

# 東芝の経営変革活動と OR<sup>1</sup>

澤田 静雄

東芝では、1999年経営変革活動(MI(マネジメント・イノベーション))を開始した。MIは経営課題を科学的に解決するために開発されたアプリケーションである。課題を定量化するとともに、システムを構成しているXを把握し、Yに対し重要な因子を抽出し、業務プロセスを見直しシステムを最適化するMIは広義のORと考えている。近年、ますます複雑化する経営の種々システムにおいて、製造のみならず全体を一つの系と捉え、多変量解析手法なども適用し最適化する手法が欠かせない。さらに、今後、人間系を含むシステムの全体最適化に、OR的なアプローチが重要となってくるものと思われる。

キーワード：経営変革，シックスシグマ，多変量解析

## 1. はじめに

1999年、東芝は経営品質向上のために、OR的な考え方のシックスシグマ[1]手法を東芝流にアレンジしたMI(マネジメント・イノベーション)を導入した。シックスシグマは「事業経営の中でおこるミスやエラー、欠陥品の発生する確率をシックスシグマレベル、すなわち100万回のうちミスやエラーを3.4回のレベルにすることを目標とした継続的な経営品質改革活動である」と定義している。元々、シックスシグマは米国モトローラ社において品質改善のために考えられたもので、日本のTQCをベースとして体系化されたものである。これを製品品質改善に留まることなく顧客満足を起点とした経営品質改善まで高めたのがGEである。東芝はそのGE流をベースとして導入した。欠陥を少なくするには平均値のずれを目標値に合わせるだけでなく、目標値に対するばらつきの大きさにも着目し、そのばらつきを小さくすることが重要であり、ずれやばらつきが生ずる根本要因を、統計手法などを活用してデータによりきちっと分析することにより追求し、解決を図っていくことがシックスシグマの基本である。

本稿においては、MIがORの中で、どのような位置づけを持ち、今後、どのように発展していくかについて紹介する。また、近年、重要度を増している多変量解析のアプローチについても言及する。最後に、

- ・シックス・シグマを導入
- ・データを元に、解決すべき課題を明らかにする
- ・最重要課題を抽出
  - コスト、品質の向上、納期短縮、商品の新規性等
- ・企業活動の様々なプロセスの欠陥を発見する
- ・プロセス改善を評価する

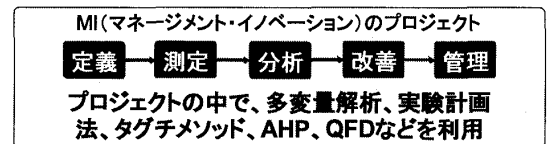


図1 MIによる経営課題の解決

MIの視点から、今後ORに期待するところをあわせ紹介する。

## 2. MI(マネジメント・イノベーション)

### 2.1 シックスシグマ

シックスシグマ手法は、まず改善活動の最初に、既存のプロセスの欠陥を定義し、あるべき姿(目標値)との差に注目し、業務プロセスを見直す方法である。東芝のMIでは、必ずお客様の要求に照らし、次に、実際にプロセスを改善し、その改善による効果を必ず評価する。MIの展開に際しては、このような変革の方法論、プロジェクトを回す手順、プロジェクトの途中で作成する成果物のフォーム、数学的な手法などがセットになった統合環境で作業ができる体制を構築した。

さわだ しずお  
㈱東芝  
〒105-8001 港区芝浦1-1-1

<sup>1</sup> 本稿は2007年9月26日に開催された日本オペレーションズ・リサーチ学会創立50周年記念式典・講演会での、岡村正(㈱東芝 取締役会長)による特別講演「イノベーションを創出する企業経営」の内容を発展させたものである。

