



# 堆積岩山地における 地質構造が降雨流出 に及ぼす影響2022

京都大学大学院農学研究科

山地保全学研究室D1

稲岡 諄

キーワード：

堆積岩山地、降雨流出応答、地質構造、走向、傾斜、斜面勾配、流下方向、透水異方性

# 研究背景と目的

- ☆災害の相次ぐ近年、土砂災害対策は喫緊の課題である。水の流れの解明はその重要な鍵となる
- ☆降雨流出には地形や地質、植生など様々な要因が影響するが、中でも地形の影響が大きいとされてきた (Beven & Kirkby, 1979)
- ☆既往研究の多い花崗岩山地と異なり、堆積岩山地では走向・傾斜（地質構造）の影響が考えられる（酒井ら, 2009）
- ☆花崗岩流域と比べると堆積岩山地における降雨流出は流域間の差が大きい（加藤ら, 2000）

- ①堆積岩山地における1つの山頂を中心とした流出特性の空間分布を明らかにする
- ②堆積岩山地における地質構造が降雨流出応答に及ぼす影響を検討する

Beven K, & Kirkby M. (1979) DOI: 10.1080/02626667909491834  
加藤ら(2000) DOI: 10.11475/sabo1973.53.4\_38  
酒井ら(2009) DOI: 10.5917/jagh.51.311

# 観測地

## <凡例>

- 砂岩と泥岩、チャートの混在岩
- チャート
- 花崗岩

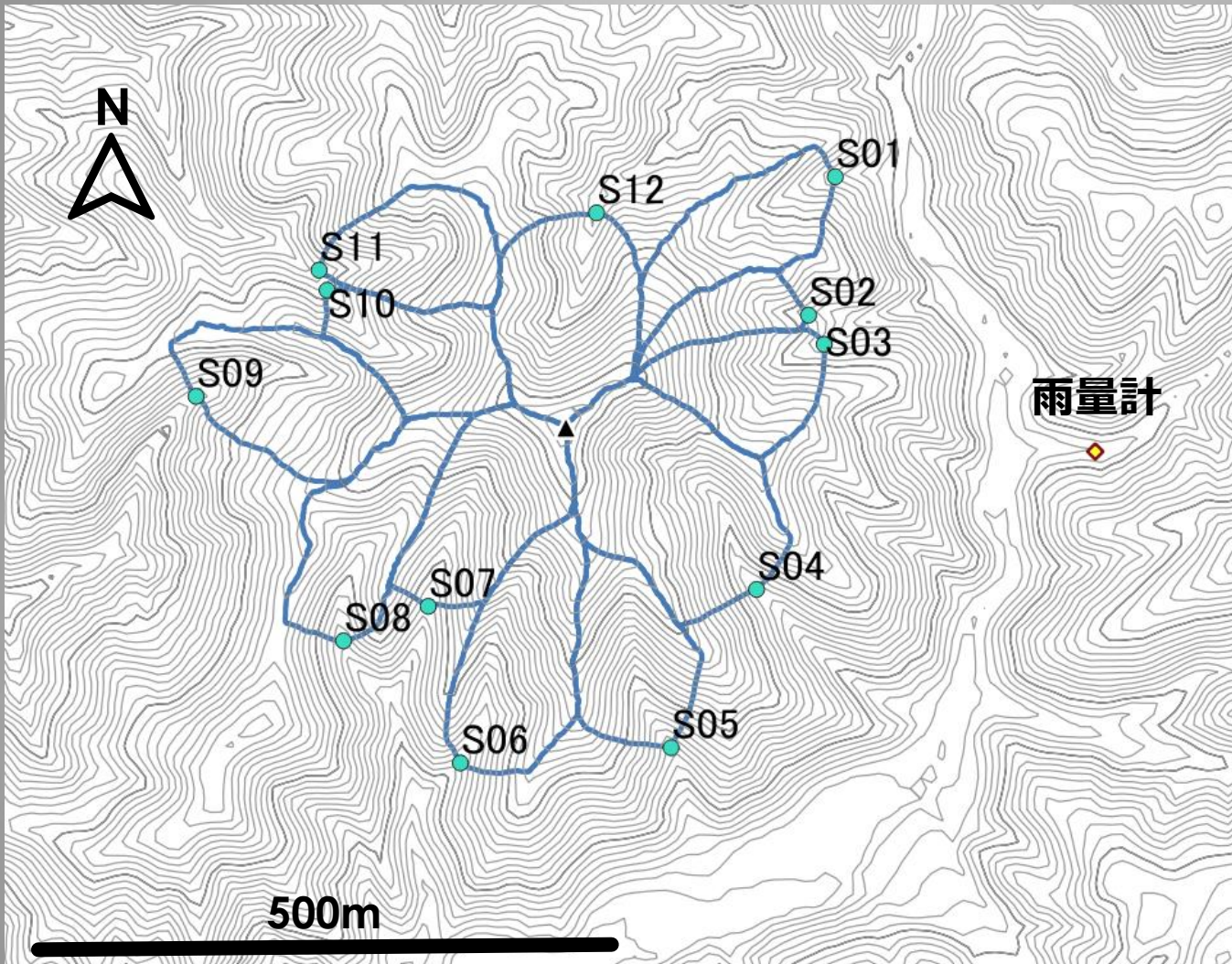


OpenStreetMapより

地質図Naviに信楽試験地の位置と方位、方位記号を加筆

# 観測地

流域	面積[ha]	平均 勾配 [°]
S01	1.53	32.2
S02	0.696	35.1
S03	1.37	35.4
S04	3.08	39.4
S05	1.63	40.6
S06	2.15	40.2
S07	2.01	39.2
S08	1.83	34.0
S09	2.13	35.1
S10	1.44	37.8
S11	1.47	38.1
S12	2.19	37.6



