大阪公立大学
Osaka Metropolitan University
学術情報リポジトリ

マイコンによる角管転造力の測定

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2013-11-21
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 津田, 滉, 阪本, 吉一
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007873

マイコンによる角管転造力の測定

津田　　滉 *　阪本吉一**

Measurement of Radial Force in Form-Rolling of Polygonal Tube by Micro Computer.

Hiroshi TSUDA *　Yoshikazu SAKAMOTO**

ABSTRACT

A new method of form-rolling in which polygonal tubes were formed by pre-deformation using several tools and rotated raw round tubes are studied. And the relation between form-rolled shape of polygonal tubes and form-rolling conditions are clearified experimentally and by geometrical analyses. In this paper, measurements of radial force that acts on tools during form-rolling by micro computer and more exact analyses of forming process are presented. As the results, transitional and following cyclic deformation of the tubes in form-rolling process was made clear.

Key Words: Form-Rolling, Strain gage, Polygonal tube, Radial force, Micro computuer.

1. 緒　言

従来，金属製円管から多角形管を製造するには，正多角形ダイスによる引抜加工，正多角形の心金を用いるプレス加工などの方法が用いられてきた．

これらに対し，転造による角管成形法は，円管軸に直交する一平面内の三方向あるいはそれ以上の方向から，ローラや非回転の工具により円管に圧縮の予変形を与えたのち，円管を強制回転させて各種の多角形管が成形できるという新しい方法である[1]．この方法は，最初核燃料棒容器の強度向上策として行われていたが，筆者らは塑性加工法の観点から，角管製造法として系統的に研究してきた[2]．

現在までに確認された成形角管は，主として工具形状および個数に関しては，ローラ型工具の場合にその個数 n に対し $(n-1)$，$(2n-1)$ の角数をもつ角管，非回転型工具の場合は $(n+1)$ の角数をもつ角管に分類できる．また素材の円管に関しては，薄肉大径管になる程角数の多い角管ができる．さらに成形前の予変形量が大きい程角数の少ない角管ができる．[2),3)]

1990年4月9日

* 機械工学科（Department of Mechanical Engineering）
** 土木工学科（Department of Civil Engineering）

2. 角管転造力の定義および測定原理

素材円管は，まず外周から工具と接触状態にされ，続いて円管軸中心方向に圧縮されて予変形を与えられる．Fig. 1はローラ工具によって δ だけ圧縮予変形を与えられ，θ_0 なる接触角で接触した状態を示している．

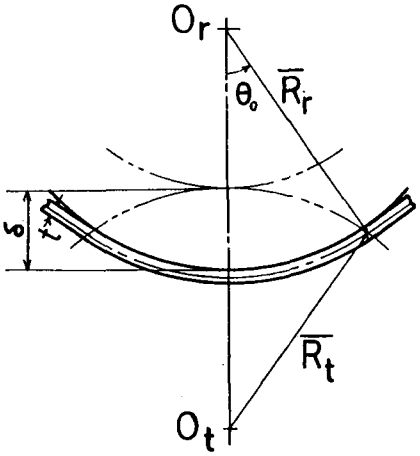


Fig. 1　予変形状態

δ と θ_0 の関係は，つぎのように表わすことができる．

$$\theta_0 = \cos^{-1}\{1-\delta/(\bar{R}_r+\bar{R}_t)\} \qquad (1)$$

ただし，R_r，R_t はそれぞれローラ半径に円管肉厚の

半分を加えたものと，円管外半径から円管肉厚の半分を引いたものとする．

この予変形によって円管は，Fig.2に示す形状になることが予想される．すなわち，予変形の前後における円管外周長さに伸縮がないものと仮定すれば，ローラとローラとの間の管形状は，もとの素材円管半径R_tより小さい曲率半径の円弧になるものと考える．

