

製造ラインの設計期間を短縮できる シミュレーションモデル自動生成用基本ツール

Basic Simulation Tools for Automatic Design of Production Lines

大内 俊弘

■ OOUCHI Toshihiro

製造業を取り巻く市場の急激な変化に対応するため、モノづくりのスピードアップが急務になっている。これを実現するためには、新製品開発と生産性の高い製造ラインの設計を短期間で行う必要がある。

東芝はこのようなニーズに応えるため、製造ラインの設計にシミュレーション技術を活用しているが、見識や熟練度という専門家のスキルに依存したシミュレーションモデル作成のため、設計期間の短縮が課題であった。これを解決するために、シミュレーションモデルを自動で生成する基本ツールを開発した。これにより、ライン型とショッパ型それぞれの製造ラインのシミュレーションモデル作成期間は、従来方法の1/4～1/5と大幅に短縮されることを確認した。

There is growing demand for the speeding up of production processes with the rapid changes taking place in market environments. The rapid development of new products and design of efficient production lines are indispensable in this situation.

Toshiba has been applying simulation technology to the design of production lines. However, one of the major problems encountered in this area is that the development of simulation models depends on the skills and experience of experts. In order to solve this problem, we have developed basic simulation models for tools allowing the automatic design of production lines. These basic simulation tools are expected to realize significant reductions in the design period for high-efficiency production lines.

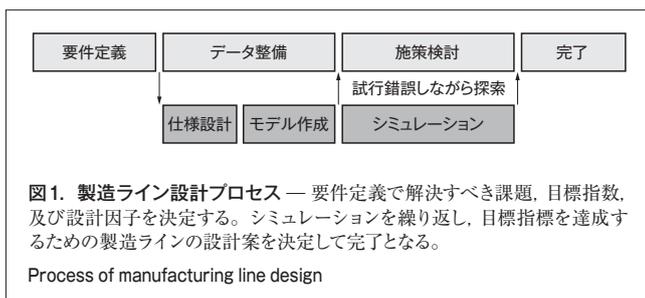
1 まえがき

新規の製造ラインの設計や既存の製造ラインの生産性向上施策の検討では、これらを事前に検証するためにシミュレーション技術を活用している。しかし、製造ラインの設計期間が長いという問題があり、この原因の一つが、専門家のスキルに依存したシミュレーションモデルの作成であった。これを解決するために、シミュレーションモデルを自動で生成する基本ツールを開発した。ここでは、基本ツールの開発の背景、概要、及び機能について述べる。

2 開発の背景

2.1 製造ライン設計プロセス

製造ラインの設計は、図1に示すプロセスで行われる。要



件定義で解決すべき課題、目標指標、及び設計因子を決定し、このために必要な製造能力データを整備する。データ整備と並行して設計因子を扱えるシミュレーションモデルの仕様を設計し、これに従ってシミュレーションモデルを作成する。施策検討では、このモデルを使って、シミュレーションを繰り返しながら目標指標を達成するための設計因子を探索していく。最後に、目標指標を達成するための製造ラインの設計案を決定して完了となる。

2.2 解決すべき課題

ここで課題となるのが、製造ラインの設計期間である。期間が長くなることにより、外部環境や製造ラインの前提条件が変化し、せっかく得られた製造ライン設計案が現実の課題に合致しなくなり、使えなくなる場合がある。

これには、次の原因が考えられる。

- (1) 要件定義が不十分
- (2) 確度の高い製造能力データの収集が困難
- (3) 設計プロセスの定義があいまい
- (4) シミュレーションモデル作成や改善施策検討の期間が長い