Inaoka et al. (2020)を基に作成



観測風景

S10流域

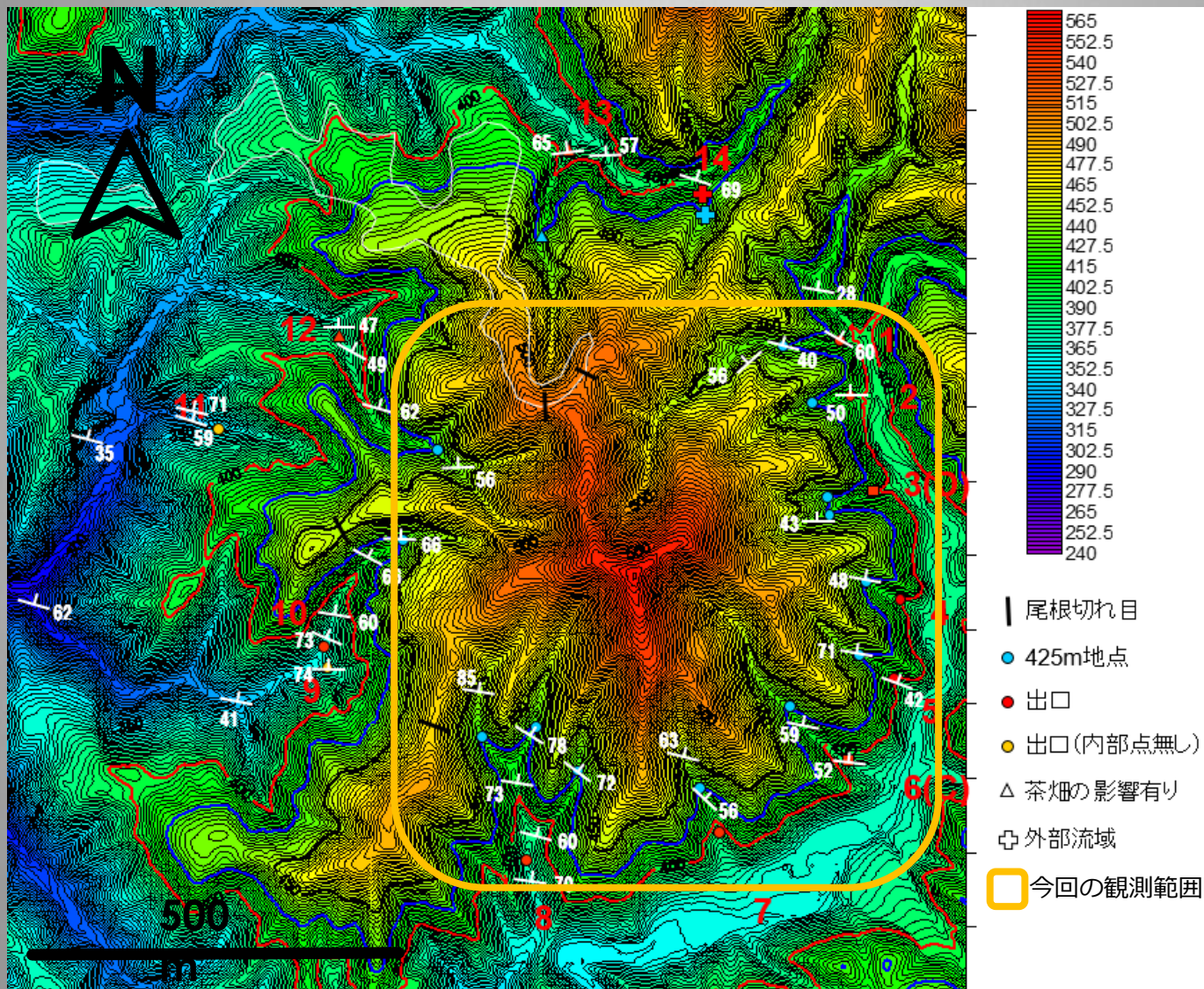
2014/8/14

糸数先生撮影

# 信楽の地質構造（走向・傾斜）

\* 走向：西北西－東南東（N101.6°E）

\* 傾斜：北北東に平均約55°



走向・傾斜



# 流出解析

☆降雨ピークを1つのみ持つ2つのイベントを抽出

イベント名	No. 1	No. 2
期間	2014/9/23 22:30 ~2014/10/5 13:20	2014/10/5 0:00 ~2014/10/9 17:00
総降水量[mm]	57.5	62.5
最大10分間雨量[mm]	6.5	3.5
降雨継続時間 (主要な雨)	7時間10分	8時間

# 解析手法

☆ 「全流域面積に占める各流域の面積の割合」と  
「総流量に占める各流域の流量の割合」を比べる

→ 相対比較によって12流域をいくつかのグループに分類する



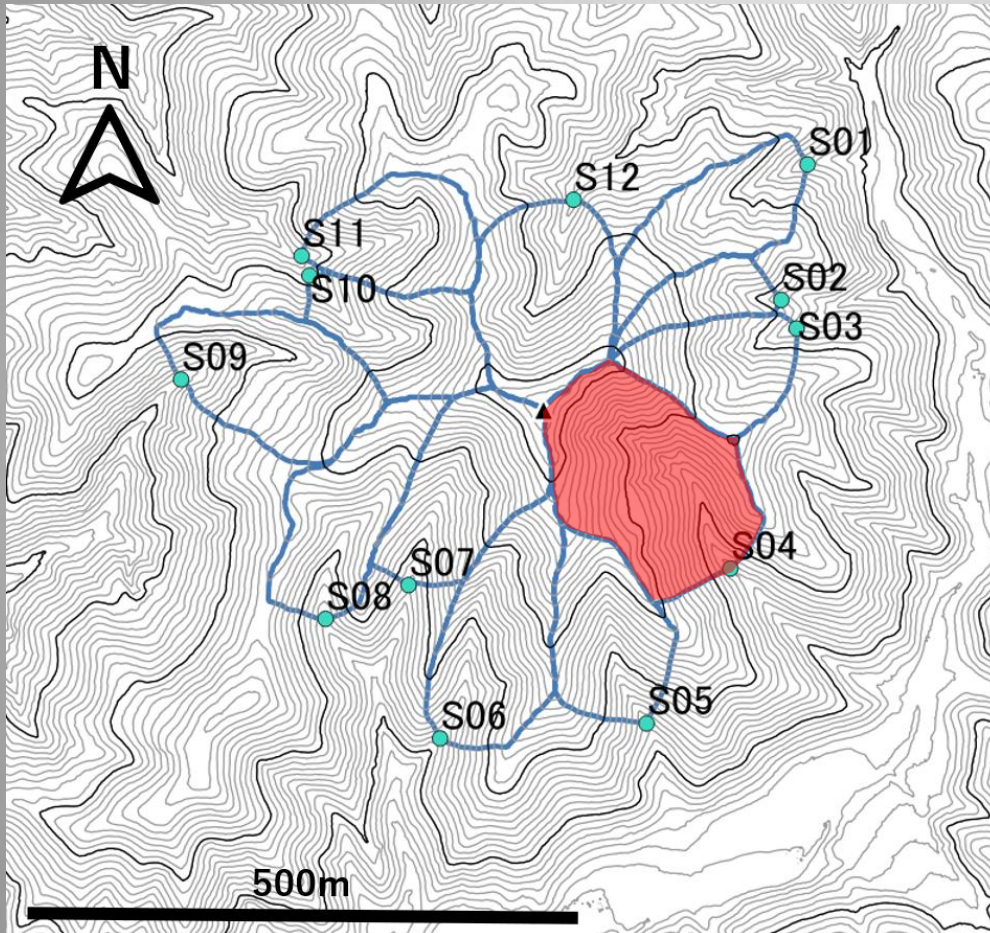
# 解析手法

☆ 「全流域面積に占める各流域の面積の割合」  $A_i^*$

$$A_i^* = A_i / A_{all}$$

$A_i$  : 流域iの面積[ha]

$A_{all}$  : 全流域面積[ha]



$$\begin{aligned} A_{S04}^* &= 30819.86 / 215216.4 \\ &= 0.143204 \end{aligned}$$

# 解析手法

☆ 「総流量に占める各流域の流量の割合」  $q_i^*$

$$q_i^* = \frac{Q_i}{Q_{all}} \\ = \frac{q_i}{q_{all}} \cdot A_i^*$$

$Q_i$  : 流域iの流量[m<sup>3</sup>/T]

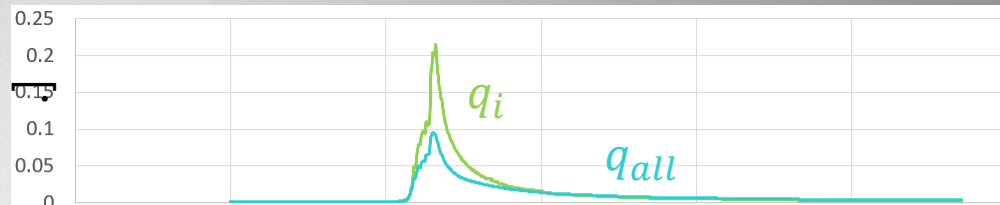
$Q_{all}$  : 流量の全流域平均[m<sup>3</sup>/T]

$q_i$  : 流域iの比流量[mm/T]

