

地形による送電線ルートの屈曲とその視覚的影響に関する研究

A STUDY ON THE FLECTION THROUGH LANDFORM AND ITS VISUAL IMPACT OF THE ROUTE LOCATION OF TRANSMISSION LINES

安島博幸*

By *Hiroyuki YASUJIMA*

This paper makes clear the relationship between the landform and the formal attributes of transmission lines such as vertical, horizontal flection and variation of span, based on the statistical analysis of actual route locations of super high voltage (500 kV) transmission lines around the Kanto area. In addition, the visual impact by flection of route is measured through psychological experiments. As the result, this paper presents the principle of route selection and gives information of locational condition for route planning of transmission lines in wide areas.

1. ま え が き

本研究では関東周辺の500 kV超高压送電線のルートロケーションを統計的に解析することにより、地形条件とそれによる送電線ルートの平面線形、径間、縦断線形の屈曲との関係を明らかにした。また、ルートの屈曲が景観に及ぼす影響を別途、心理実験によって評価することと総合して、地形条件が送電線の景観に及ぼす影響を把握しようとするものである。以上の検討の応用として次の点が考えられる。

- 初期のルート選定段階において、地形によるルートの屈曲が及ぼす景観的影響を避けるための立地情報を得ることができる。
- 鉄塔位置を決定する最終的なルート選定段階において、平面線形、縦断線形、径間のうち、どの条件を優先すべきかを示すことができる。

2. 研究の方法

既設の500 kV送電線を対象に行った分析の手順の概要は次のとおりである。

- 送電線通過地の地形条件の指標化を行う。地形の傾斜、

複雑さ、山塊の大きさなどルート選定に影響すると考えられる地形条件の指標を応用面を考慮し、電算機の利用になじみやすいメッシュデータより作成する。

- 送電線の線路台帳およびルート図より、連続する鉄塔群の屈曲を示す鉄塔間の水平角(平面)、高低(縦断)、径間の変動に関する指標を作成する。
- 上記データをもとに地形とルート屈曲を示す諸量との関係分析を行う。分析にはルート屈曲(平面、縦断、径間)の個々の指標を地形条件の諸量によって重回帰分析を行うほか、ルートの屈曲要素は互いにトレードオフの関係にあるので地形条件を示す諸量との間で正準相関分析を行い、その関係を明らかにする。この分析によって得られる正準変量は地形の及ぼすルートへの屈曲圧力と解釈できる。
- 鉄塔の模型により、鉄塔群がさまざまな形で変動している状態を表現し、その写真をもとに心理テストを実施する。これにより、水平角、高低、径間の変動がどのように景観に影響しているかがわかる。
- 以上の分析を総合することにより地形の及ぼす屈曲圧力に対し、水平、高低差、径間のどの変動で対応すれば景観的影響を少なくすることができるかがわかる。また、正準相関分析による総合特性値を広域のメッシュ地形データによって求めることにより、ルートの

* 正会員 東京工業大学助手 工学部社会工学科
(〒152 目黒区大岡山 2-12-1)

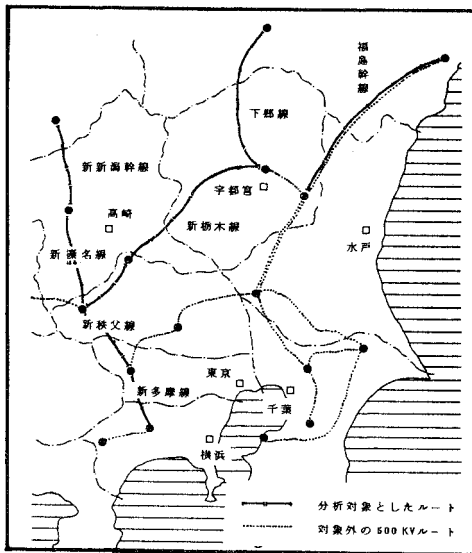
立地情報とすることができる。

3. 地形と送電線ルート屈曲の尺度

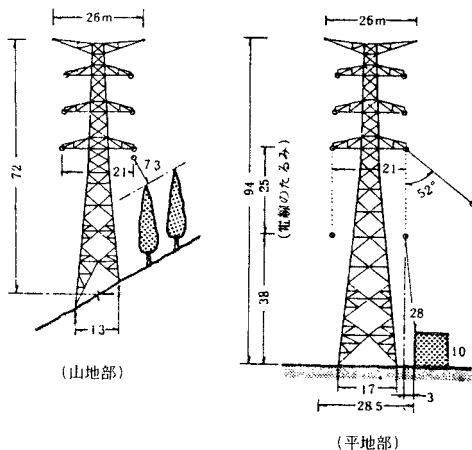
(1) 分析の対象

分析対象とした 500 kV 送電線ルートは図一1 に示すとおりで、関東周辺の山地部を通るルートのほとんどをカバーしている。これらのルートを適当な区間に区切って、地形とルート形状の統計分析を行うわけであるが、その際、次の点を考慮して、地形、鉄塔群のまとまりの大きさを決定した。

