

ファジィクラスタリングを用いた 送電鉄塔のイメージ分析

Image Analysis of Transmission Tower by Fuzzy Clustering Analysis

山田 正人, 秋山 孝正

Masahito YAMADA, Takamasa AKIYAMA

1. はじめに¹

筆者等²は、これまで世界の送電鉄塔の代表的と思われる形の写真を収集し、これをもとに設計の基礎とすべくイメージ調査を行っている。その方法は、被験者に約40枚の写真を提示し、そのうち10枚の写真についてSDほうによるアンケート調査を行っている。写真は撮影時の条件が様々であるので、被験者には一応形態のみを考慮してして答えを記入して欲しい旨、教示は行うのだが、いかんせん背景、光線の状態等の影響が大きく作用しているように感じられる。また形態に関する検討も、設計に供するには、より明解な効果の表現が得られる必要がある。そこでファジィクラスタ分析を用いて検討することにした。

2. これまでの研究

(1) 送電鉄塔の形態

まず、送電鉄塔を形態から見て大きく分類する。

現在、最も多く見られるのは、トラス型の四角鉄塔である。また、地形上、路線上の要件によって用いられる特殊型のものがある。これらを従来からあったという意味で標準型と呼ぶ。さらに、環境調和や美装化といった近年の要請によってデザインされた環境調和

型がある。実験に用いた写真では、No.1、No.2は2回線型の標準的なトラスの4角鉄塔と呼ばれる。No.4は、1回線型の標準的トラス型の烏帽子型。No.3は、変電所付近で見られる大角度を引き回す際用いられる多腕がねの引き回し型。No.6は、多回線を架張する際用いられる門型（以上2型は特殊型）。No.5、No.7、No.8、No.9、No.10は、環境調和型である。No.9、No.10は1本柱型、No.5はTrianon型（門型変形）No.7はSMC型、No.8は2本柱型である。

トラス構造と環境調和型の構造上の特性を比較し、トラス構造と環境調和型のイメージの違いをはっきりさせたい。

(2) 送電鉄塔の構造

送電鉄塔は、送電線を地面や地上の構造物、複数の送電線相互の安全上必要な距離を保ち把持し、あるいは架張する構造物である。

(a) 各部の名称と構成

送電鉄塔は、送電線を架張する腕がね部と、これを空中に支える鉄塔主体、さらにそれらを地盤上に支える基礎部よりなる。

腕がね部は腕がね本体と電線を把持・架張する碍子部よりなる。路線に屈曲のない直線部では、電線は懸架されるのみでよく、懸垂型の碍子連が用いられるが、路線に水平、鉛直方向に屈曲が生じている地点の送電鉄塔や直線部でも10基に1基程度は鉄塔が路線方向の送電線の張力を担う耐張型の把持が必要となる。

鉄塔主体は腕がね部を架構する主塔部とこれを支える脚部よりなる。

従来、送電鉄塔は路線毎に発注される性格を持ち、標準的な主塔部と立地点に併せた脚部、基礎の組み合わせ

¹ キーワード：景観、イメージ分析、空間整備・設計

² 山田：正員・修士・岐阜聖徳学園大学経済情報学部(500-8288 岐阜市中鵜 1-38、058-278-0778、Fax058-278-0718、jamada@shotoku.ac.jp)、秋山：正員・博士・岐阜大学工学部(500 岐阜市柳戸、058-293-2443、takamasa@cc.gifu-u.ac.jp)

わせて構成される。施工性の良い場所に建設されるとは限らず、現場での組立が可能のように、部材はある程度の大きさのものに制約を受ける。経済性も手伝って、結果として、トラス構造が最もよく用いられている。

トラス型の鉄塔主体は、主に鉛直荷重を受け持つ主柱材と水平方向の荷重やねじり等に抗する斜材、水平材等の腹材によりなる。構造材の軸力とモーメントに耐える空間構成により形成されるため、破壊を検討する際は、構造部材の挫屈と、転倒モーメントによる基礎の引き抜きが部材の力学的な設計上の検討対象となる。鉛直方向の荷重は鉄塔および電線の自重に、積雪や電線の振動による応力等が考えられる。水平方向の荷重としては鉄塔及び電線への風荷重等、鉄塔に当たって風を巻き込むとねじり等が発生する。風の向きは路線の方向に対してランダムであるとするのが基本であるが、送電線に当たる風は路線に垂直な方向、送電鉄塔の本体にあたる風は腕がねが張り出した面に当たる路線方向に極大値がくると考えられ、この両方向に効率よく抗するのに適した、四角鉄塔が標準形と称される。

