

生産ライン構築プロセスと生産管理プロセスの 変革を加速するエンジニアリングツール

Production Engineering Tools to Accelerate Reform of Production Line Construction and Production Management Processes

岡 一廣 OKA Kazuhiro 蚊戸 健浩 KATO Takehiro

東芝グループは、製品の設計や、生産、出荷などの生産ラインの業務プロセスを変革するため、生産シミュレーションや生産スケジューラーといったエンジニアリングツールの開発及び導入を進めている。

生産シミュレーションは、生産ラインの3次元(3D)モデルを構築して製造工程や、人員配置、設備レイアウトなどを並行検討できるツールであり、各種データを一元管理することで、計画変更が生じても迅速なライン適正化が可能となった。生産スケジューラーは、製造現場や据付・保守現場での作業計画情報をデータ化して生産計画を自動作成できるツールであり、各業務プロセス間での円滑な情報連係が可能となった。これらのツールの活用により、生産ラインの構築から量産開始までのリードタイム(LT)短縮や生産管理のための工数削減が期待できる。

The Toshiba Group has been engaged in the development and introduction of engineering tools, including a production simulation tool and a production scheduler, in order to reform its processes related to production line operations such as design, production, shipment, and other associated processes.

The production simulation tool is capable of simultaneously considering the manufacturing processes, arrangement of personnel, and layout of equipment through the use of three-dimensional (3D) models of the production line, thereby allowing the line to be swiftly optimized even in the event of a change in production schedules through the unified management of related digital data. The production scheduler is capable of automatically creating a production schedule based on digitized information collected from production, installation, and maintenance sites, thereby facilitating collaboration between individual operational processes through the sharing of related information. These tools are expected to contribute to a reduction in lead time from the construction of a production line to the commencement of mass production as well as a reduction in the production management workload.

1. まえがき

東芝グループは、国内外の様々な生産拠点でモノづくり力の強化に向け、営業から据え付け、保守までの業務プロセス全体の変革を加速させている。特に、生産ライン構築プロセスと生産管理プロセスの変革については、生産シミュレーションや生産スケジューラーといったエンジニアリングツールの開発及び導入を進めている。これらのツールを活用した業務プロセス変革は、活動領域を拡大しており、前後プロセスの物流・据付・保守プロセスにも活動を展開している。

ここでは、まず、高効率な生産ラインの早期立ち上げを可能にする、生産シミュレーションを活用した生産ライン構築プロセスの変革について述べる。また、生産計画情報をデータ化して一元管理することで各業務プロセス間の情報連係を可能にする、生産スケジューラーを核とした生産管理プロセスの変革についても述べる。

2. 生産ライン構築プロセス変革の取り組み

2.1 生産シミュレーションを活用した生産ライン構築

生産シミュレーションとは、製品と製造情報を基に、現実の生産ラインをコンピューター上で仮想的にモデル化し、モデル内で時間を経過させながら、人、設備、モノの動きを追跡し、生産ラインの生産性を評価するツールである⁽¹⁾(図1)。東芝グループは、これまで、家電製品などの組立系の量産ラインや、半導体製品のショップライン、社会インフラ・エネルギー製品の生産ラインなどの多種多様な生産ラインを対象に、スループットや、人員生産性、スペース生産性などの生産指標を定量化することで、量産前の段階での生産ライン適正化に取り組んできた。

生産シミュレーションを活用して生産ラインを構築する手順は、現状把握、モデル構築、シミュレーション、及びシナリオ評価・施策立案の4ステップから成る(図2)⁽²⁾。まず、現状把握として、事業計画や、製品図面、過去の製造実績などから製造諸元データを整備し、シミュレーションモデ

