

構造物の目視点検の自律化にむけたデジタル環境の活用

浙江大学 正会員 ○檜崎 泰隆

1. 研究背景

近年の深層学習や画像解析技術の発展にともなって、構造物の点検・モニタリングの効率化・精緻化が進んでいる。特に、定期点検や災害後の応急点検で必要となる近接目視点検は多くの人手と時間を要し、プロセスの自律化に対する期待は大きい。一方、データ収集から健全度判定に至るまでの近接目視点検のプロセス全体を自律的の対象とする場合、ロボット、構造部材や損傷の画像認識、点検経路計画アルゴリズム等の機能を有機的に統合する必要がある。このような複雑な自律的システムの構築を支える基盤として、本研究では点検シナリオを模したデジタル環境の活用に着目し、その有効性について議論する。

2. 構造物点検のためのデジタル環境の概要

構造物点検シナリオを模したデジタル環境の例を図 1 に示す。これらのデジタル環境は、コンピュータグラフィックス技術(CG)を活用し、構造物の形状・表面のテクスチャ・損傷・変形を生成することにより構築される。デジタル環境では、構造部材・損傷・深度などの真値マップが容易に得られるため、それらを認識する深層学習アルゴリズムの教師データを大幅に拡充することが可能である(図 1(a, b))。また、構造解析を CG モデリングに組み込むことにより、構造物の変形シナリオをデジタル環境中で生成することが可能である(図 1(c))。データ生成機能に加え、これらのデジタル環境は、近接目視点検をおこなう自律的システムのテスト環境としても用いることができる。

3. 近接目視点検の自律化に向けたプロトタイプの構築と検証

デジタル環境の活用例として、RC 高架橋の柱部材を認識して自律的に点検するアルゴリズムのプロトタイプ¹⁾の構築について述べる(図 2)。このアルゴリズムは、UAV による自律的点検を想定し、カメラからの画像を入力として周囲の点検対象部材を認識・局所化したうえで、それらの部材を点検するのに適した点検経路とデータ収集プランを決定する。収集された画像は損傷認識アルゴリズムにより処理され、健全度に関する情報が抽出される。構造部材や損傷の画像認識アルゴリズムは、図 1(a)に示した高架橋のデジタル環境で生成したデータと少量の実データを組み合わせて用いることで構築した。また、アルゴリズムのプロトタイプは、3 ブロックからなる RC 高架橋デジタル環境で自律的データ収集・健全度評価をおこなうことにより検証された。今後、初期的な検証で単純化された要素(計算量の要求、モデルの単純化、障害物など)を考慮し、アルゴリズムを実環境に適用するのが目標である。

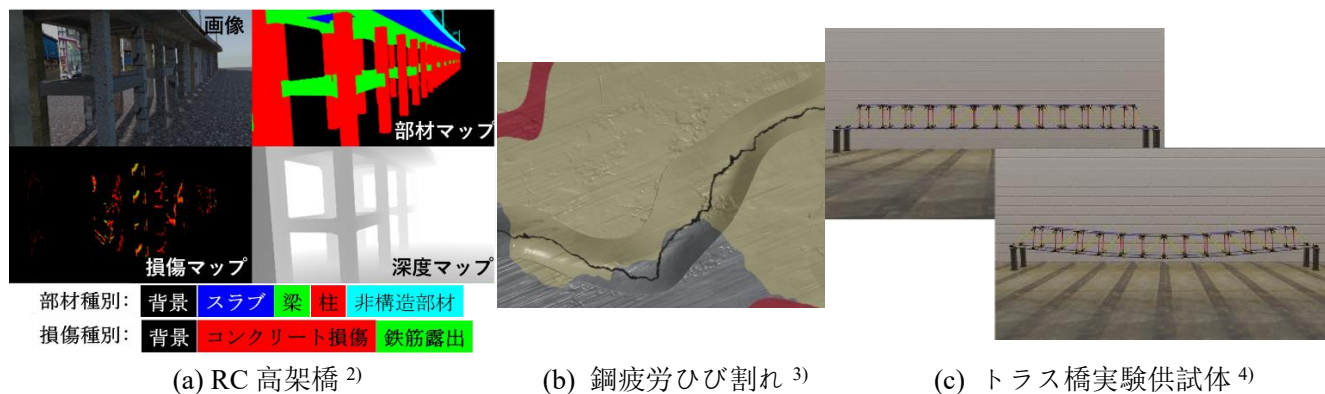


図 1 デジタル環境の例。

キーワード 維持管理, 近接目視点検, デジタル環境, 自律システム, 画像認識

連絡先 中国浙江省海宁市海州东路 718 号浙江大学国际校区工程大楼 C323 室, 314400.

