日本オペレーションズ・リサーチ学会
2005年春季研究発表会

# 供給不足リスク制約の下での生産・調達計画手法(4)

(株)日立製作所　*小林 康弘 KOBAYASHI, Yasuhiro
(株)日立製作所　真鍋 裕司 MANABE, Yuuji
(株)日立製作所　仲田 智将 NAKATA, Norimasa

## 1. はじめに

需要予測誤差のために供給不足リスクが想定される場合の生産・調達計画手法について報告する。前報[2]においては供給不足の継続時間に注目し、時間帯ごとの需要が相関を持たない場合の制約条件を対象としたが、本報においては、時間帯ごとの需要に強い相関がある場合の制約条件を扱う。

## 2. 生産・調達計画問題[1]

変動する需要を満たすように資材・部品・製品を供給するビジネスには、自社で生産するとともに、別の生産者から調達して供給する形態がある。電力に代表されるような貯蔵できない間接材は在庫での調節が難しい。そのため、需要を予測し、自社の生産計画を立てる一方で、他社からの調達（予約調達）は事前（例えば、前日の計画時）に予約する。場合によっては、これを時間帯ごとに行う必要がある。
需要予測誤差のため、実際の供給量は計画と相違することになり、自社の生産計画の変更により対応できない場合、他社からの調達量を変えざるを得ない。このような変更には、通常それなりの追加コストがともなう。さらに、緊急に追加調達できる量に限界があるとすると、需要予測誤差が大きい場合に、供給不足を生ずるリスクがある。予測需要と供給不足発生確率の関係を図１に示す。リスク管理の観点から、このような事態が生ずる確率を一定以下にする供給不足リスクの制約条件を供給計画に導入する必要がある。

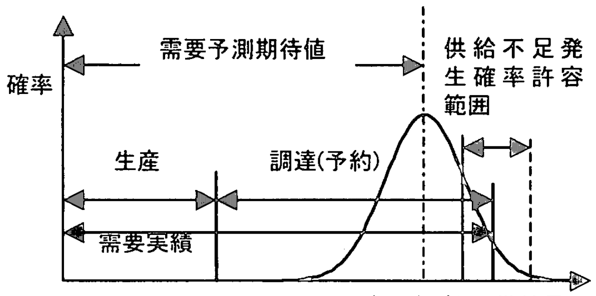


図1　需要予測と供給不足発生確率の関係

## 3. 最適化問題としての定式化[1]

### 3.1 変数

計画時点での自社の生産量をG、調達予約量をX、実行時点での需要をQとする。調達予約量Xが独立変数となる。計画時点での需要は、予測誤差の確率分布をｎノードの離散分布で近似的に表現して、期待値$\underline{Q}$と係数Rm(m=1, …, n)を用いて、需要Rm$\underline{Q}$を取る確率Pmで与えることができる。一般に、最適な調達予約量X*は、生産量Sの上限値と需要期待値$\underline{Q}$だけから決まる調達量$\underline{X}$とは異なる。

### 3.2 目的関数

ここでは、調達予約量（時間帯ごとの予約量総和）の最小化[2]、供給コストの最小化[1]、事業収益の最大化を想定する。

### 3.3 制約条件

供給不足の発生をどこまで許容するかという確率に関する上限制約は、想定した予測誤差の確率分布に基づいて、調達予約量の下限制約に還元される。誤差の分布および供給不足発生確率の上限制約から想定需要、調達予約量の下限値が決まる。ここでは、誤差の分布に正規分布を仮定するが、正規分布から外れた分布については、前報[3]で扱っている。

### 3.4 単独の時間帯に対する供給不足

ある時間帯t1で供給不足を生ずる条件は、D1 > G1 + X1である。供給可能量(生産量G1＋調達予約量X1)と時間帯ごとの供給不足発生確率 Pを関係付ける。G1 + X1 = (2 - Z) $\underline{Q}$ となるような変数 Zを導入して、P = Exp[a Z + b]で供給不足発生確率を近似し、上限値をPxとすると、次のように表わされる。

$P \leqq P_x \Rightarrow \mathrm{Log}[P] = aZ + b \geqq \mathrm{Log}[P_x]$

### 3.5 複数の時間帯に渡る供給不足

#### (1) 時点ごとの需要の相関が非常に弱い場合

時間帯ごとの需要が独立と見なせる場合、前報[2]で扱ったように、時間帯ごとの供給不足発生確率の対数と線形関係にある補助変数を用いることにより、長期の時間区間に対する供給不足発生確率に関する線形の制約条件を表わせる。

#### (2) 時点ごとの需要の相関が非常に強い場合

時間帯ごとの需要が完全な順相関を持つと見なせる場合に関し、複数の時間帯(k 時間)にわたって供給不足が継続する確率を考える。図２は、そのような場合に、各時刻での需要の間の関係を示したものである。

