

## 生産管理モデルへのファジィ理論の応用

大阪大学工学部 今野 勤 (Tsutomu Konno)

大阪大学工学部 石井 博昭 (Hiroaki Ishii)

### 1. はじめに

近年、国際化が進み企業の経営活動は一段と複雑さを増してきた。市場は国内から海外へと比重を移し、全世界を対象に商品の企画、開発、製造、販売、サービス活動を展開しなければならなくなった。

生産管理システムにおいても、これらの影響を受けて、次のような問題が生じている。

- (1) 商品を販売する市場に応じて、受注から出荷までの業務フローが違い、生産管理システムが複雑になってきている。
- (2) 市場情報の量、質とも増大し、かつスピーディーになり、生産管理システムの即時応答性が求められている。
- (3) 市場の変化が激しいので、計画立案と最適案の選択はあらゆる評価項目を検討して決めなければならない。

したがって、生産管理システムとそのモデルに要求されることも変化してきている。それは、

- (1) 生産管理モデルがフレキシビリティに富んでおり、様々な業態に応用できる。
- (2) 解法が簡潔で短時間で答えが出せる。
- (3) 専門家の判断を定量化し、かつ多目的な評価ができる。

以上の3点である。これらの従来の研究では、ともすると線形計画法に代表される大規模かつ複雑で計算時間をかけても、客観性を追及するアプローチが主流であった。本研究では、多少のあいまいさがあっても、生産管理モデルが実用的で、フレキシブルであり、スピーディーに解ける一連の解法を提案しようとするものである。

## 2. 生産管理のモデル

生産管理モデルの表現方法は様々なタイプがある。コンピュータシステムのモジュール表現や業務フローに合わせた方法が代表的である。以下図1に業務フローのサブモジュールと研究テーマとの関係を示す。

## 3. 生産管理モデルの詳細

図1で示した生産管理モデルから2例を選んで、モデルの詳細を解説する。

### 3. 1 需要予測へのファジィ理論の応用

近年、国際化が進み企業の経営活動は一段と複雑さを増してきた。市場は国内から海外へと比重を移し全世界を

対象に商品の企画、開発、製造、販売、サービス活動を、展開しなければならなくなった。企業経営においては、商品が市場にどれだけを受け入れられるかが、すべての活動の出発点である。したがって、商品の需要予測は企業にとって重要な課題のひとつである。

ORでも需要予測の研究が進められており、大別すると次の四つがある。

(1) 時系列予測法

指数平滑法, ARIMAモデル, etc.

(2) 統計的方法

重回帰分析, 数量化理論 | 類, etc.

(3) 選択行動モデル

コンジョイント分析

(4) 生態学モデル

ロジスティック・モデル, Bassモデル, etc.

これらのモデルは解析的に売上を予測する有効な方法ではあるが、企業の実際の需要予測の場面では、計算結果を参考にはするが最終的には人による判断で数値を決めている。これは販売活動が複雑な要因が絡み合っているためである。そこで本研究では、人による判断そのものをファジィ理論を使ってモデル化し、比較的容易に需要予測をする実用的な方法を提案するものである。

### 3. 1. 1 需要予測のモデル

企業の営業担当者は、市場の変化を在庫の推移や競合他社の商品開発動向などを考慮して、需要予測しながら将来の売上を予測する。しかし、市場が読める時とそうでない時では同じ予測でも、確信がもてる時とそうでない時がある。そこで、担当者ごとの売上の読みを図3・1、(3・1)式のようにモデル化する。

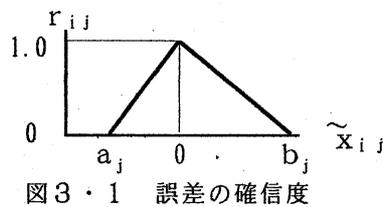
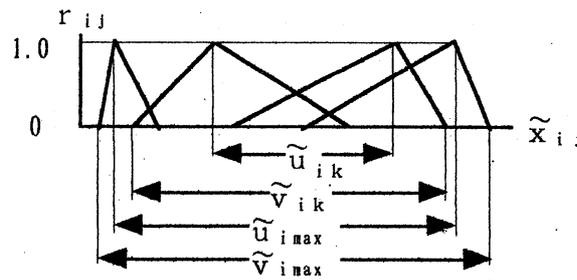


図3・1 誤差の確信度

$\tilde{x}_{ij}$ : i 期、予測担当者 j の売上予測値  
 $\tilde{z}_{ij}$ : i 期、予測担当者 j の売上予測誤差  
 $r_{ij}$ : i 期、予測担当者 j の確信度