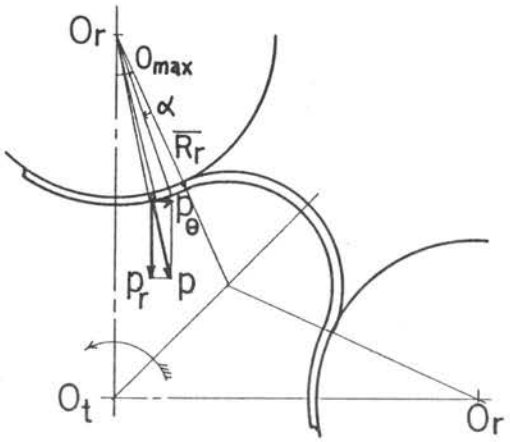


Fig.2　転造半径力

この状態から管に矢印方向の回転が加わると，管の微小要素にローラからpなる垂直力を受ける．この垂直力を転造力と定義することにする．また転造力の管中心とローラ中心とを結ぶ中心連結線方向への成分を，p_rとし転造半径力とよぶことにする．このp_rの接触面全体について考えたものをP_rとすると，P_rはつぎの式のように表わされる．

$$P_r = p \cdot R_r \cdot \sin(\theta\max - \alpha) \qquad (2)$$

ただし，pは接触弧上に均一分布とし，θ maxは回転開始とともにθ_0から増加して最大値をとるときのθの値とし，αは回転とともにθ maxから減少したある瞬間の値とする．このP_rの反作用として，ローラは管よりこれと同じ大きさの転造半径力を受けることになる．

ここでは，この転造半径力を測定するため，ローラの内側に硬質ゴムをはめ込み，この硬質ゴムの中央に軸を通し，この軸を工具ホルダに固定する．結局硬質ゴムの転造半径力による伸縮を板ばねで受け，これに貼りつけてあるひずみゲージの出力として検出し，マイコンに入力することにした．

3. 実験装置および方法

3・1　転造成形　転造成形装置は，Fig.3に示すようにベッド上に取り付けられた駆動部と成形部から構成されており，四個の工具で転造成形を行う場合を示す．

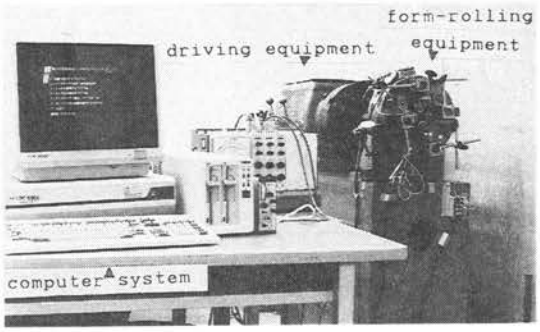


Fig.3　実験装置

成形部は旋盤のスクロールチャックと同様の構造になっており，つめの代わりに工具ホルダが取り付けられており，この工具ホルダに工具を固定し，これを円管半径方向に移動させることにより円管に圧縮予変形を与える．

使用した素材円管について，Table 1に要項を示す．

Table 1　素材円管

寸　法	外径($2R_t$)×肉厚(t) mm	31.8×0.8
	肉厚比　t/R_t	0.025
材　質	りん脱酸銅，継目無管C1220T，O材	
機械的性質	引張強さ（M pa）	24.3
	伸び（%）	53

使用したローラ工具および硬質ゴムについてはTable 2にそれらの要項を示す．

Table 2　工具および硬質ゴム

工具	外径（$2R_r$)×内径×幅mm 材質	40×25×20 快削黄銅C3604BD
硬質ゴム	外径　×　内径　mm 材質	25×10 SBRゴム(硬度74)

転造成形はつぎのTable 3に示した条件で行った．

Table 3　成形条件

工具形状，個数	ローラ，4個
半径比　R_t/R_r	0.795
予変形量　δ	2.0，2.25，2.5 mm
回転速度　v	11 rpm

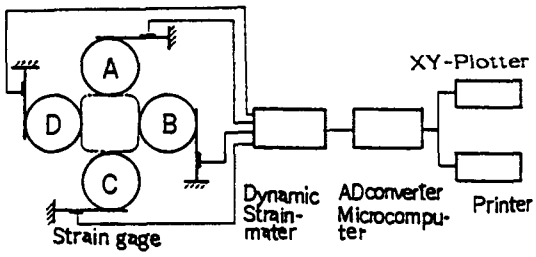


Fig.4　測定システム

3・2　転造半径力の測定　測定のシステムをFig.4に示す．またこれらのデータサンプリングからグラフ化までの様子をFig.5のフローチャートで示した[4]．

またデータ収集は4チャンネルとも30msecで500回サンプリングした．ひずみゲージ出力のゼロ点は，ローラと円管が接触する前の状態で調節したのち予変形時の半径力をサンプリングし，つぎに予変形時点をゼロ点として調節したのち転造成形を開始して，その転造半径力の時系列変動をサンプリングすることとした．

