

|                     |                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Title</b>        | 製造業の競争力を強化する「生産技術経営」：<br>Manufacturing Technology For Design (MFD) の一考察                                                                     |
| <b>Author(s)</b>    | 清野，武寿                                                                                                                                       |
| <b>Citation</b>     | 年次学術大会講演要旨集，26： 896-899                                                                                                                     |
| <b>Issue Date</b>   | 2011-10-15                                                                                                                                  |
| <b>Type</b>         | Conference Paper                                                                                                                            |
| <b>Text version</b> | publisher                                                                                                                                   |
| <b>URL</b>          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/10259">http://hdl.handle.net/10119/10259</a>                                                           |
| <b>Rights</b>       | 本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management. |
| <b>Description</b>  | 一般講演要旨                                                                                                                                      |

## 製造業の競争力を強化する「生産技術経営」 — Manufacturing Technology For Design (MFD) の一考察 —

○清野 武寿（東 芝）

### 1. はじめに

戦後の日本の製造業は、欧米諸国の技術を導入し、生産技術によって製品の品質向上、低価格化を実現することで成長し続けてきた。わが国の成長にとって生産技術が果たしてきた役割は大きい。

しかし、近年、台湾、韓国、中国等の新興国の成長が著しく、日本の製造業が競争力を確保し持続的に成長していくためには、新たな活路を見出していかなばならない状況にある。

新興国の製造業に対抗する方法の1つとして、これまでの日本の強みである生産技術の強みを活かしながら従来の業務プロセスを変革し、これまでよりも高品質で低価格な製品を短期間に生み出してタイムリーに市場や顧客に提供するプロセス・イノベーションの実現があげられる。

プロセス・イノベーション実現のアプローチの1つとして、生産、製造しやすさ（製造性）を考慮した設計（Design For Manufacturability : DFM）の推進があげられる。DFM については従来から様々な視点から研究が行われてきた[1]-[5]。しかし、十分な生産や製造の知識を持たない設計技術者が実務的に活用できる提案が少なかったことから、筆者らは日本の強みである生産技術から DFM を実現するアプローチ方法を事例とともに提案してきた[6],[7]。

しかし、新興国に対する競争力強化にはプロセス・イノベーション実現だけでは十分ではない。多くの技術経営の研究で焦点となっているように、従来よりも高性能で多様な機能を有する製品や、従来の延長線上にない画期的な製品を創出し、新たな市場や事業を生み出していくバリュー・イノベーションを同時に実現していく必要がある。

バリュー・イノベーションの実現には、新製品を設計する段階での「新たな発想」が重要となる。設計時の新たな発想を阻害する要因（設計の自由度の阻害要因）の1つが、生産、製造の実現性である。すなわち、プロセス・イノベーションを実現するための DFM と、バリュー・イノベーション実現するための設計自由度の確保は、相反する関

係にあるといえる。日本の製造業の競争力を確保するには、この相反する課題の克服が解決すべき重要課題といえる。

そこで本報告では、筆者らが技術経営の研究分野の1つとして提案している、生産技術を経営に貢献させるための「生産技術経営」[8]-[11]の研究の一環として、設計段階での新たな発想を促進するために、設計の自由度を向上させるための生産技術（Manufacturing technology For Design : MFD）について考察する。

第1に、製品の設計段階での新たな発想を妨げている要因、すなわち、設計自由度の阻害要因について考察する。

第2に、考察した設計自由度の阻害要因から、生産技術部門が開発する MFD の視点について考察し、実際の取り組み事例を示す。

最後に、取り組み事例も踏まえ、MFD 開発の各視点における課題と、課題に対するマネジメント上の施策について考察する。

### 2. 設計自由度の阻害要因

設計の自由度を阻害している要因としては様々なものが考えられる。ここでは、生産技術部門が開発すべき MFD の視点を抽出するために、生産段階での製造品質や製造コスト、製造の実現可能性等から考えられる設計自由度の阻害要因について考察する。

以下に、考察した阻害要因の中で、多くの企業で共通的に発生していると推測される3つの阻害要因を示す。

#### (1) 設計精度の自由度の阻害要因

設計段階で決定した部品やデバイスなどの形状や表面精度が性能・機能や製造コストに及ぼす影響を把握できていない。そのため、設計者が精度をどこまで変更できるかを検討することができず、結果的に、これまでの製品における精度の実績をベースにした設計しか行うことができない。

