

原価差異調査分析における損失関数の適用

井 岡 大 度

目 次

1. はじめに
2. 原価差異調査分析
 - 2-1. 原価低減活動と原価差異調査
 - 2-2. 品質管理活動と品質コスト
 - 2-3. 管理図法と原価差異調査
3. 品質工学と損失関数
 - 3-1. タグチメソッドと品質関数
 - 3-2. 許容差設計と損失関数
 - 3-3. 品質管理と損失関数
 - 3-4. 損失関数とその適用
4. 損失関数を考慮した原価差異調査分析
5. おわりに

1. はじめに

経営活動における予算と実績の差異については、その差異を分析し是正措置を講ずるべきか否かの差異調査分析がなされる。差異調査分析には予算差異調査も含まれるが、本稿では、標準原価計算にもとづく原価差異調査分析に焦点をあて検討を行う。原価差異調査分析は、原価差異の測定を行い原価差異原因の調査にもとづき是正措置を実施すべきか否かの検討までをも含むものとなる。標準原価に対し実際原価が乖離するのは通常であるが、その原価差異が、是正措置を講ずるべき重要なものであるか判断が必要とされる。標準原価計算にもとづく管理は、例外管理を前提とするものである。その原価差異調査に対し適用されるツールとして、品質管理手法としての管理図法があるが、本稿で

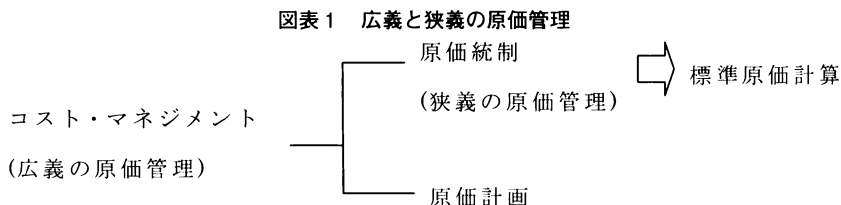
は、原価低減活動と原価差異調査の関係、管理図が利用される品質管理活動と品質コストの関係および品質工学における損失関数がどのようなものか整理する。特に品質工学（タグチメソッド）における品質は、製品のメーカーとそのユーザーにおいて発生する品質損失だけでなく、社会全体の損失も考慮したものであるという従来と異なる基本思想によって立つものであることから、損失関数の特質を明らかにし、原価差異調査分析に品質工学における損失関数の適用を検討するものである。なお、従来、原価差異調査に管理図の適用が提案されるが、工程が統計的に管理状態にあるか否かを判定するものであり、そこでの分析において経済的考慮はなされていない。そこで本稿では、社会的損失をも考慮する品質工学における損失関数の適用の有用性を考察する。

2. 原価差異調査分析

2-1. 原価低減活動と原価差異調査

原価管理については、広義と狭義のとらえ方があり、狭義ではわが国の原価計算基準（1962年）において示されるように「原価管理とは、原価の標準を設定してこれを指示し、原価の実際の発生額を計算記録し、これを標準と比較して、その差異の原因を分析し、これに関する資料を経営管理者に報告し、原価能率を増進する措置を講ずることをいう。（原価計算基準1（三）」と定義される。原価計算基準は、原価計算制度を規定するものであり、そこでの原価管理は、標準原価計算によるコスト・コントロール（原価統制）と同義とされ、そのために実施されるのが、標準原価計算制度である。なお、このコスト・コントロールは、生産条件等のキャパシティを一定と前提して、生産能率の向上を目指す原価低減である。しかしながら、1960年代に始まる高度成長に伴い、技術革新に対応しキャパシティの変更も伴う原価低減の必要性が増してきた。そこで、原価管理を広義にとらえ、通産省（現在の経済産業省）の産業構造審議会答申『コスト・マネジメント』（1967年）で「利益管理の一環として、企業の安定的発展に必要な原価引下げの目標を明らかにするとともに、その実施

のための計画を設定し、これが実現を図る一切の管理活動をいう。」と定義されるにいたった。したがって、広義の原価管理（コスト・マネジメント）と狭義の原価管理（コスト・コントロール）の関係は、図表1のように示される。



従来の標準原価計算をツールとする原価統制（コスト・コントロール）のみならずキャパシティの変更を踏まえた生産条件等の改善による原価の引き下げを行うための原価計画（コスト・プランニング）も含め、コスト・マネジメントと解される。

原価低減活動は、生産開始前と開始後で大きく分けられ、生産開始前に実施される原価企画と生産開始後に展開される継続的原価改善活動としての原価維持および原価改善に分けられる。

原価企画・原価改善・原価維持について、歴史的にみるとトヨタ自動車が開発し、体系化されたものとされる¹⁾。そこで、その経緯を門田 [1993] によれば、原価企画とは、製品のモデルライフを企画・開発段階と製造段階とに分ける場合に、製品の企画・開発段階における利益管理のための原価低減活動を意味する。また、原価改善とは、製品の量産段階（製造段階）における利益管理のための原価低減活動を意味する。さらに原価維持とは、前期までに達成した原価水準を今期の標準原価とし、最低でもこの原価水準を今期の実際原価が上回らないようにキープすることである。

以上のように、これら3つはコストマネジメントシステムに含まれるが、本質的には、利益管理のためのマネジメント・システムという特徴がある。

また、原価管理 (Cost Management) は、田中・原田 [2011] によれば、その最広義の原価管理はコストマネジメント（広義の原価管理）と原価企画か

らなり、コストマネジメントはコストコントロールと原価改善に分けられる。そこでコストコントロールは狭義の原価管理であり、標準原価による原価維持のための管理であり、原価改善は標準原価そのものの引下げなどの原価低減のための管理となる。なお原価企画は開発設計段階の原価管理となる。また原価管理の対象をどの段階の管理対象とするかという観点からは生産段階のような原価の発生活動を管理対象とするか、開発設計段階の原価の決定段階を管理対象とするかの違いがあり、原価改善には原価の決定段階を管理対象とする部分が含まれるとされる。

原価改善は、既存の製造段階において、目標利益を達成するために原価低減活動をサポートするシステムであり、日本の先進企業において標準原価計算システムの枠外で、予算管理の一環として、部門別、費目別に原価改善が行われ、また製品別の原価改善も行われているとされ、原価改善の概念は、伝統的な標準原価計算による原価管理より広いとされる²⁾。

なお、原価改善システムの特徴については、標準原価計算システムとの比較において次の様な概念上および手法上の特徴が挙げられている³⁾。

(1) 概念上の違い

標準原価以下に実際原価を低減させるための原価計算システムであること。

目標低減額の達成をコントロールすること。

現行の製造条件を不断に変更することで原価低減を実現すること。

(2) 手法上の違い

原価の目標低減額が毎月設定され適用されるというように頻度が高い。

改善活動が年度中に実施され、原価の目標低減額が達成される。

原価の目標低減額と実際低減額との間での原価差異分析を行う。

目標低減額が未達成の場合の原因調査と是正措置がなされる。

以上が、原価改善システムが標準原価計算システムによる原価管理と相違する特徴点として挙げられている。

そこで、原価維持のために重要な標準原価計算の手続については、①原価標準の設定、②生産実績の測定、③標準原価および実際原価の計算、④原価差異

の計算と分析，⑤原価差異原因の調査，⑥原価差異の会計処理是正措置を繰り返すPDCAのサイクルとして理解される。

原価差異調査分析は，上記のステップでは④原価差異の計算と分析，⑤原価差異原因の調査にもとづき是正措置を実施すべきか否かの検討までをも含むものとなる。標準原価に対し実際原価が乖離するのは通常であるが，その原価差異が，是正措置を講ずるべき重要なものであるかの判断が必要とされる。標準原価計算にもとづく管理は，例外管理を前提とするものである。

