

コンクリートの締固め AI 自動判定システムによる試験判定

安藤ハザマ 正会員 ○林 俊斉, 高木亮一, 齋藤 淳
金沢工業大学 長田茂美, 塩浜 健

1. はじめに

コンクリートの締固め完了は、作業従事者の経験に基づく目視評価と感覚で判断しているため、作業従事者の経験や力量に応じて締固めの度合いに差が生じることになる。本研究では、型枠に打ち込まれたコンクリートの品質の安定と施工の生産性向上を目指して、コンクリートの締固め完了をAIが自動判定し、判定結果をリアルタイムに可視化するシステムのプロトタイプを作製して試験判定を実施した。

2. 試験概要

(1) 試験判定の概要

図-1 に、試験判定の状況を、表-1 および表-2 に、本試験で使用したビデオカメラおよび判定用パソコンのそれぞれの仕様を示す。試験は撮影条件を統一しやすいコンクリート二次製品工場で実施した。コンクリートの締固めは直径 50mm の棒状バイブレータを用いて行い、コンクリート面から 1m 上方に設置したビデオカメラで締固め中のコンクリート表面の状態変化の映像を取得した。映像は判定用パソコンに転送し、判定プログラムで締固め完了および未完了を判定した結果を 24 分割したメッシュ領域ごとにリアルタイムに可視化するシステムとした。

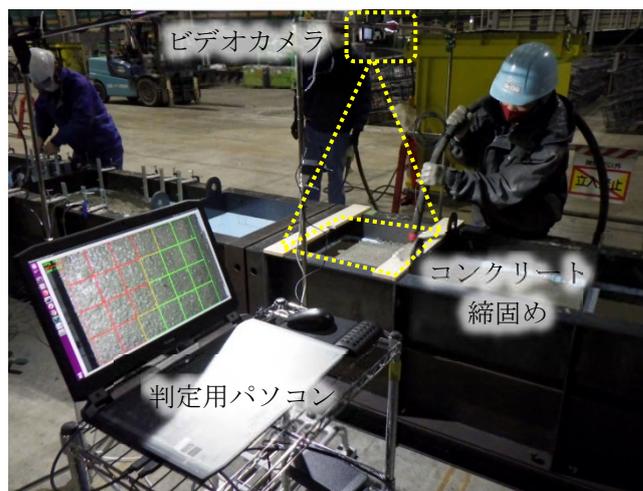


図-1 試験判定の状況

(2) 判定プログラムの概要

判定プログラムはこれまでの検証結果¹⁾ から、比較的良い精度が得られた深層学習ニューラルネットワークの NIN (Network In Network)²⁾ モデルを採用した。プログラムへの入力は、締固め中のコンクリート表面のフレーム画像、出力は締固め未完了状態を表す「before」と締固め完了の適正状態を表す「just」の 2 クラスの尤度である。予めプログラムにフレーム画像と締固め状態との対応関係を学習させておくことで、入力したフレーム画像は尤度の高いクラスに分類される。

取得したすべてのフレーム画像に、3 名の技術者が判定した締固め完了の適正時間の平均に基づいて、「before」および「just」の正解ラベルを付与することによって、NIN モデルの学習データとした。また、事前に実施した k-分割交差検証結果から、最も判定精度が高い学習済みの NIN モデルを選定して判定プログラムの NIN モデルとして採用した。

判定結果の可視化は、モニタ上に表示したメッシュの枠の色を変化させる方法とし、「before」は赤色、「just」は緑色、「just」判定を連続 3 秒継続した場合に青色に変化する仕様とした。

キーワード コンクリート締固め, 完了判定, AI, 深層学習, メッシュ領域

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ技術研究所 TEL:029-858-8813

表-1 ビデオカメラの仕様

撮像素子	1/2.3型MOS固体撮像素子 総画素1891万 有効画素 動画 829万(16:9)(4K) 610万(16:9)(2K)
レンズ	20倍光学ズーム F1.8~3.6

表-2 判定用パソコンの仕様

OS	Ubuntu 18.04LTS
CPU	Intel Corei7-3770
メモリ	16GB
GPU	NVIDIA GeForce GTX1060

3. 試験結果

図-2 に、判定結果の可視化状況を示す。判定時間は 7~9fps でリアルタイムに判定できた。一方、判定結果は照度や影の影響を受けやすい結果となったため、学習データとする映像本数の増量とカラー画像およびグレースケール画像の判定精度の検証を実施した。

表-3 に、検証結果を示す。検証結果より、学習データを 4 倍に増やすことによって判定精度が 7~9% 向上した。また、グレースケール画像よりカラー画像の方が 5~7% 精度が高いことが確認された。図-3 に、カラー画像の判定結果の一例を示す。判定プログラムの誤判定は、正解ラベルの「before」および「just」の境界付近に集中している。これは、正解ラベルの境界も技術者の判断の平均であり、ばらつきを包含する境界であることが要因として考えられる。しかし、誤判定にも傾向が見られ、運用面で解消できる課題であると考えられる。一方、グレースケール画像でも学習データが多い場合は約 80% の判定精度があった。したがって、学習データが多く確保できている場合には、撮影条件に起因する照度の変化あるいはコンクリートの色の変化に影響されない判定ができる可能性が示唆された。

