

画像処理による簡易的粒径分布解析システムの開発

日本工営(株)○古木宏和、伊藤隆郭、倉上健、池島剛、孝子綸図
五大開発株式会社 関家史郎、山森一彦、荒木光一

1. はじめに

砂防において河床粒径調査は、土石流や河川の流砂・侵食・堆積過程を把握し、適切な砂防施設対策を講じるために、河床に存在する砂や礫、石、シルト、粘土などの粒径や分布を調査することを指す。この調査は、流域の土砂動態の把握や砂防施設の計画・設計・維持管理に不可欠である。

河床材料調査手法には大きく2つある。河床の代表的位置を設定して、一定体積の試料を採取し、ふるい分けによって粒度分布を把握する「容積サンプリング法」と、河床表面に一定間隔の格子を設定し、各交点直下の河床表面粒径を計測する「線格子法」と「面格子法」である。国内河川分野の基準¹⁾では、生産土砂の粒径調査は、粒度分布、比重、空隙率等の調査を行うことが標準とされ、溪流の河床材料を把握する調査手法として容積サンプリング法、もしくは線格子法と容積サンプリング手法を組み合わせた手法を実施することが望ましい、とされている。

河床材料調査の課題は、サンプリングの作業性から多点設けることができず、その上で河川・溪流の土砂流出や粒度特性の把握した上で分析値の代表性の判断と設定が必要になる点である。本論では、近年画像から簡易的に粒径調査を行う手法が検討されつつある²⁾中でも、河床材料の面格子法を想定した効率化を目的として、画像からの粒径分布把握手法を開発した³⁾。本論では、可搬性が高い設置型スケールを合わせて撮影した写真から、簡易的に粒径を求めることが可能なシステムの適用性、精度検証、活用方法の検討結果を述べる。



図1 河床材料調査 面格子法の様子

2. 粒径分析システムの概要

2.1 折りたたみ式スケール

図2の写真は、開発中の折りたたみ式スケールである。軽量で可搬性を持たせることで、調査の準備、砂防調査における山中への移動に要する労力を軽減することができる。

2.2 粒径分布解析システムの仕組み

図3は本研究で開発したシステムによる粒径分布解析の流れを示している。処理の概要は次のようになる。①処理の開始から、②図2の基準スケールを展開する。③次にこの時、システム処理による輝度調整により複数回の画像再取得（撮影）を行う。④複数回撮影処理の後、画像内の基準スケールを特定する。⑤粒子を浮き上がらせるために、輝度調整により生じる暗値を合成する。⑥粒子の形状の補正を行うために、アフィン変換を行い、座標補正を行う。⑦粒子の輪郭特定のために二値化処理し、⑧石領域を特定する。

⑨の工程では上記処理による砂礫の粒子判定し、ユーザーが可否を判断する。システムの判定に不足があると判断する場合は、⑦の二値化の閾値を微調整する。この閾値調整は容易にできるようUIを構築している。⑩検出結果をユーザーが認証すると粒度分布が自動計算される。

2.3 システム画面の遷移

図4は、本システムの画面遷移である。折りたたみ式スケールを用いた画像取得から、粒子の認識までの過程となる。開発中のスケールは、34cm四方の枠を試作した。サイズは、現地で必要となる粒径の実態に合わせて加工が可能である。また、システムの条件設定の過程でも、画像内のスケール設定が可能であるため、縮尺の基準が写っていれば分析可能である。UAVによる広域画像にも適用可能であり、汎用性は高い。



図2 折りたたみ式スケール(開発中)

