

II-19 GIS と GA を用いた送電線の準最適ルート探索システムの研究開発

田中 成典*

古田 均*

阪本 尚己**

村木 広和**

Shigenori Tanaka Hitoshi Furuta Naoki Sakamoto Hirokazu Muraki

【抄録】近年、送電線ルート選定業務においては、送電設備の大規模・長距離化に加え、自然環境や社会環境との調和が強く求められるようになり、送電線のルート選定がますます複雑になってきている。そのため、多大な労力と時間を要してきた。さらに、送電線ルート設計者の経験や知識に基づいてルート選定が行われていたため、ルート選定の根拠が不明瞭であり、定量的なルート選定が行われていなかった。そこで、本研究では、これらの問題を解決するため、送電線準最適ルート探索システムの開発を目指す。ルート選定業務に必要とされる各種法規制データには、自然環境、社会環境、技術的な特性を考慮した技術環境の3つに分類できる。本研究では、これら多くの法規制データを一括して管理することができ、空間解析に優れた地理情報システムを用いる。さらに、遺伝的アルゴリズムにより準最適ルートの導出を試みることで、ルート選定への有効性を検証する。

【キーワード】送電線、最適ルート探索、地理情報システム、遺伝的アルゴリズム

1. はじめに

近年、送電線[1]のルート選定業務においては、送電設備の大規模・長距離化に加え、自然環境や社会環境との調和が強く求められるようになり、送電線のルート選定がますます複雑になってきている。このような状況の下で、送電線ルート選定業務は、手作業による非効率な方法で複数の候補ルートが模索され、多大な労力を要してきた。さらに、送電線ルート設計者の経験や知識に基づいてルートが決定されていたため、ルート選定の根拠が不明瞭であり、定量的な評価によるルート選定が行われていなかった。そこで、これらの問題を解決するシステムが必要であると考えた。

ルート選定業務に必要とされる各種法規制データには、自然公園、斜面崩壊地、環境保全地域等の自然環境、また、土地利用規制、地域開発計画等の社会環境、

そして、地形、積雪外の気象条件等の技術的な特性を考慮した技術環境の3つに分類できる。そこで、本研究では、多くの法規制データを一括して管理でき、空間解析に優れた地理情報システム (GIS: Geographic Information System) [2][3]を用いる。GISは、デジタル化された地図をベースに、属性情報を付加して加工・分析し、結果を表示するシステムである。一般にGISを利用する目的としては、地図上の距離や体積などを調べる地理的計量処理や地図要素間の空間関係を分析する近隣分析、そして、点、線、面などの図形から等しい距離にある領域を確定し、小売店の商圈などを調査するエリアマーケティング、さらに、属性の異なる複数のレイヤーを重ね合わせて新しい主題図を作るオーバーレイや最短ルート分析などがあげられる。

GISを用いることにより、送電線のルート選定業務

* 関西大学 総合情報学部

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

** 関西大学大学院 総合情報学研究科

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

の省力化をはじめとし、ルート選定の信頼性の向上に期待できる。九州大学と九州電技開発の共同研究では、GISを用いた架空送電線の最適ルート選定手法に関する研究[4]がなされている。中部電力では、送電線のルートゾーンを抽出し、ルート縦断検討、最適鉄塔計算、自然社会環境検討を備えたシステム[5]を、東北電力では、ルートゾーンから概略のルート候補を選定し、数値地形モデルを用いて鉄塔位置を求め、鉄塔の型や高さを自動決定し、電波障害予測を支援するシステム[6]を、北陸電力では、ルートゾーンを基に、鉄塔の位置を選定し、ルート縦断検討を行うシステム[7]を、東京電力及び広島大学との共同研究では、ルートゾーンを抽出した後で、国土地理院刊行数値地図 50m メッシュを用いて可視不可視領域シミュレーションや GC 技術により、景観に配慮した送電線のルート選定を行うシステム[8]を開発している。これらのシステムは、自然環境、社会環境、技術環境、景観を考慮し、コストを最小にするためのルートを求めるもので、何れも組合せ最適化問題であると言える。このような組合せ最適化問題に対して、遺伝的アルゴリズム(GA : Genetic Algorithm)[9]が有効であることが知られているが、GA を用いた送電線のルート選定を行ったという報告は見当たらない。そこで、本研究では、ルート探索に GIS を用いることに加え、組合せ問題に適している GA を用いて準最適ルートの導出を試みることで、ルート選定への有効性を検証する。

2. システムの構想

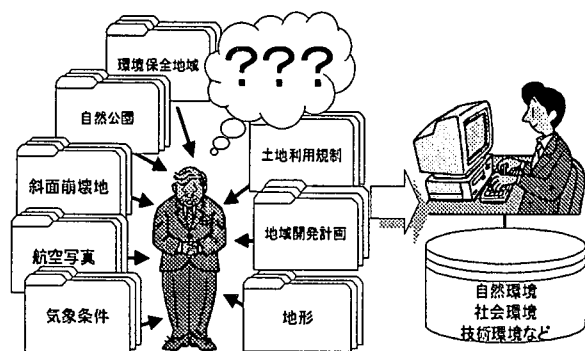


図1 システムの構想

ルート選定は、図1に示すように、図面や航空写真を参照しながら数多くの調査結果を考慮し、多種多様な設計資料の作成に多大な時間を費やし、設計者にかかる負担が大きい。そこで、これらの情報を電子化することにより、GIS の得意とする空間解析機能を用いることができる。その結果、ルート選定業務の省力化、信頼性の向上、低コストが期待できる。そこで、本研究では、GIS を用いてルート探索を行うため、図1に示す多くの不確定要素を考慮して研究に着手する。

