

# 焦 点 検 出 装 置 III

Focus Detection III

鈴 木 武 臣\*

Takeomi SUZUKI

## 1. 緒 言

前報<sup>1,2)</sup>までに述べた複合検出方式のうち主に相関法について、光束分割の瞳条件に重点を置いて論じる。本方式における相関法では光束分割の方向と直交する方向に主として受光素子を配列するのが大きな特徴であるが、この構成は鮮鋭度法との併立のために有用であるばかりでなく、相関法のみ限定して考えても従来の相関法に較べて大きな利点を有することが明らかにされる。

## 2. 従来の相関法における光束分割の瞳条件

図1に代表的な従来の相関法の光学系を示す。第1, 第2の受光素子群  $D_1$  および  $D_2$  に属する受光素子  $D_{1,k}$  および  $D_{2,k}$  は互いに交互に一つおきに一直線上に配列され、受光素子対  $D_{1,k}, D_{2,k}$  は微小レンズ  $S_k$  の光軸  $l_k$  に関して対称にかつ微小レンズ  $S_k$  に関して撮影レンズ  $L$  の瞳と互いに共役関係に配置される。補助レンズ  $C$  は微小レンズ  $S_k$  の光軸  $l_k$  が撮影レンズ  $L$  の瞳の中央  $O$  を通るようにするためのものでこれにより受光素子対  $D_{1,k}, D_{2,k}$  は撮影レンズの瞳を中央で二等分に分割し、それぞれの瞳領域を透過し、かつ微小レンズ  $S_k$  の瞳に収束する光束をそれぞれ検出する。すなわち、すべての受光素子対  $D_{1,k}, D_{2,k}$  について等分の波面分割が行われており、このため受光素子群  $D_1, D_2$  によってそれぞれ検出される光学像の空間的位相は光束分割比の不釣合いの影響を受けることなく正確に比較することができ、したがって正確な合焦判定が行われる。

ところで容易に解るように撮影レンズが  $L$  から  $L'$  に交換されてその瞳位置が移動すると、もはや上述の瞳条件は満たされず光束分割の境界は瞳の中央  $O$  から  $B_k$  に移動する。このため受光素子  $D_{1,k}, D_{2,k}$  にそれぞれ入射する光強度は分割された瞳領域の広さに応じて異なってくる。これを避けるには光検出の上で有効な光束を光束分割の境界近傍のみに制限をして、多少とも境界  $B_k$  が瞳の中央  $O$  から偏っても有効光束が撮影レンズの絞りにかからないようにする必要がある。しかしこれを行うと

相関法の原理から合焦精度の劣下避けられず、またさらに遠方に瞳を有する撮影レンズが用いられれば相変わらず同様の事態となるので問題解決にも限界がある。このような事情から従来の相関法の装置では図1のような光検出系を複数組設けて撮影レンズの種類に応じて光検出系を切り換えるようにしてある。

上のような瞳条件の不整合は、光検出系を固定し、かつ撮影レンズの交換を許す場合には避けることのできないものである。したがって瞳条件の不整合が合焦検出性能にどの程度の影響を及ぼすかという視点から光検出系を評価する必要がある。ところで図1において瞳条件の不整合によって光束分割比の不釣合いが最も著しく生じるのは最両端の受光素子対  $D_{1,0}, D_{2,0}$  および  $D_{1,N-1}, D_{2,N-1}$  に対してであって、その程度は対応する微小レンズの光軸  $l_0$  および  $l_{N-1}$  の互いになす角度  $\theta$  が大きいほど大きい。この角度  $\theta$  は受光素子列の長さ  $e$  と想定撮影レンズの瞳と受光素子列との距離すなわち略想定撮影レンズの焦点距離  $f$  とによって

$$\theta = e/f$$

与えられる。たとえば図1において微小レンズのピッチ  $0.2 \text{ mm}$ ,  $N=16$ ,  $f=50 \text{ mm}$  とすると

$$\theta = 0.2 \times 16 / 50 = 0.064$$

となる。

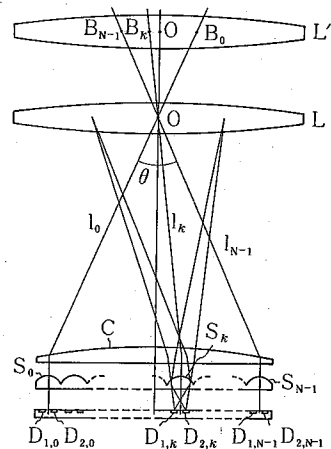


図1 従来の相関法。受光素子列は紙面内

\* 東京大学生産技術研究所 第1部

瞳条件の不整合が合焦検出性能に及ぼす影響を小さくするには上述の角度  $\theta$  を小さくするのが良いが、そのためには受光素子列の長さ  $e$  あるいは受光素子数  $N$  を減じる必要がある。しかし十分な合焦検出機能を保つには十分な光学像情報サンプル数と、大きな検出視野が必要である。このため図1の構成では受光素子数  $N$  をある程度以下に減じることはできない。

