

空中三角測量による地形情報を用いた 牛津川流域の内水氾濫解析

INUNDATION ANALYSIS OF THE USHIZU RIVER BASIN USING
TOPOGRAPHIC INFORMATION OBTAINED FROM AERIAL TRIANGULATION

大串浩一郎¹・矢野真一郎²・尾澤卓思³・前田力⁴・廣松洋一⁵・高瀬 智⁶

Koichiro OHGUSHI, Shinichiro YANO, Takashi OZAWA
Chikara MAEDA, Yoichi HIROMATSU and Akira TAKASE

¹正会員 工博 佐賀大学助教授 理工学部都市工学科 (〒840-8502 佐賀市本庄町1)

²正会員 工博 九州大学学術研究員 大学院工学研究院 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

³国土交通省 九州地方整備局 武雄河川事務所 所長 (〒843-0023 武雄市武雄町昭和745)

⁴国土交通省 九州地方整備局 武雄河川事務所 技術副所長 (〒843-0023 武雄市武雄町昭和745)

⁵国土交通省 九州地方整備局 武雄河川事務所 調査課長 (〒843-0023 武雄市武雄町昭和745)

⁶国土交通省 九州地方整備局 大分河川国道事務所 大野川出張所 技術係長
(〒870-0261 大分市大字志村字川平218-2)

An aerial triangulation is applied to obtain very fine orthoimages and DEMs of the Ushizu River Basin. This information is hardly ever obtained by other measures. In this study, using the obtained topographic information by the aerial triangulation, a 2-D depth-averaged computational simulation of the overland flow is executed. Calculated results suggest the places where the inundation disasters had occurred frequently. It has been found the measure to obtain the topographic information by the digital photogrammetry functions effectively in the lowland.

Key Words : Ushizu River, lowland, aerial triangulation, DEM, photogrammetry,
topographic information, inundation, computational simulation

1. はじめに

牛津川は、六角川河口付近で本川と合流して有明海に注ぐ感潮河川の1つである。牛津川中下流域は、低平地であることにより浸水常襲地帯となっており、有明海の潮の影響により内水問題、地盤沈下問題、地下水問題などが複雑に関連し合っており、他の河川と比べて制御が難しい河川の1つである。

昨年度、本研究グループでは、戦後すぐに撮影された米軍による航空写真をもとにコンピュータによって空中三角測量を行い、六角川の治水遺構の復元を試みた^{1),2)}。しかしながら、流域の内水問題は避けて通れない問題であり、現状の再現を行う必要があるため、今回は平成14年撮影の航空写真を用いて、デジタル空中三角測量により効率的に地盤高の取得を行い、また、内水域の水理解析を行うことで、低平地に適した水理解析手法についても考察を加えた。

2. 六角川支川牛津川

牛津川は、元は六角川と合流せず、直接有明海へ注ぐ河川であった。この地域の upstream から運ばれてくる土砂と有明海の潮汐により干陸化が進み、現在のように河口付近で合流する河川となった。合流部では両河川の水がちょうど正面からぶつかる格好になっており、そのすぐ下流に六角川河口堰が設けられ、高潮等の防災に役立っている。本川の六角川が流路延長47km、計画高水流量が合流前の六角橋で750m³/sであるのに対し、牛津川は流路延長29.1km、合流前の計画高水流量が1,250m³/sとなっている。同じ六角川水系の河川であるが、六角川に比べると牛津川はやや勾配が急な河川である。六角川と同じように有明海の潮汐の影響を受け、中流部の羽佐間堰の所までは潮が上る。これにより、牛津川中下流域は、潮汐の影響を受ける低平地となるため、浸水災害にたびたび悩まされている。図-1は、GISを用いて整理した昭和60年6月及び平成2年7月の集中豪雨による牛津川中



図－1 牛津川中下流域における浸水区域図
(斜線部分が平成2年、濃い部分は昭和60年)

下流域の浸水区域図である。昭和60年6月豪雨は同月24日から29日まで続いた梅雨前線による豪雨で、佐賀県では総雨量441mmを記録した。平成2年7月豪雨は、6月29日から7月3日までで、佐賀市で総雨量461mmの雨であったが、特に7月2日の日雨量だけで285.5mmを記録し(時間雨量でも60mmを越えた所が多かった)、九州各地で大きな災害をもたらしたのとして記憶に新しい。平成2年の浸水では、六角川のほとんどの所で計画高水位を越え、越水、破堤、浸水や人的被害、一般被害等をもたらす大災害となった。この時の浸水深を見ると、六角川で杵島山地より上流側で、また、牛津川ではほぼ全域で0.5mを越える浸水深であった。特に牛津川では、上流域の越水・破堤だけでなく、支流の晴気川における破堤が中下流への浸水を助長したと考えられる。

図－1の牛津川中流域右岸側に、昭和60年も平成2年も浸水している広い区域があるが、この地域にはかつては横堤が作られ、下流域の砥川地区を守っていた。現在は、牛津江の50m³/sの排水機場の完成により、この横堤は撤去されている。本研究では、この牛津川中下流域に注目して航空写真を用いた空中三角測量により地形情報を集めることとした。

