

プレスシミュレーション

Simulations for Tandem Press Lines

高橋 毅	機械事業本部産業システム事業部プレスプロジェクト部
伊井 謙司	技術開発本部総合開発センター制御システム開発部
藤田 穰	技術開発本部総合開発センター制御システム開発部
村山 浩	技術開発本部総合開発センター制御システム開発部 主査
新妻 素直	技術開発本部総合開発センター制御システム開発部 部長

自動車ボディ成形に、複数のタンデムプレスと搬送装置を交互に配置したプレスラインが用いられる。プレスラインの制御には、プレスの制御、搬送装置の制御、複数のプレスと搬送装置の連係制御の3要素があるが、本稿では、ライン性能を大きく左右する連係制御に関連して実施しているシミュレーションについて紹介する。シミュレーションは、設計パラメタの最適化による性能向上、制御プログラムの事前検証による製作期間の短縮、新制御方式の開発、操作性向上の検討評価などに有用である。

Tandem press lines are widely used in the automobile body part industry to stamp metal sheets. These lines consist of presses and automatic feeding equipment, the latter transferring the panels between the presses. There are many control systems in a tandem press line, some for press control, some for feeder control, and others for coordination of presses and feeders. This report describes how simulations are utilized in designing, testing and developing tandem press line control systems, especially for evaluating control system for press-feeder coordination. The simulations help improve tandem press lines in many ways, for example, by realizing better line performance, reducing installation time, and achieving easier machine operation.

1. 緒言

自動車ボディ成形用プレスの最近数年間の動向として、大型トランスファープレスが急減し、多くのユーザがタンデムプレスラインを導入している。タンデムプレスラインでは、複数のタンデムプレスと複数のプレス間搬送装置が制御によって協調動作するため、制御の性能がライン性能を左右する。プレスラインの構成はユーザごとに異なり、かつ調整時間は限られている。このため、装置を製作する以前に制御の性能を推定・評価・確認することがタンデムプレスライン製作上重要な課題となっている。

このような背景のもと、当社では各種制御シミュレーション技術を用いて事前性能チェックや機能確認を行って

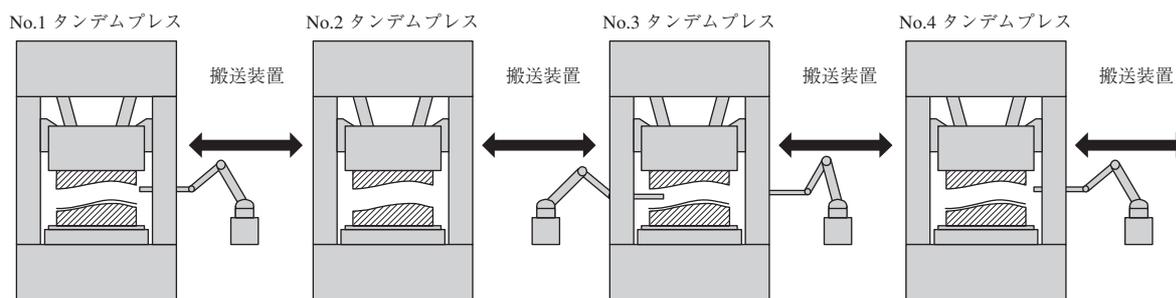
おり、幾つかの事例を紹介する。

2. プレスとシミュレーション

個別のシミュレーション手法を説明する前に、タンデムプレスラインの概要と、制御シミュレーションの必要性を述べる。

2.1 タンデムプレスライン

タンデムプレスラインは独立した複数のプレスによって構成され、それぞれのプレスには金型が取り付けられ、プレス成形の1ステップを行う。所望の部品形状を得るには3～5ステップのプレス加工が必要なため、第1図に示すように、3～5台のタンデムプレスを並べて設置する。それぞれのプレス間には成形途中のワークを次ステップのタ



