

# ブラウン管に於ける螢光図形の 写真撮影について

武 藤 寛\*

## Photographing of the Cathode-Ray Tube Screens

By Yutaka Mutō

Mobara Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Of the cathode-ray tube screens, B 1 screen produces green fluorescence and is used for general observation of phenomena. B 7 screen has long-persistence, by means of the cascade screen, having double layer of blue fluorescence and yellow phosphorescence. The B 7 screen is useful for the observation of low-speed recurrent phenomena or medium-speed, non-recurrent phenomena. B 11 screen emits blue fluorescence and is fitted for the photographic applications.

In this paper, the writer describes the photography of the cathode-ray tube screens, B 1, B 7 and B 11, using the single sweep equipment and long recording equipment of rotating-drum type.

Employing the method of single sweep, B11, B 7 and B 1 screens are proved to be suitable for photographing the phenomena up to about 50 kc at anode voltage of 2 kV. For rotating-drum type long recording system, the B 1 screen is not suitable owing to its persistence. In this case, the B 11 screen is recommended.

For photographic purposes of high-speed transient phenomena, the high-speed cathode-ray tubes having B 11 screen, operating at about 10 kV of anode voltage, are generally used. Tubes having B 7 screen also have almost equivalent maximum writing speed.

### 〔I〕 緒 言

ブラウン管の螢光面はその使用目的によつて選定される。即ち一般観測用としては  $Zn_2SiO_4-Mn$  緑色螢光面 (B1 螢光面) が用いられ、残像観測用としては  $ZnS-Ag$ ,  $ZnS-CdS-Cu$  青色螢光、黄色残光の二重積層螢光面 (B7 螢光面) が用いられ又写真撮影用としては  $ZnS-Ag$  青色螢光面 (B11 螢光面) が用いられる。

B1 螢光面を有するブラウン管は最も広く用いられるブラウン管で螢光面直径 50, 75, 120 mm のものがあり陽極電圧は 300~2,500V 程度で使用される。B7 或は B11 螢光面を有するブラウン管には、螢光面直径 75, 120 mm のものがあり陽極電圧は 1,000~10,000V 程度で使用される。

送電線の異状電圧、各種電気機器の衝撃試験等の如き高速度過渡現象の写真撮影には陽極電圧 10 kV 程度で動作し B11 青色螢光面を有する高速度ブラウン管が用いられる。又回転ドラム型ブラウン管長時間記録装置の如く、割合に低速度現象の写真撮影には B11 螢光面で陽極電圧 1.5~2.5 kV 程度のものが使用される。

以下 B1, B7 及び B11 螢光面について単掃引装置及び長時間記録装置による写真撮影について述べる。

### 〔II〕 螢光図形の写真撮影及び 最大記録速度に対する考察<sup>(1)(2)</sup>

螢光図形を写真撮影する場合には次の諸項が関係する。即ち

- (1) ビーム電力及び輝点直径
- (2) 螢光面の種類

\* 日立製作所茂原工場

第1表 P1, P7, P11 螢光面の特性

Table 1. Characteristics of P1, P7 and P11 Screens

螢光面	P1 (B1)	P7 (B7)	P11 (B11)
色調	緑	青	青
残光	—	黄	—
残光時間	中	大	小
スペクトル分布範囲	4,850~5,740 Å	4,140~6,210 Å	3,770~5,690 Å
最大エネルギーの波長	5,220 Å	4,500; 5,700 Å	4,400 Å
適当な感光材料	Orthochromatic	左に同じ	左に同じ
写真感度係数	0.3	—	1.0

- (3) 螢光面上の輝点速度
- (4) 露出時間
- (5) 倍率
- (6) レンズの明るさ
- (7) フィルムの感度
- (8) 現像液及び現像時間

又一般に繰返し現象を撮影する場合と単一過渡現象を撮影する場合とがあり前者の場合には露出時間、後者の場合には輝点速度がそれぞれ(1)及び(2)式で決定される

$$t = \frac{K(M+1)^2}{F^2 W} \dots\dots\dots(1)$$

- 但し  $t$ : 露出時間 (sec)
- $K$ : 露出常数 (実験的に求める)
- $F=d/f$ : レンズの鏡径比で直径と焦点距離との比
- $M$ : 倍率で撮影像と螢光像との比
- $W$ : ビーム電力密度 ( $W/cm^2$ )

$$v_s = \frac{CWF^2}{(M+1)^2} \dots\dots\dots(2)$$

- 但し  $v_s$ : 輝点速度 (km/sec)
- $C$ : 比例常数
- $W$ : ビーム電力 (W)

こゝでは主として単一掃引による撮影について述べるのでこの場合には(2)式が適用される。

高速度過渡現象の撮影に於ては撮影出来る螢光面上の輝点の最大速度即ち最大記録速度が、問題となりこれは(2)式より得られる次式によつて求めることが出来る。

$$v_{max} = a \frac{F^2}{(M+1)^2} \frac{VI}{D} \eta \beta$$

$$= k \frac{F^2}{(M+1)^2} \frac{VI}{D} \dots\dots\dots(3)$$

- 但し  $v_{max}$ : 最大記録速度 (km/sec)
- $V, I$ : それぞれ電子ビームの電圧及び電流 (V, A)
- $D$ : 輝点直径 (mm)
- $a$ : レンズの吸収係数
- $\eta$ : 螢光面の効率

