イメージオルシコンカメラのフリッカ

イメージオルシコンカメラのように、蓄積型撮像管を使用している撮像装置より発生する特有なフリッカについて調査した結果、その特性が明らかになり、更にフリッカ発生機構の解析をなし得た。特にフリッカが画面のコーナーにのみ発生する理由も明らかにした。またこのフリッカ発生の解析に重要な役割を果す低速度走査撮像管におけるフィールド間の出力電流の差異についての理論についてもべる。

NHK 技術現業局 上田 銈馬・飛島 隆雄
高橋 昭・田中 豊夫
NHK 技術研究所 吉 永 義 輝

テレビジョンの画質を損なうものの一つにイメージ・オルシコンカメラのフリッカがある。

このフリッカは飛越走査を行なう蓄積型撮像管（特にイメージオルシコン）使用のカメラ装置より発生する。

このフリッカは、撮像管の走査ビームの飛越走査の不完全および走査ビームの電流密度分布の垂直走査方向の非対称により奇数フィールドと偶数フィールドとの出力にレベル差を生ずるために発生する。この出力信号を映像モニタ上でみると、フィールドごとに輝度変化を生じフリッカとなる。このフリッカは、垂直走査周波数の 1/2 の周波数成分で、かつ発生状況は現業に使用している多くのイメージ・オルシコンカメラについて調査した結果、映像モニタ上でみて画面の全面に、またはコーナー特に左上隅の小面積にのみ発生することが判明した。いま写真 1 にフリッカのない正常なときと、全面フリッカを生

じているときの出力映像信号を示した。このように、奇数フィールドと偶数フィールドとにレベル差を生じているときは激しいフリッカとなり、実用に耐えられぬ程度の画質となる。

この、画質をそこねるフリッカについて、スタジオ現業担当者によりその特性および原因の調査ならびにその対策を進めてきたが、その間、NHK 技術研究所より発表された“低速度走査撮像管におけるフィールド間の出力電流のレベル差”の理論が、フリッカの発生原因に重要な役割を果すことがわかり、これをもとに、さらに現業担当者により NHK の東京テレビ・スタジオの 5820 形イメージオルシコンを使用した約 40 台のカメラ装置を中心に調査研究した結果、フリッカ発生機構の解析をなすことができた。

フリッカの特性

調査により判明した定常的なフリッカの特性について

(A) 正常状態
写真 1 垂直波形

(B) 全面フリッカ発生
写真 1

“Flicker of the Image Orthicon” by Keima Ueda, Takao Tobishima, Akira Takahashi, Toyoo Tanaka & Yoshitelu Yoshinaga.

のべる。

(1) フリッカは、走査ビームがイメージオルシコンのターゲット面上を飛越方式で走査することに原因して発生する現象で、その周波数成分は垂直走査周波数の $1/2$ 、すなわち日本では 30 サイクルである。

(2) オシロスコープでフリッカ発生部の波形を観察すると、必ず偶数フィールドの出力レベルが奇数フィールドの出力レベルより高い。全面フリッカ発生時の出力信号波形を写真1に示し、またコーナーにのみフリッカを生じているときのラインセレクト波形を写真2に示す。

(3) フリッカとして認め得るフィールド間のレベル差の最小限は、映像モニタのセッティングによって異なるが、約 5% である。

(4) フリッカの発生状況は映像モニタでみて、画面左上隅に発生するものが最も多く、つぎが全面に発生するものである。

(5) 入射光量との関係 入射光量に対しては第 1 図のとおり、光電変換特性のニーポイントを 100% として、60% 出力レベル付近でフリッカ量が最も大きく、その後で減少し、特にニーポイント以上のときはほとんど消滅する。

(6) ターゲット温度との関係 ターゲット温度に対しては、大体 30°C 以下では全面フリッカとなりやすく、ターゲット温度が上昇するにしたがって減少し、 35°C 以上ではほとんどコーナーフリッカのみとなるかまたは消滅する。またターゲット温度が低いときは、奇数、偶数フィールドのレベル差が大きい、温度上昇に従ってその差は小となる。その模様を第 2 図に示す。これにより偶数フィールドの出力レベルが奇数フィールドの出力レベルより常に大きく、また両フィールドの出力レベルの和は常に一定であることが明らかである。

(7) イメージオルシコンの各種電極電圧との関係 イメージオルシコンの各電極のうち走査ビームに関係あるオルシコン・ホークス電圧、デセラ電圧およびホークス・モジュレーション電圧によって影響をうける。特にオ

(1) 偶数フィールドの水平波形

(2) 奇数フィールドの水平波形

写真 2 コーナー・フリッカの出力波形 (両波形を比較すると左隅にレベル差を生じている)

ルシコン・ホークス電圧によりターゲット面にホークスし、最大解像度になるようにした場合、フリッカは最も激しくなる。この状態より少しデホークスにすると、フリッカは減少または消滅する。

またデセラ電圧、ホークス・モジュレーション電圧の調整により、フリッカの発生個所が変化し、その発生量にも影響を与える。またターゲット電圧およびビーム量はフリッカの発生量に関係ある。

