



- Chapter 3. Samples and Sampling sites  
(採集試料と採集地点)
- Chapter 4. Equipment and measurements  
(測定器と測定方法)
- Chapter 5. Paleomagnetism of Cenozoic McMurdo Volcanics  
(新生代のマクマード火山岩の古地磁気)
- Chapter 6. Paleomagnetism of Ferrar dolerite  
(フェラードレライトの古地磁気)
- Chapter 7. Paleomagnetism of Beacon Group  
(ビーコングループの古地磁気)
- Chapter 8. Paleomagnetism of basement complex of Wright Valley  
(ライト谷の基盤岩の古地磁気)
- Chapter 9. Synthesizing paleomagnetic discussions and concluding remarks  
(古地磁気に関する総合的議論及び総括的意見)

# 論文内容要旨

## 1. 序論

南極大陸は一般に先カンブリア代の東南極と、主に中生代～新世代の西南極に分けられ、両者は異なった歴史を持ち、異なるプレートに属していると考えられている。それゆえ、この研究は東南極大陸に限定し、古地磁気学的手法により行なったものである。

東南極大陸の古地磁気学的研究は、ジュラ紀のフェラードレライトとカンブリア～オルドビス紀の岩体についてのみ行なわれた。その結果前者の磁極(VGP)の位置は現在の南太平洋に、また後者のそれはアフリカの赤道付近にあったことが判明している。古生代中～末期のビーコン砂岩層についての研究も行なわれたが、いずれもフェラードレライトにより再磁化しているため成功しなかった。

この研究の対象地域ビクトリアランド・マクマードサウンドでは、ライト谷で Bull et al. (1962)により総合的な古地磁気学の研究が行なわれた。その結果、ジュラ紀以前の自然残留磁気(NRM)はジュラ紀に再磁したことが明らかにされた。一方、Manzoni and Nanni(1979)は同地域のテラー谷のカンブリア～オルドビス紀の岩石のNRMが水平であることを示した。第四紀の火山岩類の古地磁気学的研究は主にロス島の火山岩を対象に行なわれたが、いずれも断片的なものである。

## 2. マクマードサウンド地域の地質および採集試料

マクマードサウンド地域には、先カンブリア代から現代に至る種々の年代の岩石が露出し、特にドライバレーと呼ばれるライト、ビクトリアそれにテラー谷では、これらの地層がすべてみられる。ライト谷では、先カンブリア代の片岩や大理石を500～470m.y.(カンブリア～オルドビス紀)の種々の岩脈を持つ花崗岩類が貫入している。この上に不整合で直接厚さ2000m以上の砂岩層を主体とするビーコングループが堆積している。ビーコングループは、デボン紀からジュラ紀までの浅海性の堆積物で、二畳紀～三畳紀の地層中には、グロソプテレスの化石や石炭層が含まれる。ジュラ紀になって、ほとんどの地域で100～300mの厚さのフェラードレライトの岩床の貫入が見られる。第三紀末から現在にかけて、この地域の海岸付近を中心に火山活動があり、ロス島をはじめとする多くの島や火山が形成された。

筆者は1977—79年にかけて、この地域から合計602個の古地磁気学用試料を採集した。これらの試料は、基盤岩類をライト谷から、フェラードレライトをライト谷、アーラン丘、カラペースヌナタークそれにフレミング山から、デボン紀のビーコングループをシアス山とノブヘッド山から、二畳紀～三畳紀のビーコングループをアーラン丘それにフレミング山から、また新生代の火山岩類をロス島のハットポイント半島、ロイズ岬それにテラー谷から集められた。

