

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

Optimum Route Selection Method of Aerial Transmission Line Using Geographic Information System (GIS)

三 谷 泰 浩 (みたに やすひろ)

九州大学大学院工学研究科環境システム科学研究センター 助教授

筒 井 宣 広 (つつい のぶひろ)

九州電技開発(株)架空線調査部 架空線調査グループ副主幹

尾 崎 利 行 (おさき としゆき)

九州電技開発(株)地中線技術部 地中線技術グループサブリーダー

島 津 智 史 (しまづ ともふみ)

戸田建設(株)

1. はじめに

架空送電線は、発電所から変電所、または変電所間を合理的に連係するエネルギー輸送路である。その信頼度、工事推進の円滑性、設備の効率性および保守の容易性は、ルート選定の良否に負うところが大きい。ため、ルート選定は、通過地域の自然環境や地域住民の生活環境、各種法規制および経済性など多種多様な条件を考慮に入れて行われる。しかし、ルート選定には、様々な調査をはじめ、複数のルートの中から最適なルートを絞り込む検討作業、多種多様な設計資料の作成や図面等の参照に多大な労力と時間を要する。そこで、ルート選定に地理情報システム (GIS) を適用する。

これにより、各種情報の定量化が可能となり、様々な情報の総合的な評価の効率化および精度の向上を図ることができるため、従来よりも詳細かつ迅速なルート選定の評価ができる。また、多くの地図や設計資料を1枚の電子地図として管理することができるため図上調査の作業を大幅に合理化、効率化できるとともに、作成したデータの条件の変更、追加が容易となる。このように、GIS は個人の思考、能力では対応し難い部分の支援ツールとして優れており、これを架空送電線のルート選定に適用することは極めて有効である。

本研究では、GIS を用いた架空送電線のルート選定手法を提案し、適切かつ合理的な概略ルートの選定を行った結果を示す。

2. 総合環境特性図の作成と概略ルート選定

既存の2つの変電所間で既設線の配置状況や送電線通過の可能性などを事前に考慮し設定された幅約10 km、長さ約70 km のS字の帯状の区域を対象とする。この区域内でルート選定の支障あるいは制約を受ける環境情報を架空送電線路調査測量基準解説書¹⁾を基に23種類抽出し、これらを自然、社会、技術環境の3項目に分類する。さらに環境情報を主題図 (レイヤ) ごとに8つの情報項目に統合し、前述の基準解説書、実務経験者の知見、各種法規制や社会的ニーズなどを考慮に入れて5段階に指標化し、数値化する。なお、指標値は、それぞれの影響度を考慮に入れ、かつ最終的に作成される

3つのレイヤにおいて不整合が生じないように設定する。これらの条件を与えGIS (ソフトウェア: ArcView) を用いてルート選定の通過難易度を示す総合環境特性図を図-1に示すフローに沿って作成する。

まず、8つの情報項目が記載された5万分の1の地図をスキャナー入力し、このイメージデータからベクトルデータを作成し、それぞれに属性データとして設定した指標値を与える。その結果、8つのレイヤが作成されるが、これらのレイヤをさらに自然、社会、技術環境ごとに、指標値の高い環境情報が優先的に最上層のレイヤとなるようにベクトル演算を行い、3つのレイヤを作成する。そして、これらのレイヤをベクトルデータからラスターデータに変換する。この際のセルサイズは5万分の1の地図の精度および基準となる鉄塔の標準径間が約500 m²⁾であることを考慮して500 m×500 mとする。そして、ラスター変換した3つのレイヤをオーバーレイ解析し、ルート通過の難易度を総合的に示す総合環境特性図を作成する。

概略ルート選定にあたり使用する鉄塔を経済性の観点から直線形鉄塔と角度形鉄塔の2種類とすることで進行方向に対しての許容水平角度が±30°以下に設定される。この条件を考慮して、作成した総合環境特性図の指標値の高い所を避け、各セルの中心を通る直線として一方の変電所からルートを段階的につなぎ合わせて、概略ルートを選定した結果、10通りの概略ルートが選定さ

