

樹木の流体力学特性について

石川 仁（東理大）

Flow Characteristics of a Living Tree

Hitoshi ISHIKAWA, Tokyo University of Science

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate flow characteristics of a living tree as the basic research of the wind-break forest. A goldcrest conifer, a kind of garden plant, was used as the test piece in the wind tunnel experiment. Drag force of a living tree was measured by the 6-axis force torque sensor. Drag coefficient of a living tree was decreased as mean flow velocity increased in the range of 5~15 m/s. Wake profile behind a living tree was also measured by means of the wind tunnel experiment. The reverse flow was found at downstream region of just behind tree. Because main flow passes through the crown leaves of a living tree and flow velocity decreased calmly. In being decreased, it makes to retard the development of the shear layer.

Key Words: Windbreak Forest, Living Tree, Drag, Wake Profile, Turbulence

1. はじめに

防風林や防砂林などでよく知られている樹木の耐風性について、流体力学的な考察を行った研究は少ない。樹木は、枝葉による透過性を持ち、さらに強風に枝や幹をしならせ、自ら形状を変化させるスマート構造であるので、同程度の投影面積をもつ他物体よりも、風から受ける抵抗を減じていると予想されている。よってその抗力特性は、普通の物体とは大きく異なる可能性がある。本研究では、本物の樹木の苗木を風洞内に設置し、その抗力係数や後流の構造などを調べたものである。

2. 実験装置および方法

実験に使用した風洞は、試験部長さ 6,000mm、幅 1,500mm、高さ 1,200mm の環流型風洞である。実験を行った主流速度の範囲は $U_{\infty}=5\sim 15\text{m/s}$ であり、その時の乱れ強さは主流の 0.3%以下である。なお、この主流速度範囲は屋外での自然風とほぼ同程度である。速度の測定には I 型、およびスプリットフィルム型熱線プローブを用いた。樹木の抗力係数の測定には、6 軸ひずみセンサーを使用した。樹木は 6 軸ひずみセンサーに直接取り付けられ、センサーからのアナログ信号は A/D 変換器を介してパーソナルコンピュータに取り込まれる。抗力の測定には別の吹き出し型風洞（出口寸法 250mm×250mm）も使用した。図 1 に吹き出し型風洞を用いた際の、実験装置の概略を示す。実験には、ヒノキ科のコンifer（ゴールドクレスト）という針葉樹を使用した。その理由は防風林に使われるマツに形状が似ているためである。実験に使用した 2 つのコンifer を図 2 に示す。それぞれの寸法はコンifer ① の樹冠部高さ $h=170\text{mm}$ 、最大枝張り長さ $d=57\text{mm}$ 、コンifer ② は $h=125\text{mm}$ 、 $d=57\text{mm}$ である。

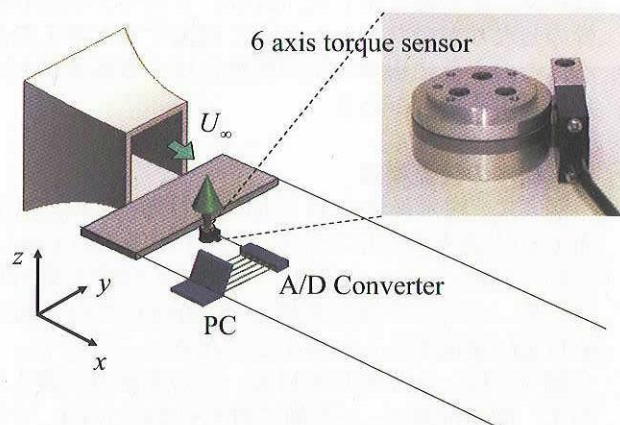


Fig. 1 Experimental setup

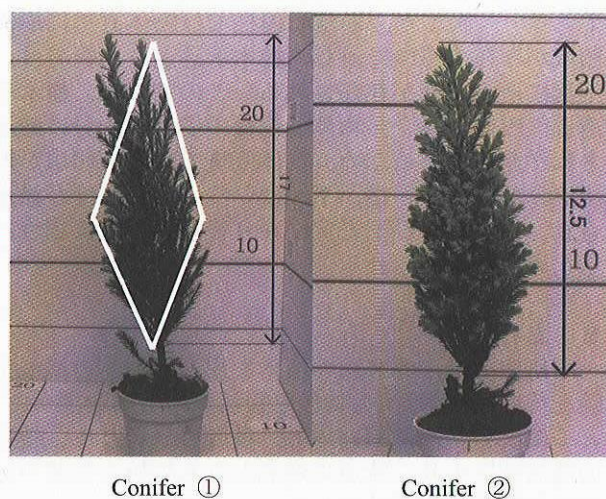


Fig. 2 Living trees (conifer). White line shows the projected area.

