

Lens Shutter 機構の理論的・実験的解析

(第 3 報)

—Compur Type Shutter に就いて—

市 川 誠 *

信州大学工学部 機械工学教室

(昭和32年9月20日受理)

1 序 言

Compur 型 shutter は lens shutter 中最も正確且つ高速が得られるものとされている。しかし他の型式 shutter と同様に、その複雑な機構が合理的に設計され、正しく運動しているかどうかについては究明されていないようである。それは、現在においても尚 shutter が try and error で作られているという一事によつても知る事が出来る。

そこで筆者は、shutter 設計製作の合理化への資料を提供する目的をもつて、lens shutter 各型式の機構解析を進めて来たが、本報では compur 型の機構を理論と実験の両面から解析してその運動状態を調べた。

なお、ここではその高速機構である $1/250$ sec. および $1/500$ sec. 機構について述べる。

2 機構と動作

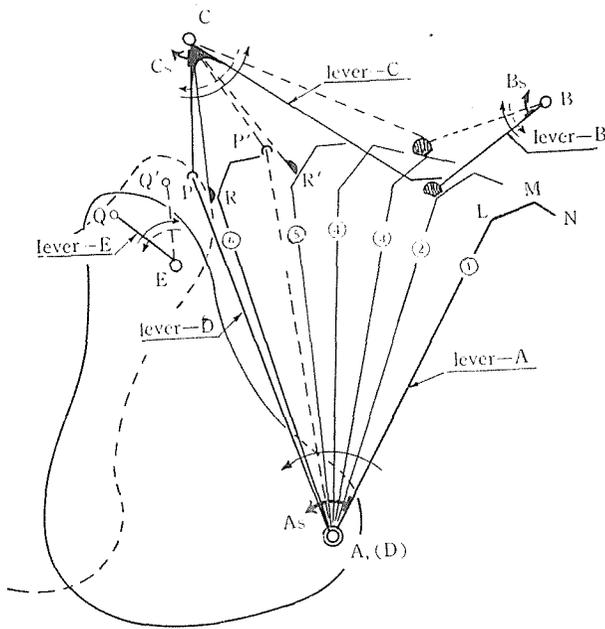
本機構はその運動の実態に即して、露出に関係ある部分を簡単に示すと第1図のようになり、固定した回転中心を有する5個の lever とその機能源となる3個のばねからなっている。

その運動の大部分は、主動桿 lever-A によつて行われ、lever-A は A に回転中心を有し A_s^{**} のばね力によつて起動位置①から矢印の方向に②～⑤を経て⑥の原位置まで回転する間に、直接或いは間接に連結されている^{***} lever-B, lever-C, lever-D を介して、lever-E 即ち露出羽根を開閉させる。

* 信州大学助手

** 本報に述べる高速機構においては、後述するように高速用補助ばね F_s が附加される。

*** lever-A と lever-B, lever-B と lever-C, lever-A と lever-C は単なる接触であるが、lever-C と lever-D, lever-D と lever-E は P および Q において pin joint (近似的に) されている。



第 1 図

衝突と考える。

3. 開放行程——衝突後 lever-A がその LM 面で lever-B の一端に接触しながら lever-B 以下を伴って回転し、自らは②から③位置まで、他の lever を夫々実線位置から点線位置まで矢印（実線）の方向に回転させる。
4. 全開行程——lever-A の MN 面が lever-B の一面を滑って③から④位置へ回転する。この間、機構上 lever-B 以下は停止状態にある。
5. 閉鎖行程——本行程を更に次の如く分ける。
 - a. 第1行程……lever-A と lever-B の接触が N 点で外れると同時に、lever-A は単独に④位置から、lever-B 以下は C_s のばね力により矢印（点線）の方向に原位置へ戻ろうと回転し始める。
 - b. 追衝突……しかし、斯く lever-A と lever-B 以下とが別々に運動しているのは非常に僅かの時間で、すぐ lever-A の LM 面が⑤位置で lever-C の突起 R に R' 付近で追衝突する。これも機構上完全非弾性衝突と考えた。
 - c. 第2行程……追衝突後、lever-A の LM 面が lever-C の R 部と接触するので、再び lever-B 以下を伴って回転することになり、lever-A は⑥位置へ lever-B 以下は実線の原位置へ戻って全運動が終る。

