

データ包絡分析法を用いたトレンド分析法の開発*

八木 俊朗^{*1}, 中山 弘隆^{*2}, 荒川 雅生^{*3}

Development of Technical Trend Analysis Using Data Envelopment Analysis

Toshiro YAGI^{*1}, Hirotaka NAKAYAMA and Masao ARAKAWA^{*1} NEC System Technologies Ltd.,
3, Misakemachi 1-chome, Matsuyama, Ehime 790-8595 Japan

In many industrial products there is saturation of technical issues, and customers have already satisfied with the most of them. Now, they would like to choose one which has their needs within their budgets. In that sense, it becomes more and more important to meet their various satisfactions. In order to find good aims for designing next products, it might be important to know the trend of the products. In this study, we basically use Total Technical Evaluation (TTE), which we have proposed in the previous study. We prepare time series data and evaluate TTE for each year, and also for whole data, and show the growth of technical frontier by using TTE. We also evaluate difference between whole frontier and each category's frontier, and evaluate originality of each category. With time series data, we also can evaluate growth of them. And we also evaluate characteristic analysis in time series to show that each category has been matured or still moving to meet customer's satisfaction. In this paper, we demonstrate the proposed method in automobile data from 1995 to 2002 and show the effectiveness of the method.

Key Words : Design Engineering, Optimize Design, Data Envelopment Analysis, Automobile

1. 結 言

近年, 多くの工業製品では, 技術的な性能面で飽和状態が見られる. そのため, 消費者は購入に際し予算の範囲内で自らが望む条件を満たす製品を購入することになる. このとき消費者が製品を評価する観点は多岐に渡り, 一概にすべての機能が高性能であれば良いとは言いきれない. 例えば, 藤田らはニーズの多様化に対応した製品系列にバラエティを持たせつつ, 開発費を抑えるために製品系列設計という考え方を示している⁽¹⁾. これは, 消費者のニーズを掴み取るには, バラエティに富んだ製品群を用意する必要があることを前提としており, そのための開発コストを可能な限り下げするためにプラットフォームの共通化を推し進めようとする研究であり, ニーズにあった製品群の重要性を示しているものとも考えられる. つまり, 昨今の企業活動において顧客のニーズに応じた製品設計, ひいては顧客満足度を向上させることは, 技術的な性能を向上させることと同じくらい重要な課題となっている. ところが, 一般的に顧客満足度の分析はアンケート手法を用いて行われる. アンケート手法は回帰分析の思想に基づきサンプルの持つ情報の平均化を行うため, 各サンプルの特徴的な情報は分析の過程で失われてしまう. しかし, 消費者の人気を集める製品をみると, サンプルの持つ特徴にこそ市場のニーズが隠されていると考えられ, これらの情報こそが顧客満足度や技術的なトレンドが将来的にどのような推移を辿るか把握するために必要と考えられる.

* 原稿受付 2010 年 8 月 31 日

^{*1} NEC システムテクノロジー (〒540-8551 大阪府大阪市中央区城見一丁目 4 番 24 号 NEC 関西ビル)^{*2} 甲南大学 (〒658-8501 兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1)^{*3} 正員, 香川大学 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

E-mail: yagi-txa@necst.nec.co.jp



本研究では、技術的なトレンドの推移を観測するためにデータ包絡分析法（以下、DEA）⁽²⁾を用いる。DEAは優れたものを基準に相対評価を行う分析手法であり、多入力・多出力を扱うことができる。DEAによる分析の興味深い点は各サンプルの各要素にとって最適な重みが得られる点にあり、更には一元化された指標を算出する際に各要素の特徴を失わない点である。そのため、DEAを多目的最適設計へ応用した研究もいくつか行われている。

栗原らは、DEAを利用して顧客の要求性能と車両販売価格の関係から車両のアルミニウム化の有効性を検証した⁽³⁾。これは、仮想的に特定の性能を改善させたサンプルを作成し既存の製品とともに分析することで、DEAによって算出される一元指標からその有効性を検証するものである。また北山らはDEAを利用して既存の製品に対して設計改善策の提示を目的とし、チャイルドシートを事例にその有効性を示した⁽⁴⁾。これは、各サンプルの重みから非効率的な設計要素を見つけ出し、効率的なサンプルとの違いから、その改善策を提示するものである。

筆者らは、DEAによって一元化された技術指標と各サンプルの特徴を保持した重みのバランスから総合的な技術指標の構築とその有効性について検証を行った⁽⁵⁾。本稿では、DEAの特徴である各サンプルの特徴を保持した重みと一元化された技術指標を時系列に沿って観測することで、技術的なトレンドの変遷をアンケート手法やその結果に頼ることなく定量的に求める手法を開発する。

