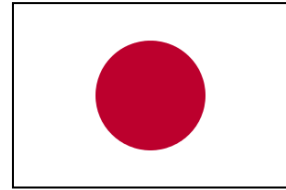


ジブチの地下水循環系把握を 目指した衛星画像データの 深層学習による断層探知

SATREPS



島田 沢彦

shima123@nodai.ac.jp

東京農業大学 地域環境科学部

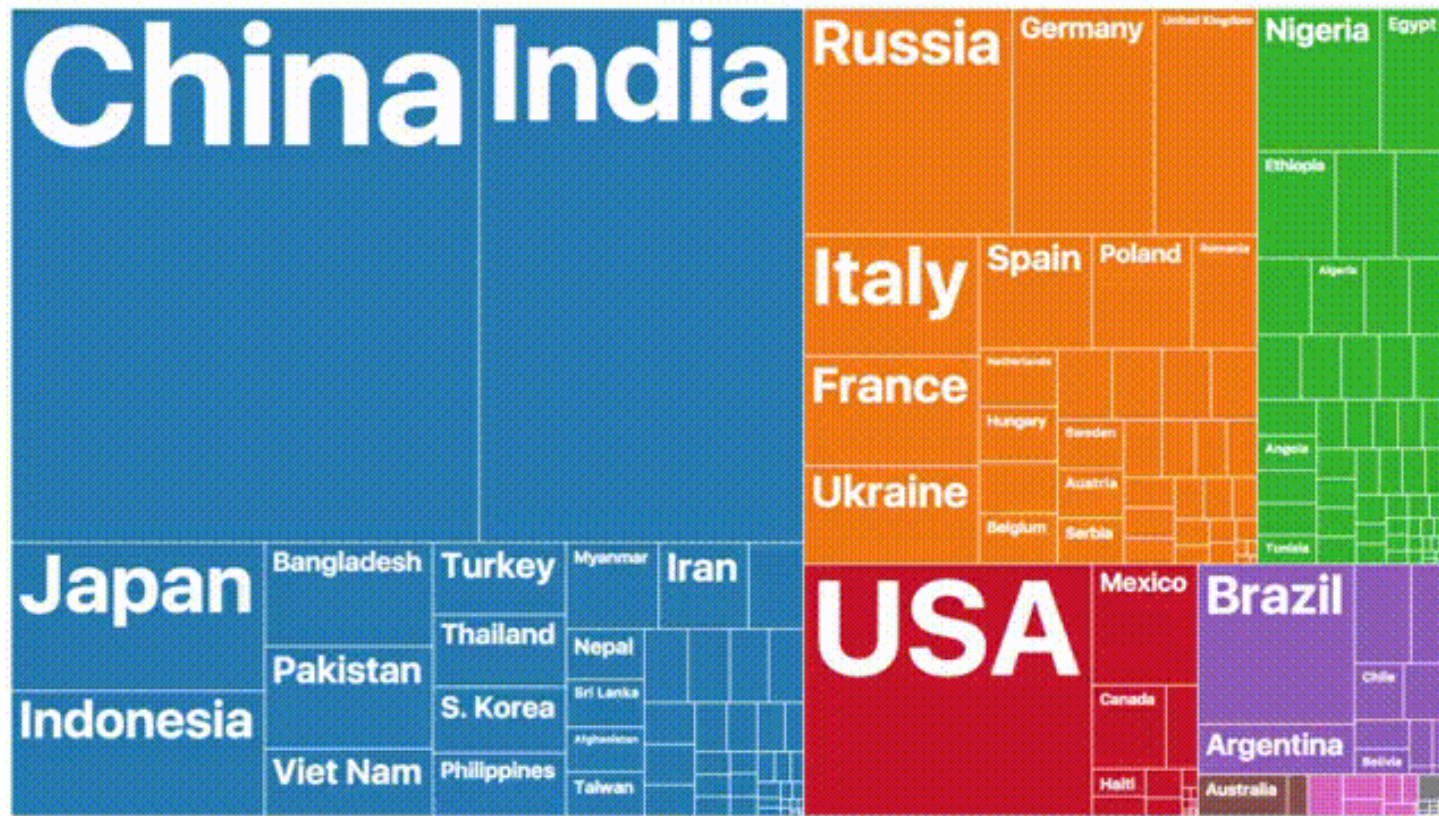
世界人口の推移 (2100年には45%がアフリカに)

PopulationPyramid.net

Population per country
Total: 2,525,149,312

1950 (25億人) → 2100 (112億人)

