

カラスの営巣履歴から起因となる設備・環境要因を分析

Analyze the equipment and environmental factors derived from the nesting history of crows.

カラスの生態を統計解析により明らかにする

電力設備における配電柱のカラスの営巣履歴から、柱上設備の要因については、開閉器柱、変圧器柱（機器柱）へ営巣する割合が高い事が明らかになった。また、環境要因については、送電鉄塔と一級河川が存在が、カラスによる電柱への営巣を減少させる可能性が示された。



執筆者
電力技術研究所
バイオグループ
安藤 隆寛

1 背景と目的

電力会社では、カラスの巣材による故障停電を防止するため、従業員は膨大な時間をかけてカラスの営巣シーズンの度に巡視を行ってきた。各営業所では、「どの電柱に何回営巣されたのか」、「どの設備が営巣による故障が多いのか」、「巡視した範囲で営巣が発見できたか」、「巡視に係る労力はどれくらいか」等を毎年記録し、翌シーズンの営巣巡視の計画を立てている。この結果、多くの営巣があるにも関わらず、実際停電になるのは僅かに抑えられている。これらの記録は社内のシステムに登録され、膨大な情報量となっている。本研究では、巡視への労力低減も視野に、この記録を基に営巣されやすい配電設備の条件と、さらに環境条件を統計解析によって分析した。

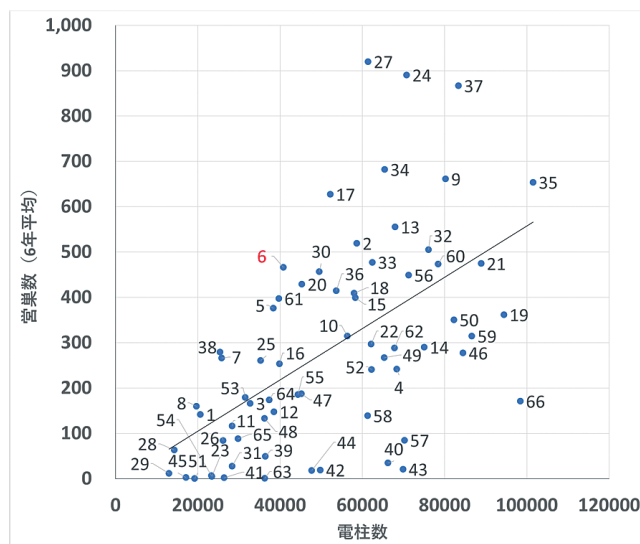
2 分析対象および方法

全ての営業所（66箇所）において、電柱本数と営巣数（2017～2022年の平均）との関係について調査した。電柱本数の多い営業所で営巣数の少ない営業所もあれば、逆に電柱本数が少なく営巣数が多い営業所もあった（第1図）。

本研究では、これらの営業所の中から、電柱数の割に営巣数が多かった営業所（番号6、赤字）の記録を対象に分析を実施した。営巣のデータは2017年から電子化されており、データ視覚化ツール「Tableau」を用いて管理している。1シーズン内、同一電柱で2回以上営巣された電柱もあるが、本研究では、営巣があったか否かのみを測定項目とし、1回のみの営巣と同等に扱った。

(1) 電柱のタイプと営巣との関連

営業所の電柱を、取り付けられている設備により5つのタイプ「開閉器柱」「変圧器柱」「高圧線のみ」「低圧線のみ」「設備なし」に分類した。タイプ別に営巣数を集計し、特にカラスに営巣されやすいタイプの有無について検



第1図 営業所ごとの電柱数と営巣数
（営業所を1～66までの番号で表記）

討した。「電柱のタイプにより営巣のされやすさに偏りがない」を帰無仮説として算出した営巣される割合と、実際に営巣された電柱のタイプの割合との違いをカイ二乗検定により比較した。

