

電線・電柱による錯綜感に関する研究

小山 暁¹・窪田 陽一²・深堀 清隆³・椎貝 英仁⁴

¹非会員 早稲田大学大学院理工学研究科修士課程建築学専攻
(〒169-0072 東京都新宿区大久保3-4-1, E-mail:a-oyama@ruri.waseda.jp)

²正会員 工博 埼玉大学大学院理工学研究科環境科学・社会基盤部門
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:y1kubota@env.gse.saitama-u.ac.jp)

³正会員 博士(学術) 埼玉大学大学院理工学研究科環境科学・社会基盤部門
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:fukahori@post.saitama-u.ac.jp)

⁴非会員 竹中工務店

電線・電柱は地域の美観を損なう景観阻害要因として人々に最も強く認識されている。景観法が施行されて以降、電線類の整理については今後、整備の進展が予想される。しかし、その整備の優先順位を決定づける方法は未だ整備されていない。そこで本研究では、電線・電柱による景観的錯綜感を表す指標を提案し、各指標値の変動と人の感覚量の変動の関係を分析し、どのような場面において人は電線・電柱が錯綜していると感じるのかを明らかにした。さらに、空間指標、透視形態指標の関係性に着目し、どちらが人の感覚量に近いかを考察した。また算出が比較的容易な空間指標から、錯綜感を見積もることができるか、対応する透視形態指標との相関を考慮しつつ検討した。

キーワード: 景観阻害要因, 電線, 電柱, 錯綜感

1. はじめに

わが国の景観、特に都市景観は先進国の中で最も醜いと言われてきた。電線電柱は、屋外広告物と並んで地域の美観を損なう景観構成要素として認識されている。現在、電線類地中化計画により整備が実施されているが、現状は比較的地中化が進んでいるといわれている市街地の幹線道路でさえ、計画が始まった昭和 61 年度から最近の平成 15 年度までの 17 年間で 9%程度しか進んでいない。このように整備には時間がかかり、また費用負担の問題や技術的問題(地上機器類の設置スペースの確保等)もあり、そもそも地中化が実施し難い場合もある。

また、昨年度景観法が施行され国全体として景観が望ましい方向に誘導されることが期待されている中、電線類の整理については、景観行政団体が、電気事業者や道路管理者と協議の上、特に地区内で電線等の撤去が必要な道路を優先的に選択し「景観計画」に位置づけ、段階的に電線地中化を進めることが想定される。しかし、整備対象となる道路についてどのように優先順位を考えるか、また現状の景観阻害の深刻さを踏まえた優先順位の決定法については未だに明確な方法論は整備されていない。

そこで本研究では、電線類地中化の優先順位を決定づけるひとつのバロメーターとして、電線・電柱が街路景

観を「乱雑にする」「錯綜感を感じさせる」などを定量的に示す指標を作成する。これをもとに実際の街路で計測を行い現象を観察・分析(相関分析)し、将来の予測に役立つ資料を提供する。それらの結果をもとに電線類地中化を実施し難い場合においても、電線・電柱を目立たぬよう制限し、都市の街路景観をよりよくなるための手法を提案することができると考える。