本システムで用いる各種法規制データは、全てベクターデータ[10]を用いて行う。ベクターデータを用いる理由としては、ラスターデータより位置精度が高く、また、データが軽いという点が挙げられる。

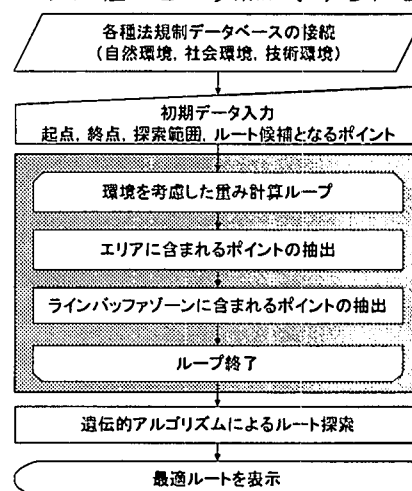


図2 システムの流れ

3. システムの詳細

本システムは、図2に示す手順で準最適ルートを導出する。まず、ルート選定を行うに際し、考慮しなければならない各種法規制データを GIS に入力する。そして、起点と終点、ルート候補となるポイントを入力する。次に、入力した各ポイントに環境を考慮した重みを与える。最後に、それぞれの情報を用いて遺伝的アルゴリズムにより準最適ルートを探索する。

3. 1 各種法規制データの入力

ルート選定業務に必要とされる各種法規制データには、自然公園、斜面崩壊地、環境保全地域等の自然環境、また、土地利用規制、地域開発計画等の社会環境、

そして、地形、積雪外の気象条件等の技術的な特性を考慮した技術環境、などと言ったデータが含まれている。

3. 2 初期データ入力

発電所、または変電所となる起点、供給したい場所や変電所の終点として、マップウインドウ上にそれらの位置座標を入力する。そして、2地点が与えられれば、ルートを探索する範囲をGIS上で入力し、その範囲内にルート候補となるポイントを等間隔に入力する。

3. 3 環境を考慮した重み計算

各ポイントに付加する重みとは、送電線建設の難易度を総合的に示す値とする。GIS上には、各種法規制データをレイヤー構造で格納(図3)する。各種法規制データには、送電線建設の難易度を示した「ウエイト値」が設定されているため、法規制区域に含まれたポイントの重みには、ウエイト値が入力されることになる。

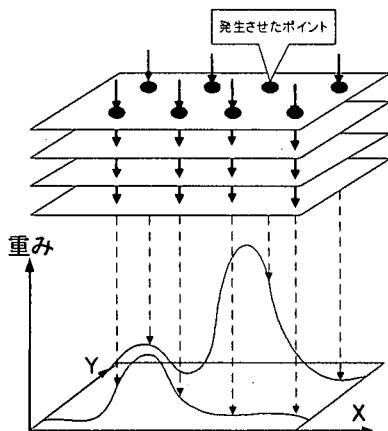


図3 オーバーレイによる重み計算

(1) エリアに含まれるポイントの抽出

国立公園や鳥獣保護区といった区域に含まれるポイントの抽出を行う。この操作は、地理情報解析でよく用いられる領域探索問題[11]であり、それは、「ある駅から半径5km以内にある病院を全て抽出する」という問題である。この操作は、データ数だけ繰り返される。

(2) ラインバッファに含まれるポイントの抽出

活断層の付近のポイントを考慮する場合は、前述(1)の操作を行うことはできない。そこで、活断層という

フィーチャーにバッファゾーンの生成を行う。フィーチャー[2]とは、実世界に存在する物体(エンティティ)を抽象化したものである。そして、発生させたバッファゾーンに含まれるポイントを抽出する。その結果を図4に示す。この操作も第3.3節(1)と同じく、ラインで定義されているデータの数だけ繰り返す。

(3) 重み計算モジュールの開発

重み計算モジュールは、ルート候補となるポイントに重みを付加するモジュールである。エリア、または、ライン要素で定義された各種法規制データには、それぞれに送電線建設の難易度を示した「ウエイト値」を設定する。そこで、第3.3節(1)と第3.3節(2)で抽出されたポイントに対して、法規制データに設定した「ウエイト値」を加算する。



図4 ラインバッファによる抽出

3. 5 遺伝的アルゴリズムによるルート探索

最適なルートの決定のために、非線形な組合せ問題に適したGA手法[9]を用いる。ルート探索を行う範囲内に縦 $n \times$ 横 m メッシュ上で発生させたポイントの場合、1ルートは、横 m 個の内、必ず1点通過する。そのため、合計 n 個の点を通り、1個体が1ルートを形成する。遺伝子座は、それぞれ縦 n 個の点に対応し、遺伝子は、1から m の範囲内で乱数を発生させて1染色体を構成(図5)する。この1個体の評価値は、各遺伝子の重みの合計値とする。選択方法は、エリート

