

(解説)

ゴム混練機用新標準制御システムの開発

橋本竜馬^{*1}・牟礼祥一^{*1}

Development of a New Standard Control System for Rubber Mixers

Ryoma HASHIMOTO・Shoichi MURE

要旨

PCベースの新たな標準制御システムBBMC（BB mixer Monitor & Controller）を開発した。BBMCは、従来システムが抱えていたデータ処理能力の限界やソフトウェア管理の複雑さを克服することを目的に開発されたものである。

BBMCは、進歩の著しいデジタル技術の活用を視野に入れ、多機能化を実現している。すでに多くのお客様に採用されており、今後もお客様ニーズの拡大が見込まれる。これらのニーズに迅速かつ柔軟に対応することで、ゴム混練機の付加価値向上を図り、さらにはお客様満足度の向上を目指していく。

Abstract

A new PC-based standard control system, BB mixer Monitor & Controller (BBMC), has been developed. The BBMC has been designed to overcome the limitations of conventional systems, such as data processing capacity and the complexity of software management. It has realized multi-functionality to utilize rapidly advancing digital technology. Many customers have already adopted the system, and customer needs are expected to expand. By responding to these needs quickly and flexibly, Kobe Steel will strive to increase the rubber mixer's added value and further increase customer satisfaction.

検索用キーワード

ゴム混練機, ミキサ, バンバリー, BBMC, コントローラ, 自動混練, AI, IoT, DX, Windows

まえがき＝ゴム混練機とは、タイヤなどのゴム製品の製造工程において、天然ゴムや各種添加材（カーボンブラック、シリカ、オイルなど）を混合・混練する機械である。

従来、ゴム混練機の標準制御システムとして、「タッチパネル＋PLC（Programmable Logic Controller）」を提供してきた。また、自動混練機能を必要とするお客様には、PCベースのMP（Mixing Process）コントローラを別置きのオプションとして提供していた。

しかし、近年、DX（デジタルトランスフォーメーション）、IoT（モノのインターネット）、AI（人工知能）といったデジタル技術の活用が求められ、競合他社も積極的な開発を進めている。このような状況の中、従来の制御システムでは、これらの技術に必要な複雑かつ大量のデジタルデータを高速に演算することが困難であった。

これらの課題を克服するために、従来のタッチパネルをPCに置き換え、MPコントローラを統合した新たな標準制御システム「PC＋PLC」を開発し、BBMC（BB mixer Monitor & Controller）と命名した。BBMCはWindowsをプラットフォームとし、その上に様々なソフトウェア機能をモジュール化することで、お客様のニーズに応じた柔軟なアプリケーションの提供を可能に

している。

いっぽう、制御システムの多機能化に伴い、ソフトウェア管理の煩雑化や無断複製のリスクといった課題も生じている。これらの課題を解決するためには、新たな対策が必要である。

本稿では、BBMCの主な機能、ソフトウェア管理の手法、複製防止策、および今後の方向性について紹介する。

1. システム構成、動作・開発環境

BBMCの基本情報である、システム構成、および動作・開発環境について紹介する。

1.1 システム構成

ゴム混練機のシステム構成を図1に示す。

まず、盤構成について説明する。ゴム混練機では、制御盤と操作盤を標準として提供している。

制御盤は電気室に設置され、PLCを搭載している。主な役割として、ゴム混練機に搭載される各種計測信号（センサ信号、スイッチON/OFF信号など）の取り込み、電磁弁のON/OFF制御、およびインバータ制御を担う。

操作盤はゴム混練機の近傍に設置され、オペレータが操作を行うための装置である。BBMCがインストールされたLocal PCを搭載し、OPC（OLE for Process Control）Serverを介してPLCと通信するほか、PLCか