本研究では、比較的開発スパンが長く高級品でありながら生活必需品でもあるために、技術的なトレンドの変化を敏感に捉える必要のある自動車の技術項目を例にとって分析を行う。各年度の一元化された技術指標とそれを構成する重みの変遷を定量的に捉えることで、業界の技術的な方向性を明らかにすることを目的とする。技術指標の変遷からは、市場全体の技術的成熟の進捗と方向性の変更による新たな技術的特徴への追従の様子を定量的に分析する。また、重みの変遷から業界全体の中で各カテゴリがどのような技術的特徴を持ち、変化しているのか定量的に分析する。これらの傾向について、DEAを用いることでアンケート手法を利用することなく定量データのみを用いて得られることを検討し結言を述べる。

2. データ包絡分析法

DEAは経営効率の改善を目的としてCharnesらが提唱した評価手法⁽²⁾である。以下に本研究で用いるDEAのモデルについて、その目的とともに説明する。

2・1 CCR モデル

DEAの最も基本的な本手法に必要なデータは、既存のデータ（DMU）毎に評価項目に対応する定量的なデータが必要となる。ここで、“*o*”番目のDMUの効率とは、以下の比率尺度で表される。

$$\theta^o = \frac{\sum_{j=1}^J u_j^o y_j^o}{\sum_{i=1}^I v_i^o x_i^o} \quad (1)$$

ここで x_i^o , y_j^o は、それぞれ“*o*”番目のDMUの最小化したい評価項目から構成されるベクトルと、最大化したい評価項目から構成されるベクトルであり、 v_i^o , u_j^o は各評価項目に対する重みである。実際に計画や事業の評価を行うためには、以下のような分数計画法を解けばよい。“*o*”番目のDMUの効率値は、式(2)によって求められる。

$$\min_{u^o, v^o} \theta^o = \frac{\sum_{j=1}^J u_j^o y_j^o}{\sum_{i=1}^I v_i^o x_i^o} \quad (2)$$

subject to

$$\frac{\sum_{j=1}^J u_j^o y_j^k}{\sum_{i=1}^I v_i^o x_i^k} \leq 1 \quad (\text{for } k = 1, 2, \dots, K)$$

$$u_j^o \geq 0 \quad (\text{for } j = 1, 2, \dots, J)$$

$$v_i^o \geq 0 \quad (\text{for } i = 1, 2, \dots, I)$$

ここで式 (2) の制約条件をみると、目的関数も制約条件の中に含まれている。これは” o ”番目の DMU にとって最適な重みを求める際に同様の制約条件を” o ”番目以外のすべての DMU(=K-I 個)にも適用することで、すべての DMU の効率値の上限は 1 以下となるように制限されている。

実際に式 (2) のような分数計画法を解くことは、一般には容易ではないため以下のような線形計画法への変換を行って解くこととする。

$$\min_{u^o, v^o} \theta^o = \sum_{j=1}^J u_j^o y_j^o \quad (3)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^I v_i^o x_i^o = 1$$

$$\sum_{j=1}^J u_j^o y_j^k - \sum_{i=1}^I v_i^o x_i^k \leq 0 \quad (\text{for } k = 1, 2, \dots, K)$$

$$u_j^o \geq 0 \quad (\text{for } j = 1, 2, \dots, J)$$

$$v_i^o \geq 0 \quad (\text{for } i = 1, 2, \dots, I)$$

DEA では効率値を 1 とする DMU の集合をフロンティアと称し、図 1 における線分 CDGH によって構成される包絡面がフロンティアとなる。本研究では、3・2 節や 3・3 節でフロンティアの生成に CCR モデルを用いる。

2・2 超 CCR モデル

DEA において、各 DMU の効率値のみを考えた場合、フロンティア上にある DMU の効率値はすべて 1 に制限されてしまうため各 DMU の最適な効率値を求めるという目的のうえでは不適切である。そこで、以下のように制約条件を見直すことで各 DMU にとって最適な効率値を求めることができる⁽⁶⁾。

$$\min_{u^o, v^o} \theta^o = \frac{\sum_{j=1}^J u_j^o y_j^o}{\sum_{i=1}^I v_i^o x_i^o} \quad (4)$$

subject to

$$\frac{\sum_{j=1}^J u_j^o y_j^k}{\sum_{i=1}^I v_i^o x_i^k} \leq 1 \quad (\text{for } k = 1, 2, \dots, K, k \neq o)$$

$$u_j^o \geq 0 \quad (\text{for } j = 1, 2, \dots, J)$$

$$v_i^o \geq 0 \quad (\text{for } i = 1, 2, \dots, I)$$

式 (4) を用いることで, “ o ” 番目の DMU の効率値を求める際に当該の DMU に限ってのみ, その上限を 1 とする制約を外すことで本来取り得る最適な効率値を算出することができる. これにより, 評価の基準となるフロンティア面は崩れるものの CCR モデルでフロンティア上にあった DMU は 1 以上の効率値を算出できるようになる (図 2 の点 D). また, このとき同時に DMU の最適な効率値を作り出す最適な重みについても求めることができる. このようなモデルは超 CCR モデルと呼ばれる.

