

AIを用いたコンクリート打設時間監視システム ～AI画像・文字認識技術による現場DX化～

赤池 考起¹

¹株式会社安藤・間 建設本部 土木設計部

一度に大量のコンクリートの打込みを行う工事では複数の生コン工場から出荷されたコンクリートを複数のポンプ車を用いて打ち込むこととなる。打込みペースの把握、最終数量の調整、練り混ぜから打込み終了までの時間を管理する業務が複雑化するため、従来の管理方法ではそれらに多くの人員を配置する必要がある。そこで、コンクリートの打込み管理における、省力化、生産性向上、リアルタイムでの品質管理の実現を目指し、AIを活用した画像認識技術とOCR（光学式文字認識）技術を応用したコンクリート打設数量・時間管理システムを開発した。本稿では、そのシステムの概要と現場での試用結果について紹介する。

キーワード：打込み管理，エッジAI，OCR，リアルタイム品質管理，生産性向上

1. はじめに

近年の建設プロジェクトの大型化に伴い一度に大量のコンクリートの打込みを行う需要が高まり、それとともに大量のトラックアジテータ（以下、生コン車）および複数のポンプ車を管理する人手が必要になってきている。また、コンクリートの品質管理、特に打込み時間の管理はより重要になり、従来の管理手法ではリアルタイムに技術基準を順守することが困難になってきている。コンクリートの打込みは水がセメントに触れてから排出されるまでの時間が重要であり、施工者は生コン納入の時間的 management が緊切な課題である。大量の打込みを行う場合には、異なる工場から多数の生コン車を使用することが多く、その結果、現場に生コン車の長い列ができ、規定された時間内に打込めない生コンが生じることがある。このような課題は、現在実施されている伝統的な管理手法が近年のプロジェクトの大型化や人材不足や要求品質の向上といった社会の流れについていくことができないことで浮き彫りになってきており、新たなシステムの導入が必要とされてきている。

そのような中でデジタル化（DX）と人工知能（AI）に目を向けると、それらを活用したソリューションは工場の操業からトラックの配車、メンテナンスに至るまで、建設業界を変革する可能性を秘めている。特にAI技術は、業務効率を高め、専門知識のギャップを埋め、問題の特定と解決のための予測分析を可能にする洞察を提供することが可能であり、旧来よりデジタル革新の導入が遅れていた建設業界にとって、インフラ需要、労働力不足、データの透明性を求めるステークホルダーからの圧力などの要因により、現在デジタル導入を後押ししている。

近年では、コンクリートの分野でRFID（無線自動識別タグ）やGPS（全地球測位システム）などの技術が打込み管理に広く利用されている。また、混練時間、出発、到着、完了時間などの重要なデータを記録する技術（戸田建設株式会社2014¹、太平洋セメント株式会社2012²）や、位置情報ベースのモニタリングシステム、フリート管理アプリ、コンクリート配送トラックのリアルタイム配車システムなどの研究も導入されており、これらはすべて業務効率の向上とコスト削減を目的としている（Dela Cruz & Magpantay 2018³、Nuqui & Mendoza 2019⁴）。

本稿で紹介するシステムも、労力削減やリアルタイム品質管理といった業務パフォーマンスやコスト削減に重点を置いており、生コン車の到着や打込み開始・終了を自動記録し、納品書の内容をデジタル化し、そのデータを統合してリアルタイムにクラウドに送信するエッジAI技術を活用している。生コン車の打込み時間・数量管理を自動化し、打込み数量管理や打込みペースなどの状況をリアルタイムに瞬時に把握することを可能にした。

2. システム概要

(1) システムの構成・情報の取得

本システムは、エッジAI技術により、生コン車の到着や打込み開始・終了を自動記録し、リアルタイムにそのデータをクラウドに送信する。また、納品書の内容をデジタル化してクラウドに送信する機能も備えており、生コン工場ごとの打込み数量や、打込みペースなどの状況をリアルタイムで瞬時に把握する。クラウドシステムは、Amazon Web Services（AWS）を利用した仮想サーバー、データベース、ストレージを利用し、納品書の文字認識

はLINE CLOVA OCRで行う。これらのデータを統合することで、具体的な打込み管理帳票を自動作成し、関係者が容易にアクセス・利用できるように体系化したデータベースを作成する。図-1にシステム構成を示す。

