

山地土砂動態シミュレーションへの データ同化活用に向けた基礎的研究

京都大学工学研究科社会基盤工学専攻M1

左藤起也

□ 研究背景と目的

- ・ 土砂動態予測へのデータ同化手法適用に向けた課題

□ 研究手法

□ 解析結果

- ・ 土砂供給量の違いによる流砂量への影響
- ・ 土砂供給点の違いによる掃流砂の比較

□ 結論

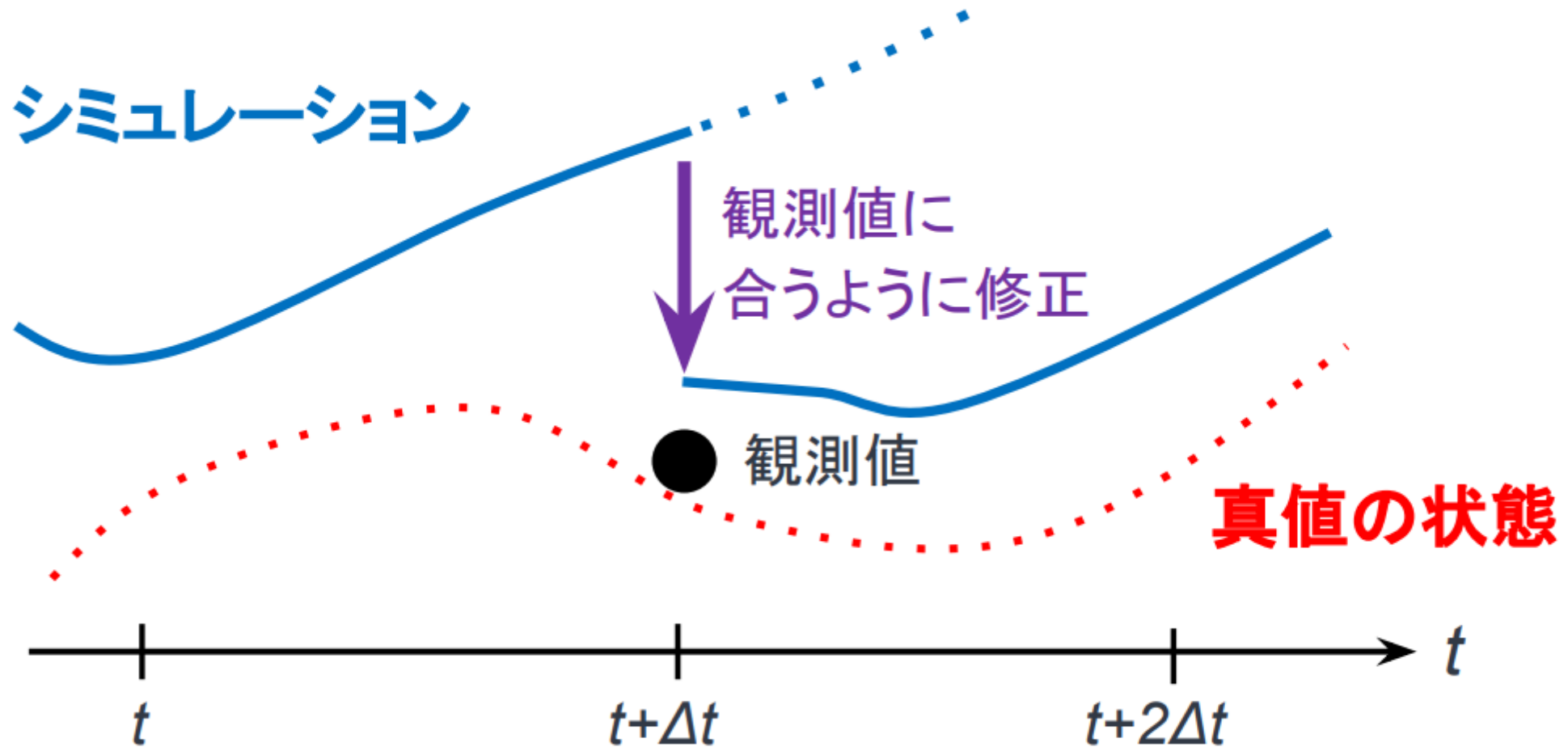
- 流域土砂動態シミュレーションにおいて
モデルの現象再現性や境界条件のすべてを実測できない
- 流域末端での観測データの蓄積が進んできている