試料採集にあたり、方向の測定は太陽の影を使い、曇天の時のみ磁石を用いた。またNRMの測定は、超電導磁力計あるいはスピナー磁力計を用いた。

### 3. 実験結果

#### 3-1 マクマード火山岩

ハットポイント半島の11枚の溶岩流と1層の凝灰角礫石、それに2枚のロイズ岬と1枚のテラー谷の溶岩流から代表的な試料を選び、磁気履歴特性、 $-269^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ までの熱磁化特性、NRMの交流および熱消磁、それに顕微鏡観察を行なった。その結果、ほとんどの試料は安定なNRMを持ち、不安定なものでも交流消磁により安定なNRMを取り出すことが可能である。各採集地の試料のNRMの平均的方向から次のような事が判明した。オブザベーションヒル、アーミテージ岬それにテラー谷の溶岩は逆帯磁を示し、その他は正帯磁を示す。磁極(VGP)の位置は、図1に示すように、その多くが南緯 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ の範囲に分布し、南極で測定された他の7個の新生代のVGPの結果と一致する。また最も古い290万年から最も新しい43万年にかけてのVGPの移動の軌跡には一定性がないが、その中心は地球回転軸近くにある。このようなVGPの広範囲の分布は、現在の南半球高緯度地方から得られる結果とよく一致する。以上のことから、得られたVGPの分布は南極大陸の移動や双極子磁場の変化の結果でなく、非双極子磁場の影響のためと考えられる。また南極大陸は少なくとも第三紀末にはすでに現在の位置にあり、その後大きな移動はなく、この間双極子磁場の極の平均的位置は、地球回転軸に近かったと考えられる。採集地域内のマクマード火山岩類の噴出順序を古地磁気学、地質学などの結果を総合すると、新しいものから古い順に、ツィンクレーターとロイズ岬(ブリュンヌ期)、ハーフムンクレーター(ハラミロイイベント)、オブザベーションヒルとアーミテージ岬(オールドパイあるいはレユニオンイベント)そしてテラー谷(カエナイイベント)であることが判明した。また磁性粒子の形状から、いくつかの溶岩は氷あるいは雪の中で冷却したと考えられる。

#### 3-2 フェラードレライト

ジュラ紀のフェラードレライトについて、磁気履歴特性、熱磁化特性、交流消磁および熱消磁を行なった。その結果ライト谷、アーラン丘それにフレミング山のNRMは安定な熱残留磁気を持つが、カラペースヌナタークのそれは不安定である。おそらくカラペースヌナタークの試料は擬磁区あるいは多軸構造であるのに対し、その他の試料は単磁区あるいは擬磁区構造と思われる。測定された試料はいずれも正帯磁を示し、得られたVGPの値は、図2に示すようにライト谷： $45.3^{\circ}\text{S } 152.0^{\circ}\text{W}$ 、アーラン丘： $47.0^{\circ}\text{S } 133.2^{\circ}\text{W}$ 、フレミング山： $68.6^{\circ}\text{S } 139.5^{\circ}\text{W}$ である。これらの値は南極横断山脈の他の7地点から採集されたフェラードレライトの古地磁気学の結果とだいたい一致する。これら10点のジュラ紀のフェラードレライトの平均的なVGPの値は $53.9^{\circ}\text{S}$ 、 $141.8^{\circ}\text{W}$ である。

#### 3-3 ビーコングループ

シアス山、ノブヘッド山、アーラン丘それにフレミング山から集められたビーコングループ(主に砂岩層)の試料の年代はそれぞれデボン紀の前期あるいはそれ以前、デボン紀、二疊紀～三

疊紀それに三疊紀である。それぞれの試料が堆積残留磁気(DRM)を持つか、フェラードレライトにより焼かれ TRM を持つかを調べるため、NRM の交流消磁および熱消磁、ARM および TRM の獲得の様子、それに ARM の交流消磁を行なった。その結果、安定な NRM を持つ試料の磁化方向はフェラードレライトの磁化方向とだいたい平行である。ARM、TRM などの実験結果から、シアス山、ノブヘッド山それにフレミング山の試料は焼かれ再磁化した可能性がきわめて強いが、アーラン丘の試料はフェラードレライトに焼かれず現在まで DRM を保持していると推定される。このことは二疊紀末から三疊紀にかけての VGP の位置がジュラ紀のその位置に非常に近かったことを示している。オーストラリアから得られた VGP は中生代の間ほとんど動いていないことから、少なくとも両大陸はジュラ紀まで接続していた可能性が強い。