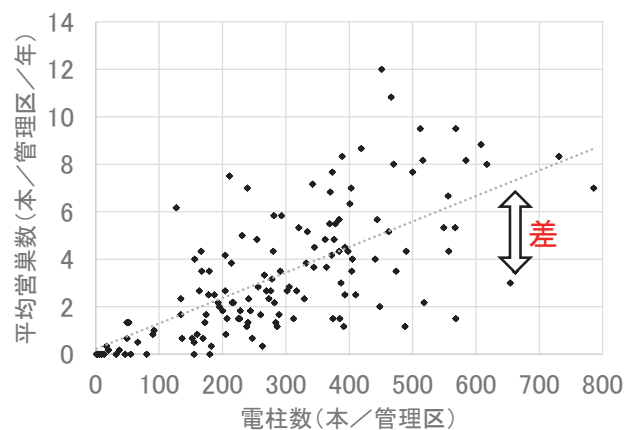
また、特定の電柱に複数年に渡って営巣されることから、電柱のタイプにより、営巣される年数に違いがあるか否かを検討した。2017～2022年の6年間で、1回でも営巣されたことがある電柱を抽出し、各電柱について6年間のうち何年営巣されたかでそれらを分類した。解析には「同一の電柱への複数年に渡る営巣のされやすさは、タイプによる差がなく、営巣が1～6年となる割合はいずれのタイプにおいても同様である」を帰無仮説として、それに従い求めた理論的な1～6年の割合と、実際の割合をカイ二乗検定により比較した。

(2) 周辺環境と営巣との関連

営業所が管理するエリアを一边1kmの正方形に区切り（以降、各正方形を管理区と呼ぶ）、計138個の管理区において年度ごとの営巣数を集計した。また、138個の管理区の中には、全域が営業所の管理区となっている区と一部が隣接営業所の管理になっている区があり、後者の解析では営業所の営巣記録しか対象としていない。

さらに統計解析ソフトウェアRで周辺環境と営巣数との関係を分析した。統計解析はシーズンごとの営巣数を目的変数、管理区と年度を変量効果（ランダム効果）、周辺環境（森の面積、一級河川の面積、管理区における営業所の面積、鉄道の有無、高速道路の有無、送電鉄塔の本数、電柱数）を説明変数として、一般化線形混合モデル（GLMM）解析により、各説明変数が及ぼす効果の強さを検討した。電柱はTableauにプロットされているが、ここでの地図は周辺環境が不明確であったため、周辺環境については地理情報システムQGISに重ねた。その地図上で、管理区ごとに森の面積、一級河川の面積、管理区における営業所の面積について、それぞれの面積を求めた。一方、鉄道および高速道路については、その有無のみを変数とし、管理区内にそれを含む場合は1、含まない場合は0を充てた。電柱数と送電鉄塔数は当社で管理しているので、それぞれの管理区内における本数をデータとして用いた。

また、各管理区において、よく営巣される開閉器柱、変圧器柱、高圧線のための3タイプの電柱数に対する割合を求め、営巣数との関連を分析した。営巣数はその管理区に存在する電柱数と正の相関があるため（第2図 $r=0.45$ ）、営巣数と、電柱数と営巣数との間に描かれる回帰直線式から計算される理論的な営巣数との間の差を求め、その数値と、3つの電柱数割合との相関を調べた。



第2図 営業所の管理区内の電柱数と営巣数

3 結果

(1) 電柱のタイプと営巣との関連

営業所において、1年間に営巣された電柱数は2017～2022年の各年度において、446、408、502、439、482、520本であった。1年あたりの平均営巣数は466本であり、概して90本に1本が営巣されている計算となっ

第1表 設備タイプ別にみた各年度に営巣された電柱数

電柱のタイプ	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	計
開閉器柱	140	124	168	159	162	173	926
理論値	65.5	59.9	73.7	64.5	70.8	76.4	410.8
変圧器柱	179	172	183	165	180	188	1,067
理論値	137.2	125.5	154.5	135.1	148.3	160	860.6
高圧線のみ	119	102	134	107	129	148	739
理論値	141.5	129.4	159.3	139.3	152.9	165	887.4
低圧線のみ	8	10	17	8	11	11	65
理論値	92.4	84.5	104	90.9	99.9	107.7	579.4
設備なし	0	0	0	0	0	0	0
理論値	9.4	8.6	10.6	9.2	10.1	10.9	58.8
計	446	408	502	439	482	520	2,797

