UDC 621.311.1-192: 621.311.1.003

論文

55-B64

負荷予測を考慮した長期的観点からの信頼度と経済性との協調 (変分法による最適系統構成決定法)

正 員 村 山 康 宏 (釧路工専)

1. ま え が き

電力需要想定は系統計画および系統運用の基本になるもので、この需要想定の変否が電力供給の信頼性と経済性に及ぼす影響は極めて大きい。電力需要の動向は国によりまた地域によって異なり、現在置かれている経済的・社会的および技術的な諸情勢、ならびにこれらの将来の動向など多くの要因によって影響される。このため、的確な電力需要想定を行なうことは困難で、長期にわたるほど不確定要因も多くなり、その需要想定はますます困難になる⁽⁷⁾。

さて、電力系統拡充計画を立案する場合、この信頼性と経済性とは最も重要な要素である。筆者はこの観点からの電力系統拡充計画手法について種々検討を加えてみた⁽¹⁾⁽⁶⁾。文献(6)においては、ある特定年度における拡充計画手法について述べられており、また文献(1)においては、拡充計画全年度にわたっての設備増強計画手法について論じられている。このいずれの手法においても、負荷の推移は既知としてとり扱われていた。また、信頼度と経済性との協調の観点からの拡充計画手法としての立場から、この両者から成る評価関数の極値探索を実行して、その系統の最適拡充計画を立案している。また、この評価関数を信頼度と経済性との各値関数の線形結合であると仮定していた。そこで、今回、系統の負荷予測を考慮して、計画想定期間各年度に対する設備増強に及ぼす影響について考察し、更に、系統の評価関数を汎関数により算出しこの評価関数の極値探索を実行することにより系統の最適拡充計画を立案する手法を考案したので、ここに報告する。

2. 信頼度と経済性についての評価関数の提案

〈2・1〉 概 要 筆者は先に系統計画全年度を通じての系統構成決定方法について報告したが⁽¹⁾、本文においては、更に改良した系統構成決定方法について論ずる。

〈2・2〉 信頼度算定法の概要 多少まわり道の感じがしないでもないが、後の説明を容易にするために、信頼度算定法について概説する。

従来、電力系統信頼度算定法については、内外ともに種々の方法が提案され、それぞれそれなりに多大の成果を収めている。本文においては、著者の提案してきた信頼度算定法を用いている。この特長としては、負荷地点別の信頼度を算定することができ、従って、各負荷地点の信頼度を総計する事により、その系統全体の信頼度を算定することが可能である。以下、本文で用いられている信頼度算定法について述べる。第1図のモデル系統で代表させて考える。同図において、 l_0^1, l_0^2 は初期負荷とする。

さて、同図の各負荷の信頼度を算定するために、同図のネットワークをフローグラフに表現すると、第2図のようになる。図のフローグラフをもとに、電源、線路の事故の発生によって、各負荷の供給支障電力を文献(8)の手法により求めることができる。この手法

第1図 モデル系統

Fig. 1. Model system.

Long Period Coordination of Reliability and Economy by dint of Load Forecasting. By Yasuhiro Murayama, Member (Electrical Engineering Course, Kushiro Technical College).
村山康宏: 正員, 釧路工業高等専門学校

第 2 図 フローグラフ

Fig. 2. Flow graph.

の骨子は、最大フロー法を修正することにより、可能な限り初期負荷に応じて、供給支障電力を各負荷に比例配分させるといった算定方法である。このように、線路および電源の事故率を考慮した各負荷の信頼度を算定することができる。系統全体の信頼度は、各負荷の信頼度の総和を求めることによって得られる。本文においては、系統全体の信頼度とはこれを意味するものとする。なお、詳細については、文献(3)、(8)、更に、連系系統網の信頼度算定法については、文献(4)を参照願いたい。

〈2・3〉評価関数の定義 本文では、信頼性と経済性は相反するという仮定に基づき、電源建設および線路建設を行ない、これらの建設費が増加すると信頼度は大きくなるという立場にたっている。しかし、現実には多数小容量電源、線路計画を大容量化して信頼度を向上させる場合も少なくないが、この点については、本文では一応除外し、今後の検討に待つこととする。

