

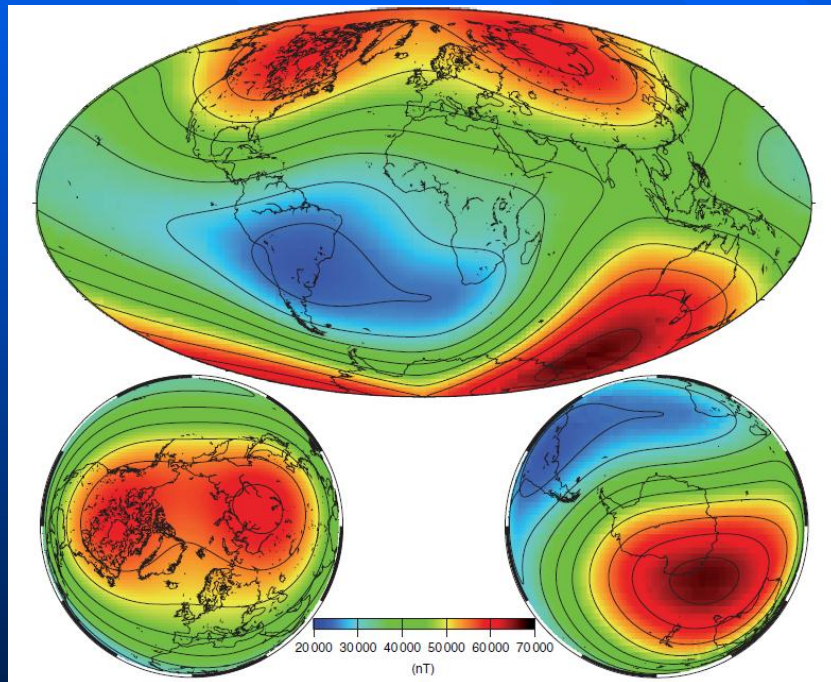
高確度な古地磁気強度測定にもとづく 地球磁場変動の研究

熊本大学 大学院先導機構
望月 伸竜

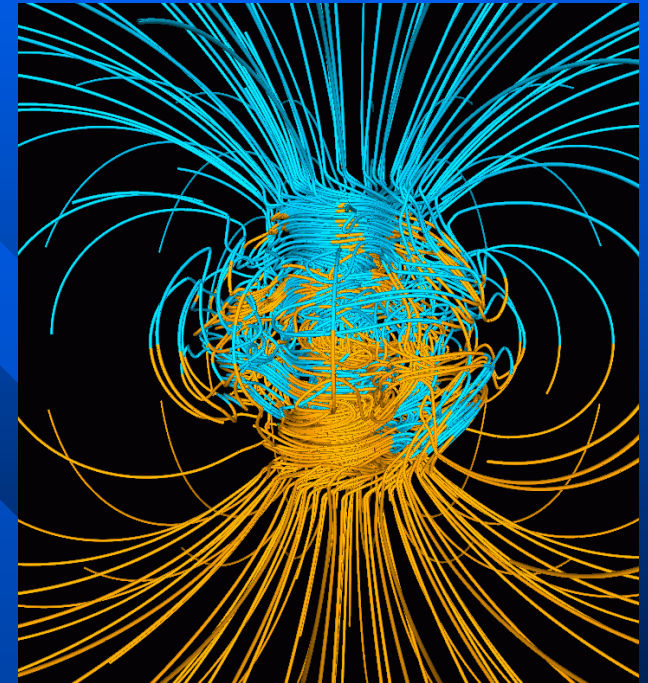
従来研究でわかったこと

地球磁場の形状

- 地球磁場の形は、“地球中心においた棒磁石のつくる磁場”と似ている



磁場強度分布 観測にもとづくマップ
(Olsen et al., 2007)



ダイナモシミュレーションの結果例(磁力線)。赤は外向き方向、青は内向き方向の磁力線を示す。

©G.A. Glatzmaier

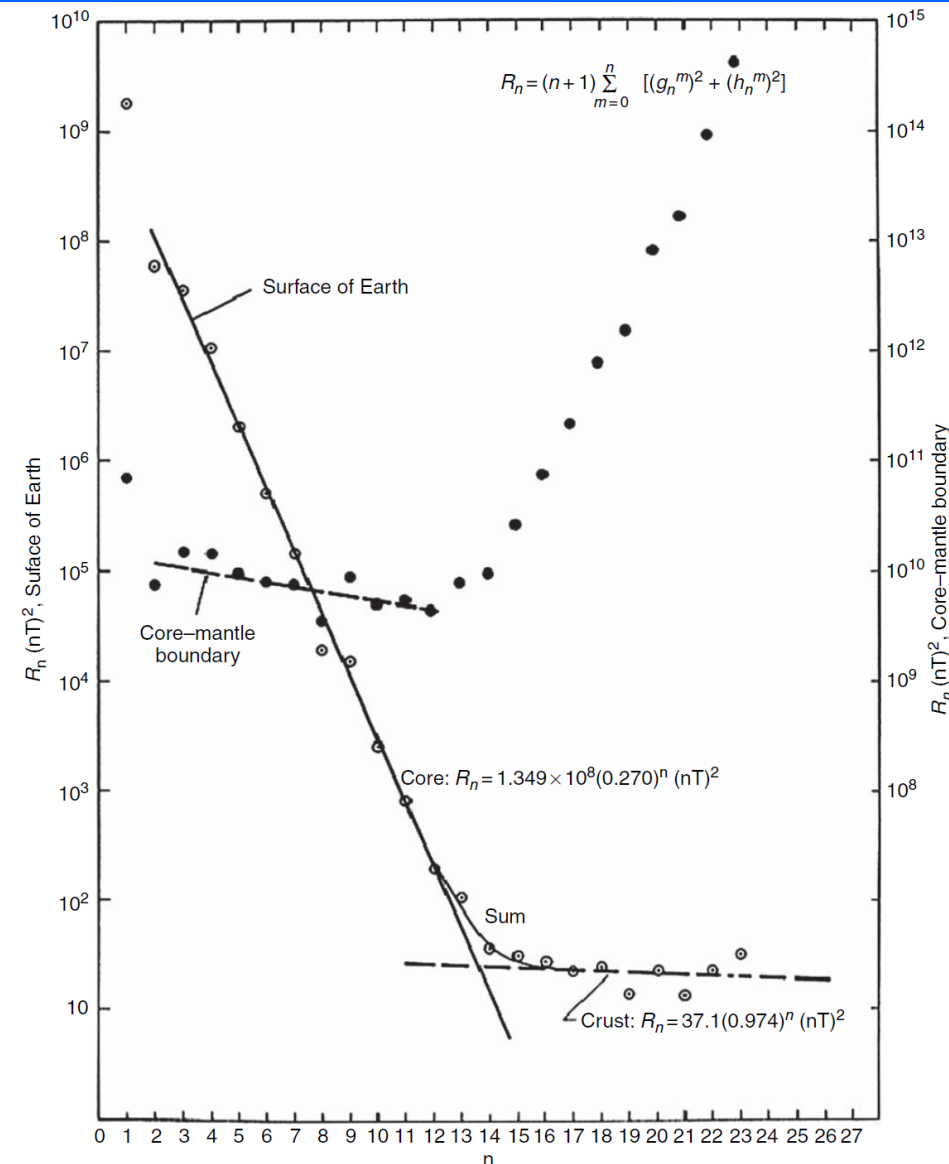
従来研究でわかったこと

地球磁場のソース

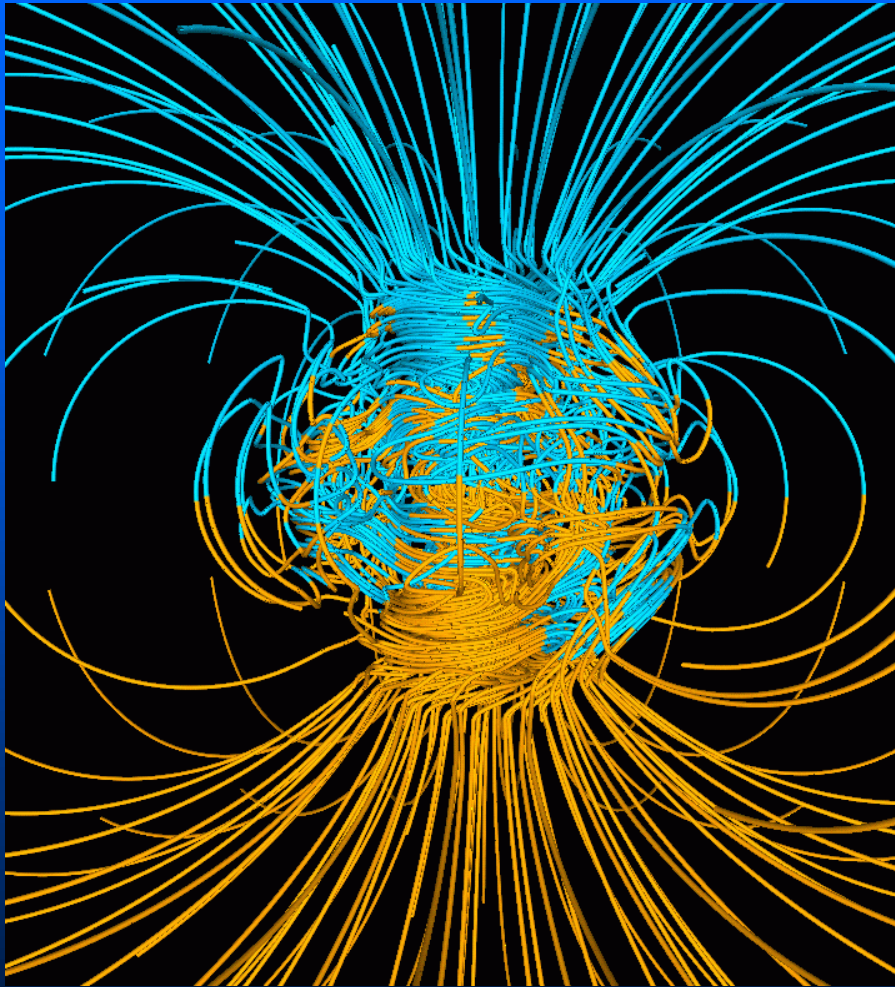
■ 地球磁場ポテンシャルは球面調和関数で表現できる

- パワースペクトルに2つのトレンド⇒固有磁場と地殻磁場
- 1次の項のパワーはトレンドよりも数倍大きい

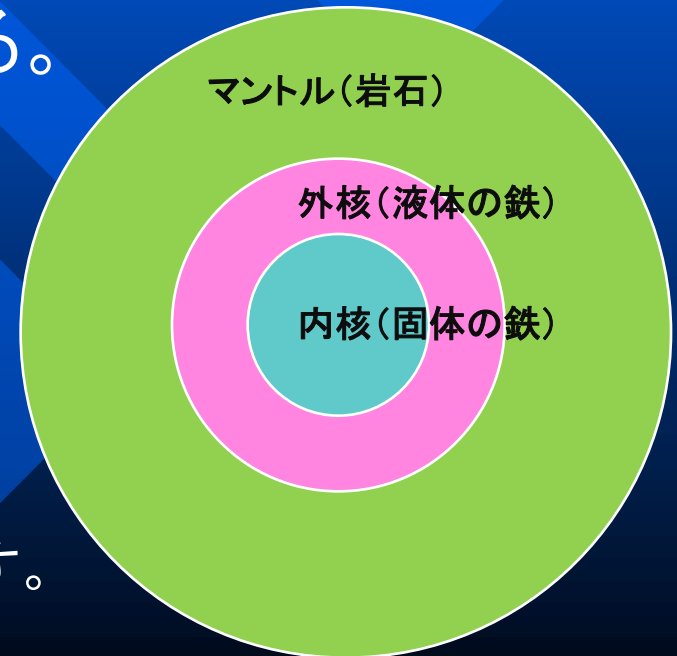
Spatial magnetic field spectrum (Loves spectrum) based on Magsat data (Langel and Estes, 1982).