2. 研究方法

(1)指標の提案

a)指標の作成

錯綜感を与える要因として「電線・電柱の数量」「電



図-1 電線パターンの定義

表-1 指標一覧

	指標名	単位	指標算定式	算出方法	説明
空間指標	電線本数密度	本/m	電柱本数/街路距離	街路において本数・距離を計測	電柱の本数
	電線本数密度	本/m	電線本数/街路距離	街路において本数・距離を計測	電線の本数
	電線距離密度		{(並行電線本数 × 電柱間平均距離) + (横断電線本数 × 街路平均幅員)} / 街路距離	街路において本数・距離を計測	電線の長さの総和
	並行電線本数密度	本/m	並行電線本数/街路距離	街路において本数・距離を計測	並行電線の本数
	横断電線本数密度	本/m	横断電線本数/街路距離	街路において本数・距離を計測	横断電線の本数
	分岐電線本数密度	本/m	分岐電線本数/街路距離	街路において本数・距離を計測	分岐電線の本数
	横断電線分布集中度		$C = \sum x_i - y_i $ x_i : 区間 <i>i</i> における横断電線本数 / 総横断電線本数 y_i : 区間 <i>i</i> 面積 / 全区間面積	対象区間を5mずつ等分し、それぞれの区間における本数を計測	横断電線のばらつき
	分岐電線分布集中度		$C = \sum x_i - y_i $ x_i : 区間 <i>i</i> における分岐電線本数 / 総分岐電線本数 y_i : 区間 <i>i</i> 面積 / 全区間面積	対象区間を6mずつ等分し、それぞれの区間における本数を計測	分岐電線のばらつき
	電柱高さ分散度	m	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}$ n : サンプル数 x_i : i 番目の電柱高さ \bar{x} : 平均値	街路において反視点場側の電柱高さを計測	秩序の有無(揃い/不揃い)
	電柱間隔分散度	m	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}$ n : サンプル数 x_i : i 番目の電柱間隔 \bar{x} : 平均値	街路において反視点場側の電柱間隔距離を計測	秩序の有無(揃い/不揃い)
電柱位置分散度	m	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}$ n : サンプル数 x_i : i 番目の電柱位置 \bar{x} : 平均値	街路において街路中央から反視点場側の電柱の距離を計測	秩序の有無(揃い/不揃い)	
透視形態指標	透視総電柱率	%	画像内の電柱の総ピクセル数 / 総ピクセル数	画像処理ソフトによりピクセル数を計測	画像内の電柱の占有面積
	透視総電線率	%	画像内の電柱の総ピクセル数 / 総ピクセル数	画像処理ソフトによりピクセル数を計測	画像内の電線の占有面積
	透視並行電線率	%	画像内の電線の総ピクセル数 / 総ピクセル数	画像処理ソフトによりピクセル数を計測	画像内の並行電線の占有面積
	透視横断電線率	%	画像内の並行電線の総ピクセル数 / 総ピクセル数	画像処理ソフトによりピクセル数を計測	画像内の横断電線の占有面積
	透視分岐電線率	%	画像内の横断電線の総ピクセル数 / 総ピクセル数	画像処理ソフトによりピクセル数を計測	画像内の分岐電線の占有面積
	天空電線率	%	画像内の分岐電線の総ピクセル数 / 総ピクセル数	画像処理ソフトによりピクセル数を計測	画像内の空を背景にもつ電線の占有面積
	横断電線分布集中度		$C = \sum x_i - y_i $ x_i : グリッド <i>i</i> における横断電線ピクセル数 / 総横断電線ピクセル数 y_i : グリッド <i>i</i> の面積 / 全グリッドの面積	写真上に20×20のグリッドをつくり、1グリッドにおける横断電線のピクセル数を画像処理ソフトで計測	画像内の横断電線のばらつき
	分岐電線分布集中度		$C = \sum x_i - y_i $ x_i : グリッド <i>i</i> における分岐電線ピクセル数 / 総分岐電線ピクセル数 y_i : グリッド <i>i</i> の面積 / 全グリッドの面積	写真上に20×20のグリッドをつくり、1グリッドにおける横断電線のピクセル数を画像処理ソフトで計測	画像内の分岐電線のばらつき

線のばらつき」「電柱の形状・配置の秩序」に着目し、19個の指標の作成を行った(表-1)。

なお、電線に関してはパターン分類を行い、道路に並行に架かる電線を「並行電線」、道路を横断する電線を「横断電線」、電柱や並行電線等から分岐して建物まで架けられる電線を「分岐電線」と定義する(図-1)。

指標は、3次元空間における物理量としての空間指標と人が実際に認知している2次元視覚像から得られる透

視形態指標の2つに大別される。空間指標とは、測定対象としているものを3次元空間における物理量として捉えたものである。視点場による影響が考慮されず、人の実際の空間体験を示すものとは言い難い面もあるが、実際の街路の状況から、本数や距離などを測定して比較的容易に算出ができるもので、GIS上のデータ管理などもしやすいという長所を有する。一方、透視形態指標とは、測定対象としているものを2次元の視覚像として捉えた