さて、先の手法では、信頼度と経済性との評価関数をこれら両者の線形結合と仮定して、この範囲内において最適拡充計画を立案する方法について論じた。

しかし、本来この評価関数は信頼度と経済性の非線形関数であり、この非線形関数が決定されない限り真の意味での最適拡充計画を立案することはできない。

そこで、今回の評価関数を汎関数を用いて決定しこれによる評価関数について極値探索を実行することにより、最適信頼度を算出する手法を考察したので報告する。

なお、一般に長期間の電力系統の設備の経済計算においては、設備建設費のほかに毎年運用費も現価換算をして経済比較を行なっているが、本文においては、系統計画に主眼をおき、経済性については設備建設費のみを考慮した。しかし、設備の状況は運用費に与える影響が大きいので、今後この点も含めての系統計画について検討する予定である。

さて、前報⁽¹⁾と比較検討する意味で、可能な限り同一の表示(文字、添字など)を用いるものとする。

さて、第 i 年度の各負荷の信頼度を $r_1^i, r_2^i, \dots$ 、電源建設費を $g_1^i, g_2^i, \dots$ 、線路建設費を $t_1^i, t_2^i, \dots$ とする。また、電源建設費の現価換算係数を $\lambda_1^i, \lambda_2^i, \dots$ 、

線路建設費のそれを $\gamma_1^i, \gamma_2^i, \dots$ とすると、これらの建設費は $\lambda_1^i, g_1^i, \dots, \gamma_1^i, t_1^i, \dots$ となる。これら電源、線路の各建設費の拘束条件として、

$$\sum_{K=1}^{GM} \sum_{i=1}^N \lambda_k^i g_k^i + \sum_{j=1}^{tM} \sum_{i=1}^N \lambda_j^i t_j^i \leq C \quad (\text{定数}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum_{K=1}^{GM} \lambda_k^i g_k^i + \sum_{j=1}^{tM} \lambda_j^i t_j^i \leq E^i \quad (i=1 \sim N) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_{K=1}^L \sum_{i=1}^N r_k^i \leq D \quad (\text{定数}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

なる三つの式を採用すれば、(1)式は N 年度にわたる建設費拘束条件、(2)式は各年度ごとの建設費拘束条件であり、(3)式は信頼度に関する拘束条件を意味する。なお、同式で信頼度総和の下限も拘束条件とするのが厳密であるが、本文では一定の上限値をこえることができないという立場で考察している。前報と異なり、(2)式の各年度建設費拘束条件をも考慮していることに留意されたい。

既述⁽¹⁾のように、信頼度は設備建設費にも依存するので、上式の拘束条件は実際には線路と電源の建設費についての不等式として表現される。ここで、GM は電源地点の数、 tM は線路ルート数、 N は拡充計画の年度数、 L は負荷地点の数である。(1)式の C は全年度建設費の上限値であり、現価換算された全年度総建設費を意味する。また、(2)式の E^i は i 年度における建設費の上限値であり、更に、(3)式の D は全年度信頼度の上限値である。

さて、前報に準じて⁽¹⁾、信頼度価値関数を P 、建設費価値関数を Q とし、この P, Q からなる非線形評価関数を

$$A = U(P, Q) \quad \dots\dots\dots (4)$$

とおく。この関数 U の形態が重要であり、既報⁽¹⁾ではこの U を P, Q の線形結合と仮定して最適信頼度を算出した。

さて、(4)式の U を決定するために(以下、必要に応じて U の引数 P, Q を適宜省略する)、変数 P, Q の汎関数を用い、変分法により U を導出する。この場合、関数 $U(P, Q)$ の汎関数をいかに設定するか、またその関数の設定の物理的根拠が重要である。

さて、次の汎関数を考えよう。

$$J[U(P, Q)] = \iint_D \sqrt{(P - P_0)^2 + (Q - Q_0)^2 + (U - U_0)^2}^* + \left(\frac{\partial U}{\partial P} \right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial Q} \right)^2 dP dQ \quad \dots\dots\dots (5)$$

但し、 D は積分領域である。(5)式の右辺の被積分関数は“需要関数”の一種であり、後に考察する。

さて、(4)式において、非線形評価関数 U は、 P 、 Q によって決定されるが、経済学の教えるところにより、一般には $U(P, Q)$ は“効用の指標関数”と呼ばれているものである。本文では、 P は信頼度価値関数、 Q は建設費価値関数であり、この二因子 P, Q により“効用”が定まり、電力系統計画の立場からみると、 P, Q の“効用指標関数”の値が定まることにより、系統の効用が定量的に決定されるものと考えられる。なお、一般的に“効用関数”は $U(P, Q)$ の形態のみならず、 $[U(P, Q)]^2, \log[U(P, Q)]$ など存在するが、本文では(4)式の形に限定している。このように、電力系統の“効用”(需要者側および供給者側両面からみた)の極大値を算定することにより、系統構成を決定することは物理的に妥当であろう。

