

マスカスタマイゼーション対応の多品種生産・在庫計画のモデル化

01007744
01013495

広島県立大学

マツダ株式会社

株式会社ワイエヌエス

※吉田 恭三 FURUTA Kyozo
上野 儒行 UENO Nobuyuki
奥原 浩之 OKUHARA Koji
渋木 宏明 SHIBUKI Hiroaki
伊場岡 賢司 IBATA Kenji
倉本 敏明 KURAMOTO Toshiaki
寺迫 謙治 TERASAKO Koji

I.はじめに

自動車業界を事例に、メーカーと加工組立型サプライヤから構成されるサプライチェーンを対象にして、顧客仕様
の多様性と生産効率性の両面を実現するマスカスタマイ
ゼーション(以下マスカスと省略)対応の生産方式の確立
をめざしている。

本報告は、サプライヤの生産リードタイムは納入リード
タイムより長いと想定し、多品種の部品を供給するサプ
ライヤの製造能力制約を織り込んだマスカス対応の多品
種生産・在庫計画モデルを提案する。

II. マスカスタマイゼーション環境

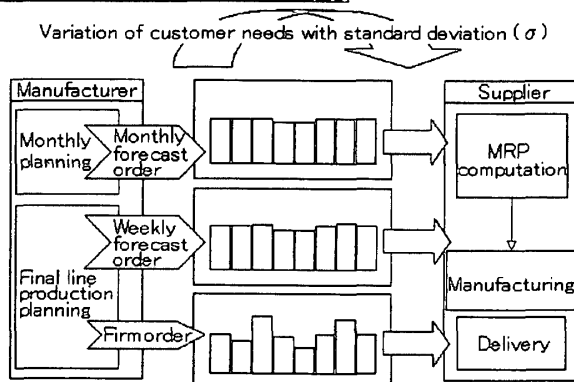


図1 マスカス環境におけるメーカーとサプライヤの
コラボレーションモデル

マスカス環境においては、顧客仕様の多様性の大きさは、メーカーの製造仕様の種類が増加することであり、サプ
ライヤへの発注は、個々の部品の内示に対して、納入指示
がばらつくことになる(図1参照)。

III. マスカス対応の多品種生産・在庫計画のモデル化

3.1 前提

- (1) メーカーからの需要は、事前の内示はあるが納入指示
では大幅に変動する。品種ごとの需要の分布は、内
示を平均値とする標準偏差 σ の正規分布と仮定。
- (2) サプライヤの生産リードタイムは、納入リードタイム

よりも長い。

- (3) 計画サイクルは、1回/週(あるいは数回/日)である
が、先1週間(あるいは先2-3日)の計画を立案し、ロ
ーリングする。
- (4) 品種別の計画目標未達率を考慮できる。未達率
(unfulfilled order rate)とは、メーカーへの納入回数
のうち納入未達が発生した回数の比率である。計画目標
未達率は、標準の生産リードタイムのもとで許容さ
れる未達率。
- (5) 複数の加工組立型工程を持ち、それぞれの製造制
約条件、操業制約条件を考慮できる。期ごとの製造
能力制約がある。
- (6) 在庫コストと製造コストの合計を最小化する。

3.2 マスカス対応の多品種生産・在庫計画のモデル化

マスカスをメーカーからサプライヤへの発注のバラツキと
とらえ、サプライヤの需要を確率的に扱う。納入未達制約
および生産制約のもとで、生産・在庫コストを最小化する
生産計画を決定する問題であり、確率計画問題[1]として
定式化した。

- [記号] i : 期、ただし $i \leq n$ 、 j : 品種、ただし $j \leq m$
 d_{ij} : 第 i 期の第 j 品種の需要量。平均値(内示) \bar{d}_{ij} 、標準
 偏差 ω_{ij} の正規分布に従い、互いに独立。
 x_{ij} : 第 i 期の第 j 品種の生産量
 S_{ij} : 第 i 期の第 j 品種の在庫量。初期在庫は S_{0j}
 p_{ij} : 第 i 期の第 j 品種の単位あたりの製造コスト
 h_{ij} : 第 i 期の第 j 品種の単位あたりの在庫コスト
 r_j : 第 j 品種の n 期間の生産合計数量
 SO_{nj} : 第 j 品種の n 期までの未達率
 β_j : 第 j 品種の計画目標未達率
 Q_i : 第 i 期の製造能力
 R_j : 第 j 品種の製造制約の集合(線形制約)