- 鉄塔の視覚的影響の及ぶ最遠距離をルート方向の長さとする。現場での観察や文献¹⁾によれば、鉄塔の視角が $1.5^{\circ} \sim 2^{\circ}$ がこれに相当するため、2 000~2 800 m (標準型鉄塔 (図一2) の場合) がその距離となる。鉄塔



図一1 分析対象ルート



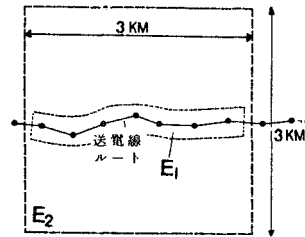
図一2 500 kV 標準設計鉄塔

の基数では 7~8 基になる。

- ルートの両側にどの程度の幅をとるかであるが、図一3 に示すように、ルートにごく近いところ (300~500 m) の地形特性との関係を調べる (E_1) 方法とルート方向と同じ距離をとる (E_2) 方法を考えた。

E_1 の場合、 E_2 より地形との相関が高くなるのは明らかであるが、マクロな立地情報を予測によって得るような応用的な面を考えると、 E_1 では方向性をもつため分析結果が利用しにくくなる。

以上の検討より、ルート方向に 7 基、ルートの片側に 1.5 km ずつ、両側 3 km の範囲を標準的な分析サンプルとした。サンプリングはルートの起点から 7 基ずつをとり、人家や道路、観光施設など地形的な要因以外で屈曲している箇所を除いて山地部のルートを全数 (サンプル数 50) 抽出した。



図一3 分析対象区域

(2) 地形条件の尺度

送電線のルート形状に関連の深い地形の尺度の作成にあたっては、250 m メッシュで読み取った標高を基礎データとした。これは、現在整備されている最も細かいデータベースに国土地理院「国土数値情報」の 250 m メッシュ標高データがあり、広域にわたって予測を行うような応用面を重視したためである。

a) ルート選定時の地形条件の配慮

実際にルート選定を行うとき、どのように地形条件を配慮しているか、ルート選定技術者にヒアリングした要点を整理すると次のとおりである。

- 山岳地においてもできるだけ直線になるようにルートを選定する。角度のある鉄塔は経済性が悪いためである。それに対して鉄塔間の高低は高低差 (h) と径間の差 (S) の比 h/S が 0.3 程度であれば、特に問題はない。
- 地形をみる第 1 のポイントは鉄塔を建設する場所があるかどうかであり、急斜面、ヤセ尾根、斜面の変化が複雑な地形などは経済的に避ける。鉄塔の乗る尾根やピークが適当にあることが望ましい。
- ルート形状に優先順位をつければ、平面線形 (水平角)、縦断線形 (高低差)、径間の順に配慮する。ただし、

選定者によって多少の考え方の相違があり、高低差を避けるために等高線沿いに山を巻く方針、その逆の方針をとることにより選定されたルートが異なることがある。

- 径間については、600 m 以内であれば特に問題はなく鉄塔の建設できる位置に左右されて決定される場合が多い。

b) 地形の尺度

ここでは、ルートの屈曲に関連すると考えられる地形の状況を示す尺度を 250 m メッシュ標高データから算定可能な形で設定し、既設ルートが通過する分析サンプルの区域 (3 km×3 km) について、その尺度の値を求めた。地形尺度を設定する際には、ルート屈曲の要因として前述したルート選定上の配慮事項を勘案した。

① 標高平均 (H_a)

山が高くなるほど地形が険しくなり、ルートの屈曲する要因になると考えた。

$$H_a = \sum_{i=1}^n k_i / n \dots\dots\dots (1)$$

(k_i : i 番目のメッシュの平均標高)
(n : 対象区域メッシュ数)

② 傾斜量平均 (S_a)

斜面が急になると鉄塔の建てられる位置が限定され、ルートが屈曲する要因になると考えた。また、地形の険しさを表わしていると考えられる。

まず、250 m メッシュの傾斜量 t を次のように求める (図-4)。

$$t = \text{Max} \left\{ \left| \frac{h_2 - h_1}{l_x} \right|, \left| \frac{h_1 - h_3}{l_x} \right|, \left| \frac{(h_1 + h_4) - (h_2 + h_3)}{2 l_y} \right|, \left| \frac{(h_1 + h_2) - (h_3 + h_4)}{2 l_z} \right| \right\} \dots\dots\dots (2)$$

(h_i : メッシュ交点の標高)
(l_x, l_y, l_z : 各方向の長さ (標準メッシュ))