(8) 同期信号との関係 日本の標準方式の同期信号(525 本, 60 フィールド)はもとより、625 本, 50 フィールド方式の同期信号発生器を使用したときも、定常的なフリッカが発生し垂直走査周波数の $1/2$ すなわち 25 サイクルで、かつ偶数フィールドのレベルが高くでた。この事実より、飛越走査をする方式では同様な現象になることが判明した。

第 1 図 入射光量とフリッカの関係

第 2 図 ターゲット温度とレベル差の関係の一例

第3図 走査ビームがターゲットに land する際に垂直走査方向に曲げられる現象

(1) 光が入射していないとき (2) 光が入射し、垂直偏向が正常のとき (3) 光が入射し、垂直偏向の向きを反転したとき

第4図 集束磁界中における走査ビームの運動

同期信号のうち、特にフリッカに関係のあるものは、カメラ走査用の垂直駆動パルスであるが、このパルスにジッタのないときでも、なおかつ定期的なフリッカは発生する。もしこのパルスにジッタがわずかでも生じているときは、ランダムな全面フリッカとなりやすいから注意を要する。

(9) 偏向系との関係 調査の結果、偏向系が安定な状態でもなおかつ定期的なフリッカは発生する。ただし、同期信号と同様に垂直偏向系がわずかに不安定であっても、ランダムな全面フリッカとなりやすい。

(8) その他 日本では映像機器用および照明用の交流電源の周波数は 50 または 60 c/s を使用しているが、電源周波数による影響は認められない。なお、同一

第5図 走査ビームの入射方向とフリッカの関係

品種のイメージオルシコンでも、その製作材料特にターゲットの材質によって、さらには同一管でも使用経過に従ってフリッカの発生状況は異なってくる。例えば、先に述べたようにターゲット温度によってその発生量は異なるが、この影響もターゲットガラスの材質によって相当異なっている。

フリッカ発生機構の解析

詳細については後章で述べるが、“低速度走査撮像管におけるフィールド間の出力電流のレベル差”に関する理論解析の結果、飛越走査が不完

全で、走査ビームの電流密度の水平方向に関する積分値の垂直方向分布が非対称である場合にのみフィールド間の出力電流にレベル差が生ずること、および飛越走査の不完全性と電流密度分布の非対称性のいかなる組合わせの場合に、偶数フィールドの出力レベルが奇数フィールドのそれより高くなるかについて明らかにされた。したがってこの理論解析の結果に基づいて、実際のフリッカ現象が、どのような機構によって生じているかについて述べる。

多くの実験と理論的検討によって、実際のフリッカ現象も上述の理論で説明できることがわかった。以下の説明では、いくつかの実験によって上述の理論の正しいことを証明し、また管内の電子ビームの運動とランジング状態の解析を行ない、それに理論を結びつけてフリッカ現象を説明している。

以下の説明においては、次の仮定を設ける。イメージオルシコンのターゲットガラス上の電荷像は実際には倒立し、ビームの走査は陰極側よりみて右下から行なわれるが、モニタ画面との対比上解説の混乱をさけるために、ターゲットの像は正立し走査も左上より行なわれるものとする。この仮定によって解析に誤りを生じることはない。

1. 走査ビームがターゲットに land する際に、垂直走査方向に曲げられる現象

イメージオルシコンに光が入射して、ターゲットに電荷がチャージされている状態では、走査ビームがターゲットに land する際に一定の方向に曲げられることが、つぎのような事実から判明した。モニタ面上のダイノードスポットの位置を観測しながら、イメージオルシコンに光を入射

してみると、ダイノードスポットの像は光が入射していないときの位置から必ず上方に移動する。この事実はターゲットに電荷がチャージされているときには、ビームがターゲットに land する際に垂直走査の方向に曲げられることを示している。このようになる原因は、すでに走査を終った部分よりも、未走査の部分の方が電位が高いためにターゲット直前に垂直走査方向の電位勾配を生じ、速度が零近くになったビームが高い電位の方に引かれて曲るためと考えられる。垂直走査の方向を反転して同じような観測を行なうと、曲げられる方向もまた反対となることがわかり、上述の推論の正しさが証明される。第3図にこの状態を示した。

この現象は、フリッカと直接に関係はないが、次項で述べる現象の説明に有効である。

2. 走査ビームの垂直走査方向電子密度分布の非対称がフリッカの原因となることを証明するための実験（アライメント調整とフリッカとの関係）

アライメントの調整によって、集束磁界中に突入するビームの方向を変えると、ターゲットに入射する。ビームの角度を変えられることができる。第4図に示すように、集束磁界中に磁界の方向と平行でないある方向をもって入射したビームは、集束磁界中を螺旋運動をしながら進み、ターゲット上の集束が最良の状態では、集束磁界に入射したのと同じ方向をもってターゲットに入射することになる。ビームがターゲットに垂直に入射せず、ある角度をもって入射するときには電子レンズ系で収差を生じ、その入射の方向に電子密度分布の非対称を起こすので、この入射方向とフリッカの関係を調査することにより、垂直走査方向の電子密度分布の非対称がフリッカの原因となることを証明することができた。

