

1D08 設計と生産の連携強化のための生産技術マネジメント (第2報)

○清野武寿 (東芝)

1. はじめに

我が国の製造業における技術経営上の課題の一つは、新製品を生み出す設計技術と従来の強みである生産（製造）技術との効果的な連携のマネジメントの実現である。

成長が著しいアジア諸国の製造業に対して、日本の製造業が競争力を確保し続けていくには、製品の性能・機能向上に加え、品質向上、コスト低減、スピード向上の実現が必要となる。すなわち、性能・機能の実現が主な役割である設計技術部門と、品質向上、コスト低減、スピード向上が主な役割である生産（製造）技術部門（以降：生産技術部門）の連携強化のマネジメントが従来以上に重要となってきたといえる。

両者の連携については、米国で提唱されたコンカレントエンジニアリング[1],[2]や、製品開発での擦り合せの重要性の提案[3]等、日本の製造業にとって有益な研究が報告されている。しかし、これらはコンセプトやアーキテクチャの提案が主体であり、実務的なマネジメント方法までは十分に議論されていない。また、製造性を考慮した設計を実現するDesign For Manufacturabilityの研究では、製造性を設計に反映するための設計指針や設計支援ツール等について報告されている[4],[5]。しかし、設計指針・ツールを実効的に活用するためのデータ・情報の発信源である生産技術部門の具体的な行動方法やマネジメントについては十分に議論されていない。

筆者らは、設計技術部門と生産技術部門の連携強化のための基本的なアプローチ（基本モデル）として、「データ・情報の伝達と有効活用」、「機能・役割の置換」を定義し、連携の成功事例を、基本モデルの連結によって表現できることを示した[6]。そして前報[7]では、基本モデルの連結のパターンを分析することによって、連携開始の契機、連携の連鎖発生のための生産技術部門の行動方法を考察・提案した。

本報告では、設計・生産の連携を効果的に進めるための生産技術部門におけるマネジメント方法を考察・提案する。第一に、連携の成功実績のある製造業のマネジャへのインタビューによって、効果的な連携のために生産技術部門が実施すべき方策を抽出する。第二に、抽出した方策を実際の実践現場に適用する方法を考察し、実際に適用した事例を示す。第三に、適用事例の結果を踏まえ、連携を効果的に進めるための生産技術部門におけるマネジメントのフレームワークを考察・提案する。

2. 効果的な連携のための方策の調査

効果的な設計・生産の連携のために生産技術部門が実施すべき方策を、連携の成功実績のある製造業 24 社の生産技術部門のマネジャにインタビュー調査した。表 1 に結果を示す。

表 1 効果的な連携のための方策の調査結果

方策	方策の理由	方策の例
生産技術ノウハウの形式化	生産技術から伝達するデータ・情報の設計技術部門での有効活用	・製造プロセス現象の解明、図式化・数式化 ・製造・生産業務プロセスの標準化・ルール化
生産技術レベルの向上	生産技術活用による継続的な設計課題の解決	・製品開発計画に準じた生産技術開発計画立案 ・生産技術部門の保有技術のレベルの向上
製品設計知識の向上	設計段階での活用に適した生産技術データ・情報形態の変換	・設計技術部門へのローテーションの実施 ・設計意図の理解度向上
連携効果の明確化	業務負荷が増加する連携のメリットの理解	・設計・生産技術部門の業務の適正配分 ・連携による経営効果の明確化

インタビュー調査から抽出した効果的な連携の方策と、方策の理由・目的を以下に示す。

(1) 生産技術ノウハウの形式化

生産技術部門のノウハウが暗黙的であるために、保有データ・情報をそのまま設計技術部門に伝達しても、設計技術者による有効活用が難しい。生産技術部門から伝達するデータ・情報が、設計技術部門で有効活用されるには、生産技術部門のノウハウを形式化する必要がある。

(2) 生産技術部門の継続的な技術レベルの向上

生産技術部門が自部門の技術を活用して、設計課題を解決するには、その技術レベルを継続的に向上させる必要がある。技術レベルが向上し続けなければ、連携が一過性のものになってしまうからである。

(3) 製品設計知識の向上

生産技術部門から設計技術部門に伝達するデータ・情報が有効活用されるためには、データや情報を、設計技術部門で活用できる形態に変換する必要がある。そのためには、製品設計技術の知識を向上する必要がある。