(2) システム・ハードウェア

本システムは、ドームカメラ(HIKVISION: DS-2DE4A42SIW-DE)、ミニPC(インテル® NUC キット: NUC6i5SYH)、タブレットの3つの主要なハードウェアコンポーネントで構成されている。ドームカメラは、生コン車の現場への進入、ポンプ車への接近、ポンプ車からの離脱の動きをリアルタイムで撮影し、LANケーブル経由でミニPCに送信する。システムの中核となるミニPCではAIモデルを採用し、受信した画像から車両ナンバープレートを検出する。この情報は、USB SIMドングルを介して確立されたインターネット接続を介してクラウドに送信する。さらに、タブレットはウェブベースのアプリを通じて納品書をデジタル化する。タブレットのカメラを使って画像をキャプチャし、OCR処理のためにリモートサーバーに送信する。出来上がったデータは、クラウドとタブレットのユーザー・インターフェースに送り返す。

(3) 入場口での情報の取得

AIモデルを搭載したミニPC(写真-1)に接続したネットワークカメラを現場入口(写真-2)に設置し、視界に入った生コン車のナンバープレートを検知する。検知したナンバープレートと時刻情報は即座にクラウドに送信する。

(4) 打込み箇所での情報の取得

上記で述べた入場口と同様に、打込み箇所後方にネットワークカメラとミニPCを設置し、画角内に入ってきたトラックアジテータのナンバープレートを検知する。打込み箇所のカメラでは写真-3で示すように1台のポンプ



写真-1 miniPC (カメラとLTE モデムに接続状態)



写真-2 入場口での撮影状況



写真-3 打込み箇所での撮影状況

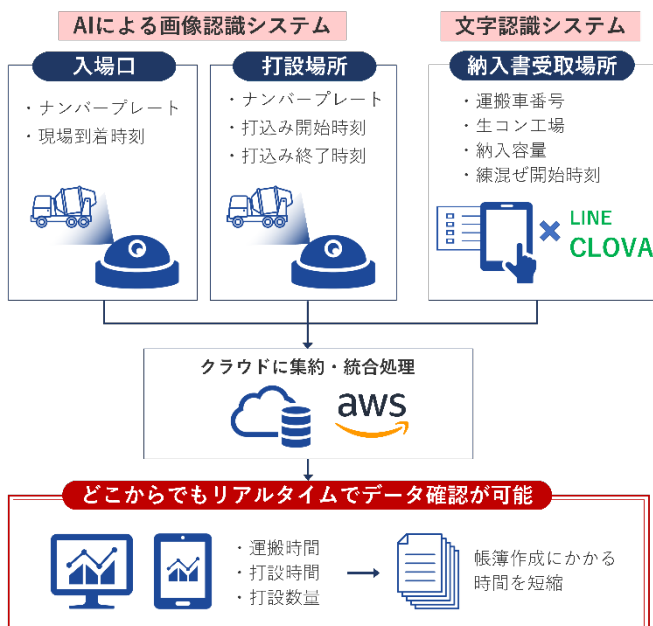


図-1 システムの構成

車に2台のトラックアジテータが配置されることが多いため、画角内に映るナンバープレートに座標情報を持たせ、2つのナンバープレートを識別する。ナンバープレートの検知については同一のナンバーが同一座標上に30秒間連続して検知された時刻を打込み開始時刻とし、同一のナンバープレートがその座標上から検知されなくなり、20秒経過した時刻を打込み終了時刻とした。

(5) 納入書の撮影による情報取得

コンクリート納品書をiPadで撮影し、OCR（光学式文字認識）技術で画像データから情報を取得してクラウドに送信する。具体的には、写真-4のように生コン車のミキサーの運転手がタブレットの真下にあるボックスに納品書を入れ、外部ボタンを1回押して納品書を撮影する。取得する情報は、納品書に記載されている車両番号、練り混ぜ開始時刻、納入容量、工場名の4項目である。

