

山間部における拠点とその周辺整備に向けた 後入川の形状・流量調査報告

原田 直樹¹ 石上 智樹¹

五艘 隆志^{*2} 高木 方隆²

(受領日：2016 年 5 月 9 日)

¹ 高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

² 高知工科大学システム工学群建築・都市デザイン専攻

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

* E-mail: goso.takashi@kochi-tech.ac.jp

要約：高知県香美市土佐山田町佐岡地区をフィールドとした“里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト”の一環として、高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻社会システム工学コース1年次の講義科目「セミナー2」においては、山林調査、里山道路整備計画、エネルギー需給状況調査、古民家改修計画、河川環境調査などの多様な取組に着手がなされている。本報告は対象地区にある河川（物部川水系 後入川）の治水・利水・環境機能を把握することを目的として行われた測量、平面縦断横断図作成、Structure from Motion（SfM）手法による三次元モデル作成、流速・流量の調査結果について紹介するものである。

1. はじめに

2015 年 8 月に公表された高知県香美市の「香美市人口ビジョン素案」¹⁾において、香美市は人口減少対策として移住促進を掲げている。目標値は年間 20 組の移住となっているが 2014 年実績をみると 5 組（9 名）²⁾となっており、移住者増加を実現することは容易ではない。同市内の中山間地域に位置する土佐山田町佐岡地区においても魅力的な物件であるにも関わらず長年住み手が見つからない物件が多く存在している。高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻社会システム工学コースの講義科目「セミナー2」では、佐岡地区にある古民家とその周辺を調査し、心豊かな山間部の暮らしを提案すべく、古民家とその周辺の改修に向けた設計を行うことを目的とした活動に着手した。対象地域を

流れる河川は、土石流危険渓流に指定されており、治山治水など河川の防災的な課題の把握や、利水状況の確認、河川環境の把握が必要となる。2015 年度の「セミナー2」の活動においては、当該河川の河川形状や流速の調査と、それに基づく図面の作成や流速・流量の測定といった基礎情報の把握・整理を行った。本稿ではその内容について紹介する。

2. 調査内容

2.1 調査範囲

佐岡地区を流れる当該河川は物部川水系「後入川（ごうにゅうがわ）」と称されている。後入川は図1に示すとおり杉田（すいた）ダムから約 850m 下流右岸にて物部川に合流する高知県管理の二級河川である。河川調書には後入川の流域面積は 3.14km²、



図 1. 後入川の位置（国土地理院の電子地形図に赤色楕円にて位置を記載）

河川延長は2.2kmと記されているが、河川調書の内容については今後の県の再確認によって変更の可能性もあるとのことである。物部川は一級水系であり、河口から約10km地点までは国土交通大臣管理区間であるが、それより上流区間は高知県知事管理区間となっている。

後入川の合流点付近においては物部川と後入川の両方が高知県知事管理となっており、実際の管理業務を担当しているのは高知県中央東土木事務所である。管理状況について同事務所に確認を行ったところ、以下のような状況であった。

- 高知県知事管理の河川一覧を示す「河川調書」には後入川の流域面積や延長等が示されているが、地形図等に流域を示した図面は見つからない。また、後入川の基礎資料となる「河川台帳」は存在していない
- 同様に、河川を測量した平面図、横断面図、縦断面図といった資料も現存していない
- これまで河川整備事業の対象となっていないため、河道センターの座標値や流量等の基礎的なデータを取得されたことはない
- 後入川の上流端の位置については、高知県職員の協力によって地番を確認することができた
- 高知県管理区間の上流端からさらに上流にも

水路が続いているが、これは一般的に「青線」と呼ばれる普通河川（河川法適用外の河川）であり、香美市の管理区間となる

- 下流端（物部川合流点）の位置についても上流端同様正確な測量データは存在していない

上記のような状況であり、後入川の基本的なデータはほぼ全て未取得の状況であるといえる。また、上流の青線区間も含むと、後入川の管理は香美市と高知県に分かれており、流域全体の調査や整備方針の検討が行われた形跡もない。

こういった状況であることから、「大学院セミナー2」では立ち入って計測が可能な範囲を対象とし、古民家敷地内の畑付近のポイントから約95m下流までの区間の河川形状と流量を計測することを試みた（図2）。なお計測地点は下流から上流に向けておよそ10m間隔に計9点を設定した。

2.2 河川形状の調査手法

まず、対象範囲の全体形状を把握することを目的として Structure from Motion（SfM）手法による三次元モデル作成を行った。SfMは、動画や静止画からカメラの撮影位置を推定し、三次元形状を復元する要素技術の一つである。本調査においては下流から上流に向かい1m毎に撮影を行い、SfMを使用した三次元モデルを作成した。（図3）