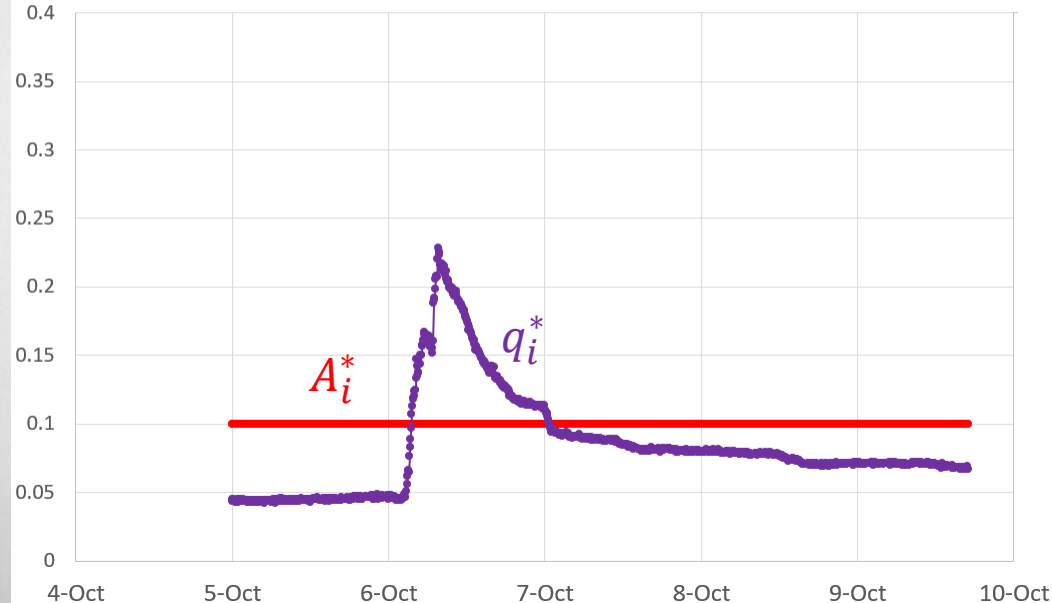
$q_{all}$  :

比流量の全流域平均[mm/T]

比流量  
[mm/5min]

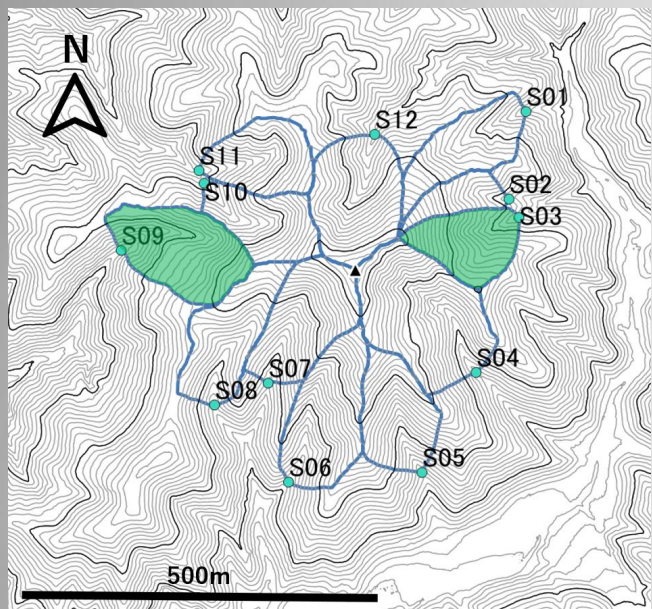


割合



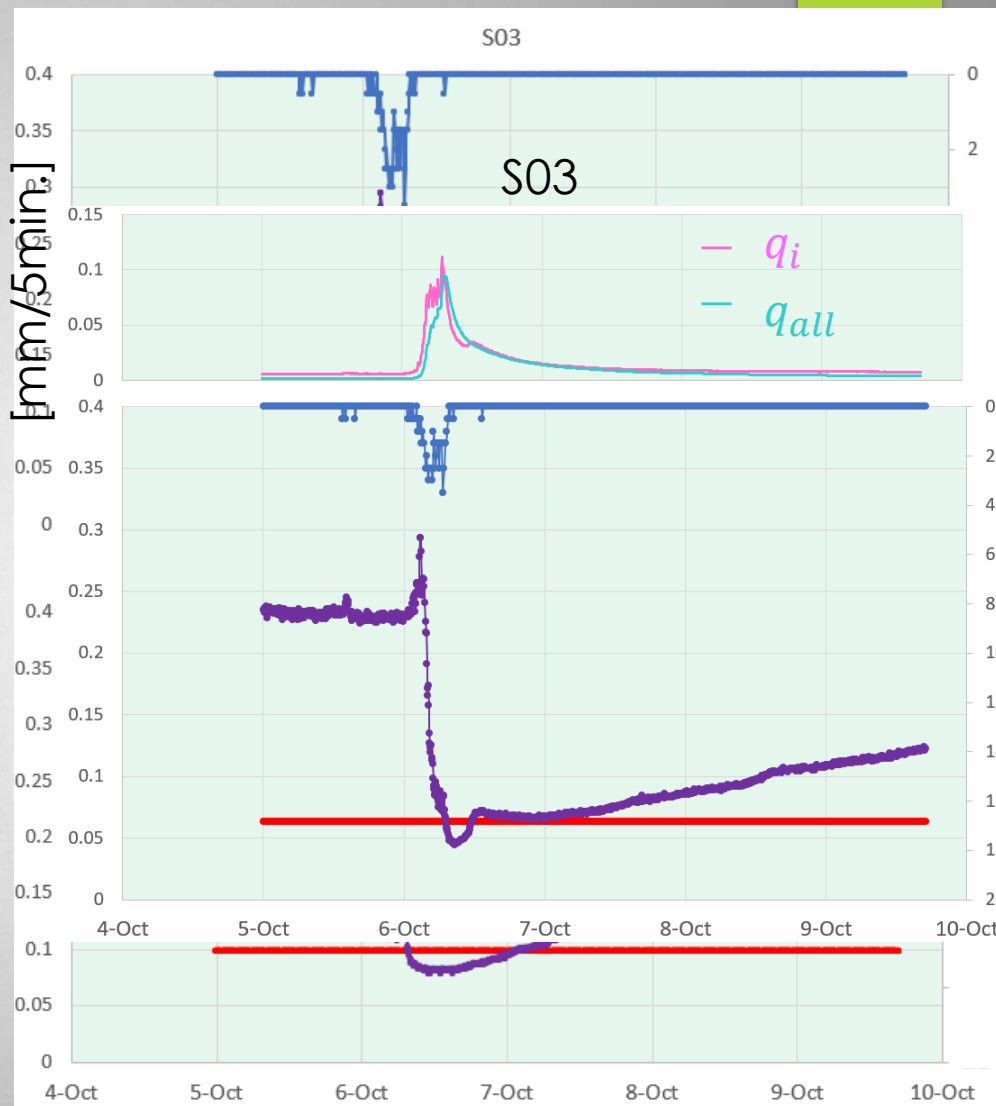
# 基底流が大きい流域

# Large Baseflow (LBF)



- <凡例>
- 濃青：降水量
  - 赤：面積の割合
  - 紫：流量の割合

比流量



降水量 [mm/10min]  
降水量 [mm/10min.]