3. 樹木の抗力特性

抗力係数 C_d は

$$C_d = \frac{D}{1/2 \rho U_\infty^2 A} \dots\dots\dots (1)$$

で定義される。 D は 6 軸ひずみセンサーで測定した抗力、 ρ は空気密度である。 投影面積 A は、 図 2 左図に白線で示すように、 h と最大枝張り長さ d を対角線とする四辺形に近似して求めた。 なお、 樹木の抗力係数を求める際には、 枝葉の生え具合の非対称性を考慮して、 主流に対する向きを 4 方向に変えて、 その平均値を用いている。 図 3 に、 コニファー①とコニファー②についての、 主流速度に対する C_d の変化を示す。 図中には同じ 6 軸ひずみセンサーで測定した円柱と平板の C_d も併せて示してある。

コニファー①の C_d は流速の増加に対し減少傾向を示し、 $U_\infty=5\text{m/s}$ では $C_d \approx 1.2$ から、 最大流速 $U_\infty=15\text{m/s}$ では、 $C_d \approx 0.8$ まで減少し、 円柱、 平板のそれよりも小さい値となっている。 これに対しコニファー②はほぼ一定の値を示した。 これは コニファー②の枝幹のしなりが少なかったことに起因すると考えられる。 このように樹木の抗力特性には、 個体差が大きく影響する場合がある。

4. 樹木の後流構造

図 4 に、 樹木後流の xy 平面における、 平均速度分布 U の主流方向変化を示す。 樹木すぐ後ろの $x/d=1.0$ においては、 $y/d=0$ に関して非対称の分布が得られている。 さらに下流の領域 $x/d=2.0\sim 4.0$ では後流中心付近に逆流が見られるようになる。

図 5 には、 xz 平面における、 U の主流方向変化を示す。 測定位置は、 y 方向に樹木中心の $y/d=0$ 、 z 方向に樹高の約半分の $z/h=0$ である。 また図には、 葉の透過性の影響と比較するため、 宮田らによって測定された円柱および透過性円筒の結果を併せて示してある⁽¹⁾。 図より、 通常の円柱では物体直後に逆流領域が存在するのに対し、 樹木と透過性円筒では、 下流に逆流領域が存在される。 このことは、 樹木や透過性円筒の場合、 物体通過後の主流が十分に減速されず速度があるため、 物体直後では逆流領域が形成されない。 その後、 下流にいくにつれ速度が減速され、 せん断層が不安定になり後流領域が形成されるため、 と考えられる。

5. おわりに

本研究では、 園芸用の苗木を用いた樹木の風洞実験を行い、 樹木の抗力特性と後流速度分布を調べた。 とくに抗力特性においては、 枝幹のしなりや、 枝葉の透過性により、 流速の増加とともに抗力係数が減少する傾向を明らかにした。

引用文献

- (1)宮田, 米田, 日本機械学会流体工学部門講演会論文集(2001)CD-ROM

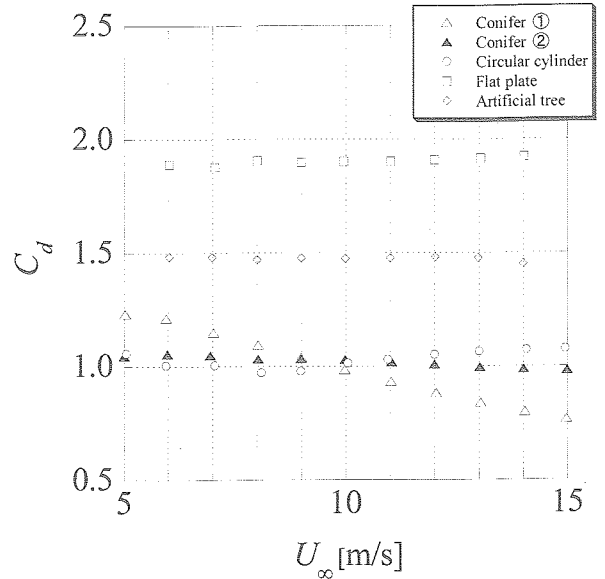


Fig.3 Drag coefficient of a living tree

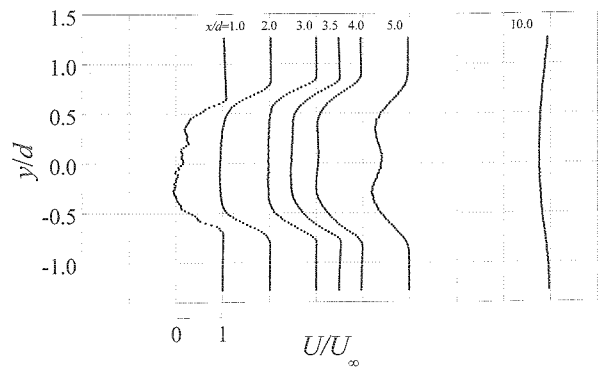


Fig.4 Mean velocity profile behind a living tree (xz-plane)

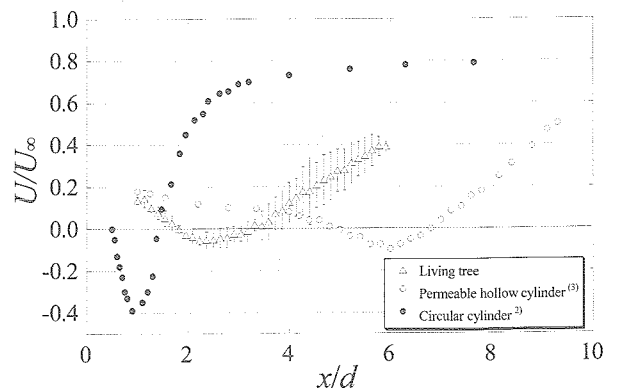


Fig.5 Mean velocity profile behind a living tree (xz-plane)