3.3 定式化
[T問題]

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

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

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

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

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

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

$$x_{ij} \geq 0 \quad (\forall_{i,j}) \quad (7)$$

ここで、(1)式は、製造コストと在庫コストの期待値(Expectation)を最小化することをあらわしており、(2)式は、内示以下の需要の範囲における在庫量は各期とも非負であることをあらわし、(3)式は、期間内生産個数目標制約、(4)式は、計画目標未達率制約、(5)式は、各期の製造能力制約、(6)式は、一般的な生産制約(線形制約)をあらわしている。未達率推定式(4)式の左辺は前報[2]参照。

IV. 解法の基本的骨子

リラクゼーション戦略を適用する。

- ① T問題の(4)式を除いた部分問題(P問題という)を構成する。P問題の解がT問題の解ならば、その解は最適解となる。P問題は、線形計画法にて解ける。
- ② その解がT問題の解集合に入らなければ、(4)式の代わりに(8)式を織り込んだMP問題を構成する。

$$S_{0j} + \sum_{i=1}^n x_{ij} - \sum_{i=1}^n \bar{d}_{ij} \geq K_{ij}(\hat{\beta}^i_j) \quad (8)$$

MP問題とは、「第*i*期の第*j*品種の在庫量*S_{ij}*が未達率 $\hat{\beta}^i_j$ となる条件を満足する問題」である。 $\hat{\beta}^i_j$ を逐次に下げることにより、T問題の解に近づける。なお、 $K_{ij}(\hat{\beta}^i_j)$ は、未達率 $\hat{\beta}^i_j$ を在庫量に変換する関数である。

V. 数値計算

ここでは、サプライヤの製品(部品)が2品種の場合に

おける数値計算を行った。表1に計算数値を示す。

表1 計算数値

	1	2	3	4	5	6	7	8
\bar{d}_{i1}	4	8	0	20	16	12	12	12
\bar{d}_{i2}	20	20	20	15	15	15	15	15
ω_{i1}	1.4	3.8	0	7	5.6	4.2	4.2	4.2
ω_{i2}	7	7	7	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
σ_{i1}	1.4	3.13	3.13	7.67	9.5	10.38	11.2	11.96
σ_{i2}	7	9.9	12.12	13.21	14.22	15.16	16.04	16.88

また、 $S_{0j} = 24, p_{ij} = 1, h_{ij} = 1, r_1 = 84, r_2 = 135, Q_i = 50, \omega_{ij} = \bar{d}_{ij} \times 0.35, \beta_j = 0.05$ である。図2に解法の結果、図3に未達率改善効果を示す。

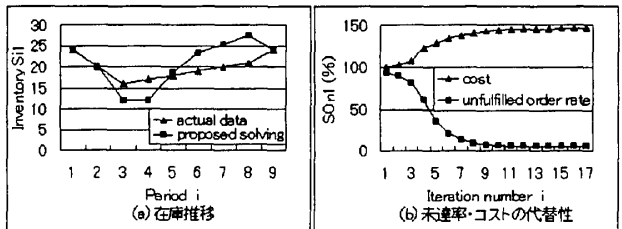


図2 解法の結果

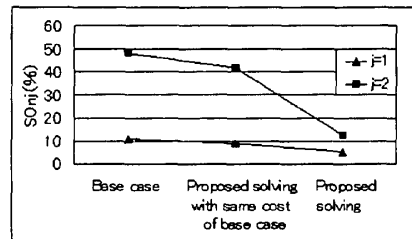


図3 未達率改善効果

各品種において、各期の製造能力制約を遵守し、ベース(実操業)と比較しても未達率とコストの両指標を改善する結果が得られた。

VI. おわりに

本報告は、自動車業界におけるメーカーとサプライヤを対象に、マスカス対応の生産・在庫計画システムを提案し、数値計算によりその有効性を示した。今後の課題としては、マスカスに対応したメーカーとサプライヤ間を通じてのサプライチェーン全体の最適化手法を提案していく。

参考文献

- [1] Jon R. Birge, Francois Louveaux: Introduction to Stochastic Programming, Springer Verlag (1997)
- [2] 上野, 古田, 奥原, 渋谷, 伊場田, 倉本, 寺迫: マスカスタマイゼーション環境のサプライチェーンにおける未達率推定式, 2003年度日本OR学会春季研究発表会 (2003)