

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の検出

伊藤健太郎*・長谷部徳子**・遠藤徳孝*

Detection of fission tracks in volcanic glass using image processing

Kentaro Ito**, Noriko Hasebe** and Noritaka Endo*

* 金沢大学大学院自然科学研究科, College of Science and Engineering, Kanazawa University

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

はじめに

第四紀中の爆発的な噴火により噴出した広域テフラは空間的に離れた地層同士の層序関係を読み解く重要な鍵層となり, こうしたテフラの年代測定にはフィッショントラック (FT)年代測定法が良く利用されてきた (町田・新井, 1992; Gentner et al., 1969; Westgate, 1989; Walter, 1989; Ito and Hasebe, 2010など). 特にテフラ中に普遍的に含まれている火山ガラスを使ったFT年代測定法はほぼ全てのテフラに対して利用可能である. しかし, 火山ガラスはFT年代測定法によく用いられるジルコンやアパタイトに比べてウラン濃度が低いため, その測定には膨大な試料表面の観察が必要である. また, 火山ガラス中のFTは常温で縮小してしまうため, FT年代の若返りを補正する必要もある (Gentner et al., 1969; Westgate, 1989 など). こうした補正方法としてIto and Hasebe (2010)では単位「面積」当たりでのトラック数を計測するのではなく, 段階エッチングを利用することで単位「体積」当たりでのトラック数を計測する補正方法を提案した. しかし, この補正方法では観察面のさらなる増加は避けられず, 測定に膨大な時間を必要としてしまう. そこで本研究では膨大な観察面におけるトラック計測をより簡便に行なうための

適切な画像処理について吟味した.

実験準備と画像取得条件, および画像処理

長野県和田峠産の黒曜石 (JAS-G1)を樹脂に埋め込み, 3種類のダイヤモンドペースト (15 μ m, 3 μ m, 1 μ m)で研磨し, エッチング (24%HFで30°C, 60秒間)を行なった. 次に適切な画像取得条件を探るため, 15種類の異なる条件下でFT画像を撮影し考察した (表1). また, エッチング後のガラス試料中には一見トラックと見分けのつかない気泡や包有物も存在するため, そうした「ノイズ」を排除するための画像処理を行なった. この画像処理においてはオープンソースのコンピュータビジョンライブラリであるOpenCVを利用した. まず取得した画像に対し6種類の画像処理を行ない, トラックと思われる部分を抜き出した (図1). しかし, これらの画像処理だけでは本物のトラックだけを抜き出すことが難しかったため, さらにトラック内部の明るさの変化に着目し画像処理を行なった. 本物のトラックであれば, ウラン238の核分裂片がガラス中を通過することにより「傷跡」を作る. エッチング後の傷跡は核分裂片が飛んだ方向に傾斜しており, 画像中の本物のトラック内では傾斜方向に沿って明るさが変化している (図1参照). 一方, ノイズではそうした明る

さの変化がないため、トラックと思われる箇所内部の明るさの変化を利用し、トラックとノイズの識別を試みた。

結果と議論

図1に代表的なトラックとノイズに対し、画像処理を実行したものを示してある。トラックはおおよそ正確に検出しているが、ノイズも同時に検出している。また検出出来なかった小さいトラックは段階エッチングをすることで検知することが可能である(図2)。図3は全ての撮影条件ごとに検知したトラック数を本物のトラック数で割ったものである。40倍で撮影した時には焦点深度が大きいので、トラック以外の物を著しく多く検出してしまった。一方、100倍では明るさ4 (2.30 - 2.40 Klux)および5 (4.10 Klux)で表面にピントを合わせた状態以外では少ない数のトラックしか検出しなかった。これはピントがずれたことにより、トラックの輪郭を正確に検出出来なかったためと考えられる。したがって当然ながら測定の際には表面にしっかりとピントを合わせることが重要であり、明るさは4と5のいずれもトラックを検出するのに適していると考えられる。

トラックと思われる箇所内部の明るさの変化の例を図4に示す。本物のトラックは明るさの極小値を1つ持つが、ノイズでは極小値のない平坦なものや極小値を2つ以上持つものがある。そこで長軸上にあるピクセルの明るさを取得し、極小値を1つ持つものをトラックとして計測を行なった結果を図5に