第2表 電柱の設備タイプ別に連続して営巣された年数
開閉器、変圧器、高圧線の値は「実測値 / 理論値」

営巣された年数	電柱のタイプ				
	開閉器柱	変圧器柱	高圧線のみ	低圧線のみ	計
1年	506/452	399/427	258/284	43	1,208
2年	106/123	122/116	88/77	6	322
3年	41/53	63/50	31/33	2	137
4年	15/28	32/26	25/18	1	73
5年	5/12	13/12	14/8	0	32
6年	0/5	7/5	7/3	0	14
計	673	636	423	52	1,784

た。6年間の年度ごとに、営業所における電柱の各タイプの割合から計算される理論的な営巣数と、実際に営巣されたタイプの割合を比較したところ、有意差があった（カイ二乗検定 $P<0.001$ ）（第1表）。いずれの年度においても、開閉器柱、変圧器柱に営巣される割合が高く、低圧線のための電柱への営巣が少なかった。また、設備なしの電柱への営巣は6年間で皆無であった。

営業所に設置された4万本あまりの電柱において、6年間のうち1回でも営巣された電柱は1,784本であった。営巣があった年数ごとに分けて、その本数を電柱のタイプ別に第2表に示した（6年間に全く営巣が無かった設備なしの電柱は含めていない）。

第2表のとおり、1年から6年になるに従い、その本数は減少しており、それはいずれのタイプの電柱においても同様であった。営巣数が少なかった低圧線のための電柱を除いた3つのタイプ（開閉器柱、変圧器柱、高圧線のみ、以下「主要3種」）の間で、営巣があった年数の多さに従いその本数が減少する割合が異なるか否かを検討した。その割合について、電柱のタイプ間の違いをカイ二乗検定した結果、有意な差があった（ $P<0.001$ ）。開閉器柱への営巣は1～2年の営巣が多い一方、4年以上営巣が見られた電柱は少なく、6年間営巣された電柱は皆無であった。一方、変圧器柱と高圧線のための電柱は、複数年に渡って営巣される割合が比較的高く、特に6年連続で営巣があった14本は7本が変圧器柱、7本が高圧線のための電柱であった。

(2) 周辺環境と営巣との関連

営業所の138個の管理区において、6年間の平均営巣数を第3図に示す。管理区は東西方向にカタカナ、南北方向に数字を振り分けて示してある。最も多く営巣された管理区は02ウで、営巣数は11.3本（6年平均）であった。

平均	マ	ホ	ヘ	フ	ト	ハ	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ
86		0	0	1.33	1		2.33	0.67					
85		0.67	1.33	0.67	1.33	0.5	3.5	2.67	0				
84		0.83	1.5	2.33	5.83	5.33	1.17	0.83			0	1.33	0
83		0.5	1.5	1.33	3.83	2	5	5.33	4.33	4.83	5.17	2.17	
02		0.67	2.5	4.33	2.33	4	5.33	8	11.3	7.33	6.67	4.67	2.5
01		2	3.5	3.33	4.17	8.17	9.5	2.83	2.17	6.33	7	3.67	1.67
00	0	7	2.17	4.5	3	3.5	4.33	4.33	8.33	5.67	5.17	7.67	2.67
50		4	1.83	2.67	8	8.33	1.5	2.17	4	10.8	6.83	8.83	2.67
51		6.17	2.17	3.17	8	1.17	0.33	3.5	5.83	5.5	4.33	9.5	0.17
52		2.33	4.17	2.5	1.5	5.67	3.5	1.5	7	4.33	1.17	8.5	0.83
53		1.67	2.5	1.17	2.5	1.5	7.5	5.5	3	0.17			
54		0	1.67	7.17	1.83	0.33	1.83	1.67	2.67	0.33			
55			0	3.5	3.67	1.5	2.83	0					
56				0	4.33	3.83	0						
57					0.67								

第3図 営業所における各管理区の6年間の平均営巣数
営巣数は緑色が少なく、赤色になるにつれて多くなる

営巣数に影響を与えていると予想される要因について、以下の7つの項目（森の面積、一般河川の面積、当該管理区における営業所が管理している面積（以下、管理区における営業所の面積）、鉄道の有無、高速道路の有無、送電鉄塔の本数、電柱数）を説明変数として、一般化線形混合モデル（GLMM）解析検討を行った。これらの相関係数については第3表に示す。相関係数が0.9を超えるものは多重共線性を考慮する必要があるが、今回は無かった。一般化線形混合モデル（GLMM）の結果、第4表のとおりとなった。営巣数に正の効果を持つと判定された要因は、管理区における営業所の面積、電柱数であった。一方で、負の効果を持つと判定されたのは一般河川の面積、送電鉄塔の本数であり、これらの数値が大きい管理区では営巣数が少ないことが明らかになった。森の面積、鉄道の有無、高速道路の有無は営巣数と関連が薄い結果となった。