まず実験方法と結果についてのべる。

(a) フリッカがないか、あるいは一部分にフリッカを発生しているイメージオルシコンにおいて、ビームがターゲットに下向きに入射するようにアライメント調整を行なうと(14インチモニタ面上で、ダイノードスポットが正しくアライメントのとれた位置よりも1~2cm程度上方へずれるように調整する)、全面に激しいフリッカが現われる。

(b) 上に述べた方法で、激しくフリッカを発生している状態のまま、垂直走査の方向を反転してみると、フリッカはまったくなくな

ってしまう。

(c) つぎに垂直走査を元に戻して正常とし、(a)の場合とは逆にビームがターゲットに上向きに入射するように(モニタ面上でダイノードスポットが下方に移動するように)アライメント調整を行なうと、フリッカはまったく発生しないか、あるいは軽減される。

(d) ここで、再び垂直走査の方向を逆にしてみると、今度はフリッカが激しく現われる。

(e) ターゲットに横向きに入射するようにアライメント調整を行なった場合には(モニタ上でダイノードスポットが横方向に移動するように調整する)、フリッカへの影響は少ない。

(a)(b)(c)(d)の各場合について、ビームの入射方向とフリッカとの関係を図示すると第5図のようになる。

この第5図からは、発生しやすい場合と、発生しにくい場合とが生ずる理由を説明することができない。ところが、先の項において、ビームがターゲットに入射する際に垂直走査の方向に曲げられることを述べた。この理論を第5図に適用して書き直すと第6図のようになる。

第6図から明らかなように、ビームがターゲットに垂直に land せず、垂直走査の方向に曲って land する場合にフリッカが発生しやすい。すなわち垂直走査方向のビーム電子密度分布の非対称が、フリッカ発生の原因であることがわかる。

3. 飛越走査の不完全がフリッカ発生の原因であることを証明する実験

先に述べたように、フリッカはフィールド毎のレベル差によって生じるが、フリッカを発生しているカメラの出力信号に複合同期信号を付加し、写真3(1)、(2)のように、オシロスコープでラインセレクトして観測すると、必ず偶数フィールドの出力電流のレベルの方が、奇数フィールドのそれよりも高い。いまこのカメラの垂直偏向のこぎり波電流に重畳して第7図のような位相関係をもって30サイクルの微小な方形電流を加え飛越走査

第6図 第5図の關係に走査ビームが垂直走査方向に曲げられる効果を加えた場合

(1) 奇数フィールド

(2) 偶数フィールド

定常的なフリッカ

(3) 奇数フィールド

(4) 偶数フィールド

フィールドが逆転したフリッカ

写真 3 フィールド間の出力電流のレベル差

の状態を強制的に変化してみる。方形波電流の値を0より次第に増加していくと、奇数フィールドの走査線は下向に、偶数フィールドの走査線は上向に移動していくが、方形波の電流値がある値（走査線間隔一本分を移動させるに必要な偏向電流値の数%）に達すると、奇数フィールドと偶数フィールドの出力電流のレベルが等しくなってフリッカが停止する。さらに方形波電流を増加すると今度は奇数フィールドのレベルが偶数フィールドのレベルよりも高くなる。この変化した状態を写真3(3)、(4)に示した。

以上の結果を先の理論と結びつけて考えてみると、こ

の三つの場合の飛越走査の状態は第8図のようなものであることを推定することができる。

4. 飛越走査が不完全となる理由

この原因としては、カメラの偏向回路や電源が不安定な場合、同期信号が不安定で、殊に垂直駆動パルスに位相のふらつきがある場合などが考えられ、このような場合にはもちろん飛越走査は不完全となり、不安定なフリッカ状態となる。しかし、これらが完全に良好な場合でもなお定常的なフリッカは発生する。実験の結果、飛越走査不良の原因として次のようなものがあることがわかった。

(a) 走査ビームがターゲットに land する際に発生する飛越走査の不完全について

走査ビームの垂直走査方向の密度分布の非対称と飛越走査の不完全とは、独立したものではなく、走査ビームにひずみが生じると、land する際の複雑な機構によって、必然的に飛越走査が不完全となることをつぎのような事実から知ることができる。

イメージオルシコンに光が入射している状態でも、なおモニタ面上にダイノードスポットが認められるように適当な量の光を入れておく。さきに述べたアライメント

第8図 飛越走査の状態とフィールド間出力電流のレベル差の関係

調整による方法によって、激しいフリッカを発生させてみると、フリッカの発生していないときにはただ一つみえていたダイノードスポットが写真4に示すように、上下にわかれて二つに見えるようになる。この際、上側のスポットが元の位置から上方に移動して二つに分かれる。この二つのダイノードスポットをオシロスコープでラインセレクトして観測してみると、上側にみえるスポットは必ず偶数フィールドにのみ存在し、下側のスポットは奇数フィールドにのみ存在することがわかる。この事実、フリッカ発生状態ではビームがターゲットに land する際に、偶数フィールドのビームの方が奇数フィールドのビームよりも余計に垂直走査方向に曲げられることを示しており、その結果、飛越走査は第9図のように不完全な状態となる。この際に解像度パターンを撮影して観測していると明らかに飛越走査が不良となる様子がわかる。先に3の項で述べた実験の結果として、フリッカの発生状態では飛越走査の状態が第8図(1)のようになることを推定したが、これは第9図とまったく同じものであり、二つの推定が一致している。

