

# 焦 点 検 出 装 置 II<sup>1,2)</sup>

Focus Detection II

鈴 木 武 臣\*

Takeomi SUZUKI

## 1. 緒 言

前報において提案した複合検出方式の具体的構成におけるその特徴, 問題点および従来技術との関連を述べる。

## 2. 従来技術との比較

本方式も含めて従来より提案されている一眼レフ用の合焦検出装置においては何らかの意味の光束分割器を必要としている。図1は鮮鋭度法に用いられる分割器の代表例で半透鏡による振幅分割を行っている。ところでこれには実用上大きな問題点が存在する。すでに述べたとおり被写体から発する光束は広範にその性格を変える。特に問題は分光分布および偏光状態で半透鏡の特性はこれらに強く依存する。半透鏡としては金属膜が多く用いられるが波長依存性を小さくするためには白金, ロジウム等貴金属類を必要とする。またその際の光吸収率も30~50%と大きい。受光素子として用いられるホトダイオードの感度は現在ほとんど余裕がないのでこの光損失は重要である。誘電体多層膜あるいは金属-誘電体多層膜を用いれば光損失は大幅に低減できるが分光特性まで満足できる半透膜の実現は容易ではない。さらに偏光特性については金属膜はもちろん誘電体膜においてもその依存性を除くのはほとんど不可能である。一般に偏光状態は被写体の表面状態, 照明光の入射角, 反射角, さらに光源の状態によって, さまざまに変化している。と

ここで合焦検出の立場からいえば被写体の光強度分布が大きなコントラストを示す際には多少の偏光状態の変化はほとんど検出結果に影響しない。しかし合焦検出の限界に近い低いコントラストを被写体が示す場合には被写体各部分のわずかな偏光状態の違いは検出される信号に決定的な影響を及ぼす。どの程度の低いコントラストまで合焦検出できるかはこの種の装置の性能評価の上で重要な要素であるので, これは解決されるべき大きな問題といえる。半透膜を利用する場合これを解決するおそらく唯一の方法は偏光子を分割器の前に設けて入射光束の偏光状態を規制することであろう。しかしこれを行うと少なくとも平均50%の光損失(高分子偏光膜ではその他の光吸収も大きい)は避けられない。

上の問題を避ける目的でマイクロな島状の透過領域を散在させた全反射膜を半透鏡として用いることが考えられている。<sup>3)</sup>この方法は光損失および偏光依存性を避けるのに有効な方法である。しかし島構造の反射膜のため光の回折による光検出信号の劣化は避けられず, 結果としてコントラスト検出能力の低下を招くものと思われる。

図2は相関法に用いられる光束分割の方法を示している。ここでは相関法の特徴から波面分割が要請されるため鮮鋭度法におけるような光損失, 分光依存性, 偏光依存性は少ない。しかし(a)の場合は容易に想像できるよ

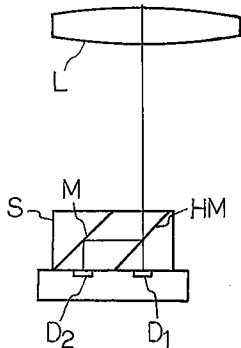


図1 従来の光束分割器 S—鮮鋭度法  
HM: 半透鏡, M: 全反射鏡, L: 撮影レンズ, 受光素子列は紙面に垂直。

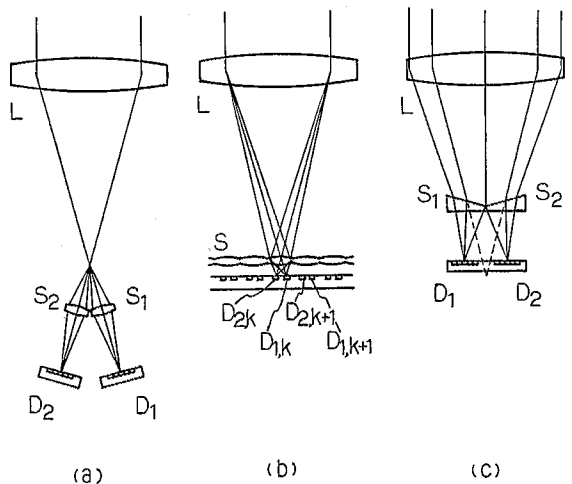


図2 従来の光束分割器—相関法。受光素子列は紙面内

\*東京大学生産技術研究所 第1部

研究速報  
 うに光学系の寸法が過大となりがちであり、また組立ても複雑となる。(b)のような微小レンズの配列はその寸法精度を保つ上で製造の際に困難を伴う。また(c)は受光素子列上の光分割比の一様性を保つのが容易ではない。当然のことながら図2と同様の波面分割を鮮鋭度法に用いることも考えられる。しかし(a),(b),(c)いずれによるにせよすでに前報で述べたとおり波面分割においては分割された2光束による光学像が常に被写体の同一部分に対応するとは限らないので、鮮鋭度法単独で行う限り誤動作を生じやすい。

本方式における光束分割は上述のさまざまな問題の多くを解決するものである。すなわち図1に見られる光損失や分光偏光依存性はほとんど無くまた同時に図2におけるような過大な光学系は必要なく量産上困難を伴うほどの寸法精度も要求されない。さらに波面分割の際に鮮鋭度法で問題となる2光束間の光学像の空間的不一致も相関法との併用により解決されている(前報第4節)。すなわち相関法あるいは鮮鋭度法それぞれ単独の場合にはさまざまな問題をかかえる光束分割手段は両方法を複合化することによりかえって単純かつ製造容易でまた特性も良い手段に置き換えられる。その上総合的な合焦検出性能も複合方式ゆえに有利であるのは明らかである。したがって相関法あるいは鮮鋭度法単独の装置はむしろ不合理であり、本方式あるいはこれに類似する複合方式が必然であるといっても過言ではないように思われる。

3. 本分割方式の問題点とその変形

2枚のレンズを突き合わせて光束を波面分割するのが前報で提案したものである。この波面分割レンズは通常の球面レンズで良いのはもちろんであるが、受光素子列方向の一様性を考えると柱状レンズがより適している。この場合非点収差が発生するのでこれを補償するレンズあるいは反射鏡よりなる光学部材を必要とする。図3は必ずしも最適化されたものではないが、およその寸法概念を与えるものとして一設計例を示すものである。設計上の留意点は受光素子寸法に比較して収差が十分に小さいことのほかに分割された光束間でのクロス・トークがないこと、受光素子面からレンズ上面までの距離がカメラ実装上支障を生じないことを考慮する必要がある。図3は受光素子列間隔  $150\mu$ 、受光素子幅  $60\mu$  として受光素子列に直交する方向の受光面の拡がりは最大  $210\mu$  として設計している(以上の数値は撮影レンズから見た実効値)。

なお上述の分割レンズと同様の動きを有する手段を考えるとまず図2の(c)のような平面プリズムが考えられる。しかしこの場合収差がかなり大きくなる。受光素子面と同プリズムとの距離を大きくして屈折角を小さくす

れば収差は小さくなるが、分割光束間のクロス・トークが避け難くなる。図4のように平面反射鏡を用いれば収差の問題は生じないがやはり分割光束間のクロス・トークを避けるのに留意が必要となろう。

前報に示した計算例では入射光束は撮影レンズ瞳面上で理想的に波面分割されるものとした。しかし図3および図4の例いずれにおいてもこれは正確を欠き、正しくは分割レンズの瞳面において波面分割が行われている。ところで受光素子配列は光束分割の方向にも空間的拡がり有するから、この光束分割面と撮影レンズ瞳面との不一致は光束分割比に誤差を発生させる。図5はこの様子を示すもので像面上AおよびB点に対応する撮影レンズ瞳上の分割点a,bは一致せずしたがって光束分割

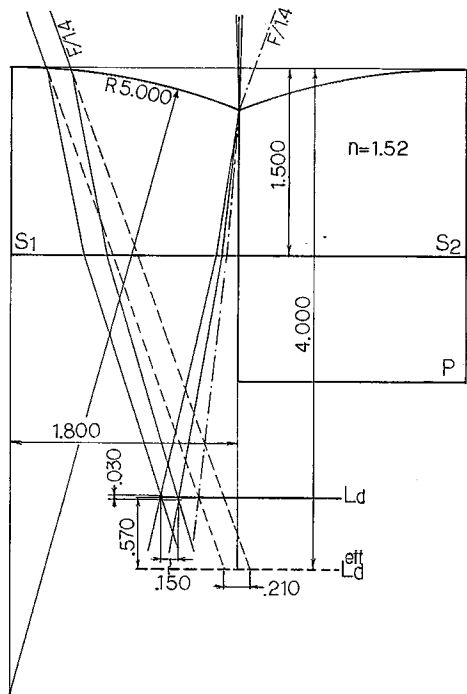


図3 光束分割器の設計例

La: 受光素子面, Ld<sup>eff</sup>: 撮影レンズから見た実効的な受光素子面, - · - · - : S<sub>2</sub>を透過した最外郭光線, F=1.4, 単位 mm

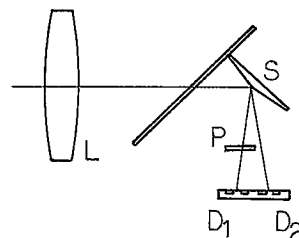


図4 光束分割器の他の例

研 究 速 報  
 比が互いに異なってくる。この分割比は各受光素子列毎の平均の光強度信号を正規化すれば補正できるが、信号処理をマイクロコンピュータによるソフト・ウェアに依存する場合には乗除算を伴うため処理時間に多大の負担が生じる。ところでこの分割比の不釣合いは図5の瞳領域  $\overline{ab}$  において発生するのであるから、いくぶんかの光損失を伴うがCのような光不透過な障壁で  $\overline{ab}$  を覆うことにより光学的に補正するのが良いように思われる。

図6(a)はやや考えを異にするがやはりこれまでの方法と同様の効果を有する光束分割のもう一つの例である。ここで、受光素子列は紙面に垂直に配列され、分割レンズSも紙面垂直方向に一樣な柱状のレンズである。この場合受光素子面の分割レンズSによる共役点を撮影レンズの瞳上にほぼ一致させるので、光束分割比には原理上は誤差は生じない。ただし分割レンズSはAB間距離にほぼ相当する微小なものとなる。この方法は図6(b)のように受光素子列を各2列に限らずさらに多くの受光素子列を光束分割の方向に配置する場合に有効な方

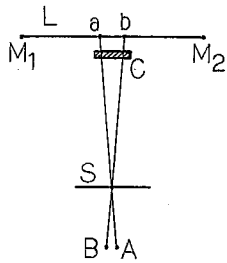


図5 光束分割比の補償方法  
 L: 撮影レンズの瞳, S: 分割器の瞳, C: 補償のための障壁

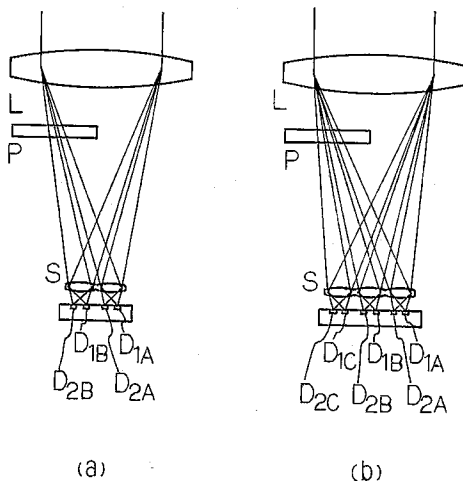


図6 光束分割の他の方法  
 受光素子列は紙面に垂直

法である(現在のところその必要性はあまり感じられないが)。これに対し図3, 図4の方法では光束分割の方向に3列以上の多くの受光素子列を設けると光束分割比の不釣り合いがはなはだしくなり、またその補正も困難となるので現実的とはいえない。

4. 電気回路

本論で述べてきた装置が現実的意味を有するのはすべてIC技術に依存している。しかし回路に関する限り従来良く知られている技術の単純な組合せでも本装置は十分に実現できる。この意味で以下に述べることはこれまでの議論に較べてその意味合いが異なる。やはり合焦検出装置に関する技術上重要な点はこれまでに述べた検出原理やそれを実現する光学系にあるといえよう。

しかし合焦検出装置には従来のTV用などの撮像装置とは異なる特有の問題もあるので、従来の撮像用回路を単に転用するよりは本装置に適した回路を構成するのが望ましい。図7はこのための回路である。なおここで信号処理および回路制御には在来のA/D変換器およびマイクロコンピュータを用いるものとする。同図においては従来の固体撮像回路と同様に光積分方式を採用している。ただし従来の回路ではホットダイオード充電時に生ずる過渡的電流を信号として、いわばダイナミックに光

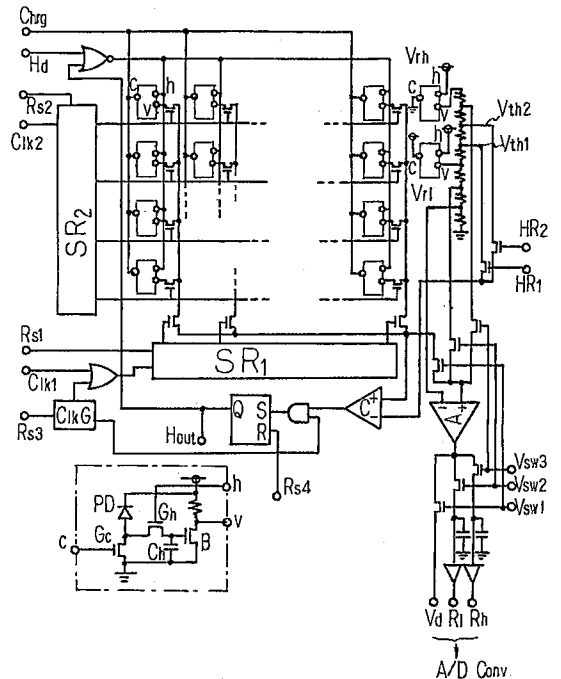


図7 受光素子(ホットダイオード)周辺回路  
 SR<sub>1</sub>, SR<sub>2</sub>: シフトレジスタ, PD: ホットダイオード, ClkG: クロックジェネレータ, B: バッファ, C<sub>h</sub>: ホールド用コンデンサ

研究速報

強度を検出しているのに対して、本回路ではバッファ B を設けることでホットダイオードの電位を常時非破壊的にスタティックに観測できるようにしてある。このため在来回路に見られる寄生信号補償の回路は必要なく、寄生信号を避けた安定な信号の取り扱いが可能となる。またホットダイオードに直接つながる静電容量もバッファ B 以降の布線が影響しないために小さい。したがって信号のレベルも従来に較べて 1 桁以上大きくこのため増幅器 A の増幅度も小さくて良い。さらにスタティックな信号生成であるので後述のように A/D 変換のための参照信号の発生も容易である。本回路では各ホットダイオードにバッファ B が設けられているためホットダイオード当たりの回路は複雑となるが、合焦検出装置に必要なホットダイオード数は TV 用の撮像装置に較べてはるかに少ないので、これはそれほどの負担とはならない。むしろ上述のさまざまな利点から周辺および補助的な回路が大幅に簡略化できるので全体の回路規模はむしろ小さくまた動作の安定性も良い。

