

# 生産設計から製造ライン構築まで 一貫した仮想設計技術

Virtual Design Technology Featuring Consistency from Product Design to Manufacturing Line Construction

大内 俊弘

OOUCHI Toshihiro

製造業を取り巻くモノづくりの急激な変化に対して、モノづくりのスピードアップとグローバル展開が必要条件となっている。これに対応するには、新製品と生産性の高い製造ラインの早期立上げが必須となる。

東芝ではこのようなニーズに応えるために、設計・製造データベースを核として、製品情報から工程設計、レイアウト設計、製造ライン能力シミュレーション、作業指示書作成までを一貫して行う製造ライン仮想設計技術を開発した。これにより、新製品の早期立上げと生産性の高い製造ラインの短期構築を実現できる。

Speedy production startup and globalization of production are essential to cope with the rapid changes in the manufacturing environment. In order to respond to this situation, rapid development of new products and swift startup of efficient production lines are indispensable.

Toshiba has developed a manufacturing line virtual design technology that enables all of the processes from product information gathering to process planning, layout design, line capacity simulation, and work instruction documentation to be carried out based on a design and manufacturing database. This technology makes it possible to realize the rapid development of new products and speedy startup of efficient production lines.

## 1 まえがき

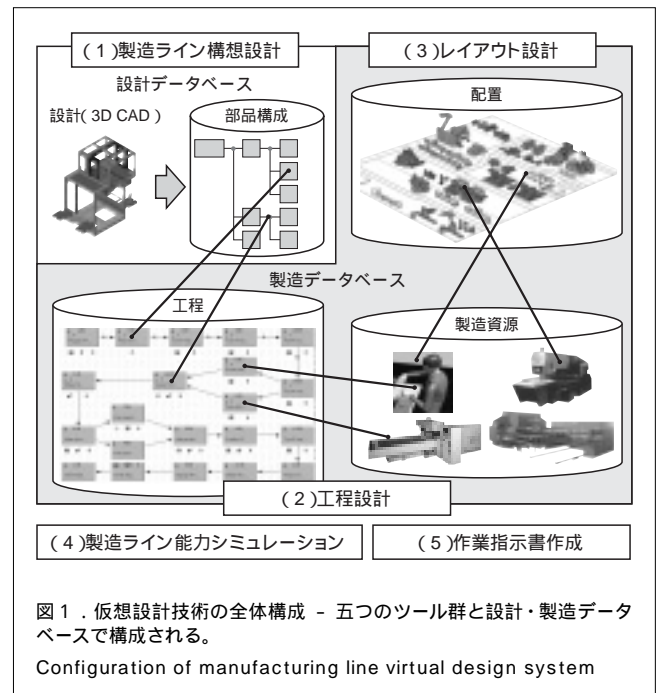
新製品と生産性の高い製造ラインの早期立上げを狙って、生産設計から製造ライン構築までを一貫して行う仮想設計技術を開発した。

この技術は、設計・製造データベースを核として、製品情報を基に工程設計、レイアウト設計、製造ライン能力シミュレーション、作業指示書作成までを一貫して行うものである。以下に、製造ライン仮想設計技術の概要と、個々ツール群及び主な適用事例を述べる。

## 2 仮想設計技術の概要

仮想設計技術は、製品と製造情報を基に、コンピュータ上に製造ラインを仮想的に作り、シミュレーションにより製造ライン能力を評価するものである。これにより、生産開始までの準備期間短縮と、生産性の高い製造ラインの早期立上げを狙っている。

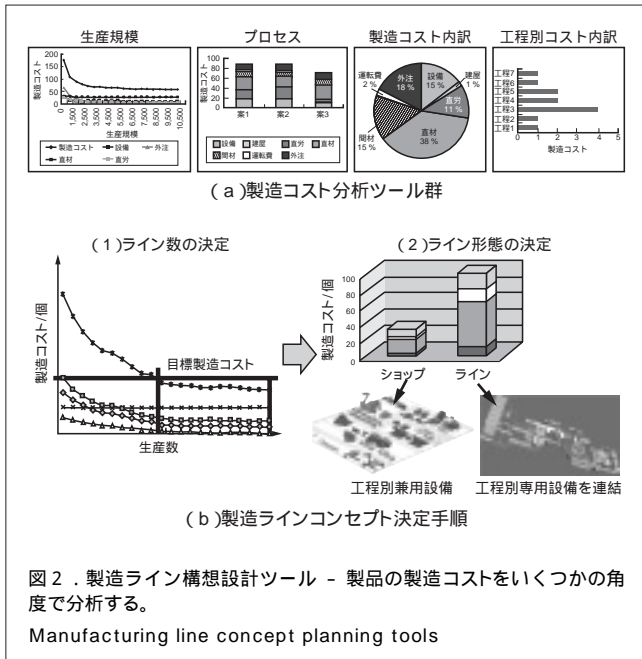
仮想設計技術全体は、図1に示すように、製造ライン仕様を設計する製造ライン構想設計、工程設計、レイアウト設計と、設計した製造ライン仕様の生産能力が適正かを評価する製造ライン能力シミュレーションと、実際の製造で使う作業指示書作成の五つのツール群で構成される。これらツール群に必要な情報及びツール群で設計した製造ライン仕様は、一元化された設計・製造データベースに蓄積される。



