

AI 技術を含む先進技術を活用したコンクリート打設管理の

システム開発と現場検証報告

西尾レントオール株式会社

○ 片山 伸也
橋本 明広
川崎 浩人

1. はじめに

建設業界において、コンクリート打設は建物や構造物の品質と耐久性を左右する極めて重要なプロセスである。しかし、従来のコンクリート打設管理は、経験に基づく判断や人力による監視に依存しており、コンクリート打設プロセスにおいて、ミキサー車の車両番号、配送時間、現場入退場時間、打設開始・終了時間を記録する作業に作業員がかかりきりで対応している。今の労働事情を踏まえればこの作業に人員を配分するのは厳しい状況と考えられ、コンクリートの品質管理作業の生産性向上が望まれている。また、現場作業終了後、納品書情報を含めた打設管理表の作成作業は、手入力で行われており時間的負担や入力ミスなどの課題についても効率化が求められている。これらの課題を解決するため、エッジ AI カメラを活用し、打設の開始・終了時間や運搬車番号を自動でリアルタイムに認識しクラウドサーバーと連携させて打設管理表の作成を支援する打設管理アプリを開発した。(以下本開発)

本論文では、先進技術を活用したコンクリート打設管理システム(以下本システム)の概要と構成を説明し、現場での実証結果を基に得られたデータからシステムの有効性と課題を考察した結果を報告する。最後に、今後の展望とさらなる改良点について述べ結論とする。

2. 活用した先進技術について

本システムは図-1のように、「エッジ AI カメラ」「クラウドサーバー」「WEB アプリケーション」「OCR 技術」「データ閲覧用端末」から構成されている。検知プロセスとして、カメラにフレームインした「コンクリートミキサー車」「ナンバープレート」「車両番号」「シューター部」を AI で画像解析を行い、エッジ処理された各情報がリアルタイムにクラウドサーバーにアップロードされる。そのアップロードされたデータは WEB アプリケーションでリアルタイムに確認することが可能である。

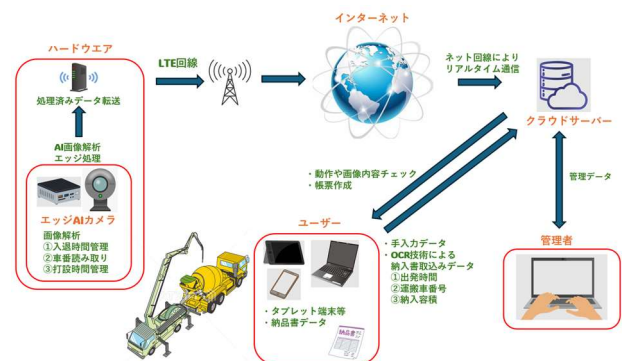


図-1 システムの構成図

2.1 エッジ AI カメラについて

図-2 のフロー図のように、カメラからの画像をグリッドに分割することにより画像内のオブジェクトを検出する。次にグリッドの各セクションは、それが検出したオブジェクトを検出する。各ボックスには、その位置、サイズ及びオブジェクトが含まれている可能性についての情報が含まれている。また、各ボックスの中に入っている物体の種類(人、車、犬など)も予測し、今回対象となる物体であるミキサー車が入っている可能性が最も高いボックスだけを残し、他を破棄する。最後に検出された物体の周りにフレームを描き、検出された物体の種類をラベル付けする。(図-3) これらの工程においてエッジ処理を行い結果だけをクラウドサーバーへリアルタイムにアップロードしている。

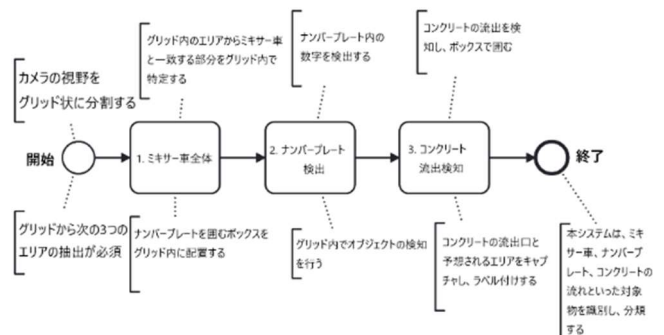


図-2 AI システムのフロー図



図-3 ラベル付けされた AI 検知画面

エッジデータを活用するメリットは、遅延が少なくリアルタイムでの応答が可能になり、ネットワーク負荷の軽減が見込める。

2.2 クラウド技術について

本システムでは、カメラからの画像をエッジ AI にてリアルタイムに処理・解析データがクラウドサーバーへアップロードされる。パブリッククラウドを活用しており、運用管理面でも負担が軽減される。

