

樹木折損による文化財建築破壊をどう食い止めるか

神戸大学農学部資源生命科学科
松尾 滯

1. 目的

都市部には街路樹をはじめ、様々な場所に樹木が植えられている。都市部に樹木を植えることにより、良好な景観の形成だけでなく、火災の拡大の阻止など防災の役割を果たすことが期待されている。しかし、重要な文化財建築物のそばに大木が見られることが多く、その危険性に気づいていないことがある。

建造物周辺の樹木が枝折れや幹折れ等を起こした際、その樹木が大きいほど、周囲の建造物がより大きな被害を受けることが予測される。実際に、1998年には、台風による倒木で、国宝建造物である奈良県の室生寺の五重塔の屋根が五層とも損壊し、また、重要文化財である同じく奈良県の春日大社の東廻廊の屋根の一部が破損するなど、多くの建造物に被害が発生した（奈良県 1998）。

そこでこの現状について、伝統的木造建造物を保全する建築学分野の研究者から、「樹木の危険性はどのように把握すればよいのか」と質問があった。倒木の危険性は樹木医で調査を請け負う例があるが、危険性の把握方法については、指針がないのが現状である。本研究では、文化財建造物周辺に植えられている樹木の危険性について明らかにするため、建造物周辺の樹木の調査を行い、建造物周辺の樹木に関する基礎データの収集を行う。その結果をもとに、樹木がもつ建造物破壊の危険性を把握する方法について、指針を作成することを目的とする。

2. 調査地概要

倒木や落枝による建造物への危険性について概要を把握するため、800年以上の歴史を持つ、兵庫県西宮市社家町（北緯 34° 43′ 東経 135° 20′）の西宮神社を調査地とした。本殿の周りには社叢林があり、社叢はクスノキや、クロガネモチ、ヤブツバキなどが優占する照葉樹林である。

3. 調査方法

3.1 毎木調査・位置測定

本殿から 20m 以内の地点を含む、2003 年の調査時に設けられた調査プロット（図 2-1 青）の一部と、新たに設置した 10×10m のプロット（図 2-1 橙）において、毎木調査と位置測定を行った。毎木調査は、樹高 1.3m 以上の樹木を対象に、胸高直径と樹高を測定した。位置測定は、胸高直径 10cm 以上もしくは樹高 5m 以上の樹木を対象に、トータルステーション（TEO-100, 牛方商会）を用いて行い、結果から立木位置図を作成した。

3.2 樹木個体の材積と重量の推定

毎木調査の結果を用いて、重量推定を行った。推定には、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」(細田ら 2010)を用いた。

幹材積計算プログラムは林野庁計画課監修「立木幹材積表(東日本編・西日本編)」(1970)に収録されている 83 種類の材積表に対応し、地域および樹種、胸高直径、樹高の 3 変数を用いたプログラムである。

生材の比重は樹種により変動するが、今回の研究目的では、建造物を損壊させるリスクについての調査であるため、概算で比重 1.0 (水分を含む)として重量を換算した。

3.3 倒木した際の本殿への接触重量の推定

立木位置図から本殿と各樹木個体間の距離を計算した。また、重量推定のデータから各個体が根元から倒木した際に、本殿に接触する可能性があるかどうかを調べた。本殿に接触する可能性がある個体については、接触部分の重量の最大値を推定した。枝が横方向に伸びている場合はあるが、ここでは単純な円錐形として推定した。各個体が本殿に接触する部分の長さの比率から、接触部分の円錐形の体積を求め、その部分の重量を、材積式および幹材積計算プログラムを用いて推定した。

4. 結果・考察

図 1 は本殿周辺の樹木位置図である。位置測定を行った 204 本のうち、根元から倒木した場合に、本殿に接触する個体は 68 本であった。図上に赤色の円で示される樹高 20m 以上の樹木や、直径 50cm 以上の樹木が多く存在することがわかる。本殿のすぐ近くはほとんどが接触し、離れるほど接触する個体が少なくなる。また、非接触木が多い、本殿から 20m 付近にも、個体サイズの大きな接触木があることがわかる。