## 3 製造ライン仮想設計技術を支えるツール群

### 3.1 製造ライン構想設計ツール(図2)

このツールは、新製品開発や増産に伴う新規製造ライン設計の早い段階で、目標生産数、製造工程、設備仕様から製造コストを見積もり、コスト的な視点で製造ライン全体構想の

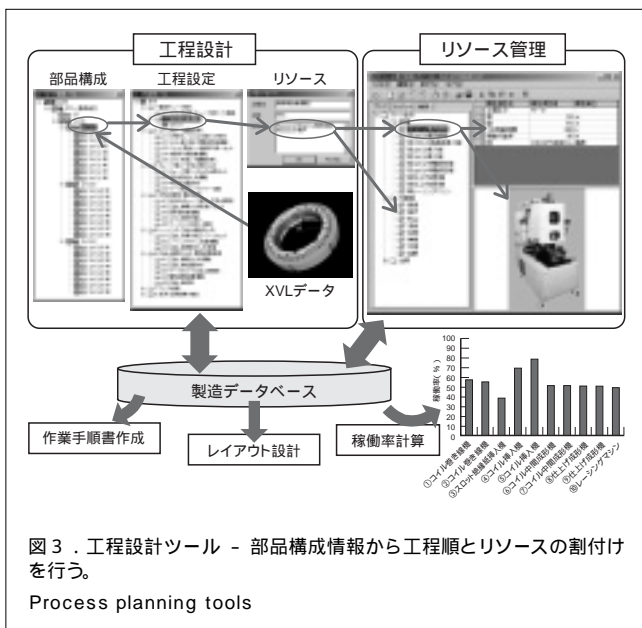


立案を支援するツールである。

分析ツールは、生産規模、プロセス、製造コスト内訳、工程別コスト内訳の4種類で構成される。これらを使ってラインコンセプトを立案していく。製造ライン形態を決定する手順は、まず、生産量と製造コストの関係を分析し、製造ラインの本数を決定する。次に、製造ライン形態別の製造コストを分析し、フロー型かショップ型かを決定していく。

### 3.2 工程設計ツール(図3)

このツールは、製品設計情報の部品構成から組立順序を作成し、作業時間や必要な設備と作業者を割り付け、レイアウトや作業手順書作成のためのデータを短時間で作成する

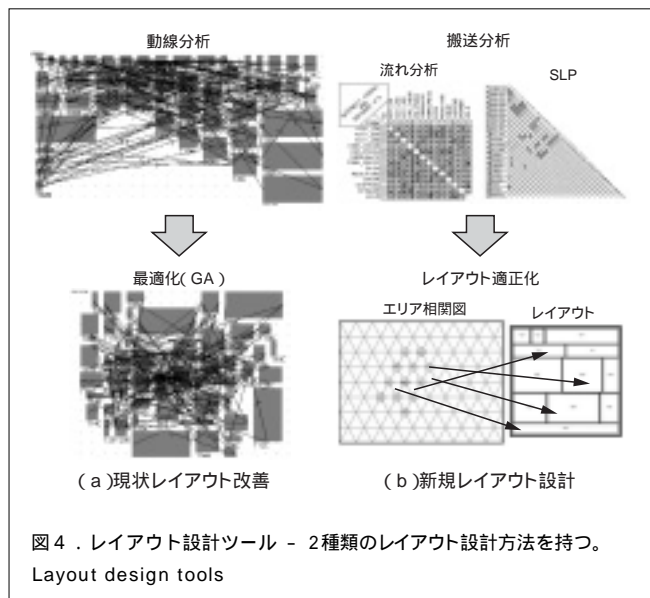


ツールである。

工程設計では、階層的な部品の構成が組立順序と等価とみなして工程を規定する。更に、部品構成だけでは判断できない検査などの不足工程は、三次元(3D)の絵を見ながら対話形式で追加していく。3Dデータは、XVL(eXtensive Virtual world description Language)を使い、データ容量を軽量化することで操作の応答性を高めている。次に、設定された工程に対して、作業時間や必要なリソース(人、設備、治工具)を割り付ける。リソースのうち設備に対しては、形状(3D図面)、重量、能力、稼働率などを規定する。作成された工程とリソースデータは、レイアウト設計や作業指示書作成のための基本データとなる。

