

カラー受像管用一体化電子銃の開発

Development of Unitized Delta Configuration of Electron Gun for Color Picture Tube

A new color picture tube, which has an in-line configuration electron gun with its equipotential electron gun parts unitized, was recently developed in the U.S. and has already been introduced for production in Japan. The unitized electron gun is intended mainly to improve the gun assembly precision.

In order to increase the main lens diameter without changing the distance between its tube axis and lens axis, the authors applied this unitizing method to the 110° deflection color picture tube of delta electron gun configuration. The electron gun parts of the third and fourth grids are unitized by providing diaphragms with three holes.

This electron gun provides self-static-convergence to the parallel electron beams by means of the shifted electrode centers of the main lens. Astigmatism caused by insufficient depth of the main lens apertures is eliminated by increasing the barrel length of the focusing electrodes.

泉田侑廣* Yukihiro Izumida

宮田嘉彦* Yoshihiko Miyata

1 緒言

シャドウマスク形カラー受像管では、赤・緑・青に相当する三電子ビームを必要とする。このため、従来は3個の電子銃をデルタ配列（正三角形形状配列）に並べたり、インライン配列（一列配列）に並べたりしている。3個の電子銃のうち、同電位で使用される電極を一体に構成しようとする考えがあり、最近アメリカにおいてインライン配列のもので、このようなものが開発されている。

我々はこの考えをデルタ配列の電子銃に採用することにした。三電子ビーム相互の精度向上だけでなく、三電子ビームの距離を従来電子銃と変えることなく、主レンズ口径を大きくしてフォーカス特性の改良を目指した。三電子ビーム相互の距離を変えなかったのは、ダイナミックコンバーゼンスの特性を従来電子銃と同じにするためである。

一体化電子銃としては、 G_1 （第1グリッドを表わすもので以下、添数字はグリッドの番号）、 G_2 、……などカソード以外の全部を各一体構成にすることも考えられる。しかし、従来電子銃のテレビセットでの使用方を考慮して、今回は G_3 、 G_4 をそれぞれ一体化することにした。

一般に一体に構成すると、個々の電子ビームに対する、電極の回転対称性が悪くなる。しかし、この電子銃の主目的であるフォーカスの改良のためには、電極の回転対称を損なわないようにしなければならない。我々は特にこの回転対称性の保持について検討した。以下、主レンズの一体構成に伴う回転対称性不足からくる、フォーカス特性の変化及びその対策などについて述べる。

2 電子銃の構造及び動作

2.1 従来の電子銃

図1は従来の110度偏向管用Bi-potential focus (BPF) 電子銃の概略構造を示すものである。3電子銃は120度間隔で、 G_3 、 G_4 で構成する主レンズ中心部が管軸から $S=4.8\text{mm}$ 離れたデルタ配置となっており、けい光面中央で3本の電子ビームが交さるように約1度の傾斜をもって配置されている。