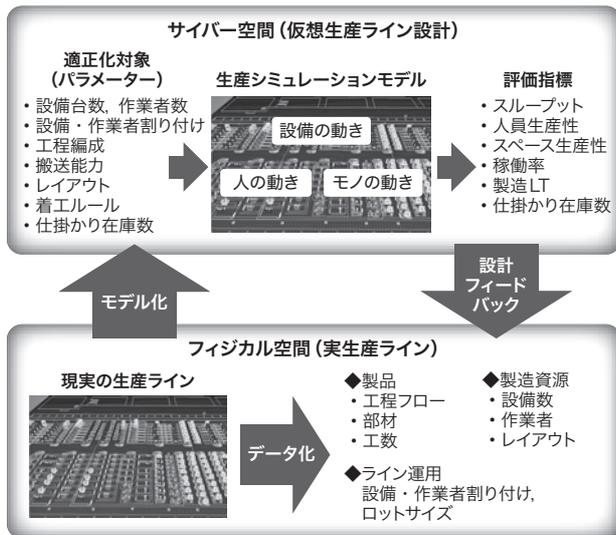


図1. 生産シミュレーションの概要

製品、製造情報に基づいて、サイバー空間にモデル化した仮想ラインを構築し、生産ラインの生産性を事前に定量評価する。

Outline of production simulation tool

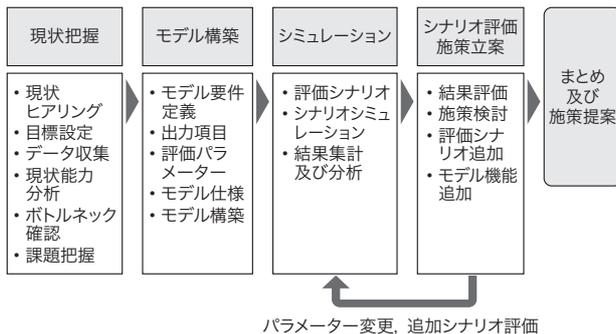


図2. 生産シミュレーションを活用した生産ラインの構築フロー

目標値を満足するように、パラメーターの値や評価シナリオを変化させながらシミュレーションを行い、目標値を満足するシナリオを決定する。

Flow of processes to construct production line implemented using production simulation tool

るを構築する。その後、生産ラインの人員配置や運用ルールなどの条件をまとめた様々なシナリオをシミュレーションで定量的に評価しながら、目標値を満足できるシナリオを決定する。もし評価の結果、目標値の達成が困難な場合や更なる生産性の向上が必要となった場合には、製造工数の削減などの改善施策を検討し、設計部門などとも連携して製造諸元データの見直しを実施する。

2.2 3D技術と生産シミュレーションの融合

近年、顧客ニーズが多様化するとともに、商品ライフサイクルが短期化してきており、生産ラインの低コスト化や構築・立ち上げのLT短縮が、ますます強く求められている。

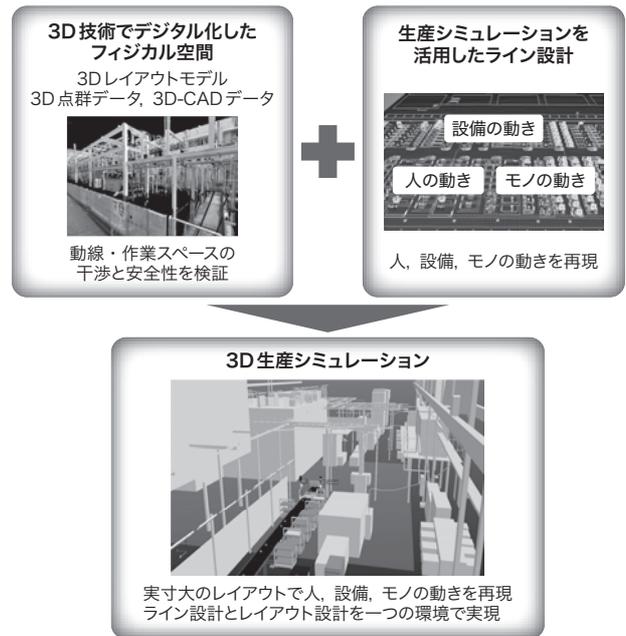


図3. 3Dデジタル技術と生産シミュレーションの融合

3Dデジタル技術を活用することで、工程設計とレイアウト設計のデータ関係を強化し、ライン構築のLT短縮を図る。

Integration of 3D digital technologies and production simulation tool

従来、生産シミュレーションを活用したライン設計は、モノの流れの視点に基づいた“工程設計”と、設備・人員配置の視点に基づいた“レイアウト設計”とが個別に進められており、相互に影響する両設計間でのやり取り・調整に時間を要することが問題となっていた。