原価低減活動の中でも，原価改善および原価維持のために標準原価計算は有用な情報を提供するが，特に原価維持のために実施される原価差異分析の結果，その差異が，是正措置を講ずるべき差異であるか否かの検討は，重要な問題となる。これに対し，従来，管理図による原価差異調査分析が展開されてきたが，管理図法は本来，品質管理の手法であり，それは原価管理への品質管理技法の適用ともいえる。そこで，つぎに品質管理活動と品質コストの関係について整理する。

2-2. 品質管理活動と品質コスト

品質管理活動においては，その主眼となる対象は，従来，財貨としての製品であったといえる。そこで品質管理活動は生産活動に含まれると考えられるが，生産活動とは原価財（経済財）としての財貨および用役を消費して新たな財貨あるいは用役を形成する活動であり，その生産活動において同時に品質（質）の作りこみがなされ，その品質作りこみのための管理活動が品質管理活動と考えられる。

品質管理においては，開発・設計段階における設計品質，および製造段階における適合品質をいかに管理するかが問題となる。なお品質と原価の関係については，設計品質と適合品質の関係および短期と長期の原価発生との関係をあわせて分析する必要がある。その際，収益に及ぼす影響もあわせて考慮すべきである。なお，その際，後述するタグチメソッドは有用であると考えられる。

品質の作りこみ活動の価値犠牲としての品質コストについては，「品質コス

ト (quality costs, costs of quality) とは、品質管理活動に関連して発生するコストや損失の総称である。」(梶原, 2008, p.17) とされ、PAF アプローチでは、予防コスト (Prevention Costs)、評価コスト (Appraisal Costs)、失敗コスト (Failure Costs) に、さらに失敗コストは内部失敗コスト (Internal Failure Costs) と外部失敗コスト (External Failure Costs) に分類し把握される。

予防コスト・評価コストと内部失敗コスト・外部失敗コストの間には、費用対効果において時間的なずれがあるとしても、トレードオフの関係は存在すると考えられる。

品質管理活動のために経営資源がインプットされ、有効に機能し、品質の改善あるいは維持に供する場合は、その価値犠牲部分が予防コストあるいは評価コストとなり、有効に機能しないあるいはインプット不足から品質の欠如に至った場合は、品質トラブルにつながり、失敗コストとなってその多くが損失となる。すなわち、失敗コストは、品質管理において理想的状況を実現できないことにより追加的活動を実施するために生ずる資源消費にかかわる部分にあたる。予防コストに影響を及ぼす資源投入は、内部失敗コストおよび評価コストの低減へとつながり、評価コストに関わる資源の投入は内部失敗コストの低減をもたらす。これらの評価にあたって、特に前述の失敗コストと改善効果の考慮は重要と考えられる。なお、予防コストおよび評価コストの効果が外部失敗コストに影響を及ぼす場合は、機会原価の考慮が必要となり注意を要す。

以上のように、品質管理活動に対する経済価値犠牲としての品質コストは、PAF アプローチのような分類を前提とすると、生産活動が管理状態にない場合にあるかどうかを判定するために評価コストおよび、その判定にもとづき対策を講ずるためのコストにより失敗コストが影響を受けることとなる。

したがって、評価結果に対して是正措置を採るべきか否かの意思決定は、品質コストにおける評価コストおよび失敗コストに多大な影響をもたらす。

2-3. 管理図法と原価差異調査

統計的品質管理 (Statistical Quality Control: SQC) のはじまりについては

1930年代、米国、ベル電話研究所のシューハート (W. A. Shewhart) が考案した管理図法にあるとされ、その後、ダッジ (H. F. Dodge)、ロミグ (H. G. Romig) の抜取検査法、(英) フィッシャー (R. A. Fisher) の実験計画法へと展開されていった。現代の品質管理 (Quality Control: QC) における QC7つ道具 (パレート図、ヒストグラム、特性要因図、散布図、層別、チェックリスト、管理図など) は事実にもとづく管理を具現化する基礎的手法とされ、そこで管理図は品質管理における重要なツールのひとつとされる。

管理図⁴⁾は、経営のシステムやプロセス、例えば工程が安定的な状態にあるかを時系列的に調べ、安定的な状態に保持するためのツールとしての図である。製品におけるばらつきの低減は当初の SQC における重要な課題であり、その解決のために管理図は有用なものとされ、日本の品質管理においても大きな貢献を果たした。

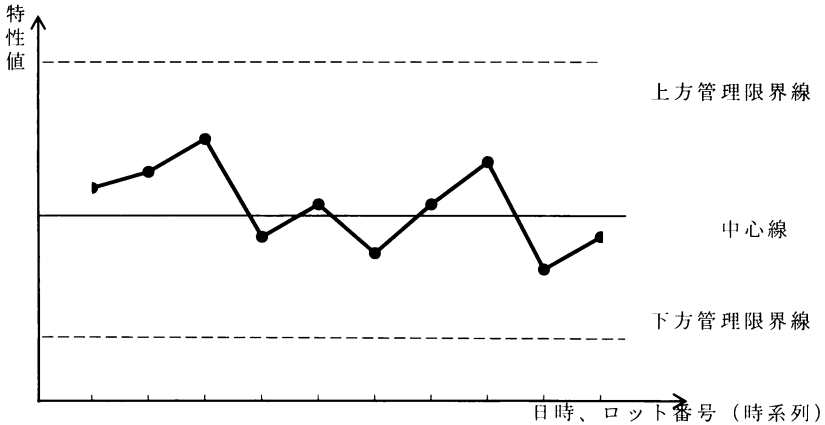
ばらつきの低減のための管理の観点から、原因を突き止めることが可能で、これに対処することについて経済的に意味があるか否かにより、その原因は偶然的原因 (chance cause) と見逃せない原因 (assignable cause) に分けられる。偶然的原因は、それによるばらつきは不可避的なものであり、見逃せない原因については、これを突き止めるのが可能であり、対策を講ずることにより取り除くことができるものである。

管理図は、図表2のように時系列的に特性値を測定し、プロットしたものであるが、上方管理限界線と下方管理限界線の間にある場合は、偶然原因によるものであり、これを外れると見逃せない原因によるものと判断される。

したがって、これら管理限界線を外れた場合には、統計的に管理状態にないとみなされ、是正措置を講ずる必要が出てくる。

管理図は利用目的により、工程に不具合が生じているか監視するための管理用管理図と、不具合をもたらす原因追及や工程の安定状況のみるための解析用管理図に分けられる。なお JIS Z 9021 でいう新たに集めたデータにより管理限界をもとに管理するための「標準値が与えられている管理図」が前者であり、既に求められた管理限界をもとに解析するための「標準値が与えられていない

図表2 管理図



管理図」が後者である。

JISに定められた標準的な管理図としては、どのようなデータを用いるか等により、次の(1)～(7)のように7種類のものに分類される。なお対象とするデータが計量値⁵⁾の場合(1)～(3)、計測値⁶⁾の場合(4)～(7)となる。

(1) $\bar{X}-R$ 管理図

計量値のデータを対象とし、群わけを行い、群ごとの平均値 \bar{X} と群ごとの範囲(レンジ) R を求め \bar{X} 管理図および R 管理図に各々打点し、 \bar{X} 管理図により工程の変化を把握し、 R 管理図により群のバラツキの変化をみるものであり、工程についての最も多くの情報が得られる管理図とされる。