Year
1950 +1 +5



- アジア
- アフリカ
- 欧州
- 北米
- 南米

Population per country
Total: 7,349,472,099

2015

Year
2015

Population per country
Total: 8,500,766,052

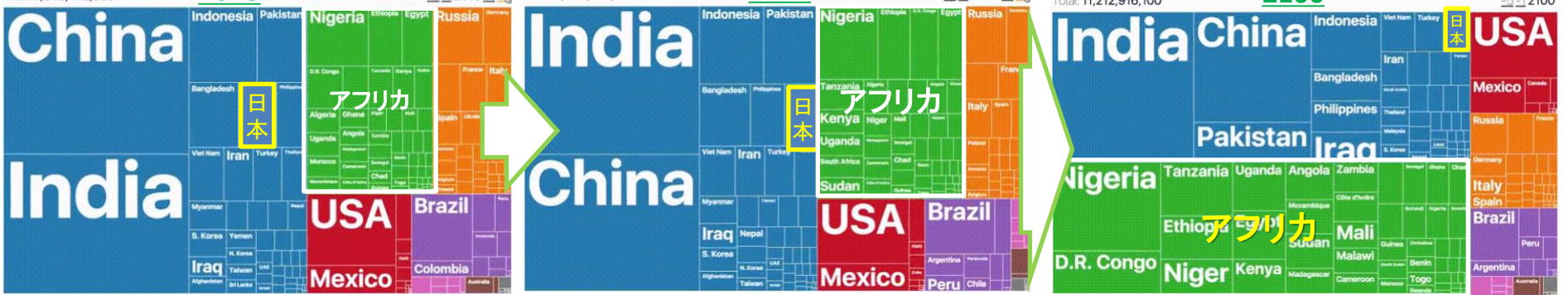
2030

Year
2030

Population per country
Total: 11,212,916,100

2100

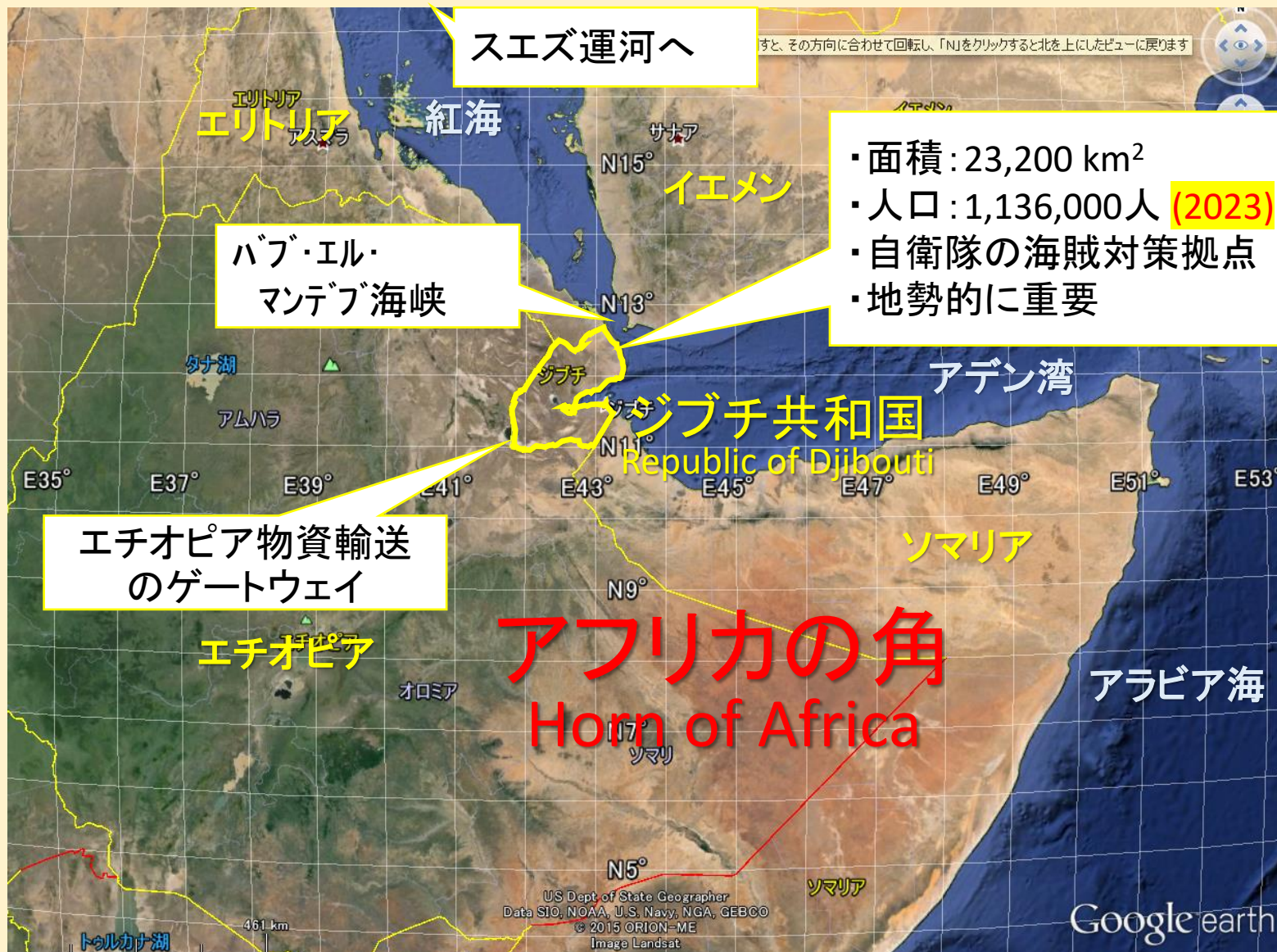
Year
2100





東アフリカ・ジブチの地政学的重要性

対象広域：アフリカの角



スエズ運河へ

すと、その方向に合わせて回転し、「N」をクリックすると北を上にしたビューに戻ります

バブ・エル・マンデブ海峡

- ・面積: 23,200 km²
- ・人口: 1,136,000人 (2023)
- ・自衛隊の海賊対策拠点
- ・地勢的に重要



エチオピア物資輸送のゲートウェイ

アフリカの角
Horn of Africa

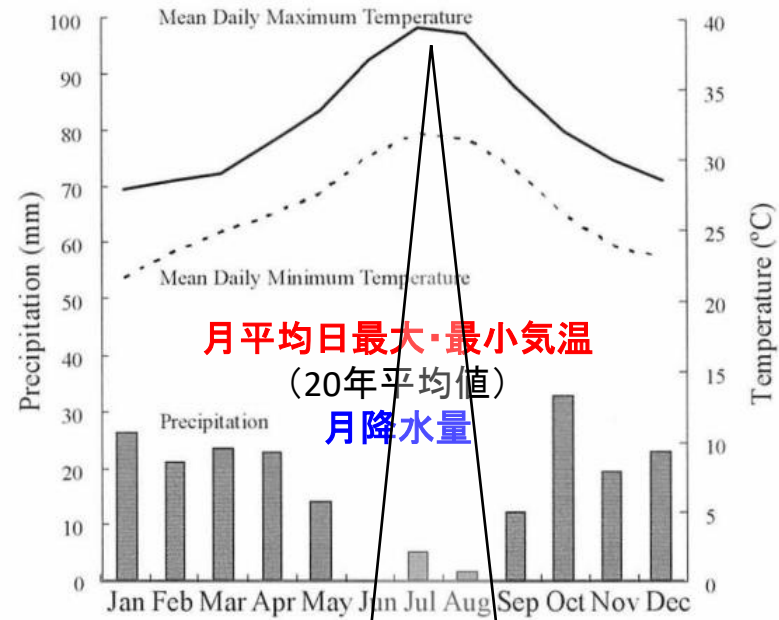
プロジェクト研究推進

ジブチの発展に資する有用な学術的貢献を果たすことは、「アフリカの角」地域への波及/安定につながる

ジブチ国 Djibouti

北緯 ca. 11°~12.5°

非常に少ない降水量 ($< 200 \text{ mm yr}^{-1}$)
ほとんどの降水が蒸発 ($> 80\%$)



広い範囲が半沙漠地帯
流水がないワジ(涸れ川)のみ



非常に低い食料自給率 ($< 15\% \approx 3\% \text{ weight}$)



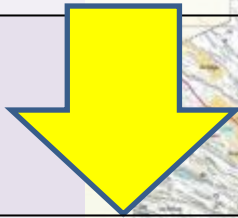
半沙漠の中に“緑の点”を作ることには可能

水源が必要

- 1) 表流水(降雨流出)
-) 地下水
 - 2) 浅層
 - 3) 深層



目的①「ジブチ全土における
水資源ポテンシャルマップを作成」



目的②「ジブチ全土における
緑化ポテンシャルマップを作成」



目的③ジブチ半沙漠地帯に 多くの“緑の点”（農園）を作る

← これまで蓄積した最適緑化工法を適用
有用植物・開発家畜飼料栽培・土壌改良技術の適用

ジブチの食料自給率の向上・食料安全保障の確立・
レジリエントな乾燥地農業の確立へ



目的①「ジブチ全土における 水資源ポテンシャルマップを作成」

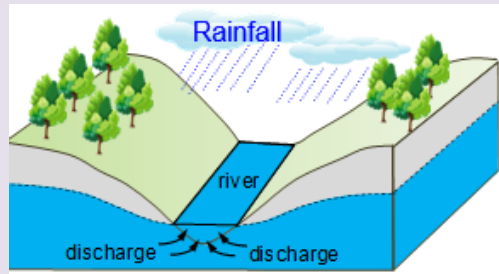
SATREPS

担当: 水循環Group

(ジブチ大・東京農大・GET・オリコングローバル)

3D水循環

シミュレーション



< [Malow 2018](#) >

- 1) Ambouliワジ流域の水循環系
- 2) Kourtimalei のイベント降雨表面流出挙動をシミュレートするため, GETFLOWSを用い, 三次元モデルを作成し高い精度で推定可能であることを示した

使用水循環シミュレータ(GETFLOWS)

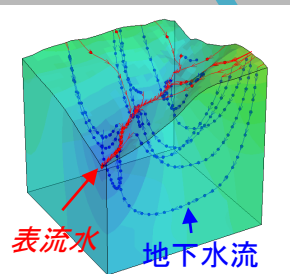
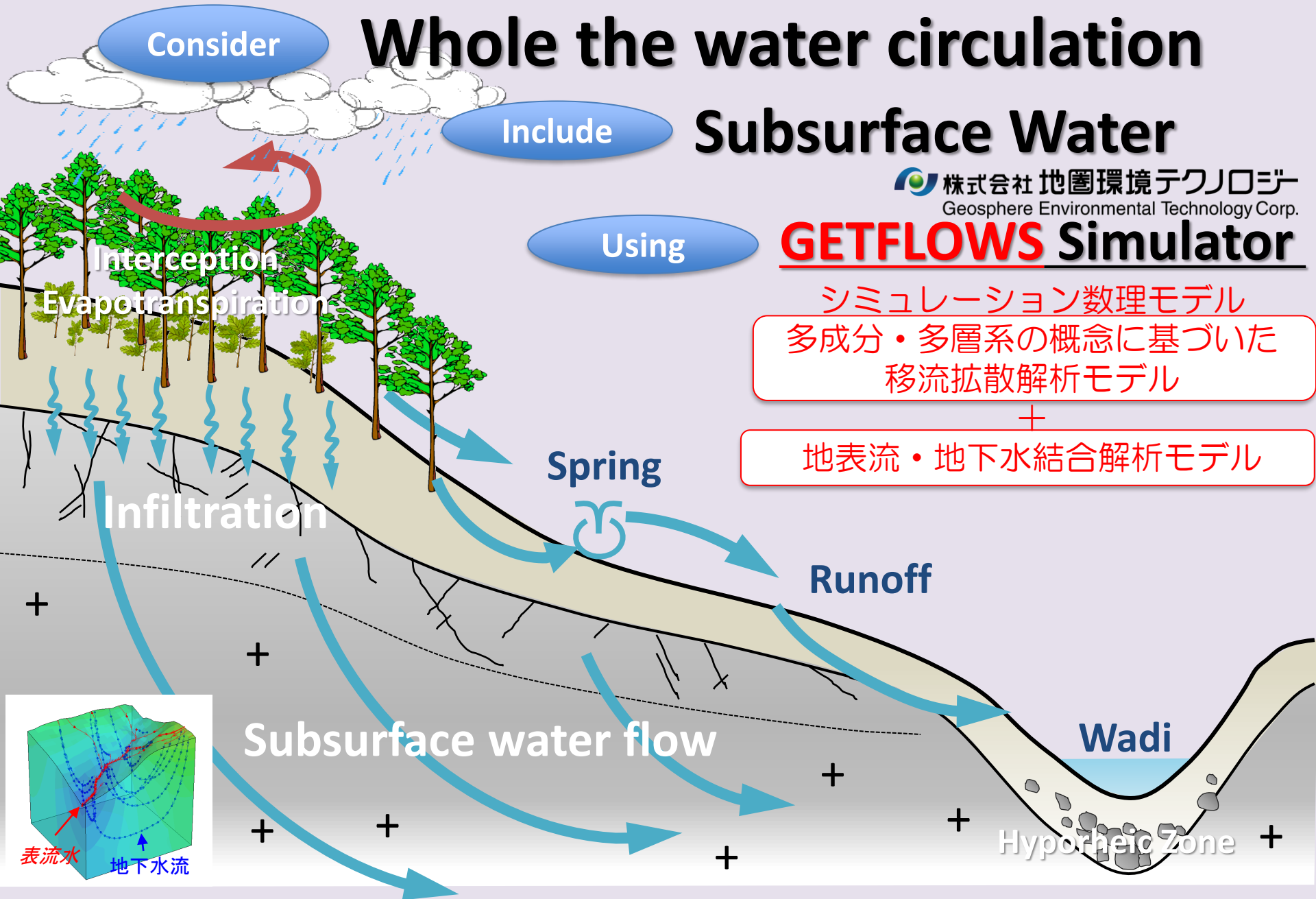
Whole the water circulation

Subsurface Water

株式会社地圏環境テクノロジー
Geosphere Environmental Technology Corp.

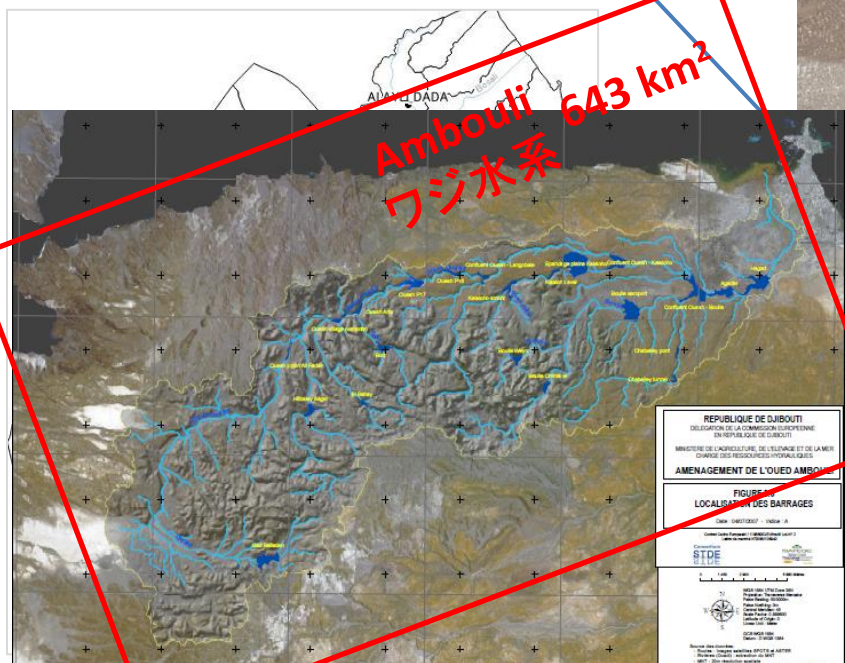
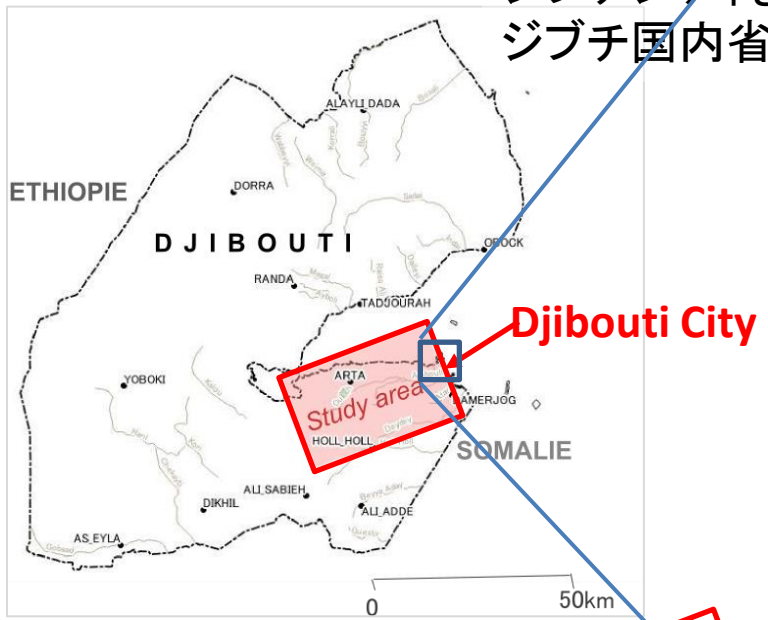
GETFLOWS Simulator