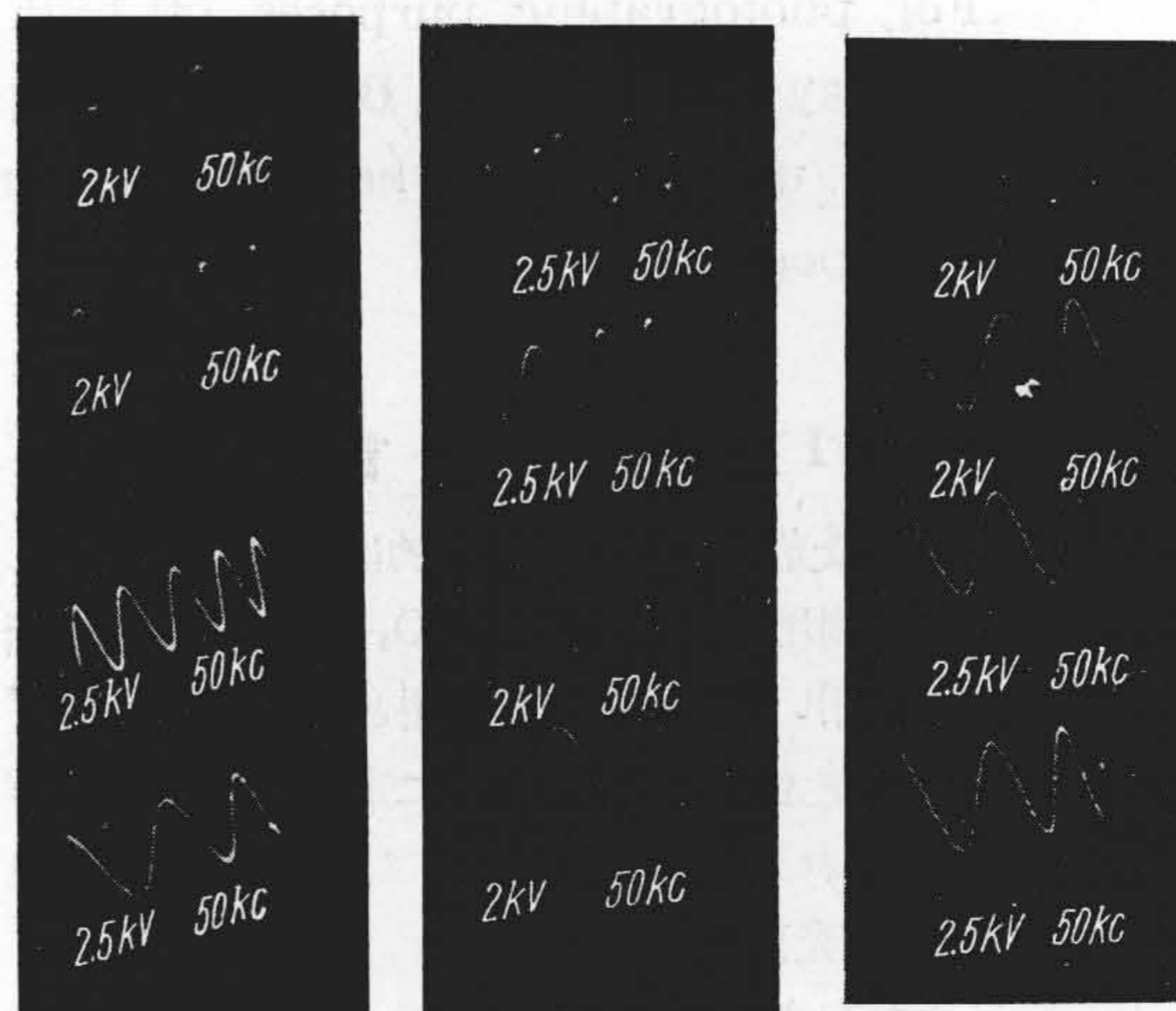
$\beta$ : 螢光面のスペクトル分布及び乳剤のスペクトル感度によつて決まる常数で、最小濃度 0.1 を与えるエネルギーによつて決定される。

$$k: a\eta\beta$$

又 B1, B7, B11 螢光面はそれぞれ米国の P1, P7, P11 螢光面に相当するものである。これら螢光面の二三の特性を第1表に示す。

〔III〕 低速度ブラウン管に於ける撮影

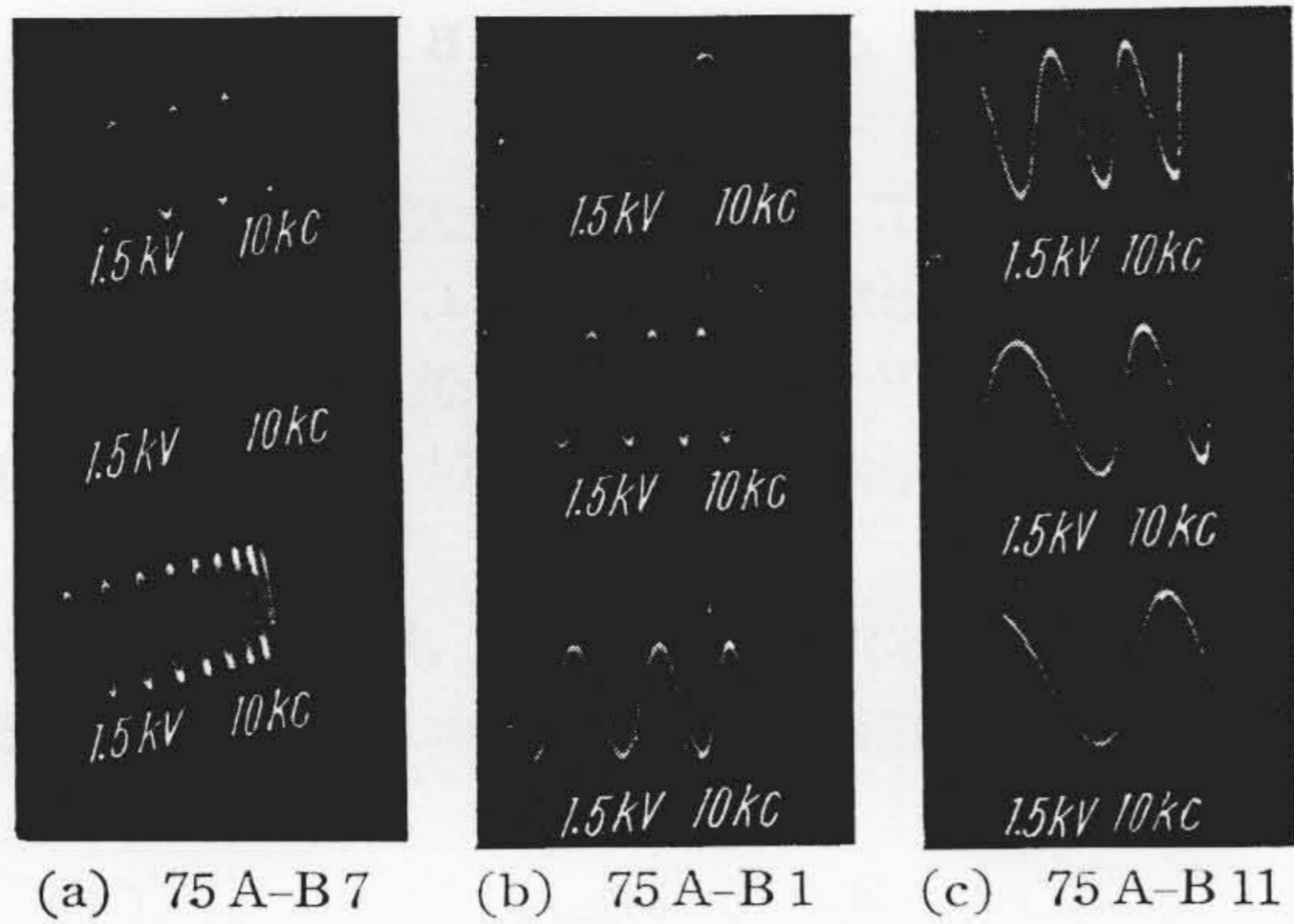
螢光面直径 75 mm の低速度ブラウン管 75 A-B1, B7 及び B11 について加速電圧をそれぞれ 1.5, 2, 2.5 kV と変化し、現象軸にそれぞれ 50 kc 及び 10 kc の正弦波を加えて単一掃引して撮影した螢光図形を第1, 2図に示す。使用したフィルムはX線間接撮影用 35mm フィルム、レンズは  $F:1.5, f=5\text{cm}$  である。