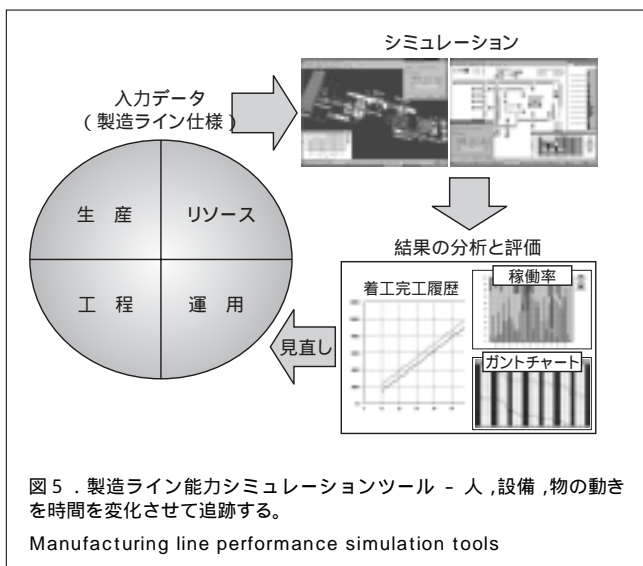
### 3.3 レイアウト設計ツール(図4)

このツールは、製品の搬送距離と頻度を定量的に分析し、搬送ロスが最小になるように設備を適正に配置するツールである。現状のレイアウトを改善する場合は、工程フローと生産量から現状レイアウトを動線分析し、搬送の距離と頻度及び温度、振動、クリーン度などの制約条件をパラメータとして、遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)<sup>1)</sup>を使って最適化する。一方、新規のレイアウト設計は、工程フローと生産量からPQ(Production Quantity)分析し、代表製品を絞り込む。これを基に流れ分析し、搬送の距離と頻度を求める。そして制約条件をSLP(Systematic Layout Planning)で重み付けし、適正なレイアウトを設計する。



### 3.4 製造ライン能力シミュレーションツール(図5)

このツールは、前記の三つのツールで設計された製造ライン仕様を基に、コンピュータ上に仮想的に製造ラインを作成し、この中で時間を変化させながら人、物、設備の動きを追跡し、効率的な製造ラインを短時間で設計するツールで



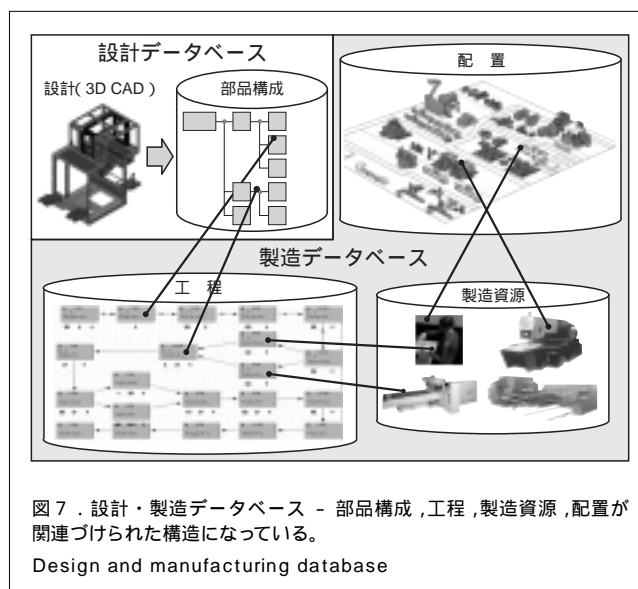
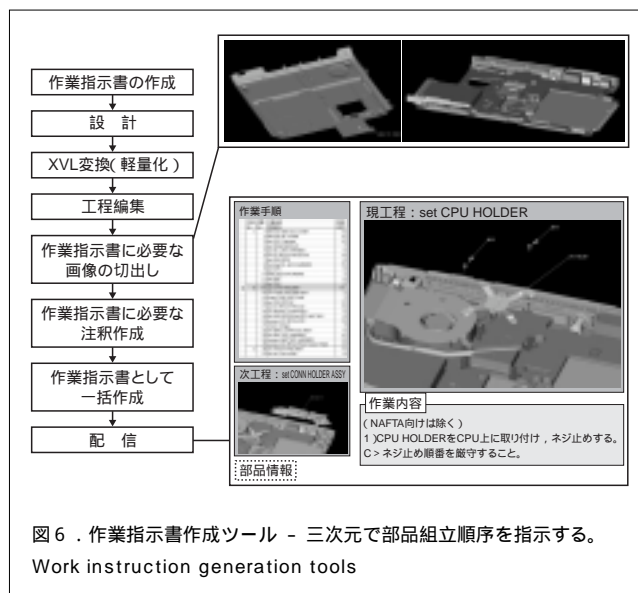
ある。製造ライン設計手順は,最初にスループット,リードタイム(LT),仕掛り,工数などの目標値とその優先順位を設定する。次に,3.1~3.3節で設定した製造ライン仕様を生産,工程,リソース,運用の4種類に分けて入力する。この入力データを基に,人,物,設備の動きを時間を変化させてシミュレーションする。シミュレーション状況は,2Dあるいは3Dで製造ラインの動きをわかりやすくアニメーションすることもできる。シミュレーションしながら人,物,設備の変化状態を履歴として蓄積しているため,これを統計処理することで,製造ラインの評価指標となるスループット,稼働率,LT,仕掛り数などが得られる。これら指標値と最初に設定した目標値を比較し,目標値に未達の場合には,入力データの見直しを行い再度シミュレーションしていく。これらを複数回繰り返すことで,目標値を達成するための入力データすなわちライン仕様を決定していく。

