比較をした。今山頂の風を東，西，北の三方位に限り何れも其の方向を中心に四十五度の間に含む風を一括して前の表に掲げた。即ち之を見ると西及北風に就ては山頂の風向とは殆ど一致して居るが山頂の東風だけは山麓には東寄りの風と西寄りの風となつて二つの山がある事が顯著である。即ち山麓観測所の位置からしても渦なしの流れと渦ありの流れとが同一程度の頻度で顯はれて居る事を示して居る。今山頂が東風の場合に山頂と山麓との渦動の有無に依り風速度に如何なる影響があるかを調べて見る。山麓の東風の風速として北東，東北東及び東風の三風向の平均を取り，西風に就ては西，西北西，北西の三風向を以て代表し得るものとする。斯くして得られた平均風速度の山頂風速度に對する比を求めると右表のやうな結果になり，渦運動に相當する山麓の西風の際は遙に風速度は弱くなり渦なしと考へられる場合の半分位になつて終ふ。

山麓風向	風 速 度		比
	山 麓	山 頂	
西 風	3.17	11.62	0.273
東 風	6.03	12.95	0.466

所謂「風の息」に就いて

能 登 久，元 村 彌 三

On the Gustiness of Wind.

By H. NOTO and Y. MOTOMURA.

Abstract:—The period of the Gustiness was chiefly investigated and it was found that the longest period which was experienced when the velocity of wind was small reached 200 seconds or more, but when the velocity of wind exceeded over 10 metres the period became under 10 seconds and was nearly equal. The amplitude which was taken as the difference between the smallest and the largest values within 20 minutes was investigated and somewhat different from those generally treated. If A_{max} is diffined as such a special meaning, or the amplitude of extremity, it is expressed by the following relation,

$$A_{max} = 0.64 \times \text{Wind Velocity}$$

The relation can be held through the whole range of Wind Velocity.

I 緒 言

所謂風の息即ち英語の Gustiness of Wind 獨語の die Böigkeit des Windes 等に依つて表はされて居るのは，主に風速の時間と共に週期的に消長する事であることはよく知られて居り，又此種

の研究も澤山ある。

本邦では寺田先生、玉野氏及西田氏の研究⁽¹⁾があり、其の中では六ヶ年間のダインス風壓計の自記紙を調べられた。 M を15分間の最大風速、 m を15分間の最小風速として風の息として $g = \frac{M-m}{M+m}$ で定義せられた。そうして g と V ($V = \frac{M+m}{2}$) との関係を調べて $V = 1.5 \text{ m/s}$ では同じ V の値に對して g は著しく變化するが、之は g の定義に不備の點があるのとダインス風壓計が小さい風の時に零にかへる缺點がある爲に起るとせられた。

$1.5 < V < 4.0$ の場合には g と V との関係は可成直線的になり比較的よく纏るが $V > 5.0$ の場合には材料が少くて統計的結果ははつきり分らなかつたと記載せられて居る。

g と V との関係を四季に應じ又晝夜に分けて統計せられ g と日射、地形、年變化等を詳しく調べられて風の息の原因として次の様に考へられた。

A) Mechanical	{	a) 大氣上層に於ける風の層的構成
b) 局地の地形による渦動
B) Thermal	{	c) 日射による對流
d) 日射、夜間の放冷に基因し大氣上層の安定度の變化

外國のものでは R. Seeliger u. Bräuer,⁽²⁾ Robitzsch,⁽³⁾ Holzmann,⁽⁴⁾ M. Harnisch,⁽⁵⁾ E. Barkow,⁽⁶⁾ 及 G. Ziemer⁽⁷⁾ 等の研究がある。

Robitzsch は風の息を次の様に定義した。

$$V = \frac{\text{max. Böigkeits amplitude}}{\text{Windgeschwindigkeit}} = \text{最大の息}, \quad \phi = \frac{\text{häufigste Böigkeits amplitude}}{\text{Windgeschwindigkeit}} = \text{標準の息}$$

Robitzsch の考は寺田先生と大體等しい事が分る。著者は寺田先生の定義せられた風の息に就て調べた。

II 軍事上の見地よりする風の息の重要さ

飛行機の飛行中の動搖は色々の原因によるのであらうが、風速の消長のため略々一定馬力で飛行する飛行機の受くる浮揚力が變化する爲に上下することも其一因である。

軍用有線電信の建築、無線塔、飛行機野外格納天幕、飛行機の野外繫留、繫留氣球の風壓に對し必要な繫留索の強度等風壓に對する抗力を計算する場合には平均風速のみではどうにもならない。何

(1) T. Terada, M. Tamano, and K. Nisida, Report of the Aeronautical Research Institute. 3 (1928), 235. (2) R. Seeliger u. Bräuer, Meteorol. Zeitschr. 35 (1928), 30; 82; 124.

(3) Robitzsch, Arb. d. Preuß. Aeron. Observ. 13, Bd.

(4) M. J. Holzmann, Meteorol. Jahrbuch f. Bayern 1929.