(a) 75 A-B11 (b) 75 A-B1 (c) 75 A-B7

第1図 75 A-B1, B7, B11 によるオッシログラム (単掃引)  
現象軸: 50 kc      フィルム: X線間接撮影用 F:1.5 第二陽極電圧: 1.5, 2, 2.5kV  
格子電圧: 調整

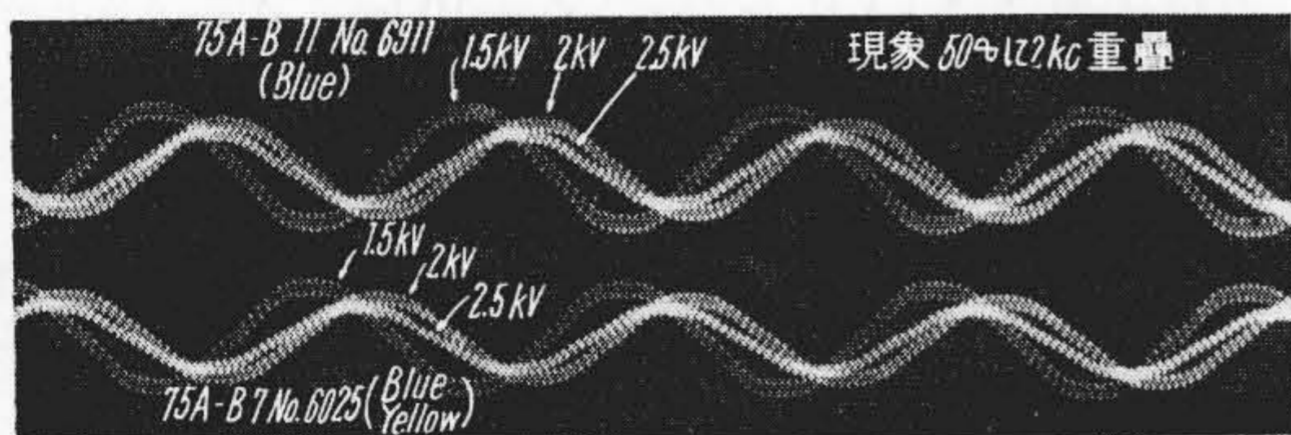
Fig. 1. Oscillograms by 75 A-B1, B7 and B11 (Single Sweep)



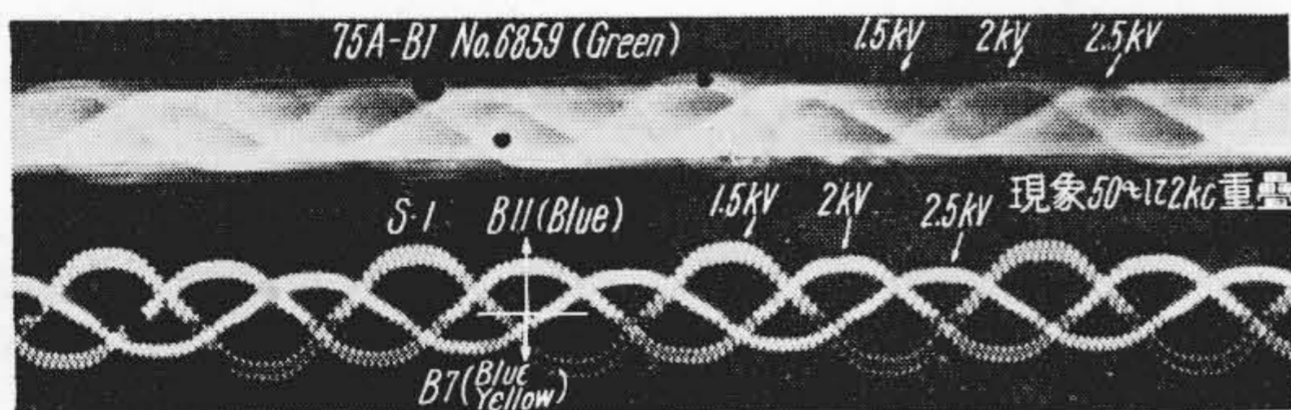
第2図 75A-B1, B7, B11によるオッシログラム (単掃引)

