

0-4 滞在強度を用いた都市緑化木の風倒被害危険度評価

(北大院農) ○細谷信二,平井卓郎,庄子康,小泉章夫(北海道工業大学) 千葉隆弘

【背景】都市緑化木は景観形成、気象緩和、公害対策など都市環境整備に役立てられている。これに加え近年では樹木の CO₂ 固定能が地球温暖化問題に関連して注目され、新たな都市緑化木の整備が盛んに行われている。一方で、都市緑化木が強風により倒木し、人身事故に至るケース¹⁾も多く報告されている。

倒木事故を未然に防ぐ為の対策としては、以前から幹や根周りの腐朽度調査に基づく生物的な危険度診断が行われてきた。また、近年では樹木力学的な耐風抵抗評価²⁾も行われるようになってきている。しかし、風倒木による被害危険度は樹木自体の耐風抵抗だけではなく、その周辺の状況によっても大きく異なる。

そこで本研究では、人が対象域内に居る密度や頻度を表す滞在強度を用いた、新たな風倒害の危険度評価法を検討した。

【調査地・方法】北海道大学札幌キャンパスの理学部ローンに設置されている歩道を調査道に設定した。

調査地周辺の樹木の位置と樹高を調べ、地図上にプロットして樹木が倒れた場合の被害範囲を決めた(図1)。対象プロットの通行人数を計測する為、赤外線式カウンターを設置し、この歩道を一日に通る人数を計測した。計測期間は平成22年11月16日～24日の9日間とした。また対象の歩道にビデオカメラを設置し、この歩道の通行者の歩測をビデオ映像から測定した。

滞在強度は、24時間を通して被害範囲内に人がいる時間の割合として、(1)式で定義した。

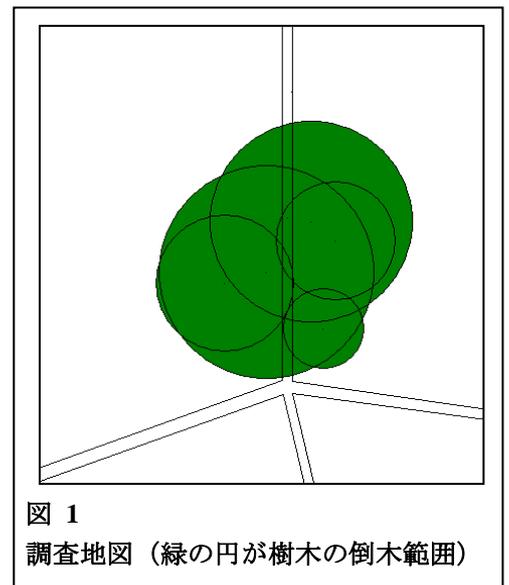


図 1
調査地図 (緑の円が樹木の倒木範囲)

$$\text{滞在強度(\%)} = \frac{\text{通行人数} \times \text{被害範囲を通り抜ける為にかかる時間}(s)}{24\text{時間}(s)} \times 100 \quad \text{---(1)}$$