第1図 タンデムプレスライン
Fig. 1 Tandem press line

ンデムプレスへ送るための搬送装置を設け、流れ作業的にプレス加工と搬送を交互に行うようにラインを構成する。

タンデムプレスとしては、フライホイールに蓄えたエネルギーをクラッチで入り切りして金型を上下させる機械式プレスがよく用いられるが、最近ではサーボモータで金型を上下に駆動する、いわゆるサーボプレスが用いられることもある。搬送装置としては、汎用ロボットやプレス間搬送専用の装置⁽¹⁾が用いられる。

2.2 制御シミュレーション

2.2.1 ライン性能シミュレーション

搬送装置として汎用ロボットを使用するラインはすでに多くの工場で利用されているが、ロボットの能力が十分に活用されているとは限らなかった。これは、①ロボットの搬送能力はロボットの姿勢によってさまざまに変化するため直感的には最適化が難しいこと②プレスの設置後にロボットを導入するケースではロボットの設置位置が制約されること、などが原因である。

新設プレスラインでは、プレス・ロボットの配置の自由度は大きいので、多くの設計パラメータを変化させてライン性能（1分間当たりの生産枚数）をシミュレーションで推定し、ロボットの能力を最大限に活かすプレスラインを設計することが重要である。このため、ロボット搬送ライン性能を検証するシミュレータを作成した。

2.2.2 ソフトウェア検証シミュレーション

ほとんどのタンデムプレスラインでは、プレスとロボットは別々に製作され据付け現場で初めて組み合わせられる。このため、プレスの制御プログラムとロボット搬送の制御プログラムが連携動作して所定の性能を発揮できるようになるまで、調整に多くの時間を要するケースがあった。

この問題に対し、プレスの制御信号を模擬するシミュレータを別に作成し、ロボット搬送の制御プログラムと組み合わせることでテストすることによって、ロボット搬送の制御プログラムを据付け工事以前に調整することを試みている。

2.2.3 ライン動作シミュレーション

タンデムプレスラインでは複数のプレス・搬送装置が、単独運転や連動運転などさまざまな運転モードで動作するため、オペレータの操作が複雑になる傾向がある。操作性を改善するためには操作パネルの改良のほか、装置側でライン状態や条件を判断し、適切に各装置を動作させる制御シーケンスが必要となる。そこで、ラインの動作を模擬するシミュレータを作成し、実機と同じ制御装置（コントローラと操作パネル）と接続して、操作・動作確認を行う

ことで制御シーケンスと操作性の改善に取り組んでいる。

以下、各シミュレーションの詳細を説明する。

3. ロボット搬送ライン性能シミュレーション

第2図に、ロボット搬送ライン性能シミュレータのシステム構成を示す。プレスとロボットの個々の動きや互いに連係した動作を模擬し、金型やプレス周辺装置（アップライト、クランプ、オイルパンなど）とロボットとの干渉の有無を確認するシミュレーションを実施することでライン全体の性能を検証する。

本シミュレータは、以下の四つの機能を実現している。

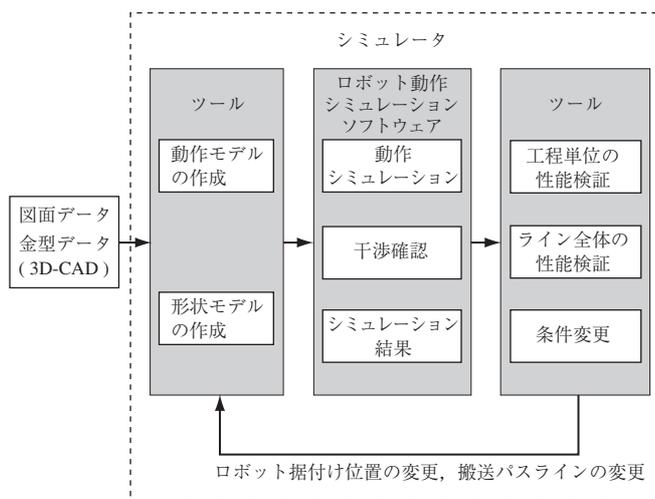
- ① 図面データからの動作モデルの作成
- ② 図面データからの形状モデルの作成
- ③ ロボット動作シミュレーション（干渉確認も含む）
- ④ 工程単位およびライン全体性能の検証