(2) $Me-R$ 管理図

$\bar{X}-R$ 管理図における平均値 \bar{X} のかわりにメディアン Me を用いるものであり、平均値を求める手間が省ける。

(3) $X-R$ 管理図

計量値のデータを対象とし、群わけを行わず、個々の測定値を用い管理する。データの得られる時間的間隔が大きい場合に用いられる。

(4) np 管理図

データが計数値で、各1個について良・不良を判定し、サンプル全体におけ

る不良個数で管理するものである。なおサンプルサイズが一定の場合に用いる。

(5) p 管理図

不良率で管理を行うものであり、サンプルサイズは一定でなくてよい。

(6) c 管理図

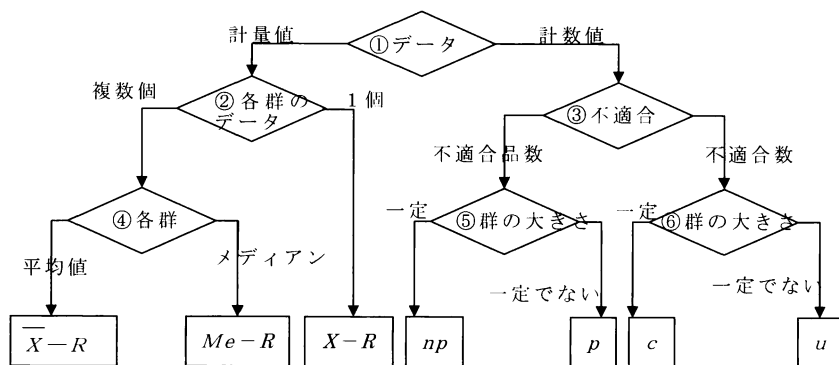
一定の大きさの製品の中の欠点の数により管理するものである。

(7) u 管理図

欠点数により管理するものであり、製品の大きさが変化する場合には製品の一定単位当たりの欠点数を用いるものである。

管理図を選定基準にもとづき整理したのが図表3である。なお、判断基準の表現については、山田雄愛・岡本真一・綾野克俊 (2002) によるものである。

図表3 管理図の選定基準



上述①～⑥は次のとおりである。

- ①データは計量値か計数値か。
- ②群ごとに複数個以上のデータをとるか、1個のデータをとるか。
- ③不適合数か不適合品率か
- ④各群の平均値をとるかメディアンをとるか
- ⑤群の大きさが一定か否か
- ⑥群の大きさが一定か否か

山田雄愛・岡本真一・綾野克俊 (2002) 174頁引用

原価差異調査においては、そのデータが直接作業時間等の計量値となり、工

程についての最も多くの情報が得られる $\bar{X}-R$ 管理図が有用な手法となる。

管理図により工程が統計的管理状態にあるかどうか判定されるが、管理状態にあるためには、管理図において①打点が管理限界線の外に出ていないこと、②打点の並びにクセがないことを満たす必要がある。なおそのクセとは、①連(連続して点が並ぶこと)が現れる場合、②傾向や周期性が現れた場合、③中心線の片側に点が多く現れた場合、④点が限界線に接近して集中する場合⁷⁾があげられる。

上述のように、管理図は、工程が統計的管理状態にあるかどうか判定することができるが、 $\bar{X}-R$ 管理図は、工程に関する多くの情報が得られるものであり、原価差異分析のためにも有用である。ただし、管理状態か否かについては、時系列的データにもとづき、正規分布を前提とし、平均値 μ を中心に標準偏差 σ の何倍か(例えば 3σ) の幅の中にあり、クセのない場合をイン・コントロールとし、その幅から外れた場合あるいはクセのある変動を示す場合をアウト・オブ・コントロールと判定するものであり、それをヴィジュアルに表現するものである。したがって、統計的に異常を検出するだけでなく、時系列的な変動の異常も抽出しようとする点で優れたツールといえる。なお、以下、管理図としては $\bar{X}-R$ 管理図を前提として議論する。

ただし、管理図における中心線は実績であり、必ずしも標準値と同一ではないことに留意すべきである。

原価差異調査分析には、その原因調査にあたって、その調査のためのコストとそれによって得られる便益を比較し、原因調査の可否を検討する費用・便益分析もある。そこで展開されているのは、主観確率による確率論的なものであり、費用対効果も予測にもとづくものであり、管理図法による分析を補完するとしても、不確実な分析となる。

管理図による原価差異調査分析は、統計的有意性の検定にもとづくものであり、そこには経済的評価は加味されていない。そこで経済的考慮も付加するために品質工学における損失関数を適用することについて、以下検討する。

3. 品質工学と損失関数

3-1. タグチメソッドと品質工学

前述の PAF アプローチは、品質コストに対する優れた知見を与えるとしても、それはごく一部しか捉えていないとされ、そのひとつが、商品販売後に発生した品質問題に起因する売上の減少や利益の喪失といった機会損失としての「隠れた品質コスト」であるとされる（伊藤，2005，p.59）。

そこで、この隠れた品質コストの測定及び低減に関わるものとして、タグチメソッドの損失関数があげられる。

隠れた品質コストについては、その負担が、企業なのかユーザーなのかにより、品質問題放置により企業が被るロスとユーザーが負担する品質コストに分けられる。（伊藤，2005，p.170）

PAF アプローチでは、外部失敗コストに品質不具合による売上機会の喪失額、ブランド価値の低下額などが含まれるとしても、上述のような隠れた品質コストに関する認識は乏しいものとなっている。

隠れた品質コストは、その発生額を正確に把握できず、その識別・測定が困難であり、コスト発生の因果関係が不明確で、したがって、そのマネジメントすなわちプランニングおよびコントロールが困難である。その結果、費用対効果の把握が困難となる。

「品質コストは、品質管理活動の費用対効果を向上させるための手段の1つとして開発されたものである。」（梶原，2008，p.19）とされ、隠れた品質コストの識別と測定は、品質コストマネジメントにおいて、困難な問題であるとしても、重要な課題であると考えられる。

そこで、①品質問題放置により企業が被るロス、②ユーザーが負担する品質コストといった隠れた品質コストの発生に影響を及ぼす源流における開発・設計段階の品質の作り込みにも対処するのが品質工学である。特に、この隠れた品質コストの測定及び低減に関わるものとして、タグチメソッドの損失関数があげられる。

タグチメソッドは、田口玄一氏(1924-2012)が1970年代から提唱してきた品質設計のための方法であり、機能性の評価技術から構成される。タグチメソッドは、1980年代にかけて適用事例を増やすとともに体系化されてきたが、欧米では、タグチメソッドとよばれるが、日本では、品質工学として展開されてきた。品質管理における品質の定義は、適合度あるいは満足度とされるのに対し、タグチメソッドにおける品質については、「社会に与える損失」という点に特徴がある。タグチメソッドにおける品質の定義は、次のとおりである。「品質とは、品物が出荷後、社会に与える損失である。ただし、機能そのものによる損失は除く。より具体的には

(品質) = (機能の理想機能からのばらつきによる損失) + (使用コスト) + (弊害項目による損失) である。」

この定義における損失については、①機能のばらつきによる損失、②弊害項目(使用コストも含む)による損失に限定される。機能のばらつきによる損失は、使用条件等のノイズの影響によるばらつきによるものであり、修理や買い替えなどの損失である。なお、ここでいうばらつきとは、平均値からのばらつきではなく、理想値としての設計値からのばらつきである。また弊害項目については、製品の発する騒音などにより使用者だけでなく、製品の効能を受けない第三者に与える損失を含む。したがって、タグチメソッドにおける品質は、製品のメーカーとそのユーザーにおいて発生する品質損失だけでなく、社会全体の損失も考慮したものである。

「よい品質の品物とは、本来の機能がばらつかないことと、使用コストなども含めた弊害項目による損失が少ないことである。」(田口, 2012, p.4) というように、品物が出荷後に社会に与える上述2つの損失を減らすための対策に関する手法の集合がタグチメソッドとなる。