倒木により、直撃事故が起こる確率(以下事故確率)は、以下の式で表される。

$$\text{事故確率} = \text{倒木確率} \times \text{滞在強度}$$

倒木確率は、倒木を起こす要因の内、風速について、以下のランダム抽出試行法を用い評価した。尚、本研究では根返りと幹折れを対象としている。

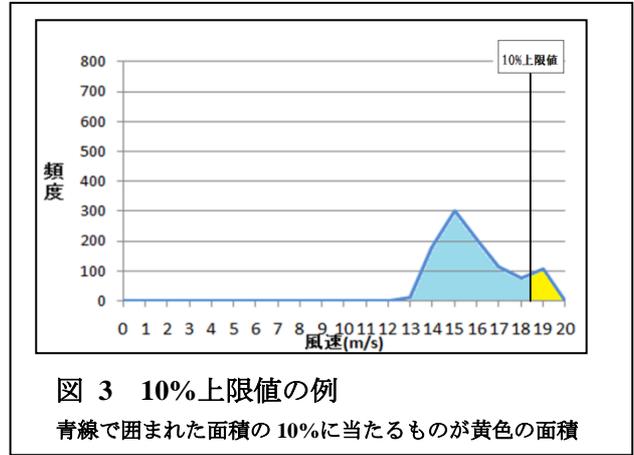
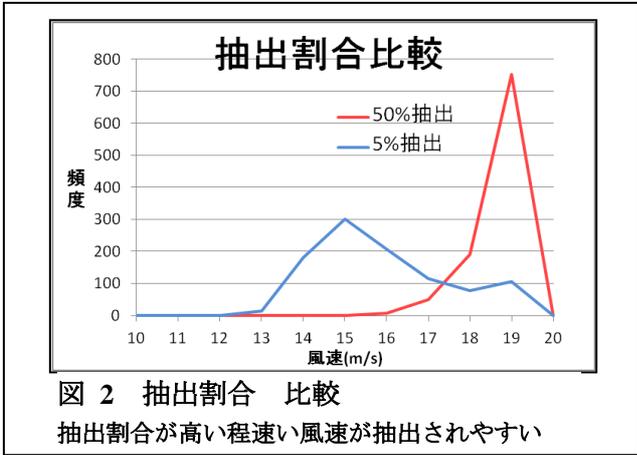
石狩気象台が測定した過去10年間分の10分間平均風速(m/s)を母集団とし、そこから一定の数の標本をランダムに抽出し、抽出されたデータ群中の最大値を記録した。この試行に関して標本の抽出数を、割合で表し(以下、抽出割合)、その式は

$$\text{抽出割合(\%)} = \frac{\text{抽出する標本数}}{\text{母集団のデータ数}} \times 100$$

とした。抽出割合は0.1%~0.9%までは0.1%刻みで、1%~9%までは1%刻みで、10%~90%までは10%刻みとした。

ランダム抽出試行は、それぞれの抽出割合毎に 1000 回行った(図 2)。抽出割合別に行われた 1000 回の抽出試行によって、得られた風速を降順に並べた時、1000 回の試行結果中 X%目に当たる風速上にひいた線を X%上限値とした(図 3)。またこの時の線上の風速を X%上限値時の要求最大風速とした。この要求最大風速が、管理上想定すべき 10 分間最大平均風速を表している。

上限値によって事故確率を設定する。すなわち、X の値を小さく設定すれば、それだけ要求最大風速は速いものを選択され、それにより強度の管理が必要と言える。



【結果と考察】

通行人数に関しては表 1 の結果となった。22 日と 23 日に関しては、機器の設置不良と思われる、計測不備があった為、正確な値が出なかった。対象プロットが大学構内と言う事から、往来する学生が減少し、休日の通行量は平日に比べ少なくなった。

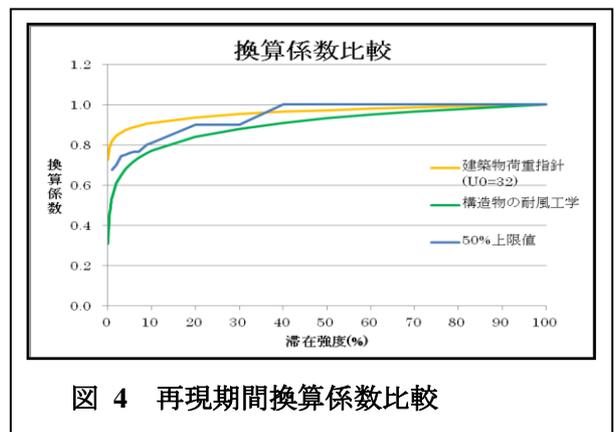
滞在強度を算出するに当たり、今回は平日の通行量の平均値を使うことにした。11 月 16 日～19 日、24 日の 5 日間の通行量の平均値は 1520.6 人であった。

表 1 通行人数

日付け	通行人数(人)
11月16日(火)	1499
11月17日(水)	1562
11月18日(木)	1495
11月19日(金)	1565
11月20日(土)	708
11月21日(日)	566
11月24日(水)	1482