# 地形解析

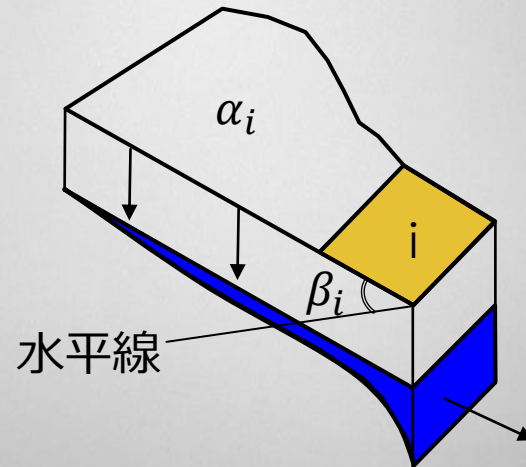
☆TWI (Topographic Wetness Index, 地形指標) (Beven & Kirkby, 1979)

$$TWI = \ln \frac{\alpha_i}{\tan \beta_i}$$

$\alpha_i$  : グリッド*i*の集水面積

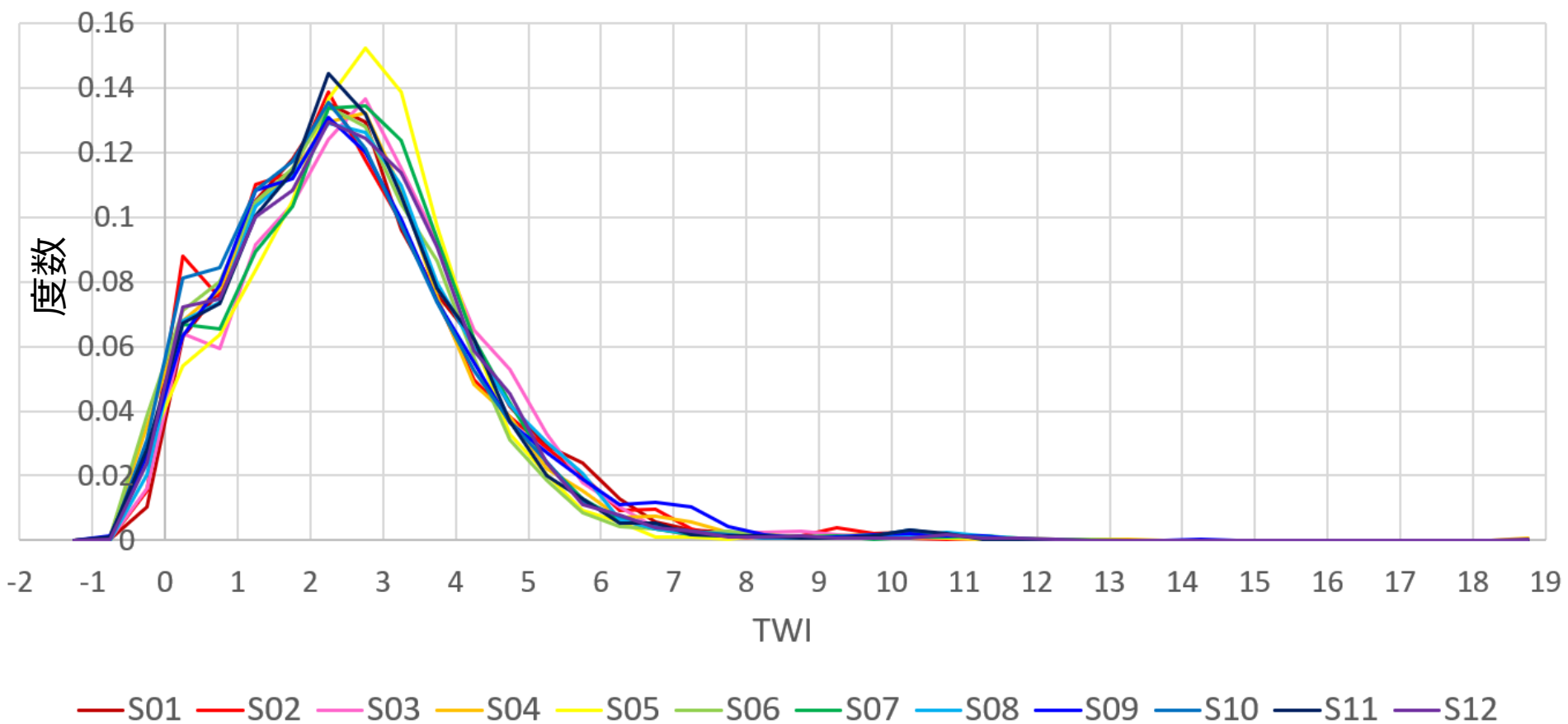
$\beta_i$  : グリッド*i*の地表面勾配

→水の集中しやすいさの指標



# 地形解析

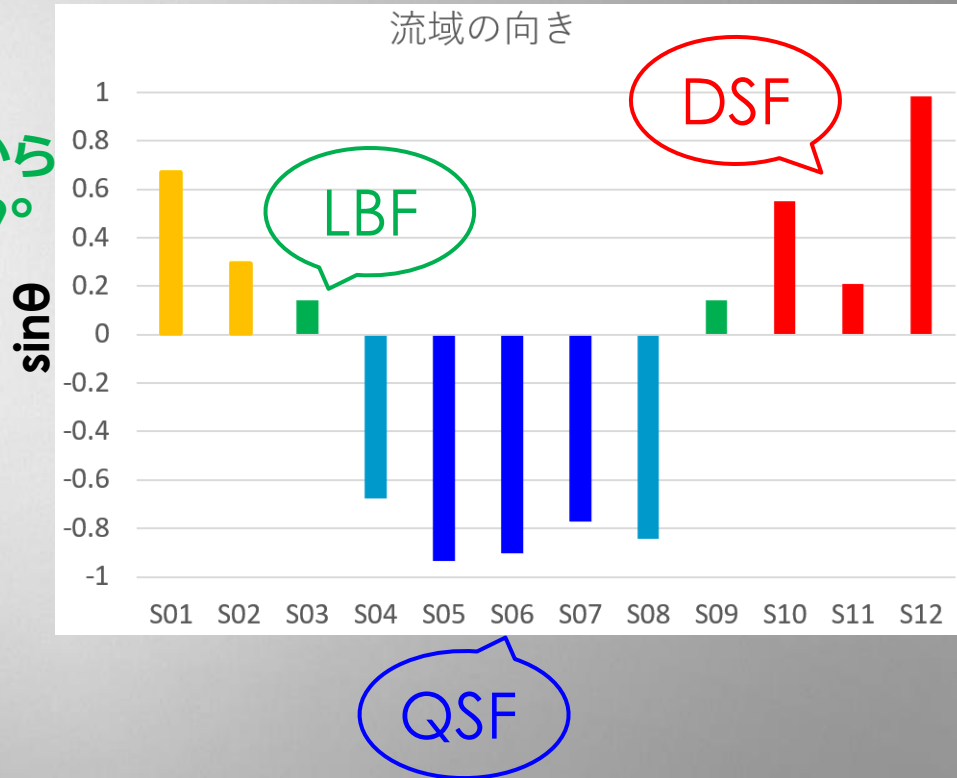
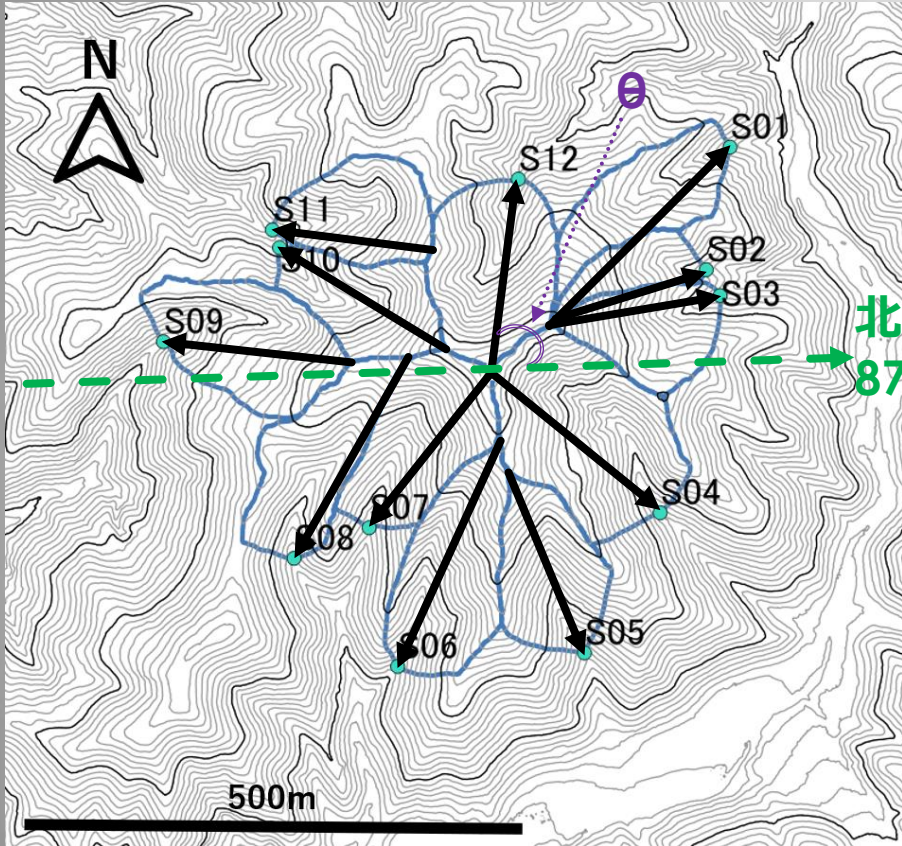
☆TWIの分布



