

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K04048

研究課題名(和文) 原価企画能力の研究：技術情報の蓄積と処理に注目した技術者視点からのアプローチ

研究課題名(英文) A Study of Target Costing Ability: An Approach from Engineers Viewpoint

研究代表者

小沢 浩 (OZAWA, Hiroshi)

名古屋大学・経済学研究科・教授

研究者番号：40303581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果は、2つある。1つは、原価企画において、設計段階で見積もられた原価と実際に発生した原価の間に違いが生じる2つの原因を明らかにしたことである。過去の経験から蓄積されたデータの外挿によって将来の原価を予測する時に生じる「外挿による錯誤」と、限定的な条件の下でしか要求された品質が確保されない部品を使う場合に、環境のばらつきによって、製品が品質を満たせなくなる「品質設計の脆弱さ」である。もう1つは、多目標を与えられた状況で、エンジニアが設計解を導出するときの思考方法を示したことである。多次元の目標に、新しい変数を加えることによって、関数を変化させ、設計解の存在確率を高めることができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、原価企画という、製品開発段階において原価低減を図る取り組みを対象としている。これまで、製品開発のマネジメントについては、組織やルールづくりに焦点が当てられてきたが、本研究は、開発プロセスにおける技術者の思考パターンに焦点を当てた。それによって、開発時の原価見積を誤る仕組みと、原価以外の多様な目標が与えられている中で、全ての目標を満足させる設計解を導き出す仕組みを示すことができた。

研究成果の概要(英文)：There are two outcomes of this research. The one is that this research makes clear the two causes which bring the differences between estimated cost and actual cost. These are "error by extrapolation" which happens when one estimates future cost from experienced cost in the past, and "fragility of quality design" which happens when the product does not satisfy its required quality because not of its parts works only under limited conditions and its condition is unstable. The other is that this research shows an engineers way of thinking to find solutions under the condition where multi restrictions are given. Engineers can make the probability high by adding new parameter into their considerations and make the function change.

研究分野：原価管理

キーワード：製品開発 原価企画 原価見積

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究は、主に実態調査に基づいて原価企画の成否を左右する「原価企画能力」を定義することを目的としていた。原価企画では、限られた開発期間内に、従来の延長線上にない新しい発想で原価を低減しようとする。そのためには、原価企画に着手する前の蓄積や準備が重要である。本研究は、この蓄積や準備を「原価企画能力」とよび、その実態を明らかにしようとした。

また、従来の研究は、経営者や経理部など、原価企画活動を「管理する側」の視点から考察していた。このような視点に立つ従来の研究は、大まかな業務フローや、目標原価の割り当て方法に焦点を当ててきた。その一方で、実際に原価企画を「やる側」である技術者の視点が欠如していた。そして、「やる側」が、与えられた目標を達成する方法、つまり、技術者がアイデアを探索・創出する方法についてはブラックボックスにされたままであった。これまでの研究姿勢は、目標さえ与えれば、自動的に解が導き出されると考えているかのようである。目標と同時に、達成のための方策が示されるべきである。そこで、本研究では、技術者の立場から原価企画を捉え直そうとした。

私はこれまで、情報処理アプローチによる組織論の立場から、トヨタ生産方式や原価改善、生産管理、コストマネジメントなどの研究を行ってきた。そして、常に、管理者ではなく作業者の視点からの研究を心がけてきた。原価企画を技術者の視点から研究しようとするのも、こうした研究の延長線上にある。

一方で、従来の私の研究対象は製造プロセスに限られており、製品開発段階については、有効なアプローチが見出せずにいた。しかし、平成 25 年度の米国ミシガン大学での在外研究において、セットベース・コンカレント・エンジニアリング(SBCE)のコンセプトに出会い、これが情報処理アプローチを適用した技術者視点での原価企画研究の端緒になることを直感した。そこで、このコンセプトを採用して、原価企画における技術者の働きの一連のプロセスを解明しようと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、研究開始時点で 4 つの具体的な課題を準備していた。第 1 は、製品に用いられる代替的技術の開発と蓄積の状況を調査するという課題である。第 2 は、SBCE のコンセプトを援用することで、複数の評価軸がある場合の技術の評価方法を明らかにするという課題である。第 3 は、交互的な相互依存関係にある諸問題の解決手順を探るという課題である。第 4 は、多数の代替的技術から適切な案を選択するアルゴリズムを明らかにするという課題である。そして、実際に、程度の差はあるが、4 つの課題全てに焦点を当てて研究を行った。