集めた平均風速データ 576381 個中、最大の 10 分間平均風速は 2000 年 12 月 24 日に観測した 20m/s であった。抽出割合により、抽出された最大風速は 8m/s~20m/s の範囲で大きくばらついた。

ランダム抽出試行法によって得られた 50%上限値は建築荷重指針・同解説³⁾に示されている再現期間換算係数の値(2)式と、構造物の耐風工学⁴⁾に示されている式(3)式の間値を示した(図 4)。



建築荷重指針・同解説 (2004)(日本建築学会)

$$k_{rw} = 0.63\left(\frac{U_{500}}{U_0} - 1\right)\ln(r \cdot S) - 2.9\frac{U_{500}}{U_0} + 3.9 \quad \text{---(2)}$$

k_{rw} :再現期間換算係数

U_{500} :再現期間 500 年に対する 10 分間平均風速(m/s)

U_0 :再現期間 100 年に対する基本風速(m/s)

S:滞在強度(%)

r:再現期間(year)

構造物の耐風工学

$$R = 0.54 + 0.1\ln(r \cdot S) \quad \text{---(3)}$$

R:再現期間換算係数

S:滞在強度(%)

r:再現期間(year)

この研究では、24 時間中の滞在強度に基づく危険度評価を行っており、1 年あたりの極値分布に基づいた再現期間換算係数による評価とは、本来確率統計的な意味合いが異なっている。しかし、図 4 の結果を見ると、樹木の風倒危険度評価に対しても、実用レベルでは再現期間換算係数を適用することが可能だと考えられる。ランダム抽出試行の結果は滞在強度が約 40%以下では(2)式と(3)式の間にあるが、以後の検討では、安全側評価として(2)式の再現期間換算係数を採用することにする。

滞在強度は調査道にかかる 5 本の樹木それぞれについて単木毎に算出した(表 1)。

表 1 より、No.1 の樹木については基本風速の 85%まで要求風速を落としても、今回設定した 50%上限値での事故確率は一定であるという結果となった。

札幌市の基本風速は 32m/s なので、再現期間換算係数 0.85 は、この樹木の要求最大風速を 27m/s まで低減してよいことを意味している。

本研究では試みとして、被害範囲を機械的に位置と樹高から割り出したが、地面の状況や風向き、樹木の個体毎の性質の違いなどで倒木する方向は変わってくる。被害範囲の取り方によって滞在強度が大きく変わってくる為、より詳細に倒木の状況を考え、被害範囲を定義する必要がある。

また被害範囲を単木毎に評価した為、被害範囲の重なり部分の事故確率が過小評価されている。この点に関しても、実際の事故発生過程に則した形に改善すべきである。

さらに通行人数に関しても平日の一時期の値から算出したが、年間を通して通行人数は増減すると思われる。今後滞在強度を算出するに当たり、何かしら通行人数に関する基準を設ける必要がある。

今回は根返りと幹折れを想定としているが、現実には広葉樹の落枝¹⁾による事故も起こっており、今後より想定範囲を広げた研究が必要となるであろう。

No.	被害範囲(m)	滞在強度	再現期間
			換算係数(m/s)
			建築物荷重指針
1	8.4	9.2	0.85
2	32.6	35.8	0.94
3	13.2	14.5	0.88
4	31.5	34.6	0.94
5	11.6	12.7	0.87

表 2 再現期間換算係数結果

【引用文献】

- 1) 細野哲央(2009):東京都道における街路樹による落下直撃事故の実態:ランドスケープ研究 72(5),897-900
- 2) 小泉章夫・平井卓郎・笠康三郎・中原亮・新谷克教・清水英征(2007):ニセアカシア街路樹の耐風性:北海道大学演習林研究報告 64(2),105-112
- 3) 社団法人日本鋼構造協会 構造物の耐風工学(1997),524pp
- 4) 日本建築学会:建築物荷重指針・同解説(2004),27pp