このため、現実に近い製造建屋内のレイアウトを3Dの仮想空間上に構築して工程設計とレイアウト設計をデータ関係させ、並行して検討できる生産ライン構築手法の開発に取り組んできた(図3)。

まず、3Dレイアウトデータを迅速に作成するため、生産ラインを構築する建屋について、新築の場合には建設時に作成された3D-CADデータを、既存の場合には3Dスキャナーを活用した建屋の3D点群データを取得し、デジタルデータ化する。その後、その建屋内に生産設備の3D-CADデータや作業員の3Dモデルなどを配置することで、生産ラインの3Dモデルを構築する。そして、この3Dモデルと生産シミュレーションを融合させた“3D生産シミュレーション”を迅速に実行できる独自の仕組みを自社開発し、生産ライン構築に適用している。このシミュレーションを活用することで、設備台数や作業員数といったライン設計パラメーターの生産指標への影響だけでなく、レイアウト変更によるモノの運搬動線などの製造性も同時に検討できるようになった。

加えて、リアリティーのある実寸大の3Dモデルなので、設備の搬出入経路や設置後のメンテナンススペースの干渉などをVR（仮想現実）で評価できる。このように、ライン設計の完成度を事前に高めることで後戻り防止につなげている。

2.3 活動領域の拡大と業務プロセス間の関係強化

東芝グループは、物流や、据え付け、保守サービスなどの領域にも生産シミュレーション技術を展開しており、物流拠点での荷物のピッキング作業などにおける運用改善や、据付作業での機器搬入における事前検証などにも取り組んでいる。物流領域では、近年の需要増加に伴い、労働力の確保が課題となっている。その解決策として生産シミュレーションを活用し、人手による作業をロボットのような自動化機器に変更した場合の省人効果などを評価している。これにより、投資判断の適正化や、人とロボットとの協調作業による生産性向上に貢献している。

また、生産シミュレーションを活用することで、工程編成や、設備・作業割付け、レイアウトなどの生産ラインの諸元データを一元管理できるようになる。設計や、生産管理、製造などのプロセス間で最新の諸元データをタイムリーに共有すれば、各業務プロセス間のつながりが強化される。このため、設計変更や生産計画変更などが発生した場合でも、迅速にライン設計に反映することで、量産立ち上げまでのトータルLTの短縮が期待できる。

3. 生産管理プロセス変革の取り組み

3.1 生産管理プロセス変革の進め方

東芝グループは、様々な生産形態の製品を製造する国内外の工場や、据付・保守現場などを対象に、生産管理業務の設計からシステムの開発、導入まで、幅広く推進してきた。これまでの活動を通して、生産管理プロセスを変革・改善する流れを定型化している（図4）。

3.2 生産管理業務の課題

生産管理業務は、受注から検査・出荷までの計画及び実績の管理が必要で、業務範囲が広く、かつ関係する担当者も多いことから、根本課題を特定し、施策の優先順位を決定することが難しい。そこで、これまでに培った知見を基に、生産管理業務のあるべき姿や業務要件を定義して、生産管理のレベルを測るチェックリストを作成し、現状業務の整理や課題抽出を早期に実施できる独自の仕組みを構築している（図5）。

これまで製造現場では、長年業務を担当している熟練技能者にノウハウが蓄積されており、その属人的な判断により高度なモノづくりが実現されることが多く、業務負荷の平準化や、若手技能者へのノウハウ継承に課題があった。また、