表-2 各街路の空間指標値

	平均幅員	電柱配置パターン	電線本数密度	電線本数密度	電線距離密度	並行電線本数密度	横断電線本数密度	分岐電線本数密度	横断電線分布集中度	分岐電線分布集中度	電柱高さ分散度	電柱間隔分散度	電柱位置分散度
街路A	7m	両側	0.07	2.34	27.85	1.08	0.34	0.92	139.22	213.77	0.52	10.03	1.24
街路B	7m	両側	0.07	1.84	38.55	0.97	0.29	0.57	130.91	140.00	0.18	4.67	0.34
街路C	5m	両側(補)	0.09	2.09	18.10	0.66	0.52	0.91	116.92	134.36	0.47	12.17	0.72
街路D	7m	両側(補)	0.07	1.23	19.96	0.53	0.23	0.47	128.57	143.33	0.51	17.36	0.61
街路E	8m	両側(補)	0.08	2.53	32.68	1.05	0.37	1.11	112.50	133.05	0.58	5.85	0.98
街路F	6m	片側	0.04	0.52	9.76	0.27	0.13	0.13	166.67	166.67	0.36	1.78	0.06
街路G	7m	片側	0.04	1.31	19.11	0.61	0.35	0.35	120.00	120.00	0.05	7.97	0.07
街路H	6m	片側	0.04	2.12	16.32	0.49	0.54	1.09	100.99	114.40	2.50	9.28	1.14
街路I	5m	片側	0.04	1.83	22.77	0.76	0.34	0.73	110.98	108.65	0.11	5.59	0.39

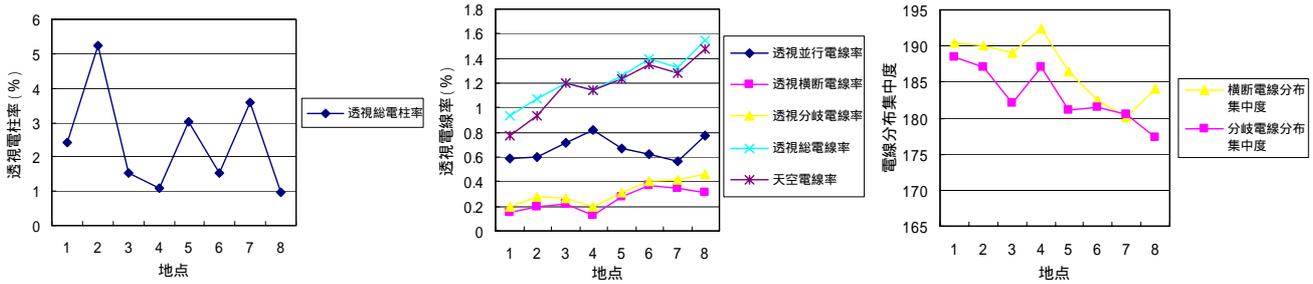


図-2 地点による透視形態指標値の変移 (街路E)

ものである。画像認識技術の適用が必要であり、空間指標と比較して算出するのに煩瑣であるが、人の空間評価は2次元の視覚像として捉えて認知されるものであるため、透視形態で景観構成要素を捉えることで正確な空間評価が得られると思われる。

b) 分布集中度

本研究の着眼点のひとつとして挙げた「電線のばらつき」については、横断電線、分岐電線を対象とした。3次元空間における物理量としての空間指標、人が実際に認知している2次元視覚像から得られる透視形態指標を考え、ともに分布集中度Cを用いた。これは、分布が均一であれば事象の構成比は面積比に比例し不均一の度合いが高まり、特定の領域に集中的に分布しているのであれば構成比と面積比の乖離は大きくなることに着目して定義され、Cが大きいほど集中分布、Cが小さいほど一様(分散)分布していることを示す。空間指標としての分布集中度Cは対象区間を5mずつ12等分し、それぞれの区間において横断電線本数をカウントし、さらに距離の影響を加味して算出する。透視形態としての分布集中度Cは写真上に20×20のグリッドをつくり1グリッドにおける横断電線のピクセル数を画像処理ソフトでカウントすることにより算出する。