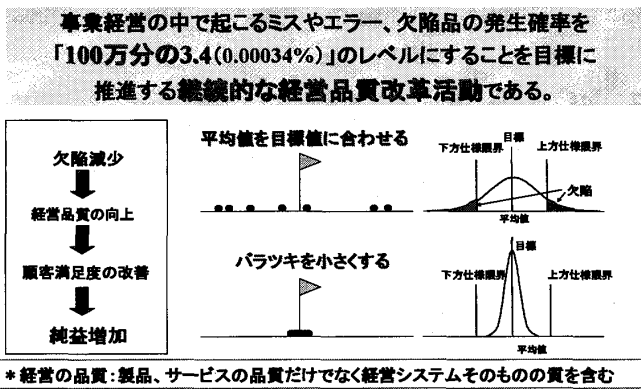


図2 シックスシグマとは

経営変革を浸透させるため、MIを全社に展開

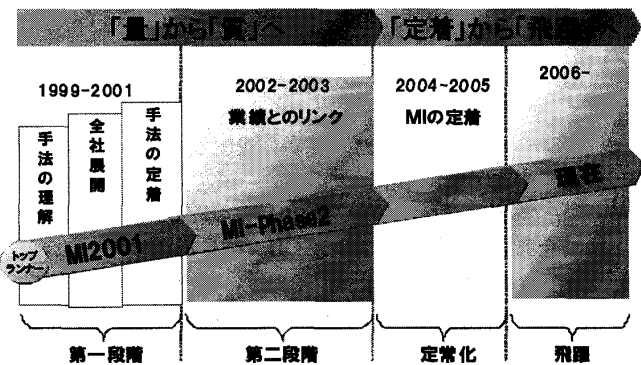


図3 東芝経営変革活動展開

東芝ではMIをグループ企業も含めて全面的に展開しており、1999年の活動開始から、現在に至るまで時間かけて進化させてきている。

まず、最初の3年間(1999~2001)は、MI2001活動と呼び東芝グループ内へ展開し、定着を図った。製造現場などのプロセス改善に適したバージョン(DMAIC)に加え、商品企画に適したバージョン(DFACE)も導入した。

2002~2003年の2年間は、さらに質を高めることに注力した。事業とプロジェクトが密接に連携する必要があるBCM(Balanced CTQ(Critical to quality) Management)、を導入した。

2004~2005年の定常化の段階では、全社でMIの経験者が増え、経営の効率化は会社の風土として定着した。その後さらに高い目標、事業の本質課題に取り組む全社プログラムのi cube(アイキューブ)活動がスタートした。

2.2 DMAIC手法

DMAIC手法とは、課題解決のための5つのステップの頭文字をとったものである。DMAICは、現れている現象を対処療法的に改善するのではなく、なぜそ

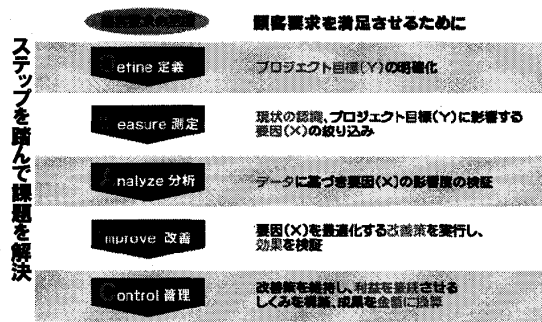


図4 DMAICのステップ

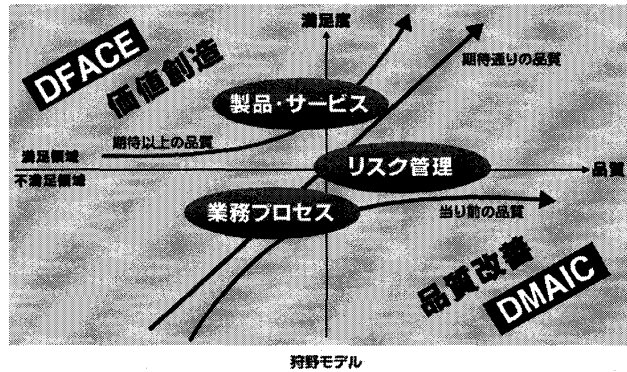


図5 DMAIC, DFACEによる課題解決

のような課題が生ずるのか、その根本要因を見つけ、改善する手法である。Defineで目標が決まったら、Measureで現状の品質レベルをきちっと認識した上で、課題が生ずる要因を広く抽出し、絞り込みを行う。Analyzeでは、考えられる要因から、統計手法などを活用し、データを分析することによって本質要因(Vital X)を見つける。本質要因が絞り込まれたら、それを改善する施策を検討する。そのステップがImproveである。改善の方向として、平均値を目標値Yに近づけることと、ばらつきが最小となるXの最適値を検討する。最後に、Controlは、Improveで検討した改善施策を実施し、本当に目標を達成できているかを検証する。その後、維持・管理方法を決めるステップになる。