### 3-4 ライト谷の基盤岩

ライト谷から集められたカンブリア紀～オルドビス紀の5種類の基盤岩類は、いずれも安定な NRM 成分を持つ。これらの試料の NRM の偏角はだいたい一致しているが、伏角は正帯磁、逆帯磁を含め種々の値を持つ。しかし500°Cで熱消磁することにより、水平成分を持つ NRM とほとんど垂直な NRM に分解することが可能である。垂直に磁化した NRM は、フェラードレライトのそれと平行であり300°C以上の熱消磁で分散するが、水平方向の NRM 550°C近くまで安定に存在し得る。これはライト谷の底が500°Cまでフェラードレライトに焼かれ、また種々のキューリー点を持つ磁性粒子が試料に含まれるためと考えられる。すなわちカンブリア～オルドビス紀に水平方向に磁化した1次磁化は、キューリー点が500°C以上の試料では現在まで生き残っているが、500°C以下の試料では再磁化し消え失せジュラ紀の磁場方向に再磁化し、現在ではこの二次磁化のみが現われたものと推定される。この谷底を焼いたフェラードレライトの岩体はライト谷斜面に露出する3枚の岩床でなく、表面に露出していない巨大な岩体と考えられる。

今までに得られた東南極のカンブリア～オルドビス紀の VGP の位置は、図3に示すように、現在のアフリカ大陸の赤道付近に分布する。また、各採集地での NRM の偏角がランバント氷河を境にしてずれることから、東南極大陸はアメリカ棚氷ーランバート氷河に沿って15°～20°の角度で割れた可能性が考えられる。また今回得られたライト谷基盤の古地磁気の結果から少なくとも南極横断山脈は東南極プレートに属すると考えられる。

## 4. 古地磁気学的考察

南極大陸からみた極移動は McElhinny(1973)によって求められているが、これはカンブリア～オルドビス紀とジュラ紀の磁極の値を結んだにすぎない。今回得られた各時代の VGP の位置から推定される極移動曲線は、図一に示すように、カンブリア～オルドビス紀の位置を低緯度側に移動し、新たに二疊紀～三疊紀の位置を付け加えた。

南極、アフリカ、オーストラリア、南米それにインドの諸大陸から得られたジュラ紀と、カ

ンブリア～オルドビス紀の VGP の値を Smith and Hallam(1970)の Gondwana 大陸の組立モデルにしたがい移動させると、図 4 に示すように、各大陸の VGP はよい一致を示す。このことはこのモデルが Gondwana 大陸の復元に有力であると同時に、ジュラ紀にフェラー、カルー、タスマニアなどのドレライトが貫入した後に Gondwana 大陸の解体が始まったことを意味している。

