



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電気火花による風速測定に就て
Author(s)	佐伯, 豫一
Citation	Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido University, 8(1), 185-190
Issue Date	1948-02-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37739
Type	departmental bulletin paper
File Information	8(1)_185-190.pdf



電氣火花による風速測定に就て

佐 伯 豫 一

(昭和 21 年 3 月 1 日)

On Measurement of Wind Velocity by Electric Spark.

Yoichi Saheki

For measuring wind velocity by using the pulsating arc method, it is inconvenient to control the time interval of pulsation in accordance with the wind velocity, since the frequency of pulsating are produced by ordinary induction coil depends only on its electrical condition and is a constant for each induction coil.

But it is not difficult to vary the time interval between primary and secondary sparks according to the wind velocity if some suitable "Mechanical" or "Electrical" means are applied. Thus many photographs of the velocity profile were taken, some of them are shown in this paper. As is shown, this method is most effective in measuring such a velocity of the twisted air flow produced by wing tip.

目 次

I. 緒 言	185
II. 概 要	186
III. 機械的方法	186
IV. 電氣的方法	186
V. 二つの方法の比較	187
VI. 電極と火花の形	187
VII. 電氣風の影嚮	188
VIII. 測定 例	189
1) 平板上の境界層	189
2) 平板上の障害物の前後に於ける測定	189
3) 翼型上の速度分布	189
4) 翼端に於ける測定	190
IX. 結 語	190

I. 緒 言

インダクション・コイルの脈動電弧による境界層内の氣流の速度測定に關しては、先に Townend¹⁾ により發表されて居るが、同法を用ゐるに際して Townend もあげて居る如く、第一次火花と第二次火花の時間々隔が一つのインダクション・コイルについては一定である爲、風速の大小に應じて適當に變化させる事が出來ず不便を感じる事が多い。此の點に關し、極く簡單な方法により時間々隔を任意に變へる方法を考察し、それにより諸種の氣流測定を爲したので、その二、三の實例と測定中氣づいた點に關し述べる。

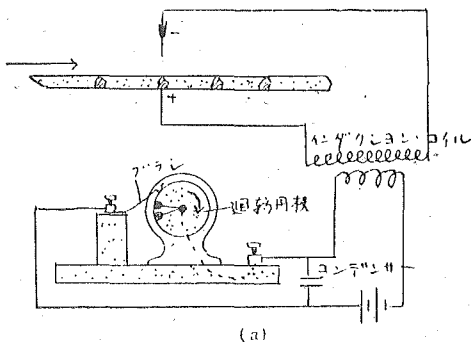
1) R. & M., No. 1803 (1937).

II. 概 要

インダクション・コイルにより火花放電を行ふ際、主として一次線輪のインダクタンスと斷續器の火花防止の爲取り付けであるコンデンサーの容量及び一次線輪と二次線輪との結合度の疎密により決定される一定振動数の減衰振動をなす事は良く知られて居る事である。其の際、火花電極間に氣流を當てると第一次の明るい火花に相續いて風下に第二、第三、第四とだんだん弱くなつて行く火花が見られる。之は第一次火花によりイオン化された氣柱が風により運ばれて行く間に相續く放電により發光するもので、Townendの方法は此の性質を利用したものである。此の際、一次線の電流を適當に加減する事により、第一次の放電のみを行はせる事も、第二次まで、又は第三次、第四次までと任意の数の火花放電を起す事が出来る。氣流の測定には普通第二次までの火花放電を生ずる如く一次線の電流を調節し、且此の二本の火花放電の時間々隔を風速に應じ、又測定の目的に應じて任意に變化させ得れば非常に便利である。

III. 機 械 的 方 法

第一、第二の火花の時間々隔を任意に變ずる一つの方法は、脈動電弧は利用せず、インダクション・コイルの第一次の火花放電のみを單獨に二回相續いて用ゐる方法である。即ち一次線の電流



第 一 圖

を唯第一次の明るい火花のみを生ずる様に調節し、機械的に任意の時間々隔において相續いて二本の第一次火花を生ぜしめるのである。装置としては極く簡單であるが第一圖に示す如く、インダクション・コイルの一次線の斷續器のハンマーの代りに、二箇の金屬片を埋めたエポナイトの圓板をモーターの軸に取りつけ、刷子を圓板に接觸せしめて一次線を斷續せしめ二つの相續く火花放電を行はせる。圓板の廻轉速度を加減する事により