E メール: narazaki@intl.zju.edu.cn

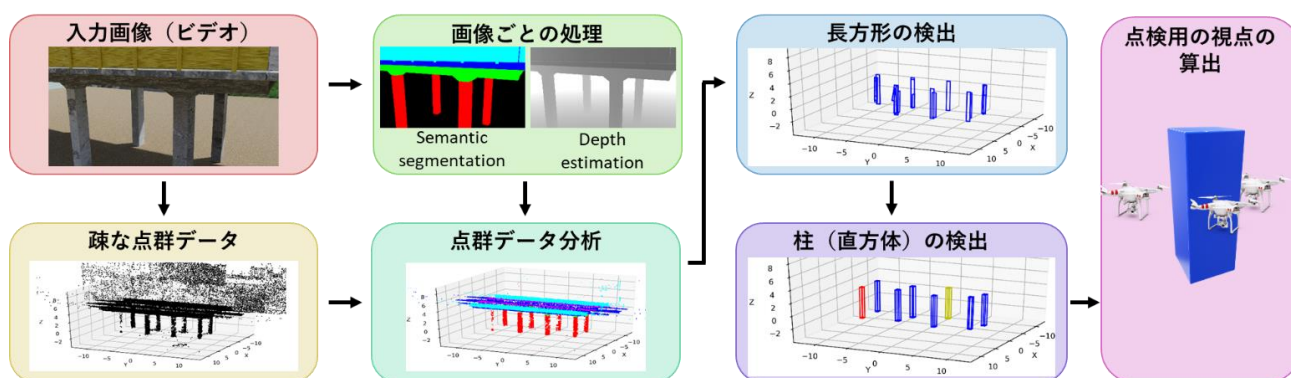


図 2 UAV を想定した自律的近接目視点検システムのプロトタイプ⁵⁾。

4. Unsupervised domain adaptation を用いた実環境タスクの最適化

デジタル環境で生成されるデータセットは、画像認識アルゴリズムの教師データを拡充することに効果的であるが、デジタル環境と実環境には一定の乖離があることに注意が必要である。デジタル環境は、モデル化の対象や画像生成プロセスなどの面で様々な単純化を含んでおり、生成されたデータも実環境の複雑性を十分に反映していない。したがって、シミュレーションデータのみを用いて構築された手法をそのまま実環境に応用することは困難である。実データの拡充がこの問題に対する根本的な解決策であるが、質・量ともに十分なデータ（画像と対応する真値ラベル）をアルゴリズム構築の初期段階から得るのは困難である。このような背景に基づいて、真値付きのシミュレーションデータと真値なしの実画像のみに基づいて、実環境における認識タスクの精度を最適化する unsupervised domain adaptation の応用の研究が進行中である。

5. 結論

本研究では、構造物の近接目視点検の自律化に向けた研究・開発において大きな役割を果たすデジタル環境について述べ、その活用例と有効性について議論をおこなった。CG 技術を活用して構造物の点検シナリオを模したデジタル環境を生成することで、画像認識アルゴリズムの教師データや画像に基づく変位計測の入力データを対応する真値とともに得ることができる。このようなデータセットによって個々のアルゴリズムの開発が促進され、さらにデジタル環境をシステム全体の初期的検証のプラットフォームとして用いることで、比較的複雑な自律的システムのプロトタイプの構築につながった。今後、実環境への応用を見据えてデジタル環境の拡充とシミュレーションデータのさらなる有効活用を進めていく。

参考文献

- 1) 檜崎泰隆, Hoskere, V., & Spencer, B. F. (2021). 画像データを用いた構造物の維持管理技術の実装に向けたデジタル環境の構築. AI・データサイエンス論文集, 2(J2), 20-28.
- 2) Narazaki, Y., Hoskere, V., Yoshida, K., Spencer, B. F., & Fujino, Y. (2021). Synthetic environments for vision-based structural condition assessment of Japanese high-speed railway viaducts. Mechanical Systems and Signal Processing, 160, 107850.
- 3) Zhai, G., Narazaki, Y., Wang, S., Shajihan, S. A. V., & Spencer Jr, B. F. (2022). Synthetic data augmentation for pixel-wise steel fatigue crack identification using fully convolutional networks. Smart Struct Syst, 29(1), 237-250.
- 4) Narazaki, Y., Gomez, F., Hoskere, V., Smith, M. D., & Spencer, B. F. (2021). Efficient development of vision-based dense three-dimensional displacement measurement algorithms using physics-based graphics models. Structural Health Monitoring, 20(4), 1841-1863.
- 5) Narazaki, Y., Hoskere, V., Chowdhary, G., & Spencer Jr, B. F. (2022). Vision-based navigation planning for autonomous post-earthquake inspection of reinforced concrete railway viaducts using unmanned aerial vehicles. Automation in Construction, 137, 104214.