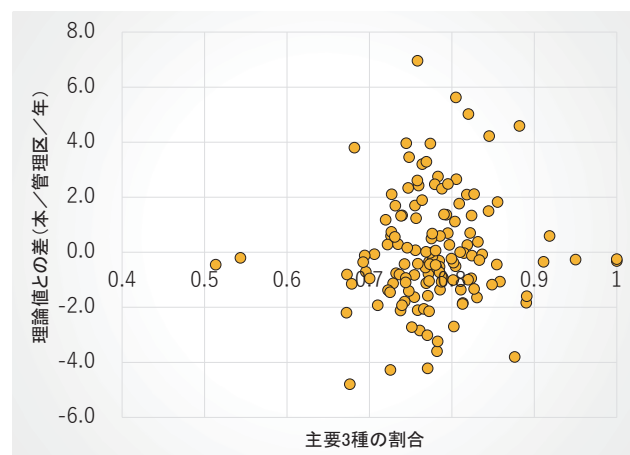
また、第2表のとおり、主要3種における営巣数は全体の97%を占めている。だとすれば、主要3種が多い管理区では営巣される頻度が高くなるという仮説が成り立つ。これを検証するために管理区ごとに主要3種の割合と、営巣される数との理論値との差を求め、第4図にプロットした。仮説が正しければ右肩上がりとなるはずであるが、主要3種の割合に関わらず、理論値との差はばらつきがあるという結果になった。

第3表 環境要因の相関係数

	鉄塔	河川	森	鉄道	高速道路	電柱	T事業所の面積
鉄塔	1	-0.105	0.135	-0.024	0.04	0.107	0.168
河川	-0.105	1	-0.093	-0.179	0.007	-0.321	0.141
森	0.135	-0.092	1	-0.101	-0.012	0.127	0.158
鉄道	-0.023	-0.179	-0.101	1	0.093	0.258	-0.132
高速道路	0.04	0.007	-0.012	0.093	1	-0.112	-0.138
電柱	0.107	-0.321	0.127	0.258	-0.112	1	0.592
営業所の面積	0.168	0.142	0.158	-0.132	-0.138	0.592	1

第4表 GLMMの解析結果

	回帰係数	標準誤差	Z値	P値
電柱	0.385	0.084	4.584	P < 0.01
鉄塔	-0.191	0.0574	-3.327	P < 0.01
河川	-0.363	0.0831	-4.367	P < 0.01
森	0.0181	0.0554	0.327	P = 0.74
鉄道	-0.029	0.0623	-0.466	P = 0.64
高速道路	-0.0765	0.06	-1.275	P = 0.20
営業所の面積	0.475	0.0908	5.233	P < 0.01



第4図 主要3種の割合と理論値との差
（各点は管理区ごとの値を示す）

4

考察

電柱のタイプによりカラスに営巣される割合が異なる事は、巡視や巣の撤去に従事する電力会社の従業員は経験的に知っていた事であるが、今回、統計学的解析によって電柱のタイプに依存することが示された。つまり開閉器柱、変圧器柱は営巣される割合が高く、低圧線のみや設備なしは営巣の割合が低い、あるいは全く営巣されなかった（第1表）。続いて年度ごとに解析を行ったが、2017～2022年度のいずれにおいても、同様の結果が得られた。本来、多くの鳥類は樹木に営巣するが、営巣される樹木の種類には差があることが報告されている。カラスが好んで営巣す

る樹木の種類の特徴として、枝が適度に分枝しており、巢の土台を確保しやすいこと、また、枝や葉などが、周辺環境から巢を隠蔽できることと、巢から周辺環境を観察しやすい両方が確保できるのに適切な量であることが考えられている（中村2000；Sohら2002）。開閉器柱や変圧器柱は、これらの機器そのものや、多くの電線と連結するために腕金に取り付けられている。これらの物が土台となり、低圧線のみや設備なしと比較して巣材を設置しやすいことが、カラスによる営巣が多い要因と考えられる。また、開閉器柱は、機器そのものや腕金や電線が高低差を伴って設置されていることが多く、これらのことが、「適度な隠蔽と周辺環境の観察のしやすさ」に適している可能性がある。