示す。どちらの明るさでも極小値が1つだけの時に最も適切に本物のトラックを検出しているが、明るさ5ではノイズも多く検出している。これは画像が明るくなったことでガラス内部のわずかな構造の違いがより明確に表れるようになったため、結果として誤検出が増えてしまったと考えられる。明るさ4と5で本物のトラックの検出数に大差はないため、明るさ4を用いる方がノイズを検出する可能性を低く出来る。したがって、明るさ4で撮影しトラックらしき物が極小値を1つ取った時に、適切にトラックを検出する可能性が最も高いと考えられる。

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.
- Ito K. and Hasebe N., 2011. Fission-track dating of Quaternary volcanic glass by stepwise etching. *Radiation Measurements*, Volume 46, Issue 2, February 2011, Pages 176-182.
- 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 tephra. *Quaternary Int.* 1, 35-46.
- Westgate, J.A., 1989. Isothermal plateau fission-track ages of hydrated glass shards from silicic tephra beds. *Earth Planet. Sci. Lett.* 95, 226-234.

表1. 画像取得に使用した条件を示した.

| | | |
|------------|---|-----------------|
| 対物レンズの倍率 | x40 | x100 |
| 明るさ (klux) | (1) 0.15 - 0.17 | (3) 1.20 - 1.30 |
| | (2) 0.48 - 0.50 | (4) 2.30 - 2.40 |
| | | (5) 4.10 (最大) |
| ピントの合わせ方 | (1) 観察表面にピントが一致 (2) 観察表面より上 (-2.0 μ m) (3) 観察表面より下 (+2.0 μ m) | |
| 光源 | 透過光 | |