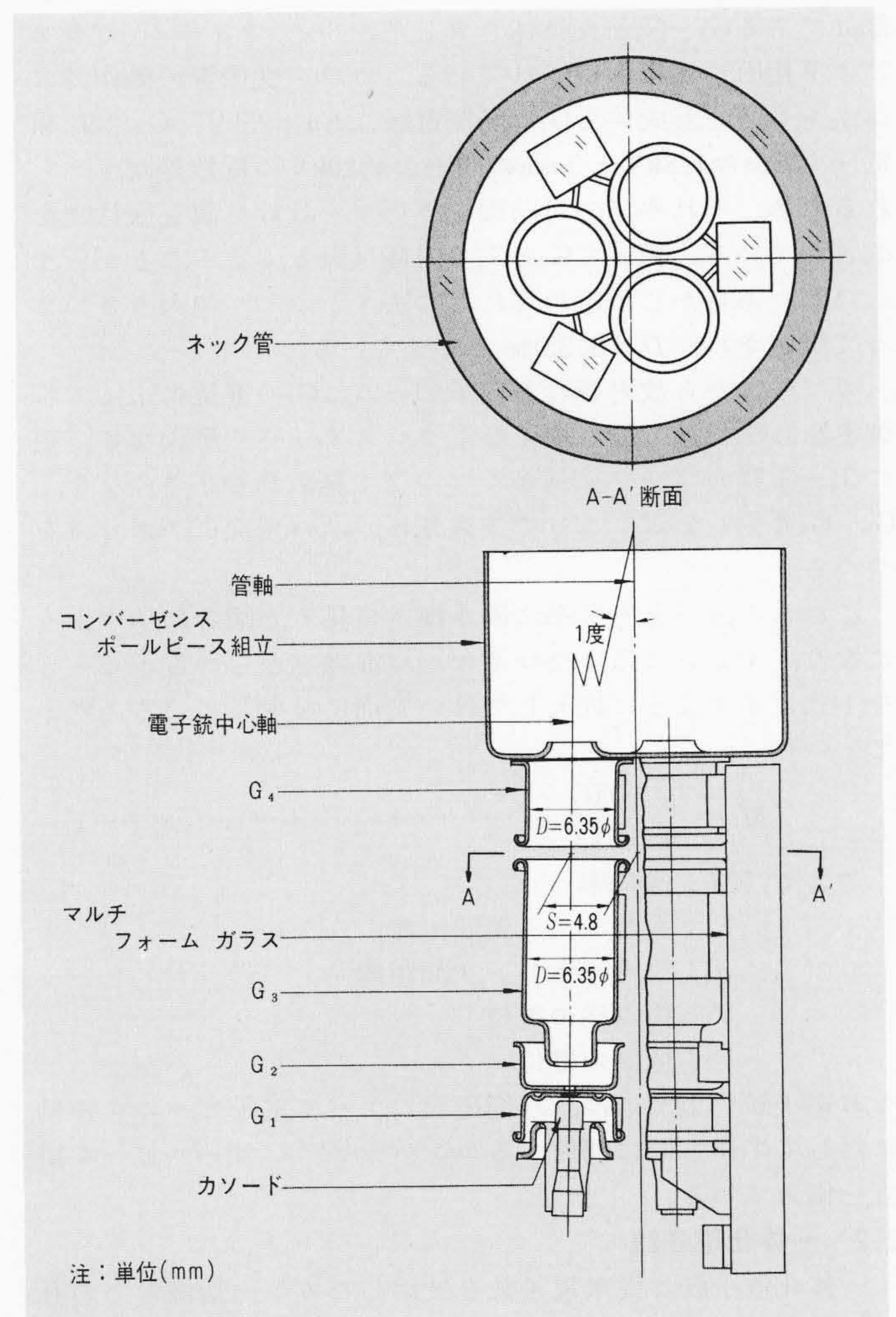


図1 従来電子銃の構造 それぞれが独立した部品によって3電子銃を構成している。

Fig. 1 Construction of Conventional Electron Gun

*日立製作所電子管事業部

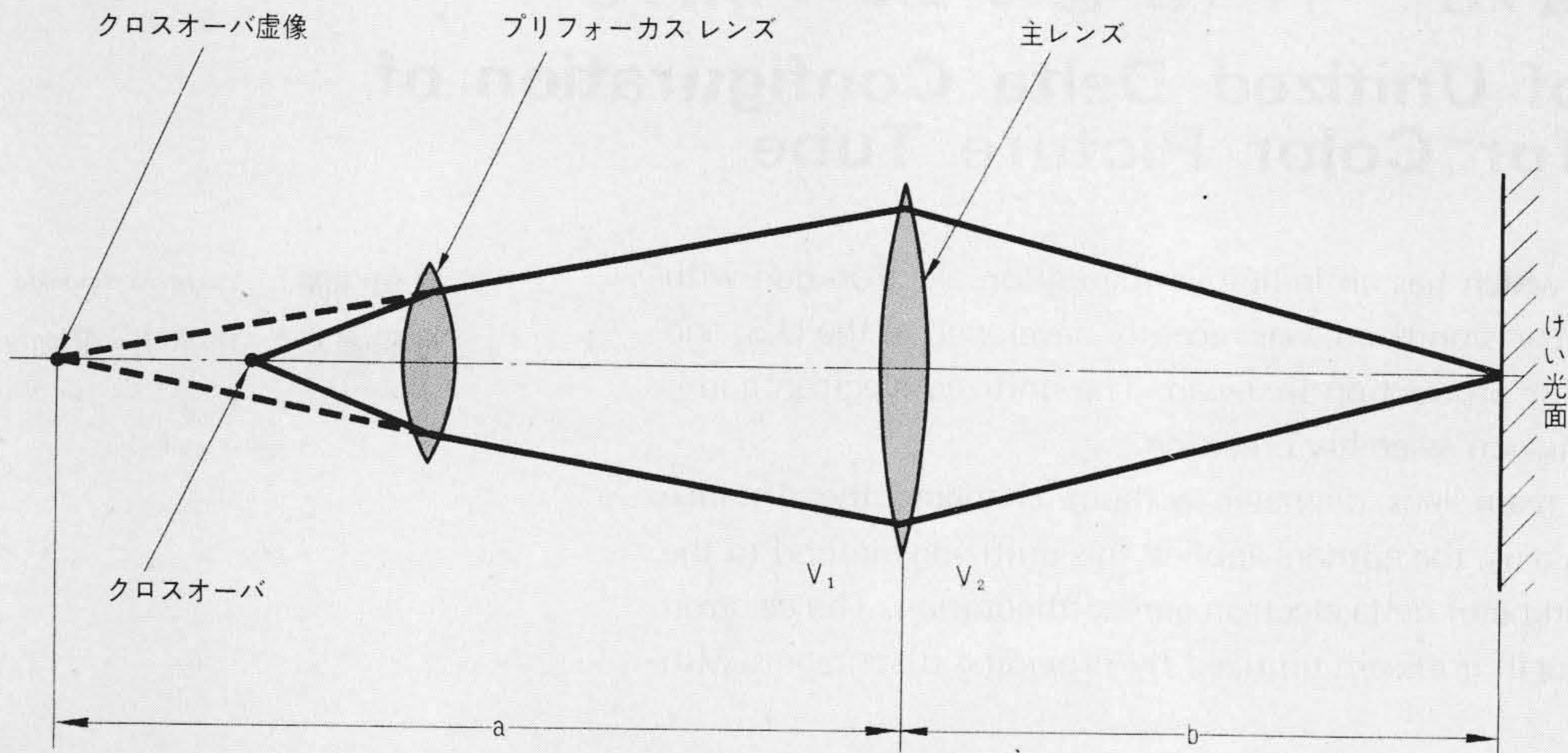


図2 光学的に示した電子レンズ系
クロスオーバーからの電子ビームは2枚のレンズによってけい光面に集束する。
Fig. 2 Diagram of Electron Gun Optics

各電子銃は円筒又は底部に孔の空いたカップ状の回転対称部品である $G_1 \sim G_4$ が支持体を介してマルチ フォーム ガラスにより相互に絶縁保持されている。カラー受像管の動作時には主レンズを形成する G_4 に陽極電圧： $E_b \approx 25\text{kV}$ 、 G_3 に集束電圧： $E_{c3} \approx 4.8\text{kV}$ と1mmの間隔に約20kVの電位差が与えられるため、それぞれの対向面にカーブを設けて耐電圧特性を改善している。従って G_3 と G_4 の内径は大きくとることが望ましいが、あらかじめ定められた寸法 S とカーブの大きさによって限定され、 D は6.35mmとなっている。

カソードから放射される電子ビームは G_1 の電位によって制御され、 G_2 付近で最も細くなるクロスオーバーを形成する。更に $G_2 \sim G_3$ 間のプリフォーカス レンズで発散角が小さくなり、 $G_3 \sim G_4$ の主レンズによって集束され、けい光面にスポットをつくる。

これらの様子を光学系に置き換えて見ると図2に示すようになり、主レンズ系はクロスオーバー虚像点からの電子ビームを(1)式に示すように拡大してけい光面に投射していると考えてよい⁽¹⁾。

$$M = \frac{b}{a} \sqrt{\frac{V_1}{V_2}} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 M ：像倍率

b ：主レンズ～像間距離

a ：物点～主レンズ間距離

V_1 ：物点側の電位

V_2 ：像側の電位

なお電子銃の上部には、外部磁界によって電子ビームを管軸に対して半径方向に調整するコンバーゼンス ポールピース組立を備えている。

2.2 一体化電子銃

一体化電子銃は従来電子銃を使用したカラー受像管との互換性を考慮したものであり、主な相違点は次の4項目である。

- (1) G_3 と G_4 を偏心させてセルフ コンバーゼンス方式とした。
- (2) G_3 及び G_4 部品をそれぞれ3電子銃で一体に構成した。
- (3) 主レンズを構成する G_3 の口径を従来電子銃の120%、 G_4 の口径を125%とそれぞれ大きくした。
- (4) G_3 を20%長くした。

