

生コンクリート向け計量操作盤 「PAT-ONE」の新規開発について

PAT ONE

パシフィックシステム株式会社
FAソリューション部第2グループマネジャー 井上 哲也



1. はじめに

生コンクリートを製造する生コン工場において、計量操作盤は必要不可欠なシステムである。パシフィックシステム(株)では長年のノウハウと技術を進化させ、新たに画像解析技術やデータ処理技術を活用した計量操作盤「PAT-ONE」を開発した。

2021年より要素技術の習得、機能や構成の検討をはじめ、2023年7月にモデル工場への導入を経て、同年12月にプレスリリースし販売を開始した。

2. 開発の目的

古いアーキテクチャから脱却し、自社による基板の設計と新たな通信規格の採用により高い拡張性と柔軟性を実現し、さらに新たな技術や機能の搭載によって生コン工場における製造DXを強力にサポートできる製品開発を目的とした。

3. PAT-ONEの特徴

3-1 概要

PAT-ONEは旧モデルのPAT-8200からのフルモデルチェンジとなり、昨今

のニーズに対応できるよう、100%新設計の計量操作盤となっている。

新たな技術要素として画像解析技術による異常検知、生コン製造コンシェルジュ機能、タブレット活用機能、製造能力の見える化などの機能を搭載した。また、EtherNet/IP®規格機器対応による外部機器との連動性向上や省配線

化など、高い拡張性を実現した。

画面、機器構成などは一新しているが設定項目や操作感は踏襲しており、旧モデルのPAT-8100、PAT-8200等を利用している顧客にも全く違和感なく使用できるよう設計した。