また、あわせて川幅、深さ、傾斜を計測し、河川断面の形状を把握することも行った。計測に用いた測定器はスタッフ、レーザーポインタ、水平器、レーザー距離計・傾斜計である。進入可能な右岸側の天端を起点として、右岸側法尻から等間隔に各断面に4点設定した各点までの水平距離と深さ（高さ）の計測を行った（図4）。

深さの測定の際には、水準器により水平を確認したレーザーポインタの光をスタッフに当て、深さを計測した（図5）。

2.3 流速流量の計測手法

浮子を流路に投入し、流れた時間と距離を計測することによって流速を算出した。浮子には一辺約2cmの6面体の発泡スチロールを用いた。

また、併せて一次元等流計算のマニング公式を用いた流速の理論値も確認し、各断面において流下する最大流量についての試算も行った。一次元等流計算のマニング公式は次の通りである。



図 2. 調査範囲

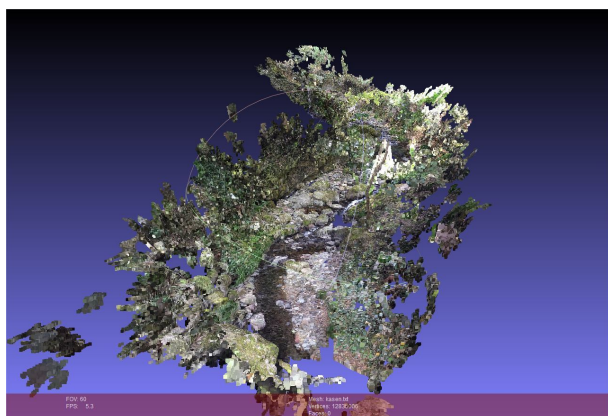


図 3. SfM による後入川の三次元モデル
(2015 年 11 月 11 日撮影)

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ここで

v : 流速 (m/s)

n : 粗度係数

R : 経深 (m)

I : 勾配

対象となる河川は中山間地の小流路で、河床は雑草等の少ない砂利であることから、粗度係数は水理公式集³⁾等を参考に 0.025 に設定した。

式 (1) の径深 R は河川の断面積を潤辺で除したものである。潤辺は水と触れている辺の長さであり、図 6 に示す通りである。また、河川の流水断面積にこれらの流速を乗じることで流量の算出も可能となる。

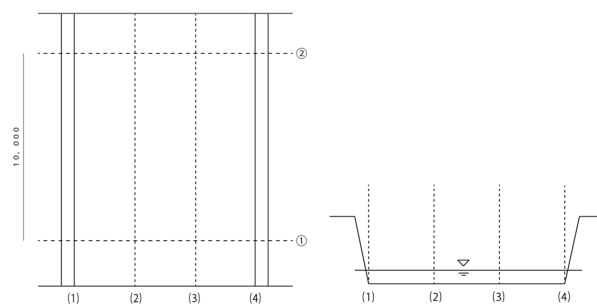


図 4. 簡易測定地点図



図 5. 深さ測定方法概要図

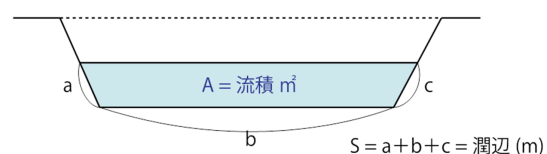


図 6. 潤辺の算出方法

3. 調査結果

3.1 各測点の断面形状

第 2 章で述べた計測手法によって得られた結果より、各測点の横断面図を作成した。水位最大値の流積（左右岸の低い方を基準とする河積）と潤辺、計測時の水位から求めた流積と潤辺をあわせて図 7 に示す。

3.2 平面図および縦断面図

計測結果を用いて、計測範囲における簡易的な平面図および縦断面図を作成した（図 8）。川幅は計測点 5、6、7 間で挟まっており、計測点 5 には 1.3m 程度の段差がある。

3.3 各測点の流速・流量測定結果と解釈

各測点の流速・流量を表 1 に示す。表左列の「水位最大時」の流速は、各断面の天端高（左右岸の低い方）に相当する水位（流積は図 7 の数値）に対して一次元等流計算のマニング公式を用いて流速を

