



ものづくり・サービスづくりのシミュレーション

渡邊 一衛*

The Simulation System of Material Production and Service Production

Ichie Watanabe*

Key words: Digital manufacturing, Front loading, Service production, SCM, PLM

1. はじめに

現在, NPO法人横断型基幹科学技術研究団体連合(横断連合)では, 経済産業省より受託した資金により「分野横断型科学技術アカデミック・ロードマップ作成支援事業」を実施している。その中のWG2である「社会システムのシミュレーション・モデリング技術分野(主査山崎憲, 日本大学教授)」の委員として参加させて頂いている。本稿は, そこで担当している, ものづくり・サービスづくりの観点から検討している内容を中心に紹介することとする。

2. ものづくり・サービスづくりの構造

ものやサービスを生み出す活動は, 一般に「生産」と呼んでいる。JIS生産管理用語では「生産」を以下のように定義している¹⁾。

「生産要素である素材など低い価値の経済財を投入して, より高い価値の財に変換する行為又は活動。(備考)製造は人工的であり, 生産は自然活動を含むという区別をする場合もある。」

また, 生産活動の結果として製品が生み出されるが, 「製品」の定義は次のように示されている。

「活動又はプロセスの結果。(備考1)製品にはサービス, ハードウェア, プロセス製品, ソフトウェア及びこれらの組合せがある。(備考2)製品には, 有形の物(例えば, 組立製品)又は無形の物(例えば, 知識又は概念)及びこれらの組合せがある。」

このことから, 製品にはものとサービスのいずれも

が含まれている。一般に, 生産のアウトプットとして製品・サービスがあるという言い方がされることがあるが, この表現は正しくないことになる。

ものづくり・サービスづくりを「仕事の構造」の概念で捉えると, 図1のように示すことができる²⁾。仕事の構造では, 資源(もの)を○により表現し, 変化(こと)を□により表現するため, 「もの・こと分析」と呼ばれている。ものづくり・サービスづくりの仕事は, 素材を変化させて製品を生み出すことである。変化を助けるための資源として手段の資源があり, 変化に直接携わる資源, 容器や置き場としての資源, 触媒や治具のように変化を促進する資源, エネルギー源としての資源, コントロールを行う資源などに分類できる。これら手段の資源は, 変化の中でそれぞれ役割(機能)を持っている。投入された素材は全て製品になるとは限らない。例えば, プレスにより穴あけされた板金は製品になる部分と, 製品にならない部分とに分かれる。仕事の構造では, 製品にならない部分も「のこりもの」あるいは「残資源」として把握し, 記入しておく。このような分析の結果, 素材の姿かたちは変わるが, 製品または残資源(のこりもの)のいずれかになって生産システムからアウトプットされる。このことから, 「素材=製品+のこりもの(残資源)」という関係があり, インプットとアウトプットの間でマテリアルバランスが成り立つ。

出来上がった製品は, 要求をもったお客に渡し, お客は製品により満足する。生産というプロセスから見るとこのような表現になるが, 実質的には要求を持ったお客のために製品が作られ, そのためにものづくり・サービスづくりのプロセスが存在している。従っ

* 成蹊大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Seikei University

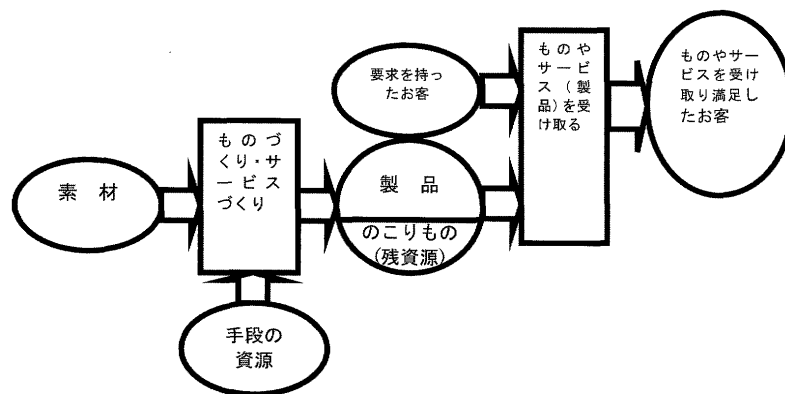


図1 ものづくり・サービスづくりの仕事の構造

て、お客の要求が無いものを作るのは、製品作りとはいえない。図1では、そのようなお客の要求を満たすプロセスも含めて図示されている。サービスの中には情報等のように無形のものや、映画や演劇、歌などのようにプロセス自体を製品とするものもあり、表現が難しい。しかし、お客の要求を満たすものやことを提供するという点ではものづくり・サービスづくりとも同じであると考えられるのではないだろうか。