これらの機能は、ロボットメーカーが作成したロボットシミュレーションソフトウェアと当社が独自に作成したソフトウェアを組み合わせることで実現している。モデルの生成やテストパターン作成の多くを自動化することによって、さまざまなテストパターンを検証できるようにしている。第3図にロボット搬送ライン性能シミュレーション画面の一例を示す。

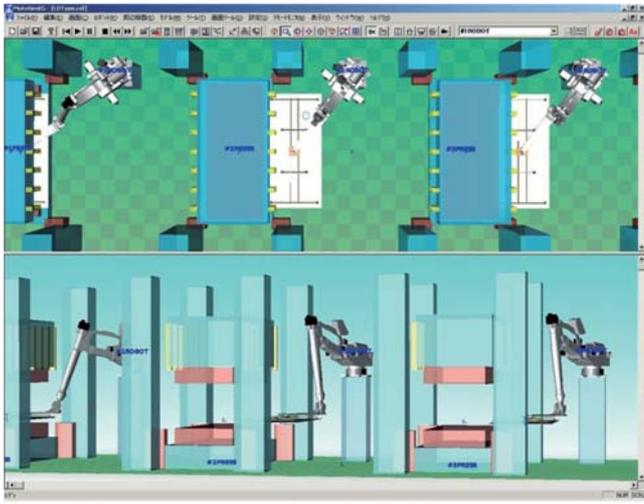
本シミュレータでは、以下の三つの項目を検証することができる。

(1) ロボットの搬送速度

金型や装置間の干渉を考慮しながら、搬送速度が向上するロボットの据付け位置や搬送パスラインを検証することができる。



第2図 ロボット搬送ライン性能シミュレータのシステム構成
Fig. 2 Outline of robotic press line simulator



(注) シミュレーションソフトウェア：オフラインプログラミングソフトウェア MotoSim EG - Japanese - (株式会社安川電機)