^{*1} 機械事業部門 技術本部 メカトロ技術部

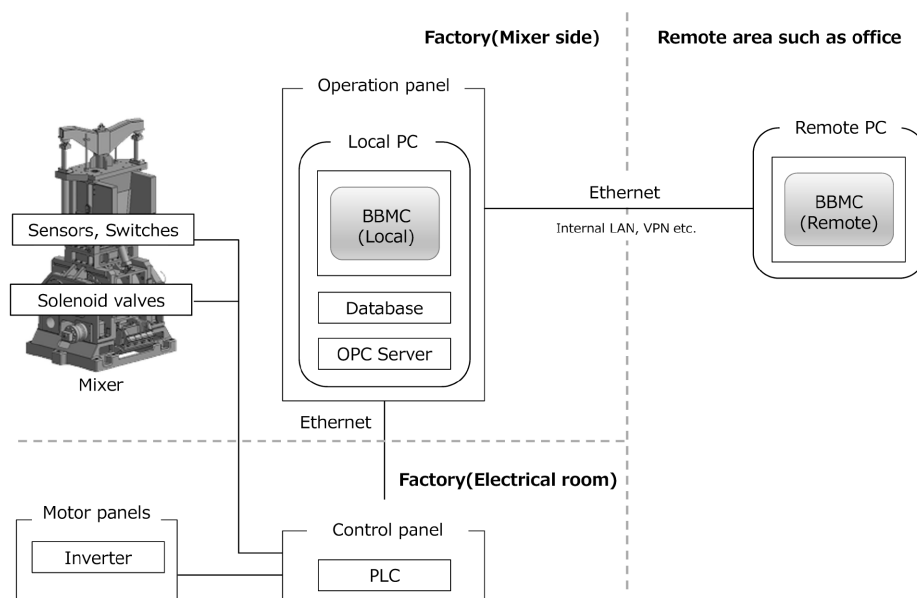


図 1 ゴム混練機のシステム構成図
Fig.1 System configuration for BB mixer

ら取得したデータを Database (SQL Server) にログインする。この BBMC を「BBMC Local 版」と呼び、第 2 章に示す機能を有する。

いっぽう、BBMC には「Remote 版」も存在する。Remote 版では、Remote PC を Local PC と社内 LAN や VPN (Virtual Private Network) で接続することで、お客様は BBMC Local 版のはほぼすべての機能（アクチュエータ駆動などを除く）を事務所や別工場などの遠隔地から利用できる。

1.2 動作・開発環境

BBMC の動作環境は、Windows (7/10) と .NET Framework で構成されている。 .NET Framework を採用することで、新しい OS やプログラム言語への柔軟な対応が可能となる。

また、BBMC で採用している Windows 10 のエディションは Enterprise LTSC (Long-Term Service Channel) である。これは、長期間にわたって安定した環境で使用できるように設計されたエディションであり、2029 年までのサポートが受けられる。そのため、現時点では Windows 11 への移行計画は立てていない。

さらに、BBMC の開発環境には Microsoft Visual Studio を使用しており、プログラム言語として VB.NET を採用し、ユーザインタフェースには Windows Forms を用いている。

2. BBMC の機能

BBMC の主な機能は以下のとおりであるが、お客様のニーズに応じて必要な機能のみを組み合わせ提供している。なお、これらの機能は、第 1.1 節で記載した BBMC Local 版および BBMC Remote 版で利用できる。

2.1 モニタ、手動操作機能

従来のタッチパネルと同様の機能を備えており、主要データのモニタリングやお客様による手動操作（モータ操作など）が可能である。ただし、遠隔での操作は危険

であるという理由から、BBMC Remote 版では手動操作を無効としている。

2.2 データロギング機能

従来のシステムでは、温度、電力、ロータ回転数などの主要パラメータを表示する機能は備えていたものの、ロギング機能は搭載されていなかった。そのため、ロギングを必要とするお客様には、別途ロガーを提供していたが、記録可能なパラメータ数や保存期間には制限があった。

また、IoT や AI の活用を視野に入れると、より多くのデータを長期間にわたって取得する必要がある。この機能を実現するため、BBMC では前述の主要パラメータを含め、最大 400 点のアナログデータと 500 点のビットデータを、最短 1 秒のサンプリングタイムで保存できるようにした。

