

# クロスバー式自動交換機の試作研究について

渡 辺 孝 正\*

## The Trial Manufacture of the Crossbar Exchange Equipment

By Takamasa Watanabe  
Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Although there are many problems to be solved in bringing up the automatic switching system now used in Japan to such a high level of serviceability as attained in a few nations in America and Europe, the crossbar switching system, presently in successful public service in those countries seems to be the first remedy for this situation. In this view, Hitachi, Ltd. had launched into the basic study of them and, recently, succeeded for the first time in Japan in manufacturing the crossbar switch and crossbar automatic exchange equipment. In this paper, the writer, one of the staff engineers of Hitachi's communication apparatus factory, gives the detailed description of their study disclosing the test results of their first manufacture.

### 〔I〕 緒 言

戦後自動交換機の品質が低下して電話交換サービスの混乱を来たしたが、関係方面の努力により最近サービスも向上し品質も戦前以上のものとなった。されど世論の要望に応じて市内外電話回線を急速に増加し、かつサービスの適切にして完璧を期するためには、我国現行の自動交換機につき幾多の解明すべき問題がある<sup>(1)</sup>。

すなわち市外電話にあつては、長時間の待ち合わせを要することは許されない。接続は発信台からのダイヤルによる即時接続、または市外交換の理想である加入者の直接ダイヤルによる即時接続が行われるべきである。これらに適應する自動市外交換装置としては4線式市外中継、局符号の翻訳ならびに自動通話時分記録などが可能であり、また接続も今までより迅速、かつ確実なることを要する。

また市内電話にあつては、大都市交換網の問題がある。たとえば、東京では加入回線の増加の結果、ここ数年内に6数字交換では行きづまりを生ずる。7数字交換を現在の自動交換機で行うことは経済的に不利となり、また機能上にも種々の不都合を生ずる。

\* 日立製作所戸塚工場

最近クロスバー式交換機が我国においても注目され、また日本電信電話公社においてもその導入が考慮されつつあるのも、この方式によれば、上記の現在我国の自動交換機が直面している諸問題のほとんどが解決されるからである。

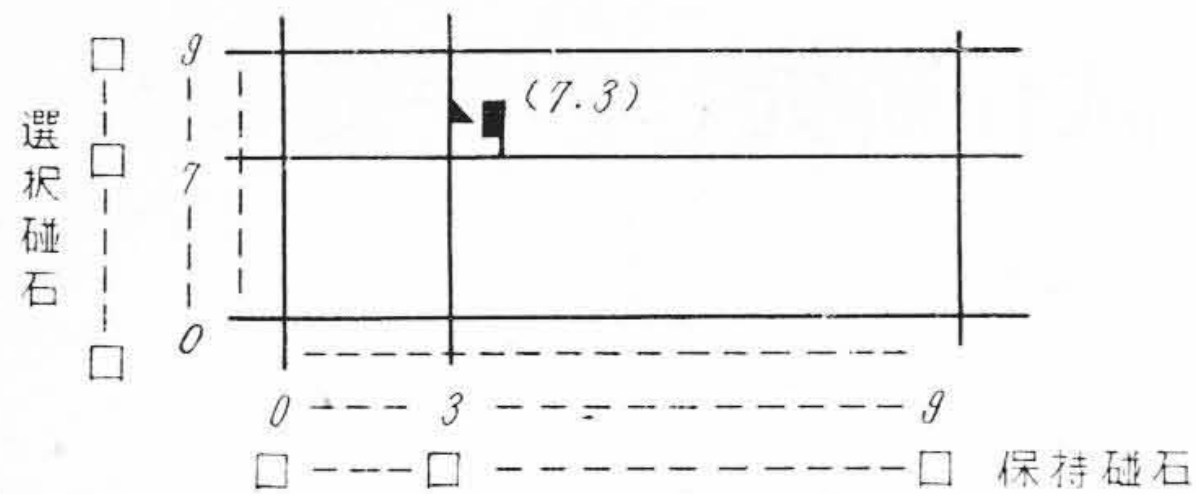
日立製作所戸塚工場では昭和15年にクロスバースイッチを試作し、その後戦争により研究を中断されたが最近研究を再開し、我国で始めてのクロスバー式交換機を完成した。以下今までに行つたクロスバー式交換機についての一連の研究過程ならびにその成果の一部たる試作クロスバースイッチ、試作クロスバー式交換機についての概要を報告し関係各位の御批判を戴きたいと思う。

### 〔II〕 クロスバースイッチについて

#### (1) クロスバースイッチの動作原理

現在世界で実用されているクロスバー式交換機としては米国ウェスターン社のもの<sup>(2)</sup>、スウェーデン郵政庁のもの<sup>(3)</sup>および米国ケログ社のもの<sup>(4)</sup>、ならびに西ドイツで最近発表されたもの<sup>(5)</sup>などがその重要なものであるが、これらクロスバー式交換機の主体をなすクロスバースイッチの構造は各社各様であるがスイッチの動作原理は全く共通である。





第 1 図 クロスバースイッチの座標表示

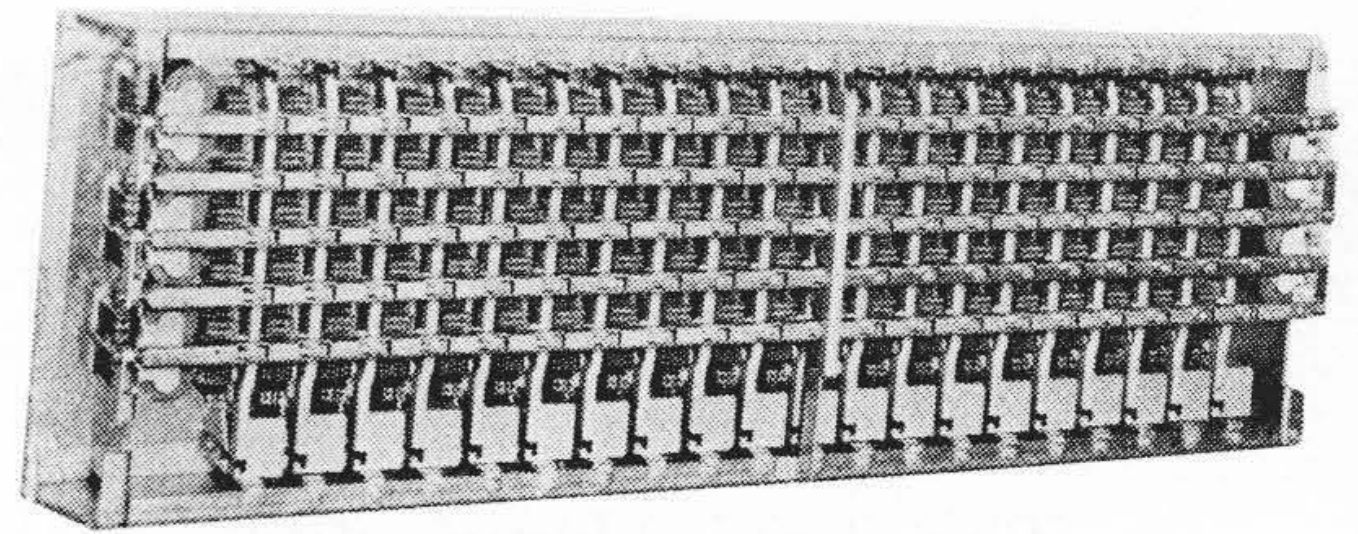
Fig. 1. Co-ordinative Representation of Crossbar Switch

第 1 図に示されるように、クロスバースイッチは 2 変数による座標表示が可能であり、 $X$  軸すなわち水平方向ならびに  $Y$  軸すなわち垂直方向に電磁石をならべて、それぞれ番号を附してあると考えられる。 $Y$  軸方向の電磁石を選択磁石、 $X$  軸方向の電磁石を保持磁石と称し、この  $X$ 、 $Y$  軸の交叉点がそれぞれ接点で構成されている。たとえば、第 1 図で  $Y$  軸の 7、すなわち No. 7 選択磁石が動作し、ついで  $X$  軸の 3、すなわち No. 3 保持磁石が動作すれば第 1 図で (7.3) と示されている接点のみが閉じて“3”から“7”への電氣的通路が完成する(これを垂直路 3 が水平路 7 に接続されたという)。なおクロスバースイッチの働きは常に  $Y$  軸方向が動作してから  $X$  軸方向が動作したときのみ有効となるような機構となっており、この逆の場合は交叉点の接点は閉ぢない。

したがって第 1 図で示される 10 垂直路 10 水平路のクロスバースイッチ(以下これを  $10 \times 10$  のクロスバースイッチと略称する)は、従来の上昇回転スイッチのバンクに対応するものであり、従来のスイッチでは例えば“7.3”を表示するために 7 歩上昇し 3 歩回転したものを No. 7 選択磁石および No. 3 保持磁石という単なる 2 箇の電磁石の動作によつて表示できることになる。すなわち縦横にクロスしておいてあるバーを縦バーに対する保持磁石、横のバーに対する選択磁石の動作により働かせて、接点を開閉させるのがクロスバースイッチの原理である。また 10 ポイントのロータリスイッチを 10 箇複式接続したものと考えてもよく、このときも空き出線を選ぶのに摺動回転の必要はない。

したがってクロスバースイッチは従来の上昇回転スイッチに比してつぎのような長所を有する。

- (a) 動作復旧時間が非常に短い。
- (b) 機構が原理的に簡単である。
- (c) 運動距離が少い。
- (d) 摺動部分が全くない。
- (e) 動作が安定で寿命が長い。
- (f) 騒音が少い。
- (g) 消費電力が少い。



第 2 図 日立製クロスバースイッチ

Fig. 2. Hitachi Crossbar Switch

第 2 図に日立製  $20 \times 10$  クロスバースイッチの正面を示す。選択磁石はスペースの関係で左側に 6 箇、右側に 4 箇おいてある。

## (2) 各種クロスバースイッチの比較

今は世界で実用されているクロスバースイッチは (1) 節で述べたように多種多様であり、その優劣については種々論議されているところである。

これらの間の最も顕著な相異は選択磁石および保持磁石の配列法、スイッチ 1 台当りの選択磁石および保持磁石の員数、1 交叉点あたりの接点数ならびにスイッチの架への搭載法などである。特にスイッチの搭載法に関連し、接点の位置、すなわち地面に対して接点が水平にあるか、垂直にあるかが、我国においては問題になると考えられるので、この点に関し以下やゝ詳細に論じたい。

前述のウェスターン型、スウェーデン型および西ドイツで製作された型のクロスバースイッチはすべて接点を垂直においているが、ケログ型のみは接点を水平においている。従来、我国で使用されて来たステップバイステップ方式においても、以前は接点を水平にしていたが、塵埃による事故が多いので、約 30 年前にこれを垂直に変更した。

我国のように塵埃の多い国土では、この点は十分検討すべき点ではなからうか。これに関連して東北大学工学部通信工学科永井研究室で継電器と塵埃との関係について研究した論文<sup>(6)</sup>がある。

以下にその主要点を列記する。

### (A) 継電器の取付法と塵埃の関係

土砂を主とした塵埃を接点の間に置いて 1.5 サイクルの周期で 100 回継電器を動作させ、その導通回数を測つて見ると第 1 表および第 2 表の示すように垂直においたときの方が水平に位置させた方より顕著に多い。

繊維質を主体とした塵埃についても同様の測定を行った。この場合の比較成績は第 3 表および第 4 表の通りであるが、この場合接点を垂直に置くのと水平に置くので顕著な相違は出ていない。

### (B) 接点位置と火花の関係

一般に継電器の接点は火花の発生を非常に嫌い大電流



第1表 接点位置と導通性(1)  
(接点を水平に置いたとき)

Table 1. Relation between Contact Layout and its Conductivity (1)  
(Horizontal Layout)

接点圧力 (g)	導 通 回 数 (100回の動作に対し)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0
140	5	90	6	4	43

(注) 接点電流 100 mA, 接点電圧 50V, 室温 15°C, 湿度 60%

第2表 接点位置と導通性(2)  
(接点を垂直に置いたとき)

Table 2. Relation between Contact Layout and its Conductivity (2)  
(Vertical Layout)

接点圧力 (g)	導 通 回 数 (100回の動作に対し)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
20	0	8	0	6	0
50	0	0	0	0	0
70	0	94	2	0	8
100	24	100	6	16	6
140	100	100	78	62	60

(注) 接点電流 100 mA, 接点電圧 50V, 室温 15°C, 湿度 60%

のところには火花消去回路を入れる。火花消去回路を入れた接点に繊維質の塵埃を与えるとほとんど火花は出ないが、土砂質の塵埃のときは火花の出る回数が増加して接点を痛める。つぎに第5表に土砂を主とした塵埃を接点に与え、接点が垂直あるいは水平に置かれたときの導通回数と火花の発生回路数を示す。