さて、この非線形評価関数 $U(P, Q)$ を算出するための汎関数を設定することの妥当性について、以下に考察しよう。 P, Q はそれぞれ信頼度、設備建設費によって、ある範囲にわたって分布している。著者はそれぞれ信頼度価値関数、建設費価値関数と定義した。 $U(P, Q)$ の形態を決定するためには、当然汎関数を導入しなければならないが、一つの方法としては統計的手法により、経験的に $U(P, Q)$ 曲面をみいだすことが考えられるが、この方法では $U(P, Q)$ を定量的にとらえることは困難である。

さて、経済学の教えるところにより、“平均市場需要関数”がある。この骨子は曲線 $f(\mu, a)$ が存在する場合に、平均市場需要関数 $\bar{q}(a)$ は、

$$\bar{q}(a) = \int_0^{\infty} q(\mu) f(\mu, a) d\mu \dots\dots\dots (6)$$

となる。 $q(u)$ は、ある収入についての個人需要関数である。(6)式は汎関数となるが、先に定義した(5)式の汎関数に適用してみると、(6)式の a は(5)式の評価関数 U に対応し、(6)式の μ は、 $(P-P_0)^2, (Q-Q_0)^2, (U-U_0)^2, (\partial U/\partial P)^2, (\partial U/\partial Q)^2$ の各項を含んだものに対応する。(6)式の $f(\mu, a)$ は変数 μ, a の任意関数であるから、(5)式のように設定してさしつかえない。(5)式において $(P-P_0)^2$ は信頼度価値関数についての評価の大きさを示し、 $(Q-Q_0)^2$ は建設費価値関数のそれを意味する。また $(U-U_0)^2$ は評価関数の大きさを意味する。更に、 $(\partial U/\partial P)$ は信頼度価値関数の評価関数に及ぼす効果を表わすものとみなせるから、この $\partial U/\partial P$ の大きいほど、電力系統に対する需要を大ならしめるものと考えられる。 $(\partial U/\partial Q)$ についても同様である。以上の考察により、汎関数を設

定することの妥当性が立証される。

さて、(5)式の汎関数の極値探索を実行しよう。

(5)式において、 $P \rightarrow x, Q \rightarrow y, U \rightarrow z$ とおけば、被積分関数は、

$$F\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right) = \sqrt{(x-P_0)^2 + (y-Q_0)^2 + (z-U_0)^2}^* \\ + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 \dots\dots\dots (7)$$

となる。変分法の教えるところにより、(5)式よりオイラー・ラグランジュの方程式は、次式のように表現することができる。

$$\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - z\right) \left\{x^2 + y^2 + z^2\right. \\ \left. + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2\right\} - x \frac{\partial z}{\partial x} - y \frac{\partial z}{\partial y} - z \\ \times \left\{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2\right\} - \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \\ - \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial y} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \\ = 0 \dots\dots\dots (8)$$

但し、(8)式においては、変数名 x, y, z は(7)式のそれらの変数名を改め $(x-P_0) \rightarrow x, (y-Q_0) \rightarrow y, (z-U_0) \rightarrow z$ と置き換えていることに留意されたい。なお、(8)式の解析解は求められないので、本文では数値解により求め、これにより関数 $z(x, y)$ においてははめるという手順をとる。

〈2・4〉 評価関数の数値解法 前項(8)式において、 z は独立変数 x, y の関数となる。

第3図に示すように、 $\delta x = h$ と $\delta y = k$ を辺とする同じ長方形の集りに分割し、代表格子点 V の座標 (x, y) を

$$x = ih \dots\dots\dots (9)$$

第3図 格子点

Fig. 3. Lattice point.