現象軸: 10 kc フィルム: X線間接撮影用  
F: 1.5 第二陽極電圧: 1.5, 2, 2.5 kV  
格子電圧: 調整

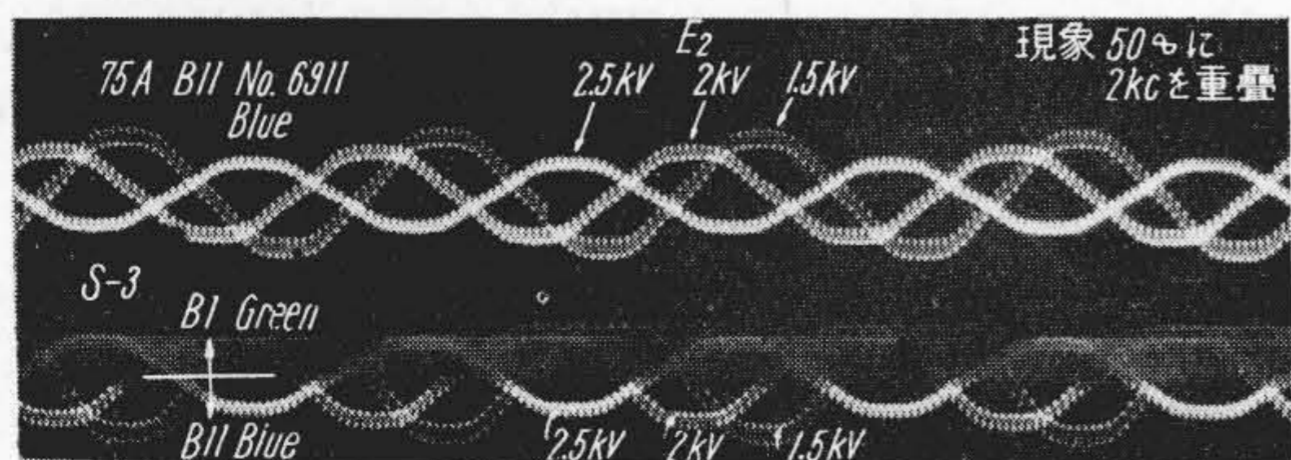
Fig. 2. Oscillograms by 75A-B1, B7 and B11 (Single Sweep)



(a) (1) 75A-B11  
(2) 75A-B7



(b) (1) 75A-B1  
(2) 75A-(B7, B11) { 上側 B11  
下側 B7



(c) (1) 75A-B11  
(2) 75A-(B1, B11) { 上側 B1  
下側 B11

第3図 回転ドラム型長時間記録装置によるオッシログラム

フィルム: X線間接撮影用 F: 1.5  
50~に2kcを重畳  
第二陽極電圧: 1.5, 2, 2.5 kV

Fig. 3. Oscillograms by Rotating-Drum Type Long Recording Equipment

第2表 75A-B1, B7, B11の特性

Table 2. Characteristics of 75A-B1, B7 and B11

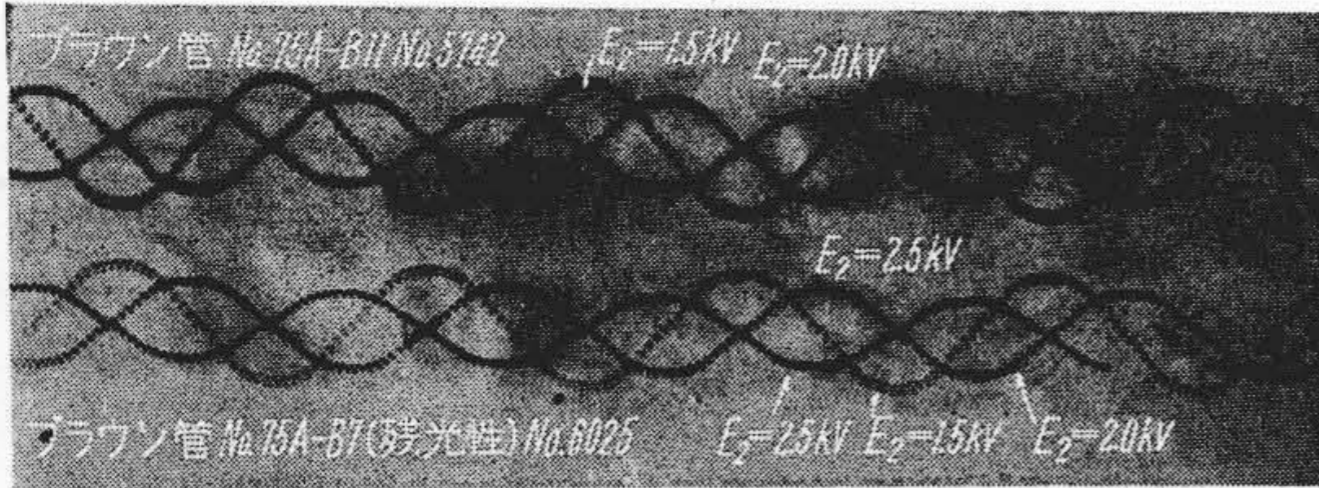
名称	第二陽極電圧 (kV)	$E_g=0$			遮断電圧 (V)
		第二陽極電流 ( $\mu A$ )	第一陽極電流 ( $\mu A$ )	螢光輝度 (Lx) (ラスター) ( $2 \times 2 \text{cm}^2$ )	
75A-B1	1.0	35	230	40	-27
	1.5	65	405	130	-40
	1.8	90	515	212	-48
	2.0	130			
75A-B7	1.0	25	195	33	-21
	1.5	45	325	102	-30
	1.8	65	400	150	-36
	2.0	80			
75A-B11	1.0	35	180	46	-20
	1.5	75	320	146	-31
	1.8	95	405	230	-37
	2.0	120			

第3表 75A-(B7, B11), 75A-(B1, B11)の特性

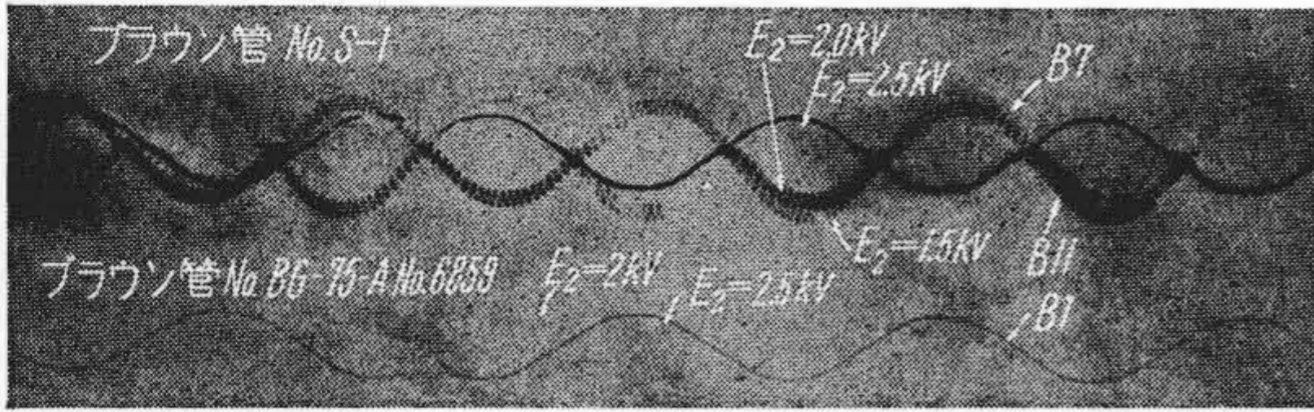
Table 3. Characteristics of 75A-(B7, B11) and 75A-(B1, B11)