さらにこのような回路構成を選ぶ最大の理由でかつ最大の利点として、被写体の明るさに応じて光積分時間が広範に自動的に調節できることがあげられる。すなわち光積分はまず端子  $C_{hr}$  のパルスによるホットダイオードの一斉充電により開始される。光積分中のホットダイオードの電位  $V$  はバッファ B を通して非破壊的に常に観測可能となっているので或る特定の受光素子列の出力電位  $V$  をシフトレジスタ  $SR_1$  により高速に走査し、いずれか一つのホットダイオードが定められたレベル  $V_{th1}$  に達するとコンパレータ C および R-S フリップ・フロップによりスイッチ  $G_n$  をオフにして全ホットダイオードの出力電位  $V$  を一斉にホールドする。ホールド後全電位信号はシフトレジスタ  $SR_1, SR_2$  により順次アクセスされ A/D 変換されてマイクロコンピュータ内に記憶されさらに処理される。なお被写体の照度が極めて大きい場合には  $SR_1$  による高速走査の監視でも間に合わずに信号のダイナミック・レンジを越えてしまうホットダイオードが現れる。そのため電位信号をホールドした後コンパレータ C の参照信号を  $V_{th1}$  から  $V_{th2}$  ( $V_{th2} > V_{th1}$ ) に切り換えて改めて 1 走査を行い  $V_{th2}$  を越えるホットダイオードがあるか否かを調べる。すべてが  $V_{th2}$  以下であればそのまま A/D 変換に入れば良いが、 $V_{th2}$  を越えるホットダイオードがある場合にはこれはダイナミック・レンジを越えているものと見なして最初から光積分をやり直す。ただしこのときの光積分時間は前回の時間の  $\alpha$  倍 ( $0 < \alpha < 1$ ) とし時間経過後は端子  $H_d$  により強制的に全信号をホールドする。以上の操作を繰り返してすべての電位信号  $V$  が  $V_{th2}$  以下になったら A/D 変換の過程に入

る。このようにして被写体の照度が広範に変化しても自動的に光積分時間を制御し常にすべてのホットダイオードがほぼそのダイナミック・レンジ内の適正レベルの信号を有するようにできる。なお光積分のやり直しは照度が大きく、したがって光積分時間が短い場合だけに生じるのでこれを行っても全体の処理時間が過大となることはない。

IC 回路は周囲の温度や電源電圧等によりその特性を変え、また各チップあるいは各ロットごとの特性変動も少なくない。したがって回路はできるだけ自己補償的な構成にして外部からの人為的調節の必要性をできるだけ減じるのが重要である。すでに述べたように本回路ではスタティックな光信号検出を行っているので基準信号生成用にも同様の回路を用いることで自己補償的にするのが容易である。すなわちホットダイオード単位の回路とほぼ同様の回路  $V_{rn}$  および  $V_{r1}$  (光の入射は必要でない) を設け、一方はホットダイオードが常に充電状態、他方は常に放電状態とし両者の出力電位間を必要に応じて分割して  $V_{th1}, V_{th2}$  の参照信号を発生させる。A/D 変換器用の参照信号には光強度信号と同じ増巾を行った後これをホールドして用いる。ただしこのための増幅器は光強度信号用と共用にして特性変動による誤差を除く。

以上で回路の主要な説明を終わるがこのほかに留意する点は回路規模 (IC の大きさ)、コスト、消費電流である。幸いにも図 7 の回路はたとえば受光素子数 1 列当たり 32 個、合計 128 個としてほかの A/D 変換器、マイクロコンピュータを合わせても IC の大きさ、コスト共に十分にカメラに納まるものになる。A/D 変換器には合焦精度の必要上 8 ビットのものが良いが在来のもので十分に間に合う。残された一番の問題点は消費電流である。したがって図 7 に示された以外にさまざまな電流節減のための回路を付加することが望ましい。方法としては各処理過程において全回路が同時に働く必要はほとんどないから必要な部分を除いてできるだけ電流を遮断するのが良い。たとえば A/D 変換器の参照信号部は大きな電流を必要とするから A/D 変換に必要なときのみ電流を ON にすると良い。また図 7 のように各受光素子ごとにバッファ B を設けるとその電流も全体ではかなり大きくなる (1 個当たり数 10~100  $\mu A$ )。したがって信号アクセス時だけ必要なバッファのみを順次働かせるのも良いだろう。

(1982 年 8 月 16 日受理)

#### 参考文献

- 1, 2) 鈴木武臣：昭和 57 年春季応物理学会予稿集 p. 68, p. 69.
- 3) 鈴木隆司ほか：特願公開 57-41609