

牧草地上の粗度長と地面修正量の特徴*

林 陽 生** 古藤田 一 雄**

要旨

平均植被高 46 cm の牧草地上で風速の垂直分布を測定し、平均粗度長 3.0 cm、平均地面修正量 18.4 cm を得た。粗度長と地面修正量の値は、植被高における風速を摩擦速度で除した、 (u/u_*) を用いてよく整理することができる。植被高で無次元化した粗度長 (ζ_0) と、地面修正量 (δ) の関係は、次の半経験式で表現することができる。

$$\ln[(1-\delta)/\zeta_0] = 0.559(1-\delta)/\zeta_0^{0.675}$$

また、植被内の渦拡散係数に含まれるパラメーター β 、 m について、 $\beta=0.286$ 、 $m=0.675$ を得た。これ等の値は、牧草の持つ空気力学的特徴を反映した値と考えられる。

1. 諸言

一般に、植被上の風速分布を考える場合には、対数法則に地面修正量を導入する。これまで、種々の植被上で、粗度長 (Z_0) と地面修正量 (d) の実測値が得られている。例えば、Rider (1954) はカラス麦畑、谷ほか (1954, 1956) は水稻、Penman・Long (1960) は麦畑、Allen (1968) はカラマツ林、Thom (1971) はマメ畑、Saugier・Ripley (1978) は草原でそれぞれ観測をおこなった。さらに、粗度長と地面修正量が、そこに卓越する気流または粗度要素として働く植被の状態に依存するという観点から、Isobe (1964) は、摩擦速度と粗度長および地面修正量の関係を示した。また、Udagawa (1966)、真木ほか (1968)、真木 (1969) は、植被の生育状態の差異が、粗度長と地面修正量におよぼす影響について論じた。

本研究は、牧草上における風速分布を測定した結果から、古藤田 (1979) の示した拡散係数定義式中のパラメーター β 、 m の値を決定すると同時に、この定義式から導びかれた、植被高度における摩擦速度に対する風速の比と粗度長および地面修正量の関係について、その特徴

を論ずるものである。これまで、牧草上の観測例は少ないが、水稻の場合 (谷, 1960) 等に認められていると同様の現象、すなわち、粗度長と地面修正量が摩擦速度に対して独自に変化することが示されている (林, 1979)。

実際の牧草群落を考えると、植物体が振動したり、吹き曲げられたりする現象が生じ、複雑な気流の場を形成する。これ等のうち、穂波に関する現象については、井上 (1958, 1961)、Finnigan・Mulhearn (1978)、米谷ほか (1979) の研究がある。また、風速によって植被高が変化する現象について、Maki (1976) は有効植被高の概念を示している。しかし、ここでは、第 1 近似的に植被は風に対して剛体であると仮定して取扱うことにする。

粗度長や地面修正量に関する理論的研究は、植被内における拡散係数をいかに定義するかという問題に置き換えることができる。これに類する研究には、Inoue (1963)、斎藤 (1963)、Saito (1964)、武田 (1964, 1965)、Cionco (1965)、Takeda (1966)、Cowan (1968)、Kondo (1971)、真木 (1975a, 1975b)、Kondo・Akashi (1976)、Oikawa (1978) がある。

2. 観測および解析方法

2.1. 観測方法

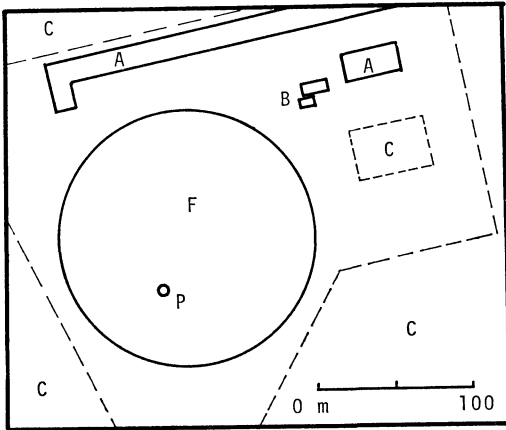
観測は、筑波大学水理実験センター熱収支水収支観測圃場 (古藤田ほか, 1978) でおこなった。観測圃場およびその周辺の概略図を第 1 図に示す。圃場は半径 80 m の

* Some characteristics of roughness length and zero-plane displacement above a grass canopy.