さて、仕事のシステムの評価を行う指標として、PQCDSMEの7つが挙げられる。以前は「現場の5大任務」あるいは「現場の5大使命」という名称で、以下の5つの項目が挙げられていた³⁾。すなわち、ものづくりの現場の管理をうまく達成するための任務として、①品質を維持・向上させる(品質;Quality)、②原価を低減する(コスト;Cost)、③生産量を達成し、納期を遵守する(量、納期;Delivery)、④よりよい職場環境をつくり、勤労意欲を高める(モラル;Morale)、⑤安全を確保する(安全;Safety)があり、QCDMSと呼ばれていた。これに、仕事のシステム全体の評価として、生産性(産出量/投入量の比率)の向上を図ること(生産性;Productivity)、および社会環境、自然環境への負荷を減らすこと(環境;Environment)を加えるのが一般的である。これらの評価尺度は、例えば品質指標であれば不良率や直行率(検査後に手直しが必要でない製品の生産量に対する比率)などのように、管理指標としてより具体的な項目にブレイクダウンして用いられている。

このような様々な評価尺度あるいは目標を達成するために、仕事のシステムの管理を行う必要がある。ここで、「管理」の定義について示しておこう。JISによれば、「経営目的に沿って、人、物、金、情報など様々な資源を最適に計画し、運用し、統制する手続き及びその活動」である。ここに示した定義では、管理は計

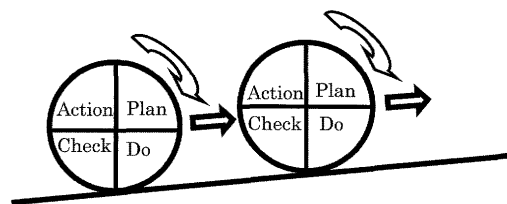


図2 管理のサイクル

画、運用、統制という3つのステップから構成されているが、運用を除き、「管理とは計画と統制である」という表現もされる。品質管理における管理のサイクルは、以前は「Plan(計画)」、「Do(実行)」、「See(検討)」であったが、現在では「Plan(計画)」、「Do(実行)」、「Check(評価)」、「Action または Act(対策)」の4段階で示されている。図2に示すように、このサイクルを何回も回しながら、よりよい状態になるように継続的な改善をおこなう全社的な自主管理活動がQCサークル活動である。PDCAのサイクルは品質管理の中だけではなく、継続的な改善活動ではどの分野でも必要な基本的な考え方になっている。

3. ものづくりの業務フロー

図3に基づいて、ものづくりの流れを概括してみよう。通常、生産を行うのは生産された製品を販売するためである。そこには顧客あるいはお客がいる。新しい製品の場合には顧客の要求に応じて製品企画の活動をし、企画内容が決まったら生産をするための製品設計をおこなう。製品設計では製品の構造や構成部品の形状、加工方法や組立て方などの生産方法、その製品の使用方法などが決まるが、それと同時にそれらにかかるコストの8割方が決まってしまうといわれている。