(4) 連携効果の明確化

生産技術部門からのデータ・情報が設計技術部門で有効活用されるための形態の変換に加え、両部門が役割を超えて課題を解決するには、本来業務以外の活動が必要となってくる。すなわち、両者の連携を効果的に進めるためには、連携の効果やメリットを明確化する必要がある。

3. 効果的な連携のための方策の適用事例

インタビュー調査で抽出した効果的な連携のための 4 つの方策の実行方法の考察と、考察した方法の適用事例を示す。

3.1 生産技術ノウハウの形式化

生産技術者のノウハウは暗黙知が多く、それが日本のモノづくりの強さを支えてきたと漠然と認識されているために、積極的に形式化が行なわれてこなかった。本節では、生産技術ノウハウの形式化方法を考察し、その適用事例を示す。

(1) 生産技術ノウハウの形式化の方法

生産技術部門におけるノウハウは、「生産プロセスの現象」、「人間の五感」、「人間の判断」に関するものに大きく分けて考えることができる。

生産プロセスの現象については、図式・数式やアルゴリズムの記述等、工学的なアプローチによって形式化することが可能となる。人間の五感についても、工学的に形式化するための研究開発が行われている[8]。しかし、人間の判断については、形式化の試みが十分に行なわれているとはいえない。ここでは、以下の方法によって、生産技術者の判断項目の形式化を実施した。

- ① 生産技術者の活動（業務プロセス）にそった判断項目のリストアップ
- ② 業務プロセスを熟知している生産技術者による判断項目の形式化の可能性評価
- ③ 形式化可能な判断項目に対するルール・判断指針の決定

(2) 適用事例

生産技術者の業務の中で、形式化困難な多くのノウハウが存在しており、それが日本の製造業の強みの1つであると考えられている金型設計を取り上げ、上記、形式化の方法を適用した。判断項目の形式化の可能性は、表2に示す評価基準にしたがって、2人の熟練生産技術者（金型設計者）が採点を行い、その合計点によって評価した。評価結果を図1に示す。

表2 形式化（標準化）の採点・評価基準

採点	形式化（標準化）の採点・評価基準
10	標準化が可能である項目
5	判断の指針作成が可能である項目
1	標準化・判断の指針作成が困難である項目

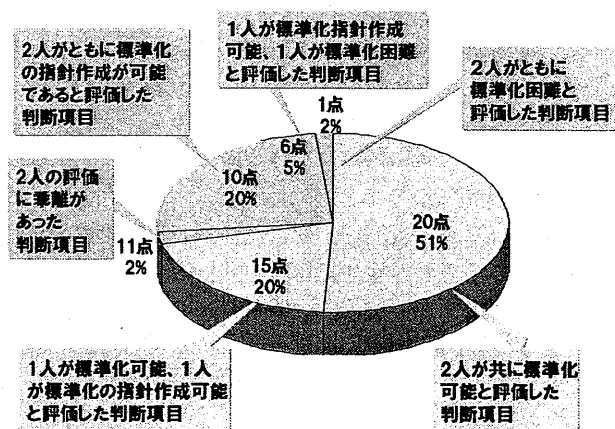


図1 金型設計における形式化の可能性評価結果

本評価結果では、2人の金型設計者が共に標準化可能と評価した項目が、全判断項目の約半数を占めている。1人が標準化可能、もう1人が指針作成可能と評価した項目を含めると約7割が形式化可能な項目となる。この結果は、生産技術ノウハウの中で、技術者の判断には標準化が可能で、真のノウハウ以外の判断項目が高い割合で存在していることを示唆している。

本結果から標準化可能と評価された項目について、判断ルールを作成し、設計技術部門に伝達した結果、判断ルールをもとに設計が行なわれるようになり、金型設計段階での製品形状変更などの後戻りを抑制できるようになった。

3.2 生産技術レベルの向上

生産技術は、製品開発の計画や製品仕様に準じて開発されることが多いため、製品開発に先行して生産技術開発を実行するマネジメントが不足している。

本節では、生産技術部門が自ら技術力を向上させる方策として、生産技術部門が保有する技術や、開発・生産の活動で必要とされる技術に対して、自ら技術レベルを定義し、現状の技術レベル認識とレベル向上の施策立案によって技術力を向上する方法を実際の現場に適用した事例を示す。

