配電系統の接続変更手順決定方法

正員 青木 兼一 (広島県立大)

正員 奈良 宏一 (広島大)

正員 佐藤 泰司 (広島大)

A Re-Configuration Algorithm for Distribution Systems

Kenichi Aoki, Member (Hiroshima Prefectural University), Koichi Nara, Member, Taiji Satoh, Member (Hiroshima University)

Recently, sectionalizing switches have been coming to be operated by remote control through the distribution SCADA system. However, the problem of determining the optimal switching sequence is a combinatorial optimization problem, and is quite difficult to solve. Hence, it is imperative to develop practically applicable solution algorithms for this problem. Several efficient algorithms have been developed for finding approximate solutions to such problems. These algorithms create a new arbitral distribution system configuration from an initial configuration, and some of these algorithms do not show a load transfer sequence to reach the objective system. Especially, there exists no systematic algorithm which shows the load transfer sequence from an emergency temporary system configuration to get back to the normal operation system. Therefore, another algorithm is necessary to find the load transfer sequence when the initial and the objective system configurations are known. Such an algorithm is proposed in this paper. The proposed algorithm finds the sub-optimal load transfer sequences based on a primal and dual effective gradient method. Several numerical examples show that the proposed algorithm is valid and effective for real scale distribution systems.

キーワード：配電系統，負荷切換え，系統操作，区間開閉器，作業停電，有効こう配法

1. ま え が き

近年，配電系統操作自動化に伴い，事故時や作業停電時の負荷切換え手順決定のための種々のアルゴリズムが提案されてきている^{(1)~(12)}。これらのアルゴリズムは電流量制約や電圧降下制約のもとで，ある系統構成から，制約条件を満足しかつ操作目的を満足する任意の系統構成（何らかの目的関数を最小化する場合もある）を求めようとするものであり，一般に組合せ最適化問題になっている。ところが，例えば事故時や作業停電時の過渡的な系統構成を，事故前または作業停電前の系統へ切戻す場合には，現状の系統構成と目標とする系統構成が明確になっており，かついずれの系統においても制約違反が発生しないことが知られて

いる。このような場合には，開閉状態に変化のある開閉器だけの操作により，上記のような複雑な切換えアルゴリズムによるよりも簡単に目標系統へ切換えることができるはずである。もちろん切戻し操作は，切換え操作の逆順で開閉操作を行うことにより可能なことが多い。しかし，切換え時と負荷状態が変わってしまっている場合などには，移行途中に制約違反が発生することがある。また，例えば損失最小の系統構成を求めるアルゴリズムなどで，最終の系統構成だけを与え，移行手順を与えないアルゴリズムもある⁽⁶⁾。本論文で提案するアルゴリズムは，このような場合に，できる限り“状態変化のある開閉器（スイッチ）”だけを操作して，現状系統から目標系統への移行手順を決定するアルゴリズムである⁽¹³⁾。組合せ的解法を用いた同

様の切換手順決定アルゴリズムは、既に一部で実用に供されているが、本手法のような制約違反解消を含む高速かつ組織的な手法の報告はまだない。

提案する手法では、初期状態と目標状態でスイッチの状態 (ON/OFF) を変更しなければならないものの数を「移行距離」として定義し、移行距離をループ負荷切換えによって、0 まで減少させて系統構成を変更する。移行途中に制約違反の発生がなければ最小操作回数は移行距離に一致する。もし、途中で制約違反が発生する場合には、有効こう配法⁽¹⁴⁾ の概念を用いて、最も効果のある負荷のフィーダ間持換え (移行距離が増加する) を行い、制約違反の発生を防いで系統構成変更を行っている。

以下、第 2 章では配電系統における開閉器操作ならびに操作時の制約について体系的に整理している。次に、第 3 章では本論文で扱う問題を説明し、第 4 章では過渡的に制約違反を許す場合の接続変更手順決定アルゴリズム、第 5 章では制約違反の発生を認めない場合のアルゴリズムについて説明している。更に、第 6 章では例題によって本手法の検証を行っている。

2. 配電線区間開閉器の基本操作

〈2・1〉 区間開閉器操作 配電線区間開閉器の操作は、通常、次のような目的で行われる。

- (1) 平常時
 - (i) 損失最小化または信頼性向上のための変圧器 (またはフィーダ) 間負荷切換え
 - (ii) 作業停電操作 (負荷切換えおよび切戻し)
- (2) 緊急時
 - (i) 事故区間除去操作
 - (ii) 事故時負荷切換え操作
- (3) 復旧時
 - (i) 復旧時負荷切戻し操作