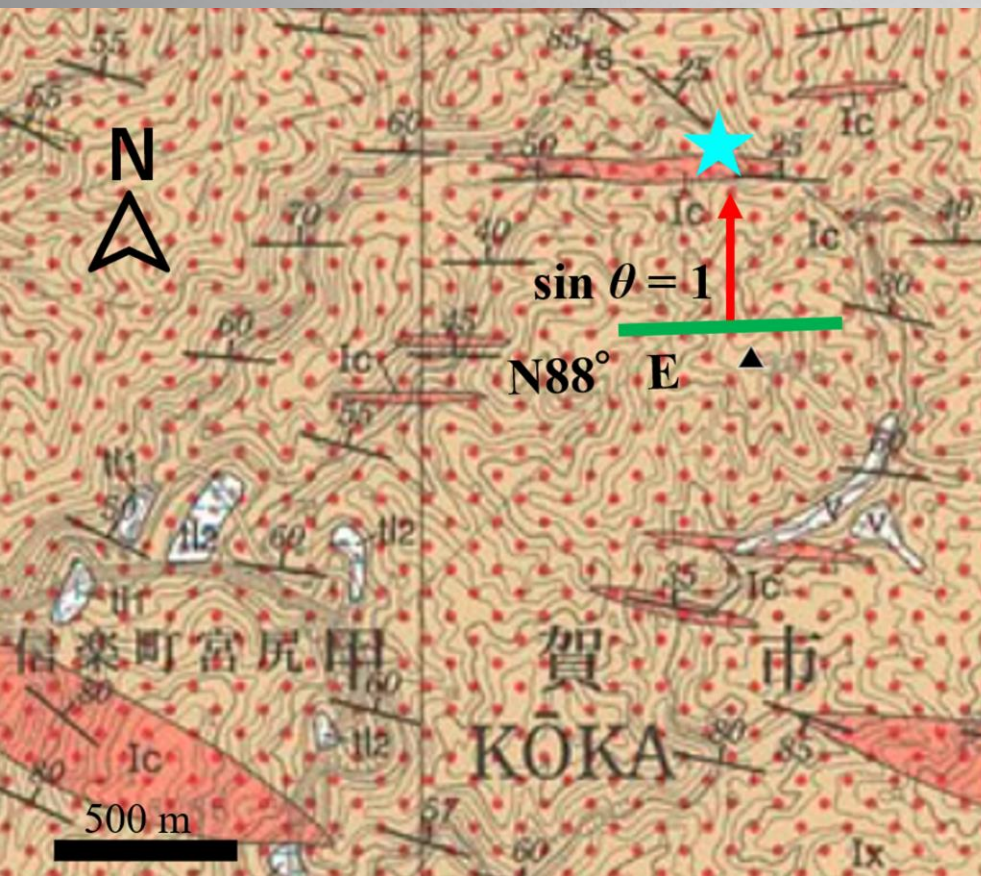
→Kolmogorov-Smirnov法により有意差なし  
⇒流出の違いが地形の差による可能性は低い

# 地形解析

☆流下方向



# 地形解析



## Legend

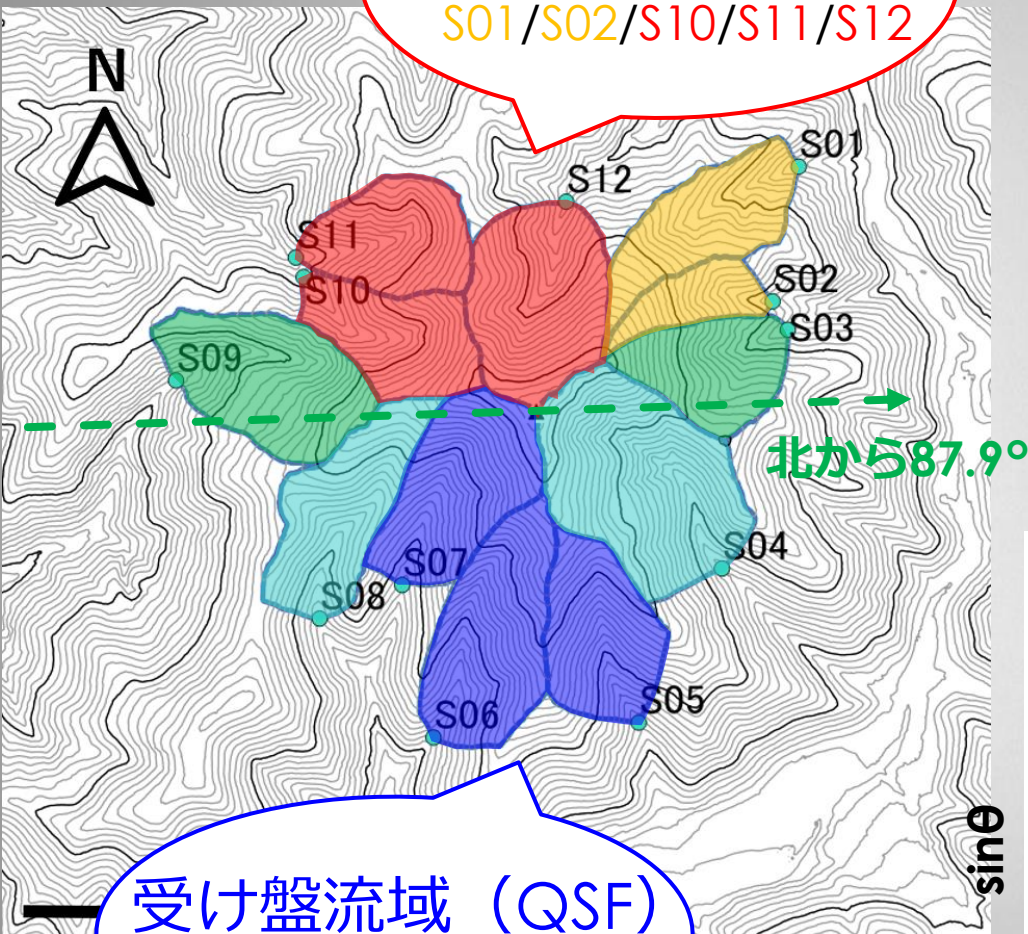
- Ix Melange matrix of mudstone and sandstone
- Ic Bedded chert
- Is Massive to thick bedded sandstone
- v Gravel, sand and mud
- tl2 Sand, gravel and mud
- tl1 Sand, gravel and mud
- Metamorphic biotite in pelitic, siliceous and psammitic rocks