3・3　較正実験　測定に先立ち，Fig.6 (a)に示した装置により，ローラにかかる荷重を0から増加させて，硬質ゴムをはめ込んだローラの変位量をダイヤルゲージにより読み取った．これより荷重ー変位曲線を得る．

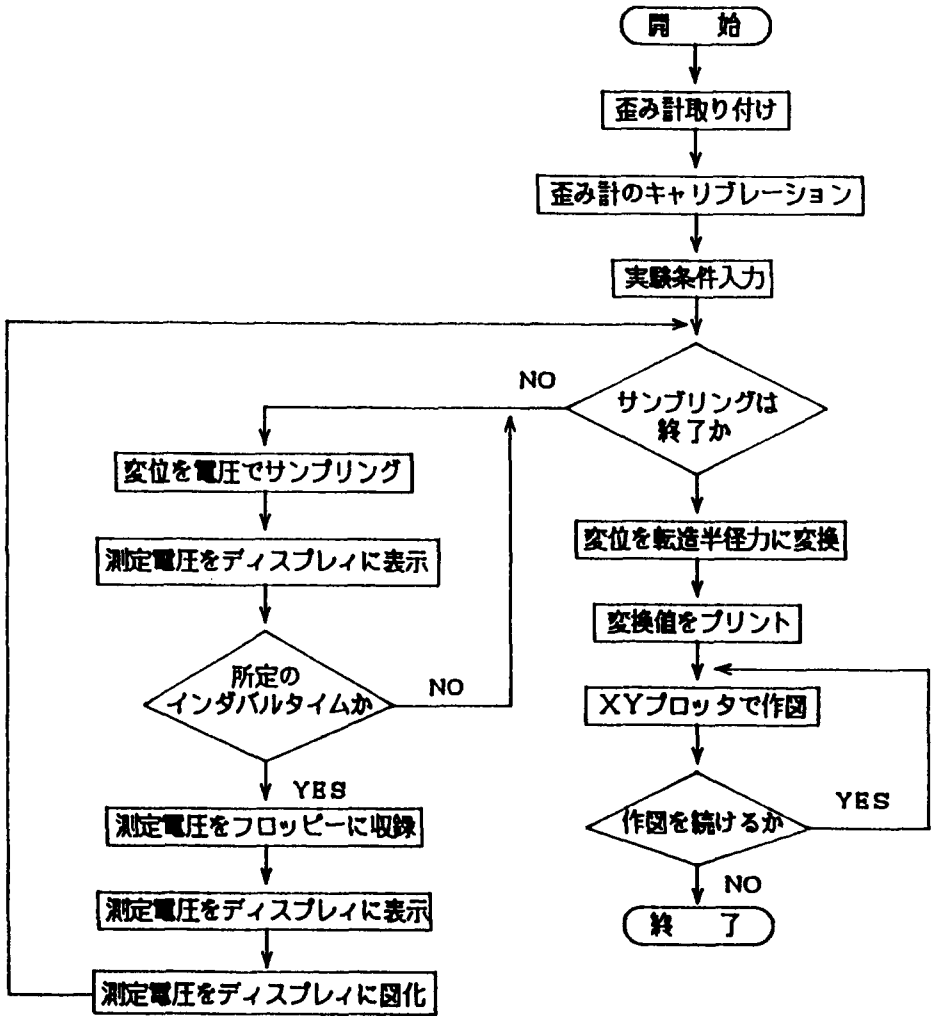
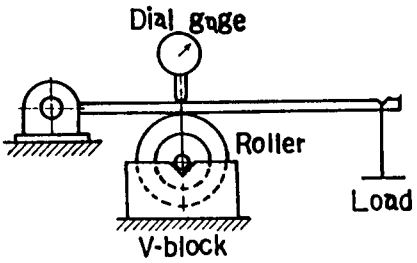
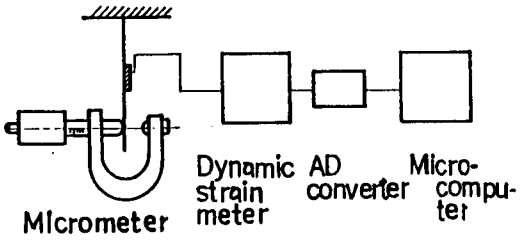