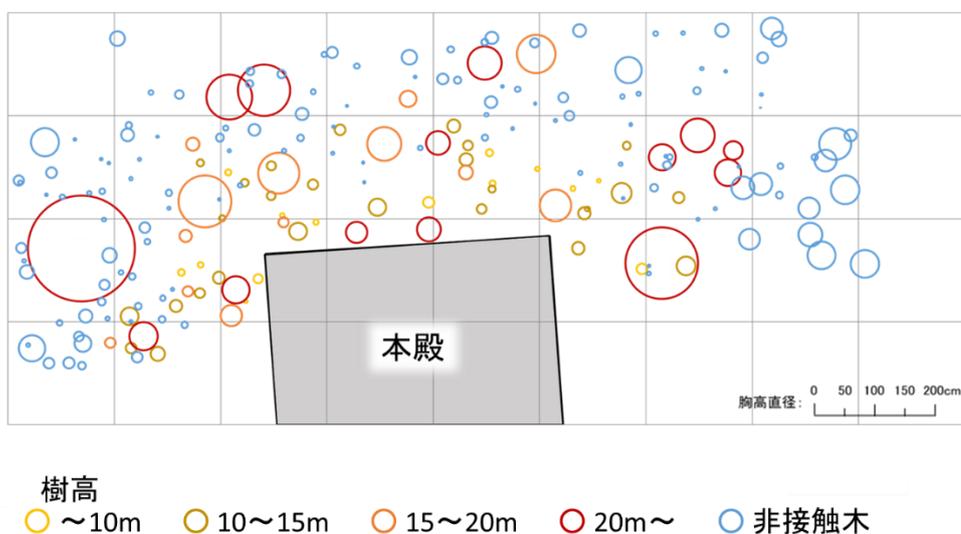


図 1 本殿周辺の樹木位置図と直径

図 2 に、全調査個体の推定重量を示す。全調査個体 447 本のうち、0.1t 未満は 358 本 (80.1%)、0.1~0.5t は 56 本 (12.5%)、0.5~1.0t は 11 本 (2.5%)、1.0~5.0t は 20 本 (4.5%)、5.0~10.0t および 10.0t 以上は各 1 本 (0.2%) と推定された。最も推定重量が大きい個体は直径 172.2cm のクスノキ(図 3) で 17.3t、2 番目は直径 116.4cm のクスノキ (図 4) で 8.6t、3 番目は直径 83.8cm のクスノキで 4.3t と推定された。

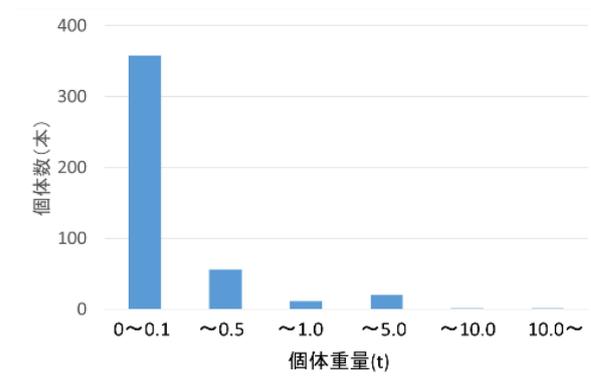


図 2 全調査個体の推定重量



図 3 最も個体重量が大きい個体



図 4 個体重量が 2 番目に大きい個体

表 1 に倒木した場合に本殿に接触する個体の一覧を、図 5 に倒木した場合に本殿に接触する個体の接触重量を示す。接触木 68 本のうち、0.01t 未満は 33 本 (48.5%)、0.01~0.1t は 20 本 (29.4%)、0.1~1.0t は 14 本 (20.6%)、1.0t 以上は 1 本 (1.5%) と推定された。最も接触重量が大きい個体は直径 116.4cm のクスノキ (図 4) で 1.8t あった。

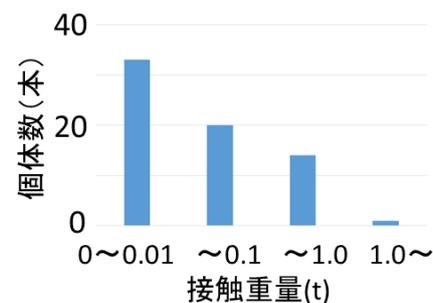


図 5 接触重量

図 6 に倒木した場合の接触範囲を接触重量が 0.5t 以上の個体のみ示した。A の個体は個体重量が 17t と最も大きいのが、接触重量が最も大きいのは個体重量が A の約半分である B である。これは、建造物からの距離が、A は 17m であるのに対し B は 10m と、