** Yousay Hayashi and Kazuo Kotoda, 筑波大学水理実験センター

—1979年 8月 2日 受領—

—1980年 2月 19日 受理—



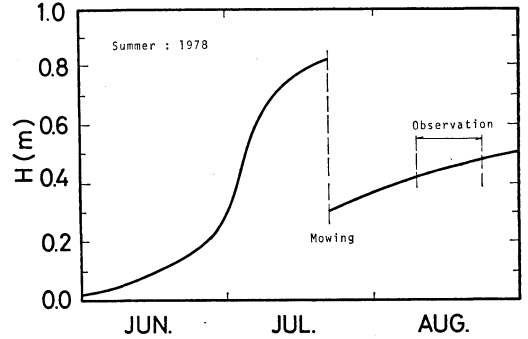
A: Building (about 10m) F: Grass field
B: Observation house P: Pole
C: Green belt (about 10m)

第1図 観測圃場周辺の概略図.

円形で、外周道路の外側、北～西および南東方向には高さ10m程度の松林や建屋が位置している。観測ポール的位置は圃場内の南南西の部分で、このことを考慮すると、北東～東北東方向は比較的開けていて、牧草上のフェッチは100m以上となる。1978年5月に、ライグラスを主体とする牧草を圃場に播種した。観測期間の、1978年8月9日から20日までを含む夏季の植被高度の変化を第2図に示す。観測期間の平均植被高度(H)は46cmであった。観測ポールには、地表から0.5、1.0、2.0、4.0、8.0mの5高度で風速と乾湿球温度を測定した。また、高度8.0mで風向を測定した。風速計は、始動風速が0.2m/sの3杯式光電風速計を、温度計は、センサー部にサーミスタを用い、乾湿1対を、接地気象観測用に開発した通風シェルター内に設置した。観測値は、A-D変換した後ワイヤシリアリング方式で計測室へ伝送し、マイクロコンピューターで10分平均値を計算して、デジタルプリンターに記録した。

2.2. 解析方法

サーミスタで測定した温度の出力値に対し、アスマン乾湿球温度計で器差補正をおこなった。さらに、今回は以下に示す3つの条件を満足するデータを解析に用いた。(i) 風速は、風杯風速計の応答特性上の問題から、高度0.5mの風速が10分平均値で0.5m/s以上の場合を解析に用いた。(ii) 観測ポールの設置位置の関係から、牧草上の吹走距離が最も長い、風向北東～東北東の場合



第2図 平均牧草高の変化.

を解析した。(iii) 対数法則が成立する中立状態を選択するため、リチャードソン数 (Ri) を次式で定義し、 $|Ri| \leq 0.03$ の範囲の観測値を解析した。

$$Ri = \frac{g \frac{d\theta}{dz}}{\theta \left(\frac{du}{dz} \right)^2} \quad (1)$$

ここで、 g は重力加速度 (m/s^2)、 θ は絶対温度 ($^{\circ}K$) とし、傾度法を用いて計算可能かつ植被高度に最も近い、 $z=1.0(m)$ の Ri の値を求めた。以上3つの条件を満たす10分平均値は、観測期間中の10分平均値個数1728個のうち62個であった。

本来 d は、対数法則が成立しはじめる、地表からの高さとして、独立に対数法則に導入された量である。これまで、Pasquill (1950)、Rider (1954) の研究に示されるように、 d は3または4は高度の観測値から計算される。ところで、今回の観測では、5高度の観測点がある。そこで、次に示す対数曲線近似法で d を計算した。すなわち、風速プロファイルが中立条件下で対数法則を満足することから、実測値を法則上の対数曲線にのせた場合の相関が最も良くなるための補償値として d を考え、初期値、 $d=0$ から1mm刻みに d を増加させ、逐次相関係数を計算した。このようにして、最も相関の良い場合の d をその時の地面修正量とした。対数曲線近似法の利点は、観測点数が多い場合、それ等の観測値を一度に均一に評価できる点にある。