ところで、多くの実験の結果は、フリッカを発生しているときの飛越走査の状態はどのカメラについても必ず第8図(1)のようなものとなり、その逆の(3)のようにはならない。このようになる理由については、前述の beam landing の機構のみでは説明がつかず、まだ決定的な結論は得られていないが、多くのカメラ、同期信号発生器、カメラ電源などについて実験した結果つぎのような推論を得た。

(b) イメージオルシコンの垂直、水平両偏向コイル間の相互誘導によって生ずる飛越走査の不良

垂直、水平偏向コイル間の相互誘導は極力小さくなるように製作されているが、多くのカメラについて実測した結果では、両コイル間には数十 μH の相互誘導係数を持つことは避けられない。その結果、垂直偏向電流中に水平周波数成分が混入するが、奇数フィールドと偶数フィールドとでは走査線半分のずれがあるためにその合成された垂直偏向電流波形は、奇数フィールドのものと

第9図

と、偶数フィールドのものとで僅かの差を生じ、それが飛越走査を不完全にする理由となる。この差はきわめて僅かであるが、これが偶数フィールドのビームが land する際に余計に曲げられるきっかけを与える。そしてその際、ビームがひずんでいると(a)の項で述べたように自動的に、さらに飛越走査が不良となっていくものと思われる。

5. アライメントを最良に調節した状態においてある一部分(殊に左上コーナーに多い)にフリッカを発生する理由

フリッカを発生している部分では、2の項に述べた実験の結果で明らかのように、ビームの入射方向と垂直走査方向との関係が第5図の(1)のようになっているが、なぜ部分的にこのような状態となるかについては低速度

第10図 偏向磁界中におけるビームの運動(理想的な場合)

写真4 フリッカが激しく発生する場合のダイノード・スポットの状況

第 11 図 偏向磁界中におけるビームの運動
(不良な場合)

第 12 図 ターゲット面上のビームの入射方向分布

ビーム撮像管の偏向磁界におけるビームの運動を理解すれば、容易に説明することができる。第 10 図および第 11 図に偏向磁界中のビームの運動の一例を示した。ここではつぎの仮定を設ける。

(a) 電子銃から発射した電子は全部管軸に平行に出て、偏向磁界に入るまでは集束磁界にそって直進する。

(b) 偏向磁界は偏向コイルの存在する部分にだけ存在し、同一時刻には均一な強さを有する。

電子ビームの運動状態は G_4 , G_5 電圧、ホーカス磁界の強さ、ホーカスモジュレーション電圧などによって決

定され、複雑なものであるが、偏向磁界中に入った電子は軸上を進んだ場合を除きすべて磁力線にそって螺旋運動をしながら偏向磁界中を進み第 10 図の QA 面に達する。QA 面に突入するときの電子ビームの入射角度が重要であり、QA 面に垂直に突入することが望ましい。第 10 図には理想的な状態を示したが、このように PQ 軸後面よりみた円運動が正の整数回転をちょうど完了して Q 点に達すると、ビームは QA 面に垂直に突入し、QR 間の磁力線方向と一致し、QR 間では螺旋運動を起さずに直進してターゲットに垂直に入射する。カメラでは、解像度最良となるように G_4 電圧を選んだとき、QA 面に達するビームもまた垂直に入射するように設計されているが、完全にこのようにすることはむずかしく、また QA 面のある一部分では垂直に入射しても、全面にわたってこのようにすることはむずかしく、中心から離れる程螺旋運動の半径も大きくなって、垂直に入射にくくなる。

第 11 図に不良な場合の一例を示したが、このようにループが完結せず途中で QA 面に達するとその面に曲って入射して QR 間の磁力線とある角度をもって交わり、この間でも螺旋運動を起こしてターゲットに垂直に入射しなくなる。このような入射の方向をターゲット全面について考えてみると、第 11 図の P 点においてビームが磁力線と交る状態は刻々と変化し、ターゲットへのビームの入射方向の分布（ターゲット面と平行な方向成分の分布）は第 12 図のようになり、場所によって 360 度の異なった指向性を持つ。これらのビームのうちで第 12 図の (2) のような場合のみがフリッカとなるのであるから、第 12 図 (1) のような分布の場合には左上コーナーにフリッカが発生することになる。これが部分的にフリッカが発生する理由である。この推論の正しいことはつぎに述べる実験によって証明することができる。

6. 偏向反転によるフリッカ発生位置の変化

2. および 5. に述べた理論から考えると、イメージオ

第 13 図 フリッカ発生位置と偏向方向との関係

第 14 図 フリッカ発生位置とホーカス電流との関係

ルシコンの偏向の方向を逆にすると、フリッカの発生位置が移動することが予想される。第 13 図に偏向反転したときの発生位置の変化の状態を示したが、殊に垂直偏向を反転したときにフリッカの発生位置が左上から右下に（モニタ面上では右上に）移動することは、第 13 図および第 12 図から容易に説明がつき、推論が正しいことを証明することができる。

