

(3) 現地調査結果

図 3-2-2-5 に瀬越地区で発生した土石流の UAV 空撮画像を示す。また、図 3-2-2-6 に土石流と河川の合流部の UAV 空撮画像から作成したオルソ画像を示す。土石流は標高 505m の源頭部から約 950m と長い距離を流れ下り、東川に流入している。また、図 3-2-2-6 からわかるようにこの土石流の流入によって河道内が土砂に覆われ、土砂と流木は対岸まで達している。



図 3-2-2-5 土石流の UAV 空撮画像



図 3-2-2-6 土石流と河川の合流部のオルソ画像

また、大量の流木が河道内に供給され、これらの流木は下流の橋脚に挟まり（図 3-2-2-7）、流木がダムとなり道路部に迂回流が発生した。なお、この橋脚には上流部の崩壊した橋梁の橋桁も挟まることにより（図 3-2-2-7）、さらに流水が阻害されたと考えられる。この流れは、周北小学校の校庭を削り（図 3-2-2-7）、その下流で再び河川に流入した。このことから、獺越地区では土石流によって運ばれた土砂・流木が河川に流入したことによって、河川の氾濫が発生したと考えられる。



図 3-2-2-7 獺越地区の調査対象域のオルソ画像および被災状況

（4）獺越地区の土石流解析

獺越地区の土石流解析には、iRIC²⁾の Morpho2DH ソルバーを用い、地形データには、国土地理院の数値標高モデルの 10m メッシュデータを用いた。図 3-2-2-8 に計算対象領域と崩壊場所を示す。赤枠で囲った解析対象範囲において、5m×5m の計算格子を生成した。河床材料は 1cm の一様粒径とした。崩壊の源頭部は、被災状況調査でおこなった UAV による空撮画像を参考に決定した。

図 3-2-2-9 に土石流が発生してから 10 秒後、50 秒後、100 秒後、150 秒後の流速分布を示す。また、図 3-2-2-10 に土石流の静止直後の地盤の変動量を示す。再現計算の結果、土石流が崩壊箇所から谷に沿って規模を拡大しながら流下し、東川に流れ込んでいることが分かる。土石流の流下距離はおよそ 950m であり、崩壊開始から 140 秒後に獺越地区の集落に到達し、145 秒後に東川に土砂が流入し始めた。土石流は東川に到達するまでの平均で 6.55m/s の速度で流下しており、山地の木々を巻き込みながら一気に河川に流入したと考えられる。