これから対象区域全体の傾斜量平均 S_a を求める。

$$S_a = \sum_{i=1}^n t_i / n \dots\dots\dots (3)$$

③ 傾斜方向の一致度 D_a

傾斜方向のばらつきは地形の複雑さ、細かさの尺度に

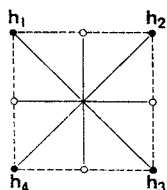


図-4 傾斜量の算定

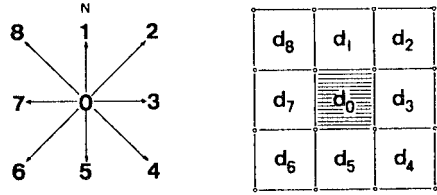


図-5 傾斜方向の一致度

なると考えた。

まず、250 m メッシュの傾斜方向 d を②の最大の傾斜量を示した方向から、図-5のように求める。ただし平坦地 (5%未満の傾斜) は0とする。

次に当該メッシュと隣接メッシュの傾斜方向の違い、 d_{oi} は 45° 離れるに従って1ずつ増加するテーブル関数により求める。たとえば、 $d_0=1$ で $d_1=6$ なら $d_{o1}=3$ となる。

これより単位メッシュの傾斜一致度 d_a を求める。

$$d_a = \sum_{i=1}^8 d_{oi} / 8 \dots\dots\dots (4)$$

さらに対象区域全体の傾斜方向の一致度 D_a は単位メッシュを平均して求める。

$$D_a = \sum_{i=1}^n d_{ai} / n \dots\dots\dots (5)$$

④ 標高差 H_d

標高差が大きいことは山塊の大きさを示す尺度になると考えた。対象区域全域の中で最も標高の高い単位メッシュを h_{max} 、低いものを h_{min} とすると標高差 H_d は

$$H_d = h_{max} - h_{min} \dots\dots\dots (6)$$

⑤ ピーク数 P_n

鉄塔の建つ位置は尾根やピーク状の地形のところであり (図-6)、ピークの数にはルートの屈曲に関係すると考えた。ここでは当該メッシュの標高が周囲の8メッシュのうち7メッシュより高ければ、これをピークとして数えた。

⑥ 標高標準偏差 H_s

山岳の険しさ、山塊の大きさの尺度になると考えた。対象区域内の単位メッシュの標高 h_i から求める。

$$H_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n}} \dots\dots\dots (7)$$

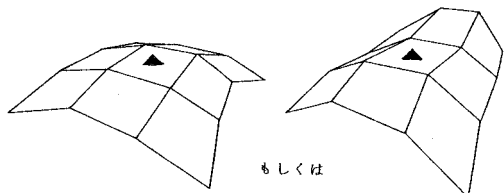


図-6 ピークとして数えた地形

(3) ルート屈曲の尺度

地形によるルートの屈曲を、縦断線形、平面線形、径間に分けてとらえる。

ルートの屈曲量の尺度としては、送電線の線路台帳に記載されている、「前塔との高低差 (m)」、「水平角 (°)」、「径間 (m)」の2基の鉄塔間関係を示す指標から鉄塔群としての尺度を以下のように求めた。

① 平面線形

$$\text{屈曲度 } H = \frac{1}{n} \sum_i^n |\theta_i| \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{もしくは, } H_0 = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\theta_i - \bar{\theta})^2}{n}} \dots\dots\dots (9)$$

式(9)の場合は滑らかなカーブを描いてルートが曲がっている場合に、値が小さくなり、実感に近いものになると考えられる(図-7)。模型を使った視覚的影響の検討結果からも式(9)による尺度のあてはまりがよいため、ここでは式(9)を採用する。

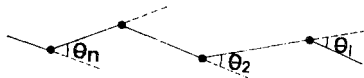


図-7 平面線形

② 縦断線形

$$\text{不整度 } V = \frac{1}{n} \sum_i^n |h_i| \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{もしくは, } V_s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (h_i - \bar{h})^2}{n}} \dots\dots\dots (11)$$

が考えられるが(図-8)、平面線形と同様に、式(10)では山地部から平地部にルートが長い斜面を直線的に降りるような場合、値が過大になるため式(11)を採用する。

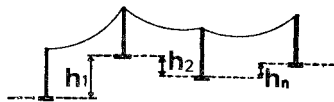


図-8 縦断線形

③ 径間

$$\text{不整度 } S_s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (s_i - \bar{s})^2}{n}} / \bar{s} \dots\dots\dots (12)$$