- シミュレーション数理モデル
- 多成分・多層系の概念に基づいた移流拡散解析モデル
- +
- 地表流・地下水結合解析モデル

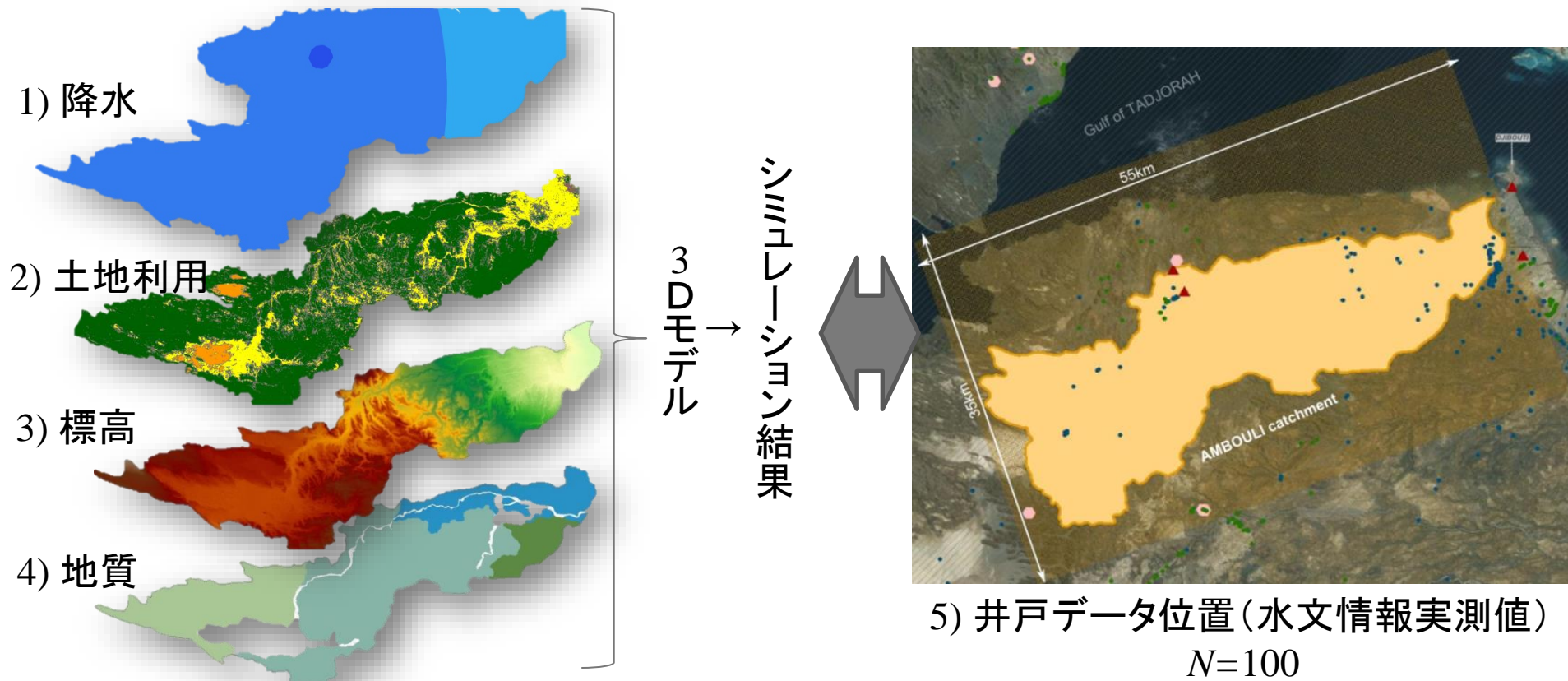


Case Study (1) Ambouliワジ流域

ジブチシティを含む水系
ジブチ国内省庁データ比較的多

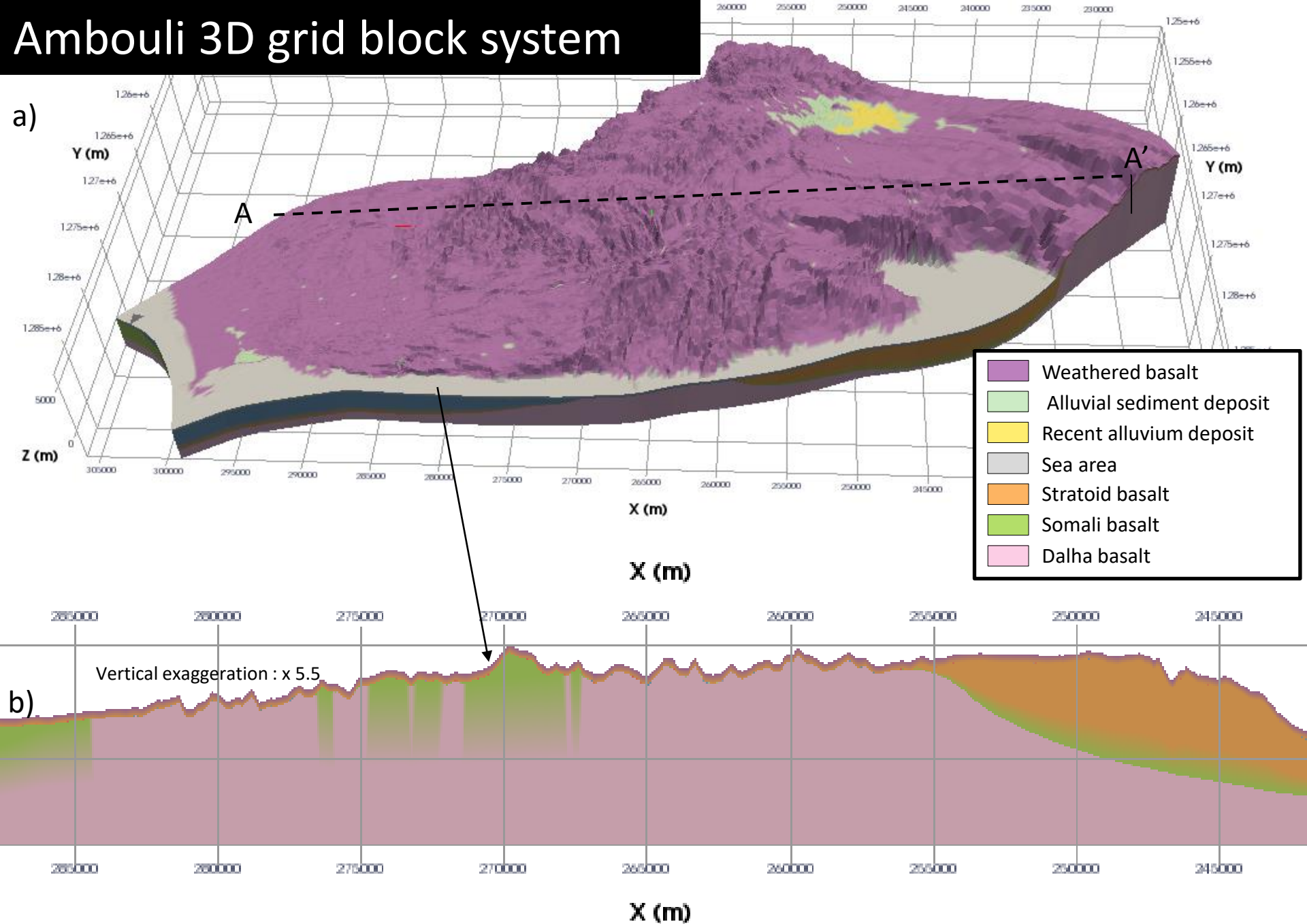


Model Development

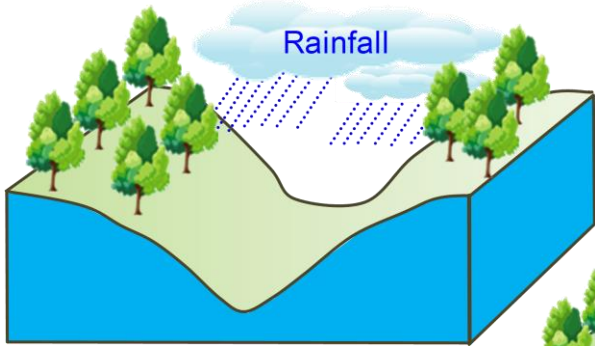
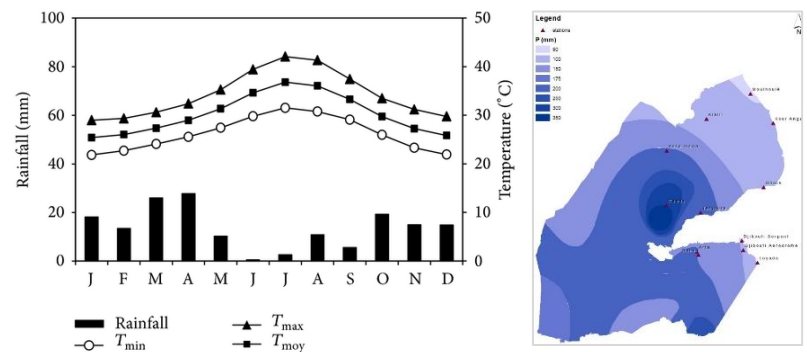


