

橋梁点群・遠景写真・近接写真の位置合わせによる損傷の三次元位置推定

日本電気株式会社 正会員 ○安倍 次朗 正会員 小倉 一峰 非会員 松本 侑也
長崎大学 正会員 山口 浩平

1. 研究背景と目的

国内橋梁の老朽化は深刻さを増し、2032年には約59%の橋梁が建設後50年を超過する¹⁾。橋梁の維持管理は重要性を増しており、2014年には5年に1回の近接目視点検が義務化された²⁾。一方で、橋梁点検における技術者不足が課題となっており、点検業務の効率化・省力化が求められている。

橋梁の近接目視点検においては、損傷の写真を撮影し、部材名・要素番号（損傷部材の番号）とともに記録する²⁾。しかし、図1(a)に示すように、損傷の近接写真は周辺の部材に関する情報に乏しいことが多く、近接写真からの損傷位置の把握が容易ではない。過去の点検で報告された損傷の位置把握や、現在の点検で撮影した近接写真の整理に時間を要するため、点検計画の立案や、現場における点検の実施、点検後の資料整理など、様々な点検業務の作業コスト増加につながっている。

本研究では、近接写真が写す損傷の位置を自動で特定するための技術を扱う。図1は本研究が扱う推定問題の概要である。図1(a)は近接写真が写す損傷（剥離・鉄筋露出）の例であり、この損傷の位置を図1(b)に示すような点群とよばれる橋梁の三次元データ上にプロットしていく。点群はLiDAR（Light Detection and Ranging）とよばれる三次元スキャナによって取得され、XYZ座標を持つ点の集まりとして、橋梁全体を実寸大でデータ化している。図1(b)では見易さのために点群を高度で着色している（青色ほど高度が低く、赤色ほど高度が高い）。近接写真に写る損傷位置を点群上で一元管理することで、点検業務における損傷位置の把握にかかる作業コストを減らせる。しかし、近接写真には周辺の部材が写り込まないことが多く、橋梁の三次元構造につい

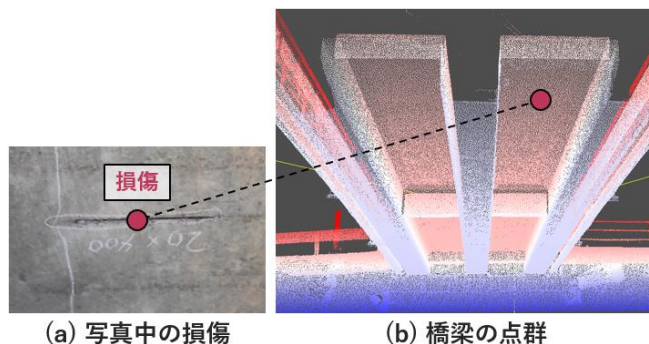


図1 問題設定：近接写真が写す損傷の位置推定

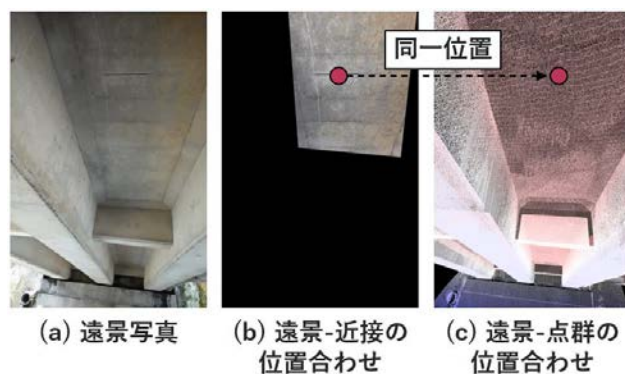


図2 提案手法の概要

ての情報に乏しい。一方、点群は解像度（点密度）が粗く、橋梁の表面状態についての情報に乏しい。そのため、近接写真と点群との直接的な照合は容易ではない。

本稿では、損傷を近接写真よりもさらに遠方から撮影した遠景写真を用意することで、損傷の位置推定が実現できることを示す。実橋梁に対する精度評価では、誤差7cm未満での位置推定を達成した。この誤差は損傷自体のサイズよりも十分に小さいため、損傷を区別するのに十分な精度と考えられる。

2. 提案手法

図2に提案手法の概要を示す。図2(a)は図1(a)が

キーワード 橋梁点検, LiDAR, 点検写真, 損傷位置, 位置推定

連絡先 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753 日本電気株式会社 TEL 044-431-7663

