

画像処理を用いた火山ガラス中のフィッショントラック計測

伊藤健太郎*・長谷部徳子**

Counting of fission tracks in volcanic glass using image processing

Kentaro Ito* and Noriko Hasebe**

* 金沢大学大学院自然科学研究科, Grad. school of Natural Sci. and Tec., Kanazawa Univ.

** 金沢大学環日本海域環境研究センター, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ.

はじめに

日本も含め世界中には様々な広域テフラが存在しており、この広域テフラを同時期面として用いることで空間的に離れた地層同士の層序関係を読み解くことが可能となる(町田・新井, 1992)。このテフラの年代決定には火山ガラスを利用したフィッショントラック(以下FT)年代測定法が利用されてきた(Westgate, 1989; Walter, 1989)。しかし、火山ガラスは常温下でトラックが小さくなるという性質がある。そのため、観察面に交差するトラック数の減少を引き起こし、結果として平面観察で行われていた従来のFT年代は真の年代よりも若くなることがあった。その補正方法として代表的なものがIsothermal plateau (ITP)-FT法である(Gentner et al., 1969; Westgate, 1989など)。しかし、この方法は補正に長時間(30~90日間)必要なことや測定に熱中性子照射を利用するため、決して使い勝手が良いと言うわけではない。そこで伊藤・長谷部(2006)は段階エッチングにより、常温での縮小化の影響を受けない単位体積中のトラック密度を求めることを提案した。しかし火山ガラス中のウラン238濃度は約9 ppmほどでトラック密度が低いいため広い面積を測定する必要がある。先行研究である北田ほか(1994)では自発トラックの計測におよそ3,000視野を測定しており、段階エッチング実験を行えば、観察面数はさらに増大する。そこで本研究は画像処理技術を利用し、トラック計測の簡便化を目的とした。

試料準備；画像取得およびその処理

長野県和田峠産の黒曜石を樹脂に埋め込み、研磨した。研磨は15 μm , 3 μm , 1 μm のダイヤモンドペーストを利用し、出来る限り表面に傷が付かないようにした。エッチングは24%HF(フッ酸)で60秒間行なった。観察面の写真の撮り方、その後の画像処理方法、計数法などを吟味した後、さらに段階エッチングを行ない単位体積当たりのFT密度を求めた。

画像はFocus studio 2100を用いて取得した。その際、対物レンズは40倍と100倍の2種類、光源の明るさは40倍が2段階(明・暗)、100倍が3段階(明・中・暗)、ピントは表面に合わせた場合とその前後にデフォーカスした場合の3種類、光源は透過光と反射光(40倍のみ)を考慮したその組み合わせにより計72通りの条件で撮影した。

画像の前処理はPhotoshop CS™を用いた。まず、写真を256階調のグレースケール画像に変換し、自動レベル補正を行なった。その次に色域指定を行なって、FT以外の部分を画像中から検出した。ここまでの処理をprocedure 1とした。それに加えて色域指定で選択した範囲を3ピクセルずつ拡大・縮小することで、FTより小さなノイズを除去する項目を追加し procedure 2(拡大・縮小を2回)、procedure 3(拡大・縮小を5回)として、それぞれ画像を2階調化して保存した。

次にその画像を用いてImageJでFT数の計測を行うにあたり、FTと残ったノイズの区別をする方法として今回は面積および真円度を判断基準とし

表1. 異なる画像取得条件を用いて計測したトラック数を示す。黒く塗られている箇所は実際に計測したトラック数より5個以上多かった箇所、灰色で塗られている箇所は実際に計測したトラック数より5以上少なかった箇所である。

	x100			x40 transmitted light		x40 reflected light		
	Brightness 1	Brightness 2	Brightness 3	Brightness 1	Brightness 2	Brightness 1	Brightness 2	Brightness 3
Focused above the surface	33	39	23	76	64	78	75	28
Focused on the surface	32	33	15	49	38	633	381	67
Focused in the interred surface	17	45	12	44	38	109	45	13
Observed track counts	29	29	29	25	25	25	25	25

た。これに先立って人間によって認定したFTの個数、面積、真円度を測定した。指定するピクセルサイズは自発FTの平均面積が $3.27 \pm 1.5 \mu\text{m}^2$ だったことより、 $3.27 \pm 1.5 \mu\text{m}^2$, $6.54 \pm 3.1 \mu\text{m}^2$, $9.81 \pm 4.5 \mu\text{m}^2$ の3つの場合でFTが検知できるか実験した。真円度は平均が 0.86 ± 0.14 だったことから、3種類(0.50-1.00, 0.75-1.00, 0.85-1.00)の基準値を設定して測定を行なった。そして、ImageJでの検知結果と人間が観察した結果を比較し、最適な処理方法を議論した。

さらに上記の画像処理および計測のうち最適基準と判断されたものを用いて、段階エッチング実験を60秒で4回、120秒で2回行ない、FT数計測を行なった。また、この時のFT直径の増加量から、バルクエッチング速度も求めた。

