

流体論理素子に関する基礎研究

A Fundamental Research on the Fluid Logic Element

松本 義雄・大島 康次郎

Yoshio MATSUMOTO and Yasujiro OSHIMA

1. はじめに

流体論理素子の特性改善に関する一連の実験結果について報告する。実験に用いた素子はいわゆる壁付着型流体論理素子でその形状ならびに各部名称を図1に示す。

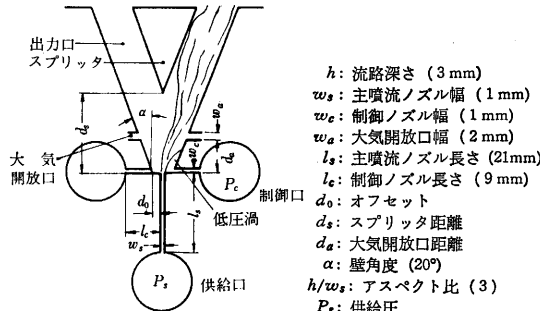


図1 素子形状および諸元

実際に論理回路を組む場合のいくつかの問題点のうち、特にここでは素子の増幅度(出力圧/制御圧)を高めること、および負荷に対して安定に動作することの二点に対する研究結果を述べる*。なお、素子の形状寸法のうち、流路深さ、主噴流ノズルおよび制御ノズル幅、主噴流ノズルおよび制御ノズル長さ、壁角度、アスペクト比(主噴流ノズルの縦/横比)は常に一定とした(図1参照)。

2. 限界制御圧低下のための一方法

一般に、噴流の壁付着力を弱める方向で限界制御圧を低下させ素子の増幅度を上げることは容易であるが、これは論理素子としての動作を不安定化し望ましくない。したがって、入力としての制御圧の存在しない定常状態においては安定で、しかも、入力の加わった場合だけ急速に不安定化する素子があれば理想的である。筆者らは次のような考え方に立って、上記の条件を満足する素子の実現を計った。

噴流と壁とで囲まれた低圧渦(図1参照)は制御圧の付加とともに、切り換えの起こる瞬間まで成長する。したがって、入力のない定常状態の噴流付着点よりわずかな下流に大気開放口を設けておけば制御圧による低圧渦成長により、低圧渦の端が大気開放口に達し、低圧渦の圧

* 増幅度を高めるためには、流れをスイッチするのに必要な最小制御圧(限界制御圧)を小さくすることを要し、負荷に対して安定であるためには、負荷の大きさに応じて余分な流れを大気中に放出するいわゆるブリードが必要である。したがって、研究の目的は限界制御圧の低下および最適ブリードの設計である。

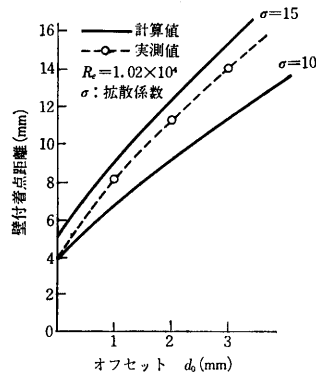


図2 壁付着点距離

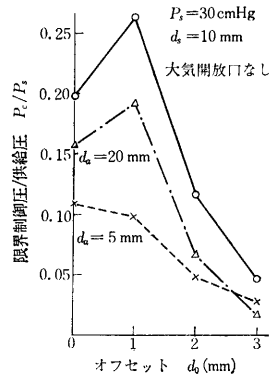


図3

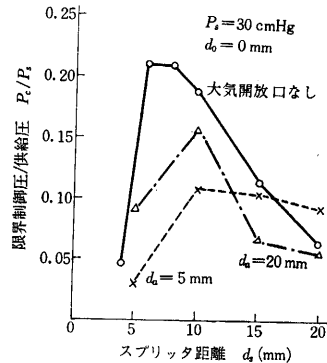


図4

力は上昇し、素子は急速に不安定化し容易に切り換えの起こることが予想される。

適当な大気開放口距離を設定するため、壁面に墨を塗ることにより付着点距離を実測した(図2)。図の計算値は2次元非圧縮性の仮定の下にGörtlerの噴流速度分布に基づく計算結果である。この計算法について述べることは本報告の目的でないので省略する^{1),2)}。図2を参考にして大気開放口距離は5 mm~20 mmにと

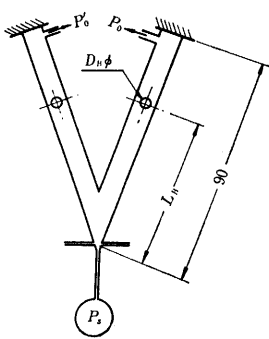
った。非常に多くの因子が限界制御圧に影響を与えるがそのうちスプリッタ距離およびオフセットを可変にして大気開放口の効果を調べた。図3、図4にこの結果を示す。切り換えは二つの噴流の干渉によって起こるため、現象の解析