(5) M. Harnisch, Wetter, Heft 8 (1929), 253. (6) E. Barkow, Meteorol. Zeitschr. 1915.

(7) G. Ziemer, Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. 18 (1932), 263.

となれば此等が風壓の爲めに破壊せらるゝのは一陣の最大風速の瞬間であつて 20 分平均風速とは大分異なつて居るからである。そこで平均風速とこの風の息の關係を明かにする必要がある。

又音の進行方向は風速，風向の變化で變ることはよく知られて居り，相異なる三地點以上で音波の到着時間差を記録して相互の時間的差異が分ると二點間の時間的差異の一定なる軌跡は双曲線であるから二つの双曲線の交點は即ち音の出た位置即ち敵の大砲の位置であることが分る。之れを音源標定と言ふ言葉で表はされるが此決定に風の息が妨害をして居るから風の息の影響以上に精度を高めることが困難である。之れが設計にあたつて風の息を知らねば必要以上に精密にするも其効果がないことになる。

其他野外で或る瞬間に爆發又は作動せしむるものが相當に澤山あるが，これにも風の息の程度を知ることが必要である。

著者は特に風の息の週期を知らんとしたが未だ十分なる結果が少いやうに思へるため止むを得ず過去一ヶ年に亘り記録調査した。但し次章に述べる様に二時間おきに自記紙を取り換へる必要があるので，午前八時（九時）から午後六時迄の間の晝間のみの記録によつたものである。本文に於ては風速は凡て米/秒，週期に關するものは秒を以つて表はしてある。

III 装置の概要

中央氣象臺で檢定後間も無い自記風向計及ダインス風壓計及ロビンソン式風力計を第一圖の様に装置した。

ダインス風壓計は一日回轉（即ち 1 時間 1.5 廻），二時間一回轉（即ち 5 分間 1.5 廻）の回轉速度の二個のドラムを使用した。此測定記録中昭和八年九月から昭和九年六月迄の記録に就いて調査した結果である。

IV 結 果

1) 調査の方法

第一にロビンソン式風力計とダインス風壓計の兩記録から讀み取つた風速の比較をなし，併せて兩器の精度の考察を行ひ次で風の息の週期と風速の關係を調査し次で風速と振幅の關係を調べて見た。

2) ダインス，ロビンソン式自記風力計から得る風速の比較

記述の便宜上次の様に定義した。

R: ロビンソン自記紙から得る 20 分間平均風速，

$D_{\max.}$: ダインス自記紙の各振動の凡ての極大の平均値,

$D_{\min.}$: ダインス自記紙の各振動の凡ての極小の平均値,

第二圖は R と $\frac{D_{\max.} + D_{\min.}}{2}$ との關係を示す.

此場合 $D_{\max.}$ $D_{\min.}$ は共に 20 分間平均である. 第二圖で縦軸にロビンソン自記紙から読み取つた風速を, 横軸にはダインス自記紙から読み取つた $\frac{D_{\max.} + D_{\min.}}{2}$ を取つてある.

ダインス自記紙から得た風速に應ずるロビンソンの風速をプロットした關係から 1 米以下の風速の場合のものが缺けて居る.

これは既に寺田先生が指摘せられて居る様にダインス風壓計は風速の小さい場合は零になる事に基因すると考へられる.

此の結果から次の關係式が得られる,

$$R - 1.0 = \tan 52^\circ \frac{D_{\max.} + D_{\min.}}{2} = 1.28 \frac{D_{\max.} + D_{\min.}}{2}, \quad R = 1.28 \frac{D_{\max.} + D_{\min.}}{2} + 1.0$$

次に R を縦軸に, $D_{\max.}$ (共に 20 分間平均) を横軸にとると第三圖の様になる.

第 三 圖

第 四 圖

第 五 圖

$$R = \tan 48^\circ D_{\max.} = 1.11 D_{\max.}$$

即ち $D_{\max.}$ は R に最も近い事になつた.

3) 風の息の週期

風速の小さい時に息の週期が大きく又風速の大きい時には小さくなることはよく知られて居るが此事實は吾々の結果にもよく表はれて居る.

第四圖は $D_{\max.}$ と週期との關係を示し風速 2 米以下では週期が 50~200 秒であるが 10 米以上の場合には 10 秒内外に落つく様である.

第五圖は $\frac{D_{\max.} + D_{\min.}}{2}$ と週期との關係を示して居る. 第四圖と異なる點は, $\frac{D_{\max.} + D_{\min.}}{2}$ は $D_{\max.}$

よりも値が小さく出るから2米以下の風では30~200秒となつたが大體の傾向は等しい。

次に週期 T の代りに $\frac{1}{T}$ を取つて圖示すると第六圖, 第七圖の様になる。

第六圖は $D_{\max}$ と $\frac{1}{T}$ の關係であつて風速1米附近で $\frac{1}{T}$ が零になる。さうして11米以下の風速の場合には兩者の間に直線的關係があることが分る。12米以上の場合は $\frac{1}{T}$ が少し下る様であるが場合が少ないから確定的には言ひ兼ねる。

