HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	フライングハンマを有する高速印字機の挙動
Author(s)	入江, 敏博; 山田, 元; 東条, 健司
Citation	北海道大學工學部研究報告, 62, 21-30
Issue Date	1971-09-30
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/41064
Type	bulletin (article)
File Information	62_21-30.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

フライングハンマを有する高速印字機の挙動

入 江 敏 博* 山 田 元* 東 条 健 司*

(昭和46年4月30日受理)

Dynamic Behavior of High-Speed Printer with Flying Hammer

Toshihiro IRIE Gen YAMADA Kenji TOJO

(Received April 30, 1971)

Abstract

High-speed printers are employed recently with the advance of data communication. For this purpose, on-the-fly printing mechanism, in which a flying hammer, activated by a print magnet, strikes a moving type through paper and ribbon, is adopted usually, since it has many advantages for obtaining fine printing. For obtaining high-speed printing of good quality by means of printers of this type, proper printing elements must be used.

In this paper, the dynamic behavior of such printers was studied theoretically and experimentally. These results are available for practical printing mechanisms.

1. まえがき

データ通信などの発展にともなって最近プリンタの高速化が進みつつある。そしてこれらに用いられる高速印字機構としては，普通印字マグネットあるいは機械的なエネルギ蓄積機構を介してフライングハンマを駆動し，これを印字面へ衝突させて印字する方式と，印字マグネットのアマチュアの他端で直接活字に衝撃を与えて印字する方式のものがある[1]。

このうちフライングハンマを用いる方式のものは印字の濃度とタイミングの調整を機械的，電気的に行って，良好な印字条件を得やすいので，多くのプリンタに採用されている。この形式のものでは活字はタイプホィールの円周上またはベルトの上に水平に配列され（図1参照），ハンマと紙リボンをはさんで相対しており，ハンマはそれぞれ1個づつ印字マグネットのアクチュエータで独立に駆動される。印字信号によってマグネットのどれか一つに駆動電流が流れると，これに対応するアクチュエータが吸引されてハンマの後部を打撃し，これによって加速されたハンマが印字面に衝突して印字が行われる。印字終了後ハンマやアクチュエータは衝突による反発力とスプリングの復元力によって初期の位置へもどる[2]。

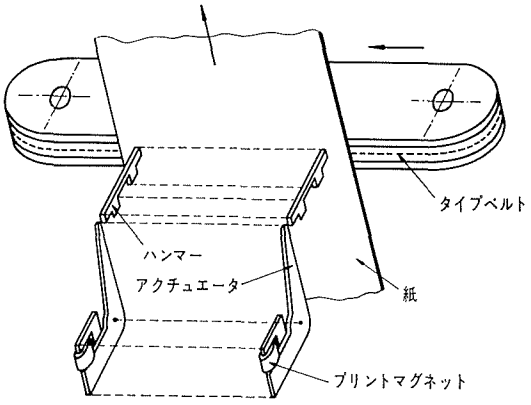


図1 高速プリンタの原理

* 機械工学第二学科 機械力学講座

このような印字機によって適正な濃度をもった高速印字が行われるためには，多くのフライングハンマが適当な印字速度と印字力をもち，かつ十分短い時間で一つの印字サイクルを終了する必要がある。これらはすべて適当な印字機構の要素の選択と，調整にかかっており，この種問題を取り扱った論文もいくつかあるが[3,4]，いまだ不十分な点も少なくない。

本研究はこのような形式の印字機を比較的簡単な力学系におきかえて理論解析するとともに，計算機シミュレーションと実験によって印字機構の動作を明らかにし，あわせていくらかの基礎資料を得ようとするものである。

記　号　一　覧

d：ハンマと印字面間の遊げき，$\delta=d/l_h$

d_f：アクチュエータとフロントストップ間の遊げき，$\delta_f=d_f/l_f$

d_h：アクチュエータ打撃面とハンマとの遊げき，$\delta_h=d_h/l_h$

$F(t)$：プリントマグネットの電磁吸引力，$f(\tau)=\{F(t)/k_a l_a\}l_m/l_a$

f_0：飽和電磁力（無次元）

J：アクチュエータの支軸まわりの慣性モーメント

k, k', k''：紙-リボン系のヒステリシス定数，$\beta=(kl_h^{\alpha}/k_a l_a)(l_h/l_a)/\mu$，$\beta'=(k'l_h^{\gamma}/k)\beta$，$\beta''=(k''/k)\beta$

