日本堆積学会 2014 年山口大会ショートコース 「イメージスキャナを用いた砂層のファブリック解析」参加報告

飯嶋耕崇^{1*}

A report on the short course “Fabric analysis of sand bed using image scanner”
at the 2014 Annual Meeting of the Sedimentological Society of Japan

Yasutaka Iijima^{1*}

はじめに

2014 年 3 月 14 日 (金) ~ 17 日 (月), 日本堆積学会山口大会が山口大学において開催された。その初日に「イメージスキャナを用いた砂層のファブリック解析」と題するショートコースが行われた。本ショートコースでは、山口大学の宮田雄一郎先生を講師として、砂層断面はぎ取り試料のスキャン画像を用いて砂粒子長軸方位を計測し、得られたデータの集計およびマッピングを行う方法に関する講義が開かれた。参加者は学生や教員など総勢 16 名であった (第 1 図)。講義の中では、はぎ取り試料の作成およびスキャン方法、画像処理ソフト ImageJ を用いて砂粒子の長軸方位を抽出する方法、抽出された計測データの補正方法、エクセルのマクロを用いて長軸方位の集計を行い、粒子配列を作図する方法について、それぞれ詳細な解説が行われた。

堆積物の粒子配列 (ファブリック) とは、粒子長軸方位の分布様式を指し、堆積物形成時の堆積機構や水理条件に影響を受ける。そのため砂粒子配列の解析は、砂岩層の堆積機構解明や古流向の推定を行う上で有用な手法である (宮田, 2014)。このような解析には、かつては定方位の薄片を作成し粒子を観察する方法等が用いられていたが、非

常に手間がかかる上、観察できる粒子数が少ないという欠点があった。誘電率異方性や帯磁率異方性を用いて 3 次元的に解析する方法もあるが、スポット的な分析である上、細粒な磁鉄鉱粒子の情報しか得ることができないというデメリットがある。本ショートコースで紹介された、イメージスキャナを用いて粒子配列組織を解析する方法は、はぎ取りのような大型試料に適用できる、石英や長石などの主要な鉱物粒子の情報を得られる等の利点がある。その一方で、粒子の分離抽出が的確でない可能性、スキャナの特性による粒子方向バイアスの存在、多量の集計・計測処理をどう行うかという点が課題として挙げられる。

本ショートコースでは、山口大学で培われてきた、大型はぎ取り試料のスキャン画像を用いた粒子配列の解析技術について、上記の課題を克服する手法とともに紹介していただいた。使用されたはぎ取り試料の写真を第 2 図に示す。大型のはぎ取り試料を用いることで、砂岩層全体の解析を行い、その粒子配列から古流向等の推定を行うことができる。一方で大型試料の場合は測定粒子数が 10^4 から 10^7 個になるため、自動的に粒子配列を解析する技術は必要不可欠である。山口大学ではスキャン技術の向上、計測処理の自動化を中心に、粒子配列の解析技術に関する研究を行うことで、前述したイメージスキャナによる粒子配列解析の課題を克服してきた。具体的には、はぎ取り試料への前処理適用、スキャナの特性理解と補正方法の考察、ImageJ やエクセルのマクロによって自動で粒子長軸方位を抽出・測定・描写する方法の開発により、粒子配列を解析する技術の向上が図られている。ショートコースを通して、イメージスキャナによる粒子配列解析の原理から、スキャン画像解析に適用される工夫、はぎ取り試料を用いて

受付: 2014 年 5 月 7 日

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻
Institute of Geology and Paleontology, Graduate school of
Science, Tohoku University
現所属: 国際石油開発帝石
INPEX CORPORATION

* Corresponding author: yasutaka.ijima@inpeco.jp

第1図 ショートコースの様子（石原与四郎先生提供）。

実際に粒子配列を描写するまでの流れを説明して頂いた。以下は今回のショートコースの内容をまとめたもので、実習において配布された実習案内（宮田，2014）およびショートコース時の説明に基づく。

ショートコースの内容

1. はぎ取り試料の採取および前処理

本ショートコースでは、はぎ取り試料のスキャン画像を粒子配列解析に用いた。はぎ取り試料を使用するメリットとして、薄片に比べて多くの粒子を広域に解析できることが挙げられる。

はぎ取り試料を採取する際には、サンブレング WE 等の樹脂を用い、目が粗く伸び縮みのない布を使用することが望ましい。採取時には断面方位を記入する必要があるが、はぎ取りをスキャンした画像は反転することに注意しなければならない。粒径の2倍以上の厚さではぎ取り試料を採取すれば、砂岩層の整形をした際の乱れは考慮する必要はないと考えられる。

粒子の分離抽出を行うための前処理として、乾燥固化したはぎ取り表面に掃除機をかけたのち、細かい粒子が噴射されるスプレーガンで塗装を行う必要がある。天然の砂層に含まれる石英等の透明粒子は、そのままでは粒子輪郭の把握が難しい。そこではぎ取り表面に白色スプレー塗装を行うことで、粒子の識別を容易にすることができる。ただし、通常の缶スプレーでは液滴サイズが大きく粒子間を充填してしまうため、粒子の輪郭強調には不適當である。粒径の細かい白色塗料を、スプレーガンとコンプレッサーを用いて塗布することで、透明粒子の輪郭を識別しやすくす

第2図 本ショートコースで用いたはぎ取り試料。

ることができる。

2. はぎ取り試料のスキャン

歪みの少ない適切なスキャンを行うため、幅4インチ以内の範囲（スキャン範囲がスキャナの中央部に収まる範囲）でスキャン画像を作成する必要がある。本実習で用いた大型はぎ取り試料については、横4×縦10インチの範囲でスキャンを行うため、試料に4×10インチのマークを付け、スキャンする際の目印とした。