2.3 WEB アプリケーションについて

専用の WEB アプリケーションを独自で構築した。管理者サイドでは、端末稼働状況を含めた全ての情報を管理できる。一方ユーザーサイドでは、ユーザーの工事名や打設箇所の入力、稼働状況の確認などが操作可能で打設開始から終了までの詳細な履歴などがリアルタイムに確認可能である。

2.4 OCR 技術について

OCR (Optical Character Recognition, 光学文字認識) 技術は、画像や書類に含まれる文字をデジタルデータに変換する技術で、基本的な仕組みとしてスキャナーやカメラで取り込んだ画像から文字を認識し、編集可能なテキストデータに変換する。本システムではミキサー車のオペレーターが持参する納品書を打設作業終了後、事務所にて PDF などへのデータに変換し、WEB アプリケーションで取り込みを行う。WEB アプリケーションではプログラ

ムにて予め設定した文字領域である「出発時間」「運搬車番号」「納入容積」のデータを取り込み、打設管理表へ自動転記を可能とした。地域により納入書のフォーマットが異なるので、随時フォーマットを登録することで対応と可能となる。

2.5 オリジナルハードウェアの構成について

本開発でのオリジナルハードウェアは「カメラ BOX」「主装置 BOX」「設置用三脚及び電動雲台付きアーム」から構成されている。各コンポーネントについての詳細を以下で説明する。

(1) カメラ BOX

カメラ BOX はミキサー車がポンプ車の後部に到着してからコンクリート打設が終了して、ポンプ車後部を退場するまでの状況をリアルタイムで監視するために、高解像度カメラを AI 検知用と録画用で 2 台を内蔵している。この BOX は防水・防塵仕様となっており、過酷な現場環境でも問題なく使用可能である。

(2) 主装置 BOX

主装置 BOX はカメラ BOX から送信される映像 データを受信し、AI 解析を行うためのコンピューターユニットと LTE 回線の SIM カードが入った無線ルーター、カメラ映像を確認できるモニターを組み込んでおり、リアルタイムにデータの処理を行い、そのデータをクラウドサーバーへアップロードする。ミキサー車の位置や検知状況を目視で確認することが可能である。

(3) 設置用三脚及び電動雲台付き張出アーム

設置用三脚および電動雲台付き張出アームはカメラ BOX と主装置 BOX を適切な位置に固定するための装置である。

3. 設置について

本開発はカメラ画像がいかにミキサー車を画角に収めるかがポイントとなる。その設置方法について具体的に説明する。

3.1 設置位置について

(1) 機材の設置

三脚はポンプ車の運転席側に設置し、主装置 BOX を付属させる。次にカメラ BOX を電動雲台付き張出アーム先端に取り付け、ミキサー車の全体像を画角に収める高さである約 3m まで上昇させる。カメラ BOX をポンプ車の中央部からややポンプ車の運転席よりカメラ BOX を張出す。最後に初めのポンプ車到着時に電動雲台

を地上からリモコンで操作することでカメラ BOX の角度調整することが可能である。これにより、最適なカメラ視点でコンクリート打設の状況を監視することが可能となる。

(2) 接続と電源

カメラ BOX と主装置 BOX は LAN ケーブルで接続される。LAN ケーブルは AI 検知用と録画用の 2 本を接続する必要がある。LAN ケーブルでの接続で安定したデータ通信を実現ができる。また、システム全体の電源供給には AC100V が必要で、現場の電源環境に応じて適切な電源ケーブルや延長コードを使用して接続する必要がある。

4. 現場検証とその結果

すさみ串本道路田子川橋 P2 橋脚工事現場において、これら先進技術を活用したコンクリート打設管理システムの現場検証を実施した。具体的には、P2 橋脚工事において開発した機材を設置し、コンクリート打設の時間管理の検証を行った。検証方法としては、以下の手順で行った。

4.1 検証方法

(1) 機材の設置

「カメラ BOX」「主装置 BOX」「設置用三脚及び電動雲台付きアーム」をポンプ車の運転席側後方(図-4)に設置し、カメラの画角がミキサー車の全体像を捉え到着、打設開始、打設終了、退場の各時間やその車両のナンバープレート 4 桁、運搬車番号がリアルタイムに監視できる位置、角度を主装置 BOX のモニターを確認しながら調整し設置した。