従つてその全運動は、解析進行上、露出羽根を中心に考えると、次の如き行程に分解する事が出来る。

1. 予備行程——lever-A が起動位置①から②まで回転する。
2. 衝突——lever-A の LM 面が②位置で lever-C 以下を含む lever-B の一端に衝突する。機構の性質上これを完全非弾性

3 理論的解析

3.1 運動方程式

3.1.1 予備行程

本行程においては lever-A のみの単純な回転運動であるから運動方程式は、

$$I_A \frac{d^2 \theta_{AP}}{dt^2} + K_{AF} \theta_{AP} = 0 \quad (1)$$

但し、 I_A ……lever-A の慣性能率

K_{AF} …… A_S および高速用補助ばね F_S の合成ばね常数

となり、その解は容易に得られて次のようになる。

$$\theta_{AP} = A_P \cos n_P t_P + B_P \sin n_P t_P \quad (2)$$

$$\text{但し、} n_P = \sqrt{\frac{K_{AF}}{I_A} g} \quad (3)$$

しかし、lever-A は最初起動位置に静止しているなのでその初期条件から (2) は

$$\theta_{AP} = A_P \cos n_P t_P \quad (4)$$

となり、その境界値を満足させるものから本行程に要する時間 t_P およびこの間の運動状態を知ることが出来る。又本行程終了時の速度は(4)を微分した次式から得られる。

$$\frac{d\theta_{AP}}{dt} = -A_P n_P \sin n_P t_P \quad (5)$$

3.1.2 衝突

lever-A が lever-B 以下の一体となつたものに衝突するのであるが既に述べた如く機構上、完全非弾性衝突と考えた。従つて、

M_A, v_A ……lever-A の衝突点における仮想質量および衝突直前速度

$M_{B \sim E}, v_{B \sim E}$ ……lever-B 以下を一体と考えた場合の lever-B 衝突点における仮想質量および衝突直前速度

とすれば、衝突直後の lever-A 衝突点方向の共通速度 V_0 は

$$V_0 = \frac{M_A v_A + M_{B \sim E} v_{B \sim E}}{M_A + M_{B \sim E}} \quad (6)$$

となる。なお上式において

$$M_A = \frac{I_A}{a_B^2} \quad (7)$$

$$M_{B \sim E} = \frac{I_B}{b_A^2} + \frac{I_C b_C^2}{c_B^2 b_A^2} + \frac{I_D c_D^2 b_C^2}{d_C^2 c_B^2 b_A^2} + \frac{I_E d_E^2 c_D^2 b_C^2}{e_D^2 d_C^2 c_B^2 b_A^2} \quad (8)$$

但し、 I_A, I_B, I_C, I_D, I_E ……各 lever の慣性能率

a_B, b_A, c_B etc. ……例えば a_B は lever-A の回転中心より lever-B 接触点（この場合は衝突点）までの長さ

$$v_A = a_B \frac{d\theta_{AP}}{dt} \quad (9)$$

$$v_{B \sim E} = 0 \quad (10)$$

である。(9)の $\frac{d\theta_{AP}}{dt}$ は予備行程終了時の速度であるから(5)を適用する。

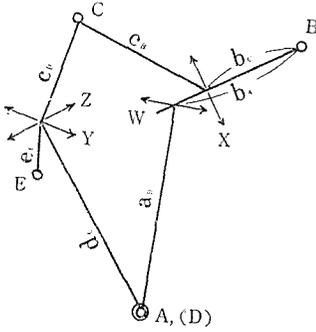
故に、衝突直後の lever-A の速度は

$$\frac{d\theta_{AO}}{dt} = \frac{V_0}{a_B} \quad (11)$$

となる。

3・1・3 開放行程

全部の lever が一緒に運動するので、先ず各 lever について単独に回転運動方程式を作ると、lever-A については第2図の如く、lever-B との接触点に反力を受けるのでそれを W とすると、