こうして決定した d を使い、最終的に決められた対数曲線から、 u_* の値を求めた。さらに、 Z_0 の値は、この曲線と高度の座標軸との交点から得た。

3. 基礎方程式

中立状態における諸物理量の関係から、植被上では、

$$\frac{\tau}{\rho} = K \frac{du}{dz} \quad (2)$$

$$\frac{d}{dz} \left(\frac{\tau}{\rho} \right) = 0 \quad (3)$$

$$K = k u_* (z-d) \quad (4)$$

の成立することが知られている。ここで、 τ (N/m^2) は摩擦応力、 ρ (kg/m^3) は空気密度、 K (m^2/s) は運動量に対する渦拡散係数、 u (m/s) は高度 z (m) での風速、 u_* (m/s) は摩擦速度、 k はカルマン定数である。

次に、植被内では、(2)式の外に、

$$\frac{d}{dz} \left(\frac{\tau}{\rho} \right) = C_d A_z u^2 \quad (5)$$

$$K = \lambda (1-F) H u \quad (6)$$

が成立する。ただし、

$$\lambda = \beta \left(\frac{Z_0}{H} \right)^m \quad (7)$$

とする(古藤田, 1979)。ここで、 F は植被の形状に関する因子で、武田(1964, 1965), Takeda(1966), 真木(1975 a) が用いた繁茂度である。繁茂度は、植被が最も繁って気流が遮断される状態を、 $F=1$ とし、単位体積内に全く植被が無い状態を、 $F=0$ とする。 C_d は抵抗係数、 A_z ($1/m$) は高度 z における単位体積あたりの植被の表面積、 H (m) は平均植被高度である。

(2), (3), (4)式から、一般に対数分布を示す次式を得る。

$$u = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z-d}{Z_0} \quad (8)$$

(5)式は、いわゆる抵抗法則で、摩擦応力の勾配が、風速の2乗と植被の抵抗に比例することを示している。

(6)式は、植被上で成り立つ(4)式に代るもので、 u_* の代りに u 、 $k(z-d)$ の代りに、 $(1-F)H$ とした場合のそれらの積に拡散係数が比例すると考える。すなわち、植被内の乱れの大きさは、粗度要素である植被の繁茂度に依存することを示している。

平均植被高度 ($Z=H$) における境界面では、物理量が連続的に変化すること、および、 $F=0$ となることを考慮すると、(4), (6), (8)式から、次式を導びくことができる。

$$\gamma = \frac{k(1-\delta)}{\beta \zeta_0^m} \quad (9)$$

$$\gamma = \frac{1}{k} \ln \frac{(1-\delta)}{\zeta_0} \quad (10)$$

ここで、 γ は植被高における風速と摩擦風速の関係で、 $\gamma = (u/u_*)$ である。(9), (10)式では、粗度長、地面修

正量の代りに、それぞれを平均植被高で無次元化した、 $\zeta_0 (=Z_0/H)$ 、 $\delta (=d/H)$ を用いることにする。(9), (10)式を ζ_0 、 δ について解くと、 $m \neq 1$ のとき、

$$\zeta_0 = \left(\frac{\beta}{k} \gamma \right)^{\frac{1}{1-m}} \exp \left(-\frac{k}{1-m} \gamma \right) \quad (11)$$

$$\delta = 1 - \left(\frac{\beta}{k} \gamma \right)^{\frac{1}{1-m}} \exp \left(-\frac{km}{1-m} \gamma \right) \quad (12)$$

を得る。これ等の式は、 ζ_0 、 δ が γ の関数で表現できることを示すものである。また、(9), (10)式から γ を消去すると、

$$\ln \frac{1-\delta}{\zeta_0} = \frac{k^2(1-\delta)}{\beta \zeta_0^m} \quad (13)$$