以上の結果を総合すれば、接点を垂直に位置せしめることが圧倒的によい。すなわち塵埃に対する影響について考慮すれば、ウェスターン型、スウェーデン型などがすぐれていると考えられる。

(3) 戸塚工場におけるクロスバースイッチの試作過程

日立製作所戸塚工場においては、昭和15年からウェスターン型クロスバースイッチの研究を開始し翌16年12×10のクロスバースイッチの試作を完了した。これは手造りであつて十分の機能を発揮し得なかつたが、研究に対する方針を与えてくれた。さらに研究を一步前進すべきであつたが戦争の開始とともに中止のやむなきにたち到つた。

第3表 接点位置と導通性(3)  
(接点を水平に置いたとき)

Table 3. Relation between Contact Layout and its Conductivity (3)  
(Horizontal Layout)

接点圧力 (g)	導 通 回 数 (100回の動作に対し)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5	0	8	0	0	0
10	0	15	0	0	0
20	0	14	0	0	0
50	0	30	0	0	0
70	69	100	0	0	0
100	76	100	0	6	80
140	100	100	0	100	100

(注) 接点電流 100 mA, 接点電圧 50V, 室温 15°C, 湿度 60%

第4表 接点位置と導通性(4)  
(接点を垂直に置いたとき)

Table 4. Relation between Contact Layout and its Conductivity (4)  
(Vertical Layout)

接点圧力 (g)	導 通 回 数 (100回の動作に対し)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5	0	0	0	0	0
10	0	0	2	0	0
20	0	0	6	0	0
50	0	0	26	0	0
70	0	98	100	0	0
100	24	100	100	94	72
140	100	100	100	100	96

(注) 接点電流 100 mA, 接点電圧 50V, 室温 15°C, 湿度 60%

第5表 接点位置と火花の関係

Table 5. Relation between Contacts Layout and Sparking Phenomenon

接点位置	測定回数	1	2	3	4	5	6	7	8
		接点を垂直に位置するとき	導通回数	2	1	0	0	0	1
	火花の回数	5	5	2	9	7	7	1	7
接点を水平に位置するとき	導通回数	0	57	82	0	0	0	91	94
	火花の回数	1	52	32	0	1	1	75	38

戦後はストロージヤ機器の品質向上に努力の傾倒をやむなくされて新方式の研究の余裕もなかつたが、上記の情勢に応じて約2年前からクロスバー機器の開発研究を開始することとなつた。

試作の方針としては、クロスバースイッチとしてはウェスターン型が他の形式のものに比し、(2)節で述べた点およびその他の点で特長を持つものと認め、かつ世界で最も多く使用されているから信頼度も高いものであると想定し、またすでに試作した経験もあるから引き続き試作研究を行うことは容易であるなどのことからウエス



ターン型のクロスバースイッチを試作研究することになった。

試作にあたっては完全な製造図面を作り、これにより数百箇のスイッチの製作に耐えうる型、治工具を作り、部品の再現性を確保した。

今度の試作ではまず20箇のクロスバースイッチを試作することとし、この20箇を5箇ずつの4群に分ち、第1群から試作を行い、この第1群の試作の結果を知つてそれに改良を加えて第2群の試作を行い、逐次第3群、第4群におよび、第4群で完成したクロスバースイッチを得ることを期待した。

試作に先立ち(4)節で述べてあるように、クロスバースイッチの持つべき条件を検討して一応の仕様を決定した。第1群の1号機の測定により仕様に適合していない箇所を続々2~4号機で逐次改良し5号機で一応所定の仕様を満足するところまで来た。1号機は昭和28年12月に、また5号機は昭和29年1月に完成した。第2図はこの1号機の正面である。

このようにして昭和29年1月に完了した第1群の試作、5号機によつて静特性、すなわちクロスバースイッチとして持つことを期待される性能を一応満足するスイッチが得られた。

つづいてこの5号機について動特性の測定、すなわち寿命試験を(6)節で述べられるような方法で行い約1,600万回接続までのところで表れた欠陥を吟味して最初に仮定した仕様に改むべきもののあることを知り、改められた仕様条項によつて第2群に属する6~10号機を試作して静特性ならびに動特性に関して第1群と同様の試験測定を行い検討を加えた。

第2群の各スイッチはいずれも静特性および動特性を満足しており、かつ第2群の7号機について寿命試験を行つて現在2,000万回接続まで進んでいるが、本質的な事故は起つていないから、第2群のスイッチは一応実用に供し得るところまで来たと判断してよいようである。

なお現在、この第2群のスイッチから教えられた改良すべき諸点および量産の考慮による修正を加えた第3群の試作が進行中であるが、この第3群の試作機の成績はさらに飛躍するであろうし、これに続く第4群の試作は最終的な解答を与えてくれるものと信じている。

#### (4) 試作第1群クロスバースイッチの設計仕様

クロスバースイッチの持つべき条件を検討して一応の仕様を決定した。それはつぎのごときものである。

- (1) 20箇のバーチカルユニットと各バーチカルユニットは10組の接点群をもつ。
- (2) 各接点群は6組のメーク接点を持つ。
- (3) 5本のセレクトングバーがあつて、各バーチカ

ルユニットの2組の接点群の選択動作を1本のセレクトングバーで行う。

- (4) バーチカルおよびセレクトングオフノーマルの接点は、それぞれ2組の切替接点からなる。

- (5) クロスバースイッチの構造寸法は、  
高さ 245.2 mm × 長さ 785 mm

- (6) コイルの抵抗  
保持磁石コイル 1,050 Ω  
選択磁石コイル 260 Ω

- (7) 接点圧力  
5 g 以上

- (8) 感動および不感動電流
 

	保持磁石	選択磁石
感動電流	25 mA	42 mA
不感動電流	21 mA	37 mA

- (9) 動作時間
 

保持磁石	35 ms
選択磁石	45 ms

- (10) 絶縁抵抗および絶縁耐力
 

絶縁抵抗	A.C. 500 V	20 MΩ以上
絶縁耐力	D.C. 1,000 V	1 mn

上記中 1~3 項はウェスターン型と全く同じ仕様である。

#### (5) 試作第1群クロスバースイッチの静特性

第1群の1号機から、2号機、3号機、4号機を経て5号機まで性能は逐次向上している。その状況を項目別に以下述べる。

(A) 選択磁石、保持磁石の感度および不感動電流値  
第6表に示される通りであるが、選択磁石の感動および不感動電流について見れば、1号機では最大値と最小値の間に相当の開きがあつたのが、4~5号機になつてこの差が4~5 mA 程度に減少し平均値も一定して来た。このことは品質が一定して来たことを示し、5号機で見られるように、平均電流約40 mA で最大と最少の差がこの程度ならば、一般継電器の許容動作範囲内である。

保持磁石の感動および不感動電流も5号機で飛躍的によくなつている。平均電流値25 mA に対して最大と最小の偏差が3.5~5 mA となつており、これも一般継電器の許容動作範囲内である。

#### (B) 選択磁石、保持磁石の動作復旧時間

選択磁石の動作復旧時間は第7表に示される通りであり、動作時間は1号機から5号機まで順次短くなつて、平均動作時間は40 ms 台となつており、また最大値と最小値の差も減少して来ている。

(註) 第6表中保持磁石の感動、不感動は交叉点、接点を1組閉じた場合の値であり、これを色々の位置の交叉接点にて多数回測定したものである。



第6表 選択磁石保持位石の感動電流および不感動電流  
Table 6. Operating and Non-Operating Current of Select and Hold Magnet

			1号機	2号機	3号機	4号機	5号機
選 択 磁 石	感 動 電 流 値 (mA)	平 均	45.0	40.9	40.0	40.7	41.0
		最 大	53.5	45.0	52.7	42.0	43.5
		最 小	39.0	36.5	32.0	38.5	38.5
選 択 磁 石	不 感 動 電 流 値 (mA)	平 均	44.5	40.6	39.4	39.4	40.5
		最 大	53.0	44.5	52.0	41.5	43.0
		最 小	38.5	36.0	31.0	37.5	38.0
試 料			10	10	10	10	10
保 持 磁 石	感 動 電 流 値 (mA)	平 均	37.0	23.7	23.4	24.2	25.0
		最 大	43.0	29.0	27.0	29.0	28.5
		最 小	25.5	20.0	20.2	18.5	23.5
保 持 磁 石	不 感 動 電 流 値 (mA)	平 均	34.9	20.8	21.7	20.9	23.2
		最 大	42.0	23.0	25.5	28.5	25.0
		最 小	24.5	12.3	20.0	15.0	21.5
試 料			50	50	50	60	10

第7表 選択磁石の動作復旧時間  
Table 7. Operating and Releasing Time of Select Magnet

		1号機		2号機		3号機		4号機		5号機	
電 流 値 (mA)		58.0	160.0	58.0	160.0	58.0	160.0	58.0	160.0	58.0	160.0
動 作 時 間 (ms)	平 均	56.8	40.3	42.1	25.4	37.3	26.6	47.0	33.7	40.1	30.5
	最 大	120.0	80.0	55.0	29.0	40.0	29.0	76.0	50.0	45.0	34.0
	最 小	37.0	30.0	36.0	22.0	36.0	24.0	33.0	28.0	30.0	25.0
復 旧 時 間 (ms)	平 均	3.6	12.1	13.6	15.2	5.3	22.6	3.2	5.3	8.9	13.6
	最 大	6.0	16.0	22.0	25.0	6.0	29.0	6.0	7.0	13.0	18.0
	最 小	1.0	8.5	4.5	5.8	5.0	24.0	1.0	3.0	4.0	10.0
試 料		10		10		10		10		10	

第8表 保持磁石の動作復旧時間  
Table 8. Operating and Releasing Time of Hold Magnet

		1号機		2号機		3号機		4号機		5号機	
電 流 値 (mA)		45.0	40.0	45.0	40.0	45.0	40.0	45.0	40.0	45.0	40.0
動 作 時 間 (ms)	平 均	61.5	70.5	39.0	42.5	42.6	45.2	44.2	47.0	41.0	42.0
	最 大	93.0	152.0	50.0	68.0	50.0	55.0	65.0	75.0	45.0	48.0
	最 小	35.0	39.0	8.0	8.5	32.0	33.0	35.0	37.0	37.0	38.0
復 旧 時 間 (ms)	平 均	0.5	0.48	0.87	0.67	0.65	0.85	0.44	0.46	1.25	0.75
	最 大	1.5	1.5	2.1	2.0	1.8	2.0	1.0	1.5	2.0	1.5
	最 小	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.4
試 料		56		35		20		21		8	

復旧時間は1号機から5号機まで一定の傾向を示さず区々になつているが、最大値と最小値の差は減少の傾向にある。

保持磁石の動作復旧時間は第8表に示される通りであり、動作時間はこれも同様に順次、平均値および最大値

と最小値の差の両方ともに減少している。復旧時間は余りにも小さいようであり、これは動作上悪影響はないが、接点圧力が小に過ぎているという点で問題になる。5号機の最小復旧時間 0.6 ms, 平均 1.25 ms は一応実用に供しうる値と考えられる。



第 9 表 交 叉 接 点 圧 力  
Table 9. Contact Pressure of Vertical Unit

	1 号 機	2 号 機	3 号 機
平 均 (g)	11.3	11.7	15.6
最 大 (g)	35.0	25.0	30.0
最 小 (g)	1.0	4.0	5.0

(C) 交叉点の接点圧力

交叉点の接点圧力は双子接点の一方で測定した結果が第 9 表に示される通りであり 1 号機では平均圧力 11.3 g に対して最大 35 g, 最小 1 g であつてこの差が大きすぎまた 1g の接点圧力のときは接点の接触状況はよくない。

2 号機の平均圧力 11.7 g に対して最大 25 g, 最小 4 g の圧力は偏差が少なくてよくなつて来たことを示している。

5 号機では平均圧力が 15.6 g に増加し最大 30 g, 最小 5 g で余程よくなつている。

最小接点圧力が 5 g あればその状態での接点の接触は一応完全であるが, 第 2 次試作では 10 g 以上を確保しようになつている。

(D) 絶縁耐力

1~5 号機の 5 機について全接点に対して絶縁耐力を試験したがいずれも規格を満足し異常はなかつた。

(6) クロスバースイッチの寿命についての考察

始めに寿命という言葉の定義を述べる。

ここでいう寿命とは一般に考えられている部品を取換えて使用を続け, その保守費が高んで新品と置換えた方が有利であるとの時期までの使用回数をいうのではなく, 新品を全然手に触れることなしに使用して, ある使用度に達すると事故を起す状態となり再調整を必要とするに至るまでの使用回数をいうことにする。

クロスバースイッチの使用度数を推定する一つの考え方を以下に述べる。

これに用いられている方式ならびにスイッチの形式により異なるが, 例として 20×10 クロスバースイッチを使用したウェスターンの No. 5 クロスバー方式の場合を考える。