第3図 ロボット搬送ライン性能シミュレーション画面例
Fig. 3 Screenshot from robotic press line simulation

(2) プレスとロボットの連係動作

ワークを高速に搬送する観点から、プレスとロボットの連係動作を検討することができる。

(3) ラインとしての搬送能力

個々の装置間の連係動作における最適値を基に、ラ

イン全体のシミュレーションを行うことで、ラインとしての性能を検査することができる。

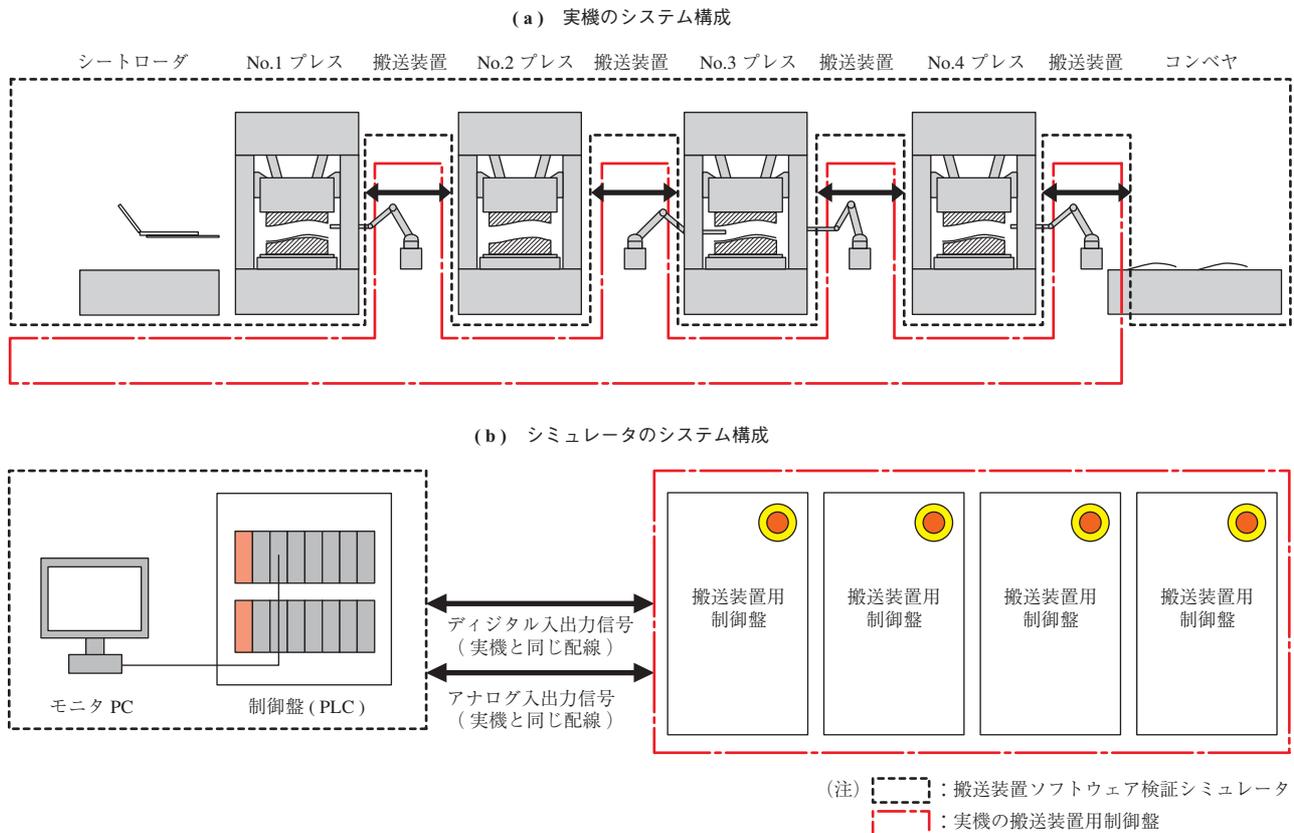
本シミュレーションは、タンデムプレスライン製作の複数のフェーズ、すなわち性能見積・機械設計フェーズ、制御調整フェーズで実施する。

性能見積・機械設計フェーズでは、プレス機械仕様やラインレイアウト変更に伴うライン性能の違いをシミュレーションによって求め、仕様検討の参考とする。

制御調整フェーズでは、実機を使用せずに性能検証ができるメリットを活かし、ロボットティーチングデータをオフラインで作成し、実際に使用するロボットツールや金型に合わせてシミュレーションを行うことで、ライン性能への影響を確認する。シミュレーションで検討した結果（装置間干渉のマーヅン、ライン性能など）を実機ロボットに適用することで、調整フェーズにおける作業時間の短縮が可能である。

4. 搬送装置ソフトウェア検証シミュレーション

第4図に、搬送装置ソフトウェア検証シミュレータのシステム構成を示す。第4図-(a)に示す実機のシステムで、破線の枠内に示す装置の動作を本シミュレータで



第4図 搬送装置ソフトウェア検証シミュレータのシステム構成
Fig. 4 Outline of simulator for panel handler control software verification

模擬し、一点鎖線の枠内に示す搬送装置用制御盤はそのまま使用してシミュレーションを行う。すなわち、**第4図 - (b)**に示すように、本シミュレータ（図中：破線の枠内を示す）は、検証対象である実際の制御装置（図中：一点鎖線の枠内を示す）と接続してシミュレーションを行う。機械装置がなくても制御装置の品質チェックを行えるように、検証対象以外の装置の制御信号を模擬することで機能・品質確認を行っている。