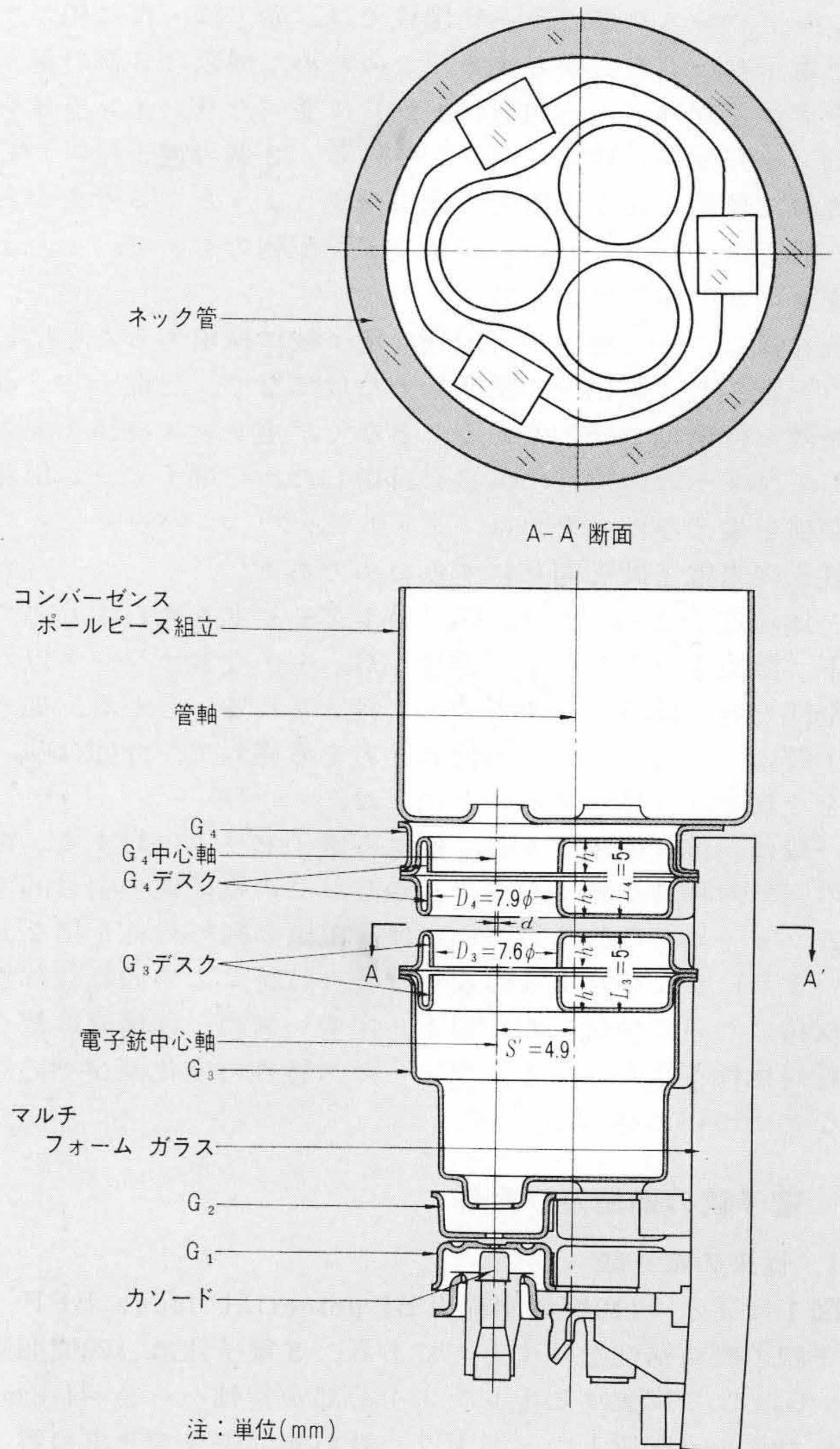


図3 一体化電子銃の構造 G_3 及び G_4 部品は3電子銃を一体に構成している。

Fig. 3 Construction of Unitized Electron Gun

(1)は(2)を採用した一体化電子銃の組立を可能にするものであり、(3)で G_3 と G_4 の口径を変えている理由は(1)の偏心をとるためである。また(4)は像倍率を下げることで及び集束電圧 E_{c3} を従来電子銃と合わせることを目的としている。

一体化電子銃の構造は図3に示すように各電子銃の G_3 以下が管軸から $S'=4.9\text{mm}$ 離れた軸上に平行に配置されている。主レンズを構成する G_3 、 G_4 の対向部はそれぞれデスク状の部品に G_3 の内径 $D_3=7.6\text{mm}$ 、 G_4 の内径 $D_4=7.9\text{mm}$ の3個の絞り孔を設け、 G_4 の絞り孔を管軸に対して半径方向外側に $d=0.15\text{mm}$ 偏心させている。 G_3 デスクと G_4 デスクは非磁性ステンレス材をプレス加工によって成形するため、絞り孔の深さ h は材料の伸び特性によって制約を受け、約 2.3mm が限度となる。このような G_3 、 G_4 デスクを対向させた場合、 G_3 、 G_4 内部の非対称性が主レンズ電界に悪影響を与える。

本電子銃ではそれぞれの背面に同一部品を逆向きに取り付けることによって、絞り深さの2倍以上の回転対称部分 L_3 及び L_4 を確保している。これにより従来の一体化電子銃で避けられなかった非点収差をほとんど無視できる程度まで軽減することができた。

物点が $G_1\sim G_2$ 間にあるとして計算した110度偏向管の各バルブサイズ別の像倍率は、表1に示すように従来電子銃と比べ一体化電子銃は約20%小さくなっている。図4はそれぞれの電子銃の外観を示すものである。