(2) データの収集・解析

ミキサー車の到着、打設開始、打設終了、退場の各時間やその車両のナンバープレート 4 桁、運搬車番号は自動的に記録され、且つ同時にクラウドにアップロードされる。そのデータは WEB アプリケーションから確認でき、正常に AI が起動しているかを確認することで評価を行った。

(3) 結果の比較

本開発で得られた結果と作業者によるチェック結果と比較し、精度や効率を評価する。

4.2 検証結果

現場検証の結果、AI 技術を活用したコンクリート打設管理システムは、作業者によるチェックと比較しても大差なく、良好な結果が得られた。具体的には、以下の点で優れた成果が確認できた。



図-4 現場検証時設置状況

(1) 精度について

最も重要視される練混ぜ開始時間(プラント出発時間)から打設終了時間までに要した時間について、作業者によるチェックと比較した。21 台中 5 台が誤差なし、10 台が 1 分の誤差、3 台が 2 分の誤差、1 台が 3 分の誤差、1 台が 4 分の誤差、1 台が 8 分の誤差となった。8 分誤差の車両について、WEB アプリから退出時画像と記録された時間を確認し、相違ないことを確認した。作業者によるチェックは、他の作業が時折発生していた経緯から時間チェックに誤差が生じた事も推察される。この結果から本システムで作成された打設管理表の精度は評価できる。