戦略、交叉方法は、2点交叉、交叉率は0.8、突然変異率を0.3に設定し、世代交代を繰り返す。終了条件は、評価値が最小になるように収束すれば計算を終了する。そして、その最小値を与える個体を準最適解とし、それが、準最適ルートとなる。

	1	2	3	4	...	n
個体	3	2	3	4	...	1
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

図5 1染色体

4. 実証実験

実証実験を行いシステムの有用性を検証する。

4. 1 入力項目

起点は、関西大学高槻キャンパス前の関電北大阪変電所とした。終点には、新生駒変電所を指定し、ルート選定を行った。座標系には、近畿圏を扱うために、平面直角座表系(19座標系)の第VI系を指定した。ルート候補地とし、縦8×横6メッシュ上にポイント入力した。

4. 2 実験結果

実験結果(図6)より、数多く存在するルート候補の中から最適と思われるルートを選定することができた。本実験では、起点と終点を結ぶ探索範囲内に、ルー

ト候補となるポイントを入力し、そのポイントに環境を考慮した重みを与えることにより、1ルートの重みの合計値が最小となるルートを抽出するものである。

このような広範囲な探索領域を扱う場合、多くの不確定要素を考慮し、最小コストとなるルートの全ての組合せを計算する事は不可能に近い。これらを解決するために、GISの基本的な機能である空間解析を用いることで、多くの不確定要素を定量化することができ、しかも、組合せ問題に用いられるGAを用いることによって、準最適解を高速に見つけることができた。したがって、送電線のルート選定業務にGISとGAを組合せたシステムが有効であると考ええる。

5. あとがき

送電線ルート選定には、多大な労力と費用、そして、時間、さらに、専門的な知識と熟練した経験を必要としていた。しかし、本システムを用いることにより、ルート選定業務の省力化、信頼性の向上、建設コストの低減を図ることができた。今後は、CAD/CGとの融合を図り、3次元データを用いて景観も考慮しながら経路を探索するシステムへと発展させる予定である。

参考文献

[1] 電気設備技術基準研究会：絵とき電気設備技術基準・解釈早わかり，オーム社，2000.7.
[2] 町田聡：地理情報システム 入門&マスター，山海堂，1994.3.
[3] 寺田努，塚本昌彦，西尾章次朗：アクティブデータベースを用いた地理情報システム，情報処理学会論文誌 Vol.41, No.11, pp.3102-3113, 2000.11.
[4] 三谷泰浩，筒井宣広，尾崎利行，島津智史：GISを用いた架空送電線の最適ルート選定手法に関する研究，土と基礎，Vol.48, No.1, pp.18-20, 2000.1.
[5] 篠田明秀，中村昌浩，曾山豊：送電線ルート選定支援システムの開発，電気現場技術，Vol.37, No.439, pp.27-31, 1998.12.
[6] 冨田芳昌：送電線ルート選定支援システム，送電線建設資料，第42集，pp.1-29, 1996.
[7] 大野友義，赤松幸夫：鉄塔位置選定システムの開発，電気協会雑誌，851号，pp.18-21, 1994.9.
[8] 加藤二二和，新藤誠，平田治彦，金田和文，山下英生：送電線ルート検討システムの開発，電気学会論文誌，Vol.120-B, No.3, pp.382-389, 2000.3.
[9] 古田均：遺伝的アルゴリズムを用いた構造工学への応用，森北出版，1997.9.
[10] P.A.Burrough：地理情報システムの原理—土地資源評価への応用—，古今書院，1990.6.
[11] 伊理正夫，腰塚武志：計算幾何学と地理情報処理，第2版，共立出版，1993.3.

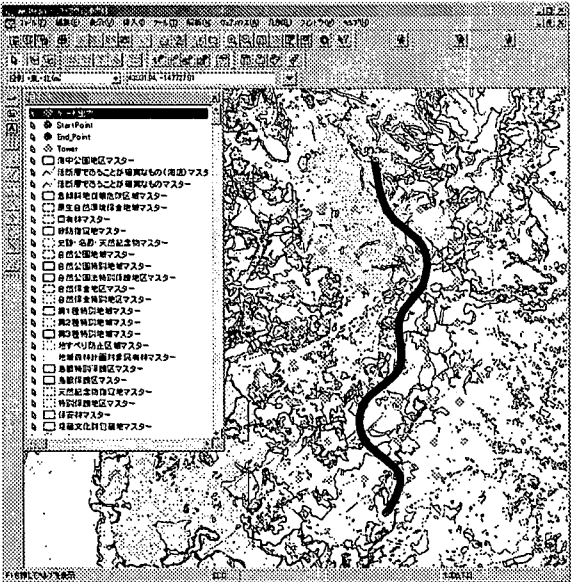


図6 準最適ルート出力