

AI 画像診断によるコンクリート表層品質評価

日本国土開発(株) 正会員 ○佐野健彦, 正会員 佐原晴也, 米谷朋恵
(株)科学情報システムズ 武田祐二, 寺下修平

1. はじめに

コンクリート構造物の長期耐久性は、コンクリート構造物の表層部分の品質によって大きな影響を受ける。国土交通省は、コンクリート構造物の長期耐久性を確保するため、新設構造物の施工サイクルの中にコンクリート表層品質評価手法を取り入れている。この手法は、コンクリート表層部分の表面気泡、沈みひび割れ、打重ね線、型枠継ぎ目のノロ漏れ、砂すじなどの表面出来映えの状態に着目し、それぞれの項目についてあらかじめ準備された評価基準を参考に1点(悪い)～4点(良い)の4段階にランク分けを行い、表面の出来映えを面的に定量評価するものである。本稿では、近年、コンピュータの飛躍的な性能向上により、急速な発展を遂げているAI画像認識技術を、コンクリート構造物の長期耐久性の向上を目的とした品質確保に関する取り組みに対して適用¹⁾した結果について報告する。

2. ディープラーニング手法を用いた表層品質評価システム開発の概要

ディープラーニングは、人間の脳の構造を模した多層のニューラルネットワークを用いた機械学習手法の1つであり、AIを実現するためのアプローチとしてその有用性が広く認知された手法である。

(1) ディープラーニング手法の概要

ディープラーニングのフレームワークは、種々開発されているが、カリフォルニア大学バークレー校が中心となって開発しているオープンソースのディープラーニングライブラリCaffeを使用し、畳み込みニューラルネットワークと呼ばれるニューラルネットワークを用いた。畳み込みニューラルネットワークは、入力層、畳み込み層、プーリング層と分類を行う全結合層、出力層で構成され、画像認識分野では高い性能が出ることが知られている。畳み込み層は、入力データに対して、フィルタのウィンドウを一定間隔でスライドさせながら適用し、畳み込み演算を行い画像の局所特徴を抽出する層である。

(2) 学習データの概要

学習に使用した画像は、複数のコンクリート診断士によって診断された1点から4点までを0.5点刻みの7段階に分類した評価値および画像データを用いた。実際の撮影では、1.0点306枚、1.5点17枚、2.0点421枚、2.5点87枚、3.0点560枚、3.5点110枚、4.0点427枚の合計1938枚の写真データを集めた。これらの画像データは、畳み込みニューラルネットワークによるディープラーニングで一般的に用いられるデータ拡張の考え方を活用して、水平鏡面反転処理を施した画像データによる拡張を行った。上下鏡面反転処理による拡張は、画像処理的には十分可能であるが、コンクリート打設によるノロだれは、重力方向だけに発生する現象であり不合理なため実施していない。データ拡張も含めた画像データは、6056枚であり、このデータを使用して表面気泡に関するディープラーニングを実施した。

3. AI 画像診断の学習成熟度指標

AI画像診断の精度は、機械学習やデータベースなどにおいて正確性と網羅性の質的な観点の評価指標として用いられている。適合率(Precision)、再現率(Recall)およびF値を指標として評価した。適合率とは、AI画像診断がn点と評価したデータのうち、目視評価がn点であった割合を示す正確性の指標である。再現率とは、目視評価がn点のデータのうち、AI画像診断がn点と評価した割合を示す網羅性の指標である。また、F値は、再現率と適合率の調和平均としてそれぞれ、(1)～(3)式にて表すことが出来る。

$$\text{Recall} = \frac{A_{nn}}{A_{n1} + A_{n2} + A_{n3} + A_{n4}} \quad (1)$$

$$\text{Precision} = \frac{A_{nn}}{A_{1n} + A_{2n} + A_{3n} + A_{4n}} \quad (2)$$

$$F = \frac{2 \times \text{Recall} \times \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \quad (3)$$

ここで、 A_{nn} , $A_{n1} \sim A_{n4}$, $A_{1n} \sim A_{4n}$ はそれぞれ表1の

キーワード ディープラーニング, 画像認識, AI, コンクリート, 表層品質目視評価, 畳み込みニューラルネットワーク

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発(株)土木事業本部 TEL.03-5410-5750 E-mail : takehiko.sano@n-kokudo.co.jp