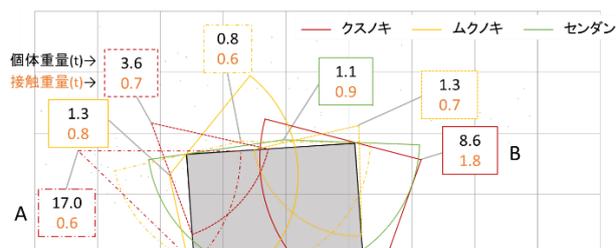


図 6 接触木の接触範囲

表 1 本殿に接触する可能性のある樹木一覧

No	Species	DBH(cm)	樹高(m)	距離(m)	推定個体重量(kg)		推定被覆重量(kg)	
					材積式	StemVolume関数	材積式	Stemvolume関数
白899	イヌマキ	17.0	11.6	11.6	144.8	132.6	0.0	0.0
黄735	トウネズミモチ	11.0	8.1	7.9	50.9	41.0	0.0	0.0
黄592	ヤブツバキ	7.7	5.3	5.1	20.7	14.6	0.0	0.0
黄509	アラカシ	11.5	9.9	8.4	56.1	52.9	0.0	0.0
I	トウネズミモチ	17.8	13.5	13.1	163.1	158.8	0.0	0.0
F	トウネズミモチ	22.7	11.0	10.7	288.9	193.0	0.1	0.0
黄593	ヤブニッケイ	6.0	9.0	7.1	11.1	14.2	0.0	0.0
黄575	ネズミモチ	12.5	12.4	11.4	69.5	76.5	0.2	0.1
黄641	クスノキ	30.6	21.1	19.2	580.6	673.1	0.1	0.1
白763	アラカシ	11.7	11.9	10.8	59.2	65.2	0.2	0.1
白866	ヤブニッケイ	9.7	9.8	8.7	37.3	38.6	0.2	0.1
黄523	クロガネモチ	17.1	9.2	8.5	147.4	101.1	0.4	0.1
黄517	ヤブニッケイ	6.9	7.7	6.5	16.1	16.5	0.2	0.1
黄610	クスノキ	17.6	13.9	12.7	157.5	159.1	0.4	0.2
黄562	クスノキ	62.4	19.4	17.7	2730.2	2133.8	0.3	0.3
白881	クロガネモチ	6.9	6.0	3.7	16.1	13.5	0.3	0.3
黄741	トウネズミモチ	9.3	7.3	6.1	33.3	27.4	0.6	0.3
黄505	ヤブツバキ	9.7	7.8	5.4	37.0	31.4	0.4	0.4
白930	ムクノキ	26.8	15.4	14.2	427.9	373.9	1.0	0.5
黄527	クロガネモチ	30.0	13.7	12.6	554.6	398.8	1.4	0.5
黄725	ムクノキ	28.9	14.2	13.1	510.9	390.1	1.3	0.5
D	モッコク	5.8	4.4	2.1	10.4	7.5	0.7	0.6
J	トウネズミモチ	16.9	18.1	15.0	144.2	192.0	0.5	0.6
黄502	アラカシ	15.2	12.2	9.2	110.7	106.7	1.0	1.0
白764	イスノキ	21.4	15.8	12.7	251.1	259.2	1.4	1.3
白864	ネズミモチ	14.5	12.3	8.6	99.8	99.3	2.3	2.2
黄500	アラカシ	20.8	14.9	11.2	234.5	231.5	3.1	2.7
白891	ヤブニッケイ	8.6	6.6	2.9	27.1	21.6	3.9	3.2
黄729	トウネズミモチ	20.1	12.6	8.6	216.1	182.9	6.1	4.7
黄588	ヤブニッケイ	7.9	10.5	4.4	22.4	27.2	4.3	5.1
白868	トウネズミモチ	12.0	12.9	7.3	62.4	73.0	5.4	5.7
黄639	クスノキ	43.2	22.1	17.9	1258.0	1298.4	11.4	7.8
黄549	クスノキ	54.6	21.0	17.1	2077.7	1848.9	17.2	9.8
黄734	トウネズミモチ	15.9	11.8	6.3	122.9	111.9	12.7	10.5
白886	アラカシ	9.9	13.2	5.3	39.2	52.1	9.0	10.9
白877	トウネズミモチ	16.1	12.7	6.5	127.7	123.9	16.0	13.8
白870	トウネズミモチ	13.4	12.7	5.7	81.7	88.4	14.9	14.4
黄504	アラカシ	11.4	12.7	4.9	55.0	65.6	13.7	14.8
黄581	アベマキ	32.2	12.8	8.0	654.8	370.0	39.0	18.4
黄497	クロガネモチ	21.0	14.2	7.9	241.4	224.7	24.0	18.9
黄493	アラカシ	17.4	9.5	4.0	154.8	108.3	30.0	19.9
黄733	クスノキ	16.9	15.9	7.4	142.9	168.1	25.1	25.1
黄652	クスノキ	55.0	22.9	17.0	2105.5	2062.2	58.2	33.5
黄740	トウネズミモチ	19.7	16.4	7.6	206.5	232.0	37.3	35.0
黄587	アラカシ	20.0	11.1	4.0	213.7	159.1	61.2	41.4
黄742	トウネズミモチ	18.9	12.3	4.4	188.6	161.7	54.0	41.6
白840	アベマキ	73.2	21.3	15.7	3747.9	2865.1	122.9	46.1
黄503	トウネズミモチ	15.9	12.1	3.0	124.1	115.5	55.8	48.6
黄496	クスノキ	22.6	15.7	6.7	287.9	285.0	64.4	53.5
A	トウネズミモチ	14.7	9.4	0.7	101.9	77.7	81.1	60.8
白888	アラカシ	16.6	15.8	3.0	136.4	161.2	77.4	85.4
黄604	クスノキ	43.2	22.3	13.1	1258.0	1311.7	131.7	92.9
黄522	ムクノキ	19.7	13.3	2.6	206.5	187.1	113.8	95.6
白838	クスノキ	83.8	22.7	15.9	4834.5	4277.8	251.7	104.6
白907	アラカシ	27.6	12.8	3.9	456.7	318.7	173.4	110.9
白909	クスノキ	54.9	17.7	10.0	2103.0	1539.4	256.6	122.2
G	ムクノキ	45.5	21.5	11.9	1405.6	1376.2	183.1	123.8
黄498	クロガネモチ	38.4	22.9	9.7	968.1	1097.7	244.5	209.7
白889	ムクノキ	28.0	14.5	2.1	474.0	377.4	317.9	235.4
白863	クスノキ	66.7	16.8	7.8	3119.7	2037.7	691.2	292.6
C	ムクノキ	34.4	16.7	3.5	757.2	633.9	418.6	308.8
黄711	クスノキ	172.2	25.6	17.2	14279.2	17290.5	1737.5	563.8
黄520	ムクノキ	33.8	20.9	1.6	727.4	792.0	601.5	626.3
黄589	ムクノキ	50.9	17.0	3.0	1791.0	1286.4	1135.8	714.9
白758	クスノキ	84.4	19.1	7.6	4892.0	3558.7	1595.7	749.6
B	ムクノキ	44.4	20.7	2.9	1336.1	1265.5	932.1	799.9
黄521	センダン	38.9	21.6	1.4	1000.5	1054.5	853.3	862.8
黄526	クスノキ	116.4	25.4	10.4	8465.4	8636.2	3085.3	1778.5