なお、品質の分類としては、消費者が商品に対し望む要素で、機能や外観が異なる場合で優劣比較に意味がない商品品質(品種)と、消費者が商品に対して望まない要素で、機能のばらつき、故障、公害などの技術品質(品質)という分類もなされるが、タグチメソッドでは、技術品質を対象とする。

統計的品質管理は、出荷前における工場内での品質不良を減らし、コスト削減をもたらす。すなわち、規格を満たすかどうかを測る場内品質により、それを満たさなければ廃棄あるいは手直し等を行い対処するものである。これに対しタグチメソッドは、出荷後のユーザーの被る損害も含む社会的損失も含め、市場品質も対象として対策を講じるものであり、品質管理活動の目的を出荷後の品質向上へと強く意識し、出荷前の段階において出荷後の製品の良否を合理的に予測する評価技術である。

3-2. 許容差設計と損失関数

タグチメソッドと品質工学は同義語として使われる場合もおおいが、機能性の評価までをタグチメソッド、評価結果をもとに改善活動を行うところまでを含めたものを品質工学とし、タグチメソッドの方が基礎技術的部分で品質工学の方が包括的なものととらえられる場合もある。

なお、品質工学については「システムの機能のばらつきを効率的に評価し、システムの品質を最適化する技術の体系」と定義され、品質工学の目的は生産性の向上とされる。

特集『タグチメソッド』（『品質』、第33巻第1号、2003年）に掲載された各種文献においても統一的な定義はなされていない。そこで本稿では、タグチメソッドを広義にとらえ、田口氏が開発した体系全体をあらわすものとする。

タグチメソッドにおける生産性については、「私のこれまでの仕事を、私なりの言葉で表現すれば、「自由の生産性の追求」だと考えている。本当の意味の「生産性」とは、一人ひとりの自由が増えることなのだ。…同じ性能なら安いほうがいいし、機械は故障しないほうがいい。範囲を広げれば、どうしたら健康で長生きができるかといったことも含めて、広い意味での技術問題だと私は捉えている。そうした諸問題を技術的に解決していくことで、「一人ひとりの自由の総和」が増えていくのだ。」（田口、2008、p.11）とし、生産性を改善するために製品の質の改善、生産効率や技術品質の向上をもたらすのが技術方法論の研究とされる。

生産性については、生産者、顧客およびそれに関わる第3者が被る犠牲であり、次式のように生産コストと品質の和とされ、また生産コストおよび品質は以下のようにあらわされる。

生産性 = 生産コスト + 品質

生産コスト = 材料費 + 加工費 + 管理費 + 公害

品質 = 機能のばらつきによる損失 + 使用コスト + 公害

なお、公害については、自動車の排気ガス、空調等の騒音、プラスチック焼却コスト等の第3者が被る損失である。

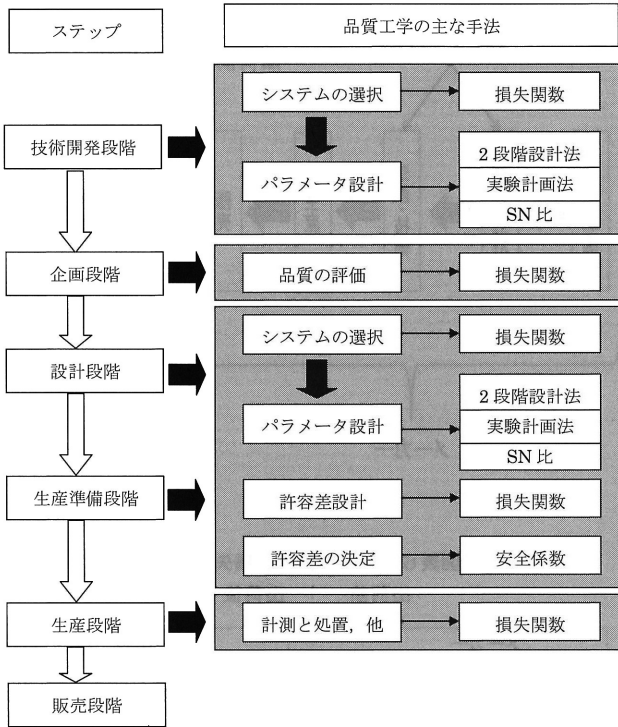
3-3. 品質管理と損失関数

企業活動の段階に応じて、品質工学のどのような手法が適用されるかについては、富士ゼロックスの例では図表4のようなものがあげられる。(立林, 1992) 新製品開発段階(設計段階)で発生する品質問題のほとんどは「ばらつき」の問題とされ、製品性能のようなシステムの機能を乱すノイズへの対策が必要となる。そのための手法を提供するのが図表4に示されるような手法となる。

機能を変動させるノイズは、製品を例にとると、①使用条件、その使用における環境条件のばらつきとしての外乱、②使用部材の劣化や摩耗のようなその使用における製品内部の状態変化としての内乱、③製品が製造されたときに既にある製造ばらつき(品物間ばらつき)の3つに分けられるが、③の製造ばらつきについては、従来の品質管理は有効となるが①、②の内乱や外乱については、対策がとれないこととなる。そこで製品設計の変更が必要となりタグチメソッドの各手法が有効となる。

タグチメソッドにおけるプロセスにおいて、図表4のステップの開発・設計段階のパラメータ設計は、品質とコストの両方を改善するために設計定数(システムパラメータ)を選択する行為で、多少のノイズに対してもシステムにおける入出力が乱れないようなロバストネスの高い設計パラメータ値を設定するものであり、タグチメソッドでは、源流においてノイズに強い設計を行う。こ

図表4 品質工学の体系と手法



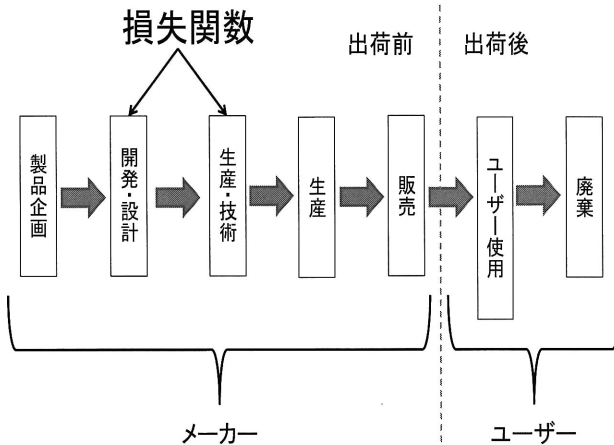
出所：立林, 1992, p.24.

のパラメータ設計後に、部品、材料などのグレードの選択行為で、品質とコストのトレードオフの方法とされ、基準値に対する許容できる差すなわち許容差を決めるための許容差設計が行われる。その際、損失関数を利用して許容差が求められる。

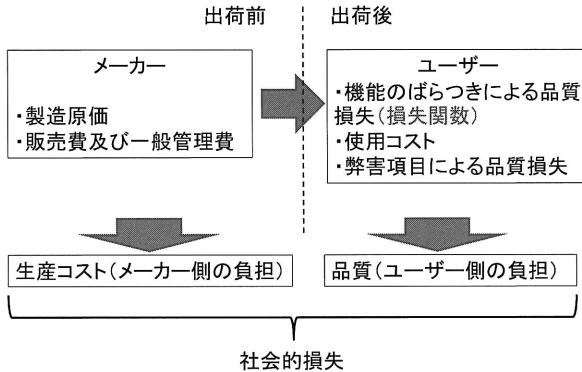
企業活動の流れに対応して損失関数の利用は次の図表5のようにあらわされる。開発・設計段階の品質の作りこみについて、損失関数を適用し、出荷後のユーザーにおける品質損失を測ろうとするものである。