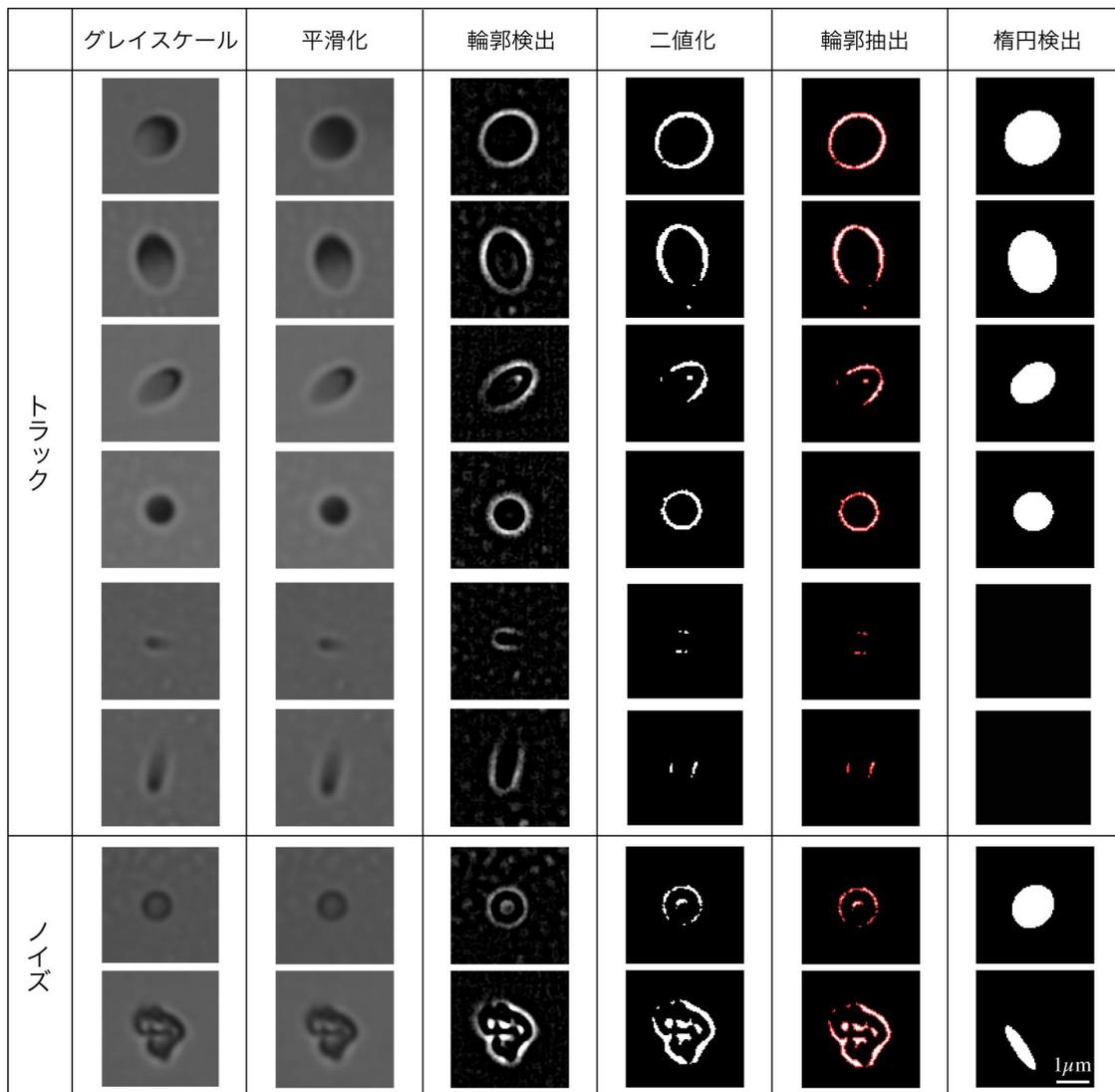


図1. 代表的なトラックとノイズに画像処理を行なった結果を示した. 輪郭抽出で赤く色付けされている箇所は輪郭として認識された部分を意味しており, 実際の画像で赤く表示はされない.

| | | グレイスケール | 平滑化 | 輪郭検出 | 二値化 | 輪郭抽出 | 楕円検出 |
|---------------|---|---------|-----|------|-----|------|------|
| 1 回目のエッチング | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| 2 回目のエッチング | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |

24%HF, 30°C, 15sec.

図2. 段階エッチングを行なった後に画像処理を行なった結果を示した。1回目のエッチング後には検出出来なかった小さいトラックが追加のエッチングを行なうことにより検出可能となっている。

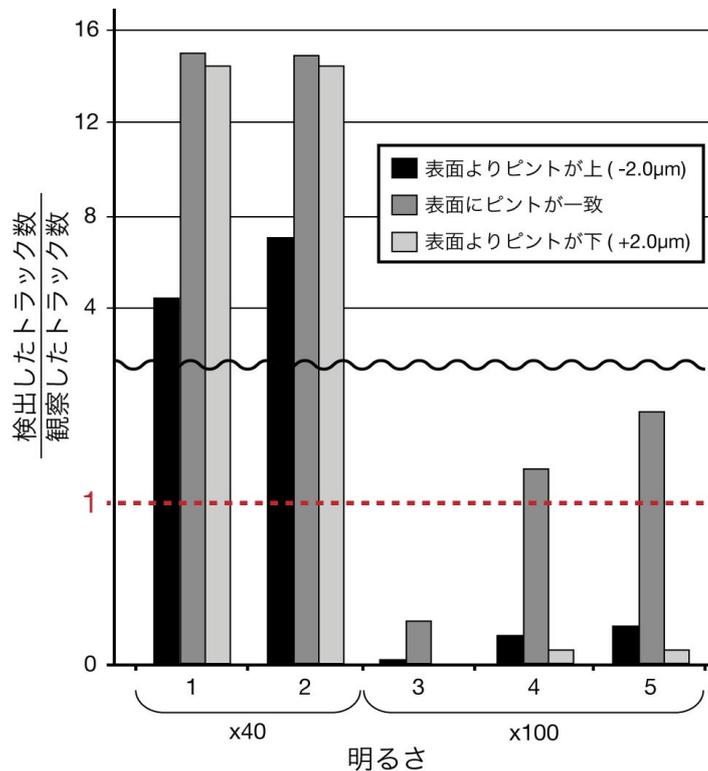
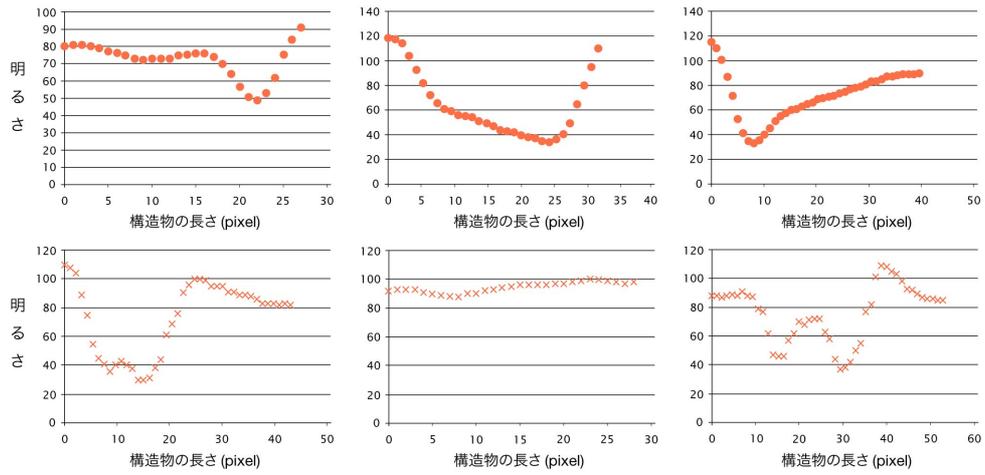