アナログデータとは、センサ信号や、アクチュエータの動作時間などを含む PLC による計算値を指す。ビットデータは、リミットスイッチ、電磁弁、押しボタンなどの ON/OFF 信号や、アラームなどのイベントデータを含む。

なお、標準仕様（アナログデータ約 100 点、ビットデータ約 100 点、サンプリングタイム 1 秒）であれば、10 年以上のデータ保存が可能である。

2.3 自動混練機能（MP コントローラ）

本機能は、従来は MP コントローラとして単体で提供していたが、BBMC の開発に伴い、BBMC の機能の一つとして統合した。

混練プロセスでは、温度、電力、ロータ回転数などの混練条件を一つのステップで完結させるのではなく、異なる混練条件を組み合わせた複数のステップを連続的に実行する。大手タイヤメーカーなどでは、大規模な上位システムを導入し、この上位システムを利用して連続ステップ運転を自動化している。しかし、上位システムを保有していないお客様も多く存在するため、これらのお客

様に対して自動混練機能を提供している。

図2は、混練条件を設定するための画面である。この画面で設定された条件に基づき、ステップ運転を自動で実行できる。図2では5ステップの混練条件を設定しており、各設定①～③については、以下のとおりである。

- ①混練時間を設定する。
- ②ステップ終了条件を設定する。ここで設定した値に到達すると、つぎのステップに進む。
- ③駆動部の動作条件を設定する。ここでの設定に基づき動作する。

また、自動混練中の混練データは記録され、図3に示す画面で閲覧できる。図3右のグラフは、主要パラメータ（温度、電力など）の時系列チャートをバッチ単位で表示したものであり、図3左のグラフは、そのチャートのカーソル上にある主要パラメータの値を示している。

なお、BBMC Remote版でも、図2の混練条件の設定や、図3のグラフの閲覧は可能である。ただし、遠隔での操作は危険であるとの理由から、自動混練機能（ステップ運転の自動実行）は無効としている。

2.4 IoT機能（ロギングデータ可視化機能）

本機能を採用することで、前記2.2節でロギングしたデータを閲覧できる。

図4は、IoT画面の一例である。この画面では、アナログデータ、ビットデータ、およびイベントデータを、年単位から秒単位まで切り替えて閲覧できる。そのため、トラブル発生時にお客様自身で動作チェックを実施できる。また、閾値（しきいち）を設定することでアラームを発報し、部品交換時期などをお客様に知らせることも可能である。

当初、IoT機能はクラウドで実行するシステムとして事業部門全体で開発を進めていた。しかし、情報漏洩の懸念から、ほとんどのお客様がクラウドへのロギングデータ保存に難色を示した。そこで、ゴム混練機では、エッジデバイス上（BBMC Local版、Remote版）でロギングデータを保存・閲覧できるIoT機能を、BBMCの一つの機能として開発した。