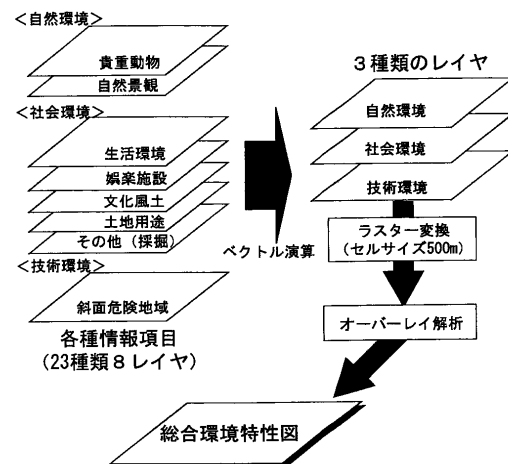


図-1 総合環境特性図の作成フロー

事例報告

れる（口絵写真—25）。

選定した概略ルートをセルサイズ500 m×500 m のラスターデータに変換し、これと総合環境特性図をオーバーレイ解析することで概略ルートとの環境への影響度が、指標値の合計として表される。表—1に示すようにルート⑧が最短であり、ルート⑥が最も環境を考慮していることがわかる。またルート②は従来の方法により熟練者によって選定された概略ルート（以下、従来ルート）に類似している。従来ルートは指標値も総延長も大きいですが、これはこの段階では考慮していない環境情報以外の制約条件による影響（例えば、既設送電線の影響等）と考えられる。このようにGISを用いることで可能性のある複数の概略ルートを選定することができる。

表—1 選定された概略ルートとその評価

ルート名	環境情報指標値	総延長(km)
①A—B—C—D—E	810	88.5
②A—G—I—K—L—E	993	95.0
③A—G—H—C—D—E	841	84.5
④A—G—I—J—D—E	984	95.5
⑤A—G—I—K—M	830	97.5
⑥F—B—C—D—E	803	84.5
⑦F—G—I—K—L—E	986	91.0
⑧F—G—H—C—D—E	834	80.5
⑨F—G—I—J—D—E	977	91.5
⑩F—G—I—K—M	823	93.5
従来ルート	1 154	106.0

3. 鉄塔工事施工性の評価

工事施工性の評価は、通常、概略ルート選定後に現地調査を行い実施されるが、近年は土地利用の高度化などから用地取得が難しく、許認可を要する場合が多いことなどから、早い段階での評価が重要となる。選定された10通りの概略ルートのうち環境重視のルート⑥と最短のルート⑧、および従来ルートに対して建設に必要な資材を搬入するための運搬計画と鉄塔基礎の種類から工事費の概算を行い、工事施工性を評価する。

3.1 運搬計画の評価

資材運搬の方法を地形、地質および道路からのアクセス条件を基に以下の3種類に分類する¹⁾。

- (1) 直接搬入：車道から100 m 以内かつ傾斜角11°未満の場所で、既設道路および仮設道路を利用して搬入。
- (2) 索道設置：直接搬入が不可能な場合、車道から400 m 以内かつ傾斜角30°未満の場所に索道により搬入。
- (3) ヘリコプター搬入：直接搬入、索道設置が不可能な場合のヘリコプターによる搬入。

まず、5 万分の1の表層地質図より地層を未固結堆積土と固結した岩盤の2種類に分類したレイヤを作成し、未固結堆積土を平地とし、平地ではすべて直接搬入と定義する。次に、2 万5 千分の1の地形図より、平地