Fig.5　データのサンプリング及び図化の手順



(a)



(b)

Fig.6　較出実験装置

Fig.6, (b)に示す装置よりひずみゲージを貼りつけてある板ばねをマイクロメータのスピンドルによって変位を与え，動ひずみ計を通してその出力をマイコンに入力して電圧を求めた．これにより変位－電圧線図を得る．

4. 実験結果および考察

4・1　荷重－変位線図および変位－電圧線図　まずはFig.7に較正実験から得られた荷重－変位線図を示す．これより荷重の小さい領域では，最小二乗法で求めた直線からは若干ずれるようであるが，その他ではほぼE＝4.34L（ただしE；変位mm，L；荷重KN）で示される直線関係になった．

つぎにFig.8には変位－電圧線図を示す．同様にしてV＝0.18E（ただしV；電圧volt，E；変位mm）の直線関係が得られた．

以上の二種類の線図から，マイコンの出力電圧とローラに加わる荷重との間にFig.9に示すような関係，L＝1.28Vから，マイコンの出力としてのグラフ縦軸が，荷重に変換できることになった．

4・2　予変形時の半径力　Fig.10は予変形量を0から0.5mmごと増加させたときの，すべてのローラの半径力を求めてプロットしたものである．

これによれば，どの予変形が与えられた場合も大体に

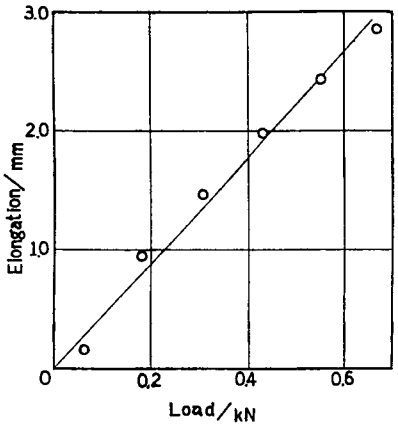


Fig.7　荷重－変位線図

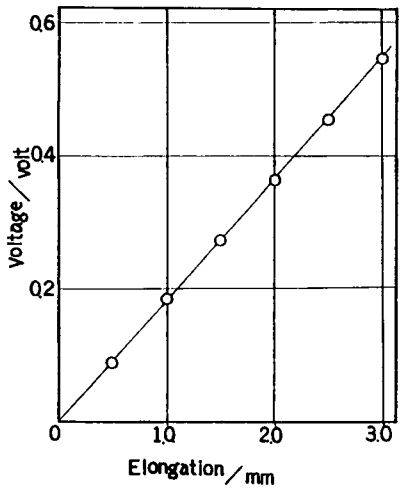


Fig.8　変位－電圧線図

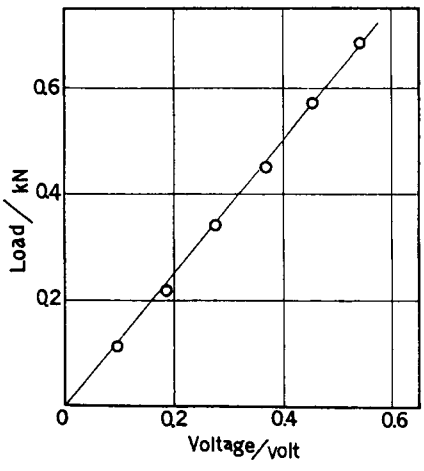


Fig.9　電圧－荷重線図

おいて0.05ＫＮ程度のばらつきが，４個のローラの間に生じている．これは板ばねとローラのゼロ点調節時において，初期接触状態に若干の違いがあるため生じたものと考えられる．このためゼロ点調節を慎重にする必要があり，つぎの転造半径力の測定には，予変形時にゼロ点を取り直し，予変形時を起点としてその変動を求めることにした．

４・３　転造半径力　Fig.11は素材円管に対し，４個のローラにより予変形を与えた時点よりスタートし，転造成形により三角形管を得る場合の転造半径力の時系列変動を示すグラフである．横軸は回転開始からの経過時間，縦軸は予変形時の半径力を基準にした場合の，転造半径力を荷重で示し，予変形量δは(a), (b),(c) の順にそれぞれ2.0，2.25，2.5 ㎜である．