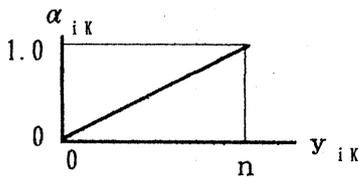
$$\left( \begin{array}{l} r_{ij} = 0 \quad (\tilde{z}_{ij} < a_j) \\ r_{ij} = 1 - \frac{\tilde{z}_{ij}}{a_j} \quad (a_j \leq \tilde{z}_{ij} \leq 0) \\ r_{ij} = 1 - \frac{\tilde{z}_{ij}}{b_j} \quad (0 < \tilde{z}_{ij} \leq b_j) \\ r_{ij} = 0 \quad (b_j < \tilde{z}_{ij}) \end{array} \right) \quad (3 \cdot 1)$$

つぎに各期の担当者グループ k の信頼区間を図3・2に示す。



$\tilde{u}_{ik}$  : 予測中央信頼区間  
 $\tilde{v}_{ik}$  : 最大予測信頼区間  
 $\tilde{u}_{imax}$  : 予測中央信頼区間の最大幅  
 $\tilde{v}_{imax}$  : 最大予測信頼区間の最大幅  
 注) 中央値とは, 担当者の予測値である.  
 図3・2 予測の信頼区間

各信頼区間の幅が, この場合問題になる. これらが狭ければ, 各担当者の予測が一致しておることになり, 予測が当たる可能性が高い. 逆の場合は予測が割れており, 外れる可能性も高くなる. したがって, 需要予測の問題はできるだけ多くの予測値を用いながら, できるだけ信頼区間の幅が狭くなるようにする多目的問題になる. これらの内容を, 図と式を用いてモデル化すると以下のようなになる.



$\alpha_{ik}$  : 予測採用者数満足度  $n$  : 採用者数  
 $y_{ik}$  :  $i$  期の予測採用者数

図3・3 予測採用者数満足度

$$\left( \begin{array}{l} \alpha_{ik} = 0 \quad (y_{ik} = 0) \\ \alpha_{ik} = \frac{y_{ik}}{n} \quad (0 < y_{ik} \leq n) \\ \alpha_{ik} = 1 \quad (n < y_{ik}) \end{array} \right) \quad (3 \cdot 2)$$

さらに各信頼区間の満足度を次のようにモデル化する。

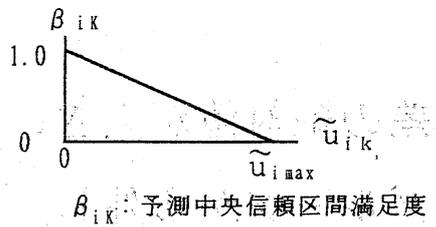


図3・4 予測中央信頼区間満足度

$$\begin{cases} \beta_{ik} = 1 & (\tilde{u}_{ik} = 0) \\ \beta_{ik} = 1 - \frac{\tilde{u}_{ik}}{\tilde{u}_{i\max}} & (0 < \tilde{u}_{ik} \leq \tilde{u}_{i\max}) \\ \beta_{ik} = 0 & (\tilde{u}_{i\max} < \tilde{u}_{ik}) \end{cases} \quad (3 \cdot 3)$$

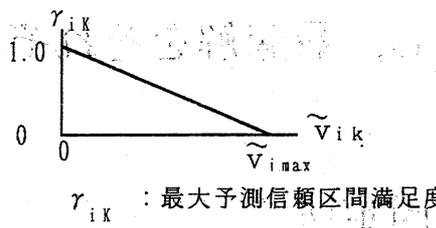


図3・5 最大予測信頼区間満足度

$$\begin{cases} \gamma_{ik} = 1 & (\tilde{v}_{ik} = 0) \\ \gamma_{ik} = 1 - \frac{\tilde{v}_{ik}}{\tilde{v}_{i\max}} & (0 < \tilde{v}_{ik} \leq \tilde{v}_{i\max}) \\ \gamma_{ik} = 0 & (\tilde{v}_{i\max} < \tilde{v}_{ik}) \end{cases} \quad (3 \cdot 4)$$

以上のような条件下で、(3・5) 式のように各満足度の最小値が、最大になるように解を求める。このことは予測採用者の担当者グループと、それらの予測値から各期の需要予測をするので、多数決解の算出にほかならない。

$$\delta_i = \max_{g_{ik} \in G_i} \min_{k} (\alpha_{ik} \cdot \beta_{ik} \cdot \gamma_{ik}) \quad (3 \cdot 5)$$

$G_i$  : 予測担当者の組合せ全体

$g_{ik}$  : 予測担当者の組合せK番目のパターン

解法については以下に概略のみを示す。

- 手順1 担当者ごとに誤差の確信度を決める。
- 手順2 各満足度の初期値を求める。
- 手順3 各信頼区間の上下限値を求める。

- 手順4 予測値，上下限値を昇順にソートし，上下限の差の絶対値を求める。
- 手順5 両端から順次，上下限の差の絶対値が大きい予測値の担当者を，予測者グループから外し，満足度を再計算する。
- 手順6 計算結果から，最適解を選択する。
- 手順7 手順を各期ごとに繰り返し，最適解をそれぞれ求める。