を除く概略ルートの中心線より1 km の範囲内にある周辺の道路を抽出する。この道路に100 m, 400 m のバッファリングを行い、アクセス条件に関するレイヤを作成する。さらに、2 万5 千分の1の標高データから傾斜角分布のレイヤを作成する。この時のセルサイズは、使用するデータの精度と鉄塔作業用地の面積から約50 m×50 m¹⁾とする。以上3つのレイヤを用いて、指標値の高い区域が優先的に最上層のレイヤとなるようなベクトル演算を行い、運搬計画評価のためのレイヤを作成する。

3.2 鉄塔基礎の評価

架空送電線の鉄塔で使用される基礎を地形、地質条件から以下の3種類に分類する¹⁾。

- (1) 逆T字形コンクリート基礎：固結した岩盤で傾斜角30°未満の場所および未固結堆積土の厚さが薄く支持地盤とみなせる場所に用いる。
- (2) 深礎基礎：固結した岩盤で傾斜角30°以上の場所に用いる。
- (3) 杭基礎：未固結堆積土の場所に用いる。

まず、2 万5 千分の1の標高データから傾斜角分布のレイヤを作成する。この時、基礎の大きさに対応した微地形の傾斜角を評価できるようにセルサイズ5 m の傾斜角を算定する。次に、5 万分の1の表層地質図から未固結堆積土、固結した岩盤を区分するレイヤを作成する。両区域の境界部分は、未固結堆積土が固結した岩盤上に堆積していると考え、境界線から未固結堆積土の側に100 m の区域を表層が薄い支持地盤と考え、領域の補正を行う。以上2つのレイヤを指標値の高い区域を優先的に最上層のレイヤとして表示させるベクトル演算を行い、鉄塔基礎評価のレイヤを作成する。

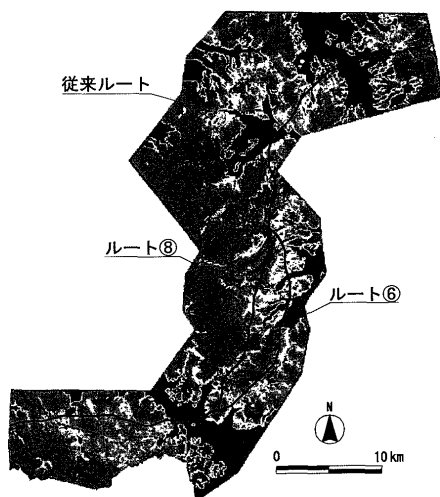
3.3 工事施工性の評価結果

作成した運搬計画のレイヤと鉄塔基礎のレイヤをオーバーレイ解析し、工事施工性のレイヤが作成される（図—2）。このレイヤにラスター変換した概略ルートを重ね合わせ、500 m に鉄塔1基（鉄塔の標準径間）と仮定した場合の概略ルートの総工事費を概算する（表—2）。その結果、ルート⑧よりルート⑥の方がわずかながら工事費は安価であることがわかる。これはルート⑥が山岳地と平地の境界付近を通過しているため、直接搬入の逆T字形コンクリート基礎の割合が大きく、より経済的になったと考えられる。また、従来ルートは、総延長も長く、山岳部を通過するため工事費は高くなっている。以上の結果からルート⑥とルート⑧の工事費に大差はなく、それぞれの要請に応じたルートであると考えられる。

4. GIS による鉄塔の景観評価

景観に対する評価はこれまで、特に際立った景観の特徴を有する地域においてCG等の映像を利用して評価しているが、定量的にかつ客観的に評価されている事例は少ない。そこでGISによる鉄塔の景観に関する定量的評価を試みる。