第 2 図

$$I_A \frac{d^2 \theta_{AO}}{dt^2} + K_{AF} \theta_{AO} - a_B W = 0 \quad (12)$$

となる。以下同様にして各 lever について

$$I_B \frac{d^2 \theta_{BO}}{dt^2} + b_A W \sin \angle BW + K_B \theta_{BO} - b_C X = 0 \quad (13)$$

$$I_C \frac{d^2 \theta_{CO}}{dt^2} + c_B X \sin \angle CX - K_C \theta_{CO} - c_D Y = 0 \quad (14)$$

$$I_D \frac{d^2 \theta_{DO}}{dt^2} + d_C Y \sin \angle DY - d_E Z^* = 0 \quad (15)$$

$$I_E \frac{d^2 \theta_{EO}}{dt^2} + e_D Z \sin \angle EZ = 0 \quad (16)$$

となる。上の各式から W, X, Y, Z を消去すると、

$$\left(I_A \frac{d^2 \theta_{AO}}{dt^2} + K_{AF} \theta_{AO} \right) J + \left(I_B \frac{d^2 \theta_{BO}}{dt^2} + K_B \theta_{BO} \right) K + \left(I_C \frac{d^2 \theta_{CO}}{dt^2} + K_C \theta_{CO} \right) L + I_D \frac{d^2 \theta_{DO}}{dt^2} M + I_E \frac{d^2 \theta_{EO}}{dt^2} N = 0 \quad (17)$$

$$\text{但し、} J = b_A c_B d_C e_D \sin \angle BW \sin \angle CX \sin \angle DY \sin \angle EZ \quad (18)$$

$$K = a_B c_B d_C e_D \sin \angle CX \sin \angle DY \sin \angle EZ \quad (19)$$

$$L = a_B b_C d_C e_D \sin \angle DY \sin \angle EZ \quad (20)$$

$$M = a_B b_C c_D e_D \sin \angle EZ \quad (21)$$

$$N = a_B b_C c_D d_E \quad (22)$$

となるが、(17)は $\theta_A, \theta_B, \theta_C, \theta_D, \theta_E$ の全部を含んでいるのでこのままでは解けない。⁽⁶⁾
 θ_A, θ_B および θ_D, θ_E を θ_C に置換すると本行程内において近似的に次の如くなる。

$$\theta_A = P_A P_B \theta_C \quad (23)$$

$$\frac{d\theta_A}{dt} = -Q_A Q_B \frac{d\theta_C}{dt} \quad (24)$$

$$\frac{d^2 \theta_A}{dt^2} = -Q_A Q_B \frac{d^2 \theta_C}{dt^2} + (Q_A R_B - R_A Q_B^2) \left(\frac{d\theta_C}{dt} \right)^2 \quad (25)$$

$$\theta_B = P_B \theta_C \quad (26)$$

* 実際の shutter は 5 枚羽根であるが後述する如く、実験と比較のため 1 枚として計算する。

$$\frac{d\theta_B}{dt} = -Q_B \frac{d\theta_C}{dt} \quad (27)$$

$$\frac{d^2\theta_B}{dt^2} = -Q_B \frac{d^2\theta_C}{dt^2} + R_B \left(\frac{d\theta_C}{dt} \right)^2 \quad (28)$$

$$\theta_D = P_D \theta_C \quad (29)$$

$$\frac{d\theta_D}{dt} = Q_D \frac{d\theta_C}{dt} \quad (30)$$

$$\frac{d^2\theta_D}{dt^2} = Q_D \frac{d^2\theta_C}{dt^2} - R_D \left(\frac{d\theta_C}{dt} \right)^2 \quad (31)$$

$$\theta_E = P_D P_E \theta_C \quad (32)$$

$$\frac{d\theta_E}{dt} = -Q_D Q_E \frac{d\theta_C}{dt} \quad (33)$$

$$\frac{d^2\theta_E}{dt^2} = -Q_D Q_E \frac{d^2\theta_C}{dt^2} + (R_D Q_E + Q_D^2 R_E) \left(\frac{d\theta_C}{dt} \right)^2 \quad (34)$$