名称	第二陽極電圧 (kV)	$E_g=0$			遮断電圧 (V)
		第二陽極電流 ( $\mu A$ )	第一陽極電流 ( $\mu A$ )	螢光輝度 (Lx) (ラスター) ( $2 \times 2 \text{cm}^2$ )	
75A-(B7, B11)	1.0	180	320	85	-33
	1.5	380	560	>200	-51
	1.8	520	850	>200	-66
75A-(B1, B11)	1.0	60	300	25	-28
	1.5	120	510	94	-41
	1.8	160	630	162	-49

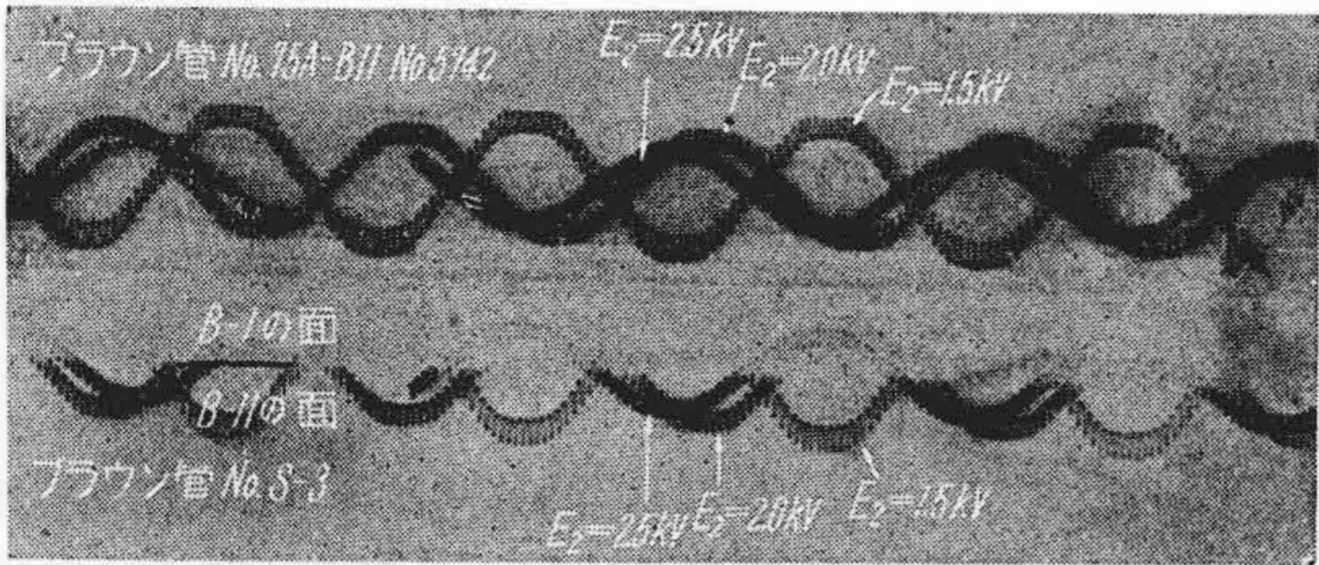
又回転ドラム型長時間記録装置により同様加速電圧を1.5, 2, 2.5 kVと変化し、2kcを50~上に重畳した波形を撮影したオッシログラムを第3, 4図に示す。第3, 4図の撮影は上記75A-B1, B7, B11三種類の外に電子銃及びビーム電流の差異を除き螢光面のみの比較撮影結果を出すために螢光面の半分宛をそれぞれ(B7, B11)及び(B1, B11)に塗布した試作管(それぞれ75A-(B7, B11)及び75A-(B1, B11)と略記する)について行つたものである。これらの管の電氣的特性を第2, 3表に示す。尚第3図はX線間接撮影用60mmフィルムに撮影したものであり第4図はプロマイド紙に撮影したものである。レンズはF:1.5である。フィルム及びプロマイド紙の現像液はそれぞれ指定液を用いた。



(a) (1) 75 A-B 11  
(2) 75 A-B 7



(b) (1) 75 A-(B7, B11) { 上側 B 7  
下側 B 11  
(2) 75 A-B 1



(c) (1) 75 A-B 11  
(2) 75 A-(B 1, B 11) { 上側 B 1  
下側 B 11

第4図 回転ドラム型長時間記録装置によるオッシログラム  
プロマイド紙 F: 1.5 50~ に 2 kc を重畳  
第二陽極電圧: 1.5, 2, 2.5 kV

Fig. 4. Oscillograms by Rotating-Drum Type Long Recording Equipment

これらの撮影結果によると単掃引により75A-B1, B7, B11は何れも陽極電圧2kVに於て50kcの現象は撮影されている。又長時間記録装置により撮影した結果によるとB1螢光面図形をX線間接撮影用フィルムに撮影したオッシログラムは像が不鮮明である。これはB1螢光面の珪酸亜鉛螢光体の残光輝度の初期減衰がB7, B11螢光面の硫化亜鉛螢光体に比し緩慢なるためである。又

写真感度はB11が最もよくB7, B1の順序であることが判る。

次に75A-B1, B7, B11の最大記録速度を算出する。即ち第1図の写真より75A-B1, B7, B11共に陽極電圧2kVに於て50kcの正弦波を写真像の振巾3.5mmにして単掃引した場合の輝点速度を最大記録速度とする。