脇田ら (2013), 5万分の1地質図幅「京都東南部」に直線、矢印、星印、方位、方位記号、縮尺を加筆

# 地形解析

流れ盤流域 (DSF)

S01/S02/S10/S11/S12

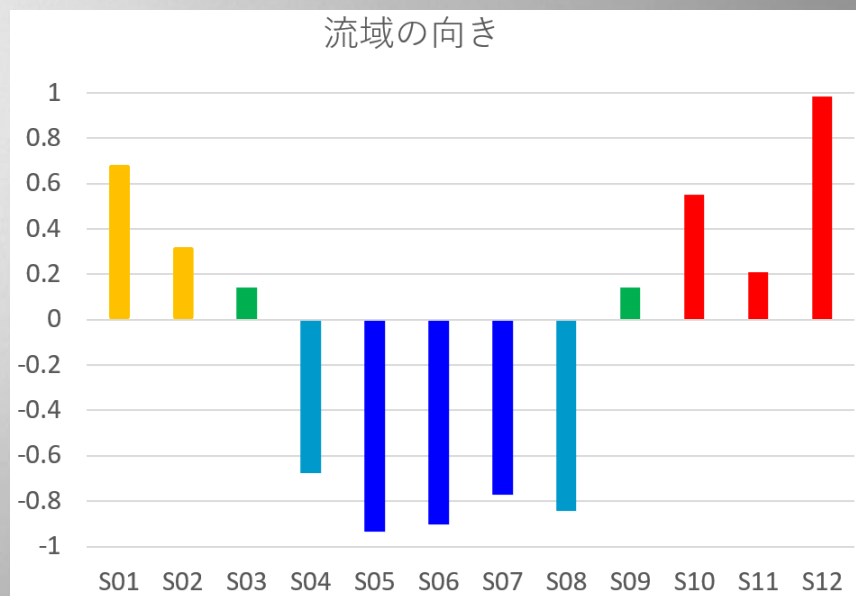


受け盤流域 (QSF)

S04/S05/S06/S07/S08

走向方向の流域 (LBF)