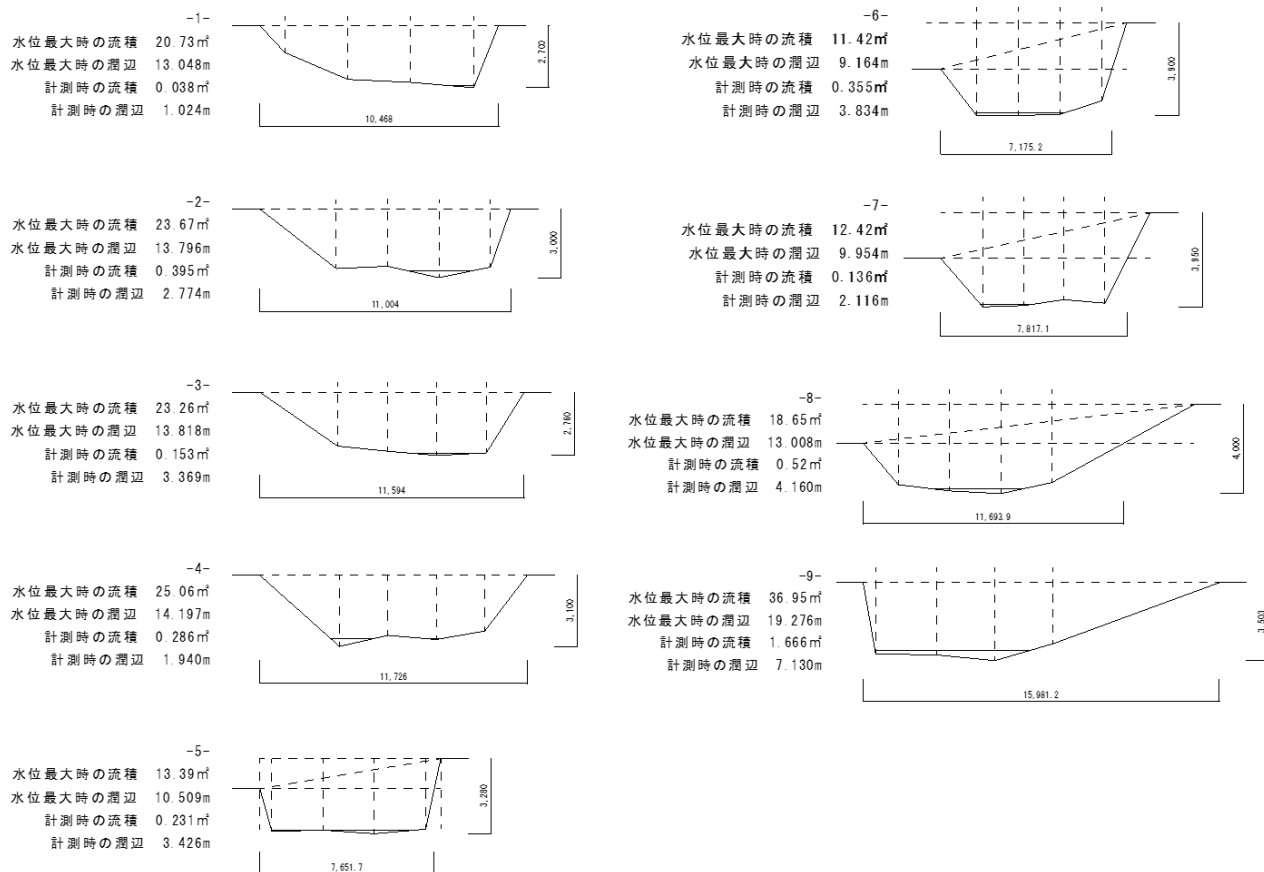


図 7. 各測点の断面形状

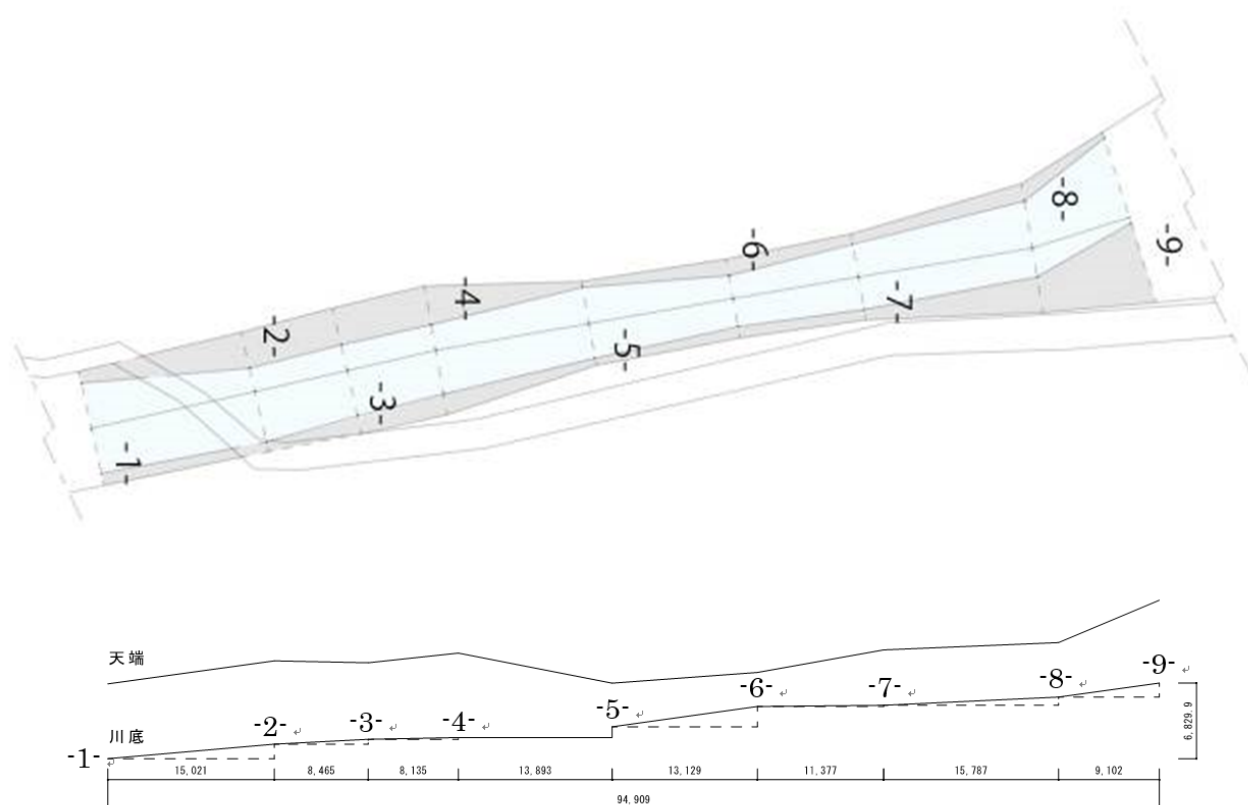


図 8. 平面図および縦断面図

表 1. 各測点の流速と流量

測点	水位最大時		計測時 (2015 年 12 月 9 日)	
	流速 (m/s) マニング式にて試算	流量 (m ³ /s)	流速 (m/s) 浮子法実測値	流量 (m ³ /s)
1	12.13	251.61	0.99	0.04
2	12.18	288.47	2.32	0.92
3	9.93	230.98	0.87	0.13
4	13.7	343.53	2.62	0.75
5	12.42	166.39	1.75	0.41
6	7.69	87.84	1.36	0.48
7	7.71	95.81	1.07	0.15
8	12.26	228.75	2.41	1.25
9	16.25	600.73	3.99	6.66

試算した結果である。「水位最大時」の流量は、これに図 7 の各断面積を乗じて流量を試算したものである。換言すれば各断面が流下しうる流量ということになる。最も狭窄部となっている測点 6 の流量が最も少ない 87.84 (m³/s) となっている。

後入川においては河川整備基本方針・基本整備計画が策定されておらず、洪水ピーク流量等の設定はなされていない。既に河川整備基本方針・基本整備計画が策定されている近隣類似河川と同様の降雨強度 (1/30 降雨強度) と流出係数を用いて、式 (1) の合理式にてピーク流量を粗試算するとピーク流量は 78.50 (m³/s) になるという結果を得た。

$$Q_1 = \frac{1}{3.6} r \cdot f \cdot A \quad (2)$$

ここで

Q_1 : ピーク流量 (m³/s)

r : 洪水到達時間内降雨強度 (近隣類似河川の値を 10mm/hr 刻みで切上げ丸めて約 120mm/hr と設定)

f : 流出係数 (近隣類似河川の値を 0.05 刻みで切上げ丸めて約 0.75 と設定)

A : 流域面積 (河川調書より 3.14km²と設定)

つまり、30 年確率の降雨強度に対して、河川形状の計測を行った約 95m 区間においては天端を溢水する可能性は低いものと考えられる。なお、この試算の前提とした洪水到達時間内降雨強度や流出係数は後入川固有のものではないため、今後の検討や実測等によって、ピーク流量の数値が変わってくることはいうまでもない。

