

## 生産システムの効率性評価に関する基礎研究

01501824 神戸大学 藤井 進 FUJII Susumu  
 01604524 神戸大学 森田 浩 MORITA Hiroshi  
 神戸大院 \*岩永 浩史 IWANAGA Hiroshi  
 神戸大学 波田 直哉 HADA Naoya

## 1 はじめに

近年の製造業においては多種多様な製品が求められ、また需要の形態も様々である。生産システムではこれらの生産要求に柔軟に対応することが望まれている。FMS(Flexible Manufacturing Systems)は多品種の製品を柔軟に生産できるシステムであり、多様な生産要求を満たすために有効なシステムであるとされている[1]。全体として効率のよいシステムの構築のためには、特定の製品を大量かつ高速に作る専用システムと、小量かつ低速ではあるが多くの製品を作ることができる汎用システムとをどのように組み合わせて導入するかが問題であり、その意思決定は一般に容易ではない。従って、この意思決定支援のためには生産システム計画に対する評価法の確立が必要である。

本研究では、専用の機械設備と汎用的な機械設備を導入した生産システムを多入力多出力システムとみなし、ある製品需要を与えた時に計画された各システムの効率性の評価をDEAにより行なう方法を考える。

## 2 FMSの効率性

多様な製品を生産する工場の構築において、生産性と投資費用との関係について考える必要がある。一般に、工場に対して特定の製品のみを大量かつ高速に生産するシステムを数多く導入すれば、生産性は高くなるが多様な製品需要に対応した生産ができない。一方、多品種の製品を柔軟に生産できるFMSなどのシステムを数多く導入すると生産性が低くなる。また、FMSなどによって多様な製品需要を満たすように生産し、かつ高い生産性を保つためにはシステムの投資費用が高額になると考えられる。このようにシステムの生産性と投資費用の間にはトレードオフの関係が存在する。すなわち、多様な製品需要を満たしながら生産性が高く、投資費用を低く抑えられる工場ほど効率的と考えることができる。このような工場の効率性評価には、工場における機械システムの構成、投資費用、生産性などが評価の重要な因子になると考えられる。

そこで、期間  $t$  ( $t = 1, \dots, T$ ) において、ある製品需要が既知であったとした場合に、専用の機械設備と

汎用的な機械設備のどのような構成の工場が効率的な生産システムであるか、について考える。また工場の評価は製品の需要量に依存しているため、需要の変化に対する効率性の評価の変動を考慮することも重要である。

本研究では基礎的研究として、高価格・高効率の機械とは対象の製品をすべて生産することができるフレキシブルなものであり、低価格・低効率の機械とは単一の製品しか生産できない専用機であるとした場合について検討する。

## 3 FMSのモデル化

$N$  種類の製品  $P_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) を機械  $M_j$  ( $j = 1, \dots, K$ ) で生産する工場のモデルを次のように定めることとする。

- $M^i$ : 製品  $P_i$  を生産する機械
- $c_j$ : 機械  $M_j$  の価格
- $n_j$ : 機械  $M_j$  のある単位期間当たりの生産量
- $d_{it}$ : 期間  $t$  ( $t = 1, \dots, T$ ) における製品  $P_i$  の需要量
- $x_j$ : 機械  $M_j$  の台数
- $y_{ijt}$ : 期間  $t$  に、機械  $M_j$  により生産される製品  $P_i$  の生産量
- $z_{it}$ : 期間  $t$  内に生産出来なかった  $P_i$  の繰り越し量

また、全ての  $i, j, t$  については以下の制約式が満たされる。

$$\sum_{j \in M^i} y_{ijt} \geq d_{it} + z_{it-1} - z_{it} \quad (1)$$

$$\sum_i y_{ijt} \leq n_j x_j \quad (2)$$

式(1)は、各需要期間において前期からの製品繰り越し量と後期への製品繰り越し量を考慮した際、生産量が需要量以下にならないことを意味している。ただし需要期間の最後における繰り越し量が  $z_{iT} > 0$  の場