6年間で、複数年に渡って営巣されている電柱は少なく、多くは1年のみの営巣であった。1年のみの営巣は、開閉器柱の割合が、変圧器柱、高圧線のための電柱よりも多かった。一方で、変圧器柱、高圧線のための電柱は4年以上に渡って営巣された割合が多い結果となり、すべての年で営巣があった電柱も存在した。一方で4年以上に渡る開閉器柱の営巣の割合は低く、特に6年間すべてで営巣された開閉器柱はなかった。当社は、カラスによる営巣を発見した場合、事故が起こる可能性の高いものを優先的に選んで撤去を行なっている。さらに、そのような電柱には、風によって回転するプロペラやテグスなど、カラスが忌避することを期待する物を設置するなど、営巣防止対策を取っている。開閉器柱は電線の連結部が多いぶん、故障停電のリスクが高いため、他のタイプに比べ対策を取る可能性が高い。このことが、複数年に渡って営巣される開閉器柱が少ない理由ではないかと考えられる。また、このことは対策が一定の効果を挙げていることを示唆するものである。

今回、営業所を138個の管理区に分け、各管理区内での営巣数に影響を与える環境要因について解析した結果、正の効果があったのは電柱数と管理区における営業所の面積であった。カラスにより営巣される電柱数は、そこに元々存在する電柱数に依存することは容易に想像でき、電柱が多いメッシュほど営巣数も多いのは必然の結果である。また、元々の営業所としての面積が1 km²未満のメッシュでは、営巣が計測される電柱自体が1 km²を満たすメッシュよりも少なく、これが営巣数と正の関係を持つことも当然である。

営巣数と負の関係がある要因は、一級河川の面積と、送電鉄塔の本数であった。一級河川の面積が多い管理区ほど営巣数が少ない理由は、河川に電柱は設置できないため、元々の電柱数が少ないことも考えられる。一方、河川の近くはヒトの食物残渣やその他の食物が、住宅付近に次いで

入手しやすい場であると予想される。そのため、河川は複数種の生物が生息する場であり、さらに食物が得られる場合は、カラスの他個体や、カラス以外の動物も集まる可能性が高く、カラスは営巣場所に、これらの存在からある程度離れた場所を選ぶ可能性がある。営巣する場所は、食物が得られる場所のすぐ近くではなく、ある程度の距離がある方がカラスにとって適切であると推察される。Sohら（2002）は、シンガポールのイエガラスにおいて、営巣する場と食物残渣が得られる場とは、計算によって求めた理論値よりは近い場所に営巣するが、平均距離は200 m程度であり、「すぐ近く」ではないことを報告している。

電柱への営巣について、もう一つ、負の関係があったのは送電鉄塔の本数であった。今回は、電柱への営巣のみを計測しており、送電鉄塔への営巣は記録していない。一方、送電鉄塔にもカラスの営巣があることは、経験として明らかとなっている。カラスは、互いに一定の間隔を保って営巣する（中村2000；黒沢ら2004）。送電鉄塔への営巣があると、後から営巣する他のカラスは、電柱への営巣がある場合よりも長い間隔を取って営巣することが予想され、そのことは、送電鉄塔を含む管理区では電柱への営巣が少ない理由となり得る。今後、送電鉄塔への営巣も併せて記録し、電柱への営巣のデータとの関連について解析することにより、巡視地域の優先順位の決定につながることで期待できる。

さらに、第4図から、どの管理区も主要3種の割合が高いに関わらず、管理区ごとに営巣数の差がある事を踏まえると、カラスは単に開閉器柱を好むわけではない事も明らかになった。おそらく、送電鉄塔や河川などの周辺環境により選択した後、営巣する電柱を選択している可能性があると考えられる。

5 今後の展開

今後は、ゴミステーションの位置など、カラスの行動に影響を与えていると思われる他の環境要因も含めた解析や、他の営業所でも同様の結果が得られるかを検証し、巡視計画策定の一助となるように研究を進めたい。