S03/S09



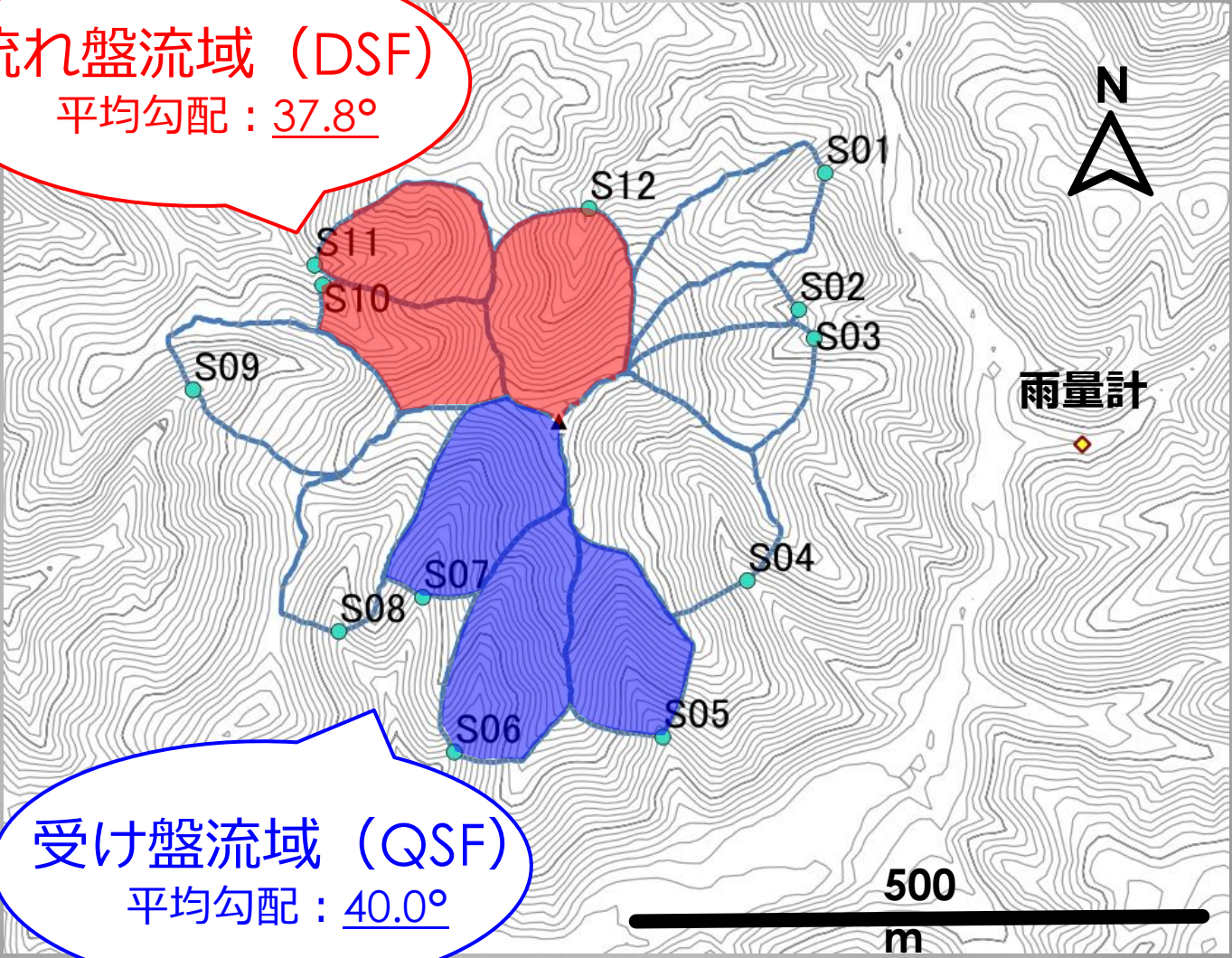


# 考察：受け盤流域と流れ盤流域

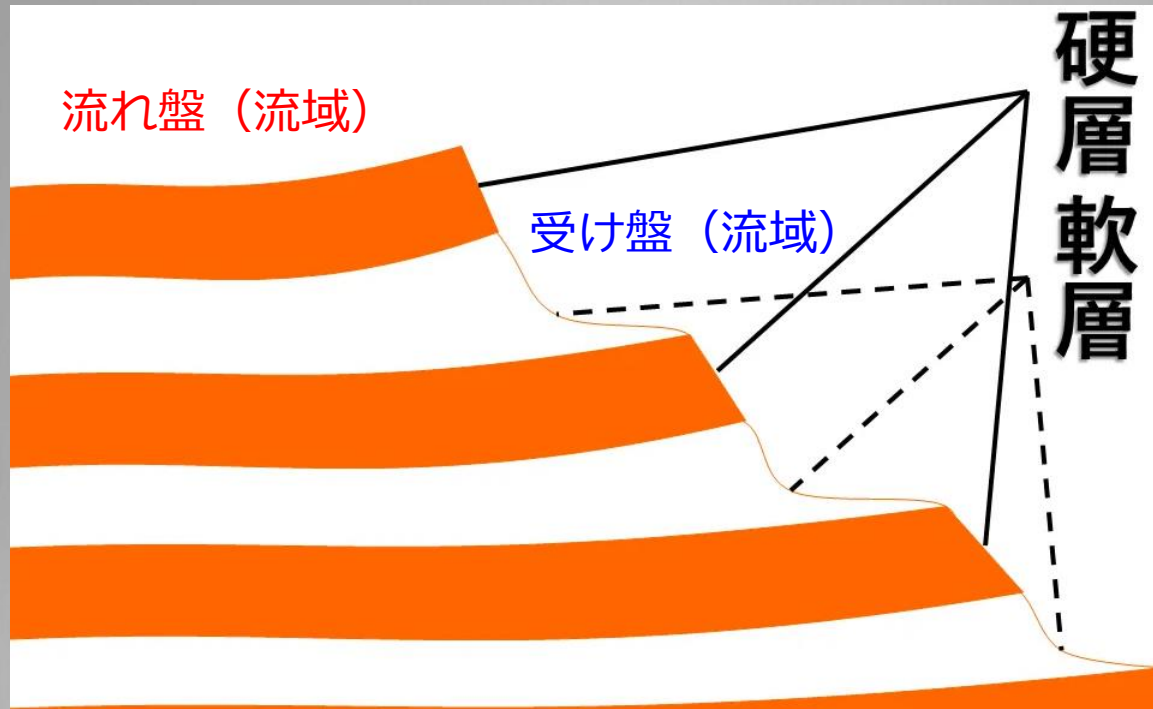
☆受け盤流域と流れ盤流域の流出のタイミングに差が生じたのは従来通りの地形（特に斜面勾配）の影響で説明できる

流れ盤流域 (DSF)  
平均勾配：37.8°

受け盤流域 (QSF)  
平均勾配：40.0°



# 考察：受け盤流域と流れ盤流域



[https://www.h-geography.net/terrain/structural\\_plain/](https://www.h-geography.net/terrain/structural_plain/)  
より引用、一部加筆

- ☆ **受け盤流域**は一般的に**流れ盤流域**よりも急な傾向にある可能性がある  
(ex. ケスタ地形)
- ☆ 斜面勾配や地形も地殻変動が影響して形成されるものであり、地質構造の間接的影響の現れと考えることができる

# 考察

☆基底流時：走向方向の流域で流量が多い

☆降雨時：受け盤流域では降雨ピークと同じタイミングで他の流域よりも流量が多くなり、流れ盤流域では降雨ピークよりも後で他の流域よりも流量が多くなる

☆この違いは堆積岩山地の地質構造と透水異方性が影響した結果であると考えられる (Inaoka *et al.*, 2020)

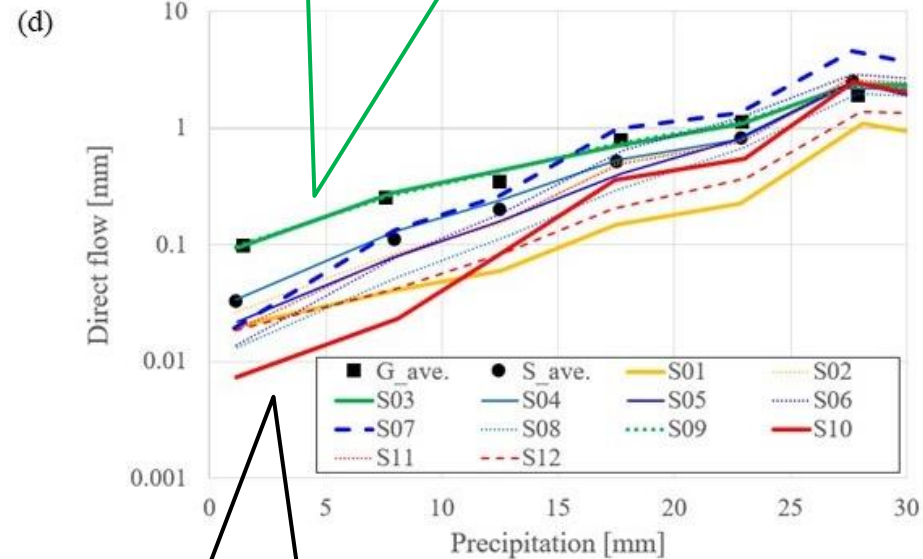
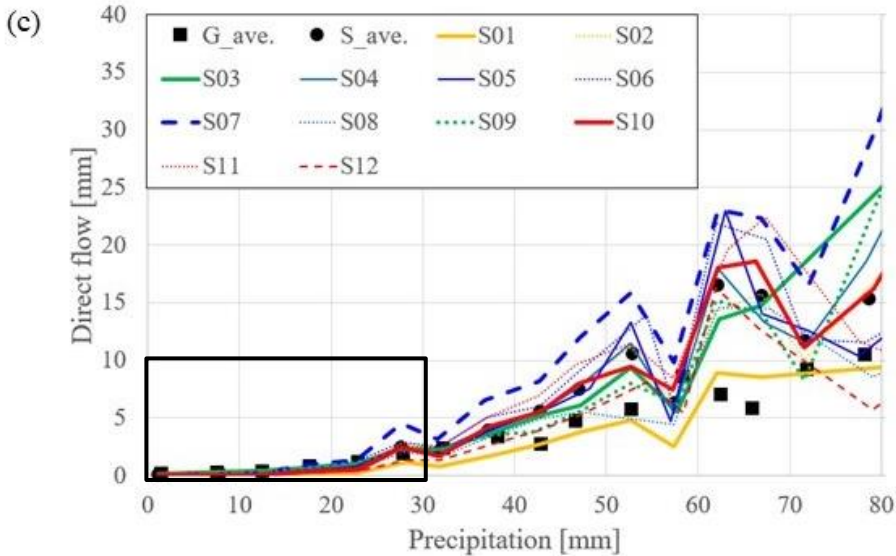
☆解析対象としたイベントが2つのみなので結果の一般性が不明  
→他のイベントも解析してみる

# 解析2

☆2014/6/5-2017/6/10 (約3年間) の観測ハイドログラフを用いて直接流出量と総降雨量の関係を調べた(Inaoka et al., 2022)