二つの火花放電の時間々隔を風速に應じ任意に變化させる事が出来る。時間々隔はオツシログラフ又は廻轉カメラ等にて測定する。

IV. 電 氣 的 方 法

第二次までの火花放電を生ぜしめる如くに一次線の電流を調節した際、第一次、第二次の火花放電の時間々隔は個々のインダクション・コイルの構造に關係し一定である。即ち二次線を一定にしておけば一次線のインダクタンスが小さく、斷續器に並列に入れてあるコンデンサーの容量が小さく且一次線と二次線の結合度が密なる程時間々隔は短くなり、逆にインダクタンスを大にし、容量

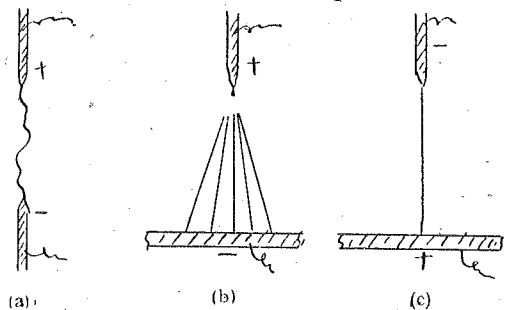
が大で結合度が疎な程時間々隔は長くなる。従つて一個のインダクション・コイルでもインダクタンス及容量を色々變へ、又結合係数を變ずるには一次線輪を二次線輪の巻わくの中で出し入れする事により變化させ得る。以上三つの組合せを適當に取り、風速に應じて第一次、第二次の火花間の時間々隔を容易に調節する事が出来る。

V. 二つの方法の比較

廻路の常数を變ずる方法では實際には一次線の巻数を餘り減らす事は出来ず、容量も又餘り小さくは出来ぬ故、時間々隔を長くする方は樂であるが、餘り短くする事は難しい。此の點では機械的方法では適當な方法さへ用ゐれば時間々隔を相當廣い範圍にわたつて變化させる事が出来る。唯問題は機械的方法では長い時間にわたり同じ時間々隔を嚴密に保つておく事はむづかしく、斷續點に於けるわづかの状態の變化により時間々隔が變り易く、嚴密には一つ一つの測定について時間々隔を測定しなければならない不便がある。之に對し電氣振動の方法では廻路の状態さへ不變にしておけば、長く同じ時間々隔を保つ事が可能なので時間的に變化する速度分布や、又場所により速度の變化する物體上での測定には一度適當に調節して時間々隔を測定しておけば一一について測定する必要がなく非常に勞がはぶけ有利である。一方火花の状態は脈動電弧によるものでは第二次の火花は第一次の火花に較べ弱く、寫眞に撮つても不鮮明になり勝ちであるが、機械的方法ではいづれの火花も同じ強さであるので寫眞も鮮明なものが得られる。寫眞 1, 2, 3 は機械的方法によるもので、4 及び 5 は脈動電弧によるものであるが、機械的方法によるものの方が第二次の火花がはるかに明瞭に寫つてゐる（寫眞は總てネガチブのまゝ用ゐてある）。尙上部の形の違ひに就ては後に述べる。

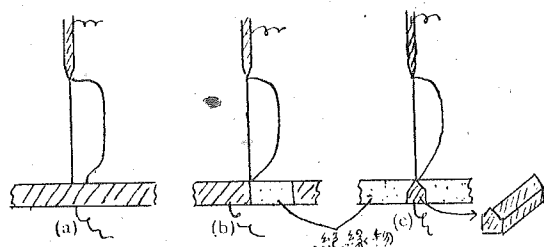
VI. 電極と火花の形

上下兩電極共針狀の細い電極が用ゐられると便利な場合が多いのであるが、かゝる場合には第二圖 (a) の如く第一次火花が直線にならず不安定である爲測定上不便である。第一次火花を直線状にするには一方の極をある擴がりを持つたものにしなければならない。その際正極を針狀にすれば、同じ電圧で火花間隙を大に出来る利點はあるが、例へば負極を平板にすると第二圖 (b) の如く第一次火花は必ずしも板面に垂直にならず位置が變る故やはり測定には不便である。唯負極を針狀にし、正極にある擴がりを持つたものを用ゐると第二圖 (c) の如く火花は面に垂直に而も直線状に飛ぶ故、測定の目的には最も適



