きく振れ，伏角は浅く異常ではあるが， α_{95} は比較的小さく残留磁化は安定である (表 3)。そのためエクスカッションである可能性もあると思われる。MsP は短い期間に

表3-1 古地磁気測定結果

風化火山灰層

地点名	試料番号	N	Dm (°)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)	帯磁率 ($\mu\text{m}^3/\text{kg}$)
							Lon.	Lat.			
O1*	EH128-131	4	-6.5	45.7	16.0	34.0	349.7	80.1	3	3.8	4.68

弥山軽石層 (MsP)

地点名	試料番号	N	Dm (°)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)	帯磁率 ($\mu\text{m}^3/\text{kg}$)
							Lon.	Lat.			
O1-1**	EH258-265	8	-98.4	16.1	14.8	14.9	55.2	-2.0	4	54.3	11.66
O1-2**	EH266-269	4	-92.6	-17.1	8.6	116.3	38.0	-7.1	4	103.4	10.44
T3**	EH541-550	6	111.6	16.3	6.9	95.5	204.0	-12.3	3	31.7	11.77
T4-1	AF51-54	4	-9.6	68.6	10.3	81.2	114.2	72.1	5	30.1	6.90
T4-2	AF55-58	4	-27.8	61.2	4.3	467.1	69.9	67.4	7	20.9	7.88
T4-3	AF59-62	4	-3.2	53.0	1.3	4787.0	10.2	86.8	16	117.0	8.14
T4-4	AF63-66	4	-9.5	48.7	3.1	872.8	10.8	80.2	23	29.4	7.95
MsP平均		4	-11.9	58.2	11.9	60.7	71.5	79.4	13	49.3	7.72

上のホーキ火山灰層 (Uh)

地点名	試料番号	N	Dm (°)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)	帯磁率 ($\mu\text{m}^3/\text{kg}$)
							Lon.	Lat.			
O1	EH135-138,270,272	6	-19.8	47.1	6.1	120.1	26.6	71.8	3	47.8	8.68
T2	EH314-321	7	-5.2	48.3	8.7	49.1	351.0	82.5	9	26.9	9.57
T3-1	EH551-555	4	10.1	43.0	9.6	93.5	270.9	76.5	4	21.2	9.59
T3-2	EH556-560	5	5.0	55.2	3.3	549.5	217.1	85.9	10	54.2	7.21
T3-3	EH561-565	3	5.3	57.5	5.8	445.3	189.1	84.9	5	37.4	9.06
T3-4	EH566-570	5	12.8	62.1	7.4	107.6	180.8	77.3	4	43.9	8.28
T4-1	AF39-42	4	8.3	45.6	3.4	743.2	271.0	79.1	18	25.2	8.46
T4-2	AF43-46	4	10.3	52.4	5.9	241.0	236.4	81.2	22	25.4	7.16
T4-3	AF47-50	4	10.3	47.5	5.4	290.1	258.6	79.0	10	24.5	8.38
O5-1	AF79-83	4	-5.9	47.4	2.2	1777.9	351.8	81.6	5	25.6	8.84
O5-2	AF75-78	4	-0.2	55.7	10.1	84.2	124.0	89.0	9	13.6	10.33
O5-3	AF71-74	4	-9.1	42.5	4.5	424.7	352.5	76.7	18	52.6	8.16
Uh平均		12	1.4	50.8	4.8	83.0	292.2	86.3	10	33.2	8.64

オドリ火山砂層 (Od)

地点名	試料番号	N	Dm (°)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)	帯磁率 ($\mu\text{m}^3/\text{kg}$)
							Lon.	Lat.			
O1	EH139-142,275,276	6	-13.1	45.3	5.6	141.6	10.2	76.0	3	13.1	4.86
T2	EH322-329	8	-0.8	41.8	7.1	61.9	317.5	78.7	2	21.3	5.67
T3-1	EH571-575	5	20.0	47.9	8.2	87.2	238.9	71.9	3	13.6	5.36
T3-2*	EH576-580	4	58.7	49.4	14.1	43.3	212.1	41.1	4	44.3	6.82
T4-1	AF35-38	4	5.9	59.5	9.7	91.4	175.2	83.2	4	13.8	8.39
T4-2*	AF31-34	3	20.3	65.5	19.0	42.9	178.3	70.6	5	14.6	7.96
T4-3*	AF27-30	4	8.7	57.9	26.3	13.1	196.6	82.4	5	13.2	8.32
O5-1	AF92-95	4	-9.4	49.0	7.2	161.8	12.1	80.4	4	17.2	7.32
O5-2	AF88-91	4	1.7	47.4	10.0	85.0	301.2	83.1	7	12.8	5.93
O5-3	AF84-87	4	-1.6	53.4	5.9	241.2	358.6	88.1	4	14.4	4.81
Od平均		7	0.1	49.8	6.8	78.8	311.2	85.4	4	15.2	6.00