観測とシミュレーションをつなぐデータ同化手法

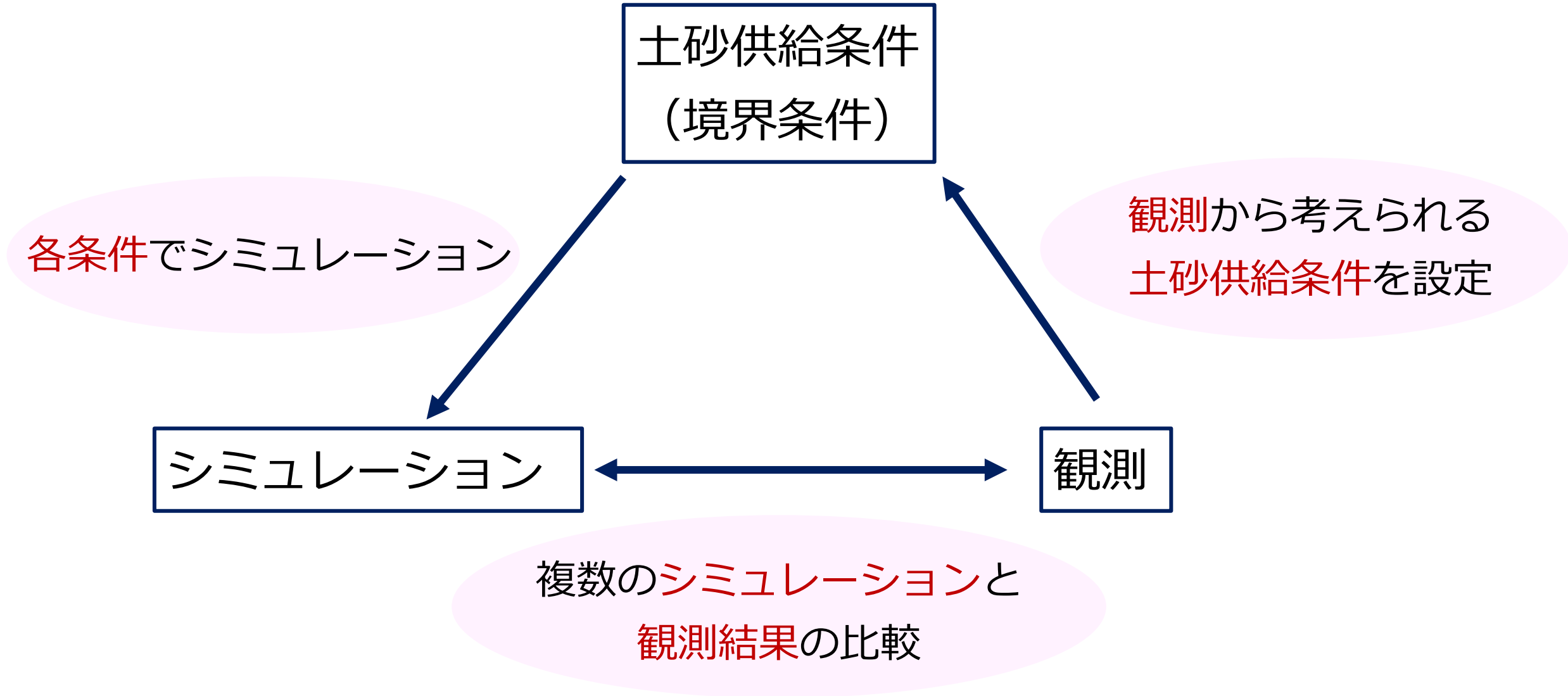
予測精度の向上および流域内の状態の逆推定が期待できる

データ同化とは



観測データを用いてシミュレーションを補正していく

データ同化手法の土砂動態予測への応用



データ同化手法の土砂動態予測への応用



実際に土砂供給があったときに下流で変化があるかを調べる必要がある

計算結果の評価

観測結果と計算結果の比較
(流量 Q - 掃流砂量 Q_B 関係)



それぞれの土砂供給条件で計算を継続する

降雨規模にあわせて
複数のケース設定

各シミュレーションと
観測の比較

計算結果の
妥当性の評価

これを繰り返し
流域の状況を推定

研究目的

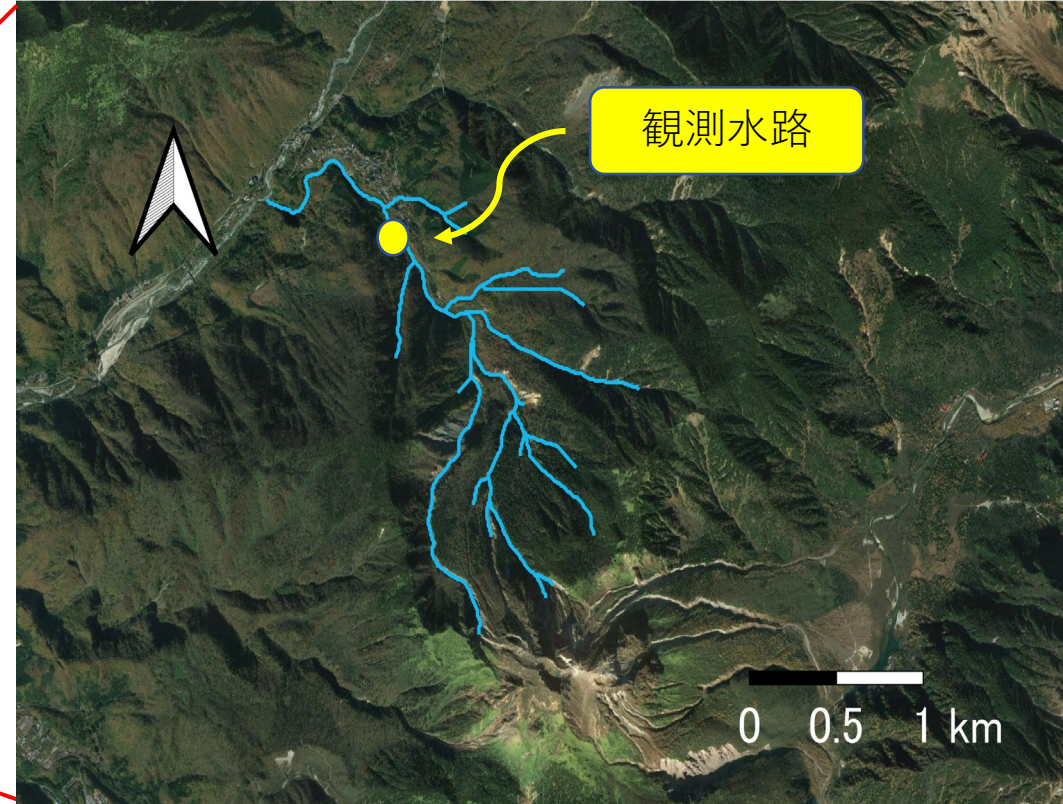
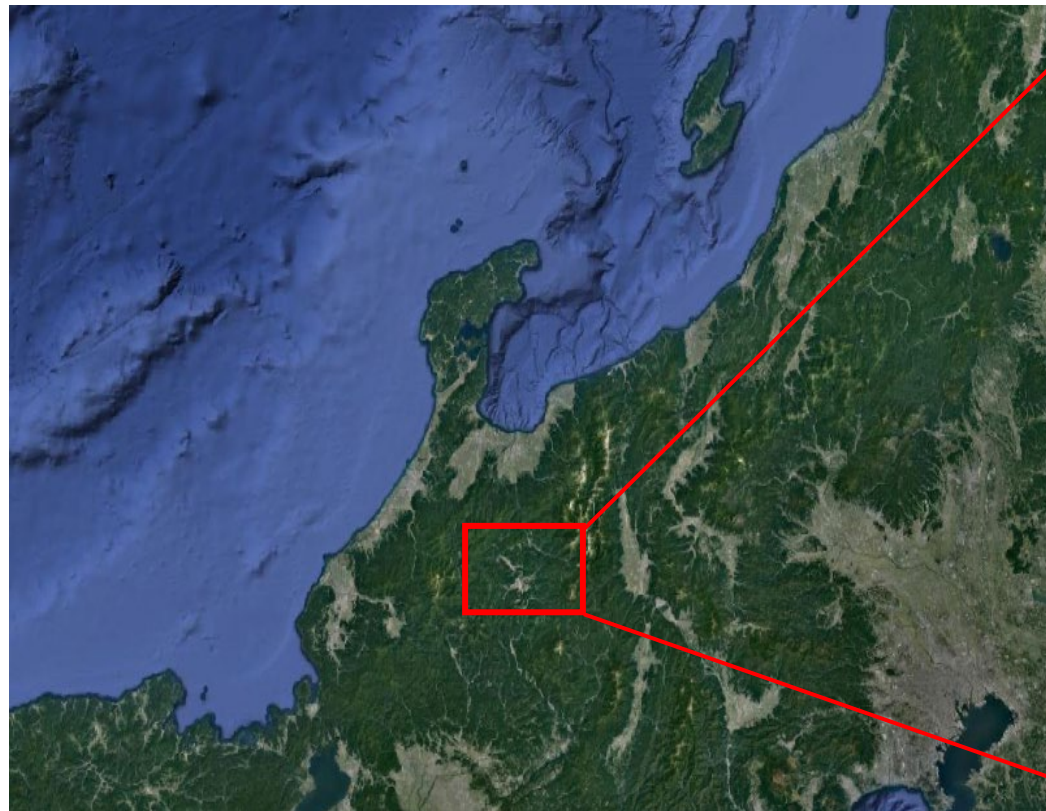
- 実際に土砂供給条件を変えたとき、
下流にどの程度影響が出るかを検討
- 異なる土砂供給条件から、
掃流砂量が観測結果に一致する条件があるかを検討
- 土砂供給条件ごとの時空間的な変動特性を調べる