(d)は(c)の拡大図、縦軸対数

非常に小さいイベントでも  
走向方向の流域では直接流出量が多い



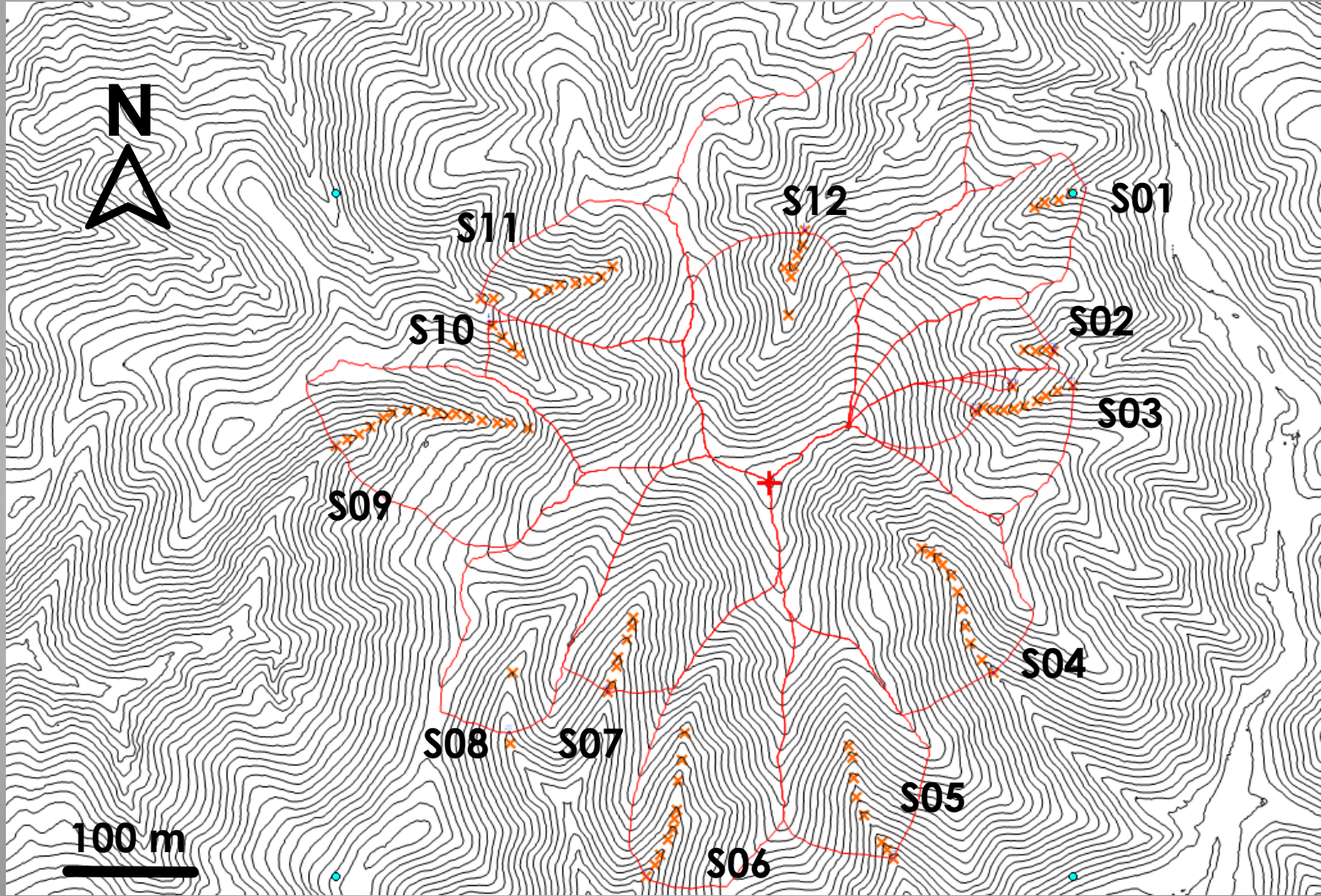
☆Inaoka et al. (2020)で提案された降雨流出メカニズムは長期観測データの解析結果とも矛盾しない

Inaoka et al. (2022)に加筆

非常に小さいイベントでは  
流れ盤流域・受け盤流域の  
直接流出量が少なくなる

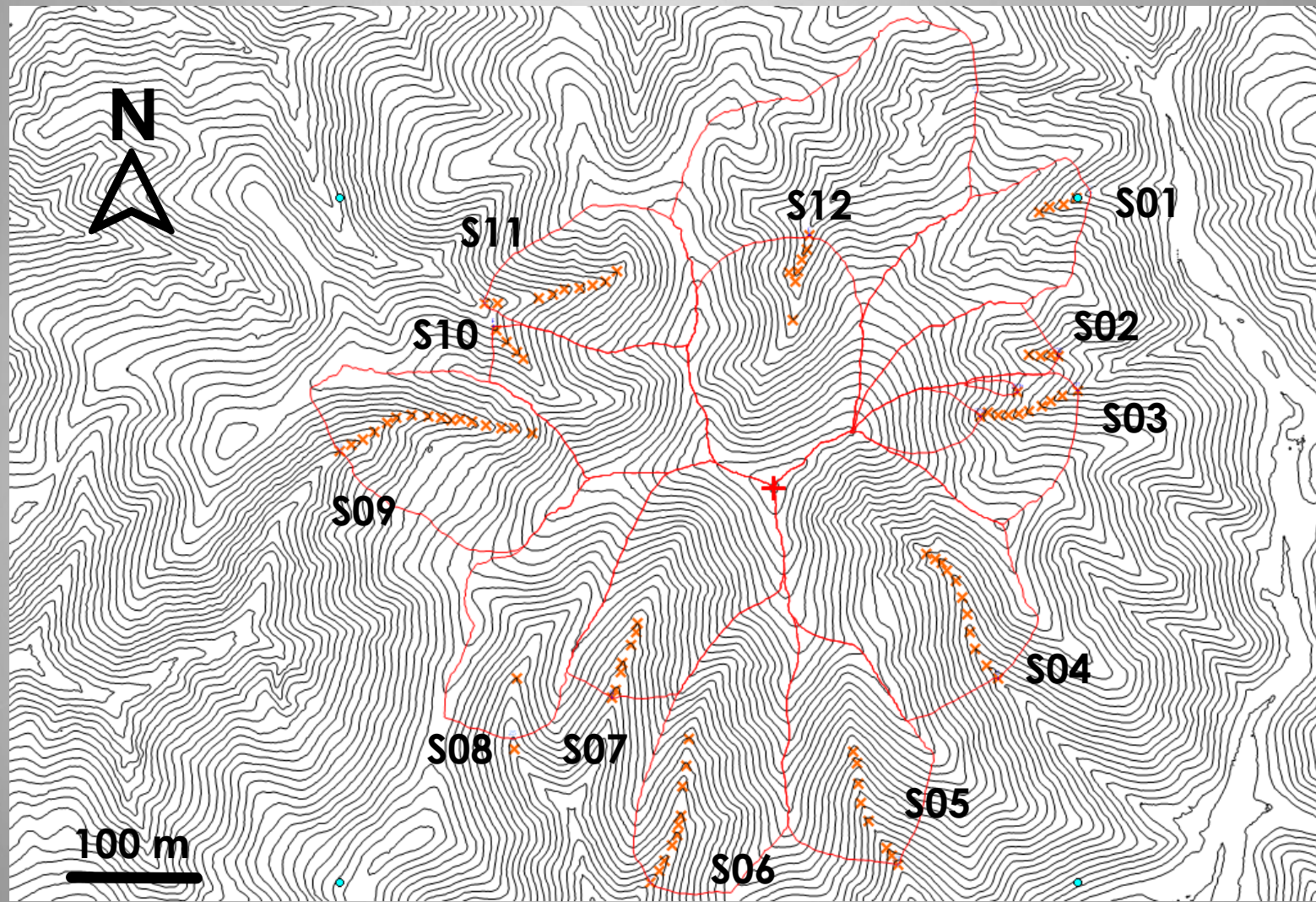
# 今後の展望

- ☆Inaoka et al. (2020)で提案した降雨流出メカニズムをさらに検証する
- \* 全流域で一斉採水を行い、各溪流の渓流水質を10 m毎に把握
- \* 2017/11/5採取の地下水質データと合わせて解析し、より具体的な地下水流動や走向・傾斜の"効き方"を解明したい



# 今後の展望

- ☆Inaoka et al. (2020)で提案した降雨流出メカニズムをさらに検証する
  - \* S09流域における特徴的な水循環（日本森林学会2023で発表予定）
  - \* チャート地質の関与？（砂防学会2023で発表予定）



ご清聴ありがとうございました！