

講

演

第20巻 第6號 昭和9年6月

高速度活動寫眞に就て

(昭和9年4月25日土木學會第63回講演會に於て)

工學博士 栖原豊太郎*

On the Ultra Speed Kinematograph

By Toyotaro Suhara, Dr. Eng.

久保田會長の挨拶 一言御紹介旁々御挨拶を申し上げます。

本會に於きましては、従前は専門外の講演は餘りございませぬので、餘り承る機會もなかつたのであります。併し土木の技術者として知つて居らなければならないことも多々あるのでありますから、今後は時々外部の方にお願ひして、専門外の講演を拜聽することにしたと思ひます。

今日幸ひ東京帝國大學教授の栖原博士にお願ひして、高速度活動寫眞に就て御講演を願ひ、尙ほ東京天文臺長の早乙女博士にお願ひして、日食觀測の話を受けることに致しました。

今日栖原博士は非常に御多忙の所をお繰合せの上お出で願ひ願ひして御講演を願ふのでありまして、講演をなさると直ちにお歸りになる様な御都合であります。甚だ失禮であります。講演後に申上げる會員一同からの御禮も併せて茲に申上げて置きます。(拍手)

内 容 梗 概

本文は物體が高速度で運動する場合その變化の状態を觀測する爲に著者によつて發明せられた高速度活動寫眞の概要を述べたものである。

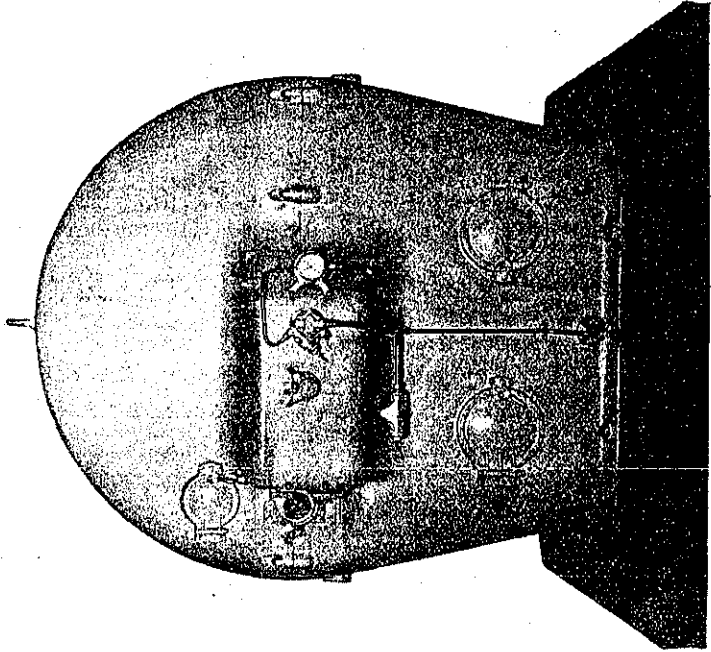
高速度活動寫眞のお話を、皆様之餘興のやうな積りで申上りますから左様御承知を願ひます。

色々な速い運動を肉眼で觀測するとか、或はそれを數量的に讀まうとするには非常な努力を要するので、扱ひ難いのは御承知の通りであります。それを高速度活動寫眞を利用して、速く撮つて遅く映すことに致しますと、その運動を明かにすることが出来る。これは常識で判つて居ることです。一體速いと申しますのは、どんな所が速いか、これは別に界がありませぬが、1, 2の例を申し上げます。下の方から申しますと、人の走る速さであります。この競走のレコードでは、1秒10m程度であります。これはよほど早いと云はなければなりません。然し人間の身體にはモット速い所があります。野球の投手が球を投げます時の速さ、つまり球が手から離れる瞬間の速さですが、大體に於て毎秒30mから40mであります。もう少し速くなりますと、暴風の速さで、1秒30mといふのが餘程速いので、もつと強いのが颶風の程度であります。それからもう少し速くなりますと、自動車とか飛行機の速さでありまして、現在の戦闘機が大約1秒100mでありまして、従來のレコードを取つて居る競争用飛行機の速さが1秒約190mであります。これは随分速い。