を導びくことができる。(13)式は、本来独立に対数法則に導入された、粗度長と地面修正量の関係を示す式である。

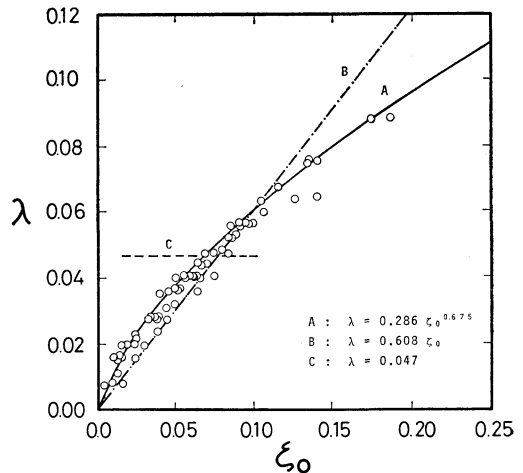
4. 結果と考察

4.1. 渦拡散係数中のパラメーター値の決定

(7) 式中の粗度長を無次元量で表現し、(13)式の関係を用いると、次のように書きなおすことができる。

$$\lambda = \beta \zeta_0^m = \frac{k^2(1-\delta)}{\ln \left(\frac{1-\delta}{\zeta_0} \right)} \quad (14)$$

観測期間中の10分平均値のうち、すでに述べた3つの条件を満足する62組のデータから計算した無次元粗度長



第3図 無次元粗度長 (ζ_0) と空気力学的パラメーター (λ) の関係。

A. $\lambda = 0.286 \zeta_0^{0.675}$; B. $\lambda = 0.608 \zeta_0$;
C. $\lambda = 0.047$.

と無次元地面修正量の値を、(14)式の右辺に代入し、縦軸に $k^2(1-\delta)/\ln((1-\delta)/\zeta_0)$, ($=\lambda$), 横軸に ζ_0 を目盛ってプロットすると第3図の丸印となる。これ等の観測結果に、探索法(シンプレックス法)を適用してパラメーター β , m の値を次のように決定した。

$$\beta=0.286, m=0.675 \tag{15}$$

(15)式の値を(14)式に代入した曲線を第3図の実線で示す。この結果、(14)式は実測値と良く対応し、(15)式のパラメーターの値は、植被が牧草の場合の空気力学的特徴量, λ を決めるための代表値と考えることができる。

ところで、Takeda (1966) は、(6)式の代りに、

$$K=\alpha(1-F)Hu \tag{16}$$

また真木 (1975 a) は、

$$K=\mu\zeta_0(1-F)Hu \tag{17}$$

という渦拡散係数を用いて、粗度長および地面修正量の関係を論じている。そこで、(16)、(17)式の特徴を知るため、(14)式の型を考えて、 α と μ の値を求めた。すなわち、(16)式は(14)式中の λ の値が一定であるという考え方であることから、 $m=0$ において平均値、 $\alpha=0.047$ を得る。これを第3図中の破線で示した。(17)式は(14)式の λ の値が ζ_0 に比例することを意味している。このことは、(14)式にて、 $m=1$ となり λ と ζ_0 の関係が直線関係にあることを示す。従って、最小2乗法を用いて係数 μ の値を求めると、 $\mu=0.608$ を得る。この場合の回帰直線を図中の鎖線で示した。この結果、少なくとも植被が牧草の場合には、(16)、(17)式よりも(6)式が実測値を良く代表することがわかる。

4.2. γ に対する ζ_0 および δ の関係

γ と無次元化した粗度長 ζ_0 の関係を第4図に示す。実線は、前節で得た m と β の値を(11)式に代入して得た式、

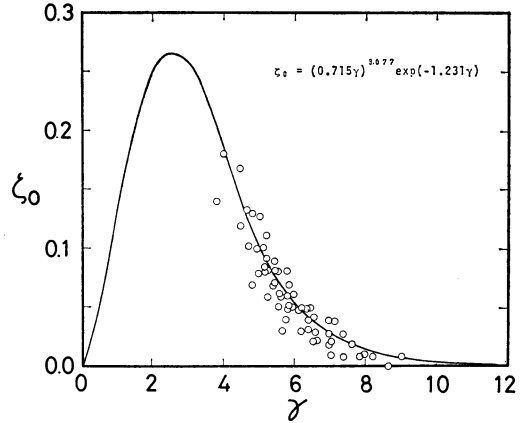
$$\zeta_0=(0.715\gamma)^{3.077}\exp(-1.231\gamma) \tag{18}$$