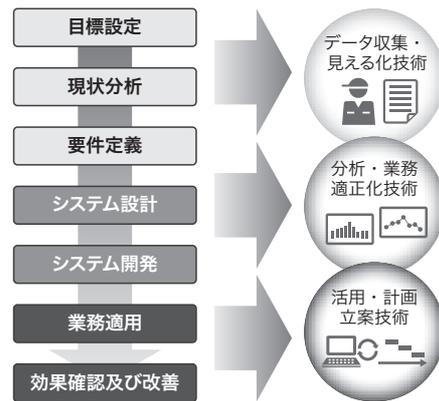


図4. 生産管理業務の変革・改善フロー

データ収集・見える化技術、分析・業務適正化技術、活用・計画立案技術により、生産管理業務改善の目標設定から効果確認までの一連のフローを実施する。

Flow of processes to change and improve production management operations



▲工場A ●工場B ■工場C ◆工場D
PSI : Production/Procurement, Sales, Inventory

図5. 生産管理業務の機能別レベルチェックの例

生産管理業務の機能別にレベルをチェックすることで、課題を明確化する。
Example of level checking of production management operations by function

製造実績・履歴の管理や、計画・実績のデータ化が十分ではないことから、納期遅延や品質トラブルなどの問題が発生した場合の対応が暗黙知となっていた。加えて、営業・設計・調達・製造の各業務で扱うデータが個別に管理されており、各プロセス間で情報関係ができていないことから、各プロセスでの個別最適が優先され、全プロセスをスルーした業務全体の効率悪化や、供給LTの長期化が問題となることがあった。

受注生産品の生産計画を作成する際は、一品ごとに製造方法・手順が異なるだけでなく、作業者のスキルや各種

の想定されるトラブルへの対応など、考慮しなければならない条件が数多くある。これらの条件は、非常に複雑な上に、工場・製品ごとに異なることから、全ての条件を入力した上でその判断ロジックを開発し、全自動で最適な生産計画を作成することは現実的ではない。このため、工場・製品に合った生産スケジューラーを導入・活用し、まずはロジカルに判断できる条件を加味した生産計画を自動作成した上で、それをベースに、生産管理担当者の意思も適宜反映できる仕組みが求められる。

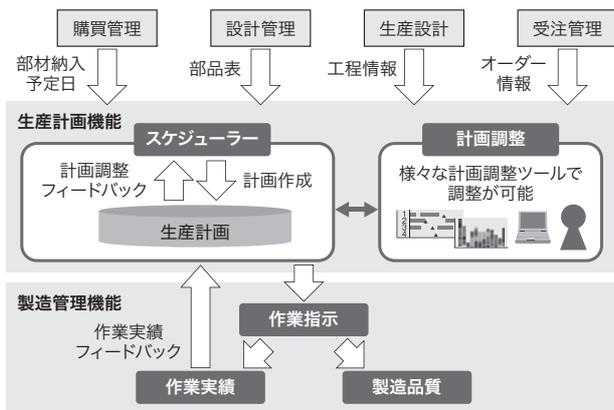


図6. 生産スケジューラーへの関連情報の流れ

生産諸元を基に自動で生産計画を立案するとともに、人手による生産諸元マスターと生産計画との整合性の調整を可能にする。

Flow of information on production management operations to production scheduler

3.3 生産スケジューラーの活用

これらの課題に対応するため、受注生産向けや中量産向けなど複数の生産スケジューラーを保有するほか、これまでの改善ノウハウを反映させて、計画作成ルールを拡張できる独自のスケジューリングエンジンを開発し、工場・製品に合ったスケジューラーを適切に選択できる環境を整えた⁽³⁾。これにより、従来は数時間から数日を掛けて作成していた数年単位の計画を、1分程度で作成することが可能になった。また、自動作成された計画を様々な用途に応じた計画帳票として可視化するだけでなく、人手で調整・修正できる機能、生産諸元マスターと修正された計画の整合性を調整する機能、計画マージ機能、及び部分スケジューリング機能を導入し、異なる生産管理担当者・マスター管理者・部門間が並行して計画をアップデートできるツールを開発した(図6)。受注生産の現場では、これらの仕組みを有効に活用するため、モジュラーデザインによる部品やユニットの標準化を進めるとともに、ノウハウに依存していた受注製品別の製造フローも標準化した。これにより、設計・製造・試験工程の計画を作成するとともに、設計担当者や設備など製造資源の長期負荷見込みを可視化できる生産スケジューラーの利用環境を構築した(図7)。これらの仕組みを活用して、受注から出荷までのLT短縮及び納期遵守に貢献している。

