

電子計算機による流量計用オリフィスおよびベンチュリの設計計算

Calculation of Orifice and Venturi with Electronic Computer

北 川 栄* 木 村 一 路*
Sakae Kitagawa Ichiro Kimura

内 容 梗 概

さきに流量計用オリフィス計算を電子計算機で計算できるようにしたが、記憶容量の制約をうけオリフィスの計算対象の 70% しか包含していなかった。

今回数表の区分を粗にして一次補間で補う、計算に使用する記号を統合する、インプットデータの配列を考えるなどの工夫をして、計算精度をおとすことなく、記憶容量を有効に用いることに努め、オリフィスはほとんど全部計算できるようにした。また、これと別個にベンチュリの計算のプログラムを組み、両者を合わせて絞り機構の計算のほとんど全部を電子計算機により計算することを可能ならしめたので、その経過と、それらを大形計算機による計算に移行した経過を併せ述べた。

1. 緒 言

工業的に流量を測定するものでは、第1図のようにオリフィスやベンチュリなどの絞り機構を、流量を測定せんとする管路に入れ、前後に発生する差圧を電気または空気に変換し、これを計器で受けて指示記録するものが主流を示している。

このような構成の流量計のうち、変換器や計器は標準化することができるが、絞り機構は受注ごとにいちいちめんどろな計算を行って製作しているのが現状である。日立製作所においても 20 数年前流量計が製作されて以来この計算は複雑な計算であるので学識のある技術員しかできないものと考えられていた。戦後受注量が増加するにしたがって、関係者の努力でこれらの計算手法の詳細な手引き(設計規格)を作成し、数年前より女子事務員がこれらの設計計算、製作指示など絞り機構の設計業務いっさいを行うよう改められた。

計算の素質のある女子が担当しているので間違いもなく能率よく行われているが、急に多量の受注があった場合や将来の増産時における補充の困難性を考えるとなんらかの解決手段が必要となる。この手段として電子計算機の利用をこころみたところ、円滑に進み所期の成果を得たことはすでに記した⁽¹⁾ところであるが、その後、計算可能範囲の拡大と大形計算機設置に伴う改訂を行い、数多くの計算に日常業務として実用している。

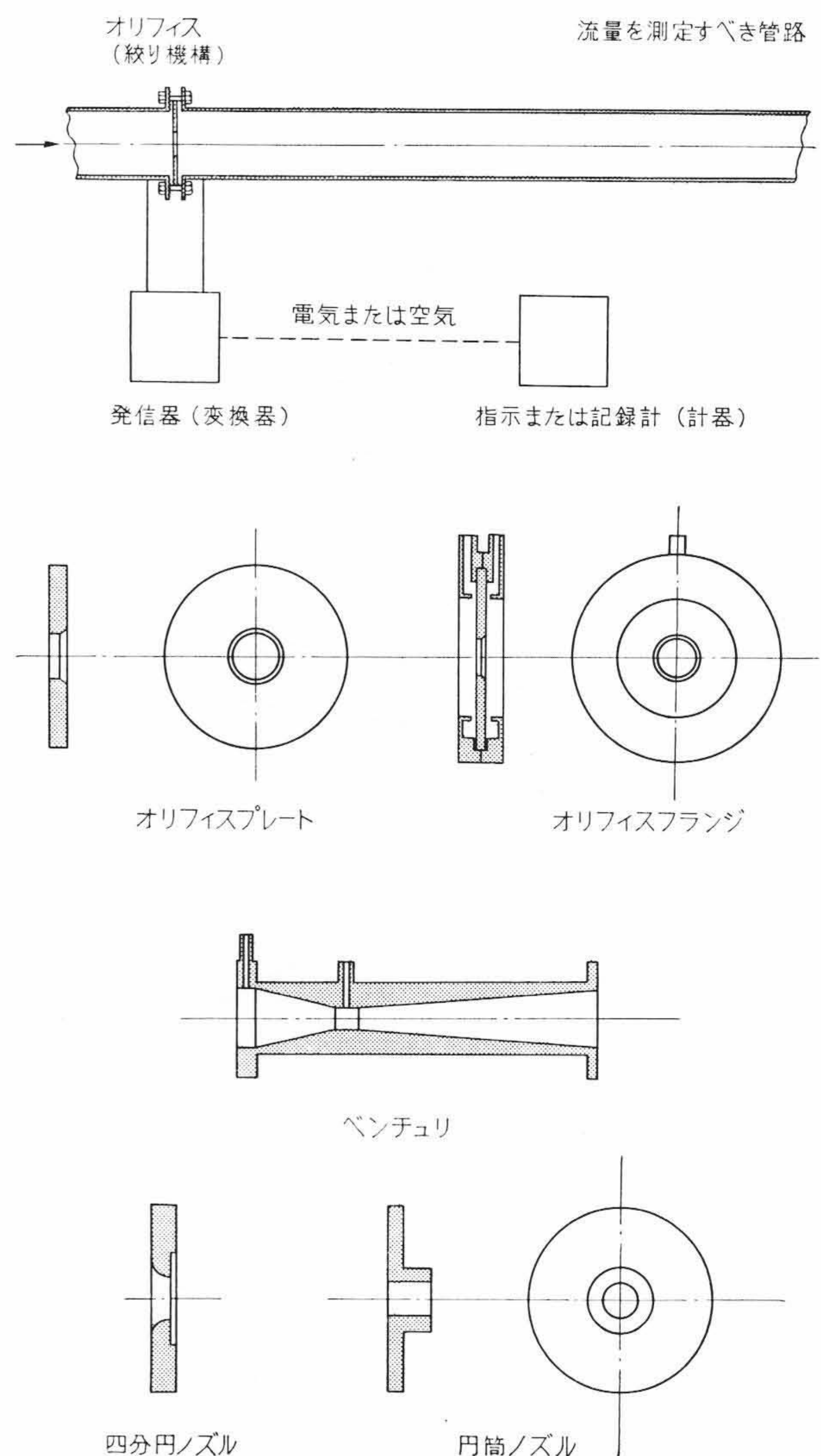
近年電子計算機の利用は漸次広まってきたが、まだまだ利用すべき分野が多いと思うので、これらの経過を述べ、読者の参考に資せんとするものである。

2. 流量計絞り機構の概要

2.1 構造および用途の概要

絞り機構には第1図に示すような、オリフィスフランジ、オリフィスプレートとベンチュリ管が多く用いられ、その適用は下記による。

- (1) オリフィスフランジ 管径 300 mm 未満の一般用。
- (2) オリフィスプレート 管径 300 mm 以上の一般用。300mm 未満でも直管部が十分に得られるものには安価であるので用いられる。
- (3) ベンチュリ 絞り機構における圧力損失を小さくしたい場合(たとえば上水道用)および管径 50 mm 未満の一般用。



第1図 流量計の構成および絞り機構の種類

上記はいずれもレイノルズ数 (Re_D) が数万以上であることが必要であるが、きわめて特殊な例以外はこの条件は満足されているのが実状である。

レイノルズ数が小さい場合の流量測定には第1図のような特殊ノ

* 日立製作所日立研究所

ズルが用いられるがその実用はあまり多くはない⁽²⁾。

2.2 オリフィス計算のもとになるデータ

計算の出発点となる既知の数値は下記のとおりである。

(1) 仕様として与えられるもの

最大流量 (G kg/h, Q m³/h, Q_N Nm³/h)

管径 (D mm), 圧力 (P_1 kg/m²), 温度 (T °C)

(2) 設計にて簡単に求められるもの

密度 (γ kg/m³), 差圧 ($P_1 - P_2$) kg/m²

3. プログラム改訂の骨子

前報告⁽¹⁾の結言にも述べたとおり、前のプログラムでは次のものは含まれていない。

(1) オリフィスフランジでレイノルズ数による補正を必要とするもの

(2) オリフィスフランジで管径 250 mm 以上のもの

(3) オリフィスプレート

(4) ベンチュリ

今回の計画は(1)(2)(3)をも含むようなプログラムを改訂し、

(4)には別個の新プログラムを作成せんとしたものである。

4. 記憶 (メモリ) 容量を最高限に用いる工夫

4.1 メモリの必要数の計算

一つのプログラムにて必要なメモリの数は目安として下記のように計算することになっている。

(1) ステートメントの行数	×10 (大約)
(2) インプットデータの数	× 1
(3) 読み出し、パンチの操作用として	200 (約)
(4) 平方根と自乗の計算用として	100 (約)

このうち(2)(3)(4)はプログラムを組む者が明らかに知ることができるが、(1)はステートメントの内容(複雑性)により変動するもので、できたプログラムを電子計算機に実際かけてからでないと確定しない数値である。

前回のプログラムでは記憶容量におさまるよう次のようにした。

(1) ステートメントの行数×10	980
(2) インプットデータ	638
(3) 読み出し、パンチの操作用	200
(4) 平方根、二乗などの計算用	100
	1,918

実際のプログラムができていたので、この概算計算にどれだけメモリに余裕があるかを調査したところ、実際には 1,800 で、200 の余裕があることが明らかになり、プログラムを圧縮すれば前回不可能と思っていた計算対象まで含ませる望みがあることがわかった。

4.2 メモリを少なくする工夫

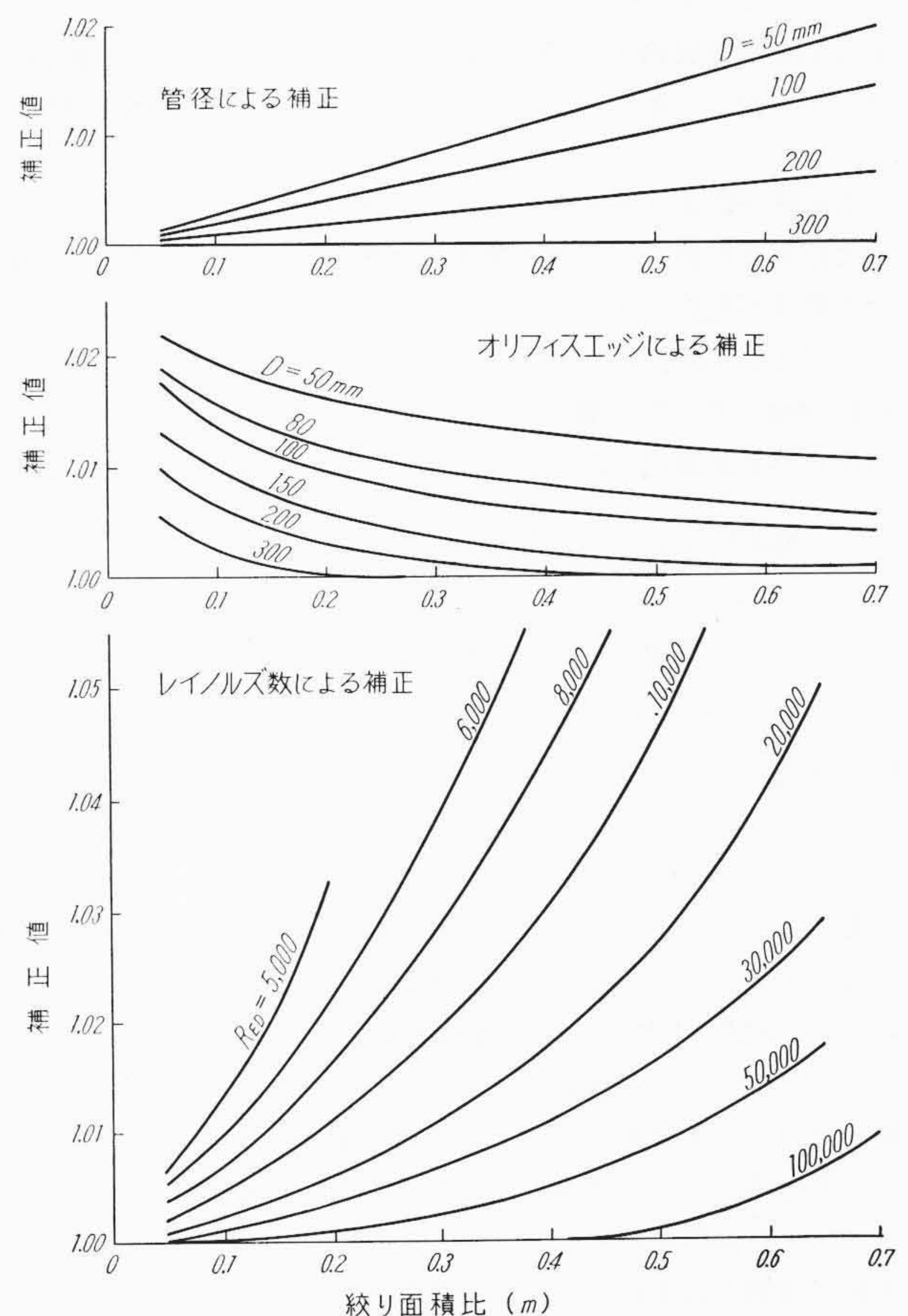
4.2.1 管内面のあらさおよびオリフィスエッジによる流量係数の補正

補正値は第2図に示すように、絞り面積比 m (オリフィス孔の面積と管断面積の比) の関数である。前のプログラムでは、管径の種類は 50~200 mm の 8 種で、 m 0.01 とびの補正値の数表を作り、この表を引く方式をとった。

今回は m 0.05 とびの数表にし、その間を一次式で補間するよう改め、精度をおとすことなくメモリの必要数を減ずることができた (前プログラムではメモリ必要数 560 であったものを 1/5 にすることができる)。

4.2.2 流量および密度の記号統一

流体の種別 (流体, 蒸気, 気体, 標準状態の気体) により下記の三つの計算式が用いられている。



第2図 流量係数の補正値

$$m\alpha = \frac{G}{0.01252 \varepsilon D^2 \sqrt{(P_1 - P_2) \gamma}} \quad (\text{液体, 蒸気}) \dots\dots (1)$$

$$m\alpha = \frac{Q}{0.01252 \varepsilon D^2 \sqrt{(P_1 - P_2) / \gamma}} \quad (\text{気体}) \dots\dots (2)$$

$$m\alpha = \frac{Q_N}{0.01252 \varepsilon D^2 \sqrt{\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma_N} \frac{P_1}{P_N} \frac{T_N}{T_1}}} \quad (\text{標準状態の気体}) \dots\dots (3)$$

ここに m : 絞り面積比

α : 流量係数

G : 流量 (kg/h)

Q : 流量 (m³/h)

Q_N : 流量 (Nm³/h)

ε : 膨張補正係数

D : 管径

P_1 : 入口圧力

P_2 : 出口圧力

P_N : 標準状態における圧力

γ : 密度

γ_N : 標準状態における密度

T_1 : 温度

T_N : 標準状態における温度

これらの計算を運ぶために、流量 (G , Q , Q_N) をステートメント中に表わすのに G , Q , Q_N の 3 つを用い、密度 (γ , γ_N) を表わすのに DENS, DENS_N の 2 つを用いた。

しかしこれらのインプットデータを与える位置、およびアウトプットデータとしてパンチされる位置は同じであるから、プログラム中の式自身でその意味を知ることや、プログラムをチェック

することは多少不便であるが、プログラムを完成したあかつき、すなわち日常業務としてはこれらの記号自体はなんら必要ないのである。記号として流量は F 、密度は $DENS$ に統一した。

この統一により読み出しステートメントだけでなく、チェックおよび誤差計算、パンチに関するステートメントが減じ、メモリの必要数が節約できた（ステートメントの行数 13、すなわち必要メモリ数約 130 節約）。

4.3 $m\alpha$ の 計 算

前節の $m\alpha$ 計算式を次のようにあらためた。蒸気を例にすると

$$\begin{aligned} m\alpha &= \frac{G}{0.01252 \varepsilon D^2 \sqrt{(P_1 - P_2) \gamma}} \\ &= \frac{G}{0.01252 \times 0.98 D^2 \sqrt{(P_1 - P_2) \gamma}} \times \frac{0.98}{\varepsilon} \\ &= m\alpha_K \times 0.98 / \varepsilon \end{aligned}$$

膨張係数 ε を計算する前処理として $m\alpha_K$ ($m\alpha$ の第 1 近似値) を計算するプログラムのあることに気づき、 G 、 ε 、 D 、 $P_1 - P_2$ 、 γ を計算に用いるのではなく、 $m\alpha_K$ を利用して計算し、ステートメントの行数を減じ、メモリの必要数を節約した（ステートメントの行数 5、すなわちメモリ必要数約 50 節約）。

4.4 インプットデータの配置の工夫

インプットデータが数種あるとき、これらをつなぎ合わせて一つの数表にすることは数表の作成上不便が多く、チェックもやりにくいものとなる。しかし別個にすると、そのおのおのを読み出すステートメントが必要になる。

中形計算機では 1 枚のカードに 7 個のデータが入るようになっていたので数列が 7 の倍数になっておれば、別個に表を作成しても、一つの読み出しステートメントで、同じ作用が行われることに気づき、意味のない数値を付加して 7 の倍数にした。また 7 の倍数にすることによりメモリの必要数がかえって増加するものは、インプットデータの最後におきそのままにした（ステートメントの行数 5、すなわち必要メモリ数 50 節約）。

5. 新しく追加したプログラム

5.1 レイノルズ数による流量係数の補正

第 2 図のようにレイノルズ数が 20,000、30,000、50,000、100,000 の曲線しか与えられていない補正值を、いかにして必要な精度で、かつメモリの必要数を少なくして計算できるようにするか。

与えられている数値が等比級数に近い数値であり、曲線の間隔がほぼ等しいためレイノルズ数の対数をとると比較的直線に近い曲線が得られるので、その補間の精度が上がるのが予想される。

第 3 図のように横軸にレイノルズ数 (Re_D) の対数を取り、縦軸に補正值を取り、絞り面積比 (m) を 0.05 とびにパラメータとして点を取り、これを曲線で結びレイノルズ数の対数が 0.1 とびになる縦軸の読みを求めた。

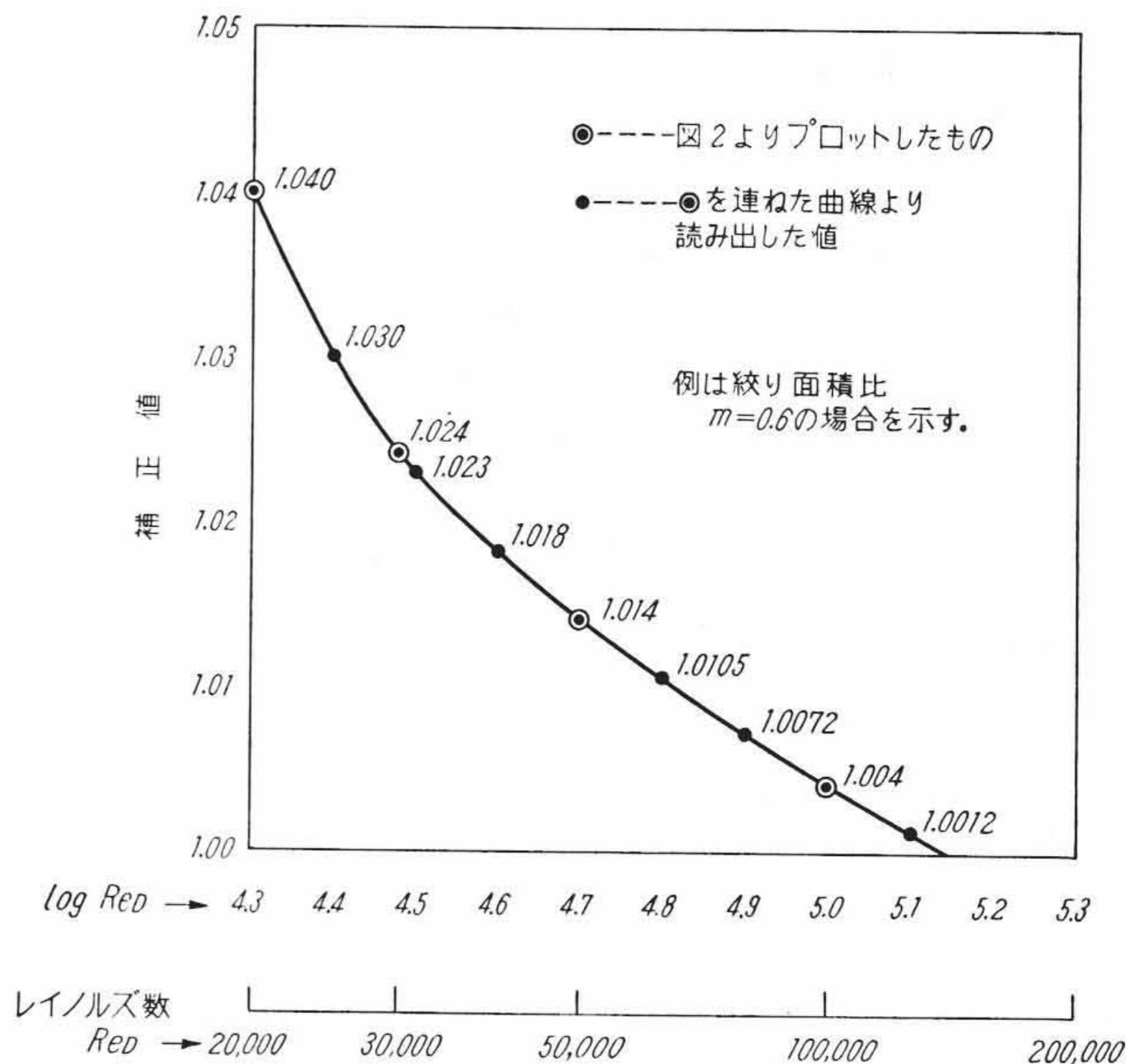
かくしてレイノルズ数の対数 0.1 とび、絞り面積比 m 0.05 とびの数表を作成し、数表にない値、すなわち端数についてはそのおのおのについて一次補間で計算するプログラムにした。目分量で図の曲線より補正值を求めるより精度が上がることは明らかであろう。

5.2 タップ位置による流量係数の補正

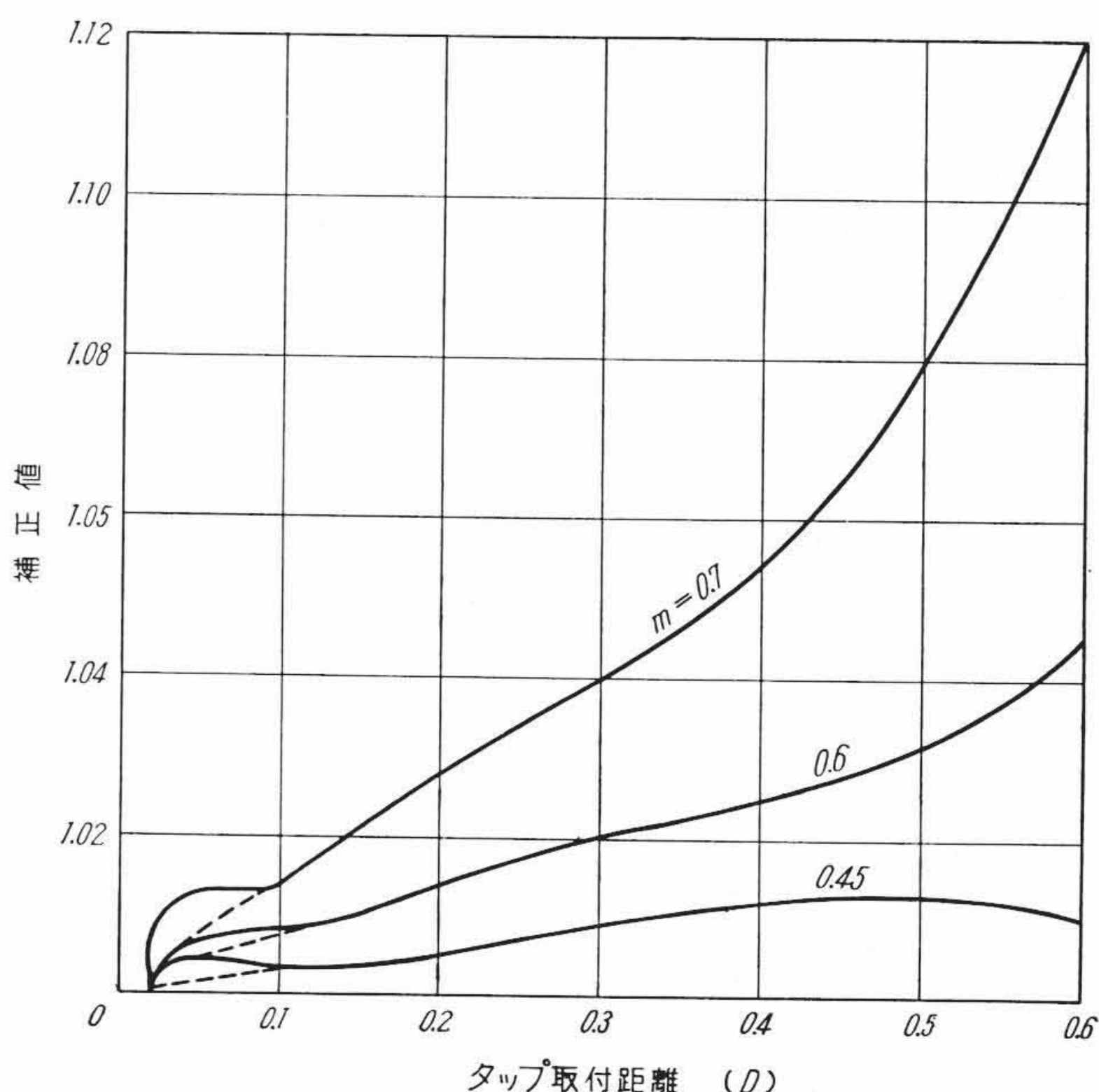
タップ位置による補正值は第 4 図のような曲線の値を補間し、 m 0.01 とびの数表を作成したが、メモリの数が増し前回はプログラムに組むことを断念せざるを得なかった。

このたび計算精度をおとさずに行う方法として次のように考えた。

(1) $m=0.6$ までは比較的補正值が小さいので m 0.05 とびに数



第 3 図 レイノルズ数による流量係数の補正值を簡易に求める手法



第 4 図 タップ取出し位置による流量係数の補正值

表を作成し、その間を一次補間する。

(2) $m=0.6 \sim 0.7$ は m 0.01 とびとし別表にする。

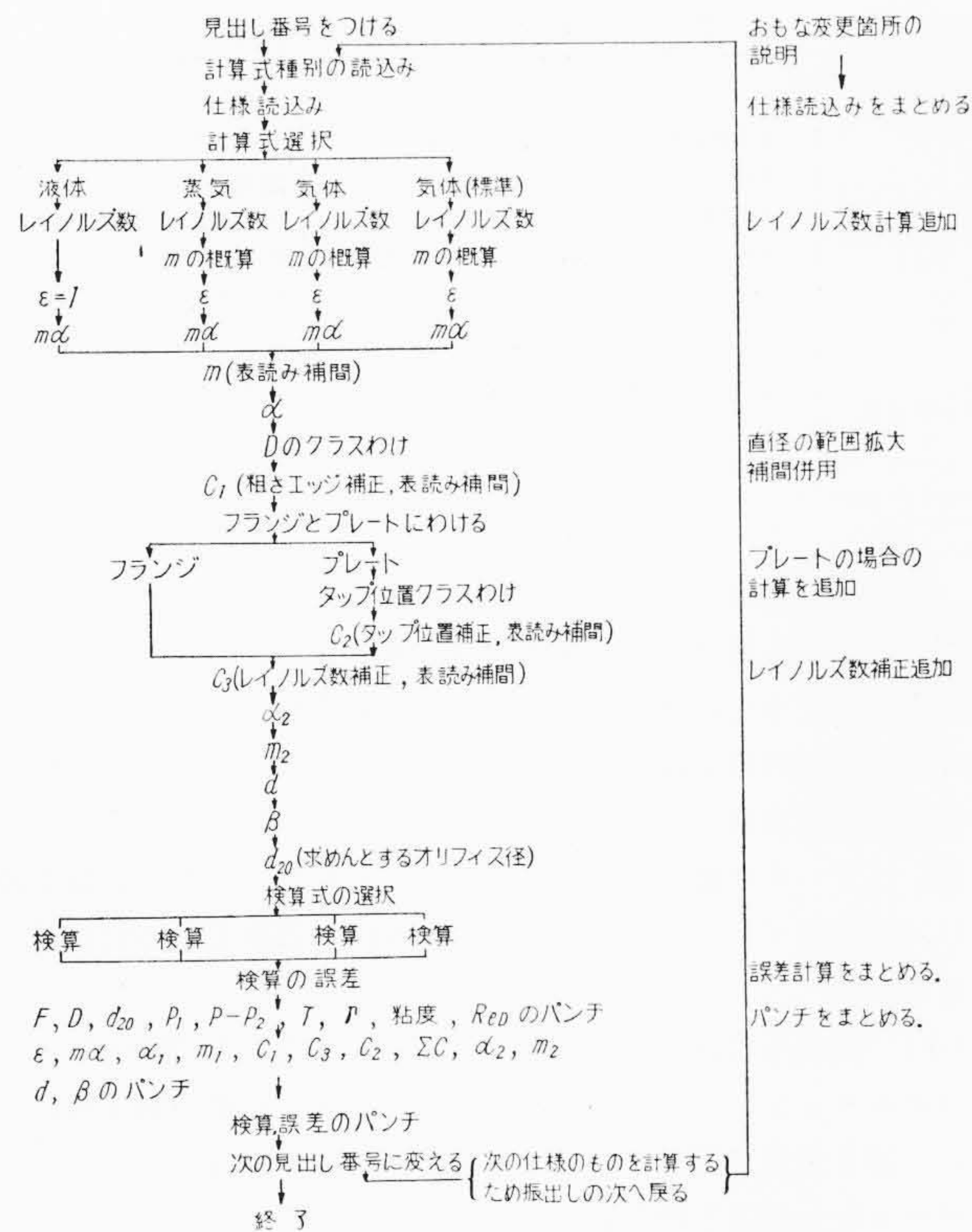
このうち(2)は数表の数値だけでなく一次補間をするのであるから、必ずしも m 0.01 とびにしなくとも、0.02 とびでも十分と思われるが、 m 0.01 とびに m を求めるプログラムが絞り面積比 m を計算する必要上すでに計算されているので、これを利用したほうがステートメントの行数の節約を考えるとかえって有利であるので、0.01 とびにしたものである。

このようにすると目見当で補間するより計算精度が上がることは明らかである。

5.3 計算可能範囲の拡大

前節までの工夫でメモリ数を節約できたので、計算しうる管径を 250 ϕ 、300 ϕ 、350 ϕ 、400 ϕ およびそれ以上を追加し、必要全範囲が包含できるよう拡大した。

以上第 5.1 節より第 5.3 節に述べた工夫により組立てた計算順序



第5図 オリフィスフランジおよびプレートの計算順序の骨子

第1表 20°Cにおけるオリフィス径の計算結果の比較
(計算目的 新旧プログラムの比較)

試料 No.	流体種類	新プログラムによる計算結果 (mm)	旧プログラムによる計算結果 (mm)	差 (mm)
1	蒸気	51.045	50.043	+0.002
2	蒸気	76.323	76.323	0
3	蒸気	66.738	66.738	0
4	蒸気	41.891	41.889	+0.002
5	蒸気	41.867	41.867	0
6	蒸気	25.534	25.537	-0.003
7	蒸気	93.197	93.199	-0.002
8	液体	38.785	38.925	-0.140
9	気体 N	99.945	94.947	-0.002
10	蒸気	76.323	76.323	0
11	蒸気	25.534	25.537	-0.003
12	液体	80.190	80.190	0
13	気体	39.490	39.491	-0.001
14	気体 N	97.306	97.308	-0.002

の骨子は第5図のとおりである。

なお、ベンチュリも同様の考え方をしてプログラムを作成したが省略する。

6. 新プログラムによる計算結果の検討

同じ仕様のものにつき、新プログラムにより計算した結果と従来のプログラムによる計算結果、あるいは従来の手計算による結果と比較すると、次のことを知りうる。

6.1 新プログラムと旧プログラムによるオリフィスフランジ計算精度の比較

- (1) 第1表に示すとおり、直径で千分の数mmの差異しかなくメモリを節約するため表を粗にして一次補間で精度を補ったことは十分の効果があり、実用上このために精度が落ちないことは明らかである。
- (2) 試料 No.8 の計算結果が新旧プログラムより大きく違っている原因を調査した結果、前回は粘度による流量補正を必要としないと判断して計算したが、精度補正が必要であることを電子計

第2表 20°Cにおけるオリフィス径の計算結果
(計算目的 粘度による補正および大口徑)

試料 No.	流体種類	新プログラムによる計算結果 (mm)	従来の計算による結果 (mm)	差 mm	差 %	備考
15	気体 N	36.42	36.44	-0.02	0.06	粘度による補正 大口徑 (225mm 以上)
16	気体 N	42.70	42.67	+0.03	0.07	
17	気体 N	134.67	134.61	+0.06	0.01	
18	気体 N	198.67	198.66	+0.01	0.00	

第3表 20°Cにおけるオリフィス径の計算結果の比較
(計算目的 オリフィスプレート)

試料 No.	流体種類	新プログラムによる計算結果 (mm)	従来の計算による計算結果 (mm)	差 mm	差 %
19	液体	78.67	78.69	-0.02	0.03
20	蒸気	82.10	81.91	+0.19	0.23
21	気体 N	153.16	153.22	-0.06	0.04
22	気体 N	190.93	190.81	+0.12	0.06
23	気体 N	407.33	407.27	+0.06	0.02
24	気体 N	662.03	661.90	+0.13	0.02
25	気体 N	418.96	418.83	+0.13	0.03

算機が見出し補正しているためで、今回の計算が正しいことがわかった。

6.2 粘度による補正および大口徑のオリフィスフランジの計算結果

試料は第2表のように実用精度以内でよく一致している。実用上は問題ではないが念のため誤差を生じた原因を調査した結果、従来の計算では補正值の目分量による読取り精度が限界にきているためであることがわかった。補正值の小さい試料 No. 17, 18 の計算結果が一致していることはこのことを明らかに物語っている。

6.3 オリフィスプレートの試験結果

計算結果を従来の計算と比較すると第3表のように No. 20 以外は実用の精度以内で一致を示している。実用上問題ではないが、わずかな相違を生じた原因を調べるといずれもすでに述べたように、各種補正值を図表から読み取る精度が限界に達しているためである。

やや大きい誤差を示している No. 20 は上記原因のうち、特にタップ取付位置の読み取り精度が悪かったためである。

7. プログラムの再改訂(大形計算機への移行)

従来は入力、出力とも数値は第4表および第5表の上段に示すとおりノルマライズされたものの羅(ら)列で、見なれた者にはさほど苦痛でもないが、なれない間はしたしみにくいものである。

大形計算機では小数点以下必要なけたで切捨てた普通の数値を入出力に用いることができるほか、出力には表のとおりローマ字をも表示できる(ホリレス表示)機能をもっている。今回はこの機能を活用し、プリント行数の増加しない範囲で最小限のホリレス表示を付加した。ホリレス表示を増せば誰でもわかるようにもなしうるが冗長になることおよび全然無関係の人が計算結果を見るものではないので、最小限度の表示にとどめた。

入出力とも計算範囲をカバーできるよう小数点の上下有効けた数は第6表のように関係者と協議して決定した。われわれのプログラムのように多くの受託品の計算に用いるものでは、いかなるデータの場合にも十分で、かつ、むだのない数値のけた数をあらかじめ決めておくことは重要なことである。たとえば流量は数百 kg/h から数百 t/h までの範囲のものが予想されるが、この範囲を越えるものはない。したがって小数点以上6けたとし、かつ数百 kg/h でも切捨てによる誤差を0.1%以下にするのに小数点以下は1けたあれば十分である。

大形計算機の機能より当然のことながら、従来の中形計算機が精

第 4 表 入力（仕様）の書き方新旧比較

0000000002							
2500000054	8070000052	5033000055	5547000054	1511100053	2619200051	1450000049	
2500.0	80.70	50330.0	5547.00	151.1	2.6192	0.0145	
(流体種別)	(流量)	(管径)	(入口圧力)	(差圧)	(温度)	(密度)	(粘度)

備考（１） 上の中形計算機の場合、一つの数値をあらわすのに不必要な零をつけて 10 けたのノルマライズした数値で書かねばならないし、1 行には 7 個のデータしか書けなかった。

（２） 下の大形計算機の場合、数値は普通の数値、計算対象全部が包括できるように空欄を必要だけあけておかねばならないが、小数点以下は希望のけた数以下が切捨てられる。したがって数値が短くなるだけ多くの数値を一行に入れることができる。

（３） わくを示す線は説明をつけるため記したもので、実際のカードにはない。

第 5 表 出力（計算結果がタイプされたもの）の新旧比較

0000000001							
2500000054	8070000052	5004519852	-----				
0000000002	1511100053	2619200051	-----				
9818356050	2590815050	-----	-----				
2500000054							

NO= 1							
KIND=2	F= 2500.0	D= 80.70	D20= 50.045	--- VIS= 0.1450	RED=756313.3		
EPS=0.9818	MA=0.25908	-----	-----				
B=1.00249				FLOW CHECKED= 2500.0	ERROR=0.0000		

備考 上の中形計算機の場合はノルマライズされた 10 けたの数値が 6 行、1 行に最大 7 個までならんでいる。

下の大形計算機の場合は小数点以下必要なけたで切捨てた普通の数値で、4 行となり、かつその数値の意味を示す。

NO（番号）、KIND（流体種別）、F（流量）、D（直径）などのごとく見出しを付加することができて便利である。

第 6 表 入力（仕様）の有効けた数および出力（計算結果タイプされたもの）のホリレス表示および最大けた数

名 称	ホリレス表示	最大けた数		備 考（単位）
		小数点以上	小数点以下	
計 算 番 号	NO=	3	—	整 数
流 体 種 別	KIND=	1	—	整 数
流 量	F=	6	1	kg/h, m³/h, Nm³/h
管 径	D=	4	2	mm
20℃オリフィス径	D20=	4	3	mm
入 口 圧 力	P1=	7	1	kg/m²
差 圧	DP=	5	2	kg/m²
温 度	T=	3	1	℃
密 度	DENS	4	4	kg/m³
粘 度	VISC=	3	3	cp
検 算	FLOW CHECKED=	6	1	kg/h, m³/h, Nm³/h
検 算 誤 差	ERROR=	1	4	仕様流量に対する比率

度上不必要なけたを含む 10 けたのノルマライズした数字の羅列であったのと比べると格段の進歩で、この恩恵を受けきわめてしたしみやすいものになった。

7.2 プログラムで工夫した点

従来使用したプログラムを大形計算機用に早期に移行させることを目標にし、主として入出力関係プログラムの最小限の改訂を行った。

- （１） 入力カードは第 4 表のように、従来 1 台に 2 枚（1 行につきカード 1 枚）を要したのが 1 枚で済むようになった。
- （２） 出力は、従来 1 台分の答が 6 行に印刷されたが、4 行にした。その上なお 4 行の中で前述のように説明記号を加えた。
- （３） 従来は、入力カードがあるだけ計算してしまうと、機械は停止し、そのランプに入力カードのない表示がなされるので、係員が計算終了を確認することになっていた。

第 7 表 ミスの内容と発見時期

プログラムの種類	項番	誤	正	摘 要	発見時期
オリフィス	1	CLBTA	CLBTB	不注意誤記	第 1 回チェック
	2	DENSN	DENS	訂正もれ	第 2 回チェック
	3	OFIFD	ORIFD	不注意誤記	計 算 後
	4	IF(—)35, 36, 36	IF(—)35, 35, 36	考察不足	計 算 後
	5	カッコ過剰		不注意誤記	計 算 後
ベンチュリ	6	C(I, ND)	C(I-1, ND)	考察不足	第 1 回チェック
	7	C(I+1, ND)	C(I, ND)	考察不足	第 1 回チェック
	8	カッコもれ		不 注 意	計 算 前
	9	273+T	273.0+T	不 注 意	計 算 後

大形計算機は 1 分当りの費用も高いので、このような係員の確認を待たず入力カードを全部計算し終ったら計算終了の出力が出るようにするためプログラムの最初に KIND-1 を計算し、零または正なれば計算を続行し、負になれば STOP 99999（計算終了）へ移行する指令を追加した。計算問題がある間は KIND（流体種別）は 1～8 の数字で入力として与えられているので計算を続行し、最後のブランクカードになると KIND は 0 となり計算終了になる。

（４） 何台もの計算を行うので第 1 台目すなわち NO=1 のときはキャリッジコントロールを 1 にして、新しい紙の第 1 行に印刷し、第 2 台目 NO=2 以下はそれぞれの間に 1 行分のブランクスペースをとるよう指令した。

（５） この新プログラムで計算した結果、当然のことながら、従来のプログラムによる計算結果と同一数値であるがきわめてわかりやすい結果を得て、ただちに実用に移行している。

8. プログラミングにおけるミスとその防止

8.1 計算結果が出るまでのトラブル

前報告⁽¹⁾にもプログラミングにおいて筆者のおかしたミスを記したが、前の経験があるにもかかわらずミスをした。その内容と発見した時期をまとめると第 7 表のとおりである。

8.2 ミスを防ぐ組織をいかにすべきか

プログラミングのミスはあまり発表されていないが、ほかにも相当ある様子で、電子計算機にて計算をする内外の専門家の間に、このミスを見付けて訂正することを debugging（害虫駆除、しらみとり）という専門語があるのでわかるように、一回の計算で円滑に計算結果が出るほうがむしろ少ないのが残念ながら現状のようであるので、いかにしてこれを防ぐべきかを考察する必要がある。それでミスを次のように分類することを試みる。

（１） プログラムの表わす技術的内容を知らないが（この例では流量計用オリフィスやベンチュリの計算をいかにすべきかを知らない）、フォートランの手法のみを熟知している人が発見できるもの（以下手法的ミスと略する）。

注： フォートランとは計算式を電子計算機特有の記号に書き表わす方式のひとつ。

（２） プログラムの表わす技術的内容を知った人でないと発見できぬもの（以下技術的ミスと略する）。

この観点より今回のミスを再分類すると（番号は第 7 表の項番）

手法的ミス（6 件） 1, 2, 3, 5, 8, 9

技術的ミス（3 件） 4, 6, 7

技術的ミス 6 と 7 は関連し、一方を訂正すれば他方は当然訂正すべきものである。したがって、3 件と考えるより 2 件と考えるべきであろう。

なお、前報告に記したミス 8 件をこの観点より見れば全部手法的ミスである。すなわち技術的ミスより手法的ミスの方がはるかに多く発生する。

計算前のチェックは比較的フォートランになれた者が「手法的ミス」のチェックに当るものであるが、項番3, 5, 9のように、計算後でないで発見できぬものがあることは一考を要する。特に括弧記号の過剰は発見に手間どり、苦勞した。

ミスを発見できない理由はフォートランの手法を熟知していないためでなく、根気がないためと思う。手法チェックはむしろ規格化された作業を根気をつめてやる仕事であるので、男子よりも女子の方が適性上よいと思う。すなわち女子の手法的ミスを発見するチェッカーを養成することを提案する。

日立製作所においては緒言で述べたように、女子専門者を置き、これに流量計の計算に当らしめるようにしてから、かえって誤計算が少なくなっていることは、適任者を得たことも大きな理由であるが、根気強い女子の特性が十分生かされた結果と考えているので、以上の女子チェッカーの提案は単なる思いつきではない。

次に技術的ミスを見つけるチェックは技術的に広範囲の知識を必要とするので相当困難である。手法チェックの苦勞が女子専門チェッカーに肩代りできれば技術的チェックのみに注意を集中できるので、プログラムを組む技術者自身でも防ぎうる公算は多いと思う。前回報告したオリフィスのプログラムでは技術的ミスがなかったことは簡単なプログラムであったことにもよるが、技術的ミスはチェックで発見できることをある程度物語っている。

8.2 機械自身および機械操作ミス

ベンチュリ計算のプログラムにより計算準備（コンパイルおよびアセンブル）中サブルーチン（部分的にでき上っている機械語の一つのかたまり）をそう入するときの取扱の間違いや、機械自身の故障で機械が停止したとき、再スタートのときの操作ミスで計算が遂に時間内にできなかった。操作のミスが明らかであるので次の日もう一度やって結果を出した。

オリフィスの計算は初め順調に進行して数個の結果が出たが、途中でひっかかったので、それらの問題は除去しながら計算可能なもののみ進めたが連続して3問題ひっかかり、時間切れとなる。問題に不適当なものが混入しているものと判断された。再検討したところ、標準状態に換算した気体の問題のみが計算不能になっていることを知り、その個所を検討したが、不合理な個所がないので、操作の責任におけるミスであるように思い、再計算を行わしめたところ、

計算は順調に行われ結果が出た。最初はこの位の苦勞は覚悟しななければならないと思う。

9. 結 言

以上に述べたように、記憶容量の制約のため、従来のプログラムでは計算範囲外としていたものは

- (1) オリフィスフランジでレイノルズ数による補正を必要とするもの
- (2) オリフィスフランジで管径 250 mm 以上のもの
- (3) オリフィスプレート
- (4) ベンチュリ

であったが、

- (1) 管内面のあらさ、およびエッジによる流量係数の補正に必要な数表を少なくして一次補間で補う。
- (2) 流量および密度を表わす記号を統一する。
- (3) $m\alpha$ の計算に既計算の値を利用する。
- (4) インプットデータの配列を考える。

などを行い、メモリの必要数を減じた。

追加したプログラムにおいてはレイノルズ数による補正值の計算ではレイノルズ数の対数を用いること、タップ位置による補正では計算精度をおとさないため細かい表とあらい表の2表に分割することなどを工夫して、一つのプログラムでオリフィス全部の計算を可能にした。

またベンチュリ計算用として新プログラムを完成したので、前報告で未解決事項としたものはここに解決し、ひきつづき大形計算機の入荷によりホレリス表示が可能になり、より少ない経費でより読みやすい形式の計算結果が得られるようになった。

この報告が電子計算機の利用を考えられているかたがたの参考になれば幸いである。

本研究を進めるに当り協力をいただいた那珂工場佐藤課長、日立工場白井氏、山口氏および技術計算委員会の諸氏に対し厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 北川：計測 11, 152 (昭36-3)
- (2) 木村：計測 11, 517 (昭36-9)

1962 日 立 No.3

目 次

- ・日立水車の歩み〔Ⅱ〕
- ・純国産第1号の日立原子炉
- ・より速くより安全に
- ・食料品店のニューモード日立ショーケース
- ・あなたも立派な大工さん
- ・新しい“ワイドスクエア”テレビ
- ・オフィスの能率向上に
- ・100点も計算制御するオートメ頭脳
- ・ブラウン管の中の黒鉛
- ・電線百話⑮ 電線のジャンプ
- ・新しい照明 群馬ミュージックセンター
- ・明日への道標 超高圧研究室
- ・日立ハイライト かなアタッチメント
- ・日立だより

発行所 日立評論社
取次店 株式会社オーム社書店

Vol. 22 日立造船技報 No. 4

- ・鋼製煙突ライニングの研究
- ・船体用大形鋳鋼の溶接性について
- ・プロペラ後流の速度場について(第3報)
- ・吸込側接続片の形状が両吸込うず巻ポンプに及ぼす影響について
- ・電気式負荷荷重計
- ・溶融亜鉛メッキ浴の組成について
- ・鋳鉄の被削性に関する研究
- ・プロパンガスを使用した燃焼装置の改造について
- ・ステライトの溶着性について
- ・ソ速向けにしん工船の冷凍設備について

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町