地球磁場の成因



地球磁場は、外核(溶けた鉄)における電磁流体運動(地球ダイナモ)によって生成・維持されている。端的に言うならば、外核を流れる電流が地球磁場をつくる。

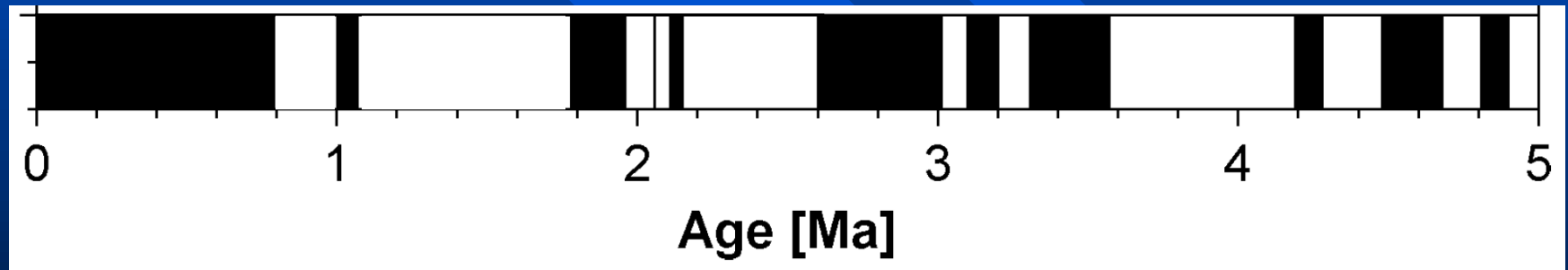


ダイナモシミュレーションの結果例(磁力線)。赤は外向き方向、青は内向き方向の磁力線を示す。

従来研究でわかったこと

反転する極性

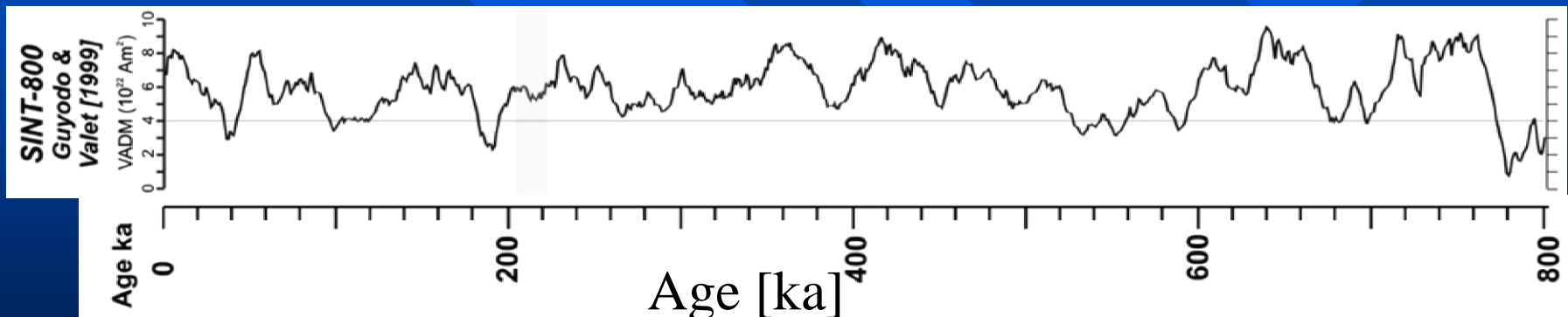
- 地球磁場は、数十万年に1回の頻度で極性を反転する
- 最後の地磁気逆転は、80万年前。
 - 逆転には約1万年かかる
 - 逆転時には古地磁気強度が数分の一程度弱くなる



過去5百万年間の地球磁場の極性(黒:正磁極、白:逆磁極)
(陸上の火山岩や海洋地殻の磁気異常から復元)

従来研究でわかったこと 変動する地球磁場強度

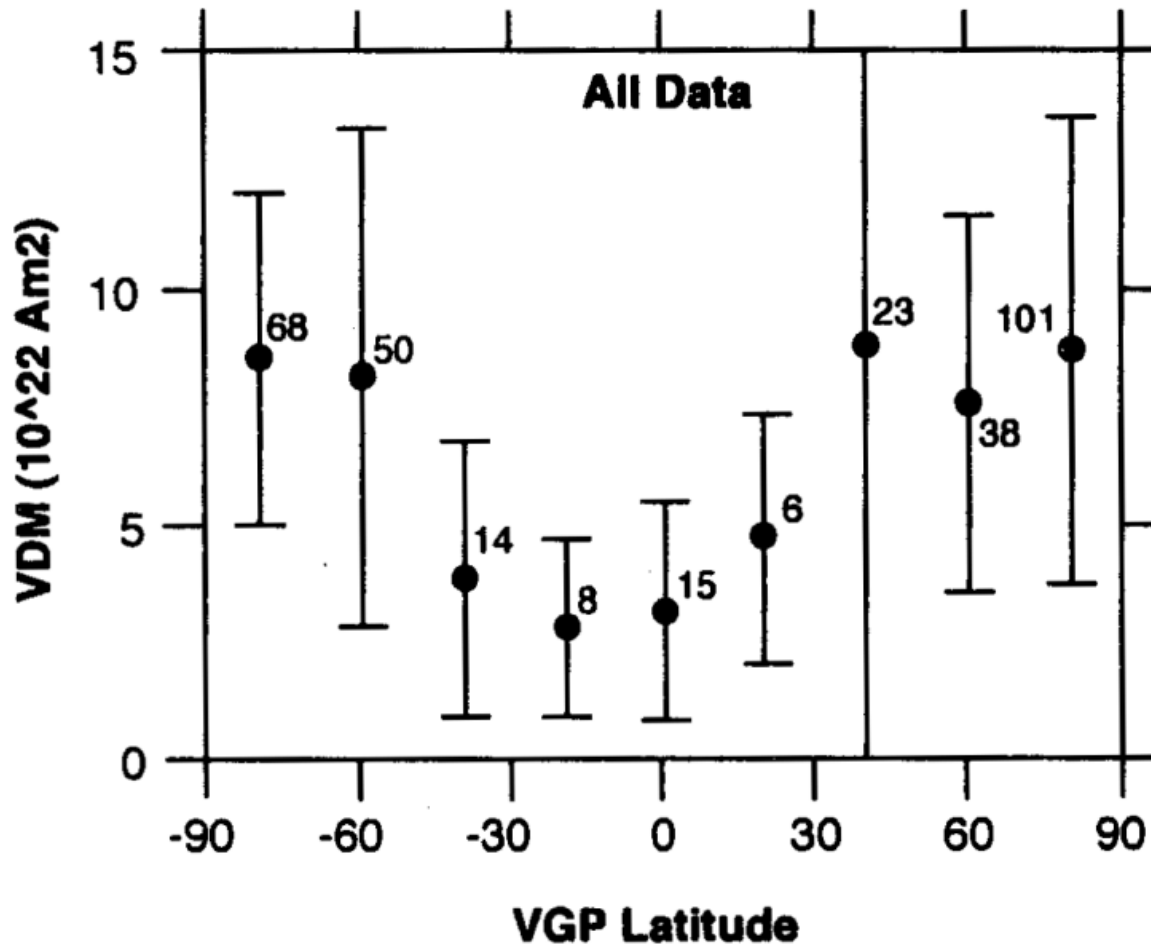
- 正磁極の期間(過去80万年間)においても古地磁気強度はかなり変動している
 - ただし、相対値であるため、振幅・極小値・平均値はわからない



過去80万年間の相対古地磁気強度変動(Guyodo and Valet, 1999)。縦軸は相対古地磁気強度を絶対値に較正したもの(海洋堆積物から復元)。

古地磁気強度(絶対値)

地磁気の強さ

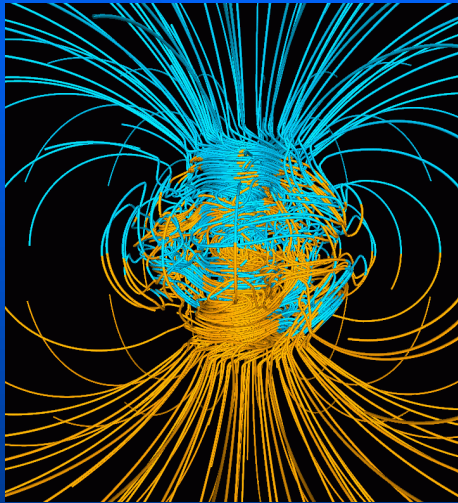


地磁気極の緯度

- Intensity reduction occurs during the reversal.