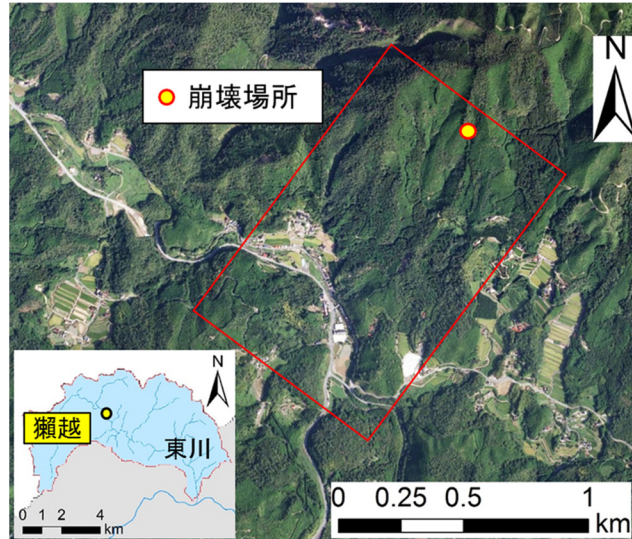


図 3-2-2-8 計算対象領域と崩壊箇所

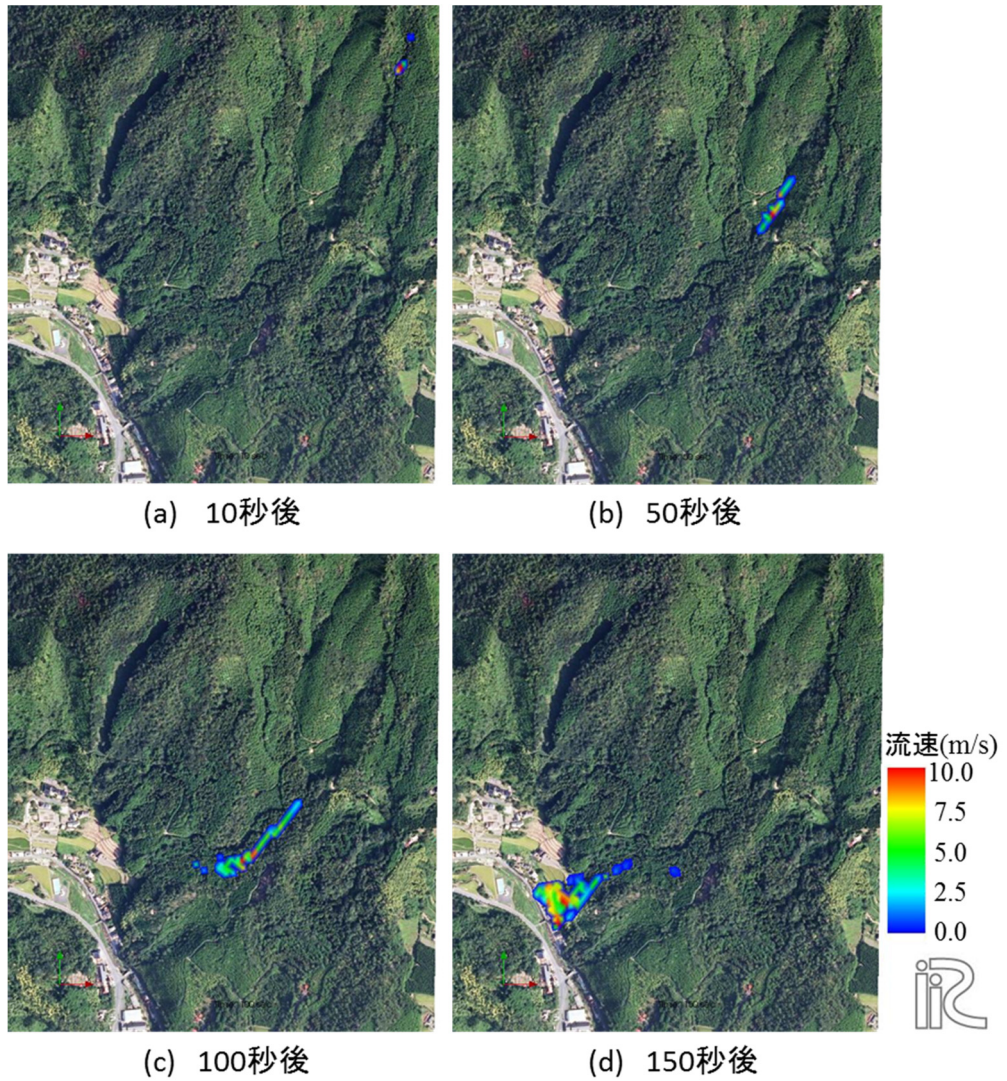


図 3-2-2-9 土石流が発生してから (a) 10 秒後, (b) 50 秒後, (c) 100 秒後, (d) 150 秒後の流速分布

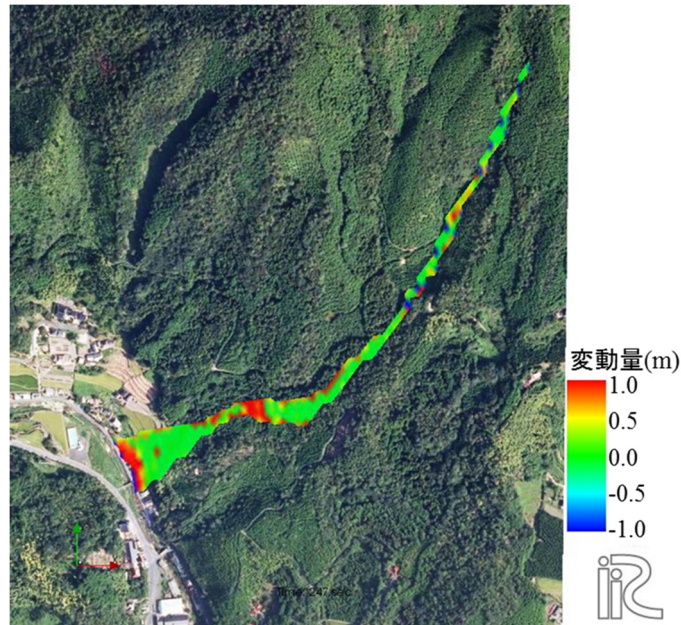


図 3-2-2-10 土石流の静止直後の地盤の変動量

(5) 東川の流出解析

瀬越地区の氾濫計算に必要となる瀬越地区に流入した流量を推定するために、東川の流出解析を実施した。本解析には、降雨流出氾濫解析モデルである RRI(Rainfall-Runoff-Inundation)モデル³⁾を用いた。解析対象は東川流域(図 3-2-2-1)であり、雨量は5ヶ所(玖珂, 玖珂土木, 寺山, 三瀬川および菅野ダム)の雨量観測所のデータを用いた。計算対象期間は2018/6/28 0:00~2018/7/9 0:00である。地形データは国土地理院の数値標高モデルの5mメッシュデータ, 5mメッシュデータがない部分については, 10mメッシュデータを用いて作成した。計算格子は30m×30mとし, マニングの粗度係数は0.035とした。

