

内示情報の不確実性を考慮した未達率にもとづく

マスカスタマイゼーション対応多品種生産計画のDP解法

DP Solution of Multi-item Production Planning for Mass Customization
Based on Unfulfilled Order Rate Considering Uncertainty of Confidential Information奥原浩之†
Koji Okuhara上野信行††
Nobuyuki Ueno

1. はじめに

従来、生産現場においては、作業能率、リードタイム、不良率などのばらつきといった不確実な要因は好まれず、標準化・高品質化が徹底されてきた。しかし、最近では、受注後に数量、製造仕様を決定し生産を開始する「受注生産方式」の活用できる範囲は少なくなり、大半は、受注前から、何らかの情報あるいは不確実な予測値に基づいて生産を開始しておき、受注後、確定した製造仕様、数量に基づいて追加・変更の生産する形態である「見込み生産方式」にならざるを得ない。

そのため、製造業では、顧客の要望の多様化に伴い、需要の不確実性や顧客への納入リードタイムの大幅な短縮化が起きている。このような環境のもとで、製品を効率よく生産する管理方式であるマスカスタマイゼーションの確立が急務である。

マスカスタマイゼーション環境においては、納入リードタイムは、製造リードタイムより短く、また事前の内示(需要予測値)は、与件であるが、確定注文は、内示と大きく異なる。これは、見込み生産方式の一種と考えられる。ここで、確定注文は、時間変化する内示とばらつきを持つ確率分布に従うものとして表現できるため、内示情報の提供を受ける部品供給業者などにおける内示情報を活用した生産計画システムが開発されている[1]。

これまで、需要が正規分布、ガンマ分布、カイ2乗分布、一様分布に対応したマスカスタマイゼーション対応の生産計画を提案し、MCPS, MCPS_Ga, MCPS_X, MCPS_U が提案されている[2]。MCPS から多種の需要分布に対応した解法を提案することができ、様々な分野に応用可能性がある。加えて、様々な需要分布に対する生産管理手法を開発することは、機能的商品のみならず、他の感情的属性の強い商品への適用も可能となっている。

しかしながら、従来の解法は n 期間にわたる未達率を各期ごとに割振ることで厳密解を得ることが考えられるが、なんらかの指針にもとづいて各期ごとの未達率に割振る必要が生じるうえ、そもそも各期の単位あたりの製造コストならびに在庫コストが正確に目的関数に反映しなくなる。いずれも、生産量は連続変数として定式化されていた。

そこで、生産量がとりうる値は整数のみである場合を想定して整数計画問題として定式化して、動的計画法にもとづいた効率的な解法[3]を多品種問題に適用した結果を示す。

2. マスカスタマイゼーション対応生産計画

2.1 定式化

マスカスタマイゼーション環境において、サプライヤーが現行の生産管理方式を継続した時の納入指示に対する未達率の影響を調べるために、第 n 期までの未達率推定式を導出する。本モデルは、多品種の場合でも同様な議論ができるが、ここでは多品種 n 期間モデルとして定式化する。添字の j は品種番号を表す。

【記号】

- i : 期 (ただし $i \leq n$) .
- d_{ij} : 第 i 期の需要量 (納入指示) .
- \bar{d}_{ij} : 第 i 期の平均値 (内示) .
- x_{ij} : 第 i 期の生産量.
- S_{ij} : 第 i 期の在庫量. また初期在庫は S_0 とする.
- p_{ij} : 第 i 期の単位あたりの製造コスト.
- h_{ij} : 第 i 期の単位あたりの在庫コスト.
- r_j : 第 i 期間の合計生産量.
- SO_{ij} : 第 i 期までの未達率.
- β_j : 計画目標未達率.
- R_j : 製造制約の集合.

未達率制約及び生産制約のもとで、コストの期待値を最小化する確率計画問題として定式化する。

【定式化】

$$\text{minimize } E\left[\sum_{j=1}^m \left\{ \sum_{i=1}^n p_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n h_{ij} S_{ij} \right\}\right] \quad (1)$$

$$\text{subject to } S_{0j} + \sum_{i=1}^i x_{ij} - \sum_{i=1}^i \bar{d}_{ij} \geq 0 \quad (\forall i \leq n) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = r_j \quad (3)$$

$$SO_{nj} \leq \beta_j \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq Q_i \quad (5)$$

$$(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) \in R_j \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (\forall i \leq n) \quad (7)$$

† 大阪大学大学院情報科学研究科 Osaka University

†† 県立広島大学経営情報学部 Pref. Univ. of Hiroshima

本問題は、サプライヤーの製品（部品）個々に解くものとして、多品種問題である。ここで、(1)式は、期別の生産量 x_i を変数として、生産コストと在庫コストの期待値を最小化することを表しており、(2)式は、内示以下の需要の範囲では、在庫は、各期とも非負であることをあらし、(3)式は、生産個数目標制約、(4)式は、計画目標未達率制約、(5)、(6)、(7)式は、一般的な生産制約をあらしめている。

未達率は計画期間において在庫切れが1度でも生じる確率を見積もったものであり、計画期間中において在庫切れが生じない場合の補集合の確率

$$SO_n = 1 - \Pr\{S \mid \bigcap_{i=1}^n S_i \geq 0, i=1, 2, 3, \dots, n\} \quad (8)$$