(2) 指標値の測定

空間指標値は対象区間長を150mと設定し、9街路(いずれも埼玉大学付近)で測定を行った。対象とする街路は直線道路とする。表-2に各街路の指標値を示す。透視形態指標値は各街路8地点、計72地点で撮影した写真か

ら測定を行った。撮影ポイントは対象区間の端から10m間隔で移動させている。写真撮影パターンは人の視野は縦方向より横方向に広がっているという特性を考慮し、横に長いランドスケープ型を採用する。撮影は

- ・道路沿道から道路と平行に撮影する方向を合わせる
- ・撮影高さは地上から約150cmとする
- ・建物等の影が入り込まないようにする

という条件のもと行うものとした。図-2に街路Eを例として地点による各指標値の変移を示す。

(3) 錯綜感に関する心理評価実験

作成した指標値の変動と人の感覚量の変動との関係を示すことを目的に心理評価実験を行った。電線・電柱による錯綜感に及ぼす各要因の影響度およびその傾向を明らかにする。本来はより評価の信頼度の高い一対比較法による評価が望ましいが、写真枚数が多いことから、尺度化には7段階評定尺度法と一対比較法を組み合わせ適用し「電線・電柱がごちゃごちゃして見えるもの」について評価を行ってもらった。また、評価の際の注意事項として、実際の街路にいる状況と近づかせるために写真を25cm程度まで近づいた距離からまっすぐ見るようにすること、沿道状況の影響、他の景観要素との関係は考慮せず、電線・電柱のみに着目した評価とすることを説明した。なお、被験者は埼玉大学の学生20名である。

a) 7段階評定尺度法

測定を行った8地点×9街路、計72枚の写真をA4サイズのシートとした。このサイズは、印刷するにあたって電線のピクセルが潰されてぼやけた輪郭にならないあ

程度の大きさで、且つ、被験者が写真を並べて比較する際になるべく手間を取らないよう考慮したサイズである。これらを街路ごとに分け、7段階に点数を付け評価する評定尺度法に一对比較法の原理を取り入れた方法を用い、評価を行ってもらった。この方法は、1枚1枚写真を相互比較しながら点数付けを行うため、より信頼性の高い評価が期待できる。点数の範囲は1点（錯綜感小）～7点（錯綜感大）とする。

b) 一对比較法

7段階評定尺度法により同じ街路内の地点ごとの比較は可能であるが、異なる街路の地点間での評価点比較ができない。そこで、評価点を共通尺度化するために、各街路から無作為に2枚の写真を抽出し、計18枚の写真で総当りの一对比較を行った。これは、画像を2枚ずつ5秒提示を行い、電線・電柱がごちゃごちゃして見える方の写真にをつけてもらうものである。

これらの2つの実験により得られた結果から全街路・全地点の得点を同じ間隔尺度上において算出しなおしたものを錯綜感評価点とする。

3. 透視形態指標と錯綜感評価点の単相関分析による場面の評価・考察

ここでは実験によって得られた錯綜感評価点と、人が実際に視認している二次元視覚像から得られる透視形態指標の間の相関関係を分析し、各指標値の変動と人の感覚量の変動との関係を示す。これによりどのような場面において人は電線・電柱が錯綜していると感じるのかを明らかにする。

