

既設配電線の取り込みを考慮した電力供給経路決定手法

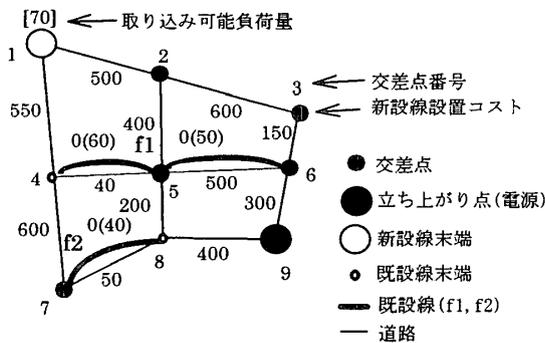
01403655 茨城大学 奈良 宏一 NARA Koichi
 01506440 茨城大学 *林 泰弘 HAYASHI Yasuhiro
 非会員 茨城大学 山藤 幸博 YAMAFUJI Yukihiro
 非会員 東京電力 武藤 昭一 MUTO Syoichi

1. はじめに

配電システムでは、将来の電力需要の増大に対処可能なように、配電線を新設しなければならない。設備コスト最小を目的とした配電線新設経路決定問題は更地に新設する場合には、コストを距離と置き換えた最短経路問題となる。ところが、供給地域には既に配電線が縦横に張り巡らされていることから、既設線の一部を切り離して新設線の一部として使用しなければならないなど、問題はより複雑になる。そこで、本稿では、既設線の取り込みを考慮した新設線の供給経路を決定する問題を最短経路問題として定式化し、これを解くためにダイクストラ法^[1]を改良した解法を提案する。また、数値計算を通して、提案手法の有効性を検証する。

2. 既設配電線の取り込みを考慮した電力供給経路決定問題

本問題を説明するための簡単な例として、2本の既設線が存在する供給地域内で1本の新設配電線の設置経路（始点と終点は予め指定）を決定する問題を考える。



()内は交差点間を接続する既設線の負荷量

図1 問題の図的表現

図1は、この例の供給地域の道路地図上に配電線を図的に表現したものであり、新設線を設置する際のコスト（既設線使用時はコスト0）、既設線の負荷量、新設線が取り込み可能な既設線の負荷量も記している。

本稿では、立ち上がり点から新設線末端までを最小コストで接続する新設線経路を決定する問題を電力供給経路決定問題として取り扱う。新設線の設置経路を決定するにあたり、一本の既設線の末端部分（必ず既設線末端を含む部分）を新設線

の一部として取り込んで使用できるが、その際には取り込む既設線の負荷量が取り込み可能量（図1の例では70）以下でなければならない。また、異なる配電線同士の交差は許されないため、既設線の末端部分を新設線の一部として取り込まない限りは、新設線は既設線と交差することはできない（図1では交差点番号2,5,8をつなぐような新設線は、既設線の末端部分を取り込まなければ設置不可能）。以上より、交差点間の新設線設置コストを交差点間の距離として置き換え、既設線がある量（負荷量に相当）に伴う条件付きで使用可能な近道と考えれば、本問題は、特殊な最短経路問題となる。この特殊な最短経路問題のグラフは、図1の例では図2のようになる。なお、既設線の取り込みは、取り込み可能な負荷量についてだけ、全体で一箇所（一度）に限られるものとする。

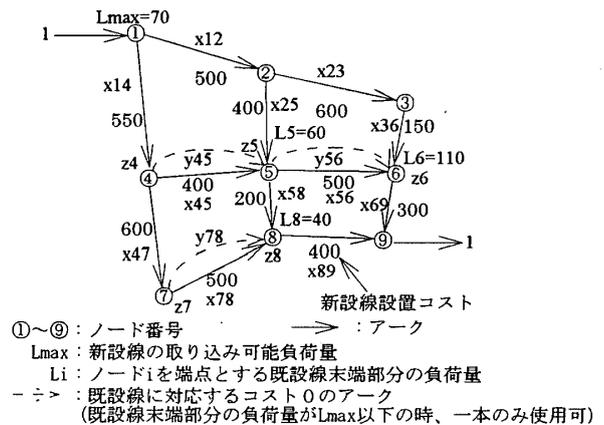


図2 最短経路を得る為のグラフ

3. 問題の定式化

図2を参照して、本問題を定式化すれば以下のようになる。

[目的関数]

$$E = \sum_i \sum_{j \in U_i} c_{ij} x_{ij} + \sum_i \sum_{j \in U_i} d_{ij} y_{ij} \rightarrow \text{最小化} \quad (i < j) \quad (1)$$

[制約条件]

$$\sum_{j \in U_i} (-x_{ij} + x_{ji} - y_{ij} + y_{ji}) = \begin{cases} -1 & (i = s) \\ 0 & (i \neq s, t) \\ 1 & (i = t) \end{cases} \quad (2)$$

$$\sum_j \sum_t z_{jt} \leq 1 \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i < j, j \in U_i, i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad (i < j, j \in U_i, i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

$$\sum_f \sum_i z_{fi} L_{fi} \leq L_{\max} \quad (6)$$

(既設線との交差制約)