本研究では, 3・4 節で述べるカテゴリの特徴の時系列分析で製品の特徴を定量的に表現するために超 CCR モデルの重みを用いる.

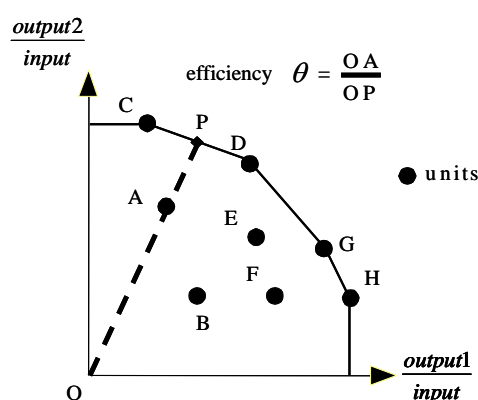


Fig.1CCR Model

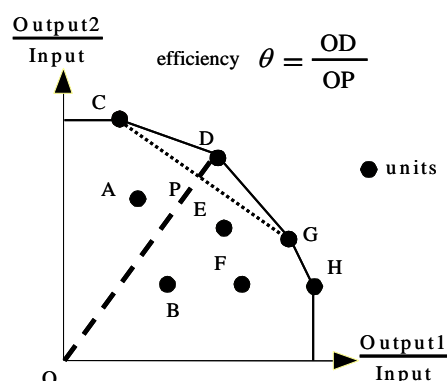


Fig. 2 Extended CCR model

3. 提案するデータの分析方法

3・1 データの前処理

本来 DEA では, 最小化したい投資 (入力) に対する最大化したい効果 (出力) の比として比率尺度を構成している. しかしながら, 本研究で扱う評価項目はすべてが効果と考えるべきものであり, 最小化したい指標については, 最大化するものとして評価できるように変換した方が妥当である. さらに, 式 (3) で分数計画法を線形化することからもすべてを効果と考えるのは有効である. DEA では, 比率尺度で評価するために本来データの標準化は必要ないが, 本研究ではいずれにしてもデータの変換が必要であることから以下のような標準化を前処理として行うことにした. この際に, 以下のことに留意する必要がある.

DEA では原点からフロンティア面までの距離を以って効率値を算出するため, 図 3 に示す標準化方法 2 ようにデータの分布形状自体を標準化した場合, 得られる効率値が変わってしまう. また, 重みに関しても異なる値になるため, DEA の分析結果が標準化方法ごとに異なってしまうという問題点がある.

そこで, 本研究ではデータの分布形状を変えずに各評価項目のスケールを任意の範囲に収めるため, 次に示す標準化方法を採用した. 各評価項目で共通の下限値 S_{\min} と平均値 \bar{s} を設定し, 最大化したい指標は式 (5) を用いて標準化する. また, 最小化したい指標は式 (6) を用いることで最小値は最大値と, 最大値は最小値と置き換えられ, すべての評価項目を最大化したい指標として任意のスケールに変換する.

$$s_i = \bar{s} - \frac{(x_i - \bar{x})}{(x_{\max} - \bar{x})} \cdot (\bar{s} - s_{\min}) \quad (5)$$

$$s_i = \bar{s} + \frac{(x_i - \bar{x})}{(x_{\min} - \bar{x})} \cdot (s_{\min} - \bar{s}) \quad (6)$$

この標準化方法を用いることで、データ間の間隔尺度および原点の位置は保持されるため上述の問題は解決できる。

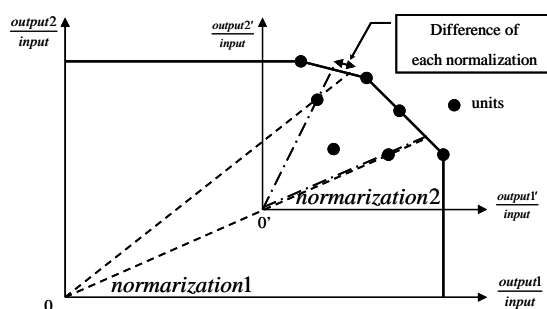


Fig. 3 Normalization problem

3・2 フロンティアの成長

市場の動向を予測するうえで重要な情報として市場の成長性がある。本研究では、CCR モデルによって求まるフロンティアの変化を時系列に沿って観測することで市場の成長過程を分析する手法を提案する。具体的には以下の手順で分析を行う。また、図4にその概念図を示す。