それよりもモット速いのが飛行機のプロペラですがその廻つて居る時の翼端の速さでありまして、現今使はれて居るのが先づ1秒250mから300m程度であります。レコード飛行の飛行機の場合はその翼端の速さが毎秒500mに近づいて居ります。又一寸下りまして空氣中の音の進んで行く速さであります。御承知の通り1秒

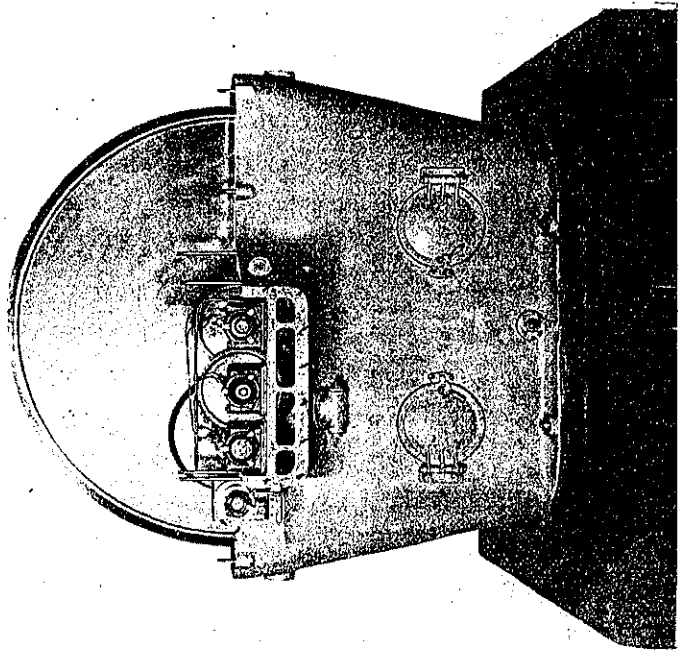
* 東京帝國大學教授

桐原式高速度寫真攝影機正面



第 1 圖

桐原式高速度寫真攝影機內部



330 m から 340 m であります。

それから更に進んで、もつと速いになりますと、銃弾の速さであります。普通の小銃弾の早さですが、先づ毎秒 750 m から 800 m です。これは大分速い。さういふやうにたゞ速いと申しました所で色々種類がありますが、先づ吾々が使つて居る物の中で最も速いのが銃弾であります。

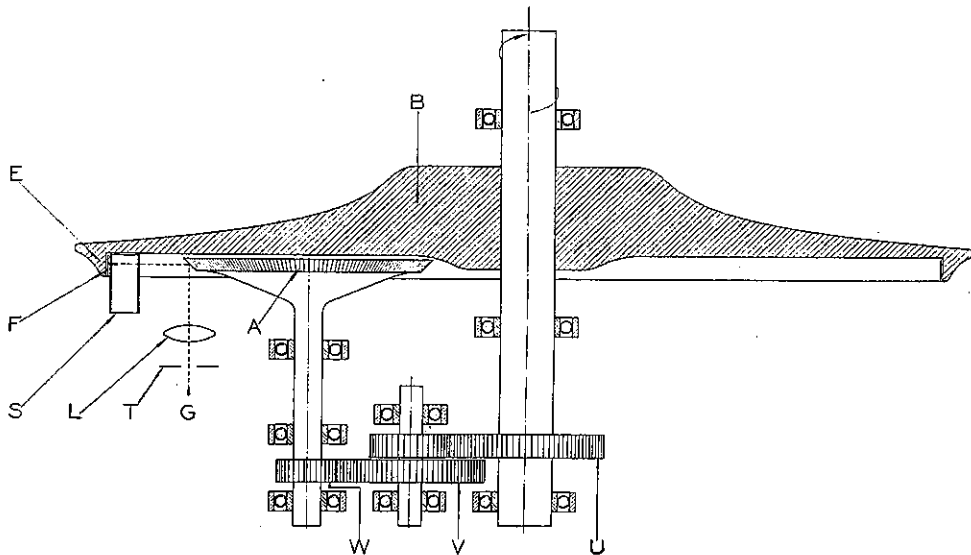
この様に肉眼に見えない程早いものゝ運動を見やうとするにはどうしてもこれは活動寫眞に撮りまして、時間的に引伸ばして見るより外仕方がない。そこでこの高速度活動寫眞を、その意味に利用して撮つて居るのであります。1 秒間に 50 000 回とか 60 000 回とかの割合で撮りこれを普通の映寫機で映すと、これは時間的に 3 000 倍か 4 000 倍に引伸ばされることになりますから、可成りその運動が肉眼でよく見えることになります。

