

機関番号：24403  
 研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2008 ～ 2010  
 課題番号：20510138  
 研究課題名 (和文) ハイクオリティ環境実現下でのサプライ・チェーンにおける次世代品質管理システム  
 研究課題名 (英文) Next Generation Quality Management System for Supply Chain under High Quality Production Environments  
 研究代表者  
 有蘭 育生 (ARIZONO IKUO)  
 大阪府立大学・工学研究科・准教授  
 研究者番号：20175988

研究成果の概要 (和文)：生産技術の向上から精密な製造が可能となった近年では、規格値を満たさない不適合品が製造される割合、不適合品率は極めて小さい環境が現実のものとなってきた。ただし、これに対応してより高度な解析技術を組込んだ品質管理システムの設計・開発が急務であった。本研究では、適合・不適合とする従来の品質評価と比べ緻密な評価を与える品質基準を採用して従来の解析技術の高度化を図り、ハイクオリティ環境下での次世代品質管理システムの土台となる方法の確立を実現した。

研究成果の概要 (英文)：Due to the progress of manufacturing technology, the proportion of nonconforming products in lots has been remarkably decreased in recent. The research and development on quality management system with the advanced data analysis technology has been required according to the progress of manufacturing technology. In our research, the elaborate quality criterion instead of the conventional quality criterion has been adopted, and some advanced data analysis techniques have been proposed. Then, next generation quality management system under high quality production environments has been researched and discussed.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：経営工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：情報量規準, 情報理論, 生産管理, タグチ・メソッド, 統計的品質管理, 待ち行列

## 1. 研究開始当初の背景

従来の統計的品質管理においては、工程規格値外の製品を不適合品とし、この発生割合を品質の基本的概念・指標として、これを管理・保証することが主たる眼目と考えられて

きた。これに対して、固有技術の発達により加工精度等が向上し一定の作業標準等の概念が普及した近年では、製品規格値に対して製品機能を満たさない不適合品が製造される割合、不適合品率は極めて小さい環境が現

実のものとなってきた。この状況において、従来の統計的品質管理の各種の方法は必ずしも有効に機能するとは言い難い場合がある。固有技術の進歩に応じた解析技術の高度化は必須の課題であった。

固有技術の発達による不適合品の発生が極めて小さくなった一方、バブル崩壊に端を発するIT技術への乗り遅れ等から、管理技術に関して未成熟な部分があることは否定できない。また、経済事情から直接的な正の財を生まない管理技術には極力費用を掛けたくないという風潮が生じたともいえる。このひとつの表れとしては、調整型検査方式の適用によるサンプル・サイズの削減、検査の簡略化・簡素化の潮流があげられる。ただし、このような潮流と、ここ数年来の品質事故や品質偽装等の品質に関する負の財、すなわち損失・損害をもたらすような事故や事件が多く発生してきたこととが関連がないとは必ずしもいえない。データの抽出・共有・分析等の管理技術の向上とこれによる効率的かつ経済的な品質管理システムの設計・構築は必須の課題であった。

近年では、工程間の製品の移動、工場・施設間の製品の移動、さらには生産者から消費者に至る製品の流通などを数珠繋ぎに模してサプライ・チェーンという概念が存在する。このサプライ・チェーン環境においては、従来の在庫の在り方とは様相を異にするものであり、品質保証検査の実施形態にも影響を与えている。このとき、どの段階で品質情報を保証し、これをどのように継承し、さらに流通のどのような段階でこの品質情報を検証・改善し更新するのかがグローバル化した市場・流通環境における新しい重要な課題であった。

## 2. 研究の目的

既述のように従来の統計的品質管理の方法においては、近年の技術の発達や市場の広範囲化、流通形態の変化に対して、やや旧泰然の感が否めない。例えば、ハイクオリティ環境下におけるppm管理の要求に対する新しい適応的な統計的品質管理の方法がさほど多くは提案されていないことが事実としてあげられる。本研究では、まず統計的品質管理の方法において、固有技術の進歩に応じた解析技術の高度化を目指した。

ところで、Taguchiによる品質工学では、製品の品質設計に関して設計品質と実現品質との差異により、たとえ適合品である製品においても損失が発生するとの基本概念に基づき製品の品質設計を行うとの考え方が存在する。申請者らはこの適合品においても存在する品質損失の概念が従来の不適合品