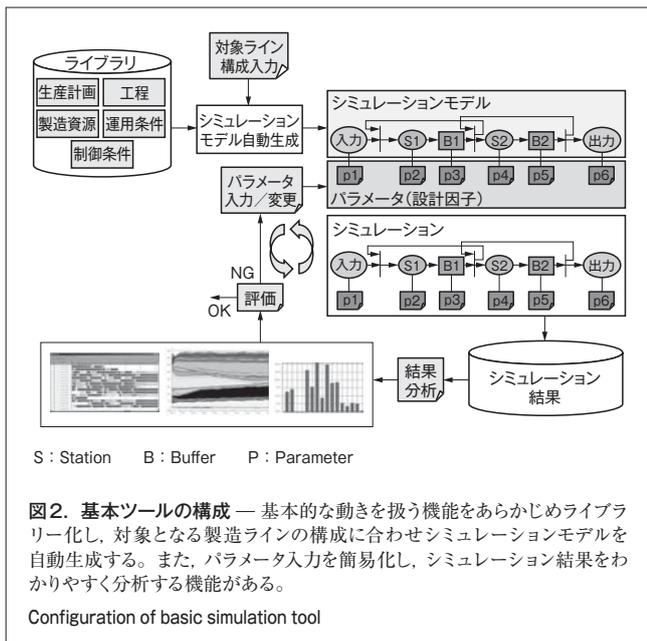
これらの原因について対策をして、要件定義から製造ラインの諸元決定までの期間を短縮することが急務となっていた。そこで、原因の一つであるシミュレーションモデルの作成に着目し、従来は専門家のスキルに依存して作成していたシミュレーションモデルを自動で生成しスキルレス化するための、

ツール開発が必要になった。

3 製造ラインシミュレーション基本ツールの概要

3.1 基本要件

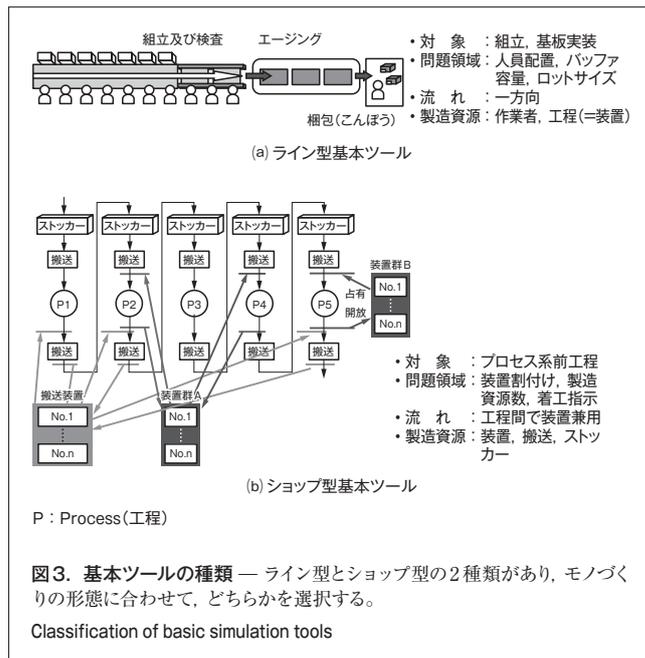
基本ツールは、シミュレーションモデルの作成を専門家のスキルに依存せず、しかも、操作性に優れている必要がある。これを実現するため、このツールを図2に示す三つの基本要件を具備する構成とした。



- (1) 製造ラインの構成要素である、生産計画、工程、製造資源、運用条件、及び制御条件などの基本的な動きを扱う機能を、あらかじめライブラリとして用意しておく。
- (2) 対象となる製造ラインの構成に合わせて、対応するライブラリを選択及び組み合わせることで、シミュレーションモデルを自動で生成する。
- (3) モデルや設計因子であるパラメータ入力の簡易化とシミュレーション結果をわかりやすく分析する機能を具備する。

3.2 基本ツールの種類

基本ツールで全製造ラインを扱うことができれば問題はないが、モノづくり形態の違いにより無理がある。そこで、過去の適用事例を整理した結果、比較的多く取り扱ってきた代表的な2種類のライン形態を扱うことにした(図3)。ライン型基本ツールは、流れが一方向の比較的シンプルな組立ラインを対象とする。ショップ型基本ツールは、装置中心で、工程間で装置を兼用し流れが錯綜(さくそう)する複雑なショップを対象とする。



4 基本ツールの機能

4.1 ライン型基本ツール

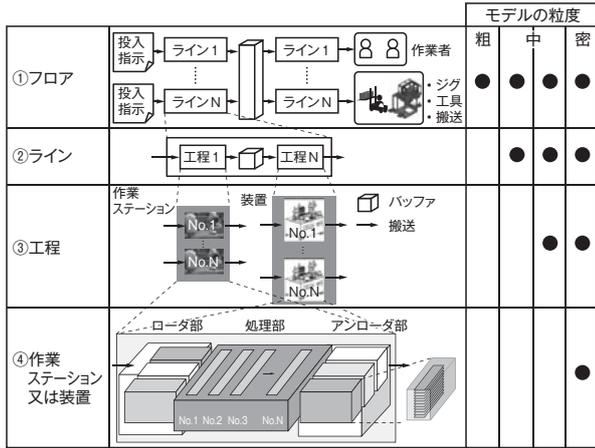
ライン型基本ツールは、流れが一方向の組立ラインを対象としている。比較的シンプルなライン形態ではあるが、ラインの規模や取り扱う問題領域によりシミュレーションモデルの粒度が異なってくる。そこで、図4(a)に示ように、モデルの構成をフロア、ライン、工程、及び作業ステーション又は装置の4階層で表現することにした。