また、出荷前と出荷後のメーカーとユーザーにおける犠牲の負担の関係からは、次の図表6のようにあらわされる。

図表5 企業活動と損失関数



図表6 社会的損失と損失関数



開発・設計段階の品質の作りこみの成果を、出荷後のユーザー側における機能のばらつきによる品質損失を損失関数で評価しようとするものである。

3-4. 損失関数とその適用

品質評価のための特性値については、以下のように分類される (田口,

2012)。

種々の製品あるいは部品に対して計量値で与えられる品質特性について、その計量特性は、動特性と静特性に分けられる。さらに静特性は次のように分けられる。

- 望小特性：非負で小さいほど良い特性
- 望大特性：非負で大きいほど良い特性
- 望目特性：ある有限の目標値があって、目標値よりも小さくても大きくても良くない特性

機能のばらつきによる損失については、タグチメソッドでは、理想値としての目標値どおりにできていないことによる損失について、その損失は消費者それぞれで異なるが、その評価についてテラー展開を利用し近似的にあらわすものであり、その損失が目標値のずれの2乗に比例して増加するとみなす⁸⁾。このテラー展開による近似が、損失関数の重要な前提となる。

タグチメソッドでは、製品の特性値 y に対する損失について以下のように考える。

- 特性値 y が目標値 m となった場合、損失は最小となる。
- 特性値 y が目標値 m からずれるのにもない損失が増大する。

特性値 y が、ある値を超えると急に損失が生じるのではなく、目標値 m からずれるに従い徐々に損失が大きくなるとするものである。

望目特性の場合について、ある製品の特性値を y 、目標値を m とする。その特性値 y が目標値 m からずれることにより、製品出荷後、ユーザーに発生する品質損失関数を $L(y)$ とし、(1)式のようにあらわされる。

$$L(y) = k(y - m)^2 \tag{1}$$

ただし、比例定数 k は、次式のように、機能限界 Δ_0 (製品や部品の機能が働かなくなる臨界点) および機能限界を超えて機能しなかったときの修理費、品質保証費や損害賠償金などの損失 A_0 により決定される⁹⁾。

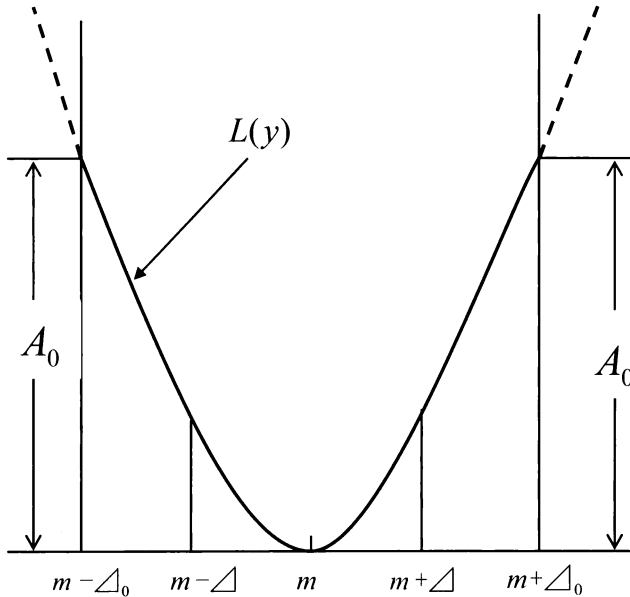
$$k = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \tag{2}$$

したがって、損失関数 $L(y)$ は、次式のようにあらわされる。

$$L(y) = \frac{A_0}{\Delta_0^2} (y - m)^2 \quad (3)$$

損失関数 $L(y)$ は、特性値 m が $m - \Delta_0$ および $m + \Delta_0$ のとき発生する損失が A_0 を通る 2 次関数として図表 7 のようにあらわされる。

図表 7 損失関数



出所：山口，2012年，p.30.

なお、個々の製品についての損失関数は、上式のようにあらわされるが、量産している場合や特性値が変化するとき品質水準を評価する場合については、 $(y - m)^2$ の平均値 σ^2 を用いて損失関数は、次式のようにあらわされる。

$$L(y) = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \sigma^2 \quad (4)$$

A_0 あるいは σ^2 を小さくするか、 Δ_0 を大きくすれば、損失は小さくなる。そ

ここで A_0 を小さくするシステム選択が安全設計, Δ_0 を大きくするための設計がパラメータ設計であり, σ^2 を小さくするのが生産工程の設計やその管理となる。

(3) 式や (4) 式を前提とし, 機能限界を超えて機能しなかったときの損失 A_0 , 機能限界 Δ_0 , 目標値 m および標準偏差 σ の損失への影響を分析することができる。

2. 許容差設計について

品質とコストのバランスをはかるのが, 許容差設計であるが, 許容差を損失関数 $L(y)$ にもとづき求めると次のようになる。

目標値を m , 許容差を Δ であらわすと, 製品出荷時の規格値は, $m \pm \Delta$ となる。

そこで規格値において, 規格外れになった場合の工場が被る損失を A であらわし, 規格値におけるユーザーの損失は, (3) 式の y に $m \pm \Delta$ を代入し求められるので, 「公平性の精神」から両者が等しいと考えると次式のようになる。

$$L(m \pm \Delta) = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \Delta^2 = A \quad (5)$$

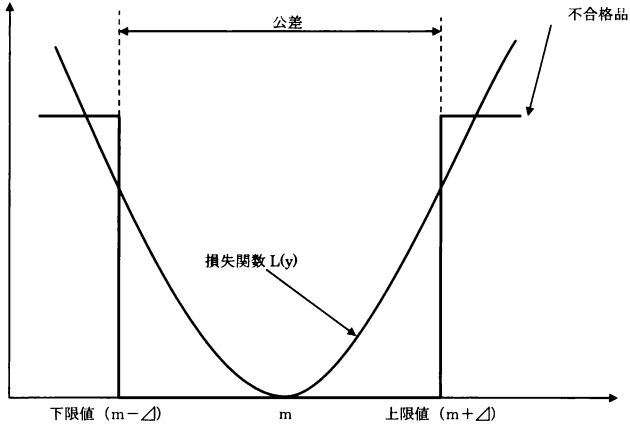
したがって, 許容差 Δ は次式のようになる。

$$\Delta = \sqrt{\frac{A}{A_0}} \Delta_0 = \frac{\Delta_0}{\sqrt{A_0/A}} = \frac{\Delta_0}{\phi} \quad (6)$$

なお, 上式における $\phi = \sqrt{A_0/A}$ は, 完全係数とよばれるものであり, 従来, 経験的に決められてきたものである。

工程内の検査における品質の良否については, 図表8の凹型の直線で示されるように下限値と上限値の間の公差内の製品は合格品として区別がなく, それを外れるものが不合格品とみなされる。しかしながら, 目標値に近いものと公差内ではあるが下限値あるいは上限値に近いものの違いを認識するのが損失関

図表8 工程内検査と損失関数



数である。

品質特性値の分布の違いによる市場品質への影響について、次のようなソニー製のテレビの事例が挙げられている (長谷部, 2012)。

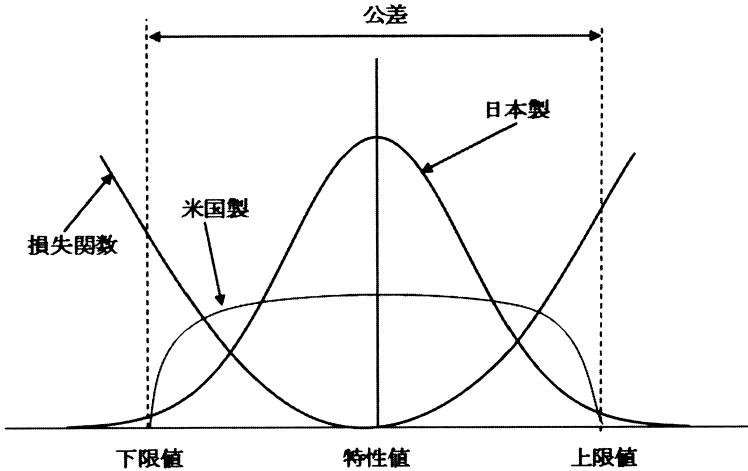
1979年4月17日の朝日新聞に、米国市場における調査記事によれば、ソニー製のテレビについて、日本工場製と米国工場製の同一品種のテレビの品質を比較したところ、市場における故障が米国製の方が多かったというものである。

