FT自動計測装置を用いたアパタイトFT密度測定作業時間と結果

島田耕史*・末岡　茂*

Measurement time and result of apatite FT density using FT automatic measuring device

Koji Shimada* and Shigeru Sueoka*

* 日本原子力研究開発機構，Japan Atomic Energy Agency

はじめに

2019年7月に，JAEA敦賀総合研究開発センターに設置されたFT自動計測装置（Autoscan Systems製　Trakscan　Plus　Professional）は，モニター2台とPC，自動XYZステージを備えた顕微鏡（ZEISS　AXIO　Imager.M2m）一式からなり，TrackWorksとFastTracksという２種類のソフトを通じて操作・制御される．筆頭著者は，偏光顕微鏡による変形微小構造観察の経験があるが，FT計測用の顕微鏡操作は初めて行った．本邦初号機を用いた入門者による測定結果は今後の利用者の参考になると考えられることから，作業時間とともに報告する．

２種類のソフトの概要

TrackWorksでは，顕微鏡操作と手動による対象粒子選択後に，各粒子の透過光スライス画像と反射画像を自動で取り込むことで，対象粒子表面付近の擬似３次元イメージを構築する．FastTracksでは，TrackWorksで取り込んだ画像を処理してFTの自動認識と密度計測等を行う．すなわち，手動で設定したROI（計測領域)内で自動認識されたFTの確認および手動修正を行い，その過程でFT密度が自動計算されていく．一連の結果は約7 GB（30粒子程度の場合）の画像・数値データとして記録され，LA-ICP-MSによる破壊分析後であっても，FT計測の再検討やチェックができる．

測定試料

今回測定したアパタイトは，福井県敦賀半島に露出する江若花崗岩に含まれるものである．江若花崗岩は，同半島に立地する高速増殖原型炉もんじゅの基盤岩となっており，日本原子力研究開発機構では地形・地質・熱年代学的調査を進めてきた．もんじゅ付近の剥ぎ取り調査地点の非変形花崗岩のジルコンFT年代は71.9±2.1 Ma，アパタイトFT年代は53.0±6.7 Maである（末岡ほか，2016; Sueoka et al., 2017）．　また，破砕帯密集部の変質花崗岩のアパタイトFT年代は，約19 Maの斜長石K-Ar年代を持つ玄武岩岩脈からの距離に応じて，49.6–16.7 Maと若返る（Sueoka et al., 2017）．測定試料（２試料）のうち一つはこれらの年代値が得られた露頭の変質花崗岩（試料A)，もう一つは約1.4 km離れた地点の沢沿いの非変形の花崗岩（試料B）である．岩石試料からの鉱物分離，マウント作成，エッチングは京都フィッション・トラックに依頼した．

比較のために測定したDurangoアパタイトのマウント作成，エッチングは東濃地科学センターで実施した．

測定作業と結果

TrackWorksの作業画面と説明を図1(a)に示す．マウス操作で顕微鏡のXYZステージ移動，対物レンズ倍率変更（レボルバ回転），光源切り替えができる．各粒子選択、登録（XYZ座標記録、粒子番号付与）の後，登録した全粒子の反射画像および疑似３次元画像作成用のスライス（ピントを一定深度でずらした複数の）透過画像が自動で取得される．

FastTrackの作業画面と説明を図1(b)に示す．各粒子の画像が保存されており，対象粒子を表示し，ROIを設定後，AutoCountによりFTの自動認識が行われる．FT本数や傷などの誤認については画面上で手動修正（マウス操作）する．FT本数，計測面積，FT密度はAutoCount後すぐに表示され，手動修正に伴って随時変更されていく．各種測定結果はcsv形式で保存できる．

Durangoアパタイトを例とした手動修正の例を図2に示す．仕上げ研磨が不十分で，エッチングにより粗いダイヤモンド粒子による研磨痕が露出すると，AutoCountではFTと誤認される場合がある．