O1：蒜山高校，O5：倉吉，T2：大山池2，T3：鴨ヶ丘，T4：蒜山，N：試料数，Dm：平均偏角，Im：平均伏角， α_{95} とk：Fisher (1953) の統計値，VGP：仮想磁極，Lon：VGPの経度，Lat：VGPの緯度，MDF：消磁により磁化強度が半分になる消磁磁場，INT：消磁前の磁化強度。なお，地点名に*を付した層準については α_{95} が 11° を越えたため，**を付した層準については磁化方位が他と大きく異なるため，テフラ層平均からは省いた。

表3-2 古地磁気測定結果

下のホーキ火山灰層 (Sh)

地点名	試料番号	N	Dm (°)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)	帯磁率 ($\mu\text{m}^3/\text{kg}$)
							Lon.	Lat.			
O1-1	EH277-280	4	8.1	38.5	8.7	113.5	284.0	74.7	10	40.7	7.84
O1-2*	EH143-146	4	-5.1	41.1	17.3	29.1	335.8	77.5	3	21.3	7.80
T2	EH331-337	7	8.3	40.3	4.5	184.3	281.3	75.7	4	35.9	8.10
T3-1*	EH581-585	4	61.9	37.2	17.1	29.8	221.3	34.4	3	72.5	7.73
T3-2	EH586-590	5	31.0	41.8	2.8	746.6	238.0	61.0	4	61.0	6.85
T3-3	EH591-609	14	34.1	39.9	3.5	130.3	237.6	57.8	5	66.2	6.52
T4-1*	AF19-22	4	9.2	28.6	22.2	18.1	289.1	68.3	21	96.8	7.37
T4-2	AF23-26	4	9.3	42.6	5.8	250.0	274.3	76.6	24	107.1	7.75
O5-1	AF100-103	3	5.8	53.6	3.3	1423.4	235.6	85.1	6	15.7	9.35
O5-2	AF96-99	4	15.1	60.9	3.4	745.2	189.8	76.5	9	19.7	8.94
Sh平均		7	16.3	45.9	9.0	46.2	247.9	74.4	9	49.5	7.91

始良Tn火山灰層 (AT)

地点名	試料番号	N	Dm (°)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)	帯磁率 ($\mu\text{m}^3/\text{kg}$)
							Lon.	Lat.			
O1	KT63-74	12	5.2	47.4	1.7	618.8	279.1	81.9	20	7.1	1.41
T2	EH222-225,228,229,338	8	3.2	48.8	3.1	324.2	287.3	83.7	18	7.4	4.49
T3-1	EH610-619	10	14.9	47.9	3.3	214.3	246.5	75.9	11	9.4	1.16
O-4	EH151-160	10	5.0	44.3	4.2	136.3	287.5	49.8	18	5.9	1.44
T4	AF14-18	5	-0.7	51.6	6.1	156.2	324.5	86.8	18	5.6	1.30
O5	AF104-108	5	4.6	59.0	2.3	1089.9	171.5	84.2	17	6.7	1.55
船上山	TA1-15	15	10.4	50.1	2.5	239.1	248.2	80.2	18	6.7	1.86
関金宿1	TK1-20	20	10.1	40.6	2.3	208.1	275.3	75.0	16	4.2	1.66
関金宿2	KT51-62	12	7.4	53.0	4.4	97.6	238.2	83.6	17	5.3	1.69
伯耆浦安	TK61-80	15	8.7	45.3	2.1	327.5	270.6	78.6	15	6.5	1.84
泰久寺1	TK81-100	19	10.1	45.4	1.9	298.2	265.5	77.9	18	3.9	1.55
泰久寺2	JKA32-52	17	9.5	42.6	2.3	232.4	273.6	76.5	21	4.6	1.52
農業大学	CW61-80	19	3.8	48.4	1.8	353.6	284.5	83.2	21	5.0	1.80
蒜山1	OA1-9	9	3.3	46.8	1.0	2486.6	291.7	82.2	21	8.9	1.40
蒜山2	OA21-28	8	-0.2	48.1	1.7	1045.5	315.3	83.8	18	8.1	1.42
蒜山4	A1-15	14	4.4	42.6	1.9	455.2	292.8	78.7	18	5.8	1.41
井川栄2	JT459-470	12	3.9	46.5	3.1	196.9	288.8	81.8	15	6.2	1.79
AT平均		17	6.2	47.6	2.3	246.7	275.5	80.1	18	6.3	1.72