この状況は、米国製は生産時、日本製に比べばらつきの大きい状況にあるが、不良品については手直しや廃棄を行う。したがって図表9に示すように米国製は公差を外れた製品は再調整等により公差内に入れて不良品ゼロとすることにより、一様分布に近いものとなる。

したがって、公差ギリギリの製品も数多く出荷される結果となる。それに対し日本製の場合、図表9のように目標値に近いところに多くが分布し、公差ギリギリの製品の出荷は非常に少なくなるというものである。これにより、米国製のほうが市場における故障等の不具合が多く生じるといえるものである。

すなわち、検査による管理では、出荷後の品質の向上を望めないことになる。品質管理上の検査で品質規格を満たした合格品であったとしても、製品間ではばらつきが生じたり、出荷後に使用条件等により性能に差がでたりすることによ

図表9 品質特性の分布と損失関数



り、顧客に不満が生じ、隠れた品質コストの発生につながる。そこで、それらを測定しようとする損失関数が有効となる。すなわち、従来の品質管理のような合格品か不合格品かというような2値的の評価により良品と不良品に分け、不良率による管理を行う場合に比べ、規格値に近傍の合格品の不具合も含め、連続的に不具合を評価可能とする損失関数は有効と考えられる。

このような品質特性の分布と市場における故障等の不具合の関係については、同様の指摘がなされている(田口, 1999; Albright, T. L., and H. P. Roth, 1994; 中野・大場・井上, 2009等)。タグチメソッドでは、製造品質について損失関数で求めた許容差の中に入れていけばよいというのではなく、規格の中心に集まっている方がよいとする。

損失関数による過剰品質の改善の事例としては、製造コストと社会的なロスの総和の最小化のために損失関数を適用し、部材調達における過剰品質の洗い出しを行うことができるとされる。部材調達コストと部材損失関数による負担額の最小化により社会的損失も考慮した経済的に有利な許容差設計を可能とするものである。これにより過剰品質の改善を実現しようとするものである。

許容差設計により規格値の恣意的決定の排除のみならず、特定の品質レベル

の実現・維持のために必要な適正コストレベルに関する有用な指針を得ることができるとされる。(伊藤, 2005, p.182-187)

また、個々の製品についての損失関数の適用事例としては、工程のサンプルデータをもとに次のように品質損失低減の検討を行うものである。次式のように損失関数における $(y - m)^2$ に σ^2 を用いて評価する。

$$L(y) = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \sigma^2 \quad (7)$$

工程におけるサンプルデータにもとづき前式により求められる製品の1個当たり平均損失は、次のようにあらわされる。

$$L(y)_{avg} = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \{ \sigma^2 + (\mu - m)^2 \} \quad (8)$$

平均損失削減のためには生産プロセスにおけるバラツキを小さくすること及び工程の平均を目標値 m に近づける品質改善のための努力が成果を生み出すとされる。(Albright, T. L., and H. P. Roth., 1994)

4. 損失関数を考慮した原価差異調査分析

原価差異調査分析において、是正措置をとる必要があるか否か検討する際、その原因に跡づける必要があり、跡づけることができない場合については、検討の対象外となる。したがって、ここで対象とする原価要素としては、直接材料費および直接労務費となる。

標準原価 C_s と、価格標準 p_s 、数量標準(物量標準) u_s 、生産実績(実際生産量) Q 、標準消費量 q_s および原価標準 c_s の関係は次式のようにあらわされる。なお、標準原価は、原価要素ごとに計算されるが、直接労務費の場合は、価格を賃率、数量を直接作業時間と置き換えればよいこととなる。

$$\begin{aligned} \text{標準原価 } C_s &= \text{原価標準 } c_s \times \text{生産実績(実際生産量) } Q \\ &= \boxed{\text{価格標準 } p_s \times \text{数量標準 } u_s} \times \text{生産実績 } Q \\ &= \text{価格標準 } p_s \times \boxed{\text{数量標準 } u_s \times \text{生産実績 } Q} \end{aligned}$$

$$= \text{価格標準 } p_s \times \text{標準消費量 } q_s \quad (9)$$

すなわち、標準原価 C_s は原価標準 c_s と生産実績(実際生産量) Q の積であるが、その原価標準 c_s は価格標準 p_s と数量標準 u_s の積 ($p_s \times u_s$) によりあらわされる。また数量標準 u_s と生産実績 Q の積が標準消費量 $q_s (= u_s \times Q)$ であるから、標準原価 C_s は価格標準 p_s と標準消費量 q_s の積 ($p_s \times q_s$) であらわされる。直接材料について数量標準 u_s が、例えば製品1個あたり500g (= 500g/個)であったとしても、実際にはこれが変動するものであり、その時系列的变化が管理図において観察される。実際消費量と標準消費量の差は、単位当たりの実際消費量が数量標準からずれることにより生じる。

明確に原価要素も添え字で表示してあらわすと、直接材料費差異 ΔCM は、標準直接材料費 C_{Ms} と実際直接材料費 C_{Ma} の差額であり、これは材料の実際価格 p_{Ma} が標準価格 p_{Ms} から乖離したことによる価格差異と実際消費量 q_{Ma} が標準消費量 q_{Ms} から乖離したことによる数量差異に分解される。その関係は次式のようにあらわされる。

$$\begin{aligned} \text{直接材料費差異 } \Delta C_M &= \text{標準直接材料費 } C_{Ms} - \text{実際直接材料費 } C_{Ma} \\ &= \text{標準価格 } p_{Ms} \times \text{標準消費量 } q_{Ms} - \text{実際価格 } p_{Ma} \times \text{実際消費量 } q_{Ma} \\ &= (\text{標準価格 } p_{Ms} - \text{実際価格 } p_{Ma}) \times \text{実際消費量 } q_{Ma} + \text{標準価格 } p_{Ms} \times (\text{標準消費量 } q_{Ms} - \text{実際消費量 } q_{Ma}) \\ &= \text{価格差異} + \text{数量差異} \end{aligned} \quad (10)$$

したがって、材料の数量標準 u_{Ms} 、単位当たりの実際消費量 u_{Ma} とあらわすと数量差異は次式ようになる。

$$\begin{aligned} \text{数量差異} &= \text{標準価格 } p_{Ms} \times (\text{標準消費量 } q_{Ms} - \text{実際消費量 } q_{Ma}) \\ &= \text{標準価格 } p_{Ms} \times (\text{数量標準 } u_{Ms} - \text{単位当たりの実際消費量 } u_{Ma}) \times \text{生産実績 } Q \end{aligned} \quad (11)$$

同様に直接労務費差異 ΔC_L は、次式のように賃率差異と実際作業時間に分解される。

$$\begin{aligned} \text{直接労務費差異 } \Delta C_L &= \text{標準直接労務費 } C_{Ls} - \text{実際直接労務費 } C_{La} \\ &= \text{標準賃率 } p_{Ls} \times \text{標準作業時間 } q_{Ls} - \text{実際賃率 } p_{La} \times \text{実際作業時間 } q_{La} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (\text{標準賃率 } p_{L_s} - \text{実際賃率 } p_{L_a}) \times \text{実際作業時間 } q_{L_a} + \text{標準賃率 } p_{L_s} \times (\text{標準作業時間 } q_{L_s} - \text{実際作業時間 } q_{L_a}) \\
 &= \text{賃率差異} + \text{作業時間差異} \tag{12}
 \end{aligned}$$