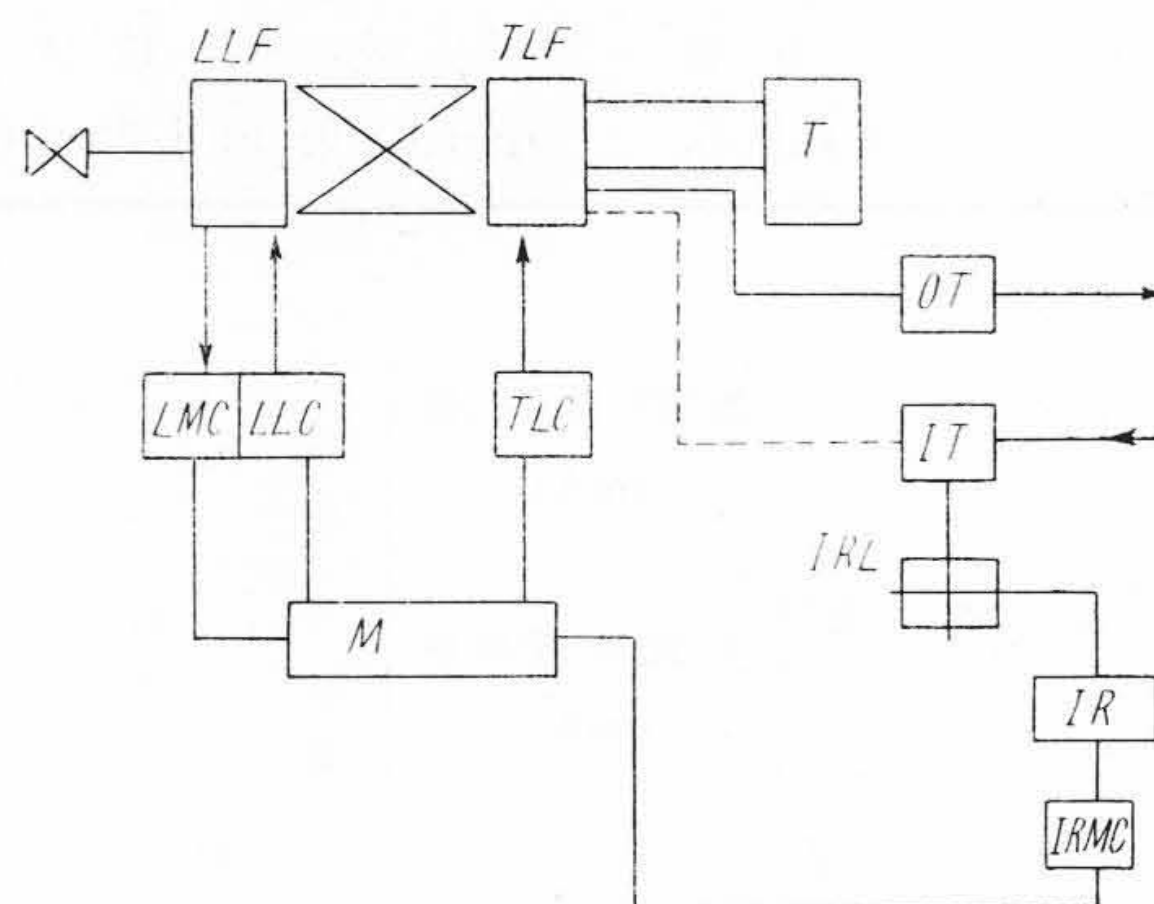
ウェスターン No. 5 クロスバー方式の中継方式は大略第 3 図で示される。

LLF では呼量の多い局では 20 の加入者線につき 10 の出線が用意されている。

1 通話の平均保留時間が 100 秒であり, 出線の使用能率を 30% と仮定すれば, 1 箇のクロスバースイッチは 1 時間あたり

$$(3,600/100) \times 0.3 \times 10 = 110$$

の発着信接続を取扱うことになる。



略号	名 称	主なる構成機器
LLF	ラインリンクフレーム	クロスバースイッチ
TLF	トランクリンクフレーム	クロスバースイッチ
T	ト ラ ン ク	リ レ ー
OT	出中継線装置	リ レ ー
IT	入中継線装置	リ レ ー
IRL	入レジスタリンク	クロスバースイッチ
IR	入レジスタ	リ レ ー
M	マ ー カ	リ レ ー
LMC	ラインリンクマーカコンネクタ	マルチコンタクトリレー
IRMC	入レジスタマーカコンネクタ	マルチコンタクトリレー
TLC	トランクリンクコンネクタ	マルチコンタクトリレー
LLC	ラインリンクコンネクタ	マルチコンタクトリレー

第 3 図 5 号 クロスバースイッチ方式概略図  
Fig. 3. Block Diagram of No. 5 Crossbar Switching System

1 日を最繁時換算 10 時間とすると年間に

$$110 \times 10 \times 365 = 400,000 \text{ 接続}$$

を行うことになる。

TLF 以下では中継線群は完全群に近く組成されているとみなしてよい故, この場合のクロスバースイッチ 1 箇の取扱う接続数は中継線能率を 75% として年間に

$$400,000 \times (75/30) \approx 1,000,000 \text{ 接続}$$

となるものと推定される。

すなわち通話回路に這入るクロスバースイッチは年間最高 1,000,000 接続を行うものとしてよからう。

これはたとえばステップバイステップクロスバー方式のセレクトタにもあてはまるものと推定される。

また IT が IR を捕捉するために用いられる IRL のクロスバースイッチは同様にこれらが完全群であるとして IT を基準にして考えれば, 1 時間あたり

$$20 \times (3,600/100) \times (75/100) = 540$$

接続を行うこととなり年間

$$540 \times 10 \times 365 \approx 2,000,000 \text{ 接続}$$

をするものと考えられる。

すなわち共通制御回路捕捉用リンクに這入るクロスバースイッチの使用頻度は通話回路に這入るものゝ 2 倍と考えるとよいようである。



ウェスターン No. 1 クロスバー方式の加入者センダ<sup>(8)</sup> (Subscriber sender) および No. 5 クロスバー方式の入レジスタのごとき共通の制御回路に這入つていて、コードの蓄積に使用されているようなクロスバースイッチの使用頻度はさらに高くなるものと考えられる。

以上の仮定に基いて日本でクロスバースイッチを使用した場合のスイッチの必要とする寿命を計算すると、平均保留時間を 150 秒として通話回路に這入るクロスバースイッチの年間最高接続数はつぎのごとくなる。

$$1,000,000 \times (100/150) = 670,000 \text{ 接続}$$

共通制御回路捕捉用リンクに這入るクロスバースイッチの年間最高接続数はつぎのごとくなる。

$$2,000,000 \times (100/150) = 1,330,000 \text{ 接続}$$

実用的な年間最高接続数は上の計算で出た理論的の年間最高接続数の 65% とすると、通話回路に這入るクロスバースイッチの年間実用最高接続数は

$$670,000 \times 65\% = 430,000 \text{ 接続}$$

で共通制御回路捕捉用リンクに這入るクロスバースイッチの年間最高接続数は

$$1,330,000 \times 65\% = 860,000 \text{ 接続}$$

となる。

40 年間無事故 (Forty years trouble-free) であることを要請されるクロスバースイッチの寿命は

$$\text{通話回路に這入るもの} \dots\dots 43 \times 40 = 1,720 \text{ 万 接続}$$

$$\text{共通回路に這入るもの} \dots\dots 86 \times 40 = 3,440 \text{ 万 接続}$$

となりクロスバースイッチとしては 3,000~4,000 万接続の寿命を持つことが適切であると思われる。

これはストロジャースイッチがForty years trouble-free であるために要求される動作回数が 250~300 万回であることを考えれば、クロスバースイッチ 4,000 万接続の寿命はストロジャースイッチの 200~250 万回動作の寿命に相当するものとし、クロスバースイッチ 2,000 万接続の寿命はストロジャースイッチの 100~150 万回動作の寿命に相当するものと考えらるべきではなからうか<sup>(1)</sup>。

クロスバースイッチの再調整は局の現場で行うことは困難であるように見受けられる。

したがってクロスバースイッチはストロジャースイッチよりも長寿命であることが本質的に要求されるものと考えらる。

**(7) 試作第 1 群クロスバースイッチの動特性**

静特性の最もよく揃つた 5 号機について寿命試験を行つた。

その結果を以下に述べる。

**(A) 寿命試験の行い方**

5 本のセレクトングバーのうち 4 本に対応する 8 箇の

第 10 表 2,000,000 回動作までに起つた障害

Table 10. Details of Troubles Occurred in 2,000,000 Times Test Operations

障害の種類	障害の内容	障害件数
バネ不動	セレクトングバーが動作した後保持磁石が動作してレバーを押すがバネが動作しない	4
バネ接触不良	バネの不動の程度は少く第 1, 第 2 の最初の接点は閉じるが第 6 接点が閉じない	4
ナット弛み	セレクトングバーの両端を支える軸受ナットの弛み	4
アーマチュアとフレーム接触	選択磁石の接極子とフレーム間は 2~6 ミルの間隔を有しているが、動作中にセレクトングバーがマグネット反対側に移動して接極子とフレームが接触する	1
計		13

選択磁石を 4 箇ずつ交互に動作させ、またこの動作に対応して 8 箇の保持磁石をそれぞれ動作させることを 1 回の動作とした。

すなわち 1 つのクロスバースイッチの 1 回の動作で 8 回の接続が同時に行われていることになる。

100 万回の動作が繰返されたときは 800 万接続が行われたことになる。

故に 500 万回の動作に耐えたならばそのクロスバースイッチは 4,000 万接続に耐えることとなつて、一応最終と称してもよい寿命を持つていることとなる。

以上の考え方を基礎とした動作をクロスバースイッチにさせ、また接点の接触不良、電磁石の動作ならびに復旧不良をすべて自動的に監視するクロスバースイッチ寿命試験機を作つて寿命試験を行つた。

**(B) 200 万回動作までに起つた障害**

5 号機についての寿命試験で 200 万回動作 1,600 万接続までに得た結果をつぎに述べる。

200 万回動作までに起つた障害は第 10 表に示される通りである。

以上の障害は 10 万回動作以降 180 万回動作まで分布しており、いずれもクロスバースイッチとして好ましくない障害である。これらの障害を起す原因はいずれも製作したときすでに潜在していたものであつて使用回数を重ねるため起つたものと考えられない。

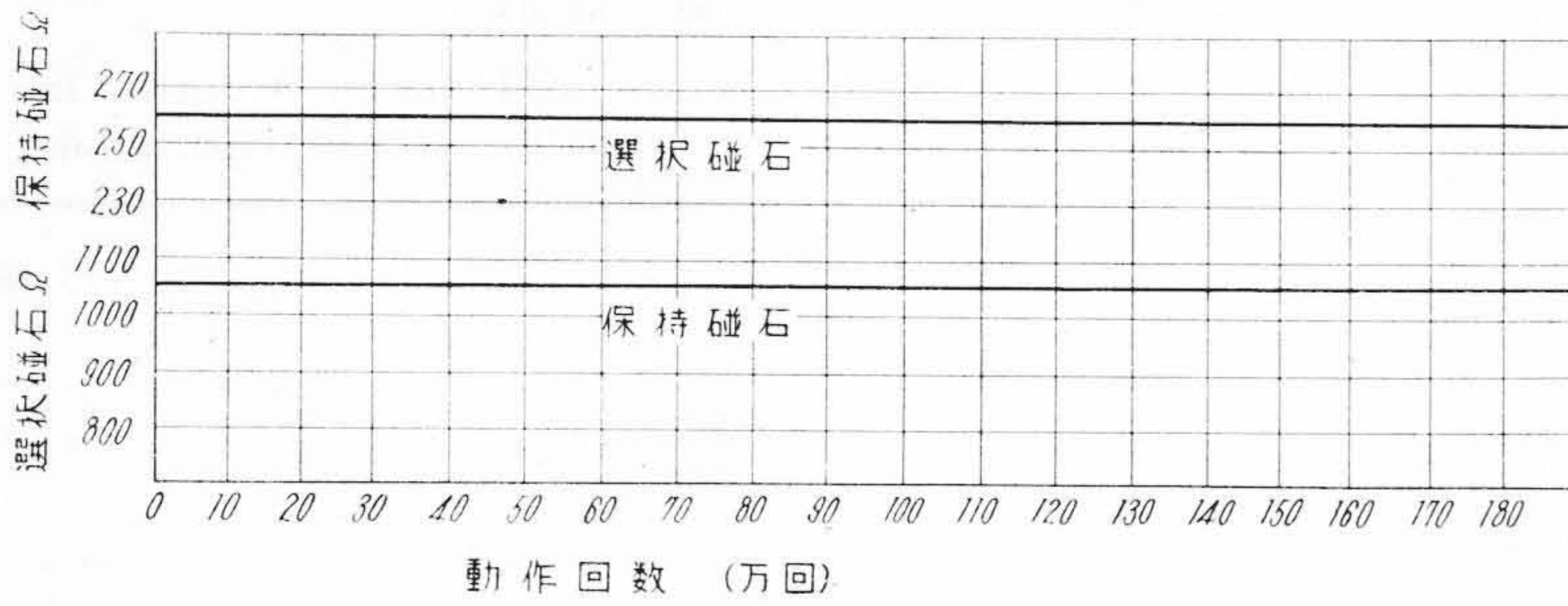
すなわち障害はすべて設計不良に基くものと考えられこれに対して後述のごとき対策がとられた。