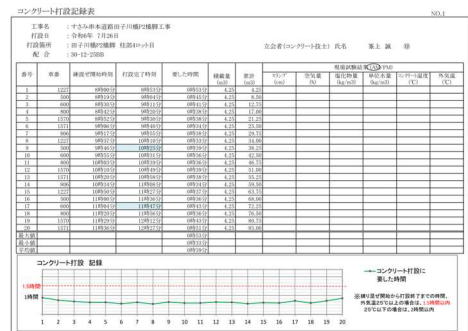


図-5 作業者によるチェックで作成した記録表

コンクリート打設管理システム

工 事 名	ずみみ草津建設新千住橋(河川橋)工事	法人名																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
発注代理人	佐藤建設	監督技術者																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
打 設 日	令和5年7月24日	天 候																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
打 設 箇 所	河川橋脚台座部	コンクリート種別																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
No.	数量 (m ³)	単位	計測時刻 ①	計測時刻 ②	計測時刻 ③	計測時刻 ④	計測時刻 ⑤	計測時刻 ⑥	計測時刻 ⑦	計測時刻 ⑧	計測時刻 ⑨	計測時刻 ⑩	計測時刻 ⑪	計測時刻 ⑫	計測時刻 ⑬	計測時刻 ⑭	計測時刻 ⑮	計測時刻 ⑯	計測時刻 ⑰	計測時刻 ⑱	計測時刻 ⑲	計測時刻 ⑳	計測時刻 ㉑	計測時刻 ㉒	計測時刻 ㉓	計測時刻 ㉔	計測時刻 ㉕	計測時刻 ㉖	計測時刻 ㉗	計測時刻 ㉘	計測時刻 ㉙	計測時刻 ㉚	計測時刻 ㉛	計測時刻 ㉜	計測時刻 ㉝	計測時刻 ㉞	計測時刻 ㉟	計測時刻 ㊱	計測時刻 ㊲	計測時刻 ㊳	計測時刻 ㊴	計測時刻 ㊵	計測時刻 ㊶	計測時刻 ㊷	計測時刻 ㊸	計測時刻 ㊹	計測時刻 ㊺	計測時刻 ㊻	計測時刻 ㊼	計測時刻 ㊽	計測時刻 ㊾	計測時刻 ㊿	計測時刻 00:00	計測時刻 00:05	計測時刻 00:10	計測時刻 00:15	計測時刻 00:20	計測時刻 00:25	計測時刻 00:30	計測時刻 00:35	計測時刻 00:40	計測時刻 00:45	計測時刻 00:50	計測時刻 00:55	計測時刻 01:00	計測時刻 01:05	計測時刻 01:10	計測時刻 01:15	計測時刻 01:20	計測時刻 01:25	計測時刻 01:30	計測時刻 01:35	計測時刻 01:40	計測時刻 01:45	計測時刻 01:50	計測時刻 01:55	計測時刻 02:00	計測時刻 02:05	計測時刻 02:10	計測時刻 02:15	計測時刻 02:20	計測時刻 02:25	計測時刻 02:30	計測時刻 02:35	計測時刻 02:40	計測時刻 02:45	計測時刻 02:50	計測時刻 02:55	計測時刻 03:00	計測時刻 03:05	計測時刻 03:10	計測時刻 03:15	計測時刻 03:20	計測時刻 03:25	計測時刻 03:30	計測時刻 03:35	計測時刻 03:40	計測時刻 03:45	計測時刻 03:50	計測時刻 03:55	計測時刻 04:00	計測時刻 04:05	計測時刻 04:10	計測時刻 04:15	計測時刻 04:20	計測時刻 04:25	計測時刻 04:30	計測時刻 04:35	計測時刻 04:40	計測時刻 04:45	計測時刻 04:50	計測時刻 04:55	計測時刻 05:00	計測時刻 05:05	計測時刻 05:10	計測時刻 05:15	計測時刻 05:20	計測時刻 05:25	計測時刻 05:30	計測時刻 05:35	計測時刻 05:40	計測時刻 05:45	計測時刻 05:50	計測時刻 05:55	計測時刻 06:00	計測時刻 06:05	計測時刻 06:10	計測時刻 06:15	計測時刻 06:20	計測時刻 06:25	計測時刻 06:30	計測時刻 06:35	計測時刻 06:40	計測時刻 06:45	計測時刻 06:50	計測時刻 06:55	計測時刻 07:00	計測時刻 07:05	計測時刻 07:10	計測時刻 07:15	計測時刻 07:20	計測時刻 07:25	計測時刻 07:30	計測時刻 07:35	計測時刻 07:40	計測時刻 07:45	計測時刻 07:50	計測時刻 07:55	計測時刻 08:00	計測時刻 08:05	計測時刻 08:10	計測時刻 08:15	計測時刻 08:20	計測時刻 08:25	計測時刻 08:30	計測時刻 08:35	計測時刻 08:40	計測時刻 08:45	計測時刻 08:50	計測時刻 08:55	計測時刻 09:00	計測時刻 09:05	計測時刻 09:10	計測時刻 09:15	計測時刻 09:20	計測時刻 09:25	計測時刻 09:30	計測時刻 09:35	計測時刻 09:40	計測時刻 09:45	計測時刻 09:50	計測時刻 09:55	計測時刻 10:00	計測時刻 10:05	計測時刻 10:10	計測時刻 10:15	計測時刻 10:20	計測時刻 10:25	計測時刻 10:30	計測時刻 10:35	計測時刻 10:40	計測時刻 10:45	計測時刻 10:50	計測時刻 10:55	計測時刻 11:00	計測時刻 11:05	計測時刻 11:10	計測時刻 11:15	計測時刻 11:20	計測時刻 11:25	計測時刻 11:30	計測時刻 11:35	計測時刻 11:40	計測時刻 11:45	計測時刻 11:50	計測時刻 11:55	計測時刻 12:00	計測時刻 12:05	計測時刻 12:10	計測時刻 12:15	計測時刻 12:20	計測時刻 12:25	計測時刻 12:30	計測時刻 12:35	計測時刻 12:40	計測時刻 12:45	計測時刻 12:50	計測時刻 12:55	計測時刻 13:00	計測時刻 13:05	計測時刻 13:10	計測時刻 13:15	計測時刻 13:20	計測時刻 13:25	計測時刻 13:30	計測時刻 13:35	計測時刻 13:40	計測時刻 13:45	計測時刻 13:50	計測時刻 13:55	計測時刻 14:00	計測時刻 14:05	計測時刻 14:10	計測時刻 14:15	計測時刻 14:20	計測時刻 14:25	計測時刻 14:30	計測時刻 14:35	計測時刻 14:40	計測時刻 14:45	計測時刻 14:50	計測時刻 14:55	計測時刻 15:00	計測時刻 15:05	計測時刻 15:10	計測時刻 15:15	計測時刻 15:20	計測時刻 15:25	計測時刻 15:30	計測時刻 15:35	計測時刻 15:40	計測時刻 15:45	計測時刻 15:50	計測時刻 15:55	計測時刻 16:00	計測時刻 16:05	計測時刻 16:10	計測時刻 16:15	計測時刻 16:20	計測時刻 16:25	計測時刻 16:30	計測時刻 16:35	計測時刻 16:40	計測時刻 16:45	計測時刻 16:50	計測時刻 16:55	計測時刻 17:00	計測時刻 17:05	計測時刻 17:10	計測時刻 17:15	計測時刻 17:20	計測時刻 17:25	計測時刻 17:30	計測時刻 17:35	計測時刻 17:40	計測時刻 17:45	計測時刻 17:50	計測時刻 17:55	計測時刻 18:00	計測時刻 18:05	計測時刻 18:10	計測時刻 18:15	計測時刻 18:20	計測時刻 18:25	計測時刻 18:30	計測時刻 18:35	計測時刻 18:40	計測時刻 18:45	計測時刻 18:50	計測時刻 18:55	計測時刻 19:00	計測時刻 19:05	計測時刻 19:10	計測時刻 19:15	計測時刻 19:20	計測時刻 19:25	計測時刻 19:30	計測時刻 19:35	計測時刻 19:40	計測時刻 19:45	計測時刻 19:50	計測時刻 19:55	計測時刻 20:00	計測時刻 20:05	計測時刻 20:10	計測時刻 20:15	計測時刻 20:20	計測時刻 20:25	計測時刻 20:30	計測時刻 20:35	計測時刻 20:40	計測時刻 20:45	計測時刻 20:50	計測時刻 20:55	計測時刻 21:00	計測時刻 21:05	計測時刻 21:10	計測時刻 21:15	計測時刻 21:20	計測時刻 21:25	計測時刻 21:30	計測時刻 21:35	計測時刻 21:40	計測時刻 21:45	計測時刻 21:50	計測時刻 21:55	計測時刻 22:00	計測時刻 22:05	計測時刻 22:10	計測時刻 22:15	計測時刻 22:20	計測時刻 22:25	計測時刻 22:30	計測時刻 22:35	計測時刻 22:40	計測時刻 22:45	計測時刻 22:50	計測時刻 22:55	計測時刻 23:00	計測時刻 23:05	計測時刻 23:10	計測時刻 23:15	計測時刻 23:20	計測時刻 23:25	計測時刻 23:30	計測時刻 23:35	計測時刻 23:40	計測時刻 23:45	計測時刻 23:50	計測時刻 23:55	計測時刻 00:00