対象流域

神通川水系足洗谷 流域面積 約6.5km²

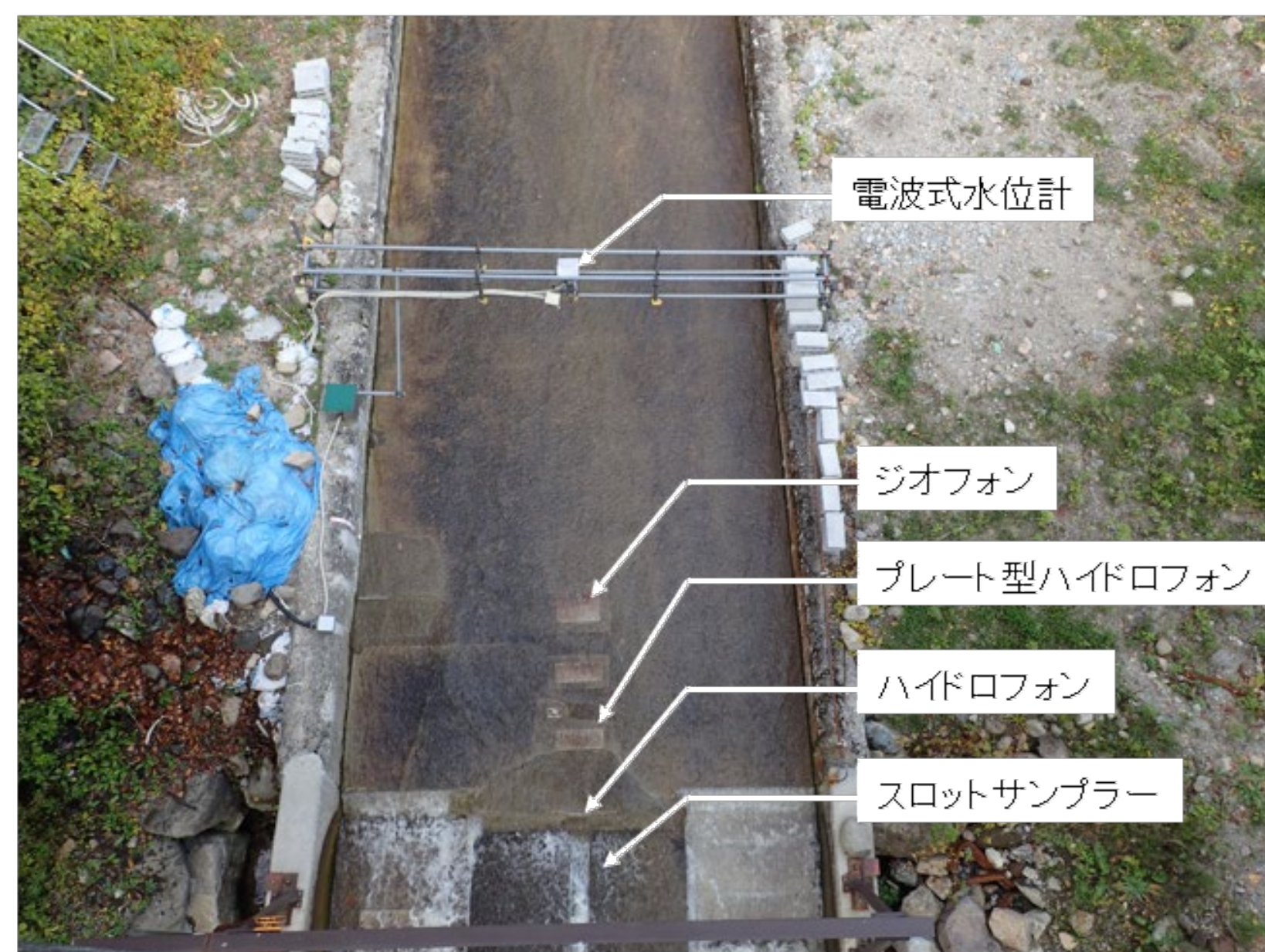
岐阜県高山市

京大穂高砂防観測所の流砂観測水路がある



(Google earth より)