鉄塔群の平均径間 \bar{s} は群によって異なるので、 \bar{s} で除して変異係数を求め、これを尺度とする(図-9)。

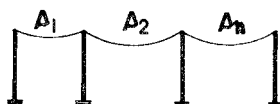


図-9 径間

(4) 地形および設備の尺度と現況ルート

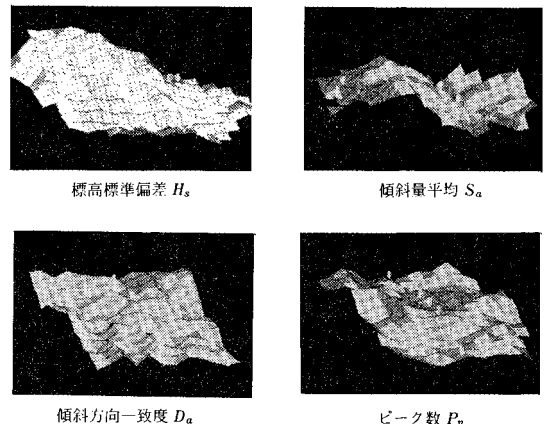
先に選定した50サンプルの鉄塔群と対象区域の地形の尺度から相関行列を作成した。以降においては、ここで求めた地形尺度群 ($H_a \sim P_n$) と設備尺度群 ($H_0 \sim V_s$) の関係を統計的に分析しようとするものである。

表-1 地形と設備の尺度間の相関行列

	H_a	H_s	H_d	S_a	D_a	P_n	H_0	V_s
標高平均 H_a								
標高標準偏差 H_s	.593							
標高差 H_d	.573	.945						
傾斜量平均 S_a	.554	.840	.834					
傾斜方向一致度 D_a	.348	.515	.541	.753				
ピーク数 P_n	.047	.243	.335	.483	.732			
水平角標準偏差 H_0	.447	.694	.630	.650	.511	.242		
変異係数 S_s	.395	.443	.444	.526	.524	.244	.459	
高低差標準偏差 V_s	.457	.738	.711	.818	.593	.374	.578	.405

これによると、標高標準偏差 H_s 、傾斜平均 S_a が設備の尺度との相関が比較的高かった。また、標高平均 H_a は設備との相関は低く、予備的に他の尺度とともに重回帰分析を行ったが、設備尺度の説明にはほとんど寄与しなかった。標高差 H_d は比較的地形尺度との相関は高いが、 H_s との相関が高く ($r=0.945$)、多重共線性を示した。そのため、 H_a と H_d はルートの屈曲を説明する尺度としては使わなかった。傾斜方向の一致度 D_a とピーク数 P_n は設備の尺度との相関は比較的低いが、他の地形尺度と独立であるので説明変数として採用した。

地形尺度として採用したものについて、分析サンプルの中の最も大きい尺度値を示した地形の状況をコンピュータグラフィックスによって示した(写真-1)。



標高標準偏差 H_s

傾斜量平均 S_a

傾斜方向一致度 D_a

ピーク数 P_n

写真-1 尺度値の大きい地形

H_s は山塊の大きさ, S_a は地形の急峻さ, D_a は地形の細かさ, 複雑さ, P_n はピークの多さを表わす尺度として設定したものであるが, 視覚的にもそうした地形の特徴がとらえられていることが確認できたと考える。

(5) ルート屈曲の尺度の個別的分析

ルートの平面線形, 径間, 縦断線形の屈曲を個別に先に選定した地形条件の尺度により重回帰分析を行った。

分析の結果は表一2に整理したとおりで, 重回帰式の F 検定の結果はすべて 1% の水準で有意であったが偏重回帰係数の t 検定では, 有意でない変数もあり, 十分満足できる結果ではなかった。以下に個々の分析結果について述べる。

a) 平面線形 (水平標準偏差: H_0)

全変数による式 (13) の場合には, 標高標準偏差 H_s の説明力が高かった。傾斜量平均 S_a は H_s との相関が高いため多重共線性の問題があり, 説明力は 0 に近くなった。傾斜方向の一致度 D_a も t 検定の結果 10% の水準で有意であった。やはり D_a の示す地形の複雑さは平面線形に影響を与えるものと解釈できる。ピーク数 P_n については検定の結果, 有意とはいえないが, 次の径間変化の説明式の係数とともに一貫して負になっており, 鉄塔の建設しやすいピーク状の地形が多いとルートが選びやすいことを示しているものと考えられる。 H_0 の説明式としては式 (14) が妥当であろう。

b) 径間 (径間標準偏差: S_0)

どの説明変数の場合でも重相関係数は 0.6 くらいでありあまり高くない。これはルート選定時の配慮の優先順位が径間については低いというヒアリングの結果と一致するものである。平面, 縦断の場合には, できるだけ直線に

するという明確な基準があるのに対し, 径間にはクリティカルな経済的, 技術的な基準がないためである。

説明力は傾斜方向の一致度 D_a が 5% の水準で有意と高かった。他の変数は t 検定で 10% の水準に達しなかったが, それに準ずるものであった。 H_s と S_a は相関が高いので, それぞれを除いた重回帰式を求めたが S_0 の説明式としては式 (17) が適当であろう。

c) 縦断線形 (高低差標準偏差: V_0)