### 3. 2 予測担当者の判断と誤差の同定法

3. 1で述べたように，需要予測モデルは複雑な解析的モデルか，シンプルなファジィモデルに大別できる。本研究では後者の立場をとり，3. 1で示したモデルをよりシンプルにし，予測担当者の判断と誤差の同定に着目する。つまり担当者が判断した予測値とについて，どのくらい確信を持っているかを確信度として表現し，誤差との同定をしようとするものである。こうすることにより，予測の誤差をシンプルにかつ定量的に把握し，販売計画以降のサブモジュールで柔軟な計画立案が可能になる。

#### 3. 2. 1 モデルと解法

モデルは次のような考え方で構築する。

- (1) 売上予測の際に，予測値に対する担当者の確信の度合いを同時にデータ化する。

- (2) 確信度と予測誤差との関係は、階段関数で定義され、その好ましさを確信度・誤差満足度とよぶ。
- (3) 観測データが特定の誤差範囲に包含される割合と、その好ましさを包含率満足度とよぶ。
- (4) 確信度と誤差条件を満たし、確信度・誤差満足度、包含率満足度それぞれ最大になる確信度と誤差の関係を求める。

図3. 6にモデルの概念を示す。

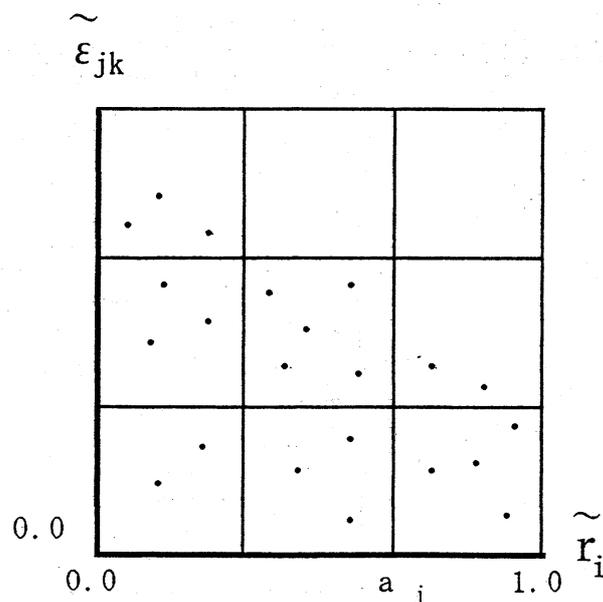


図3. 6 確信度と誤差の関係

$x_{ij}$  : 確信度ブロック  $j$  のときの  $i$  番目の売上実績

$\tilde{x}_{ij}$  : 確信度ブロック  $j$  のときの  $i$  番目の売上予測

$\tilde{e}_{ij}$  : 確信度ブロック  $j$  のときの  $i$  番目の誤差

$\tilde{r}_i$  :  $i$  番目のデータの確信度

$\tilde{\varepsilon}_{jk}$  : 確信度ブロック  $j$  ランク  $k$  の許容誤差絶対値

各データの確信度が高いほど、誤差の絶対値は小さくなり、確信度が低いほど誤差が大きくなることを想定した。さらに誤差の絶対値にランク付けし、ランクごとに確信度誤差満足度を対応づける。これらの関係を図3.7に示す。