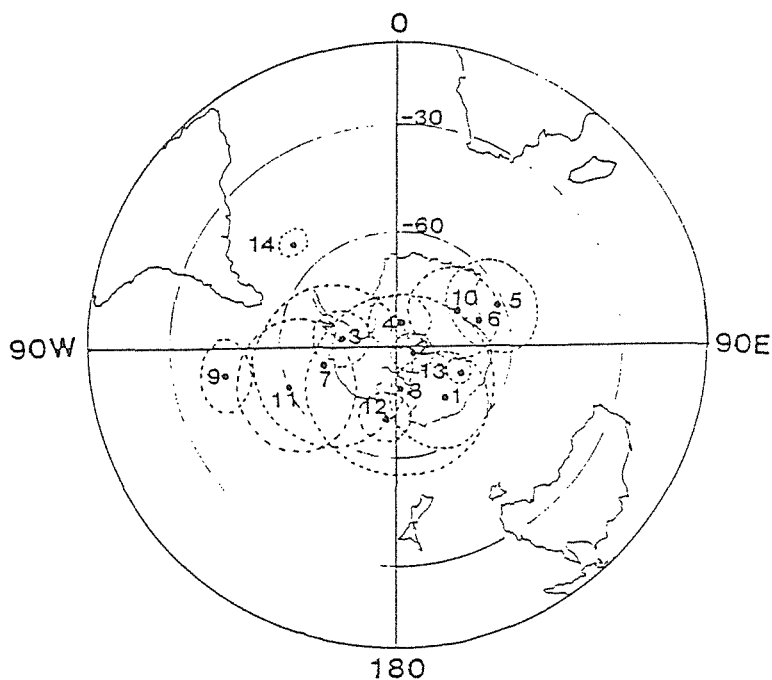
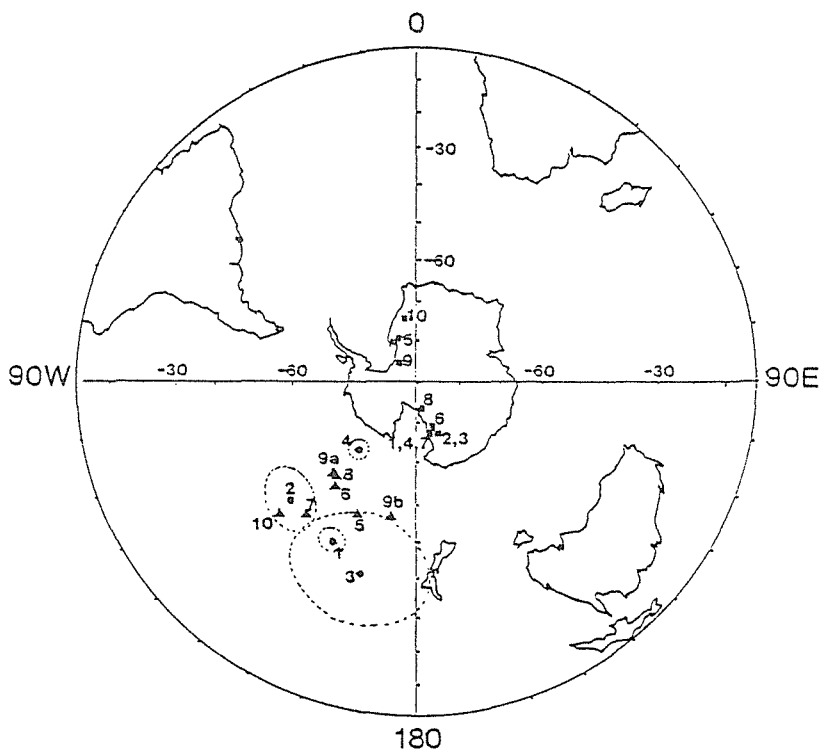
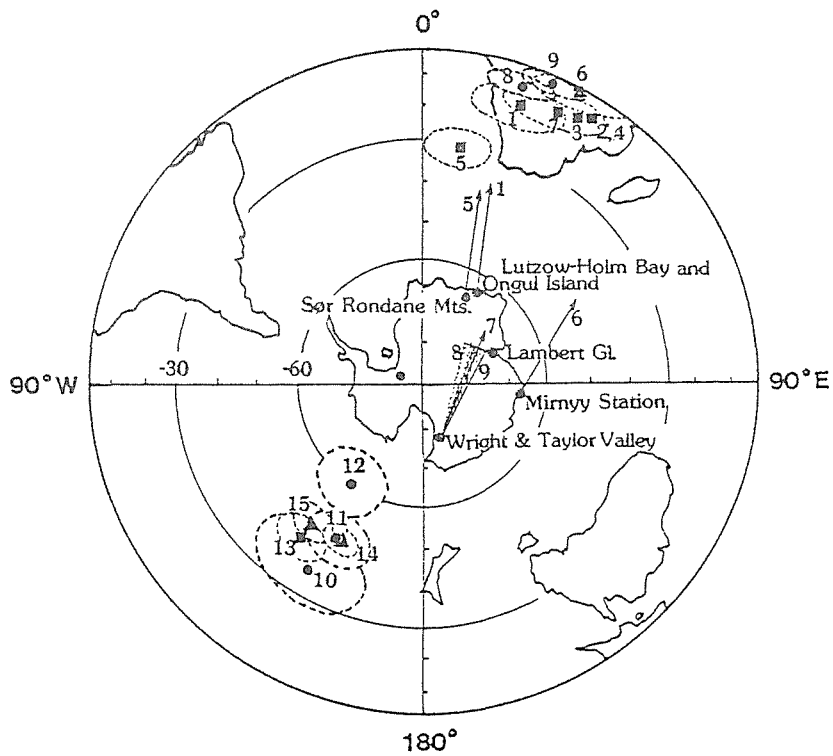


図 1 VGP positions from McMurdo Volcanics, equal area projection. 1: Fortress Rock, 2: Observation Hill, 3: Crater Hill, 4: Castle Rock (Matrix), 5: Near Scott Hut, 6: Cape Armitage, 7: Between Cape Armitage and Scott Base, 8: East side of The Gap, 9: Half Moon Crater, 10: Second Crater, 11: Black Knob, 12: Cape Royds A, 13: Cape Royds B, 14: Taylor Valley.