3. 本方式の相関法における瞳条件と受光素子配列

比較の容易さからまず図2 (第II報図6(a), ただし位相板Pを除く) について考える。ここでは図1における受光素子数  $N$  に相当する数は2であるから  $\theta$  は明らかに桁違いに小さい。たとえば微小レンズ間隔0.2mm, 想定撮影レンズ焦点距離  $f=50\text{mm}$  とすると

$$\theta = 0.2 / 50 = 0.004$$

となる。このように  $\theta$  が極めて小さくできるので撮影レンズの交換によって瞳条件の不整合が生じても光束分割比への影響はごくわずかで、このため単一の光検出系のみでも多くの種類の撮影レンズに対応できる。なお図2においては  $N$  は小さな数であるが図紙面に垂直な方向に多数の受光素子を配列することにより光学像情報量および検出視野は共に十分大きくできる。

ところで図2が図1に劣る点は“焦点外れ量”の識別能力である。すなわち図1においては焦点外れの方向を検出するのみでなく、受光素子列  $D_1$  および  $D_2$  で検出される光学像の位相ずれの大きさを受光素子配列の周期を単位として検出できることからどの程度焦点から外れているかを多段階に細く分けて知ることができる。これに対して図2ではせいぜい2段階の荒い識別しかできない

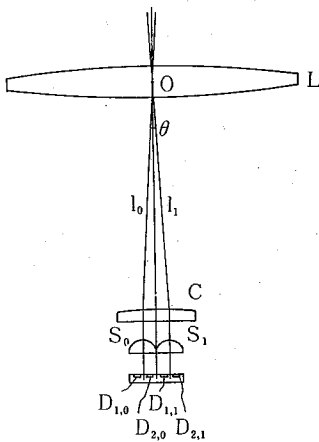


図2 本方式における相関法。補助レンズCは微小レンズ  $S_0, S_1$  の間隔を調節することにより省略も可能である。受光素子列は紙面に垂直。

(第I報における  $SM_1$  および  $SM_2$  の正負から焦点外れ量を2段階に識別できる。第I報図3参照)。一般に光束分割の方向の受光素子配列数が  $N$  の場合、焦点外れ量の識別段数も  $N$  となるからである。

4. その他の光束分割手段の場合

これまでは微小レンズ配列により光束分割を行う場合について述べたが上の議論は波面分割を行う限り、どのような光学系を用いても同様に適用できる。たとえば図3は第II報図2(a)に示した従来の相関法の構成を瞳条件を満足するより完全な形に変形したものである。この場合補助レンズCによって撮影レンズLの瞳と分割レンズ  $S_1, S_2$  の瞳とは互いに共役関係にあり、したがってこの瞳条件が満たされる限りすべての受光素子対  $D_{1,k}, D_{2,k}$  にわたり正しく等分の光束分割が行われる。しかし撮影レンズがLからL'に交換され瞳条件がくずれると図1の場合とまったく同様に光束分割比の不釣り合いが発生する。図3において  $D'_k$  は受光素子  $D_{1,k}$  および  $D_{2,k}$  の分割レンズ  $S_1, S_2$  および補助レンズCに関する共役点で、 $D'_k$  に関する撮影レンズLの主光線  $l_k$  は図1における  $l_k$  と物理的に等価であって光束分割の境界を決定する。瞳条件不整合の際に生じる光束分割比不釣り合いの程度は最両端の受光素子対  $D_{1,0}, D_{2,0}$  および  $D_{1,N-1}, D_{2,N-1}$  に属する  $l_0, l_{N-1}$  の互いになす角度  $\theta$  が大きい程大きいのも前の議論と同様である。したがってこの光学系においても、従来の相関法のように光束分割の方向(図紙面内)のみに直線状に受光素子を配列せず、光束分割の方向の受光素子配列数  $N$  は必要最小限として角度  $\theta$  を小