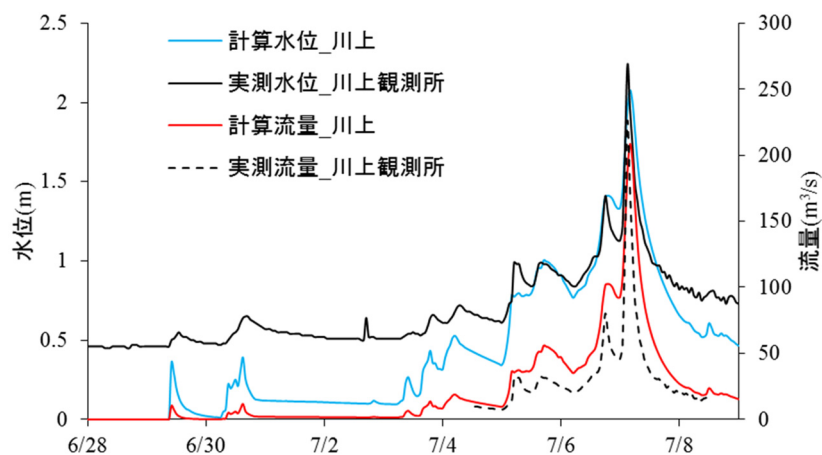


図 3-2-2-11 川上観測所の水位と流量の時系列

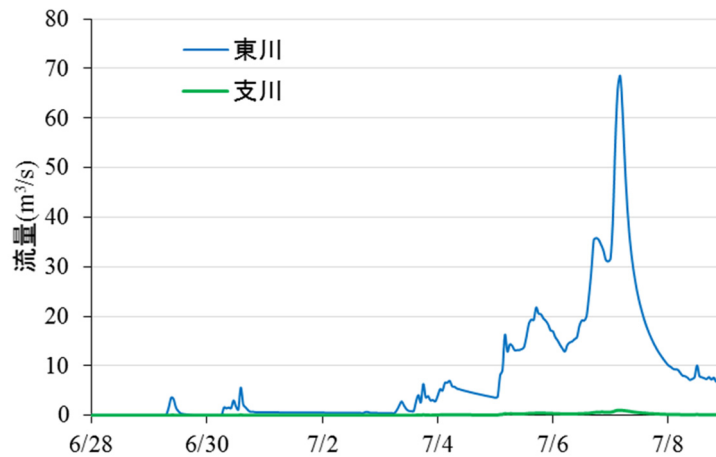


図 3-2-2-12 瀬越地区に流入した流量の時系列

図 3-2-2-11 に川上観測所の水位と流量の時系列を示す。RRI モデルは平水時を対象としていないため平水時や雨量の少ない時間については過小評価であるが、対象の降雨に対する水位、流量の変動は実測と概ね一致していることが分かる。ピーク時に着目すると、実測値のピークは 7 月 7 日 3 時で水位は 2.240m、流量は 225.68m³/s であるのに対して、計算値のピークは 7 月 7 日 4 時で水位は 2.077m、流量は 208.61m³/s であり、十分な精度であることがわかる。この結果より得られた瀬越地区に流入した流量を図 3-2-2-12 に示す。なお、瀬越地区には東川本川と土石流が発生した谷の 2 ヶ所からの流入があり、それぞれの流量を推定している。