k_a：アクチュエータ　スプリングのこわさ

k_h：ハンマ　スプリングのこわさ

l_a, l_b, l_f, l_h, l_m：アクチュエータの支軸とスプリング取付点，バックストップ，フロントストップ，ハンマ中心線，マグネット中心間の長さ

m：フライングハンマの質量

N：アクチュエータ支軸まわりの摩擦トルク，$n=N/k_a l_a^2$

p_m：最大印字力

Q：ハンマとガイド間のしゆう動摩擦力，$q=Q/k_h l_h$

$R(\tau)$：電磁力によるアクチュエータの応答（無次元）

s_m：ハンマの最大印字深さ，$\rho_m=s_m/l_h$

s_p：紙-リボンの塑性変形，$\rho_p=s_p/l_h$，$\Delta=\rho_p/\rho_m$

V_0：ハンマの印字速度，$v_0=V_0/\omega_J l_h$

V：印字中のハンマ速度，$v=V/\omega_J l_h$

x：ハンマの静止位置からの変位，$\xi=x/l_h$

y：ハンマの印字変位，$\eta=y/l_h$

$\alpha(>1), \gamma(>0)$：紙-リボン系のヒステリシス指数

$\varepsilon, \varepsilon_s, \varepsilon_b, \varepsilon_f, \varepsilon_h$：ハンマと印字面（$\varepsilon$），バックストップ（$\varepsilon_s$），アクチュエータとバックストップ（$\varepsilon_b$），フロントストップ（$\varepsilon_f$），ハンマ（$\varepsilon_h$）間の反発係数

$\mu=ml_h^2/J$：慣性モーメント比

$\sigma_1=\dfrac{1-\varepsilon_h\mu}{1+\mu}$，$\sigma_2=\dfrac{(1+\varepsilon_h)\mu}{1+\mu}$，$\sigma_3=\dfrac{1+\varepsilon_h}{1+\mu}$，$\sigma_4=\dfrac{\mu-\varepsilon_h}{1+\mu}$：アクチュエータとハンマ間の反発定数

$\tau=\omega_J t$：無次元時間

τ_j：衝突時刻（τ_j-0 は衝突直前，τ_j+0 は衝突直後）

$\Delta\tau$：ハンマによる印字時間（無次元）

φ：アクチュエータの静止位置から測った回転角

$\omega_J=\sqrt{k_a l_a^2/J}$：アクチュエータの固有振動数

$\omega_h=\sqrt{k_h/m}$：ハンマの固有振動数，$v=\omega_h/\omega_J$

2.　力学モデルと理論解析

2.1　力学モデル

図2はフライングハンマを用いた標準形印字機構をモデル化したものである。大きい曲げこわさをもつフアクチュエータ A はフロントストップ F とバックストップ B の間で，遊げき d_f を隔てて支軸のまわりに回転可能で，これにアクチュエータスプリング k_a で復元性をもたせてある。フライングハンマ H はハンマガイドによって支えられており，印字時以外はハンマスプリング k_h によってバックストップ S に接触し，紙-リボンを介して活字面と一定の遊げき d，アクチュエータの打撃面と遊げき d_h を隔てて相対している。

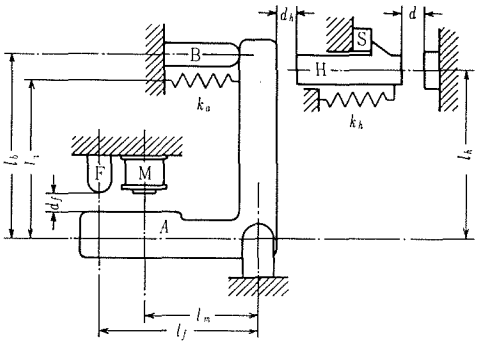


図2　標準型印字機構の力学モデル

アクチュエータは印字信号に応じてプリントマグネット M の電磁力で吸引されて運動し，先端でハンマを打撃する。この打撃力によってハンマは急激に運動を起こし，短時間に紙-リボンをはさんで活字面と衝突して印字する。印字後ハンマは反発力とスプリングの復元力によって初期位置へもどるが，静止状態に達するまでにバックストップと小さい衝突を繰り返す。

2.2　運動方程式と一般解

アクチュエータがマグネットによって加速されるとき，支軸のまわりにつぎの回転運動の方程式が成立する。

$$J\frac{d^2\varphi}{dt^2}+k_a l_a^2\varphi=F(t)\,l_m-k_a l_a^2\varphi_0\mp N \qquad (0\leq\varphi\leq d_f/l_f,\quad d\varphi/dt\gtrless 0) \tag{1}$$

ここで $k_a l_a\varphi_0$ はアクチュエータスプリングの初期張力である。アクチュエータに働く支軸まわりの摩擦トルクが機構要素の運動にかなり影響をおよぼすと予想されるので，これを考慮に入れてある。

運動中のハンマにもガイドのしゆう動摩擦力の影響が避けられないので，これを考慮に入れればつぎの運動方程式が得られる。

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+k_h x=-k_h x_0\mp Q \qquad (0\leq x\leq d,\ dx/dt\gtrless 0) \tag{2}$$

$k_h x_0$ はハンマのスプリングによる初期接触力である。

取り扱いの簡便のため，式 (1)，(2) を無次元量を用いて書き直せば

$$\ddot{\varphi}+\varphi+\varphi_0\pm n=f(\tau) \qquad (0\leq\varphi\leq\delta_f,\ \dot{\varphi}\gtrless 0) \tag{3}$$

および

$$\ddot{\xi}+\nu^2(\xi+\xi_0)\pm\nu^2 q=0 \qquad (0\leq\xi\leq\delta,\ \dot{\xi}\gtrless 0) \tag{4}$$