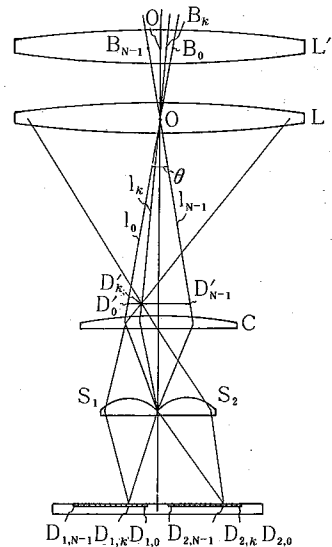


図3 別の光束分割の方法

## 研究速報

さくする一方図紙面に垂直な方向に多数の受光素子を配列することで瞳条件に影響されにくい相関法の合焦検出が可能となる。

もともと図3の構成はたとえ瞳条件が満たされていて、従来のように光束分割の方向に多数の受光素子を配列する限り現実の光学系としては問題がある。すなわちこの光学系は撮影レンズの光軸に関して対称な構成であるから、この光軸に関して互いに対称な位置にある受光素子間でその光検出信号を比較するのであれば問題はないが、実際に比較を行う受光素子対 $D_{1,k}, D_{2,k}$ の間では分割レンズの取差等を考えると対称性はまったく保障されず、したがって両者間では光学系の伝達関数は一般に異なる。その非対称性の影響の程度も最両端の受光素子対において最大で、光束分割の方向の受光素子配列の長さが大きいほどその影響も大きい。この影響を減じるため取差の補償を十分に行うと分割レンズの構成は複雑となりまた光学系の寸法も大きくなる。これに比較して図1の微小レンズ群による光束分割は小さな光学系でこの問題を功みに解決している点で従来の相関法の光学系の中でもひときわ秀逸と言える。このように図3は従来の相関法では問題のある構成であるが、本方式によって光束分割方向の受光素子配列を最小限にすればその非対称性の影響も小さくなるので簡単な構成の分割レンズでも十分満足に機能すると考えられる。

第I報図1に示した光束分割の方法は、受光素子群 $D_1, D_2$ の分割レンズ $S_1, S_2$ に関する共役点の位置の符号が分割レンズに関して正負異なるのみで図3の分割レンズ $S_1, S_2$ と光学的には等価である。しかし第I報図1に明示されているように分割レンズの後側に受光素子の共役点がある場合には図3のように補助レンズCにより光束分割の瞳条件を満たすことはできない。すなわち瞳条件は常に不整合である。したがって従来の相関法であるならばこの光学系は図3以上に問題の多い構成と言える。しかし本方式においては光束分割の方向の受光素子配列の拡がり小さいために瞳条件不整合の影響は軽微で済みまた補償可能でもあるので(第II報図5)、このような単純な光束分割器でも十分実用になる。

## 5. 本方式相関法の特徴

以上で明らかなおと、図1, 図3, あるいはどの波面分割の方法によるにせよ光束分割の方向に長く受光素子を配列すると光学系の非対称性の影響を減じる必要から光束分割器の構成が複雑となったりあるいは瞳条件不整合から光束分割比不釣り合いを生じやすくなる。光束分割の方向には必要最小限の受光素子配列として代わりに光束分割の方向と直交する方向に多数の受光素子を配列

する構成はもともと鮮鋭度法との併立を目的として考え出されたものであるが、相関法のみ限定しても上の考察から大きな利点があると言える。すなわち光束分割器の構成の単純化を可能とし、また瞳条件の不整合に影響され難くしたがって単一の光検出系のみでも広い種類の撮影レンズに対応することを可能にする。

焦点外れ量が細く識別できないのが従来の方法に較べて難点であるが、少なくとも2段階の識別は可能であるからこれで十分とも言えようし、仮に不十分ならば光束分割方向の受光素子配列を増加して3段階にしても上の特徴が大きく損なわれることはない(もちろんその分だけ装置が複雑となるが)。いずれにせよ合焦検出装置の性格上それほど多段階の識別が必要とは思われない。

## 6. 結 論

問題解決の鍵は受光素子配列の方法にある。第Iおよび第II報では鮮鋭度法と相関法との併用の観点からこれを論じ、この第III報では相関法改良の観点からこれを論じた。結論は単純である。すなわち「光束分割方向の受光素子配列は必要最少限とし、代わりに該方向と直交する方向に多くの受光素子を配列する」ことである。これによりこれまでの合焦検出装置における多くの問題が解決される。

通常複合化は手段複雑化の代価の上に目的を達するために行われる。本方式においても合焦の評価方法においてこの複雑化が認められるが、最も重要な装置の物理的構成において複合化以前よりもむしろ単純化されながら特性の改善が計られる点に本問題の特異さがある。複合化のために装置の構成に無理が生じたと思えるところはまったくなく、鮮鋭度法あるいは相関法それぞれの改良の結果としても本方式に到達する。両方法共に初めから複合化されるためにそこにあったかのような。

なお本論では触れなかったが鮮鋭度法においては擬解像によって誤動作ないし誤差が生じる問題がある。しかしこれは簡単な空間フィルターにより解決可能である<sup>9)</sup>ので実際にはこれも付加すればより良い装置が実現できよう。

## 7. 謝 辞

本研究の遂行を励まされまた発表の場を与えてくださった第1部小瀬輝次教授、小倉盤夫教授に深く感謝いたします。(1983年1月14日受理)

## 参 考 文 献

- 1), 2) 鈴木武臣: 生産研究 34, 10, 429 および 34, 11, 486.
- 3) 鈴木武臣: 特願公開 昭57-130005.