2次元ポリゴン解析ツールの開発とその利用例

梅津 健一

Development of two dimensional polygon analysis tool and example of its usage

Ken-ichi UMEZU

Abstract: In recent days, we usually analyze polygon objects using applications of GIS and CAD in the civil engineering. For example, in urban design, we draw polygons with lot of lines and link them with land information, person information, and the negotiation records. It aims at the cost reduction business and the efficiency improvement of the business. Now, there are many GIS and CAD applications, however, most of them are too expensive. Therefore we have developed polygon analysis tool by VB (Visual Basic) and we have analyzed gravel polygons using this tool. In this report, we describe two dimensional polygon analysis tool and we show an example of its usage for investigating the grain size distribution of river gravels.

Keywords: ポリゴン解析 (polygon analysis), 河床礫 (river gravel), DXF (Data eXchange Format), VB (Visual Basic), デジタルオルソフォト (Digital Ortho Photo)

1. はじめに

土木設計の分野において、各種図面作成や設計業務の管理に GIS や CAD のアプリケーションを用いてポリゴンオブジェクトを作図し活用することが多くなった。例えば都市計画や区画整理などの分野では筆界のポリゴンと土地情報や地権者情報、交渉記録などの膨大なテキスト情報をリンクさせ、設計業務のコストダウンや業務の効率化を目指している(梅津, 2000)。また砂防の分野では土石流危険区域のポリゴンと災害履歴やデジタル写真などの情報をリンクさせ、庁舎内での情報閲覧(堀内・水山, 2005)のみならず、一部の情報を市民へインターネット配信(財団法人 岐阜県建設研究センター, 2004)も行っているようである。このようにポリゴンオブジェクトの利活用は土木設計の分野において現在で

は日常的になっており、今日さまざまな作図ツールや支援システムなどが開発され実用化されている。しかしその多くはいまだに高価格であり、ユーザーのさまざまな要求を満たすようなアプリケーションは実務で使用している立場から言えば依然少ないと考える。このような現状から GIS や CAD アプリケーションを実務で使用する場合、個人の細やかな要求や用途にあった解析ツールは、市販の製品を購入するより独自に開発したほうが早くまた経済的で便利な場合がある。本レビューでは河床礫の粒径分布調査の案件においてポリゴンの解析を要求され、筆者が独自にプログラムを開発し実用化した例について報告する。

2. 河床礫の粒径分布調査とは

河床礫の粒径分布調査とは、地学や土木などの分野において自然河川に堆積している河床礫の大きさを測り、河床礫の流送や堆積過程などについて検討するための調査法の一つである。この測定には古く

梅津：岐阜大学大学院連合農学研究科
United Graduate School of Agricultural Science,
Gifu University
〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1
E-Mail: k6102002@edu.gifu-u.ac.jp

から調査地においてノギスなどの計測器具を用いて個々の河床礫を手作業で測定していたが、計測技術の発達などによって、今日ではデジタル技術を用いた写真測定法による粒径分布調査が行われるようになってきた。中でも内尾ら（2005）は独自の優れた画像処理技術と解析装置を開発し、一般に市販まで行っているようである。しかし巨礫のような大礫径の測定には、装置の高度限界から不向きであり課題を抱えている。そこで梅津・戸松（2007）はそれらの課題を改善するため、低高度空中写真の空撮技術を粒径分布調査に応用し、写真精度の検証と実用性について報告を行っている。そこでデジタル技術を用いた河床礫の粒径分布調査を行うため、筆者が解析部分にポリゴン解析ツールを独自に開発し、その技術を用いて実際に現地での利用を行った例についてここで報告する。

ところで河床礫の測定は図1に示すように、河床礫の表面上で最も離れている点どうしを結んだ線を長軸、長軸と直交して礫の表面を結ぶ線のうち、最も長い線を中間軸、中間軸と長軸がつくる面と直交する線のうち最も長い線を短軸とし、それぞれの長さを長径、中間径、短径と呼んでいる（公文・立石、1998）。ここでは表層のみの調査案件という理由からポリゴン解析ツールによって解析を行うのは長軸と中間軸のみで、2次元の解析を行うこととする。解析ツールでは長軸、中間軸の位置座標、長径、中間径の距離、河床礫の面積を求めることを目的に開発を行った。