(b) 送電鉄塔の高さと送電鉄塔の間隔

送電鉄塔の高さは、鉄塔頂部に懸架される架空地線、鉄塔により釣り下げられた送電線の最も弛んだところが地表または地上の構造物その他と所定以上の間隔を保つことによって決まる。

送電鉄塔の頂部には送電線を落雷から保護する役目を持つ架空地線を懸架する。送電線と異なり、送電線相互や鉄塔と一定以上の間隔を保つように碍子で架張する必要はなく、送電線に対する遮蔽角度を考慮して設置されるため、鉄塔本体の頂部や頂部に設けられた腕がねに直接懸架される。

送電線は通常3相交流が用いられるため、3本の電線が1セットで機能する。

路線が1回線のときは、烏帽子型が標準的に用いられる。2回線のときは3本（架空地線を2本懸架する場合は+1本）の腕がねを擁する4角鉄塔が標準鉄塔となる。路線は事情が許す限り、屈曲が少ないように構成される。烏帽子型、4角鉄塔のいずれの場合も懸垂型と耐張型の電線把持方式がある。

送電線は、送電流による電磁場の影響が及ばない程

度に、地上の人、ものと十分な離隔を保たねばならない。この離隔はおよそ送電圧によって決まる。送電鉄塔によって懸架された送電線は弛むが、その底の地上高が問題となる。すなわち、送電線の軸方向の張力と送電鉄塔の間隔により決まる。

送電鉄塔の間隔が大きいと送電鉄塔の基数は小さいが支える張力は大きくしなければならず弛みも大きいので高い鉄塔を建てねばならない。一方、小さいと基数が増えることになるが低い鉄塔でよい。

しかし結果的には、大型送電施設は小型のものに比べ、鉄塔間隔（ s ）と高さ（ h ）の比（ s/h ）が小さくなり、鉄塔高さの割に鉄塔間隔が短く立ち上がった印象が強くなる。

(c) 鉄塔の形態

多回線または多路線併架の場合は、多腕がね型や門型が用いられる。また、大角度を引き回す、引き回し（多腕がね）型や、路線の終端で引き留める引き留め型鉄塔がある。これらは特殊な型の鉄塔であるが、路線毎にたいいていの場合必要とされる形であるので、ここまで述べてきたものを全て含めて概ね標準型と分類できる。

対して、美装化柱（鉄塔）、環境調和型鉄塔と呼ばれる送電鉄塔がある。

都市のスプロールは、従来都市際までをそのテリトリーとしていた送電鉄塔の立地を都市的土地利用のただ中へ引きずり込んだ。また、交通手段の高速化は、移動に際して従来よりずっと送電鉄塔との遭遇の機会を増加させた。これらの理由から端を発した景観問題への対処が前期の美装化や環境調和型と呼ばれるものを作り出した。

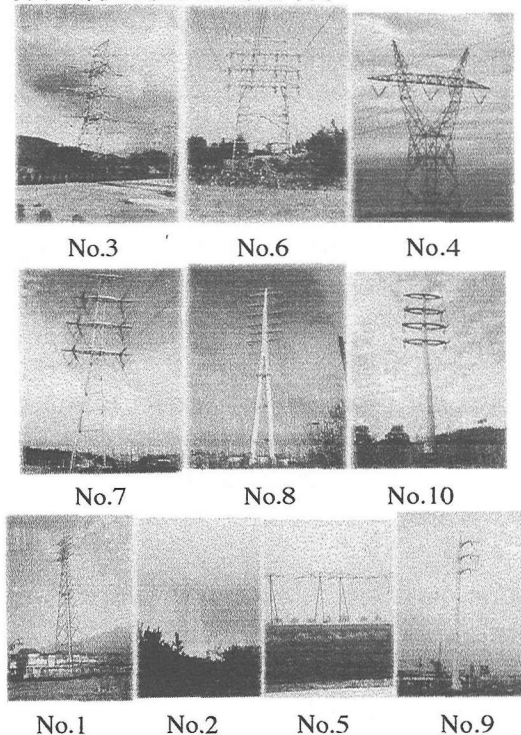
送電路線の輻輳は、送電鉄塔に少しでもシンプルな印象を与えるデザインを要求した。また、間近に見える大きな鉄塔は鉄塔の高さを低く抑えることを要求した。また、地価の高騰は鉄塔用地を少しでも小さくすることを要求した。