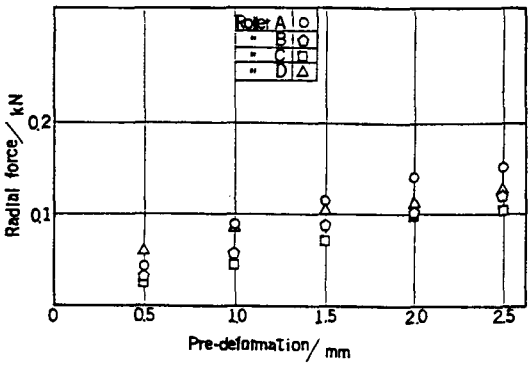


Fig.10　予変形時の半径力

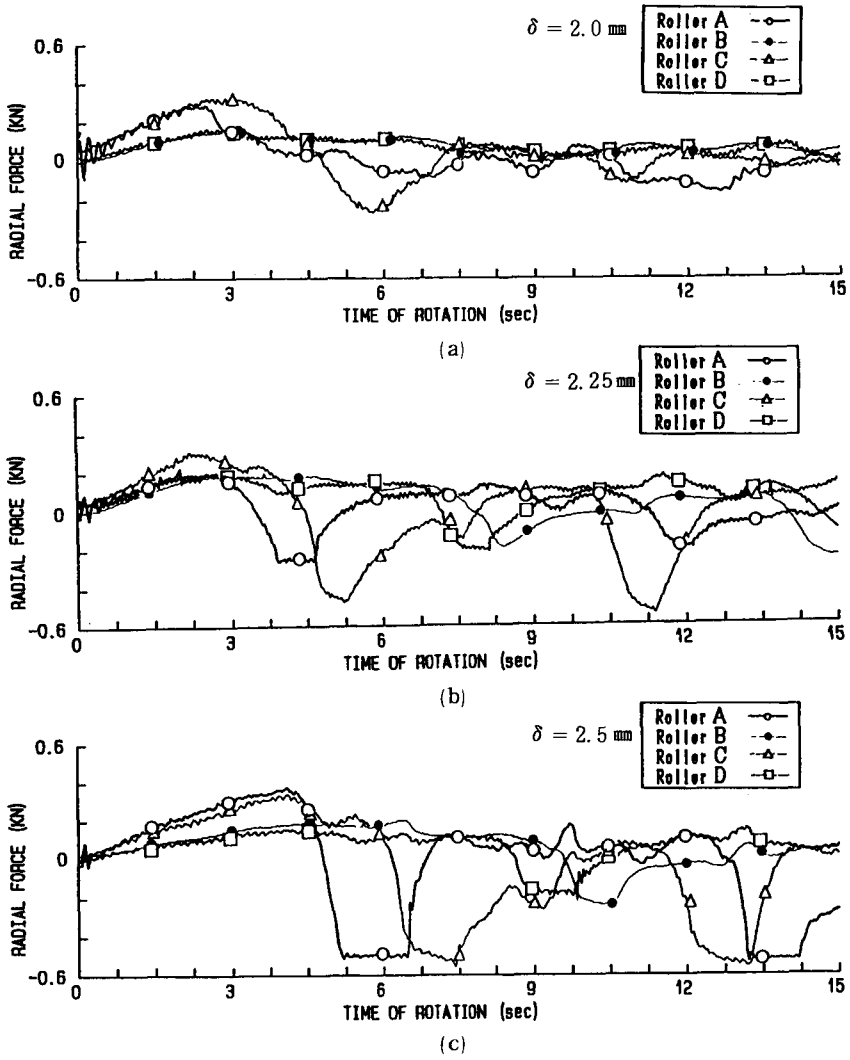


Fig.11　転造半径力

いずれのグラフにおいても回転開始直後より始まる半径力の変動傾向と，ある時間経過後のそれは全く異質の状態であることが認められる．すなわち回転開始直後からすべてのローラの半径力は，徐々に増大してゆき極大値を示し，その後は徐々に減少してゆく．これらのうちAとCのローラについて見ると極大値を経て直ちに減少しているが他のDとBのローラはある時間経過した後減少している．この相異は，管の回転により予変形時よりも鋭い角部ができて強くローラを押し上げ，より鈍い角部はローラをより弱く長い時間押し続けることによって起る．より鋭い角部の生成が転造成形のきっかけとなっていることは，従来の写真等により観察されており今回はこのようにはっきり再確認できたことになる．また一番最初に鋭い角部によって押し上げられたローラと，回転方向の後の隣り合うローラとの間に，最初の角部ができていたことになる．この角部の生成過程は，予変形時にできた4個の角部の一つが，回転方向にあるローラを乗り越えられないとき，回転方向の後方の角部がローラを乗り越えて進んできて合体し，ますます鋭く生成するのではないかと考えられる．この合体して鋭い角部が生成されている間に他の二つの角部も，ローラを乗り越えるたびに位置がずれてゆき．ほぼ等しい間隔になって三角形が形成されてゆくと考えられる．以上の過程を転造成形過程の過渡的成形段階とよぶことにする．

つぎに過渡的段階から，より早く角部が通過したAとCのローラ，遅く角部が通過したと考えられりDとBのローラはペアとなって以後の半径力変動を辿るようになっている．このことは，最初に生成された鋭い角部が前方のローラを乗り越えるとき，そのローラと装置中心と点対称にあるローラを押し下げることになり，例えばローラAとローラC，ある時間経過の後ローラDとローラB，つぎにローラCとローラA，つぎにローラBとローラDという順に半径力変動が記録されている．このような半径力変動が周期的にくり返される段階を定常的成形段階とよぶことにする．

以上の二段階を予変形量から見ると，過渡的段階に要した時間は予変形量が多い程長くかかっていることがわかるが，一方半径力のピーク値は，ほぼ0.3 KNの一定値を示す．このことは予変形によってできる角部のローラとの接触部長さは異なってもその角部の曲率はあまり差がないことを意味するのではなかろうか．