(1) 生産技術レベルの定義方法

生産技術のレベルを5段階に設定する。Level1を「競争力のない状態」、Level5を「あるべき姿」に設定し、その間をLevel2、Level3、Level4と定義する。

レベルを定義・設定・向上させるアプローチは、監査・認定制度などで適用されている[9]。しかし、これらは長期間かつ多くの対象を同一の指標で評価することを目的としているため、一度定義・設定されたレベルの内容が変更される頻度は少なく、さらに定義の不変性や妥当性の検証に時間を要することが多い。ここでの方法は、自らが技術レベルを短期に定義して、それを事業環境や技術の変化に対して一定期間で見直していく（ローリング）点で他の方法とは異なっている。

(2) 適用事例

本方法を半導体を対象としたプロセスシミュレーション技術に適用した事例を示す。表3に定義・設定した技術レベルを示す。

表3 プロセスシミュレーション技術でのレベル設定

Level	Level の定義
5	ITを活用し、最小限の試作で設計製造
4	試作評価の前に、試作の絞込み、試作回数削減、生産での工程削減にシミュレーションを活用
3	製品構造の特性への影響など、試作評価・生産での現象の解明にシミュレーションを活用
2	製品構造の特性への影響など、試作評価・生産での現象傾向把握にシミュレーションを活用
1	シミュレーションを活用せず、試行錯誤で試作、評価

当初は、生産段階で発生する不良原因追求のための現象解明にシミュレーションを活用していた（Level 3）。このレベルでは、設計技術部門がデバイス設計を行なう段階で、生産技術部門がデバイスの問題点を設計技術部門に代わって解明し、デバイスの構造の修正が行なわれていたが、シミュレーションを試作回数削減、工程短縮に活用できるまでには至っていなかった。そこで、技術レベルを Level4 まで向上させるために、複数の連続した製造プロセスをシミュレーションする技術を開発した。その結果、生産技術部門が、設計技術部門に代わって良品・不良品の判定を予測することが可能となり、試作回数の削減を実現した。さらに、設計技術部門が最初に設計した工程を、生産技術部門が削減する方法を考案することができ、工程の短縮を実現した。

本適用事例から、生産技術レベルを自ら定義・設定・認識し、レベル向上策を立案・実行する方法が、「生産技術部門の技術力向上」に対して有効であると考えられる。

3.3 製品設計の知識向上

生産技術者が製品設計の知識を向上する方法として、生産技術者を設計技術部門へ一定期間異動させる方法（ローテーション）があげられる。しかし、この方法は、個人の知識取得能力への依存度が高い、一度に多くの生産技術者や多頻度の異動が困難である等、組織的に実行するマネジメントとしては課題がある。ここでは、生産技術部門が組織的に設計知識を向上させる方法の1つとして、「試作機能の強化」を提案し、適用した事例を示す。

(1)製品設計の知識向上の方法（試作機能強化）

生産技術部門が、取得すべき重要な製品設計の知識の1つとして、製品や部品の形状、寸法、加工精度等の決定理由や根拠などの「設計意図」があげられる。

生産技術者が設計意図を理解できれば、品質向上やコスト低減、スピード向上のための製造方法や加工・組立精度、加工形状の見直し方法を設計技術部門に提案することが可能となる。

現状のように、設計技術部門から生産技術部門へ、設計意図などで設計の決定事項だけが伝達されても、技術の専門性の相違から生産技術部門が設計意図を理解することは難しい。しかし、設計技術部門に、全ての決定事項に対して設計意図の伝達を要求することは設計業務の負荷が増加するため現実的な方法とはいえない。したがって、生産技術部門には、生産・製造における課題改善のために変更を必要とする設計の決定事項を把握した上で、その設計意図を設計技術部門から取得して、改善策を提案することが望まれる。

生産技術部門が、課題改善のための設計の決定事項を把握する1つの方法として、設計の決定事項に従って、実際に製品や部品を試作する方法があげられる。実際に試作を実行することで、品質、コスト、スピードの観点から設計の決定事項の実現性や妥当性を把握することが可能となると考えられる。