これらの操作は、区間開閉器の開閉によって行われる。基本的な開閉器操作は開か閉のいずれかであり、開閉操作を行うときの開閉器両端の状態により、図 1 に示すように以下の四つの操作に分類される。

- (a) ループ投入 (両端電源あり：閉)
- (b) ループ開放 (両端電源あり：開)
- (c) 充電または受電 (片端電源ありかつ片端電源なし：閉)
- (d) 停電 (片端電源ありかつ両端充電あり：開)

一般の操作は、これら 4 種類の操作の組合せでなされる。操作の優先順位は通常、原則的に (b), (c), (d), (a) の順序である。優先順位とは、上記 4 種類の操作を同時に実行しなければならないと仮定するな

図 1 配電線区間開閉器の基本的な操作
Fig. 1. Basic operations of sectionalizing switch.

らば、ループ開放を最初に実施するという意味である。なお、(c) と (d) の操作優先順は状況により異なる。

区間開閉器はその構造上、少なくとも片端に充電がなければ操作できず、両端ともに充電がなければ“開”の状態を保持するようになっている。なお、「充電あり」とは開閉器の当該端に単に電圧があることを意味し、「電源あり」とは開閉器の当該端の延長上に電源が接続されていることを意味している。

〈2・2〉 操作時の制約 異系統間の負荷切換えは、これを考慮しないものと仮定すると、以下の制約を満足して区間開閉器の操作を行わなければならない。

- (1) 一瞬時一操作
- (2) フィーダ保護のため一監視系統に指定された数以上のループを作ってはならない
- (3) 電流量制約および電圧降下制約を満足する
- (4) 事故区間を充電してはならない
- (5) その区間の停電を目的とする場合を除いて、充電区間を停電してはならない

上記制約のうち、(1) 項は現状の遠方監視制御装置の構造に起因する制約である。

3. 接続変更手順決定問題

いま、図 2 の例を考えよう。(a) 図は現在の系統構成である。この構成から区間 #i を作業停電したいものと仮定しよう。(b) 図は、変圧器 ($Tr. 2$) の電流量を考慮して適当な方法で得られた、区間 #i を作業停電した後の系統構成を示している。もし、(b) 図の系統構成を求めるときに (a) 図からの移行操作手順が与えられていれば、その手順に従って、開閉器操作を行えばよいが、現在提案されているすべてのアルゴ

図 2 部分システムへの分割
Fig. 2. Division of distribution system.

リズムが必ずしも移行の操作手順を与えるとは限らない。本論文の目的は、このような場合に初期システム構成から目標システム構成へ、フィードの電流容量および電圧降下の制約条件に違反することなく移行するための開閉器操作手順を決定するアルゴリズムを与えることである。対象配電線を国内で一般に採用されている常時開放形ループ配電システムとするならば、その特徴から、以下のことを仮定できる。

〔仮定 1〕 初期システム構成および目標システム構成は、いずれも制約違反のない木 (Tree) 構造である (説明の便利のために、以下、前者を「初期木」、後者を「目標木」と呼ぶことにする)。

〔仮定 2〕 一フィードの木構造は、幾つかの部分木 (Sub-tree) に分離可能であり、初期木と根 (フィード引出口) が同じ部分木では、制約違反は発生しない。

なお、以下の議論では、区間負荷は力率 1.0 で平等分布の定電流負荷であり、また配電線インピーダンス

図 3 部分システム負荷の切換え
Fig. 3. Load transfer via a loop.

による位相の遅れも無視できるものと仮定している。この仮定は必ずしも、実際とは一致しないが、現状では区間負荷の予測自体が困難なことから、予測負荷の大きさに思い切った割り切りがあることを考えると、十分満足できる仮定である。

4. 過渡的な制約違反を認める場合の移行手順決定アルゴリズム

通常の負荷状態では、ほとんどの開閉器操作において次のような仮定が成り立つ。

〔仮定 3〕 制約違反がない複数の同一システム内のフィード (木構造) を接続してループにしても制約違反の発生はない。または、もし仮に発生したとしても過渡的にこれを許す。