式 (3)，(4) 以下に用いる記号・はいずれも無次元時間 τ に関する微分を表わす。アクチュエータとハンマの変位はそれぞれ式 (3)，(4) の一般解

$$\varphi(\tau)=A\sin\tau+B\cos\tau-\varphi_0\mp n+R(\tau) \qquad (\dot{\varphi}\gtrless 0)$$

$$R(\tau)=\int_0^\tau f(z)\sin(\tau-z)\,dz \tag{5}$$

および

$$\xi(\tau)=C\sin\nu\tau+B\cos\nu\tau-\xi_0\mp q \qquad (\dot{\xi}\gtrless 0) \tag{6}$$

を用いて表わされる。

2.3　マグネットの電磁力

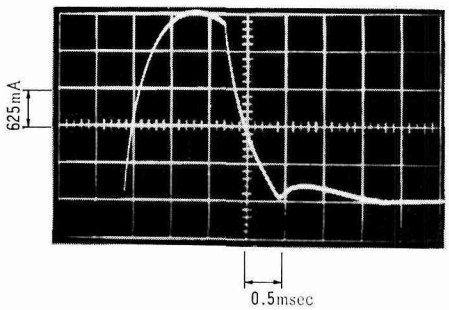


図3　マグネットに流れる印字電流

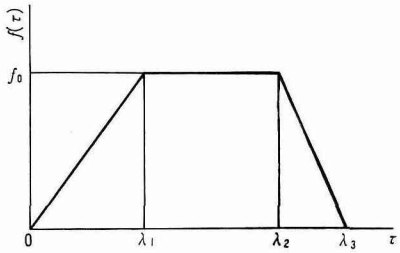


図4　マグネットの電磁吸引力

マグネットに流れる印字電流は図3のようであるが，アクチュエータに働くマグネットの電磁吸引力はアクチュエータの運動を考えに入れると簡単なものではない[5]。いま簡単のため，図4に示すような一定の立ち上り時間と飽和特性をもつ電磁力を仮定すれば，単位ステップ関数 $u(\tau-\lambda)=0$　$(\tau<\lambda)$, $1(\tau>\lambda)$ を用いて

$$f(\tau)=f_0\left\{\frac{\tau}{\lambda_1}u(\tau)-\frac{\tau-\lambda_1}{\lambda_1}u(\tau-\lambda_1)-\frac{\tau-\lambda_2}{\lambda_3-\lambda_2}u(\tau-\lambda_2)+\frac{\tau-\lambda_3}{\lambda_3-\lambda_2}u(\tau-\lambda_3)\right\} \tag{7}$$

と書ける。したがってこれによるアクチュエータの応答は

$$\begin{aligned}R(\tau)=f_0\Big[&\frac{1}{\lambda_1}(\tau-\sin\tau)u(\tau)-\frac{1}{\lambda_1}\{\tau-\lambda_1-\sin(\tau-\lambda_1)\}u(\tau-\lambda_1)\\&-\frac{1}{\lambda_3-\lambda_2}\{\tau-\lambda_2-\sin(\tau-\lambda_2)\}u(\tau-\lambda_2)+\frac{1}{\lambda_3-\lambda_2}\{\tau-\lambda_3-\sin(\tau-\lambda_3)\}u(\tau-\lambda_3)\Big]\end{aligned} \tag{8}$$

3.1　接続の条件

アクチュエータとハンマが互いに衝突したり，各ストップに衝突して反発されるとき，衝突面の変形や衝突時間は普通これらの運動行程や時間に比べてきわめて小さい。したがってここではこれらのものを省略し，さらに衝突直前と直後の速度の間には相互の物体の反発定数できまる一定の関係があると仮定する。

アクチュエータがフロントストップに衝突するとき

$$\varphi(\tau_j)=\delta_f, \qquad \dot{\varphi}(\tau_j+0)=-\varepsilon_f\dot{\varphi}(\tau_j-0) \tag{9}$$

バックストップに衝突するときは

$$\varphi(\tau_j)=0, \qquad \dot{\varphi}(\tau_j+0)=-\varepsilon_b\dot{\varphi}(\tau_j-0) \tag{10}$$

アクチュエータとハンマの相対変位がこれらの間の遊げきに等しくなったとき，すなわち

$$\varphi(\tau_j)-\xi(\tau_j)=\delta_h \tag{11}$$

で両物体の衝突が起こる。この場合衝突前後の速度の間にはつぎの関係がある。

$$\left.\begin{aligned}\dot{\varphi}(\tau_j+0)-\dot{\xi}(\tau_j+0)&=-\varepsilon_h\{\dot{\varphi}(\tau_j-0)-\dot{\xi}(\tau^j-0)\}\\\dot{\varphi}(\tau_j+0)+\mu\dot{\xi}(\tau_j+0)&=\dot{\varphi}(\tau_j-0)+\mu\dot{\xi}(\tau_j-0)\end{aligned}\right\} \tag{12}$$

