



Title	带状伐採による林縁部の風
Author(s)	石崎, 健二; ISHIZAKI, Kenji; 太田, 路一 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 44(2), 715-722
Issue Date	1987-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21227
Type	departmental bulletin paper
File Information	44(2)_P715-722.pdf



带状伐採による林縁部の風

石崎健二* 太田路一**

Wind Velocities at an Entrance Region of a Forest Adjacent to a Highway

By

Kenji ISHIZAKI* and Michikazu OTA**

要 約

高速道路建設のために樹木が带状に伐採されて、新しい林縁部ができた。その林縁部で林外から吹きこんできた風がどのように減衰するかを明らかにするために、平均風速の水平分布を測定した。また、風の乱れを調和解析することにより、林縁部において森林の内外で乱れの様子がどのように変わるかを調べた。

測定は北海道大学苫小牧地方演習林の平均樹高約8mの広葉樹林で、林縁端の地上1.5mの風速が1.3~2.8 m/sの時に起こった。

平均風速は林縁端から林内10mまでの範囲の地上1.5mで測定した。その結果、林縁端からの距離を x とすれば、平均風速 u は $u=u_0 \cdot \exp(-ax)$ と近似することができた。風速の減衰率 a は、着葉期(7月末)で $0.09 \sim 0.12 \text{ m}^{-1}$ 、落葉期(10月末)で $0.03 \sim 0.04 \text{ m}^{-1}$ となった。

風の乱れについては、林縁端から5~25mの地上1.5~2.2mの範囲で、樹葉の有無にかかわらず55~150秒の周期の一つないしは二つの変動を基本波とする変動とその高調波が卓越する場合が見られた。

キーワード： 林縁の風、平均水平風速、風の乱れ、調和解析。

1. 緒 言

樹木が一様に繁茂している十分広い森林があった場合、林内に吹く風には、そのメカニズムから二種類考えることができる。一つは平均流としての風が林内に吹きこむことによる風であり、もう一つは森林境界(おもに林冠上端部)に沿って吹いている平均流としての風に、いわ

1987年2月7日受理 Received February 7, 1987.

* 北海道大学工学部工業力学第二講座
Faculty of Technology, Hokkaido University.

** 岩手大学農学部林学科
Faculty of Agriculture, Iwate University.

ば、引っぱられる形で吹く風である。前者は林縁部で卓越し、本論文で対象にする風である。以下では「林縁風」とよぶことにする。後者は林縁から十分はなれた所で卓越し、「林内風」とよぶことにする。なお、「平均流」という概念については「森林上の風速の垂直分布」²⁾で説明されている。

さて、林縁風の吹く林内は、比較的地表に近い林外の風が林内風にくらべてかなり大きい速度で侵入し、林冠上端部から林外へと通り抜けていく部分である。したがって、その大気環境は林内風の吹く所とは、かなり異なったものと考えられる。

北海道大学苫小牧地方演習林では、その中を自動車道路が通ることになり、1978年、幅約70mの帯状に樹木が伐採され、森林の中にこつ然と新しい林縁が出現した。本論文ではこの新しい林縁部で観測された林縁風の水平成分を検討した。平均風速については林縁端から林内にはいるにしたがって風速がどのように減衰していくかに注目した。また、風の乱れについては調和解析によって三角関数の和に分解し、各成分の振幅の振る舞いに注目した。

2. 林縁風の平均風速分布式

林縁端がまっすぐに y 方向にのび、半無限に広がる森林を考える。樹木の高さや繁茂の様子はどこでも一様とする。林縁に直角な x 方向から林縁に風が吹きこんできた時、林縁風の平均風速の分布は、吉田¹⁾により、運動方程式と連続方程式

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{2} a \cdot u^2 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

を解いて

$$u = \exp\left(-\frac{1}{2} ax\right) \Psi \left[z \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} ax\right) - F(x) \right] \quad (3)$$

$$w = \left[\frac{1}{2} az + \exp\left(-\frac{1}{2} ax\right) \cdot F'(x) \right] u \quad (4)$$