時刻 tj での需要 Dj が次式により時刻 t1 での需要 D1 から決まるとする。

$$D_j = \alpha_j D_1 + \beta_j \quad (j=2,\cdots,k)$$

時刻 t1 から tk まで予約不足が発生する条件は、

$\mathrm{And}[D_1 > S_1,\ D_2 > S_2,\ \cdots,\ D_k > S_k]$
$= \mathrm{And}[D_1 > G_1+X_1,\ \alpha_2 D_1+\beta_2 > G_1+X_2,\ \cdots,\ \alpha_k D_1+\beta_k > G_1+X_k]$
$= \mathrm{And}[D_1 > G_1+X_1,\ D_1 > (G_1+X_2-\beta_2)/\alpha_2,\ \cdots,\ D_1 > (G_1+X_k-\beta_k)/\alpha_k]$

ここで、Sj: 時刻 tj での供給可能量、G1:自社生産量、Xj:調達予約量である。したがって、時刻 t1 から tk まで予約不足が継続する条件 $\mathrm{And}[D_1 > S_1,\ D_2 > S_2,\ \cdots,\ D_k > S_k]$は、時刻 t1 の需要 D1 に関する単一命題: $D_1 > D_x = \mathrm{Max}\{ G_1+X_1,\ (G_1+X_2-\beta_2)/\alpha_2,\ \cdots,\ (G_1+X_k-\beta_k)/\alpha_k \}$ に帰着される。ここで、X1,…, Xk が与えられたとき Max{…}内の要素が Dx に等しくない時間帯には、過剰な余裕があることになる。時間帯ごとの余裕を均一にする条件より、次の等式制約を導くことができる。

$D_x = G_1+X_1,$
$D_x = (G_1+X_2-\beta_2)/\alpha_2,\ \cdots,$
$D_x = (G_1+X_k-\beta_k)/\alpha_k$

### 3.6 最適化

時刻 t1 から tk までの単独の時間帯に対する供給不足リスクの制約条件とともに、複数の時間帯に渡る供給不足リスクを t1 の需要 D1 に還元した制約条件、Dx に関する k 個の等式制約を導入して、複数の時間帯にわたる供給不足リスクの制約条件を含む生産・調達計画扱うことができる。したがって、時間帯ごとの需要が完全な順相関を持つ場合に関しも、時間帯ごとの需要が独立な場合[2]とほぼ同様に線形計画法を用いて供給計画を立てることができる。

#### 参考文献

1) 小林 外３：ＯＲ学会 2003 年秋季アブストラクト集、1-I-1(2003)
2) 小林 外３：ＯＲ学会 2004 年春季アブストラクト集、1-G-5(2004)
3) 真鍋 外２：ＯＲ学会 2004 年秋季アブストラクト集、2-H-4(2004)

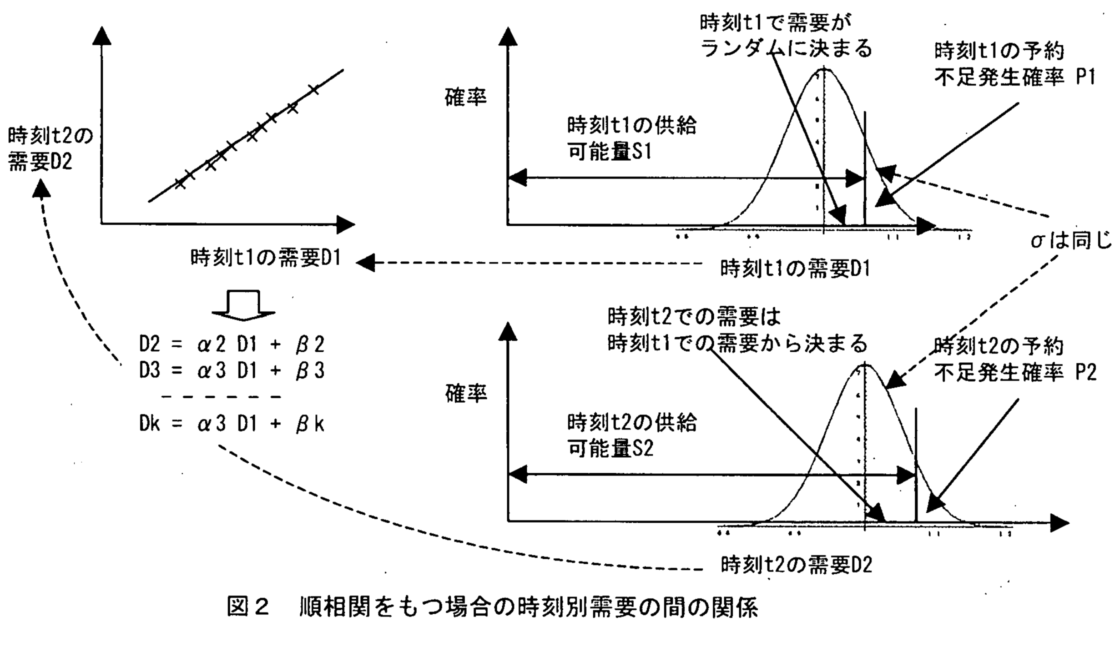


図２ 順相関をもつ場合の時刻別需要の間の関係