本シミュレータは、以下の五つの機能を実現している。

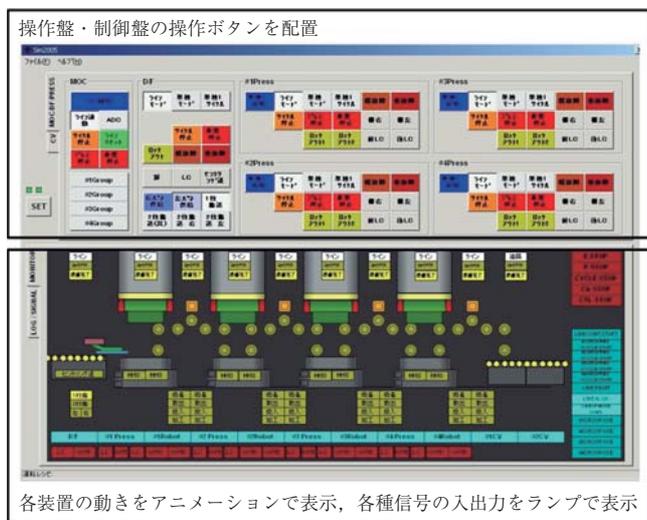
- ① 実機と同一の入出力インタフェース
- ② 検証対象以外の装置の動作シーケンスの模擬
- ③ 制御盤・操作盤の操作ボタン、警告灯の模擬
- ④ ラインの各装置の動作をアニメーション表示
- ⑤ 各装置の動作や装置間の入出力信号のタイミングのモニタリング

第5図に搬送装置ソフトウェア検証シミュレータの操作画面の例を示す。

本シミュレータでは、以下の三つの項目を確認できる。

- (1) 自動運転時の動作検証
起動条件、動作シーケンスの検討
- (2) 停止ボタン押下時の動作検証
停止条件、停止シーケンス、装置の停止範囲、運転再開条件の検討
- (3) 異常発生時の動作検証
異常判定条件、停止シーケンス、装置の停止範囲、運転再開条件の検討

本シミュレータを使用することによって、以下の三つの効果が得られる。



第5図 搬送装置ソフトウェア検証シミュレータの操作画面例
Fig. 5 Operation screen of control software verification simulator

- ① 不具合の早期発見
- ② 不具合原因の調査・特定が容易
- ③ プレスラインの設置・調整の前にソフトウェアの品質の確保が可能

以上から、ソフトウェアだけでなく実際の制御装置の入出力信号レベルでの機能確認が可能となり、プレスライン設置後の工期短縮を図ることができる。

5. プレスライン動作シミュレーション

第6図に、プレスライン動作シミュレーションの実施状況を示す。本シミュレーションは、(A)ライン操作盤(B)ラインコントローラ(C)ライン動作シミュレータ、の構成で実施し、**第7図**に示すような実際のプレスライン制御システムを模擬する。図中の破線部をシミュレータに置き換えることによって、実機に適用可能なライン制御シーケンスの検討を、単純なシステム構成で実現することができる。