新たに生産場所を決めて生産を行う場合には次の段階として、どこでどれ位の規模で生産を行うかという

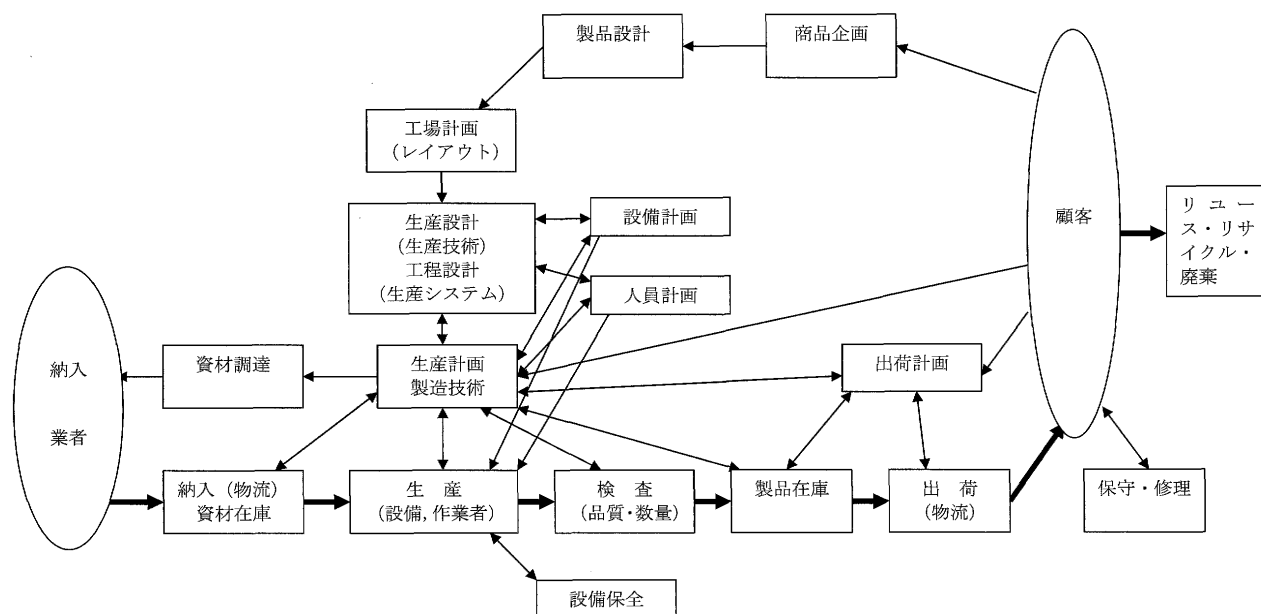


図3 ものづくりにおけるものと情報の流れ

工場計画段階がある。次に、生産を具体化するために必要な技術、工法を考える生産設計の段階に入る。製品設計でのアウトプットである設計図に基づいて、生産設計の段階で設備や作業者の生産における役割分担が決まり、設備設計や設備の購入、作業者が持つべき技術などが明確になる。生産計画により、製品の量とタイミングが決まると、生産方式を決め、工程設計が行われる。また、詳細な生産計画が決まると、必要な資材を調達する活動が行われる。

調達活動に基づき、発注先から資材が納入され、検品(数量と品質の検査)され、資材倉庫に保管される。生産現場の生産計画に基づき、必要なものを、必要な量だけ、必要なときに供給し、生産が行われる。出来上がった製品は検査され、製品倉庫に保管される。顧客の要求に基づいて出荷計画が立てられ、製品倉庫から出荷され、顧客に届けられる。生産を始めるまでの立ち上げ期間、生産を始めてからの期間で生産に関わるトラブルや改善に対処するために、製造技術や生産技術のスタッフが支援する。

繰り返し生産される製品については、新たに製品設計を行う必要がないため、営業活動からきた情報により、生産計画のステップへ入ることになる。また、この図には顧客の需要を受け取り、直接製品倉庫から出荷する場合の流れも加えられている。

製品のライフサイクルを考えると、顧客に渡った製品は、必要とされる製品の機能に基づいて使用される。繰り返し使用される場合には、保守や修理を行う必要

がある。使用し終わると、資源としてリユース、リサイクルされるか、最終的には廃棄されることになる。

図3には、以上で述べた生産の流れが図示されている。この図表において、情報の流れを細線で、ものの流れを太線で分けて示している。生産活動の始めの計画段階では、情報の流れが中心となるが、調達活動後の実行段階である製造活動においてはものの流れが加わる。この図では、生産計画に必要な情報が生産現場や資材在庫、製品在庫などからフィードバックされている。

4. ものづくりのシミュレーション

ものづくりにおけるシミュレーションには、オペレーションズリサーチからのアプローチと設計・製図からのアプローチがあった。オペレーションズリサーチ(OR)は、問題を制約条件と目的関数(評価尺度)に分け、これらを数式により記述して定式化し、数学的な知識により最適化することが基本的な考え方である。この例として、原材料の量の制約条件下における製品選択(プロダクトミックス)の問題(線形計画法の応用)、最短経路を求める問題(動的計画法の応用)、最適な作業の順序を求める問題(分岐限定法など)などがある⁴⁾。これらの問題はORのテキストで良く出てくるが、規模が大きくなると短時間で最適解を求めることが困難になり、シミュレーションに頼らざるを得なくなる。ここでのシミュレーションは様々な数値例を実行してみてその中からよいものを求めていこうとする考え方で

ある。コンピュータの旧来の使い方である、繰り返し同じことを早く行う機能を利用し、そこそこ良い解(近似解)を求めようとする方法である。これらの問題は数値による最適化であり、いわゆる数値シミュレーションが中心となって発展してきている。