(1) 数量を表す指標

総電柱率、総電線率、並行電線率、横断電線率、分岐電線率、天空電線率と錯綜感評価点の間には総じて正の相関関係がある。これは、電線・電柱の見える面積が大きいほど錯綜感を増す傾向にあるということを示す。以下に各指標ごとの傾向を示す。

a) 電線と電柱の比較

総電柱率よりも総電線率において高い相関が観察されることから電柱より電線の方が錯綜感をよく説明できている（図-3、図-5）。

b) 電線パターン間の比較

横断電線、分岐電線と比較し、並行電線について最も高い相関が観察される（図-4）。しかし、それぞれのパターンの電線率よりも総電線率（図-5）において高い相関が観察されることから、1つのパターンの電線が錯綜

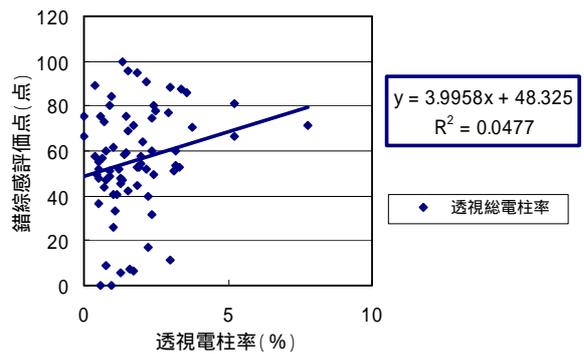


図-3 透視電柱率と評価点の関係

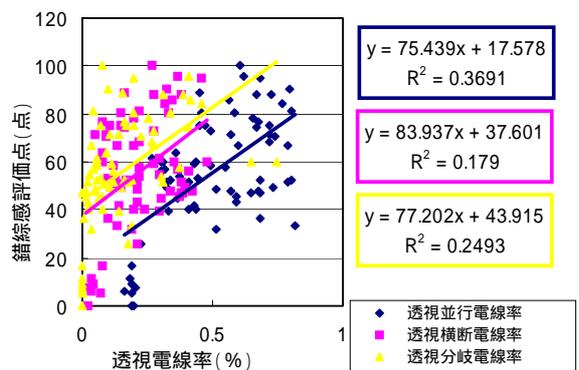


図-4 透視電線率と評価点の関係（電線パターン別）

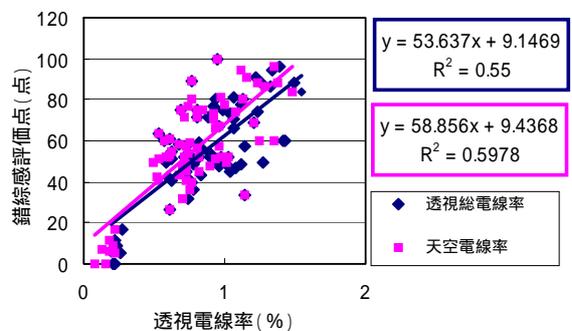


図-5 透視電線率と評価点の関係

感を決定づける要因となっているのではなく、複数のパターンの電線が入り混じり総合して見える電線の量が多いことが最も錯綜感に影響を与えられられる。

c) 電線と天空電線の比較

総電線率よりも天空電線率において高い相関が観察されることから電線全体よりも空を背景とする天空電線の影響度が大きいといえる（図-5）。この結果より、電線の背景が建物になり得やすい中高層建物の並ぶ街路や樹木のある街路よりも背景が空になり得やすい低層建物の並ぶ街路等は電線による錯綜感を感じやすいということ

表-3 空間指標、透視形態指標と錯綜感評価点の相関関係

空間指標	相関係数 (直線近似)	透視形態指標	相関係数 (直線近似)
電線本数密度	0.53	透視総電柱率	0.56
電線本数密度	0.84	透視総電線率	0.84
電線距離密度	0.84	天空電線率	0.91
並行電線本数密度	0.72	透視並行電線率	0.76
横断電線本数密度	0.40	透視横断電線率	0.32
分岐電線本数密度	0.67	透視分岐電線率	0.60
横断電線分布集中度	-0.55	横断電線分布集中度	-0.18
分岐電線分布集中度	-0.03	分岐電線分布集中度	-0.50
電柱高さ分散度	-0.08		
電柱間隔分散度	0.16		
電柱位置分散度	0.52		