試料Aについて３回，試料Bについて２回の繰り返し測定を行ったところ，一連の操作に要した時間は以下のとおりである（表1）．TrackWorksによる，① 約30粒子の選択；30-40分，② 画像の取り込み；7–8分．FastTracksによる，③ 計測領域設定；8–12分，④ FT自動認識；1分，⑤ FTの確認と手動認定およびFT密度自動計算；25–35分．すなわち1試料あたり計90分程度である．各測定の計測粒子数，計測トラック数，計測領域総和面積，FT密度を表1に示す．なお，比較測定に供したDurangoアパタイトの結果も併せて示した（1マウント中９粒子のうち研磨が比較的良好で結晶方位が適切な３粒子を測定）．

計測値はSueoka et al. (2017)とおおむね調和的で，熟練者の専門的経験に基づく適切な指導があれば，初心者でも熟練者と遜色のないデータを短時間で得られる可能性が示唆された．今回導入した装置は，時間短縮や作業経過記録保存の自動化によって，FT研究・教育の進展への貢献が期待できる．

付記

測定作業の動画を含む研究会発表ファイルを希望者に提供しています．装置見学等も含め著者まで問合わせください．

引用文献

末岡　茂ほか (2016) 複数の熱年代学的手法に基づいた江若花崗岩敦賀岩体の冷却・削剥史. 地学雑誌，125，201-219.

Sueoka, S. et al. (2017) Fission track dating of faulting events accommodating plastic deformation of biotites. J. Geophys. Res., 122, 1848-1859, doi: 10.1002/2016JB013522..

表1　FT自動計測装置による作業時間と測定結果.

	作業時間		結果			
試料	TrackWorks	FastTrack	粒子数	FT個数	面積（$10^{-6}cm^2$）	密度(10^6cm^{-2})
A-2nd (Abst.)	43分	44分	26	85	469	0.18
A-3rd (Abst.)	48分	42分	29	67	578	0.12
A-4th (New)	38分	46分	28	109	599	0.18
B-2nd (Abst.)	45分	34分	30	52	339	0.15
B-3rd (Abst.)	38分	41分	31	57	373	0.15
Durango (B)	25分	240分	1	301	2,425	0.12
Durango (C)			1	281	1,923	0.15
Durango (I)			1	368	2,701	0.14

試料欄の (Abst.)は研究集会要旨作成時点，（New）およびDurango (B, C, I)は新たに研究集会までに得られたデータ.