現地観測項目（観測水路地点）

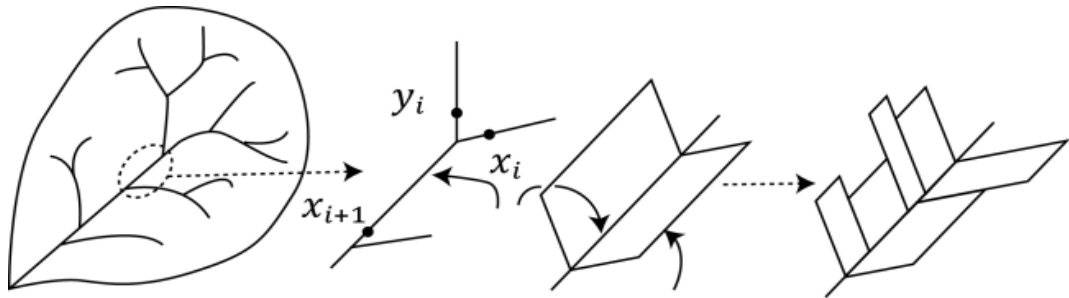


- 流量
- 掃流砂量
- 浮遊砂濃度
など

土砂動態モデル (SiMHiS) の計算手法

流域地形モデル

流域を単位河道・単位斜面・斜面要素に分割



土砂供給モデル

- 土砂が河床に一様に分布するように供給
- 複数の供給量の条件を設定

本研究では
土砂供給モデルを変更

斜面での降雨流出モデル

表面流・中間流統合型kinematic waveモデル

$$\alpha \frac{\partial h_r}{\partial t} + \frac{\partial q_r}{\partial x} = (r - f) \cos \theta$$

$$q_r = \begin{cases} k_A h_r \sin \theta & (D_A \geq h_r) \\ k_A D_A \sin \theta + \frac{1}{n_s} \sqrt{\sin \theta} (h_r - D_A)^{\frac{5}{3}} & (D_A < h_r) \end{cases}$$

河道での水・土砂輸送モデル

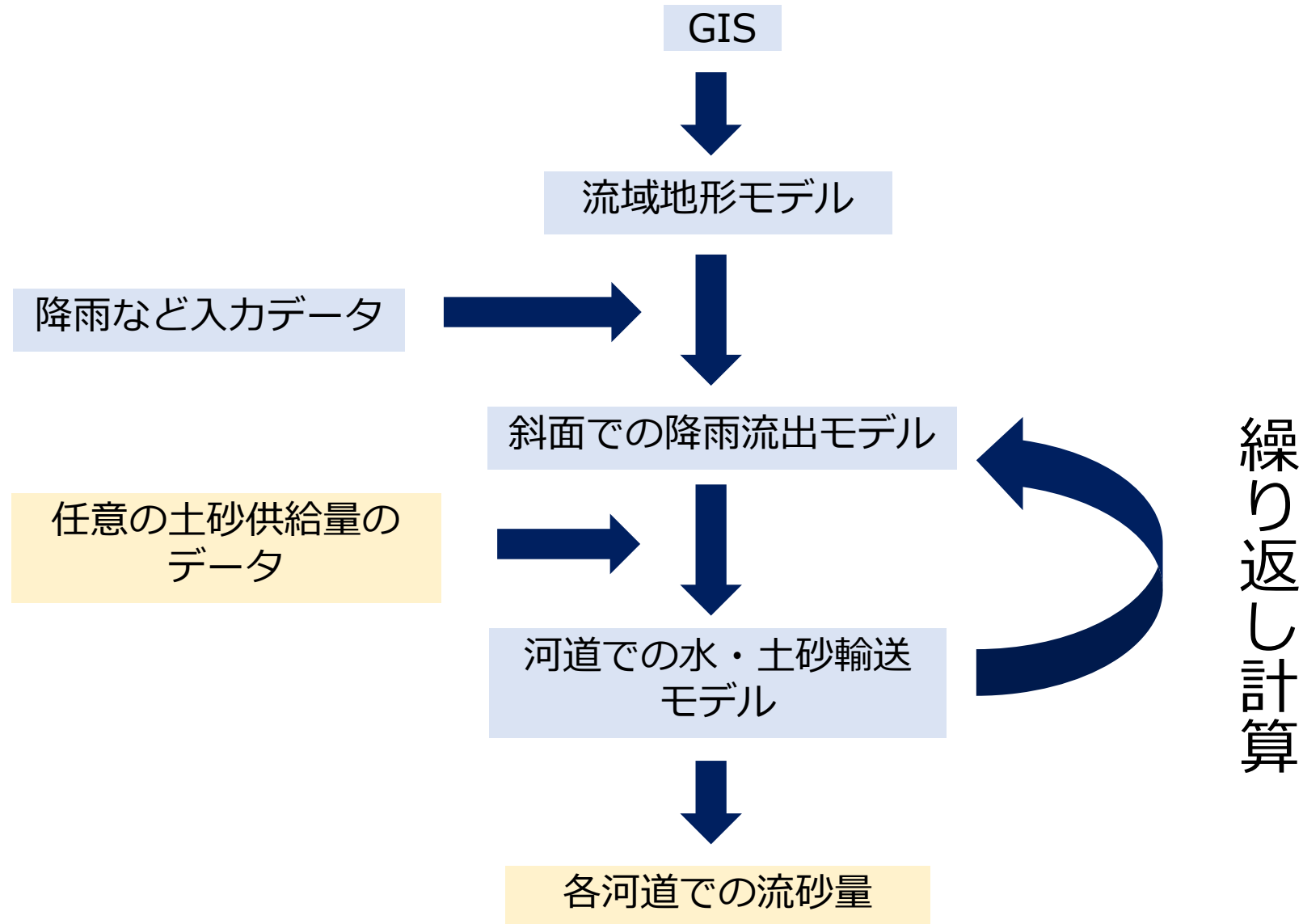
水の質量保存則

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{B_c L} (Q_{in1} + Q_{in2} - Q_{out}) + \frac{1}{B_c} q_r$$