### 3.5 作業指示書作成ツール(図6)

このツールは,設計・製造データベースの部品構成,工程フロー,資源割付け情報から作業指示書を半自動で作成することで,作成効率の向上を図るツールである。作成された作業指示書は,ネットワーク経由で製造拠点へと配信される。作業指示書には,工程順と3Dでの部品の組立順序,及び作業する際の注釈が入っている。3DデータはXVLを使い応答性を高めている。

### 3.6 設計・製造データベース(図7)

このデータベースでは,3.1~3.5節の過程で生成された,設計と製造にかかわるデータが蓄積されている。ここでは,部品構成に対して加工,組立工程を,工程に対して製造資源(設備,作業員,治具)を,製造資源に対して配置関係に対応させ,一元化された構造で管理している。このような構造にすることで,部品構成の一部変更に対して,工程,製造資源,配置情報が連鎖的に更新される。



### 3.7 モデル自動生成ツール(図8)

製造ライン能力シミュレーションでは,仮想製造ラインのモデリングが伴う。モデリングは個々人のスキル差により,モデルの精度と作成時間が異なってくる。そこで,モデル作成作業の効率向上とモデルの標準化を図るため,モデル自動生成ツールを開発した。このツールでは,モデリング対象をライン,ショップ,工程の3階層で管理している。各々の階層単位で人や設備などのリソースを管理しており,搬送条件,投入条件,バッチサイズ,保守計画などを与えることができる。

## 4 適用事例

製造ライン能力シミュレーションツールを適用した主な適用事例2件を以下に紹介する。



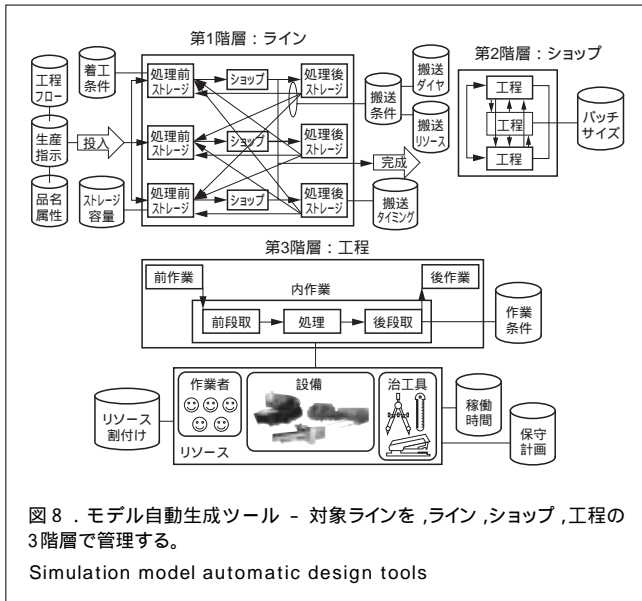


図8 . モデル自動生成ツール - 対象ラインを ,ライン ,ショップ ,工程の3階層で管理する。  
Simulation model automatic design tools

