地形形状と大域的環境条件からのスプラットマップ生成

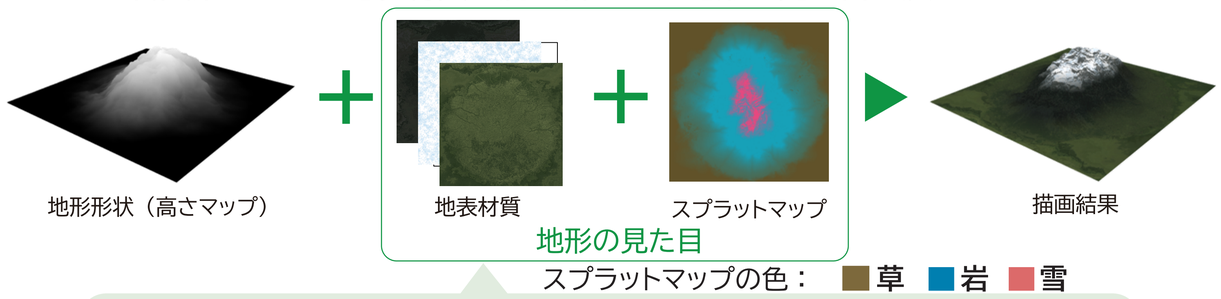
○肥後千紀 金井俊樹 遠藤結城 金森由博（筑波大学）

Computational Geometry & Graphics Lab
UNIVERSITY OF TSUKUBA

Visual Computing 2026

1. 背景と問題

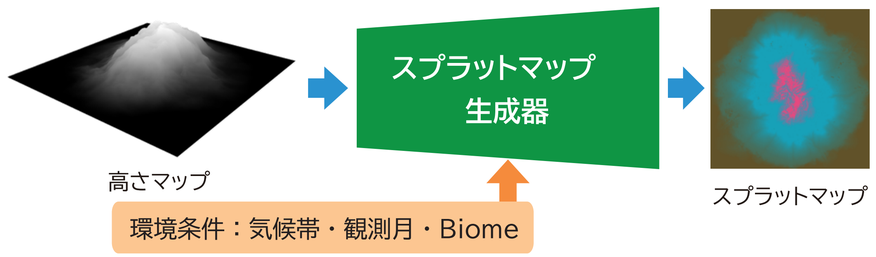
● スプラットマップ：地表の材質分布の重みを保持した画像
  ● 各画素の重みで地表材質を混ぜ合わせ、地形の見た目が決まる



従来：手続き的な手法を用いて地形形状から作成
問題：ルール設定とパラメータ調整には専門知識と試行錯誤が必要

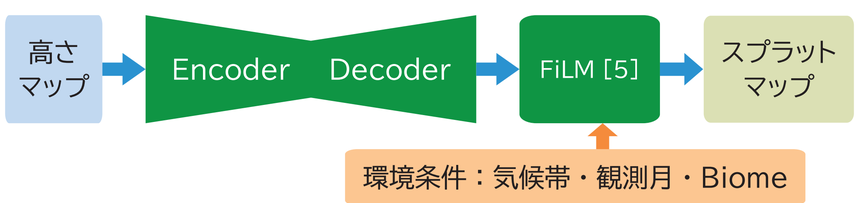
2. 目的

● 地形形状から妥当なスプラットマップを自動生成
  ● さらに、生成される地表分布の大まかな方向性を指定できるように、気候帯・観測月・Biome という大域的な環境条件を入力に加える
  ● 教師ラベルの再現を重視する SegMAN [1] と多様な出力が得られる Stable Diffusion 3.5 [2] を候補として比較