図-6 本システムで作成した記録表

(2) 効率について

現状、作業員が打設作業中かかりきりでミキサ車の各時間を記録している。この労力は昨今の労働環境において効率化すべき作業である。また、打設作業終了後の事務所での記録表作成作業も手入力で行われており時間的負担や入力ミスなども課題となっている。それに対して、上段の結果から本システムを使用することで、打設作業時間約3時間/日は人による介在が不要となり、労働力削減、コスト削減に繋がるものと考えられる。

また、撮影している動画は主装置BOX内に保存しており、検知結果の根拠としても確実なデータを得ることができる。

5. まとめ

本論文ではAI技術を含む先進技術を活用したコンクリート打設管理システムの開発プロセスと、その現場での実証結果について報告とし、以下に、本開発の主要な成果と今後の展望についてまとめるものとする。

5.1 主要な成果

(1) システムの有効性

- 「エッジAIカメラ」「クラウドサーバー」「WEBアプリケーション」「OCR技術」「データ閲覧用端末」を組み合わせた本システムにより、コンクリート打設の各プロセスをリアルタイムで監視・管理することが可能となった。

- 現場検証の結果、本システムは作業員によるチェックと比較しても大差なく、精度と効率の両面で優れた成果を示すことができた。

(2) 効率の向上

- ・打設作業中の作業員の負担を軽減し、記録作業の自動化により、作業効率が向上できた。
- ・打設作業終了後の記録表作成作業も自動化され、時間的負担や入力ミスを削減できた。

5.2 今後の展望

本システムの現場検証により、その有効性が確認されたが、更なる改良点も確認でき、今後の展望として、以下の点が挙げられる。

(1) システムの拡張とハード面の改良

- ・追加の機能として、納入書のリアルタイム検知を導入することにより、コンクリートの品質管理へのアプローチを視野に改良を検討する。

- ・AI検知用と録画用の2つのカメラがあるが、これによりLANケーブルも2本必要となる。設置時の煩雑さ解消を目的にカメラの統一化を図る。LANケーブルも1本にし、よりシンプルなハードウェア構築を目指す。

(2) ユーザーフィードバックの活用

- ・スランプ値の入力により作業員の経験則から判断している部分を数値化し品質管理に活かせるよう改良を検討する。

(3) AIアルゴリズムの改善

- ・AIアルゴリズムの精度向上を図り、特に打設開始の検知について、更に高精度な検知能力向上の実現を目指す。

- ・継続的な学習とデータの蓄積により、システムの向上を目指す。

5.3 結論

本研究を通じて、AI技術を含む先進技術を活用したコンクリート打設管理システムが、コンクリート打設現場における時間管理と作業効率の向上に大きく貢献することを示すことができた。今後もレンタル会社の立場から建設業界の生産性向上に寄与することを目指し、改善改良に注力する。