The past 10 Myr paleointensity data (Tanaka et al., 1995)

地球磁場変動の研究



ダイナモシミュレーションの
結果例(磁力線)

©G.A. Glatzmaier

- 地球磁場強度は、大きく(少なくとも数倍)変動している
- 地球磁場強度は、磁場エネルギーを反映する物理量である



地球ダイナモを理解するためには、古地磁気強度を精度よく復元する必要がある

従来の古地磁気強度測定限界

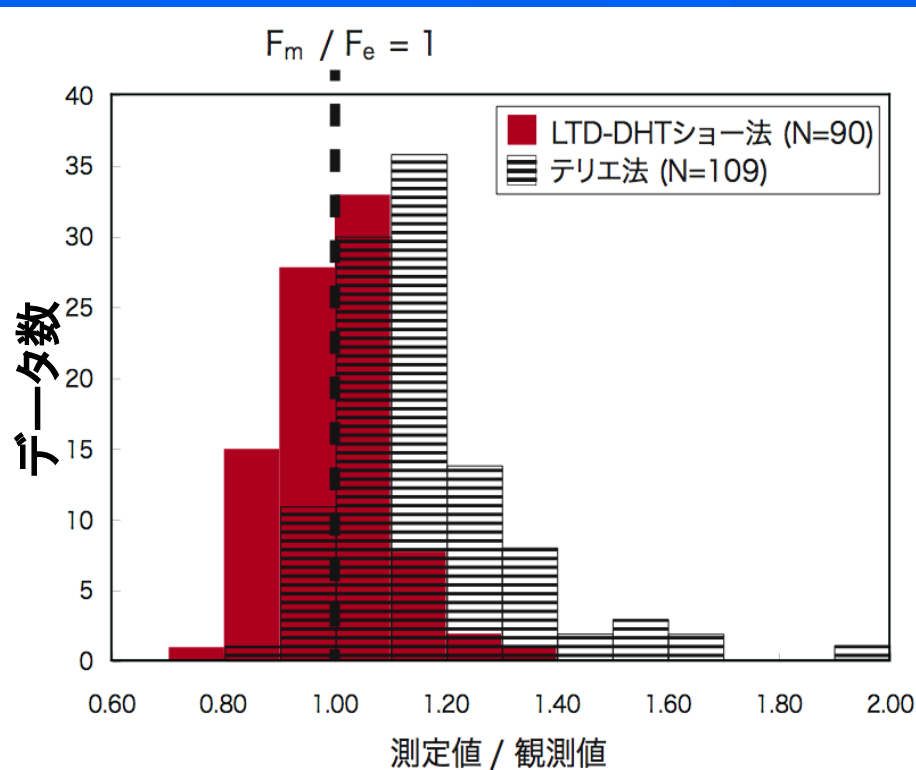
- 従来の測定法(テリエ法)は数十%も誤った測定値を与えることがある(e.g. Tanaka and Kono, 1991; Calvo et al., 2002; Biggin and Thomas, 2003)

⇒ 従来法では、古地磁気変動を正確に復元できていない

- 対応(1990年代後半～最近)

- 大半の研究者: データの採用基準を厳しくした。しかし、本質的な改善にはいたっていない。
- 我々のグループ: 新しい測定法を開発した。

高確度な新測定法 (高めに偏る従来法)



歴史溶岩に対して、LTD-DHT ショー法とテリエ法を適用し、それぞれの結果を比較。Yamamoto et al., (2003, 2008); Mochizuki et al., (2004); Oishi et al. (2005) を参照。

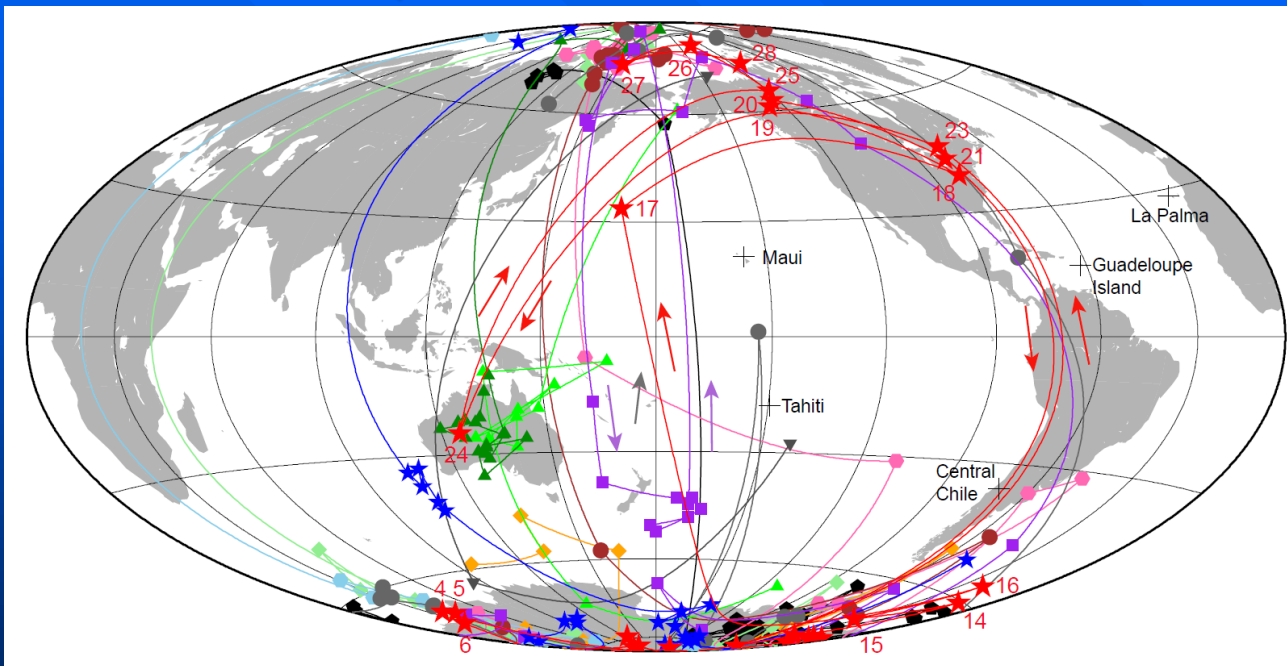
新測定法を開発。最近噴出した溶岩に適用し、信頼度を調べた。(Yamamoto et al., 2003; Mochizuki et al., 2004; Oishi et al., 2005)

- 新測定法 (LTD-DHT ショー法): 観測値 $\pm 10\%$
- 従来法 (テリエ法): 観測値より数十~百%も高い値を誤って与える場合がある

私の研究のねらい

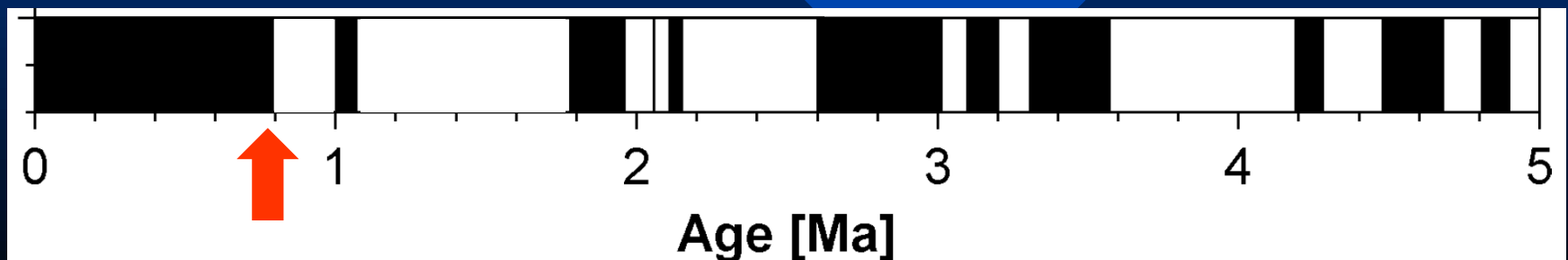
- ✓ 地球ダイナモを理解するためには、過去におきた地球磁場変動をベクトル(古地磁気方位 & 古地磁気強度)として把握する必要がある。ところが、従来の古地磁気強度データは信頼度が高いとはいえず、本質的な変動を捉えていない可能性がある。
- 代表的な地球磁場変動について、新測定法を適用して信頼度の高い古地磁気強度を復元して、その変動を把握する
 - 地磁気逆転
 - エクスカーション
 - 永年変化

最後の地磁気逆転における 古地磁気強度変動の復元 (Mochizuki et al., 2011 JGR)

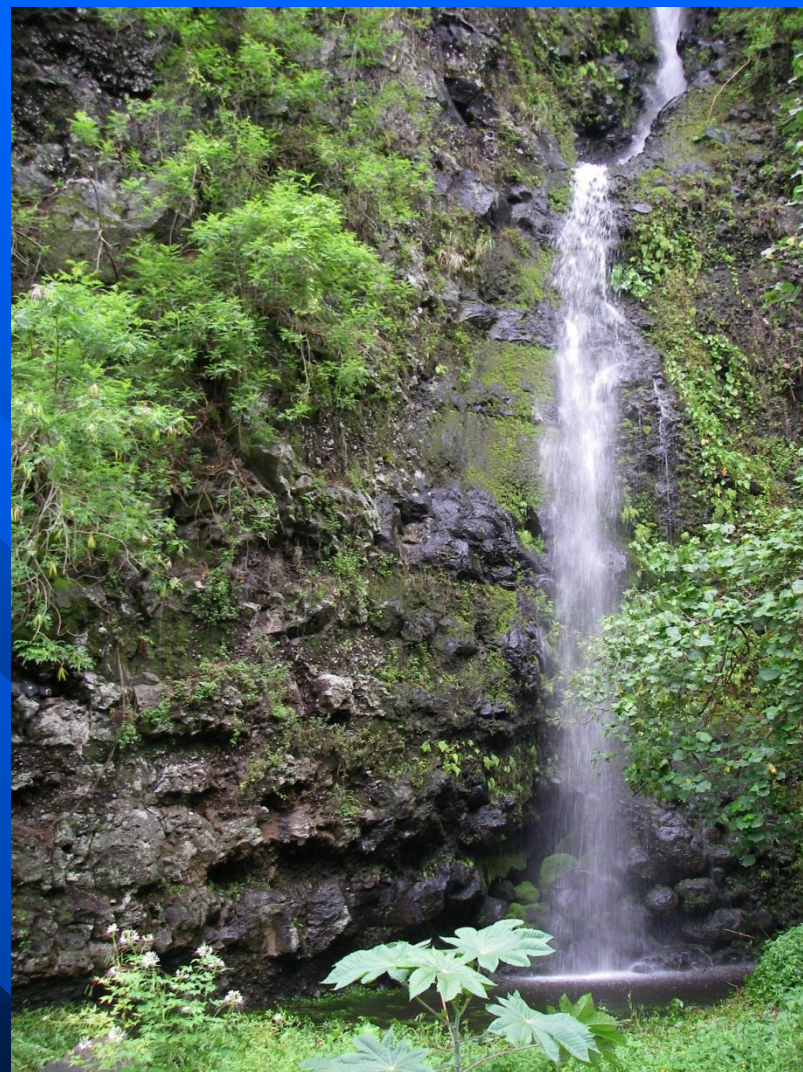


最後の地磁気逆転
における地磁気極
の動き

- ★ : Tahiti (this study)
- ★ : Tahiti (Chauvin)
- : Maui
- ▲ ▲ : Chile
- others : La Palma





