

供給不足リスク制約の下での生産・調達計画手法(3)

(株)日立製作所 *真鍋 裕司 MANABE Yuji
 (株)日立製作所 小林 康弘 KOBAYASHI Yasuhiro
 (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。本報では、前報の手法¹⁾において仮定していた需要予測誤差の正規性が崩れた場合について議論する。

2. 生産・調達計画問題

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、追加コストがともなう。例えば、調達を緊急に増やす場合の追加コストが相対的に大きい場合、供給不足リスクを抑制すべく、需要誤差を見込んで調達量を増やして計画すべきである。しかし、他方、他社からの調達単価は、自社の生産単価を上回る。このため、予約調達を増やすと、自社生産を

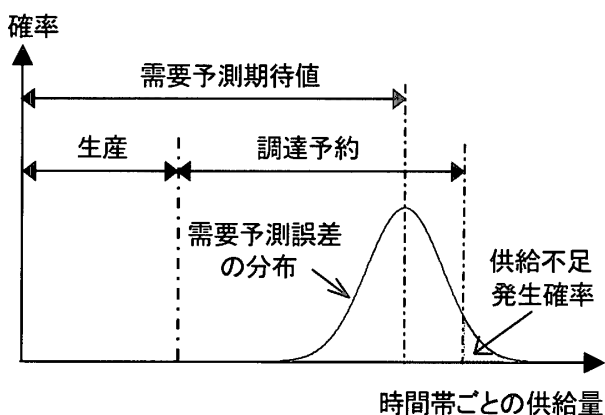


図1 需要予測と供給不足発生確率の関係

減らす可能性が高まるので、供給事業者には、予約調達を抑制するインセンティブがある。

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制約を供給計画に導入する必要がある。

3. 需要予測誤差の確率分布

前報の手法¹⁾において、需要予測誤差が正規分布に従うと仮定して計算したが、この仮定が現実と乖離することがある。何らかの予測し難い要因が需要量に大きな影響を及ぼす場合には、単一の正規分布ではなく、例えば図2、3のような、2つ以上の正規分布を合成した分布を仮定したほうが、現実に近い場合がある。例えば電力供給事業において、流通業の供給先ではセール開催日に需要量が通常よりも多くなり、臨時休業日に非常に少なくなるが、供給事業者は情報を必ずしも事前に入手できないという場合などである。

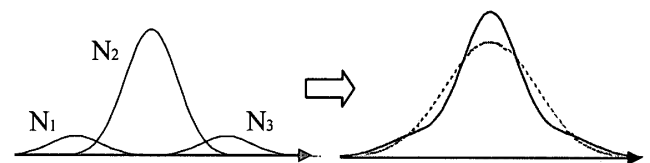


図2 需要予測誤差の確率分布 例1

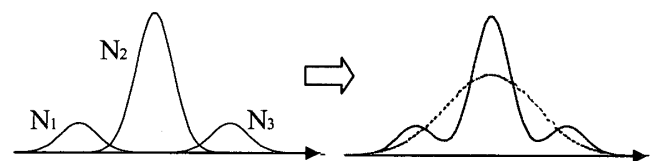


図3 需要予測誤差の確率分布 例2

図2の右のグラフは、 $N_1(-9.0, 33.7^2)$, $N_2(0.0, 33.7^2)$, $N_3(0.90, 33.7^2)$ にそれぞれ0.11, 0.78, 0.11の確率で従う分布(実線)と、正規分布(点線)で、2つの分布はともに期待値0.00, 標準偏差0.054である。

図3の右のグラフは、 $N_1(-9.0, 22.0^2)$, $N_2(0.0, 22.0^2)$, $N_3(9.0, 22.0^2)$ にそれぞれ0.15, 0.7, 0.15の確率で従う分布(実線)と、正規分布(点線)で、2つの分布はともに期待値0.00, 標準偏差0.054である。