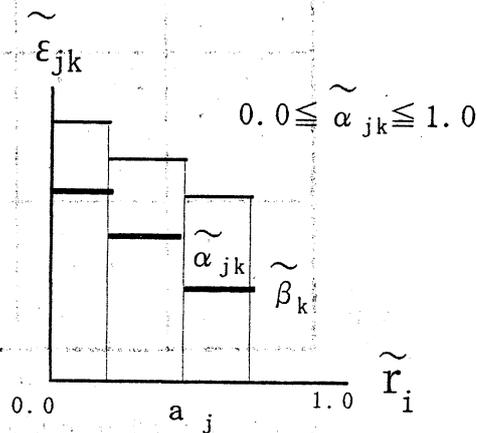


図3.7 確信度・誤差満足度

$a_j$  : 確信度ブロック  $j$  の閾値

$\tilde{\alpha}_{jk}$  : ブロック  $j$  ランク  $k$  の確信度・誤差満足度

$\tilde{\beta}_k$  : ランク  $k$  の確信度誤差満足度

次に各ブロックの許容誤差絶対値以内のデータ包含率を考える。つまり包含率が高い程、予測が当たる確率が高く満足度も高いと考える。この関係を図 3. 8 に示す。

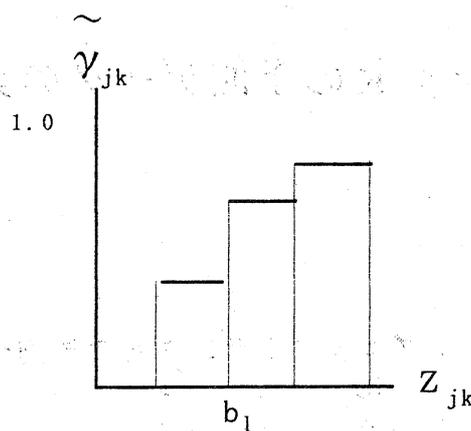


図 3. 8 包含率満足度

$\tilde{\gamma}_{jk}$  : ブロック  $j$  ランク  $k$  の包含率満足度

$z_{jk}$  : ブロック  $1$  の売上データ包含率

$b_1$  : ランク  $1$  の閾値

ここで包含率を (3. 6), 確信度・誤差満足度, 包含

率満足度の帰属度関数を (3. 7), (3. 8) のように定義する.

$$z_{jk} = \frac{q_{jk}}{s_{jk}} \quad (3.6)$$

$s_{jk}$  : ブロック  $j$  ランク  $k$  の売上データ数

$q_{jk}$  : ブロック  $j$  ランク  $k$  の確信度誤差範囲内のデータ数

$$\tilde{\gamma}_{jk} = m_1 (z_{jk}) \quad (b_{l-1} < z_{jk} \leq b_l) \quad (3.7)$$

次にブロック  $j$  ランク  $k$  の予測データの集合を, 以下の  
ように定義すると

$D(\tilde{\varepsilon}_{jk})$  : ブロック  $j$  ランク  $k$  の予測データ集合

$$D(\tilde{\varepsilon}_{jk}) = \{e_{ij} \mid e_{ij} \leq \tilde{\varepsilon}_{jk}\}$$

$$\tilde{\alpha}_{jk} = m_2(\tilde{\varepsilon}_{jk}) \quad (3.8)$$

このような条件下で, (3. 9), (3. 10) がそれぞれ成り立つ解, 及びデータ集合を求める.

$$\tilde{\alpha}_{jk} \rightarrow \max \quad (3.9) \quad \tilde{\gamma}_{jk} \rightarrow \max \quad (3.10)$$

このようにして求めた, 確信度・誤差満足度, 包含率満足度の非劣解に対応するデータ集合, 図 3. 7 より求める

ブロック  $j$  の許容誤差絶対値を以下のように定義する.

$\tilde{\varepsilon}_j^*$  : ブロック  $j$  の許容誤差絶対値の満足値

$D^*(\tilde{\varepsilon}_j^*)$  : ブロック  $j$  の最適予測データ集合

$$D^*(\tilde{\varepsilon}_j^*) = \{e_{ij} \mid e_{ij} \leq \tilde{\varepsilon}_j^*\}$$

ブロック  $j$  ごとに各満足度をそれぞれ最大にする.

解法については以下に概略のみを示す.

手順 1 ブロック  $j$  ごとの誤差データを昇順にソートする.

手順 2 許容誤差絶対値の大きいほうから, 順にランクを上げる.

手順 3 対応する確信度・誤差満足度, 包含率満足度を求める.

手順 4 非劣解を求める.

手順 5 非劣解に対応する許容誤差絶対値, 及びデータ集合を求める.

#### 4 まとめ

本論文では生産管理モデルの中から, 需要予測について取り上げた. その他に配分計画, 生産計画, スケジューリ

ングについては研究発表をしている。今後は販売計画，能力計画，購買計画，在庫管理，出荷計画，パーツ計画について研究を続ける予定である。

#### 参考文献

- (1) 上田 徹：「予測手法」、オペレーションズ・リサーチ、vol.39,no.6 p.310-315,1994
- (2) 上田 徹：「予測手法」、オペレーションズ・リサーチ、vol.39,no.7 p.357-362,1994
- (3) 上田 徹：「予測手法」、オペレーションズ・リサーチ、vol.39,no.8 p.426-431,1994
- (4) 上田 徹：「予測手法」、オペレーションズ・リサーチ、vol.39,no.9 p.486-491,1994
- (5) G. E. P. BOX AND G. M. JENKIS: "TIME SERIES ANALYSIS: FORECASTING AND CONTROL", REVISED ED., HOLDEN-DAY, 1976
- (6) 今野 勤, 石井 博昭：「ファジィ人員配分問題」日本ファジィ学会 VOL. 7, NO. 3, P. 624-629
- (7) 今野 勤, 石井 博昭：「ファジィ人員配分問題」日本ファジィ学会 VOL. 7, NO. 3, P. 630-636
- (8) スピーロス マクダリキス「予測手法入門」同友館, 1995