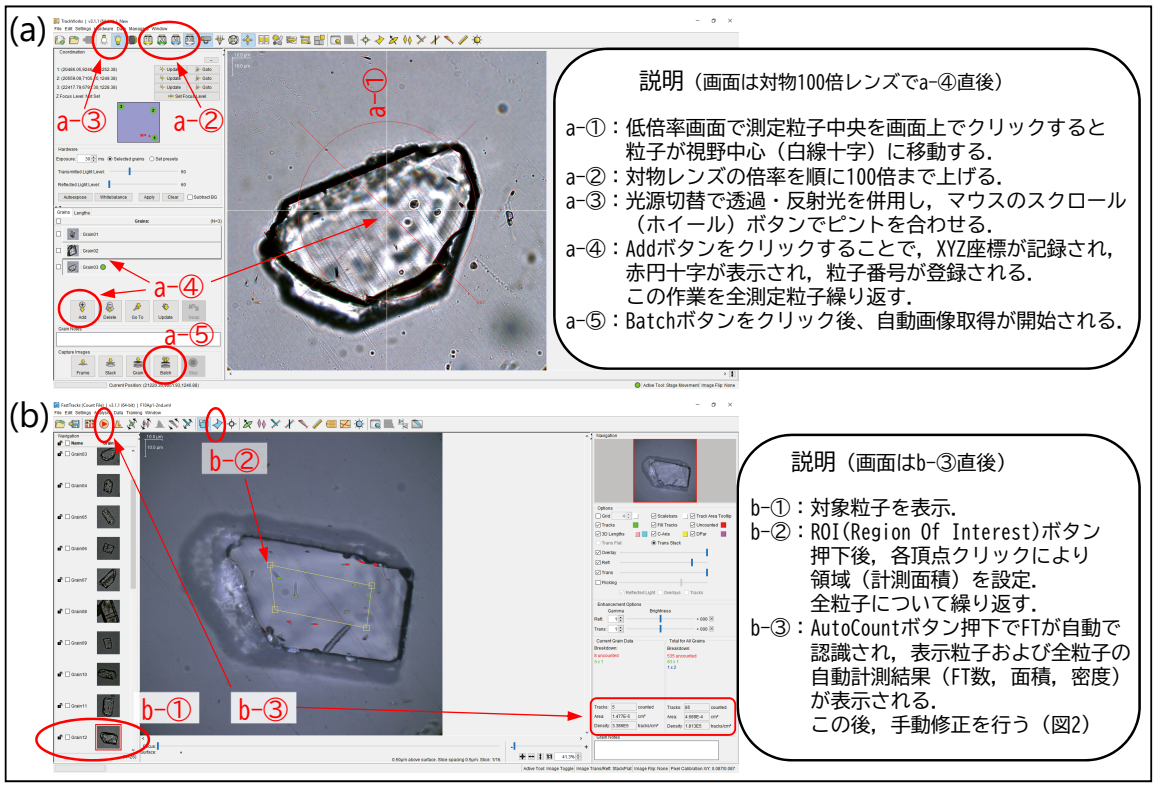

図１．(a) TrackWorksの作業画面と手順の説明．(b) FastTrackの作業画面と手順の説明．試料はA.

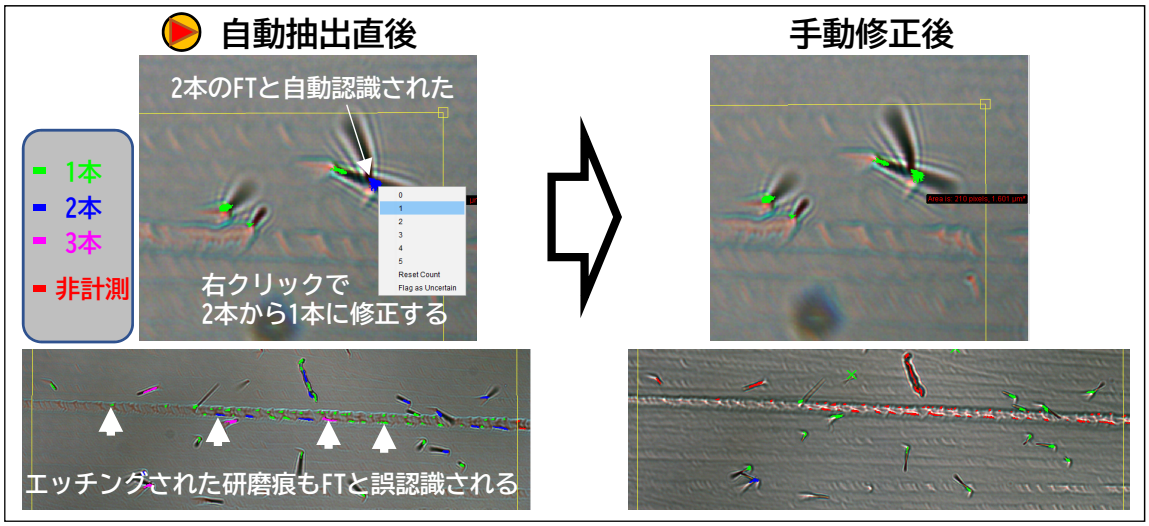

図2　FastTrack による手動修正の例．試料はDurangoアパタイト．