今周波数  $f$ , 写真像に於ける振巾  $A$  (mm), 一週期の長さ  $\lambda$  (mm) の正弦波の場合写真像に於ける輝点最大速度  $v$  は

$$v = f\sqrt{4\pi^2 A^2 + \lambda^2} \approx 2\pi f A \dots\dots\dots(4)$$

によつて求められる。

(4)式を用いて上の場合螢光面上に於ける輝点最大速度即ち最大記録速度を算出する。即ち陽極電圧2kVに於て、 $f=50$  kc,  $A=3.5$  mm, 倍率  $M=1/3$  であるから螢光面上に於ける最大記録速度  $v_{max}$  は

$$v_{max} = 3.3 \text{ km/sec}$$

となる。

又陽極電圧1.5kVに於て  $f=10$  kc,  $A=4.5$  mm,  $M=1/3$  の場合は十分に撮影されている。この場合の螢光面上に於ける輝点最大速度は0.9 km/sec である。

上の計算値及び撮影条件を(3)式に代入して  $k$  を求めこの場合の最大記録速度の計算式として

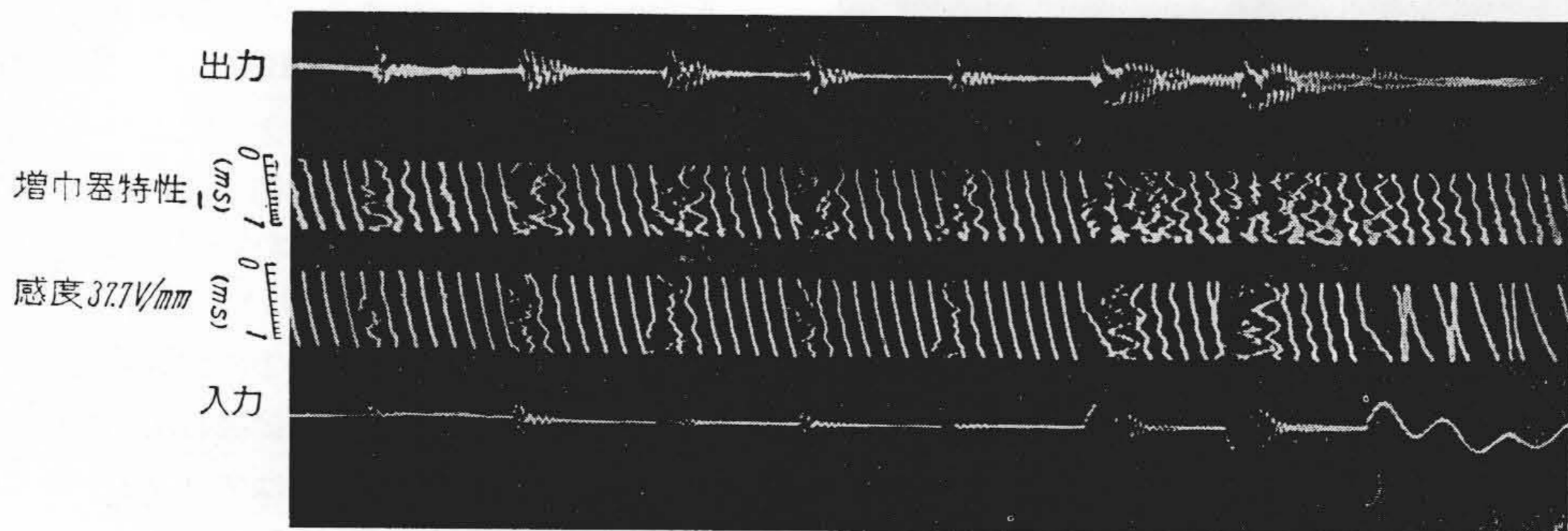
$$v_{max} = 96 \frac{F^2}{(M+1)^2} \frac{VI}{D}$$

が得られる。

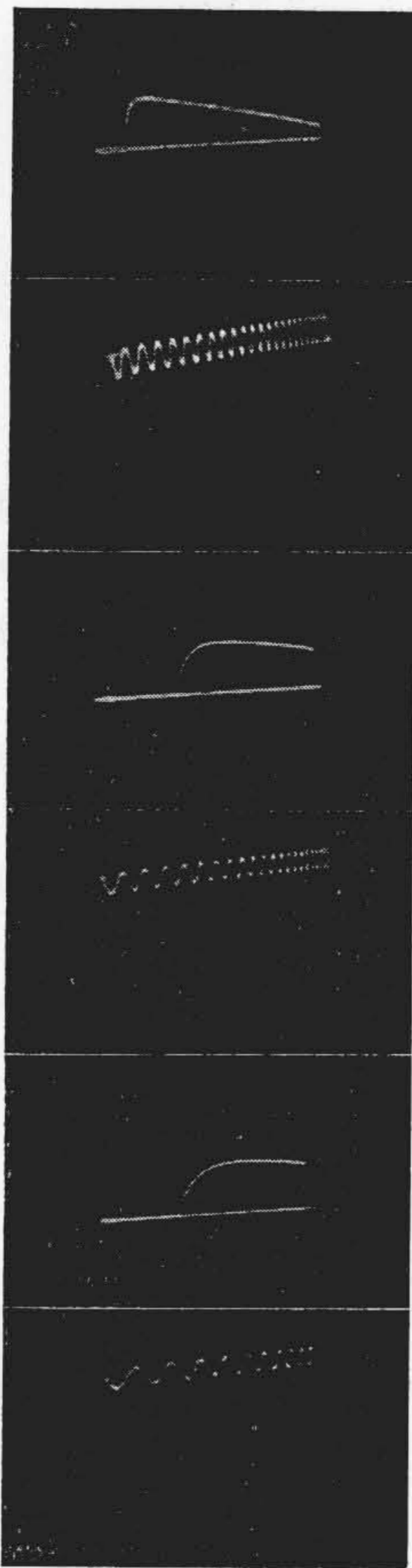
尚第5図は75A-B11を実地に使用したオッシログラムの一例である。

〔IV〕 高速度ブラウン管に於ける撮影

高速度過渡現象の撮影に普通用いられるブラウン管は螢光面直径75mmの75D-B11と120mmの120D-B11であり、何れもB11青色螢光面のもので陽極電圧約10kVで使用される。75D-B11により衝撃波を撮影したオッシログラムの一例を第6図に示す。



