

## 樹林帯に作用する流体力評価

防衛大学校建設環境工学科 学生会員 ○長瀬善和  
防衛大学校建設環境工学科 正会員 林建二郎

### 1. 目的

樹林帯に作用する流体力特性を明らかにすることは、防風林や水害防備林ならびに海岸林の、風や洪水流ならびに波浪等に対する抵抗則や強度の把握において重要である。幹の樹幹部と枝・葉の樹冠部からなる樹木の形状や構造は複雑であり、流れに対する変形も生ずる。従って、樹木に作用する流体力評価はなかなか困難であり、その流体力特性および樹木まわりの流れ特性もまだ十分に把握されていない<sup>1)</sup>。本研究は、実樹木に作用している流体力特性を明らかにすることを目的として、a) 大型風洞実験による小型模型樹木に作用する抗力計測結果<sup>1)</sup>を、投影面積と代表流速の取り方に対する検討を加え、再整理したものである。

### 2. 実験方法

実験には、九州大学応用力学研究所の地球大気動態シュミレーション装置<sup>1)</sup>を用いた。モミジ、ケヤキ、シラカバ、ヒノキを模擬した高さ約1mの小型模型樹木を使用した。流れに対する枝部の変形は、樹冠部の形状や投影面積の変化をもたらし、抗力係数の算定結果にも大きく影響する。

風洞下部床の下側にある基礎架台に設置した三分力計に、模型樹木を鉛直に取り付け、流れ方向に作用する抗力  $F_x$ 、流れと直角な横方向に作用する横揚力  $F_y$ 、抗力による風洞横断方向軸まわりの回転モーメント  $M_y$  を計測した。模型樹木存在の影響を受けない場所に 3D 超音波風向風速計を設置し、主流速度  $U$  を計測した。主流速度の最大値は  $U=30\text{m/s}$  とした。モミジを設置した場合の一例を写真-1 a) 無風時  $U=0\text{m/s}$ 、および b) 通風時  $U=12\text{m/s}$  に示す。抗力計測の対象となる水平端版上の樹高は  $H=約 1.2\text{m}$  である。なお、通風時  $U=12\text{m/s}$  の場合には樹冠幅が縮小する結果、樹冠部の投影面積が縮小している。

写真撮影より模型樹木の投影面積を評価するために、格子を樹木後方に設置した(写真-1参照)。CDカメラを用いて樹木後方10mの位置から撮影された写真を画像処理で2値化し、葉および枝で構成される樹幹と樹冠の総投影面積を算定した。主流風速  $U$  の変化に対する樹幹の傾倒と樹冠の形状変化を観察するために、樹木の真横および真上方向から写真撮影を行った。



無風時  $U=0\text{ m/s}$       b) 通風時  $U=12\text{ m/s}$

写真-1 樹木設置例 (モミジ)

表-1 模型樹木の代表寸法 (無風時)

樹種	樹高 $H$	樹冠高 $H_c$	樹冠幅 $B_c$	簡易樹冠 投影面積 $A_c$
モミジ	117c m	86cm	76 cm	3268 $\text{cm}^2$
ケヤキ	128	96	70	3360
シラカバ	123	90	60	2700
ヒノキ	122	92	56	2576

表-2 模型樹木の投影面積  $A_{t0}$  (無風時)

樹種	投影面積 $A_{t0}$ ( $\text{cm}^2$ )			
	葉(全)	葉(1/2)	葉(0)	
	$A_{t0}$	$A_{t0}$	$A_{t0}$	$A_{s0}$
モミジ	4308	3062	1268	(719)
ケヤキ	3678	3004	1697	
シラカバ	3679	2872	1212	(979)
ヒノキ	4076	3805	1659	(886)

キーワード 樹木 抗力係数 Re数、投影面積

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-38 10 E-mail: hayashik@nda.ac.jp