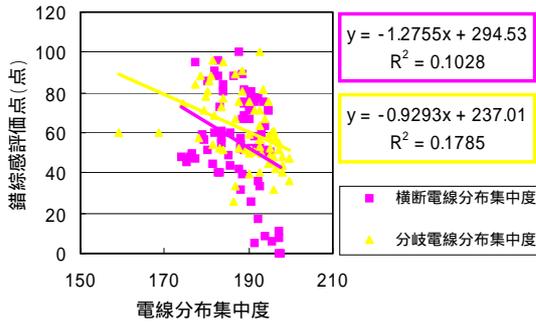


図-6 電線分布集中度と評価点の関係

が示唆される。また、どのような沿道状況においても背景が空となりやすい横断電線は錯綜感を与える要因として注意を要すると考えられる。

(2)電線のばらつきを表す指標

電線のばらつきを表す指標として提案した電線分布集中度は値が大きいほど集中分布、値が小さいほど一様（分散）に分布していることを示すものである。電線分布集中度と評価点の相関係数は横断電線、分岐電線とも高い相関係数は得られなかったが、負の相関関係が得られる（図-6）。これは値が高い、すなわち集中して分布しているように見えるほど錯綜感は低く、値が低い、すなわち一様にばらついて見えるほど錯綜感が高いと評価される傾向にあることを示すものである。

4. 空間指標、透視形態指標、錯綜感評価点の単相関分析による街路評価・考察

街路空間を評価する指標について、空間指標、透視形態指標と錯綜感評価点、空間指標と透視形態指標の相関関係の分析を行う。なお、透視形態指標と錯綜感評価点は8地点分の値を積分し、空間指標と対応させることとする。景観評価は視点と景観要素との位置関係で大きく変わるものだが、透視形態指標、錯綜感評価点ともに10mごと8地点設けた視点ごとに算出された値を積分することで、その短所を補完でき、ある程度空間のひろがり を考慮した。

(1) 空間指標と錯綜感評価点の相関分析

表-3より、錯綜感評価点との間に最も高い相関が観察される空間指標として、電線本数密度、電線距離密度（いずれもR=0.84）が挙げられる。これらは、電線の総本数、総距離を示す指標であることから、電線の数量が錯綜感を最もよく説明できる要因であると推察できる。

電線のばらつきを表す指標である電線分布集中度は、横断電線、分岐電線とも高い相関係数は得られなかったものの、いずれも負の相関関係が得られる。これは集中して分布しているほど錯綜感は低く、一様にばらついて存在しているほど錯綜感が高いと評価される傾向にあることを示し、やむを得ず横断電線・分岐電線を架空する場合はできる限り設置箇所を集約することが望ましいことを示唆している。

また、電柱の形状・配置の秩序を表す3つの指標について、分析したところ、電柱位置分散度において比較的高い相関関係（R=0.52）が観察された。この結果より、電柱の位置が不揃いであるほど錯綜感が高いと評価される傾向にあること、電柱の位置の秩序の有無は人の感じる錯綜感に影響を及ぼす要因となり得ることが考えられる。

(2) 透視形態指標と錯綜感評価点の相関分析

3章において場面における透視形態指標と錯綜感評価点の単相関分析を行ったが、ここでも同様の傾向を見ることができ（表-3）。

錯綜感評価点との間に最も高い相関が観察される空間指標としては、天空電線率、透視総電線率が挙げられる。特に天空電線率は相関係数0.91と空間指標と合わせて最も高い相関が得られており、錯綜感を見積もる際に最も有効な指標であると言える。

錯綜感評価点との相関については、より説明力の高い指標において空間指標よりも透視形態指標の方が若干高い値が出ている。これは、人が錯綜感を評価する際、3次元空間における実際の物理量や在り方ではなく、2次元視覚像から得られる「見え」の量や在り方により評価をする傾向の現れとも推察されるが、有意な差であるかは今後検討が必要であり、この程度の差であればよりシンプルな空間指標を使っても十分に錯綜感を見積もれるともいえる。