結果と議論

(1) 画像取得条件 (Table 1)

(A) ピント；表面にピントを合わせた時が最も良かった。ピントが表面からずれるとFT数の見積もりに誤差を生じやすくなった。

(B) 明るさ；明るさは人間が観察する時とほぼ同じくらい、もしくはわずかに暗めが最も良かった。明るすぎるとハレーションが起こり、FT数を少なく見積もってしまった。

(C) 対物レンズの倍率；対物レンズの倍率は100倍を使った時が良い結果となった。40倍の時にはFT数を多く見積もってしまい、正確に計測することが出来なかった。これは真円度の値がうまく機能しなかったことにより、ノイズをも計測してしまったために起こったと考えられる。

(D) 光源；透過光を使ったときにFT数を正確に見積もることが出来た。反射光で計測させた時

には実際のFT数と全く異なるFT数を計測した。これは反射光を使ったことで表面の汚れをFTとして誤認したことが原因であると考えられる。

(2) 画像処理

Photoshop CS™での前処理はどのprocedureを用いてもあまり最終的なFT数に大きな変化はなかった。これは $3 \mu\text{m}$ 以下のノイズがほとんどないことを意味しており、procedure 1を行なえば十分であると考えられる。一方、ImageJでの基準値はFT検知に大きく影響を与えた。面積での判定において、 $3.27 \pm 1.5 \mu\text{m}^2$ を指定した時に全体で計測した個数は比較的正確だったが、他の2つの値で指定した場合は著しく検知した個数が減少した。真円度については0.85-1.00を指定した時に他の2種類の真円度に比べて検知したFT数が減少した。よって、最適なFT検知基準は面積が $3.27 \pm 1.5 \mu\text{m}^2$ 、真円度が0.50-1.00または0.75-1.00であると考えられる。

表2. 段階エッチング実験を行ない計測したトラック数の結果を示す。括弧内の数字は重複して計測したトラック数である。

	Circularity	
	0.50-1.00	0.75-1.00
60 sec.	33	25
120 sec.	15 (3)	6 (3)
180 sec.	12 (0)	5 (0)
240 sec.	4 (0)	2 (0)
360 sec.	2 (0)	1 (0)
480 sec.	6 (0)	3 (0)
Total	72 (3)	42 (3)
Observed track counts	30	30

(3) 段階エッチング実験

段階エッチングした試料の FT 数計測を上述の基準を用いて行なった。結果を Table 2 に示す。どちらの真円度でも実際の FT 数に比べて多く見積もってしまったが、真円度 0.75-1.00 の時には真円度 0.50-1.00 に比べて少なかった。人間によって認定された FT の真円度が 0.86 ± 0.14 だったことを考えると指定する真円度は 0.75-1.00 が良いと考えられる。また、合計 480 秒のエッチングを行なったが、FT の増加はほとんど確認できなかった。これは観察面数が少なかったことも原因であるだろうが、より長い時間のエッチングも必要であると考えられる。さらに、合計 120 秒エッチングした試料において、計測した FT の重複が起こってしまった。これは 60 秒ずつのエッチングでは一度観察した FT が ImageJ で指定した面積範囲 ($3.27 \pm 1.5 \mu\text{m}^2$) に存在する可能性があることを示しており、段階エッチング実験をするには 60 秒では短いと考えられる。したがって、エッチング時間は 60 秒ではなく、120 秒もしくはそれ以上でエッチングすることが望ましいだろう。さらに、求めたバルクエッチング速度は長径で $0.017 \pm 0.006 \mu\text{m}/\text{sec.}$ 、短径で $0.013 \pm 0.005 \mu\text{m}/\text{sec.}$ であった。この速度は伊藤・長谷部 (2006) で誘導 FT を用いて測定したバルクエッチング速度のおおよ

そ 0.35 倍であった。これは中性子照射したことでガラス中に傷を与え、その結果、誘導 FT がエッチングされやすくなりバルクエッチング速度が大きくなった可能性があり、今後さらなる議論が必要である。

参考文献

- Gentner, W., Stozer, D. and Wagner, G. A., 1969, New fission track ages of tektites and related glasses. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33, 1075-1081.
- 伊藤健太郎, 長谷部徳子, 2006, フィッション・トラックニュースレター, 19, 71-73.
- 北田奈緒子, 弘原海清, Bigazzi, G., 1994, ガラス標準試料 JAS-G1 の ITP-FT 年代, フィッション・トラックニュースレター, 7, 5-6.
- 町田洋, 新井房夫, 1992, 新編火山アトラス.
- Walter, R. C., 1989, Application and limitation of Fission-track geochronology to Quaternary tephros. *Quaternary International*, Volume 1, 35-46.
- Westgate, J. A., 1989, Isothermal plateau fission-track ages of hydrated glass shards from silicic tephra beds. *EPSL*, 95, 226-234.