図1 河床礫の粒径調査の調査項目

3. ポリゴン解析ツールの仕組み

3.1. 現地での写真撮影の方法と画像処理

河床礫のポリゴン解析を行うためには、現地において河床表層の精度の高いデジタル写真を撮影する必要がある。そこで図2に示す延長ポールに2基の民生用デジタルスチルカメラを搭載した撮影方法で、現地において撮影を行った。図に示している中心の延長ポールの素材はグラスファイバー性の物を使用し、延長ポールの高さは可変式であるが本報告では調査地の状況から最適な値を約5mとした。デジタルカメラの設置は延長ポールの先端に左右に伸ばしたアルミパイプ（口径1cm、長さ1m）にアルミ製L字型金具を特別に加工し固定した。ここでは、構造上のバランスを保つ目的と撮影範囲を広く得るためステレオカメラとした。またデジタルカメラは写真精度を確保するため、1000万画素の記録媒体を持つ最新の民生用デジタルスチルカメラを使用し撮影を行った。その後撮影したラスタ画像を研究室へ持ち帰りPC上で最適化、レンズの歪曲収差を行い、アフィン変換で幾何補正しデジタルオルソフォトとした。

3.2. 処理フロー

河床礫の輪郭は図1に示したように、PC上で独立した個々の閉じたベクターポリゴンオブジェクトとして描画できる。そこで河床礫の解析は河床礫の輪郭をあらかじめポリゴンオブジェクトとして作図しておき、そのオブジェクトの座標点から目的とす

図2 ステレオカメラによる垂直写真の撮影方法

る計算値を算出する処理フローとした。処理フローは図3に示すように、まず現地で撮影した河床礫の平面写真からデジタルオルソフォトを作成し、GISやCADベースのアプリケーションを用いてそのデジタルオルソフォトをベースに河床礫のベクターポリゴンオブジェクトを作図する。そしてポリゴンオブジェクトの2次元位置座標 (x, y) を DXF (Data eXchange Format) 形式 (落合, 2003) で読み込み、作図したポリゴンの座標データを用いて座標計算を行い、結果の描画や計算結果の出力を行う仕組みとした。算出された長軸と中間軸の描画は DXF 形式とし、ポリゴン内に長軸と中間軸をそれぞれ描画することとした。ポリゴン解析ツールは Visual Basic で作成し、図4に示すように単一のダイアログボックスで、開くアイコンをクリックすることにより、DXF 形式のファイルを読み込み、保存ボタンをクリックすることにより、解析結果を DXF, TXT の2つのファイルとして保存するインターフェースとした。

3.3. 計算方法

長軸の座標計算は以下の通りである。ここで任意のポリゴンオブジェクトにおける頂点数を n とす

図3 ポリゴン解析ツールの処理フロー

図4 ポリゴン解析ツールのダイアログ

ると、ポリゴン内のすべての頂点は座標行列 $(x_{11}, y_{11}), (x_{12}, y_{12}) \dots (x_{mn}, y_{mn})$ と示される。このことから、座標行列を (1) 式の距離行列に変換し、最長軸径となる座標の組合せを、ここでは長軸座標とした。

$$\begin{bmatrix} x_{11}, y_{11} & x_{12}, y_{12} & \dots & x_{1n}, y_{1n} \\ x_{21}, y_{21} & x_{22}, y_{22} & \dots & x_{2n}, y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1}, y_{m1} & x_{m2}, y_{m2} & \dots & x_{mn}, y_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

次に (1) 式より求めた長軸の座標から、長軸の直線式 $ax + by = p$ を算出すれば中間軸の傾きは $-1/a$ となり、ポリゴン内に交点を持つため、中間軸の直線式 $-1/a x + cy = q$ が求まる。ポリゴン演算処理により得られた中間軸のデータは、Wentworth の階級区分 (公文・立石, 1998) により分類し粒径加積曲線 (図7) を作成した。

一般に河床礫の粒径分布調査には (2) 式を用いて河床礫の3軸径から推定体積を一旦算出し、礫比重を用いて重量百分率を算出することとなっているが (公文・立石, 1998), 今回はポリゴンオブジェクトの座標行列から (3) 式の多角形の面積公式を用いて面積 (S) を算出し、中間軸の各階級で集計し面積百分率の算出を行った。ここで V : 体積, W : 重さ, a : 長軸, b : 中間軸, c : 短軸, ρ : 礫比重, n : 頂点数, x, y は頂点座標をそれぞれ示す。但し $x_{n+1} = x_1, y_{n+1} = y_1$ である。

$$V = c^2 (ab)^{1/2}, W = V\rho \quad (2)$$

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1}) \quad (3)$$

4. 粒径分布調査への利用と結果

4.1. フィールドでの調査と結果

フィールドは図5に示す岐阜県にある揖斐川中流部の河川敷とした。調査は従来の調査方法と比較するため図2の写真撮影と同時に計測器具を用いて個々の河床礫の長径、中間径、短径の測定を行った。調査範囲は任意に選んだ2m×2mの格子内を対象とし表層のみの河床礫をそれぞれの方法で調査した。写真撮影では標定点とするため1mの標尺を河床礫と同時に撮影した。