7. ホーカス電流を変化した場合のフリッカ発生位置の変化

第 12 図に示したようなビームの入射方向分布は、ホーカス電流値によって変化するから、電流値が変わればフリッカの発生位置も変化する。ホーカス電流を 50mA から 80mA まで変化した場合の発生位置の変化を第 14 図 (1) に示す。

またホーカス電流の向きを反転し、ホーカス電流を同じく 50mA から 80mA まで変化した場合を第 14 図 (2) に示す。ホーカス電流の向きを反転すると偏向磁界中におけるビームの螺旋運動の回転方向が逆となり、ターゲットへの入射方向も逆となるので発生位置は大きく変化する。その他、 G_4 電圧、 G_5 電圧によっても発生位置は変化する。フリッカが左上に発生することが多い理由は、ホーカス電流を 75mA に選び、 G_4 、 G_5 電圧を最良の状態に調整すると、たまたまそのビームの入射方向の分布が第 12 図 (1) に示したような状態となり、左上に発生しやすい条件がそなわったからである。

対 策

根本的な対策としては走査ビームの飛越走査を完全にするとともに、垂直走査方向の電流密度分布の非対称をなくすることが一番望ましい。しかし両者を満足することが困難な場合、一方を完全にすることで、フリッカは除去できる。これらについては目下実験中であ

るが、現在までに考えられることおよび暫定措置として採用している方法についてのべる。

(a) イメージオルシコンの電極のうち、走査ビームに関係する電極電圧の調整を最適値に選ぶこと。特にオルシコンホーカス電圧を解像度最良の点より僅かにデホーカスすることにより除去または減少できる。これはデホーカスすることによりビームのひずみが軽減されるためと考えられる。

(b) 特性の項でのべたように温度の低いときはフリッカが発生しやすい。このためターゲット温度を使用温度範囲 $35^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ の間で解像度を害さぬ程度に高くする。すなわち 40°C 以上に保つことにより軽減される。

一般にターゲット材質で比抵抗の高いものほど温度の影響を受けやすく、低い温度状態で使用すると激しいフリッカとなりやすい。

(c) すでに知られているように入射光量によりフリッカの発生状態は変化する。一般に光量を減ずることは SN 比および解像度の点より不利なので増す方向でフリッカを軽減させる方がよい。

(d) 発生機構でのべたように、アライメントの完全に調整された位置より、モニタ画面上で僅か下にずらすことにより、フリッカは大いに軽減できる。

(e) 同期信号のうち、特に垂直駆動パルスにジッタを生じていると飛越走査不良を起こし、フリッカを発生する。このときは特にランダムなフリッカとなりやすいからジッタのない信号を使用しなければならない。これは同期信号発生器の周波数通降回路およびパルス成形回路の動作不安定を除去すればよい。

(f) カメラの偏向コイルの相互インダクタンスによる飛越走査不良は、フリッカ発生原因の根本的なものでないことを前項でのべたが、しかし、トランジスタカメラでのフリッカ発生件数の少ないところから、ある程度

第 15 図 走査ビームと線走査の関係

有効と考えられるので、相互インダクタンスが最小になるように再調整するか、または偏向コイルの巻数を少なくして偏向出力回路を低インピーダンス大電流方式とし、相互インダクタンスを減少させる方法もよい。また、これに関連して垂直同期信号よりパルス幅・マルチ回路を通して垂直走査周波数の 1/2 (日本では 30c/s) の方形波を作り、これを垂直偏向コイルに重畳して飛越走査の不完全を矯正してやる方法について実験し、相当の効果をあげているが、なお詳細について検討中である。

低速度走査撮像管におけるフィールド間の出力電流のレベル差についての解析

低速度走査撮像管におけるフィールド間の出力電流の差異については、先に低速度走査撮像管の Beam Landing に関する論文¹⁾において、結果のみ記述しておいたのであるが、ここでは若干詳しく解析し、さらにその後行なった解析の結果を述べるが、紙数の関係上、きわめて要点のみを述べる他なく、意を十分尽すに至らなかったが、前論文^{1), 2)}および前述の実験結果を参照のうえ、適宜理解願いたい。なお本考察は、イメージオルシコンのみならず、ビジコン、cps エミトロンなど低速度走査形の撮像管に関してすべて適用しうるものである。

1. 線走査の場合の Beam Landing

低速度走査においてターゲット直前におけるビームの軸方向速度分布は熱陰極における maxwell の分布形がそのまま加減速されたものと近似的に考えると、走査点における $V_e \sim V_e + dV_e$ の速度をもつ電流は、

$$dj(V_e, x, y) = J(x, y) \cdot \frac{e}{kT_b} \cdot e^{-\frac{e}{kT_b}(V_e - V)} \cdot dV_e \quad (1)$$

で与えられる。ここに $J(x, y)$ は走査点における電流密度分布、 e は電子電荷、 k はボルツマン定数、 T_b はビーム温度、 V_e はターゲット直前における電子速度、 V は陰極電位に対するターゲット面電位に陰極、ターゲット間の接触および接地電位差を加えたものである。簡単のため $p = e/kT_b$ とおくと、 T_b したがって p の値はターゲット電流によって変化する。しかしイメージオルシコ