表1 主レンズの像倍率 従来電子銃と比べ一体化電子銃は約20%小さくなっている。

Fig. 1 Magnification for Various Tube Size-Electron Gun Combination

電子銃	バルブサイズ	16形	18形	20形	22形
一体化電子銃		4.9	5.3	5.6	6.1
従来電子銃		5.8	6.3	6.7	7.3

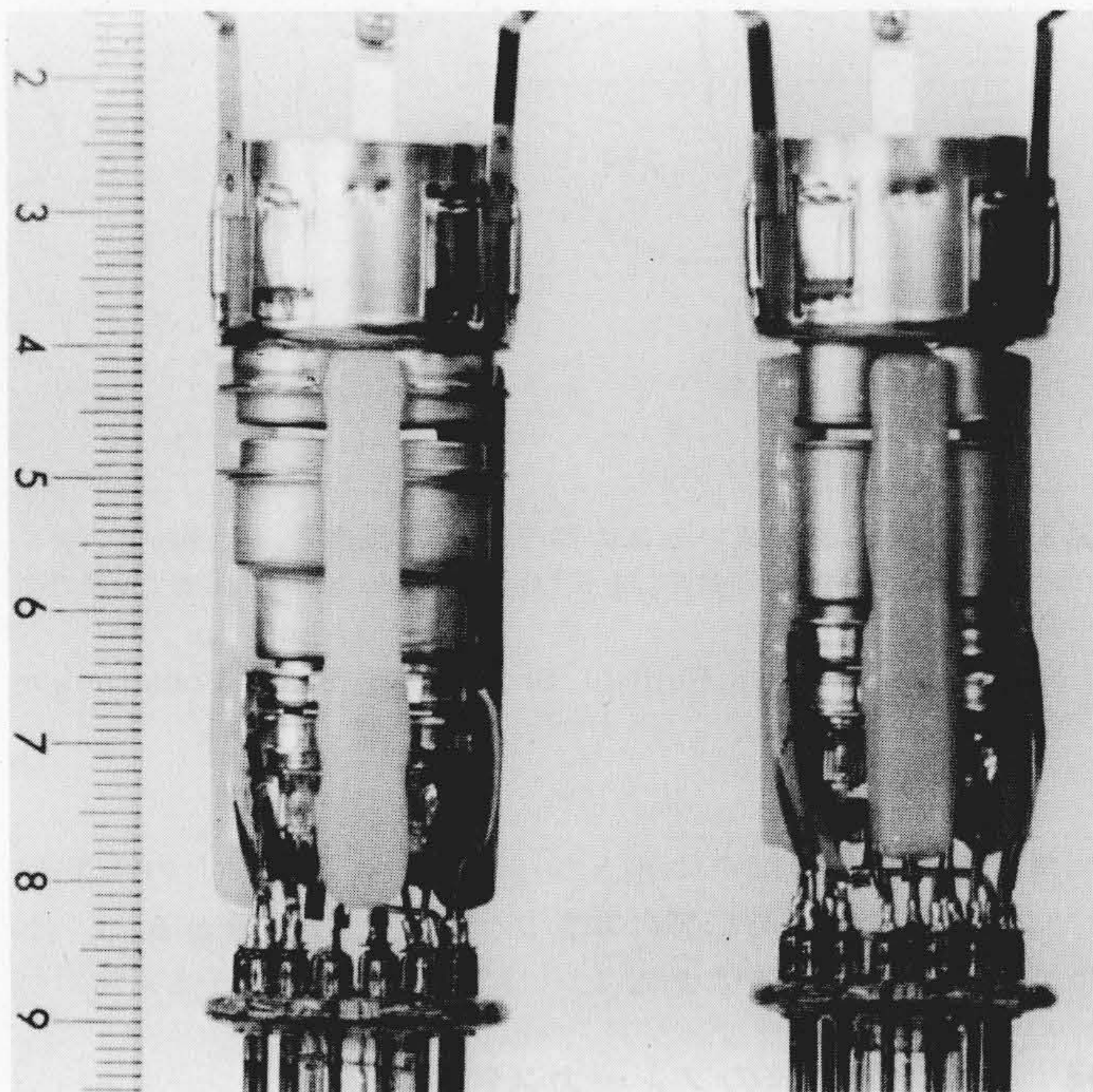


図4 電子銃の外観 左側は一体化電子銃、右側は従来電子銃を示す。
Fig. 4 Unitized and Conventional Gun

3 セルフ コンバーゼンス

一般に電界レンズの非点収差、コマ収差などを防止し良好なフォーカス特性を得るには、レンズ形成部の電極部品が、

- (1) 真円であること。
- (2) 入射する電子ビームと軸が一致していること。
- (3) 端面が平行に配置されていること。

などを満足する、いわゆる回転対称性が要求される。しかし、主レンズでは(2)、(3)の劣化は電子ビームの偏向作用を持つこと及び(1)の劣化と比べフォーカス特性に及ぼす影響が小さいことが経験的に知られている。これらの現象を利用して各電子銃を平行に配置し、主レンズ部の非対称電界によってコンバーゼンスさせるカラー受像管は2方式⁽²⁾⁽³⁾が既に提案されている。

主レンズを構成する G_3 又は G_4 の端面を傾斜させる方式は電極部品の製作が難しいため、一体化電子銃では G_3 に対して G_4 を半径方向外側に偏心させるセルフ コンバーゼンス方式を採用した。 $G_3\sim G_4$ を偏心させた場合のコンバーゼンス作用は、図5に示すように、主レンズ電界が傾斜するために生ずるものであり、電子ビームは集束作用を受けると同時に G_4 の偏心と逆方向に θ の角度で偏向される。偏向は G_3 側から始まるため、一体化電子銃の S' は従来電子銃の S に対し若干大きくなる。

円筒電極部品を対向させて形成した主レンズによって実験的に求めた偏心量とコンバーゼンス角度との関係は、図6に示すとおりである。同図から1度のコンバーゼンス角度を得る d/D_3 は約0.02である。なお実験範囲の偏心量では、フォーカス特性の劣化は認められなかった。

4 一体化された主レンズの性質

対向円筒レンズで電子ビームの非点収差を防止できる回転対称部分の長さは、一般に円筒内径の50%以上必要といわれ

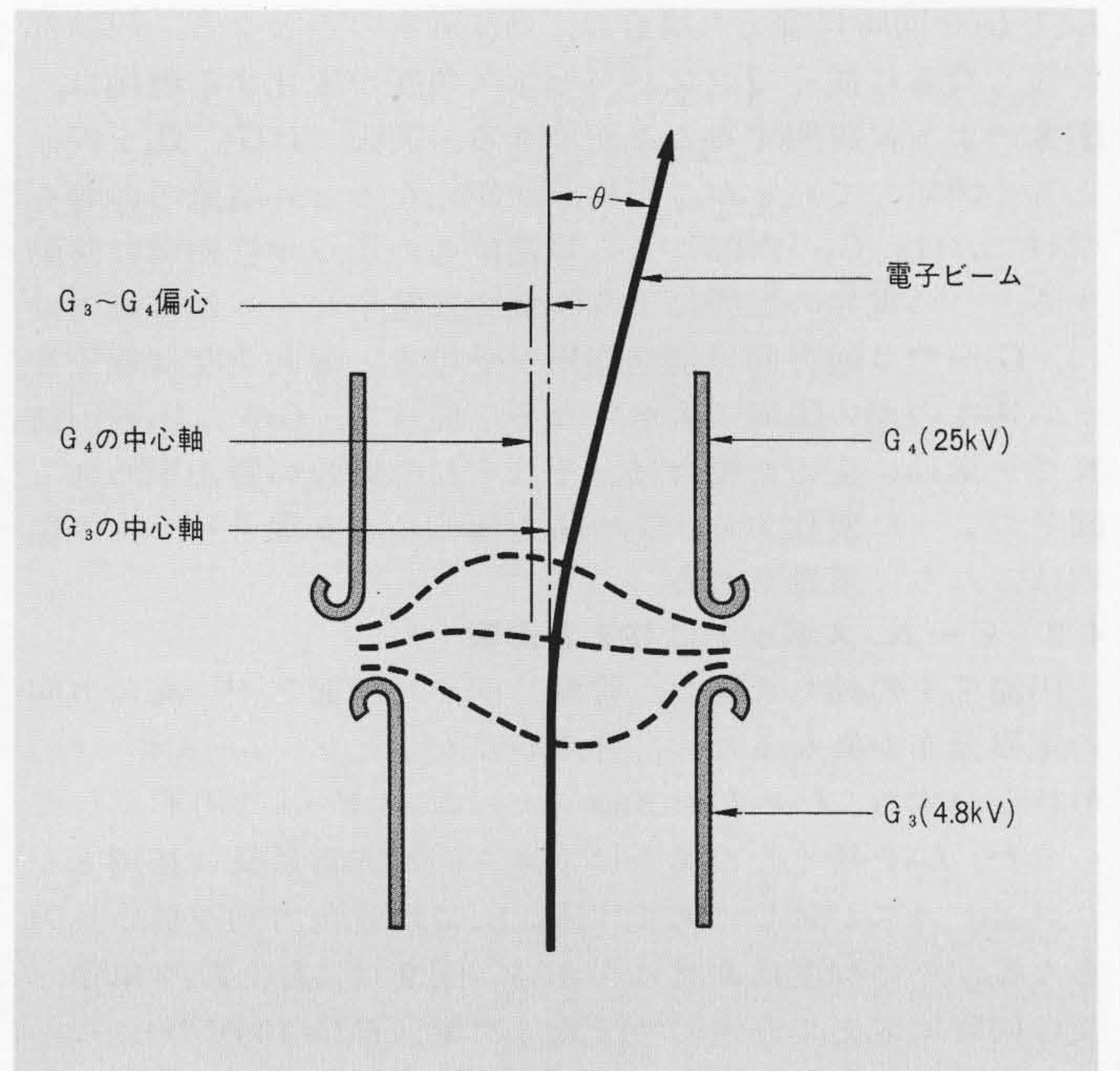


図5 セルフ コンバーゼンスの原理 $G_3\sim G_4$ 間の等電位面が傾斜して電子ビームが偏向される。
Fig. 5 Electron Beam Path of Aperture Lens System with Shifted Centers

