

斜撮影画像を利用した砂州の変動調査手法について

（独）北海道開発土木研究所 正会員 ○桑村 貴志

1. 目的

河川上流域では、複数の水みちが形成される複列砂州もしくは網状砂州となっていることが多い。多モードの砂州が形成される条件では、時間の経過に伴ってモードが変化することが水理実験や数値シミュレーションで確認されている。しかし、実際の河川における詳細な砂州の変動特性調査は、広い範囲にわたって長期間の観測を行わなければならない多くの労力を要するため、観測例はほとんど無い。そのため、調査の省力化を目的として斜撮影画像を利用した砂州の変動特性調査を十勝川水系札内川で実施したので、測定方法と調査結果の概要について報告するものである。

2. 斜撮影画像によるモニタリング

本調査に採用したモニタリングは、写真測量技術の単写真標定による計測技術手法であり、高所作業車から斜め撮影した画像を利用して砂州や澁筋を測定するために有効な手法である。斜め撮影された画像は、撮影俯瞰角度、方向、距離などによって多くの歪を伴うため、画像計測を行う際には画像の幾何補正が必要となる。

3. 高所作業車による単写真撮影

調査対象とした砂州の1波長は約600mであり、砂州の形状変化を捉えるためには、撮影延長は0.8km～1.0km程度必要となる。そのため、多少の偏歪誤差を許容の上で近接撮影方式を採用し、当該地区の単写真の斜め撮影は写真1に示すように河岸に高所車を配し、上空約20mのバケット内から上・下流方向に向けて撮影を行なう。当撮影方式の最も重要なポイントは、兩岸の河岸付近に座標中心が明瞭に画像判読できる標識を事前に設置することである。その標識は航空写真測量における対空標識に相当するものであり、写真2のように、クロスマークがバケット上から明確に判読できる様に起立状態に設置する。撮影アングルは、兩岸の標定点（対空標識）が明瞭に写し込まれる様に選定し、1枚あたりの被写範囲が300m程度となるように撮影ポイントを設定する。撮影には、非測量用のデジタルカメラ（27mm相当の広角レンズ）を使用し、600万画素のCCDカメラを採用した。高所車による1箇所当たりの撮影サイクルタイムは、300mの移動に5分、バケットのリフティングに5分、バケット内の各種撮影に5分、合わせて15分を要する。撮影対象の総延長が0.8km程度の場合、高所撮影に要する総時間は約45～60分、必要人員は2人である。



写真1 高所車による撮影状況



写真2 撮影用標識

4. 空間後方交会法による幾何補正

単写真標定は、一枚の写真の中に写された4点以上の基準点に成り立つ共線条件を用いて、写真と撮影したカメラの位置(X,Y,Z)およびカメラの傾きを求め、写真座標系二次元x yと地上座標系三次元XYZの間の関係を確立することである。原画となる斜め単写真を幾何補正し、写し出された標定点からカメラ位置を座標確定する。そして、カメラを川面の垂直上空から撮影したアングルになるように位置計算し、垂直写真として偏歪修正したものが最終画像となる。つまり、札内川の幾何補正処理方法は、地上標定点座標と写真座標を用いてカメラ位置を逆に求める空間後方交会法の単写真標定に基づく偏歪修正法である。その処理により、偏歪修正画像を

キーワード 現地観測，砂州形態，河床形状測定，画像変換

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目 北海道開発土木研究所河川研究室 TEL 011-841-1639



上流地点から下流側



中間地点から下流側



中間地点から上流



下流地点から上流側

写真3 (左段の4枚組) 高所作業車から撮影した斜画像 (全4枚・H15年10月15日撮影画像・上・中・下流の3箇所から撮影。)