**(C) 200 万回動作の間の調度の変化**

(i) 選択磁石、保持磁石の抵抗

第 4 図(次頁参照)に示されるようにほとんど変化はない。



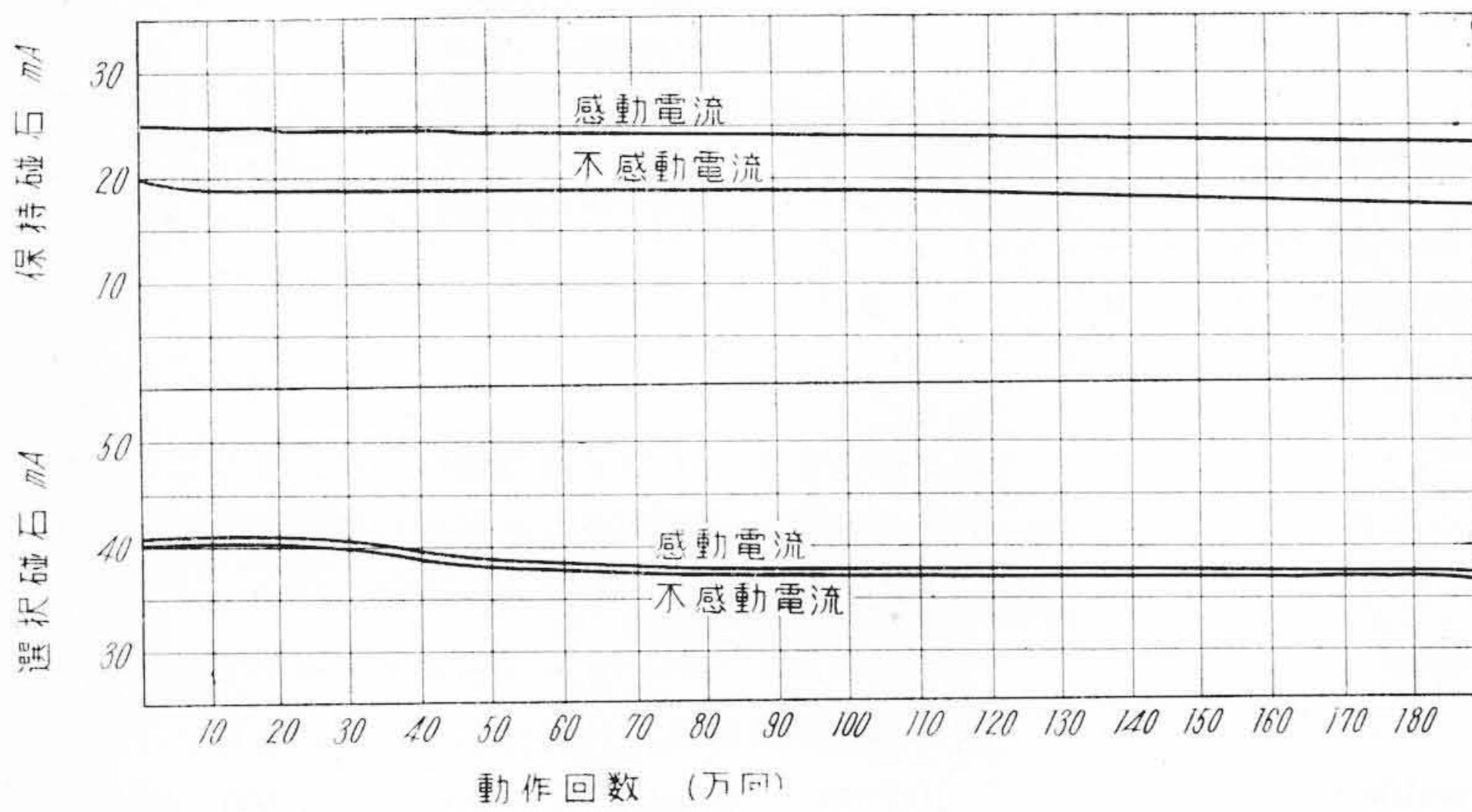


第 4 図

選択磁石, 保持磁石の抗抵変化

Fig. 4.

Change in Resistance of Select and Hold Magnet Coils by Wear

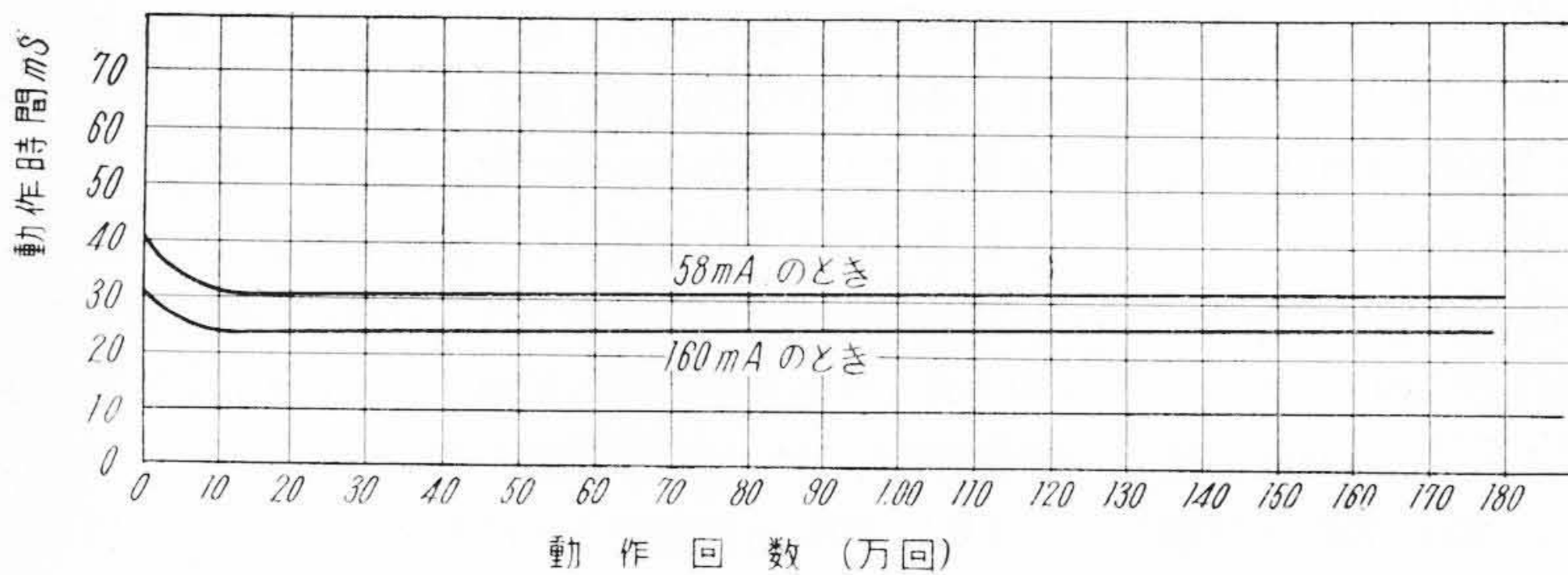


第 5 図

選択磁石, 保持磁石の感動および不感動電流の変化

Fig. 5.

Change in Operating and Non-operating Current of Select and Hold Magnet Coils

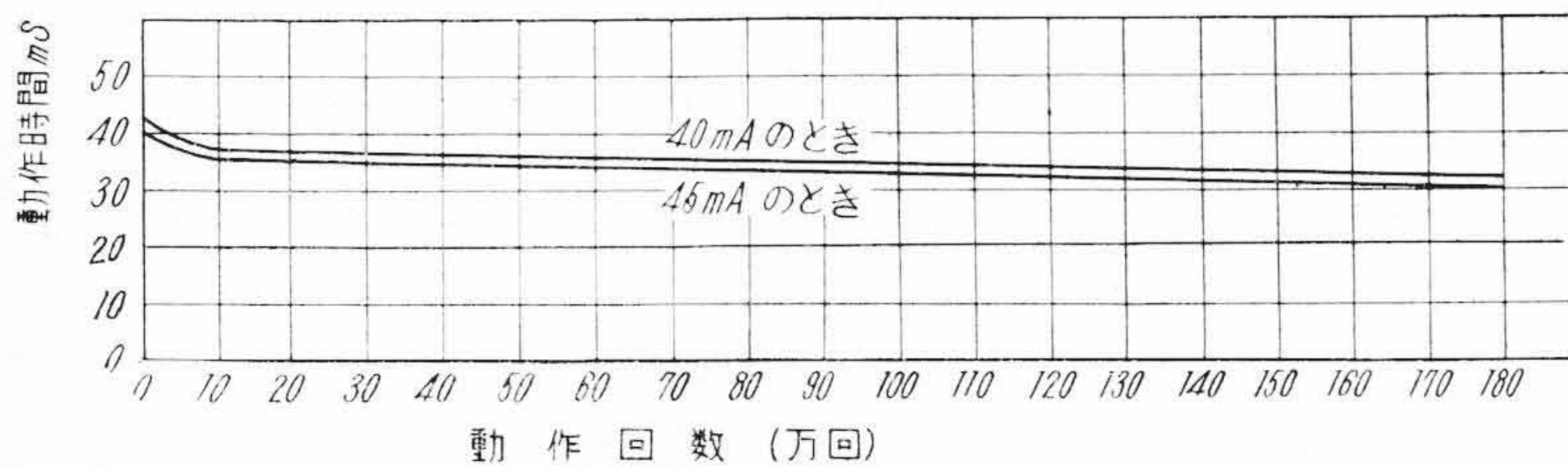


第 6 図

選択磁石の動作時間の変化

Fig. 6.

Change in Operating Time of Select Magnet



第 7 図

保持磁石の動作時間の変化

Fig. 7.

Change in Operating Time of Hold Magnet

第 11 表 バネ張力の変化の例

Table 11. Some Cases of Spring Tension Change

動作回数(万回)	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
圧力 16g のもの	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
圧力 11g のもの	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10



(ii) 選択磁石, 保持磁石の感度および不応動電流

第5図に示されるように変化はきわめて少いが傾向としては動作回数の増加に伴いいずれも減少している。

(iii) 選択磁石, 保持磁石の動作時間

第6図および第7図に示されるように選択磁石および保持磁石の動作時間は10万回動作の初期において数ミリ秒の減少を来すがその後は著しい減少は示していない。

(iv) バネ張力の変化

バーチカルユニット(クロスバースイッチの垂直路を構成するユニット)の接点群の内, バネ張力が10g以上のものは動作回数の重なるに伴う張力の変化はない。一例を第11表に示す。

(v) セレクティングバーのベアリングスクリュウの磨耗ならびにフィンガーの磨耗

いずれも0.005~0.015mm程度でほとんど問題はない。

(D) 寿命試験結果の検討

(i) バネ不動

この事故は特定のバーチカルユニットの中央より下の接点列で起つている。レバーの位置不良のためレバーが所定通り動作してもバネに対する圧力が出ず, したがって接点がメークしないことになる。部品の寸法精度をあげ調度に留意することにより救済できる。

(ii) バネ接触不良

これは接点圧力が足りなかつたことが原因と考えられるので, 可動バネのバネ厚を減少し保持磁石のプルを上げてフォローを数倍に増加することにより救済できる。

(iii) ナット弛み

セレクティングバーの両端を支える軸受ナットの弛みであるが締付方法を改善することにより救済できる。

(iv) 選択磁石のアーマチュアとフレームとの接触部品の構造, 寸法, 精度, 材質を検討して救済できる。

(v) 動作時間の変化

初期において多少の変化が見られるが, これはいわゆる初期磨耗によつて機械が馴染むまでに起る変化とみなされ製作上の精度の向上が要請される。

(vi) バネ張力の変化

10g以上の張力のものには動作による変化は認められぬが5g前後のものに目立つた変化が認められる。

これも(B)項と同様接触圧力を増加することにより救済できる。

(8) 第2群クロスバースイッチの試作

(A) 第2群クロスバースイッチの改良点

第1群試作機の成績に鑑み第2群の試作ではつぎの点を改良した。

(i) 構造寸法など

ほとんど第1群のものと同様であるが, 保持磁石の吸引力をより強くするようにした。

(ii) 動作時間の短縮

選択磁石の動作時間を30ms以下, 保持磁石の動作時間を25ms以下とした。

(iii) 接点接触圧力の増加

第1群の試作では双子接点の片方における圧力は最小5g程度のものがあつて接触不良を起すおそれがあつたが, 第2群の試作では10g以上とした。

(iv) セレクティングフィンガーの改良

第1群の試作ではセレクティングバー1本につき一方向にフィンガーを9本以上拘束すると反対方向への動作は困難(ウエスターンのものと同程度)であつたが第2群の試作ではフィンガーの可撓性を増して一方向に19本拘束しても, なおかつ反対方向に容易に動作するように改良した。