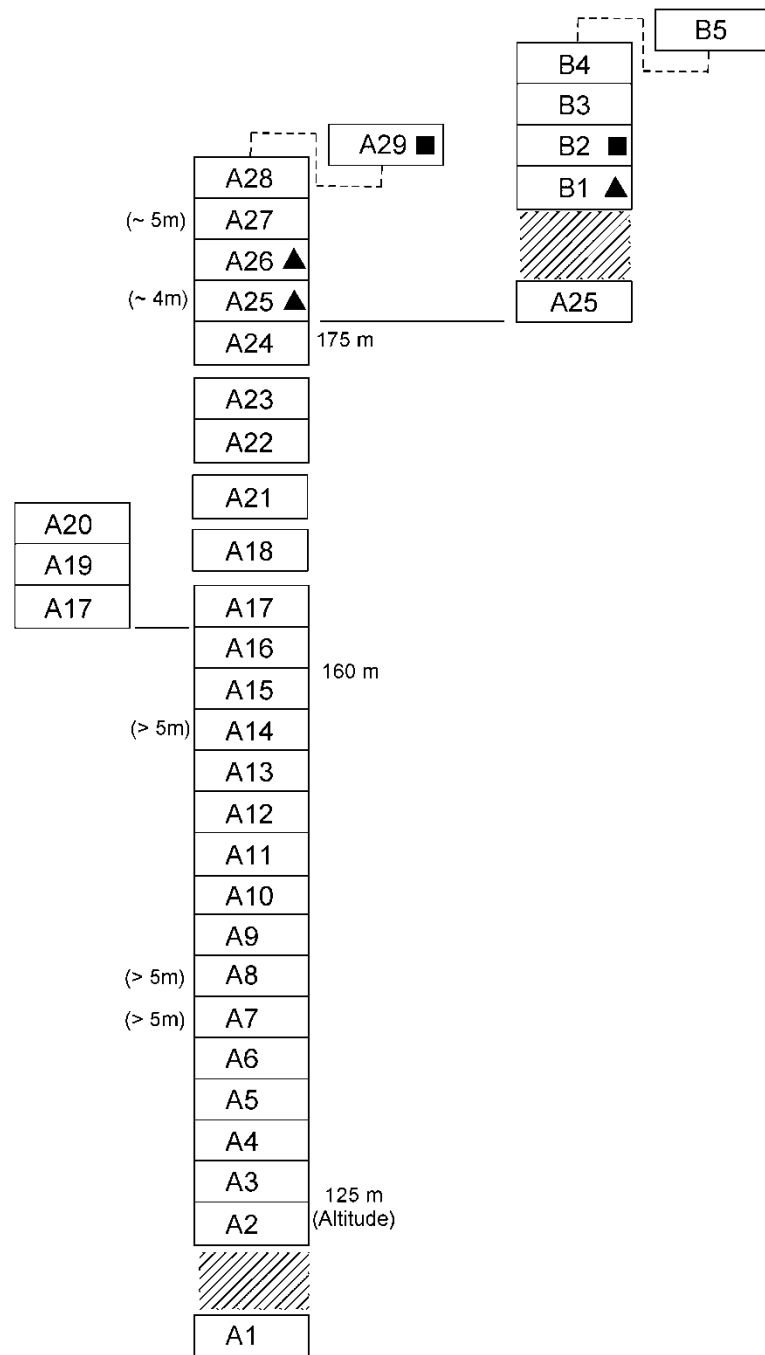
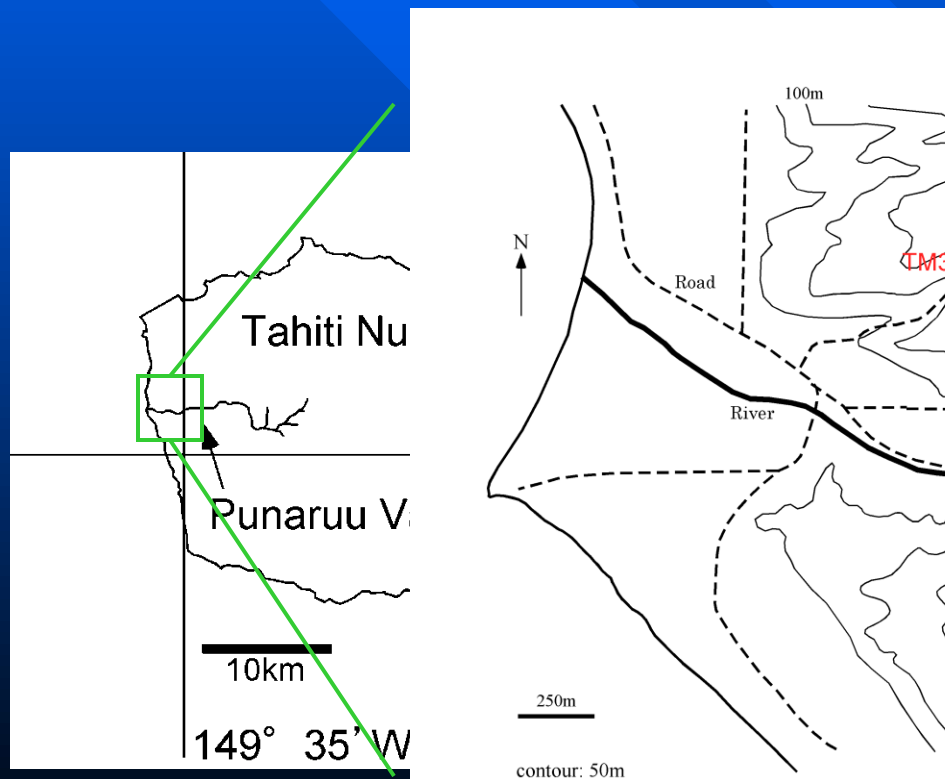


溶岩が連続的に重なって
いる
＝連続的に地球磁場が復
元できる

サンプリング

■ プナルウ溪谷北側の露頭

- 2回の調査(2000年、2006年)
- 溶岩が連続的に道沿いに露出
- Chauvin et al. (1990)のサイトと同じ高度
- 合計34枚の溶岩を採取



試料



コア試料



試料 (径: 25 mm)

実験装置



自動交流消磁装置 Dspin 夏原技研製
(残留磁化測定と交流消磁を交互に自動で行う。)

交流磁場: 0-180 mT



熱消磁炉 夏原技研製

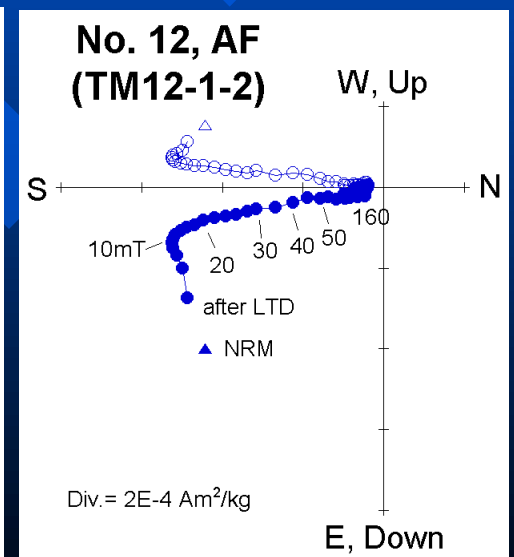
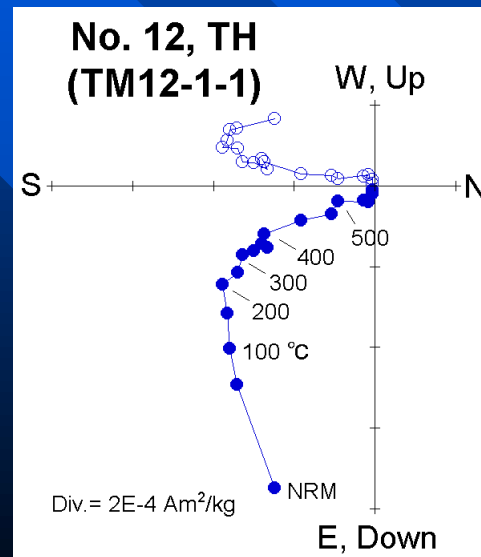
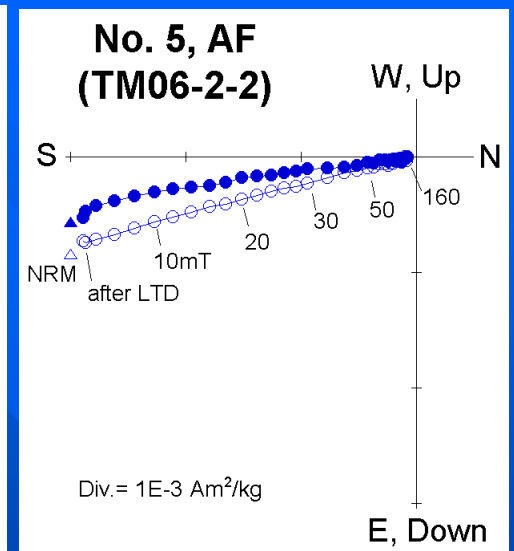
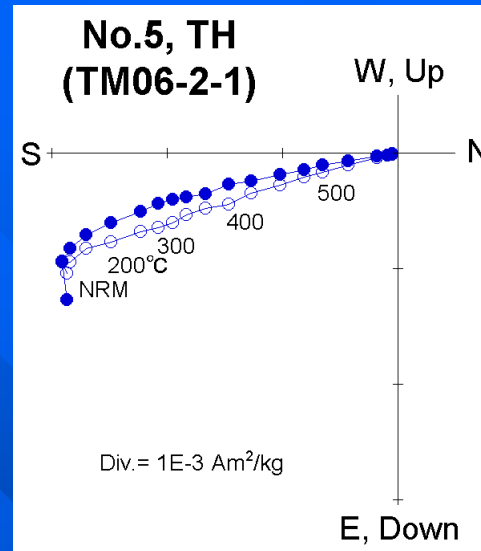
最高温度: 800 °C
直流磁場: 0-100 μ T
真空中 (~ 10 Pa) で試料加熱