第 二 圖

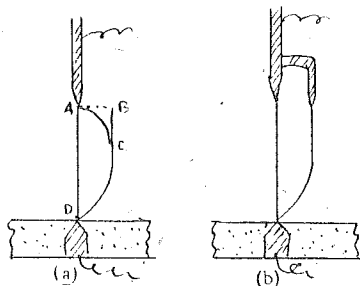
して居る。唯正極を一枚の金属板にする時は Townend も示して居る如く、第三圖 (a) の如く板の附近では第二次の火花が短絡して正確な境界層内の速度分布を與へない。Townend は之を防ぐ爲



第三圖

金属板に穴をあけて絶縁物で埋め、その境で火花を飛ばしてゐるが (第三圖 (b)), むしろ第三圖 (c) の如く木、エポナイト等の絶縁物に圖の様な金属の角柱を主流に直角方向に埋めた方が逆流のある時にもいづれにも用ゐられて便利である。尙多少の精度を犠牲にすれば極く薄い錫箔又はアルミニウム箔を絶縁物

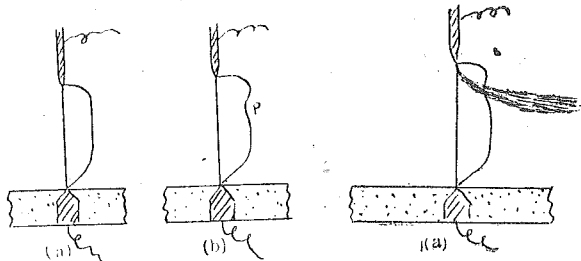
の上にはり正極とし、測定位置より後をはがしてその境目で火花を飛ばす様にすれば非常に細工が簡単である。又實驗に於ても箔の厚さが非常に薄い爲影響は極く少い。次に負極附近の火花の形であるが、境界層外の水速度が一樣であれば第四圖 (a) の A の部分の流體は、ある時間後には B に來て居るので火花は ABD の如く飛ぶ可きも AB 間にはイオンがなく、此の間を短絡する爲實際には ACD の如き道すじに沿つて飛ぶ、之をさける爲第四圖 (b) の如く第二の針を用ゐると圖の如き状態で火花が飛び AB 間の無理はなくなる。寫眞 1 より 3 までは此の様な電極を用ゐて撮せるものである。然し乍ら次に述べる電氣風の影響の爲、かゝる第二の針を用ゐる事は餘り意味がない様である。



第四圖

VII. 電氣風の影響

多くの測定に於て第五圖 (a) の如く第二次火花の上の部分の滑かになつて居る事は少く、ほとんどが同圖 (b) の P で示せる如き凹みが出る。此の位置は二つの火花の距離を一定にしておけば風速の小なる程下方に生じ、又同じ風速では第一次と第二次の火花の時間々隔を大にする程下方に



第五圖

位置する。尙寫眞には寫らないが電流を増してアークを生ぜしめると第六圖の如き形状の淡紫紅色のアークの部分が見られ、之が丁度第二次火花の凹部を通つて居る。風速の小なる程下方にたれ下つた様になり、無風の狀態では眞直ぐに正極に向つて居る。之は針端よりの電氣風が主流の風速により吹き流されたものと見

第六圖

られ、凹部は此の影響の爲部分的に速度が小さくなつて居る部分で、境界層の測定に當つては此の部分より上部は用ゐられず、實際に測定に使用可能な火花の範囲は大部短くなる。

VIII. 測 定 例

先に述べた二種の方法により種々の風速に於て測定せるものの中二、三の例につき述べる。唯用ゐた風洞は 25 cm 角の木製ダツチンゲン型風洞で製作が粗雑な爲亂れも多く、種々の缺陷も多い爲、得られた結果については定量的には難點が多く、定性的なものと思ふべきを得ない状態であるのは残念である。

1) 平板上の境界層

以上の方法の適否を驗する意味に於て、境界層内速度分布の良く知られて居る主流方向に壓力勾配のない平板上の層流境界層に關し風速 2 m より 15 m の範囲で、又板の前端 5 cm より 40 cm の種々の位置に於ける多數の測定を行つた。即ち Reynolds 數 6×10^3 より 4×10^5 に於ける種々の R-數に於て行つた測定の結果は第七圖の通りで相當に良い結果が得られ、こうした範囲では電氣火花を用ゐる方法が有効である事がわかる。唯先に述べた如く火花の上部に多少の攪亂がある爲境界層が厚くなると測定結果が悪い様である。寫眞 1 は風速 4.5 m、前端より 15 cm の位置に於ける一例で機械的方法で火花は二本重ねて撮つてある。