$$\text{但し, } P_A = \frac{b_A}{a_B \sin \angle BW} \quad (35)$$

$$P_B = \frac{c_B}{b_C \sin \angle CX} \quad (36)$$

$$P_D = \frac{c_D \sin \angle DY}{d_C} \quad (37)$$

$$P_E = \frac{d_E \sin \angle EZ}{e_D} \quad (38)$$

例えば, $\lambda_1 = \frac{l_{AB}}{a_B}$ (l_{AB} は lever-A, lever-B 回転中心間距離) とすれば

$$Q_A = \frac{\lambda_1^2 - 2\lambda_1 \cos \theta_A + 1}{\lambda_1 \cos \theta_A - 1} \quad (39)$$

$$Q_B = \frac{\lambda_2^2 - 2\lambda_2 \cos \theta_B + 1}{\lambda_2 \cos \theta_B - 1} \quad (40)$$

$$Q_D = \frac{\lambda_3^2 - 2\lambda_3 \cos \theta_D + 1}{\lambda_3 \cos \theta_D - 1} \quad (41)$$

$$Q_E = \frac{\lambda_4 \cos \theta_D - 1}{\lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \theta_D + 1} \quad (42)$$

$$R_A = \frac{\lambda_1 \sin \theta_A (1 - \lambda_1^2) (\lambda_1^2 - 2\lambda_1 \cos \theta_A + 1)}{(\lambda_1 \cos \theta_A - 1)^3} \quad (43)$$

$$R_B = \frac{\lambda_2 \sin \theta_B (1 - \lambda_2^2) (\lambda_2^2 - 2\lambda_2 \cos \theta_B + 1)}{(\lambda_2 \cos \theta_B - 1)^3} \quad (44)$$

$$R_D = \frac{\lambda_3 \sin \theta_D (1 - \lambda_3^2) (\lambda_3^2 - 2\lambda_3 \cos \theta_D + 1)}{(\lambda_3 \cos \theta_D - 1)^3} \quad (45)$$

$$R_E = \frac{\lambda_4 (1 - \lambda_4^2) \sin \theta_D}{(\lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \theta_D + 1)^2} \quad (46)$$

従つて (17) は

$$(-I_A Q_A Q_B J - I_B Q_B K + I_C L + I_D Q_D M - I_E Q_D Q_E N) \frac{d^2\theta_{CO}}{dt^2}$$

$$\begin{aligned}
& + \left\{ I_A(Q_A R_B - R_A Q_B^2) J + I_B R_B K - I_D R_D M \right. \\
& \left. + I_E (R_D Q_E + Q_D^2 R_E) N \right\} \left(\frac{d\theta_{CO}}{dt} \right)^2 \\
& + (K_A P_A P_B J + K_B P_B K - K_C L) \theta_{CO} = 0
\end{aligned} \tag{47}$$

となり、各係数が何れも常数なので整理して簡単に書き表すと、

$$a \frac{d^2 \theta_{CO}}{dt^2} + b \left(\frac{d\theta_{CO}}{dt} \right)^2 + c \theta_{CO} = 0 \tag{48}$$

となり、更に、

$$\frac{d^2 \theta_{CO}}{dt^2} + \alpha \left(\frac{d\theta_{CO}}{dt} \right)^2 + \beta \theta_{CO} = 0 \tag{49}$$

なる形の常数係数の微分方程式となる。この形では精密解は得られないが実際の数値を代入すると第2項の係数 α が非常に小さくなつて逐次近似の解法を適用すると、その第一近似解で充分な事がわかつた。故に予備行程と同様にして解を進める事が出来る。

即ち、その解は次の如くなる。

$$\theta_{CO} = A_0 \cos n_0 t_0 + B_0 \sin n_0 t_0 \tag{50}$$

$$\text{但し、 } n_0 = \sqrt{\beta g} \tag{51}$$

初期条件としての本行程開始時における lever-C の速度は (11) と (24) から得られる。従つてその境界値を満足させる解を得ることによつて、本行程における運動状態及び所要時間を知ることが出来る。