(v) 寸法精度の向上

部品の寸法精度を向上して動作の安定と性能の向上を図りかつ調整を容易にした。

(B) 第2群のクロスバースイッチの試作経過

まず6号機を製作し静特性を測定して前記の改良内容を確認しさらに不備の点を改良して順次7~9号機の試作を行つた。

この内の7号機には寿命試験を8号機には高温高湿, 高温乾燥および振動試験を課して検討を行つた。

(C) 第2群クロスバースイッチの試験成績

(i) 静特性

7~9号機の静特性はほとんど同様であるので, 9号機の試験成績をつぎに示す。

(a) 電 流 値 (単位 mA) 第12表に示す。

(b) 動 作 時 間 (単位 ms)

第13表(次頁参照)に示す。

(c) 接点接触圧力 (単位 g)

第14表(次頁参照)に示す。

第12表 9号機 の 特 性 (1) — 選 択 磁 石 お よ び 保 持 磁 石 の 感 動 お よ び 不 感 動 電 流 (mA)

Table 12. Characteristics of No. 9 Crossbar Switch (1) — Operating and Non-operating Current for select and Hold Magnet (mA)

		規 格	最 大	最 小	平 均
選 択 磁 石	感 動	47.0	45.0	36.0	42.2
	不 感 動	37.0	—	—	—
保 持 磁 石	感 動	26.0	25.8	19.0	23.1
	不 感 動	19.0	—	—	—



第 13 表 9 号機 の 特 性 (2) — 選 択 磁 石 お よ び 保 持 磁 石 の 動 作 お よ び 復 旧 時 間 (ms)

Table 13. Characteristics of No. 9 Crossbar Switch (2)—Operating and Releasing Time of Select and Hold Magnet (ms)

	規 格	最 大	最 小	平 均
選 択 磁 石	30 以下	29.0	23.0	25.6
保 持 磁 石	25 以下	24.0	20.5	23.9

第 14 表 9 号機 の 特 性 (3) — 接 点 圧 力 (g)

Table 14. Characteristics of No. 9 Crossbar Switch (3)—Spring Tension (g)

最 大	最 小	平 均
29.0	11.0	20.7

第 15 表 9 号機 の 特 性 (4) — 絶 縁 抗 抵 値

Table 15. Characteristics of No. 9 Crossbar Switch (4)—Insulation Resistance

温 度, 湿 度	24°C, 64%	30~35°C, 90%, 12h
全 布 線, フ レーム 間 (MΩ)	25	2.4
全 固 定 バネ, フ レーム 間 (MΩ)	75	4.0
全 可 動 バネ, フ レーム 間 (MΩ)	80	6.0
全 固 定 バネ, 可 動 バネ 間 (MΩ)	50	3.5

(d) 保 持 磁 石 の 温 度 上 昇 (室 温 22°C)

48V で 直 接 励 磁 し て 30 分 間 で 25~30°C の 上 昇 であ っ た (約 20 分 で 飽 和)。

(e) フ ィ ン ガー を 一 方 向 に 拘 束 し て 反 対 方 向 に 動 作 さ せ る 場 合 の 感 動 電 流 な ら び に 動 作 時 間 の 変 化 を 第 8 図 に 示 す。

(f) 絶 縁 抵 抗 (単 位 MΩ)

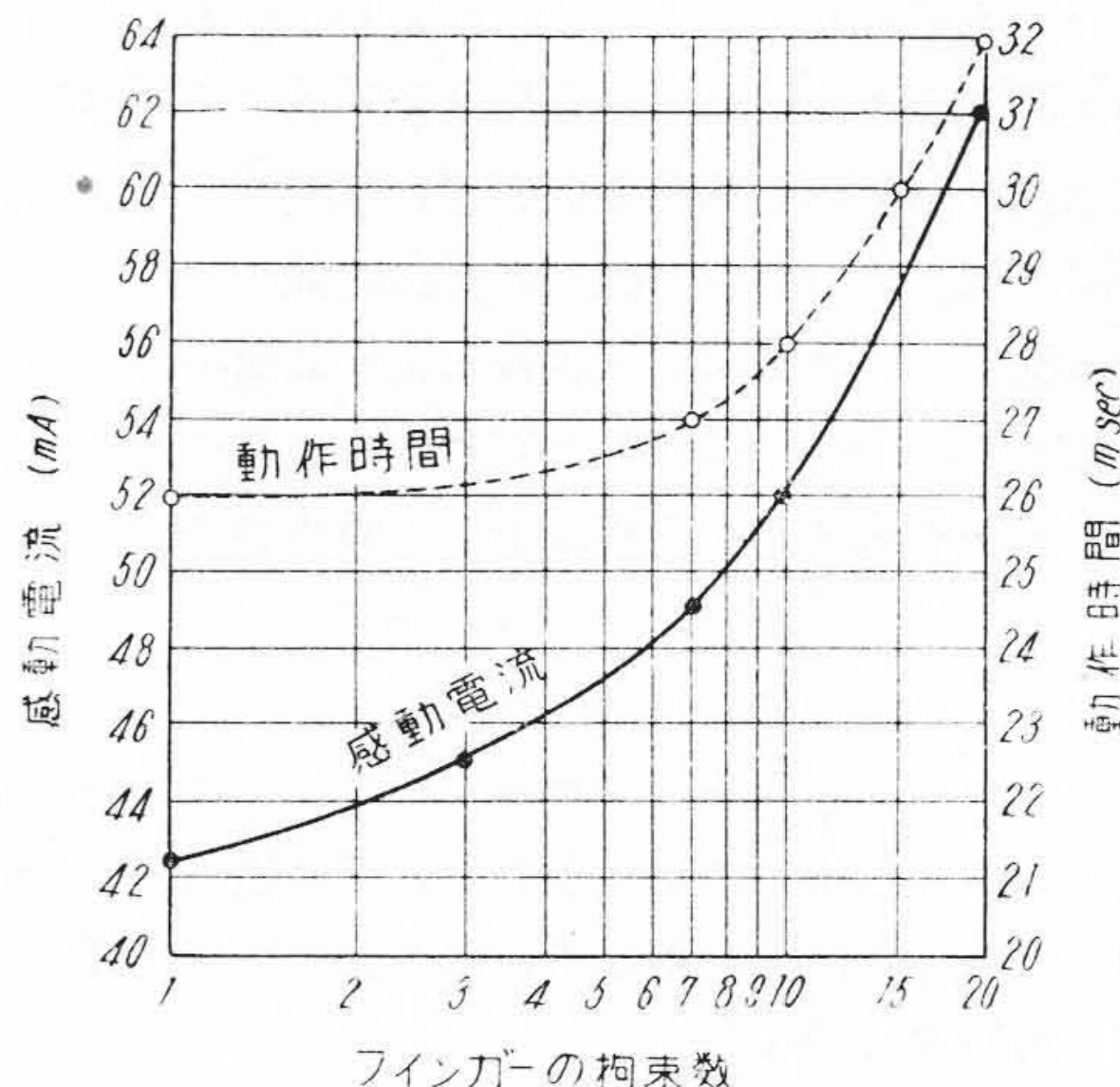
A.C.500V で 測 定 し て 第 15 表 の ご と き 値 であ っ た。

(g) 絶 縁 耐 圧

D.C. 1,000V 1 分 間 加 え て も 異 常 な し。

(ii) 寿 命 試 験

5 本 の セ レ ク チ ン グ バ ー を 一 方 向 に 動 作 さ せ 10 箇 の 保 持 磁 石 を 動 作 さ せ て 50 組 の 接 点 を メ ー ク さ せ, つ い で フ ィ ン ガー を 拘 束 し た ま ま セ レ ク チ ン グ バ ー を 反 対 方 向 に 動 作 さ せ て 残 り の 10 箇 の 保 持 磁 石 を 動 作 さ せ て さ ら に 50



第 8 図 フ ィ ン ガー の 拘 束 数 に よ る 感 動 電 流 お よ び 動 作 時 間 の 変 化

Fig. 8. Change in Operating Current and Time of Hold Magnet According to the Number of Held Fingers on Reverse Side

組 の 接 点 を メ ー ク さ せ る こ と を も つ て 1 回 の 動 作 と し て 寿 命 試 験 を 行 っ た。 し た が つ て 1 回 の 動 作 で 10 接 続 を 行 う こ と に な る。 現 在 (昭 和 29 年 7 月 末) 7 号 機 に つ き 200 万 回 (2,000 万 接 続) を 続 行 中 で あ る が 14 万 回 目 で 塵 埃 に よ る 接 触 不 良 1 件 を 発 生 し た 以 外 は 異 常 は な い。

(iii) 保 証 試 験

8 号 機 に つ き 第 16 表 の ご と き 条 件 で 高 温 高 湿, 高 温 乾 燥 お よ び 振 動 試 験 を 行 っ た が い ず れ も 異 状 な か つ た。

(D) 第 2 群 ク ロ ス バ ー ス イ ッ チ の 試 作 結 果 の 検 討

以 上 に 示 す よ う に 第 2 群 ク ロ ス バ ー ス イ ッ チ は 静 特 性 に お い て も, 保 証 試 験 に お い て も ク ロ ス バ ー 式 自 動 交 換 機 に 使 用 し て も 満 足 な る 性 能 を 出 す こ と が 期 待 で き る。 ま た 寿 命 試 験 で 2,000 万 接 続 以 上 使 用 し て も 本 質 的 の 事 故 を 起 し て い な い こ と は 実 用 的 使 用 に 耐 え う る も の で あ る こ と を 証 明 し て い る。

今 後 さ ら に 寿 命 試 験 を 継 続 し て 何 処 ま で 行 け ば 不 調 状 態 を 生 ず る か を 確 め, そ の デー タ を 続 く 第 3 群 お よ び 第 4 群 の 試 作 に 提 供 し な け れ ば な ら ぬ。 な お 第 3 群 の 試 作 で は 第 2 群 の 試 作 機 に 示 し た 性 能 を さ ら に 向 上 す る と と も に 運 営 費 を 少 く し て し か も 完 全 に 動 作 す る よ う 改 良 の 重 点 を 置 い て い る。 ま た 量 産 設 計 を 吟 味 し て い る こ と も 勿 論 で あ る。

第 16 表 保 証 試 験 の 条 件

Table 16. Condition of Assurance Test

高 温 高 湿 試 験	温 度 (°C)	湿 度 (%)	試 験 時 間 (h)	高 温 乾 燥 試 験	温 度 (°C)	湿 度 (%)	試 験 時 間 (h)	振 動 試 験	振 幅 (mm)	振 動 数 回/分	振 動 方 向 お よ び 時 間 (h)		
	30~35	85~90	20		35~40	30~35	22				上 下	左 右	前 後
									16	1,500	3	3	3



〔III〕 クロスバー式交換機の試作

試作クロスバースイッチを用いて100回線容量40回線実装の小自動交換機を試作した。回路は全継電器式の小自動交換機に準拠する全共通制御式である。使用したクロスバースイッチは前記の試作第1群の2~4号の3機である。継電器はウエスタン型のUAおよびY型継電器を使用した。この写真を第9図に示す。