率に代わる新しい品質評価指標として採用することができるとの考えに基づき、従来よりいくつかの統計的品質管理の方法を提案している。ただし、これらにおいては製品のハイクオリティ環境実現下における品質評価指標という位置づけにまでは至っていない。

そこで、本研究においては従来の申請者らの品質損失の概念をさらに明確にハイクオリティ環境実現下における品質評価指標として位置づけた上で、その特性を明らかにしつつ、速やかに希求されているハイクオリティ環境実現下における統計的品質管理の方法の高度化を第一の目的とした。

さらに、各部門において必要な情報を適宜共有し、プロセス全体を効率的に管理できることを目指した、高度な解析技術を組込んだ品質管理システムの設計・開発を目指した。

一方、既述のようにサプライ・チェーン単位において、生産・物流の管理が考えられるようになってきた。当然これに応じて、品質管理のあり方も変革すべき点は存在し、また品質保証体制の更新も必要となる。サプライ・チェーン環境下での品質保証システムの在り方について考究し、このような環境下での適用的、経済的な統合的品質管理システムについて考察・検討することも目的の一つとして挙げることにした。

## 3. 研究の方法

研究の方法として、まず文献調査、事例調査等を通じた情報収集に注力した。本研究の遂行においてコアの一つとなる従来の不適合品率に代わる新しい品質評価指標となる品質損失について、国内外にて公表された各種の文献調査を行った。また、申請者らのこれまでの研究において公表されてきた学術論文を再度熟読の上、展開、応用可能性等について議論・検討した。また、事例収集については自動車部品メーカー等の工場視察に数度同行し、現場の実状を調査し、関係者からのヒアリングを行った。

情報収集の結果を踏まえ、要求事項を整理し、解決が必要とされる問題に対して、方法を模索し、理論構築を行った。理論構築の結果を踏まえ、現状に則した形式で品質管理システムを設計・開発した。設計・開発されたシステムの有効性を検証することを目的とし、コンピュータ・シミュレーション環境を構築し、シミュレーション実験を実践した。

研究成果については、適宜国内学会・国際会議にて口頭発表を行った。同時に、学会での研究発表を聴講し、研究に関する情報収集を実践した。また、国内外の学術雑誌において研究成果の公表に努めた。

本研究における各テーマでは以上の方法を循環させることにより遂行してきた。

#### 4. 研究成果

本研究の成果は、次の3つに分類することができる。

##### (1) 品質検査

従来の適合・不適合による品質評価とは別に、損失関数による品質損失を評価基準として採用した抜取検査法について考察した。特に、単一ラインによって構成される生産工程だけでなく、ボトルネック工程などを解消するために構成される複数ラインを有する生産工程において製造される製品ロットに対して抜取検査を適用する状況を想定し、その設計について検討した。考察の結果、抜取検査法を定式化し、検査サイズ・合格判定基準よりなる検査方策を与える計算アルゴリズムを開発した。また、検査方策の経済性について考察し、経済的検査方策の策定法を与えた。

さらに、品質損失と検査費用の両者を考慮に入れた選別型検査の品質保証方式を提案し、提案品質保証を実現するための社会的に最適な検査方式の設計アルゴリズムを構築した。ただし、検査水準パラメータの導入とその効果については今後の課題として検討中である。

##### (2) 工程異常分析

品質管理技術の進歩において、製造環境の進歩と同時に品質データからより有益な情報を効率的に抽出するためのデータ解析技術の向上が重要な課題とされている。データ分析の結果に基づく製造プロセスでの異常発生時点の推定は製造プロセスの状態変化の原因究明のための有効な糸口となりうる。情報理論を品質管理分野に応用し、これに基づく統計科学的データ解析法の開発を実践し、異常発生時点の推定法に関して1つのアプローチを与えた。

また、品質特性において、その平均とバラツキが関連しながら変化する場合が見られる。これを監視するための方法として平均と標準偏差を両軸とする2次元平面上で運用される $(\bar{x}, s)$ 同時管理図が提案されている。この $(\bar{x}, s)$ 同時管理図による工程管理において、工程の異常パターンを識別を目的として、情報量規準による状態識別法を構築した。これらにより、より迅速かつ経済的に工程の異常原因を特定することに寄与できる。