本行程終了時の lever-C の速度は (50) から

$$\frac{d\theta_{CO}}{dt} = -A_0 n_0 \sin n_0 t_0 + B_0 n_0 \cos n_0 t_0 \tag{52}$$

となる。

3.1.4 全開行程

lever-A の先端が lever-B の一端を滑る行程である。この間に lever-B 以下は停止状態にあるので両者間の摩擦を考えなければ lever-A のみの運動となり予備行程と同じ形の運動方程式が導かれる。即ち、

$$I_A \frac{d^2 \theta_{AF}}{dt^2} + K_{AF} \theta_{AF} = 0 \tag{53}$$

となり、解に当つての初期条件は開放行程終了時の lever-C の速度から (24) より得られる。解の形および終了時速度等は前行程に準じて求められる。

3.1.5 閉鎖第一行程

lever-A と lever-B の接触が外れるので、lever-A と lever-B 以下は別々に運動し、前者が Cs ばね力によつて運動する後者を追跡することになる。

lever-A の運動は前行程の連続と考えられるからその運動方程式は、

$$I_A \frac{d^2 \theta_{AS}}{dt^2} + K_{AF} \theta_{AS} = 0 \tag{54}$$

となる。又、lever-B 以下の運動については、まず各 lever 単独に回転運動方程式を作り、開放行程の場合と同様の考え方によつて最後に lever-C に関する一つの運動方程式に導くと (49) と同じ型となり、同様に近似的に、

$$I_C \frac{d^2 \theta_{CS}}{dt^2} + \alpha' \left(\frac{d\theta_{CS}}{dt} \right)^2 + \beta' \theta_{CS} = 0 \tag{55}$$

となる。故に本行程開始後 t_S sec. で lever-C に lever-A が追衝突するものとすればその時の両 lever の位置は夫々の運動方程式の解として、

lever-A については、

$$\theta_{AS} = A_A \cos n_A t_S + B_A \sin n_A t_S \tag{56}$$

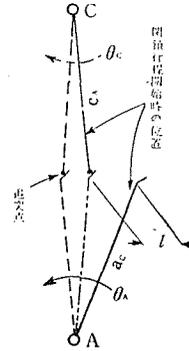
lever-C については、

$$\theta_{CS} = A_C \cos n_C t_S + B_C \sin n_C t_S \tag{57}$$

となる。

本行程開始時に両 lever の追衝突点距離が第 3 図のように l であれば追衝突までの時間 t_S は次式から得られる。

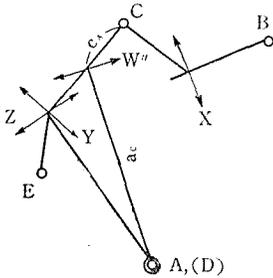
$$\begin{aligned} & a_C \left\{ A_A - (A_A \cos n_A t_S + B_A \sin n_A t_S) \right\} \\ & - c_A \left\{ A_C - (A_C \cos n_C t_S + B_C \sin n_C t_S) \right\} \\ & - l = 0 \end{aligned} \tag{58}$$



第 3 図

3.1.6 追衝突

これも機構上完全非弾性衝突と考へべきものであるから開放行程に入る時の衝突現象と同様に処理出来る。即ち、3.1.2 で述べた通りであるが衝突点が異り lever-B 以下が速度を有しているので (6) のそれらは次の如くなる。(第 2 図および第 4 図)



第 4 図

$$M_A = \frac{I_A}{a_C^2} \tag{59}$$

$$M_{B \sim E} = \frac{I_C}{c_A^2} + \frac{I_B c_B^2}{b_C^2 c_A^2} + \frac{I_D c_D^2}{d_C^2 c_A^2} + \frac{I_E d_E^2 c_D^2}{e_D^2 d_C^2 c_A^2} \tag{60}$$

$$v_A = a_C \frac{d\theta_{AS}}{dt} \tag{61}$$

$$v_{B \sim E} = c_A \cos \angle CW'' \frac{d\theta_{CS}}{dt} \tag{62}$$

$\frac{d\theta_{AS}}{dt}$ および $\frac{d\theta_{CS}}{dt}$ は (58) を満足させる t_S の値を (56) および (57) を微分した式に代入して得られる。従つて lever-C の追衝突後の速度は、