2.5 メンテナンス機能

本機能は、機械トラブル発生時の対策として組み込まれたものであり、とくに機械トラブルからの復旧時間を短縮したいという中国のお客様からの強い要望をもとに開発した。

本機能は、大きくつぎの四つに分類されるが、いずれも機械復旧時間の短縮に寄与する。

2.5.1 トラブルシューティングマニュアル表示機能

図5に示すように、各アラームに対して推定される原因や対策を記載したトラブルシューティングマニュアルを表示する。

2.5.2 インタロック状態表示機能

インタロックの成立条件（例：スイッチ、電磁弁などの状態）と、そのインタロックの成立・不成立状態を表示する。



図2 混練条件設定画面
Fig.2 Mixing condition setting screen



図3 混練結果画面
Fig.3 Mixing result screen



図4 IoT画面
Fig.4 IoT screen

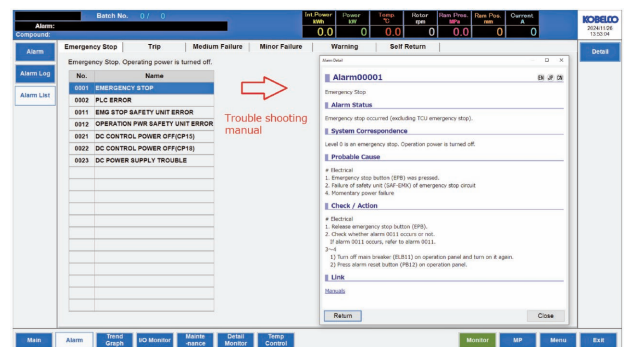


図5 トラブルシューティングマニュアル画面
Fig.5 Trouble shooting manual screen

2.5.3 I/Oモニタ機能

従来の制御システム「タッチパネル+PLC」にも本機能は搭載されていたが、BBMCではお客様の上位システムとの通信情報など、より多くのI/O状態を表示できる。



図6 メニュー画面
Fig.6 Menu screen

2.5.4 詳細状態表示機能

ゴム混練機の一部を拡大表示し、そこに取り付けられているセンサやスイッチの状態を確認できる。

2.6 多言語対応

ゴム混練機の市場は全世界に広がっており、母国語対応が求められることが多い。BBMCはこれに対応し、多言語化を実現している。BBMCには日本語、英語、中国語が標準搭載されており、さらに必要に応じてそのほかの言語を追加できる仕組みを構築している。

図6は、BBMCのメニュー画面を示している。この画面で言語を選択すると、BBMCを再起動することなく、言語を即座に切り替えられる。

3. ソフトウェア管理

3.1 タッチパネルからPC化したことによるメリット

まえがきでも記載したように、PC化の目的は多機能化だけでなく、システムの集約も含まれる。

図7は、従来システム「タッチパネル＋PLC」とBBMC「PC＋PLC」の比較である。従来システムでは、PLCとタッチパネルを同一メーカーから採用する必要があったため、メーカーごとにタッチパネルのソフトウェアを開発する必要があった。

いっぽう、BBMCのPCソフトウェアは、PLCメーカーに依存せず共通であるため、従来システムのようにPLCメーカーごとに開発する必要がなくなった。その結果、ソフトウェアの管理範囲が大幅に削減され、管理の効率化および不具合の削減に寄与している。

3.2 ソースコード管理

お客様からは、さまざまな要望をいただくことが多いが、従来システムでは、図8上に示すように、お客様ごとにプログラム（ソースコード）を個別管理していた。しかし、お客様数の増加に伴い、管理が煩雑化し、不具合が発生するリスクが高まるという問題があった。

これに対し、BBMCでは、図8下に示すように、標準ソースコードを一つとし、各お客様の要望には設定ファイルによる切り替え方式を採用している。この仕組みにより、第2章で示したさまざまな機能や画面変更などの細かな要望、さらには第5章に示すような機能拡張を行った場合でも、標準ソースコード一つで管理できる。

さらに、BBMCに新たな機能を追加する際には、上述

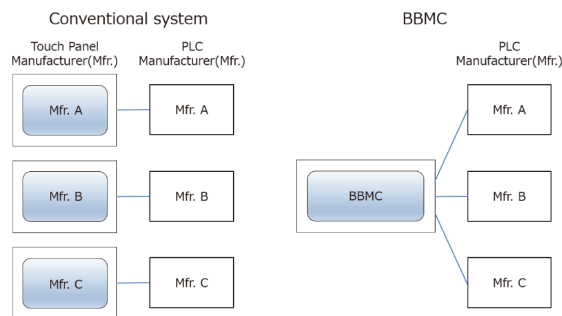


図7 タッチパネル/BBMCとPLC組み合わせ比較
Fig.7 Comparison of combination between touch panel/BBMC and PLC

Conventional System		
User 1	Source Code 1	Setting File 1
User 2	Source Code 2	Setting File 2
.	.	.
.	.	.
.	.	.
User N	Source Code N	Setting File N

BBMC		
User 1	Common Source Code	Setting File 1
User 2		Setting File 2
.		.
.		.
.		.
User N		Setting File N