- (a) 分析対象の年度数を I と定義する。
- (b) 繰り返し変数 i, j をそれぞれ初期値 0 と定義する。
- (c) i 年度のフロンティアを求める。
- (d) $i=i+1$
- (e) $i=I$ ならば (f) へ。さもなければ、(c) に戻る。
- (f) j 年度のフロンティアを $j+1$ 年度のフロンティアと合わせて再度フロンティアを求める。この過程で求まるフロンティアを累積フロンティアと呼ぶ。
- (g) $j=j+1$
- (h) (f) を $j=I-1$ まで繰り返す。最終的に求まる累積フロンティアを総合フロンティアと呼ぶ。
- (i) 総合フロンティアにある DMU と各年度単体のフロンティアにある DMU をそれぞれ抽出する。これらの DMU をあわせて CCR モデルを用いて分析し、各年度の単体のフロンティアにある DMU の効率値を再び求める。
- (j) (i) の結果得られた各年度の DMU の効率値の平均と標準偏差が、年度更新に伴いどのように変化するか分析する。

ここで、総合フロンティアは過去数年間を通して効率値が 1 となる DMU の集合である。したがって、(i) では過去数年間の優位集合と各年度単体の優位集合を相対評価することになる。仮に成長過程にある産業分野の場合、当初フロンティアであった DMU は年度更新に伴い登場する優れた DMU との相対評価によってその効率値を下げる。したがって、(j) の結果は年度更新に伴い総合フロンティア (=1) に近づく傾向が現れることになる。対して性能飽和状態にある産業分野の場合、総合フロンティアと比較して各年度の効率値の平均値は変わらないはずである。このとき DMU は、性能改善ではなく性能バランスを変化させることで技術的なトレンドの変化に追従しているものと考えられる。

3・3 カテゴリの時系列分析

様々な産業分野では、多岐に渡るユーザのニーズに応えるために目的用途に応じた製品カテゴリが存在する。本研究ではこの製品カテゴリが年度更新に伴い市場に対して占める役割が変化している様子を分析するための手法を提案する。具体的には、CCR モデルを用いて各年度で対象のカテゴリ数だけ以下のステップを繰り返すことで分析を行う。

- (i) 全 DMU からフロンティアを求める (全体フロンティア: θ_{all})。
- (ii) 全 DMU から対象のカテゴリの DMU を抽出する。

- (iii) で抽出した DMU からフロンティアを求める (カテゴリ内限定フロンティア: θ_{m+all}).
- (iv) 全体フロンティアとカテゴリ内限定フロンティアを合わせて再び効率値を求める (カテゴリ効率).
- (v) 全体フロンティアとカテゴリ効率の差分を求める (式 (7)).

$$dist_m = \frac{\sum_{n=1}^{N_m} (\theta_{all}^n - \theta_{m+all}^n)}{N_m} \quad (7)$$

図 5 にカテゴリの時系列分析の概念図を示す. DEA による分析は相対評価であるため, 評価に用いるデータセットが変われば得られる効率値は違うものになる. したがって, 評価範囲が限られた (iii) では, (i) でフロンティアになれなかった DMU もフロンティアになる場合がある. そこで, (iv) を行うことでカテゴリ内限定フロンティアが市場全体を評価範囲とした場合においても変わらずフロンティアとして存在できるのか分析を行い効率値の変化を見ることで市場に対するカテゴリの優位性について分析を行う. 具体的な評価指標は (v) に示す, 式 (7) を用いて算出する. ここで, m は任意のカテゴリを示し θ_{all} は全体フロンティアを, θ_{m+all} は任意のカテゴリ効率を, そして N_m は任意のカテゴリに属する DMU 数をそれぞれ表し, 各カテゴリに属する全 DMU を評価対象とする. 式 (7) で得られる差が大きい場合, 図 5 のカテゴリ B のように全体フロンティアから離れており, 優位なカテゴリではないことを意味する. また差が小さい場合は, カテゴリ A のように全体フロンティアに隣接しており, 場合によっては全体フロンティアの一部を構成していることを示し, 市場において十分に特徴を発揮しているカテゴリといえる.