2) 平板上の障害物の前後に於ける測定

寫眞 (2) は平板上に半径 4 mm の半球を置き、球の後端よりそれぞれ 3 mm, 6 mm, 9 mm の位置に於ける速度分布を測定せるもので、3 mm の位置では明かに逆流が見られ物體後方に渦の存在が認められるが、各位置に於いては非常に多數回の測定にも拘らず速度分布はほとんど一定で、流れの状態はほとんど定常的と考へられ、豫想に反し渦が物體より離れる爲の時間的な速度の變化は認められず渦は離れないものと考へられる。然し乍ら全く同じ状態の下に一邊 4 mm の立方體の後方に於ては、後方 7 mm の位置にて測定せる寫眞 3 (a), (b), (c), (d) の如く時間的に速度は變化し渦が發達しては離れて行く状態にある事がわかる。尙各寫眞には $\frac{1}{20}$ 秒づゝの時間々隔を持つた相續く二つづつの速度分布が示されて居る。寫眞 3 (e) は同じ物體の前方 8 mm に於けるもので、此の位置では流れは略定常である。尙之の第一次火花と第二次火花の時間々隔は (a), (b), (c), (d) に比し約 2 倍程大である。以上はいづれも風速 4 m、物體の位置は板の前端より 15 cm の位置である。

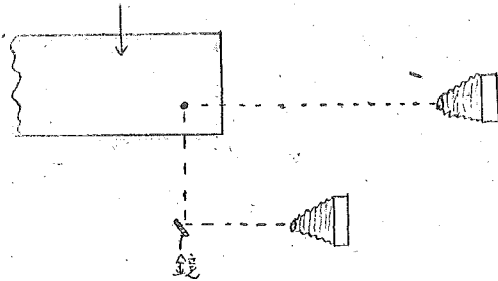
3) 翼型上の速度分布

弦長 15 cm の Clark-Y 翼型の上面上の速度分布をフラツプを附した場合と附さぬ場合につき、各仰角 0° , 6° , 10° の三つの場合に脈動電弧法により各位置につき 10 回づつ重ねて寫眞に撮つたものが寫眞 4 である。測定位置は前縁より翼上面に沿つてそれぞれ 1 cm, 4 cm, 7 cm, 10 cm, 13 cm の位置に於けるもので、後縁に近い程フラツプの有無の影響が境界層内の速度分布の形に強く表れてゐる。特に仰角が大きい時は後半で、フラツプの無い時には境界層内の速度に相當大きな變動が

認められるが、フラップを附した方では變動はほとんどなく、翼面近くの場合はフラップのない場合に比し相當に大きくなつて居る。風速は 9.50 m, 第一次火花と第二次火花の時間々隔は總て同じである。

4) 翼端に於ける測定

有限翼の場合、揚力分布は中央で最大で翼端に行くに従ひ減少し、且翼下面では正壓、上面では負壓故翼面上を過る流れは主流方向に平行にならず下面では外方に押し出され、上面では逆に中央部向ふ流れが期待され、且翼端では下面より上面に巻き上る流れが生ずると考へられる。實驗的には煙を翼面上に導いたり、細い糸を用ゐたりしてかかる傾向のある事は伺へるが、各位置に於いて正確な風の方向と大きさを測定する事は難しい。然し電気火花による方法を用ゐると容易に各點に於ける氣流の方向と大きさを知る事が出来る。唯残念な事に風洞が小さく定量的には何等の結果も



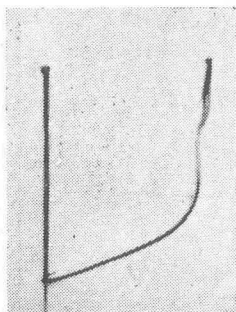
第 八 圖

得られないが其の方法と定性的意味に於ける測定結果を述べておく。方法は至つて簡單であるが第八圖でわかる如く、一つは普通の如く眞横より撮り主流方向の速度分布を測定すると同時に同じ火花を眞後ろより撮す事により横方向の速度が測定される。後方より寫すには第一火花の眞後ろで十分離れた所に、極く小さな鏡を主流方向に 45° 傾けて設置し、風洞外の眞横より