さらに、複数の品質特性の同時管理に適用される $T^2$ 管理図において工程異常を検知した場合に、異常状態にある特性を特定するための方法を情報量規準に基づき提案した。これにより、複数の品質特性で管理すべき製品製造工程の新しい管理手法を提案した。

##### (3) 生産計画問題

サプライ・チェーン上の製品の流れを考慮し、品質問題を取り扱うにあたって、確率過程に基づく待ち行列理論は有効な手段である。これに関する基礎研究として、GI/G/1型待ち行列システムについて考察し、システムの新しい特性評価アプローチを提案した。これにより複数の工程・工場を経て顧客に配送されるまでの時間特性解析を可能とすることができた。さらに、サービス品質の指標として与えられる納期遅れの評価に基づく生産計画問題について、現在検討中である。

また、サプライ・チェーン環境にある企業間では、内示等の需要情報が事前に通知される場合がある。サプライヤーでは内示情報に基づき数期間のメーカーの需要に対応するための生産計画を立案する。ただし、需要には不確実性が存在する。このとき、数期間における需要分布を精度良く予測することは難しく、多期間の生産計画を策定する上でリスクの問題が伴う。需要情報における平均と分散のみを利用し、多期間生産計画を策定する方法について検討した。このリスクヘッジ手法を不適合品の混入等の品質問題が想定される状況に適用し、その影響について検討することが今後の課題である。

一方、品質等の製品価値は一般に時間的に変化するため、製品価値の時間的変化を考慮に入れた多期間生産・販売計画を考慮することが重要である。そこで、製品価値の時間的低下を考慮に入れた多期間生産・販売政策について考察し、製品価値の低下に伴う値引販売や在庫処分方策を含めたサプライ・チェーンの最適運用方策について解析的見知を与え、環境に優しいサプライ・チェーン・システムの構築に寄与した。

本研究では、当初の目的に従って、品質損失について考察し、その特性を明らかにした上で、品質検査法に適用し、ハイクオリティ環境に対応した検査方式を開発するに至った。さらに、各部門において必要な情報を適宜共有し、プロセス全体を効率的に管理できることを目指した、高度な解析技術を組込んだ品質管理システムの

機能として、工程異常の検知、異常要因の特定、異常パターンの識別等を可能とする工程異常分析法について検討した。また、生産計画において製品品質を表す一特性である製品寿命を考慮した多期間生産・販売政策について検討した。さらに、納期遅れ、品切れ率などサービス品質として捉えられるようになった評価基準を考慮した多期間生産計画問題について考察した。ただし、サプライ・チェーン環境下における品質問題に関して、チェーン・メンバー間でどのような影響が生じるのかについては十分な考察をするには至らなかった。

直近の震災でも明らかなように、生産・物流の一地点における崩壊が供給に至るまでの生産プロセス全体への問題と波及する。現在の生産プロセスは、それほどスリムに緻密に構築されている反面、各種の問題への対応の準備が課題である。当然品質問題においても同様であり、プロセス全体での対処は重要な解決すべき案件である。本研究では、この研究に着手することはできたが、問題の複雑さから、十分な成果を得ることができたとはいえ難いかも知れない。これについては、今後の課題として検討すべきことだと考えている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

- ① 楠川恵津子, 有菌育生, 値引市場のもとで利益分配を考慮したサプライチェーンコーディネーションの分析, 日本経営工学会論文誌, 査読有, **62**, 2011, 25-30.
- ② 川崎雅也, 竹本康彦, 上野信行, 有菌育生, 限定された需要情報のもとでの多期間生産計画に関する一考察, システム制御情報学会誌, 査読有, **22**, 2009, 396-398.
- ③ Takemoto, Y., and Arizono, I., Estimation of Change Point in Process State on CUSUM  $(\bar{x}, s)$  Control Chart, Industrial Engineering and Management Systems: An International Journal, 査読有, **8**, 2009, 139-147.
- ④ Suzuki, Y., Takemoto, Y. and Arizono, I., Variable Sampling Inspection with Screening When Lot Quality Follows Mixed Normal Distribution, Industrial Engineering and Management Systems: An International Journal, 査読有, **8**, 2009, 131-138.
- ⑤ Morita, M., Arizono, I., Nakase, I., and Takemoto, Y., Economical Operation of the Cpm Control Chart for Monitoring Process Capability Index, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 査読有, **43**, 2009, 304-311.