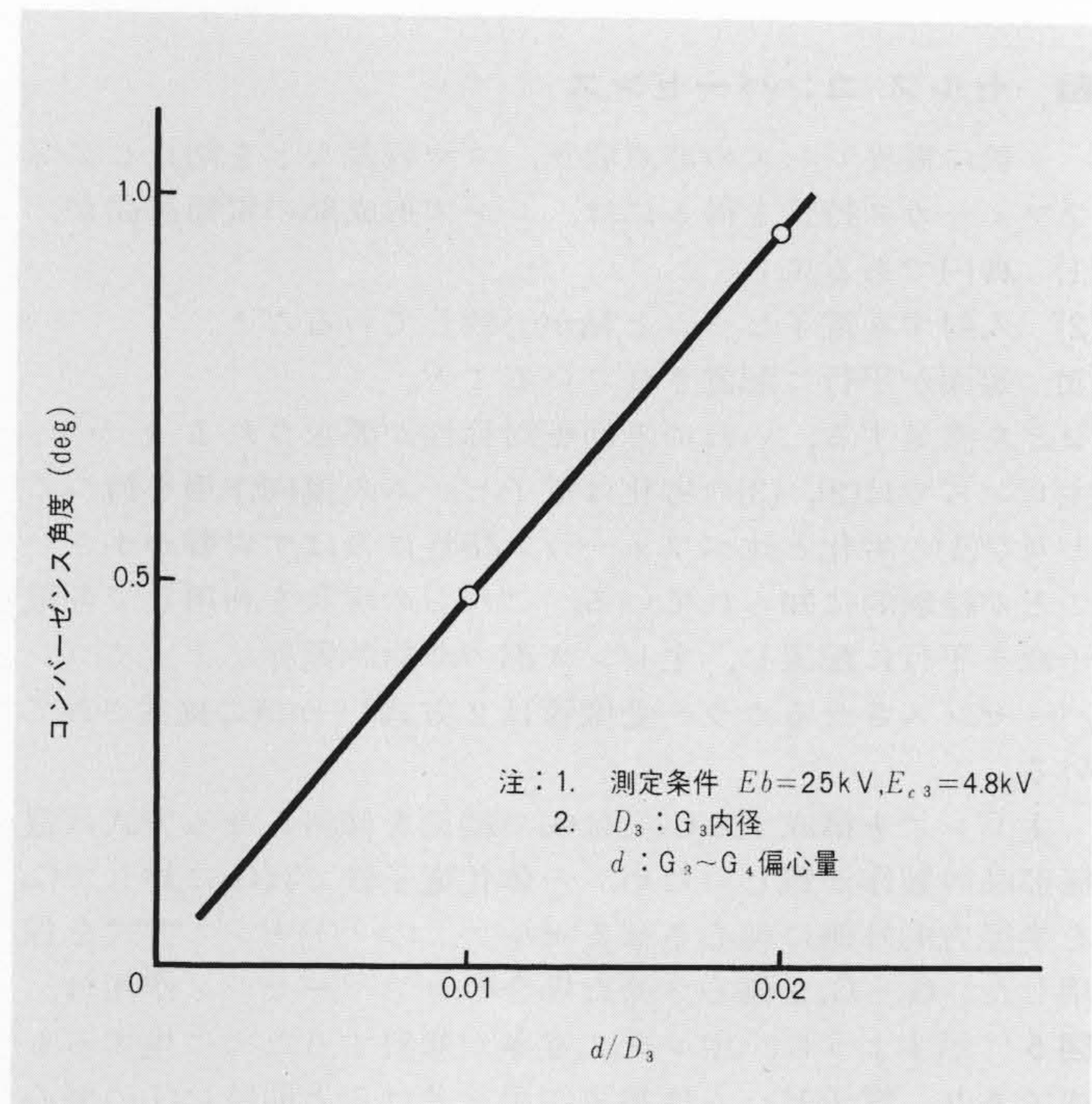


図6 $G_3 \sim G_4$ 偏心とコンバーゼンス角度 偏心量が小さい実験範囲では、直線的に変化している。

Fig. 6 Beam Convergence Angle vs Displacement of Grid No.4 and Grid No.3

ている。しかし一体化した G_3, G_4 で構成する主レンズでは各絞り孔の深さは、非点収差だけでなくコンバーゼンス作用にも影響する。 G_3 と G_4 の絞り孔を偏心させて1度のコンバーゼンス角度をもつ図3の一体化電子銃で G_3, G_4 の円筒部の長さ L_3 及び L_4 を単独、又は同時に変えてこれらに対する影響を調べた。

4.1 コンバーゼンスに与える影響

図7に示すように L_3 を小さくすると電子ビームは管軸側に大きく偏向される。 L_4 では逆方向となるがその影響は小さい。 L_3 と L_4 を同時に変えた場合は、ほぼ両者の差となる。円筒部が短くなるに従ってコンバーゼンス角度が変化する理由は、図8のように説明することができる。同図では G_3, G_4 を同軸として図示しているが、円筒部が短くなると外周壁の影響を受けて、 G_3, G_4 の内部に入る等電位面の頂点が管軸側に移動する。この電界の影響により G_3 側では電子ビームが管軸方向に、 G_4 側では逆方向の偏向作用を受ける。偏向角度は電子ビーム速度の遅い G_3 側で大きくなる。従って、 G_3 又は G_4 の円筒長さを単独に変えた場合は、それぞれの側の影響が現われて図7のように変化する。 $G_3 \sim G_4$ の偏心による電子ビームの偏向はこれらに重畳される。

4.2 ビーム スポットに与える影響

円筒部を短縮した場合、管軸に向かう断面とその直角方向の電界分布が異なるため、非点収差が生じビーム スポットの形状がひずむ。 $L_3=L_4=5\text{ mm}$ のビーム スポットは円形をしているが、 L_3 を短くした場合は半径方向が非常に長い長円となりフォーカスが著しく劣化する。 L_4 では直角方向が長い長円となるがその程度は非常に小さい。図9は、 L_3 と L_4 を単独、又は同時に変えて測定したドライブ電圧 $Ed=100\text{ V}$ のビーム スポット径相対値を示すものである。長円のビーム スポット径は長径と短径の平均値で、 $L_3=L_4=5\text{ mm}$ の径を基準として表わしてある。 L_3 と L_4 でビーム スポットのひずみ方向が直角方向となるため、 L_3, L_4 を同時に変えた場合はコンバーゼン