AT直下の風化火山灰層 (Roam)

地点名	試料番号	N	Dm (°)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)	帯磁率 ($\mu\text{m}^3/\text{kg}$)
							Lon.	Lat.			
T2-1	EH161-164	4	5.0	42.7	9.4	95.8	290.2	78.6	10	4.9	2.18
T2-2	EH165-168	4	12.2	58.3	7.1	166.3	199.7	79.6	13	5.2	2.33
T2-3	EH169-174	6	23.1	58.2	5.7	136.9	206.0	71.3	5	5.2	3.16
T3	EH620-624	5	11.6	44.6	4.8	254.5	263.1	76.5	9	5.8	2.47
T4	AF10-13	4	-5.0	46.6	8.6	115.9	344.6	81.4	11	3.4	2.34
O5-1	AF118-121	4	-10.4	53.8	9.1	102.5	40.3	81.4	7	4.2	3.09
O5-2*	AF114-117	3	3.0	57.4	15.2	66.7	174.3	86.4	8	4.8	1.99
O5-3	AF109-113	5	-7.1	52.9	8.8	76.4	28.4	83.9	11	4.8	1.93
Roam平均		7	3.8	51.5	7.3	69.1	262.6	85.7	9	4.8	2.50

O1：蒜山高校，O5：倉吉，T2：大山池2，T3：鴨ヶ丘，T4：蒜山，N：試料数，Dm：平均偏角，Im：平均伏角， α_{95} とk：Fisher (1953) の統計値，VGP：仮想磁極，Lon：VGPの経度，Lat：VGPの緯度，MDF：消磁により磁化強度が半分になる消磁磁場，INT：消磁前の磁化強度。なお，地点名に*を付した層準については α_{95} が 11° を越えたため，**を付した層準については磁化方位が他と大きく異なるため，テフラ層平均からは省いた。