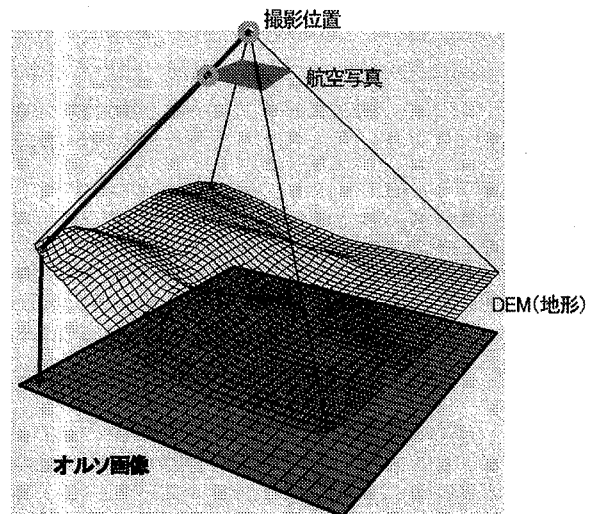
3. 研究方法の概要

(1) 空中三角測量

今回使用したデータは、平成14年10月24日撮影の六角川流域の航空写真(32枚)及び平成12年発行の25000分の1地形図である。また、使用したソフトウェアは、IMAGINE Ortho BASE Pro(空中三角測量、DEM抽出)及

び、ERDAS IMAGINE 8.5(モザイク)である。

空中三角測量を行うためには、オーバーラップした2つの隣り合った航空写真(ステレオペア)が必要である。また、オーバーラップ部分においては、位置座標(水平位置並びに標高データ)が既知の基準点が数点必要となる。上記のソフトウェアと必要な情報を用いることで空中三角測量を行った後にDEM(Digital Elevation Model)を作成した(図－2)。このDEMは、後に2次元氾濫数値シミュレーションを行う際の地盤標高データとして利用できる。今回の空中三角測量に基づくDEMの精度としては、水平方向で4～5m、鉛直方向で0.6～0.8mという結果が得られた。現在、国土地理院から発行されている数値地図25000の50mメッシュ標高では、標高データが1m単位であるので低平地では使用に耐えない。本研究で得られたDEMはこれに変わる精度を有し、レーザープロファイルのようなコストをかけなくて良い点が長所である。



図－2 空中三角測量

上記の写真情報をもとにデジタル空中三角測量を行い、1) 画像取り込み、2) 地形図より緯度・経度・標高の読み取り、3) ステレオペアの地点の写真座標取得、4) デジタル空中三角測量、5) DEMの作成、6) オルソ幾何補正、7) モザイク処理、8) モザイク後の画像のDEM抽出の順に解析を行った。

(2) 内水域の水理解析

水理解析としては、内水域が低平地であることから、流れは遅く基礎式の移流項は無視できるほど小さいので、近似的に移流項を省略して鉛直方向に積分した連続の式と運動方程式を用いた。基礎式は以下の通りである。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 M \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 N \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (3)$$

ここで、 h は水深、 M, N は線流量の成分、 H は水位、 u, v は流速成分、 n は粗度係数、 r は降雨強度である。基礎式の離散化においてはleapfrog法を用いた。計算領域は山と牛津川に囲まれた面積約19.9km²の内水域である。計算条件として格子間隔10mを用い、降雨強度を10mm/hから80mm/hまで段階的に変えて内水域の貯留ならびに流れの解析を行った。

4. 解析結果

空中三角測量とモザイクにより得られた牛津川中下流域のDEMを図-3に示す。一戸毎の家屋や小さい水路などの詳細にわたって再現されていることが分かる。内水氾濫解析において氾濫する流れの解析の際に精度良く取り込める可能性が確認できた。



図-3 牛津川中下流域の得られたDEM



図-4 牛津川中下流部の標高分布図 (単位:m)

さらに、切り出したそれぞれのDTMデータ (IMAGINE ファイル) から、水理解析用ファイル (ASCII ファイル) へ変換し、Transformを用いて作成した対象流域全体の地形データ画像を図-4に示す。

以上の情報を元に水理解析を行った結果を図-5、6に示す。同図には、降雨強度80mm/hで3600秒降雨が継続した場合の浸水深分布の計算結果を地形図に重ね合わせて表示している。