$$\frac{d\theta_{CS}}{dt} = \frac{V_S}{c_A} \cos \angle CW'' \tag{63}$$

となる。

3・1・7 閉鎖第二行程

主として A_S ばね力によつて lever-A が他の lever 全部を伴つて回転する運動である。従つて、開放行程と同様の考え方が適用出来る。その過程は重複するので省略するが、各 lever について夫々単独の運動方程式を作り最後に lever-C に関する運動方程式に導いて解を得る。その解法なども開放行程のそれに準ずる。

3・2 部品の定数および運動の境界値

運動方程式を解くに必要な第1図に示した各部品の中 lever に関する定数を第1表に、ばねに関する定数を第2表に示す。

第 1 表

	慣性能率 ($\text{gr} \cdot \text{cm}^2$)	平均長 (cm)	備 考
lever-A	$I_A = 9.54$	$a_B = 1.70$ $a_C = 1.68$	○材質：黄銅 (比重 8.5)
lever-B	$I_B = 0.08$	$b_A = 0.60$ $b_C = 0.64$	
lever-C	$I_C = 0.06$	$c_B = 0.59$ $c_D = 0.58$ $c_A = 0.40$	
lever-D	$I_D = 1.90$	$d_C = 1.51$ $d_E = 1.50$	
lever-E	$I_E = 0.05$	$e_D = 0.36$	○材質：発条鋼板 (比重 7.8)

第 2 表

	ばねの種類	ばね定数 ($\frac{\text{gr} \cdot \text{cm}}{\text{rad}}$)	線径 (mm)	巻数	中心直径 (mm)	備 考
A_S	蔓巻引張り	$K_A = 396.95 \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}}\right)$	0.30	48	1.62	○ピアノ線 $G = 8000 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ $E = 20000 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$
B_S	蔓巻振り	$K_B = 0.34$	0.12	5	2.88	
C_S	同上	$K_C = 3.77$	0.20	3.25	3.00	
F_S	同上	$K_F = 154.53$	0.55	4.5	3.21	

第1表における各 lever の慣性能率は図式解法により求められたもので、その平均長は機構を投影器で拡大して描きその境界値から夫々の条件を満足する範囲内で求めたものである。

第2表のばね定数は実際のものについての計算値である。尚合成ばねについては、蔓巻引張りと蔓巻振りの組合せとなるので、torque を別々に計算しそれらを合成して一

つの蔓巻振りばねと考え近似的にこの場合のばね常数とした。

又各 lever の運動の境界値を第 3 表に示す。これらはばねを有する lever についてはその平衡位置を基準とした値である。従つて、 $\frac{1}{250}$ sec. と $\frac{1}{500}$ sec. の場合で lever-A の境界値が異なるのは補助ばねの影響によるものである。

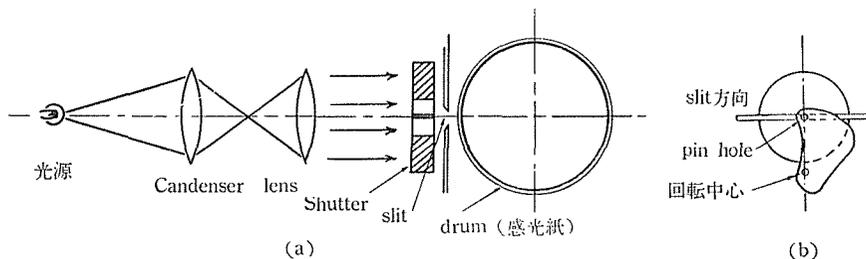
第 3 表

		rad.				
	称呼	lever-A	lever-B	lever-C	lever-D	lever-E
予備行程	250	0.6865~0.5614				
	500	0.8638~0.7387				
開放行程	250	0.5614~0.4072	1.9199 ~1.4690	2.0420 ~2.5715	0~0.2138	0~0.8727
	500	0.7387~0.5845				
全開行程	250	0.4072~0.1484	1.4690	2.5715	0.2138	0.8727
	500	0.5845~0.3257				
閉鎖行程	250	0.1484~ 0	1.4690 ~1.9199	2.5715 ~2.0420	0.2138~0	0.8727~0
	500	0.3257~0.1773				