のように求められている。ここで、 u と w は平均風速の水平成分と垂直成分、 z は高さ方向にとった座標である。林縁端で $x=0$ 、地表面で $z=0$ である。 Ψ は $\left[z \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} ax\right) - F(x) \right]$ の、 F は x の、任意の関数で、 F' は F の導関数を表わす。

(1)の左辺は平均風速の水平成分に生じる加速度 du/dt を偏微分で表わしたもの

$$\frac{du}{dt} \equiv \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} \quad (5)$$

において、定常流の場合を考えるということから $\partial u/\partial t=0$ としたものである。(1)の右辺は風にはたらく力で、樹木が風をさえぎることによって生じる力、即ち樹木の空気力学的抵抗、のみが考慮されている。それは平均風速の二乗、風のエネルギーに比例すると仮定されている。風

速が同じであっても枝葉が密に茂っているほど風が受ける抵抗は大きいから、 a は枝葉の空間密度が大きいほど、大きい値になる。したがって、実際の森林では a は樹幹部より林冠部が大きいと考えられるが、(1) では林内のどの部分でも等しいと仮定されている。

平均風速の垂直成分 w は (2) のみで考慮されている。この式は、林縁風が樹木に行く手をさえぎられた分だけ、圧縮されることなく w 成分を得て上に抜けていくことを表わしたものである。

さて、任意関数 Ψ は簡単のために吉田¹⁾と同様に A を定数として

$$\Psi = A \left[z \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} ax\right) - F(x) \right] \quad (6)$$

で与えることにし、さらに地表面 $z=0$ で $u=0$ とすれば、 $F(x)=0$ でなければならないから (3) は

$$u = Ax \cdot \exp(-ax) \quad (7)$$

となる。ここで林縁端 $x=0$ における u を u_0 とおけば

$$u_0 = Ax \quad (8)$$

となるから、(7) は

$$u = u_0 \cdot \exp(-ax) \quad (9)$$

と書くことができる。

平均風速が (9) で表わされる場合、 u を x で微分することにより、 a のもう一つの意味が明らかになる。すなわち

$$\frac{du}{dx} = -au \quad (10)$$

となり、風速は x が増加すると常に一定の割合 a をかけた分だけ減少することを示している。

実際の森林内では、 a は少なくとも高さによって異なっており、以上の議論がそのままあてはまることはないであろう。しかし、林縁部で平均風速の水平分布を測り、(9) により風速の減衰率 a の値を求めることができれば、それは、やはり樹木の繁茂の程度を示す一つの指標を与えると考えることができよう。

3. 観 測

これから検討する林縁風は、1981年7月28・29日、9月3・5日、10月28・29日に観測されたものである。7月は最も葉が茂っている時期であり、10月は落葉期で葉はほとんどついていない。この年の8月は台風12号におそわれ、塩害のため9月の観測時には林縁部ではかなり葉が落ちていた。

観測地点は308林班の中央からやや北東よりにあるB鉄塔の西、45mである。林縁部は

ほぼ東西にのびており、樹高7~8mの広葉樹が多い。この周辺の樹木構成の概要はについて「森林上の風速の垂直分布」²⁾を参照されたい。

林縁端の測定点をP1とし、そこから林内に5mおきにP2, P3を、P3からさらに15mはいった所にP4を設けた(図-1)。P1, P2, P3には地上1.5mに光電三杯微風速風向計(牧野応用測器研究所製)を、P4には地上2.2mに超音波風速風向計(海上電機製)を設置した。

B鉄塔の林冠上約6mでの風向が林縁に直角に近い測定例を選んだが、やや斜めになる場合もあった。このような時にはP1では林縁沿いに風向が20度前後それる傾向がみられ、林内にはいるにしたがってB鉄塔と同じ風向になっていった。林縁部での風速の減衰率は風の吹送距離にもとづいて評価すべきと考えられるが、今回はすべて林縁端から測定点までの距離で評価した。