既設配電線と新設配電線がクロスしないこと。

n : ノード番号の総数

U_i : ノード i と隣接するノードの番号の集合

c_{ij} : ノード ij 間の配電線新設に要するコスト

d_{ij} : ノード ij 間の既設線使用に要するコスト ($= 0$)

x_{ij} : ノード ij 間の新設配電線経路の使用を決定する整数変数 (1: 使用, 0: 未使用)

y_{ij} : ノード ij 間の既設線を取り込んで経路として使用するかどうかを決定する整数変数 (1: 使用, 0: 未使用)

L_{fi} : 既設線 f のノード i から末端までの総負荷量

z_{fi} : 既設線 f のノード i から末端までを取り込むかどうかを決定する整数変数 (1: 使用, 0: 未使用)

L_{\max} : 新設線が取り込み可能な負荷量

式(3)は、一回だけしか既設線の末端部分を取り込まないようにするための制約で、式(6)は既設線末端部分の負荷量が取り込み可能負荷量より小さくなければ、その末端部分を取り込まないとする制約である。

4. 改良ダイクストラ法に基づく新設線設置経路の決定手法

もし、既設線が存在しなければ、新設線の設置経路は従来手法であるダイクストラ法^[1]を用いて簡単に解ける。しかし、本問題では取り込み可能負荷量に基づいた既設線の末端部分の取り込みと既設線との交差を考慮しなければならない。そこで、ダイクストラ法での暫定ラベル付けの際に、既設線の末端部分を取り込まない時のラベルと取り込んだ時のラベルを2つ準備し、それらの使い分けにより本問題を解く方法(改良ダイクストラ法)を提案する。提案した改良ダイクストラ法の計算手順を以下に示す。

STEP1 : 問題のグラフのノード i ($i=1 \sim N$) に既設線を取り込まない時の暫定ラベル P_{i1} と取り込んだ時の暫定ラベル P_{i2} を準備し、ラベル値を ∞ とする ($(P_{i1}, P_{i2}) = (\infty, \infty)$)。

STEP2 : $r=1$ とする。

STEP3 : 始点 s の暫定ラベル P_{sr} に 0 を与える。

STEP4 : 暫定ラベル P_{ir} の中から最小のラベル値を持つラベル P_{i0r} を選び、そのラベルを永久ラベルに変える。(永久ラベル付け)

STEP5 : ノード $i0$ の隣接ノード j の暫定ラベル P_{jr} に対してそのラベル値を $P_{jr} = \min\{P_{jr}, P_{i0r} + c_{i0j}\}$ とする。ただし、 c_{i0j} はノード $i0$ と j の間の距離を意味する。(暫定ラベ

ル P_{jr} の修正)

STEP6 : もし、ノード $i0$ が既設線上のノードの時、ノード $i0$ を端点とする取り込み可能な既設線の末端部分上の全てのノードを $i0$ とし、それらと隣接するノードを j として、 $P_{jr} = \min\{P_{jr}, P_{i0r} + c_{i0j}\}$ とする。さらに、 $r < 2$ でかつ、ノード $i0$ から取り込み可能な負荷量以内で既設線を取り込める全てのノード j に対し $P_{j(r+1)} = \min\{P_{j(r+1)}, P_{i0r}\}$ とし、ノード j の隣接ノード k に対し $P_{k(r+1)} = \min\{P_{k(r+1)}, P_{i0r} + c_{jk}\}$ とする。

STEP7 : 終点 g の暫定ラベル P_{gr} が永久ラベル付けされなければSTEP4へ。暫定ラベル P_{gr} が永久ラベル付けされた時、 $r=2$ ならば終了、そうでなければ $r=r+1$ としてSTEP4へ戻る。

これらの手順では、隣接ノードが既設線上にある時にそのノードとさらに隣接しているノードまでの暫定ラベル付けを行うことにより、既設線の末端部分を取り込めても取り込めなくても、最短経路を求めることができるようにしている。

5. 数値計算

例題(既設線6本、設置コストは距離に比例)に、提案手法を適用して決定した新設線経路を図3に示す。図3より、既設線の末端部分を取り込んだ新設線経路が得られたことが判る。



図3 提案手法により決定された新設線経路

6. まとめ

本稿では、既設配電線の負荷取り込みを考慮した新設線経路決定問題を、最短経路問題として定式化し、これを解く為のダイクストラ法の改良手法を提案した。計算結果より、直感的には提案手法で最適解が得られているのではないかとと思われるが、数学的に正確な証明はできていない。なお、本研究の遂行にあたり、実務面での指導を頂いた東京電力(株)配電部関係者各位に深謝申し上げます。

参考文献

[1] S. E. Dijkstra, "An appraisal of Some Shortest Path Algorithms", Operations Res., 17, pp.395-412 (1969)