4 実験的解析

4.1 実験装置

lever-E 即ち露出羽根の開閉運動状態の全域に亘つて正確な記録を得るために、露出羽根は 1 枚だけで実験を行つた。その羽根の shutter 中心にあたる所に pin hole をあけ、第 5 図 (b) の如く羽根の回転中心と pin hole を結ぶ線が shutter 中心を通る slit と直角になるようにし同図 (a) の如き装置とした。

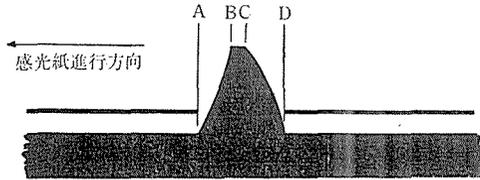


第 5 図

即ち、特殊電球 (100V, 500W スタジオ用スポットライト) を光源として平行光線を作り、その後におかれた shutter の露出羽根を開閉させてその運動状態を同期電動機で回転される drum に捲かれた感光紙に記録させる。

4・2 記 録

この実験によると露出羽根の開閉運動状態は第6図の如く記録される。



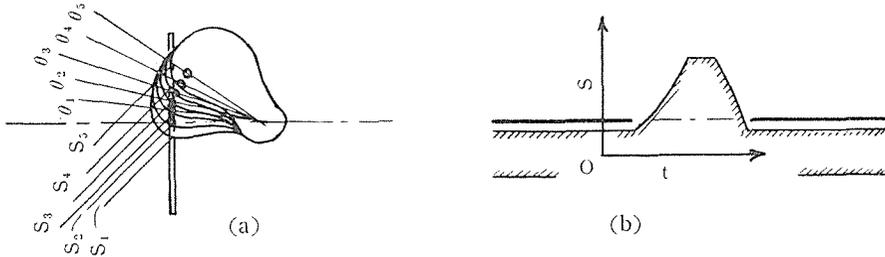
第 6 図

第6図の各点は

- A……開放行程始点
- B……開放行程終点（全開行程始点）
- C……全開行程終点（閉鎖行程始点）
- D……閉鎖行程終点

を示すものである。従つて各点の位置および映像輪廓を座標的に求めることによつて、感光紙の進行速度から露出羽根の運動状態を知ることが出来る。

即ち、第7図(a)の如き実態図によつて羽根の回転角とその slit 方向の移動量の関係が得られる。更に同図(b)の如く、記録された映像について進行方向と平行な横軸を有する座標を作れば、横軸が時間となり縦軸が slit 方向の羽根の移動量を示すので、これらによつて羽根の運動について時間と回転角の関係をj知ることが出来る。



第 7 図

本実験は一枚の羽根で行つたので前報のように羽根相互の重なりがなく、又偶然にも機構上の絞りによる遮蔽がなかつたので理論的に導びかれた運動状態と比較するに極めて容易であつた。

5 結 言

上述の方法による理論的・実験的結果から各行程に要する時間を示すと第4表となるが、露出の性質を見るために shutter 規格の項目について計算すると第5表の如くなる。

途中の運動状態^{*}を主な lever について、時間と回転角の関係で図示すると第8図 ($1/250$ sec. 機構) 及び第9図 ($1/500$ sec. 機構) に理論的には実線で実験的には点線で示すようになる。