(6) ナンバープレートの撮影

太陽光の位置によっては、逆光でネットワークカメラ

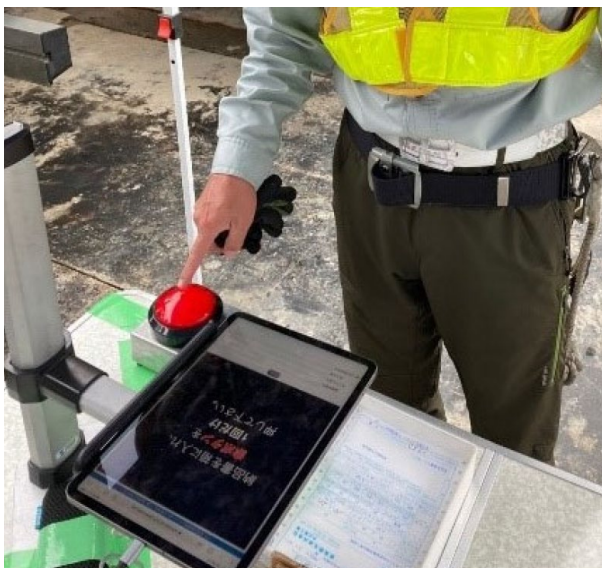


写真-4 納入書の読取り状況

の視認性が悪くなったり、生コン車の移動による振動でカメラの視野がずれることがある。また、予期せぬ故障も考えられる。そこで、このような状況に迅速に対応するため、図-2に示すようなカメラの設定（向き、ズーム、フォーカス）、ネットワーク接続、AI検知モデルのリアルタイム出力を管理者が遠隔で確認・修正できるWebベースのアプリを開発した。

(7) 生データの統合処理

コンクリート打込み管理フォームを作成し、簡単にアクセスできる体系的なデータベースを確立することを目的として、クラウドに保存されたデータの表示、変更、出力を容易にするWindows用VBAアプリを開発した。このアプリにより、管理者は複数の現場の打込みデータを閲覧することができる。納品書情報、現場到着情報、打込み開始・終了時刻などの生データは、待機データとしてクラウド上に一時保存され、ユーザーは、図-3に示すように、この待機データをアプリ上で可視化できる。不正確なデータや欠落しているデータがある場合は、待機キューにデータが残っている限り、手動で修正や追加が可能である。統合処理されたデータはコンクリートの打込みの台帳として利用できるため、打込み台帳作成を省略することができる。

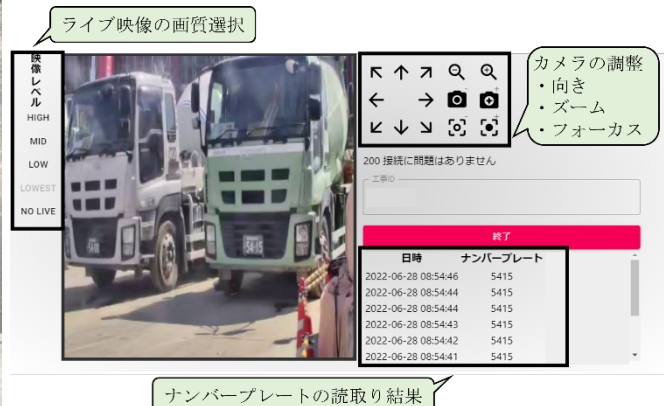


図-2 リモート操作画面

待機データ								Excel書出		データ更新		閉じる(X)						
納入書のデータ								現場到着データ		打込み開始データ		打込み終了データ						
処理	iPad	工場	車番	量	練混	ナンバー	状態	到着	ナンバー	開始	IP	pos	ナンバー	終了	IP	pos	ナンバー	
09:26	1		2924	4.25	09:03	3085	100	09:06	2200	09:08	1	A	2210	09:21	1	A	2210	
10:39	1		2927	4.25	10:17	3088	000	09:06	1062	09:10	2	A	1062	09:23	2	A	1062	
13:04	1		72	4.75	12:41	776	011	09:25	3085	13:14	2	A	776	13:37	2	A	776	
14:33	1		72	4.25	14:10	776	011	09:33	10	14:33	2	A	776	14:47	2	A	776	
								09:33	10	15:17	1	A	10					
								09:33	10									
								09:34	10									
結合後最終データ																		
結合データ(最新5件)																		
14:59	1		32	4...	14:41	2203	111	14:58	2203	15:06	2	B	2203	15:18	2	B	2203	
14:43	1		33	4...	14:21	2204	111	14:42	2204	14:55	2	B	2204	15:09	2	A	2204	
14:41	1		62	4...	14:20	2962	111	14:40	2962	14:48	2	A	2962	15:04	2	A	2962	