フィールドでの調査の結果、今回の写真撮影の方法は従来の方法と比べ、現地での作業は写真撮影のみであるため、調査労力を大きく軽減することが分かった。特に大粒径の場合では重量がかさみ、実測での調査が困難となるため、写真撮影のみの今回の方法は現地での作業に非常に有効であることが分かった。また今回の方法は非常に簡便であるため、一度に複数地区の調査にも適用可能である。

4.2. ポリゴン解析ツールでの解析と結果

前節で撮影された写真を実験室へ持ち帰り、撮影された写真に幾何補正の処理を施しデジタルオルソフォトに加工した。その後河床礫の輪郭を汎用CADであるAutodesk社のAutoCADを用いてオペレータがディスプレイ上で判読しポリゴンオブジェクトを作図した。河床礫の輪郭の判読は河床礫どうしが判別可能なものだけとし、不鮮明なものや重なったものは省くこととした。ポリゴン解析の結果を図6に示すように、作図したすべてのポリゴンオブジェクトの長軸、中間軸を算出し、これらを明瞭に描画することができた。ここで円に交わる線が中間軸で、中間軸に直交する線が長軸を示している。図6は今回の調査方法で520個の河床礫を解析した結果であり、調査から結果算出までに必要とされた時間は約1時間程度である。通常これだけの河床礫を調査する場合、これまでの著者らの経験から現地での実測だけでも確実に2時間以上は必要である。そのため今回の調査方法は、調査から結果算出までに必要とされるすべての作業時間をこれまでの方法の約半分以下にまで短縮することが可能である。

図5 調査地の写真

次に従来の調査方法とポリゴン解析の結果を図-7の粒径加積曲線で示す。ここで従来の方法と今回の方法ともほぼ似たような曲線の波形を示している。また今回の方法の値は、実測の平均粒径(d₅₀)の±10mmの範囲内に収まっている。このためポリゴン解析を用いた今回の方法の解析結果は精度を確保しており、実際の調査に用いても遜色ないことが明らかとなった。しかし今回の方法ではポリゴンオブジェクトの判読や作図作業が新たに必要となったが、それでも従来の方法よりはトータルの作業時間が約半分と短く、河床礫の粒径分布調査に有効であることが明らかとなった。

5. 結語

河床礫の調査はこれまでおよそ100年に渡り行われ、技術が発達している今日でも従来の計測器具を用いて行っていることが多く、フィールド調査において多大な労力と時間を要することが懸念されていた。今回この調査に関わる労力と時間の軽減を目的にポリゴン解析ツールを開発し、ここでの解析結果から実務上の精度を確保していることが明らかとなり、研究目的は達成したと考えている。また従来の粒径分布調査では河川中上流部など大きな粒径になった場合、礫を片手で持つことが困難となり実測自体が不可能となることがあるが、今回の方法では現地での調査は写真撮影のみで済み非常に簡便であることから粒径分布調査に非常に有効であることが

図6 ポリゴン解析の結果, 上: 解析前, 下: 解析後

図 7 粒径加積曲線

分かった。

しかし対象とする調査地の状況など、いくつかの要因によっては得られる数値に影響を及ぼす恐れがあるため注意が必要である。以下に今後調査研究が必要と考える課題についてまとめた。

- ・重なり合った礫や下層の礫の取り扱い
- ・覆瓦構造 (imbricate structure) のように地表に対して平行でない礫の場合の観測誤差
- ・幾何補正の補点数が少ない場合など、加工技術によっては真値から乖離することがあること
- ・河床の縦横断形状や地表の凹凸による観測誤差
- ・使用するカメラレンズの歪誤差

参考文献

- 内尾政人・横山康二・中川一・上杉満昭・沢田豊明・福田義徳 (2005) 画像処理方式による礫床河川の粒度分布測定装置の開発.「砂防学会誌」, **58** (2), 26-31.
- 梅津健一 (2000) IT (情報技術) による区画整理事業の円滑な推進.「区画整理フォーラム 2000 第2分科会」, 44-45.
- 梅津健一・戸松修 (2007) 低高度空中写真による河床礫調査法の精度検証と実用性について.「砂防学会誌」, **60** (1), 19-28.
- 落合重紀 (2003)『DXF ハンドブック』, オーム社.
- 公文富士夫・立石雅昭 (1998)『新版 屑碎物の研究法』, 地学団体研究会.
- 財団法人岐阜県建設研究センター (2004) 県域統合型 GIS ぎふ < <http://www.gis.pref.gifu.jp/> >.
- 堀内成郎・水山高久 (2005) 砂防管理関係情報の適切な管理と有効活用.「平成 17 年度砂防学会研究発表会概要集」, 196-197.