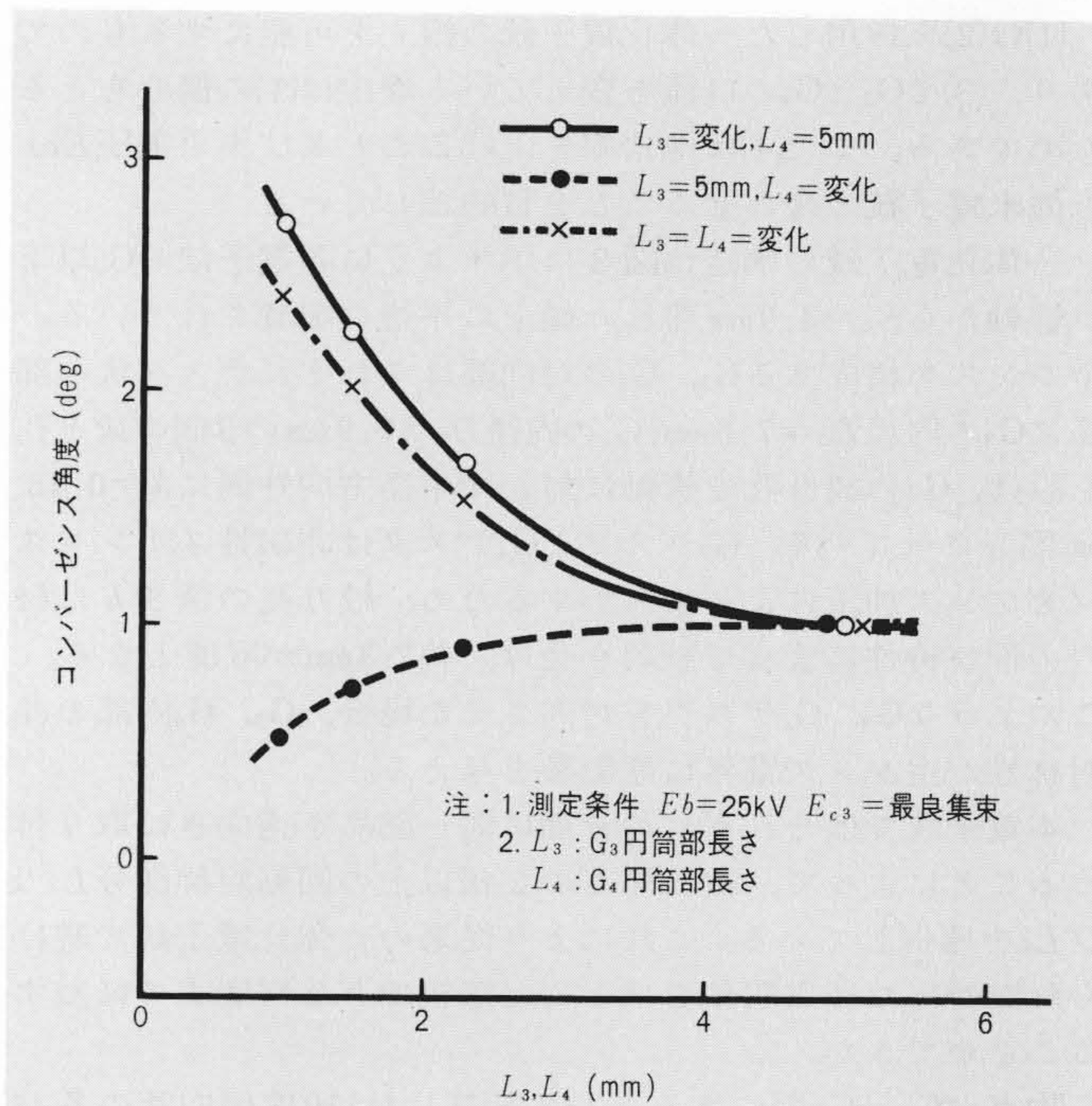


図7 G_3, G_4 円筒部長さがコンバーゼンスに及ぼす影響 電子ビームの偏向される方向は、 G_3 と G_4 では逆方向となり、 G_3 の影響が大きい。

Fig. 7 Beam Convergence Angle vs Length of Inner Cylinder

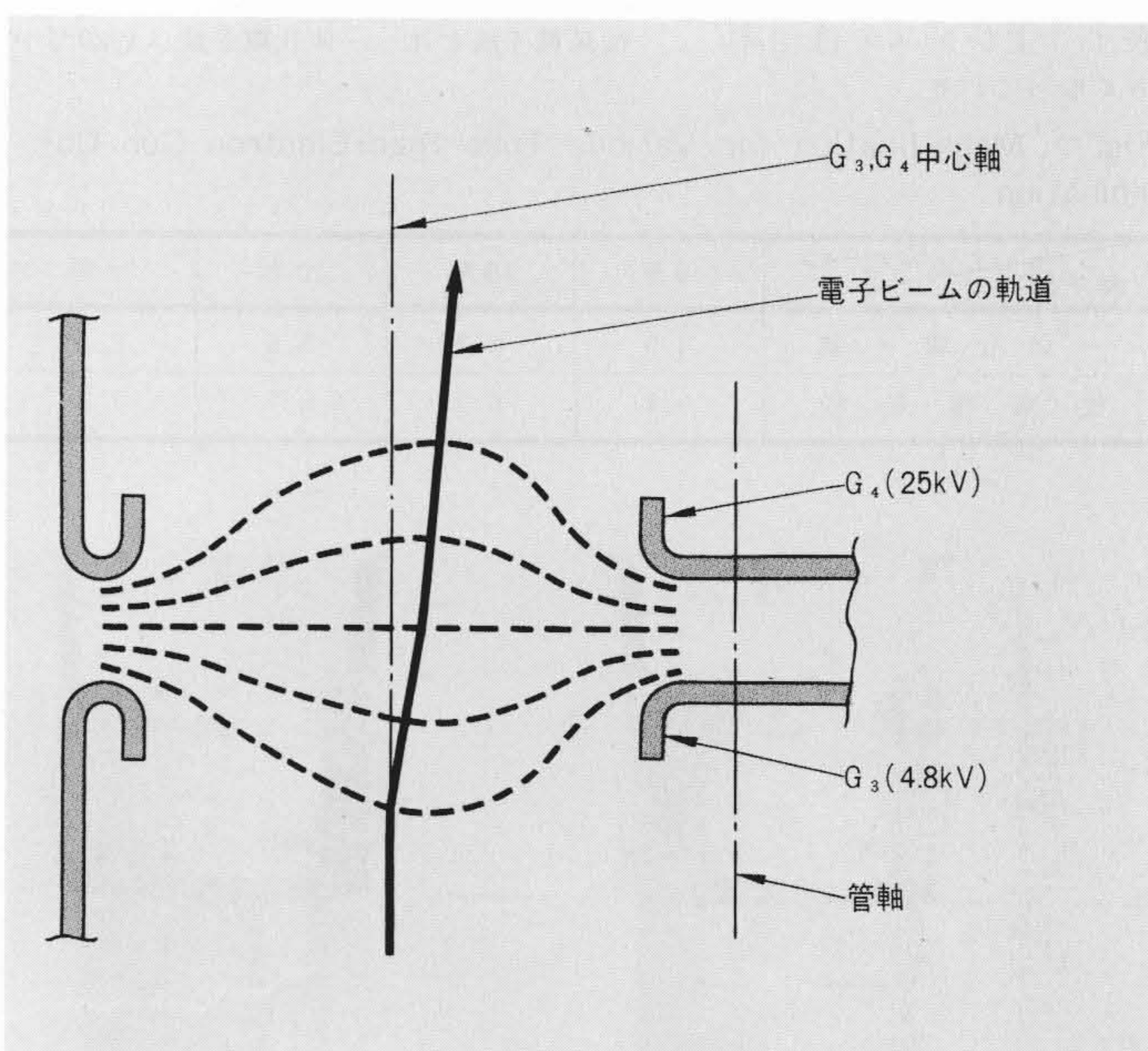


図8 G_3, G_4 円筒が短いときの電子ビーム軌道 G_3 側から入射した電子ビームは等電位面の傾きによって G_3 側では管軸方向に、 G_4 側では逆方向に偏向作用を受ける。