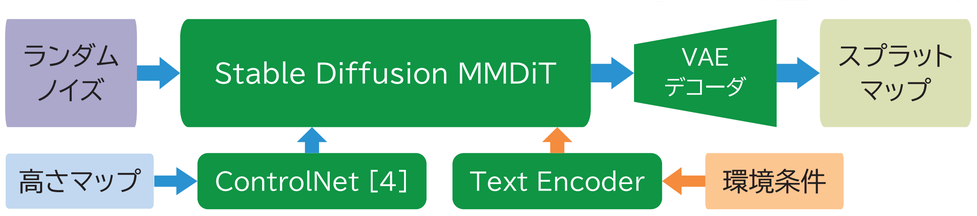


3. 手法

◆ SegMAN [1]：決定論的な意味的領域分割として解く

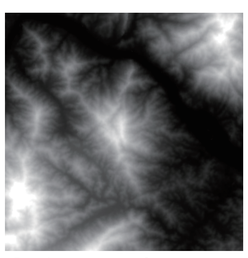


◆ Stable Diffusion 3.5 [2]：確率的な画像生成として解く



4. データセットの構築

● 1 サンプル ＝ 入力（① 高さマップ・② 環境条件）＋ 教師（③ 正解スプラットマップ）



① 高さマップ

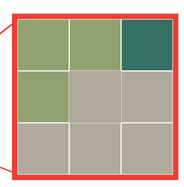
② 環境条件　・気候帯：熱帯／乾燥帯／温帯／亜寒帯　・観測月：1〜12 月（南半球は 6 か月ずらして入力）
・Biome（12 種類）：砂漠・乾性低木地／熱帯・亜熱帯湿潤広葉樹林／熱帯・亜熱帯草原・サバンナ・低木林／温帯草原・サバンナ・低木林／北方林・タイガ／氾濫草原・サバンナ／山地草原・低木林／熱帯・亜熱帯乾燥広葉樹林／ツンドラ／温帯広葉樹・混交林／地中海性森林・疎林・低木林／温帯針葉樹林

データセット規模
・対象地点：210 地点
・有効パッチ（有効画素率 80% 以上）：143,746 枚
・解像度：1,024×1,024 px, 10 m/px

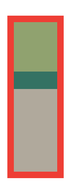
分割	地点	パッチ
Train	168	116,718
Val.	23	17,071
Test	19	9,957



土地利用被覆図 [3]