さらに作業時間標準 u_{L_s} , 単位当たりの実際作業時間 u_{L_a} とあらかずと作業時間差異は次のようになる。

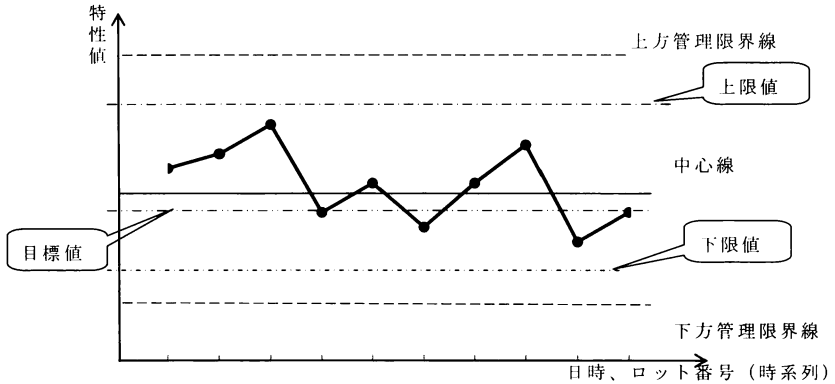
$$\begin{aligned}
 \text{作業時間差異} &= \text{標準賃率 } p_{L_s} \times (\text{標準作業時間 } q_{L_s} - \text{実際作業時間 } q_{L_a}) \\
 &= \text{標準賃率 } p_{L_s} \times (\text{作業時間標準 } u_{L_s} - \text{単位当たりの実際作業時間 } u_{L_a}) \times \text{生産実績 } Q \tag{13}
 \end{aligned}$$

直接材料費差異の数量差異および直接労務費差異の作業時間差異は、いずれも能率にかかわる差異であり、(11)式および(13)式における単位当たり実際消費量および単位当たり実際作業時間が管理図における観察の対象となる。

管理図は、時系列的に特性値を測定し、プロットし、上方管理限界線と下方管理限界線の間にある場合は、偶然原因によるものであり、これを外れると見逃せない原因によるものと判断し、工程が統計的管理状態にあるかどうかを判定することができるが、管理状態か否かについては、平均値 μ を中心線とし、標準偏差 σ の何倍か (例えば $\pm 3\sigma$) の上方管理限界線と下方管理限界線の内側にあり、クセのない場合をイン・コントロールとし、その幅から外れた場合あるいはクセのある変動を示す場合をアウト・オブ・コントロールと判定するものであり、それをヴィジュアルに表現するものである。したがって、統計的に異常を検出するだけでなく、時系列的な変動の異常も抽出しようとする点で優れたツールといえる。さらに、損失関数における目標値、上限値および下限値を加えた管理図が図表10である。

管理図における中心線と目標値は必ずしも一致しない。管理図における中心線が示すものは、実績としての工程の平均値であり工程の平均的特性をあらわすものである。これに対し標準値は、規範性ある目標値であり、両者は乖離がある場合、例えば管理図において中心線が目標値の線を上回る場合は、その乖離幅については、原価改善の対象となる。したがって、その乖離は原価改善の重要な示唆となる。

図表10 管理図



管理図においては上方管理限界線と下方管理限界線は中心線に対し $\pm 3\sigma$ の位置というように対照的になるが、損失関数においては上限値と下限値が必ずしも同じ乖離幅にないこともありうる。すなわち、製品のメーカーとそのユーザーにおいて発生する品質損失だけでなく、社会全体の損失も考慮すると目標値の上下で関数が異なる場合である。

損失関数の適用は、種々展開されるが、損失関数については、目標値 m の上側と下側で、変化の傾向が異なる状況は多々あると考えられる。そこで、次に目標値 m の上側と下側で、損失関数が異なる場合について検討する。

なお、機能限界 Δ_0 が、目標値 m の上下で異なる場合は、簡便的には、きびしい方すなわち (2) 式における比例定数 k が大きいほうで損失関数を設定されるが、上限の機能限界 Δ_0^+ と、その機能限界を外れて機能しなかったときの損失 A_0^+ にもとづき比例定数 k^+ が求められ、(3) 式にもとづき損失関数が求められ、上限許容差 Δ^+ についても (6) 式から導かれる。同様に下限の機能限界についても損失関数が求められ、目標値 m の上側と下側で開きの異なる2次関数としての損失関数が定義されることとなる。

上側損失関数 $L^+(y)$ は、次式のようにあらわされる。

$$L^+(y) = \frac{A_0^+}{\Delta_0^{+2}} (y - m)^2 \quad (14)$$

なお、上側許容差 Δ^+ は次のように求められる。

$$\Delta^+ = \sqrt{\frac{A^+}{A_0}} \Delta_0^+ \quad (15)$$

ただし、 A^+ は上側許容差を外れた場合の被る損失である。同様に、下側損失関数 $L^-(y)$ および上側許容差 Δ^- は、次のようにあらわされる。

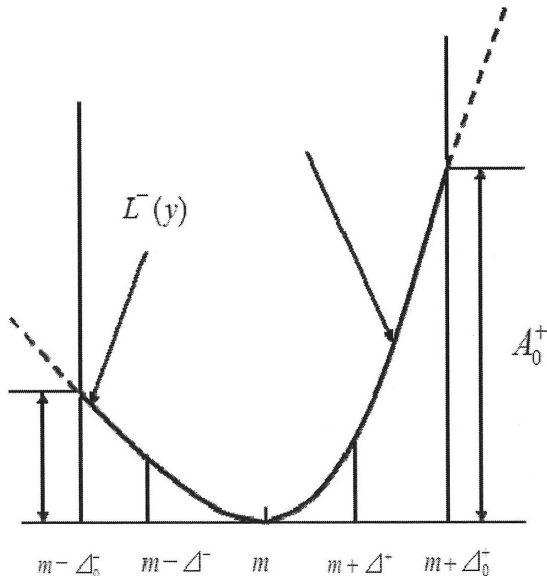
$$L^-(y) = \frac{A_0^-}{\Delta_0^{-2}} (y - m)^2 \quad (16)$$

$$\Delta^- = \sqrt{\frac{A^-}{A_0}} \Delta_0^- \quad (17)$$

ただし、 A^- は上側許容差を外れた場合の被る損失である。

そこで、目標値 m から下側にずれる場合より上側にずれた場合の方が厳しい場合の損失関数については、図表11のようにあらわされ、これにより目標値からの上下のずれの違いを考慮した品質損失の評価が可能となる。

図表11 上下で異なる損失関数



タグチメソッドにおける損失関数による許容差決定では、(5)式にあるように「公平性の精神」から生産者と消費者の両者の負担が等しくなるようにバランスをとるものである。これは、タグチメソッドでは、「自由の生産性の追求」のため生産者と消費者の負担の総額としての社会的損失を最小化しようとすることによるものと考えられる。

タグチメソッドでは、理想値からの乖離による社会的損失を最小化するために実施する方策のための価値犠牲としてのコストとその効果としての乖離度による損失の増減を反映した対策の決定を行うものであり、その対象となるコストは、隠れた品質コストも含む広義のコストであり、その中心は、社会的損失に影響をおよぼす品質管理の方策に関連する部分と考えられる。そこで、理想値から上下へのズレによる社会的損失の発生は、異なるものとなる。

