

図 2.1 電力デマンド契約システムのイメージ

ムとして一元化される。

### 3. 電力需要予測

需要予測は目的によって、

- (i) 1 単位時間 (たとえば将来のある 1 時間) の予測 (主として電力監視のためのインフォメーションとして利用される) がほしい場合
- (ii) 長期(たとえば今後 1 年間) にわたる予測分布(主として電力契約のベースデータとして利用される) がほしい場合

の 2 ケースが考えられる。

需要は、原則的には生産計画にリンクする。しかし実際には、

- a) 生産計画を break down する過程での変更
- b) 省エネルギー活動の推進による電力原単位の低減
- c) 生産品種(多品種)の各設備の使用電力の分析の複雑さ
- d) 設備と電力計測系(たとえばフィード)との対応が必ずしも 1:1 ではなく複数:1 であるための使用電力の分析の複雑さ
- e) 気温の変化による使用電力の変動(季節変動)
- f) 設備のダウンあるいはトラブルの影響

等が原因として予測を困難なものにしている。

したがって、予測方法としては、1st phase で生産計画をパラメータとして需要分布を予測し(原子予測と呼ぶ)、2nd phase で過去の電力使用実績を予測に反映させ予

測を補正・修正するという 2phases forecasting として、予測精度の向上を実現している。

#### 3.1 電力監視・抑制用予測

年次の契約電力が締結された状況下で、設定された契約値を超過することのないよう電力監視が行なわれ、場合によっては使用に対して緊急時に抑制を加える必要がある。この時の監視のタイムスパンは一般的には 60 分である。

また、監視・抑制の必要性ないしは重要度は、当該タイムスパンで予想された単位時間予測値がキー情報となるため確度の高い予測が要求される。

以下に単位時間予測のアルゴリズムを示す。

##### 単位時間予測アルゴリズム

1° 各設備の一定時間間隔での生産計測量  $U_j(t_i)$  を与える。

ただし、 $t_i$ ;  $i$  番目のタイムスパン( $i=1, 2, \dots, I$ )  $I$  は年間のタイムスパン数

$j$ ; 第  $j$  設備( $j=1, 2, \dots, J$ )  $J$  は設備総数

2° 最新の電力回帰式

$$V_j(x) = a_j x + b_j$$

ただし、 $x$ ; 生産量

$a_j$ ;  $b_j$ ; 回帰係数

に 1° の  $U_j(t_i)$  をインプットし、 $i$  番目のタイムスパンでの設備  $j$  の予測電力  $W_j(t_i)$  を求める。

$$W_j(t_i) = V_j\{U_j(t_i)\} = a_j \cdot U_j(t_i) + b_j$$

3° すべての設備について予測電力を求め総合する。

$$W(t_i) = \sum_{j=1}^J W_j(t_i)$$

#### 3.2 電力契約用予測

契約のベースとしては、年間需要の確率分布の正確な予測が必要である。そのためには、前述の 2phases forecasting が有効である。本予測は、以下に述べるように、原子予測を行なったのち、過去の誤差分布で修正を加えて修正予測を得るという 2 フェーズから成るアルゴリ