スキャン時に発生する、光源とスキャナヘッドの間の陰影による粒子方向の測定誤差を減少させるため、スキャナはCCD方式の2列光源のものをを用いる。

スキャンするときは、プレビューを繰り返しながら丁寧にはぎ取り試料の位置を目印に合わせていき、スキャン画像の作成を行う（第3図）。

3. ImageJのマクロを用いた画像計測

画像計測には、ImageJ（画像計測用のフリーソフト）のマクロを使用する。ショートコースで配布されたマクロは大きく二つのステップに分かれており、まず画像の分割マクロを用いて元画像を計測可能な大きさに分割し、次に計測マクロで粒子の抽出、計測を行う。

スキャンした画像は非常にサイズが大きいため、まず処理可能なサイズまで分割を行う必要がある。たとえば4×10インチサイズの画像では、解像度が2000 dpi だとしても横8000縦20000ピクセルになり、計測はおろか開いて閲覧することさえも容易でない。本実習では、分割マクロを

第3図 はぎ取り試料をスキャンする様子（石原与四郎先生提供）。

第4図 粒子を抽出する過程。左から明度ピークの検出、画像の2値化、楕円近似を示す。

用いて 2000×2000 ピクセルに画像を分割した。

画像の計測マクロは、大きく二つの工程に分かれている。最初に、スキャン画像から粒子の抽出を行うために、バンドパスフィルターや2値化等の画像処理を行う。次に、抽出された粒子の楕円近似を行い、粒子長軸方位の計測を行う。

粒子の抽出を行うため、まず画像はグレースケールに変換される。その後、試料断面の不均一や泥よごれを除くためにバンドパスフィルターを用いる。これは、想定される最大粒径・最少粒径をピクセル数で表現し、それより大きな波長と小さな波長の成分を取り除く操作である。次に、画像の中で、粒子部分を白、背景部分を黒と2値化する。その際に明度ピークの検出を行い明色部のセグメント分け

第5図 各ウィンドウのローズダイアグラム。

を行うことで、隣接粒子を分離することができる（第4図）。

2値化によって得られた粒子像を楕円近似し、長軸方位、位置情報（XY座標）、粒径、形状の計測が行われる。計測された情報はテキストデータとして、粒子の面積、XY座標、周囲長、長軸・短軸のピクセル値、長軸方位が出力される。

4. エクセルのマクロを用いた長軸方位集計と粒子配列の作図

画像計測によって得られたテキストデータについて、粒子長軸方位の集計、および方位分布図の作成を、ショートコースで配布されたエクセルのマクロを用いて行う。

まず、粒子長軸方位の集計を行う。配布されたエクセルのワークシートにおいて、画像サイズや画像の解像度、処理格子数（集計するウィンドウのサイズ）、スキャンに用いたスキャナの種類等を指定する。スキャナの種類を指定する理由は、スキャナの特長による粒子方向のバイアスを減少させるため、スキャナに合わせた画像の補正が必要だからである。集計マクロを実行すると、ウィンドウごとにXY座標、粒子数、ベクトル平均方位、集中度、ランダム方位仮説を棄却できない確率、平均粒径がテキストデータとして出力される。また、同じワークシート内でローズダイアグラムの作成も行うことができる。ローズダイアグラムの作成マクロを実行すると、ウィンドウごとの粒子配列を示したローズダイアグラムが出力される（第5図）。

次に、方位分布図の作成を行う。集計マクロによって出力されたテキストデータを用いて、粒子配列を示すカラー

第6図 各ウィンドウの粒子長軸方位をカラーで示した図.

第7図 各ウィンドウの粒子長軸方位をベクトルで示した図.

方位図やベクトル方位図を作成し、eps 形式で出力する。方位のカラー表示（第6図）には HSB カラーが用いられている。方位に色相（H）、長軸方位の集中度に彩度（S）、信頼度に明度（B）が当てはめられている。ベクトル方位図（第7図）では、ウィンドウごとの長軸方位がベクトルで示されており、線分の長さは長軸方位の集中度を表す。第6図や第7図のように、はぎ取り試料の粒子配列が複数の様式で描写されることで、はぎ取り試料を採取した砂岩層の古流向や堆積時の流体条件等に関する考察を、多量の粒子計測結果に基づいて行うことが可能となる。

おわりに

本ショートコースを通して、はぎ取り試料のスキャンを行い、スキャン画像を用いて長軸方位を解析し、試料全体の粒子配列を作図するまでの一連の流れを習得することができた。粒子の分離抽出・計測処理は、使用する PC のスペックによっては若干の時間がかかるものの、多量の粒子解析結果に基づいて、はぎ取り試料全体の粒子配列を示す図をほぼ自動で作成できる意義は非常に大きい。

今回使用した ImageJ とエクセルのマクロは、ショートコース参加者全員に配布していただいた。このため、ショートコース後も手元のはぎ取り試料で粒子配列解析を行うことが可能となっており、参加者一人一人の研究の幅が広がる可能性は大きい。本ショートコースで紹介して頂いた、多量の粒子配列を簡便に解析する技術を、堆積学を発展させる強力な新ツールとして、今後活用していきたい。

本ショートコースの講師を務められ、はぎ取り試料の作成からスキャン時までの様々な工夫、ImageJ とエクセルの各種マクロなど、ご自身が中心になって作り上げられた技術を余すところなくご紹介頂いた宮田先生に、心より御礼申し上げます。また、今回のショートコースを企画されました日本堆積学会の関係者の皆さまに深く感謝の意を表します。

文 献

宮田雄一郎, 2014, イメージスキャナを用いた砂層のファブリック解析. 日本堆積学会ショートコース実習案内, 20 p.