$$y = jk \quad \dots\dots\dots (10)$$

とする。但し、 i, j は整数である。点 V における z の値を、

$$z_v = z(ih, jk) = z_{i,j} \quad \dots\dots\dots (11)$$

とすれば、(8)式は結局次式のように変形される。

$$\begin{aligned} & \left\{ \left(\frac{z_{i+1,j} - 2z_{i,j} + z_{i-1,j}}{h^2} \right)^2 \right. \\ & + \left(\frac{z_{i,j+1} - 2z_{i,j} + z_{i,j-1}}{k^2} \right)^2 - z_{i,j} \\ & \times \left\{ (ih)^2 + (jk)^2 + z_{i,j}^2 + \left(\frac{z_{i+1,j} - z_{i,j}}{h} \right)^2 \right. \\ & + \left(\frac{z_{i,j+1} - z_{i,j}}{k} \right)^2 \left. \right\} - ih \frac{z_{i+1,j} - z_{i,j}}{h} \\ & - jk \frac{z_{i,j+1} - z_{i,j}}{k} - z_{i,j} \left\{ \left(\frac{z_{i+1,j} - z_{i,j}}{h} \right)^2 \right. \\ & + \left(\frac{z_{i,j+1} - z_{i,j}}{k} \right)^2 \left. \right\} - \left(\frac{z_{i+1,j} - z_{i,j}}{h} \right)^2 \\ & \times \frac{z_{i+1,j} - 2z_{i,j} + z_{i-1,j}}{h^2} - \left(\frac{z_{i,j+1} - z_{i,j}}{k} \right)^2 \\ & \times \frac{z_{i,j+1} - 2z_{i,j} + z_{i,j-1}}{k^2} - 2 \frac{z_{i+1,j} - z_{i,j}}{h} \\ & \times \frac{z_{i,j+1} - z_{i,j}}{k} \\ & \times \frac{z_{i+1,j+1} - z_{i,j+1} - z_{i+1,j} + z_{i,j}}{kh} \\ & = 0 \quad \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

となる。(12)式から明らかなように、 $z_{i,j}$ は、各格子点についての連立方程式を解くことによって決定される。この場合、演算中の誤差成長に関しては、本文では行列の固有値を監視することによって検討しているが、これに関しては別の機会に論ずることとする。また(12)式における矩形幅 h, k の取り方により、解の収束に要する時間に差があるが、この点についてはここでは省略する。

以上の手順により、最適信頼度が決定される。

3. 最適信頼度を満足する系統構成の決定方法

〈3.1〉 概要 本章では、負荷予測により拡充計画全年度にわたる各負荷の推移と、それに対応しての発電ユニットの建設時期とその容量とを決定し、その結果最適信頼度を満たす線路構成の決定手法について詳述する。

〈3.2〉 単独系統構成問題

(a) 負荷予測法 電力系統計画の立案において系統計画全年度を通じて、需要にみあう設備をつくる

ためには、負荷予測が適切に行なわれなければならない。

さて、系統の負荷予測法については、内外ともに種々の予測方法が提案されているが、本文では年最大電力の予測により系統計画を立案するものとする。

さて、この年最大需要電力の予測方法であるが、これには、その時点での経済情勢など複雑な要因を考慮しなければならないが、特に経済が安定し産業構造の変化がさほどはげしくない場合を想定し、時系列的な予測方法により年最大需要電力を決定する。この場合、

$$w_i = m_i \times t + n_i \quad \dots\dots\dots (13)$$

($i=1 \sim NP$, NP : 負荷総数)

なる予測モデルによって負荷を決定する。但し、 t は年度である⁽²⁾。(13)式で係数 m_i, n_i は最小2乗法により決定され、推定係数と呼ばれているものである。

(b) 電源建設地点での決定方法 前報⁽¹⁾においては、電源建設地点は入力データとして与えられたが本文ではこの建設地点の決定方法についても考察するものとする。

まず、発電可能量合計値は、(13)式から決定される負荷の総和に対する予備容量を加算したものととして各年度ごとに与える。

さて、第4図の系統は初年度の状態および2年度への推移を示すものとする。同図において、電源グループは G_1, G_2 の2個に、負荷グループは L_1 の1個に推移したものとする。このグループの検出方法が重要であるが、以下この点について考察しよう。

既報⁽¹⁾においては与えられた電力回路網について、これを等価なネットワークにおきかえ、最小カットを求めることにより、1個の電源グループと1個の負荷グループから成るとして、この場合についての線路決定問題としてとらえてきた。しかし、例え単一系統網といえども負荷成長の地域的偏在を無視できず、また

第4図 初年度および2年度の系統状態

Fig. 4. First and second year state of network.

第 5 図 単独系統網とその発生グループ

Fig. 5. Simple network and each group.