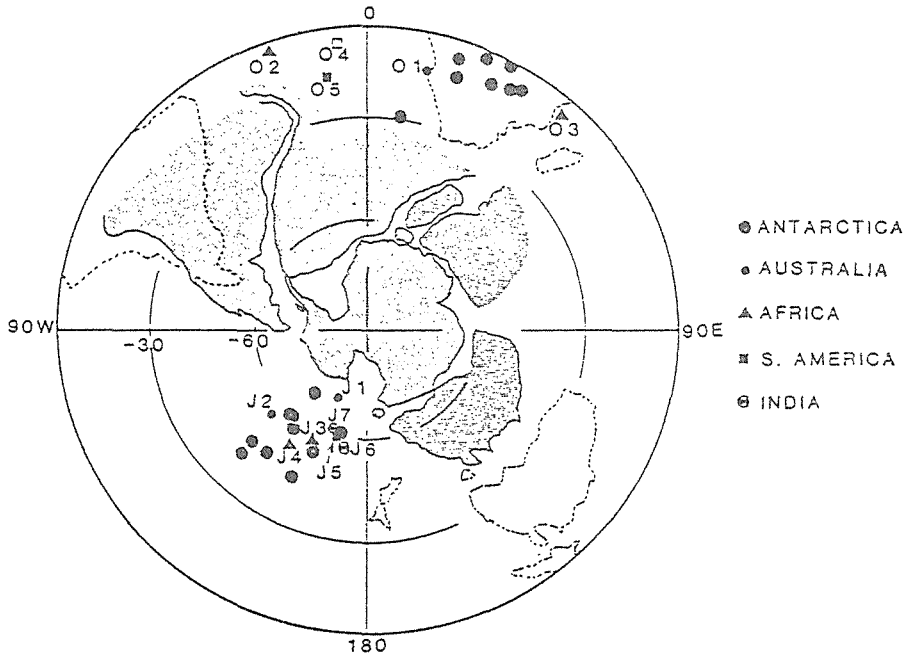


☒ 2 VGP positions of Jurassic rocks (Ferrara dolerite) for Antarctica (circles: this study, triangle: previous studies) and the corresponding sampling localities along the Transantarctic Mountains (squares). 1: Wright Valley, 2: Allan Hills, 3: Carapace Nunatak, 4: Mt. Fleming, 5: Theron Mountains (BLUNDELL and STEPHENSON, 1959), 6: Ferrara Glacier (TURNBULL, 1959), 7: Wright and Victoria Valley, (BULL and IRVING, 1962), 8: Beardmore Glacier (BRIDEN and OLIVER, 1963), Dufek intrusion: 9a (BECK, 1972) :9b (BURMESTER et al., 1980) and 10: Dronning Maud Land (LOVLIE, 1979).



☒ 3 Positions of VGP in Cambro - Ordovician Age for Antarctica and the declinations of NRM. 1: Onçul Island (NAGATA & SHIMIZU, 1959), 2 and 3: Onçul Island (NAGATA & YAMA-AI, 1961), 4: Lutzow-Holm Bay (KANEOKA et al., 1968), 5: Sørdane Mts. (ZIJDERVELD., 1968), 6: Mirnyy Station (MCQUEEN et al., 1972), 7: Taylor Valley (MANZONI & NANNI, 1977), 8 - 12: this study, 13: Wright & Victoria Valley (BULL et al., 1962), 14: Wright Valley (Ferraro dolerite): this study, 15: Wright & Victoria Valley (Ferraro dolerite) (BULL et al., 1962). equal-area projection.





4 VGP positions relative to due SMITH & HALLAM (1970) reconstruction of Gondwanaland. O: Ordovician age, J: Jurassic age. Equal area projection.