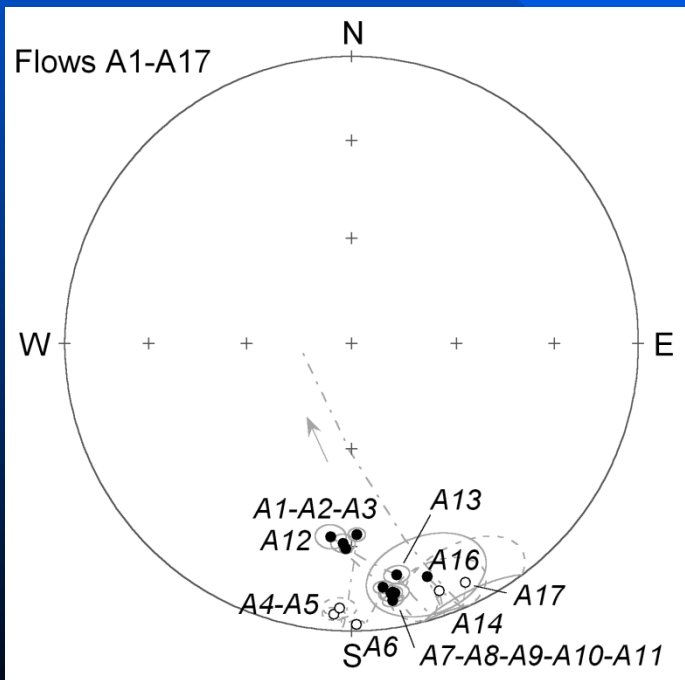
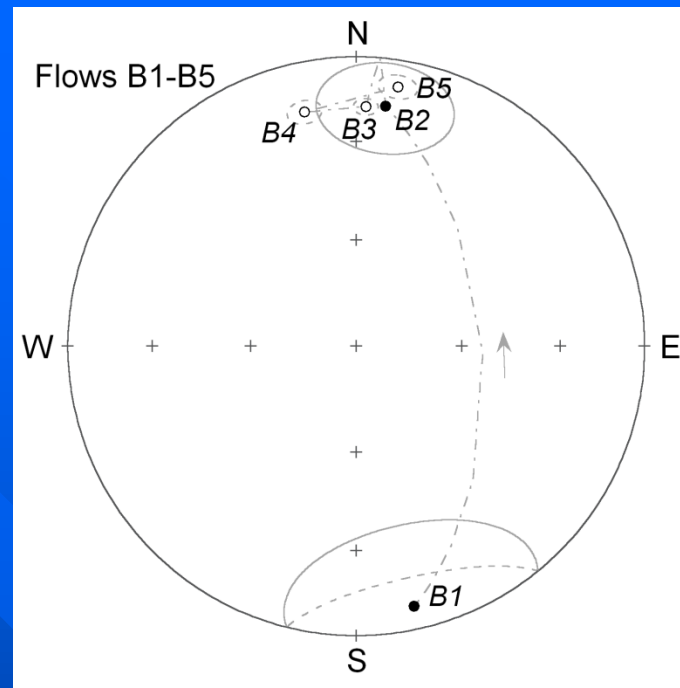
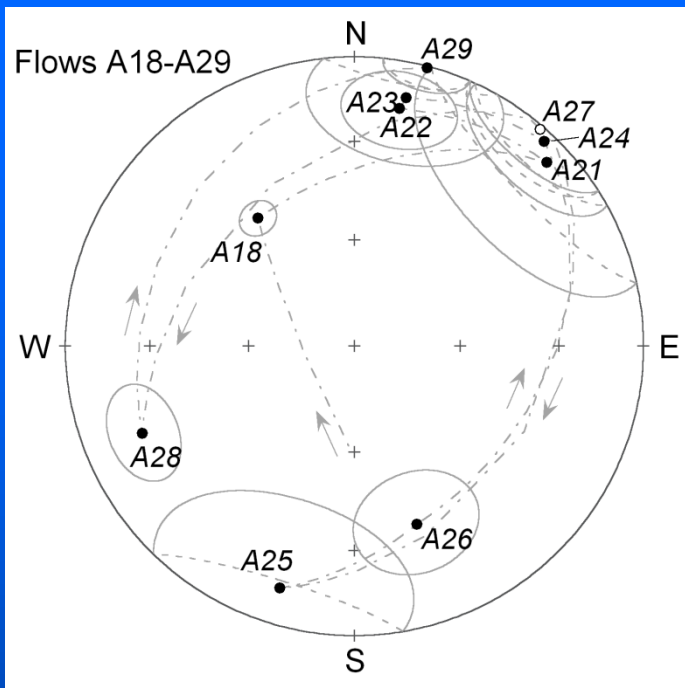
古地磁気方位の測定

- 熱消磁、低温消磁 + 交流消磁を34溶岩291 試料に適用

– 二次磁化は、低温消磁 + 交流消磁 (< 20 mT) で除去できた

- 31溶岩の古地磁気方位を得た

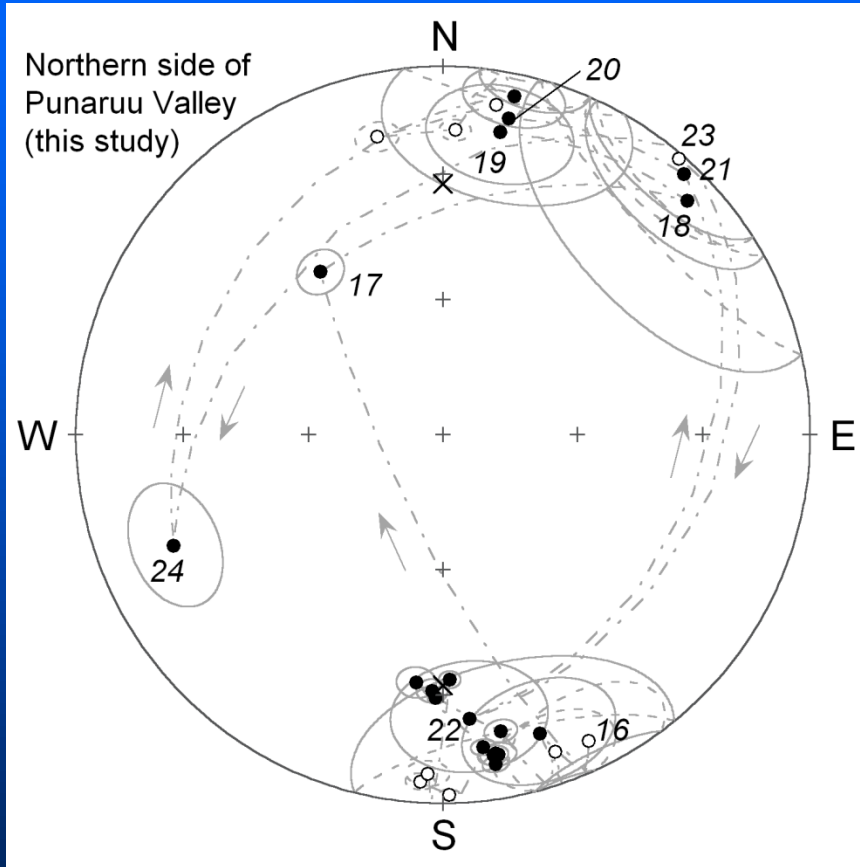




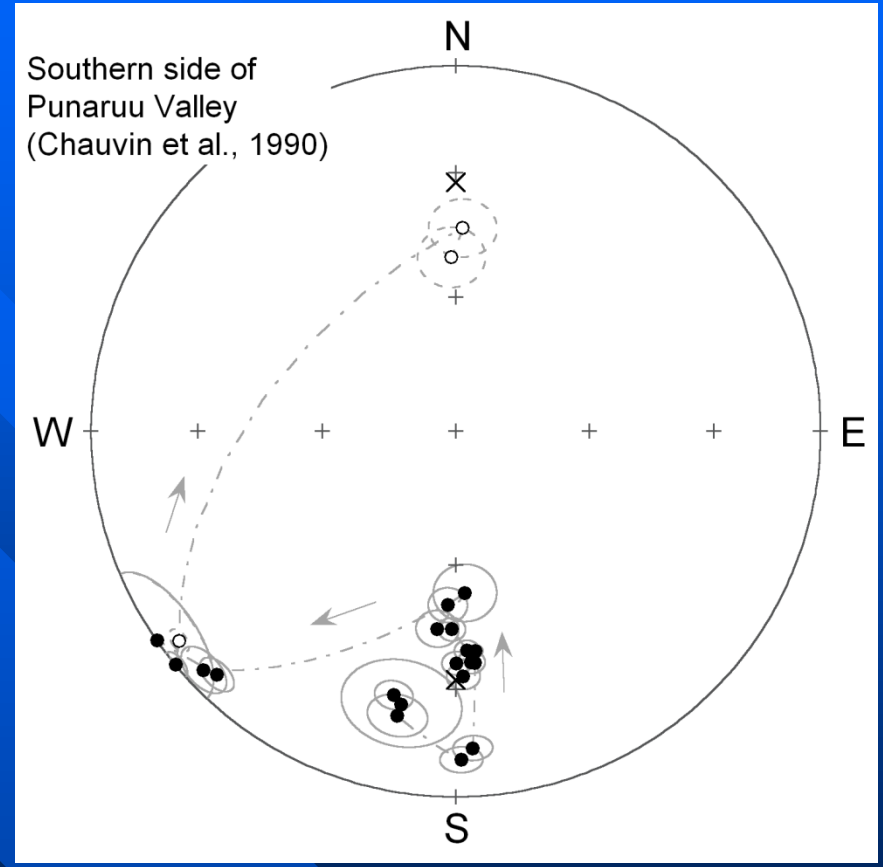
34溶岩のうちの31溶岩から平均古地磁気方位を得た。

Section Bをサイト位置および古地磁気方位に基づいてSection Aに対比させ、28 directional groupにまとめた。

Chauvin et al. (1990)との比較



本研究
逆磁極→複数回の方位反転→正磁極



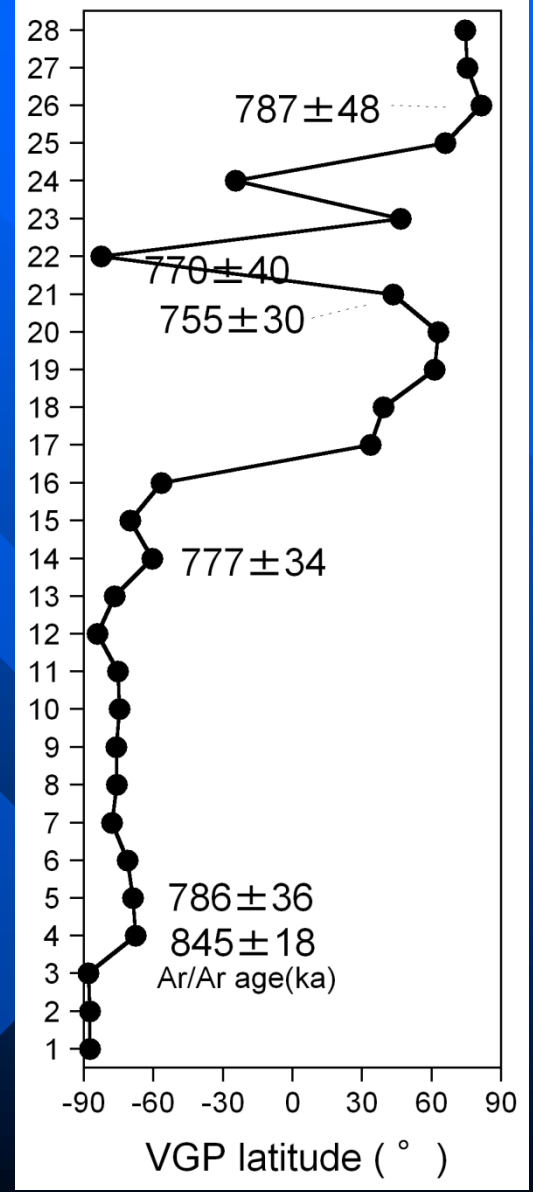
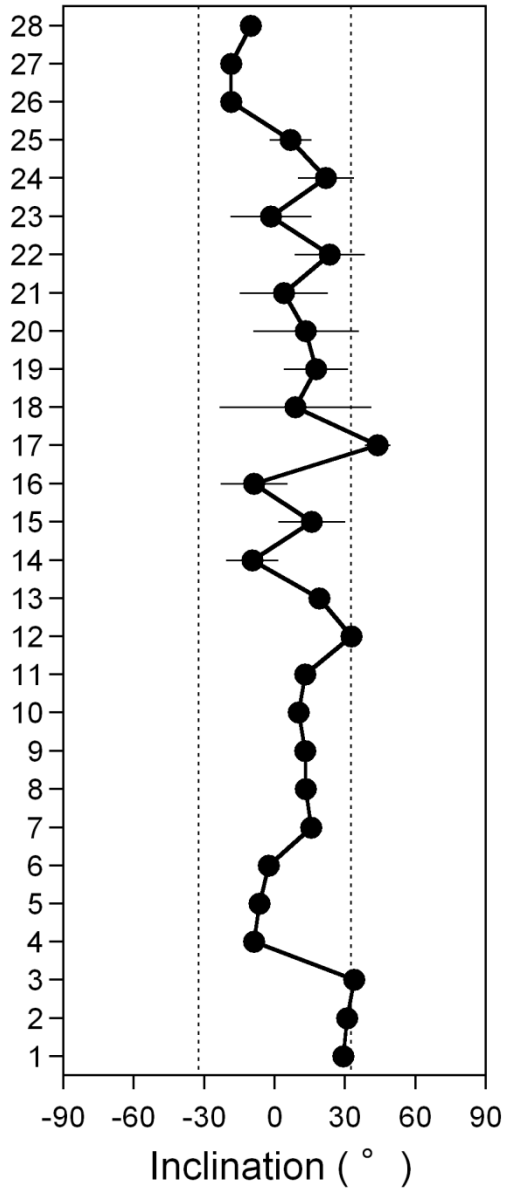
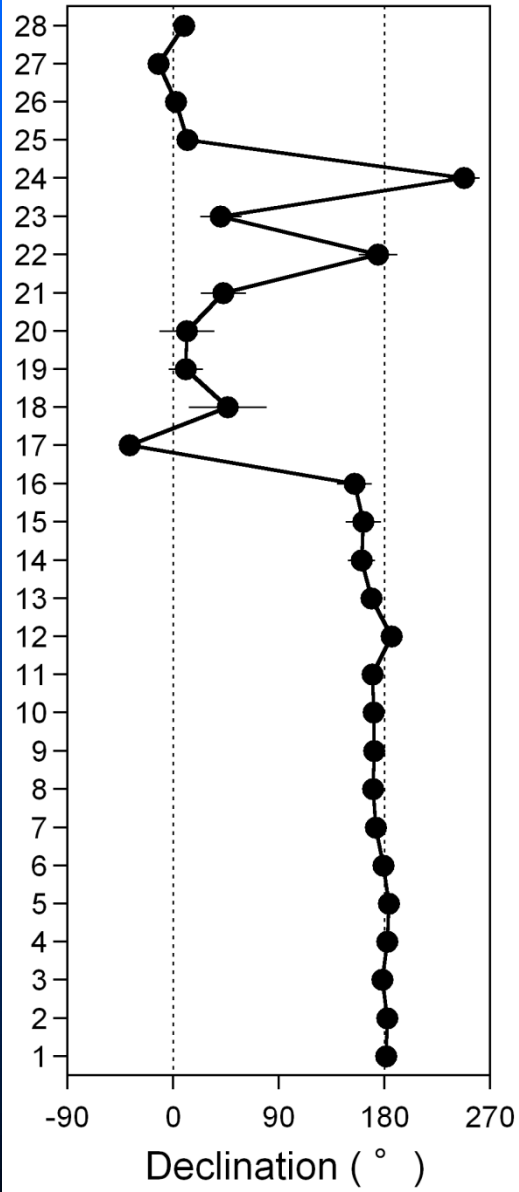
Chauvin et al. (1990)
逆磁極→中間磁極→正磁極