## (2) 材料・部品採用の自由度の阻害要因

製品の性能・機能の向上や新機能実現のために設計者が新しい材料や部品を採用しようとしても、生産・製造での実績がないことから、製造品質や信頼性を確保できる確証がもてず、従来から使用している、またはそれに類似した材料や部品を用いた設計しか行うことができない。

## (3) 製造方法選択の自由度の阻害要因

設計者の生産・製造に関する知識が不足しているため、これまで適用してきた製造方法以外の方法を考え出すことは困難である。そのため、結果的に、これまでの製造方法を前提とした設計しか行うことができない。

## 3. MFD の視点と事例

上述した3つの設計の自由度を阻害している要因から考察した、生産技術部門が開発すべきMFDの視点と、各視点での取り組み事例を以下に示す。

### (1) 設計精度と性能・機能、製造コストの相関の明確化

製品開発では、設計された精度で部品、製品が試作され、性能・機能が実現できるか検証される。しかし、部品や組立精度を変化させた性能・機能の評価が十分に行われているとはいえない。

一方、部品精度や組立精度によって異なる製造コストは、製品の企画段階において利益を得るために必要な目標値が決められる。決められた製造コストを達成できる範囲で、最大限の設計自由度を確保するには、部品、組立精度を変化させた場合の、性能・機能および製造コストの変化を設計者が把握できるようにしておく必要がある。

#### 【事例】機械部品・製品を対象とした精度、性能・機能、製造コストの可視化技術の開発

機械部品で構成される製品においては、加工方法によって部品の形状や表面精度が、組立方法・手順によって部品間の接触状態や位置関係が異なり性能・機能が変化する。例えば、部品間が接触して動作する製品では、部品精度や組立精度によって摺動摩擦が変化し、製品のエネルギー効率に変化する等が考えられる。

一方、機械部品は切削、研削、プレス、絞り等で加工され、その加工方法によって部品精度と加工コストが異なってくる。組立についても、組立手順によって精度やコストが異なってくる。

設計自由度を向上させるために、部品精度、組立精度と、製品の性能・機能、製造コストの相関を設計者が把握するための技術を開発した。

- ① 部品形状・精度、製品構造、組立手順から、組立後の製品の精度を解析する技術
- ② 製品精度と性能・機能の相関を統計的に分析する技術
- ③ 部品形状、精度と加工工数、組立手順と組立工数の相関を可視化する技術
- ④ ①から③の技術を用いて、部品精度、組立精度と性能・機能、製造コストの相関を可視化する技術

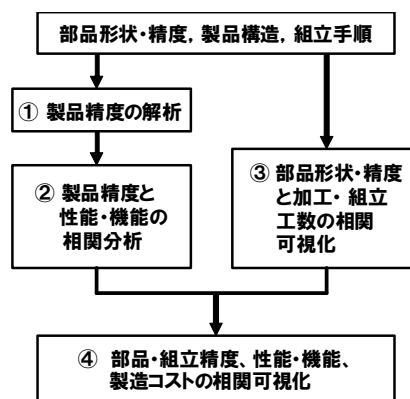


図1 機械部品・製品を対象とした精度、性能・機能、製造コストの可視化技術

本技術を設計部門に提供することによって、設計者が部品・組立精度、性能・機能、製造コストの変化を確認しながら、新たな製品を考え出すことが可能になると考えられる。

### (2) 材料・部品の製造品質、信頼性の先行評価

材料・部品採用の自由度を向上するには、実績のない材料や部品を採用した場合の、生産・製造に関わる品質や信頼性を把握する必要がある。

多くの材料や部品の基本的な特性、物性データは、メーカーが保有していることが多いが、生産・製造に関わる品質や信頼性のデータまで保有しているケースは少ない。したがって、材料・部品採用の自由度を向上させるには、新材料・部品における生産・製造条件が品質、信頼性に及ぼす影響を先行評価して、設計者にデータを提供することが重要となる。

#### 【事例】塗装品質、信頼性データの先行評価

ノートPC等に代表されるデジタル機器では、基本性能や機能以外に、製品の意匠デザインや外観、さらに近年においては、環境への調和性

も重要な差別化要素となってきた。製品の意匠デザインや外観の多様化、環境調和性を実現する1つの方法として、新しい塗料を用いた筐体の塗装があげられる。しかし、新たな塗料の採用は、塗装の剥がれや、外観の傷等のリスクがあるため、従来の塗料や改良塗料を使用した設計しか行われない場合が多い。