2.3 DFACE手法

DMAICが品質改善を目指す手法に対し、もう一つの手法がDFACEで、お客様があったらよいなと思うような新しい商品やサービスを提供することにより、期待以上の品質・価値を創造し、大きな満足につなげることにより、ビジネス拡大、顧客拡大などにつなげたいというときに活用される手法である。

DFACEは、東芝とスタンフォード大学の共同研究により開発され、2000年から本格展開が始まった。

課題を体系的なフローと強力なツールにより解決する

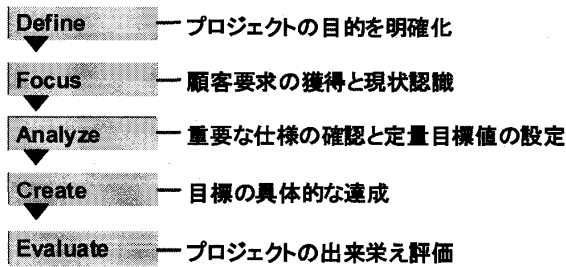


図6 DFACEのステップ

DFACEの狙う方向としては、高い価値を提供することはもちろん、それをいかに早く、効率よく提供することを狙いとしている。DFACEは、シックスシグマ品質を設計段階あるいはさらに遡って企画段階から考えようというものである。

### 2.4 BCM手法

経営のイノベーションのためシックスシグマを導入したが、成功か否かについては業績（売り上げ、利益）に効果が現れなければいけない。東芝では、シックスシグマを現実の経営課題に密着させるためにBCMを導入した。BCMとは、1990年代にハーバード大学のKaplan教授（カプラン教授）とコンサルタントのNorton氏（ノートン）氏が提唱したバランストスコアカード（BSC）[2]の考え方にしたがって、事業の様々な課題を明らかにし、最重要課題を選択するために優先順位を付ける枠組みである。

まず、組織目標を設定する。その目標を達成するために、財務の視点、顧客の視点、内部プロセスの視点、学習と成長の視点という、4つの視点を考慮するという考え方である。4つの視点で、トップが自らの経営ビジョンを実現する道筋を戦略マップに描き、戦略の共有化と活動の管理を行う。さらにそれを下部組織の目標にブレークダウンする。戦略的経営を展開する手法として、BCMを展開している。

### 3. 多変量解析手法

DMAICの中で、データに対するアプローチの基本的な流れは以下となっている。まず、課題を認識し、それを、Yとし定量化する。場合によってはさらにYを一段下にブレークダウンさせ課題をスモールyとして捉える。その後、フィッシュボーン、C&Eダイアグラム、FMEA等のツールにより、主要なXを洗い出す作業をする。重要度付けについては、FMEAで、故障の影響・発生頻度・予防/検出管理による検

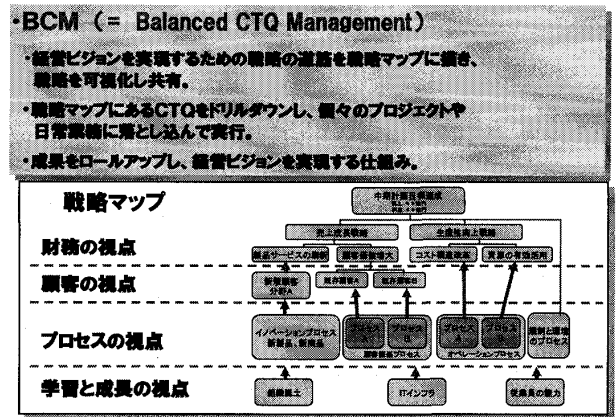


図7 バランストスコアカードを使った課題選定

出度重大度等の視点から、リスク度として点数付けをし、Yに大きく影響を与える要因を決定する。

東芝がMIを導入した1999年から現在までのこの10年において、情報量は、コンピューターの性能向上ともあいまって増大し、蓄積されるデータ量も急激に増えている。一方、システムの複雑化に伴い、多くのパラメータは複雑に関連しあう。一方、ソフトウェアの機能、性能の発展も非常に大きい。これらの結果、たとえ多変量のデータであっても、先端のソフトウェアを利用することにより、主要要因を短時間で抽出することが可能となっている。