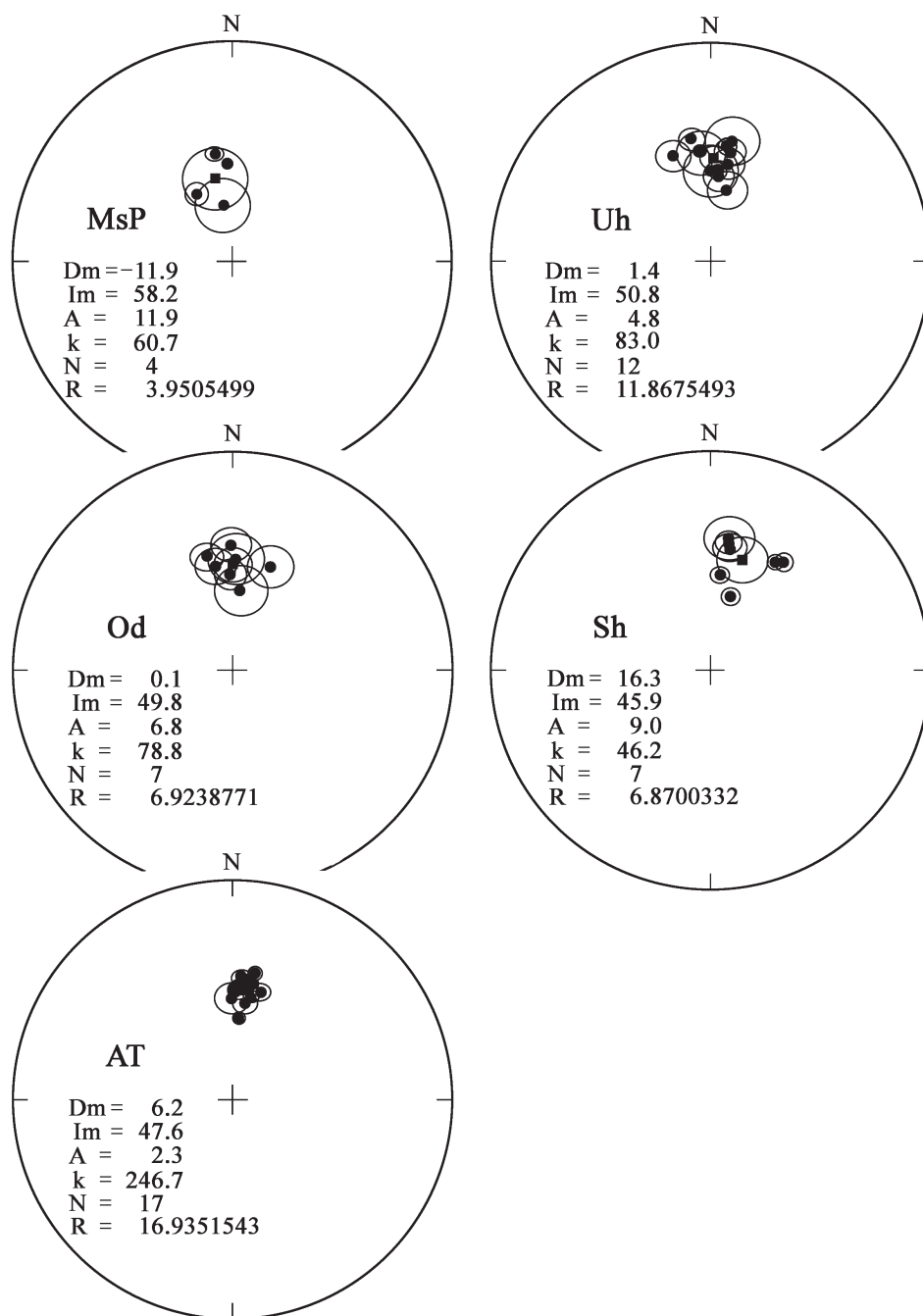


図3 各テフラ層の層準平均磁化方位

シュミット・ネットへの投影。楕円は α_{95} 。黒丸：層準平均方位，黒四角：テフラ層平均方位，Dm：テフラ層平均偏角 (°E)，Im：テフラ層平均伏角 (°E)，N：層準数。A = α_{95} とkおよびRは，Fisher (1953) の統計値。ATは中島・藤井 (1995a) の岡山・鳥取県地域の値を含む。

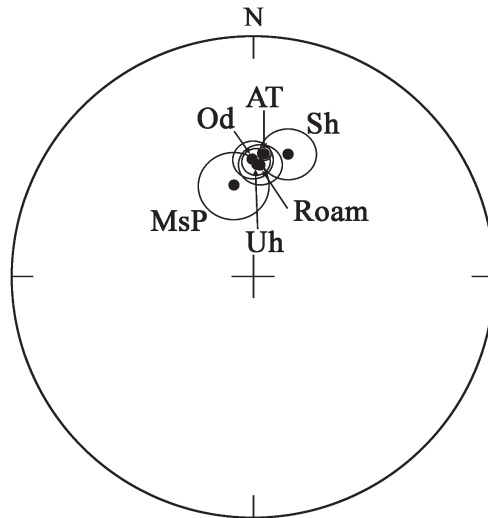


図4 各テフラ層の平均磁化方位
シュミット・ネットへの投影。楕円は α_{95} 。

数回に渡って噴出したものとされており（津久井, 1984），MsPが噴出した時代に地磁気エクスカカーションがあったとすれば，層準によって磁化方位が大きく異なっても不思議ではない。

表3に示した帯磁率はLF測定値を重量で割った重量帯磁率（ χ^H ；単位は $\mu\text{m}^3/\text{kg}$ ）である。周波数依存性帯磁率（ $\kappa^{\text{fd}\%}$ ；単位は%）も求めたが，今回の $\kappa^{\text{fd}\%}$ はすべて3%以下だったので表には載せていない。 $\kappa^{\text{fd}\%}$ がすべて3%以下であることから，バクテリアが生産する磁性鉱物の増加や発酵・腐食などによって磁性鉱物が一部変質していることなどを考慮する必要はないと考えられ（Dearing, 1994），磁性鉱物に関して言えば，堆積時の状態が保存されているものとみなすことができる。

図5に各テフラ層の平均帯磁率を示す。縦棒は標準偏差である。大山上部火山灰層の各テフラ層とDKPの帯磁率は約 $8 \mu\text{m}^3/\text{kg}$ とほぼ同じ値を示すが，ATとロームのそれは大山上部火山灰層の約4分の1と低い。給源近くの宮崎県で採取したATの値は今回の大山上部火山灰層に近い値を示す（中島・藤井, 1995b）ことから，帯磁率の差異は，テフラの種類による違いではなく，給源からの距離の違いに起因していると考えられる。