合は最終的に需要を満たせなかったことを示す。式(2)は各機械における生産量が生産キャパシティーを超えないことを意味している。

次に、以下に示す2入力2出力をこの生産システムの入出力とする。

入力-1 投資費用:  $\sum_j c_j x_j$

入力-2 総生産キャパシティー:  $T \sum_j n_j x_j$

出力-1 総生産量:  $\sum_{i,j,t} y_{ijt}$

出力-2 (総需要量 - 総繰り越し量):  $\sum_{i,t} (d_{it} - z_{it})$

繰り越し量の値としては0が考えられるため、出力2については総繰り越し量を入力とせず、総需要量との差を出力とする。

#### 4 需要の変化に対する評価

例えば2種類の製品を作る場合、製品の需要パターンとして図1に示すような様々な需要モデルが考えられる。工場の効率性はこれらの需要モデルに依存し、各モデルに対して効率的な工場の特徴は変化すると考えられる。従って、その特徴を考慮した工場の評価、設定が重要となってくる。

各需要モデルにおいて製品の需要量に変化を与えた場合には、各システムの効率性評価も変化する。すなわち、ある需要量のもとでは効率的と評価された工場が、需要量の変化により非効率的と評価される可能性がある。また、需要量の変化に対し、安定して効率的な評価を受ける工場が存在することも考えられる。ここでは、安定して効率的な評価を受ける工場を需要の変動に対してロバスト性がある工場と呼び、より効率的な工場と考える。このように、需要量の変化に対する工場の効率性変化、すなわちロバスト性について考慮することも重要である。

#### 5 DEA モデル

工場の効率性を評価するための DEA モデルは、以下に示す LP で示される CCR モデルを用いる [2]。

$$\begin{aligned}
 & \text{minimize} && \theta - \epsilon s_x - \epsilon s_y \\
 & \text{subject to} && \theta X_j - X\lambda - s_x = 0 \\
 & && Y_j - Y\lambda + s_y = 0 \\
 & && \lambda, s_x, s_y \geq 0
 \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 $\epsilon$  は非アルキメディアン定数とする。

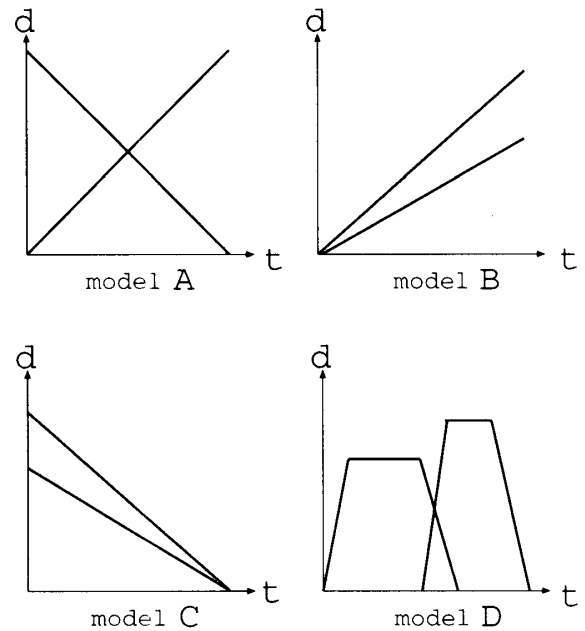


図 1: 製品の需要モデル

#### 6 数値例への適用

本研究で想定した生産システムのモデルに対していくつかの製品需要を与え、効率性の評価を行なう。また、需要パターンを変化させた場合の評価値を比較することによって、生産システムにおける高生産効率な機械の必要性について考察する。

#### 7 おわりに

本研究では、特性の異なる機械の工場への設置台数という観点から、生産システムの効率性を評価する2入力2出力モデルを構築し、DEAを適用した。また、多種多様な製品が要求される製品のライフサイクルにおいて、高生産効率の機械を導入することの有効性について考察した。

#### 参考文献

- [1] 人見勝人: 生産システム工学 第2版, 共立出版, 1992.
- [2] 刀根薫: 経営効率性の測定と改善 - 包絡分析法 DEA による -, 日科技連出版社, 1993.
- [3] William W. Cooper, 刀根薫, 高森寛, 末吉俊幸: DEA の解釈と展望 (1)-(3), オペレーションズ・リサーチ, 39, 1994.