4. 今後の展望

試験判定ではリアルタイムに判定できることを実証した。さらに、判定プログラムの改良にも取り組んでいる。コンクリートは、スランプあるいは空気量に代表されるフレッシュ性状によって締固め時の表面の挙動が異なるため、フレッシュ性状の数値情報を判定プログラムに反映する(図-4)ことで、判定精度を向上できることも確認しており、今後、汎化性能の向上を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 林俊斉, 高木亮一, 齋藤淳, 塩浜健, 長田茂美, “深層学習に基づくコンクリートの自動判定システムに関する研究—システムの提案と評価—”, 精密工学会誌, Vol.87, No.2, pp.191-196, 2021.
- 2) Min Lin, Qiang Chen, Shuicheng Yan, “Network In Network,” arXiv:1312.4400, 2014.

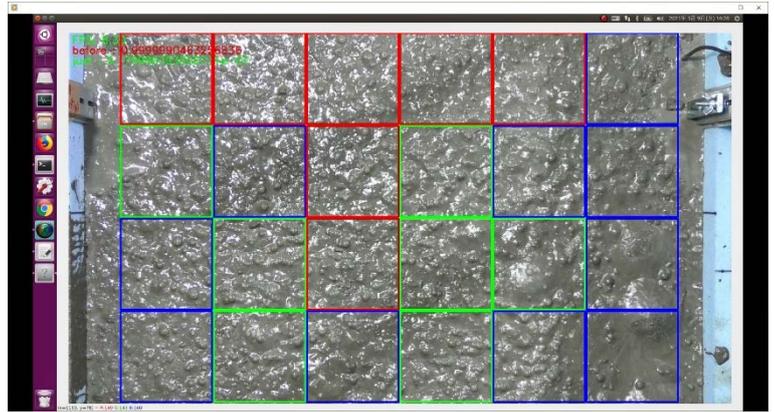


図-2 判定結果の可視化状況

表-3 判定精度の検証結果

	学習映像本数	
	6本	24本
カラー画像	76.50%	85.70%
グレースケール画像	71.00%	78.40%

■ : 「before」(未完了) ■ : 「just」(完了)
□ : 正解判定 ■ : 誤判定

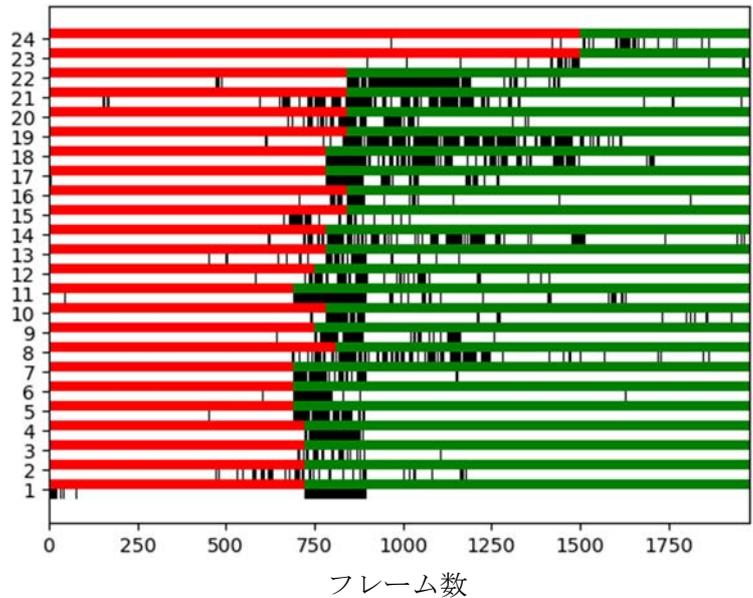


図-3 判定結果の一例

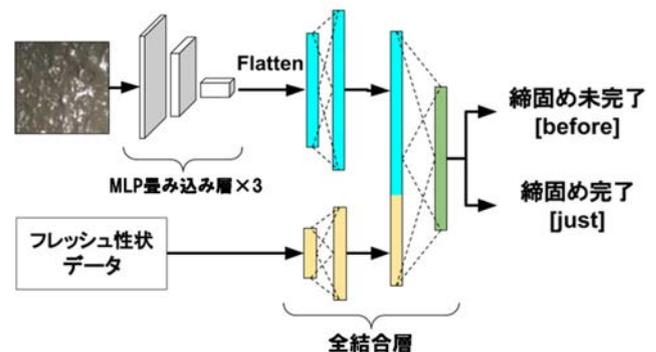


図-4 フレッシュ性状を導入したプログラムの構造