撮れば測定點の氣流をほとんど亂す事なく寫眞に撮る事が出来る。寫眞 (5) はかかる方法により弦長 15 cm の Clark-Y 翼型の翼端に丸味をつけたものゝ翼上面の前縁より 9 cm 後方の翼端より 0.5 cm, 1.5 cm, 3 cm, 5 cm の位置に於ける測定例である。翼端附近では内向きの横方向の速度は非常に大きく、主流方向の速度のほとんど $\frac{1}{2}$ にも近い大きさであるが少し内部に入るに従ひ急に小さくなり、此の實驗では翼端より 8 cm の所では既に横方向の速度は測定されなかつた。特に翼端に非常に近い所では主流方向、横方向の速度分布共に内部のものとは非常に異り、特に横方向の速度分布には翼下面より巻き上つて來る氣流が翼端で剝離を起し、翼面の極く附近では逆流を起してゐるのが見られる。

IX. 結 語

以上にて Townend により爲された脈動電弧による氣流測定法に改良を加へ、又その應用として二、三の例をあげて本方法の適用範圍や又その有効性につき述べたのであるが、特に此の方法の熱線や Pitot 管に較べ有効な點は、先の翼端の例の如き速度方向と大きさを同時に測定出來、又流れが時間的に變化する場合等特に本方法は有効である様に思はれる。速度の平均値を得るにも唯必要な數丈重ねて撮れば良く、特に或る直線にわたつての瞬間的な速度分布が得られる點で他の方法に較べ非常に有効である様に思はれる。



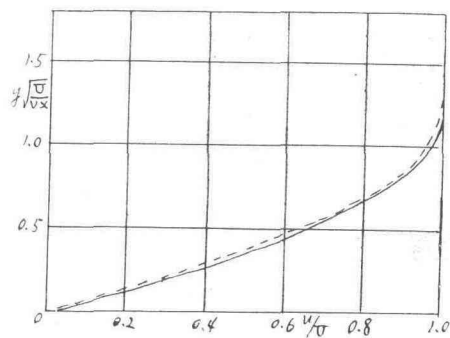
寫真 1

平板上の境界層内速度

風速 4.5 m

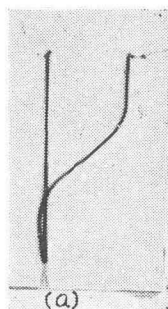
前縁より 15 cm

電極間隔 8 mm

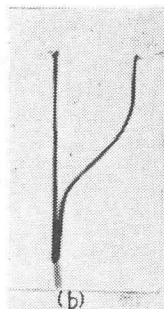


第七圖

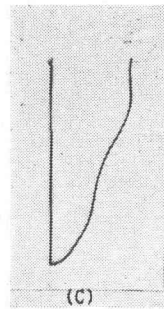
----- 理論値
—— 測定値 (平均)



(a)



(b)



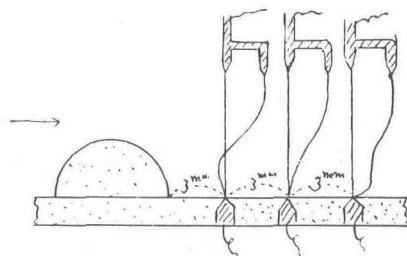
(c)