一方，磁化強度については，ATとロームは小さく大山上部火山灰層は大きいという帯磁率と同じ傾向を示した（図6）が，同一テフラ層内でも層準間の差が大きい。特にMsPとShには 1 A/m を越える値もあった（表2）。この大きな値はテフラの堆積残留磁化としては異常であり，藤井・中島（2008）が山口県に分布する阿蘇4火砕流堆積物で指摘したような熱残留磁化を獲得している可能性があるのかもしれない。

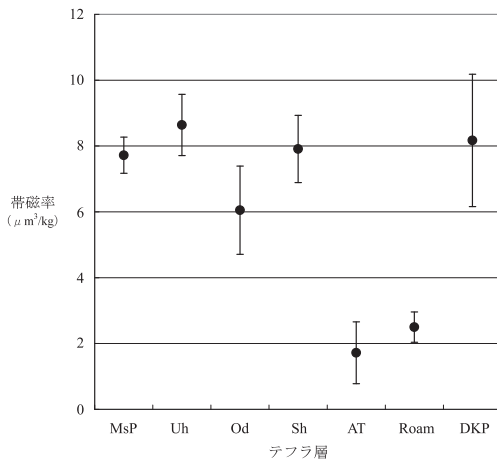


図5 テフラ層平均帯磁率
縦棒は標準偏差である。DKPの値は中島・藤井(1996b)による。

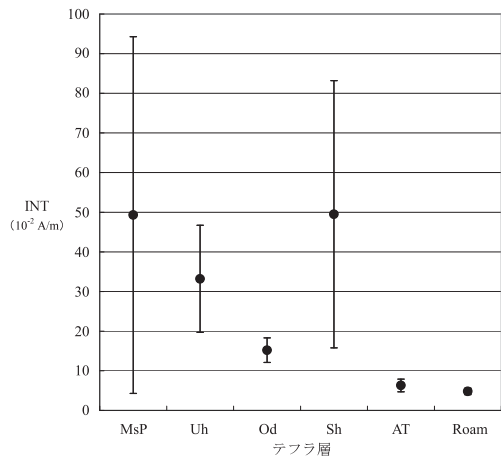


図6 テフラ層平均磁化強度
縦棒は標準偏差である。

VI 地磁気永年変化

地磁気永年変化についての検討が本研究の主目的であったが、図4のテフラ層平均磁化方位からは永年変化についての考察は困難である。偏角と伏角の深度による変化をそれぞれ図7と図8に示す。なお、標準深度を決めるにあたっては、大山上部火山灰層の各テフラ層の層厚を試料採取した4地点で平均して順に加算し、MsPの最上位を0 cm、ロームの最下位を240.6 cmとした。各地点の層準の深度は、この標準深度に換算して示してある。

大山上部火山灰層で放射年代が測定されているのは弥山火砕流堆積物だけであり、 $17,200 \pm 400$ y.B.P.という ^{14}C 年代が得られている(津久井, 1984)。この火砕流堆積物は蒜山高校(O1)と大山池2(T2)の風化火山灰層に相当し、MsPの直上に乗る。大山上部火山灰層の直下のAT層の噴出年代は町田・新井(2003)により2.5万年前(^{14}C 年代)とされている。このような年代値から、大山上部火山灰層の堆積期間は約8000年ということになる。

伏角は非常に緩やかな変化しか読み取れない(図8)が、偏角からは 20° W から 20° E までの変化が読み取れる(図7)。しかし、約8000年間の永年変化としては極めて少ない。これは火山灰層の測定結果しか得られていないことに起因するのかもしれない。各テフラ層の堆積期間は短く、テフラ層とテフラ層の間には堆積物が欠落していて、連続した古地磁気記録となっていないことが考えられる。