図-3 待機データ

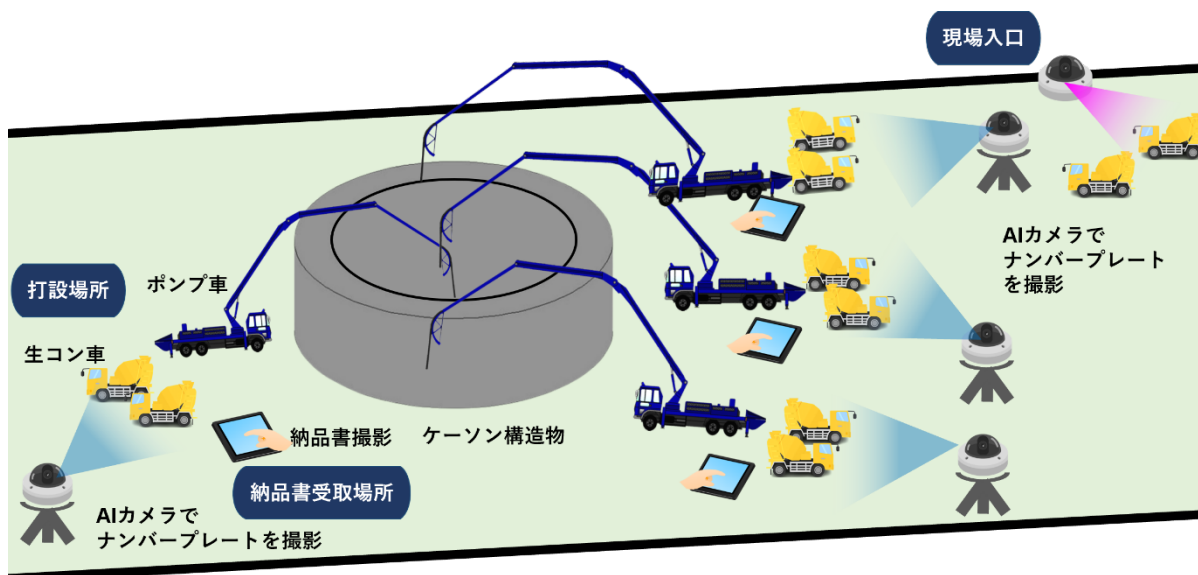


図-4 現場配置図

3. 現場でのシステム適用

これまで、大型ケーソン工事、高架橋工事、大型調整池工事の3つの工事現場で本システムを活用してきた。

図-4に示す大型ケーソン工事現場では、7つの生コン工場から1回あたり約1500m³のコンクリートを受け入れ、4台のポンプ車でコンクリートを打ち込んだ。このシステムの導入により、従来必要であった専任の管理者の人数を省くことができた。またコンクリートの打込み量をリアルタイムで把握できるため、残コン・戻りコン量も従来に比べ約60%削減することができた。

現場での検証を繰り返すことでAIが学習し、さらに読み取り精度を向上させるための修正を行った結果、86%から99%まで精度を向上させることができた。本システムは自動化されているが、表-1に示すように、その精度は必ずしも100%ではない。現場では、システムでは検知できない生コン車の動きが発生することがあり、100%の精度を確保するためには人手による修正が必要である。

4. おわりに

建設業界では人手不足が長期的な課題となっており、特に専門技術を持った人材の確保が難しい。AIカメラを活用したシステムを導入することで、現場作業員の削減や品質管理の徹底が可能となり、生産性の課題解決にもつながる。

日本ではAIを活用したプロジェクトが実施に至る成功率は3%と非常に低い。その背景には、開発された技術とユーザーとのギャップがあると考えられる。その中で、本システムの開発・実用化実績は、建設業界におけ

表-1 開発したシステムを大型ケーソン工事現場に適用した場合の現場検証結果

検証回数	1	2	3	4	5	6	7	8
精度(%)	86	81	67	62	79	93	95	99
精度(%) (修正済み)	93	96	89	92	96	99	100	100

るDX推進の好事例として評価でき、今後もこのような技術の応用が業界全体の生産性向上に大きく貢献することが期待される。

参考文献

- 1) 戸田建設株式会社(2014): 生コンクリートの管理方法(特許第 JP5389633B2 号)日本国特許庁(JP)
<https://patents.google.com/patent/JP5389633B2/>
- 2) 太平洋セメント株式会社(2012): アジテータ車および生コンクリート製造管理装置(特許第 JP4958211B2 号)日本国特許庁(JP)
<https://patents.google.com/patent/JP4958211B2/>
- 3) Dela Cruz, E., & Magpantay, C.: Location-based Monitoring System for Cement Mixer Vehicle Using RFID & GPS Technology. 2018 18th Philippine Computing Science Congress, 1-5. doi: 10.1109/PCSC.2018.00010
- 4) Nuqui, J. M., & Mendoza, P. M.: Impact of Real-time Monitoring System on Fleet Efficiency of Truck Mixers in Construction Industry. 2019 3rd International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics, 1-6. doi:10.1109/EECSI47495.2019.8978 745