このように目標値からのズレによる変化が上下で異なる場合、上限値および下限値は図表11における管理図において目標値線から上下に対象でないものとなり、それにもとづき図表10のような管理による分析が必要となる。

5. おわりに

例外管理を前提とする標準原価計算にもとづく原価差異分析において、是正措置を実施すべきか否かの原価差異調査分析について、管理図の利用はその判断のために有用とされる。そこで、本稿では、その管理図に品質工学における損失関数のさらなる適用について検討を行った。まず、原価低減活動と原価差異調査の関係、品質管理活動と品質コストの関係および品質工学における損失関数がどのようなものか整理を行った。製品のメーカーとそのユーザーにおいて発生する品質損失だけでなく、社会全体の損失も考慮した品質を前提とする損失関数を、工程が統計的に管理状態にあるか否かを判定する管理図に統合することは社会的損失も含め経済的評価を考慮することになることを示した。また、従来の管理図における中心線と損失関数にもとづく標準値線の乖離については、原価改善の対象となり、原価改善の重要な示唆となる。原価差異調査分

析における従来の管理図に損失関数を適用することは、経済的観点を導入するのみならず原価改善への検討も可能とする。

注

- 1) 門田によれば「日本の製造業における原価管理システムは、本質的には利益管理のためのマネジメント・システムであって、原価企画・原価改善・原価維持の3本柱から構成されている。このような体系は、もともとはトヨタ自動車が開発したものである…」とされる(門田 1993, p.42)。
- 2) 門田 2006, p.293 参照。
- 3) 門田 1994, pp.220-221 参照。
- 4) 日本工業規格によれば、管理図とは「連続した観測値若しくは群のある統計量の値を、通常は時間順又はサンプル番号順に打点した、上側管理限界線、及び、又は、下側管理限界線をもつ図、打点した値の片方の管理限界方向への傾向の検出を補助するために、中心線が示される。」(JIS Z8101-2) とされる。
- 5) 計量値とは、「連続量として測られる品質特性の値」(旧 z 8101) とされ、長さ、重量、時間などの連続量として測定される値である。
- 6) 計数値とは、「不良品の数、欠点数などのように個数を数えて得られる品質特性の値」(旧 z 8101) とされ、それらにもとづく不良率や平均欠点数なども計数値とされ、抜取検査に多く用いられる。
- 7) 三浦新・今泉益正編著1986, pp.46-52, 山田雄愛・岡本眞一・綾野克俊2002, pp.174-177 参照。
- 8) タグチメソッドにおける損失関数の重要な前提について以下に説明する。

特性値 y が目標値 m からずれることによる損失については、製品が出荷されてから様々な条件のもとで使用されるときに経済的損失を関数 $L(y)$ であらわされることとする。ある製品の市場全体のサイズを N 、製品の設計寿命を T 年とし、 i 番目の消費者が取得後 t 年後に生じる経済的損失を $L_i(t, y)$ とおく。 $L_i(t, y)$ は、ある時点 t において故障が発生し損失が生じるが、他の時点 t においてはゼロというような不連続で複雑な関数であり、全ての消費者 N における設計寿命 T 年の期間使用された場合に関する全消費者の全使用期間に対する平均損失が $L(y)$ であり、次式のように定義される。

$$L(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i(t, y) dt \quad (i)$$

個々の損失関数 $L_i(t, y)$ は、不連続関数であるが、それらの平均をとれば近似的に連続な関数となる。そこで、 $L(y)$ は目標値 m のまわりで次のようにテーラー展開される。

$$\begin{aligned}
 L(y) &= L(m+y-m) \\
 &= L(m) + \frac{L'(m)}{1!}(y-m) + \frac{L''(m)}{2!}(y-m)^2 + \dots
 \end{aligned}
 \tag{ii}$$

望目特性において、目標値 m で損失がゼロで最小であり、目標値 m より大きくても小さくても損失が増加することから、次の2つの条件が成立する。

$$L(m) = 0 \quad \text{(iii)}$$

$$L'(m) = 0 \quad \text{(iv)}$$

したがって(ii)式に(iii)および(iv)式を代入し、3次以上の高次の項を僅少として無視すると、損失関数 $L(y)$ を次式のように差の2乗の項で近似できる。

$$L(y) \doteq \frac{L''(m)}{2!}(y-m)^2 = k(y-m)^2 \tag{v}$$

k は、機能限界と機能しなかった場合の損失にもとづき決定される比例定数である。

- 9) 比例定数 k の決定については、機能限界 Δ_0 において、機能しなくなったときの損失 A_0 が発生することから、損失関数 $L(y)$ は、 $y = m \pm \Delta_0$ のときに A_0 となる。したがって本文中(1)式に代入し、次式を満たす必要がある。

$$A_0 = k\{(m \pm \Delta_0) - m\}^2 = k\Delta_0^2 \tag{vi}$$

よって、比例定数 k は次式のように求められる。

$$k = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \tag{vii}$$

参考文献

- 伊藤嘉博 (2005) 『品質コストマネジメントシステムの構築と戦略的運用』日科技連出版社。
- 岡本清 [2000] 『原価計算 六訂版』国元書房。
- 梶原武久 (2008) 『品質コストの管理会計』中央経済社。
- 小林昌義 (2003) 「タグチメソッドの体系—全体像と個別手法」『品質』第33巻第1号、19-26。
- 田口玄一 (1999) 『タグチメソッドわが発想』経済界。
- 田口玄一 (2008) 『製造段階の品質工学』日本規格協会。
- 田口玄一 (2012) 『開発・設計段階の品質工学』日本規格協会。
- 田中雅康・原田昇 (2011) 『エンジニアのための原価の知識とその活用』丸善出版。
- 立林和夫 (1992) 「富士ゼロックスにおけるタグチメソッドの活用」『品質管理』第43巻第12号、23-29。

〔論文〕 原価差異調査分析における損失関数の適用（井岡）

- 中野恵司, 大場章司, 井上清和 (2009) 『上級タグチメソッド』日科技連出版。
- 長谷部光雄 (2012) 『直感で分かるタグチメソッド』日科技連出版。
- 門田安弘 (1993) 「原価企画・原価改善・原価維持の起源と発展」『企業会計』第45巻
第12号, pp.42-46。
- 門田安弘 (1994) 『競争力をつける原価企画と原価改善の技法』東洋経済社。
- 門田安弘 (2006) 『トヨタプロダクションシステム』ダイヤモンド社。
- 三浦新・今泉益正編著 (1986) 『品質管理講座 管理図』日本規格協会。
- 宮川雅巳 (2000) 『品質を獲得する技術』日科技連出版。
- 矢野宏 (2011) 『技術力を高める新版品質工学』日本規格協会。
- 山田雄愛・岡本眞一・綾野克俊 (2002) 『文科系のための品質管理 改訂版』日科技連
出版。
- 渡部義晴編著 (2006) 『実践タグチメソッド』日科技連出版。
- Albright, T. L., and H. P. Roth. (1992), The Measurement of Quality Costs: An
Alternative Paradigm, *Accounting Horizons*, 6 (2), pp.15-27.
- Albright, T. L., and H. P. Roth. (1994), "Manageing Quality Through the Quality Loss
Function", *Journal of Cost Management*, Winter, pp.20-28.
- Bierman, H., L. E. Fouraker, and R. K. Jaedicke (1961), "A Use of Probability and
Statistics in Performance Evaluation", *The Accounting Review*, July, pp.409-
417
- Kaplan, R. S., (1975), "The Significance and Investigation of Cost Variances :
Survey and Extensions", *Journal of Accounting Research*, Autumn, pp.311-337.
- Kaplan, R. S., (1982), *Advanced Management Accounting*, Prentice-Hall.