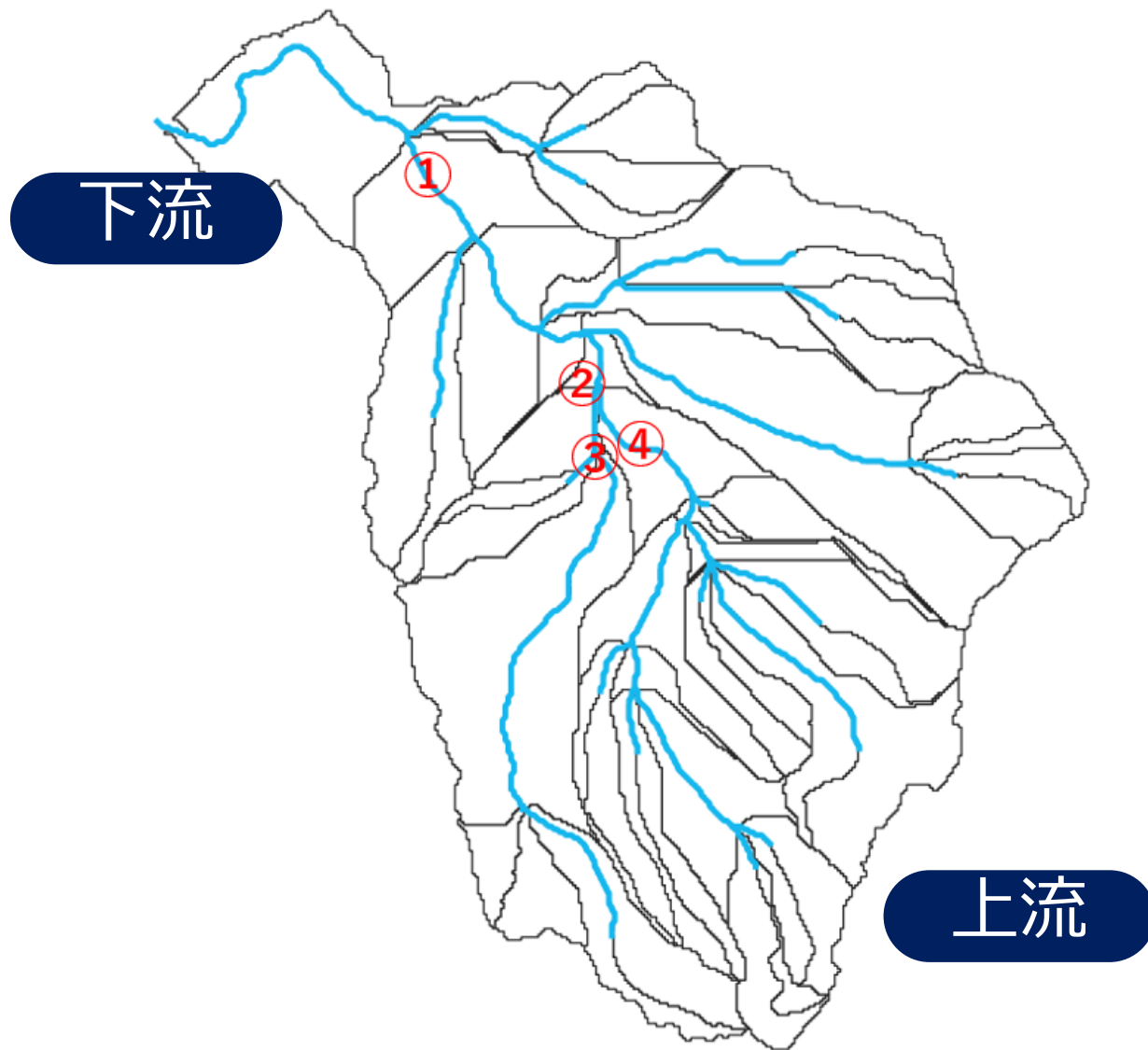
土砂の質量保存則

$$(1 - \lambda) \frac{\partial z_b}{\partial t} = \frac{1}{B_c L} (Q_{in1} + Q_{in2} - Q_{out} + Q_{sup})$$

土砂動態モデル (SiMHiS) の計算手法

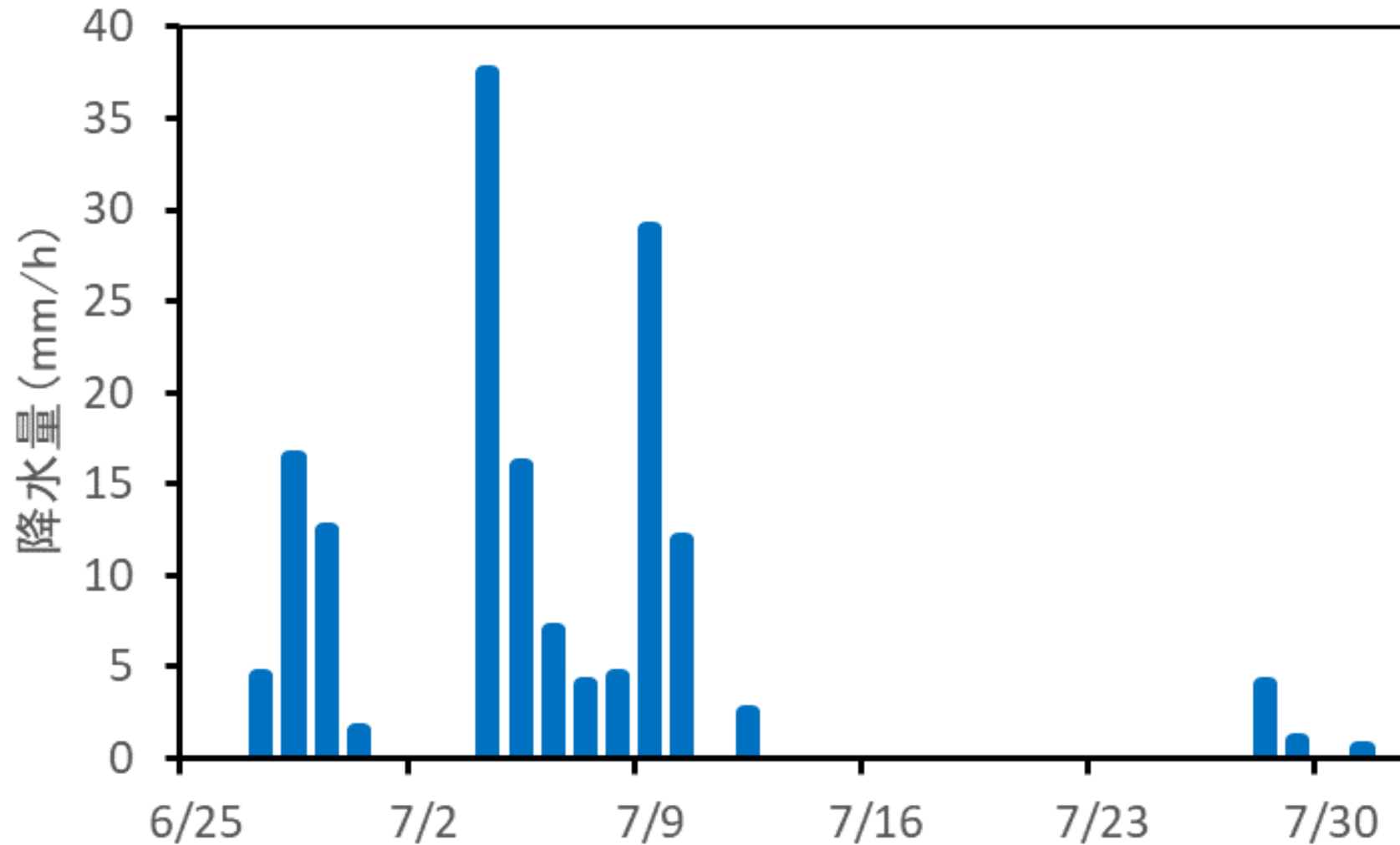


足洗谷の各地点



- ①流砂観測水路
(流砂量を検討)
- ②黒谷,白水谷合流点の直下流
(流砂量を検討)
- ③黒谷最下流点
(土砂供給点)
- ④白水谷最下流点
(土砂供給点)