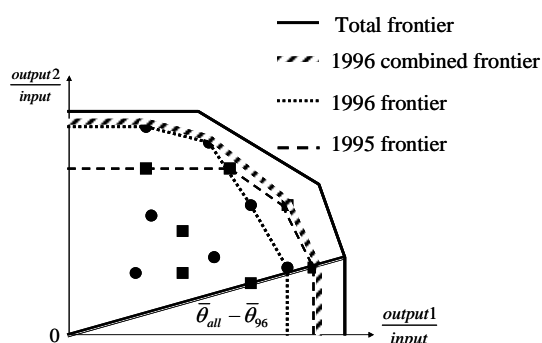


Fig. 4 Image of frontier growth

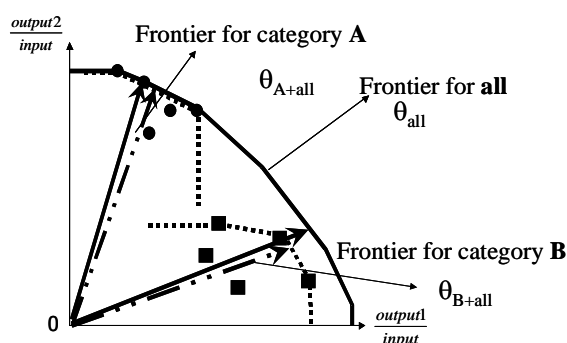


Fig. 5 Image of category analysis

3・4 カテゴリの特徴の時系列分析

様々な産業分野では, 同業他社を含め同じカテゴリに属する製品が多数存在する. そこではカテゴリごとに独自の技術的特徴の発揮が行われている. 特に性能飽和状態にある産業分野では, 性能改善だけでなく実現可能な性能の組み合わせで類似製品との差別化を図っている場合がある. 本研究では, カテゴリの特徴を定量データから抽出するため超 CCR モデルで得られた重みを用いて分析を行う. 超 CCR モデルで求まる重みは各 DMU が最も高く評価されるための最適な重みである. しかしながら, 各 DMU にとって最適な重みであっても, 得られる効率値は DMU ごとに異なり 1 以上になる DMU もあれば 1 未満の DMU も存在する. したがって, 超 CCR モデルによって算出された最適な重みはそのまま相対評価に用いるには適していない. そこで筆者らは新しい指標として, 効率値の中でその評価項目が占める割合という意味から効果値を提案し, 式 (8) のように定義した⁽⁵⁾. 効果値は, 各 DMU にとっての最適な重みを, すべての DMU にとっての最適な重みを効率値が 1 となるための重みに変換した値である. 効果値の導入により全 DMU をフロンティア上の DMU として扱うことが可能となり, 重みの相対評価が可能となる.

$$E_j^k = \frac{u_j^k \cdot y_j^k}{\theta^k} \quad (8)$$

本研究では、効果値がカテゴリーの特徴を示しているものと考え、カテゴリーの技術的特徴を分析するためにカテゴリー単位で効果値ごとの平均値・分散値の変遷を時系列に沿って観測する。前者はカテゴリーの特徴を示し、後者はカテゴリーのパラエティの豊富さを示す指標となる。両者の変遷を見ることにより、各カテゴリーがどのような特徴を持ち、年度更新に伴いどのような変遷をたどるのかを分析する。

4. 適用事例

4・1 自動車における適用事例

本研究では、文献 (7), (8) を参考に、一例として 1995 年度から 2002 年度の自動車のデータを用いて評価を試みることにする。本研究ではユーザの選好を考慮して、以下の指標を設定した。

最小化する指標：価格、重量、重量／馬力（パワー）、ホイールベース

最大化する指標：燃費、室内空間、付加価値

ここで、付加価値の指標は重量と価格の関係を基に設定する。一般に、付加価値の高い自動車は電気製品が多く搭載されていると考えられる。電気製品は自動車を構成する鉄に比べはるかに高いため、必然的に単位重量当たりの単価が高くなる。したがって、付加価値の高い自動車は単位重量当たりの価格の高い自動車であると考えられる。この価格－重量の関係性を利用し、図 6 のように単位重量当たりの価格の安い車種を選定し、それらから近似直線を求める。この近似直線は各重量において予想される価格の下限を意味する。本論文では近似直線と各 DMU の価格軸における差分を付加価値の指標として設定する。

本研究では、自動車を 3 ナンバーセダン (3 mid size), 5 ナンバーセダン (5 mid size), コンパクト, ハイオーナー (Vip car), クーペ, ミニバン, ワゴンの 7 つのカテゴリーに分類して分析を行う。分類単位は文献 (8) を参考に行う。これらのカテゴリーは、消費者が自動車購入を検討する際に判断材料とする性能面において、何かの性能で優れる半面、何かの性能で劣るトレードオフを持つ。