これより衝突直後の速度は直前の速度より次式によって計算できる。

$$\left.\begin{aligned}\dot{\varphi}(\tau_j+0)&=\sigma_1\dot{\varphi}(\tau_j-0)+\sigma_2\dot{\xi}(\tau_j-0)\\\dot{\xi}(\tau_j+0)&=\sigma_3\dot{\varphi}(\tau_j-0)+\sigma_4\dot{\xi}(\tau_j-0)\end{aligned}\right\} \tag{13}$$

ハンマがバックストップに衝突するときは

$$\xi(\tau_j)=0, \qquad \dot{\xi}(\tau_j+0)=-\varepsilon_s\dot{\xi}(\tau_j-0) \tag{14}$$

ハンマが印字面に衝突して印字する時間もアクチュエータやハンマの作動時間に比べて小さいから，機構要素の運動を解析するに当たって上記と同様の仮定のもとに計算する。すなわち

$$\xi(\tau_j)=\delta, \qquad \dot{\xi}(\tau_j+0)=-\varepsilon\dot{\xi}(\tau_j-0) \tag{15}$$

3.　印字機構の挙動解析

3.1　機構要素の衝突速度と衝突後の反発距離[6]

普通起こり得て，妥当とみなされる機構要素の運動過程は図5に示すパターンのものが多い。最初静止の状態にあったアクチュエータがマグネットに吸引されて運動を起こすとき

$$\varphi_1(\tau)=-(\varphi_0+n)(1-\cos\tau)+R(\tau) \qquad (0\leq\tau\leq\tau_1) \tag{16}$$

アクチュエータの打撃面がハンマに衝突するときの速度は $\dot{\varphi}_1(\tau_1)$，衝突時刻 τ_1 は（超越）方程式 $\varphi_1(\tau_1)=\delta_h$ から最小の正根を求めることによって得られる。衝突の直後，アクチュエータとハンマはそれぞれ $\sigma_1\dot{\varphi}_1(\tau_1)$，$\sigma_3\dot{\varphi}_1(\tau_1)$ の速度で運動を始め，つぎの衝突が起こるまで

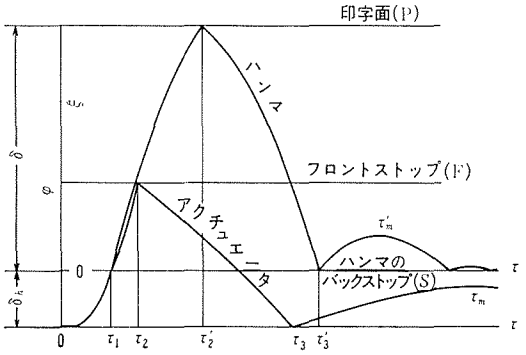


図5　機構要素の標準動作

$$\varphi_2(\tau)=\{\delta_h+\varphi_0+n-R(\tau_1)\}\cos(\tau-\tau_1)+\{\sigma_1\dot{\varphi}_1(\tau_1)-\dot{R}(\tau_1)\}\sin(\tau-\tau_1)$$
$$-(\varphi_0+n)+R(\tau) \qquad (\tau_1\leq\tau\leq\tau_2) \tag{17}$$

$$\xi_1(\tau)=-(\xi_0+q)\{1-\cos\nu(\tau-\tau_1)\}+(\sigma_3/\nu)\dot{\varphi}_1(\tau_1)\sin\nu(\tau-\tau_1) \qquad (\tau_1\leq\tau\leq\tau_2') \tag{18}$$

で運動する。つづいてアクチュエータがフロントストップと衝突するときの速度は $\dot{\varphi}_2(\tau_2)$，時刻 τ_2 は $\varphi_2(\tau_2)=\delta_f$ を解いて求められる。その後アクチュエータは

$$\varphi_3(\tau)=\{\delta_f+\varphi_0-n-R(\tau_2)\}\cos(\tau-\tau_2)-\{\varepsilon_f\dot{\varphi}_2(\tau_2)+\dot{R}(\tau_2)\}\sin(\tau-\tau_2)$$
$$-(\varphi_0-n)+R(\tau) \qquad (\tau_2\leq\tau\leq\tau_3) \tag{19}$$

バックストップと速度 $\dot{\varphi}_3(\tau_3)$ で衝突する。このとき $\varphi_3(\tau_3)=0$ である。バックストップで反発されたのち，アクチュエータは

$$\varphi_4(\tau)=\{\varphi_0+n-R(\tau_3)\}\cos(\tau-\tau_3)-\{\varepsilon_b\dot{\varphi}(\tau_3)+\dot{R}(\tau_3)\}\sin(\tau-\tau_3)$$
$$-(\varphi_0+n)+R(\tau) \qquad (\tau_3\leq\tau\leq\tau_4) \tag{20}$$