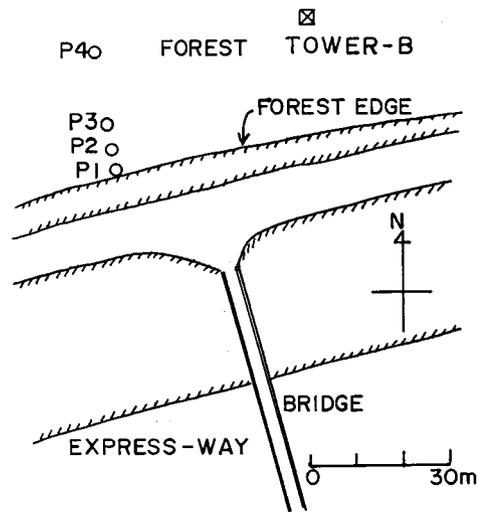


図-1 測定点 P1, P2, P3, P4 の配置

Fig. 1. Arrangement of measurement points. Anemometer levels are 1.5 m at P1, P2 and P3 and 2.2 m at P4.

4. 結果と検討

4.1 平均風速の水平分布

平均風速を求めるための平均化時間は10分間である。測定結果は図-2に示されている。片対数紙にプロットされているので、風速分布を直線で近似した時の直線の傾きが風速の減衰率 a の値となる。10月にはP4でも風速が測定されているが、 a の値は他の月と同様にP1, P2, P3の風速から算出した。P4の風速は28日と29日でその減衰のしかたがかなり異なっている。風向のちがいによる風の通路のちがいがその一因と思われるが、林内風の成分がはいっている可能性もあるので、 a の算出からは除外した。

P1での風速が1.3~2.8 m/sの場合で、林縁端から10mまでの範囲内について得られた a の値を図-3に示す。 a は0.036~0.12 m^{-1} となっており、落葉期には着葉期の1/3程度になることがわかる。9月は、塩害による落葉のためか、 a は7月よりは10月のに近い値になっている。

P1での風速との関係では、風速が小さいと a が大きくなる傾向が、著しくはないが、うかがわれる。

4.2 風の乱れの調和解析

調和解析というのは、例えば時間的に変動する一連の量(時系列)を、さまざまな周期をもつ三角関数の和で表わし、各三角関数(成分)の振幅と位相角を求めることである。周期の長さ

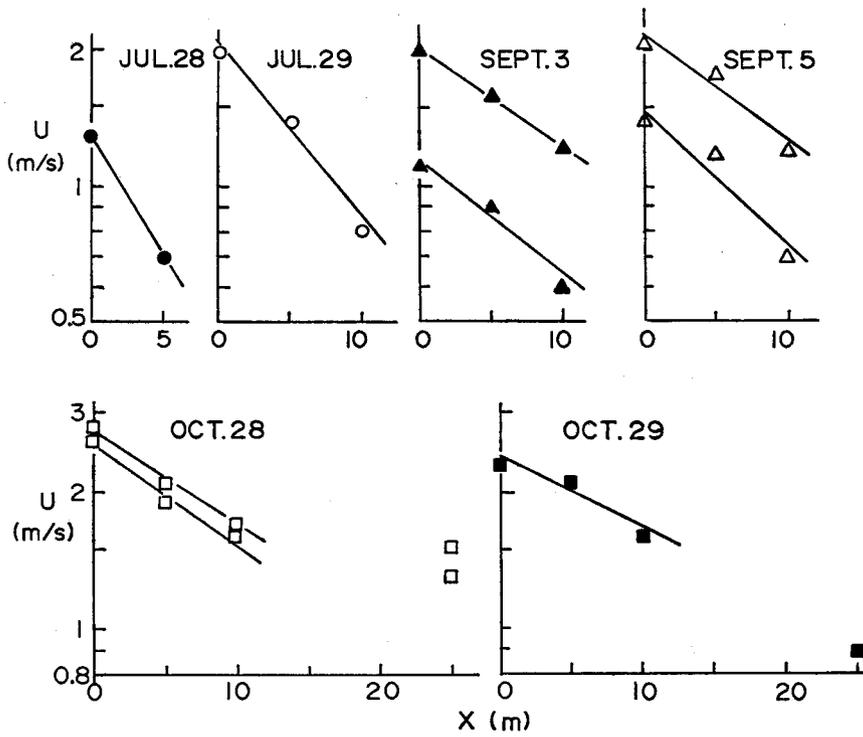


図-2 10分間平均風速の水平分布

Fig. 2. Ten-minute average of the wind velocities, U , as a function of distance from the leading edge, x . Jul. and Sept. are the foliage season, but Oct. is the nonfoliage season. Notice that in Sept. some leaves had fallen owing to Typhoon No. 12 in Aug.