### 3.1 半導体製造におけるデータと分析

半導体の製造プロセスにおいては、Siウェーハ上に形成した能動、受動素子となる電気素子と、素子間を結ぶ導電配線の形成により、論理回路が構成される。その製造工程においては、膜の堆積、リソグラフィ、選択的なエッチング、イオン注入、熱処理が基本的な処理となっており、先端LSIの工程では、工程数が数百となっている。半導体での、一般的な大きな課題の一つに歩留まりがある。数百の工程を経て製造されたLSIの歩留まりYをいかに向上させるかが、多くの場合、最大のCTQ (critical to quality) となる。

一般的なLSIの製造工程においては、品質管理および歩留まり向上のために、データが日々蓄積されている。半導体の製造現場においては、前述したように、半導体の製造システムを望ましい状態で維持しながら、さらにより良い状態へ向け、工程を変更することが必要となる。つまり、歩留まりYの向上にあわせ、制御すべきXを明確化し揺らぎの原因としてのノイズを許容しながら、多くのXを制御することが必要である。半導体の製造のシステムは、常に変化・成長す

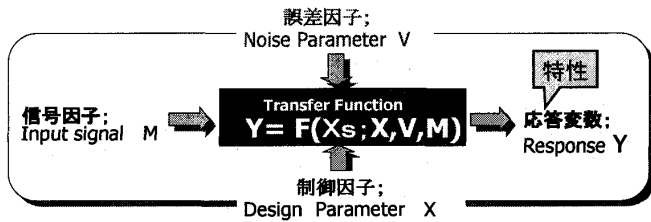


図8 応答変数と因子の関係

るシステムのなかでの最適化が必要な系と捉えることができる。

現実のデータは、図8に示される応答変数Yに対応した3つの因子から構成される。制御因子は、われわれが、制御できる因子であるが、誤差因子はわれわれが制御できない因子である。環境変動、プロセス変動、部品ばらつき、部品の劣化、などの影響で時間とともに変動する。多変量解析を使つての最適化は、ノイズに強い制御因子を見つけることが重要となる。われわれが制御できない誤差因子に対し、鈍感であればあるほど、安定な応答変数を得ることができる。信号因子とは、例えば、製造工程においては、膜厚・膜質変更などのレシピ変更をさす。複数のレシピの設定は、工程能力を増大させるときには必要で生産性向上には欠かせない。

前述のように制御因子以外の誤差因子、信号因子の影響を受け応答変数が決定されることから、複雑なシステムにおいては、主な項目をITを使わず抽出することには、非常に困難で限界があり多変量解析が必要となる。多変量解析の基本的な流れを以下に示す。

- ① できる限り多くのデータを収集し、解析対象とするデータの空間を作る。
- ② このデータを、標準的なY値を持つ集団、良いY値を持つ集団、悪いY値を持つ集団に分類する。
- ③ 悪いY値を持つ集団と、標準のY値の差を際立たせる複数の項目X(s)を、統計的な手法を使い見極める。
- ④ 良いY値を持つ集団と、標準のY値の差を際立たせる複数の項目X(s)を、統計的な手法を使い見極める。
- ⑤ ③、④の考察から、悪いYの発生を抑えながら、Yを改善するX(s)を決定する。
- ⑥ 効果が確認されたら、その条件を、新しい標準条件とし工程条件を変更する。

