

## 橋梁維持管理のための意味的特徴の抽出による類似損傷画像検索

東京大学工学部社会基盤学科 学生会員 ○熊谷 宗一郎  
 東京大学大学院工学系研究科 特任准教授 正会員 全 邦釘

### 1. 序論

橋梁の点検において損傷が見つかった際、その損傷の原因の特定や程度の評価などの診断が必要になる。そして診断の際には、過去の類似損傷事例を参考にすることが重要であるものの、過去の損傷事例に容易にアクセスできるような手法は未だ確立されていない。このような手法の確立には、撮影した損傷画像をキーとして過去の類似した損傷画像をデータベースから検索するシステムが求められる。

既往の類似画像検索に関する研究では、多田ら<sup>[1]</sup>の明度や色差を利用する手法、Babenko ら<sup>[2]</sup>の CNN を画像の特徴抽出器とする手法などがある。しかしながら、損傷の生じている部材や損傷の種類の推定には多くの高度な情報が必要になってくるため、既往の類似画像検索の手法のみを適用しただけでは橋梁の診断に役立つ適切な類似画像検索を行うことが難しい。そこで本研究では、画像から損傷に関する情報を意味的に捉えることによる類似画像検索を行った。

### 2. 手法

損傷の意味的な特徴を抽出する手法として、LSTM(Long Short-Term Memory)を組み込んだネットワークを用いた。LSTM は情報を長期的に保存することが可能なネットワークである。本研究では図-1 に示すように、画像から部材名、損傷の種類、損傷程度をこの順に予測を行うモデルを構築し、図-2 に示すような橋梁の損傷画像と損傷データを 388249 組用意し、80%を訓練データ、20%を検証データとして学習を行った。

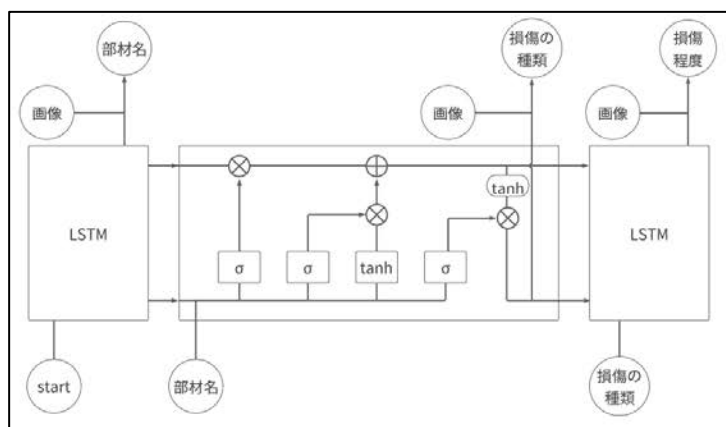


図-1 予測モデルの概要



図-2 学習データの一例

橋梁損傷画像間の類似度の計算手法を図-3 に示す。まず、検索キーとなる入力画像から学習済み CNN モデルである VGG16 を特徴抽出器として画像特徴ベクトルを生成した。その後、図-1 で示した LSTM を組み込んだ Deep Learning モデルによって入力画像に対応する部材名、損傷の種類、損傷の程度を意味的に抽出しそれぞれベクトル形式で出力した。同様の操作をデータベース内の全ての画像に対して行った後、入力画像とデータベース内の画像*i*について、各ベクトルの類似度をコサイン類似度によって計算し、分散共分散行列を考慮

キーワード Deep Learning, 損傷検出, 維持管理, 画像検索, LSTM  
 連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1  
 東京大学工学部社会基盤学科 E-mail : sokuma-57@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