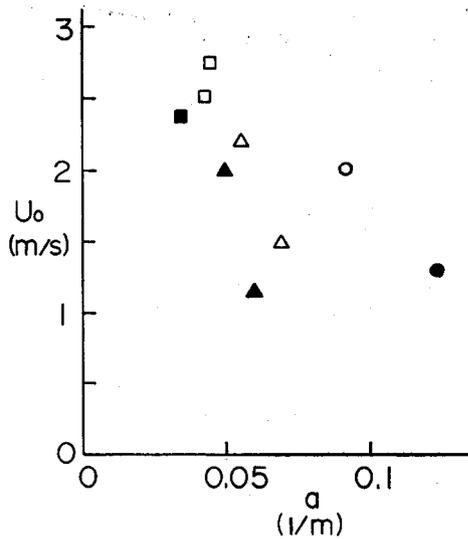


図-3 パラメータ a と林縁端の風速の関係

Fig. 3. Parameter a as a function of mean wind speed at the leading edge, U_0 . Symbols are the same as those in Fig. 2.

は任意ではなく、時系列の長さを T とすると、 T/n , $n=1, 2, \dots$, に限られる。

ここで調和解析された時系列の長さは10分間である。風速の読み取りは、10月28日のP1, P3が1分間につき32個、他は40個である。P1での風速が2 m/s 前後の場合を選んで解析した結果が図-4に示されている。

この図で注目すべきことは、7月29日のP2が典型的に示しているところの、卓越振幅の周期にみられる規則性である。振幅最大の周期が150秒。それに続く漸減するピークは周期が75, 50, 40, 30, 25, 21秒で、周期を150秒とする基本波の高調波となっている。

同じ時刻のP3では、基本波の周期は120秒に変わっている。それ以下のピークは、P2のピークの名残りである75, 50秒を除けば、基本波の高調波で周期は60, 40, 30, 20秒である。P1では、このような規則性は見られない。

落葉期の10月の測定でも同様な結果が得られている。ただし、10月は風速の減衰率が他の月に比べて小さいことを考慮し、P2, P3のかわりに、P3, P4の様子を示した。10月のP3は7月のP2によく似ているが、周期120秒と75秒の二つの基本波と、それらの高調波がそれ以下のピークを形づくっている。P4では75秒と55秒の周期の基本波とそれらの高調波に変わっており、P3にあった周期30秒の最大のピークは消滅している。

部分的に落葉していた9月のP2, P3では、P1の振幅分布の形をあまり変えずに、全体として振幅が減少しており、位相角の一致度も他の月よりはよいようである。

次に、P1の様子を各月で比べてみると、落葉期の10月の長周期成分の振幅が120秒まで高いレベルになっている点が他の月と異なっている。同様のことはP3, P4についてもあては