## 論文審査の結果の要旨

古地磁気のデータを用いて過去の大陸移動の様相を調べることは、現在のプレート運動を理解する上できわめて重要である。南極大陸はアフリカ、オーストラリア、南米、インド大陸とともに一つのゴンドラワナ大陸を形成していたと考えられていて、その古地磁気学的研究こそゴンドラワナ大陸の解体、移動について決定的な結論を与えるものと期待されていた。しかしながらそのきびしい自然環境のため、最近まで、南極大陸においてはジュラ紀のフェラードライトとカンブリア～オルドビス紀の岩体等の断片的な古地磁気学的研究が行われてきたのみであった。

著者は、東南極大陸、マクマードサウンド地域のドライバレーには先カンブリア代から現代に至る種々の年代の岩石が露出していることに着目し、カンブリア代(500m.r.)から現代までの合計602箇の古地磁気学用試料を採集し、厳密な検査を行うために詳細な岩石磁気実験を実施し、それぞれの試料のVGP(Virtual geomagnetic pole: 磁気双極子の軸が地球表面を切る点)を求めた。その結果、最も新しいマクマード火山岩については、その磁気履歴特性、 $-269^{\circ}\text{C}$ ～ $700^{\circ}\text{C}$ までの熱磁化特性を調べ、またNRM(自然残留磁気)の交流消磁、熱消磁を実施するなど厳密な検査を行い、安定なNRMを同定し、精度高いVGPを求めた。その値は $60^{\circ}\text{S}$ ～ $90^{\circ}\text{S}$ の範囲に分散しているが、その中心は地球回転軸にほぼ近く、その分散は非双極子磁場の影響のためと考えられる。この結果から南極大陸は少なくとも第三紀末にはすでに現在の位置にあって、その後大きな移動がなかったことを示している。

ジュラ紀の10地点のフェラードライトについても同様な実験を行い、その平均的なVGPは $53.9^{\circ}\text{S}$ ,  $141.8^{\circ}\text{W}$ の値を得た。これは南極横断山脈の他の7地点から得た結果ともよく調和している。

ビーコングループの試料の年代は、デボン紀の前、デボン紀、二畳紀、三畳紀である。それぞれの試料が堆積残留磁気(DRM)を持つが、その後に行ったフェラードライトの貫入により焼かれTRMを持ったかを調べるため交流消磁、熱消磁等を行った。その結果、シアス山、ノブヘッド山およびフレミング山の試料は焼かれて再磁化した可能性が大きいですが、アラン丘の試料は焼かれず現在までDRMを保持しているものと推定された。このことは二畳末から三畳紀にかけて、VGPの位置がジュラ紀のそれにほぼ一致していることを示している。

カンブリア紀～オルドビス紀に属するライト谷の基盤岩類についても同様な実験を行い次のような結果を得た。カンブリア紀～オルドビス紀に水平方向に磁化した1次磁化はキューリー点が $500^{\circ}\text{C}$ 以上の試料では現在までその磁化が安定に保持されているが、 $500^{\circ}\text{C}$ 以下の試料ではフェラードライトに焼かれ、ジュラ紀の磁場方向に再磁化し、現在ではこの2次磁化のみが現われたものと推定される。この谷底を焼いたフェラードライトは表面に露出していない巨大な岩体と考えられよう。今まで得られた東南極のカンブリア紀～オルドビス紀のVGPの位置は現在のアフリカ大陸の赤道付近に分布することがわかった。

以上の実験結果を総合して次のような結論が得られる。従来の南極大陸からみた極移動はカンブリア紀～オルドビス紀とジュラ紀の磁極の位置を結んだにすぎなかったが、本論文で得られた各地質時代の VGP はカンブリア紀～オルドビス紀の位置を低緯度側に移動させ、新たに二畳紀～三畳紀の位置を付け加えた。この結果と他の大陸での値を Smith と Hallam (1970) による Gondwana 大陸の組立てモデルに従い移動させると各大陸の VGP はよい一致を示すことが分った。これは Gondwana 大陸復元について有力な支持であるとともに、ジュラ紀にドレライト (粗粒玄武岩) が貫入した後、この大陸の解体が始まったことを意味している。またオーストラリアの中生代の VGP がほとんど移動していないことから西大陸は少くともジュラ紀まで接続していた可能性が強い。東南極大陸の各採集地の試料の NRM の偏角がランバート氷河を境にして一様にずれていることから、東南極大陸はこの境界に沿って  $15^{\circ}$ ～ $20^{\circ}$  の角度で割れたことを示唆している。

これらの結果は東南極大陸の移動のみならず Gondwana 大陸解体について重要な新しい知見を与え、プレートテクトニクスの研究に多大の寄与を与えたものである。よって船木實提出の論文は理学博士の学位論文として適当と認める。