表 1 右列の「計測時」の流速は、計測時 (2015 年

12 月 9 日) において浮子法にて計測した流速の実測値である。「計測時」の流量は、これに図 7 の各断面積を乗じて流量を試算したものである。各区間における流量の差が大きくなっている理由は、各断面の水深が 10cm 程度と浅く、スタッフによる水位の読み取り誤差が影響したことが考えられる。また、断面形状が複雑に変化する区間においては死水域や渦等も発生し、流れが定常状態になっていない場合があったことも考えられる。今後の流量観測においては浮子法、流速計、堰式流量計いずれの手法をとるにしても適切な観測点を設定する必要がある。

極めて荒い方法ではあるが、平時の流量については、流域への降雨が平均して河川へ流れると仮定するならば、式 (3) のような試算が可能となる。

$$Q_2 = \frac{A \cdot P \cdot f}{T} \quad (3)$$

ここで

Q_2 : 年平均/月平均流量 (m³/s)

A : 流域面積 (m²: 河川調書より 3,140,000m²)

P : 年平均/月平均雨量 (m: 繁藤観測所 4) 年平均 3122.2mm 3.122m、12 月平年 71.3mm 0.071m)

f : 流出係数 (流域への降雨が全て流下するなら $f = 1$ 、近隣類似河川の値から $f = 0.75$ と設定)

T : 年/月間の秒数 (1 年 = 31,536,000 秒, 30 日 = 2,592,000 秒)

式 (3) によれば、後入川における流量 Q の年平均値は約 0.23(m³/s)、12 月の平年値は約 0.06(m³/s) と試算されることになる。表 1 においては近い数値を示している断面も見られ、適切な観測点の設定がなされれば精度の高い流量観測も可能になるものと

考えられる。

4. まとめと今後の課題

本調査においては、活動拠点である古民家付近かつ進入が比較的容易な区間において後入川の断面形状と流速を計測し、これに基づき流量の試算を行った。その結果、調査区間内においては測点6が最も溢水に対して最も厳しい状況であったが、近隣類似河川の降雨強度と流出係数を用いた粗試算によって算出されたピーク流量に対しては余裕があり、区間内での溢水の可能性は低いものと推測された。また、流量の実測値については水深や流速の計測手法、観測点の設定などの点で課題を残したが、平年値と近い数値を得た断面も存在した。今後は、後入川全川における断面形状の把握と雨量・流量の観測を継続して行うことで、後入川固有のデータを蓄積してゆく予定である。また、最も基本的な条件である流域範囲の再確認も必要になってくる。まずはハイエトグラフ、ハイドログラフの作成や不等流計算による治水安全性の確認といった作業が中心になるが、その前提として断面形状のさらなる把握に加えて農業用水等の水利用状況や設置工作物の確認、合流点における物部川の水位確認、河川環境の確認等、多くの課題が残されており、引き続き2016年度以降の「大学院セミナー 1、2」の課題として取り組んでゆく予定である。

文献

- 1) 高知県香美市, “香美市人口ビジョン素案”, <http://www.city.kami.kochi.jp/uploaded/attachment/8808.pdf>, 2015年8月(2016年4月15日アクセス)。
- 2) 高知県, “移住に関する平成26年度実績及び平成27年度目標”, <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/120301/files/2014080500297/02siryou1.pdf>, 2014年8月(2016年4月15日アクセス)。
- 3) 土木学会, “水理公式集 平成11年度版”, p. 89, 1999年11月。
- 4) 気象庁ホームページ(繁藤観測所), http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_amd_ym.php?prec_no=74&block_no=0747&year=&month=&day=&view=, 2016年4月19日アクセス。

Survey Report of River Shape and Flow in Gounyu-Gawa River toward Future Improvement in Mountain Area

Naoki Harada¹ Tomoki Ishigami¹

Takashi Goso^{*2} Masataka Takagi²

(Received: May 9th, 2016)

¹ Graduate school of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi, 782-8502, JAPAN

² School of Systems Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi, 782-8502, JAPAN

* E-mail: goso.takashi@kochi-tech.ac.jp

Abstract: Forest survey, satoyama woodlands road plan, energy supply and demand survey, old Japanese timber house renovation plan, river environment survey, etc., are done by graduate students of infrastructure systems engineering course in Kochi University of Technology. These activities are part of the “Implementation of science and technology for satoyama” project in Saoka area in Kami, Kochi. This report introduces their activities and result of river shape survey, drawing (plan, cross section and longitudinal section), 3D-model generation using Structure from Motion (SfM), and survey of flow velocity and volumetric flow rate in a river (Gonyu-Gawa River in Monobe-Gawa River water system) intended to understand current status of flood, water utilization and environment.