Fig. 8 Electron Beam Path of Short Inner Shield Construction

ス角度と同様にほぼその差となって現われる。以上の結果から低圧側電極の L_3 の影響は非常に大きいことが分かる。 L_4 は短縮することも可能である。

5 一体化電子銃のフォーカス特性

フォーカス特性の判定方法は種々のものが提案されているが、目視による画質の評価結果と最も良い一致を示すビーム輝線幅を測定した。カラー受像管のけい光面上に出した1本

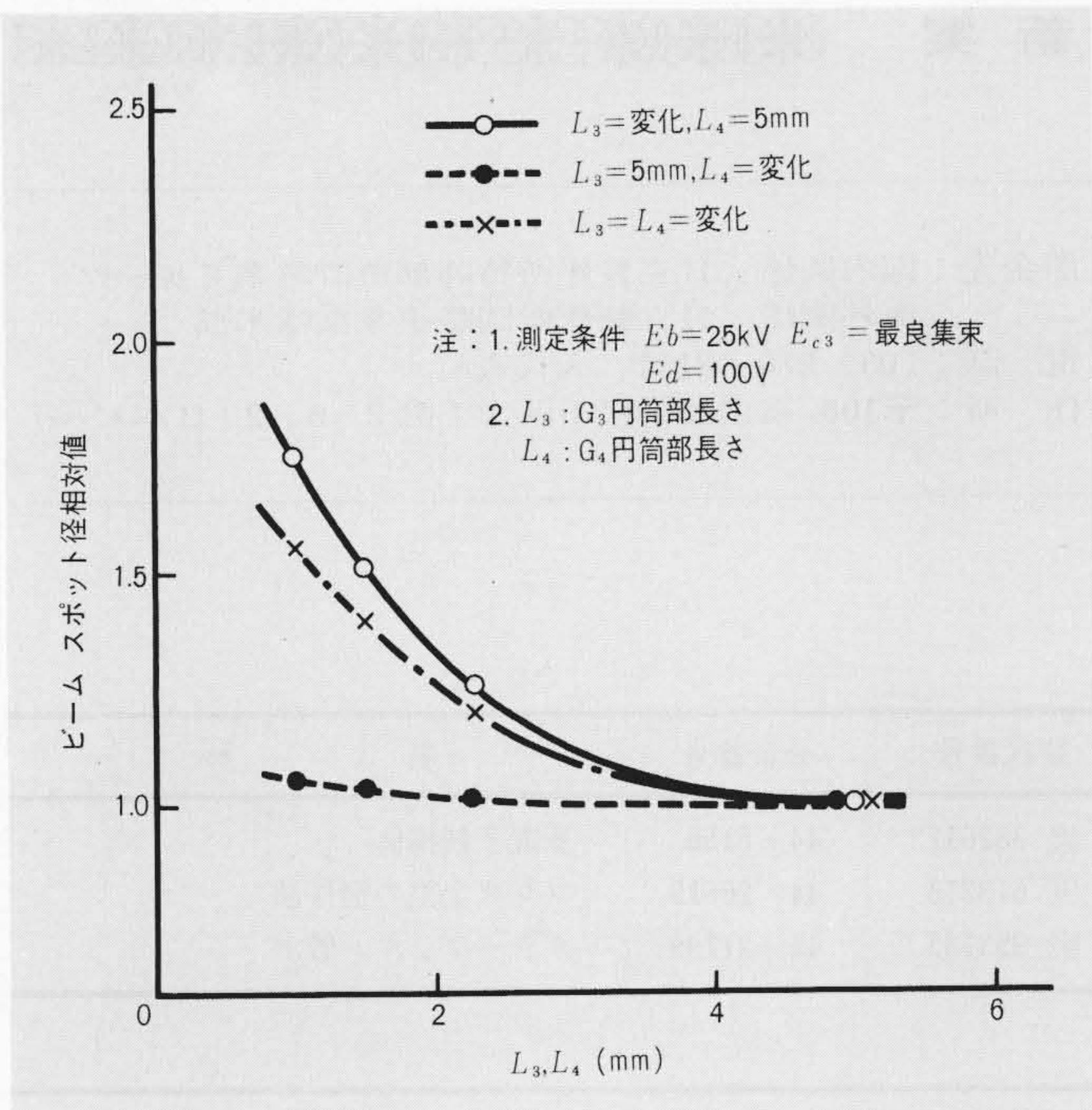


図9 G₃, G₄円筒部長さがビームスポット径に及ぼす影響 G₃の円筒部を短縮した場合の劣化が大きい。

Fig. 9 Beam Spot Size vs Length of Inner Cylinder

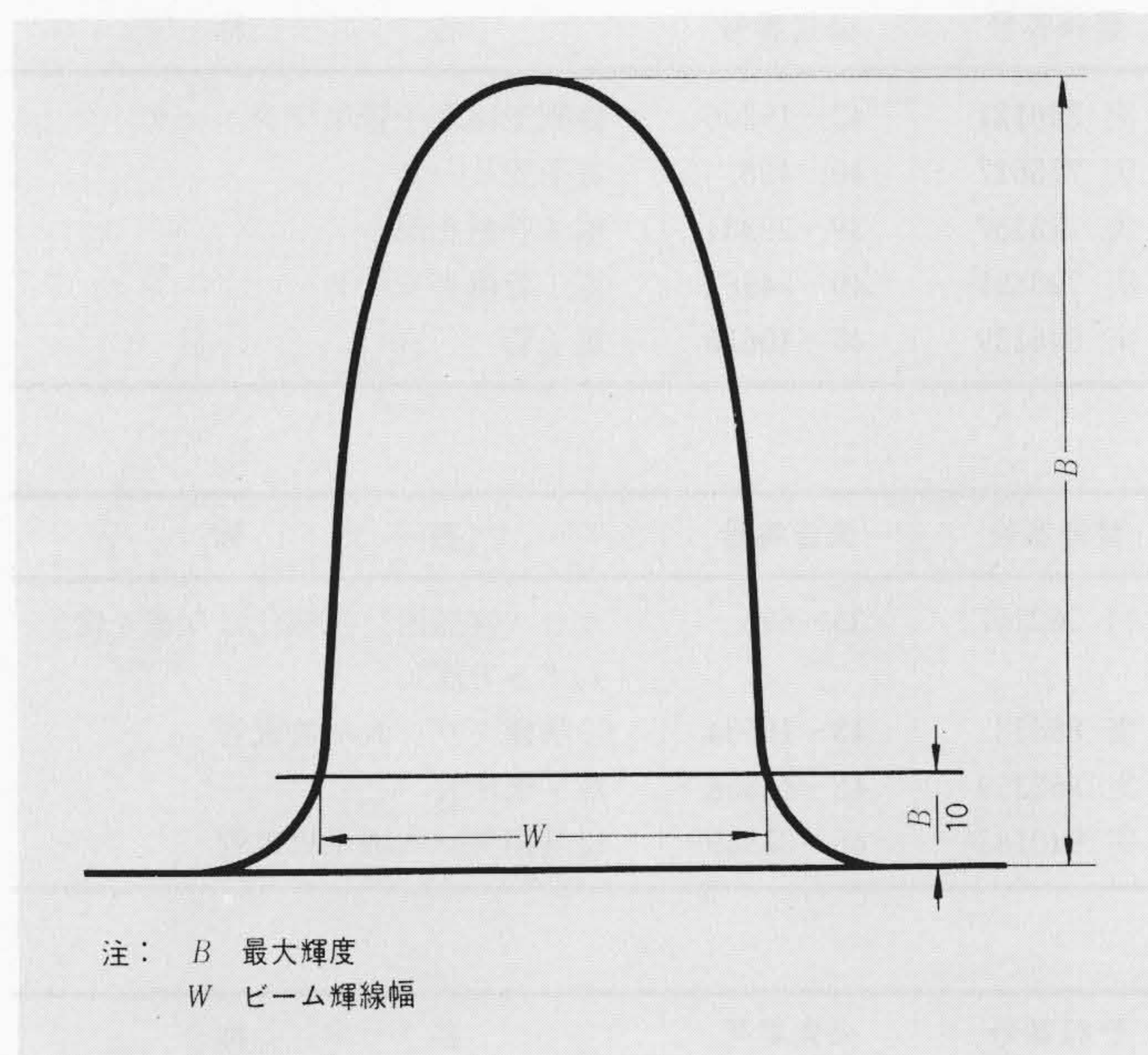


図10 走査線の輝度分布 ピーク値に対して輝度が $\frac{1}{10}$ になる点をビーム輝線幅と定義する。

Fig. 10 Profile of Scanned Electron Beam

の走査線を直角方向に移動し、特定のけい光体ドットを横切る走査線の輝度をスリットを通して光電管で受光する。X-Yレコーダで記録した輝度分布は、図10に示すようにほぼガウス分布を示し、ピーク値に対して $\frac{1}{10}$ になる点をビーム輝線幅 W とした。

図11は、22形カラー受像管で測定した新旧電子銃のビーム輝線幅を示すものである。一体化電子銃のビーム輝線幅は、同一動作条件の従来電子銃と比べ、カソード電流の小さい低輝度部で約20%、高輝度部でも約10%改善されている。また最近明るさ及びフォーカス特性の改善を目的として陽極電圧