それから撮影機の構造であります。これは圖面で御話を申し上げます。

第 1 圖は吾々の高速度寫眞撮影機で、その右方のは正面寫眞であります。中央部の左方に圓く見えますのはレンズで、下部の左右にある圓形の蓋はフィルムを出入れる所であります。第 1 圖の左方のは、撮影機の上半分の蓋を除いてその内部を表したもので、大なる圓形のは、次に説明しますフィルムを巻く圓盤 B で、左方の小圓形のは廻轉鏡 A であります。

第 2 圖は撮影機の機能部分を示す略圖であります。正多角錐體の廻轉鏡 A、盆形の圓盤 B、レンズ L の 3 つは主なる部分であります。廻轉鏡 A は、齒輪装置 U、V、W で圓盤 B の廻轉と、一定の比に廻轉します。廻轉鏡 A は特殊の金屬で作られたもので、正多角錐體の各面を平面鏡に磨き上げた、180 個の反射面を持つて居るものであり

第 2 圖 構造略圖



ます。盆形の圓盤 B も特殊の金屬で作られたもので、縁 E の内周にフィルム F が巻かれる様になつて居ます。今物體 G から來た光線はレンズ L を通り廻轉鏡 A の一つの反射面に當つて 90 度方向を換へてフィルム F の上に物體の像を寫すのであります。斯様に一つの反射面に依つて、一つの像を寫すのでありますから、廻轉鏡が一廻轉する間に、物體の像が連続的に 180 個撮影されるのであります。

この撮影の際廻轉鏡 A は廻轉して居りますから、フィルム F 上の物體の像は、この紙面に直角の方向に移動し

て居るのでありますが、この移動の速度と、圓盤 B に巻かれてあるフィルム F の速度とは、同じ速度になる様に設計されてありますから、關係的には像はフィルムに對して固定して居ることになつて、フィルムと像とのズリがなく正しく撮影されるのであります。

圖中 S は 2 重のスリットであつてこれを調整することに依つて、露出の時間を制限するのであります。この撮影機では露出の時間を 25 萬分の一秒位にしてあります。レンズの前にあるシャッター T は 2 重の寫しにならぬ様、圓盤 B が 1 廻轉の間だけ露出を與へるものであります。