- 1) 降水: Rainfall/Temperature (source: *Meteorology Agency of Djibouti* 気象局)
- 2) 土地利用: Land use (source : MAEPE-RH 農業省)
- 3) 標高: DEM – NASA/NSA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Dataset
- 4) 地質: Geology – Geological map of Djibouti (source: CERD)
- 5) 井戸データ: Hydrogeological Data (Wells, Boreholes etc.) (source : MAEPE-RH 農業省)

Ambouli 3D grid block system

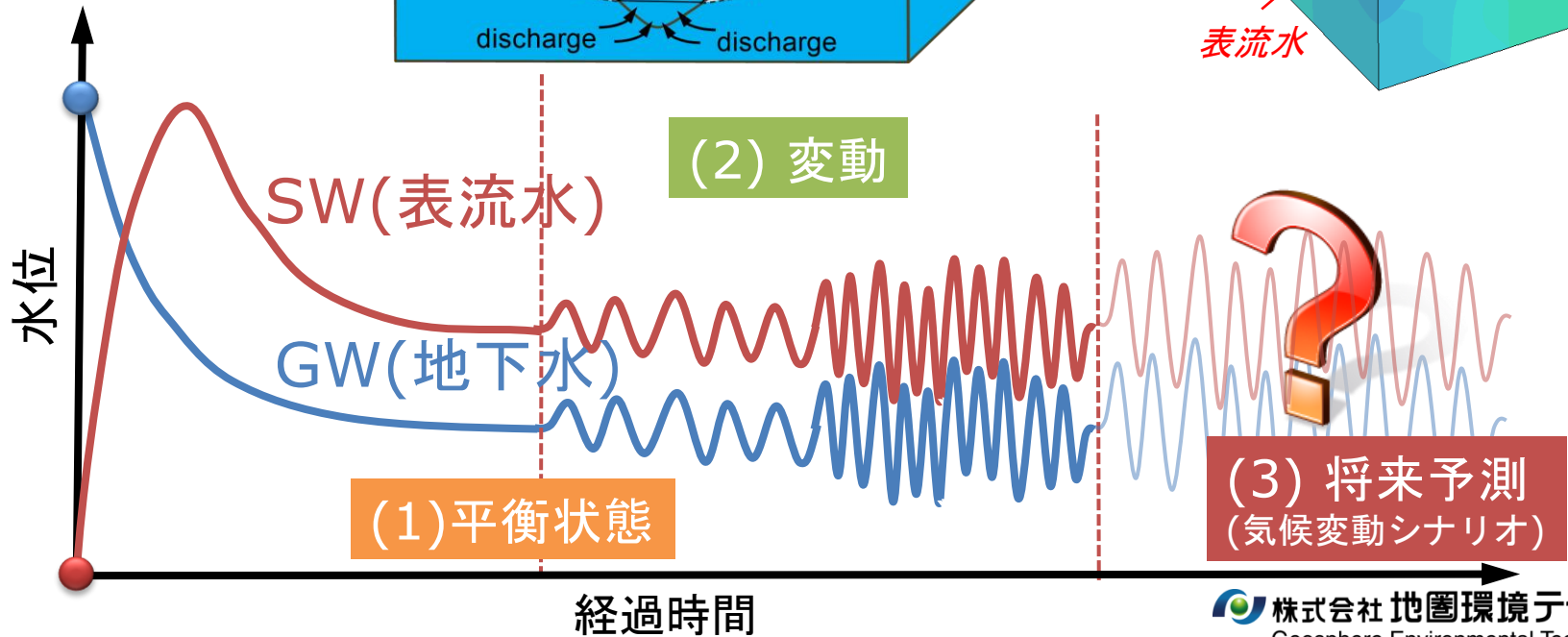
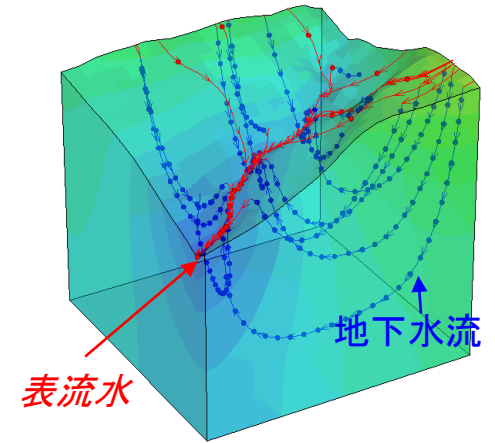
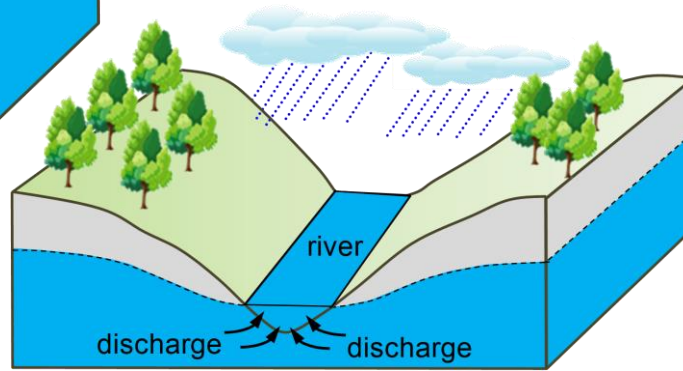


シミュレーション工程



地質・土壌の不飽和帯にも
 全て地下水で満たす初期条件

河川・湖沼や湿原
 が徐々に形成される



Case Study (1): Optimization of parameters

Geology	Initial values K (m²)	Optimized values K (m²)
Alluvium deposit	1.37×10^{-10}	1.37×10^{-10}
Gulf/Stratiform basalt	7.33×10^{-10}	9.14×10^{-5}
Dalha basalt	1.36×10^{-11}	1.01×10^{-6}
Somali basalt	9.21×10^{-11}	3.49×10^{-6}

Initial values of K were from Jalludin et al. (2004) and calibrated values were obtained manually.

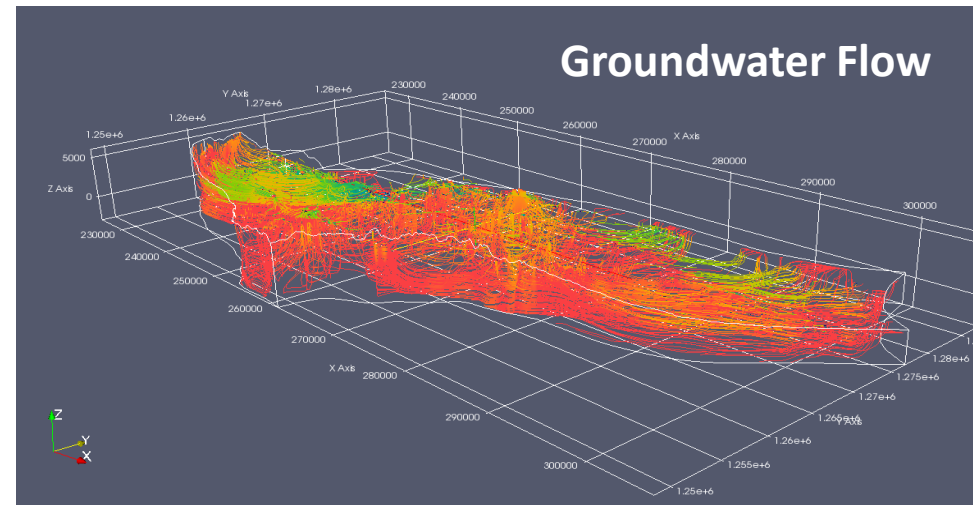
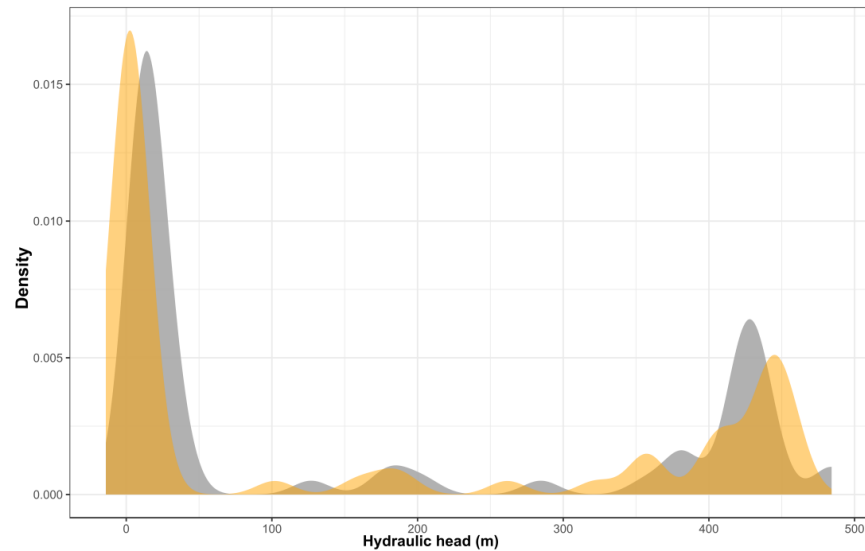
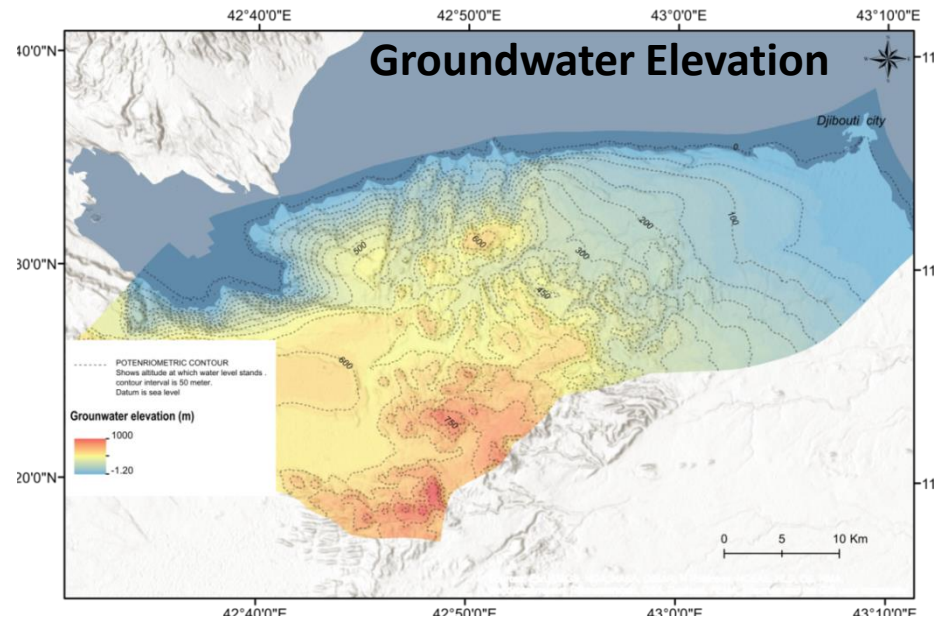
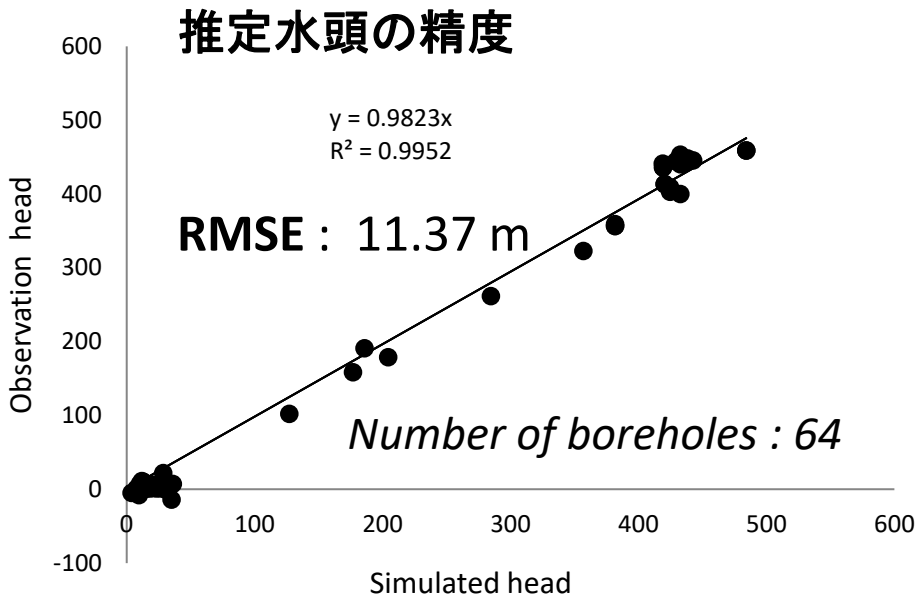
Aquifers systems	Age (Myr)	Permeability K (m²)	Porosity (%)
Gulf/Stratiform	1.5~3.4	7.33×10^{-10}	10
Dalha basalt	3.4~9	1.36×10^{-11}	10
Somali basalt	3.4~9	9.21×10^{-11}	10
Quaternary rocks	< 2	1.37×10^{-10}	40