よって、美装化型や環境調和型は、シンプル化、低高度化、シンボル化、スリム化といった要請によって生まれた。

No.5のTrianon型は、空港付近に設置されるようになったため、高度に制限を受け、またシンプルな形にデザインされた。No.7は、新しく整備されたハイテクを

テーマとする街に併せて移設される際シンプルに、スリムに、あるいはシンボリックに見えるようデザインされた。塔体脚部の根開きを小さくし、部材の数を減らした。腕がねは、板状の構造になっている。No.8は塔体を2本柱にまとめた型である。やはり、シンプルにスリムにデザインされている。No.9は、道路の沿道に立地していた送電線を、道路の拡幅整備と併せて中央分離帯に移設し、用地の幅を抑えるため手伝って1本柱とし、またシンボリックな腕がねを採用している。No.10は、新しく整備された運動公園の主要な構造物であるビッグアーチと呼ばれるスタジアムの外形に合わせて、曲線をテーマにしたデザインを採用したものである。やはり、シンプル化あるいはシンボリ化がテーマとなっている。

写真 評価対象とした鉄塔写真



これらの美装化型あるいは環境調和型は、多くの場合、従前の路線毎の発注の大量同時生産でなく一品生産で、また比較的低い電圧の路線に位置することから、送電鉄塔の中では比較的小規模な鉄塔であることから自由なデザインが採用されている。ただし、今回取り上げた、No.5、No.7は500 kV、No.10は275 kV規格で超高圧の範疇にあたり、ここでいう比較的小

模には当てはまらない。

(3)イメージ調査

これまでの研究[2]では、SD法による調査データを因子分析により3因子を抽出し、3次元のクラスター分析により分類を行っている。この方法では、評価因子が測定した形容詞対軸の重み付けされた合成軸として抽出されるが、原データをもとにクラスター分析を行ったところ、同じクラスターが抽出された。第1クラスターはNo.3,4,6、第二クラスターはNo.2,9,1,5で構成される。ここではクラスター分析は階層的な手順を踏む重心法を用いている。