本撮影機の撮影の速さは最高毎秒 6 萬駒の割合で、圓盤 B に巻かれてありますフィルムの長さは 4 m 餘で、これに撮影される駒数は約 1000 駒であります。

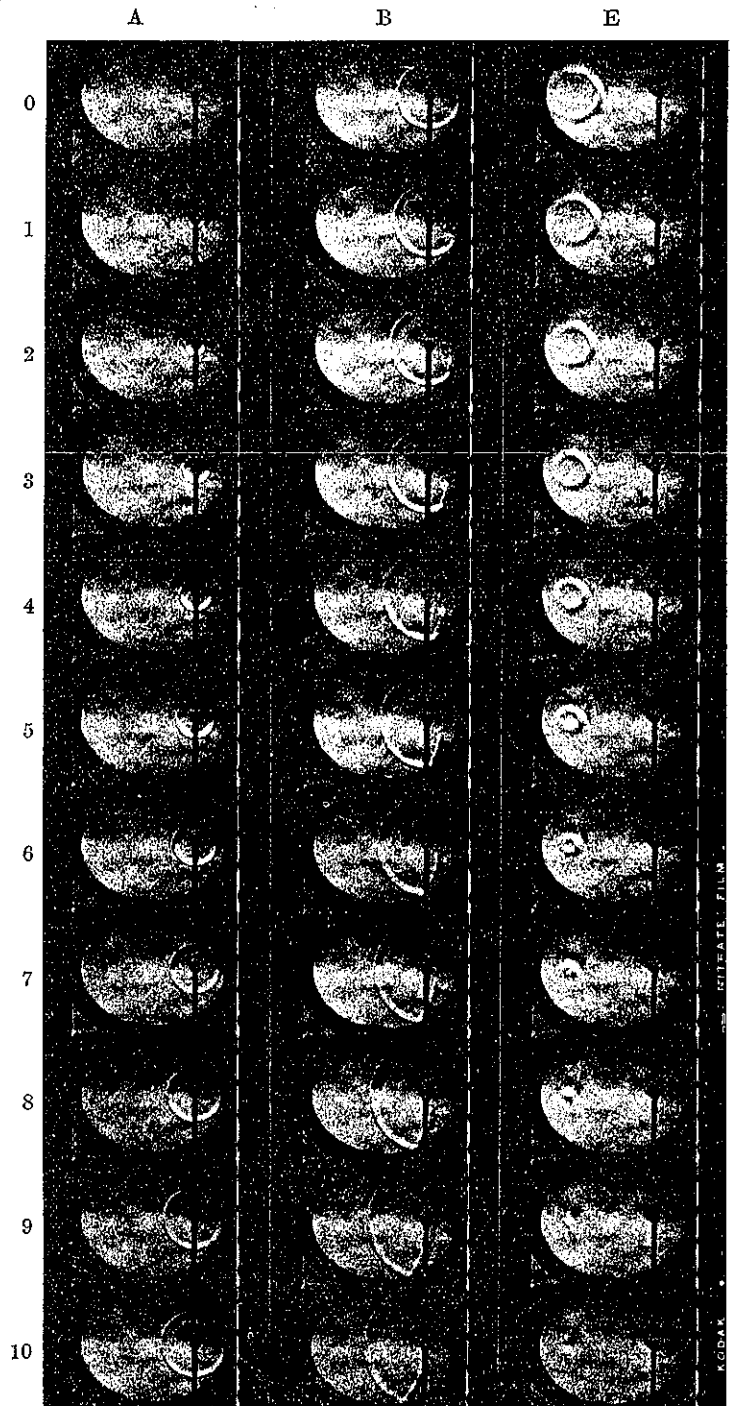
次に活動寫眞を撮影して説明致します。

1. 音波の運動

この映畫は兩端開放した種々の筒内に電極を置き、火花放電に依つて出來ました音波が、その音源の位置及び筒断面の形狀等に依つて如何なる運動するかを撮影したものであります。この映畫に依りましてこれ等の運動は皆吾々が反射の法則に基いて思惟せられる様な運動状態を事實として經驗することが出来るのであります。

(1) 圓筒内に於ける音波 圓筒の内徑 26.5 cm, 長さ 17 cm, 音源は圓筒内の軸の中央に置いた場合であり

第 3 圖



し圓筒内面で反射して又音源に集中して圓筒内を放射状に往復運動する状況であります。この撮影の速さは毎秒 53 000 回でありますから、約 3 300 倍遅く映寫され居る譯であります。

(2) (1) と同様であります。この場合の撮影の速さは毎秒 60 000 回でありますから 3 750 倍遅く映寫されてあります。

(3) これも前と同様の装置であります。音源が中心と圓周との中點にある場合でありますから、前の場合の運動状態と餘程變つて居ります。撮影の速さは毎秒 53 500 回でありますから、3 300 倍遅く映寫されてあります。

(4) 橢圓筒内に於ける音波 橢圓の長徑 34 cm, 短徑 27 cm, 長さ 17 cm, 音源は橢圓の中心に置いた場合であります。撮影の速さは毎秒 53 000 回でありますから、約 3 300 倍遅く映寫されて居ります。

(5) 前と同様の装置であります。音源を橢圓の焦點に置いた場合であります。第 3 圖はこのフィルム的一部分であります。A-0 から E-10 まで連続したのでありますが C-0 から D-10 まで 22 駒省略してあります。

A-0 で橢圓の右の焦點から、音波が発生して圓形状に進行し、橢圓筒の内壁で音波が反射し、又圓形状をなして橢圓の左の焦點に集中する運動状態であります。この音波の變位をフィルム上から測定して、時間との關係を曲線で表して見ますと全く直線的になつて居ります。又音波が発生した A-0 の状態から、音波が橢圓の左の焦點に到達した E-9 の状態までに要した時間は、この場合の撮影の速さは毎秒 53 500 回でありましたから、 1.01×10^{-3} 秒で、この間に音波が運動した變位は、橢圓の長徑 34 cm に相當しますから、音波の速度は毎秒 337 m になります。