するマハラノビス距離を用いて 2 画像間の類似度として計算した．この値が 0 に近くなる画像ほど，入力画像とよく類似しているということになる．

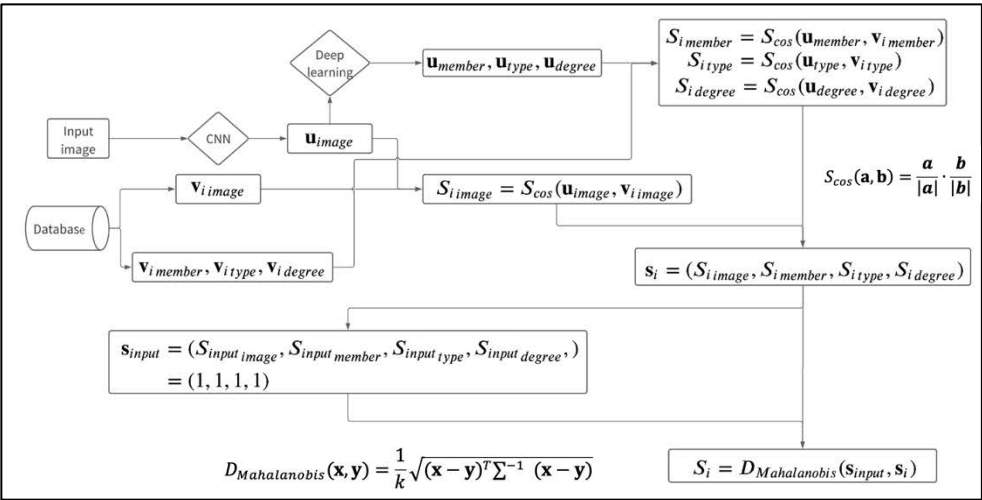


図-3 損傷の意味的特徴を考慮した画像間類似度計算手法

3. 結果と考察

LSTM を組み込んだモデルの学習データとは異なる 1 万枚の画像でデータベースを構築し，①図 3 に示す画像特徴と意味的損傷特徴を考慮するモデルによる検索，②画像特徴のみを考慮するモデルによる検索の 2 つの結果の比較を行った．比較にあたっては，異なる 4 つの損傷画像を入力画像として検索を行い，類似度上位 10 点に対して維持管理の専門家の方に教師データにある損傷画像やその情報から考えられる補修方法をもとに 0,1,2,3,4,5 の 6 段階で評価をしていただいた．評価の基準としては，損傷も補修方法も一致しているものは 5，損傷も補修方法も異なるものは 0 であり，3 が及第点の目安となっている．専門家による各検索結果に対する評価の平均を表 1 に示す．

表-1 より，検索①の方が専門家の評価が大幅に高くなっていることが分かる．一方で，検索①の評価の平均が及第点の目安である 3 を下回っていることから，精度については不十分であると言える．これについては，画像間類似度の計算における機械学習の活用や，より詳細な損傷情報の考慮によって改善できると考えられる．

表-1 各モデルにおける検索結果に対する専門家の評価の平均

|          | 検索①       | 検索②       |
|----------|-----------|-----------|
| 上位10点の平均 | 2.1958333 | 0.7083333 |

4. 結論と今後の課題

本研究により，LSTM を用いて意味的な損傷を捉えることで，橋梁損傷画像における類似画像検索の精度が向上することが分かった．今後より精度を向上させていくための課題としては，上で述べたように，類似度計算における機械学習手法の活用や，過去の補修情報や損傷の周辺の情報などのより詳細な損傷に関する情報の考慮などが挙げられる．

5. 参考文献

[1] 多田昌裕, & 加藤俊一. (2003). 階層的分類を用いた視覚感性のモデル化と類似画像検索への応用. 情報処理学会論文誌データベース (TOD), 44(SIG08 (TOD18)), 37-45.

[2] Babenko, A., Slesarev, A., Chigorin, A., & Lempitsky, V. (2014). Neural codes for image retrieval. In Computer Vision—ECCV 2014: 13th European Conference, Zurich, Switzerland, September 6-12, 2014, Proceedings, Part I 13 (pp. 584-599). Springer International Publishing.