で運動するが，$\dot{\varphi}_4(\tau_m)=0$ となったとき，最大角変位 $\varphi_4(\tau_m)$ に達する。アクチュエータが再でハンマと衝突しないためには

$$\varphi_4(\tau_m)<\delta_h \tag{21}$$

であればよい。

一方アクチュエータの打撃によってハンマには式 (18) の運動が起こり，印字面に

$$v_0=\dot{\xi}_1(\tau_2')=-\nu(\xi_0+q)\sin\nu(\tau_2'-\tau_1)-\sigma_3\{(\varphi_0+n)\sin\tau_1-\dot{R}(\tau_1)\}\cos\nu(\tau_2'-\tau_1) \tag{22}$$

で衝突する。そして衝突時刻は

$$\xi_1(\tau_2')=\delta \tag{23}$$

から求められる。その後ハンマは

$$\xi_2(\tau)=(\delta+\xi_0-q)\cos\nu(\tau-\tau_2')-(\varepsilon/\nu)\dot{\xi}_1(\tau_2')\sin\nu(\tau-\tau_2')-(\xi_0-q)\qquad(\tau_2'\leq\tau\leq\tau_3')\tag{24}$$

の運動をして，バックストップと $\xi_2(\tau_3')=0$，速度 $\dot{\xi}_2(\tau_3')$ で衝突する。その後

$$\xi_3(\tau)=(\xi_0+q)\cos\nu(\tau-\tau_3')-(\varepsilon/\nu)\dot{\xi}_3(\tau_3')\sin\nu(\tau-\tau_3')-(\xi_0+q)\qquad(\tau_3'\leq\tau\leq\tau_4')\tag{25}$$

の運動をするが，このときの最大変位は $\xi_3(\tau_m')$ で，速度が $\dot{\xi}_3(\tau_m')=0$ のとき起こる。ハンマが再び紙面と衝突しないためには

$$\xi_3(\tau_m')<\delta\tag{26}$$

でなければならない。

3.2　印字力，印字時間，印字面の等価反発係数

紙-リボン系が印字ハンマで圧着されたときの復元力は，圧着深さの6乗に比例し，プラテンの場合は3/2乗に比例するといわれている[7]。しかし紙-リボン系をハンマで印字するときはヒステリシス損失があるので，これを考慮に入れて図6のような復元力特性を仮定する[8]。s_m は最大印字深さで，s_p は印字直後の塑性変形量である。したがって印字中のハンマの微小変位はつぎの運動方程式に支配される。

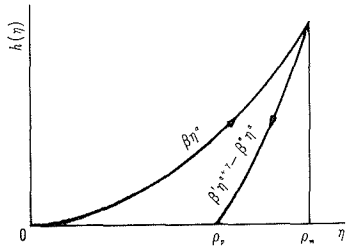


図6　紙-リボン系のヒステリシス特性

$$m\frac{d^2y}{dt^2}+ky^\alpha=0\qquad(0\leq y\leq s_m,\ dy/dt>0)\tag{27}$$

および

$$m\frac{d^2y}{dt^2}+k'y^{\alpha+\gamma}-k''y^\alpha=0\qquad(s_p\leq y\leq s_m,\ dy/dt<0)\tag{28}$$

この場合活字面の変形は小さいものとして省略してある。式 (27)，(28) を無次元化して

$$\left.\begin{aligned}&\ddot{\eta}+\beta\eta^\alpha=0\qquad(0\leq\eta\leq\rho_m,\ \dot{\eta}>0)\\&\ddot{\eta}+\beta'\eta^{\alpha+\gamma}-\beta''\eta^\alpha=0\qquad(\rho_p\leq\eta\leq\rho_m,\ \dot{\eta}<0)\end{aligned}\right\}\tag{29}$$

印字中のハンマの速度は，式 (29) を積分して

$$\left.\begin{aligned}&v_1(\eta)=\sqrt{v_0^2-\frac{2\beta}{\alpha+1}\eta^{\alpha+1}}\qquad(\dot{\eta}>0)\\&v_2(\eta)=-\sqrt{\frac{2\beta}{1-\Delta^\alpha}\left(\frac{1}{\alpha+\gamma+1}-\frac{\Delta^\gamma}{\alpha+1}\right)\rho_m^{\alpha+1}-\frac{2\beta}{1-\Delta^\gamma}\left\{\frac{1}{\alpha+\gamma+1}\left(\frac{\eta}{\rho_m}\right)^\gamma-\frac{\Delta^\gamma}{\alpha+1}\right\}\eta^{\alpha+1}}\qquad(\dot{\eta}<0)\end{aligned}\right\}\tag{30}$$

最大印字深さは式 (30) の第1式で $v_1=0$ とおいて

$$\rho_m=\left(\frac{\alpha+1}{2\beta}v_0^2\right)^{1/(\alpha+1)}\tag{31}$$

から計算できる。

最大印字力は $p_m=\beta\rho_m^\alpha$ に等しい。印字時間は

$$\Delta\tau=\int_0^{\rho_m}\frac{d\eta}{v_1(\eta)}+\int_{\rho_m}^{\rho_p}\frac{d\eta}{v_2(\eta)}\tag{32}$$

