[共通セッション] 土木分野におけるAIの活用

2026年9月3日(木) 15:10 ~ 16:30 | 7号館6階D60（北海学園大学）

土木分野におけるAIの活用（その6）

座長：本木 章平（戸田建設）

15:10 ~ 15:20

[CS14-39] 実環境下の多様な正常分布に対応したマルチメモリバンク型PatchCoreによる河川護岸の異常検知

*都築 幸乃[1]、七海 友康[1]、大久保 順一[1]、藤井 純一郎[1] (1. 八千代エンジニヤリング株式会社)

キーワード：異常検知、PatchCore

実環境の河川護岸では，施工時期や材料差などに起因する外観変動により，多様な正常分布が形成される．これをPatchCoreの単一メモリバンクで表現する場合，多数の特徴量を保持する必要があり，計算量およびメモリ使用量が増大する．そこで本研究では，正常画像をクラスタリングし，クラスタ単位でメモリバンクを構築するマルチメモリバンク型PatchCoreを提案する．各入力画像に対して最も類似したクラスタのメモリバンクのみを用いて異常スコアを算出することで，最近傍探索の探索空間を限定し，計算コストを削減する．実験の結果，提案手法は従来手法と同等の異常検知性能を維持しつつ，計算時間を最大9倍削減できることを示した．

© 2026 Japan Society of Civil Engineers

実環境下の多様な正常分布に対応した マルチメモリバンク型 PatchCore による河川護岸の異常検知

八千代エンジニヤリング（株）　正会員　○都築　幸乃，藤井　純一郎
八千代エンジニヤリング（株）　非会員　七海　友康，大久保　順一

１．はじめに

社会インフラの維持管理においては，点検作業の人的負担軽減を目的として，デジタルデータを活用した新技術の導入が進められている．河川護岸を対象とした先行研究 [1]では，護岸を構成するブロック単位の画像から変状を検出する異常検知手法が提案されており，教師なし異常検知手法である PatchCore[2]が用いられている．PatchCore は，正常画像から抽出した特徴量をメモリバンクと呼ばれるデータベースに格納し，入力画像との最近傍距離に基づいて異常スコアを算出することで，正常分布からの乖離を異常として検出する手法である．

一方，実環境の河川護岸では，施工時期や材料差などに起因する多様な外観変動が存在する（**図-1**）．このような多様な正常分布を単一のメモリバンクで表現する場合，各分布を十分に表現するために多数の特徴量を保持する必要があり，結果としてメモリバンクが肥大化する．これにより，サンプリングや最近傍探索に要する計算量およびメモリ使用量が増大するという問題が生じる．

そこで本研究では，正常画像集合をクラスタリングし，クラスタごとに独立したメモリバンクを構築するマルチメモリバンク型 PatchCore を提案する．各入力画像に対して最も類似したクラスタのメモリバンクのみを用いて探索対象を限定することで，計算効率の向上を図る．

２．提案手法

提案手法は，（ｉ）画像ベクトルに基づくクラスタリング，（ii）クラスタごとのメモリバンク構築，（iii）クラスタ選択に基づく異常スコア算出，の 3 段階から構成される．

正常画像集合を$\{I_i\}_{i=1}^{N}$とし，各画像I_iの画像ベクトルを$\boldsymbol{x}_i \in \mathbb{R}^d$とする．本研究では，Cascade Patch Retrieval（CPR）[3]における Global Retrieval Branch に基づく画像表現をクラスタリングの基準として用い，これを Global BoW Histogram Representation（GBHR）と呼ぶ．



図-1　河川護岸の全体画像（左）およびブロック画像（右）．

２．１．Global BoW Histogram Representation（GBHR）

まず，各画像I_iから抽出したパッチ特徴量$\{\boldsymbol{p}_{i,j}\}_{j=1}^{P}$に対して k-means クラスタリングを適用し，コードブック$\{\boldsymbol{w}_l\}_{l=1}^{K_w}$を構築する．ここで，$P$は各画像に含まれるパッチ数，$K_w$はコードブックのサイズ（クラスタ数）を表す．次に，特徴量マップを$S \times S$領域に分割し，各領域に含まれるパッチ特徴量をコードブックに割り当てて Bag of Words（BoW）ヒストグラムを算出する．これらを正規化して連結することで画像ベクトルを構成する．

$$\boldsymbol{x}_i^{GBHR} = \left[\boldsymbol{h}_i^{(1,1)}; \boldsymbol{h}_i^{(1,2)}; \cdots; \boldsymbol{h}_i^{(S,S)}\right] \tag{1}$$

