

供給不足リスク制約の下での生産・調達計画手法(2)

(株)日立製作所
(株)日立製作所
(株)日立製作所
(株)日立製作所

*小林 康弘 KOBAYASHI Yasuhiro
仲田 智将 NAKATA Norimasa
真鍋 裕司 MANABE Yuuji
三嶋 英裕 MISHIMA Hidehiro

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⁾を拡張し、供給不足の継続時間に注目した制約条件を扱う。

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、通常それなりの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

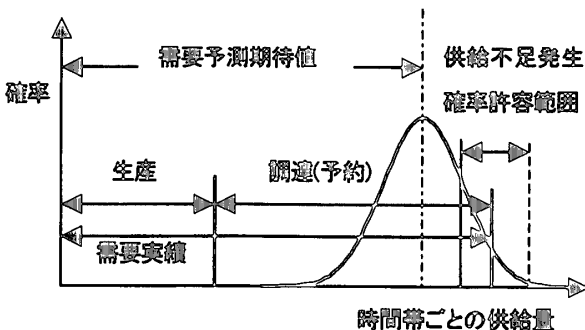


図1 需要予測と供給不足発生確率の関

社生産を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. 最適化問題としての定式化

3.1 変数

計画時点での自社の生産量を S 、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 Q と係数 R_m ($m=1, \dots, n$) を用いて、需要 $R_m Q$ を取る確率 P_m と与えることができる。生産量 S の上限値と需要期待値 Q だけから決まる調達量を X とする。

図2は、予測誤差のために実行時点の需要が大きく振れた場合に備えて供給不足を回避する供給計画の例

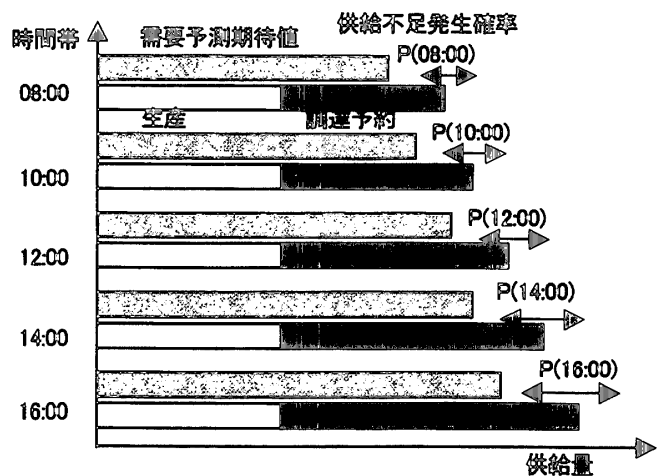


図2 時間帯ごとの供給計画の例

を示している。

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）の最小化を想定する。供給コストの最小化については、前報¹⁾に記載した。

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を元に、調達予約量の下限制約として還元される。ここでは、誤差の分布に正規分布、時間帯当たりの予測誤差の独立性を仮定して、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定する。

供給不足には、時間帯ごとに課される条件と、複数の時間帯に渡った時間区間に課される条件がある。通例、長期に渡る供給不足は、短期の供給不足に比してより厳しく発生回避が求められる。例えば、時間帯当たりの供給不足が10回に1回許されても、連続した5時間帯に渡る供給不足は、100万回に1回しか許されないという状況がありうる。

(1) 単独の時間帯に対する供給不足

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。 $S + X = (2 - Z) Q$ となるような変数 Z を導入して、 $P = \text{Exp}[a Z + b]$ 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。

$$P \leq P_x \Rightarrow \text{Log}[P] = a Z + b \geq \text{Log}[P_x]$$

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（モデルリスク対応の必要に応じては下限も）を変数 Z の下限（上限）制

約条件で表わせる。図3に、予測誤差の累積分布を指数関数で回帰した場合の計算結果を示す。

(2) 複数の時間帯に渡る供給不足

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制約条件を表わせる。図2の5時間帯からなる時間区間に課される条件は、上限値を P_z とすると次のように表わされる。

$$P(08:00) P(10:00) P(12:00) P(14:00) P(16:00) \leq P_z \\ \text{Log}[08:00] + \text{Log}[P(10:00)] + \text{Log}[P(12:00)] \\ + \text{Log}[P(14:00)] + \text{Log}[P(16:00)] \geq \text{Log}[P_z]$$

3.4 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て、供給不足リスク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。

4. 計算結果

図2の5時間帯からなる供給計画に対して、予測誤差の大きさを標準偏差3%、時間帯当たりの供給不足発生確率上限値0.1、5時間帯の時間区間に渡る発生確率上限値0.0000001という条件下でケーススタディを実施した。図4に結果の例を示す。ここで、超過予約量とは、需要予測期待値をどれだけ超えて供給を予約すべきかを示す指標 $(X-X)$ である。他の時間帯に比して、時間帯08:00に集中的に予約調達されている。これは、このとき期待需要が最も小さいため、時間区間の供給不足発生確率を効率よく抑制できるためであろう。

参考文献 1) 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、1-1-1 (2003)

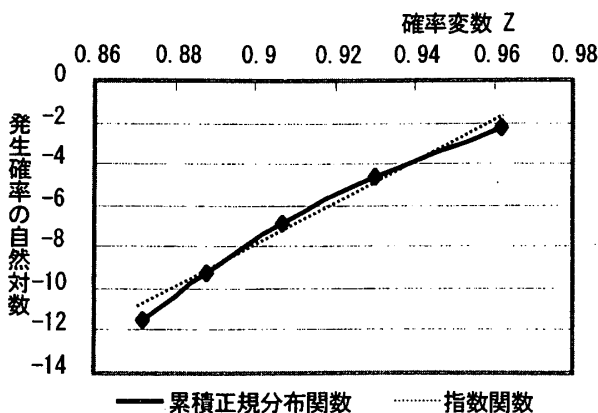


図3 累積分布関数の指数関数回帰

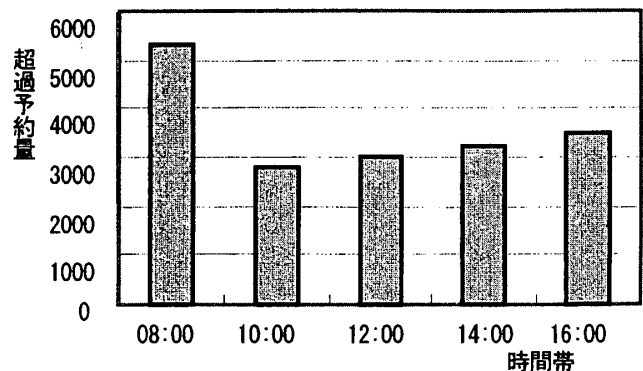


図4 時間帯ごとの超過予約量