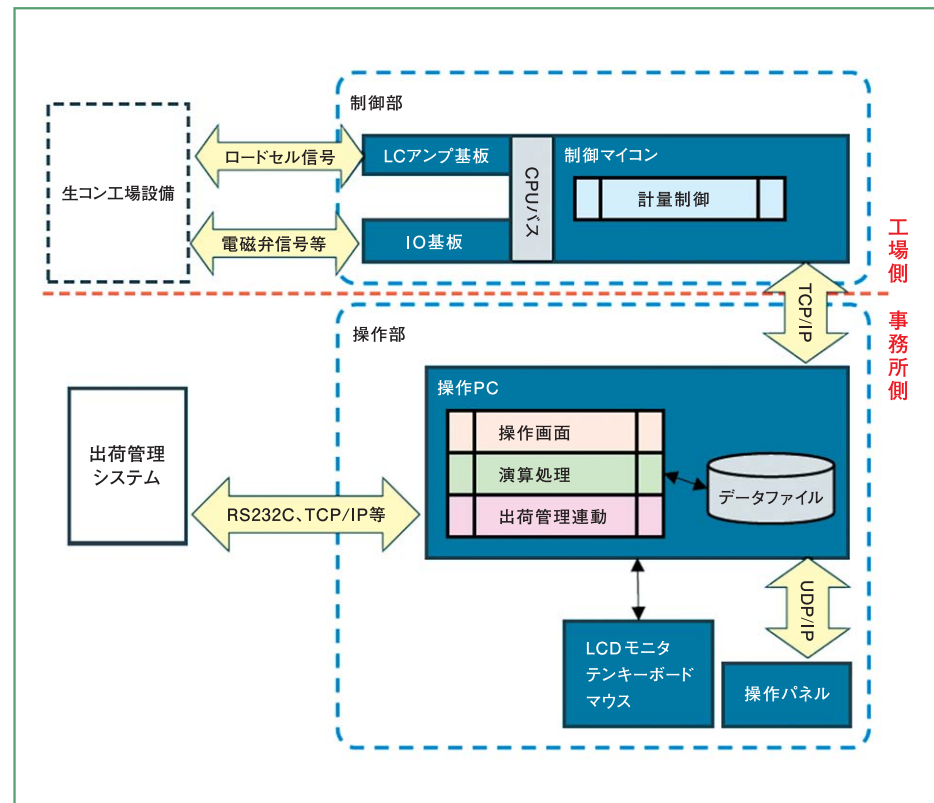


図-1 旧モデルの概略システム構成

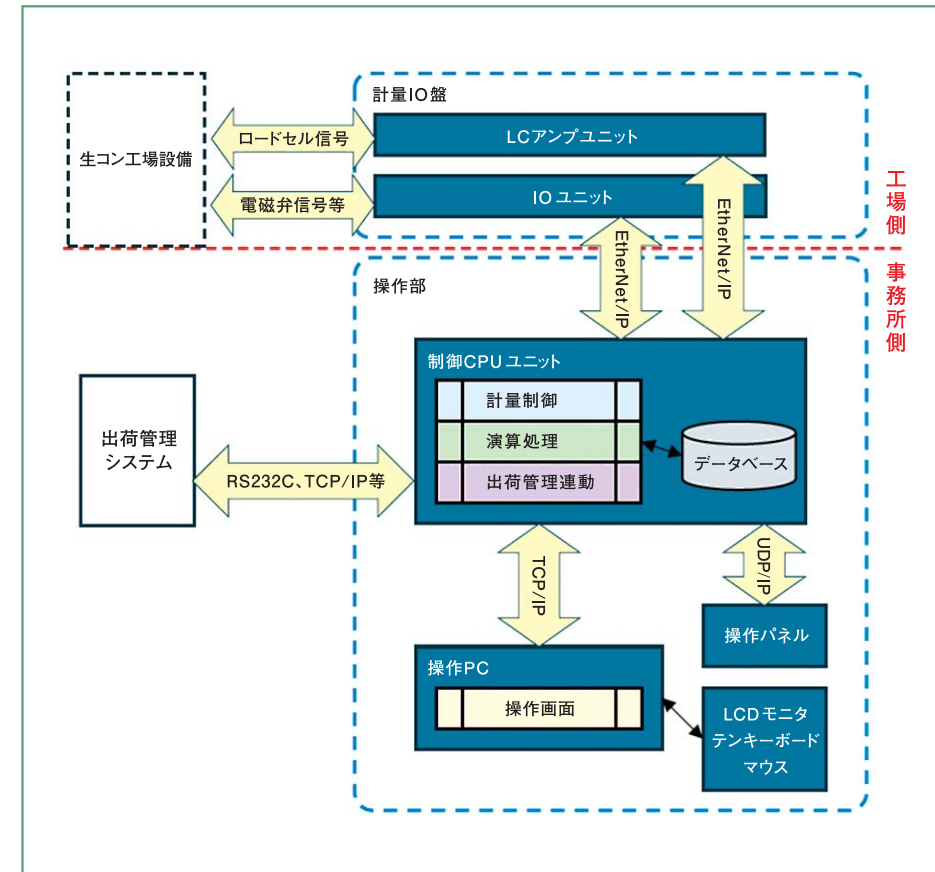


図-2 PAT-ONEの概略システム構成

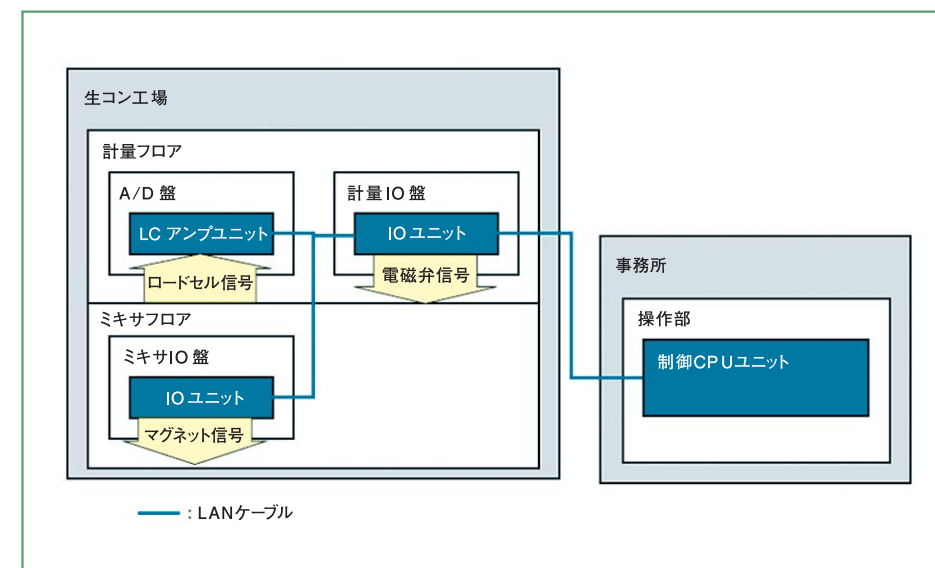


図-3 分散配置例

3-2 システム構成

旧モデルでは「出荷管理連動」「演算処理」は操作PC、「計量制御」は制御マイコンで処理され、動作が別れていたため、通信により処理が複雑化していた(図-1)。

また、旧モデルでは「計量混練制御処理」が動いている制御マイコンのCPUバスにロードセルアンプ(以下、LCアンプ)