AI 画像診断による評価割合と目視評価割合のマトリックスに対応している。表 2 は、指標データとして、コンクリート診断士によって評価分類されたデータの中で、学習データに使用していないデータから 100 枚のコンクリート表面の画像データを無作為に抽出し、表面気泡を対象とした目視評価割合と AI 画像診断による評価割合について適合率、再現率、 F 値を算出した結果である。図 1 は、一例として再現率に着目した AI 画像診断の学習成熟度を指標として表したグラフである。学習成熟度の検証には、図中の斜線塗り潰し、ドット塗り潰し、塗り潰しなし、横線塗り潰しは、それぞれ 1 点、2 点、3 点、4 点を示している。グラフの縦軸は、表層品質目視評価の評価値に対する AI 画像診断の評価値を示し、横軸は、表層品質目視評価による点数分類である。例えば、横軸の 1 点の項目に着目すると、棒グラフは、斜線塗り潰しとドット塗り潰しの 2 パターンで構成されていることがわかる。これは、1 点の画像を AI 画像診断によって評価した場合に、正しく斜線塗り潰し(1 点)と評価する確率が、約 95%であることを示し、ドット塗り潰し(2 点)と評価する確率が 5%程度であることを示している。その他についても同様であるが、図中の評価点の 3 点は、3 パターンで構成されており、評価結果にばらつきが生じ易いことを示している。ただし、3 点と正しく判定する確率は 74%であり、精度的には満足出来る状況だといえる。また、 F 値による総合的な判断においても、正確性と網羅性を有していることがわかる。図 2 は、実構造物に対して AI 画像診断を実施している状況である。また、図 3(a), (b)に示すタブレット型 PC とスマートフォンで構成されている。

4. まとめ

本評価システムは、評価者によるばらつきを小さくすることを目的とした複数のコンクリート診断士による評価結果を教師データとしており、調査者の技量や経験に左右されない客観的な評価が可能であることを確認した。このような極めて人間的な曖昧さを有している領域への適用は親和性が高いことがわかった。今後は、教師データの収集整備を行い、システムの更なる精度向上を行っていく予定である。

参考文献

1) 佐野健彦, 小笠原一基, 佐原晴也: AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発, 一般社団法人日本建設機械施工協会誌 Vol.69 pp.51-57, No.12 December 2017

表 1 適合率と再現率の算出方法

適合率		AI診断による評価割合			
再現率		1点	2点	3点	4点
目視評価割合	1点	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄
	2点	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	A ₂₄
	3点	A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃	A ₃₄
	4点	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₄₄

表 2 表面気泡を対象とした適合率・再現率と F 値による精度評価

		AI診断による評価割合				再現率
		1点	2点	3点	4点	
目視評価割合	1点	95	5	0	0	0.950
	2点	2	92	6	0	0.920
	3点	0	7	74	19	0.740
	4点	0	1	10	89	0.890
適合率		0.979	0.876	0.822	0.824	
F 値		0.964	0.898	0.779	0.856	

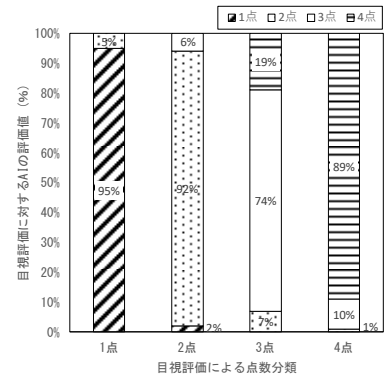


図 1 再現率に着目した AI 画像診断の学習成熟度

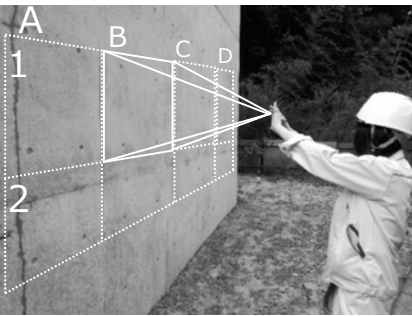


図 2 スマートフォン(子機)による AI 画像診断



図 3 タブレット型 PC 管理画面の例とスマートフォン画面の例