そこで、設計自由度の向上にむけて、新塗料の品質、信頼性の先行評価を実施した。将来を含めた世の中の動向を踏まえ、環境負荷の低い塗料に着目し、塗装条件、使用環境（温度や湿度）、筐体材料に対する密着強度、塗装ムラなどの影響を評価し、それらのデータを設計者に提供した。データの提供によって、設計部門は従来から使用してきた塗料に加え、環境負荷の低い塗料まで選択することが可能となり、設計の自由度を向上できたと考えられる。

### (3) 従来と異なる新しい製造方法の創出

製造方法選択の自由度を向上させるには、従来とは異なる新たな製造方法の創出が必要となる。戦後の日本の製造業では、生産技術部門が中心となって製品を具現化する様々な製造方法を考案し、それらを長年にわたり改良し続けることで高い品質と信頼性を実現してきた。そのため、リスクの高い新たな製造方法の創出に対して消極的になる傾向がある。しかし、新たな顧客価値を生み出すために、設計の自由度を向上させるには、これまでの生産・製造方法を根本から見直し、新たな製造方法を開発していくことが重要となる。

#### 【事例】筐体への直接配線形成方法の開発

通信機能を備えた携帯端末製品には、その携帯性を向上させるために、さらなる軽薄短小化が求められている。しかし、従来から適用されているハーネスや電線による配線では、これ以上の軽薄短小化を実現することが難しくなっている。

そこで、配線を筐体に直接形成する新たな製造方法を開発した（図2）。

筐体を使用される樹脂で許容される温度以下で硬化できる低抵抗な導電性ペースト、曲面を有する筐体にペーストを直接印刷する方法を開発し、携帯端末製品に求められる信号伝送、絶縁抵抗の他、製品の信頼性を確保するための、繰り返し曲げ強度、密着性を実現した。

この新しい製造方法の開発によって、設計者が、従来の製造方法を適用するよりも軽薄短小な携帯端末の構造や製品コンセプトを考案することが可能となった。

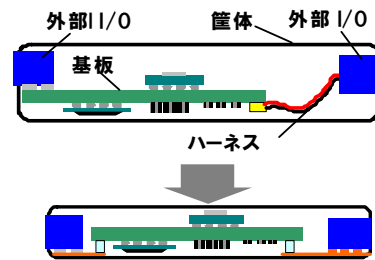


図2 筐体への直接配線形成による軽薄短小化

## 4. MFD 開発における課題に対する生産技術部門におけるマネジメント

本節では上述した MFD の視点における実践上の課題と、課題に対する生産技術部門におけるマネジメント上の施策について考察する。

### (1) 部品、組立精度と性能・機能、製造コストの関連の明確化

本視点における課題は、部品・組立精度と性能・機能との関連を明確化する方法である。性能・機能に関する原理が明確な場合は比較的容易であるが、原理が不明確な場合には、部品や組立精度を変化させた部品、製品を試作し、性能・機能の評価することから始めなければならない。この場合、生産技術部門が単独で関連データを取得することは難しい。生産技術部門と設計部門の連携を強化して、関連データの取得を推進するマネジメントが必要となる。

しかし、部品数が多い製品の場合、すべての構成部品を扱うのは事実上困難である。効率的な関連データ取得のためには、性能・機能への影響が大きい部品を絞り込む必要がある。ここで生産技術部門が適切な絞り込みを行うためには、あらかじめ性能・機能を含めた製品知識を向上させておくことが重要となる。

### (2) 材料・部品の製造品質、信頼性の先行評価

本視点における課題は、データ取得に要する期間の短縮である。特に長期にわたる品質や信頼性のデータの場合には、地道に実験を繰り返すだけでは、設計に活用できるデータを取得するまでに膨大な時間を費やしてしまう。データの取得を効率的に進め、期間を短縮するには、長期の品質や信頼性を模擬的に短期間で評価・分析できる手法を開発することが先決である。

品質・信頼性データの取得を始める前に、加速試験や材料・部品の劣化を推測する手法の開発にリソースを投入し、手法の確立を先行して加速させるマネジメントが重要となる。



また、上記(1)と同様に、性能・機能を含めた製品知識の向上に努め、必要とされる材料や部品の絞り込みや優先順位付けを行うことも重要である。

### (3) 従来と異なる新しい製造方法の創出

本視点における課題の1つは、製造方法を開発する期間の短縮である。従来と異なる製造方法を開発するには、生産技術部門が保有する技術以外に新たな技術の確立が必要となる。