示す損傷を遠方から撮影した遠景写真である．提案手法では，このような遠景写真を通して，近接写真に含まれる損傷の位置を点群にプロットする．具体的には，まず，図 2(b)に示すように，近接写真を変形することで遠景写真と近接写真を位置合わせし，次に，図 2(c)に示すように，遠景写真の撮影位置を推定して同じアングルで点群をレンダリングすることで遠景写真と点群を位置合わせする．この結果，近接写真と点群がともに遠景写真の座標系で整列されるため，図 2(b)における損傷位置のピクセルと同じ位置にある点を図 2(c)の点群から読み取ることで，点群上での損傷位置を特定できる．

遠景-近接の位置合わせでは，SIFT 特徴量³⁾などを用いて遠景写真と近接写真間で同一箇所を表すピクセルの組を複数検出した後に，ホモグラフィ行列を推定する．コンクリート表面の色ムラやチョークを手掛かりにできるため，橋梁のような周期構造を持つ人工物においても位置合わせが可能である．

遠景-点群の位置合わせでは，点群に対する単眼カメラの 6DoF 姿勢推定⁴⁾などを用いて，遠景写真の撮影位置・姿勢を推定し，推定結果をもとに点群をレンダリングする．図 2(a)のように，遠景写真は橋梁の三次元構造を把握できるような画角で撮影されることが望ましい．

3. 位置推定の精度評価

図 3 と図 4 に示すように，2 橋梁（橋梁 I と橋梁 II）で撮影した近接写真，遠景写真，および点群を用いて位置推定の精度評価を行った．近接写真中に示した 4 点 A，B，C，D に対して，それぞれ提案手法で位置を推定し，点群上での真の位置と比較して誤差を算出した．A と B はそれぞれ異なる剥離・鉄筋露出を表し，C と D は剥離・鉄筋露出の両端を表す．

表 1 は位置推定の精度を整理した表である．いずれも誤差 7cm 未満での位置推定を実現できており，橋梁 II の点（C と D）に対しては誤差 2cm 未満であった．これらの推定誤差は損傷自体のサイズ，および損傷間の間隔よりも小さかったため，付近の損傷と誤って紐付けされるリスクは低いと考えられる．

また，推定位置から C-D 間の長さを計測したところ 33.6cm であり，真値の 34.7cm と比較して約 1cm

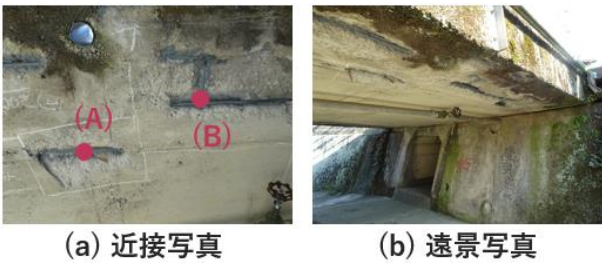


図 3 橋梁 I の近接写真および遠景写真

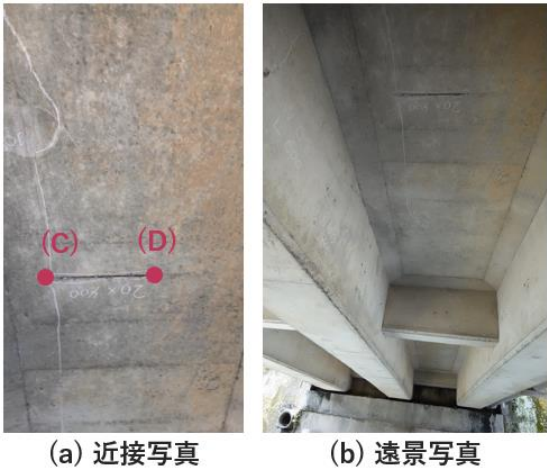


図 4 橋梁 II の近接写真および遠景写真

表 1 位置推定の精度

点	A	B	C	D
誤差(cm)	6.2	3.6	1.2	1.5

の誤差であった．このことから，提案手法は損傷の位置特定だけでなく，近接写真からの損傷サイズ測定にも応用できる可能性がある．

4. 結論

本稿では，近接写真が写す損傷の三次元位置を自動で推定する技術を提案した．提案手法により，点群・遠景写真・近接写真の組を用意するだけで，損傷位置を 7cm 未満の誤差で推定可能なことを示した．

参考文献

1) 国土交通省：道路メンテナンス年報，2022.
2) 国土交通省：橋梁定期点検要領，2019.
3) D. G. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints,” *Int. Journal of Computer Vision*, 2004.
4) C. Jaramillo, et al., “6-DoF pose localization in 3D point-cloud dense maps using a monocular camera,” in *ROBIO 2013*, 2013.