図8 従来システムとBBMCのソースコード管理比較
Fig.8 Comparison of source code management between conventional system and BBMC

の仕組みに基づき、上位互換性を確保した形でソースコードをアップデートしている。ここで、上位互換性とは、「新しいソースコードが古い設定ファイルとの組み合わせでも正常に動作すること」を意味する。

4. 複製防止

BBMCのようなソフトウェアにおいて最も懸念されるのは、複製や第2章で示した機能の無断使用である。これに対する対策として、BBMCではプロテクトキーを採用している。

プロテクトキーとは、USBタイプのデバイスであり、内部に当社が定義した認証キーが設定されている。BBMCは起動時にこのキーの認証を行い、認証されたキーに対応した機能のみを使用可能とする仕組みを採用している。さらに、プロテクトキー自体は、複製が不可能な構造となっている。

いっぽう、お客様にとっての懸念事項は、プロテクトキーの破損である。この対策として、期間限定のソフトライセンス（ライセンスファイル）を発行する仕組みを導入している。プロテクトキーが破損した場合には、このソフトライセンスをお客様に送付することで、生産ラインの迅速な復旧を可能にしている。

5. 今後の方向性

5.1 開発環境

1.2節で記載した現在の開発環境である「プログラム言語 VB.NET」および「ユーザインタフェース Windows Forms」について、将来的に「プログラム言語 C#.NET」および「ユーザインタフェース WPF (Windows Presentation Foundation)」へ移行することを検討している。

この移行を検討する主な理由は、VB.NETの開発がすでにマイクロソフト社によって終了していること、およびWPFの方が開発効率の向上や、より高機能な画面作成が期待できることである。

5.2 AI機能

現在、ゴム混練においては、混練時の材料温度を一定に保つためにPI制御（比例制御P、積分制御I）が使用されているが、最短時間で温度を一定にすることが求められている。また、混練後の品質データ（粘度、分散など）は、自動取得が難しく、人が介在して測定している。これらの課題をAI（機械学習）で改善することを目的とした開発を進めている。

前者（PI制御）が改善されれば、混練品質の安定や混練時間の短縮に寄与できる。後者（品質データの取得）が改善されれば、工程削減に貢献できる。

また、AIのプログラム言語には、AIに関する充実したライブラリを備えているPythonを採用している。いっぽう、1.2節に記載したように、BBMCはVB.NETをプログラム言語として使用している。そのため、図9に示すように、BBMCからAI機能を起動し、共有メモリを介してデータのやり取りを行う仕組みを構築している。

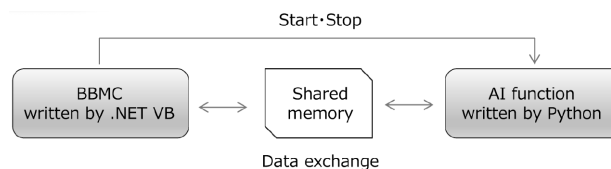


図9 BBMCとAI機能の関係

Fig.9 Relation between BBMC and AI function

むすび＝当社ゴム混練機の歴史は古く、1950年代にさかのぼる。

制御システムは、リレー盤から始まり、PLCの導入、さらにタッチパネルの採用へと、時代のニーズに応じて進化を続けてきた。そして今回、PCを導入したBBMCの開発に至った。

当初の制御システムは、単に機械を動作させることを目的としていた。しかし、近年のデジタル技術の進展に伴い、制御システムは機械に更なる付加価値を提供し、競合他社との技術的な差別化を図るための重要な要素として認識されるようになり、その成果としてBBMCを開発した。

現在、BBMCはゴム混練機の標準制御システムとして採用しており、年間数十台を出荷している。また、従来は制御システムを自社で構築していた国内大手タイヤメーカーへの納入も増加している。

BBMCの開発を通じて、様々な機能を容易に追加できる仕組みを構築したが、この仕組みにより、今後もゴム混練機の付加価値向上に貢献し、さらにはお客様満足度の向上を目指していく。