(1) クロスバー式小自動交換機の中継方式

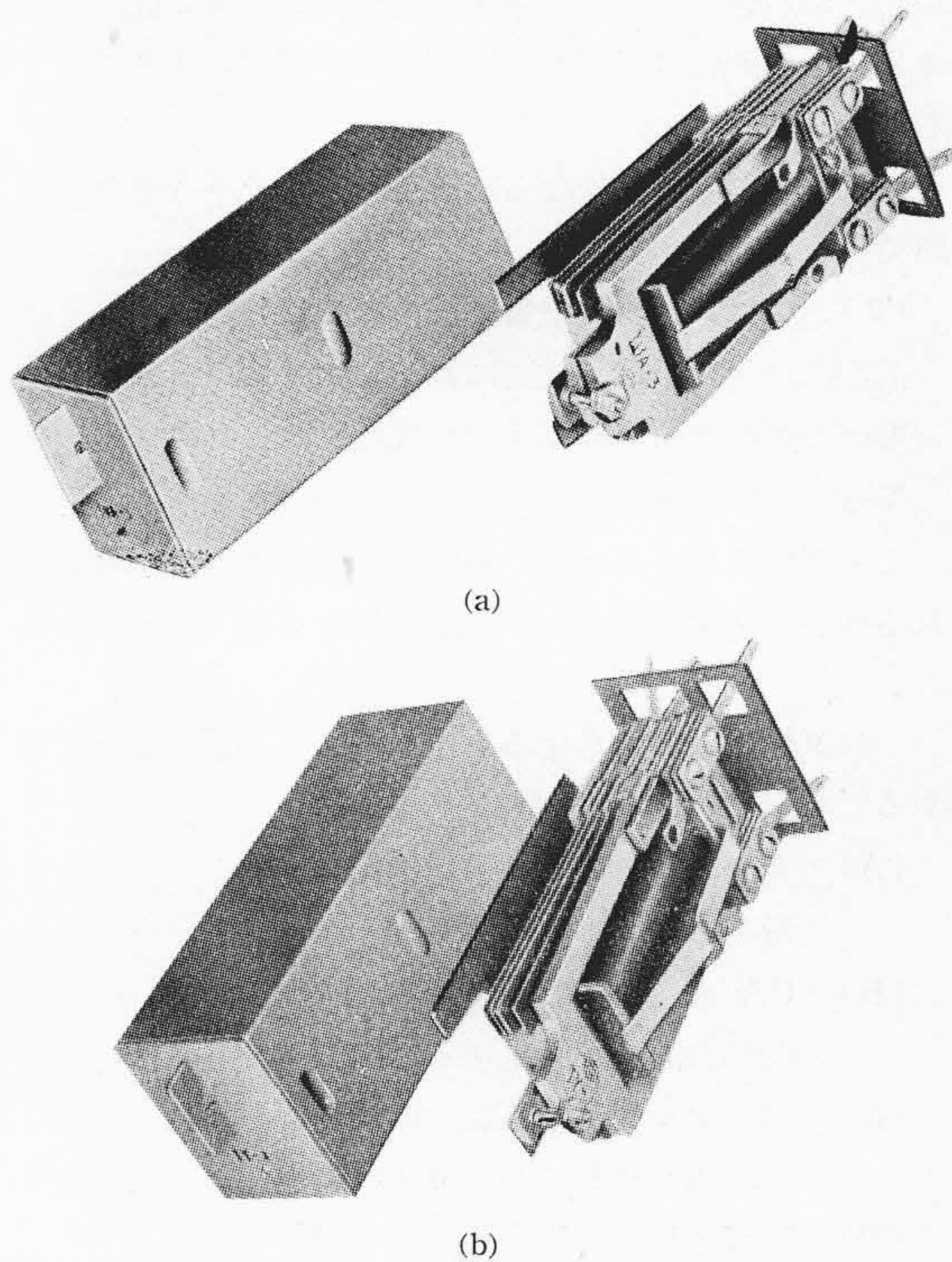
たとえば農村におけるがごとき小規模の電話交換ではこれを自動化した場合、保守者を常駐せしめずに親局で監視するいわゆる無人局方式が経済上有利である。クロスバー式交換機はその動作の安定性ならびに長寿命の点でこの無人式小自動交換機としても適する。

第10図は試作した小自動交換機の中継方式である。各加入者電話機は20×10のクロスバースイッチの垂直路に收容されている。この小自動交換機の動作の概略を以下に述べる。

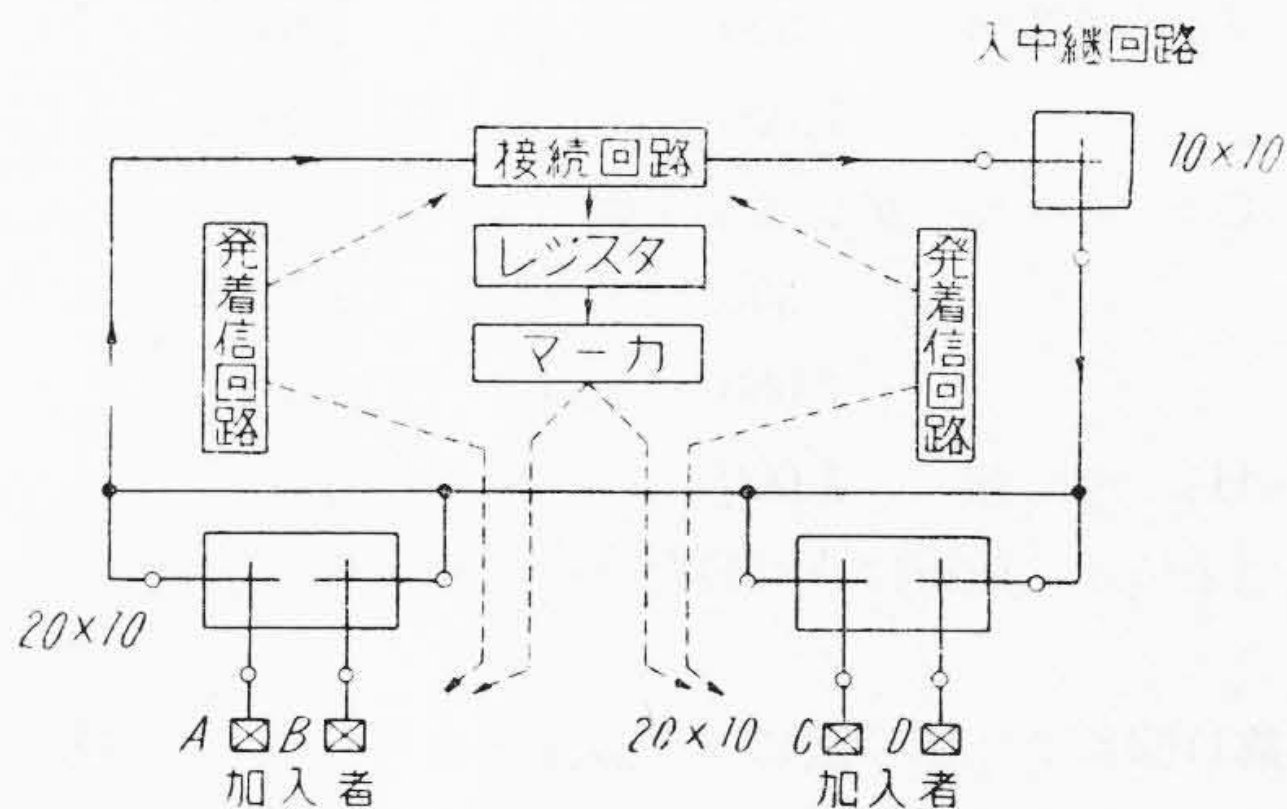
第10図において今加入者Aが送受器を上げ発信を開始したとすれば、その加入者Aの属するクロスバースイッチを担当する発着信回路の発信部が動作して空き接続回路に対応する選択磁石ならびに発信加入者Aに対応する保持磁石を動作させて、発信加入者Aをそのクロスバースイッチを経て空き接続回路に接続し、ここからダイヤル音を送出して発信加入者Aのダイヤルをうながす。発信加入者Aが被呼加入者番号の2数字のダイヤルを行えば、このダイヤルインパルスは接続回路を経てレジスタ回路で計数蓄積される。

この計数蓄積が終ると被呼加入者番号は一度にレジスタからマーカへ送られ、マーカはそれにより被呼加入者Bを探して話中か否かをチェックする。被呼加入者Bが話中でなければその被呼加入者Bの属するクロスバースイッチを担当する発着信回路の着信部にその接続を指示し、マーカとレジスタはただちに復旧し他の呼の取扱に進む。ついで発着信回路の着信部は空き入中継回路に対応する選択磁石と被呼加入者Bに対応する保持磁石を動作させて被呼加入者Bを入中継回路に延長しさらに入中継回路用クロスバースイッチ(10×10)において、発信加入者Aの接続せられている接続回路に対応する選択磁石と被呼加入者Bの延長せられた入中継回路に対応する保持磁石を動作させて、被呼加入者Bをこの接続回路に接続し、ここから被呼加入者Bに向けて呼出信号を送る。発信加入者Aが2桁のダイヤルを行つてから、この呼出信号の送出までに要する時間は数分の1秒に過ぎない。

被呼加入者Bが呼出信号により応答すればここに発信加入者電話機A—加入者用クロスバースイッチ—接続回



第9図 TUA および TY 型 リレー  
Fig.9. Types TUA and TY Relays



第10図 試作クロスバー小自動中継方式図  
Fig.10. Trunking Scheme of 40-Line Cross-bar Rural Automatic Exchange

路—入中継クロスバースイッチ—加入者用クロスバースイッチ—被呼着信加入者電話機Bの相互通話路が完成される。

両加入者が通話をやめ送受器を掛けると全機器は復旧する。

以上のようにレジスタは発信加入者のダイヤル中のみまたマーカはダイヤル終了後被呼加入者のチェックまでの暫時のみ使用される全共通制御式であり、したがってレジスタ、マーカの箇数はきわめて小数でことたりる。

このクロスバー小自動交換機は加入者回路40回線、接



続回路10回線，入中継回路10回線，レジスタ2箇，マーカ2箇から構成されており直流48V電源により動作する。

以上の他に代表番号ならびに空レベルチェックなどの諸特長をも具備している。

#### (2) クロスバー式小自動交換機の試作結果

前節に述べた中継方式図に基づくクロスバー式小自動交換機の試作を昭和29年1月に完成した。クロスバー式交換機としては我国では始めてのものである。

この試作クロスバー式小自動交換機について必要とされる機能の試験を行つたが一応満足なる結果がえられた。

この試験結果のおもなるものを記すとつぎのごとくである。

- (A) クロスバースイッチの動作  
所要の機能を満足する。
- (B) UA および Y 型継電器の動作  
所要の機能を満足する。
- (C) ダイヤル音が出るまでの時間  
受話器を外してから 0.2 秒以内
- (D) 許容される加入者線ループ抵抗  
1,200 Ω 電圧 48V 温度 21°C 湿度 54%
- (E) 許容される加入者線シャント抵抗  
15,000 Ω 電圧 48V 温度 21°C 湿度 54%
- (F) 通話損失 300〜 において 1.6 db  
1,000〜 において 0.6 db
- (G) インピーダンス不平衡  
300〜 において 32.7 db  
1,000〜 において 34.1 db
- (H) 漏話 1,000〜 で 80 db 以上