古地磁気方位変動

top



bottom



N

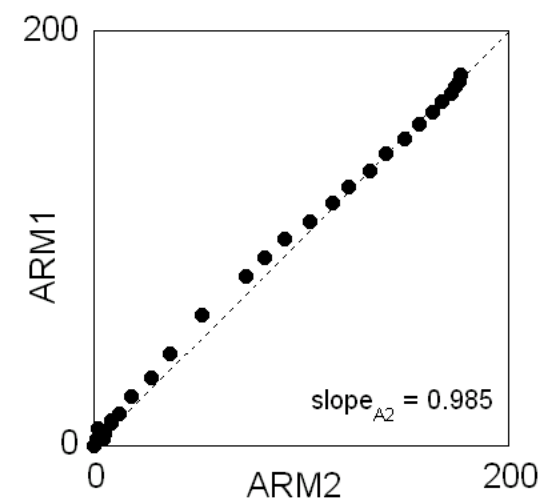
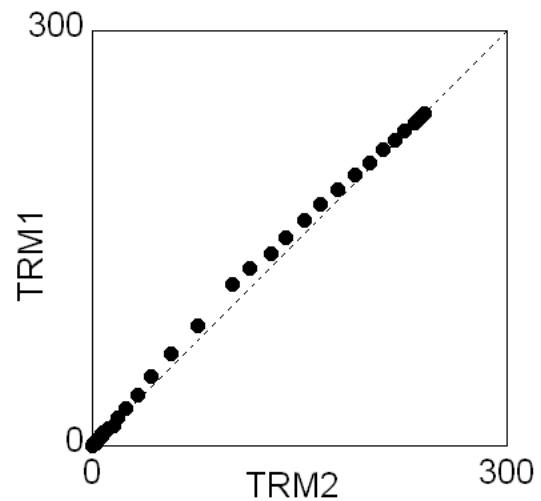
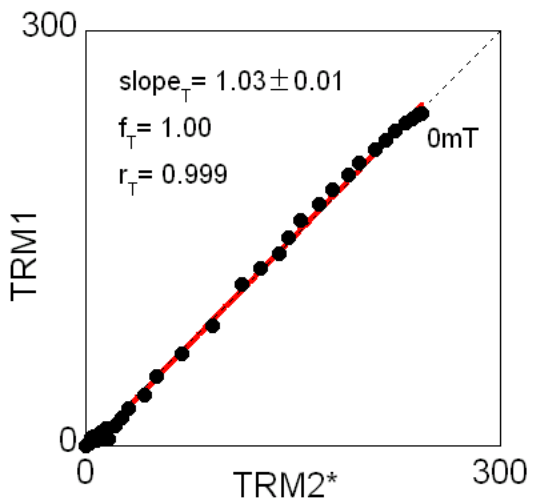
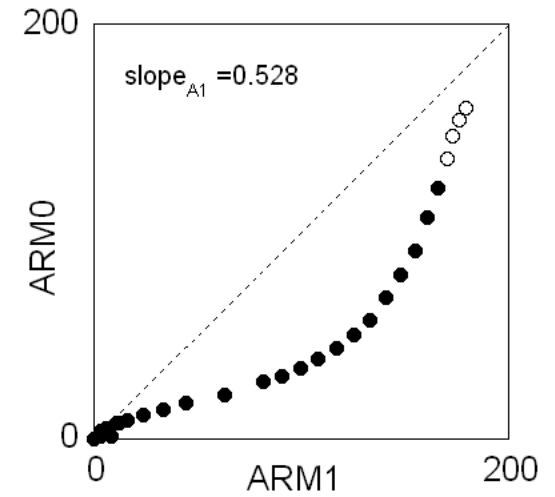
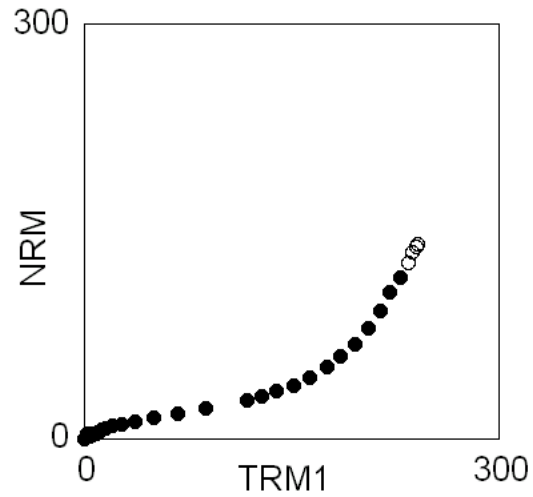
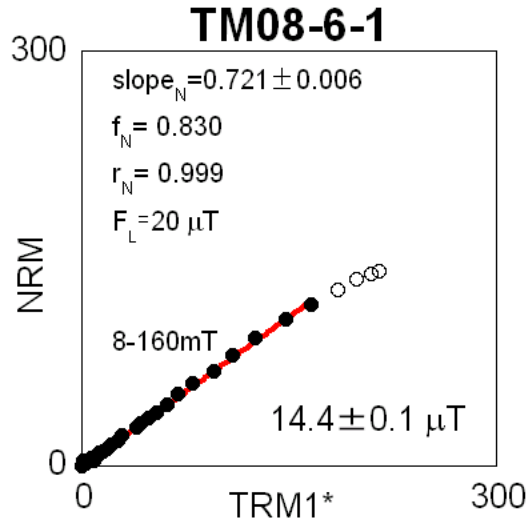
transitional

R

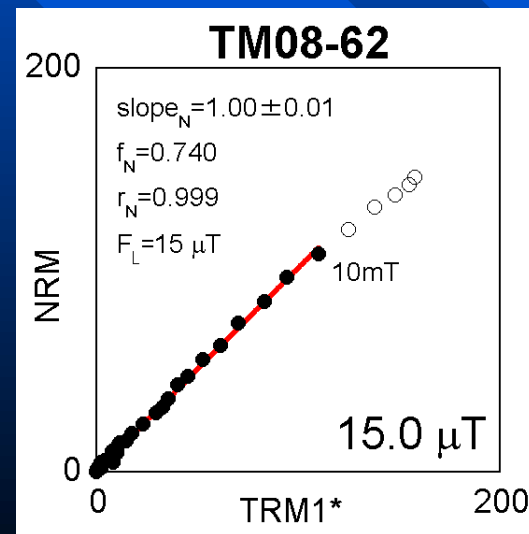
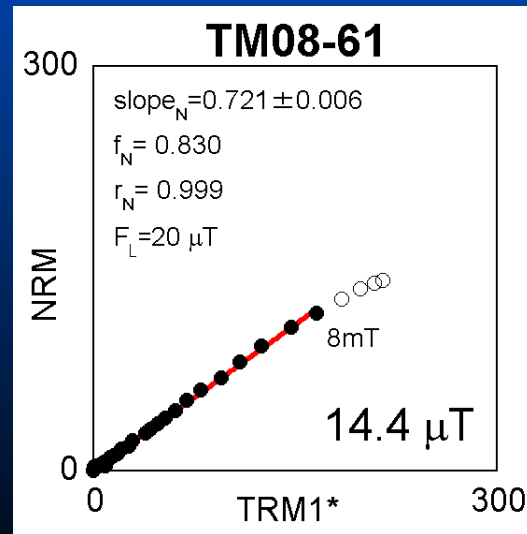
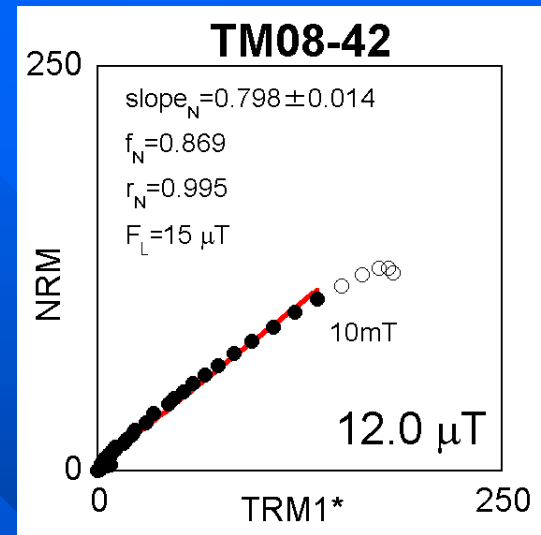
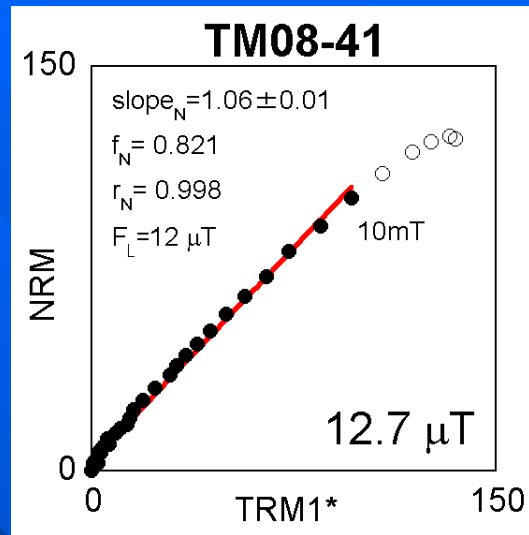
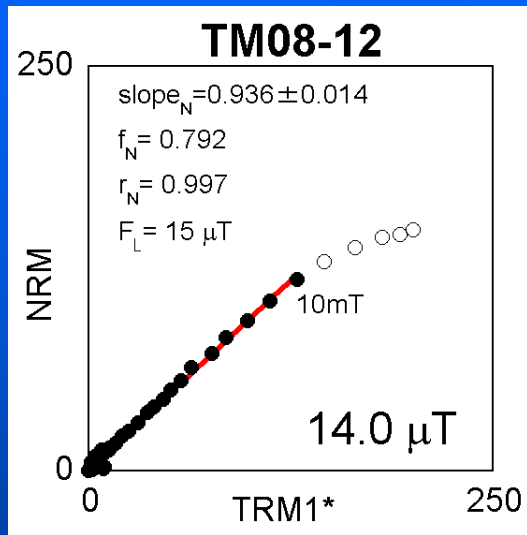