重相関係数は 0.8 以上あって高く, 傾斜量平均 S_a の説明力が高かった。 t 検定の結果では 10% 水準でも有意ではなかったが標高標準偏差 S_s はこれに準じるものと考えられる。傾斜方向の一致度 D_a とピーク数 P_n は説明力をもたなかった。説明式としては式 (20) が適当であろう。

d) 重回帰分析結果の総括

ルート屈曲の尺度を個別に地形条件の尺度で説明することにより, 必ずしも十分とはいえないが, その関係が明らかになった。ここで求めた式を予測式とすれば, 新規ルートの選定時にルートの受ける屈曲量を個別の尺度ごとに予測することができ, 1 ユニットが 3×3 km とマクロな把握の仕方ではあるが立地情報として利用することができる。また, 後述の水平, 高低, 径間の変化が及ぼす視覚的影響の分析と合わせて, 景観的影響を避けるための情報として利用できる。ただし, 設備の尺度ごとに式が異なるので, 一元的な特性値としては示せない。

(6) ルート屈曲の尺度の総合的分析

ここでは, 重回帰分析の項で課題とした地形のルートに及ぼす屈曲インパクトの一元化と設備の尺度間のトレードオフ関係を明らかにするために正準相関分析を

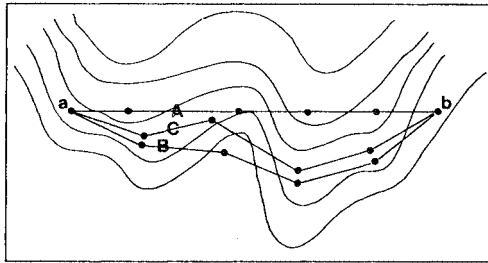
表一2 重回帰分析の結果

	全 体		標高 S_s, D, H_s	傾斜量平均 S_a	傾斜一致度 D_a	ピーク数 P_n	備 考
	説明変数の数	重相関係数	パラメータ 偏相関係数	パラメータ 偏相関係数	パラメータ 偏相関係数	パラメータ 偏相関係数	
水平 変 化	13	4	0.0893	0.0007	5.870	-0.153	-1.252
	式	12.190**	0.378**	0.006	0.216	-0.116	
14	3	0.084	--	5.949	-0.152	-1.282	
	式	16.613**	0.561**	--	0.254		-0.115
径 間 変 化	15	4	0.0114	0.114	9.773	-0.304	12.451
	式	5.995**	0.049	0.089	0.314	-0.203	
16	3	0.027	--	11.131	-0.296	11.933	
	式	7.989**	0.192	--	0.402		-0.198
17	3	--	0.163	9.559	-0.317	12.786	
	式	8.117**	--	1.429**	0.310		-0.215
高 低 変 化	18	4	0.109	1.818	-1.728	0.104	-0.111
	式	23.689**	0.156	0.423	-0.019	0.029	
19	3	0.111	1.780	--	0.053	-0.759	
	式	32.228**	0.160	0.472	--		0.011
20	2	0.107	1.806	--	--	-0.443	
	式	49.377**	0.165	0.539	--		--

重回帰式の検定	
$F(4, 50-4-1; 0.01) = 3.783$	
$F(3, 50-3-1; 0.01) = 4.257$	
$F(2, 50-2-1; 0.01) = 5.108$	
偏重回帰係数の検定	
$t(50-4-1; 0.1) = 1.680$	
$t(50-4-1; 0.05) = 2.015$	
$t(50-3-1; 0.1) = 1.681$	
$t(50-3-1; 0.05) = 2.016$	
$t(50-2-1; 0.1) = 1.666$	
*** 1% 有意	** 5% 有意
* 10% 有意	無印は有意ではない

行った。

設備の尺度間のトレードオフ関係はルート選定技術者からのヒアリングにもあったが、具体的に示せば図一10のとおりである。すなわち、①地点から②地点までを結ぶルートを考えて場合、Aルートは平面線形が直線的になるように鉄塔の位置を選定している。そのため径間と高低変化が大きくなっている。Bルートは径間が一定になるように選んだため、水平変化、高低変化が大きくなっている。Cルートは高低変化を避けるようにしたため径間と水平の変化が大きくなる。これは極端な例であるが設備の尺度間にはトレードオフ関係があることは明らかであろう。



図一10 尺度間のトレードオフ関係

そこで地形条件に関する尺度の合成変量 U 、

$$U = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n \dots\dots\dots(21)$$