図3. 撮影条件ごとに検出されたトラック数の比較を表している。縦軸で1 (点線)に近ければ、実際に計測したトラック数に近いことを意味している。

(a) 明るさ4



(b) 明るさ5

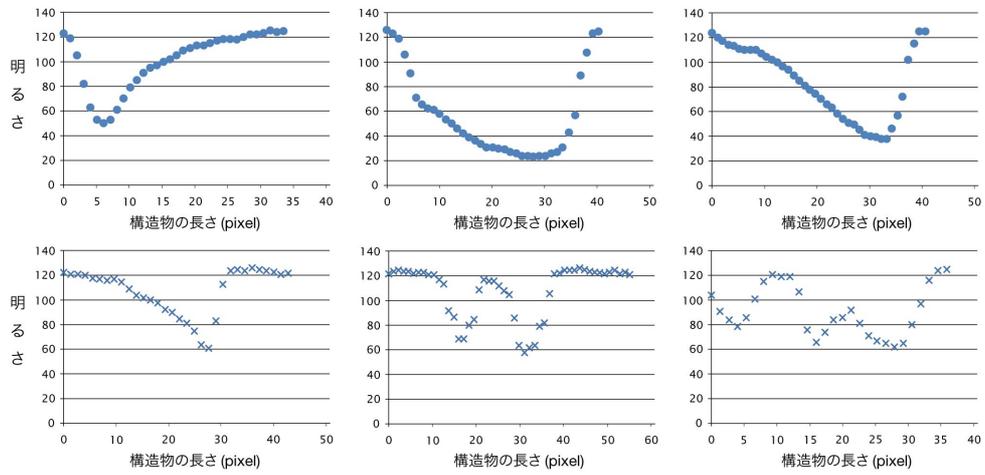


図4. 代表的なトラックやノイズの内部の明るさの変化を示した。どちらの明るさでも丸印がトラック、バツ印がノイズを表している。

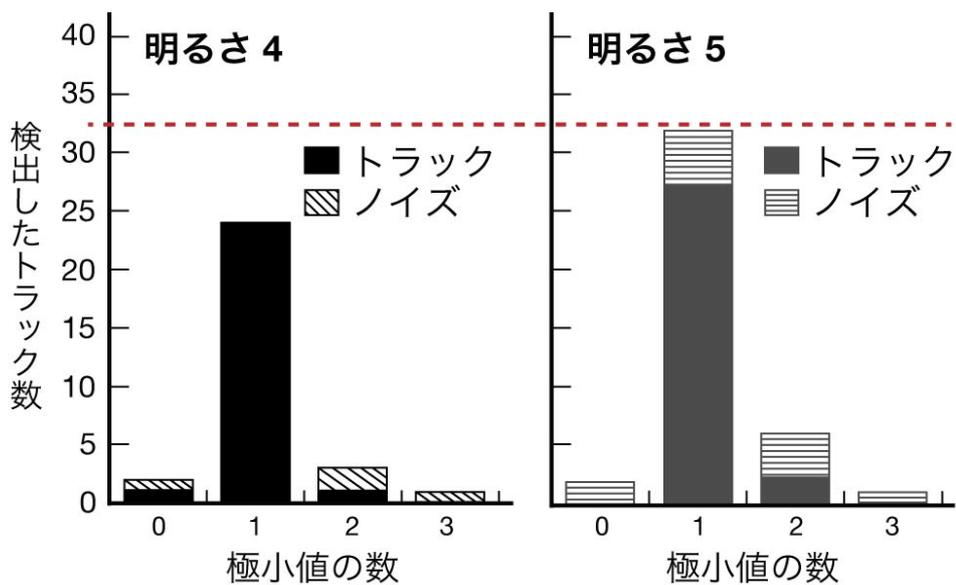


図5 極小値の数ごとに検出したトラック数を示した。点線は実際に計測したトラック数を表している。