(6) 瀬越地区の氾濫流の再現計算

瀬越地区の氾濫解析には、iRIC²⁾の Nays2DH_Flood ソルバーを用いた。図 3-2-2-13 に瀬越地区のオルソ画像と解析対象範囲、東川と支流の流入位置を示す。地形データは調査対象域の DMS から標高値を抽出して作成した。上流端流量および横流入量には、東川の流出解析により算出した、瀬越地区に流入した流量の時系列を用いた(図 3-2-2-12)。解析対象範囲において 1m×1m の計算格子を生成し、粗度係数は道路が 0.01、それ以外を 0.03 とした。橋脚に集積した流木を考慮するために、橋脚の部分に水を通さない障害物を設定した。

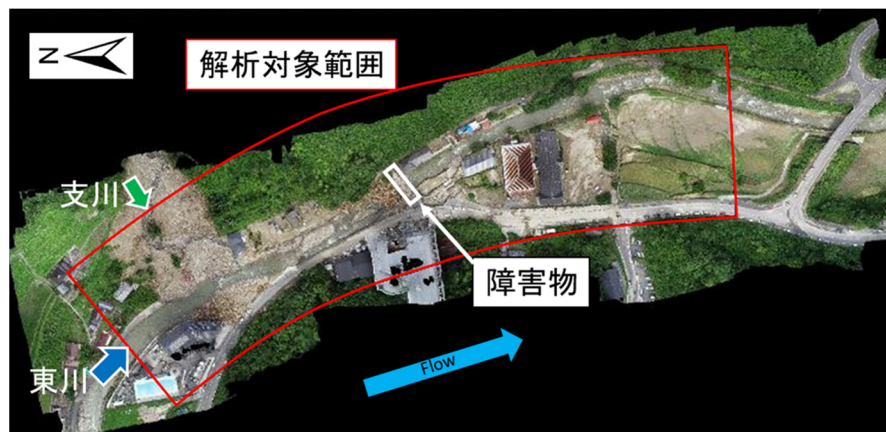


図 3-2-2-13 瀬越地区のオルソ画像と解析対象範囲

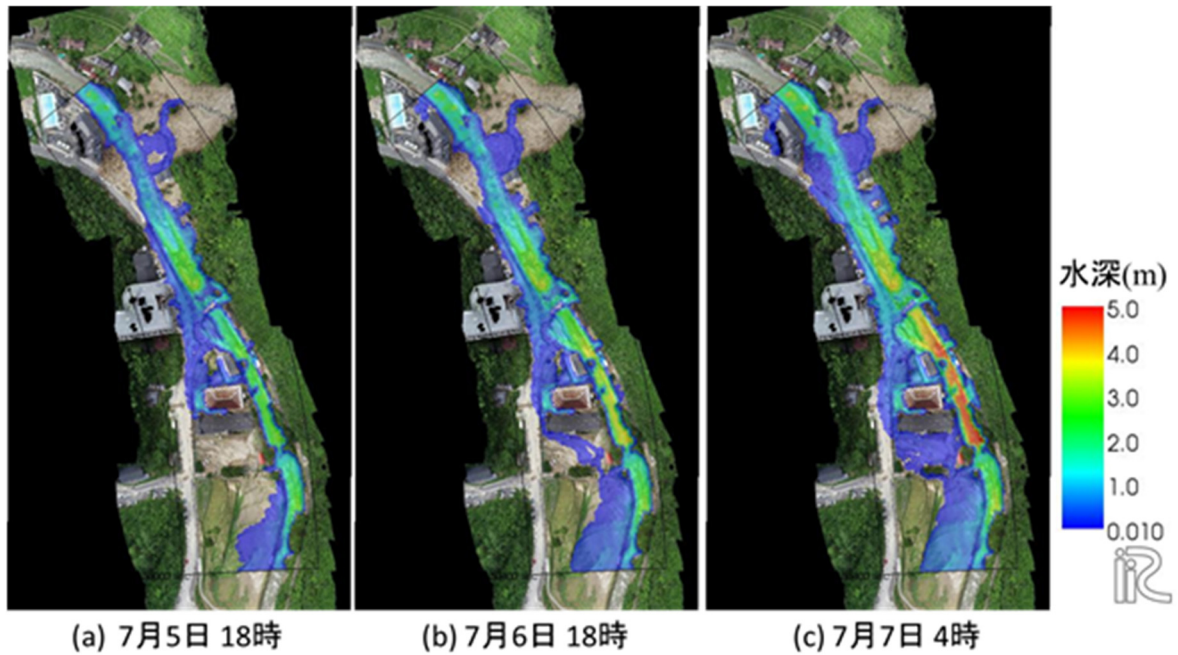


図 3-2-2-14 (a)7月5日18時, (b)7月6日18時および(c)ピーク時7月7日4時の水深分布

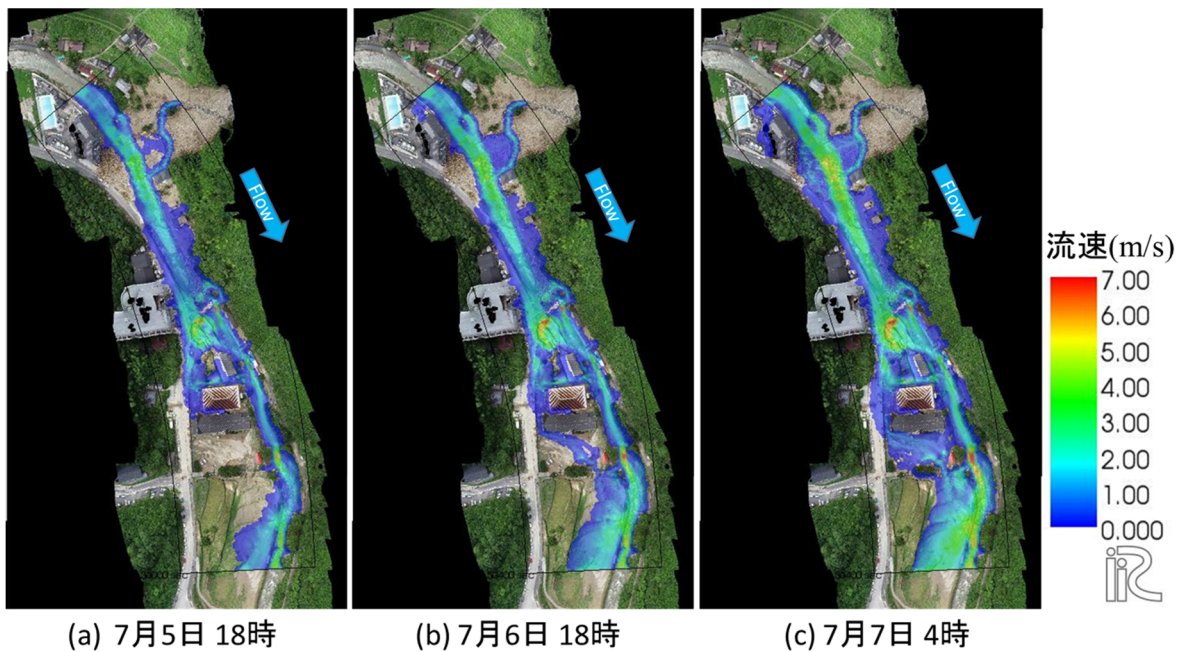


図 3-2-2-15 (a)7月5日18時, (b)7月6日18時および(c)ピーク時7月7日4時の流速分布