BはAより建造物に近い位置にあるためである。このように、個体重量が大きな個体であれば必ずしも危険性が高いとはいえず、建造物との距離も危険性把握の重要な要因となる。また、最も接触重量が大きいBの個体が倒木した場合、樹木の枝の広がりも考慮すると、本殿北側の約半分が被害を受けることが予想される。

以上のことより、樹木の重量から、倒木した場合の建造物への危険性が大きいことが把握できた。また、危険性を認識するためには、重量や距離等の実測値が必要であり、これらは、文化庁に予算等を請求するための説明の際にも不可欠なものであろう。

今回の調査で、本殿に最も近い位置にあった個体は、直径14.7cm、樹高9.4m、距離0.7mであったが、この個体が成長して図3や図4のような巨木となった場合、倒木時の本殿への被害が非常に大きくなることが予想される。そのため、定期的に調査を行い、建造物周辺の樹木の状況を常に把握しておく必要があると考えられる。

5. まとめ

今回調査を行うことは出来なかったが、神戸市には国の登録文化財である長田神社（図7）や、市指定文化財である八幡神社等、周辺に樹木が多数存在している文化財建造物が多くある。これらの文化財建造物の周囲にも、大木が多数存在する（図7）。樹木による破壊を防ぐために、まずは建造物周辺の樹木の危険性について調査を行う必要があるだろう。