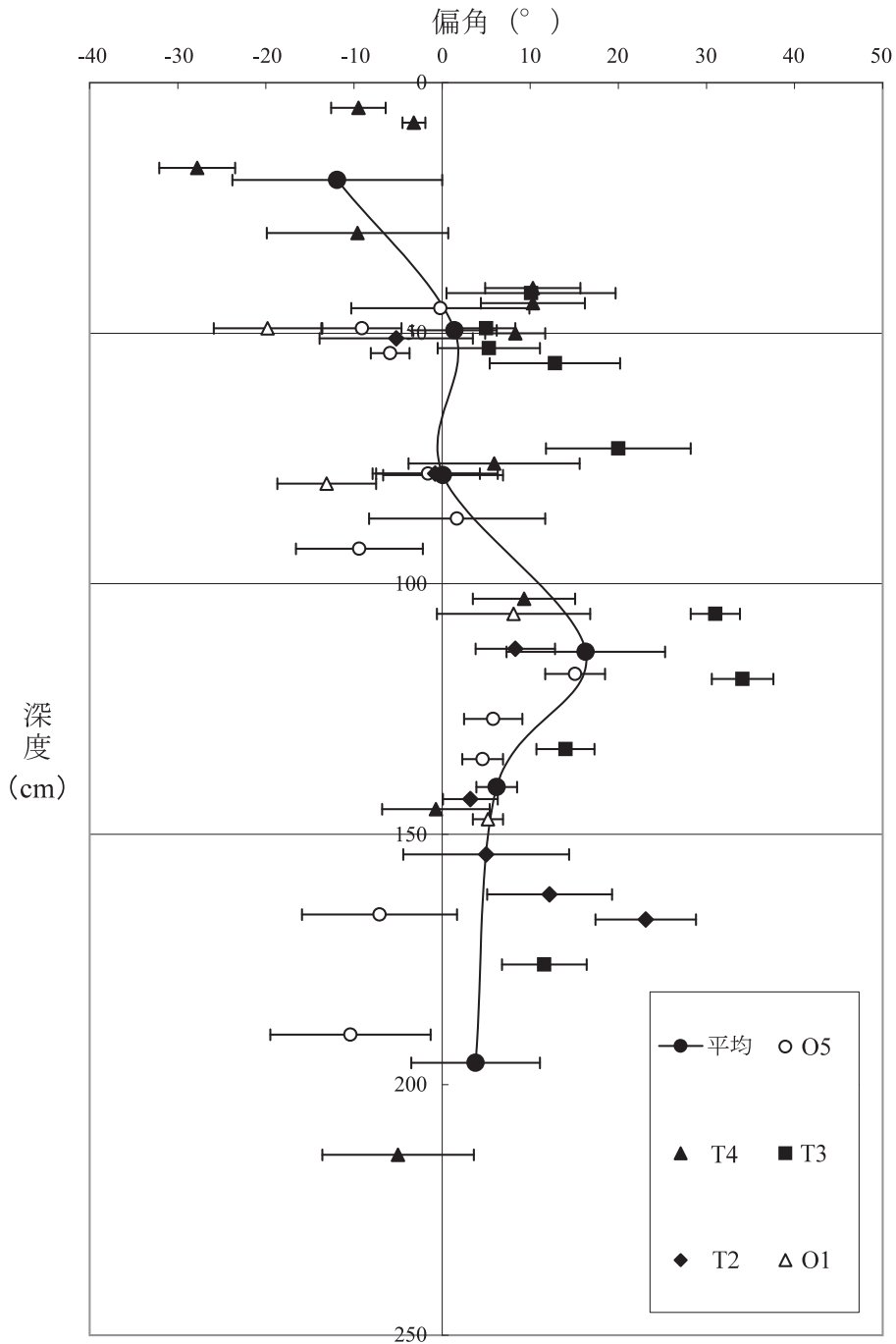


図7 偏角の深度による変化

東偏を+, 西偏を-で表してある。O1: 蒜山高校, O5: 蒜山, T2: 大山池2, T3: 鴨ヶ丘, T4: 倉吉。平均はExcelのスムージング曲線で結んである。標準深度を決めるにあたり, 大山上部火山灰層の各テフラ層の層厚を試料採取した4地点で平均して順に加算し, MsPの最上位を0cm, ロームの最下位を240.6cmとした。各地点の層準の深度は, この標準深度に換算して示してある。