フロアは、シミュレーション対象全体で、複数のラインで構成され、先頭ラインに投入指示、ライン間にバッファを設定できる。ラインは、複数の直列した工程で構成され、工程間にバッファを設定できる。工程は、複数の並列した同一仕様の作業ステーション又は装置で構成される。作業ステーション又は装置は、ワークを受け入れるローダ部、時間を経過させる処理部、ワークを払い出すアンローダ部で構成される。このツールに具備すべきライブラリ群とその機能を表1に示す。ライブラリ群は、大きく投入計画、ワーク、工程フロー、製造資源、イベント、及び制御に分類される。

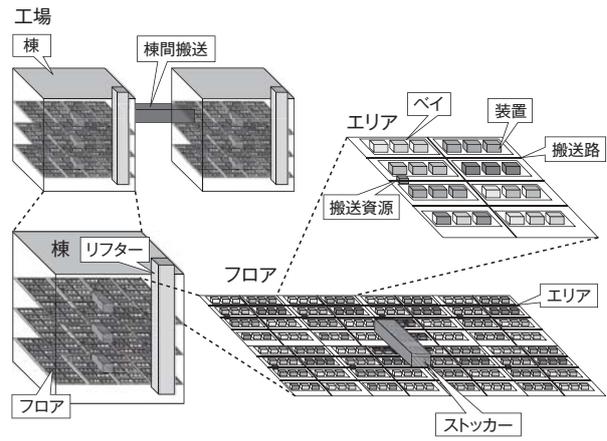
4.2 ショップ型基本ツール

ショップ型基本ツールは、装置中心で、工程間で装置を兼用し流れが錯綜するショップを対象とする。流れが複雑なため、シミュレーションモデルを装置や搬送などの製造資源の配置で表現することにした。そこで、モデルの構成を図4(b)に示すように、製造資源を工場、棟、フロア、エリア、及びベイ(同一仕様の装置群が配置されている区画)の5階層で表現することにした。

工場はシミュレーション対象全体であり、一般に、複数の製



(a) ライン型



(b) ショップ型

図4. ライン型及びショップ型基本ツールの階層構成 — ライン型はフロア、ライン、工程、及び作業ステーション又は装置の4階層で構成され、ショップ型は製造資源が工場、棟、フロア、エリア、及びベイの5階層で構成される。

Structure of line type and shop type basic simulation tool

表1. 基本ツールのライブラリ

Library of basic simulation tool

分類	ライブラリ	
	ライン型	ショップ型
投入計画	投入指示	投入指示
	指示内容	指示内容
ワーク	複数品種対応	複数品種対応
	製品、半製品、及び部品	検査用
		カセット
工程フロー	工程フロー	工程フロー
	合流及び分岐	切替え時間
	部品及び半製品結合	抜き取り
	処理単位	時間制約工程
	切替え時間	
製造資源	4階層管理	製造エリア
	装置管理	装置(群管理, 仕様, 種類)
	作業班	搬送(群管理, 種類, 時間)
	製造副資源群	ストッカー
	バッファ上限値管理	バッファ上限値管理
	搬送管理	
イベント	停止	停止
	作業	切替え
	搬送	空カセット
	切替え	
制御	投入指示	投入指示
	バッファ制御	バッファ制御
	ロット制御	装置内ワークの扱い
	装置選択	直送判断
	ロット選択	ロット選択条件(基本, 拡張)
		装置選択条件(基本, 拡張)

造棟で構成され、棟間には棟間搬送が存在する。棟内は複数階のフロアで構成され、フロア間にはリフターが存在する。フロア内は複数のエリアで構成され、エリア間に搬送路が設置