半導体の製造場においては、歩留まり、品質のレベ

ルを向上させながら、上記①～⑥の流れのサイクルを、最短の時間でまわし、改善アクションを明確化し、新しい製造条件を展開することが肝要である。

### 3.2 真に必要な情報の抽出—多変量解析 (Spotfire)—

半導体製造工程での歩留り改善に多変量解析を適用した事例を紹介する。半導体の製造工程では、前述のように集積度が上がった新製品が開発されるたびに、製造装置が新しくなり、既存の装置の設定変更などの工程変更が発生し、工程の歩留まりも一時的に下がるのが一般的である。いかに早く歩留まりを上げるかが、経営的に大きな課題となっている。ウェーハ製造工程では2,000項目を超えるデータがあり、それらを分析し次の対策を打っていく。手作業でデータを検索しそれを分析すると膨大な時間がかかってしまうため、事前に要因の絞込みを行っていた。うまく絞込みを行わないと、重要な要因が落ちてしまうこともあり、それを、多変量解析（東芝ではSpotfire DecisonSite [3]にてこの機能を展開）を行うことで、従来、200時間以上もかかった検索・分析が数分でできるようになった。その結果、事前の絞込みが不要となり、データの精度が飛躍的に向上した。ここで採用した多変量解析 (Spotfire DecisonSite) は、大量のデータの多次元解析が瞬時にできるとともに、画面表示例にあるように、ビジュアル機能が大変優れていることが特徴である。そのため、画面を見ながら解析を進め、次々と意思決定を行えるようになった。その結果、エンジニアの意思決定が早くなり、それだけではなく、新製品の立上げ時の歩留まり改善といったスピードを求められる分野に大変効果が出ている。

### 3.3 多変量解析結果をトップマネジメントへ活用

この多変量解析は、毎朝開催している工場長朝会でも活用している。工場は24時間稼働しているので、朝会では直前までの工程データを見ながらその場でいろんな角度から分析し、参加している各階層や各分野の専門家が議論することから新しいアイデアが出てくるとともに、その場で施策を決定できるようになっている。可視化、共有化に優れた多変量解析のツールを使うことにより、意思決定の時間の大幅な短縮につなげている。

## 4. OR と MI

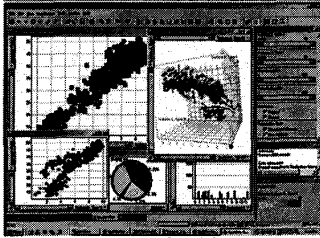
ORは狭義には、数学的手法とそれを使うためのツールや手順の集合と認識されている。広義には経営の

## 真に必要な情報の抽出 - 多変量解析 (Spotfire) -

多くの変動要因から、歩留り改善に関する要因を抽出

### Spotfireの機能

- ・大量データの多次元解析が瞬時に出来る。
- ・データの解析スピードが大幅に向上する。
- ・MINITAB等既存の解析ツールとの組合せで、より効果的なデータ解析が出来る。
- ・統計分析・ビジュアル機能が豊富なため、解析と同時に意思決定が出来る。



画面表示例

エンジニアのデータ解析と意思決定  
スピードが飛躍的に向上する！

生産製品・新製品の歩留り改善  
スピードが向上する！！

図9 多変量解析ツール (Spotfire)

科学、意思決定の科学的手法と定義される。MIは経営の課題を科学的に解決するために開発されたアプリケーションである。すなわち、経営課題を定量的に取り扱うために、パラメータとその関数を導入する。経営の課題を数値化し、数学的手法を用いて、意思決定の材料を提供する。そういう点において、MIは広義のORのひとつの発展系であり、MIが一種のOR的なものといえる。なお、狭義のORとMIとの関係では、ORの体系に含まれる数学的手法の一部がMIのプロジェクトの中で使われていることから、ORとMIとは包含関係ではなく、共通部分を持つように表される。MIは経営の課題に対して科学的にアプローチする。例えば、データを元に、二律背反の課題、特定解が定まらないような課題を定義し、その中で最重要課題を抽出する。課題解決のため、様々なプロセスの欠陥を発見し、プロセスを改善しその評価を行う。また、数学的手法を用いた意思決定の支援が行われている。すなわち、これはひとつの経営の科学である。したがって、広義のORの立場にたてば、MIはORが発展したひとつの形といえる。すなわち、MIはひとつのOR的なものである。

## 5. 新たな課題への挑戦

21世紀は、「心の豊かさ」が重要になり、人々の価値観が多様化している。画一的な価値観ではなく、人間的なものに価値が置かれるようになる。世の中は常に課題が山積しており、ひとつの問題が解決されれば、また別の課題が出てくる。学会も企業も課題を解決することによって発展してきた。東芝グループにおいては、「顧客価値向上」、「社内の生産性向上」、「社内の経営意思決定の質の向上」の視点でOR技術を活用し