以上に示す成績はA形自動交換機の規格に適合している。

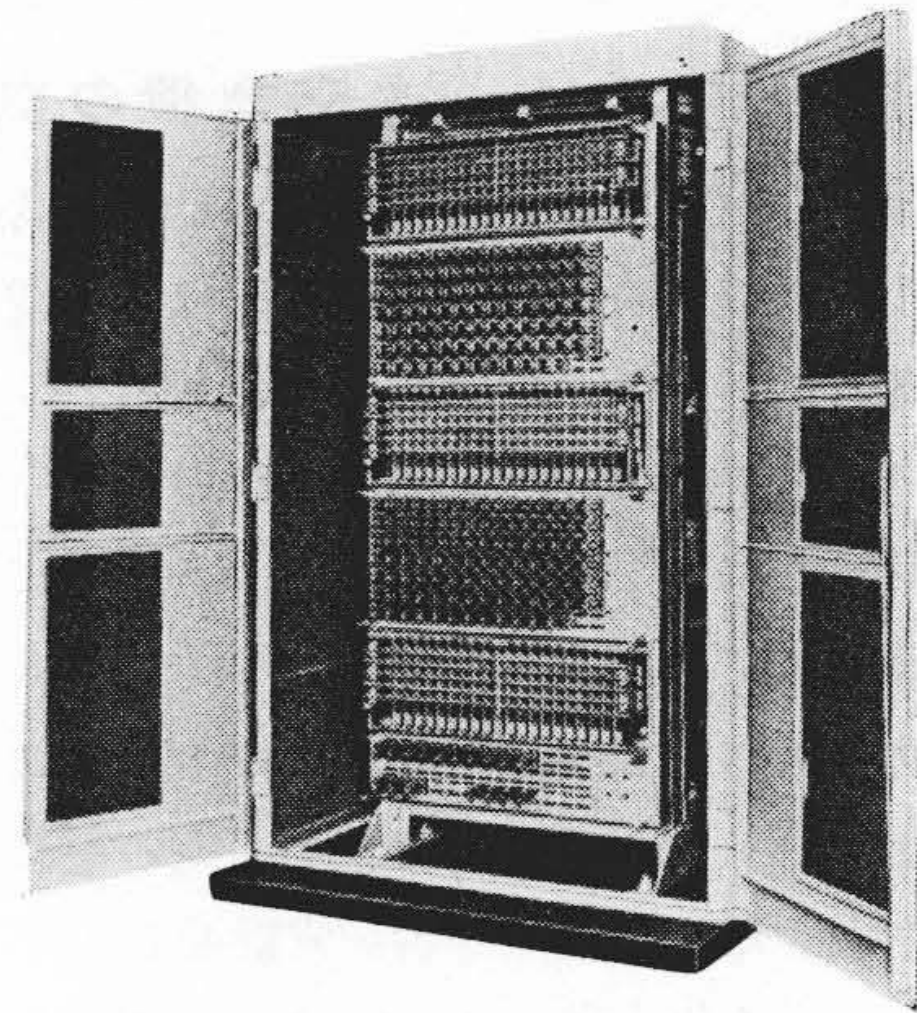
第11図および第12図にこの試作クロスバー式小自動交換機の両面を示す。

### 〔IV〕 結 言

以上に主としてクロスバースイッチおよびこれを用いたクロスバー式小自動交換機の試作の経過を述べた。

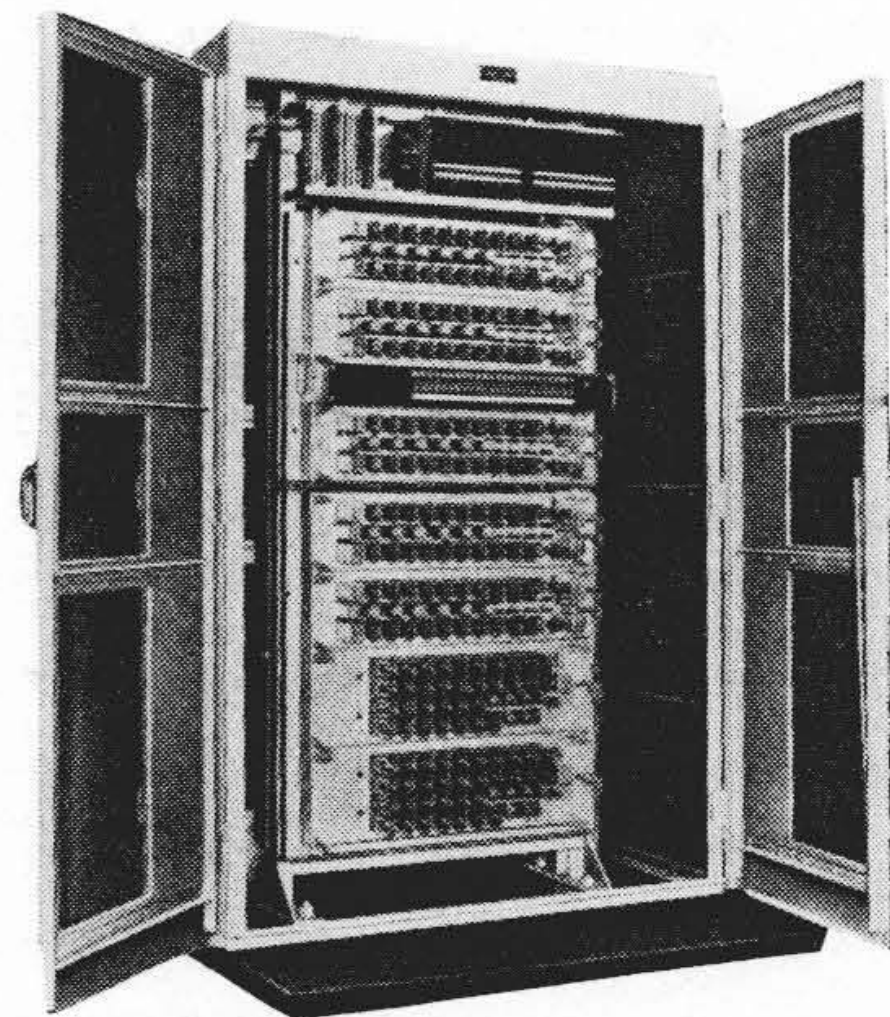
今までの研究結果によるとクロスバースイッチはおおむね実用化のできる見通しはついたと考えてよいようである。またこれを利用した自動交換機もクロスバー式交換機に対して期待される性能を出しうるようである。

今後なすべき事柄はこれらの試作を繰返し行いより安定したより経済的なクロスバースイッチをえるよう検討するとともに，クロスバー式交換機の実用化試験を行うことである。



第11図 試作クロスバー小自動交換機（表面）

Fig.11. General View of 40-Line Crossbar Automatic Exchange (Front View)



第12図 試作クロスバー小自動交換機（裏面）

Fig.12. General View of 40-Line Crossbar Automatic Exchange (Rear View)

筆者は間もなく安定した動作をなしかつ経済的なクロスバースイッチが完成されてクロスバー式交換機として役立つことになるだろうと期待している。

なおクロスバー式交換機の接続方式を大別するとクロスバースイッチの操作の上から

集中制御方式（ウエスタンのもの）

部分制御方式（スウェーデンのもの）

ステップバイステップ式すなわち単独動作方式  
（ケログのもの）

に分類できるが，このいずれを採用するかは交換機を保守する能力いかんと交換網全体の経済性で決定されるべきものと思う。

したがって接続方式の決定は主として日本電信電話公社が中心となつて行われ，メーカーとしてはまづいずれの接続方式にも適合するクロスバー機器の提供に最大の努力を傾倒すべきであると思う。



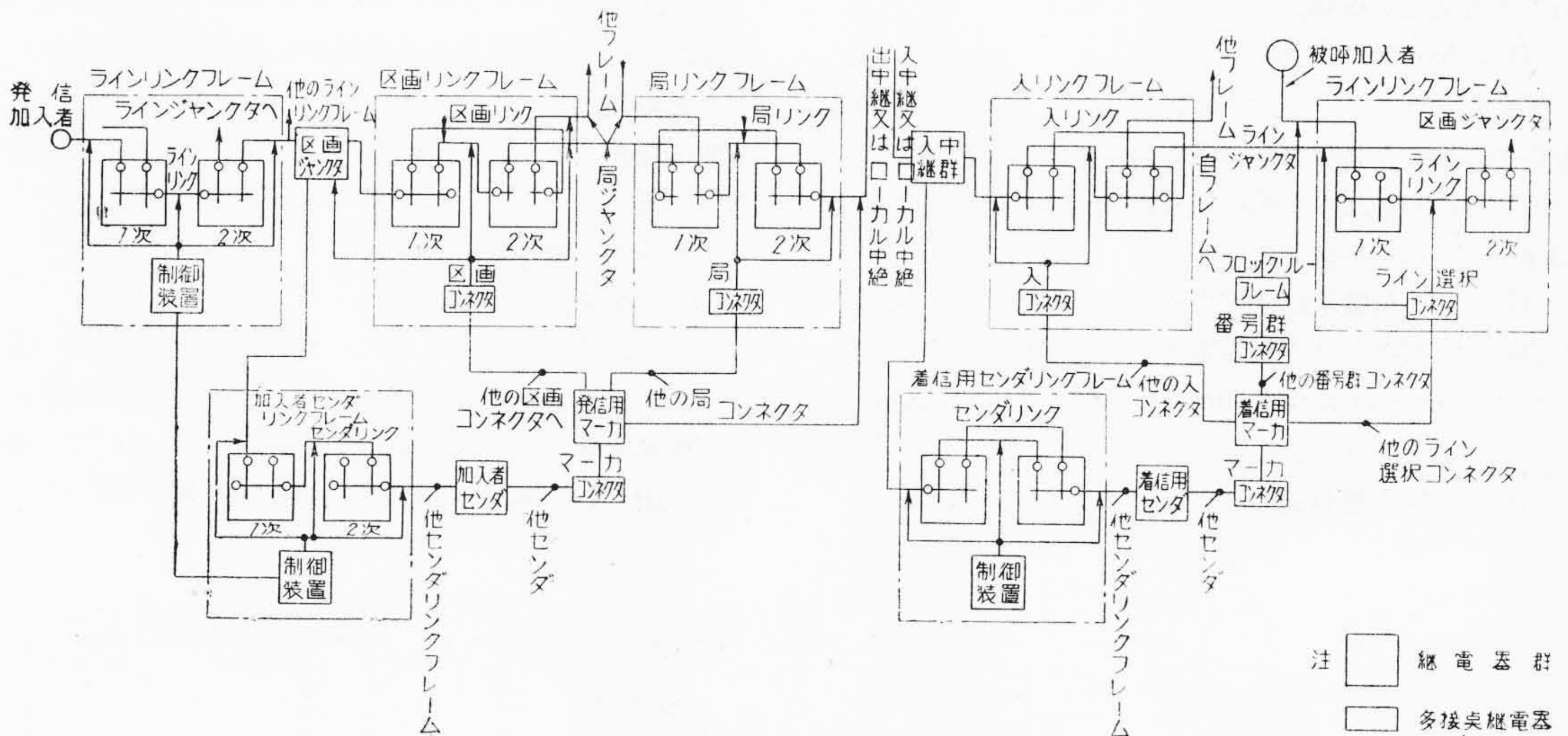
以上クロスバースイッチおよびクロスバー交換機の試作経過を報告した次第であるが、我国で最初のものであるためあるいは見当違いの点多々あることと思う。関係各位におかれて何卒御批判御教示をいただき、すみやかに完全なるクロスバー機器がえられるよう御指導賜わ

ることを御願います。  
 終りにこの試作研究に努力された日立製作所戸塚工場の各位に厚く御礼を申し上げます。

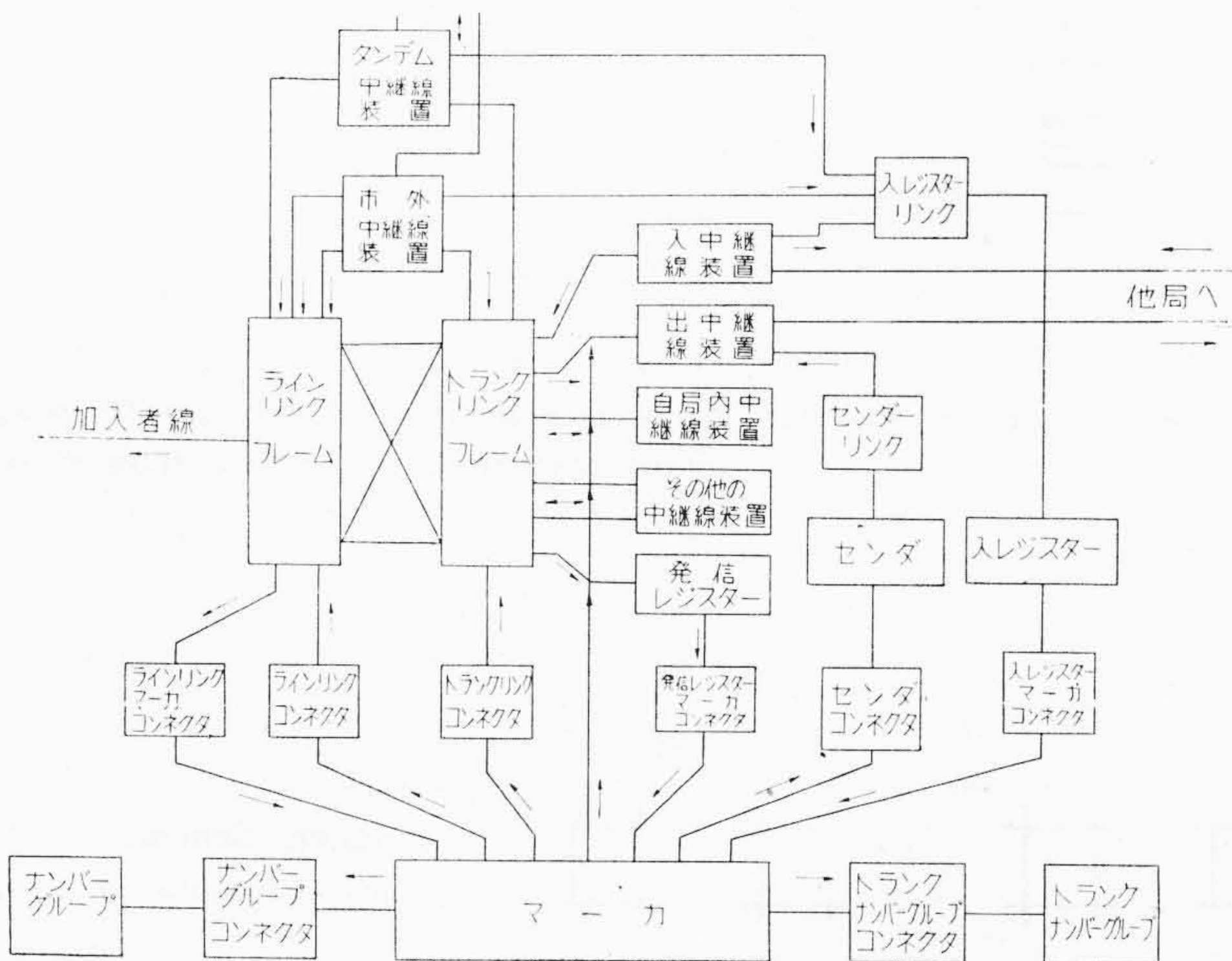
参考文献

(1) 渡辺：“現在自動交換機の直面している諸問題について” 通学誌 1954-2

(2) Keister et. al.: “The Design of Switching Circuit” p. 194  
 (3) Rost et. al.: “A New Common Control Automatic Crossbar Telephone System Installed in Sweden” EE 1952-2  
 (4) 小島：“通信工学のトピッククロスバー交換方式 p. 39  
 (5) J. Beruntz: “Der Koordinaten Schalter KS 53” FTZ 1954-4  
 (6) 真野：“電話交換室の塵埃について” 鉄道通信 1954-5