ンのような微小電流の場合は、熱陰極温度から理論的に計算された値で十分近似される。

(1) 任意の初期面電位の場合の一般解

第 15 図のように、ビームが一定速度 u で x 方向に走査した場合、任意の微小部分 $\Delta x, \Delta y$ の面電位 V の変化の状況によってつぎの場合が考えられる。(a) V が走査間常に正、(b) V が走査間常に負、(c) V が走査前に正で、走査により漸次低下して零となり、ついで負となる場合。それぞれの場合の結果については、面電位の変化は第 16 図のごとくなるが、この詳細については文献 1) を参照されることとして、ここでは撮像管の通常動作状態である (c) の場合に限って、その結果だけを挙げておく。

ターゲットの単位面積当りの蓄積容量を C_0 、反射率 R (一定)、走査直前および直後の面電位をそれぞれ V_s および V_s' とすれば、この場合は $V_s \geq 0, V_s' < 0$ であり、

$$V_s = \frac{1-R}{C_0 u} \int_{x_1} J(x, y) \cdot dx \quad (2)$$

$$e^{-pV_s'} - 1 = \frac{1-R}{C_0 u} \int_{x_2} J(x, y) \cdot dx \quad (3)$$

となる。ここに X_1, X_2 はビームの Δy における x 方向分布の全領域 X を、 V が零となる点でわけたものである。また出力電流 I は

$$I = \frac{C_0 u}{p} \int_Y dy \cdot \left[p V_s + \log \left\{ 1 + \frac{p(1-R)}{C_0 u} \int_{x_2} J(x, y) \cdot dx \right\} \right] \\ = C_0 u \int_Y (V_s - V_s') \cdot dy \quad (4)$$

で与えられる。

(2) 定常状態の場合

撮像管の通常動作状態では、一定の入力の下に何回かの走査の後定常状態にある場合の面電位および出力電流が必要である。一定の入力 (光電流、光導電流、暗電流、イオン電流、漏洩電流など) がフレーム時間 τ の間に任意に蓄積され、ターゲット面電位が ΔV 上昇するとすれば、定常状態においては、

$$V_s = V_s' + \Delta V \quad (5)$$

第 16 図 線走査におけるターゲット面電位の変化 ($J(x, y) = J_0$ (一定) の場合)

テレビジョン

の関係が成立する。イメージオルシコンの直線部分やビ
ジコンの場合には面電位に制限なく、一定の ΔV に対
し V_s が決定されるが、イメージオルシコンの飽和部分
においては、面電位が外部的に制限をうけ、ある値以上
にはなり得ず、これを超える入力の場合には面電位上昇
が減少して平衡する。したがって V_s が一定であるに対
し ΔV が変化する。以下においては直線部分の場合の
みを取扱う。簡単のため

$$K = \frac{\rho(1-R)}{C_0 u} \int_x J(x, y) \cdot dx \quad (6)$$

とおき、これを Beam Landing 係数と称するが、これ
は一般に y すなわち垂直方向の関数となる。

$V_s \geq 0$, $V_s' < 0$ の直線特性の場合には、(2)~(6) か
ら

$$\varepsilon^p (\Delta V - V_s) - 1 + \rho V_s = K \quad (7)$$

$$I = C_0 u \cdot \Delta V \quad (8)$$

が求められる。

2. 面走査の場合の Beam Landing

以上は1本の走査線の場合についてのみ解析したが、
実際の動作状態である面走査を行なった場合について考
える。この場合走査線幅と走査ビーム幅の関係が問題と
なる。ここに走査線幅とは走査面の垂直方向(y 方向)に
関し相隣れる走査線間の間隔を、走査ビーム幅とはビ
ームスポットの y 方向の拡がりを示す。

走査線幅については飛越が完全か不完全である場合が
考えられ、最も一般的には第 17 図(a)のように S_a , S_b
の1対の走査線幅をもつ場合となる。飛越が完全である
場合には $S_a = S_b = S$ となる。

走査ビーム幅は有限または無限の値をとりうるが、ま
ず有限の場合を考え、無限の場合はこれを延長して考え
ればよい。したがって以下走査ビーム幅を有限値 β で表
す。

以上から走査線幅 $S(S_a, S_b)$ と走査ビーム幅 β の間
に、(1) $S > \beta$ (2) $S = \beta$ (3) $S < \beta$ の場合が考えられ
るが、(3) の場合は走査ビームの軌跡が y 方向に関して
互に重なり合うこととなり、走査面の一部または全部が
異なった軌跡をもつビームによって1フレーム中に2回
以上の走査をうけることとなる。これがこれから考える
べき場合であって、通常の撮像管の状態である。

(1) 一般解

最も一般的な場合として、第 17 図 (a) のように、
Beam Landing 係数 $K(y)$ が任意の形をもち、その有
限な幅が β で、 S_a , S_b の1対の走査線幅がいずれも β
より小さい場合について考える。

簡単のため相隣れる走査ビームの軌跡 (以下ビームと
称す) のみが互に重なり合う場合について考える。三つ

第 17 図 ビームの電流密度分布と走査線
の相互位置と出力電流との関係

以上の近接するビームが重なり合う場合も、以上とまっ
たく同様な結果となる。この場合図から明らかなように、
例えば2と4、および3と5といった具合に、1対の走
査ビームの軌跡が考えられる。