第七圖は $D_{\frac{\max+\min}{2}}$ と $\frac{1}{T}$ の關係を示し兩者の關係は一層明瞭になつて居る。第七圖でも $\frac{1}{T}=0$ になる風速は零で無いが第六圖の場合よりは小さい風速で零になつて居る。これは $D_{\frac{\max+\min}{2}}$ と $D_{\max}$ の値から考へると當然であらう。

4) 振 幅

ダインス風壓計で自記した記録で20分間中の最大風速と最小風速との差を $A_{\max}$ (最大振幅) と定義して R との關係を第八圖に示した。

本圖から大體

$$R = \tan 57^\circ A_{\max} = 1.54 A_{\max}$$

の關係が保たれて居ることになる。

第 八 圖

第 九 圖

第 十 圖

次に $A_{\max}$ と $D_{\max}$ との關係を第九圖に示した。

$$D_{\max} = \tan 54^\circ A_{\max} = 1.38 A_{\max}$$

となる。

更に $A_{\max}$ と $\frac{D_{\max+\min}}{2}$ との関係は第十圖に示した.

$$\frac{D_{\max+\min}}{2} = \tan 50^\circ A_{\max} = 1.19 A_{\max}$$

以上は 20 分間基準にして得たものであるが、次に 5 分間の最大と最小風速の差を $A_{\max(5\min)}$ として $D_{\max(20\min)}$ とを圖示したのが第十一圖である.

$$D_{\max} = \tan 61^\circ A_{\max(5\min)} = 1.80 A_{\max(5\min)}$$

の關係を得た.

以上は風速の極数の差を取つたのであるが次に 20 分間のダインス風壓計で自記せられた風速の全部の最大の平均と最小の平均をとつて $D_{\max}-D_{\min}$ で表はし $D_{\max}$ との關係を調べた. 其結果は第十二圖に示した.

第十一圖

第十二圖

第十三圖

本圖から次の關係が得られる,

$$D_{\max} - D_{\min} = \tan 17^\circ (D_{\max} + 3.0) \div 0.31 (D_{\max} + 3.0)$$

次に $D_{\max} - D_{\min}$ と $\frac{D_{\max+\min}}{2}$ との關係を調べ第十三圖に示した.

この結果次の式が得られる.

$$D_{\max} - D_{\min} = \tan 15^\circ \left(\frac{D_{\max+\min}}{2} + 3.0 \right) \div 0.27 \left(\frac{D_{\max+\min}}{2} + 3.0 \right)$$

V 結果の考察

(1) 第二圖で風速 1.5 米以下の場合にはダインスで自記せないが、これは零點の修正が悪いと簡単に片附けることが出来ない. 何となれば第三圖で R と $D_{\max}$ とを比較すると両者はよく一致するからである. 其故に風速 1 米以下の場合にはダインス風壓計は其機巧上正確な値を與へないと見る方が至當である.

(2) 風の息の振幅 ($D_{\max} - D_{\min}$) は大體寺田先生の得られた結果に等しいが、 $A_{\max}$ はこれよりもずつと大きい値となることが注意するに足るであらう.

(3) 従つて風速 1.5 米以下の部分は顧慮外において實驗式を考へる事も當然である。

本文中では風速 1.5 米以下の場合にはあてはまらない部分があるが以上の見地から重要視しては居ない。

(4) 風の息の週期 T の逆数 $\frac{1}{T}$ と風速との間には簡単な關係が存在し又振幅と風速との間にも同様簡単な關係のある事が分る。尤も嚴密な意味から考へるとこれでは物足らぬでらうが實用上は差支無いと信ずる。

(5) 兩種の風速計各々の有する誤差によつても多少違ひ得るには相違ないが、こゝではそれに就ては測定してない。

(6) 以上の結果から研究の目的に示した様な用途に風速を利用せんとする時には 20 分間平均の風速では十分で無く其土地に於ける風の息の程度を知るか若しくは大きい安全係数をかける必要が生ずる。

VI 結 論

(1) 以上は戸山ヶ原に近い建物上での測定結果であるが、この結果が地形の異なつた所では相當變ることは寺田先生の御研究から明かである。そこで實用者側の理想から行けば地形を見てこゝであれば風の息の程度はどれ位であらうと言ふ見當がつく様にしたいに相違ない。これが爲には各種の地點及地形の所で此種の測定を行つてこれを比較研究することが必要の様に思はれる。

(2) 地上近くの結果は以上の様であるが高層では風の息はどうなるかと言ふ事は或る目的の爲には極めて必要である。尤も Zimer の論文には少し測定してあるがあれだけでは物足らぬ様に感ぜられる。若し高層に於て風の息と風速との關係が簡單に行はれるものであり且つ其關係が明かになると飛行機上で風の息を測定して風速を推定出来ることになるのでは無からうか。最も晴天の時にあれば風速は偏流計から譯なく出せるから問題にならぬが臺上では今の所測定する方法がない。終りに本研究に有益な御注意をして頂いた岡田臺長及寺田、藤原兩先生に感謝の意を表したい。

(昭和九年八月二十五日)