Number of Run >30

Results (Case Study (1)-1)

Steady state simulation

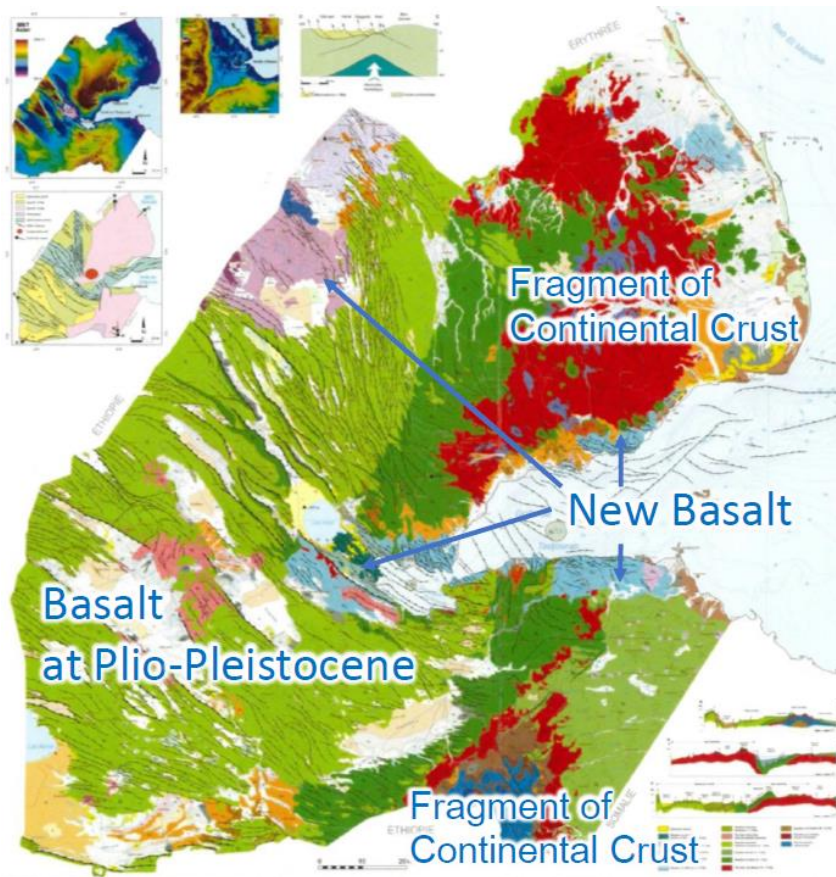
800年での定常化; 0 > 30回トライアル



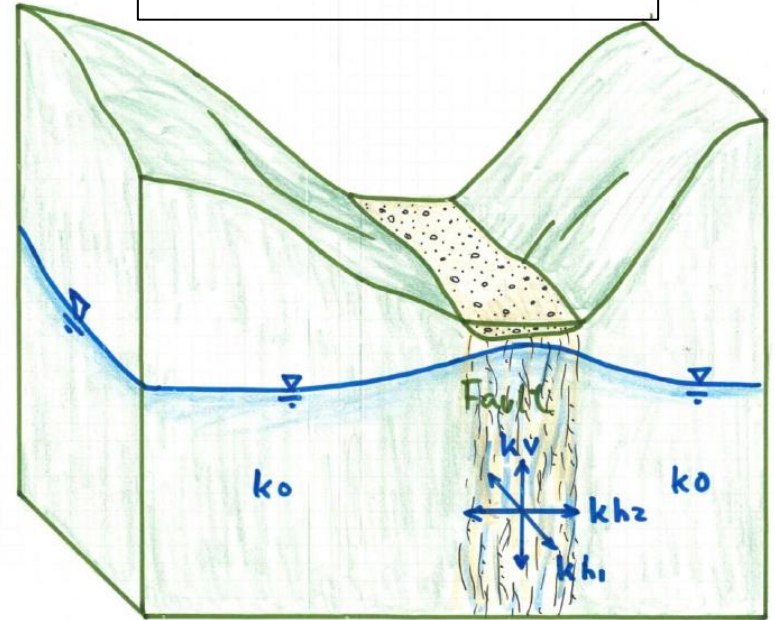
Simulated head Observation head

岩盤風化・変質度

断層破碎帯



ジブチ1/200,000地質図
<CERD & CCGM 2015>



Permeability
 $k_v > k_{h1} > k_{h2} > k_o$



破碎帯に生じる方解石脈



目的:

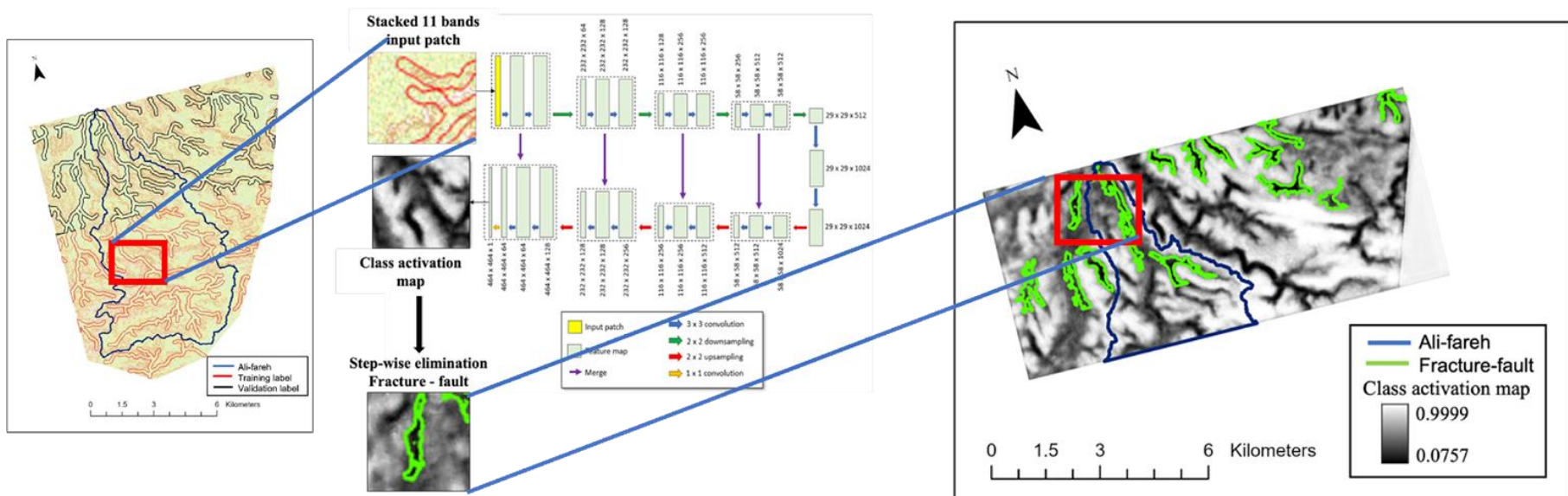
- ・水循環系に大きく影響する断層の分布を把握すること
- ・深層学習(ENVINet5モデル)を用いて断層抽出を試みる

学習データ:

ジブチの衛星画像(WV-3, PALSAR)および地形データ
→ ワジ(涸れ川)の形状を学習

FRACTURE-FAULT DETECTION USING DEEP LEARNING WITH STEPWISE ELIMINATION FROM SATELLITE IMAGES IN DJIBOUTI

< Rubanga et al. 2023 >



Study Area

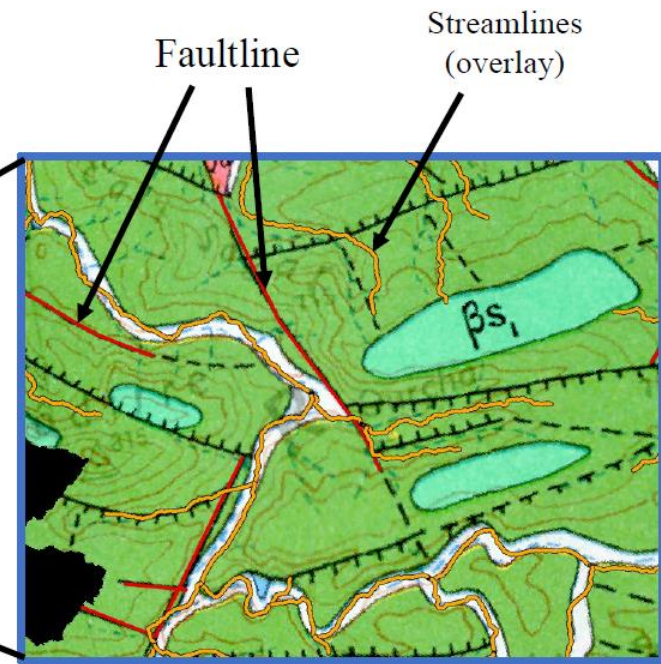
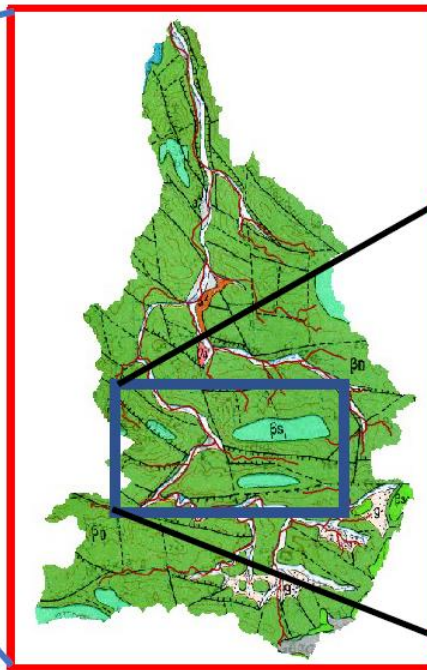
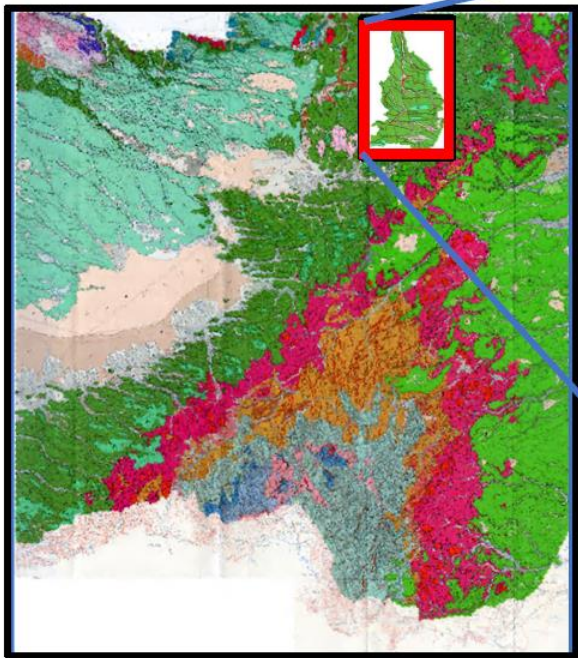
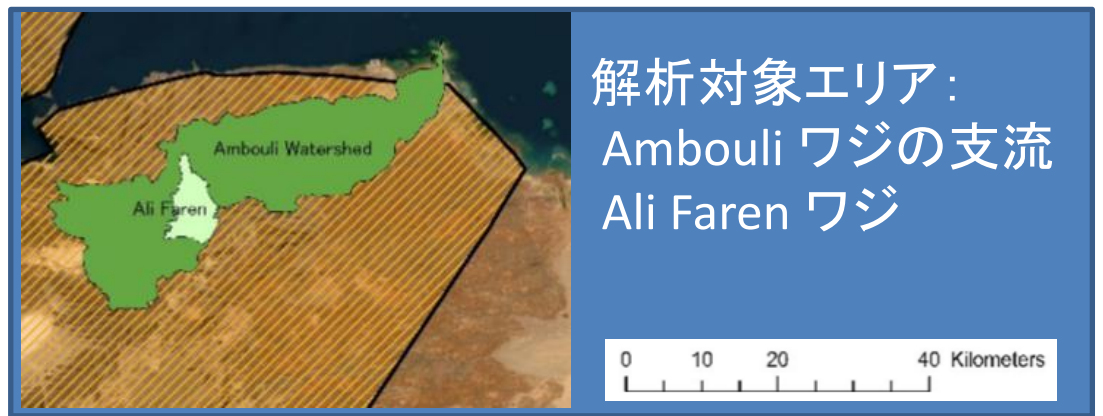


Fig.3 EALI SABIH Region - In picture (b) Alifaren watershed (c) Selected part showing geological faults lines (Red) and overlaid streamlines derived from DEM data (In Orange)

Background & Previous Study

Background

- Impact geographical land surface
- For underground flow water simulation - Irregular geographical feature such fault
- 1 fracture-fault can make **unexpectedable** simulation result
- **Necessary** to detect fracture-fault

Previous work

Fault Detection using PALSAR-1/2 image data for ground water analysis

- Series of adaptive filter and gradient filters on otho-rectified PALSAR
- Derive relief images
- Fault detection analysis – overlaying relief image on geology map

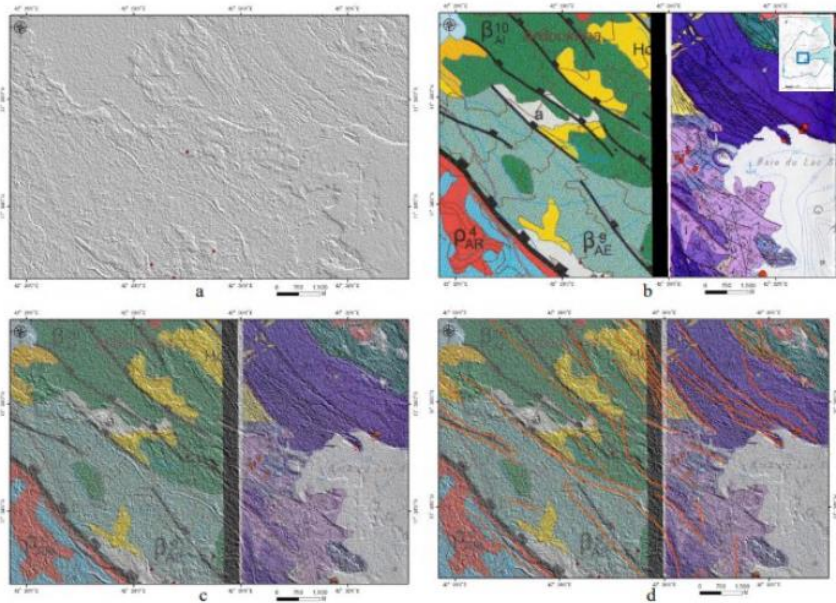


Fig-1 Relief images from PALSAR-1/2 image

< [Arvelyna et al. 2023](#) >

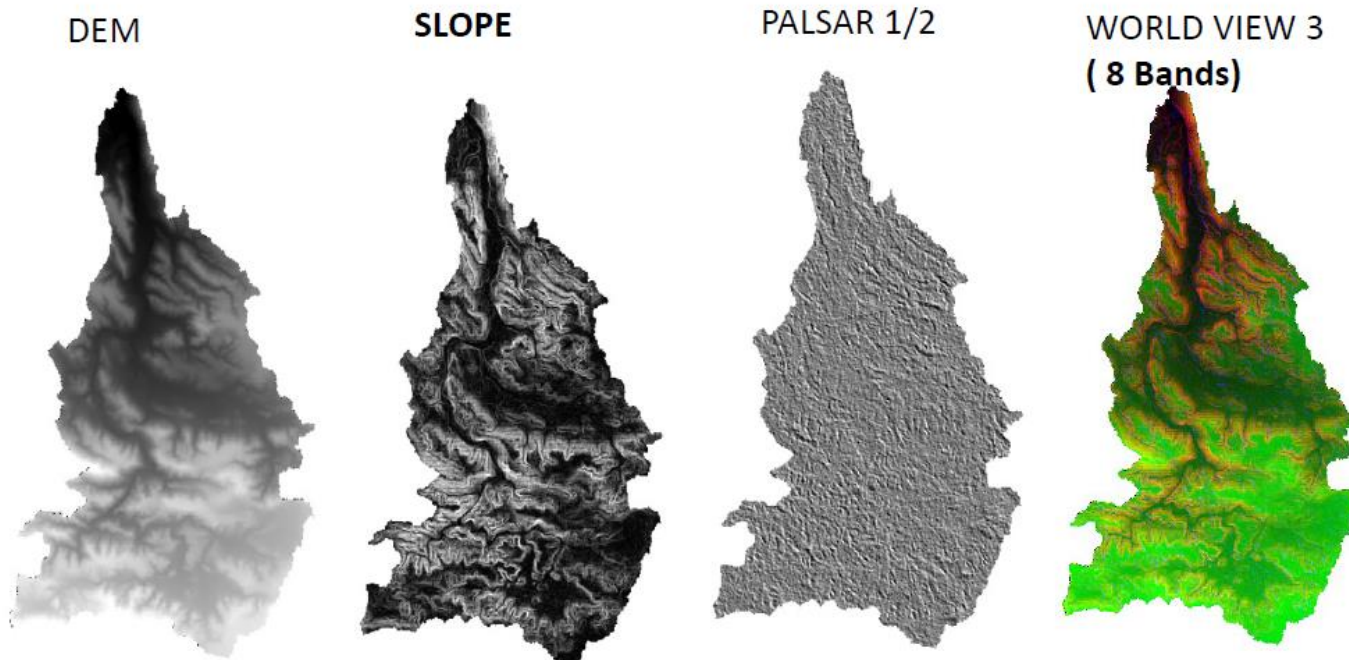
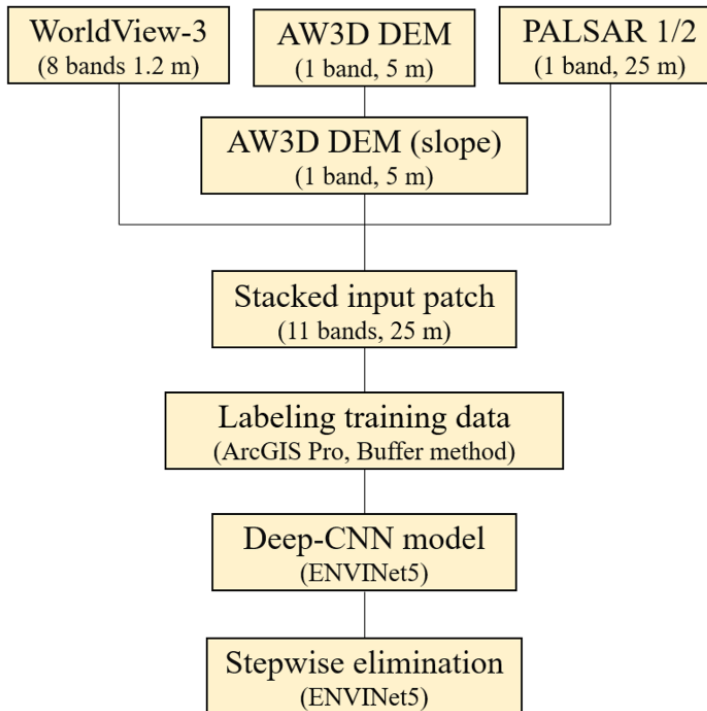
Issue