図 3-2-2-14 と図 3-2-2-15 に 7 月 5 日 18 時, 7 月 6 日 18 時およびピーク時の 7 月 7 日 4 時の水深と流速の分布を示す。7 月 5 日 18 時の時点で既に流木の影響で道路部に迂回流が発生し周北小学校まで浸水しており, 流木が集積している橋のすぐ横で流速が速くなっていることがわかる。7 月 6 日 18 時の時点で周北小学校の校庭に水が流れはじめている。ピーク時の 7 月 7 日 4 時の時点で大きく流路幅が広がっており, オルソ画像の水が流れた痕跡に概ね一致している。流速については流木が集積している橋の右岸側が特に速くなっており, 大規模な浸食が発生した場所と一致している。

(7) まとめ

瀬越地区では土石流によって運ばれた土砂・流木が河川に流入し、橋脚に流木等が挟まり流水を阻害することによって、河川の氾濫が発生したと考えられる。土石流の発生箇所は土石流特別警戒区域に位置しており、今回のように土石流が直接河川に流入することが想定される河川区間では大量の土砂・流木が流入することを想定した河川管理が必要であることが示唆された。

引用文献

- 1) http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a18600/bousai/soutei_higashi.html
- 2) 河川シミュレーションソフト iRIC, <http://i-ric.org/ja/>.
- 3) 佐山敬洋, 岩見洋一: 降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用, 土木技術資料 56-6, pp1-4, 2014.