* 理論的には全 lever の運動状態が解析されるが、本実験では lever-E のそれがわかるに過ぎない。

第 4 表

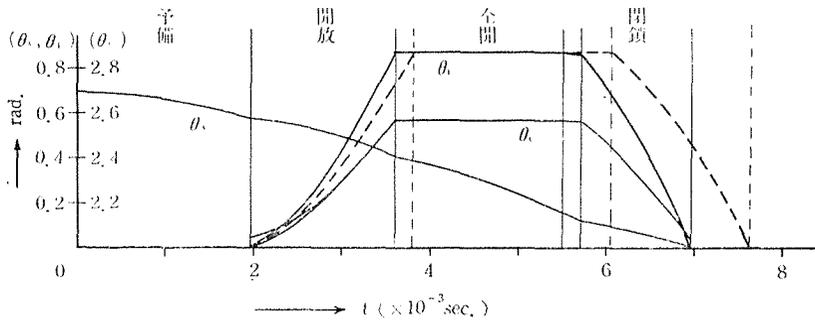
$\times 10^{-3}$ sec.

		予備行程	開放行程	全開行程	閉鎖行程	計
1/250	理論値	1.97	1.62	1.90	1.45 (0.22 / 1.23)	4.97
	実験値		1.81	2.25	1.61	5.67
1/500	理論値	1.51	1.36	1.57	1.11 (0.16 / 0.95)	4.04
	実験値		1.42	1.61	1.31	4.34

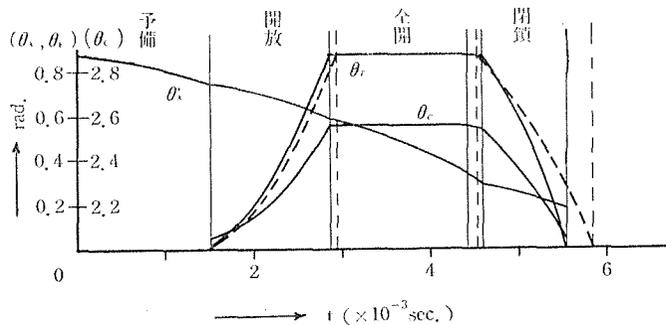
第 5 表

$\times 10^{-3}$ sec.

		全露出時間	全開時間	有効露出時間	効 率(%)
1/250	理論値	4.97	1.90	3.44	69.22
	実験値	5.67	2.25	3.96	69.84
1/500	理論値	4.07	1.57	2.82	69.29
	実験値	4.34	1.61	2.98	68.66



第 8 図



第 9 図

更に、所謂露出時間について理論値を基準とした両者の差異は、何れも実験値が大きくて、

$\frac{1}{250}$ sec. 機構 15.12%

$\frac{1}{500}$ sec. 機構 5.67%

となる。

これらについては、理論結果と実験結果が相当に合致するということが出来る。従つて、本解析はその機構が解析を進めるに都合よく出来ているものとして、即ち機構のガタ、摩擦の影響等を無視して行つたのであるがこの結果からそれらは僅少であると考えられる。

故に、感光材料の露出に対する寛容度、現在の lens shutter 検査規格等を考慮するまでもなくそれらは許容量が大きいので、Compur 型 shutter も比較的には充分理論的に動作すると結論づけてよい。

参 考 文 献

- (1) 市川：機械・精機両学会合同講演会前刷（昭30.5）
- (2) 市川：信州大学工学部紀要，5号（昭30.11）
- (3) 市川：精機学会春季講演会前刷，第4分冊（昭31.4）
- (4) 市川：信州大学工学部紀要，6号（昭31.12）
- (5) 市川：機械学会創立60周年記念講演会（名古屋）第2室前刷，（昭32.10）
- (6) 上掲 (2) p.32
- (7) 上掲 (4) p.56

Summary

Theoretical and Experimental Analysis of the Lens Shutter Mechanism

(3rd Report)

— On the Compur Type Shutter —

Makoto ICHIKAWA

(Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering)

In the previous papers, the discussion was made about the Vario and Prontor types which are two of the three types of lens shutters. In this paper, the result of the theoretical as well as the experimental analysis on Compur type shutter mechanism is discussed.

That is, the motion of its mechanism is divided into four strokes and kinetic equations are set up and solved under the actual condition in each stroke. And the above result was compared with that obtained by the author's original experiment.

Consequently, this mechanism is found to move theoretically enough. Accordingly, it is possible to say that this type shutter can be designed and manufactured with reasonableness.