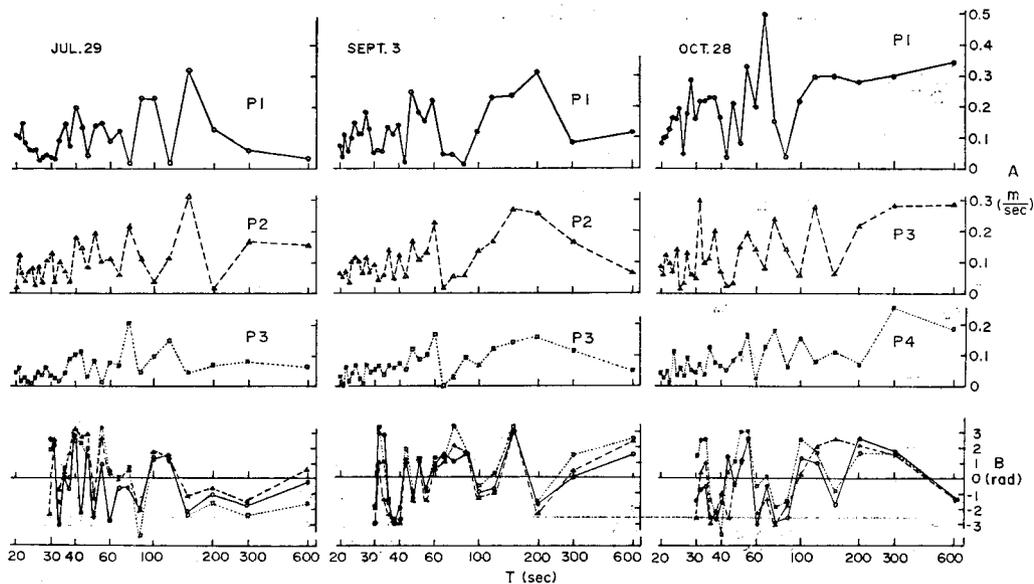


図-4 調和解析の結果。A: 振幅, B: 位相角, T: 周期

Fig. 4. Results of harmonic analysis. A: amplitude, B: phase angle and T: period.

まり、これらの点からみると、9月は10月よりは7月に近い状態にあったといえよう。 a の値に関しては10月に近かったのとは対照的である。

各月で共通しているのは、P1の周期70秒前後の所に振幅の最小値、エネルギー・ギャップがあることである。

4.3 林縁の風と樹葉の有無

解析されたデータは、高速自動車道路のために樹木が伐採されて新しい林縁ができてから4年目に得られたものである。したがって樹木の繁茂のしかたには伐採前の特性が残っている可能性がある。この点については、台風の通過に伴う部分的落葉という条件下で得られた測定結果が示唆を与えているように思える。台風の塩害によると思われる落葉は林縁の端に近いほど激しく、一方、自動車道路からの自動車排ガスを含む林縁風によって樹木が劣化するとすれば、それはおそらく林縁の端に近い程激しいと予想されるからである。

今回得られた結果をみると、部分的落葉による林縁の風への効果が、平均風速と乱れとでは、ちがって現われていることに注目される。平均風速に関しては、どちらかといえば落葉期に似た特性、風の林内への侵入のしやすさ、を示したが、風の乱れの様子に関しては、特に変動周期が長い方の乱れ成分の振幅が着葉期に似た特性を示した。言いかえれば、この程度の部分的落葉が近い将来恒常的になるとすれば、今回観測された程度に平均風速分布に変化が生じ、平均風速への依存度が高い現象ほど大きな影響をこうむることになる。

謝 辞

本研究をすすめるにあたり、苫小牧地方演習林の石城謙吉林長はじめ、職員の皆様には多大の配慮をいただいた。厚くお礼申し上げます。川瀬清元演習林教授には、たえず激励を受けた。深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 吉田順五：林に吹込む風。防霧林に関する研究，101-105 (1951)，北海道林務部。
- 2) 石崎健二，太田路一：森林上の風速の垂直分布。北演研報，44(2)，461-475，1987。

Summary

Wind velocities were investigated experimentally at the entrance area inside a 6-9-m tall latifolious tree forest in the Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University, Hokkaido, in 1981. Anemometer levels were 1.5 m and 2.2 m high at the plots of 0, 5 and 10 m and 25 m, respectively, from the leading edge of the forest. Measurements were performed for wind whose mean velocity ranged from 1.3 to 2.8 m/s at the leading edge. Over a distance of 10 m from the leading edge, the measured mean velocity distributions were approximated by the equation $u = u_0 \exp(-ax)$, where x was a distance from the leading edge. The values of a obtained were about 0.1 and 0.04 m^{-1} in the foliage and nonfoliation seasons, respec-

tively. Fluctuations of wind velocity were examined by the method of harmonic analysis. In some cases of winds inside the forest, it was found that the dominant periods consisted of successive harmonics of one or two fundamental periods of 55-150 sec., irrespective of the foliage of trees.