されており、ここを搬送資源が走行する。また、ワークをいったん格納するストッカーも設置される。エリア内は同一仕様の装置群から成るベイで構成され、ベイ間にも搬送路があり、ここを搬送資源が走行する。このツールに具備すべきライブラリ群とその機能を表1に示す。ライブラリ群は、ライン型基本ツールと同様に、大きく投入計画、ワーク、工程フロー、製造資源、イベント、及び制御に分類される。

5 シミュレーションモデルの自動生成

シミュレーションモデルを自動生成するためには、製造ラインの構成要素である生産計画、工程、製造資源、運用条件、及び制御条件などの基本的な動きを扱う機能を、あらかじめライブラリとして用意しておき、これらを選択して組み合わせることで行う。この処理フローは、図5に示すように、製造資源

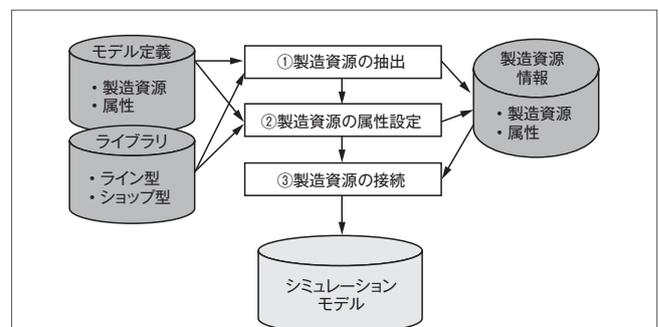


図5. シミュレーションモデルの自動生成フロー — 自動生成の処理フローは、製造資源の抽出、属性設定、及び接続の順で行われる。

Flow of automatic creation of simulation model

の抽出、製造資源の属性設定、及び製造資源の接続の順で行われる。

- (1) 製造資源の抽出 モデル定義テーブルに設定された製造資源として装置、搬送、ライン、及び工程などを取得し、これに対応したライブラリを選択する。
- (2) 製造資源の属性設定 製造資源の属性情報として、停止イベント、切替え、及び装置選択条件などを取得し、これに対応したライブラリを選択する。
- (3) 製造資源の接続 工程フローに従い、製造資源を接続する。

シミュレーションツールには、市販の生産シミュレータを使用している。ライン型基本ツールとショップ型基本ツールでは、モデルで扱う構成要素や制御方法の違いにより異なるシミュレータを用いている。

6 効果の確認

以上述べてきた製造ラインシミュレーション基本ツールの効果を確認するため、ライン型とショップ型各々について、表2

に示すシミュレーション対象ラインの規模で、シミュレーションモデル作成期間を測定した。その結果、従来の1/4~1/5と大幅に短縮されることが確認できた。

7 あとがき

今回開発した製造ラインシミュレーションモデル自動生成用基本ツールにより、従来は専門家のスキルに依存していたシミュレーションモデルの作成を自動化することが可能となった。これにより、スキルへの依存度を抑制し、シミュレーションモデルの作成期間を大幅に短縮できることが確認できた。

しかし、本来の目的は、要件定義から製造ライン設計案決定までの、ライン設計業務全体の期間短縮である。今後は、この実現に向けて、基本ツール対象ラインをいっそう拡大するとともに、依然として専門家の経験則に依存している要件定義から設計因子の絞込みまでと、シミュレーションによる適正施策の検討に着目し、この期間を短縮する仕組みを構築していく必要がある。

表2. 効果測定のための対象ライン規模

Line scales for confirmation of effect of basic simulation tools

基本ツール	項目	対象ラインの規模
ライン型	工程数	10
	装置台数	20台
	品種数	10
	物量	3,000個/月
	作業人員	5人
	停止イベント数	150
ショップ型	工程数	650
	装置台数	600台
	AGV台数	300台
	ストッカー数	200
	リフター数	150
	フロア数	5
	棟数	2
	品種数	5
	物量	3,000個/月
	停止イベント数	1,200
ディスパッチングルール数*	10	

AGV: Automated Guided Vehicle (自動搬送車)

*動的に制御を切り替えるルール数。例えば、複数の装置群で製造中に1台が故障した場合、この装置の代替装置を探し、製造計画を組み直すときのルール数。



大内 俊弘 OOUCHI Toshihiro

生産技術センター モノづくり変革センター主任研究員。
モノづくりの仕組み構築に従事。

Manufacturing Innovation Engineering Center