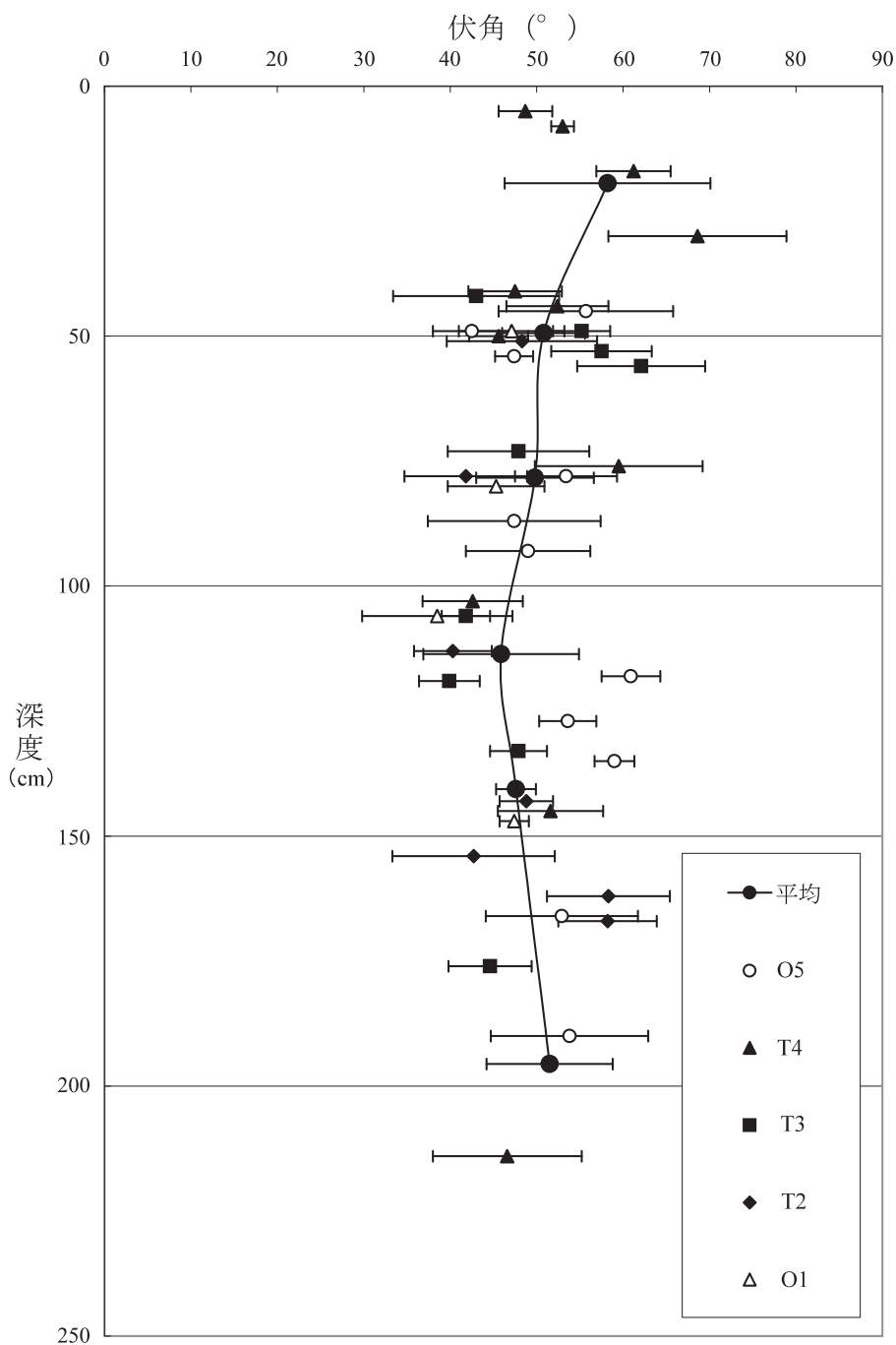


図8 伏角の深度による変化

O1：蒜山高校，O5：蒜山，T2：大山池2，T3：鴨ヶ丘，T4：倉吉。平均はExcelのスムージング曲線で結んである。標準深度を決めるにあたり，大山上部火山灰層の各テフラ層の層厚を試料採取した4地点で平均して順に加算し，MsPの最上位を0cm，ロームの最下位を240.6cmとした。各地点の層準の深度は，この標準深度に換算して示してある。

Ⅶ まとめ

本研究では大山上部火山灰層の古地磁気測定を行い，各テフラ層について信頼度の高い測定結果が得られた。

1. MsP の時代のエクスカージョンの可能性について

弥山軽石層（MsP）は他の大山上部火山灰のテフラ層と比べて，磁化方位が大きく分散し，採取地点によって大きく値が異なっていた。MsP は複数回の噴出が認められており，層準によって磁化方位が大きく異なることは，MsP の噴出した時代が地磁気エクスカージョンの時代であった可能性を示している。

2. 帯磁率について

大山上部火山灰層の帯磁率は岡山・鳥取地域の DKP の帯磁率とほぼ同じ値を示した。また，この地域の AT は帯磁率が低いのにに対して，給源近くの宮崎県で採取した AT の値は，大山上部火山灰層に近い値を示していた。これらのことから，帯磁率の違いはテフラの種類によるのではなく，噴出源からの距離に起因すると考えられる。