の積分を（数値）計算することによって求められる。印字面に対するハンマの衝突速度と反発速度の比から反発係数は

$$\varepsilon=\sqrt{\frac{1}{1-\Delta^\gamma}\left\{\frac{\alpha+1}{\alpha+\gamma+1}(1-\Delta^{\alpha+\gamma+1})-\Delta^\gamma(1-\Delta^{\alpha+1})\right\}}\tag{33}$$

となる。$\alpha=6$, $\gamma=3$ として計算した結果を図7に示す。紙-リボン系の機構，物性等については未だ不明確な点が多く，今後の研究が望まれる。

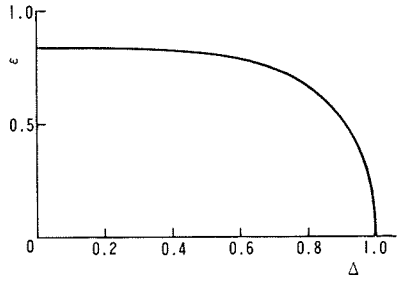


図7　印字面の等価反発係数（$\alpha=6$, $\gamma=3$）

4.　計算と実験，ならびに考察

以上ではアクチュエータとハンマは図5のような運動の経過をたどるものと仮定して解析した。しかしこういった機構に起こり得る動作は図8に示すようなもので，このうちどの径路をたどるかは系のパラメータの値によってきまる。

図9のおのおのの図は機構要素の動作の代表的なシミュレーション例をあげたものである。これらの計算では

$$\delta=0.065,\quad \delta_f=0.038,\quad \delta_h=0.015$$
$$\varepsilon=0.60,\quad \varepsilon_b=0.30,\quad \varepsilon_f=0.25$$
$$\mu=0.37,\quad \nu=5.50,\quad n=0.01,\quad q=0.02$$

を用いている。同図 (a), (b) のようにアクチュエータとハンマ間の反発係数が小さい ($\varepsilon_h=0.4$) と，アクチュエータがハンマを打撃して加速する際，一二度打撃する可能性がある。マグネットに印加する電圧が大きくなると (b) ハンマのもどり行程でアクチュエータと再び衝突する（以下再衝突という)。(c), (d) のように ε_h を大きくとるとアクチュエータは一回の打撃でハンマを加速する。マグネットの電流が大きいとき (d) アクチュエータはフロントストップと再度衝突する。

図 10 はハンマの印字速度を表わす。マグネットの吸引力が大きいほど印字速度は大きいが，飽和的な特性がみられる。吸引力の立ち上り時間の短い方が，アクチュエータが急速に加速され

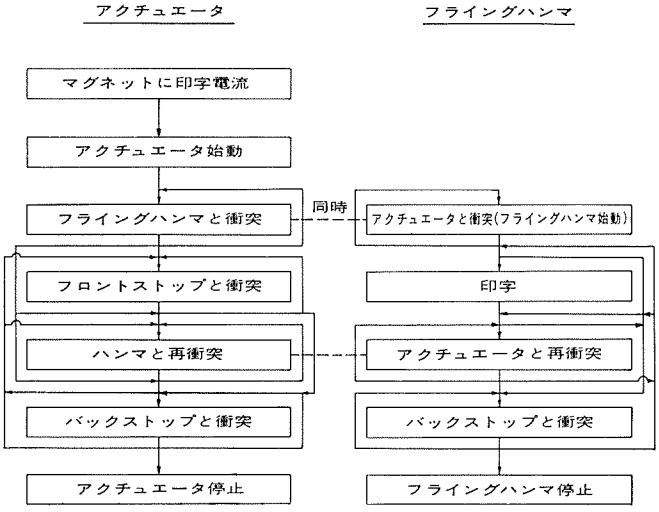
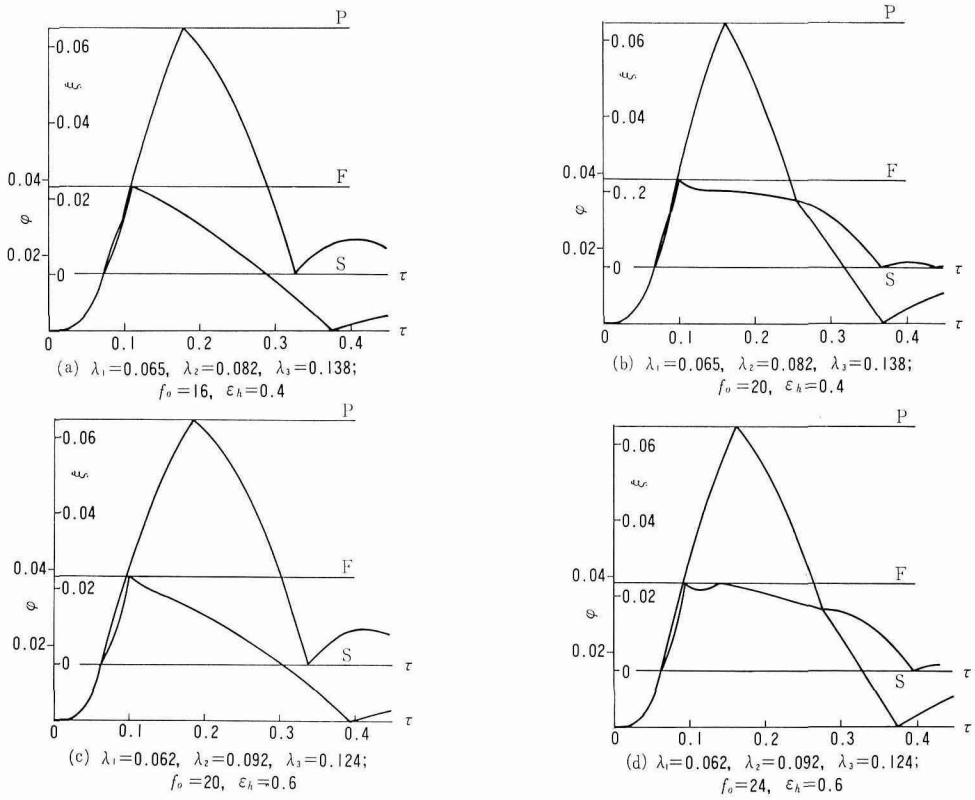