第 17 図 (a) の Y_a の領域についてまず考えると、
 Δy の微小帯域についてビーム1の走査により、任意の
初期面電位 V_{1a} から $V_{1a'}$ に変化したとすれば、

$$\varepsilon^{-pV_{1a'}} - 1 + \rho V_{1a} = K(y) \quad (9)$$

が与えられる。以下1, 2, 3……の suffixes はビーム1, 2, 3,
……の走査をうける場合を示し、a, b, c, の suffixes は領
域 Y_a, Y_b, Y_c における値を表わす。V は走査直前、V'
は直後の面電位である。

つぎに Y_a の領域の同じ Δy をビーム2が走査した
場合は、

$$\varepsilon^{-pV_{2a'}} - 1 + \rho V_{2a} = K(y - S_a) \quad (10)$$

となる。ここに $K(y - S_a)$ は (9) における $K(y)$ に対
し、この場合に相当する K の値が S_a だけ偏位されたも
のであることを示す。したがってビーム2が走査した場合
に Y_a から取り出される電流は、

$$I_{2a} = C_0 u \int_{Y_a} (V_{2a} - V_{2a'}) \cdot dy \quad (11)$$

で与えられる。以下同様に Y_b, Y_c における面電位
変化および出力電流 I_{2b}, I_{2c} が求められ、全体としてビ
ーム2によりとり出される電流は、

$$I_2 = I_{2a} + I_{2b} + I_{2c} \quad (12)$$

となる。

(2) 定常状態

第 18 図 ビームの電流密度分布と
飛越走査との関係

フレーム時間 τ の間に一定の入力によって ΔV の面電位上昇が生ずるとすれば、定常状態では Y_a において、

$$V_{1a}' + \Delta V/2 = V_{2a}, \quad V_{2a}' + \Delta V/2 = V_{1a} \quad (13)$$

Y_c において、

$$V_{2c}' + \Delta V = V_{2c} \quad (14)$$

となる。以下同様な関係が成立し、これを一般解に代入すれば、つぎの関係式が与えられる。

$$\begin{aligned} \varepsilon - pV_{1a} \cdot \varepsilon^{\frac{p\Delta V}{2}} - 1 + \frac{p\Delta V}{2} - \log\{1 - pV_{1a} + K(y)\} \\ = K(y - S_a) \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon - pV_{2a} \cdot \varepsilon^{\frac{p\Delta V}{2}} - 1 + \frac{p\Delta V}{2} - \log\{1 - pV_{2a} + K(y - S_a)\} \\ = K(y) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon - pV_{2b} \cdot \varepsilon^{\frac{p\Delta V}{2}} - 1 + \frac{p\Delta V}{2} - \log\{1 - pV_{2b} + K(y)\} \\ = K(y - S_b) \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon - pV_{3a} \cdot \varepsilon^{\frac{p\Delta V}{2}} - 1 + \frac{p\Delta V}{2} - \log\{1 - pV_{3a} + K(y - S_b)\} \\ = K(y) \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon - pV_{3a} \cdot \varepsilon^{\frac{p\Delta V}{2}} - 1 + \frac{p\Delta V}{2} - \log\{1 - pV_{3a} + K(y)\} \\ = K(y - S_a) \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon - pV_{4a} \cdot \varepsilon^{\frac{p\Delta V}{2}} - 1 + \frac{p\Delta V}{2} - \log\{1 - pV_{4a} + K(y - S_a)\} \\ = K(y) \end{aligned} \quad (20)$$

(15) と (19) をみると、まったく同じ形であり、かつ第 17 図から明らかなように、その積分領域は Y_a であり、 $K(y)$ したがって $K(y - S_a)$ はまったく同じであるから、明らかに、 $V_{3a} = V_{1a}$ である。同様に $V_{4a} = V_{2a}$ であり、したがって一般に、

$$V_{2n-1} = V_{2n+1}, \quad V_{2n-1}' = V_{2n+1}' \quad (21)$$

$$V_{2n} = V_{2n+2}, \quad V_{2n}' = V_{2n+2}'$$

となって、相隣れる 1 対のビームを考えた場合、 $S_a + S_b$ の範囲毎に同じ面電位変化が繰返えされる。

つぎに出力電流は面電位変化の繰返しの関係から考えて、1 対のビームからの和が一定となることが想像される。実際に計算の結果、

$$\begin{aligned} I_n + I_{n+1} &= C_0 u \Delta V (Y_a + Y_b + 2 Y_c) \\ &= C_0 u \Delta V (S_a + S_b) \end{aligned} \quad (22)$$

となり、これが実証される。

つぎに飛越が完全の場合、すなわち $S_a = S_b = S$ の場合について考えてみると、 $Y_a = Y_b$ の関係から容易に、 $V_{1a} = V_{3a} = V_{2b} = V_{4b}$, $V_{2a} = V_{3b} = V_{4a}$ の関係が求められ、したがって出力電流は、一般に

$$I = C_0 u \Delta V S \quad (23)$$

となって、すべてのビームに対し一定となる。

また走査線幅に対をなすが走査ビームの電流密度分布が軸対称で $K(y)$ が第 17 図(c) に示すように、 y に関して対称である場合には、 $V_{2b} = V_{3b}$ の関係から、出力電流は一般に、

$$I = C_0 u \cdot \Delta V \frac{S_a + S_b}{2} \quad (24)$$

となって、一定となる。

以上の結果は $V \geq 0$, $V < 0$ の場合について求めたが、 $V \leq 0$, $V' < 0$ の場合にも同様である。したがって以上を要約すると、定常状態においては、つぎの結論が得られる。