#### 4.1 発電機組立の流し化ライン構築( 図9 )

製造ライン構築の目的は、受注量増加に伴い現有製造資源(スペース、設備、作業者)を使って、短期間で新規製造ラインを立ち上げることである。従来は、物量が少なかったため、発電機という重量・大物品の組立は、定位置に置き複数人で作業していた。物量増加にこの方式で対応すると、作業場所と設備や治具が複数必要となり、スペース増加と新たな設備投資が必要となる。そこで、これらを抑制するために工程を分割し、最小限の設備や治具を配置した流し化ラインを検討した。検討案に対して、製造ラインの工程分割数、工程への人員配置、勤務時間、クレーン使用条件をシミュレーションで評価した。その結果、製造工数30%低減、LT10%短縮、スペース10%削減、設備投資70%抑制などの効果が確認され、流し化ラインでの実施が決定した。

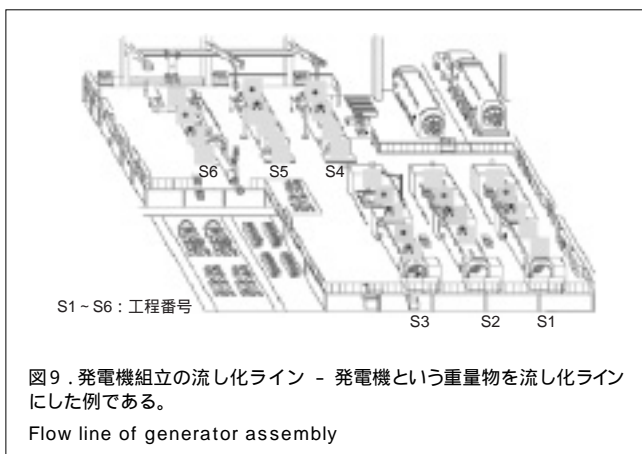


図9 . 発電機組立の流し化ライン - 発電機という重量物を流し化ラインにした例である。  
Flow line of generator assembly

#### 4.2 部品倉庫の最適化( 図10 )

部品倉庫では、部品をどの棚に格納するかが部品配膳(は

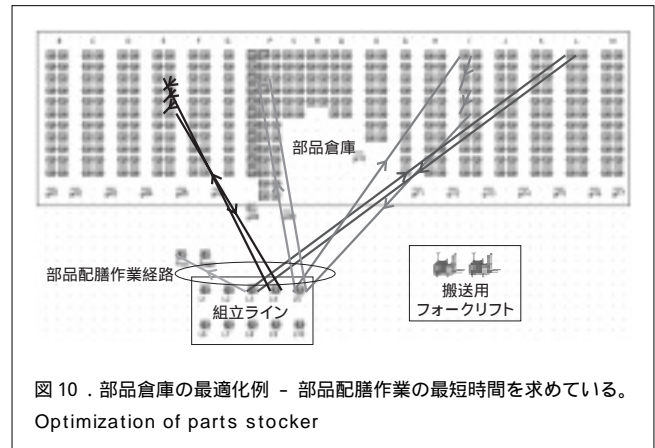


図10 . 部品倉庫の最適化例 - 部品配膳作業の最短時間を求めている。  
Optimization of parts stocker

いぜん)作業時間に大きく影響する。また、数百種もある部品棚配置の見直しを人間系で行うのは限界があり、時間もかかる。そこで、部品配膳作業時間を最短にするために、最適化手法の一つであるGAを使って部品棚配置を決定することにした。具体的には部品棚への部品の割付けを仮定して、作業者が部品を配膳する時間を計算し、GAを使って作業時間が最短となる部品棚配置を決定した。定期的に行うために、工場基幹システムから生産情報、部品構成情報、現状の部品棚配置情報を取得し、シミュレーションする方法とした。

この結果、部品棚見直し作業時間80%短縮、部品配膳作業時間5~10%短縮などの効果が確認され、部品棚配置見直し2回/月のルーチン化が開始された。

## 5 あとがき

設計・製造データベースを核として、製品設計情報を基にして工程設計、レイアウト設計、製造ライン能力シミュレーション、作業指示書作成までをシームレスに一貫して行う、製造ライン仮想設計技術を開発した。これを使うことで、新製品と生産性の高い製造ラインの早期立上げを実現できるようになった。

今後、この技術にカンバンやアンドンなどの運用系の仕組み改革も加え、トータルでの経営効果を実現していく。

## 文献

- (1) 北野宏明 . 遺伝的アルゴリズム . 産業図書 , 1993 .



大内 俊弘 OOUCHI Toshihiro

生産技術センター ソリューションプロジェクト担当主任研究員。  
生産システム技術の開発に従事。  
Solution Project Group