連系系統網の場合には、更にこの影響が顕著である。

さて、第 5 図の系統で代表させて考えよう。同図の系統において、電源地点は 5 か所、負荷地点は 7 か所、線路は 15 ルートとする。 $g_1 \sim g_4$ を発電可能量とし、 $l_1 \sim l_7$ を初期負荷容量、 $t_1 \sim t_{15}$ を線路容量とする。

そこで、電源グループと負荷グループの決定手順であるが、まず、グループフロー法⁽³⁾により、第 5 図の系統を電源グループと負荷グループに分割する（グループフロー法では供給余剰グループ、供給支障グループという名称を用いた）。この結果、同図の破線で示すようなグループが発生したものとす。

同図において、 G_1, G_2 は電源グループであり、 L_1, L_2 は負荷グループを意味する。電源グループは必ずしも電源のみから構成されておらず、また、負荷グループは必ずしも負荷のみから構成されているものではないことに留意されたい。既報⁽¹⁾においては、電源グループ、負荷グループ共に 1 個である場合を考察している、この両グループのノード間の完全接続形成ブランチ容量を未知数とする一般化逆行列を用いて、建設線路容量を比較的容易に決定できたが、本文第 5 図のように比較的小規模の系統でも、各グループ（電源、負荷グループ）がそれぞれ複数個となると、問題は一層複雑になる。

さて、第 5 図の系統における電源余力を $\Delta g_1 \sim \Delta g_4$ とし、負荷需要の残余分を $\Delta l_1 \sim \Delta l_7$ とする。ここで

$$\Delta G = \sum_{i=1}^4 \Delta g_i \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\Delta L = \sum_{j=1}^7 \Delta l_j \quad \dots\dots\dots (15)$$

において、 $\Delta G \neq 0, \Delta L \neq 0$ とする。

但し、ここでは送電損失は無視する。しかし、運用費を考慮する場合には、送電損失も含めて極値探索を実行しなければならない。

さて、 $\Delta G = 0, \Delta L = 0$ ならば、電源、負荷共に過不足なく平衡を保っている、考察の対象とはならない。 $\Delta G \geq (1+\alpha)\Delta L$ (α は予備率) を満たしているならば、電源増設（含新設）は不必要で、線路増設（含新設）によって需要を満たせばよいとみなす。この場合については、次項において述べる。 $\Delta G < (1+\alpha)\Delta L$ の場合は、系統全体として発電量不足の状態であるから、電源増設が必要である。

さて、電源増設地点を 2 か所とすると、第 5 図の系統において、負荷グループ L_1, L_2 に電源増設を行えばよい。グループ L_1 に 1 か所、 L_2 に 1 か所とすれば、 L_1, L_2 の負荷需要残余分を満たすことができる。この場合、 L_1 内の電源増設方法は 4 とおり、 L_2 内のそれは 3 おりとなり、かつ増設電源の交換を考慮すると、 L_1 内の増設電源と L_2 内の増設電源とを入れかえる場合も考慮すれば、総計 14 とおりの電源増設方法がある。そこで、この 14 とおりの増設方法に対して、最大負荷需要残余分が供給される地点に電源を増設すればよい。第 5 図の系統の場合は、負荷グループの数と電源増設地点の数とが同一であるから、この方法によって負荷需要残余分を吸収できるが、一般には電源増設のみでは負荷需要残余分を吸収することはできない。

第 6 図は電源グループ 3 個、負荷グループ 6 個から成る単独系統網である。電源建設地点の数を 2 か所と仮定すれば、負荷需要残余分を吸収できる負荷グループの数は 2 個となり、残り 4 負荷グループは負荷需要残余分が解消されないままである。従って、この場合は線路増設も行なわれないう全負荷グループにおける需要は満足されない。電源建設地点の決定は、これにより負荷需要残余分を最も多く吸収できる負荷グループに行なうものとする。

第 6 図 電源グループと負荷グループ

Fig. 6. Source groups and load groups.

第 7 図 電源グループ 1 個，負荷グループ
複数個から構成される単独系統

Fig. 7. Simple network which is composed of both one source group and many load groups.