〔仮定 1〕, 〔仮定 2〕ならびに〔仮定 3〕を許すと、〈2・2〉節の操作制約も考慮して、基本的に以下のような方針で初期木から目標木へ移行可能になる。

(1) まず、初期木で開になっている開閉器の集合 S_i と目標木で開になっている開閉器の集合 S_0 との全体集合 $S (= S_i \cup S_0)$ で、全体システムを部分木に分割する。次に、これの接続を初期木の状態から目標木の状態へ変更する手順を見いだすことにより接続変更手順を決定すればよい。例えば、図 2 で初期木を (a) 図、目標木を (b) 図のように表すとき、(c) 図のようにシステムの分割を行う。なお、ここで、開スイッチの数、すなわち S の要素数が移行距離である。

(2) 仮定から、もし初期木の部分木になっている目標木 (A) があり、その不足部分の全部または一部 (B) を先端にもつような別の目標木またはその部分木 (C) があるならば、図 3 に示すように、両者をいったんループに接続し、部分木 (B) を (A) から (C) へ移行しても、全体手順で制約違反は発生しない。

(3) システム保護の観点から多くのループが存在することは望ましくないので、(2) の操作条件を満たすものがある限り一部分木ごとにループ切換えを行う。

(4) (3) 項の操作の後、単一ループでは仮定の範

図 4 多重ループを必要とする負荷切換え
Fig. 4. Load transfer which requires multiple loop.

図 5 制約違反を考慮しない部分負荷
切換え手順
Fig. 5. Load transfer when no constraint violation occurs.

圈内で制約違反が発生しないことが保証されないようなケースが発生した場合には、[仮定 3]を満足するまで多重ループを構成してから、部分木の移行を行う。例えば、図 4 において、図 4(a)の初期木から(e)の目標木まで、順に、単一ループだけで移行しようとする場合、図 4(c)の過渡的木構成の①、③、④からなる木構造は、初期木にも目標木にも、またその部分木にも一致せず、この状態で制約違反が発生しないという保証はない。

(5) (3), (4)項の操作を繰返した後、最後に、初期木で充電されていない部分木を目標木に接続

して操作を終了できる。初期木で充電されていない区間を除き、(3), (4)項の操作で、必ず初期木から目標木へ移行できることは、初期木で、いったんすべての開閉器を閉として多重ループを作り、順次、目標木に一致するように必要な開閉器を開としていっても[仮定 1]～[仮定 3]により許されない制約違反が発生しないことから明らかである。

以上の手順をまとめると、図 5 に示す流れ図のように全体のアルゴリズムを描くことができる。

5. 制約違反を認めない場合の移行手順決定アルゴリズム

〈5・1〉 制約違反の発生と処置 通常、フィードには十分な余裕をもたせてあるため、ループ電流が重畳されても制約違反が発生することはない。しかし、重負荷状態においては、ループ電流の重畳により過負荷または電圧降下制約違反が発生する可能性がある。すなわち、第 3 章の[仮定 3]の前半が必ずしも成立しないことがある。特に、事故時の過渡的な系統構成ではこのような状況が考えられ、ループ構成時に制約違反の発生がないか否かを確認する必要がある。

また、保護の観点から、ループの数を制限すると第 4 章の操作によっても、負荷切換え途中において制約違反が発生することがある。特に制約違反が発生する可能性があるのは、以下の場合である。

- (i) 2 フィードでループを構成したとき。
- (ii) 多重ループを構成したとき。
- (iii) 多重ループを構成中にその一つを開放したとき。

負荷切換え途中の過負荷については、過渡的であるので常時の制約よりはゆるい制約(例えば 30 分定格)を用いるのが普通である。このような制約によっても制約違反が発生する場合には、移行距離による負荷の移行は困難であり、いったん負荷を別のフィードに持換えなければならない。負荷の持換えにあたっては、制約違反解消に必要な持換え負荷量、ならびに持換えるべきフィードを決定しなければならない。以下、これらの決定方法について説明する。

〈5・2〉 制約違反量の計算 第 3 章の区間負荷に関する仮定から、放射状配電線の任意の構成における各区間電流ならびに電圧は次式から計算できる。

$$I_{il} = a_{il}/2 + \sum_{k \in J_{il}} a_{ik} \dots \dots \dots (1)$$

$$V_{ie} = \sum_{k \in T_e} I_{ik} Z_{ik} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 I_{il} : フィード i の l 区間を流れる電流、 a_{ij} : フィード i 区間 j の負荷電流、

z_{ij} : フィーダ i , 区間 j の線路インピーダンス, J_{il} : フィーダ i の区間 l より木の葉側にある区間の集合 (l を含まない), T_e : 区間 e から母線までの木の幹上にある区間の集合, V_{ie} : フィーダ i , 区間 e での電圧降下