図 クラスター分割（因子平面への投影）

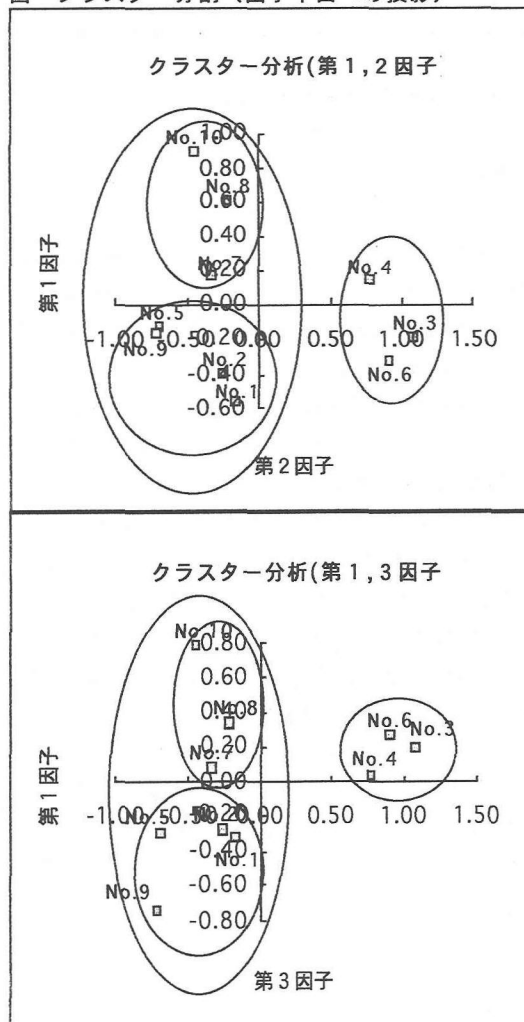


表 ファジィクラスタリングによる計算値

写真 No.	メンバーシップ関数の重み =2.0			メンバーシップ関数の重み =1.5			メンバーシップ関数の重み =1.1		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0.1200	0.1343	0.7457	0.0243	0.0251	0.9506	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0217	0.0560	0.9223	0.0008	0.0043	0.9949	0.0000	0.0000	1.0000
3	0.9668	0.0192	0.0140	0.9987	0.0008	0.0004	1.0000	0.0000	0.0000
4	0.8914	0.0709	0.0378	0.9843	0.0123	0.0034	1.0000	0.0000	0.0000
5	0.0507	0.2040	0.7453	0.0049	0.0658	0.9293	0.0000	0.0000	1.0000
6	0.6710	0.1547	0.1743	0.9280	0.0305	0.0415	1.0000	0.0000	0.0000
7	0.1064	0.5916	0.3020	0.0292	0.7554	0.2154	0.0000	0.0291	0.9709
8	0.0170	0.9444	0.0386	0.0005	0.9971	0.0024	0.0000	1.0000	0.0000
9	0.0301	0.0773	0.8926	0.0014	0.0080	0.9906	0.0000	0.0000	1.0000
10	0.0816	0.8332	0.0852	0.0076	0.9841	0.0083	0.0000	1.0000	0.0000

3.ファジィクラスター分析

今回のデータにc-means法のクラスター分析を適用する。与えられたクラスターの属性をもとにクラスター内の偏差平均和を最小にしつつクラスター間の距離を組み合わせ的に求めるアルゴリズムを持つ方法である。ファジィ c-means 法においては、各評価対象のそのクラスターへの帰属度が求められる。

あいまいさの程度を決めるメンバーシップ関数の重みを1として計算したとき、ファジィ c-means 法の結果は、通常の c-means 法と同等となるが、このとき第一クラスターにはNo.3,4,6が、第二クラスターにはNo.8,10、第三クラスターにはNo.1,2,5,7,9が帰属する。重みを2としたとき、それぞれ No.3,4,6、No.7,8,10、No.1,2,5,9が最も帰属度の高いクラスターとなり、既存の研究結果と一致することになる。しかし、たしかにNo.7の帰属度は第二クラスターのみならず、第三クラスターでも大きいことがわかる。

あいまいさを減らす過程に置いて帰属するクラスターが変わることが見て取れる一つのモデルを提示できたと考えている。

4.まとめ

今回のデータで見る限り、ファジィクラスター分析を用いても結論に大きな差異が生ずることはないこと

がわかった。ただ、外的要因による判別の解釈（クラスターへの帰属判定のミス）が、帰属度という内発的要因との視点からの判断として解釈することにより、論理的裁量の融通を表わすファジィ理論の特性をクラスター分析に十分に活かせることがわかった。クラスター間の関係が、非類似度を表す距離のみでなく、分散の大きさにも例えることのできるクラスター間の重なり指標として帰属度を有効に利用することができる。

筆者等はファジィ数量化分析を同様のデータに適用して研究を進めている [3][4]。送電鉄塔のイメージを類別化したとき、複数のイメージを合わせ持つものやその重なり具合がメンバーシップ関数の導入によってはっきりさせることができると考えている。

参考文献

- [1]宮田、山田、秋山：土木学会中部支部研究発表会概要集,pp.-(1998)
- [2]山田、秋山：送電鉄塔についての景観イメージ分析、岐阜大学工学部紀要,pp.-(1997)
- [3]和多田、田中、浅居：ファジィ数量化Ⅱ類、行動計量学,Vol.9,No2,pp.24-32
- [4]山田、秋山：第14回ファジィシステムシンポジウム講演集,pp.827-828(1998.6)