3. 研究の方法

本研究の方法は大きく分けて、調査フレームワークの構築と実態調査の 2 段階から構成されている。

分析フレームワークの確立については、第 1 に、国内の約 460 本の関連論文をレビューするという徹底的な文献レビューを行った。第 2 に、技術者の視点、設計段階における業務の詳細などを深く理解するためには、技術者と同じ知識を持つ必要があると考え、設計技法の基礎を修得しようとした。しかし、これは実現できなかった。第 3 に、製品開発・調達に関するワークショップを開催し、原価企画に関する情報収集に努めた。平成 21 年度からトヨタ自動車の協力を得て主催しているワークショップを利用して、事例を紹介してもらうと同時に、これをインタビューの機会とした。第 4 に、日本能率協会主催の生産技術者の研究会で、ネットワークを拡げ、情報収集を行う予定であった。これについて、新規の研究会には参加しなかったが、過去の資料より研究を進めることができた。

個別企業の実態調査については、次の 4 つの点に焦点を当てて行った。第 1 は、企業の日常的な固有技術の開発と蓄積に関する調査である。第 2 は、複数の評価軸がある場合における技術者の解の探索方法の調査である。第 3 は、交互的な相互依存関係にある問題の処理プロセスに関する調査である。第 4 は、多数の代替的技術の中から、技術者が最短時間で解を発見するためのヒューリスティックなアルゴリズムの調査である。

4. 研究成果

本研究の成果は 2 つある。第 1 は、原価企画において、設計段階で見積もられた原価と実際に発生した原価の間に違いが生じる 2 つの原因を明らかにしたことである。この研究成果は、2018 年 8 月 30 日～9 月 1 日に早稲田大学早稲田キャンパスで開催された日本原価計算研究学会第 44 回全国大会において、論題「原価の見積りエラーを生じさせる 2 つの原因」として報告した。また、同学会の学会誌『原価計算研究』第 43 巻第 1 号に「原価見積の失敗の原因と原価企画の 2 段階モデル」として掲載された。第 2 は、多目標を与えられた状況で、エンジニアが設計解を導出するときの思考方法を示したことである。多次元の目標に、新しい変数を加えることによって、関数を変化させ、設計解の存在確率を高めることができる。この研究成果は、2019 年 9 月 2 日～4 日に成蹊大学で開催された日本原価計算研究学会第 45 回全国大会で、論題「原価企画における設計解導出のプロセス・モデル」として報告した。また、同学会の学会誌に投稿したが不採択となった。現在、改めて公表するために修正中である。各成果の概要は、以下の通りである。

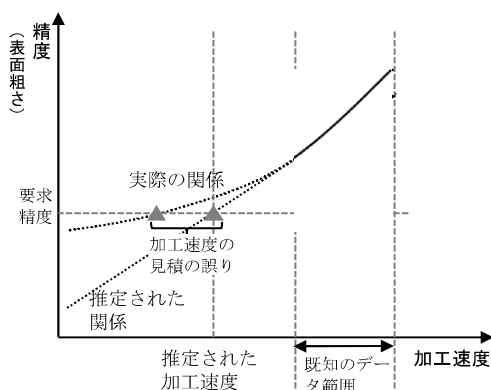
1. 第1の研究成果「原価見積の失敗の原因と原価企画の2段階モデル」の概要

本研究の第1の成果は、設計段階で見積もられた原価と実際に発生した原価の間に違いが生じる原因として、「外挿による錯誤」と「品質設計の脆弱さ」の2つを指摘したことである。

外挿による錯誤：外挿とは、限られた範囲の既知のデータから要因間の関係を読み取り、そのデータの範囲外においても同じ関係が成り立つことを仮定して数値を推定することをいう。たとえ初めて手がける新製品であっても、過去に経験した製品のデータから諸要因と原価の回帰式を求めて、それに基づいて原価を見積もることができる。しかし、諸要因の水準が経験の範囲外にある場合には、この推定は外挿によらざるを得ない。しかし、既存データの範囲内で成り立つ要因間の関係が、範囲外においては成り立たず、推定を誤る。

図表1は、外挿の錯誤によって、加工時間の予測を誤る状況のイメージである。例えば、切削部品メーカーが、過去の経験より精度が10%高い製品の注文を受け、線形近似と外挿によって、加工速度を10%だけ低下させればよいと推定した。しかし、実際の精度は加工速度の2乗に比例していたため、要求精度の達成には、加工速度の大幅な低下が必要であったという場合である。