3.4 現地工事への展開

3.3節で述べた仕組みは、製造現場だけではなく、出荷

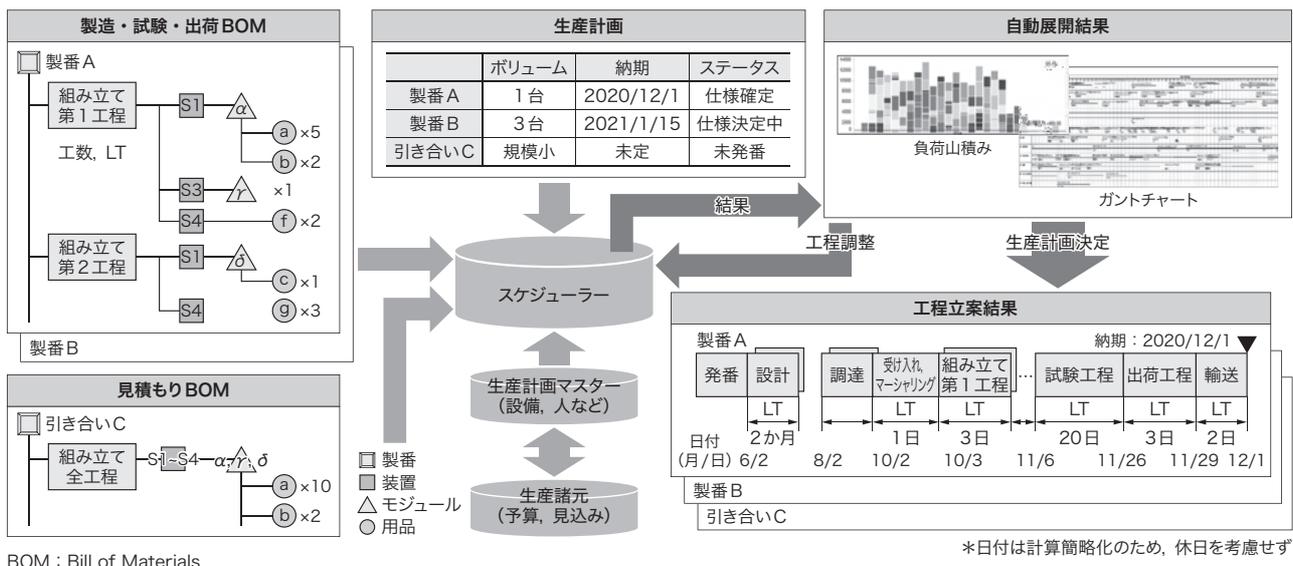


図7. 生産スケジューラーの利用環境

製品の構成などの設計情報と連携して自動スケジューリングを行うとともに、結果データを使用した可視化で、長期的な負荷見込みを確認・評価できる。

Usage environment of production scheduler

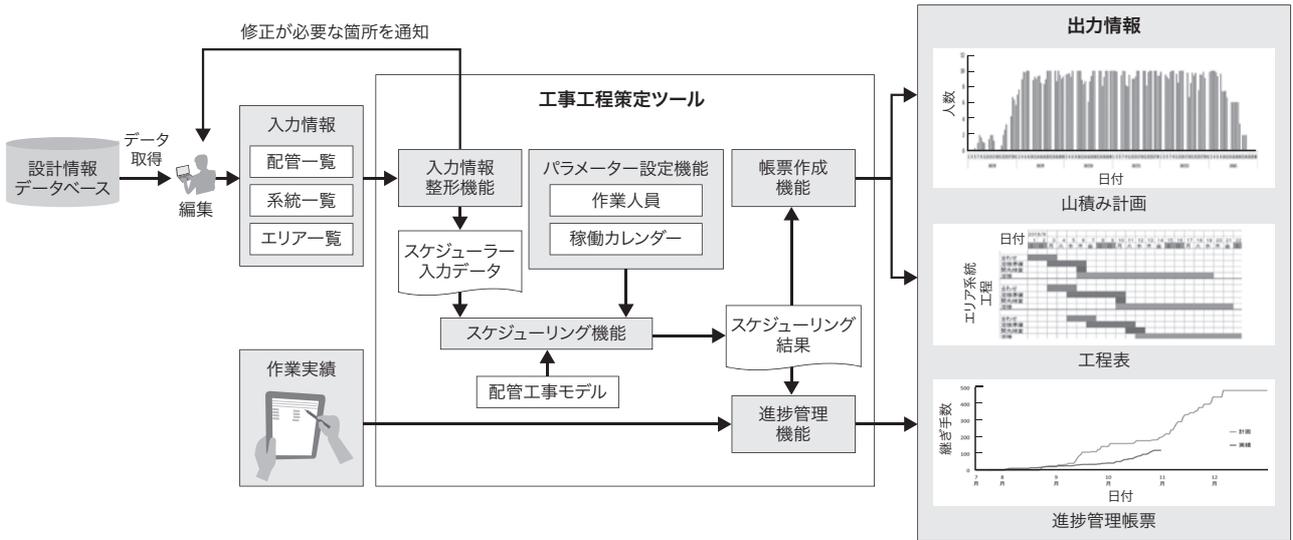


図8. 現地工事の工程策定ツールの構成

設計情報から取得した入力情報を基にスケジューリングし、現地工事計画を自動生成する。現地で入力される作業実績と連携することで、進捗管理もできる。

Configuration of process planning tool for site installation

した製品の据付・保守現場などにも適用・展開できる。据付・保守作業は、溶接や、高所作業、検査などの専門資格を保有する作業員数に限りがあることに加え、建屋構造や建屋工事日程などの制約もある。また、保守作業は、解体する大型部品の置き場を考慮した作業手順を組むなど、特有の制約を考慮した計画作成が必要となる場合もある。これに対し、現地工事を適正に管理できる業務プロセスを整備するとともに、工事の作業工程や、作業実施単位、作業時間などを定義して作業内容をモデル化することで、スケジューラを用いた計画作成を実現した⁽⁴⁾。これにより、製造現場での運用と同様に、現地工事開始後も、最新の作業実績を反映した進捗管理帳票を関係者間で共有することで、工事の進捗状況をタイムリーに把握できるようになり、工事遅延の早期検知に活用されている(図8)。

4. あとがき

東芝グループは、生産シミュレーションや生産スケジューラといったエンジニアリングツールの開発や導入で、生産ライン構築プロセスと生産管理プロセスの変革を進めている。生産シミュレーションを活用することで、多種多様な生産ラインを対象に、スループットや人員生産性などの生産指標を定量化し、量産前の生産ライン適正化を可能にした。今後、適正化されたライン諸元データを、生産管理や製造実績などのデータと一元管理することで業務プロセス間のつながりを強化し、量産立ち上げのトータルLT短縮を目指していく。