一方、設計・製図からのアプローチは、設計図をコンピュータで描けるようになってから急速に発展してきた。設計図の内容がデジタル化され、次工程での機械加工へ利用が可能になった。さらにその情報が図示できるようになり、生産工程でのものの動きを図示して目で見ながら物的な干渉などの問題点を探し、設計へフィードバックし、量産設計へ適用することが可能になった。このようなデジタルマニファクチャリングの流れは機械加工だけでなく、人が行う組立作業へと展開され、作業方法の設計、改善に用いられるようになってきている。こうした問題解決法は、いわゆる「可視化」の技術の発展により可能になったシミュレーションへの応用であり、OR による問題解決とはアプローチが異なっていることがわかる。

これらのシミュレーションは主に生産計画の段階で用いられており、特に後者のシミュレーション技術は市販のソフトウェアの開発により大きく発展している。設計段階で量産体制における問題点をできるだけ出して改善し、その下で具体化した生産方法により量産を行うことにより、量産までの設計・開発・計画のリードタイムが短縮できる。また、量産に入ってから初期流動期間と呼ばれる期間における問題点の除去が減るため、この期間を短縮することもねらいとしている。このような活動をフロントローディングと呼んでおり、早い段階で生産システムの状況をシミュレーションにより見るができるようになって可能になった。大

手自動車メーカーではこの技術が採用され、生産システムの設計、改善に用いられている。

この種の総合的なシミュレーションシステムの代表的なものとして、QUEST, eM-Plant, WITNESS, Automod などがあるが、これらは全て海外で開発されたソフトウェアである。日本で開発されたフロントローディングをねらいとしたシミュレーションシステムにGP4がある(図4, 図5)。このシステムは、生産準備、製造準備を中心に、いわゆる生産技術と製造技術、製造現場を結びつけることを意識して開発されたものである。生産ライン全体の流れ、工程設計、生産ラインで行う作業者の動きのシミュレーションができ、部品棚の設計を行うことで部品の取り付け方向を考慮した作業者のシミュレーションが可能になっている。また、作業者への作業訓練や作業指示に利用できるシステムも加えられている。このシステムは、ビデオなどの実写による作業の説明と異なり、組立に必要な最小限の情報で構成されているために、作業ポイントや注意点をわかりやすく提示することができる。

5. 今後の展望

現在の生産シミュレーションシステムは、ある特定の目的で必要に応じて開発されてきた。このような部分最適化から全体最適へと問題領域が広くなり、また、ひとつの企業からその前後の企業とのつながりが意識されるようになってきている。その代表的な考え方がSCM (Supply Chain Management) であり、「資材供給から生産、物流、販売に至る物又はサービスの供給連鎖をネットワークで結び、販売情報、需要情報などを部門間又は企業間でリアルタイムに共有することによって、経営業務全体のスピード及び効率を高めながら顧客満足

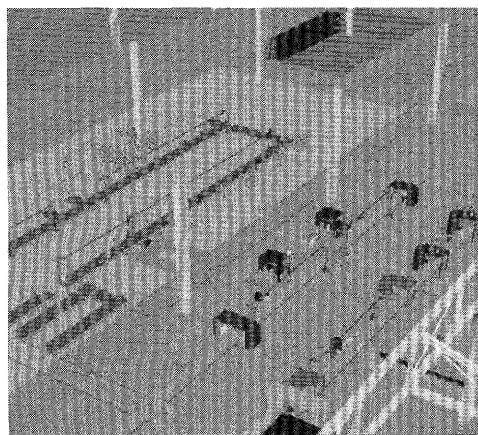


図4 生産ラインのシミュレーション
(株式会社レクサーマトリクス社提供)

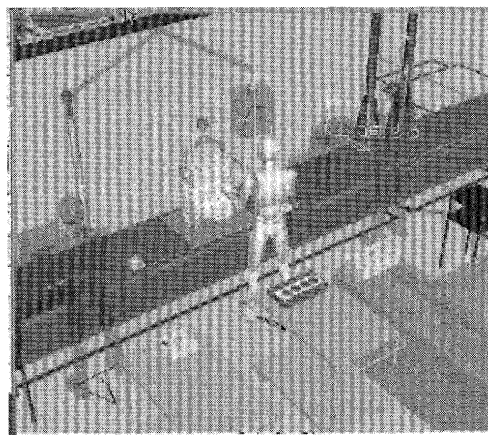


図5 作業者のシミュレーション
(株式会社レクサーマトリクス社提供)