(c) 線路建設地点の決定方法 前項(b)の手法により，電源建設地点を決定できるので，本項では線路建設地点の決定方法について考察する。最も単純な場合は，電源グループ，負荷グループ各 1 個から成る系統網については，既報⁽¹⁾の〈3・2〉節で考察されている。

次に，電源グループが 1 個で負荷グループが複数個の場合について考察しよう。第 7 図の系統で代表させて考える。

第 7 図において，電源グループは G の 1 個，負荷グループは L_1, L_2, L_3, L_4 の 4 個とし， G に属するノード数を 7， L_1 に属するノード数を 7， L_3 に属するノード数を 5 とする。同図において各グループを切る既設の線路を $\tau_{1,8}, \tau_{2,9}, \tau_{7,17}, \tau_{14,16}, \tau_{21,22}$ とする。

さて，同図の系統において，ある年度における最適信頼度値は評価関数の極値探索から決定されているので，この値を満たす線路構成を実現すればよい。

さて，求めるブランチ容量を d_k ($k=1 \sim k_{\max}$) とし，各負荷の最適信頼度を r_i ($i=1 \sim np$) とすれば次の連立方程式が成立する⁽¹⁾。

$$r_i = f_i(d_1, \dots, d_{k_{\max}}) \quad (i=1 \sim np) \quad \dots (16)$$

但し，(16)式の f_i は信頼関数， $k_{\max}$ はブランチ番号の最大値， np は負荷地点の数である。なお，この解法の詳細については文献(1)を参照願いたい。

第 8 図のネットワークは，第 7 図の系統におけるグループ間ノードのブランチ接続状態を図式化したものである。第 8 図において， $B_{g,1}$ は電源グループ G と負荷グループ L_1 とのノード間の完全接続集合を意味し，以下 $B_{g,2}, B_{g,3}, B_{g,4}$ を定義することができる。(16)式の未知数 $d_1 \sim d_{k_{\max}}$ は第 8 図のブランチ集合 $B_{g,1} \sim B_{g,4}$ を用いて，一般化逆行列の手法により決定

第 8 図 グループ間のブランチ群

Fig. 8. Branch assembly among groups.

第 9 図 電源グループ複数個で負荷グループ
1 個の系統

Fig. 9. Network of many source groups and one load group.

することができる。

電源グループが複数個で負荷グループが 1 個の場合は第 9 図のようになるが，この場合も同様の手法で考察をすすめることができる。

〈3・3〉 連系系統構成問題 連系系統網の場合も負荷予測と発電可能量合計値は前述〈3・2〉節の手法を準用することができる。単独系統構成問題と同様の観点から各系統各負荷の最適信頼度を算出し，これを満足する系統構成計画を立案することができるが，詳細についてはここでは省略する。

4. モデル系統に関する計算例および検討

既報⁽¹⁾との比較のため，文献(1)のモデル系統について考察するものとする。この系統で計画年度は 10 年とし，初年度における系統要素の値は文献(1)の第 8 図を参照願いたい。負荷 $A \sim G$ の初年度における値は第 1 表に，また負荷地点は第 10 図に示す。この値が 2 年度以降の負荷測値を得るための入力データとなる。なお，文献(1)の負荷推移と比較するため，この入力データを既報⁽¹⁾の第 1 表の初年度の値を用い

第 10 図 系統負荷

Fig. 10. System loads.

注：2重丸印は電源建設地点，
数字は電源建設年度，
破線は線路拡充ルート

第 11 図 最適拡充計画

Fig. 11. Optimum expansion planning.

第 1 表 負荷入力データ

Table 1. Load input data.

	A	B	C	D	E	F	G
負荷	120.7	55.0	89.5	103.8	74.2	132.9	47.5

第 2 表 負荷予測値

Table 2. Load forecasting values.

*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	128.3	146.5	151.9	171.4	180.1	188.4	212.0	214.4	227.4
B	56.8	64.5	72.8	74.2	79.2	91.3	98.3	104.1	106.7
C	99.2	110.1	118.7	134.0	147.1	150.4	159.3	167.2	182.1
D	109.9	122.0	130.9	143.6	155.0	176.6	190.0	196.8	213.8
E	78.9	87.6	93.8	102.0	110.1	116.8	126.7	137.3	142.4
F	143.0	159.6	171.5	180.0	192.5	221.8	221.8	234.1	247.3
G	48.2	54.0	57.9	65.5	70.9	71.5	80.4	86.1	92.9

*：年度欄

第 3 表 新設電源容量

Table 3. Construction source capacities.

2 年度	4 年度	6 年度	8 年度
163.1×1	70.3×2	116.7×1	70.3×1

た。

次に、第 2 表は次年度以降の負荷予測値である。

また、電源建設地点および線路建設ルートは第 11 図のように決定され、電源容量は、第 3 表のようにな

第 4 表 最適信頼度

Table 4. Optimum reliabilities.