図8　印字機構要素の運動径路



(a) $\lambda_1=0.065$, $\lambda_2=0.082$, $\lambda_3=0.138$; $f_0=16$, $\varepsilon_h=0.4$

(b) $\lambda_1=0.065$, $\lambda_2=0.082$, $\lambda_3=0.138$; $f_0=20$, $\varepsilon_h=0.4$

(c) $\lambda_1=0.062$, $\lambda_2=0.092$, $\lambda_3=0.124$; $f_0=20$, $\varepsilon_h=0.6$

(d) $\lambda_1=0.062$, $\lambda_2=0.092$, $\lambda_3=0.124$; $f_0=24$, $\varepsilon_h=0.6$

図 9　機構要素の挙動例

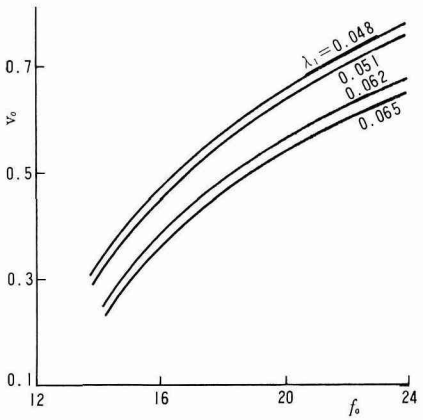


図 10　ハンマの印字速度

$\lambda_2=0.08$,　$\lambda_3=0.138$;
$\delta=0.065$,　$\delta_f=0.038$,　$\delta_h=0.015$;
$\varepsilon=0.60$,　$\varepsilon_b=0.30$,　$\varepsilon_f=0.25$,　$\varepsilon_h=0.40$;
$\mu=0.37$,　$\nu=5.50$,　$n=0.01$,　$q=0.02$

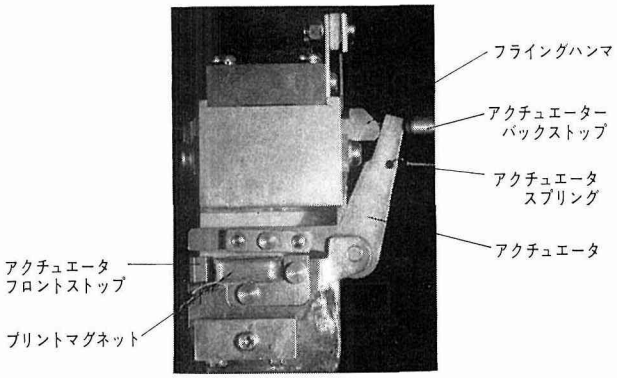


図 11　実験に用いたプリンタの機構要素

るので当然速度も大きくなる。アクチュエータがハンマを数度の衝突によって加速するときはこれに大きい印字速度を与えることができる。

以上の計算を実施するとともに，図 11 のようなプリンタ要素の動作について実験した。この要素の諸数値のうち下記のものが計測可能であった。

アクチュエータ：

$$J=0.81\ \mathrm{gr\cdot mm\cdot sec^2};$$

$l_a=27$ mm,　$l_f=44$ mm,　$l_h=34$ mm,　$l_m=30$ mm ;

$k_a=5.6$ gr(wt)/mm,　$k_a l_a \varphi_0=40$ gr(wt) ;

$\varepsilon_b=0.25$,　$\varepsilon_f=0.30$

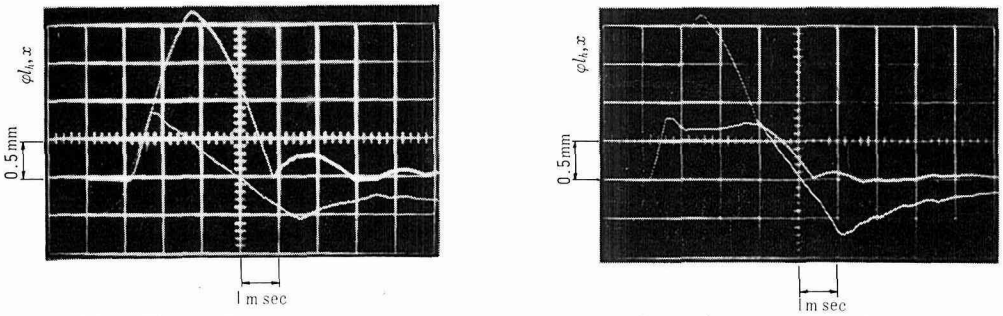
フライングハンマ：

$m=2.74$ gr・sec²/mm ;