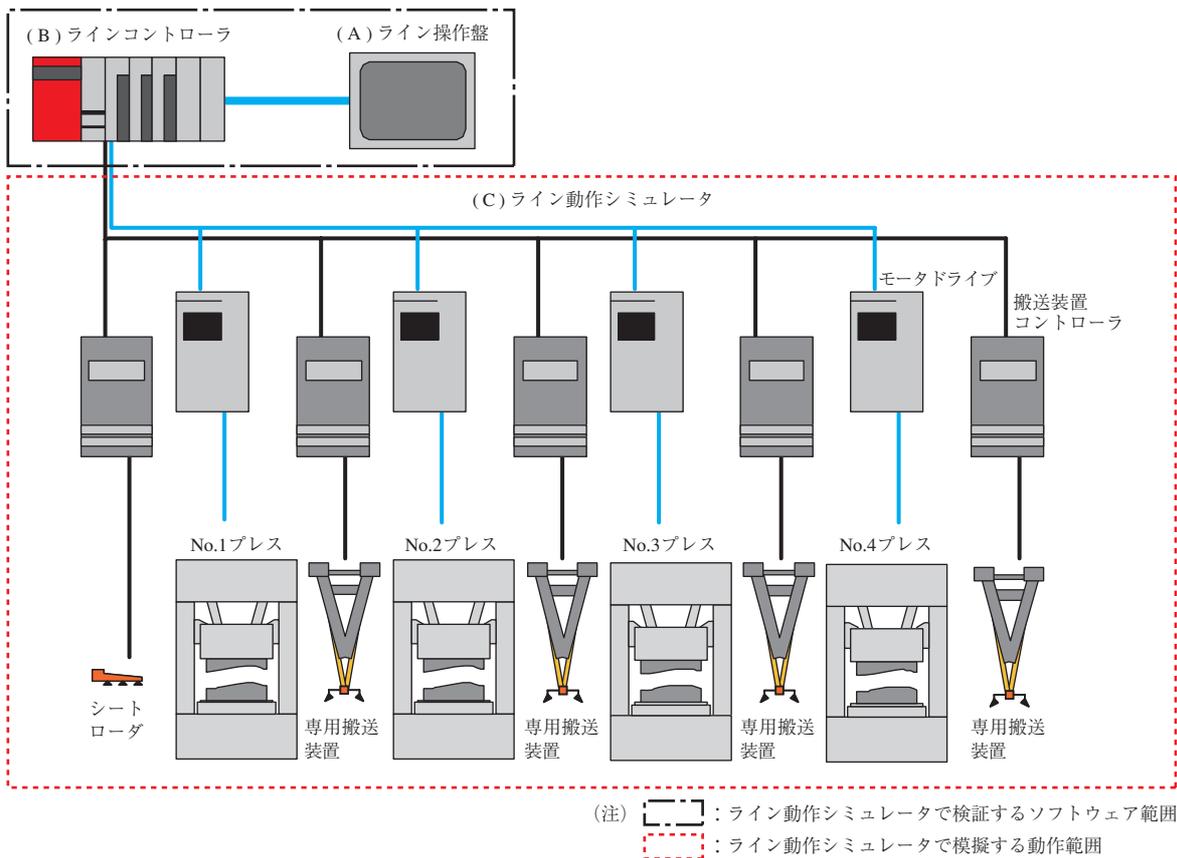
本シミュレータは、以下の三つの機能を実現している。

- ① ラインコントローラとのデータ通信
- ② ラインコントローラからの指令に対する各装置の座標値と状態信号の算出
- ③ 各装置の座標の動画表示
操作に応じて、各装置がどのように動作するか視覚的に確認できるので、効率良く動作を検証することができる。

本シミュレーションによって、以下の三つの効果が得られる。



第6図 プレスライン動作シミュレータ
Fig. 6 Press line sequence simulator



第7図 プレスライン制御システム
 Fig. 7 Press line control system

(1) 制御シーケンスの確認

ライン操作と制御シーケンスを、さまざまな条件下で効率良く確認することができる。この結果、簡単に使いやすいライン操作と、条件や状態に応じて適切に動作するライン制御シーケンスを実現可能となる。

(2) プレゼンテーションツール

ユーザに対して、それぞれの操作に応じた装置の動作がビジュアル的に示せるので、ライン操作のコンセプトや特徴を明確に説明することができる。また、ユーザのニーズや要望を設計段階で把握し、使いやすい装置を実現できる。

(3) プレスライン制御ソフトウェアの検証

ライン制御シーケンスを実装したラインコントローラで動作確認することによって、完成度の高いプレスライン制御ソフトウェアを作成することができる。また、仕様検討と並行してソフトウェア作成を実施することで、設計時間の短縮が期待できる。