で定義される。

2.2 緩和法による従来の解法

元の問題は、(1)から(7)式により構成されるが、(4)式のみを除いた問題を考え緩和問題とする。緩和問題は通常の線形計画問題となる。そこで、解法として Relaxation 戦略を採用する。緩和した問題を解いたときの解が元の問題の解なら、この解は全体の解となる。元の問題の解でないなら、緩和した問題の制約領域のあるメカニズムにて徐々に狭めて、元の問題の制約領域の中に解が求めれば、それを全体の解とする(図1参照)。

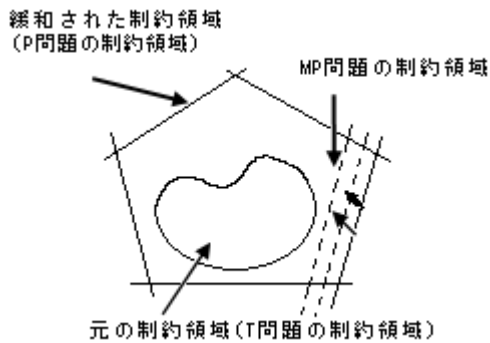


図1 従来解法の基本的概念

3. 動的計画法による提案解法

目的関数 (1)式は次のように変形できる。

$$\min_{\sum_{i=1}^n x_{ij}=r_j, \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq Q_i, SO_{ij} \leq \beta_j} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \theta_{ij} x_{ij} \right] \quad (9)$$

ここで、 $\mathbf{x}_i = [x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}]$ として、

$$f(i, \mathbf{x}_i) = \sum_{j=1}^m \theta_{ij} x_{ij} \quad (10)$$

とおくと、

$$\phi(1, \mathbf{x}_1^*) = \min_{x_{1j}, SO_{1j} \leq \beta_j} [f(1, \mathbf{x}_1)] = f(1, \mathbf{x}_1^*)$$

$$(1 \leq x_{1j} \leq \min(Q_i, r_j), \forall j) \quad (11)$$

となる。さらに、

$$\phi(i, \mathbf{x}_i^*) = \min_{x_{ij}, SO_{ij} \leq \beta_j} [f(i, \mathbf{x}_i) + \phi(i-1, \mathbf{x}_i^* - \mathbf{x}_i)]$$

$$(i = 2, 3, 4, \dots, n; 1 \leq x_{ij} \leq \min(Q_i, r_j), \forall j) \quad (12)$$

である。

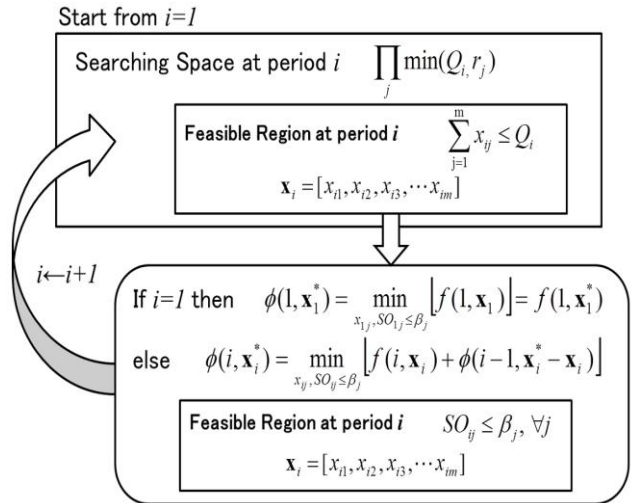


図2 多品種問題へ適用するための拡張

このことは、まず、第一期において合計生産量の範囲で生産量を考え、与えられた未達率の値を超えない生産量に対するコストを記録しておく。第二期以降においては、一つ前の期で得られた値を利用して、効率的にコストを最小とする生産量を記録していくことになる。最終の期において最小のコストを与える組合せが厳密な最適解となる(図2参照)。

4. まとめ

本研究では、従来から提案されている生産量が連続変数として定式化されていたマスカスタマイゼーション対応の生産計画モデルの整数計画に対する新しい解法を提案した。従来の解法は、もともとの確率計画問題を直接扱わず、その部分問題としての線形計画問題を緩和法により逐次に解くことにより解を得ようとするものであったのに対して、動的計画法として定式化することで、効率的な解法を示した。

参考文献

[1] N. Ueno, K. Okuhara, H. Ishii, H. Shibuki and T. Kuramoto: "Multi-item Production Planning and Management System Based on Unfulfilled Order Rate in Supply Chain", Journal of the Operations Research Society of Japan, pp.200-217, vol. 50, No. 3, (2007)

[2] N. Ueno, E. Domoto, K. Okuhara: "Demand Distribution-Based Mass Customization Production Management by Unfulfilled Order Rate", International Journal of the Japan Association for Management Systems, pp. 77-82, Vol. 1, No. 1, (2009)

[3] 奥原, 上野: "内示情報を用いた未達率指標に基づく生産計画システム", 日本経営システム学会全国大会講演論文集, pp. 38-41, (2010)