表-4 空間指標と透視形態指標の相関関係

空間指標	透視形態指標	相関係数 (直線近似)
電線本数密度	透視総電柱率	0.59
電線本数密度	透視総電線率	0.75
電線距離密度	透視総電線率	0.79
並行電線本数密度	透視並行電線率	0.84
横断電線本数密度	透視横断電線率	0.69
分岐電線本数密度	透視分岐電線率	0.76
横断電線分布集中度	横断電線分布集中度	0.60
分岐電線分布集中度	分岐電線分布集中度	0.49
電柱高さ分散度		
電柱間隔分散度		
電柱位置分散度		

(3)空間指標値と透視形態指標値の相関

空間指標は錯綜感を見積もる上で、若干説明力が低い
かほぼ同等となっている。実際の映像の見えを反映する
透視形態指標に対してどの程度の違いとなっているかを
別の側面から確認するために、指標の意味の上で対応付
けられる空間指標と透視形態指標の相関を分析した。

表-4より、関連のある指標間にはいずれも比較的高い
相関関係があるといえる。しかし錯綜感を空間指標で見
積もる際には、対応する透視形態指標が、現象として意
味のある説明力をもっているか、および表-4に観察され
るようなギャップがあることを認識した上で評価する必
要がある。空間指標の中で錯綜感評価点と最も高い相関
が観察された電線本数密度、電線距離密度は、それらと
関連のある透視総電線率との間に高い相関関係が観察さ
れる。本来は錯綜感をきちんと見積もるためには透視形
態上の電線率などを知る必要があるが、電線本数密度、
電線距離密度などの空間指標により、ある程度の精度を
持った見積もりが可能であると言える。

5.まとめ

本研究では、電線・電柱による景観的錯綜感を表す指
標を複数提案し、各指標値の変動と人の感覚量の変動と
の関係より、どのような場面において人は電線・電柱が
錯綜していると感じるのかということに関し、以下のこ
とを明らかにした。

- 電柱より電線の方が影響度が高い。
- 複数のパターンの電線が入り混じり、総合して電線の
量が多いことが最も錯綜感に影響を与える。
- 電線全体よりも空を背景とする電線の影響度が高い。
- 電線は、集中して分布しているほど錯綜感は低く、一
様にばらついているほど錯綜感は高いと評価される傾
向にある。

また、電線分布集中度、電柱位置分散度と錯綜感評価
点との相関関係より、やむを得ず横断電線・分岐電線を
架空する場合、電柱を地上に設置する場合の景観に配慮
した電線・電柱のデザインとして、以下の手法が有効で
あると考えられる。

- 横断電線・分岐電線はできる限り設置箇所を集約する。
- 電柱は街路中央からの距離を統一して設置する。

理論的には、錯綜感を見積もるためには、視野内の映
像を直接的に反映している透視形態指標を用いることが
望ましいと考えられるが、空間指標である電線本数密度
と電線距離密度は直接の錯綜感評価点との相関も高いこ
とに加え、それぞれ意味の上で対応する透視形態指標と
の間の相関も高いことが観察された。よって、比較的容
易に算出でき、GIS上のデータ管理などもしやすい、こ
れらの空間指標により、ある程度の精度を持って「錯綜
感」の見積もりが可能であると言える、実用の可能性が期
待できる。

今回は沿道状態の影響を考慮せず、電線・電柱のみに
着目した評価であったが、他の景観要素や周囲の環境に
よって電線・電柱による錯綜感は大きく変わることから
今後はそれらを考慮した提案が望まれる。

参考文献

- 1) 篠原修編・景観デザイン研究会：景観用語辞典，照国社，
2003
- 2) 和田陽平・大山正・今井省吾：感覚+知覚心理学ハンドブ
ック，誠信書房，1985
- 3) 松原隆一郎：失われた景観 戦後日本が築いたもの，PHP
新書，2002
- 4) 東京電力ホームページ：http://www.tepco.co.jp