を示す。また、実測値を丸印で示す。今回の観測では、 γ の実測値は、 $3.8 < \gamma < 9.1$ の範囲に分布し、その平均値は、 $\gamma=5.98$ であった。 ζ_0 は、 γ が増大するとともに減少する傾向を示す。また、 $\gamma=2.5$ で最大値、 $\zeta_0=0.27$ となる。(18)式の半経験式は、実測値を良く代表するが、 $\gamma < 3.8$ の範囲では、実測値が存在しないため、詳しい議論はできない。

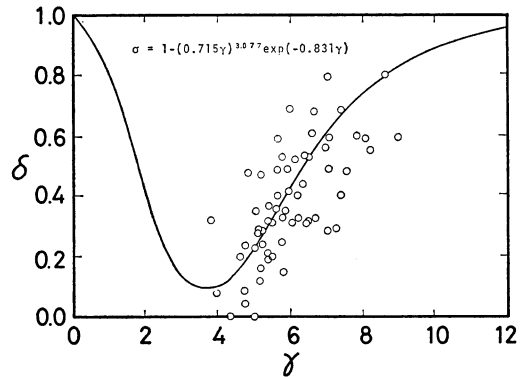
無次元地面修正量 δ について、同様の関係を第5図に示す。実線は、(12)式に m と β の値を代入した次式、

$$\delta=1-(0.715\gamma)^{3.077}\exp(-0.831\gamma) \tag{19}$$

を示す。 ζ_0 に比較して δ の実測値はばらつきが大きい。



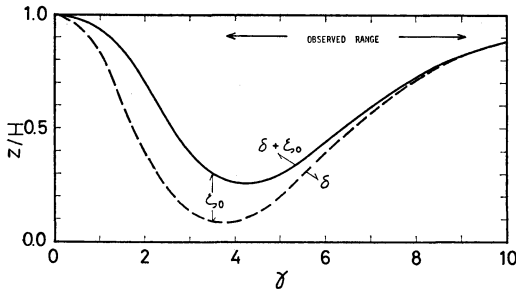
第4図 $\gamma (=u/u_*)$ と ζ_0 の関係。
 $\zeta_0=(0.715 \gamma)^{3.077} \exp(-1.231 \gamma)$



第5図 $\gamma (=u/u_*)$ と δ の関係。
 $\delta=1-(0.715 \gamma)^{3.077} \exp(-0.831 \gamma)$

実測値の分布する範囲では、 γ が増大するに従い、 δ は増大する傾向を示す。(19)式は、 $\gamma=3.5$ で最小値、 $\delta=0.08$ となる。(14)式と(15)式を比べると、粗度長と地面修正量の最大値、最小値の出現する γ の値が異なり、風速変化に対して両者が独自に変化することが示されるが、この特徴を明確にするには、さらに広範囲の実測値について解析する必要がある。

次に、(18)、(19)式から、同一の γ に対する δ と ζ_0 の値を求め、両者の変化を模式的に示すと第6図となる。図中破線は δ を、実線は $(\delta+\zeta_0)$ を示す。また、実測値の得られた範囲を図中の矢印で示した。ここで、 $(1-\delta)$ を考えると、この量は植被によって運動量が吸収される層の深さの尺度とみなすことができる (Monteith, 1973)。ところで、 $C_D=(u_*/u)^2$ という関係から、 γ は植被高度における抵抗係数の平方根の逆数と考えること



第6図 $\gamma (=u/u_*)$ の変化に対する δ および $(\delta + \zeta_0)$ の関係。
矢印は実測値の分布範囲を示す。

ができる。従って、実測値の存在する範囲では、抵抗係数が減少するほど、いいかえれば γ が大きくなるほど、植被の内部に風が吹き込む割合が小さくなって地面修正量が増大し、同時に粗度長が減少するという特徴のあることがわかる。

4.3. ζ_0 と δ の関係

粗度長と地面修正量の関係を(13)式のように書き表わすことができたが、さらに(15)式の値を代入して、

$$\ln \frac{(1-\delta)}{\zeta_0} = 0.559 \frac{(1-\delta)}{\zeta_0^{0.675}} \quad (20)$$