ここで，$\boldsymbol{h}_i^{(s,t)}$は領域(s,t)に対応する BoW ヒストグラムを表す．

GBHR は画像全体の構造および局所的特徴を同時に表現できるため，色調やテクスチャのばらつきを含むデータに対して安定したクラスタリングが期待できる．

２．２．画像ベクトルに基づくクラスタリング

画像ベクトル$\boldsymbol{x}_i$に基づいて正常画像集合に k-

キーワード　異常検知，PatchCore
連絡先　〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー
八千代エンジニヤリング（株）TEL03-5822-6563

© Japan Society of Civil Engineers

means クラスタリングを適用し，クラスタ集合 $\{C_k\}_{k=1}^{K_c}$ を得る．ここで，K_c はクラスタ数を表す．

２．３．クラスタごとのメモリバンク構築

各クラスタ C_k に属する画像のパッチ特徴量にコアセットサブサンプリングを適用し，クラスタごとに独立したメモリバンクを構築する．

$$M_k = \{\boldsymbol{p}_{i,j} | I_i \in C_k\} \quad (2)$$

クラスタごとに正常分布を分離することで，各メモリバンク内の分布が単純化され，より適切な最近傍探索が期待される．

２．４．クラスタ選択に基づく異常スコア算出

推論時には，入力画像の画像ベクトルと各クラスタの重心とのユークリッド距離を計算し，その距離が最小となるクラスタに対応するメモリバンクのみを用いて異常スコアを算出する．

単一のメモリバンクを用いる従来の PatchCore では全特徴量に対して探索を行うのに対し，本手法では探索対象がクラスタごとの小規模な特徴量に限定されるため，計算コストの削減が可能となる．

３．実験

３．１．実験設定

本研究では，谷積みおよび布積みブロックからなる 2 種類の河川護岸データを用いる．護岸の全体画像を，正常画像のみからなるメモリバンク構築用データと，正常および異常を含むテスト用データに分割した後，ブロック単位に切り出した画像を用いる．データセットの内訳を**表-1** に示す．

本実験では，単一メモリバンク構成の PatchCore をベースラインとし，提案手法との比較を行う．PatchCore は公式実装を用い，バックボーンには WideResNet-101 を採用する．入力画像は 256×256 ピクセルにリサイズし，サンプリング率 10%でコアセットサブサンプリングを適用する．

性能評価指標として，画像レベルには AUROC，ピクセルレベルには AUPRO を用いる．

３．２．結果

異常検知性能および計算時間の結果を**表-2** に示す．クラスタ（メモリバンク）数 K は，$K \in \{4,8,12,16,20\}$ の範囲で同一条件下において最良の性能を示した設定を採用した．ベースラインは $K = 1$ とした．

提案手法は，谷積みおよび布積みの両データセットにおいて，ベースラインと同等以上の異常検知性能を達成している．この結果から，クラスタ分割によって正常分布の表現能力が大きく損なわれていないことが示唆される．

一方，計算時間は大幅に短縮されている．谷積みでは，ベースラインの 3841 秒に対して 408 秒へと約 9.4 倍，布積みでは 2605 秒から 522 秒へと約 5.0 倍の高速化が確認された．これは，クラスタ選択により探索対象となる特徴量数が削減されたためである．

表-1　護岸データセットの概要.

河川	全体画像		ブロック画像	
	メモリバンク	テスト	メモリバンク	テスト（正常/異常）
谷積み	80	35	1386	714/48
布積み	61	24	2084	653/36

表-2　異常検知性能および計算時間の比較. 計算時間はメモリバンク構築（特徴量抽出およびコアセットサブサンプリング）と推論処理に要する時間を示す.

河川	手法	AUROC	AUPRO	Time[s]
谷積み	PatchCore	86.8	67.0	3841
	提案手法	88.2	69.9	408
布積み	PatchCore	92.0	78.9	2605
	提案手法	92.9	79.2	522

４．おわりに

本研究は，多様な正常分布を有する河川護岸データを対象として，クラスタ単位でメモリバンクを構築するマルチメモリバンク型 PatchCore を提案した．実験の結果，提案手法は単一メモリバンク構成の PatchCore と比較して同等以上の異常検知性能を維持しつつ，計算効率を大幅に向上できることを示した．

参考文献

1）都築幸乃，七海友康，吉田龍人，大久保順一，藤井純一郎: 河川護岸の多様な変状検出に向けた PatchCore ベースの教師なし異常検知手法, AI・データサイエンス論文集, 2025.

2）Roth, K., Pemula, L., Zepeda, J., Schölkopf, B., Brox, T., and Gehler, P.: Towards total recall in industrial anomaly detection, CVPR, 2022.

3）Li, H., Hu, J., Li, B., Chen, H., Zheng, Y., and Shen, C.: Target before shooting: Accurate anomaly detection and localization under one millisecond via cascade patch retrieval, IEEE TIP, 2024.

© Japan Society of Civil Engineers