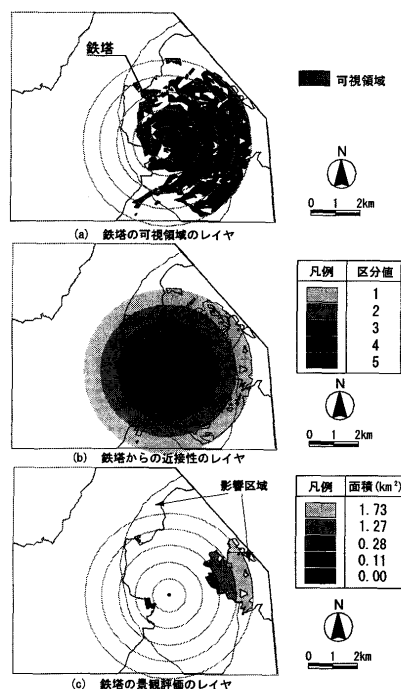
ここでの鉄塔の景観評価は、環境情報項目のうち景観



運搬計画	使用基礎	指標値	表示
直接搬入	逆T基礎	5	□
	杭基礎	11	■
索道設置	逆T基礎	6	■
	深礎基礎	9	■
ヘリ搬入	逆T基礎	7	■
	深礎基礎	10	■

図一 2 工事施工性のレイヤ

が重視される自然景観および比較的人口密度が高い生活環境のレイヤから鉄塔が視認できる範囲内で行う。視線を移動することなく対象物を明確な視覚でとらえることのできる距離（視認距離）は、対象物の高さの約60倍³⁾と定義され、鉄塔の標準的な高さが約60 m であることから約3 600 m となる。図一 3 に評価の一例を示す。まず、自然景観および生活環境のレイヤに対して3 600 m のバッファリングを行い、両者をオーバーレイ解析し、



図一 3 鉄塔の景観評価の一例

表一 2 工事施工性の評価結果

鉄塔工事施工		ルート⑥	ルート⑧	従来ルート
運搬計画	使用基礎	工事費(万円)	工事費(万円)	工事費(万円)
直接搬入	逆T基礎	58 630	48 620	62 920
	杭基礎	202 608	157 584	163 212
索道設置	逆T基礎	99 308	91 168	131 868
	深礎基礎	68 782	93 058	117 334
ヘリ搬入	逆T基礎	54 236	66 752	62 580
	深礎基礎	28 002	56 004	121 342
合 計		51億1 566	51億3 186	65億9 256

影響区域を抽出し、この区域内の任意の鉄塔の可視区域を算定し、可視区域のレイヤを作成する（図一 3 (a)）。さらに、鉄塔に近接するほど景観に対する影響が大きいと考え、鉄塔中心から視認距離の範囲内を距離に応じて5段階に区分したレイヤを作成する（図一 3 (b)）。この2つのレイヤをオーバーレイ解析し、影響区域内の景観評価のレイヤを作成する（図一 3 (c)）。最終的に、この区域の面積と区分値から鉄塔景観を定量的に評価する。

5. 結 論

GISを用いて新しい架空送電線のルート選定手法の提案を行い、適切な概略ルートの選定を行った。まず、架空送電線のルート通過によって環境に与える影響を評価し、10本の概略ルートを設定し、比較検討を行い、環境的に有利なルート、最短のルートを選定した。さらに選定された概略ルートに対して、鉄塔工事施工性を評価し、それを基に工事費の概算を行った。その結果、選定されたルートは従来の方法で選定されたルートと比べて経済的にも優れていることを明らかにした。さらに鉄塔が景観に及ぼす影響に関する評価方法を提案し、実際にその評価を行った。

以上の結果より、提案した手法は、作業の効率化、合理化を図ることができ熟練した技術者でなくとも最適な概略ルートの選定ができること、局所的にも全体的にも数量や指標を定量的に把握できるので、設計の変更などの意思決定に役立つ資料が迅速に得られること、影響要素を定量化することで複数のルート案を比較して最適なルートの選定が可能となり、代替案も容易に提案できることなどの特徴を有する非常に有効な手法であることが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 送電線建設技術研究会：架空送電線路調査測量基準解説書，1984.
- 2) 電気学会：送電，配電，pp. 75～78，1988.
- 3) 樋口忠彦：景観の構造，pp. 16～27，1975.

(原稿受理 1999.8.2)