*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0.153	0.143	0.141	0.132	0.141	0.139	0.142	0.131	0.143	0.148
B	0.179	0.161	0.162	0.165	0.162	0.160	0.161	0.161	0.166	0.164
C	0.152	0.155	0.149	0.155	0.151	0.159	0.155	0.142	0.152	0.157
D	0.146	0.142	0.142	0.140	0.148	0.142	0.143	0.143	0.143	0.152
E	0.167	0.160	0.160	0.164	0.150	0.150	0.160	0.152	0.160	0.159
F	0.152	0.149	0.153	0.142	0.156	0.151	0.152	0.146	0.144	0.143
G	0.190	0.189	0.182	0.181	0.183	0.181	0.183	0.171	0.175	0.174

*：年度欄

第 5 表 建設費上限値

Table 5. Construction cost upper limit.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.15	0.2	0.2	0.2	0.25	0.2	0.2	0.15	0.2	0.25

注：単位千億円

る。

このモデルシステムについての最適信頼度は第 4 図に示す。

なお、第 4 表に示す最適信頼度は、第 2 章で述べた評価関数の数値解法により信頼度価値関数が求まりこの結果最適信頼度が決定される。

以上の計算結果より、次の点を指摘することができ。本文の手法による最適信頼度は、既報⁽¹⁾によるその値とはほぼ同一であり、得られた傾向も文献⁽¹⁾の傾向とおおむね等しい。負荷の推移については、本文では初年度負荷を初期値として、傾向線から次年度以降の負荷予測を行なって各年度の負荷を決定しているので、文献⁽¹⁾の負荷の推移とはやや異なっているが、大体同一の上昇傾向を示しており、その結果が最適信頼度算定にも反映されている。

本手法によって、新設電源容量は文献⁽¹⁾と同様になったが、4 年度における電源地点の一方が文献⁽¹⁾のそれとは異なる結果になった。この理由は、本文では複数個の電源グループと負荷グループとの観点から考察しているためと判断できる。

次に線路建設地点については、3 年度における建設ルートの一つが文献⁽¹⁾と異なるルートが選定されている。負荷の推移がほぼ同一であれば、新設電源線路容量は等しく、建設地点の位置とルートが若干変わることが判明した。本文では、建設費上限については、全年度と各年度とから設定し、信頼度上限値については全年度全負荷についての総和に設定した。第 5 表は建設費上限値を示す。但し、全年度総建設費は 2 千億円とする。また総信頼度上限値は 70 p. u. として計算を実行し、増設線容量は各年度同一で 204 MW/回線とした。

5. む す び

以上で、電力系統の最適信頼度算定法と最適拡充計画法を述べた。なお、前論文(1)を改良して得られた利点は次のとおりである。

(i) 系統に需要関数を導入することにより、変分法を適用して評価関数を求め、これにより、系統構成の決定と信頼度の評価を行なっている。これにより、前論文で評価関数を線形関数と仮定する必要がなくなり、より現実性のある系統構成を決定できる。

(ii) 負荷予測をも考慮して系統計画を立案している。

(iii) 負荷成長の地域的偏在も考慮できるように手法の改良を行なったので、特に連系系統網の解析に効果を発揮できる。

(iv) 電源建設地点についても考察されている。

(v) 以上の点より、電力系統計画を多角的に行な

うことができる。

今後の課題として、一般化逆行列の高速算定法、系統運用を考慮した信頼度算定法などが残されている。なお、本研究の一部は、昭和 54 年度文部省科学研究費補助(一般研究D:課題番号 465103)により行なわれ、また、計算には、北海道大学大形計算機センター FACOM 230/75 および HITAC-M 180 を使用したことを明記する。

(昭和54年10月29日受付, 同55年4月28日再受付)

文 献

- (1) 村山: 電学論B, 99, 355 (昭 54-6)
- (2) 関根: 電力系統工学 (昭 51-6)
- (3) 村山: 電学論B, 92, 250 (昭 47-4)
- (4) 村山: 同上B, 95, 1, 41 (昭 50-1)
- (5) 例えば, A. D. ホール: システム工学方法論, 217(昭 46-6)
- (6) 村山: 電学論B, 97, 6, 345 (昭 52-6)
- (7) 宮田: 電力系統の計画と運用, 375 (昭 45-2)
- (8) 村山: 電学誌, 91, 674 (昭 46-4)