開発期間の短縮には、生産技術部門が自前で技術開発するだけでなく、社外技術の導入まで視野に入れておく必要がある。必要とされる技術を持つ企業を探索し、パートナーシップ契約を締結する等のマネジメントが必要となる。

課題の2つ目は、製品開発計画との整合である。生産技術部門が新しい製造方法を開発しても、製品の開発計画に反映されていなければ、新製品に採用されにくい。新しい製造方法を考案して開発を開始する前に、その製造方法を設計部門に提案し、設計部門がそれを基に新たな性能・機能を考案して製品の開発計画に反映させるマネジメントが重要となる。

また、生産技術部門が新たな製造方法を考え出す際には、設計部門が抱える製品の性能・機能上の課題を事前に把握しておくことも重要である。

これら3つのMFDの視点における課題に対して共通にあげられたマネジメント上の施策は、生産技術部門の製品知識の向上である。生産技術部門は、部品や製品の基本構造だけにとどまらず、製品の基本原理や設計意図まで理解の幅を広げておく必要がある。

また、ここで述べた以外にも、設計の自由度を阻害する要因が存在すると考えられる。生産技術部門が阻害要因を正確かつ早期に把握するには、設計部門の業務を理解しておくことも必要である。

生産技術部門における、製品の知識向上と設計業務の理解を促進するためには、生産技術部門の技術者を、計画的に設計部門へローテーションさせる、実習のために派遣する等のマネジメントの施策も重要であるといえよう。

## 5. おわりに

生産技術を経営に貢献させるための「生産技術経営」の研究の一環として、設計段階での新たな発想を促進するために、設計の自由度を向上させる生産技術(MFD)を開発するためのマネジメン

トを考察した。

第1に、製品の設計段階での新たな発想を妨げている設計自由度の阻害要因を考察した。その中で多くの企業で共通的に発生していると推測できる、部品・組立精度の自由度、材料・部品採用の自由度、製造方法の選択の自由度を阻害している要因について考察した。第2に考察した3つの阻害要因を解決する方法を考察し、その実際の事例を示した。そして、最後に各視点におけるMFD実現のための実践上の課題と、課題に対するマネジメントについて考察した。

今後は、設計の自由度向上によるバリュー・イノベーション創出の促進をめざし、提案した視点を中心にMFD開発の取り組みを強化していく。

## 参考文献

- [1] Anderson, D., M., Design For Manufacturability and Concurrent Engineering, (2004)
- [2] Toupin, L., A., DFM reduces product-development costs, DESIGN NEWS, CAHNERS BUSINESS INFORMATION (1999)
- [3] Baijaj, M., Peak, R., Wilson, M., Kim, I. Thurman, T., Jothishankar, M., C., and Benda, M., Towards Next-Generation Design-for-Manufacturability (DFM) Frameworks for Electronics Product Realization, IEMT (2003).
- [4] 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, (2001)
- [5] Gershenson, J. K. and Prasad, G. J. MODULARITY IN PRODUCT DESIGN FOR MANUFACTURABILITY, International Journal of Agile Manufacturing, Vol.1, Issue 1 (1997)
- [6] 清野, 西田他, DFM (Design For Manufacturability) を加速する生産技術マネジメント, 研究・技術計画学会第22回年次学術大会予稿集(2007)
- [7] Seino, T., Honda, S. and Tanaka, T., Manufacturing Technology Management to Accelerate Design For Manufacturability, Proceedings of PICMET'09 (2009)
- [8] 清野, 京増他, 経営に貢献する「生産技術経営」の提案と検討課題, 研究・技術計画学会第23回年次学術大会予稿集(2008)
- [9] 清野, 京増他, 製造業の競争力を強化する「生産技術経営」—実務マネジメント力の評価—, 研究・技術計画学会第24回年次学術大会予稿集(2009)
- [10] 清野, 京増他, 製造業の競争力を強化する「生産技術経営」—生産技術部門の連携に関する一考察—, 研究・技術計画学会第25回年次学術大会予稿集(2010)
- [11] Seino, T., Kyomasu, N. and Nomura, T., Proposal of Manufacturing Technology Management as a New Research Framework in Technology Management, Proceedings of PICMET'11, (2011)