図表1 外挿による錯誤のイメージ



(出所) 筆者作成

金属加工メーカーT社は、受注前に見積をして、受注後に設計・試作を行い、要素技術の開発さえ受注後に行うこともあるとのことであった。このように不確定な状況であっても、製品によっては10~30年の製造経験があるため、正確に原価を予測できるということであった。しかし、いかに経験年数を重ねても、蓄積されるデータは、実際に受注した範囲に限られる。未知の水準では外挿に頼らざるを得なかった。結局、T社は、概略の仕様に基づいて見積・受注した。そして、確定仕様では、予定の範囲内ではあるが高い側の、未経験の水準の精度が要求されていた。加工速度と精度の間に、図表1のような関係がある場合、わずかに精度を高めるためにも、大幅に加工速度を落とさなければならないのであるが、未経験の領域における、その影響を過小評価してしまっていた。

この問題を回避する対策は、広範囲にわたるデータを収集し、外挿をせずに済ませることである。そのためには、「トレードオフ曲線」というツールが有用である。トレードオフ曲線を作成するためには、必ずしも製品製造の実経験を蓄積する必要はない。テストピースや試作品を用いた試験によってデータを得れば十分である。従来は、「精度の高い原価見積のためには、豊富な経験が必要であり、そのためには、経験を積み重ねるのに十分な期間が必要」と言われていたが、狭い範囲で多くの経験を蓄積するよりも、実験によって広い範囲にわたるデータを蓄積しておく方が有用である。

品質設計の脆弱さ：もう1つの原因は、品質設計の脆弱さである。製品の品質・性能は、複数の部品・原材料の組み合わせのバランスの上に成立する。また、製造過程における諸条件も品質に影響を及ぼす。したがって、部品・原材料の組み合わせや、製造条件が変化した場合に、想定外の品質・性能の未達成が生じることがある。このような変化に弱い設計を、脆弱な品質設計という。品質設計の脆弱さが現れる場面は2つある。1つは、試作では実現できた品質・性能が、量産段階で実現できなくなる場面である。

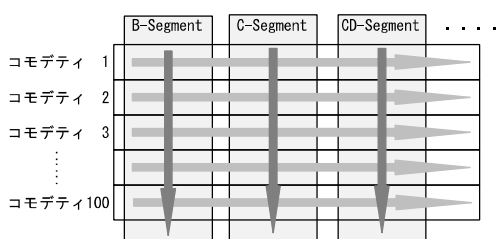
試作段階では十分に性能を発揮した部品の組み合わせが、量産された製品では狙い通りの性能を発揮できないことがある。部品の品質は、規格値から一定の許容幅をもって決められているため、例えば、部品Aの水準を20kと決めても、大量に使用する部品の中には20kから僅かにずれているものもある。そして、このわずかなズレによって、出力電圧が大きくなりすぎてしまうことがある。品質不良を防ぐためには、許容幅の小さい部品を使用したり、受入時の品質検査を強化したりすればよいが、その分、原価が大きくなる。

もう1つは、一度完成された設計から、部品・原材料を変更した場合に、代替部品と残り(代替部品以外)の部分との相性が悪く、本来の品質・性能が実現できなくなる場面である。原価面から捉える限り、部品間には交互作用が生じないため、部品の代替は極めて安易に考えられるが、品質・性能面から捉えると、部品間に交互作用が生じることがあり、部品の代替は、それほど単純ではない。

さらに本研究では、以上の結果を踏まえて、自動車メーカーであるマツダの最近の原価企画活動を、2段階の原価企画として解釈し直した。マツダの原価企画は、図表2のような組織で行われる。横軸はコモディティ(部品あるいは部品ユニット)の開発軸である。この軸では、設計・購買・生産技術・品質・物流の五部門が一体となり、車種や車両セグメントを横断した開発が行われる。当然、複数の車種によるコモディティの共有を意識した開発が行われる。

マツダでは、将来の車種展開をあらかじめ決めた上で製品開発を行う。最初の車種を開発する時点で、後続車種と共有する部分（固定部分）と、車種ごとに变化させる部分（変動部分）が決められる。そのため、固定部分については、変動部分の状態に関わらず、安定した性能が発揮できる頑健な設計をして備えておくことができていると思われる。このように複数の製品種類を

図表2 マツダの原価企画組織



(出所) 名古屋大学大学院講義「製品開発マネジメント」におけるマツダ(株) 中村達彦氏の講義資料(2017年8月9日)より抜粋

同時に視野に入れて行う開発は「一括企画」と呼ばれている。また、マツダにおける「共有」は、部品そのものの共有ではなく、「コモンアーキテクチャー」とよばれるパラメータ・セットの共有を意味しているようである。例えば、エンジンのシリンダーの径によらず燃焼パターンが同じ、部品や製品の寸法によらず基準(加工時に製品や部品を固定するピン)の位置が同じ、などである。マツダではこれを「相似設計」とよんでいる。以上が、第1段階の品質の作り込みに相当する。