M-B transition

Accepted result



flow A5 の結果



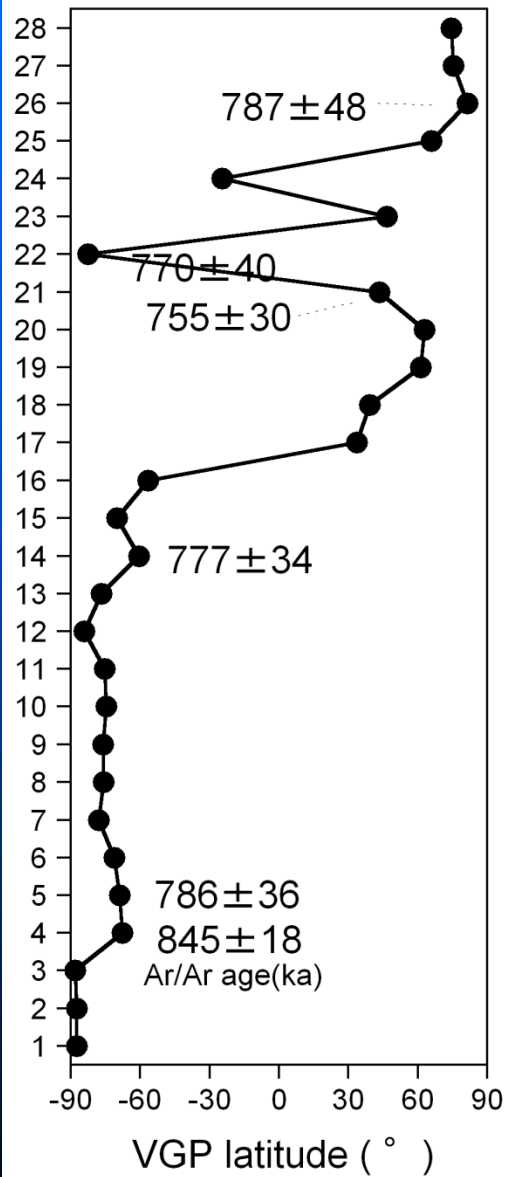
5試料の平均値:
 $13.6 \pm 1.2 (1\sigma) \mu\text{T}$

古地磁気強度変動

top



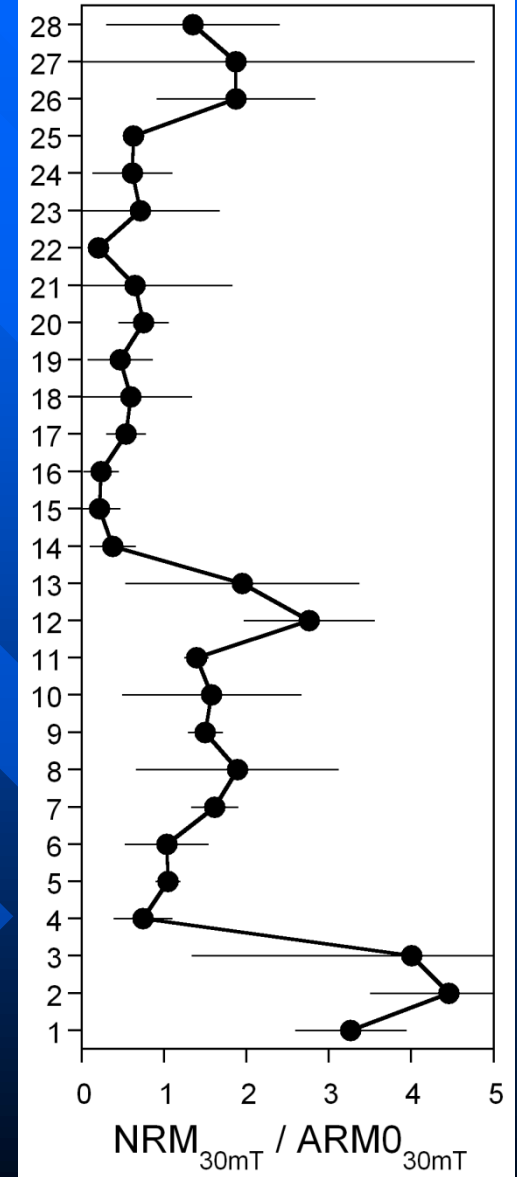
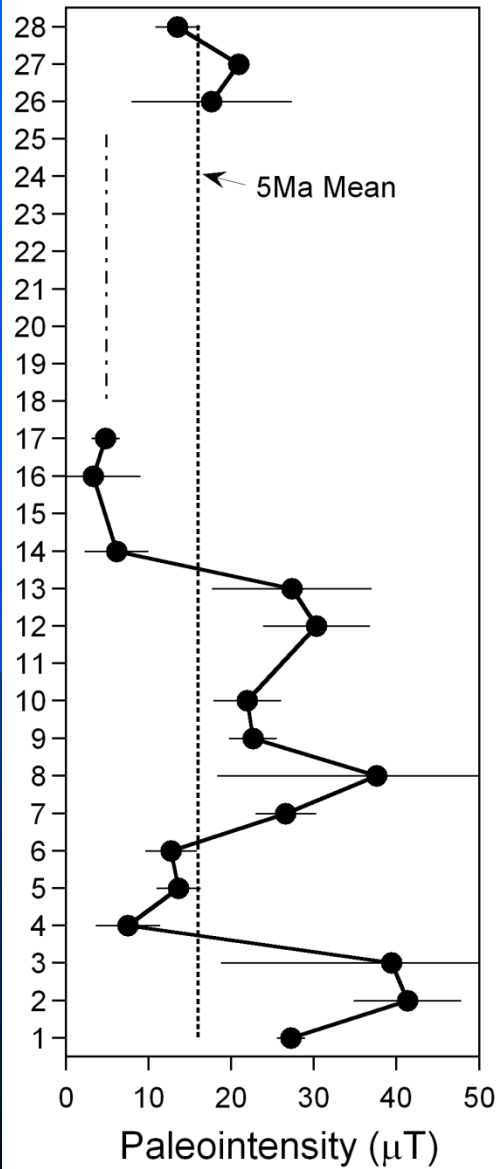
bottom

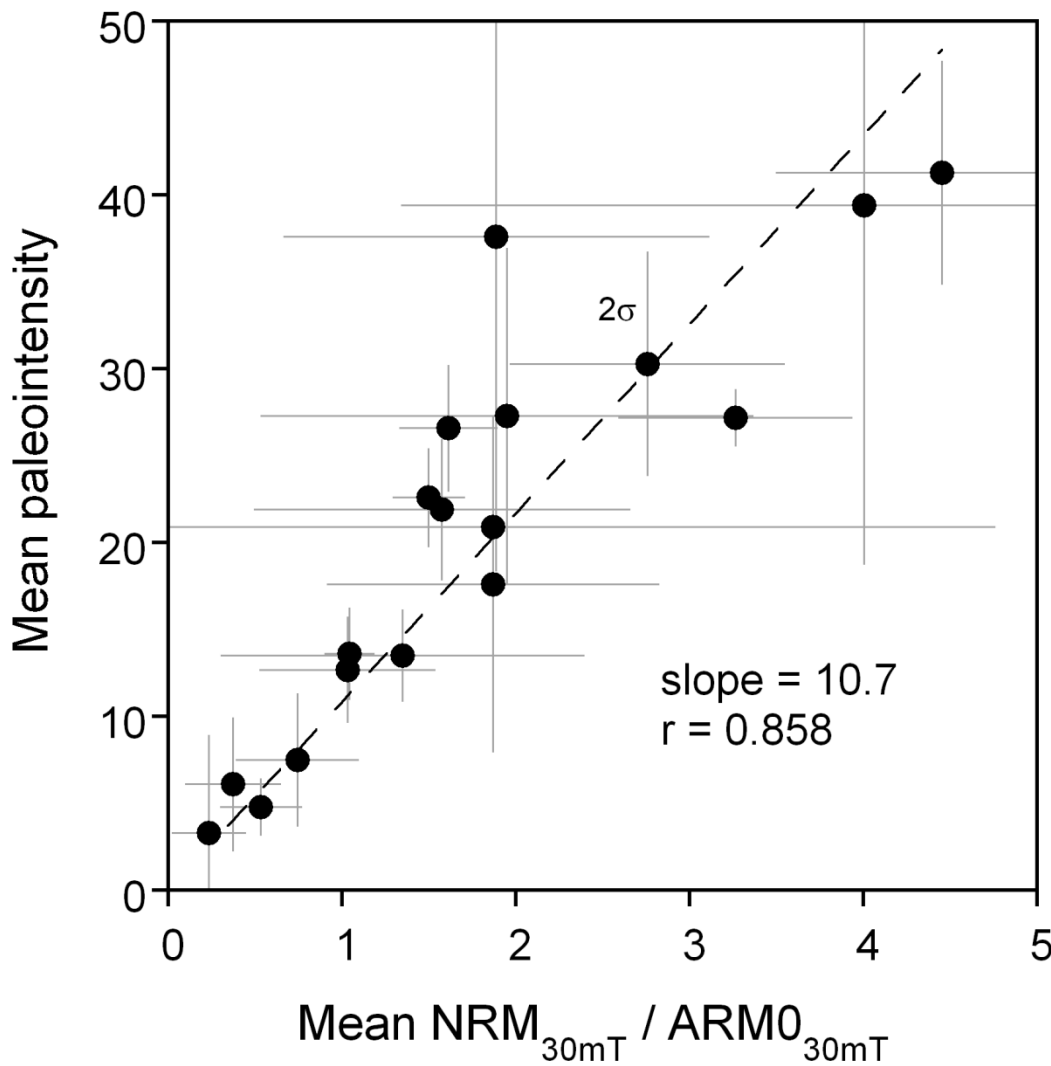


N

transitional

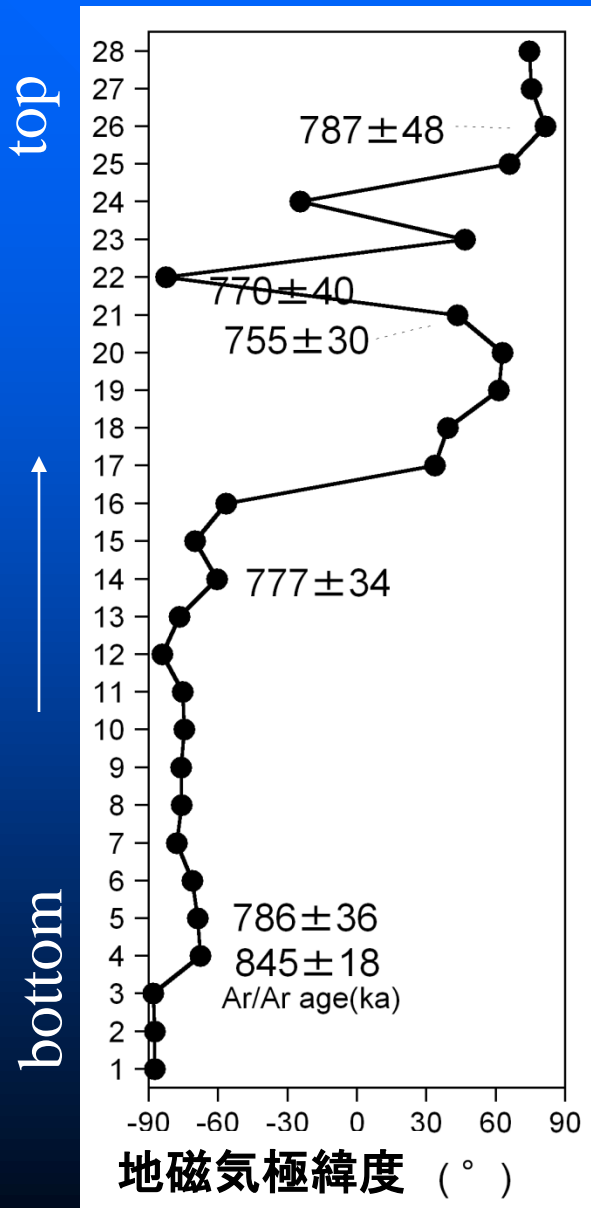
R



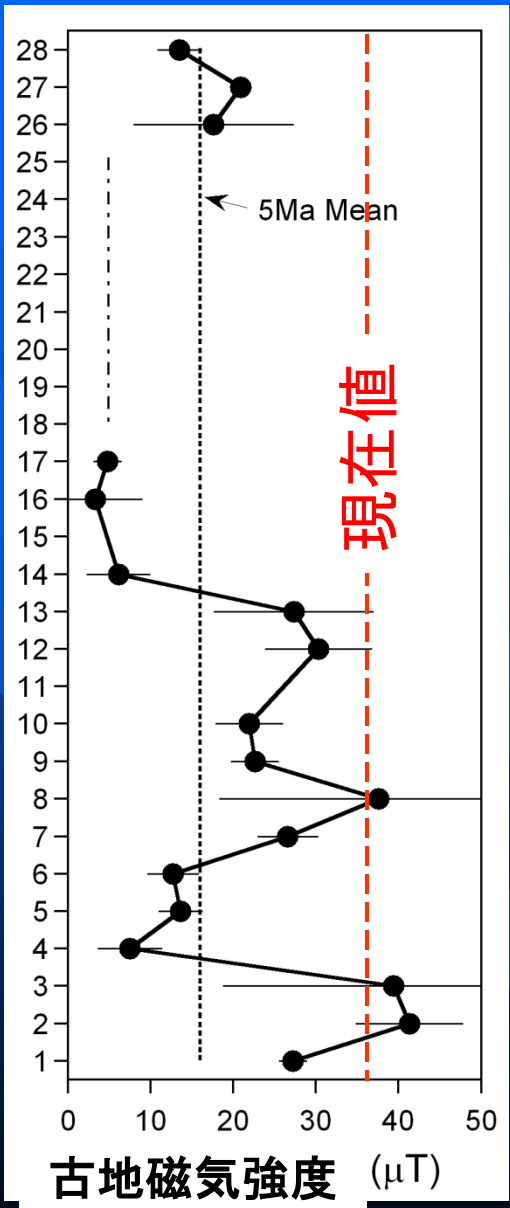


- 各溶岩の平均 NRM/ARM と平均古地磁気強度に比例関係
- NRM/ARM は 相対古地磁気強度値を示す

古地磁気強度：現在の1/8に減少



N
transitional
R



正磁極

● 13.5~20.9 μT

方位反転中

● 4.8 μT (現在値の1/8)

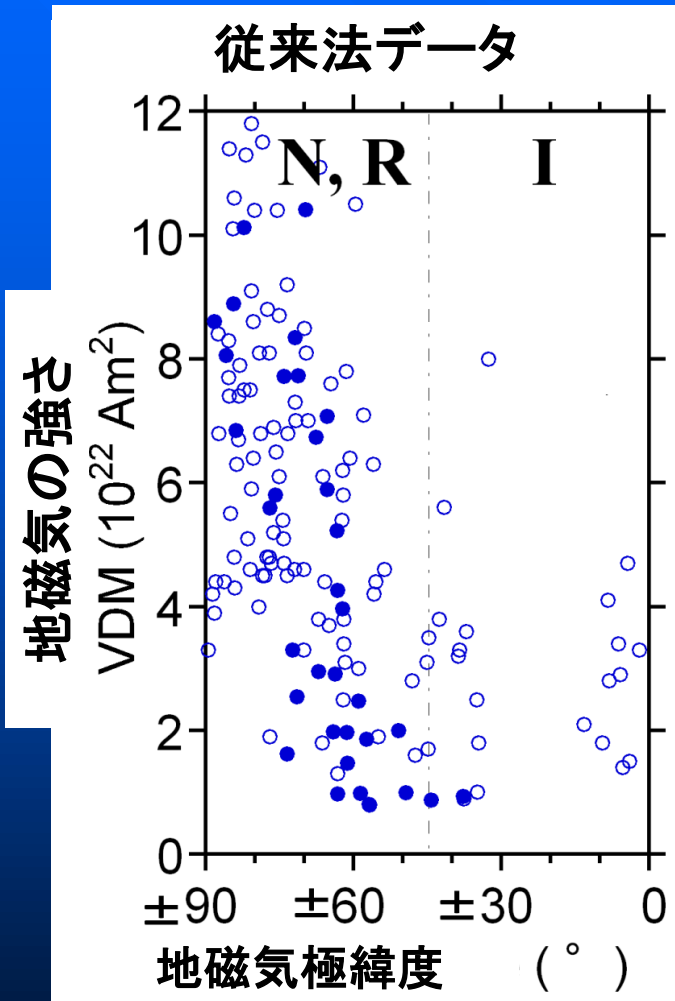
← 強度減少 (6.1 μT).

逆磁極

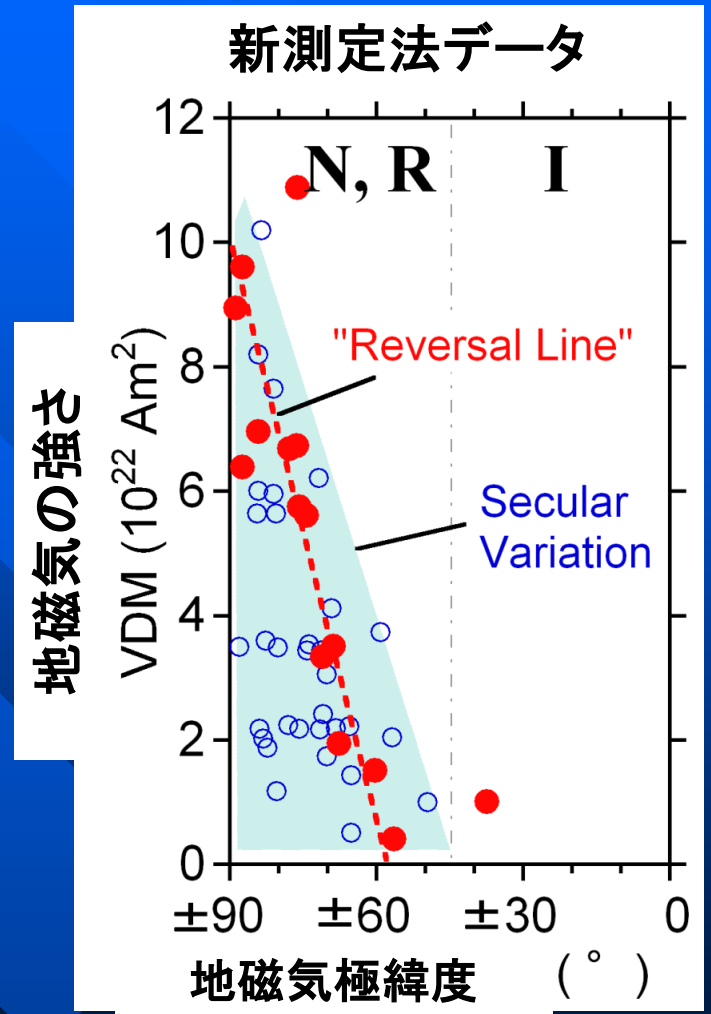
● 3.3~37.6 μT

参考： 現在値36 μT

地磁気逆転の開始期における地球ダイナモの特徴を捉えた



新測定法による縦軸の精度向上



地磁気の強さと地磁気極緯度に強い相関を見いだした。

まとめ

- 私の研究では、信頼度の高い古地磁気強度を復元した上で、代表的な地球磁場変動を把握することをめざしている。
- 最後の地磁気逆転における古地磁気強度変動を復元した。逆転開始期の古地磁気強度は、 $3.3 \sim 37.6 \mu\text{T}$ の範囲を振動するように変化した。方位反転中の古地磁気強度は $4.8 \mu\text{T}$ であった（双極子モーメントにして現在値の $1/8$ ）。
- 逆転開始期における古地磁気強度と古地磁気方位の関係に強い相関を見いだした。これは、逆転時の地球ダイナモの性質と考えられる。