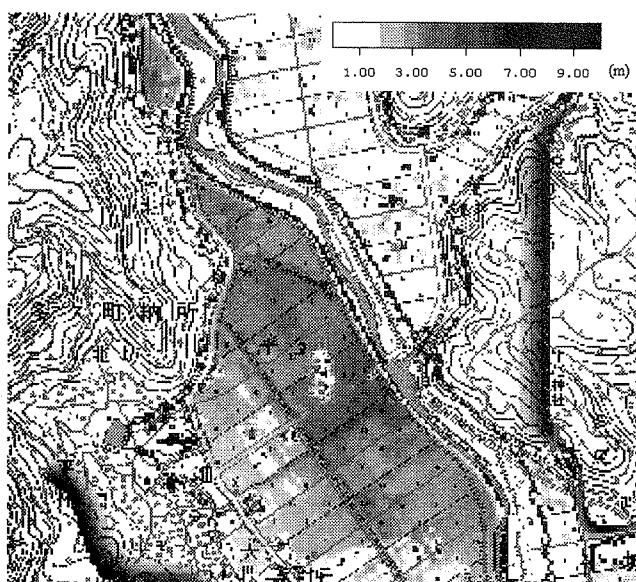
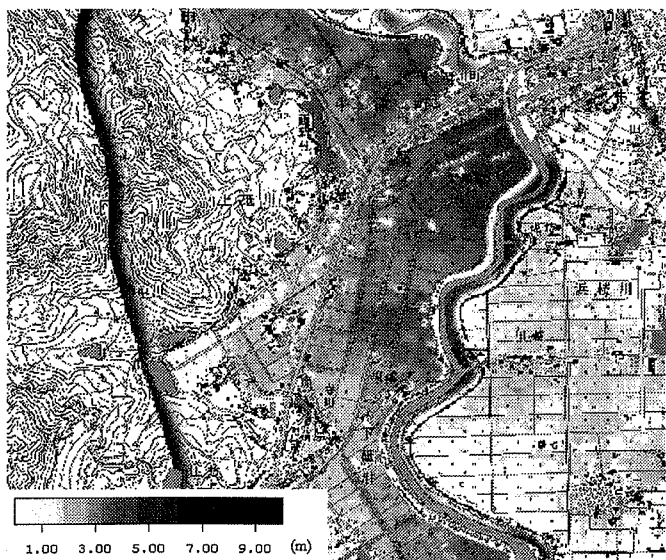


図-5 牛津川中流部右岸域納所地区の浸水深分布の計算結果 (Line-2)



図－6 牛津川中流部右岸域砥川地区における浸水深分布の計算結果 (Line-3)

図－5によれば、内水域の水路より東側で水深が3m位まで上昇していることが分かる。牛津川沿川では5m近くにまで達している場所も見られる。図－6を参照すると、同様に牛津川に近い所で同様に5mほどの水深になっている箇所が見受けられる。



図－7 牛津川中流部砥川地区の浸水深分布の計算結果と排水機場の位置及び規模

図－7は、図－6に排水機場とその規模を書き入れたものである。排水機場の位置は、水深が深く、標高の低い浸水域に多く見受けられる。特に、図－7の上部には4つの排水機場が密集している。ただし、今回対象とした牛津川右岸側の地区には排水機場が少ないということ

も分かった。

5. 結論

デジタル空中三角測量を行うことにより、これまで取得するのが困難だった流域の地形情報を比較的容易に取得することが可能であることが分かった。本研究で得られた主な結論は以下の通りである。

- (1) 平成14年の航空写真を用いることで、ほぼ現況の牛津川流域の地形情報を取得することができた。この地域は低平地で標高差が非常に小さいので、国土地理院発行の数値地図では鉛直方向の解像度が粗すぎる。今回の手法はそれを補うことが可能である。
- (2) デジタル空中三角測量を行うことで、内水域の氾濫解析に必要な標高データをDEMにより出力可能で、流域の解析に非常に有用であることが分かった。
- (3) 地表面が非常に平坦な地形（低平地）であることにより、内水水理解析において移流項の省略が可能である。したがって、データ取得方法と水理解析の両方で低平地に特化した手法が利用可能であることが分かった。

謝辞：本研究は、土木学会水理委員会河川懇談会の平成14年度開始テーマの1つとして進められたものである。また、本研究の一部は、平成14年度文部科学省科学研究費補助金萌芽研究（課題番号14655179）の援助のもとで行われた。さらに、本研究遂行にあたり学部学生だった中村和博君、深川恵美さんには写真測量の解析やデータ整理で多大の援助を得た。あわせて感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 中村和博・大串浩一郎・野口剛志・佐田一徹：六角川流域における治水遺構の復元，平成14年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.B150-151，2003.
- 2) 大串浩一郎・矢野真一郎・島谷幸宏・泊耕一・中山雅文・高瀬智：六角川流域の浸水特性と治水対策に関する基礎的検討，河川技術論文集，第9巻，2003.
- 3) 中村和博：空中三角測量を利用した六角川流域のバーチャル3D解析，佐賀大学卒業論文，2003.
- 4) 深川恵美：デジタル空中三角測量を利用した六角川流域の内水氾濫解析，佐賀大学卒業論文，2004.
- 5) 深川恵美・大串浩一郎・野口剛志：空中三角測量による地形情報を用いた六角川流域の内水氾濫解析，平成15年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.B154-155，2004.

(2004. 4. 7受付)