基板やIO基板が接続されているため、例えばLCアンプは計量フロアに設置し、それ以外のIO機器をミキサフロアの動力盤の横に設置したいというような分散配置の要求に対応できないという課題があった。

PAT-ONEではこれらを解決するため、工場側にはLCアンプユニットやIOユニットなどのリモート機器のみを設置、

操作PCは「操作画面」のみを処理し、主要処理(「計量処理」「演算処理」「出荷管理連動」)を制御CPUユニットで処理するよう構成を整理したことで、各主要処理間のタイムラグはなくなり、内部工程の維持が改善された(図-2)。

3-3 分散配置

3-2で述べたシステム構成の変更により、LANケーブルの敷設と電源の用意のみでLCアンプユニットやIOユニットの設置が可能となり、フロアや工場設備別にIO盤やA/D盤を用意することで、省配線や新型のユニット型プラントへの対応も高いレベルで可能となった。

通常、工場側は計量フロアに計量IO盤を設置し、各設備からのロードセル信号や電磁弁信号などを接続するため、複数の信号線を敷設する必要がある。図-3の例では、計量器からのロードセル信号を受ける箇所とミキサー関係のマグネット信号を制御する3面構成となり、省配線化が実現できる。

3-4 制御CPUユニット

制御CPUユニットはPAT-ONEの中核となっており、計量操作盤の主要処理(計量混練制御処理、配合演算処理、出荷管理連動処理)とデータベースサーバを受け持っている。

この制御CPUユニットの中核となるCPUモジュールとして、現在産業分野の組み込みシステムで主流となっているARM系のプロセッサを持つRaspberry Pi Compute Module 4(以下、CM4)を採用した(写真-1)。

一般的にRaspberry Pi※は学習用・ホビー用と捉えられているが、CM4は同様のプロセッサ・機能を持っていないながら全くコンセプトが異なり、産業・ロボット制御・IoT等組み込みシステムへの使用目的で開発されているため、耐久性が高く、製品ライフサイクルが長く設定されている。また、組み込みシステムを構築するのに適した55×40mmのコンパクトなフォームファクタが特徴で、CM4本体に合わせたベース基板の開発が必須



写真-1 CPUモジュール(CM4)

となっており、目的に合わせて必要なインターフェースを取捨選択して組み込むようになっている。

※ARMプロセッサを搭載したシングルボードコンピュータ。イギリスのRaspberry Pi財団(非営利組織)とRaspberry Pi Ltd(営利組織)によって開発されている。日本語では略称としてラズパイとも呼ばれる。(価格.comマガジン: <https://kakakumag.com/pc-smartphone/?id=10014>より)

このベース基板は自社設計とし、当社の計量操作盤に最適なインターフェースを実装した(写真-2)。

CM4ではLinuxというマルチタスクの汎用OSが動作する。当社ではこのLinuxのカーネルソースにプリエンティブなリアルタイムカーネルスレッド機能を実現する



写真-2 CM4用ベース基板

REEMPT_RTパッチを適用し、カスタムカーネルにより計量混練制御のために十分なリアルタイム性能を確保した。

また、LinuxOS上でPostgreSQLデータベースサーバを動作させ、配合マスターや製造データなどのデータ類はデータベースに保存

する構成とした。これらにより、制御CPUユニットで計量混練制御のみならず配合演算、データ管理、出荷管理との通信などを行えるようになり、CM4内に計量混練サーバを構築している。

3-5 EtherNet/IP®

工場側機器はEtherNet/IP規格に対応したリモート機器を採用した。

EtherNet/IPはイーサネットを使用した産業用のマルチベンダネットワーク規格で、この仕様はオープンな規格としてODVA (Open DeviceNet Vendor Association, Inc.)により管理され、さまざまな産業機器に採用されている。したがって、EtherNet/IP規格に対応することで複数メーカーの製品同士の相互運用が可能となる。EtherNet/IP規格の採用により、外部機器との連動性向上や省配線化など、高い拡張性を実現した。



写真-3 LCアンブユニット

EtherNet/IPにはスキャナとアダプタという役割がある。スキャナは一般的に言うマスター、アダプタはスレーブに近い。「計量混練制御処理」を行う制御CPUユニットにEIPScanner(OSSライブラリ)を利用してスキャナ機能を構築した。