$k_h=40.0$ gr(wt)/mm,　$k_h x_0=150$ gr(wt) ;

$d=$ 2.2 mm ;

$\varepsilon=0.60$



(a)　$e(t)=45$ V,　$d_h=0.5$ mm　　(b)　$e(t)=50$ V,　$d_h=0.6$ mm

図 12　機構要素の挙動に関する実験例

図 12 はハンマとアクチュエータの運動を微小変位計（岩崎通信機，MD-31 形）を用いてシンクロスコープに記録した例である。同図 (a) ではアクチュエータとハンマは再衝突していないが，(b) のようにマグネットの印加電圧を上げると，アクチュエータとハンマ間の初期遊げきが大きくても再衝突が起こる。こうして定性的ではあるが，上記の計算結果，たとえば図 9 のような印字機構の動作が実験的に確認される。

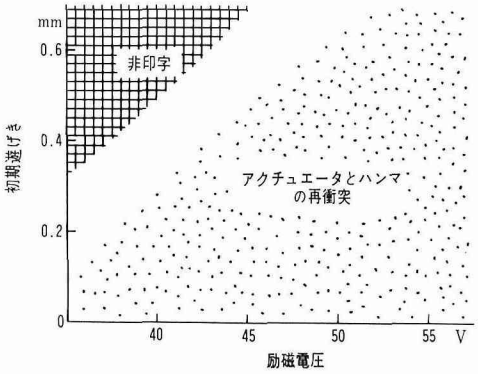


図 13　非印字範囲と再衝突範囲

上記の例にみるように，マグネットの吸引力が過大になるとアクチュエータはハンマと再衝突するが，逆に過小であるとハンマによる印字力が小さいか，場合によってはハンマが印字面に到達しない。図 13 はハンマとアクチュエータの再衝突が起こるパラメータ範囲，ならびにハンマが印字しない範囲を実験的に求めたものである。マグネットの印加電圧が小さく，ハンマとアクチュエータの初期遊げきが大きいと，ハンマは印字面に衝突しないが，電圧が大きくなれば初期遊げきがかなり大きくてもハンマは印字面と衝突し，さらにアクチュエータと再衝突するにいたる。電圧が過大にすぎるとハンマの印字面への再衝突(二重印字)，アクチュエータとハンマの静止状態への復元時間（印字サイクル）が長くなって機能の低下をきたす。

5.　結　　論

(1) フライングハンマを用いた標準形印字機構をモデル化し，衝突速度，衝突による反発距離など機構要素の挙動を明らかにした。

(2) 紙-リボンから構成される印字面の力学的モデル（ヒステリシス系）について，ハンマの印字力，印字時間，印字面の等価反発係数などを解析した。

(3) アクチュエータとハンマの動作を計算機シミュレーションするとともに，実験によってその結果が定性的に正しいことを確認した。

(4) 印字速度を大きくするためには立ち上がり時間が短いマグネットを用い，かつこれに印加する電圧を大きくする必要がある。アクチュエータがハンマを数度の衝突によって加速するときは，これに大きい印字速度を与えることができる。

(5) マグネットに印加される電圧が小さいと印字力が小さいか，場合によってはハンマが印字面に到達しないが，過大にすぎると二重印字が起こったり，印字サイクルが長さに失して，印字機能の低下をきたす。

(6) ハンマによる印字力，印字時間などはすべて印字品質の良否を支配するものと考えられるが，紙-リボン系の機構，物性等については未だ不明確な点が多く，今後の研究がのぞまれる。

本研究は日本電信電話公社電気通信研究所より昭和 43，44 年度委託研究費をうけた研究の一部であることを付記して，厚く謝意を表す。

参　考　文　献

1) 浮津憲一：日本機械学会誌，**69**-570（昭41），833.
2) B. J. Greenblott : Trans. AIEE, CE, 81 (1963), 500.
3) F. W. Dauer : Trans. IEEE, **EC-15**-5 (1966), 794.
4) R. L. Wirth : Trans. ASME, Ser. B, **90**-3 (1968), 441.
5) 中野一造，加藤勝洋，長山忠洋：電子通信学会論文誌，**51-A**-2（昭43），67.
6) 入江敏博，山田　元：日本機械学会講演論文集，215（昭44），87.
7) 苗村　明，小林正人：機構部品研究会資料，EMC 68-28（昭44），1.
8) H. D. Conway ほか2名：Trans. ASME, Ser. E, **37**-1 (1970), 159.