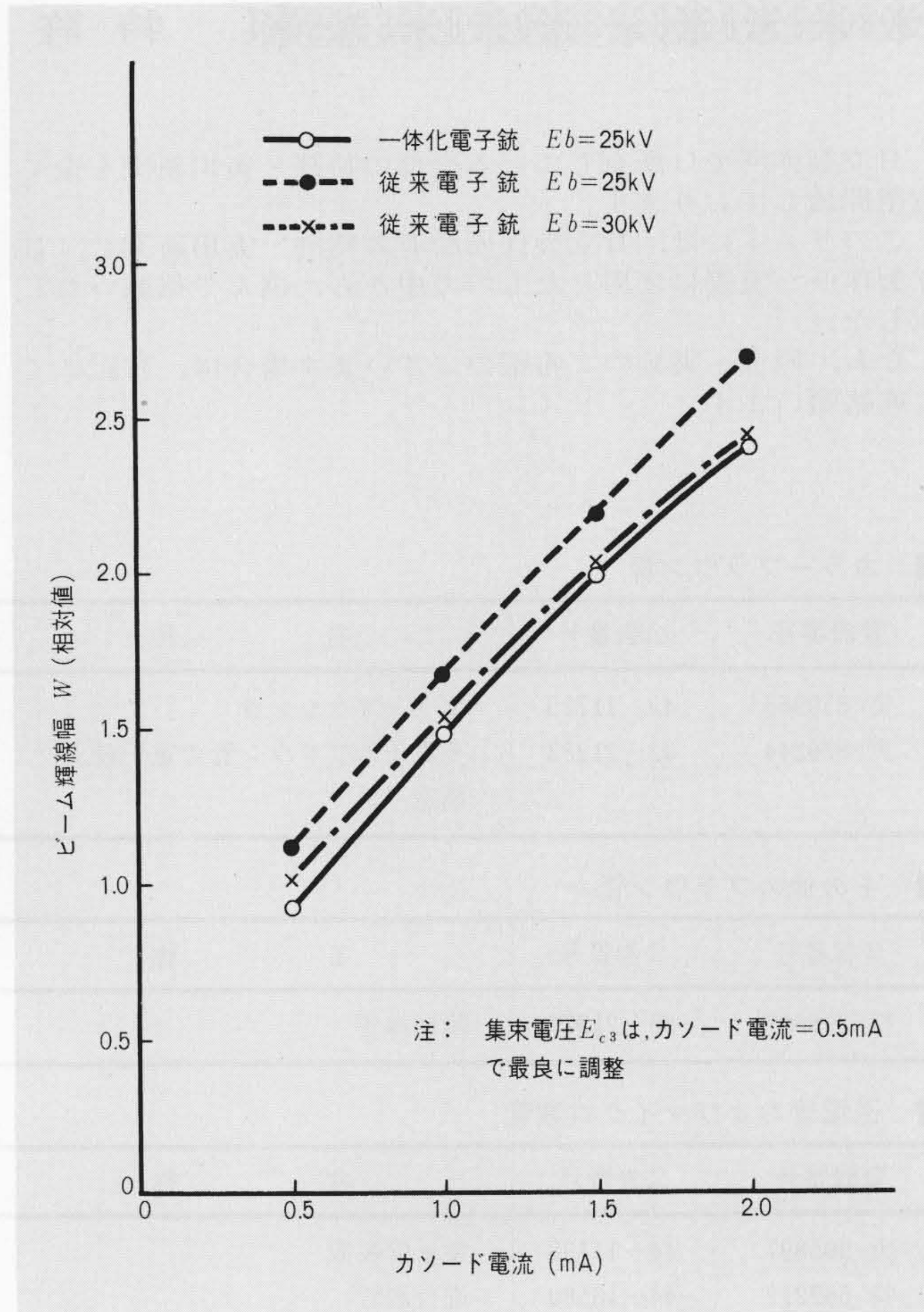


図11 22形カラー受像管のビーム輝線幅 一体化電子銃のフォーカス特性は、従来電子銃の陽極電圧を約5kV上げた場合に相当する。

Fig. 11 Line Width of 21V Size 110° def Color Picture Tube

を上げる動向があるが、一体化電子銃のビーム輝線幅は従来電子銃の動作電圧を約5kV上げたことに相当することが分かる。また主レンズ構成部品が一体に構成されているため、3電子銃の相対精度の評価基準とされているスタティックコンバーゼンス及びブルーラテラル調整量は従来電子銃の約 $\frac{1}{2}$ に改善されている。従ってこれらの調整によるフォーカス特性の劣化も軽減されるため、使用時の品質変動が小さいという効果が期待できる。

6 結 言

主レンズの電極部品を一体化した電子銃で避け得なかった非点収差を構造的に解決し、主レンズ口径を大きくすることが可能となった。更に像倍率を低減した一体化電子銃を開発したので、110度偏向カラー受像管のフォーカス特性を改善することができた。本電子銃は既に大形管で実用化され、小形管での実施も近い。

参考文献

- (1) 山下「テレビ用電子管」p.100 (1957)
- (2) R.L.Barbin, R.H.Hughes "New color tube system for portable TV receivers" IEEE Trans. on BTR. Vol.18 No. 3 (1972)
- (3) 実用新案公報「多電子銃構体」昭46-30454