対象期間



2018年6月25日～7月31日

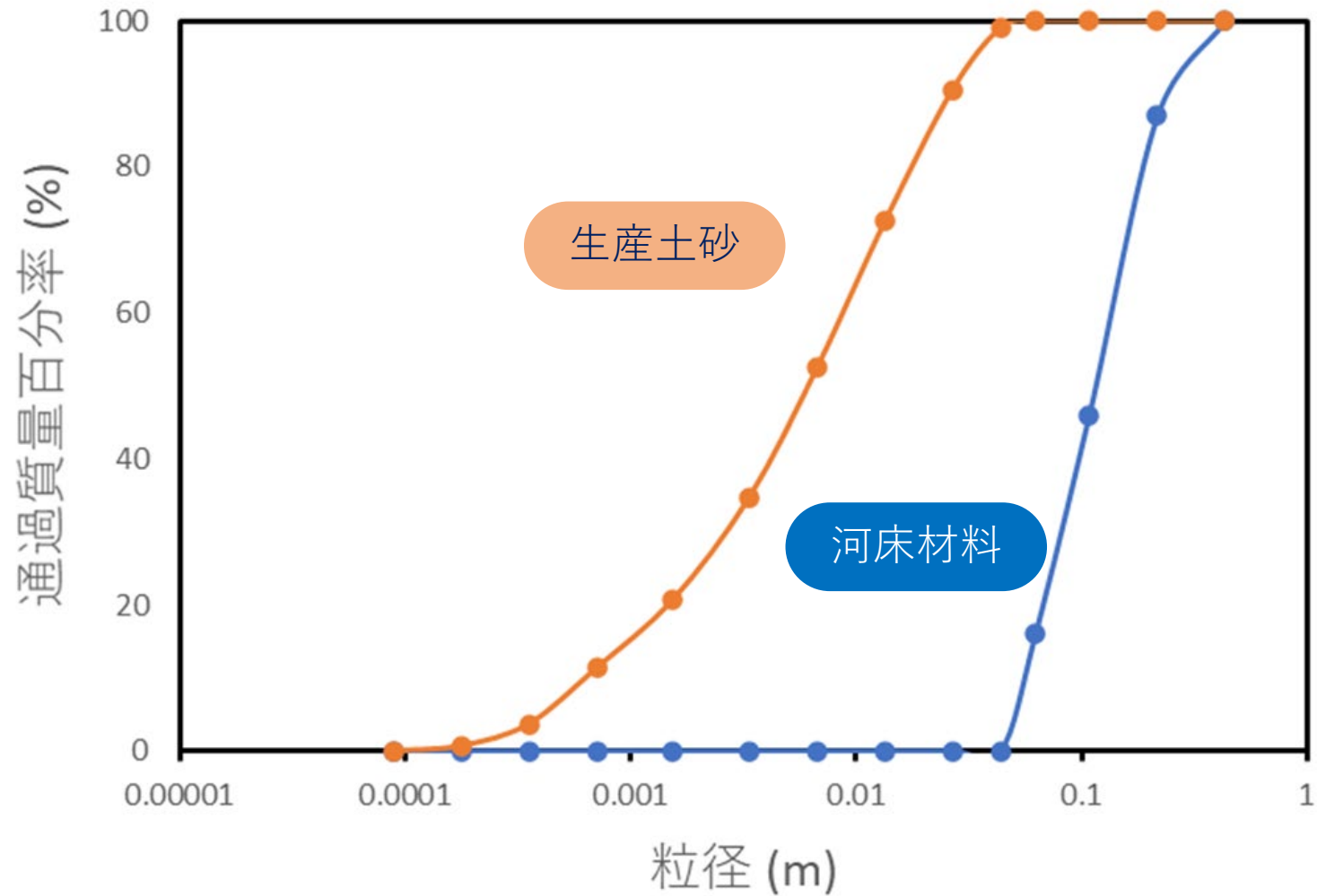
観測結果が揃った大規模な降雨イベントがあり、本研究に適する

土砂供給条件

	Case 0					
供給地点	なし					
供給量	0					
	Case K-1	Case K-2	Case K-3	Case K-4	Case K-5	Case K-6
供給地点	黒谷	黒谷	黒谷	黒谷	黒谷	黒谷
供給量	0.1倍	0.2倍	0.5倍	1倍	2倍	5倍
	Case S-1	Case S-2	Case S-3	Case S-4	Case S-5	Case S-6
供給地点	白水谷	白水谷	白水谷	白水谷	白水谷	白水谷
供給量	0.1倍	0.2倍	0.5倍	1倍	2倍	5倍

土砂供給量は凍結融解モデルによって算出した各支流の年平均土砂生産量を基準に決定
すべてのケースで対象期間のはじめに土砂を供給する
(黒谷 → 5454m³ 白水谷 → 4565m³)