を得る。(20)式は、植被が牧草の場合の粗度長と地面修正量の関係を示すが、この式から ζ_0 と $(1-\delta)$ の関係を直ちに導びくことはできない。そこで、実測値から求めた ζ_0 と δ の平均値を計算すると、

$$\zeta_0 = 0.065, \delta = 0.401 \quad (21)$$

を得る。(21)式の値はそれぞれ、 $Z_0 = 3.0$ (cm), $d = 18.4$ (cm) に相当する。これ等の値は、風の変動を無視した場合に、牧草地を代表する粗度長と地面修正量と考えることができる。ここで、(21)式中の ζ_0 の値を(20)式に代入して δ の値を求めると、 $\delta = 0.348$ となり、実測値から得た、 $\delta = 0.401$ に近い値を得ることができる。

Thom (1971) は、無次元化された粗度長と地面修正量の間に、第1近似的に、

$$\zeta_0 = \eta(1-\delta) \quad (22)$$

の直線関係が成立することを示した。この関係は第6図からも予想される。そこで、いろいろな植被について、 ζ_0 と $(1-\delta)$ の実測値をまとめると第1表となる。表中の ζ_0 、 $(1-\delta)$ の値は、Kondo (1971), 真木(1975a), Jarvis *et al.* (1976) が示した値をもとにして、植種別に集計し平均値を求めたものである。 η は(22)式を用いて、それぞれの平均値から計算した。表中、最下段の牧

第1表 ζ_0 、 $(1-\delta)$ および η の植種別平均値。

植被の種類	ζ_0	$(1-\delta)$	η
針葉樹	0.06	0.23	0.26
トウモロコシ	0.03	0.25	0.12
コムギ	0.16	0.36	0.44
豆	0.06	0.25	0.24
牧草	0.07	0.60	0.12

(Jarvis *et al.*, 1976 ; Kondo, 1971 ; 真木, 1975 a の資料を使用して整理した)

草の値は本研究で得た値である。牧草の場合には、 $(1-\delta)$ が大きい割に ζ_0 が小さいことがわかる。 η の値は、植被の種類によって異なり、コムギの場合に最大値、 $\eta = 0.44$ 、トウモロコシと牧草の場合に最小値、 $\eta = 0.12$ となる。 η が小さいことは、植被が変形しやすく風が内部まで吹き込む割合には、あまり抵抗として働かず、粗度が小さいことを示すものと考えられる。

5. 結言

これまで観測例の少ない、牧草地上における風速プロファイルを測定し、粗度長と地面修正量の特徴について解析した結果、以下のことが明らかになった。

植被内の渦拡散係数中のパラメーター λ は、粗度長と地面修正量に強く関係する量で、探索法を用いて最適係数を求めると、 $\lambda = 0.286 \zeta_0^{0.675}$ という関係式を得る。摩擦速度に対する風速の比、すなわち γ の実測値の出現範囲は、 $3.8 < \gamma < 9.1$ で、 γ の増大とともに ζ_0 は減少、一方 δ は増大する。このことは、 γ が増大するほど、上空の風が植被内部に吹き込む割合が減少し、そのため粗度が小さくなることを意味している。実測値の平均から、 $\zeta_0 = 0.065$ 、 $\delta = 0.401$ を得る。これ等の値から求めた η は、 $\eta = 0.12$ となり他の植被の場合に比較して小さな値である。これ等の結果は、植被が牧草という、非常に flexible な空気力学的特徴をもつことに起因するものと考えられる。

ここでは、粗度長と地面修正量の特徴を述べたが、両者は植被の繁茂度やその生育段階により異なる値になることが考えられる。また、植被内の物理量の関係式から、理論的に風速分布を導びくことができる。これ等の問題については、今後引き続き検討されるであろう。

識辞

本研究をすすめるにあたって、筑波大学地球科学研究

科 中川慎二氏 および同学系の学生諸君には、観測およびデータ整理を手伝っていただいた。文末ながら、感謝の意を表します。また、計算には、筑波大学学術情報処理センター ACOS-800 を使用しました。

文 献

Allen, L.H. Jr., 1968: Turbulence and wind speed spectra within a Japanese larch plantation, *J.A.M.*, 7, 73-78.

Cionco, R.M., 1965: A mathematical model for air flow in a vegetative canopy, *J.A.M.*, 4, 517-522.