とルートの屈曲に関する尺度の合成変量 V 、

$$V = b_1y_1 + b_2y_2 + b_3y_3 + \dots + b_ny_n \dots\dots\dots(22)$$

との相関を最大にするような係数ベクトル a_i 、 b_i を正準相関分析より求めた。

算定は重回帰分析に用いた全尺度によって行い第1次正準結合として次式を得た（ただし、各変数は標準化している*）。

地形条件に関する正準変量 U

$$U = 0.357 H_a^* + 0.556 S_a^* + 0.221 D_a^* - 0.089 P_n \dots\dots\dots(23)$$

設備屈曲に関する正準変量 V

$$V = 0.322 H_s^* + 0.206 S_s^* + 0.661 V_s^* \dots\dots\dots(24)$$

正準相関係数は $r = 0.876$ となり、設備変形の尺度を個別に説明する重回帰式より、相関係数は高くなった。なお、 χ^2 検定の結果では、1% の水準で有意であった。また、2次正準結合は $r = 0.308$ で、 χ^2 検定の結果10% の水準でも有意ではなかった。

以上に示したように、 U と V の相関係数が高くなり、尺度の係数の正負も論理的に妥当であることから、 V の尺度間の係数は仮定したトレードオフ関係を表わしているものといえる。すなわち、 V の各尺度の係数は地形の圧力を水平、高低、径間の変化によってどのように

受けとめているかを示すものと解釈できる。また、 U によって地形の及ぼす設備への屈曲圧力を一元化して示すことができ、広域におけるルートの立地情報として利用することができる。

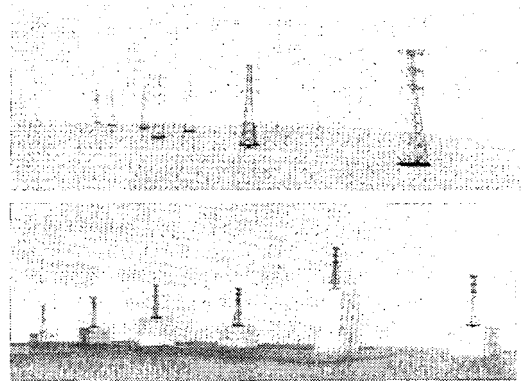
4. 送電線ルートの屈曲が景観に及ぼす影響

ルート屈曲を示す諸量が景観に及ぼす影響を模型を使った心理実験によって分析した。この分析から、先の地形とルート屈曲の関係と総合して、地形が及ぼす送電線の景観への影響が明らかになる。また、正準相関分析により得られた地形のルートに対する屈曲を示す式と合わせて、景観に配慮したルートの選定方針を見出すことが可能となる。

(1) 心理実験の方法

① 実験に使用した資料

鉄塔模型（縮尺 1/1 000）を白いベース、背景の中に置き、既存ルートの分析により得られた縦断、平面、径間の尺度の変動範囲をおおむねカバーするように模型の位置をランダムに変えて評価サンプルを作成し、写真撮影を行った。実験はこの写真を用いた（写真一2）。



(鉄塔群の軸線と視線のなす角度 θ 上： $\theta = 10^\circ$ 、下： $\theta = 45^\circ$)

写真一2 実験に使用した写真の例

② 実験のケース

ルートの屈曲が景観に及ぼす影響は鉄塔群の軸線と視線のなす角度 (θ) によって異なる。平面線形は θ が小さいほどジグザグに線形が屈曲するのが感知され、反対に縦断線形および径間の変化は $\theta = 90^\circ$ のときに景観的影響が大きくなると考えられる。そこで影響を比較するケースを次のように設定した。なお、視点は高さ 0 m にある鉄塔の中心 (40 m) を想定している。高低変化の実験においては、サンプルごとに視点との位置関係に差が出るが、鉄塔群全体が視野に入る程度の距離を離しているため全体の形状をとらえるには十分と判断した。

(a) 各量の影響が最も顕著に現われる角度による場

合。すなわち、縦断線形および径間の場合には $\theta=90^\circ$ とし、平面線形の場合には、後につづく鉄塔の腕金が重ならない程度に小さい $\theta=10^\circ$ とするケース。

(b) $\theta=45^\circ$ とし、それぞれの変動に対し公平になるように配慮したケース。

具体的な実験ケースの設定は表-3のとおりである。

③ 写真の評価

さまざまな水平、径間、高低の各変化を撮影した写真は、変化のタイプ別に分けずに、混合したまま被験者に渡し評価を依頼した。被験者は10人(東工大学生)で、評価は「屈曲感、乱雑感」という面から、図-11のようなスケールに各写真を位置づけてもらった。

(2) 屈曲感の分析結果

実験によって得られた屈曲感の評価値(Y)とそのときの設備の尺度値(H_0 , V_s , S_s)の関係を回帰分析した結果は図-12、表-4に示すとおりである。求めた回帰式は相関係数もほとんど0.9を越え、F検定の結果も1%の水準で十分有意であった。