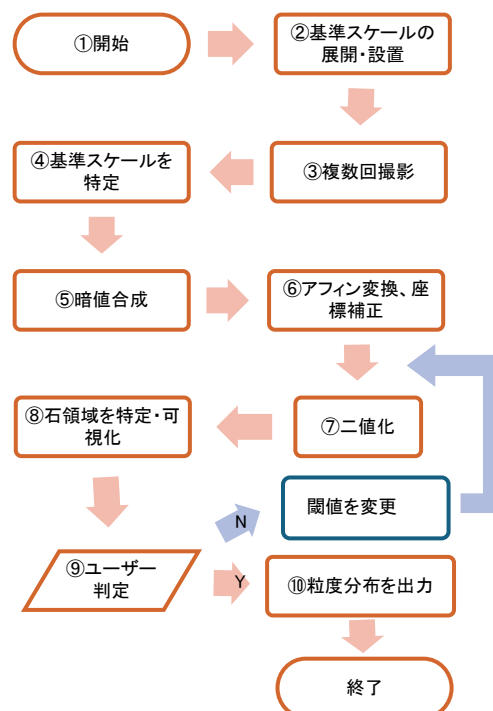


図3 粒径解析システムの処理のフロー

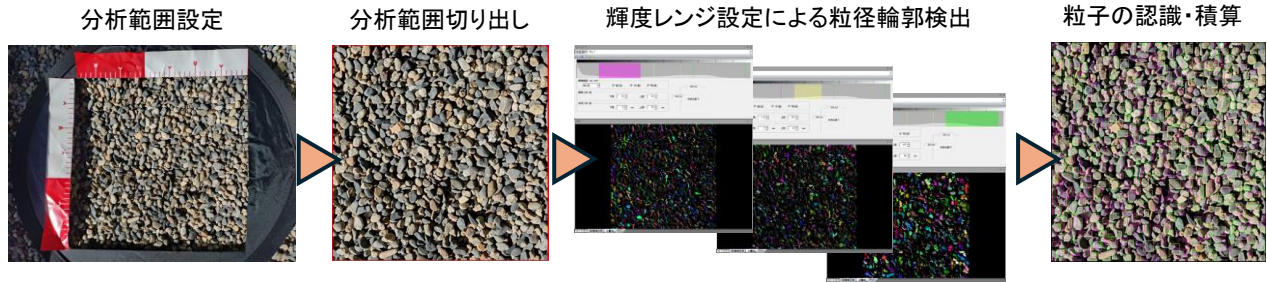


図4 粒径解析システムの画面遷移

3. 適用性と精度検証

3.1 本システムの適用性

図5は適用事例である。実験的にふるい分析による調整粒度(5~20mm)で検証を試みた。図4の行程による粒径加積曲線は、通過百分率30%以上ではほぼ同じ値となる。システムでは約30%未満は粒子間の空隙として計上されていない。

3.2 分析精度の検証

図6は、調整粒度2~10mmの画像とふるい分析による粒径加積曲線である。主な粒径が小さい(数mm)が捉えられていない。さらに粒子自体が黒い石(泥質岩等)が含まれる場合、粒子の認識精度が下がる傾向がある。

その場合、図7のように画像の明度が均質な部分を拡大して分析することで認識可能なレンジを拡大できる場合がある。切り出した画像のスケールを再度設定し、切り出した画像の輝度レンジを図4の手順で調整すると、同様の粒径加積曲線のトレンドで認識精度を向上させることができる。

3.3 本システムの発展性

本システムは、画面内でスケールが設定可能であるため、多点で、多様なスケールに対応可能である。折りたたみ式スケールで画像を取得し、面格子法の要領で用いる事により、調査対象範囲の粒径分布傾向を効率的に把握可能な手法になると考える。また、UAVとの併用も考えられる。例えば、堰堤堆砂敷において、UAVのオルソ画像から多点分析を行い、巨礫の粒径分布を把握する等の用途が考えられる。

このシステムは、河床表面の粒径分布を把握するサポートツールであり、調査結果として代表値を判断するには留意が必要である。広域の粒度分布の概要把握を行うことが可能となる一方で、分析地点を闇雲に設定してはならない。専門的知見による位置選定、分析結果の妥当性確認、定期的なモニタリング等が必要である。

4. まとめ

本論では、河床材料調査の面格子法の効率化を目的として粒径分布解析システムを開発した。システムでは、画像内のコントラストを調整し、粒子の陰影を機械的に作り出すことで輝度のエッジを強調し、輪郭を特定する。スケールの指定や画像の歪み補正(アフィン変換)が容易であり、解析時間は数10秒で完了し、粒径加積曲線や粒度分布値(csv)の出力が可能である。

本手法は、撮影する表面の粒度分布をマクロ、ミクロで分析が可能である。画像取得箇所の深度方向の情報は把握できないため、広域の河床表面粒径の概査や容積法の補助ツールとしての活用が期待できる。照度や解像度等の画像解析ならではの認識精度、精度限界に留意し、技術者は、有効な分析結果を判断することが重要である。

引用文献

1. 河川砂防技術基準案(調査編), 国土交通省河川部, 2023.
2. 箱石憲昭, 福島雅紀, 櫻井寿之: 山地河道における河床材料調査法, 土木技術資料, V ol.53, No.11, pp.18-21, 2011.
3. 特許: 粒度分布解析システム, 及び, 精度分布解析方法(出願中: 特願2025-8663)

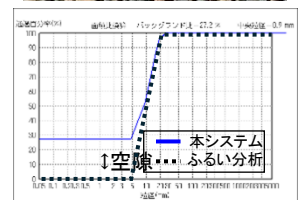


図5 調整粒度 5~20mmの画像と粒径加積曲線

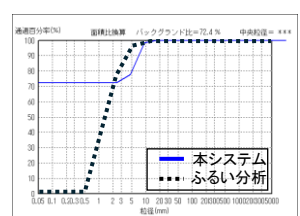
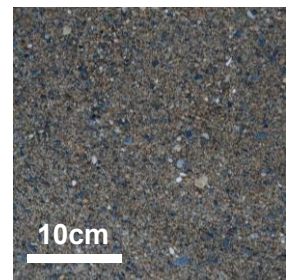


図6 調整粒度 2~10mmの粒径加積曲線(画像・ふるい分析)

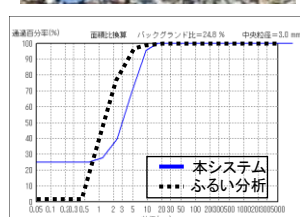


図7 図6の粒径加積曲線(画像・ふるい分析)