Cowan, I.R., 1968: Mass, heat and momentum exchange between stands of plants and their atmospheric environment, *Q.J.R.M.S.*, 94, 523-544.

Finnigan, J.J. and P.J. Mulhearn 1978: A simple mathematical model of airflow in waving plant canopies, *Bound. Lay. M.*, 14, 415-431.

林 陽生, 1979: 牧草上における地面修正量と粗度長について, 筑波大学水理実験センター報告, 3, 25-31.

井上栄一, 1958: 穂波の研究, (5) 穂波上のエネルギー収支, 農業気象, 14, 6-8.

井上栄一, 1961: 穂波の研究, 農業気象, 18, 128-129.

Inoue, E., 1963: On the turbulent structure of airflow within crop canopies, *J.M.S. Japan*, 41, 317-326.

Isobe, S., 1964: Zero-plane displacement in relation to extinction of momentum flux in crop, *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., Ser. A*, 11, 1-18.

Jarvis, P.G., G.B. James and J.J. Landsberg, 1976: Coniferous forest, In *Vegetation and the atmosphere*, Edited by J.L. Monteith, Academic Press, 171-240.

Kondo, J., 1971: Relationship between the roughness coefficient and other aerodynamic parameters, *J.M.S. Japan*, 49, 121-124.

Kondo, J. and S. Akashi, 1976: Numerical studies on the two-dimensional flow in horizontally homogeneous canopy layers, *Bound. Lay. M.*, 10, 265-272.

古藤田一雄, 1979: 植被面における風速分布のパラメーターについて, 筑波大学水理実験センター報告, 3, 17-24.

古藤田一雄, 佐倉保夫, 林 陽生, 甲斐憲次, 1978: 水理実験センターにおける熱収支・水収支観測システムとデータ集録・処理について, 筑波大学水理実験センター報告, 2, 65-90.

米谷俊彦, 佐藤 勉, 大滝英治, 1979: 植物群落上の乱流特性について(VII), 日本気象学会予稿集, 35, 42.

真木太一, 1969: トウモロコシ植被上における風速分布式中の地面修正量と粗度長について, 農業気象, 25, 13-18.

真木太一, 1975 a: 植物群落高度と地面修正量および粗度長との相互関係, 農業気象, 31, 7-15.

真木太一, 1975 b: 種々の植被面における風速分布式中の変数と安定度, 農業気象, 31, 61-75.

Maki, T. 1967: Aerodynamic characteristics of wind within and above a plant canopy, *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., Ser. A*, 23.

真木太一, 高見晋一, 新庄 彬, 1968: ソルゴー植被上における風速分布式中の地面修正量と粗度長について, 農業気象, 24, 127-132.

Monteith, J.L., 1973: *Principles of environmental physics*, Edward Arnold Press, p. 241.

Oikawa, T., 1978: Wind characteristics of the model canopy demonstrated with wind-blow computer experiments, In *ecophysiology of photosynthetic productivity*, Edited by M. Monsi and T. Saeki, Univ. of Tokyo Press, 159-168.

Pasquill, F., 1950: Some further consideration of the measurement and indirect evaluation of natural evaporation, *Q.J.R.M.S.*, 76, 287-301.

Penman, H.L. and I.F. Long, 1960: Weather in wheat—an essay in micrometeorology, *Q.J.R.M.S.*, 85, 16-50.

Rider, N.E., 1954: Evaporation from an oat field, *Q.J.R.M.S.*, 80, 198-211.

斎藤隆幸, 1963: 植物群落内の風速分布の成り立ち, 農業気象, 19, 53-58.

Saito, T., 1964: On the wind profile within plant communities, *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., Ser. A*, 11, 67-73.

Saugier, B. and E.A. Ripley, 1978: Evaluation of the aerodynamic method of determining fluxes over natural grassland, *Q.J.R.M.S.*, 104, 257-270.

武田京一, 1964: 植物群落内部の風について, 農業気象, 20, 1-5.

武田京一, 1965: 植物群落内部の風について, 農業気象, 21, 11-14.

Takeda, K., 1966: On roughness length and zero-plane displacement in the wind profile of the lowest air layer, *J.M.S. Japan*, 44, 101-107.