また定常的段階において，転造半径力の大きさは予変形量の増加とともに増大傾向にあるが大差はなく，同じローラにかかる転造半径力が，予変形時の半径力を下まわるまでの時間は予変形量の増加とともに長くなっている．このことは過渡的段階で生成された角部の曲率がそのまま定常段階に表われるので，転造半径力の大きさには大差がなく，また角部の形状は過渡段階での状態がそのまゝ表われると，接触部の長さは半径力の持続長さとなって表われるので半径力の周期は予変形に影響されることになる．また十分時間が経過すれば，半径力変動幅は次第に狭くなり遂には予変形時の値に収斂することが認められている．この領域では角管の断面形には変化がないが，弾性的変形に近づくことから成形された角管は次第に整形されて最小トルクで回転するようになる．

5. 結　論

角管転造成形過程における転造半径力の測定は，変形がローラに接触する局部に集中すること，さらには非対称変形状態であること，瞬間的変形であるなどの困難があるが，今回は転造工具に硬質ゴムを組み込み，板ばねに貼りつけたひずみゲージにより転造半径力を検出する方法を考案し，時系列変動するデータを収集し，記憶し，グラフ化するのに最適のマイコンを利用した測定システムによって実験を試みた．これらの実験結果から得られた結論を列挙すれば，つぎのようになる．

1. 転造半径力は，硬質ゴムを組み込んだ転造工具を使用し，板ばねに貼りつけたひずみゲージにより検出し，マイコン測定システムによりグラフ化することにより測定が可能になった．
2. 予変形時での半径力は，予変形量にほぼ比例し最大予変形で約0.1 KNである．転造半径力は成形開始直後に最高0.3 KNの極大値を示し以後減少した．
3. 転造半径力の変動により，転造成形過程は予変形状態より最終形状に移行する過渡的変形段階と，周期的変動を示す定常変形段階とに分けられる．
4. 過渡的変形段階では，一番最初にできる鋭い角部の生成が転造成形のきっかけを作り，他の角部もずれを生じながら最終形状を形成していく．
5. 定常変形段階では，転造半径力が周期的変動をくり返しながら減少し整形の段階になってゆく．

参考文献

1）津田他;正多角形断面の転造成形法,特許第876285号.
2）津田他；転造による多角形管の成形条件，塑性と加工，第30巻，第346号，1504，(1989－11).
3）津田他；高速映画による成形機構の解析，昭和54年塑性加工連合春季講演会.
4）江川・磯部；マイコンによるデータ計測，280，培風館，1984.