なお、並列コンデンサの設備がない系統では、電圧降下違反は放射状フィーダの末端部で、電流容量違反は、変圧器、フィーダ出口ならびにフィーダ径が小さくなる部分でのみ監視すればよいことに注意しよう。

一方、木構造系統における負荷切換えは、負荷の瞬時停電を避けるために、ループ切換えによって行われる。よって、負荷切換え時の各区間の負荷電流は、負荷切換え以前の値がわかっているならば、まずループ電流を回路に重畳し、続いてループを切断したときの切断スイッチの通過電流を逆向きに回路に重畳することによって(1)、(2)式によらずとも容易に計算できる。ループ電流はテブナンの定理から(3)式で計算できる。

$$I_{loop} = (E_k - E_l) / (X_{kk} + X_{ll} - 2X_{kl}) \cdots \cdots (3)$$

ただし、 I_{loop} : 区間 k と区間 l を接続したときのループ電流, E_i : 区間 i 側のスイッチ端子電圧, X_{ij} : インピーダンス行列の ij 要素

なお、ループが単独の場合には、(3)式右辺の $(X_{kk} + X_{ll} - 2X_{kl})$ はループを構成する区間のインピーダンスの和に等しく、インピーダンス行列によらずとも容易に計算できることに注意されたい。

ループ時ならびにループ開放時の電流変化分から、電圧の変化分も(4)式で容易に計算できる。

$$V_{e,new} = V_{e,old} + \sum_{j \in T_e} z_{ij} \Delta I_{ij} \cdots \cdots (4)$$

ただし、 $V_{e,new}$: 電流変化後の区間 e の電圧, $V_{e,old}$: 電流変化前の区間 e の電圧, ΔI_{ij} : フィーダ i , 区間 j の電流変化量

以上の各式から、負荷切換え後の制約違反量を容易に計算可能である。

(5・3) 負荷の持換え フィーダ間の負荷の持換えとは、初期木または目標木よりも大きい木を作って他のフィーダの負荷を持換えることである。基本的には、図6(a)のようにフィーダ間で相互に部分負荷の交換を行う場合の過渡的な状態と、図6(b)のようにループ時に制約違反が発生するとき、それを解消するために過渡的に部分負荷を他のフィーダに移行する場合とがある。前者では、制約違反のないフィーダどうしとともに違反が発生しないように負荷の持換えを行わなければならない。また、後者の場合は、違反のあるフィーダ(ループ)の制約違反を解消し、かつ別の

図 6 負荷の持換えパターン
Fig. 6. Patterns of load transfer.

フィーダに新たに制約違反を発生させないように負荷の持換えを行わなければならない。

フィーダ間の負荷の持換えは系統を複雑にしないように、原則として第4章(1)の開スイッチ集合 S で分離される部分木(部分系統)単位で行う。部分系統単位による持換えが困難な場合に限り区間単位の持換えを行う。なお、違反解消時に限り、多段切換え二段までの違反解消操作を許している。また、保護の観点からループの多重度は二重までに制限している。

(1) 制約違反がない場合の持換え[図6(a)の場合] この場合は、一般に持換えるべき部分負荷と持換え先が知られているので、両フィーダに違反が発生しなければループ切換えを行うことができる。もし、この持換えの結果、制約違反が発生する場合には、ループが一重のときは二重ループによる持換えを試みる。既に二重ループが構成されていれば他のフィーダへの持換えを試みなければならない。持換えは、持換えるべき部分負荷に接続があるフィーダのうち、その負荷を持換えた後の主有効こう配が最大のフィーダへ当該負荷を移行することによって行う。主有効こう配 l は、制約が二つの場合の例である図7を参照して次式で定義する。

$$l = L/Q \cdots \cdots (5)$$

ただし、 Q : 部分負荷持換え後、負荷が増加したフィーダの各監視点の電流電圧を表すベクトルを延長して最初に監視制限値に至るまでの原点からの距離, L : 上記ベクトルの先端から最初に監視制限値に至るまでの距離

図 7 主有効こう配
Fig. 7. Primal effective gradient method.

図 8 双対有効こう配
Fig. 8. Dual effective gradient method.