Unmatching of the Geological map with Satellite imagery on the precise level



ジブチ
1/100,000地質図
<ISERT-ORSTOM 1983-1995>

Method: Data



Method: Data

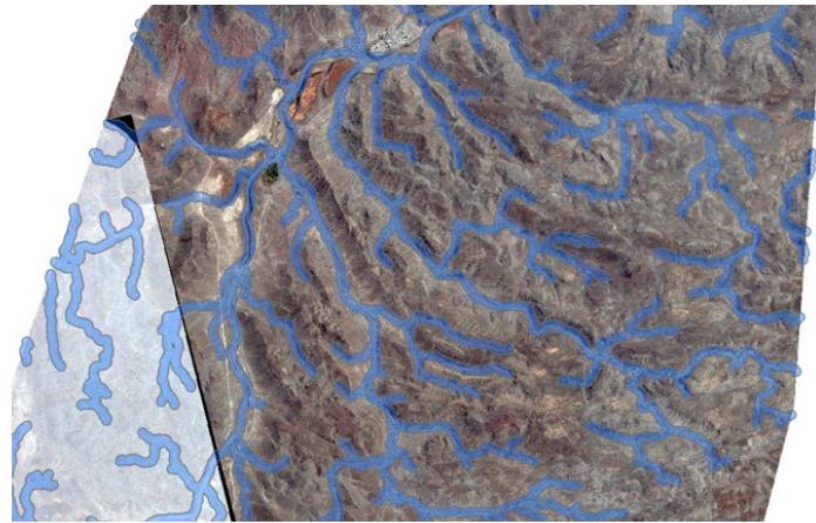


Fig-5 Streamlines overlaid on map

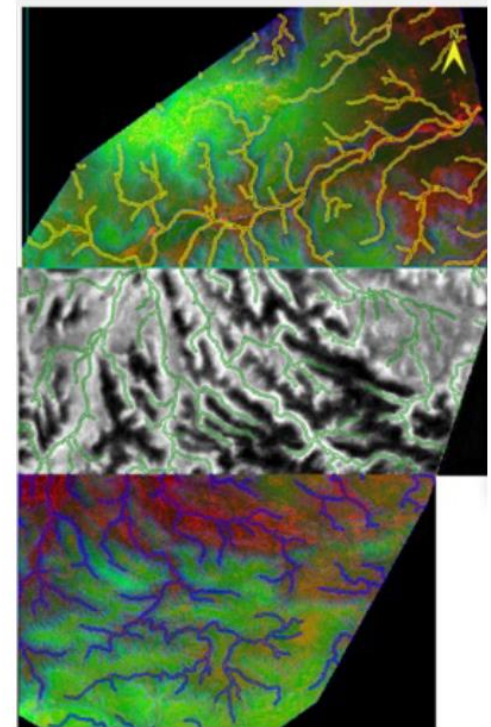
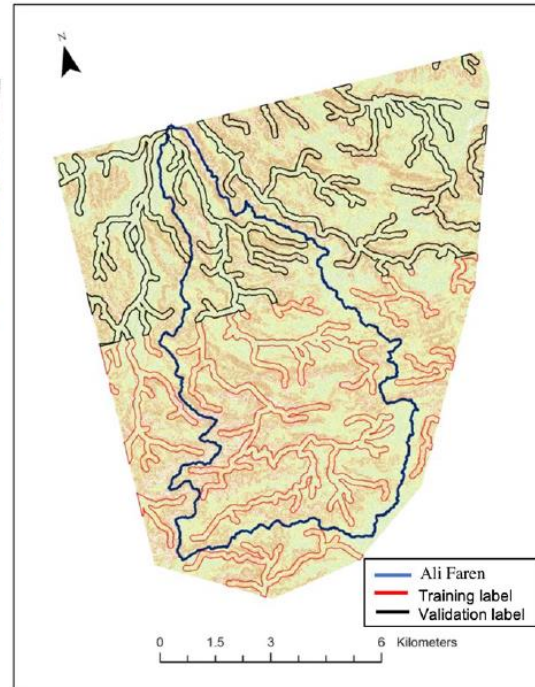