また、製造現場や据付・保守現場に生産スケジューラを核とした仕組みを導入することで、計画情報がデータ化され、各業務プロセス間での情報連係が可能となった。今後、工場での製造進捗や据え付けを行う建屋の工事進捗に合わせた出荷・物流計画や現場工事計画の作成など、業務プロセス全体をスルーした、最も効率的な計画管理を実現していく。

文献

- (1) 大内俊弘. 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. 東芝レビュー. 2003, 58, 7, p.15-18.
- (2) 小竹正弘, 杉山尚美. 生産シミュレーション技術の製造ライン設計への適用と生産予測への応用. 東芝レビュー. 2014, 69, 9, p.8-11.
- (3) 高橋伸昌. 組込みが容易で、かつ汎用性を高めた生産スケジューラ. 東芝レビュー. 2014, 69, 11, p.58-59.
- (4) 島田裕輔. 火力発電プラントの現地工事を効率的に行うための計画立案システム. 東芝レビュー. 2018, 73, 6, p.51-54. <https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2018/06/73_06pdf/f02.pdf>, (参照 2020-10-19).



岡 一廣 OKA Kazuhiro
生産技術センター 業務プロセス変革推進領域
グローバルモノづくり変革推進部
日本経営工学会会員
Global Manufacturing Innovation Dept.



蚊戸 健浩 KATO Takehiro
生産技術センター 業務プロセス変革推進領域
グローバルモノづくり変革推進部
Global Manufacturing Innovation Dept.