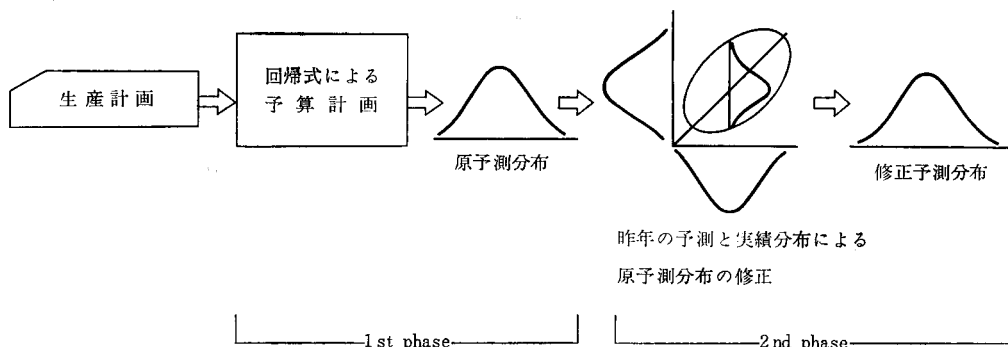


図 3.1 2phases forecasting

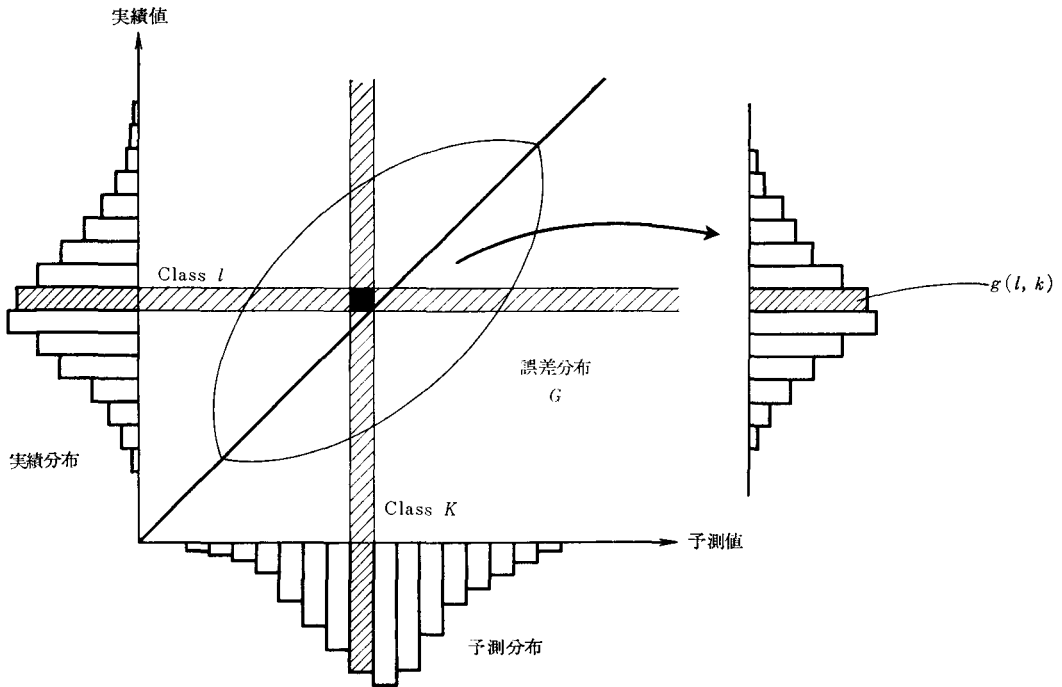


図 3.2 誤差分析 G

ズムで構成される。

#### 需要分布予測アルゴリズム

##### [1st phase]

1°, 2°, 3° は単位時間予測アルゴリズムと同じ

4° すべてのタイムスパンについて、予測電力を求め

$$\{W(t_1), W(t_2), \dots, W(t_i) \dots W(t_1)\} = \{W_1, W_2, \dots, W_I\}$$

5° 電力レベルによるクラス分割を行ない、クラスごとの確率を求める。

$h(k)$ …クラス  $k$  の確率;  $0 \leq h(k) \leq 1$ ;

$$k=1, 2, 3 \dots k; \sum_{k=1}^K h(k) = 1$$

以上 1°~5° により原予測分布  $H$  を得る。

##### [2nd phase]

6° 予測クラス別に過去の実績 (クラス分割方法は同一とする) の確率分布  $G$  を準備する。

$g(l, k)$  ……クラス  $k$  の予測をしたときクラス  $l$  の実績となった確率 (図 3.2)

$$0 \leq g(l, k) \leq 1; l=1, 2, \dots, L; \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K g(l, k) = 1$$

7° 修正された予測がクラス  $l$  になる確率  $f(l)$  を求める。

$F = G \circ H$ ;  $F$  は修正予測分布,  $\circ$  はオペレータ

$$f(l) = \sum_{k=1}^K g(l, k) h(k); \sum_{l=1}^L f(l) = 1$$

以上 6°, 7° により修正予測分布  $F$  を得る。

ここで本アルゴリズムを連続系で表現すると、

仮定 1) 原予測分布  $H$  を  $N(\mu, \sigma^2)$  の正規分布とする。

仮定 2) 予測値  $z$  の実績分布を  $N(\mu_1(z), \sigma_1^2(z))$  の正規分布とし、 $\mu_1(z) = z, \sigma_1(z) = \sigma_1$  の関係を有すると仮定する。

の 2つの仮定のもとでは、修正予測分布  $F$  は  $N(\mu, \sigma^2 + \sigma_1^2)$  の正規分布となるような変換となっていることが示される。

## 4. 電力契約最適化

最適性の criterion は、容易にトータルコストミナムとすることができるが、ここで契約値が超過したときのペナルティーをどうするかが問題となる。

risk をともなう場合の評価・決定には、Decision Theory により種々の決定基準が available であるが、ここではペナルティーに対する期待値をもって評価する。実際の運用上では、こうした電力超過は起こさないように電力抑制策がとられる。