表-3 心理実験のケース

視線と軸線のなす角度	変動させた条件	サンプル数	実験サンプルの変動範囲	既設ルートの変動範囲	既設ルートの平均値	
a 各尺度の影響が大きい	10° (10H0)	水平角 H_0 (平面線形)	11	0-24.7	0-25.9	12.83
	90° (90UD)	高低差 V_s (縦断線形)	12	0-109.2	0-135.0	56.50
	90° (90SP)	径間 S_s	12	0-34.6	9.8-41.3	24.28
b 設定した角度に公平に	45° (45H0)	水平角 H_0	11	0-24.7	0-25.9	12.83
	45° (45UD)	高低差 V_s	12	0-109.2	0-135.0	56.50
	45° (45SP)	径間 S_s	12	0-34.6	9.8-41.3	24.28

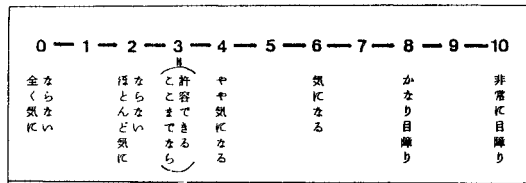


図-11 屈曲感の評価スケール

表-4 屈曲感の分析結果

視線と軸線のなす角度	変動させた条件	回帰式 $Y = aX + b$	相関係数
a 各尺度の影響が大きい	10° (10H0)	$Y = 0.370H_0 + 0.262$ (25)式	0.943
	90° (90UD)	$Y = 0.0807V_s + 0.507$ (26)式	0.971
	90° (90SP)	$Y = 0.165S_s - 0.008$ (27)式	0.985
b 設定した角度に公平に	45° (45H0)	$Y = 0.217H_0 + 0.158$ (28)式	0.968
	45° (45UD)	$Y = 0.0715V_s + 1.125$ (29)式	0.966
	45° (45SP)	$Y = 0.0972S_s + 0.664$ (30)式	0.897

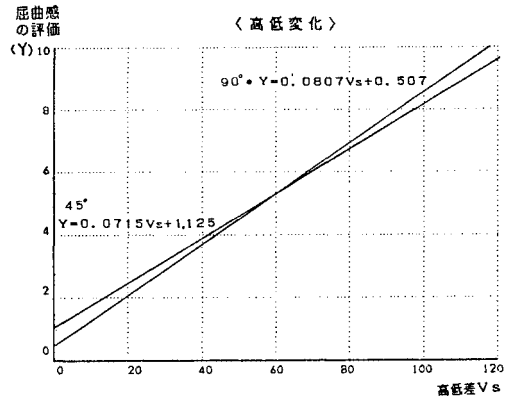
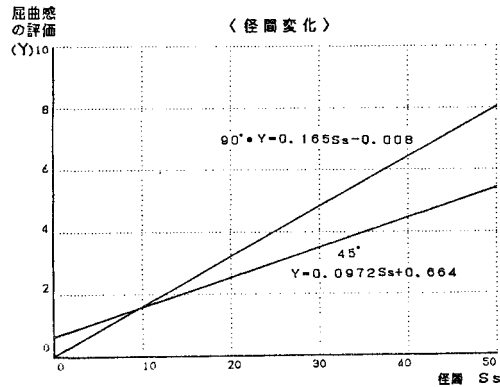
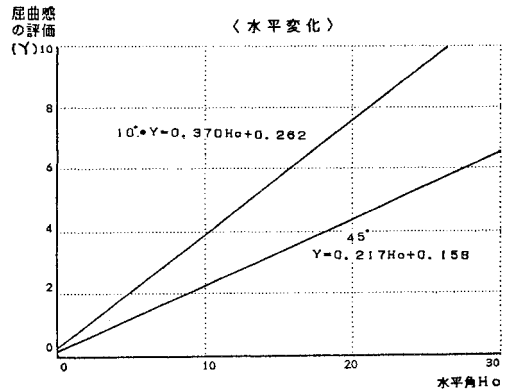


図-12 設備の尺度と視覚的影響

これから (a) と (b) のケースを比較すると水平変化の場合、係数の変化が大きく、軸線に沿って鉄塔群を眺めたときには $\theta=45^\circ$ から眺めるより、約70%影響が増加することがわかる。反対に径間変化では、 $\theta=90^\circ$ の方向からみたときが影響が大きく、 $\theta=45^\circ$ からみるより影響がかなり減少する。高低変化については、水平、径間変化に比べてみる角度を違えても評価はあまり変わらないことがわかった。