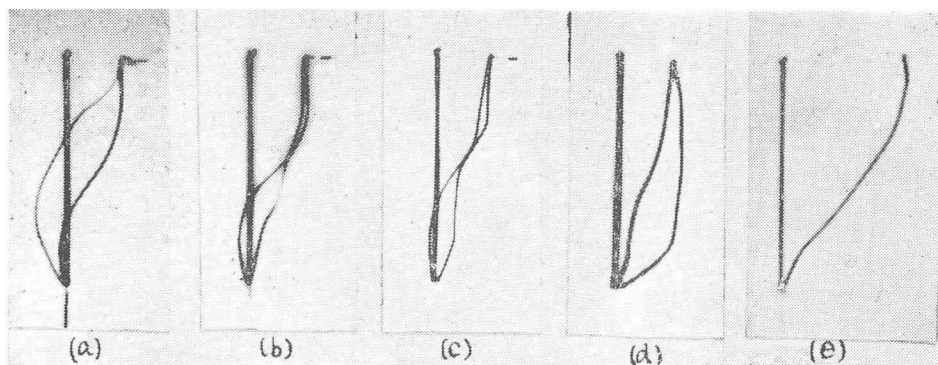
寫真 2

平板上半徑 4 mm の半球の後方に於ける速度分布

(a): 半球の後端より 3 mm, (b): 同 6 mm, (c): 同 9 mm

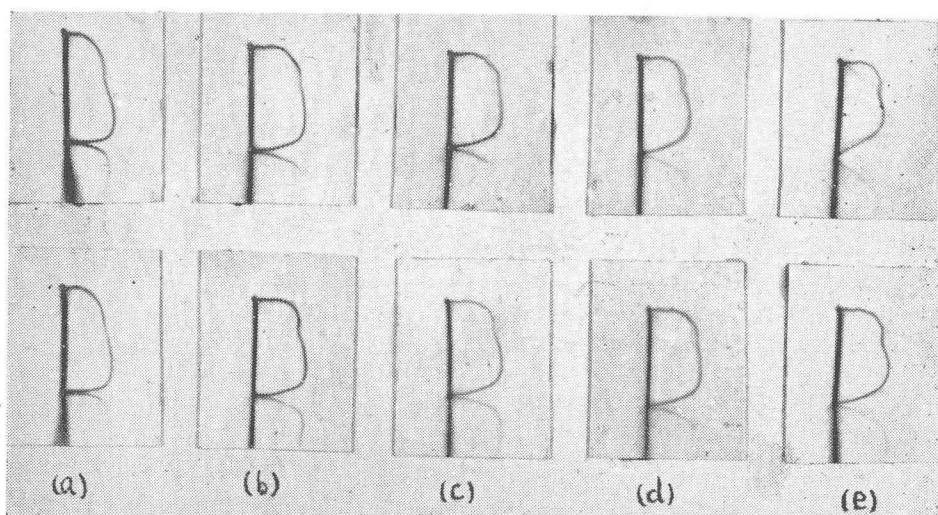
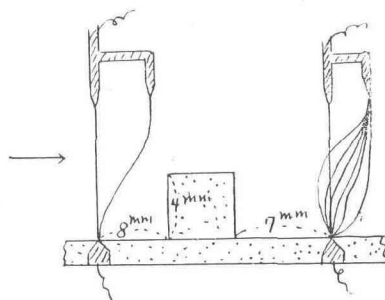
風速 4 m 電極間隔 9 mm