ここに、契約決定問題は、(基本料金+期待ペナルティー) をミナムとするような契約値の策定を行なうという問題に帰着する (図 4.1)。

以下に、契約決定アルゴリズムを述べるが、電力デマ

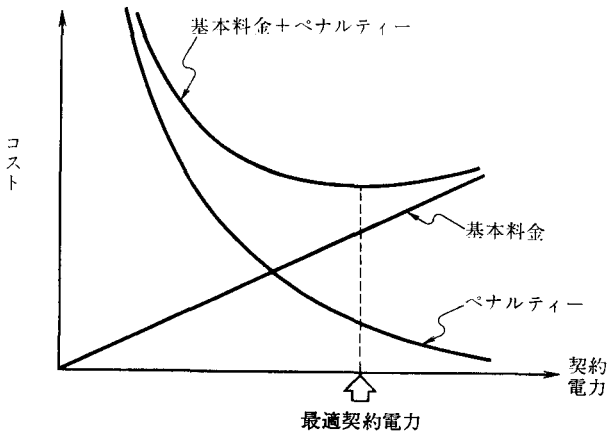


図 4.1 契約決定問題

ンド契約の決定は、2つの step から成る。

1st step は、前述の電力予測から得られた修正予測分布から年間での最大電力分布 (Max 分布と呼ぶ) を求める。次に、2nd step では、Max 分布にもとづき期待支払額を計算し、そのうちから最適値を決定する。

#### 電力契約アルゴリズム

[1st step : Max 分布の計算]

修正予測分布の確率変数を  $Y$ , Max 分布のそれを  $Z$  とおく

1°  $Y_j = Z_j$  ( $j$ : 電力レベルのクラス) とする。

2° 年間の最大電力値  $Z$  がクラス  $j$  以上になる 確率  $P_j$  を求める。

$$P_j = 1 - \left\{ \sum_{l=1}^{j-1} f(l) \right\}^n \text{ ただし, } n \text{ は年間の対象時間数}$$

3° 2° と同様にクラス  $j+1$  以上になる 確率  $P_{j+1}$  を求める。

$$P_{j+1} = 1 - \left\{ \sum_{l=1}^j f(l) \right\}^n$$

4° 年間の最大電力値がクラス  $j$  になる 確率  $r_j$  を求める。

$$\begin{aligned} r_j &= \text{Prob.} (Z = Z_j) \\ &= P_j - P_{j+1} \\ &= \left\{ \sum_{l=1}^j f(l) \right\}^n - \left\{ \sum_{l=1}^{j-1} f(l) \right\}^n \end{aligned}$$

以上 1°~4° により、年間最大電力分布  $X$  が求まる。

[2nd step : 最適契約電力値の計算]

契約電力値のレベルごとに基本料金とペナルティーの期待値を計算し、その和が最小となる契約電力値レベルを最適契約電力値とする。

$$Z_j \times C_s + \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} (Z_{j+k} - Z_j) \times r_{j+k} \right\} \times C_p \rightarrow \text{Min}_j$$

ただし、 $C_s$ ; 基本料金単価

$C_p$ ; 違約金単価

$k$ ; 電力レベルを示す補助パラメータ

$j$ ; 契約電力レベルを示すパラメータ

## 5. 電力監視・抑制

電力契約値が締結された後は、運用上電力監視がなされ、契約値オーバーの危険が予測されると所定のアラオリティーにしたがい、生産工場を順次停止することによる電力抑制対応が行なわれる。

まず、電力監視は、今後1時間の予測分布を事前情報として有している一方、刻々の電力量積算データにもとづき最終電力値を統計的に予測し、超過の危険率をリアルタイムで update していくシステムである。そして、経過時間が30分を越えたという条件と危険率がある定められた値を越えたという条件が同時に発生したときに電力抑制策がスタンバイとなる。