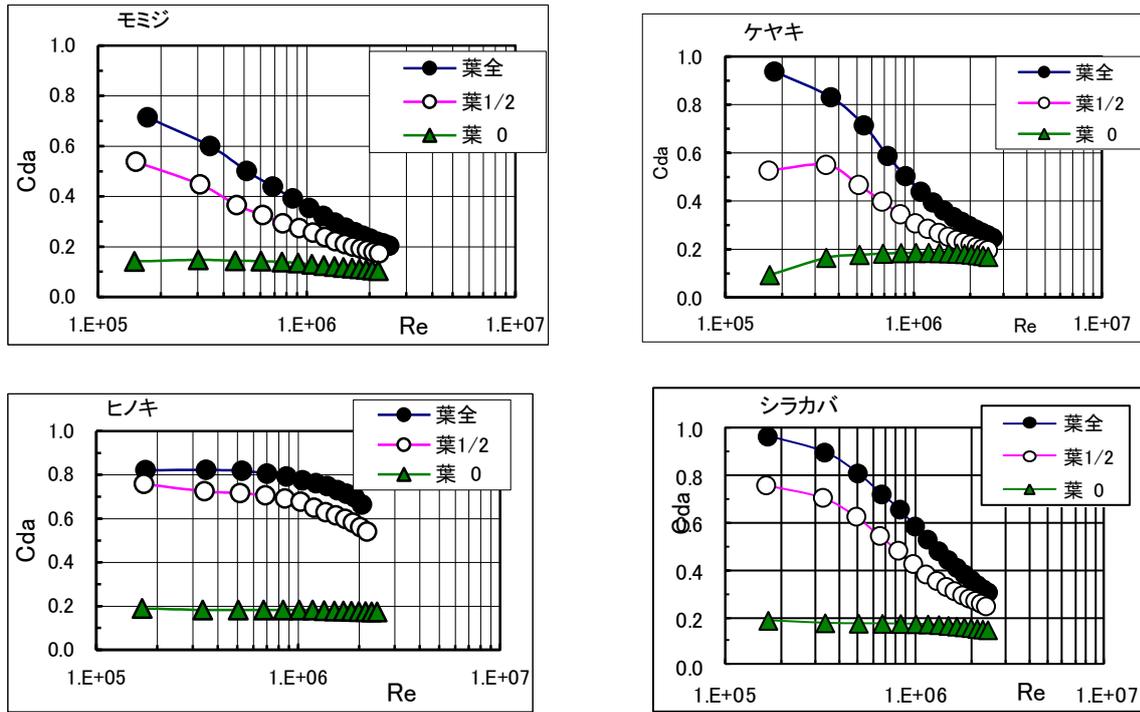


図-3 換算抗力係数の Re に対する変化（無風時の葉が茂っている状態の投影面積  $A_{t0}$  を使用）

### 3. 結果および考察

通風時の樹木の投影面積  $A_t$  は、主流速度  $U$  によって変化する。従って、この投影面積  $A_t$  を用いた抗力係数  $C_d$  は、複雑であり実用的に評価も困難である。そこで、(1)、(2)式で示される換算抗力係数  $C_{da}$  を定義する。

$$F_x = 0.5\rho C_d A_t U^2 = 0.5\rho C_{da} A_{t0} U^2 \quad (1) \quad C_{da} = \frac{A_t}{A_{t0}} C_d \quad (2)$$

式中、 $F_x$ ：作用抗力、 $\rho$ ：流体の密度、 $C_d$ ：抗力係数、 $A_t$ ：通風時の樹幹+樹冠部の投影面積、 $C_{da}$ ：換算抗力係数、 $A_{t0}$ ：無風時の葉が茂っている状態（葉全）の樹幹+樹冠部の投影面積、 $U$ ：主流速度である。

換算抗力係数  $C_{da}$  は、通風時の樹幹+樹冠部の投影面積  $A_t$  の代わりに、実用的に評価可能な無風時の葉が茂っている状態（葉全）の投影面積  $A_{t0}$  を用いたものである。従って、 $C_{da}$  には、葉の付着状況変化や、流速増加による枝・葉部の形状変形に伴う樹冠部の投影面積変化の影響が含まれている。

換算抗力係数  $C_{da}$  の  $Re$ （ $Re=U \times H / \nu$ 、 $U$ ：主流速度、 $H$ ：樹高、 $\nu$ ：空気の動粘性係数）に対する変化特性を、葉の付着状況をパラメーターとして、**図-3**に示す。葉の付着枚数の低下に伴い  $C_{da}$  は減少している。葉が付着している落葉樹の  $C_{da}$  は、 $Re$  の増加に伴い著しく減少している。これら  $C_{da}$  の減少の一因としては、主流速度  $U$  の増加に伴う投影面積  $A_t$  の減少(**図-2**参照)が挙げられる。葉が付着している常緑樹(ヒノキの葉(全)、葉(1/2))の  $C_{da}$  においても、 $Re$  の増加に伴い僅かに減少している。

葉(全)の  $C_{da}$  に対する葉(1/2)の  $C_{da}$  の割合は、落葉樹であるモミジの場合は 0.75~0.85、ケヤキの場合は 0.59~0.79、シラカバの場合は 0.72~0.81 であり、 $Re$  の増加に伴い大きくなっている。一方、常緑樹であるヒノキの場合は 0.92~0.84 であり、 $Re$  の増加に伴い小さくなっている。

葉がない場合（葉(0)）の  $C_{da}$  の値は、全ての樹木で 0.1~0.2 の範囲であり、 $Re$  に対する変化は小さい。以上の結果より、樹木に作用する抗力  $F_x$  は、葉の付着枚数に対し比例していないことが分かる。

参考文献 1) 林建二郎, 辰野正和, 長林久夫, 橋本晴行：単独樹木に作用する風力計測, 流体力の評価とその応用に関する研究論文集、第2巻、p p. 96-103, 203.