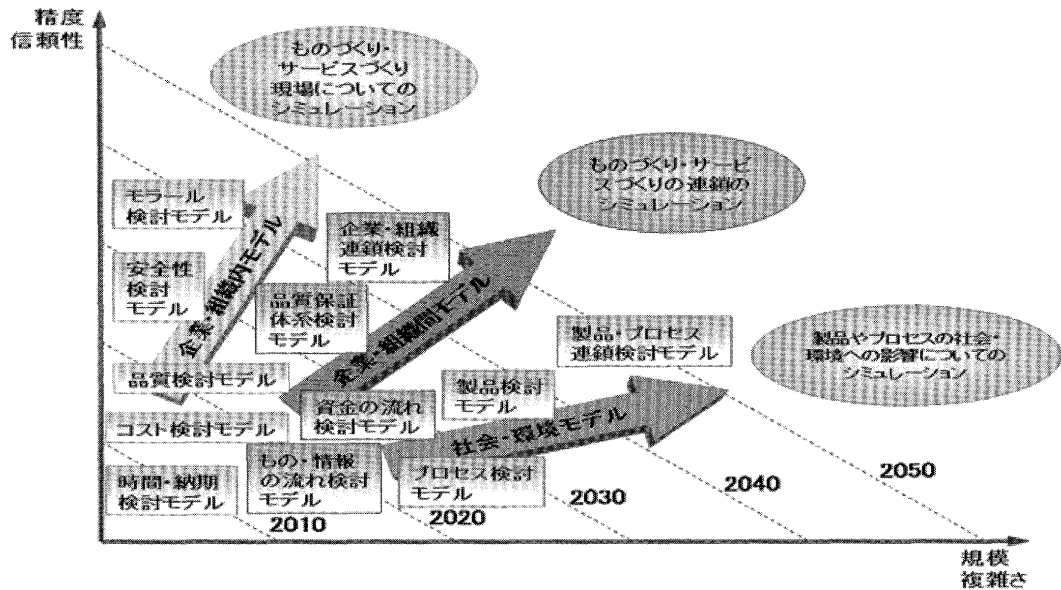


図6 ものづくり・サービスづくりのシミュレーションモデルの展望

を実現するコンセプト」である¹⁾。また、供給される製品の側から見ると、PLM (Product Lifecycle Management) と呼ばれる、「製品に関わる情報を製品の企画段階から設計・開発、製造、保守、廃棄に至るまでの製品ライフサイクル全体にわたって全社的かつ部門横断的に管理」しようとする考え方がある²⁾。このような企業間の広がり、製品のライフサイクルを意識したシミュレーションの必要性が出てくることが予想される。また、サービスづくりにおいても、これまでに示した内容については応用範囲が広いと考えられる。

生産システムに対するシミュレーションの将来として、すでに述べた評価尺度なども考慮し、図6に示す3つの方向を考えてみた。

- ① 企業内・組織内のシミュレーションモデル：ものづくり・サービスづくりの現場を中心としたシミュレーションにより解析を行うモデルである。現在は、評価尺度のうちDすなわち量や納期及びそれに関連した時間を扱うモデルが中心である。今後は、コスト、品質、安全性の評価へと広がり、作業者の精神的な動きが扱えるようになると作業者のミスの解析やモラルを含めたより詳細なシミュレーションが可能となる。
- ② 企業間・組織間のシミュレーションモデル：企業内・組織内モデルがSCMにより縦に広がったモデルである。物の流れは出来上がりつつあるが、情報の流れ、資金の流れ、品質保証体系についての検討が出来るモデルへと広げていく必要がある。これら

が企業間・組織間での連鎖としてつながれば全体の流れの検討が可能となる。

- ③ 社会・環境のシミュレーションモデル：製品や生産プロセスが社会や環境へどのような影響を及ぼすのかを検討するモデルである。初期には狭い段階での生産プロセス内のモデルであるが、最終的にはPLMを意識した製品のライフサイクル全体が社会・環境へ及ぼす影響について検討できるようになることが予想される。

ものづくりの場面では、これまで部分的なプロセスや製品自体の検討は行ってきたが、生産活動が企業の中だけで完結しているわけではないことを生産の歴史とともに学んできた。技術者の素養のひとつとして、自らが生み出した製品の社会への影響を知ることが求められ、技術者倫理の必要性が説かれている。シミュレーションについてもこのような検討が出来るシステムが開発されることが期待されているのではないだろうか。

参考文献

- 1) 日本経営工学会、日本規格協会：JIS Z 8141 生産管理用語、日本規格協会 (2001)
- 2) 中村善太郎：もの・こと分析、日本能率協会マネジメントセンター (1992)
- 3) 石川馨監修：管理技術ポケット事典、日科技連 (1981)
- 4) 大野勝久編著：Excelによるシステム最適化、コロナ社 (2001)
- 5) 山田太郎：PLM戦略、PHP研究所 (2005)