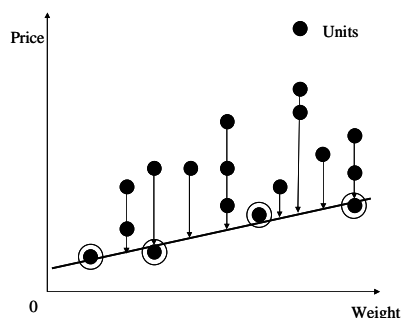


Fig. 6 Image of added value index

4・2 フロンティアの成長

ここでは 3・2 節および図 4 で説明した手法での分析結果の考察を行う。表 1 にフロンティアの成長過程を示す。表 1 を見ると、評価期間において効率値の平均はほぼ横ばいの傾向を有しており、年度更新に伴いフロンティアが拡大成長している様子が現れていない。これは自動車産業が技術的に飽和状態にあることを示していると考えられる。1998 年度には標準偏差は 0.016 と例年に比べ 0.005 ほど大きくなっているが、この年度はミニバンに 1BOX の車種が登場した年であり、バンと 1BOX の二つの特徴的な形状が混在することからその偏差が大きくなっており、その後のミニバンは 1BOX が主流になるにつれ、その偏差は収束しているものと考えられる。実際、1998 年度に 1BOX の車種は 6 台あるが、2002 年度になると 23 台とその種類を増やしている。

ここで、仮にミニバンに1BOXが登場しなかった場合を想定し、1998年度以降の自動車データから1BOXタイプの車種をすべて削除しフロンティアの成長の様子を求めてみた。その結果を表2に示す。表2を見ると、1BOXがなくなることによって1998年度の標準偏差が0.012に小さくなっている。また、本来フロンティアの一部を形成する1BOXがなくなったことにより、平均値の推移は1999年度以降に登場した別の車種が新たにフロンティアとなる結果となり、一様に表1の結果よりも大きくなり、総合フロンティアに近づく結果が得られた。この結果より、1BOXの登場が全体に与える影響を定量的に観測できた。次節以降ではこのミニバンの動向を軸にカテゴリの時系列分析およびカテゴリの特徴の時系列分析の結果について考察を行う。

Table 1 Growth of the frontier

| Year | Average | Standard deviation | Number of products |
|------|---------|--------------------|--------------------|
| 1995 | 0.994 | 0.010 | 142 |
| 1996 | 0.994 | 0.010 | 137 |
| 1997 | 0.990 | 0.010 | 158 |
| 1998 | 0.982 | 0.016 | 155 |
| 1999 | 0.988 | 0.011 | 149 |
| 2000 | 0.991 | 0.009 | 132 |
| 2001 | 0.988 | 0.011 | 143 |
| 2002 | 1.000 | 0.000 | 122 |

Table 2 Growth of the frontier without 1BOX type

| Year | Average | Standard deviation | Number of products |
|------|---------|--------------------|--------------------|
| 1995 | 0.994 | 0.010 | 142 |
| 1996 | 0.994 | 0.010 | 137 |
| 1997 | 0.99 | 0.010 | 158 |
| 1998 | 0.981 | 0.012 | 149 |
| 1999 | 0.986 | 0.010 | 139 |
| 2000 | 0.991 | 0.008 | 117 |
| 2001 | 0.987 | 0.009 | 129 |
| 2002 | 1.000 | 0.000 | 99 |

4・3 カテゴリの時系列分析結果

ここでは3・3節で説明したカテゴリの時系列分析の結果について考察を行う。図6に分析結果を示す。まず、ミニバンは1BOXが生まれた1998年度まで0.2から0.015辺りを推移している。しかし、以降は0.01を下回ったところで推移している。このことからミニバンは1998年度以降、効率値の高い車種が複数登場し市場での位置を確立していったことが考えられる。その反面、3ナンバーセダンは1998年度以降0.025を上回ったところで推移している。これは効率値の高い車種が減り、市場での位置が弱くなっていると考えられる。ところで、このとき同じような特徴を多く有するハイオーナーは7年間を通して0.015辺りを推移している。これは3ナンバーセダンと多くの特徴が重複するハイオーナーによって市場の優位性の多くを奪われていると考えられる。また、近年の自動車産業においてセダンはトレンドや技術水準を牽引する車種ではないため、技術的に特徴的な車種とは言い難い。その中でも3ナンバーセダンは大衆車としても高級車としても特徴を発揮しきれていないのが実状ではないだろうか。性能重複の有無は次節のカテゴリの特徴の時系列分析の結果を見たい。