Fig-6 Training data sets

Method: Data Processing

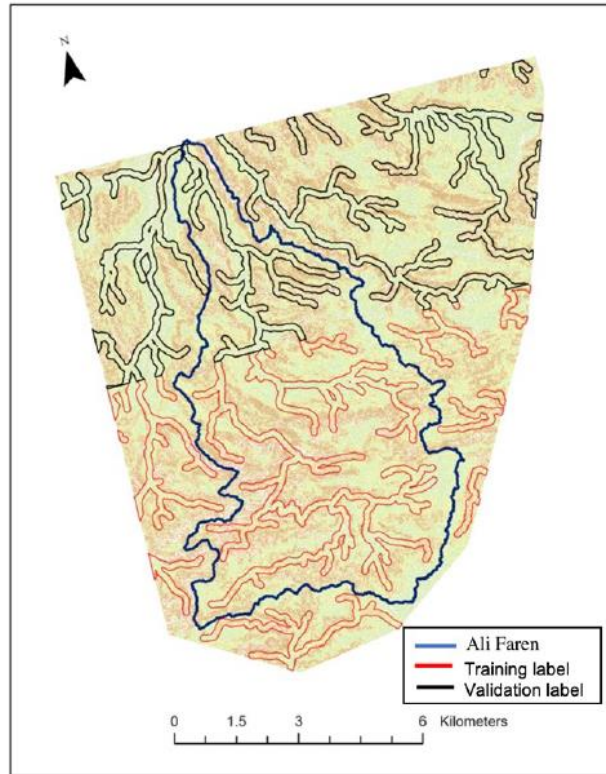


Fig-7 Training data sets

Stacked 11 bands input patch

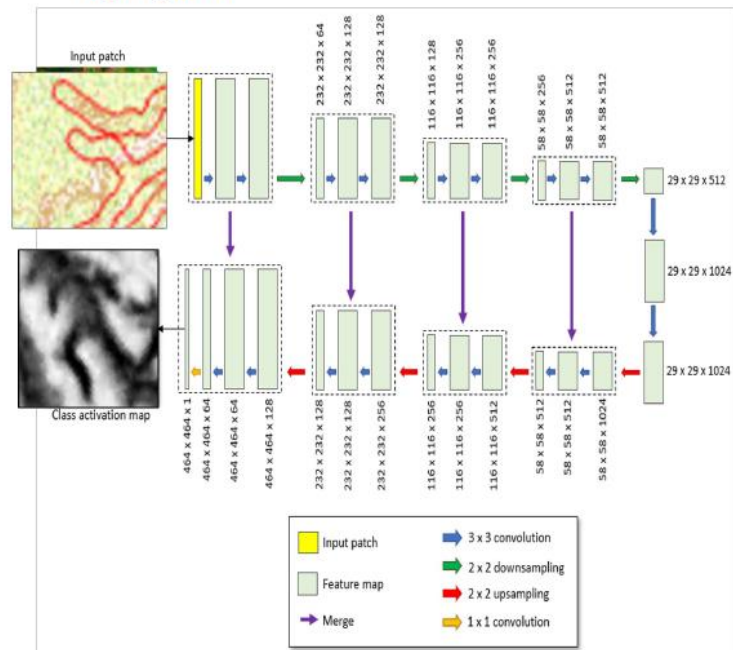


Fig-8 ENVI - Architecture

Tensorflow model; ENVINeT5

Patch size: 414x414, 560x560

Dataset Train-Validation split; 80:20

Epochs : 50

Augmentation, Rotation

Results

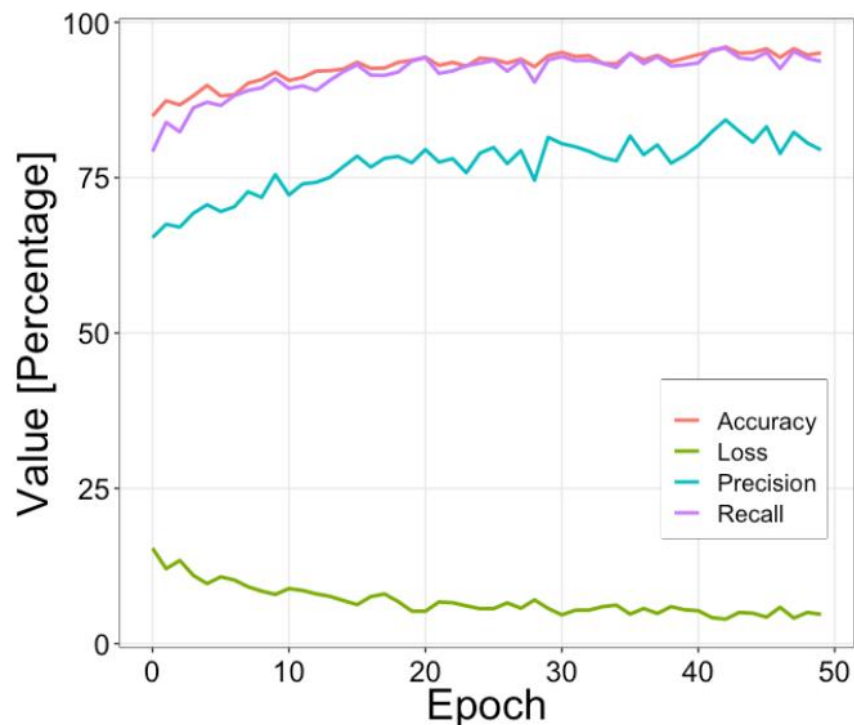


Fig .9 Training curve for accuracy, loss, precision, recall

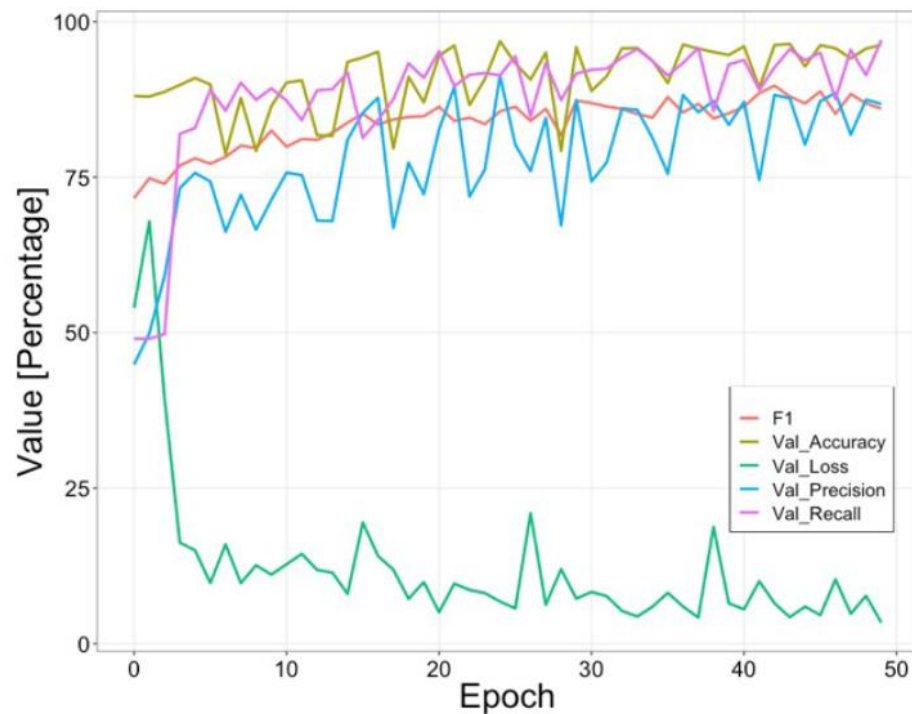
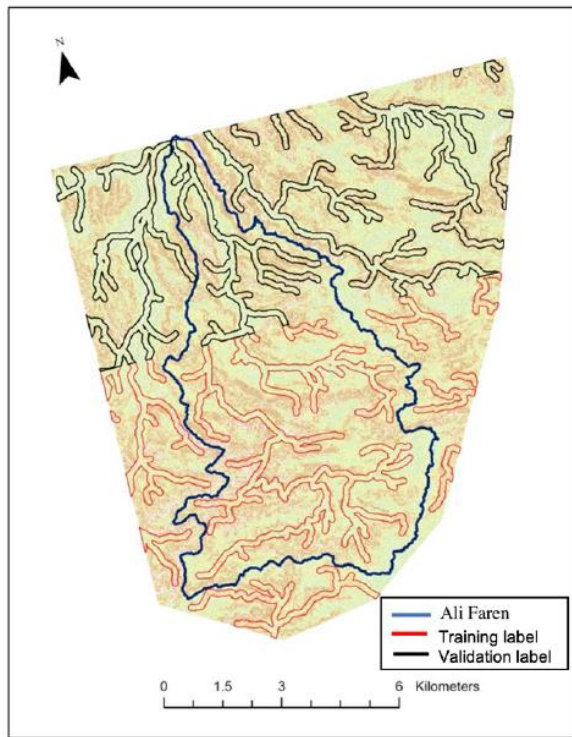
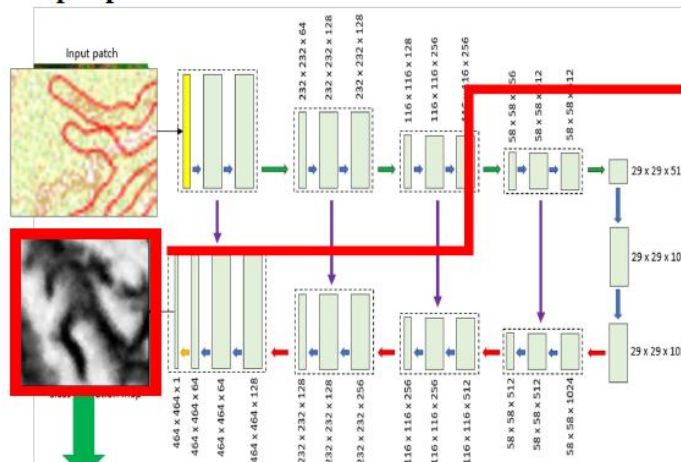


Fig.10 Validation curves for accuracy, loss, precision, recall and F1

Results: Step-wise elimination



Stacked 11 bands input patch



Step-wise elimination
Fracture - fault

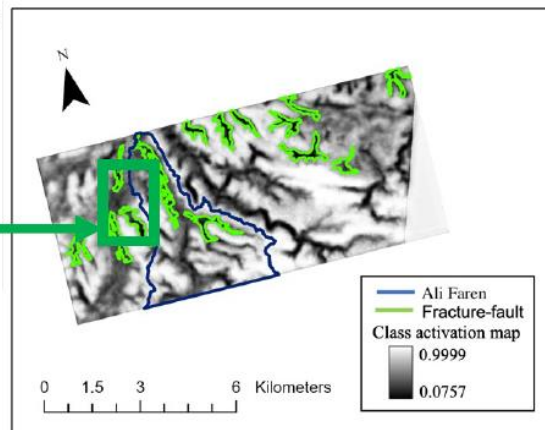
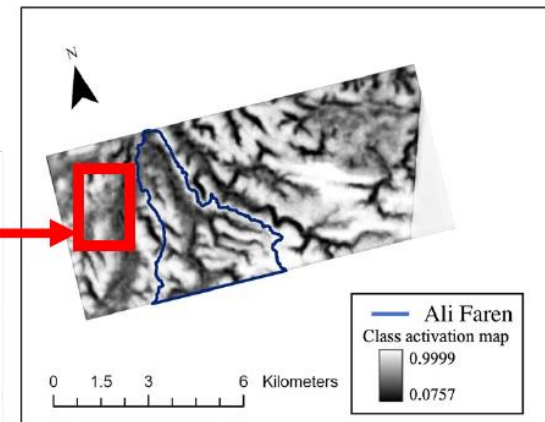
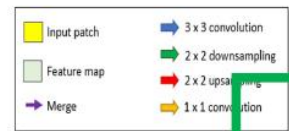
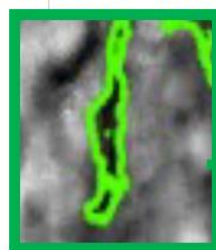


Fig.12 Step-wise elimination

Results

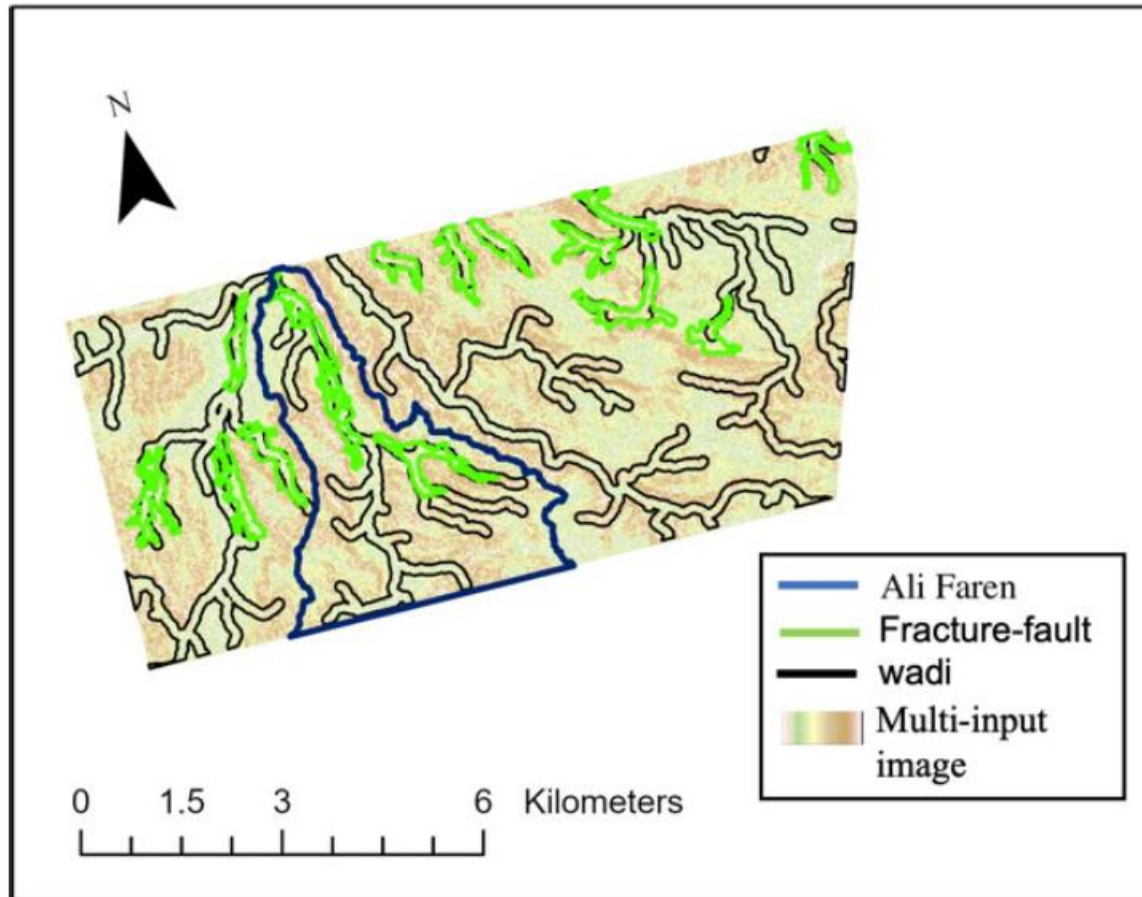


Fig.13 Fracture-fault as seen on a wadi after step-wise elimination



Summary

- ・ ジブチにおいて持続可能な農牧農園の社会実装を目指すプロジェクト進行中
- ・ 水資源ポテンシャルをベースに農園設営可能地を選定提案
- ・ 水循環モデルシミュレーションにGETFLOWSを用いる
- ・ 地質水文に大きな影響を及ぼす断層の分布を深層学習を用いて検出を試みた
- ・ 涸れ川(ワジ)の形状を学習させたDeep-CNN検出モデルで,
検証精度0.9684、精度0.91、リコール率0.97、F10.9の結果を得た
- ・ ワジ以外の検出プロット／集水域を跨いだプロットを断層ポテンシャルプロットとして検出