アダプタは前述どおり複数メーカーの製品があり、IOユニットにはコストと機能のバランスからKEYENCE社の製品を採用した。

3-6 LCアンブユニット

3-5で述べたEtherNet/IPに対応させるため、計量制御の要となるA/D制御を行うLCアンブユニットを新たに開発した(写真-3)。

最も重要なアナログ増幅部分は、PAT-8200で実績のあるアナログ回路を踏襲した。アナログ基板1枚当たり2チャンネル構成とし、またロードセル接続コネクタは計量操作盤更新時に作業を短縮できるようPAT-8200のLCアンブと共通とした。

ほとんどの生コン工場に対応できるよ12チャンネルまで増設可能としている。

4. 新たな要素技術

4-1 画像解析技術の活用:ミキサー車ドラム回転検知

新機能として、画像解析技術を活用しミキサー車ドラム回転検知機能を組み込んだ(特許出願中)。



図-4 ミキサー車から生コンが溢れるイメージ



写真-4 ミキサー車の監視カメラ画像

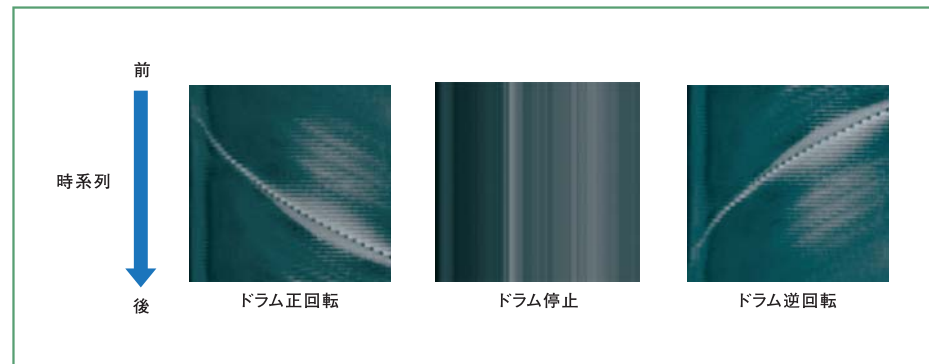


図-5 回転方向の検出

ミキサー車へ生コンクリートを積み込む際、ドラムが逆回転をしていると生コンクリートが溢れるため出荷が一時停止する。本機能はこのドラムの回転方向を検知し、逆回転や停止状態では積み込みのインターロックをかけることになっている(図-4)。

計量操作盤の本質は計量制御のため、付加機能に大きなコストはかけられない。特別な機材やGPU等の追加をすることなく、設置されている積み込みの監視モニター画像を利用した画像処理により回転を検知できるよう開発した(写真-4)。

画像処理ライブラリや高価なプロセッサが必要なAIを用いないフットプリントサイズの小さな画像処理を開発したことにより、操作PCのCPUパワーで検出可能となっている(図-5)。

4-2 PAT-eサポート

製品のIoT化により、稼働状況・出荷実績などを手持ちのパソコンで閲覧可能となった。月次レポートによる計量精度の分析、製造能力分析、プラント製造能力のシミュレーションなどにより、製造の見える化や意思決定支援など製造DXを

サポートする。また、BCPサポートとしてシステム終了時に各種データをクラウドに自動バックアップを行う仕様とした。

5. 今後の展開と課題

今後の計量操作盤はAIの活用が期待される。当社ではAI開発に力を入れており、より付加価値が高く競争力のある製品づくりに活かしていく。また、部門は専門であるプラント制御機器と組み込み制御の開発力(作り込みの技術)を高めていく必要がある。PAT-ONEの開発を通じて、若い世代にゼロから開発する作り込みの技術を身につけさせることができたと考えている。

計量操作盤はおおよそ10年程で更新タイミングとなる。次の更新タイミングでさらに品質の高い製品を提供できるよう作り込みの技術の維持向上に努めたい。作り込みの技術は製品のメンテナンスやユーザカスタマイズでは身につかないので、確かな技術を身につけさせるために開発の機会を与えるだけでなく、新しい技術要素にアンテナを張り、資料を集め、最適な構成を考えさせることで若い世代の技術力向上に取り組んでいく。

謝辞

2023年7月にモデル工場として、1号機を埼玉太平洋生コン(株)東松山工場に導入し、約6ヵ月間データを収集させていただきました。ご協力いただいた同社および関係者の皆様にはこの場をお借りいたしまして感謝申し上げます。

いのうえ・てつや

【著者略歴】

1994年 システム総合開発株式会社
(現 パシフィックシステム株式会社)入社
現在 同社FAソリューション部第2グループマネジャー