そして、抑制すべき電力量がただちに計算され、それ

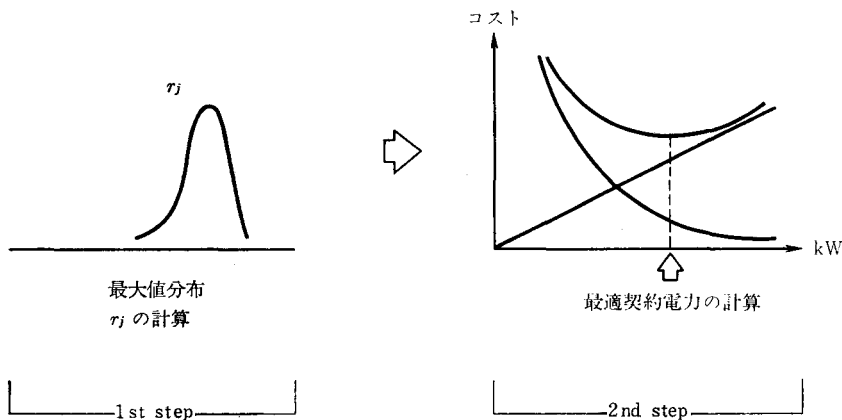


図 4.2 電力契約ロジック

を満たす必要十分なる設備停止時間でかつ停止損失最少の設備がLPモデルにより計算され表示される。なお、停止可能設備は生産計画等により事前にtable化されている。

**電力抑制アルゴリズム**

1° 停止可能設備リストを準備する。

$a_i$ : 第  $i$  設備の単位時間当り停止損失額

$b_i$ : 第  $i$  設備の単位時間当り消費電力

2° 電力監視システムより抑制

実施量  $C$  が提示される。

3° 停止すべき設備と必要停止時間  $x$  を計算する。

$$\text{subject to } \sum b_i x_i \geq C$$

$$\sum a_i x_i \rightarrow \text{Min}$$

**6. デマンド契約システムの構成**

電力デマンド契約システムは、図 6.1 に示すように3つのサブシステムで構成される。

第1は、電力需要予測システムである。これは、年次契約用としてのみならず刻々の使用電力制御のための情報としても使えるようになっている。

第2は、最適契約電力策定システムである。

第3は、電力監視・制御システムである。これは、サブシステムとして独自の予測システムおよび抑制のための計算モデルを組み込んだ電力制御システムの2つを有している。

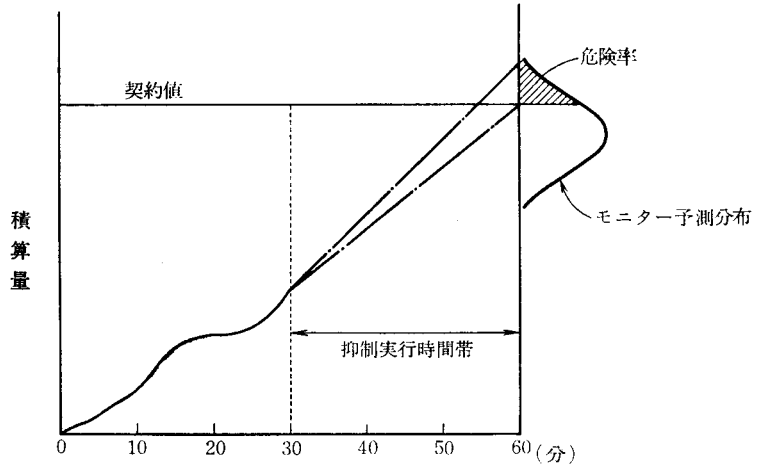


図 5.1 電力監視の概念

**7. おわりに**

将来の操業計画にもとづき、過去の電力使用実績ならびに平滑化効果を考慮した電力予測アルゴリズムの開発およびそれを運用するための計算機システムの確立により、電力管理精度の向上をはかり省エネルギーに寄与するシステムが構成されたと考えられる。

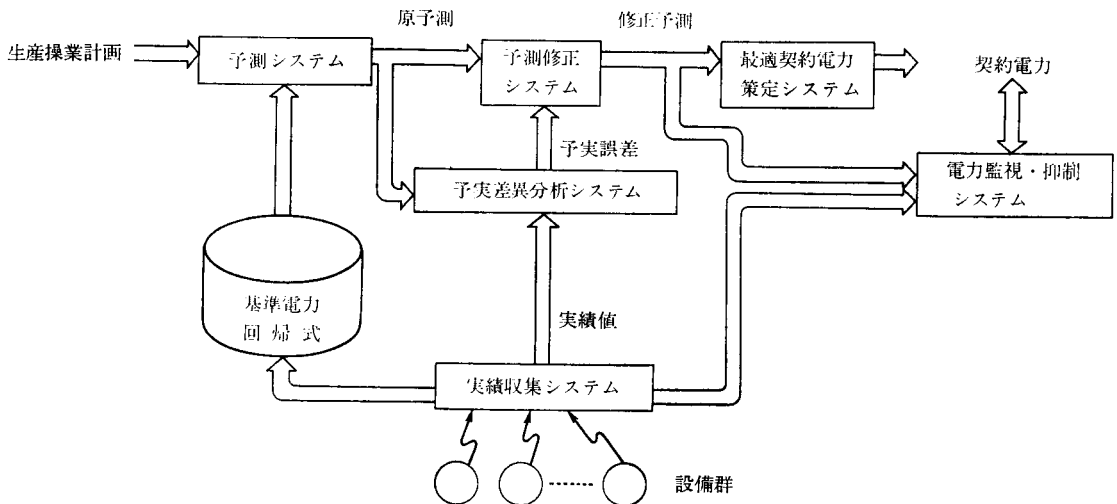


図 6.1 システム構成