(1) 任意の電流密度分布をもち、不完全な飛越走査をなす場合には、隣り合う 1 対の走査線における出力電流の和は一定である。

(2) 任意の電流密度分布をもち、完全な飛越走査が行なわれている場合には、出力電流は一定である。

(3) 飛越走査が不完全であっても、電流密度の水平方向に関する積分値の垂直方向分布が対称である場合には、出力電流は一定である。

(3) 第 1 および第 2 フィールド電流の差異

以上で走査ビームの電流密度分布が非対称で、飛越走査が不完全な場合にのみ第 1 および第 2 フィールドの出力電流に差異が生じ、フリッカの原因となることが明らかとなったが、ではどのような条件でどのようにこの差異が現われるかについて、さらに検討してみる。

例えば I_2 と I_3 の差異を考えてみるに、

$$\begin{aligned} I_2 / C_0 u &= \int_{Y_a} (V_{2a} - V_{2a}') \cdot dy + \int_{Y_c} (V_{2c} - V_{2c}') dy \\ &\quad + \int_{Y_b} (V_{2b} - V_{2b}') \cdot dy \\ I_3 / C_0 u &= \int_{Y_a} (V_{3a} - V_{3a}') \cdot dy + \int_{Y_c} (V_{3c} - V_{3c}') \cdot dy \\ &\quad + \int_{Y_b} (V_{3b} - V_{3b}') \cdot dy \end{aligned} \quad (25)$$

において、上述の関係式を代入すれば、 I_2 および I_3 が求められるが、この計算は簡単に行なわれない。したがってここでは近似計算を行なってみる。走査直後の面電位 V_{2a}' , V_{3a}' , V_{2b}' , V_{3b}' が十分零に近いと考えるが、

第 19 図

この条件は走査ビーム電流を必要最小限に絞って動作させる撮像管の通常の動作状態において、十分考えられることである。

前述の関係式の $\varepsilon^{-p''}$ を展開し、二次項までとって近似計算を行なえば、

$$\frac{p(I_2 - I_3)}{C_0 u} = \int_{Y_a} \{K(y - S_a) - K(y)\} \cdot dy + \int_{Y_b} \{K(y) - K(y - S_b)\} \cdot dy \quad (26)$$

が求められる。したがって第 18 図のような場合を考えてみると、図の関係から容易に、

$$\frac{p}{C_0 u} (I_2 - I_3) = A_3 - A_2 < 0 \quad (27)$$

の関係が明らかとなり、このような関係の状態では、第 1 フィールドの出力電流が第 2 フィールドのそれより小

さいことがわかる。

以上の結果を総合して、電流密度分布の形と走査線の関係のすべての組み合わせの場合を考えてみると第 19 図のようになる。

む す び

イメージオルシコン・フリッカの特性、原因および発生機構についての大部分が明らかになり、これを基にフリッカを除去または軽減でき相当画質を改善することができた。

フィールドメッシュ型イメージオルシコンにおいては、ターゲット直前に設けられたフィールドメッシュによって、ターゲット前面にわたってビームが垂直に入射するように改善されるからフリッカはかなり軽減される。しかしフィールドメッシュが存在するため、フリッカ発生機構が受ける他の影響が認められるので、現在研究継続中である。また、ビジコンカメラにおいてみられるフリッカについても調査中であり、これらはいずれもつぎの機会に発表したい。

終りに、この調査実験についてご援助およびご指導くださった五嶋放送総局総務、辻田技術現業局長、また有益なご助言をいただいた技術研究所山下次長、また調査実験にご指導および協力くださった山口技術現業局次長吉原第 2 テレビ調整部長、現在室蘭テレビ放送所長になられた梅原晴雄氏さらに種々検討に協力された技研電子管研究部および TV 用電子管研究委員会の方々に深謝する次第である。

(昭和 36 年 8 月 10 日受付)

【参考文献】

- 1) 吉永義輝：低速度走査撮像管における Electron Beam Landing, 信学誌, 40, 10, (1957. 10), 1088~95
- 2) 吉永義輝：イメージオルシコンのフリッカー発生原因に関する一考察, 第 32 回 TV 用電子管研究委員会資料 No. 115 (昭 35. 12. 14)

神栄電機株式会社
 本社 神戸市生田区中山手通2の108
 電話 3-5721 (代)
 東京営業所 東京都中央区銀座西3の1
 (並木ビル)
 電話 561-9381 (代)
 エ 場 京 都 ・ 長 野

ポリスチロール
マイラー
チューブラ
M
低圧進相用
通信機用
各種コンデンサ

◎ N D S
認定品
カタログ贈呈

Reliable and Stable

ポリスチロール マイラー チューブラ

Right Quality and Uniformity