(6) これも前と同様であります。音源が短徑上で、橢圓の中心と橢圓周との中點であります。撮影の速さは毎秒 60 000 駒の割合でありましたから、3 750 倍遅く映寫されて居ります。

以上御覽の通りこれ等の事柄は、甚だ簡單ではありますがこれを科學的研究の立場から、考察するならば、肉眼で直接高速運動状態を觀測する事が不可能でありますので吾々の不完全な感覺を補なつて、その觀測を可能ならしめる高速寫眞撮影機なるものは、顯微鏡や、望遠鏡等と同様な意味で科學的研究に入用な 1 つの機械であると思ひます。

2. 高速度プロペラと空氣の運動

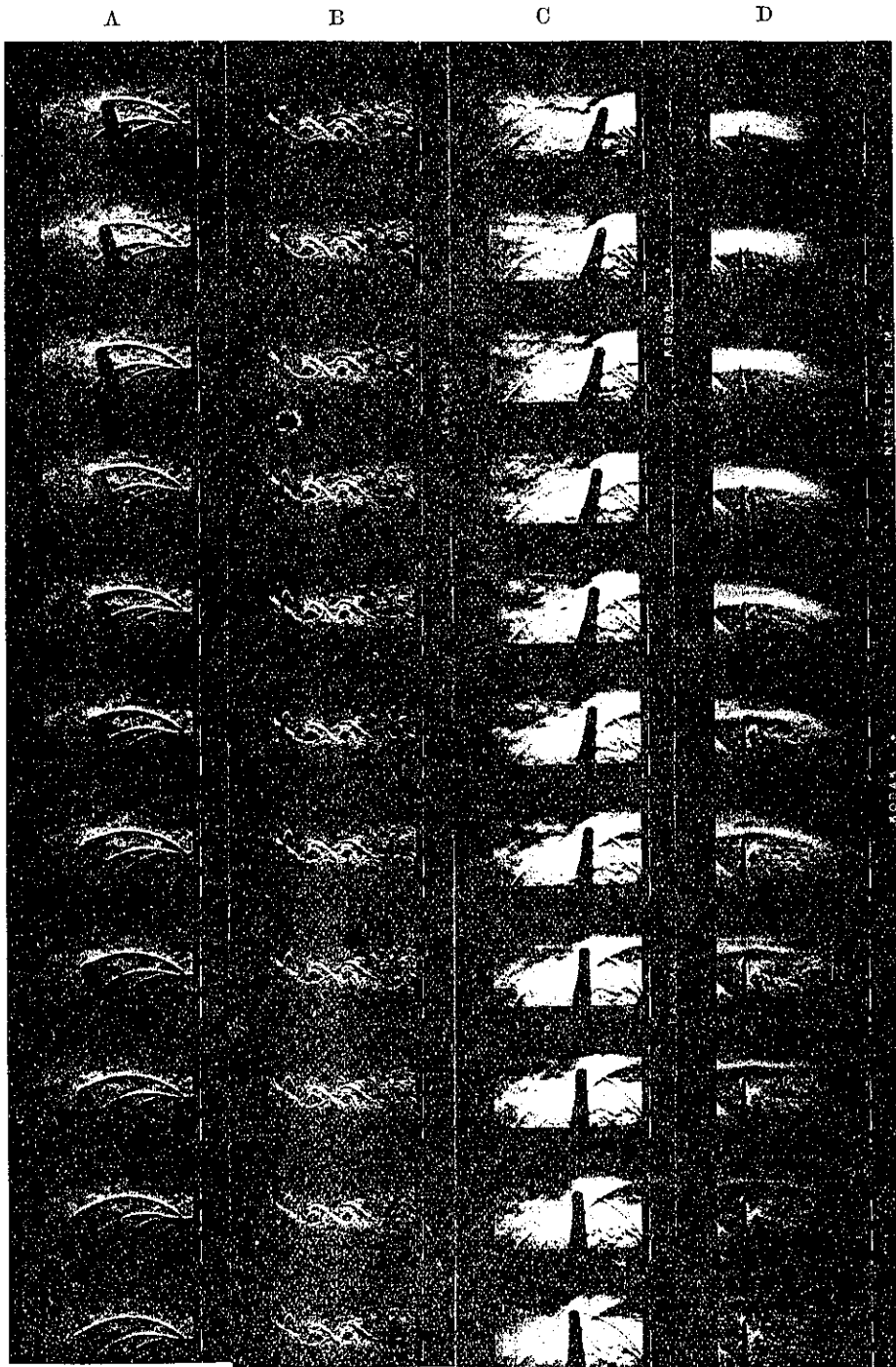
近年飛行機が著しく増加して來ましたため、従つてそのプロペラの翼端速度も甚だ大なるものが段々使はれる様になつて來ました。然るに一般にプロペラの翼端速度が或る程度以上に大きくなるとその效率が著しく減ずると云ふ既知の事實があります。斯様な事實は空氣流動と如何なる關係にあるかと云ふことはプロペラ研究の上に甚だ重要な事柄でありますので、吾々はこの空氣流動の觀測を可能ならしむるため高速度撮影機でその撮影を試みた次第であります。