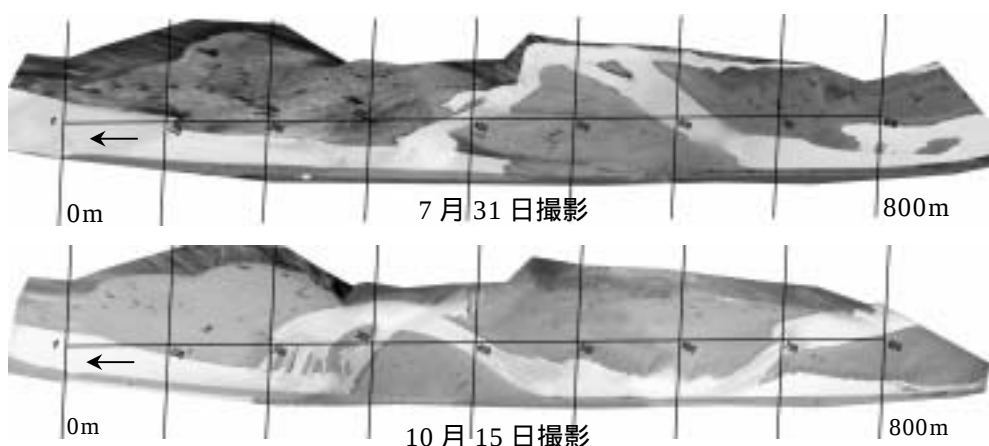


写真4 斜画像から作成された平面画像 (上段: 7月31日撮影・下段: 10月15日撮影)

接合して砂州波長の全景化を図った。写真像の写真座標を求める基本式には、標定点座標間が平面と仮定した二次置を逆に求める空間後方交会法の単写真標定に基づく偏歪修正法を用い、偏歪修正画像を接合して砂州波長の全景化を図った。ただし、撮影俯角が鋭角(10度以下)となるために生じる空間画素数の密度低下に対しての偏歪修正は、6点以上の三次元標定座標を用いた以下の二次射影変換式を適用した。

$$x = \frac{A_1X + A_2Y + A_3Z + A_4}{C_1X + C_2Y + C_3Z + 1}, \quad y = \frac{B_1X + B_2Y + B_3Z + B_4}{C_1X + C_2Y + C_3Z + 1}$$

5. 偏歪修正画像の精度

単写真原画像の1 pixel 分解能は、実際の地上距離で撮影付近(上流)が横断方向8~15cm縦断方向8~15cm, 遠方側(下流)が横断方向0.15~0.25cm, 縦断方向0.50~0.60cm程度である。この様に1 pixel に相当する地上幅は、撮影俯角と方向によって左右幅と遠近幅が異なる。札内川では、左右方向に比べ遠近方向の1/3程度に画素密度が低下するため、縦断方向の計測誤差が大きい。その誤差の検証は、標定点座標と幾何補正した連続画像上の読み取り標定点座標を比較すると横断方向誤差は最大0.3m, 縦断方向誤差は最大1m程度となった。この誤差は、当計測の目的である砂州形状の変動把握に照らしても十分な精度である。

6. 調査結果

流路変動が激しいことで知られる十勝川水系札内川にて、斜撮影画像を利用した砂州の観測を行った。河床の交互砂州の平均波長は600m程度である。今回の観測では縦断距離で800m, 低水路全幅(130m)を調査対象区間とした。7月から11月の間に8回の観測を行い、この間の8月10日に平均年最大規模の出水が発生している。写真3に示すように、観測1回につき4枚の斜め写真を撮影した。これらの斜画像を用い、前述の方法により作成した平面画像が写真4である。写真4の平面画像には、洪水中に形成された砂州の前縁線と前縁に沿う流れや、流量が減少した後に形成されたと考えられる砂州前縁を横切る小流路が明瞭に現れている。洪水時の流向についても砂州上に残された流木の向きから推察することができる。また、湊筋の位置の違いから、1回の洪水の砂州移動量が200m程度であったことが明らかである。

7. おわりに

上流域の河川では、洪水時に形成された交互砂州の湊筋が複数に分化することで網状河道の様相を呈する例が報告されている。今後、本研究にて開発した省コストの計測手法を用いて、実河川における長期間の砂州変動特性調査を継続実施し、砂州の変化過程を明らかにしていきたい。