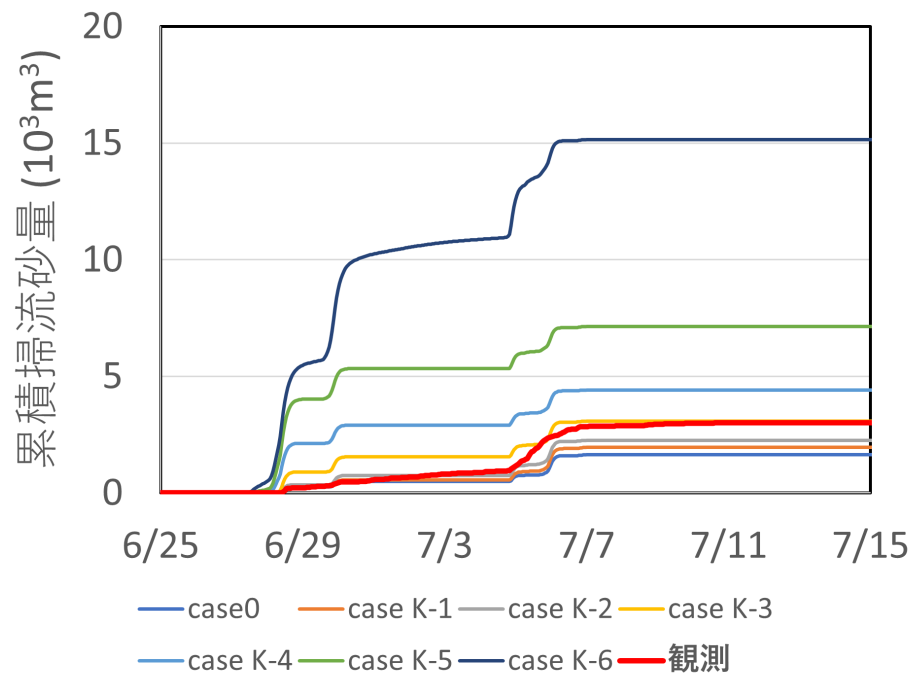
粒度分布



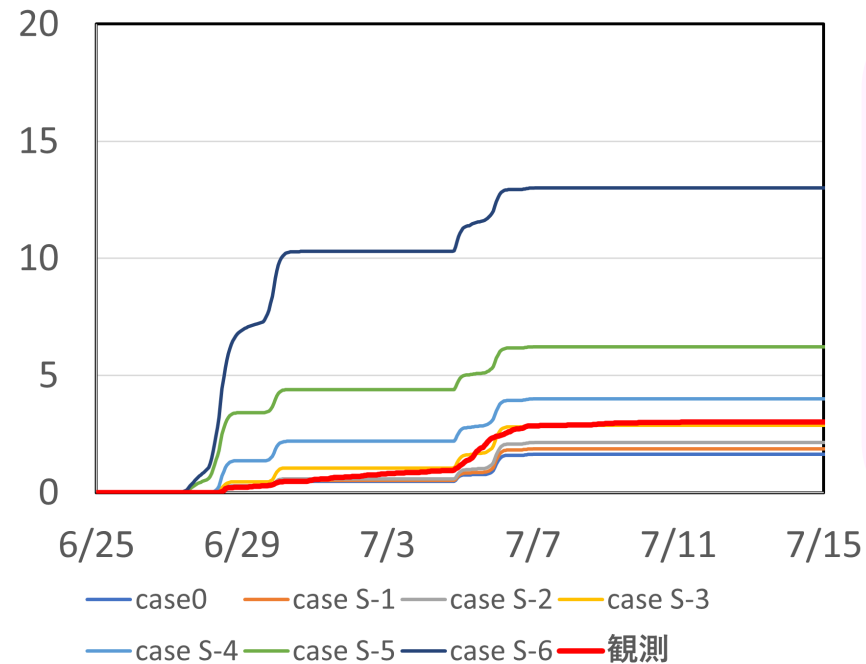
供給する土砂(生産土砂)の方が**粒径が小さい**

土砂供給があるケースと観測の比較（観測流路）

黒谷に土砂供給
したケース



白水谷に土砂供給
したケース

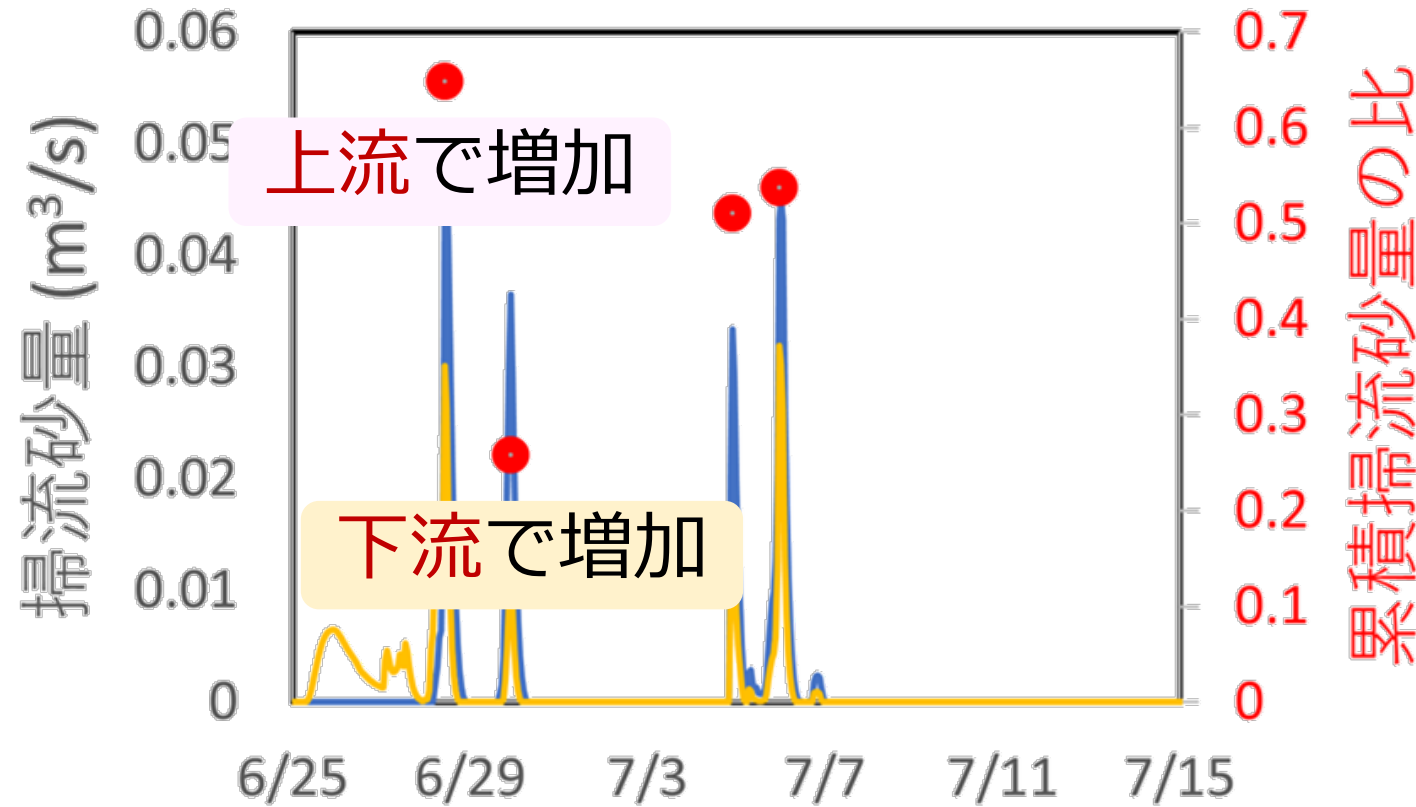


いずれのケース
でも供給した
土砂の**半分**の量
が下流で現れた

境界条件を変えると流域末端での流砂量シミュレーション結果は大きく変動することが確認できた

累積掃流砂量で比較すると、年間土砂生産量の50%の土砂供給があった条件（Case K-3とCase S-3）で観測結果と最も近くなった

合流点（上流）と観測流路（下流）における掃流砂量の比較



— case K-3 (観測流路)

— case K-3 (合流点)

- 合流点の累積掃流砂量 / 観測流路の累積掃流砂量

1回目の降雨

上流での掃流砂量の増加が目立つ

2回目の降雨

下流での掃流砂量の増加が目立つ



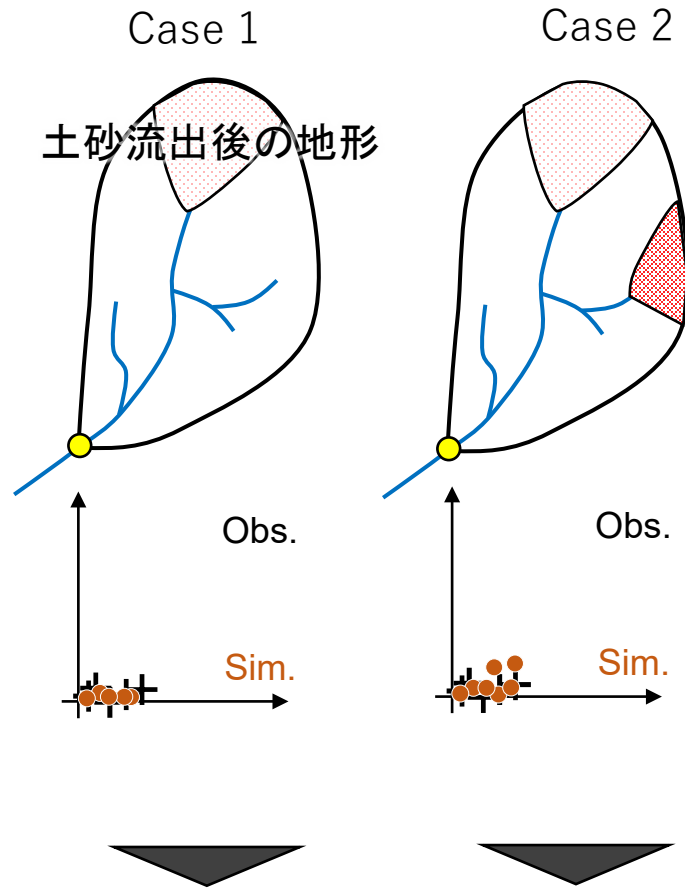