(2)適用事例

ここでは、生産技術部門において、機械系部品の試作機能

を強化した事例を示す。

従来、機械系部品の試作および量産を外部の加工メーカー等に依存していたため、設計の決定事項の実現難易度が高い場合に、品質ばらつき、製造コスト増加、製作期間の長期化が発生し、それらを解決することが困難であった。そこで、外部メーカーに依存していた部品試作を生産技術部門で実施するための、金型設計・加工、部品成形（射出・プレス成形）、塗装を行なう設備を導入した。

生産技術部門が、実際に試作を実施することによって、設計の決定事項である部品形状・加工精度の製造性への影響を分析・把握することが可能になり、製造性に影響する設計意図を設計技術部門から抽出することが可能になった。その結果、生産技術部門が設計意図を理解した上で、品質ばらつき・コストを低減するための部品の形状変更を、設計技術部門に提案することが可能となった。

3.4 連携効果の明確化

設計・生産技術部門の連携の効果・メリットとして最も重要なことは、連携によって製品開発や生産における品質・コスト・スピードに対する課題を解決できることである。連携によって、両者の業務負荷が低減したとしても、結果的に課題解決に結びつかなければ、製造業にとって有用なマネジメントとはいえない。ここでは、課題解決に結びつけるための連携効果の明確化の方法と、その適用事例を示す。

(1)連携効果の明確化の方法

生産技術部門が、連携の効果を明確化する方法の1つとして、生産工程で発生する変動（生産変動）が、設計の決定事項である製品形状・寸法・精度に与える影響を明らかにすることがあげられる。単一の工程で生産の変動が設計の決定事項に及ぼす影響を評価することは従来から実施されているが、単一工程での評価だけでは、設計変更の判断が難しい。

設計技術部門が生産変動の影響を考慮して設計の決定事項を適正化するには、生産における変動を含めて全生産工程を通過した結果を評価することが有効であると考えられる。

(2)適用事例

半導体プロセスを対象に、生産技術部門が、生産変動を考慮して全ての工程をスルーして評価するシミュレーション技術を開発した事例を示す。

メモリなどの半導体デバイスは、何百もの工程を経て製造される。各工程での設計決定事項（膜厚、形状、精度等）に対する製造条件は、生産技術部門の技術者が実験やシミュレーションなどで決定していく。しかし、設計の決定事項を実現するための製造条件を決定してデバイスを製作しても、最終的なデバイスの形状や精度が得られず、歩留り低下の要因となる。歩留り向上のために生産技術部門から製造したデバイス形状の結果を設計技術部門に伝達し、設計の決定事項の見直し・修正を要求しても、設計技術部門は、製造工程間の影響や、製造ばらつき・変動まで把握できないために、設計の決定事項を変更する判断や、変更方法を決定できないことが課題となっている。

そこで、生産技術部門は、各工程での製造ばらつきを考慮して、全工程をスルーしてシミュレーションする技術を開発した（図2）。各工程を担当する技術者が保有している実験データ・シミュレーション結果から得られた、製造ばらつきの影響などの知見を1つのシミュレーションツールに組み込み、工程をスルーしてシミュレーションすることで、各工程での設計の決定事項や変更が後工程に与える影響や、製造ばらつきの影響を可視化した。設計技術部門は、生産技術部門が可視化した結果を活用することで、設計変更の効果を把握できるようになり、その結果、不良率を低減するための設計変更を実施することが可能となった。