- ⑥ 森田麻衣子, 中瀬逸平, 有菌育生, 竹本康彦, 品質特性が2つの正規分布の混合正規分布に従う場合の期待過剰損失の上限値を保証する計量餞別型検査, 日本経営工学会論文誌, 査読有, **60**, 2009, 77-86.
- ⑦ Takemoto, Y. and Arizono, I., The Impact of Nonconforming Items on  $(s, S)$  Inventory Model with Customer Reservation and Cancellation, Industrial Engineering and Management Systems: An International Journal, 査読有, **8**, 2009, 72-79.
- ⑧ Morita, M., Arizono, I., and Takemoto, Y., Variable sampling inspection plans with screening for assuring average outgoing surplus quality loss limit indexed by Taguchi's loss, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 査読有, **41**, 2009, 908-915.
- ⑨ Kou, F., Nakase, I., Arizono, I., and Takemoto, Y., Proposal of Approximation Analysis Method for GI/G/1 Queueing System, Industrial Engineering and Management Systems: An International Journal, 査読有, **7**, 2008, 143-149.

[学会発表] (計11件)

- ① Takemoto, Y. and Arizono, I., New Approach to Identifying Assignable Quality Characteristics in 2 Dimensional Hotelling  $T^2$  Control Chart, The 11th Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Dec. 07-10, 2010, Melaka, Malaysia.
- ② Yamaguchi, K., Kusukawa E. and Arizono, I., Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain with Deteriorating Items, Inflation and Profit Sharing, The 11th Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Dec. 07-10, 2010, Melaka, Malaysia.
- ③ Kusukawa E. and Arizono, I., Optimal Selling Policy for Supply Chain System with Returns Handling, Clearance and Secondary Sales Markets and Profit Sharing, The 11th Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Dec. 07-10, 2010, Melaka, Malaysia.
- ④ 佐藤孝紀, 竹本康彦, 有菌育生,  $(\bar{x}, s)$  同時管理図における情報量規準に基づく変化判定法の提案, 日本経営工学会秋季研究大会, Oct. 23-24, 2010, 福岡工業大学.
- ⑤ 佐藤孝紀, 竹本康彦, 有菌育生,  $(\bar{x}, s)$  同時管理図における AIC に基づく変化判

定法の提案, 第 26 回ファジィシステムシンポジウム, Sep. 13-15, 2010, 広島大学.

- ⑥ Kusakawa E. and Arizono, I., Analysis of Supply Chain Coordination with Profit Sharing, The 40th International Conference on Computers & Industrial Engineering, Jul. 25-28, 2010, Awaji, Japan.
- ⑦ Takemoto, Y., and Arizono, I., Change Point Estimation of Process Mean in Process Continuous Change Model, 10th Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Dec. 13-16, 2009, 北九州国際会議場.
- ⑧ 竹本康彦, 有菌育生, 管理外れ状態における経時的变化を考慮した工程変化点の推定法に関する一考察, 日本経営工学会秋季研究大会, Nov. 7-8, 2009, 愛知工業大学.
- ⑨ 川崎雅也, 竹本康彦, 上野信行, 有菌育生, 限定された需要情報のもとでの多期間生産計画に関する一考察, 日本経営工学会春季大会, May 16-17, 2009, 城西大学.
- ⑩ Suzuki, Y., Morita, M., Nakase, I., Takemoto, Y., and Arizono, I., Variable Sampling Inspection with Screening When Lot Quality Follows Mixed Normal Distribution, 9th Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Dec. 3-5, 2008, Bali, Indonesia.
- ⑪ 鈴木雄一朗, 竹本康彦, 有菌育生, 複数生産ラインによる混合ロットの損失品質保証のための計量選別型抜取検査, 日本経営工学会秋季研究大会, Nov. 18-19, 2008, 大阪府立大学.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

有菌 育生 (ARIZONO IKUO)  
大阪府立大学・工学研究科・准教授  
研究者番号: 20175988

### (2)研究分担者

竹本 康彦 (TAKEMOTO YASUHIKO)  
県立広島大学・経営情報学部・准教授  
研究者番号: 70382257

### (3)連携研究者

( )

研究者番号: