

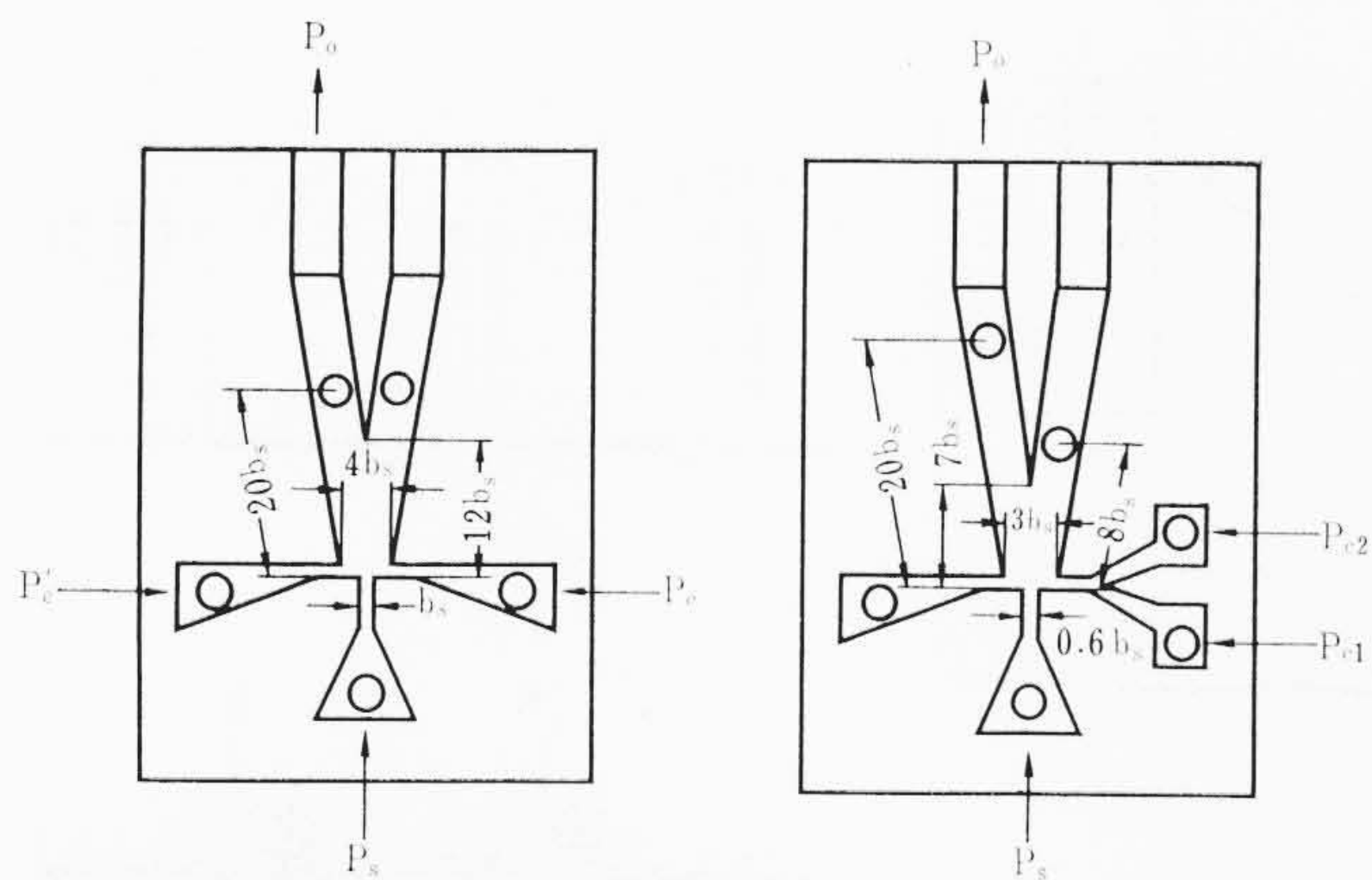


図3(a) 二安定素子仕様

図3(b) 論理和素子仕様

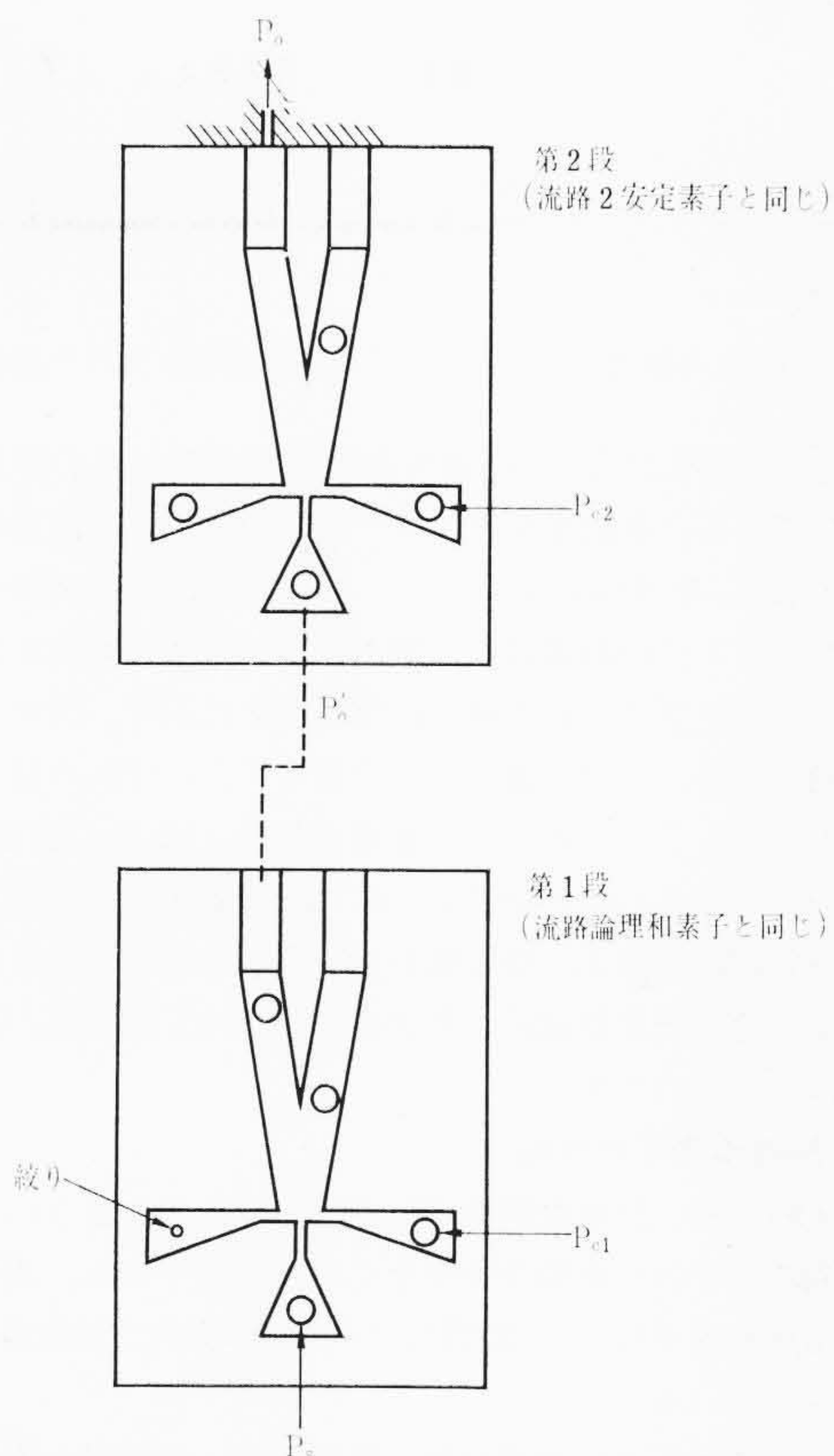


図3(c) 論理積素子仕様

各素子の標準的な形状は図3(a)(b)(c)に示すとおりである。二安定素子は左右対称位置にブリード口を設け出口がしぼられても、特性が変わらないようにしてある。論理和素子ではこのブリード口の位置および出口開口部を左右非対称にして一安定性をもたせ、入力流 P_{c1} , P_{c2} は図3に示されている制御口からはいるようになっている。論理積素子では図3(c)に示すように2素子をシリーズにつなぎ作動流を初段素子にのみ導入し、二つの入力を、各素子制御口から独立に入れ、終段素子から論理積出力を取り出すようにしてある。従来一般に論理積素子は論理和素子と同様の形状を用い、作動流方向切換に必要な制御流量を二つに分割して各論理積入力とする方法がとられているが、ヒステリシスによる誤動作や寸法による特性のばらつきがいちじるしかったので本方式を用いた。

2.2 素子の特性

2.2.1 おもな流路仕様と特性の関係

特性上もっとも大きな影響をもつ流路仕様は図4(a)に示す流路分割部距離 l と交會幅 D である。

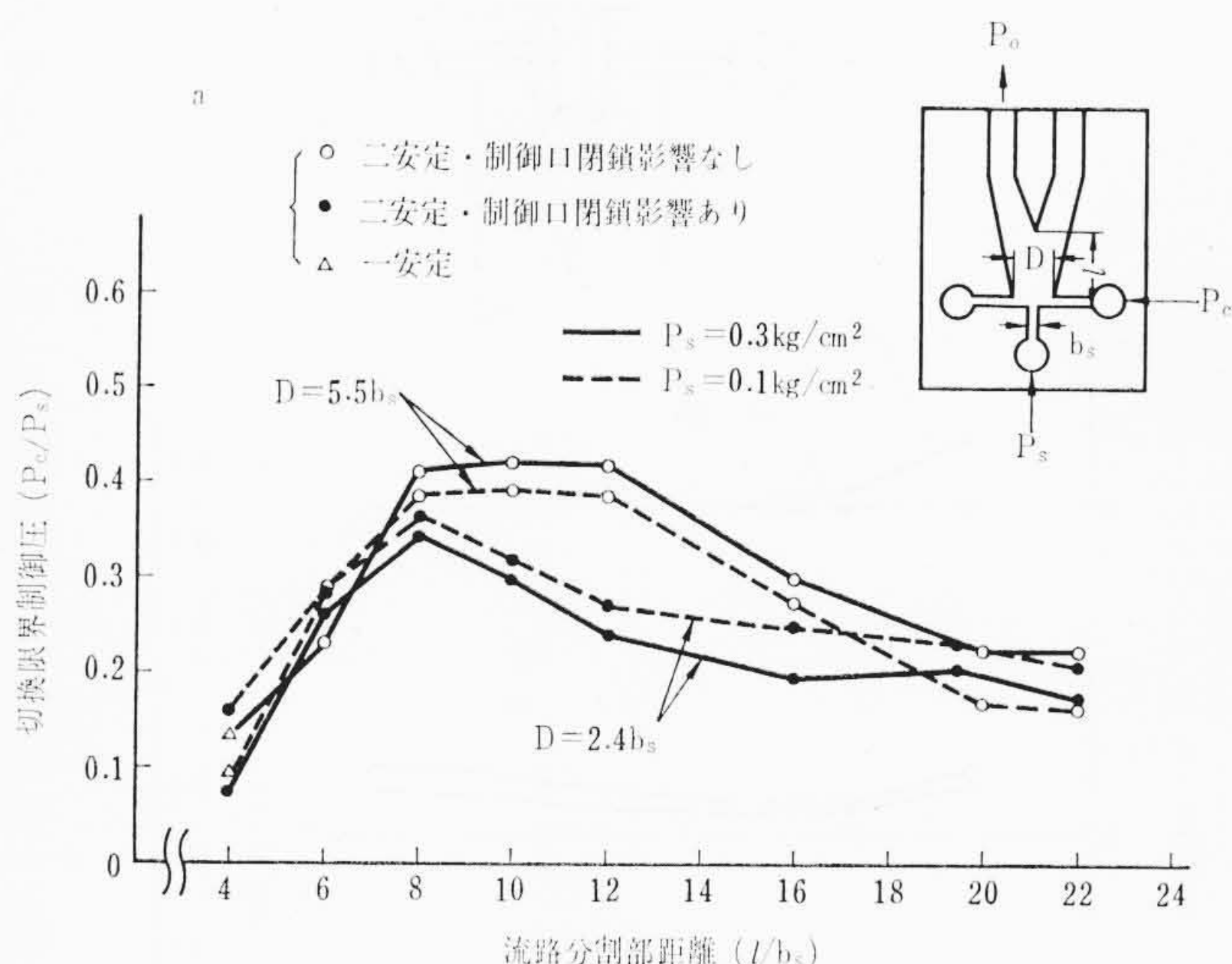


図4(a) 流路分割部距離の影響

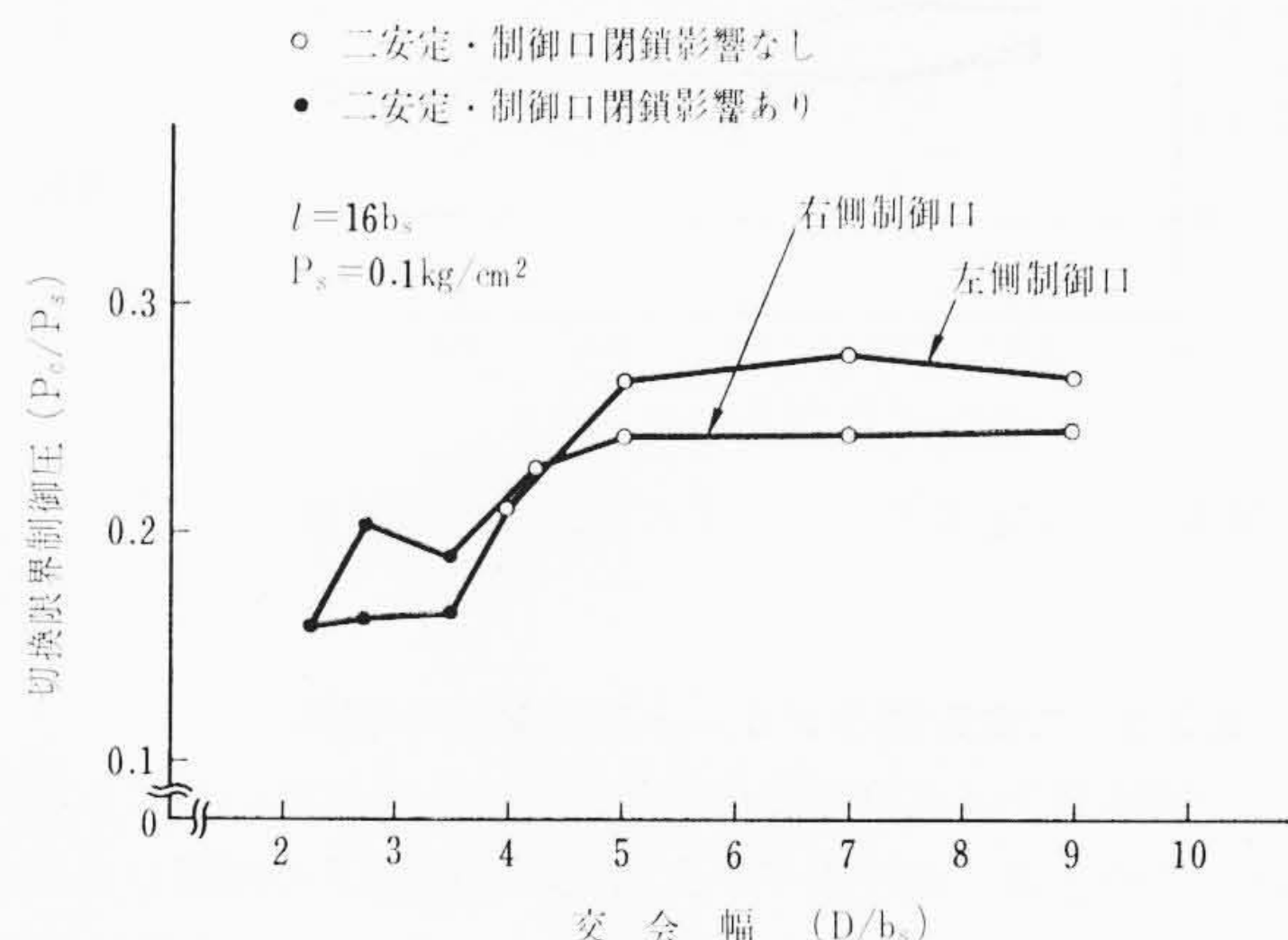


図4(b) 交會幅の影響

いま、作動流(供給圧 P_s)の方向を切り換えるのに必要な最小限の圧力(制御口前ではかって P_c)を限界制御圧とよび、これと流路分割部 l および交會幅 D との関係の二安定素子に対する実験的結果を示せば、図4(a)(b)のようになる(素子の両出口は絞りなしで大気に開口している)。

ただし、ここで限界制御圧 P_c 、流路分割部距離 l および交會幅 D はそれぞれ供給圧 P_s 、供給口幅 b_s で無次元化してある。

また本実験では供給圧 P_s はすべて $0.1 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$ の範囲に限定してある。図からわかるとおり、流路分割部距離 l/b_s が $8 \sim 12$ くらいで限界制御圧 P_c/P_s が最大となり、これより大きくても小さくても P_c/P_s は減少の傾向にある。この原因については作動流と流路壁との間に作られる閉空間の作用と密接な関係をもっているものと思われる。

すなわち、この閉空間の大きさ、形状が分割部距離 l とともに変わりこの変化にともなって限界制御圧 P_c/P_s を増加させる要因と、減少させる要因とが同時に作用するためではないかと推測される。交會幅 D/b_s との関係についてはこれが 5 くらいの値に達するまでは、限界制御圧 P_c/P_s は急激にふえるが、それ以上ではあまり変化はなくなっている。これについても流路分割部距離の場合と同様、作動流と壁との間の閉空間の性質と密接な関係をもつものと思われる。なお、図中白丸は制御口を完全に閉鎖しても作動流方向の変らない場合、黒丸は変る場合を表わしているが、交會幅 D/b_s が大きくなると制御口を閉鎖しても作動流方向が変らない傾向が強くなる。

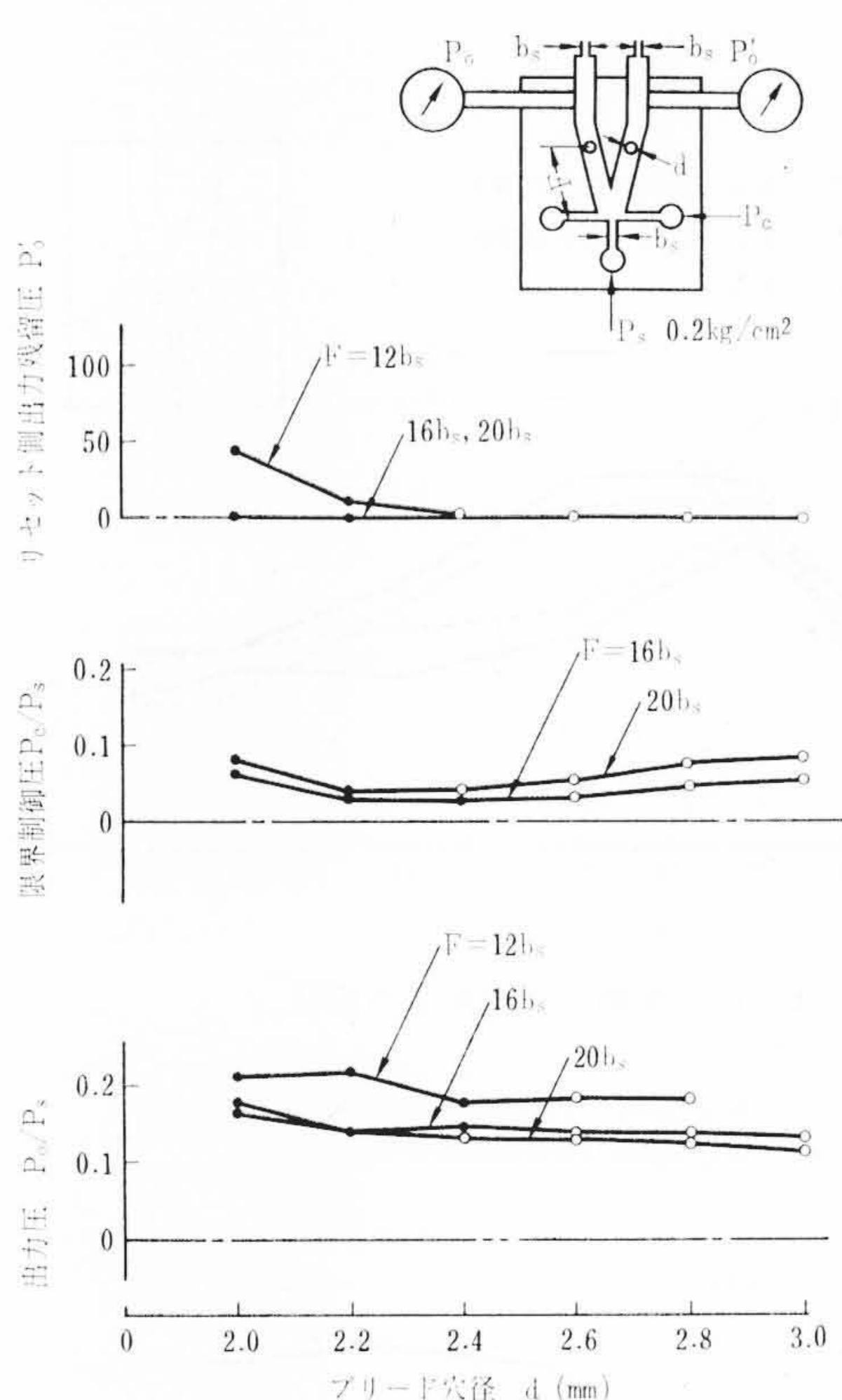


図5 二安定素子ブリード穴径、距離の影響

2.2.2 二安定素子ブリード穴と特性の関係

一般に素子は直列あるいは並列につないで用いられることが多い。このとき、前段素子の出力流は次段素子の制御口へ流入するようになる。したがって各素子出力口は絞った状態で使用される。このような状態で特性を乱さぬためには流路の適当な位置にブリード穴をあける必要がある。ここに図3(a)に示すような、二安定素子に対し、両出口を制御口幅まで絞った状態でブリード穴距離、ブリード穴径と限界制御圧 P_c/P_s 、出力圧 P_o/P_s 、反出力側出口の残留圧 P_o' (mmAq) の関係を実験的に求めた結果を図5に示してある。

図からまず限界制御圧 P_c/P_s はブリード穴径 2.2 mm あたりからこれと相伴って逐次増加しているが、出力圧はほとんど変わらない。反出力側出口の残留圧 P_o' はブリード穴 2.4 mm あたりまで観測されるが、それ以上ではみられない。

ブリード口距離 F については、これが小さいほど出力圧 P_o/P_s は大きい。16~20 bs あたりではほとんど変わらない。なお、図にも制御口閉鎖時の影響が図4と同様、白、黒丸で示してあるが、ブリード穴径、および距離の大きいほどこの影響が小さい。これら実験の結果を考え、二安定素子のブリード穴径、距離はそれぞれ 2.6 mm、20 bs にとってある。

2.2.3 論理和素子とブリード穴距離

論理和素子では一安定性を持ち、限界制御圧の低いことが必要である。すでに述べたように本素子では一安定性をもたすために反出力側出口を絞りなしで大気開放とし、かつ左右非対称にブリード穴をあけて限界制御圧の低下を図った。この場合、出力口側のブリード穴距離は 20 bs にとってある。いま図3の論理和素子に対し、出力側出口を制御口幅まで絞り、かつ反出力口側ブリード穴距離を種々かえた場合の出力圧 P_o/P_s 、限界制御圧 P_c/P_s の傾向を実験的に調べた結果を示せば図6のようになる。

これによれば、出力圧 P_o/P_s は片側ブリード穴距離 F_R が変

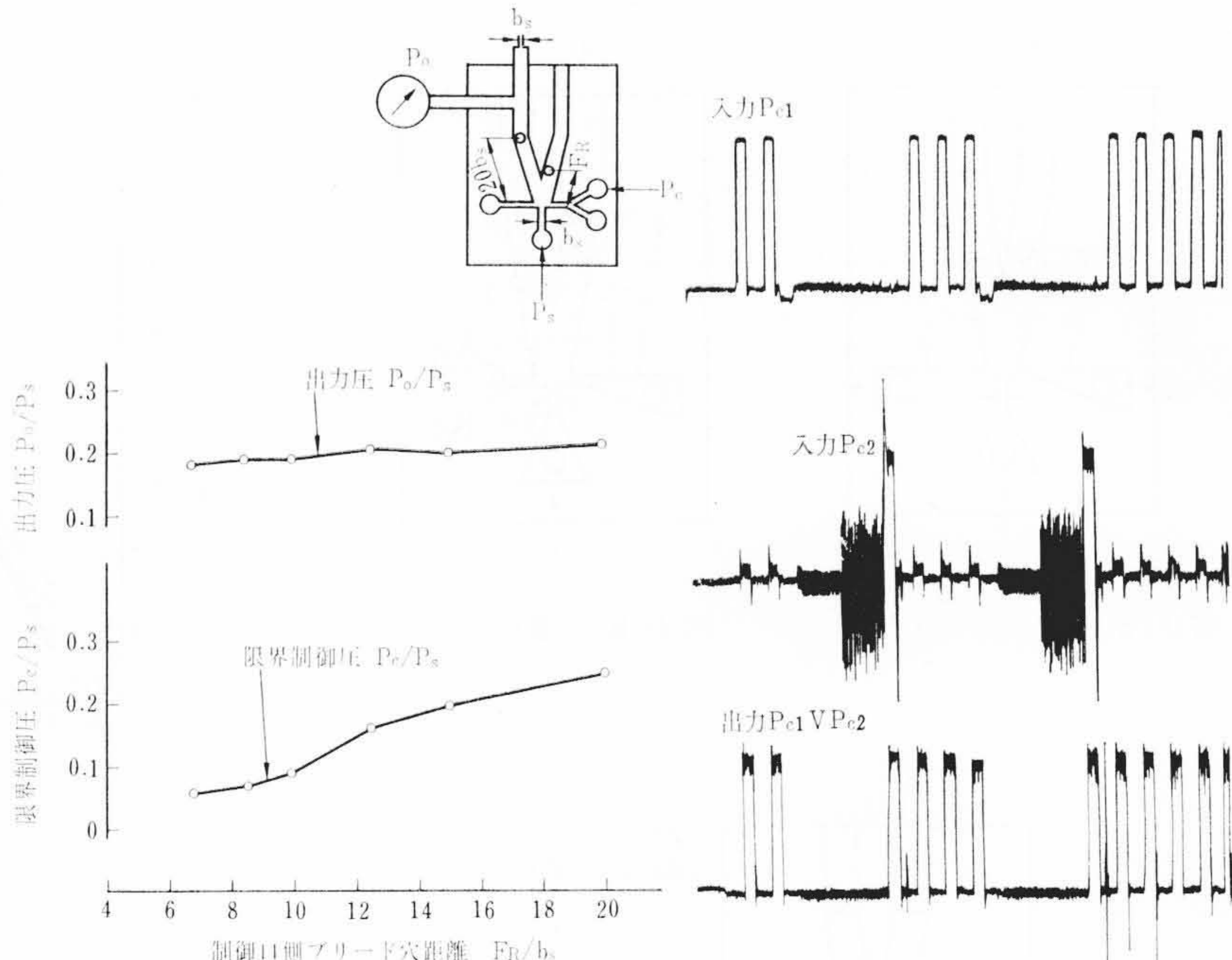


図6 論理和素子ブリード穴距離の影響

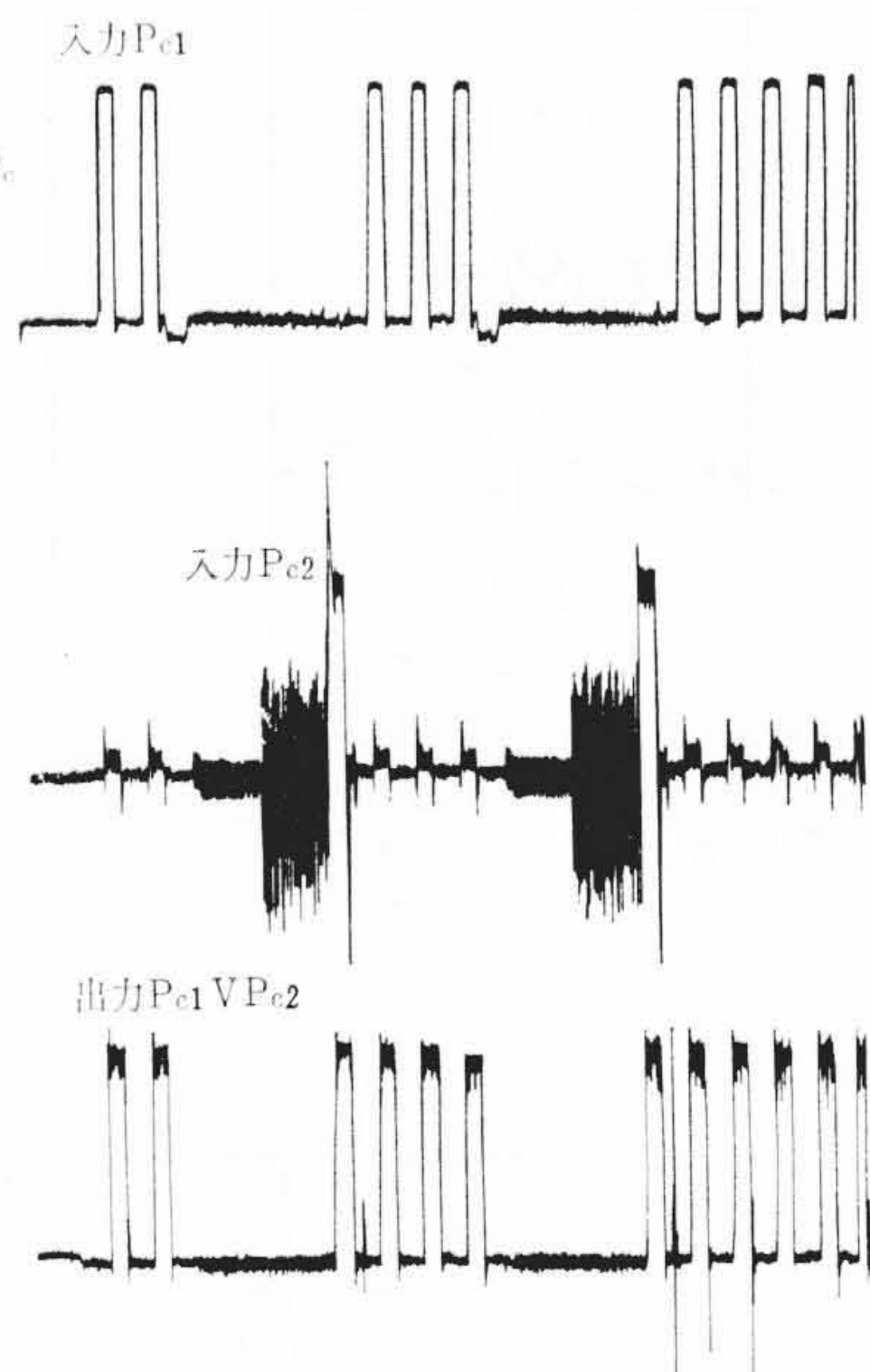


図7 論理和素子の作動状態

てもほとんど変化はないが、限界制御圧 P_c/P_s はこの距離とともに増加している。本結果を考慮して実際の素子の反出力口側ブリード穴距離 F_R を 8 bs にとった。この論理和素子の実際の作動を調べるため、二つの制御口圧、出力口圧を電空変換器を介して、電磁オシログラフで記録させた結果を図7に示す。図の上2段が二つの制御信号、下段が論理和出力信号で、いずれの信号によっても出力圧が生じていることが観察される。なお、図3(a)および(b)を比べてみればわかるように二安定素子は論理和素子に比べて流路分割部距離 l 、交差幅 D とも大きめにしているが、これは図4から考え限界制御圧が多少高くなっても作動流の記憶特性を確実にするためである。

2.2.4 論理積素子の作動

この実験で用いた論理積素子は図3(c)に示すように二つの素子を直列につないで誤動作を少なくしたものである。素子流路は初段が論理和素子(ただし制御口は一つ)次段が二安定素子と同じ形状をもっている。

また、初段素子の反制御口側の流路を絞って適当な限界制御圧がえられるようにしてある。この素子の作動状態を調べるため前と同様、制御口圧、出力口圧を電空変換器を介して電磁オシログラフに記録させた結果は図8に示すとおりである。

図の上2段が第1、第2制御入力圧、下段が論理積出力圧をあらわすが、二つの制御入力圧が同時に発生した時のみ出力圧が発生していることがよく観察される。

3. 小形ボール盤のプログラム制御への応用

3.1 構造と動作

論理素子の仕様がひと通りきまったので複合回路の実際の作動特性を確認するため、小形ボール盤のプログラム制御装置へ応用してみた。これは加工物をあらかじめプログラム設定した位置まで逐次割出し回転し、穴あけ位置で停止、固定、穴あけを行ない、ふたたび次位置まですすむ動作と最終段の停止を自動的に行なわせるもので、図9(a)(b)に示すような外観をもっている。制御回路は二安定、論理和、論理積および否定動作を行なう14個の論理素子からなる(論理積素子は各2個の素子からなるので素子としては合計21個となる)。

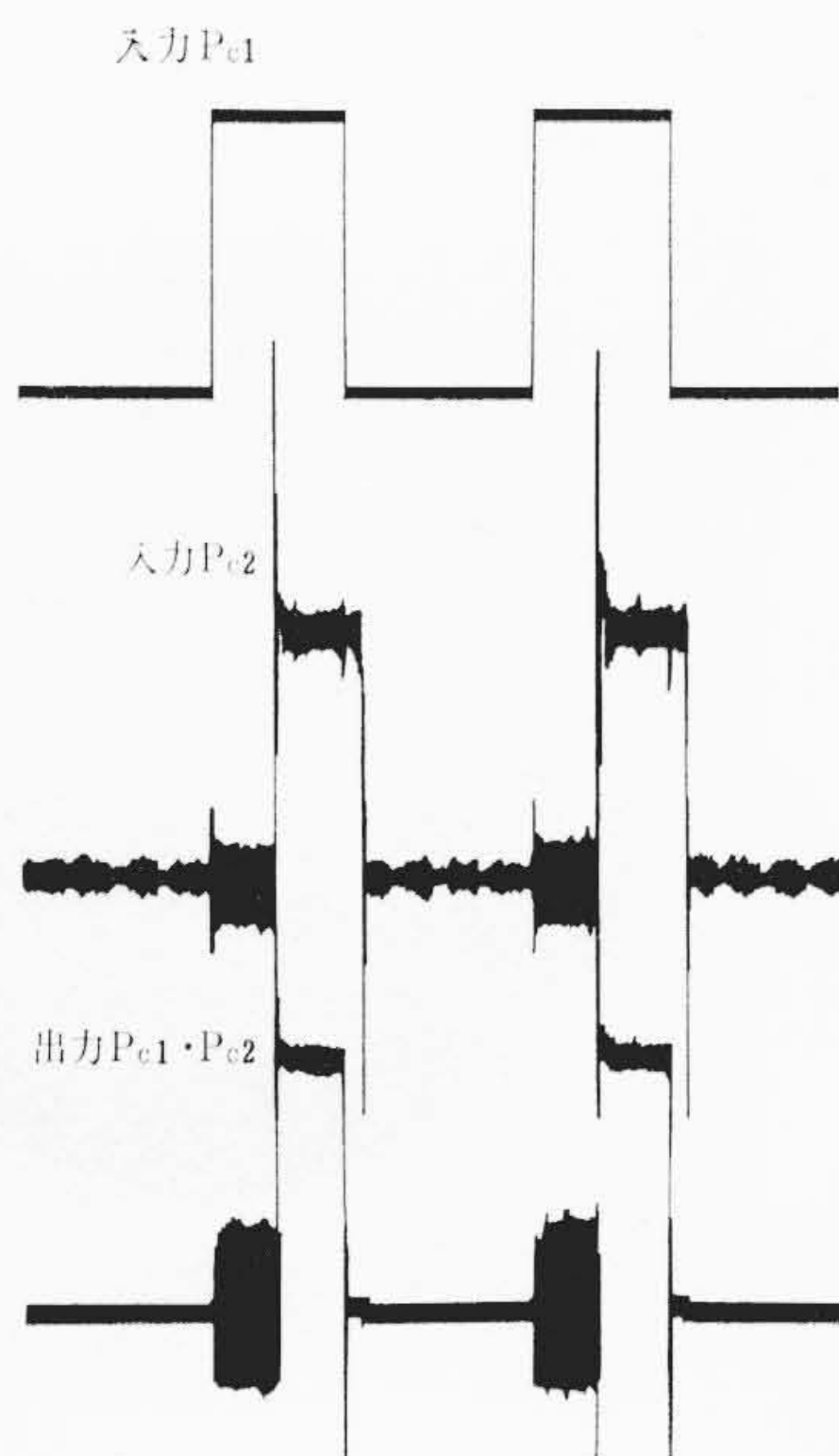
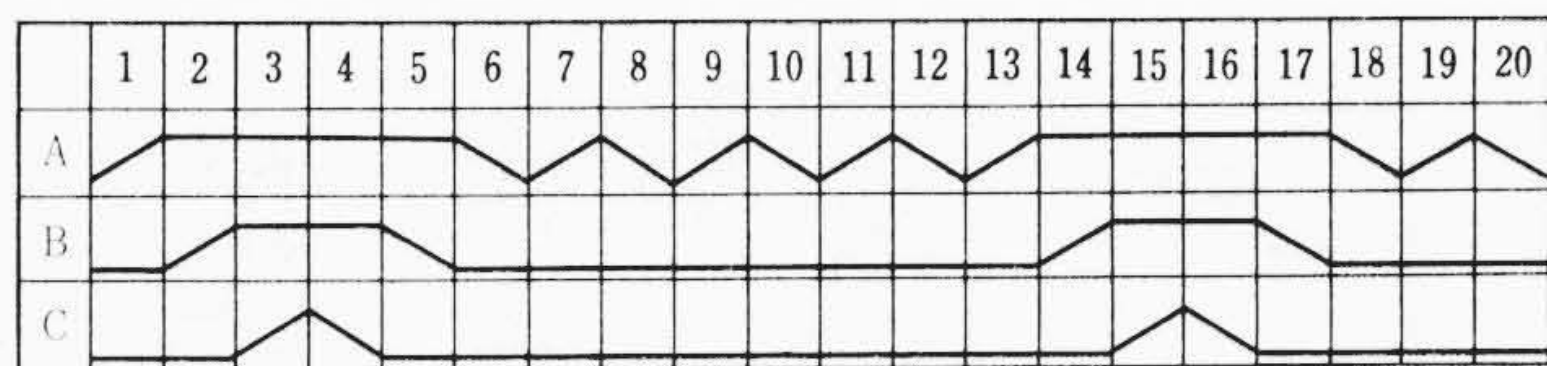
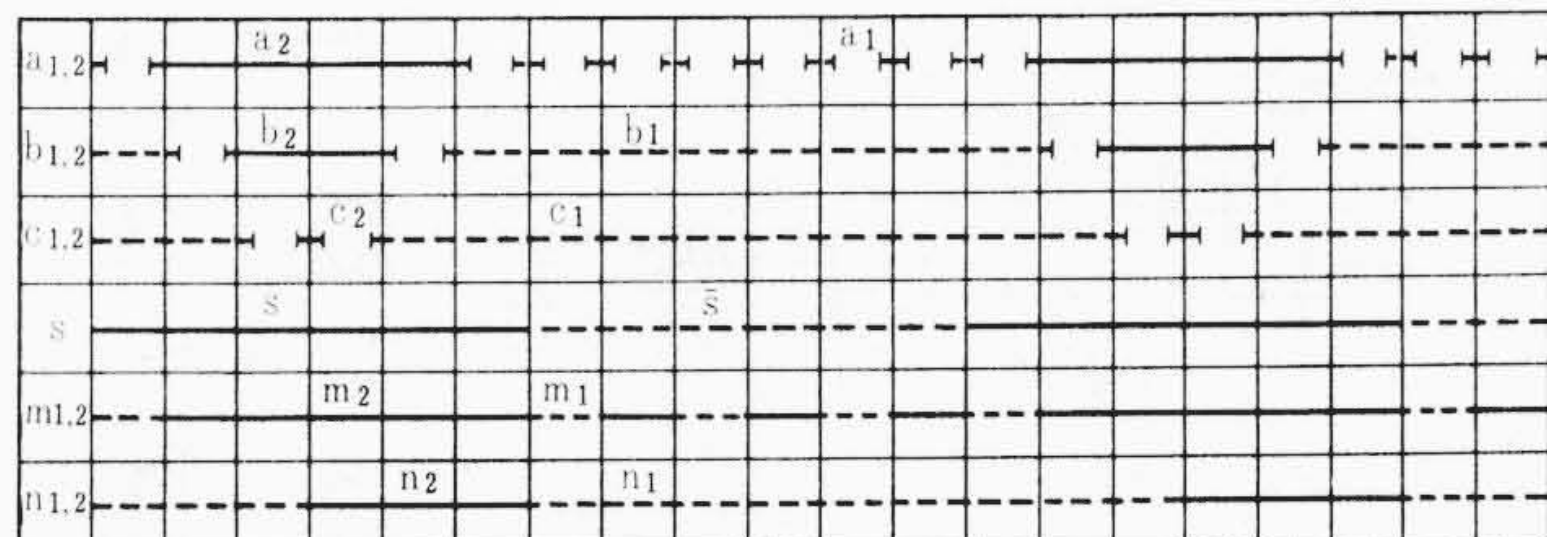


図8 論理積素子の作動状態

(i) パワーシリンダの動き



(ii) 作動信号



$$\begin{aligned}
 A &= m_1 & \bar{A} &= b_1 n_2 V S m_2 \\
 B &= S a_2 n_1 & \bar{B} &= c_1 n_2 \\
 C &= b_2 n_1 & \bar{C} &= b_2 n_2 \\
 S &= S_{1-6} V S_{13-18} \\
 m_1 &= a_1 & m_2 &= a_2 \\
 n_1 &= a_1 & n_2 &= c_2 \\
 A, B, C & \text{ 前進} & \bar{A}, \bar{B}, \bar{C} & \text{ 後進}
 \end{aligned}$$

図10 ボール盤プログラム制御動作図

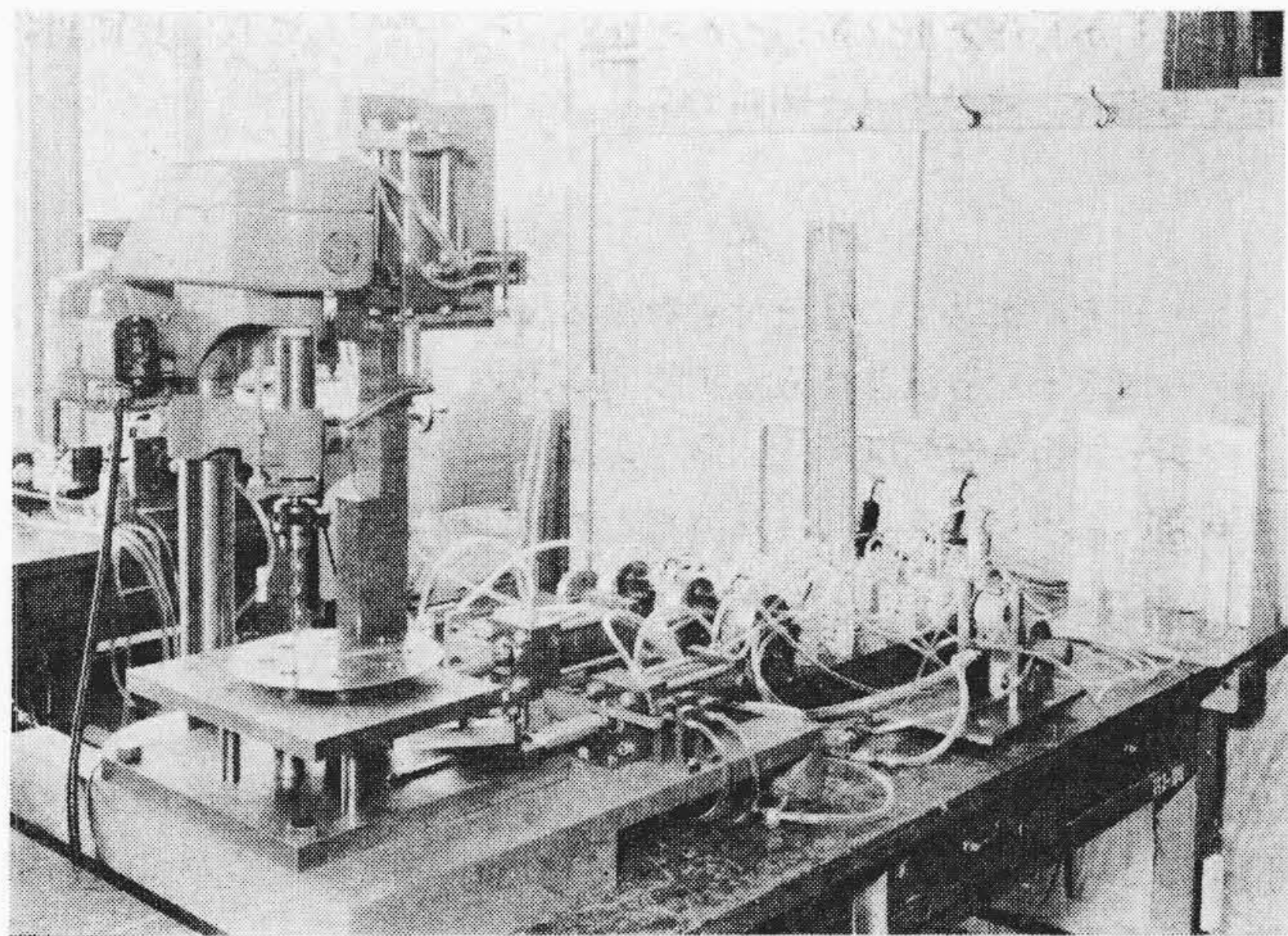
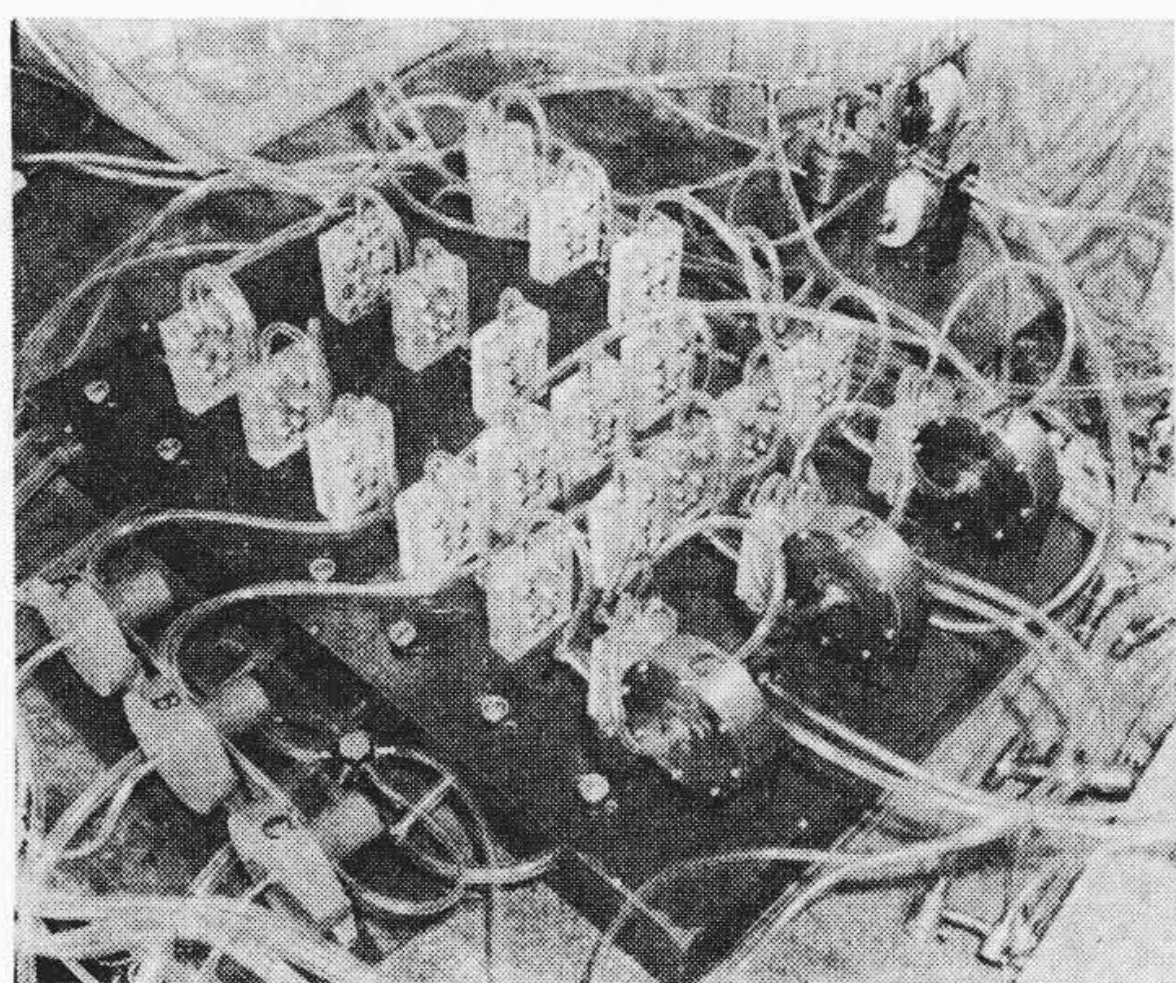


図9(a) ボール盤プログラム制御装置



(制御回路部分)

図9(b) ボール盤プログラム制御装置

最大ドリル径 10 mm のボール盤を用い、このドリル軸の上下駆動および割出の駆動には内径 50 mm の空気式パワーシリンダを用いた。

3.2 制御回路の設計

本装置の作動状態を示す動作図は図 10 に示すとおりである。A は割出し、B は割出台固定、C はドリル駆動の各パワーシリンダの

動きを示し、S は穴あけ位置を設定したプログラム圧力信号を表わす。a_{1,2}, b_{1,2}, c_{1,2} は割出、固定穴あけの末端位置における圧力信号を示し、このうち、後退末端位置を示す添字 1 に対応する場合を点線で示し、前進末端位置を示す添字 2 に対応する場合を実線で示した。まず各サイクル 1, 2, 3, ... において (ii) 図の状態が相等しく、しかも (i) 図の状態の異なるものを弁別するための記憶素子として m, n のように 2 個を必要とする。ここに図中 m_{1,2}, n_{1,2} とあるのは添字 1, 2 がそれぞれリセット、セット信号をあらわすものである。

A, B, C, S および m, n の各状態を定義する論理式として次のものがえられる。

$$A = m_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{A} = b_1 \cdot n_2 V \bar{S} \cdot m_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$B = S \cdot a_2 \cdot n_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\bar{B} = C_1 \cdot n_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$C = b_2 \cdot n_1 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{C} = b_2 \cdot n_2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$m_1 = a_1 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$m_2 = a_2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$n_1 = a_1 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$n_2 = c_2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$S = S_{1-6} V S_{13-18} \quad \dots\dots\dots (11)$$

上式において A, $\bar{A}$ などは各シリンダピストンの前進、後退の状態をあらわし、S₁₋₆ などはプログラム信号が 1 サイクル始めから 6 サイクル終りまで続くことを示すものである。

論理式 (1)~(11) から制御回路を組めば、図 11 のようになる。図でみるように回路は入力演算、ホールド、増幅の各部およびプログラム設定ヘッドから構成され、これに操作および検出部分がつながれて閉ループを作る。ピストン A, B, C の末端位置の検知には図で示すようにその位置にきた場合、ピストンの一部に取り付けられた遮へい部の窓を通して定圧ジェット流が演算部へ流入するようにしてある。プログラム信号発生には同図のように割出信号ごとに 1 ピッチずつ送られる穴あきテープと上に述べた定圧ジェットノズルとが用いられている。

この回路の作動空気圧は、演算部が 1,200 mmAq, 検出部が 3,000 mmAq, 操作用パワーシリンダが 1.5 kg/cm² である。

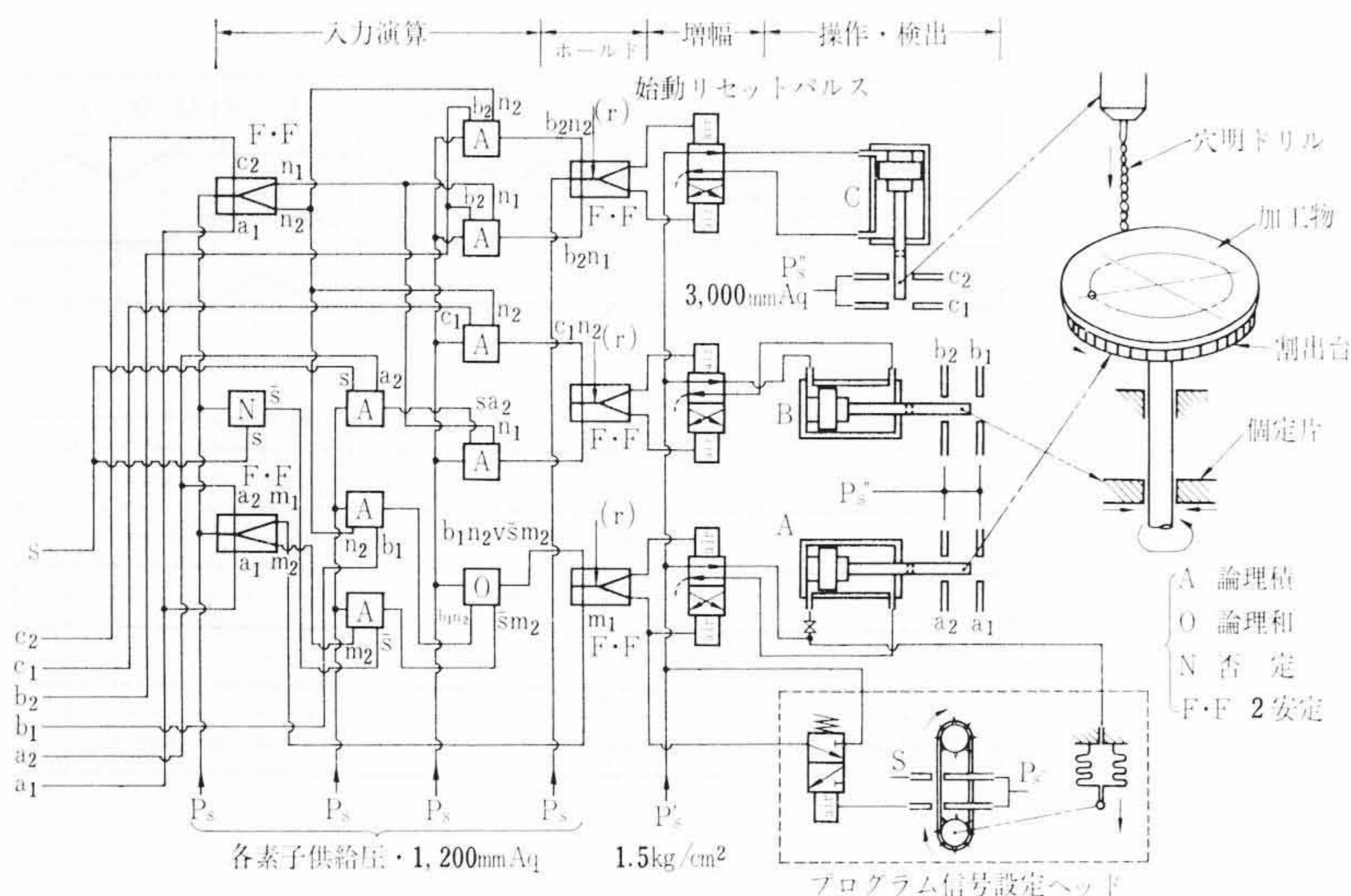


図11 ボール盤プログラム制御回路図

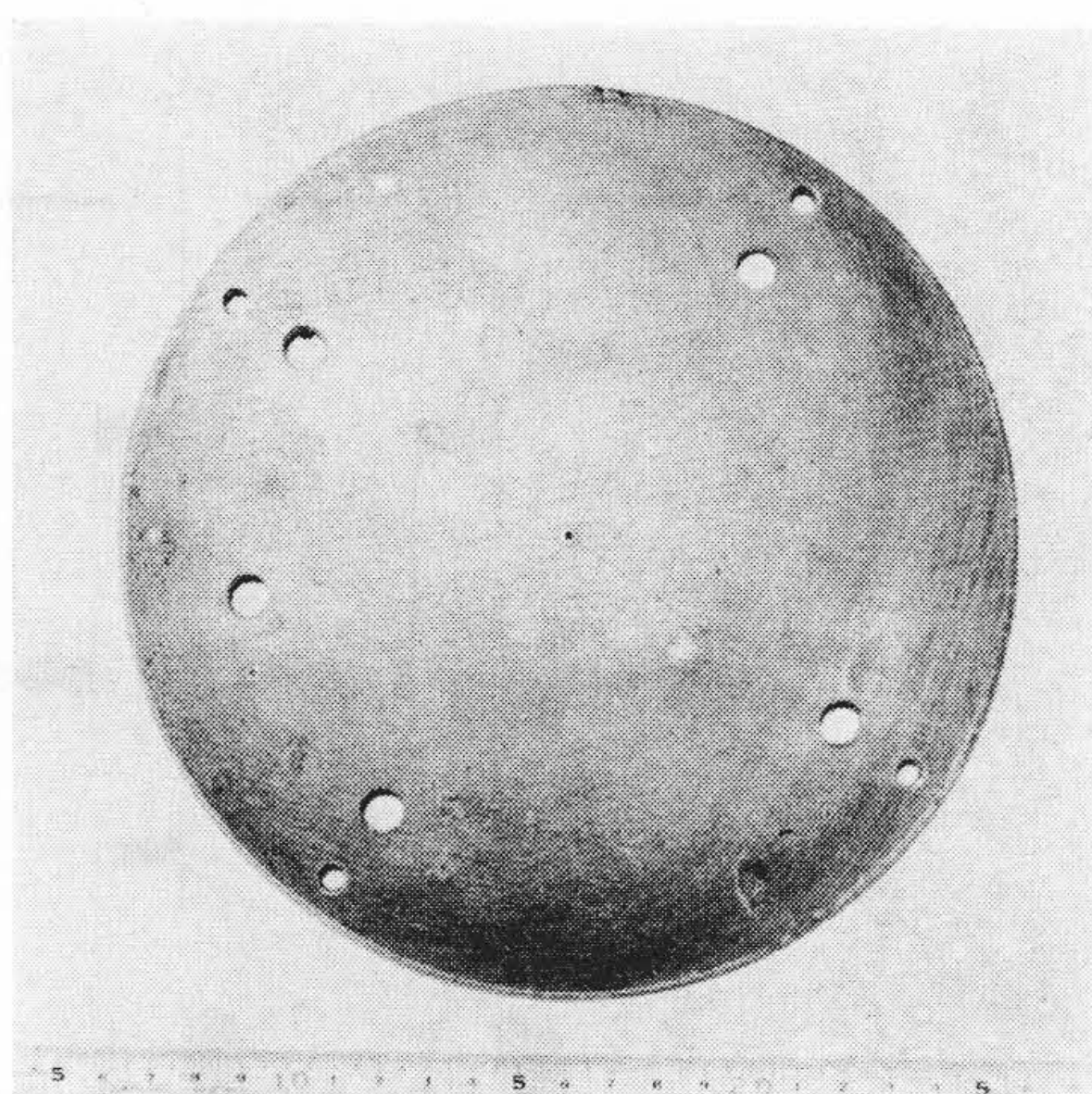


図13 プログラム制御穴明加工例

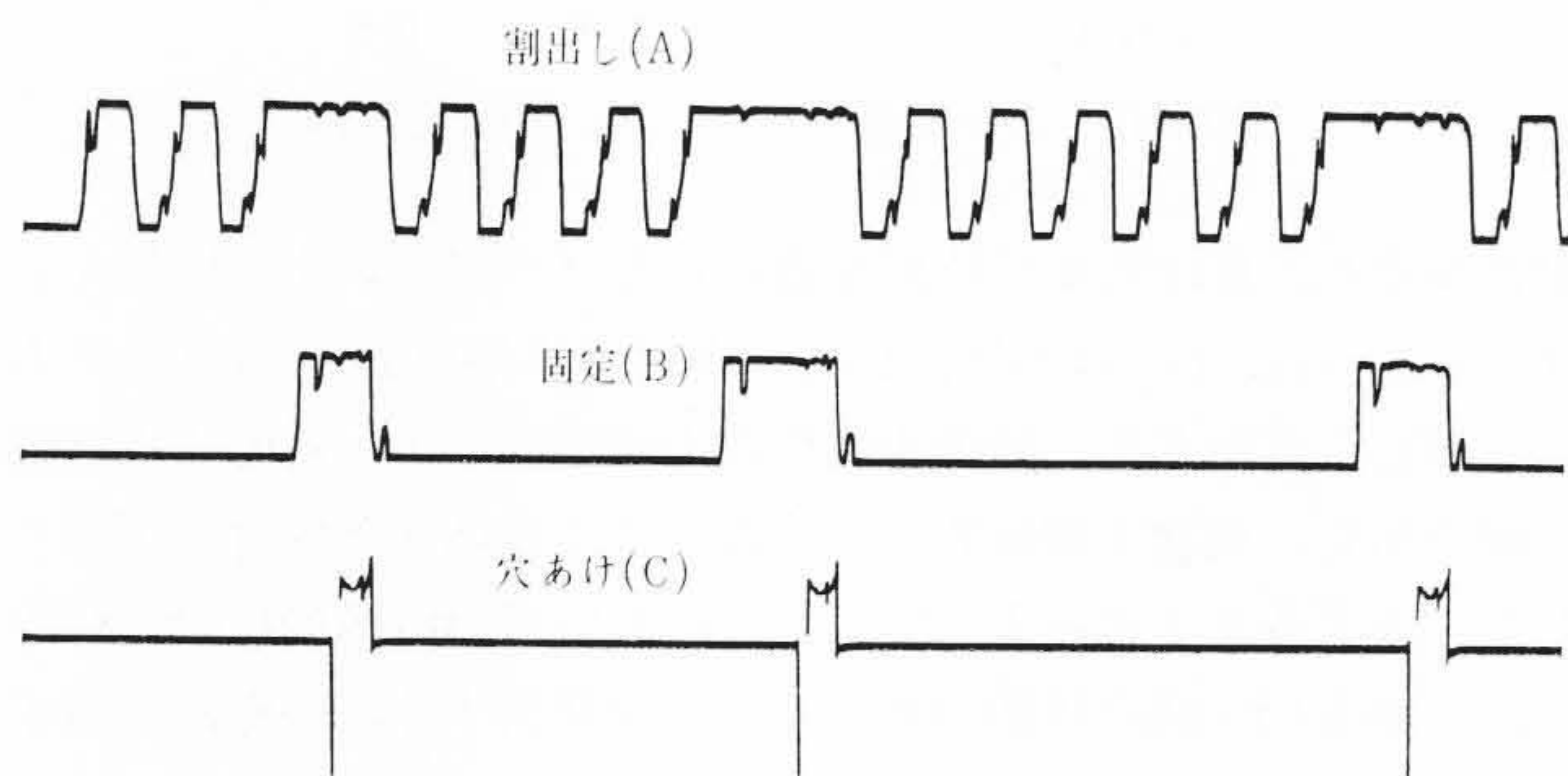


図12 ピストン群の動作記録

3.3 実験結果

図12は本装置の作動中のピストンの動きの相互関係を観察するために行なわれた実験結果である。

本実験ではピストンの動きを直接記録させる代りにパワーシリンダA, B, Cの各ピストン前進時空気の流入する空間の圧力を空電変換器に導き電磁オシログラフで記録させたものである。図の上段が割出し、中段が固定、下段が穴あけの各シーケンス作動圧状態を示すものであるが、これと図12の設計作動図を比較すれば、両者の間に忠実な一致関係あることが観察される。

図13は、本装置で加工された穴あけ部品の一例を示したものであるが、このように実際負荷がかかっても回路の作動は変わらない。この装置は組立時、ほとんど調整を要しなかったし、また引続き1ヶ月間の連続作動運転を行なった結果、誤動作はみられなかった。その一つの大きな原因は素子の流路みぞ加工ならびに接着が正確にできるようになったことにあるのではないと思われる。

ただ、本長期運転時空気のろ過に特別な考慮を払わなかったもので、1ヶ月の終りごろになって素子噴出口付近がドレンのため黒ずんできた。しかし作動上は差しつかえなかった。ただしこれは長期間運転する場合、検討すべき問題である。

4. 結 言

この研究によって、乱流付着形流体論理素子に対し、実際に使うことのできる、各流路仕様を実験的に求めることができた。さらにこの素子を組み合わせて、回路を構成し、小形ボール盤のプログラム制御に適用し、ほとんど無調整で所期の成果をあげることができた。

今後さらに低圧化、小形化による空気消費量の低減、装置容量のミニチュア化をはかりたいと考えている。

終りにのぞみ、本研究に際し、助言を賜った機械試験所原田課長ならびに、指導と激励を賜った日立製作所杉本日立研究所前副所長に厚く謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) A. E. Mitchell, H. H. Glaetli, H. R. Muller: Trans of the Soc of Instrument Technology 15 122 (June '63)
- (2) E. J. Kompass: Control Engineering 11 73 (September 1964)
- (3) M. E. Long: Machine Design 38 161 (February 1966)
- (4) R. E. Olson: Symposium on Fluid Jet Control Devices at Winter Annual Meeting of the ASME 23 (November 1962)
- (5) F. T. Brown: Journal of Basic Engineering 86 175 (June 1965)