本事例に示すように、設計と生産の連携を強化するには、設計の決定事項が製造に与える影響を可視化するなど、連携の効果を明確化することが有効であると考えられる。

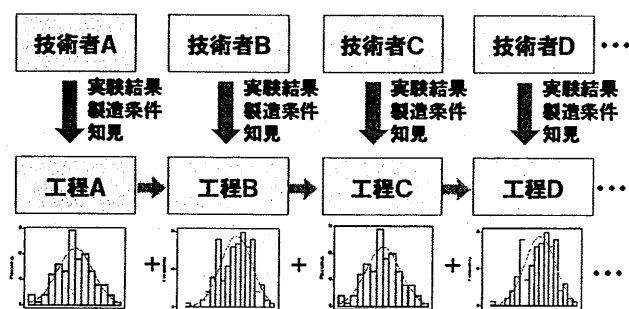


図2 半導体プロセスのスルーシミュレーション技術（連携効果明確化の事例）

4. 連携強化のための生産技術部門におけるマネジメントのフレームワーク

効果的連携のための4つの方策を実行する方法を考察し、実際の適用事例から、4つの方策が、設計・生産技術部門の連携を効果的に進めるために有用であることを示した。

事例で示したように、これらの方策は単独で実行しても効果的な設計・生産の連携の実現に有用である。ここでは、適用事例の結果を分析し、これらの方策を組み合わせることで、より効果的な設計・生産の連携を実現するための生産技術部門におけるマネジメントのフレームワークを考察する。

3.4節で示した連携効果の明確化の適用事例では、設計技術部門が製造工程間の影響や変動が理解できるように、これまで生産技術者が個人レベルで保有しているデータ・情報・知見などの生産技術ノウハウを1つのシミュレーションツールに組み込むことで、生産段階での課題を可視化でき、設計変更の必要性を明確化できた。

設計技術部門における意思決定のスピードをさらに向上させるには、生産技術部門が、製造上の課題に加えて、生産工程の変動や設計変更が、製品の性能・機能に与える影響まで可視化することが有効である。そのためには、生産技術ノウハウの形式化、製品知識の向上、連携効果の明確化のための技術レベルを計画的に向上させて、これらを効果が得られるように連結・連鎖させていくマネジメントが必要となる。

図3に提案する、効果的な設計・生産技術部門の連携を実

現するための生産技術部門のマネジメントのフレームワークを示す。

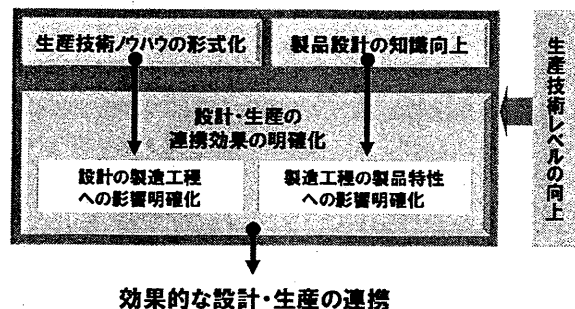


図3 設計・生産連携強化のための生産技術部門におけるマネジメントのフレームワーク

5. おわりに

設計・生産技術部門の連携を効果的に進めるための生産技術部門におけるマネジメント方法を考察・提案した。成功実績のある日本の製造業の生産技術部門マネージャへのインタビューから抽出した効果的連携のための方策に対して、適用事例を示し、適用事例の結果から、連携を効果的に進めるための生産技術部門におけるマネジメントのフレームワークを考察・提案した。

今後は、提案したフレームワークの効果について、実際の生産技術部門の活動における検証を進めていく。

参考文献

- [1] 福田収一、『コンカレントエンジニアリング』、培風館、1993
- [2] 圓川隆夫、安達俊行、『製品開発論』、日科技連出版社、1997
- [3] 藤本隆宏、『日本のもの造り哲学』、日本経済新聞社、2004
- [4] Gershenson, J.K. and Prasad, G.J., "MODULARITY IN PRODUCT DESIGN FOR MANUFACTURABILITY", International Journal of Agile Manufacturing, Vol. 1, Issue 1, 1997.
- [5] Paluri, S. and Gershenson, J.K., "ATTRIBUTE-BASED DESIGN DESCRIPTION SYSTEM IN DESIGN FOR MANUFACTURABILITY AND ASSEMBLY", Society for Design and Process Science, Vol. 5, No. 2, pp. 83-94, USA, 2001.
- [6] 清野武寿、丹羽清、「製造業の設計・生産の連携強化のための生産技術マネジメント」、経営情報学会誌 Vol. 13, No. 3, 2004
- [7] 清野武寿、丹羽清、「設計と生産の連携強化のための生産技術マネジメント」、研究技術計画学会 Vol. 13, No. 3, 2005
- [8] 村岡哲也、『ものづくり革命—ひらめきと製品化—』、技報堂出版、2004
- [9] 下野谷 益、「CMM によるソフトウェアプロセスの改善」、pp. 10-11、知的財産創造、2001.