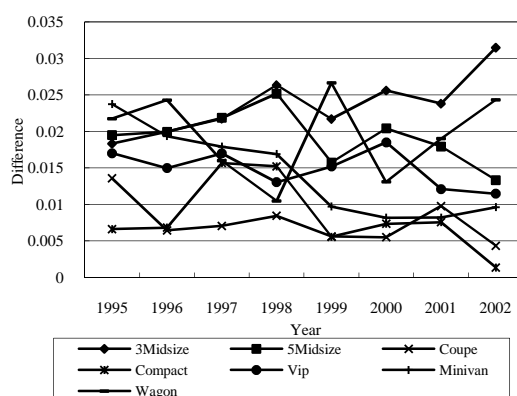


Fig. 7 Result of the category Analysis

4・4 カテゴリの特徴の時系列分析結果

ここでは3・4節で説明したカテゴリの特徴の時系列分析の結果について考察を行う。はじめに、図8,9にミニバンの分析結果を示す。図8を見ると、1998年度を境に価格は0.5を越えた辺りで推移し価格をより重視する傾向になる。その反面、室内空間は0.3から段階的に0.2辺りまで下がり狭くなる傾向にある。この結果からミニバンは、1BOXの登場により低価格・小型化の傾向にあると考えられる。次に図9を見ると、価格が0.35前後で室内空間が0.3前後で推移しており偏差が大きくまた互いに連動している。これらの結果から、製品ラインナップを価格と室内空間のトレードオフで構成していると考えられる。

次に、3ナンバーセダンの分析結果について図10,11に示す。図10を見ると、どの評価項目も基本的に横ばい状態である。DEAの評価は相対評価であるため、この評価結果は技術的に飽和状態にあった自動車産業において各年度での標準的な技術性能で一定の特徴を維持しているものと考えられる。しかし、図11を見ると1995年度に0.25ほどあった価格とパワーのばらつきは2002年度には0.05まで下がり、他の性能も0.01もしくはそれ以下となっており、カテゴリに属する車種間の技術的な特徴差分が少なくなっている。ここで、4・3節で述べた結果と同様に図7で3ナンバーセダンとしての位置を確立できていない事実を鑑みると、セダンの技術的な定義は明確化されているが、セダンの基本的な性能を他のカテゴリに比べ価格よりも付加価値を重視していることがわかる。では反対に、同じセダンタイプで市場におけるカテゴリを確立しているハイオーナーはどのような特徴でトレンドに追随してきたのだろうか。

図12,13にハイオーナーの分析結果を示す。他のカテゴリが一様に低価格化を推進する中、具体的には他のカテゴリでは価格が0.5から0.7の間で推移しているのに対し、ハイオーナーは0.25から0.3の間で推移している。その反面、付加価値は0.45から0.5の間の高水準で推移している。これらの結果より、ハイオーナーは高価格ながら付加価値の高い製品設計となっていることがわかる。図7の結果とも相まって、他のカテゴリにない特徴としてカテゴリの確立に影響していると考えられる。

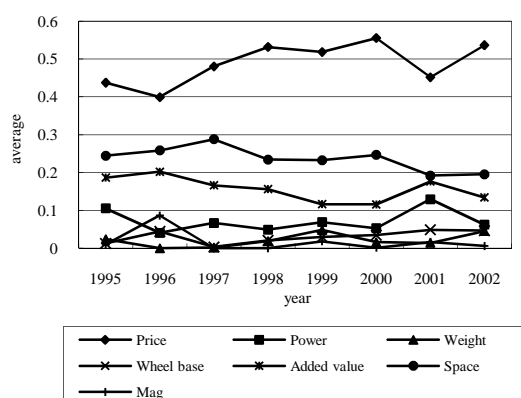


Fig. 8 Change of effect value's average in minivan

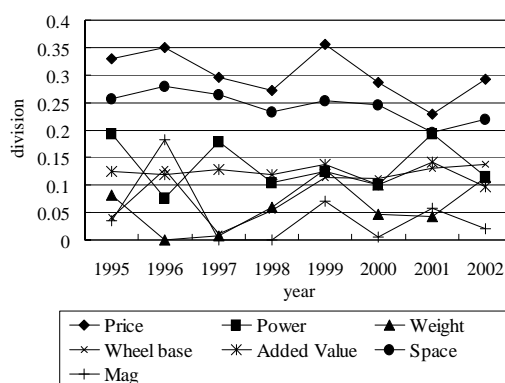


Fig. 9 Change of effect value's deviation in minivan

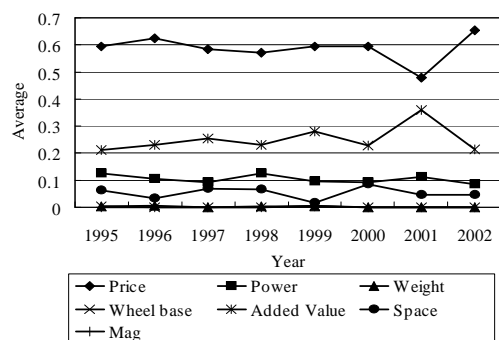


Fig. 10 Change of effect value's average in 3mid size

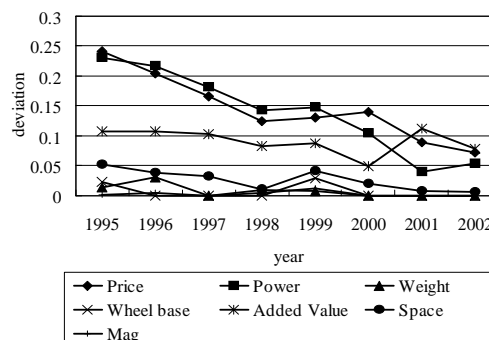


Fig. 11 Change effect value's deviation in 3mid size

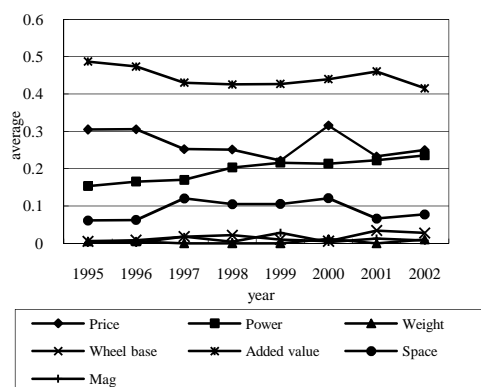


Fig. 12 Change of effect value's average in Vip car

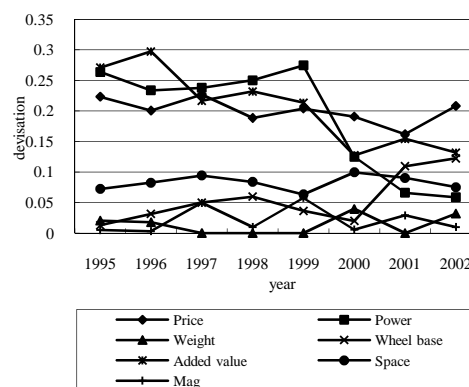


Fig. 13 Change of effect value's deviation in Vip car

5. 結 言

本研究では、製品の総合的技術指標とその構成要素を時系列に沿って分析することで、各カテゴリの技術的トレンドの変遷をアンケート手法に頼らずに定量的に示す方法を示した。

提示した手法を自動車の例題を通じて検証を行った結果、フロンティアの成長過程を観測することで自動車産業が技術的に飽和状態にあることを確認した。また、ミニバンに1BOXが登場し従来のミニバンに代わり市場を占めていく様子を定量的に示した。最後に、自動車それぞれが有する技術的特徴を変化させて市場のニーズの変化に追従している様子を定量的に示した。時系列に沿って定量的に求められたこれらの情報は、これまで設計の上流部において次世代製品の設計指針を決定する際に感覚的、経験的に行われてきたことを補助する役割を果たし、意思決定の判断を下しやすくなると考えられる。今後の展望としては、顧客満足度に関する評価項目について考慮することで、企業におけるものづくりの原点である「他社の製品との競争に勝ちなおかつ、利益をあげる」製品設計に必要な情報の分析手法について検討を行いたい。

文 献

- (1) 藤田喜久雄, 石井浩介, “製品系列統合化設計とそのタスク構造”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 65, No. 629C (1999), pp.416-423.
- (2) Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, (1978), pp.429-444
- (3) 栗原雄毅, 荒川雅生, 萩原一郎, “国産普通・小型乗用車の車体軽量化における適用材料の研究 (第2報、包絡解析法による次世代車体への適用材料の研究)”, 日本機械学会論文集 A 編, Vol. 65, No. 637A (1999), pp.1888-1895.
- (4) 北山哲士, 荒川雅生, 山崎光悦, “データ包絡分析法による設計改善案構築方法の提案 (チャイルドシートへの適用事例)”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.71, No.706C(2005), pp.1955-1961..
- (5) 荒川雅生, 八木俊朗, 中山弘隆, 石川浩, “データ包絡分析法を用いた総合技術指標の構築手法”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.69, No.685C(2003), pp.2411-2417.
- (6) Takeda, E, “An extended DEA model: Appending an additional input to make all DMUs at least weakly efficient”, *European Journal of Operational Research*, (2000), pp.25-33.
- (7) 自動車工業振興会編, “自動車ガイドブック”, 自動車工業振興会, Vol. 43-48, (1995-2002)
- (8) “月刊くるま選び”, アポロ出版, (1995-2002)