**その後の降雨で下流の河道にも
供給土砂が流れていることを示唆**

本研究では**土砂供給条件**を変えると
流砂量にどのような影響が出るかを調べた

- **境界条件**を変えると、流域末端での流砂量シミュレーション結果は大きく**変動**することが確認できた
- **下流側**でも何回かの降雨の後に、供給された**土砂の影響を受ける**ことが確認できた。
- **濁り**や**浮遊砂**なども考慮したシミュレーション結果の評価を検討する予定である
- 今後は計算に用いた他のパラメータの精度を評価して、適切なデータ同化手法を構築していきたい

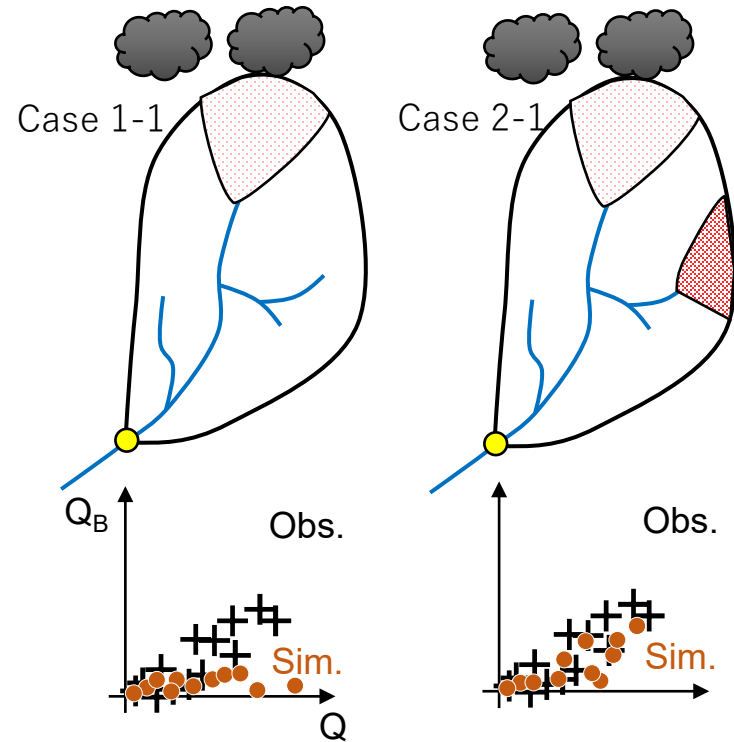
データ同化手法の土砂動態予測への応用

無降雨期間

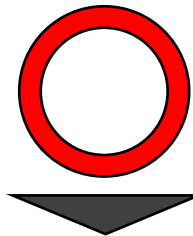
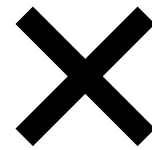


データ同化手法の土砂動態予測への応用

降雨イベント2



計算結果の評価



それぞれの土砂供給条件で計算を継続する

研究目的

→これを繰り返すことで、流域全体の土砂を把握できるか調べる