本稿では、実際の予測誤差分布が、先述のような合成した分布に近い場合に、単一の正規分布を仮定することによる生産・調達計画への影響を検討する。

4. 最適化問題としての定式化

4.1 変数

期待値計画時点での自社の生産可能量を S 、調達予約量を X 、実行時点での需要を Q とする。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、係数 R_m ($m=1, \dots, n$)と期待値 \bar{Q} を用いて、需要量が $R_m \bar{Q}$ となる確率を P_m で与えることができる。

4.2 目的関数

供給コストの最小化を図る。供給コストは、図4のように表されるため、調達予約量 X の関数となる。

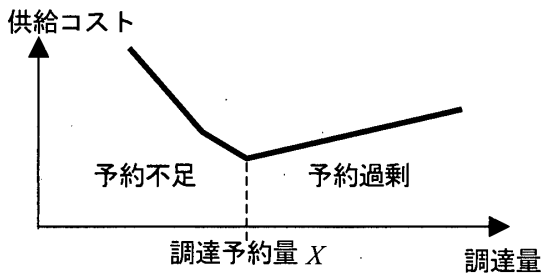


図4 調達量と供給コストの関係

4.3 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を設定する。これは、想定した予測誤差の確率分布を元に、調達予約量の下限制約となる。

ある時間帯における供給準備量(生産能力 S +調達予約 X)と時間帯ごとの供給不足発生確率 P を関係付ける。 $S+X=(2-Z)\bar{Q}$ となるような変数 Z を導入して、 $P=\exp[aZ+b]$ で供給不足発生確率を近似し、上限値を P_x とすると、次のように表わされる。

$$P \leq P_x \Rightarrow \log[P] = aZ + b \geq \log[P_x]$$

この発生確率 P の対数と変数 Z の関係を用いて、時間帯ごとの供給不足発生確率の上限を、変数 Z の下限制約条件で表わされる。

4.4 最適化

供給不足発生確率の対数と線形関係にある補助変数を導入し、供給不足確率の制約条件を扱うことにより、線形計画法を用いて供給計画を立てることができる。

5. 計算内容

本稿では、需要予測誤差を、①正規分布 $N(0.0, 54^2)$ と仮定した場合と、②より実データに近い分布; $N_1(-2.5, 32.3^2)$ と $N_2(7.5, 32.3^2)$ に0.75, 0.25の確率で従う分布に従うと仮定した場合それぞれの最適な調達予約量を求め、比較検討する。尚、2つの分布の期待値と分散は等しい。

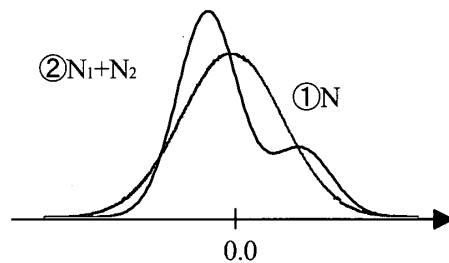


図5 需要予測誤差の確率分布

また、供給不足発生確率の上限値 $P_x = 0.1$ 、ノード数 $n = 29$ 、需要量期待値 $\bar{Q} = 100$ 、生産能力 $S = 75$ とした。調達の単価は前報¹⁾²⁾と異なり、図4の傾きに反映されるように、予約不足に対して2段階のペナルティを想定した。

6. 計算結果と考察

計算の結果、本稿のケースにおいて、最適な調達予約量は、実際の予測誤差の近似分布が②であるにも拘らず、①のような正規分布を仮定して計算すると、最適な調達予約量として得られる値が5%近くも少なくなることが分かった。(需要誤差分布が①の場合315,706、②の場合331,000となった。)図4にあるように、予約不足となることのコスト・収益への影響の大きさを考えると、生産・調達計画において、需要変動リスクのモデル化を十分考慮すべきであるということが分かる。

参考文献

- 1) 小林 外3: 日本OR学会 2004年 春季研究発表アブストラクト集、1-G-5 (2004)
- 2) 小林 外3: 日本OR学会 2003年 秋季研究発表アブストラクト集、1-I-1 (2003)