3. 地磁気永年変化について

伏角は非常に緩やかな変化しか読み取れないが，偏角については 20° W から 20° E までの変化が読み取れる。しかし，約8000年間の永年変化としては極めて少ない。これはテフラ層間の堆積物が欠落しているため，連続した古地磁気記録となっていないことが考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり，福井大学教育学部地学教室の学生であった長谷川恵理氏には測定を補助していただいた。また，福井大学教育地域科学部地学教室の山本博文教授には原稿を読んでいただいた。心より感謝申し上げます。

引用文献

- 赤木三郎，1973，大山火山の地質．日本自然保護協会調査報告，no. 45，9-32.
- 荒川 宏，1984，大山火山西北部における火山麓扇状地の形成．地理学評論，57，831-855.
- Dearing, J., 1994, Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System. 104p, Bartington.
- Fisher, R.A., 1953, Dispersion on sphere. *Proc. Roy. Soc.*, **A217**, 295-305.
- 藤井純子・中島正志，1998，第四紀広域テフラの古地磁気方位．福井大学教育学部紀要，II，no. 51，47-60.
- 藤井純子・中島正志，2008，山口県に分布する阿蘇4火砕流堆積物の定置温度の推定．福井大学地域環境研究教育センター研究紀要「日本海地域の自然と環境」，no. 15，45-52.
- Fujii, J., Nakajima, T., and Hirooka, K., 2002, The geomagnetic field's configuration over the Japanese Islands at the time when the Aso-4 tephra was deposited. *Mem. Fukui Prefectural Dinosaur Museum*, no. 1, 63-91.
- Fujii, J., Nakajima, T., and Kamata, H., 2001, Paleomagnetic directions of the Aso pyroclastic-flow and the Aso-4 co-ignimbrite ash-fall deposits in Japan. *Earth Planets Space*, **53**, 1137-1150.

- Kirschvink, J.L., 1980, The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic date. *Geophys. J. Roy. astr. Soc.*, **62**, 699-718.
- 町田 洋・新井房夫, 1976, 広域に分布する火山灰-始良 Tn 火山灰の発見とその意義-. 科学, **46**, 339-347.
- 町田 洋・新井房夫, 1979, 大山倉吉軽石層-分布の広域性と第四紀編年上の意義-. 地学雑誌, **88**, 313-330.
- 町田 洋・新井房夫, 2003, 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 336p, 東京大学出版会.
- 光野千春・沼野忠之・野瀬重人, 1980, 岡山県地学のガイド. 252p, 地学のガイドシリーズ 11, コロナ社.
- 中島正志・藤井純子, 1995a, 始良 Tn テフラの古地磁気方位. 第四紀研究, **34**, 297-307.
- 中島正志・藤井純子, 1995b, 第四紀テフラの帯磁率. 福井大学教育学部紀要, II, no.47, 31-46.
- 中島正志・藤井純子・山本博文・土田浩司, 2004, 鬼界アカホヤテフラと福井県勝山市の池ヶ原堆積物の古地磁気研究. 福井大学教育地域科学部紀要, II, no.56, 1-15.
- 日本の地質『中国地方』編集委員会, 1987, 日本の地質7 中国地方. 290p, 共立出版.
- 岡田昭明, 1983, 大山上部火山灰層の層序-とくに強磁性鉱物のキュリーポイントによる最下部火山灰の対比-. 鳥取大学教育学部研究報告, 自然科学, no.32, 39-51.
- 岡田昭明, 1994, 大山上部火山灰と始良 Tn 火山灰に含まれる強磁性鉱物の熱磁化特性. 第四紀, **26**, 5-16.
- 岡田昭明・谷本慎一, 1986, 大山下部火山灰から新たに発見された二枚貝の降下軽石層について. 鳥取大学教育学部研究報告, 自然科学, no.35, 33-42.
- 大久保雅弘, 1976, 山陰地学ハイキング. 128p, たたら書房.
- 佐治孝弑・田崎和江・赤木三郎・麻田 斉, 1975, 大山火山降下堆積物の層序とその特徴. 地球科学, **29**, 199-210.
- 山陰第四紀グループ, 1969, 山陰海岸地域の第四系. 地団研専報, **15**, 354-376.
- 津久井雅志, 1984, 大山火山の地質. 地質学雑誌, **90**, 643-658.
- 津久井雅志・柵山雅則, 1981, 大山山麓における三瓶山起源の降下軽石層の発見とその意義. 地質学雑誌, **87**, 559-562.