第5図 75 A-B 11 によるオッシログラム (長時間記録)  
Fig. 5. Oscillograms by 75 A-B 11 (Long Recording)



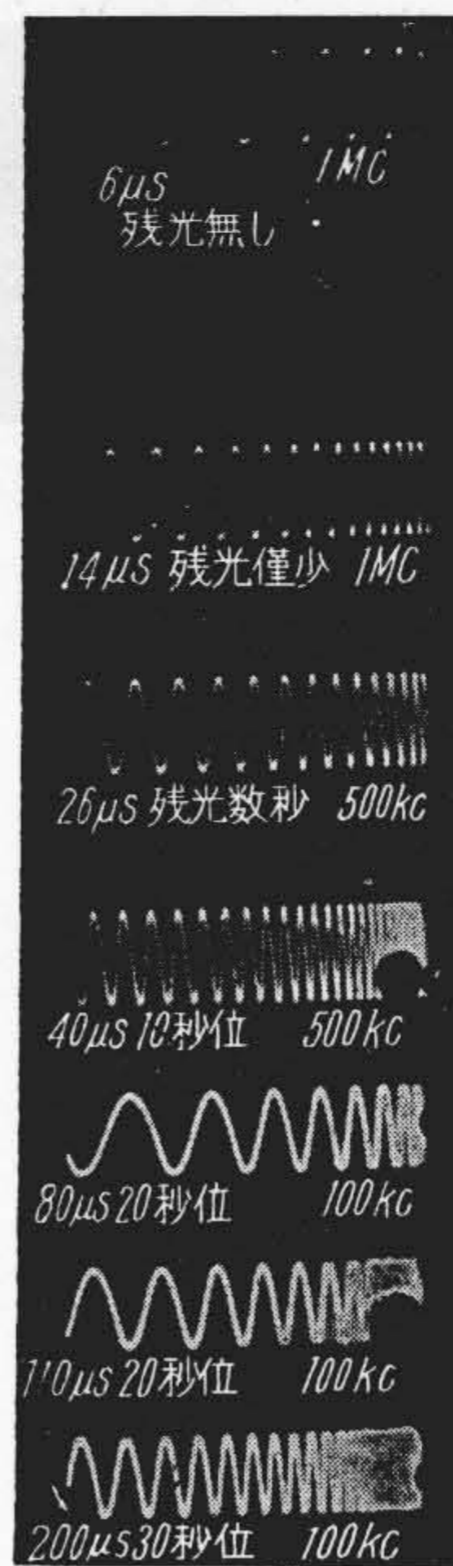
第6図 75 D-B 11 によるオシログラム  
(時間波  $10^6 \sim$ )

Fig. 6. Oscillograms by 75 D-B 11  
(Calibration Frequency  $10^6 \sim$ )

第4表 120 D-B 7 の最大記録速度及び残光の程度  
Table 4. Maximum Writing Speed and Persistence of 120 D-B 7

現象軸周波数 (kc)	掃引時間 ( $\mu\text{sec}$ )	最大記録速度 (km/sec)	残光の程度 (sec)
1,000	6	94	無
1,000	14	94	僅少
500	26		数秒
500	40		約 10
100	80		約 20
100	110		約 20
100	200		約 30

第二陽極電圧 10 kV, 第二格子電圧 200 V,  
第一格子電圧 調整



第7図

120 D-B 7 によるオシログラム  
(単掃引)

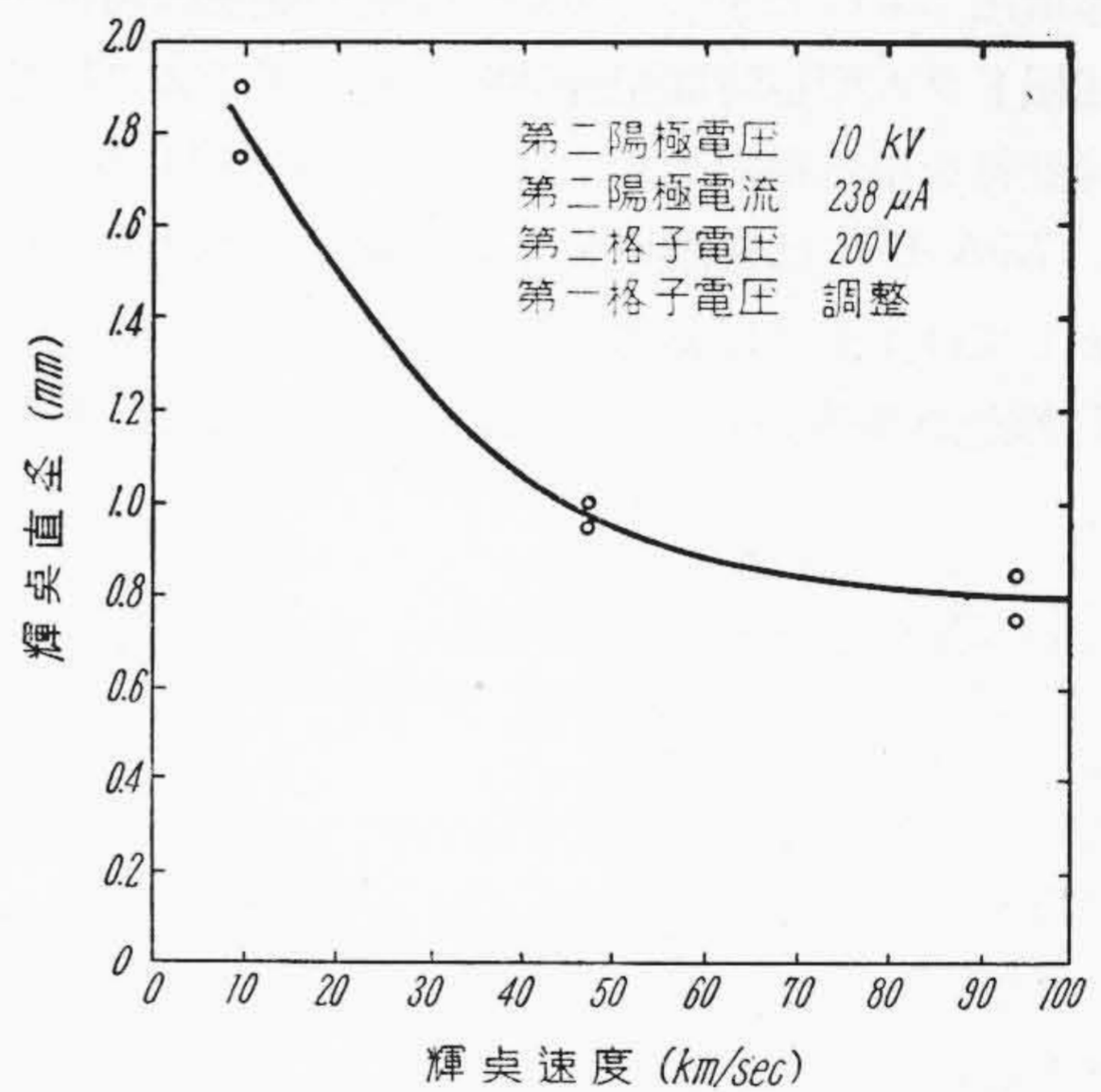
第二陽極電圧 10 kV  
第二格子電圧 200 V  
第一格子電圧 調整  
倍率 1/5