谷 信輝, 1960: 耕地上の風の測定結果について, 農業気象, 16, 89-93.

谷 信輝, 井上栄一, 今井和彦, 1954: 耕地風の測定 (3), 農業気象, 10, 105-108.

谷 信輝, 井上栄一, 今井和彦, 1956: 耕地風の測定 (5), 農業気象, 12, 17-20.

Thom, A.S., 1971: Momentum absorption by vegetation, *Q.J.R.M.S.*, 97, 414-428.

Udagawa, T., 1966: Variation of aerodynamical characteristics of a barley field with growth,

J. Agr. M. Japan, 22, 7-14.

====海外だより====

E. T. ピアス博士逝く

畠山久尚*

Dr. Edward Thomas Pierce は1978年2月22日に交通事故のためサンフランシスコで死去された。

ピアス博士は1916年5月にウェールズの海岸に近い Llandudno で生れた。彼はウェールズ大学で1937年に BSC の学位を得た後、1940~45年の間は British Supply Ministry に勤めたが、第2次世界大戦後にケンブリッジ大学で本式の教育を受け、1951年には気象物理学で Ph D の学位を得た。1950~57年の間はキャベンディッシュ研究所に勤め、ここでの業績の顕著なものは雷放電カウンターで、それは今日もなお使われている型式のものである。

その後1年間は Vickers Group Research Establishment に勤めたが、そのあとはアメリカ合衆国に移住した。アメリカでは1959~60年は Avco Mfg. に、ついで1960~75年は Stanford Research Institute に勤めた。1975年1月から4月にかけて、駐日アメリカ大使館付科学官として東京に滞在し、またその間に日本国内各地を視察した。1976年には S.R.I. を離れてオクラホマ州 Norman にある Severe Storm Laboratory に移ったが、1978年には再び S.R.I. International (前の S.R.I.) に顧問として戻った。

ピアス博士は、IUGG の国際大気電気学委員会の名誉委員長に選ばれ、また IUGG と URSI の二つのユニオンに関係した電波気象連合委員会の委員をしていた時期もある。また日本地球電気磁気学会の会員でもあった。

我々は、彼が電光放電やその他大気電気一般および電波雑音の専門家だと思っているのだが、そのほか、天体物理、気体放電現象、核爆発、波の伝搬等に関する業績も多いのだと言う。また彼は一見つまらない問題としか

思えないことから、直に重大性のある意味をつかみとる才能を持ち合わせていた。たとえば洋式の浴室や、滝の電気、スーパータンカーの爆発が、水滴分裂による帯電現象で一貫して説明し得ることを示したりもした。

またパーティなどで集まって話している時には、彼のまわりには笑い声が絶えなかったことで見ると、ユーモアとか冗談とかが巧みであったのだと思う。

彼は何回も来日しているので、日本の大気電気関係の研究者で会っている人たちも多い。1968年に第4回国際大気電気学会議が東京で催された時にも夫人とともに来日しているが、その時は7回目の来日だと言っていた。その後1975年に大使館付科学官として来日した時には、東京付近在住の大気電気関係の研究者たちで講演を開き、そのあと会食もした。その時の会談で、筆者は彼の執筆した浴室の電気の現象 (Weather, Dec. 1966 所載) に大いに興味を持ったので、大気電気の講義や講演の緒言にはいつもそれを使うことにしているのだということをお話したところ、その後神戸へ行って、ある造船所での講演の折に、その緒言で筆者がそのようにしていると言うことを付け加えて話して、その講演原稿を送ってくれたりした。

1974年1月にホノルルで開かれた A.M.S. の年次大会で行なった彼の総合講演が、Bulletin A.M.S. の同年10月号に掲載されたが、これは大気電気の色々の面を示していて面白いので、測候時報の1975年第12号で紹介しておいたから、関心のある読者はそれを参照されたい。

ピアス博士は、彼の妻ヒロコ(日系)をカリフォルニア州ワトソンビルに遺し、一人のいとこをウェールズに遺した。62歳という、今で言えばまだ若い年齢の彼を失ったことは、大気電気の学問のためにもまことに残念である。

* Hisanao Hatakeyama