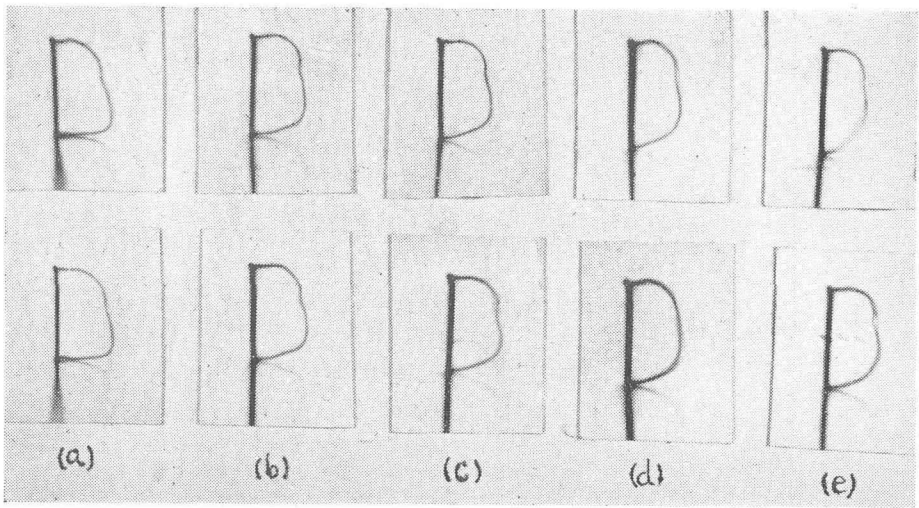


寫 眞 3

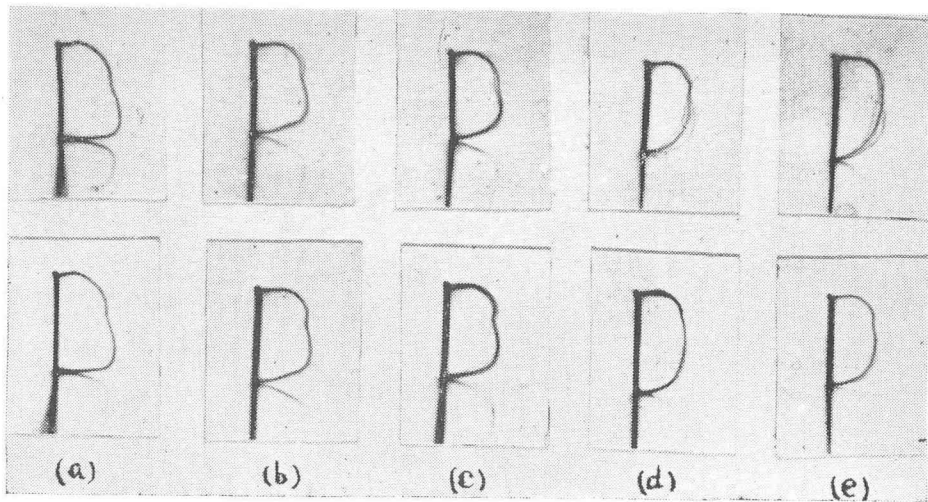
平板上 4 mm 立方の障害物の前後に於る速度分布
 (a), (b), (c), (d) : 後方 7 mm に於ける種々な瞬間の速度分布
 (e) : 前方 8 mm に於ける速度分布 (略定常)
 風速 4 m 電極間隔 9 mm



寫 眞 4 の 1 (仰角 0°)



寫眞 4 の 2 (仰角 6°)



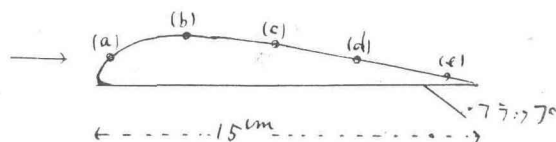
寫眞 4 の 3 (仰角 10°)

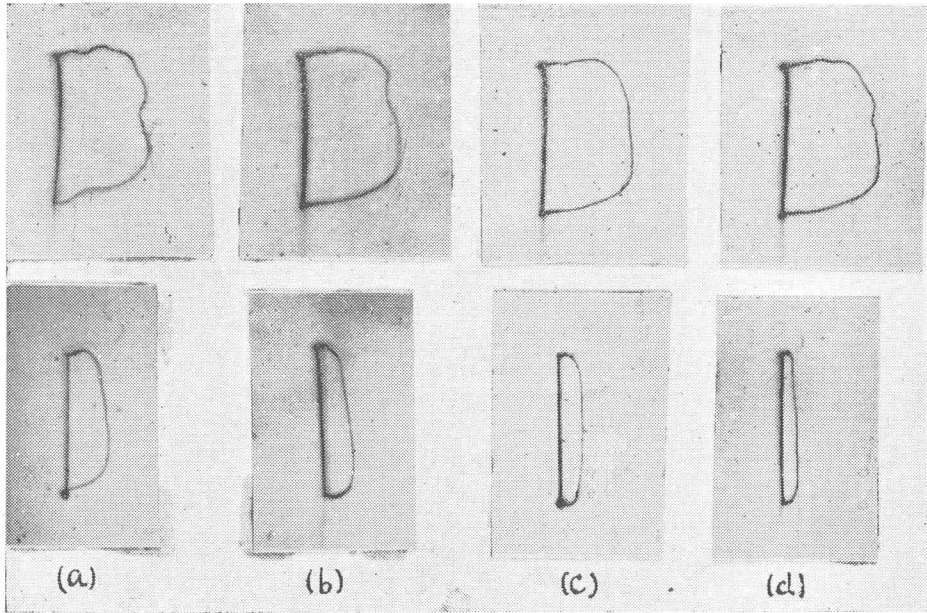
翼弦長 15 cm の Clark-Y 翼型上面上の前縁より (a): 1 cm, (b): 4 cm, (c): 7 cm, (d): 10 cm, (e): 13 cm の位置に於ける境界層内速度分布

上段はフラップ無き場合, 下段は附した場合

各寫眞は 10 回づゝ重ねて寫せるもの

風速 9.5 m 電極間隔 約 12 mm





寫 眞 5

寫眞 4 と同じ翼型の前縁より 9 cm, 翼端より (a): 0.5 cm, (b): 1.5 cm, (c): 3 cm, (d): 5 cm の位置に於ける翼上面の速度分布

上段: 眞横より撮せる主流方向の速度分布

下段: 眞後より撮せる主流に直角な翼中央に向ふ方向の速度分布