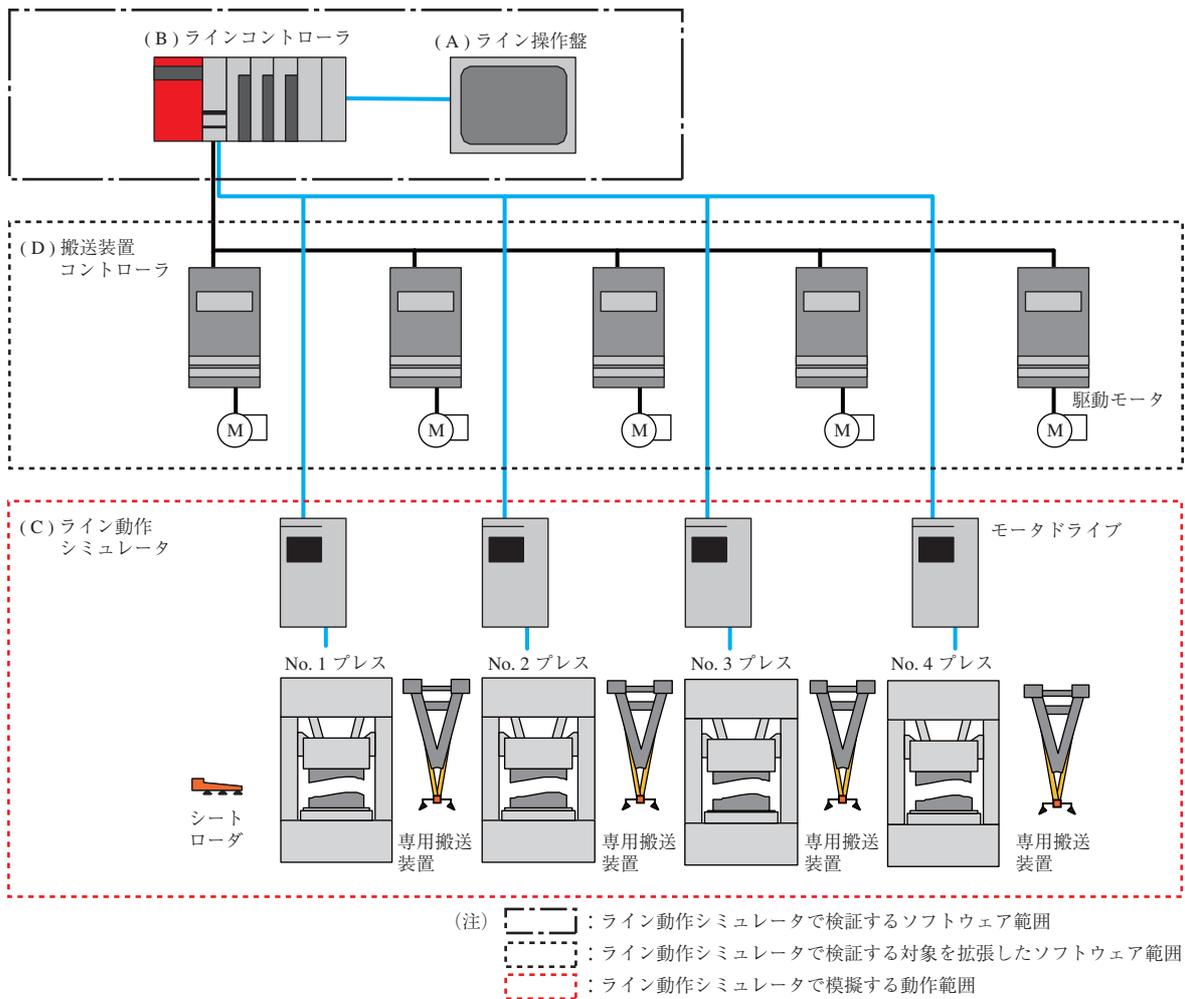
本シミュレータを使用することで、仕様検討のフェーズで、使いやすく簡単に完成度の高いライン操作を実現することができる。

最後に、本シミュレータの応用例について紹介する。第8図に示すように、シミュレータで模擬していた搬送装置を実機の制御装置（コントローラとモータ）に戻すことで、(D) 搬送装置コントローラを含めたライン制御ソフトウェアの検証を行うことが可能である。本手法は、搬送装置本体がない環境下でも実施できるので、ライン制御の動作確認の効率をあげるのに有効である。

6. 結 言

タンデムプレスラインを対象に、当社が実施している制御シミュレーション手法の幾つかを紹介した。制御シミュレーションは設計・製造段階のみでなく、見積りや現地据付けなどタンデムプレスライン製作の多くの局面で実施しており、本稿で紹介したシミュレーション技術も、実際の工事において活用しているものである。

今後も制御シミュレーションは、ますます重要になっていくものと考えられ、継続的に改良・モデルの追加を行い、より高性能で使いやすいプレスラインの実現に役立てていく所存である。



第 8 図 プレスライン動作シミュレータの応用例
 Fig. 8 Application of press line sequence simulator

参 考 文 献

- (1) 百々 泰：パラレルリンク・モーションベースシステムを用いたプレス間搬送装置 日本フルードパワーシステム学会誌 第 36 巻第 6 号 2005 年 11 月 pp. 342 - 345