図7 長田神社

樹木の危険性について、最初から詳細に調査するのは困難であるため、関係者やボランティアで出来ることから始める必要がある。専門家に依頼する前の調査方法としては以下のように提案する。

- (1) 建造物の配置図を用意する。
- (2) 根元から倒れた場合に、建造物に接触しそうな樹木があるかどうか目視でおおよその見当をつける。また、枝が折れて落ちた場合の危険性も考慮する。
- (3) 建造物周辺で最も高い樹木の樹高を測定する、もしくは目測で推定する。正確な測定は難しいが、「iHipsometer」というiPhoneの無料アプリケーションを利用しても良い。
- (4) 倒木や落枝が建造物に影響を与えそうな樹木を危険木とし、その範囲を地図に書き込み、図8のような概要図をつくる。主幹の直径が10cm以下の樹木（重量40kg程度）は省いても良い。
- (5) 危険木について以下の項目の測定を行う。

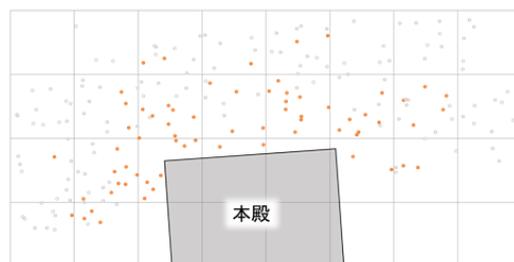


図8 建造物周辺の概要図の例

- ・ 建造物からの距離
- ・ 胸高（地上から 1.3m の高さ）直径
- ・ 樹種（判別が難しい場合は針葉樹・広葉樹の別のみでも可）
- ・ 傾斜の方向（建造物側かどうか）
- ・ 枝の伸び方（建造物上方への張り出し）
- ・ 幹に穴が開いていないか、キノコが出ていないか
- ・ 枯れ枝や葉が少なくなった枝はないか

重量推定については、胸高直径のみを用いて材積を推定することの出来る一覧表（表 2）を利用して推定するとよい。

その調査の結果を元に、樹木医に以下のような詳細な調査と診断を依頼する。

- (1) 大径木の主幹や大枝に腐朽や空洞部があるかどうかの非破壊調査
- (2) 倒木、落枝の危険性の診断

以上の結果をもとに、最終的には建造物の管理者が以下の項目について判断する。

- (1) 被害発生時の損失の推測
- (2) 今後の対策、また、それにかかる予算の検討
- (3) 何年後に次回の調査を実施する必要があるのかの検討。

表 2 広葉樹材積早見表

胸高直径 (cm)	材積 (m³)	生産される薪束数	胸高直径 (cm)	材積 (m³)	生産される薪束数
			31	0.599	28.7
			32	0.644	30.9
			33	0.690	33.1
			34	0.739	35.5
			35	0.789	37.9
			36	0.840	40.3
			37	0.893	42.9
			38	0.948	45.5
			39	1.005	48.2
			40	1.063	51.0
			41	1.122	53.9
			42	1.183	56.8
			43	1.246	59.8
			44	1.310	62.9
			45	1.375	66.0
			46	1.442	69.2
			47	1.511	72.5
			48	1.581	75.9
			49	1.652	79.3
			50	1.725	82.8
			51	1.799	86.3
			52	1.874	89.9
			53	1.951	93.6
			54	2.029	97.4
			55	2.108	101.2
			56	2.188	105.0
			57	2.270	109.0
			58	2.353	112.9
			59	2.437	117.0
			60	2.522	121.1
3	0.002	0.1			
4	0.004	0.2			
5	0.007	0.3			
6	0.011	0.5			
7	0.016	0.8			
8	0.023	1.1			
9	0.031	1.5			
10	0.040	1.9			
11	0.050	2.4			
12	0.062	3.0			
13	0.076	3.6			
14	0.091	4.4			
15	0.108	5.2			
16	0.126	6.0			
17	0.146	7.0			
18	0.167	8.0			
19	0.190	9.1			
20	0.215	10.3			
21	0.241	11.6			
22	0.269	12.9			
23	0.299	14.4			
24	0.331	15.9			
25	0.364	17.5			
26	0.399	19.1			
27	0.435	20.9			
28	0.474	22.7			
29	0.514	24.6			
30	0.555	26.6			