この實驗に使用しましたプロペラはデュラルミン製 2 翼のもので直徑 40 cm でありました。固定臺上で運轉するためそのピッチは特に小さくしたのです。又廻轉の際は何れの方角からも特に風を送らなかつたのであります。従つてプロペラの周圍に於ける空氣の運動はプロペラ自身が引き起したものであります。

プロペラの翼端渦流の心線 第 4 圖 A はこの映畫の一部分でありまして、プロペラの速さは毎分 10 820 回轉、翼端の速度毎秒 228 m で、その廻轉方向は時計と反對方向であります。御覽の通り翼端から流れ出ます螺旋狀の細い線は翼端渦流の心線であります。この場合の撮影速度は毎秒 28 500 回でありますから約 1 800 倍遅く映寫されて居る譯です。

プロペラの翼端より生ずる螺旋狀渦流 前の場合の空氣流動を一層明かにするためプロペラを通過して熱空氣を

第 4 圖



吸込ませプロペラの廻轉面の眞横から撮影しましたのは第 4 圖の B であります。この廻轉速度は毎分 10640 回轉で、翼端の速度は毎秒 324 m で、撮影速度は毎秒 30150 回でありますから、實際の廻轉速度の約 1900 倍遅く映寫されて居ります。御覽の通り熱空氣はプロペラの風下で最初の心線のアーチを濳りまして第 2 の心線に美事に巻き付いて居ります。

高速プロペラと空氣の壓縮波 プロペラの翼端速度を更に増加しまして毎秒 440 m にしたのは第 4 圖 C であります。撮影の速さは毎秒 53100 回の割合でありますから約 3300 倍遅く映寫されて居ります。寫眞御覽の通り翼端渦流の心線は既に崩れかけて居ます。

別に翼端から空氣の壓縮波が瀾れて來ました。斯様に翼端速度が音波の速度以上になりますと翼端の渦流は破壊されて空氣の壓縮波が非常に勢力を得て來るのであります。第 4 圖の D はプロペラに熱空氣を吸込ませて眞横から撮影したものであります。矢張翼端渦流が減衰しまして第 4 圖の B の場合の様な渦運動が認められないのであります。

斯様にプロペラに於ては、その翼端速度が音波の速度以下にあります時は、翼端渦が成立するのであります。段々音波の速度に接近して來るにつれてその渦動が減衰して來ます。即ち空氣の渦運動は成立しない様になりますから、斯様な範圍に於ては渦動論が適用出來なくなるのであります。翼端速度が音波の速度になれば、別に翼端から空氣の壓縮波が出て來まして、翼端速度が音波の速度以上になるに従つて空氣の壓縮波は強烈になるのであります。

プロペラの翼端速度が或る程度以上に大きくなればその效率が著しく低下すると云ふ事實は以上の事柄から、全くこの空氣の壓縮波の影響であることがよく了解されることと思ひます。

大體高速度運動に關する時間的引伸し寫眞の實例を御覽に供しました。この寫眞は未だ完成して居りませぬ。頗る不出來のもので、普通の活動寫眞の如き鮮明さをもつて居りませぬ。また改良の餘地が大いにあります。甚だつまらぬ御話であります。是で私のお話を終ります。(拍手)