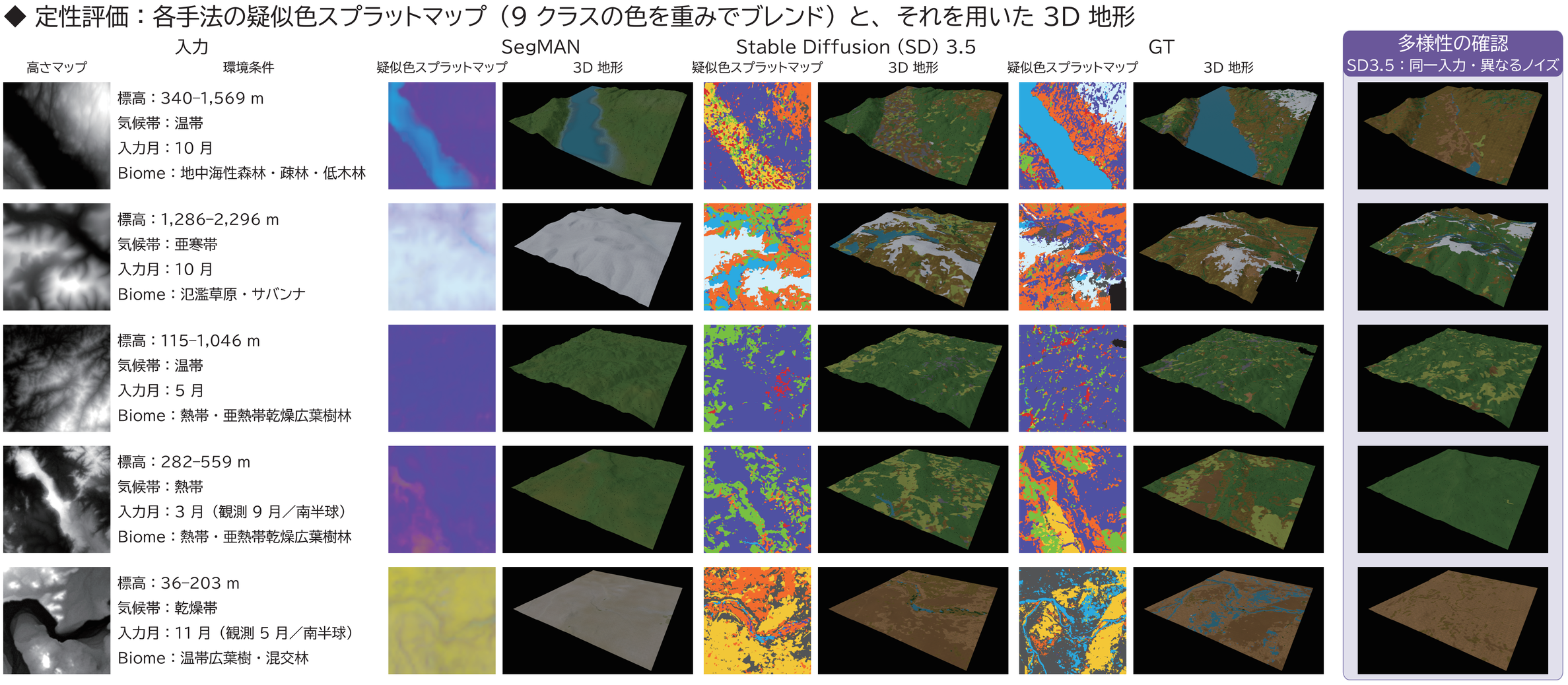
近傍 3×3（9 画素）



9 クラスの割合 ＝ 1 画素の値
⇒ 全画素で繰り返して
③ 正解スプラットマップ（教師）

5. 実験結果

◆ 定性評価：各手法の疑似色スプラットマップ（9 クラスの色を重みでブレンド）と、それを用いた 3D 地形



6. まとめと今後の課題

● まとめ
  ● 高さマップと大域的な環境条件からスプラットマップを生成
  ● SegMAN は複数クラスが平均的に混ざった予測になりやすい
  ● Stable Diffusion 3.5 は複数候補を生成できるが、大域的な一貫性が無い

● 謝辞　● 本研究は筑波大学計算科学研究センターの学際共同利用プログラム（Pegasus・Miyabi）の助成を受けたものです

● 今後の課題
  ● 定量評価による両手法の比較（教師との一致度・多様性）
  ● Stable Diffusion 3.5 の多様性と教師への忠実さのバランス制御
  ● 領域マスクや参照画像による、場所ごとの材質指定への拡張
  ● 固定 9 クラスから、任意の材質カテゴリへの拡張
  ● 分布（スプラットマップ）だけでなく、マテリアルも生成

[1] Y. Fu et al.: “SegMAN: Omni-scale Context Modeling with State Space Models and Local Attention for Semantic Segmentation,” Proc. IEEE/CVF CVPR, 2025.
[2] P. Esser et al.: “Scaling Rectified Flow Transformers for High-Resolution Image Synthesis,” Proc. ICML (PMLR vol. 235), 2024.
[3] C. F. Brown et al.: “Dynamic World, Near Real-Time Global 10 m Land Use Land Cover Mapping,” Scientific Data, vol. 9, art. 251, 2022.
[4] L. Zhang, A. Rao, M. Agrawala: “Adding Conditional Control to Text-to-Image Diffusion Models,” Proc. IEEE/CVF ICCV, 2023.
[5] E. Perez, F. Strub, H. de Vries, V. Dumoulin, A. Courville: “FiLM: Visual Reasoning with a General Conditioning Layer,” Proc. AAAI, 2018.