図表2の縦軸は車種の開発軸である。プログラム主査が、製品をビジネスとして成立させるために、会社の目標、市場環境を踏まえて、盛り込むべき機能、グレードの展開、販売価格、販売台数などの企画を行う。これが第2段階の価値の作り込み、収益管理に相当する。

2. 第2の研究成果「原価企画における設計解導出のプロセス・モデル」の概要

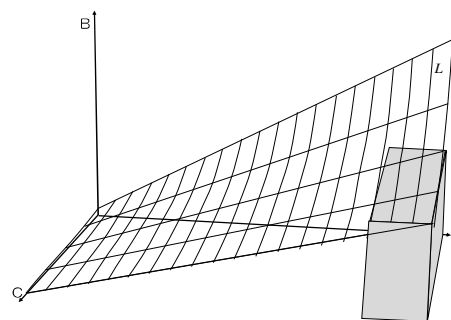
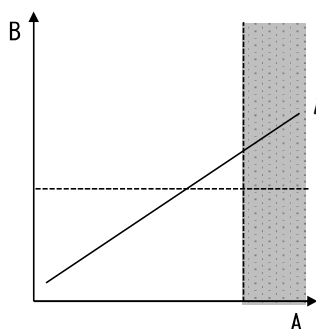
本研究の第2の成果は、現実的に妥当と思われる3つの命題を説明しながら、これらに基づいて、設計業務における思考の原理を描写したことである。

第1の命題は、「設計とは、製品や製造工程に関わる諸パラメータ値を決定すること」である。そして、決定された諸パラメータの値の組み合わせを「設計解」とよぶ。第2の命題は「パラメータどうしは相互に依存する」である。あるパラメータの変化は他のパラメータにも影響をおよぼすため、各パラメータを独立に決定することはできない。他のパラメータとの相互依存関係を考慮することが必要である。第3の命題は「パラメータ値の要求水準は許容可能な最低の水準で与えられる」である。パラメータが複数あり、かつ、それらが相互依存するときには、個々のパラメータについて厳しい水準を要求することは、局所最適化やパラメータ間の対立を引き起こす。個々のパラメータに対する要求水準は緩くなければならない。

エンジニアは、上記の命題のもとで実行可能設計解の探索を行う。実行可能設計解が複数存在する場合には、「絞り込み」によって、1つを選択する。それは、「許容可能な最低水準」に設定されていた要求水準を、徐々に厳しくししながら、設計解が1つになるまでこれを繰り返すという方法である。各パラメータの要求水準をどれほど厳しくするかは、経営政策的判断であるが、原価企画においては、原価関連のパラメータが優先的に厳しくされるであろう。

(1) $A \times B$ 平面

(2) $A \times B \times C$ 空間



(出所) 筆者作成

全てのパラメータの要求を満足させる実行可能設計解が存在しない場合には、「多元化」とよぶ方法がとられる。図表3の(1)はパラメータAとパラメータBの関係を表している。影のついた部分が許容可能領域である。いま、直線Lは許容可能領域を通過していない。つまり、実行可能設計解が存在しない。ここで、新しいパラメータCを加えたイメージが図表3の(2)である。この図では、パラメータCの変化に伴って、AとBの関係を表す直線が少しずつ変化しながら、面(L)としての広がりを持つようになることを示している。許容可能領域もC軸方向に広がりをもつ三次元空間になっている。ここで、面Lと許容可能領域が交差する点があれば、それが実行可

能設計解となる。このように、同時に考慮するパラメータを増やすこと（問題の多元化）によって、設計解の選択肢が広がり、より望ましい設計解が得られることがある。

しかし他方で、多元化は、より大きな情報処理を必要とする。したがって、多元化できるか否か、言い換えれば、厳しい要求を満たせるか否かは、企業の情報処理能力に制約される。この情報処理能力もまた、原価企画に必要な能力といえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 小沢 浩	4. 巻 43
2. 論文標題 原価見積の失敗の原因と原価企画の2段階モデル	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 原価計算研究	6. 最初と最後の頁 31-44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小沢 浩
2. 発表標題 原価企画における設計解導出のプロセス・モデル
3. 学会等名 第45回日本原価計算研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小沢 浩
2. 発表標題 原価の見積りエラーを生じさせる2つの原因
3. 学会等名 第44回日本原価計算研究学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----