フィルム X線間接撮影用  
F : 1.5

現象軸 1,000, 500, 100 kc

Fig. 7.

Oscillograms by 120 D-B 7  
(Single Sweep)



第8図 120 D-B 7 の輝点速度と輝点直径との関係

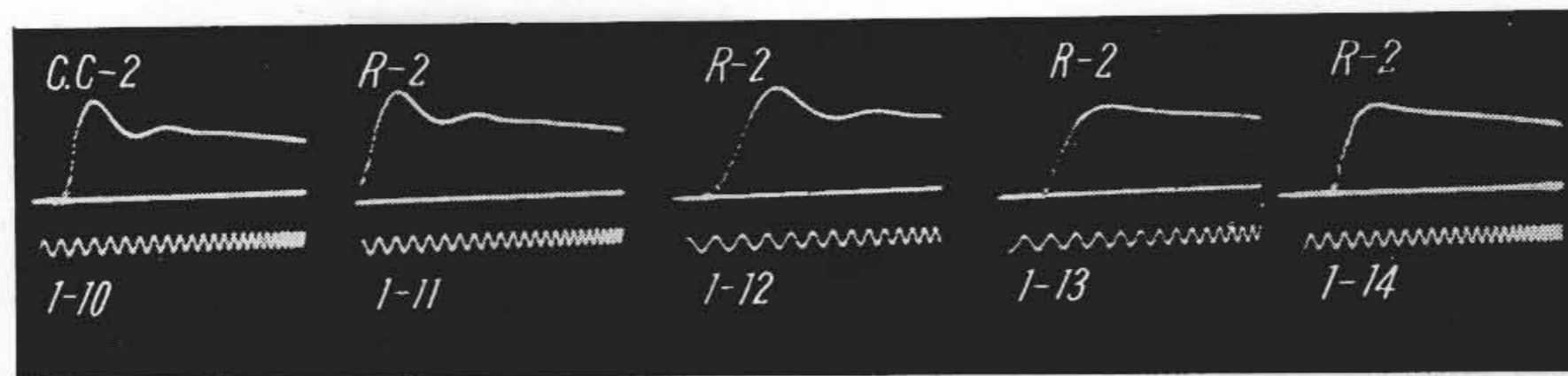
Fig. 8. Relation between Scanning Speed and Spot Diameter of 120 D-B 7

高速度ブラウン管で B 7 残光性螢光面を有するものには 75 D-B 7 と 120 D-B 7 とがある。第7図は 120 D-B 7 の螢光像を単掃引によつて X線間接撮影用 35 mm フィルムに撮影したものであり第4表に最大記録速度及び残光の程度を示す。第4表に於ける最大記録速度は(4)式より算出した値であり、残光の程度は各場合に於て単掃引を完了せる直後の残像を肉眼によつて判定した結果である。

又輝点速度と輝点直径との関係は第8図の如くであり(3)式より求めた最大記録速度の計算式として

$$v_{\max} = 103 \frac{F^2}{(M+1)^2} \frac{VI}{D}$$

が得られる。



第9図 120 D-B 7 によるオッシログラム (時間波  $10^6 \sim$ )

Fig. 9. Oscillograms by 120 D-B 7 (Calibration Frequency  $10^6 \sim$ )

尙第9図は 120 D-B 7 によつて衝撃波を撮影したオッシログラムである。

### 〔V〕 結 言

75 A-B 1, B 7, B 11, 75 A-(B 1, B 11), 75 A-(B 7, B 11) 及び 75 D-B 11, 120 D-B 7 につき単掃引装置及び回転ドラム型ブラウン管長時間記録装置による写真撮影について述べた。

写真感度は 75 A-B 11, B 7, B 1 の順序であり、何れも陽極電圧 2 kV に於て 50 kc 程度の撮影は可能である。回転ドラム型長時間記録装置に於てドラムの回転だけで時間軸を得る掃引方式に於ては 75 A-B 11 が適当である。75 A-B 1 は珪酸塩蛍光体の残光のため長時間記録用としては不適當である。

B 7 残光性蛍光面を有する高速度ブラウン管 120 D-

B 7 は B 11 螢光面を有する 75 D-B 11 或は 120 D-B 11 と同程度の最大記録速度を有し且つ 500 kc 程度の波形は単掃引後その残像を肉眼によつて観測出来るから写真撮影と残像観測の両目的に使用出来る。

以上ブラウン管螢光図形の写真撮影に関する二三の問題について述べた。

擧筆するに當り、写真撮影は電気試験所電力部第二電力課法貴課長、木谷技官の御好意によるものであり種々御指導と御教示を頂いたことに対し御礼申上げる。日立製作所茂原工場久保副工場長、宮城部長、橋本課長よりは絶えざる御鞭撻を頂いた。又荒井係長よりは直接の御指導を頂いた。茲に厚く御礼申上げる。

### 参 考 文 献

- (1) Spangenberg: Vacuum Tubes, 1948
- (2) J. F. H. Custers: Philips Technical Review, May, 1937