はきわめて困難であり、特に定量的解析は現研究段階ではほとんど不可能である。したがって、結果に対する速断は禁物であるが、図より大気開放口の効果は歴然としており、特にオフセットおよびスプリッタ距離がともに

小さい場合大気開放口による限界制御圧の低下は著しい。図3でピークの現われるのは噴流の偏向が増すための制御圧の増加傾向と、壁の後退により付着力が弱まり制御圧が減少する傾向との相殺関係より理解できる。オフセットおよびスプリッタ距離が大きい場合、曲線が変わる理由は明らかでない。

なお、動的な入力に対する結果はここでは割愛するがこの場合にも、大気開放口の効果は現われ、数10 c/s 程度までの入力に対しては特に不安定化することもなかった。

3. ブリードに関する研究



L_B : ブリード穴距離
 D_B : ブリード穴径
 P_S : 供給圧
 P_0 : 出力圧
 P_0' : リセット側圧

図 5

ブリードは図5に示すように流路の垂直上方に設けた円形の穴とした。あらゆる接続状態においてブリードとしての役割を果させるという観点から、実験は出力口を完全に閉鎖した状態で行ない、種々のブリード穴径および距離に対して出力側の圧力 P_0 およびオーバフローによるリセット側圧力 P_0' を測定した。

この結果を図6、図7に

示す。図よりブリードは上流にあるほど高い出力圧を生ずるが、同時にオーバフローも増す。そこで、許容できるリセット側圧力の範囲内で、ブリードはできるだけ上流に設ける方がよい。同様に、ブリード穴径についてもリセット側圧力の許容範囲内で小さいほどよい。リセット

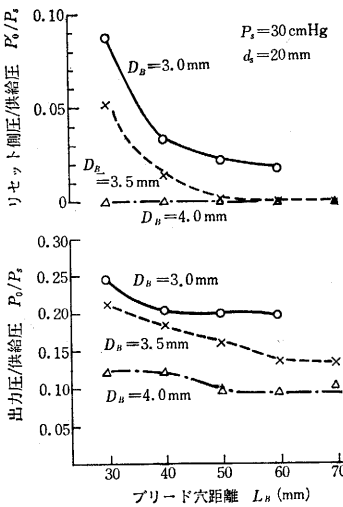


図 6

側圧力をゼロに保ち、素子に完全なデジタル動作を行なわせるにはブリード穴径 3.5 mm ブリード穴距離 50 mm が適当である。

図8はスプリッタ距離と出力圧との関係である。出力圧はスプリッタ距離によらないがリセット側圧力はスプリッタ距離とともに増す。よっ

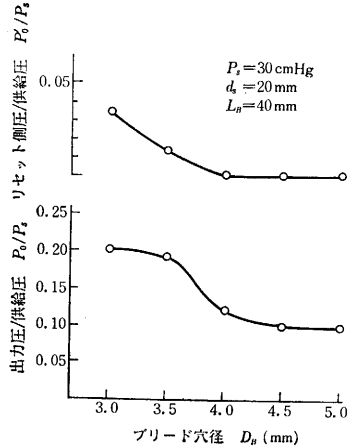


図 7

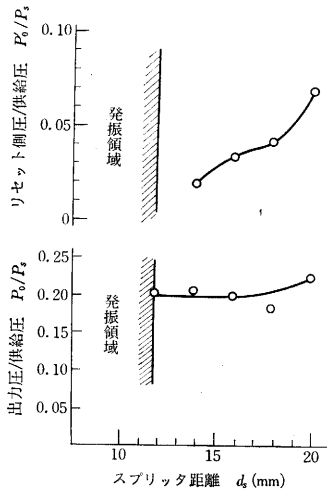


図 8

ブリードを兼ねさせる問題、より高い周波数領域での安定性等、問題は多い。最も基本的な切り換えのメカニズムについても、現状では明確な結論がえられていない。したがって、さらに広範なデータの集積によりこれらの問題点を解明することが、素子の実用化に並行して、今後進めなければならない研究方向である。

(1967年7月3日受理)

文 献

- 1) H. Schlichting: "Boundary Layer Theory", McGraw-Hill, New York, 1960.
- 2) Sheldon G. Levin, Francis M. Manion: Fluid Amplification Series 5, "Jet Attachment Distance as a Function of Adjacent Wall Offset and Angle" by Harry Diamond Laboratories, 31 December 1962.

てスプリッタ距離は小さいほどよいが、ある程度以下になると不安定化し、発振状態を示す。この発振領域は当然ブリード穴径およびブリード穴距離によって異なる。

ブリードと他のパラメータとの関係を一般化することはむずかしい。

したがって、現状では各素子の寸法および使用供給圧に応じて、実験的手法により最適ブリードを決めざるをえない。

4. むすび

大気開放口の効果についてはこれだけでは結論を下だせず、さらに広範な実験を必要とする。特に、大気開放口幅の影響、