(2) ループ時に制約違反が発生する場合の負荷の持換え[図 6(b)の場合] 一般的に、複数の制約違反が発生しているものと考えよう。この場合、他のフィードに制約違反を発生させないように、できる限り小さい部分負荷を持換えることによって多くの制約違反を解消したい。なお、持換え可能な部分負荷はループ上にあるものではなく、ループから出ている枝に限られる。

(i) 持換えるべき部分負荷の選択 できる限り移動する負荷量が小さく、また制約違反の解消量が大い部分負荷の移動が望ましい。そのため、次の双対有効こう配 r を定義し、これが最小となる部分負荷を移行する。

$$r = (H_j + \beta) a_j \dots \dots \dots (6)$$

ただし、 a_j : 部分負荷の大きさ、 H_j : 部分負荷を移行したときの違反残量 (図 8 参照) ($H_j = 0$ if $H_j < 0$)、 β : $H_j = 0$ のとき a_j の大きさを比較するための十分小さい定数 (0.001 程度)

(ii) 持換えフィードの選択 ここで、(3)式で決定された部分負荷を持換えてもらうべきフィードを決定しなければならないが、これは、(2)式により(1)項と同様の方法で選択できる。

〈5・4〉 解法アルゴリズム 以上の議論から、解法アルゴリズムを図 9 の流れ図に示すようにまとめることができる。

図 9 では、まず制約違反を生ぜずに、第 4 章の方法で負荷移行が可能な部分負荷を先に移行する。もし、制約違反を発生する部分負荷移行が残る場合には、発生する違反量最大のループ候補から順に部分負荷単位の持換えによる移行を行う。違反量最大とは、図 8 の $|R_j| = h_j + H_j$ 最大を意味している。通常、相当複雑な負荷移行においても、ここまでの処置で移行が終了するが、もし以上の手順によっても制約違反が解消しな

図 9 制約違反を認めない場合の移行手順
決定アルゴリズム

Fig. 9. Load transfer in which constraint violation occurrence is avoided.

い場合には、双対有効こう配法による制約違反解消アルゴリズム⁽¹⁾によって区間単位の負荷移行を行う。これによっても制約違反が残る場合には、いったんこの部分負荷移行を中止し、他の部分負荷移行を先にを行う。もし、すべての部分負荷移行が失敗に終れば、この負荷移行は本手法では不可能ということになる。

なお、以上の手順の途中において、同一の部分負荷をいったん他フィードへ移行した後、再度元の位置に戻すようなむだな負荷移行手順が求められる場合には、先の操作を行わないように手順を修正している。

6. 数 値 例

図 10 に示す 4 変圧器、6 フィード、78 負荷区間系統に本アルゴリズムを適用した結果を示す。

図 10(a) は初期系統を、(b) 図は目標系統を示している。なお、区間インピーダンスおよび負荷データは誌面の都合で省略した。いま、初期系統を損失最小運用など何らかの理由で目標系統のように変更する必要があるものと仮定しよう。初期系統から目標系統への移行に際して、計算機上で、まず、両系統のいずれか一方または両方で開になっている開閉器をすべて

図 10 例題系統
Fig. 10. Example distribution system.

開にすることによって 8 個の部分系統に分割する。8 個の部分系統の初期および目標の接続状態を図 11(a), (b)に示している。(a)図と(b)図を比較してみると、部分系統 3 ならびに部分系統 5 がフィード #1 とフィード #5 の間で交換されなければならないことがわかる。この場合の移行距離は 4 である。

この例は、部分系統 3, 5 ともに制約違反なしでは移行できなく作られている。そこで、制約違反量最大を与える部分系統 5 の移行を先に行うために、部分系統 3 をフィード #2 にいったん持換え、部分系統 5 をフィード #5 からフィード #1 に制約違反なしで移行する。その後は、部分系統 3 がフィード #2 からフィード #5 へ、これも制約違反なしで移行できる。以上で全体の負荷移行手続きが完了したが、移行距離 4 に対して、6 回の開閉器操作を必要としたことになる。

結果の開閉器操作手順を表 1 に示している。

条件を変えた他の多数の例についても計算を行った。その結果、ほとんどのケースが第 4 章のアルゴリ

図 11 例題の部分負荷接続状態
Fig. 11. Subsystems connection of example system.

表 1 開閉器操作手順
Table 1. Resulting switching sequence.