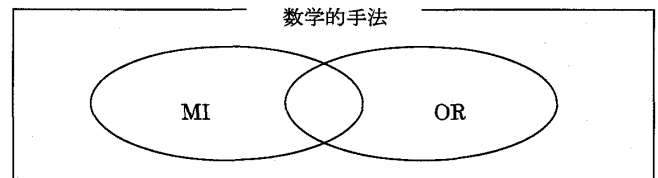


図10 ORとMIの関係

てきた。東芝では、ORの考え方や数学的な手法の一部を使って経営のイノベーションに役立ててきた。しかし、われわれが抱えている企業経営システムの効率や質を高めるという広範な課題に対して、現在の数理モデルが適用できる範囲はごく一部ではないかと考えている。

### ① 持続可能な世界を実現するためのOR

今後は地球環境問題、希少資源問題がたいへん重要な課題となってくる。東芝も製造業として、持続可能な世界を志向することが重要であると考えている。それは、地球環境負荷を考慮し、リサイクル・リユース・リデュースを前提とした製品ライフサイクルの最適化を行うことであり、そこにはOR技術が不可欠である。具体的には、製品ライフサイクルの中での遠隔監視・故障予測技術、環境負荷評価技術、製品ライフサイクルプランニングなどの技術が必要である。これらは、従来は機械工学や材料科学で研究されてきた技術であるかもしれないが、今後は故障予測や環境負荷評価の結果を用いて、保守やリサイクルの最適な計画を策定するOR技術が必要である。

### ② 様々なリスクを考慮した最適化

昨今、企業は様々なリスクに晒されている。例えば、最適化されたサプライチェーンにおいては、地震など想定外のアクシデントが発生し、企業経営に大きなダメージを与える場合がある。また、インターネットやWebを介したオープンなシステムでは、想定外のアクセスや操作によりシステムに大きなダメージが生じる場合がある。ここでは、最適化だけでなく、様々な想定外のリスクに対してもロバストなシステム設計が求められる。すなわち、最適化とリスク管理のバランスが重要になっている。製造業の様々な局面でリスク管理の手法が必要となってくる。

### ③ 人間系を含むシステムの効率化

最後は、人間系を含むシステムの効率化である。過去50年間のORの貢献によって、人間系を含まないシステムの効率化はある程度達成できている。しかし、われわれの企業経営には、まだ効率化の点で改善され

る余地があり、その多くは人間系の課題であることがしばしばである。マネジメントやサービスなどの人間系を含むシステムの効率向上は、昔から言われてきたが、最近は特にサービスの効率化へのニーズが増しており、サービスを科学する「サービス・サイエンス」という言葉も流行っている。人間系を含むシステムの効率化には、ORの枠にとらわれない情報科学と社会科学の真の協働が必要である。東芝のMI活動は、人間系を含む経営システムの効率化のためのORを含む体系であり、今後もORの成果を生かしながら発展させていきたい。OR学会の皆さんにも「人間系を含む経営システムの効率化」という視点で研究を深めていただければありがたい。

## 6. まとめ

ORは製造現場や社会インフラにおいて活用された結果、効率的な業務プロセス、効率的なコスト配分がなされさらに規模を拡大していくことができた。日本の産業は、ORの研究成果によって、大きく発展してきた。東芝でも1990年代後半の経営の変革にもOR的な考え方を取り入れてきた。当時は「物の豊かさ」を訴求したイノベーションの時代であり人々の生活が

豊かになること、地域や国が豊かになることというビジョンが、学界、産業界で共有されていた。しかし、現在は「心の豊かさ」を訴求する時代になった。人々の価値観は多様化し、産業界、学界において方向性を共有することが難しくなっている。また、工業化の負の遺産である環境問題、人口増大に伴う食料の問題など、これからの社会の持続可能性に関しては課題が山積みである。こうした問題は、数学的に解けるものではない。正攻法は存在せず、常に現実の課題が何であるかに着目して課題を定義し、その解決方法を探るというアプローチが必要である。また、その取り組みにあたっては、学界と産業界が、問題意識を共有して、互いに協力していくことが、非常に重要である。

## 参考文献

- [1] M. Harry and R. Schroeder 著, シックスシグマ・ブレイクスルー戦略, 伊藤訳, ダイヤモンド社, 2000.
- [2] キャプラン & ノートン (1992) 「新しい経営指標 “バランスド・スコアカード”」 DHB, Apr.-May, pp. 81-90.
- [3] TIBCO Spotfire DecisionSite (2007) TIBCO Software Inc., Spotifre Division, <http://www.spotfire.com/Somerville,MA>.