(3) ルート選定方針の導出

ここでは、模型による設備の視覚的影響の分析と正準

相関分析の設備屈曲尺度の合成変量を示す式から、どのような屈曲の尺度に配慮してルート選定を行えば、視覚的影響を減らすことができるかを分析する。

まず、設備の正準変量 V を標準化しない変数、水平角、径間、高低差の標準偏差をそれぞれ H_0 、 S_s 、 V_s として示すと次のようになる。

$$V=0.0481 H_0+0.0322 S_s+0.0239 V_s \cdots \cdots (31)$$

これは、地形の屈曲圧力をどのように受けとめるかのトレードオフ関係を示していると考えられるので、それぞれの尺度の係数 β_i の逆数は、地形の屈曲圧力の単位量の増加を各尺度だけで対応した場合の尺度値の増加を示すこととなる。

したがって、 V が単位量増加したときの各尺度値の増加は次のようになる。

$$\text{水平変化 } H_0 \text{ だけで対応すると } 1/\beta_1=20.79$$

$$\text{径間変化 } S_s \text{ だけで対応すると } 1/\beta_2=31.06$$

$$\text{高低変化 } V_s \text{ だけで対応すると } 1/\beta_3=41.84$$

この $1/\beta_i$ にルート屈曲の視覚的影響に関する心理実験式 (25)~(30) の係数 α を乗ずることにより、地形の屈曲圧力に対してそれぞれの尺度だけで対応したときの、視覚的影響の増加量がわかる。算定の結果を表-5 に示す。

表-5 視覚的影響の増加量

視観と軸線 のなす角度	変動させた 条件	正準変量式の 係数の逆数 $1/\beta_i$	心理実験式の 係数 α	視覚的影響の 増加量
a 各尺度の 最大の影 響が 90° (90°SP)	水平角 H_0 (平面線形)	20.79	x 0.370	7.69
	高低差 V_s (線形線形)	41.84	x 0.0807	3.38
	径間 S_s	31.06	x 0.165	5.12
b 各尺度に 対した公 平に 45° (45°SP)	水平角 H_0	20.79	x 0.217	4.51
	高低差 V_s	41.84	x 0.0715	2.99
	径間 S_s	31.06	x 0.097	3.01

まず、各尺度について影響が最も大きくなる(a)のケースについては、水平変化による対応の影響量の増加が最も大きく、続いて径間、高低の順となった。水平変化で対応すると高低変化によるより2倍以上の影響があるわけである。

すべての変化を45°の角度からみた場合についても、順位は変わらなかったが、その差は縮まった。(a)に比べて水平と径間変化の影響量の増加は60%程度になるが、高低変化の影響量の変化は少ないため、径間の変化とほとんど変わらない値となった。

以上の分析から、送電線のルート選定に際しては、地形の起伏に対して、水平変化による対応を避け、高低差

で対応することが望ましいと考えられる。

これは同じ連続する構造物である道路と異なる方針であるが、垂直の要素が強い鉄塔群から成る送電線の特性の現われであろう。

5. 結 論

既設送電線ルートのロケーションを地形との関係から統計的に解析し、ルートの屈曲による視覚的影響に関する心理実験と総合することにより、次の点が明らかになった。

(1) 地形による鉄塔群の水平、径間、高低の各変化が250mメッシュ標高データより作成した地形の特徴を示す尺度によって、ある程度まで説明することができた。これを予測に用いれば、新規ルートのマクロな立地情報とすることができる。

(2) 地形の尺度とルート屈曲の尺度間で正準相関分析を行うことにより、設備の尺度間のトレードオフ関係が明らかになった。また、この分析から得られた地形尺度の正準変量 U は、地形の及ぼすルート屈曲圧力の総合特性値と解釈でき、一元化した形で地形のインパクト量を示すことができる。

(3) 正準相関分析の結果と心理実験の結果より、ルート選定時においては、地形の起伏への対応は設備の高低による方が視覚的影響が少ないため望ましく、水平変化によることは避けた方がよいとの方針が得られた。

最後に、本研究を進めるにあたり、貴重な助言をいただいた東京工業大学 中村良夫教授、渡辺貴介助教授、ならびに資料の提供、助言をいただいた東京電力(株)送変電調査所の飛松勝興氏、加藤繁樹氏、また、作業の協力を得た大学院生の熊谷圭介君に感謝の意を表する次第です。

参 考 文 献

- 1) 東京電力・ラック計画研究所：送電設備の環境アセスメント手法に関する研究，1979。
- 2) 吉川虎雄ほか：日本地形論，東京大学出版会，1973。
- 3) 中村良夫ほか：土木工学大系13 景観論，彰国社，1977。
- 4) 今村遼平ほか：画でみる地形・地質の基礎知識，鹿島出版会，1983。
- 5) ラック計画研究所：メッシュ・アナリシス，1971。
- 6) 天野光一ほか：地形景観の計量的解析に関する研究，第33回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp.131~132，1978。
- 7) 岡田一天：高速道路切土面の発生ならびに景観的影響の予測に関する研究，東京工業大学社会工学科修士論文，1979。

(1984.11.18・受付)