Number	Switch No.	ON/OFF	Number	Switch No.	ON/OFF
1	36	ON	4	61	OFF
2	18	OFF	5	44	ON
3	22	ON	6	36	OFF

ズムで移行を完了できた。また、演算時間はいずれのケースにおいても APLLO DN-4000 (4MIPS) で数秒以内であり、本アルゴリズムの有効性を確認できた。

7. あとがき

配電線区間開閉器の操作が自動化されるのに伴い、現在のパターンから目標とするパターンへの切換え要求が数多く生じるものと考えられる。その場合、第一に目標パターンを決めるアルゴリズム、第二には目標パターンだけがわかっており、その途中の負荷切換え順序が不明の場合の切換え手順決定アルゴリズムが必要である。本論文は後者の目的に対するアルゴリズムを与えるものであり、自動化システムにおいて極めて日常的に利用可能なアルゴリズムであろうと考えている。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金（一般研究 C）の援助を受けてなされた。

（平成元年 11 月 27 日受付）

文 献

- (1) Task Group on State of the Art Distribution System Design, Working Group on Distribution System Design, Distribution Subcommittee: "Bibliography on Distribution Automation, 1969-1982", *IEEE Trans. Power Apparatus Syst.*, **PAS-103**, 1176 (1984)
- (2) 山田・橋本, 他: 「配電線電算制御プログラムの開発 (その1) - 配電系統事故処理操作論理プログラム -」, 電中研技一研報, 74071 (昭50)
- (3) D. W. Ross, M. Carson & A. I. Choen: "Development of Advanced Methods for Planning Electric Energy Distribution Systems", U.S. DOE Report, ET-73-C-03-1845 (1980)
- (4) S. Kato, T. Naito, H. Kohno, H. Kanawa & T. Shoji: "Computer Based Distribution Automation", IEEE PICA San Francisco (1985)
- (5) C. A. Castero Jr. & A. L. M. Franca: "Automatic Power Distribution Reconfiguration Algorithm Including Operating Constraints", IFAC Electric Energy Systems, Rio de Janeiro, p. 155 (1985)
- (6) K. Aoki, T. Ichimori & M. Kanezashi: "Normal State Optimal Load Allocation in Distribution Systems", *IEEE Trans. PWRD*, **PWRD-2**, 147 (1987)
- (7) S. Civanlar, J. J. Grainger, et al.: "Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction", *ibid.*, **PWRD-3**, 1217 (1988)
- (8) K. Aoki, H. Kuwabara, T. Satoh & M. Kanezashi: "An Efficient Algorithm for Load Balancing of Transformer and Feeders by Switch Operation in Large Scale Distribution System", *ibid.*, **PWRD-3**, 1865 (1988)
- (9) C. E. Lin, et al.: "A Distribution System Outage Dispatch by Data Base Method with Real-Time Revision", *ibid.*, **PWRD-4**, No. 1 (1989)
- (10) A. M. Stankovic & M. S. Calovic: "Graph Oriented Algorithm for the Steady-State Security Enhancement in Distribution Networks", *ibid.*, **PWRD-4**, No. 1 (1989)
- (11) K. Aoki, K. Nara, M. Itoh, T. Satoh & H. Kuwabara: "A New Algorithm for Service Restriction in Distribution Systems", *ibid.*, **PWRD-4**, 1832 (1989)
- (12) K. Aoki, K. Nara, et al.: "Totally Automated Switching Operation in Distribution System", *ibid.*, **PWRD-5**, 514 (1990)
- (13) 青木・奈良, 他: 「配電系統の最適接続変更手順決定方法 (III)」, 電気学会電力技術研資, PE-88-80 (昭63)
- (14) 豊田: 「プロジェクト選択と有効勾配法」, オペレーションズ・リサーチ, **32**, No. 6 (昭62)

青 木 兼 一 (正員)

大正15年4月18日生。昭和25年3月早稲田大学理工学部電気工学科卒業。26年中国電力(株)入社, 技術研究所勤務。39年7月広島大学工学部経営工学科助教授, 42年同教授。平成元年7月広島県立大学教授, 経営学部長。工学博士。主として, 電力系統, 配電系統の最適化に関する研究に従事。日本OR学会フェロー, IEEE会員。

奈 良 宏 一 (正員)

昭和20年8月20日生。45年3月北海道大学大学院工学研究科修士課程電気工学専攻修了。同年4月三菱電機(株)入社。52年4月北見工業大学講師, 53年6月同助教授を経て, 62年4月より広島大学工学部第2類(電気系)計数管理工学講座助教授, 現在に至る。工学博士。主として, 電力系統, 配電系統の運用最適化に関する研究に従事。日本OR学会, IEEE会員。

佐 藤 泰 司 (正員)

昭和32年12月14日生。60年3月広島大学大学院工学研究科システム工学専攻博士課程修了。同年4月同大学工学部第2類(電気系)計数管理工学講座助手, 現在に至る。工学博士。主として, 電力系統の運用最適化問題の研究に従事。日本OR学会, IEEE会員。