第13図 1号クロスバー中継方式図  
 Fig.13. Trunking Scheme of No. 1 Crossbar Switching System



第14図  
 5号クロスバー中継方式図  
 Fig.14.  
 Trunking Scheme of No. 5 Crossbar Switching System



〔参考〕 世界における主なるクロスバー方式

(1) ウェスタン方式

(A) No. 1 クロスバー方式

いわゆるマーカ制御による最初のクロスバー方式でありパネル方式に代りもつばら大都市用として使用されるように設計されている。

発信接続はラインリンクコントローラ、発信センダリンクコントローラおよび発信マーカの協同動作によりなされ、着信接続は着信センダリンクコントローラおよびマーカにより制御される。

中継方式図を第13図(前頁参照)に示す。

(B) No. 5 クロスバー方式

No. 1 クロスバー方式の約10年にわたる保守ならびに製作の経験より長所をとつたもので多くの特長を持っている。この方式はベル系の現在あるすべての市内局市外局タンデム局を接続しえる。

さらに発着信接続はすべてマーカのみによつて制御され自動交換機の理想である電子管式高速度マーカによるいわゆる one at-a-time-base の接続を行うのに最も近い形であると考えられる。

中継方式図を第14図(前頁参照)に示す。

(C) No. 4 クロスバー方式

No. 4 クロスバー方式は市外交換にクロスバースイッチを取り入れた最初のもので自動局地への市外呼に対しては扱着ダイヤルによりまた手動局より入る呼に対しては無紐台を使用していること、4線式交換を行うなどの特長を有している。現在はこれの一段と発展した No. 4 A方式が開発され発展の途上にある。

中継方式図を第15図に示す。

(2) スウェーデン郵政庁方式

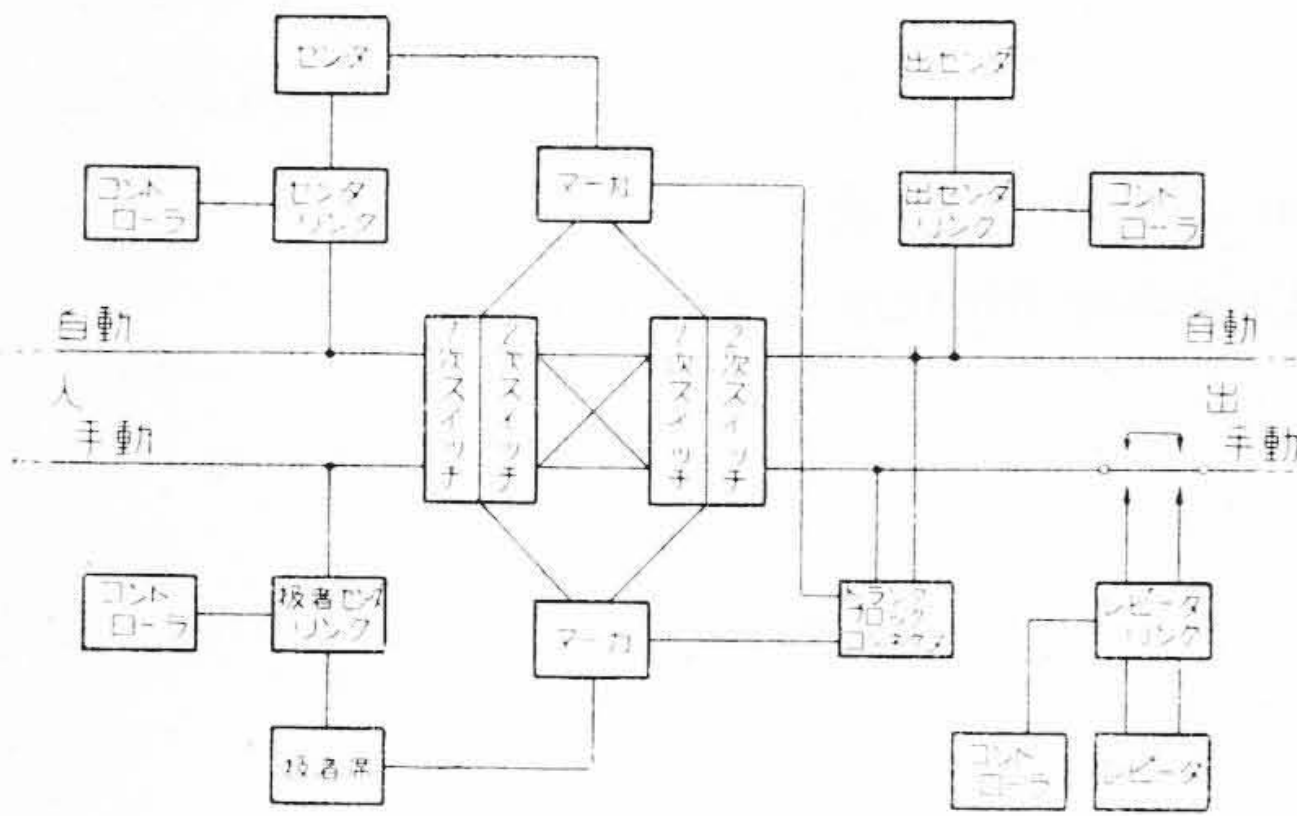
これも色々あるが最も新しい A-204 形クロスバー方式についてのみ述べる。

これはウェスタン形のマーカクロスバーに範を取つて設計されているが全共通制御の形式を取らず各ステージごとの共通制御を行つている。これにより回路は割と簡単になり、かつ共通制御回路の障害に対する危険を分散できる。

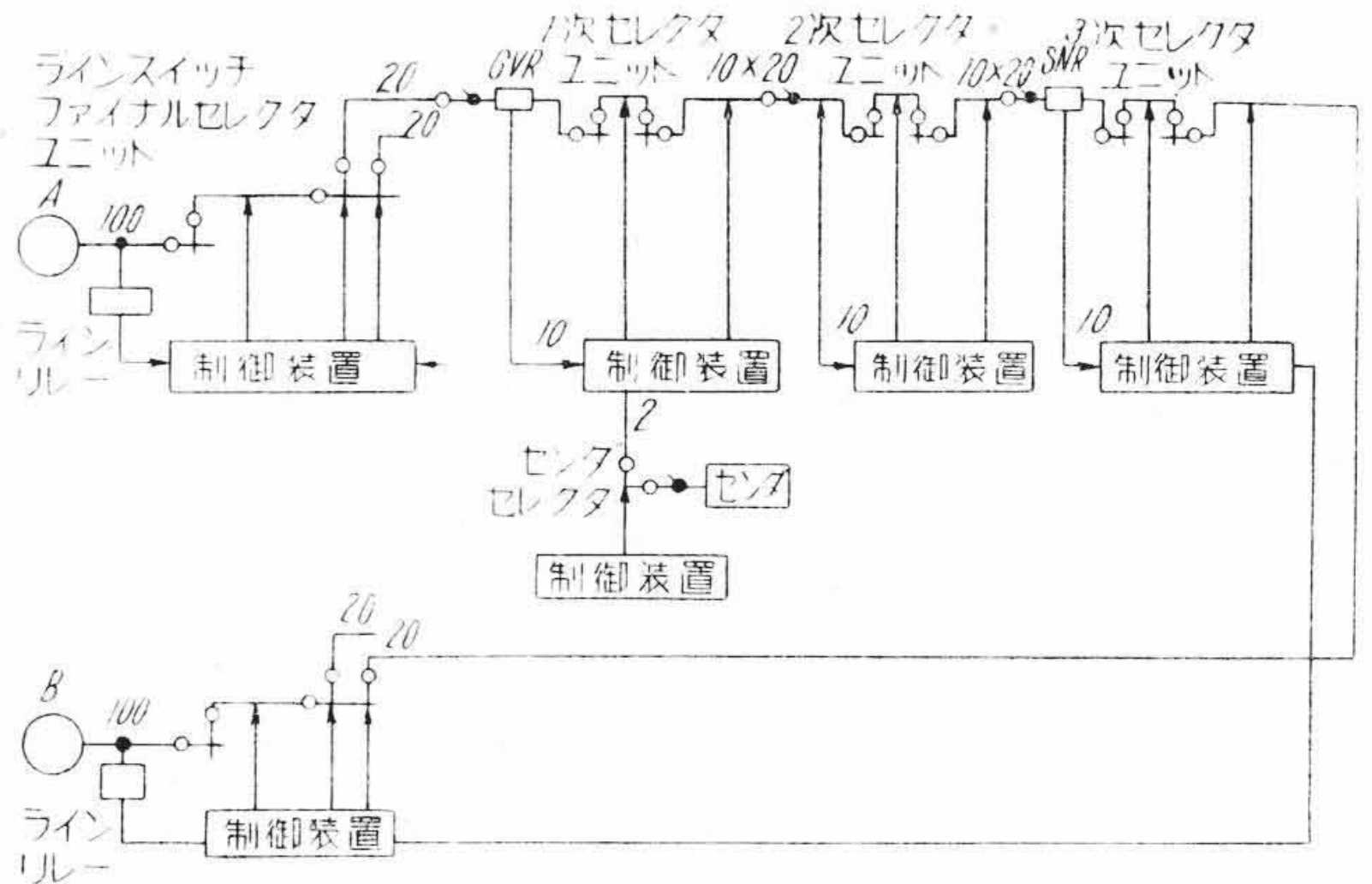
中継方式図を第16図に示す。

(3) ケロッグ方式

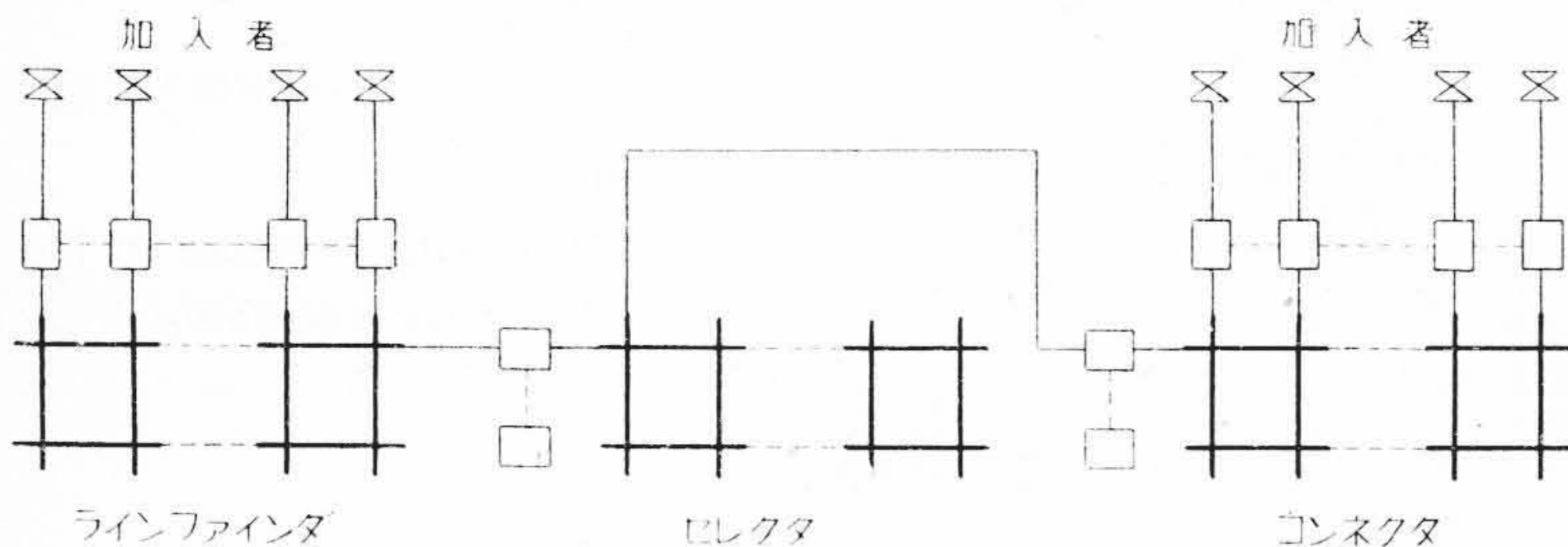
本方式はステップバイステップの原理で接続を行つているためスイッチの使用能率が低い。しかし回路はきわめて簡単である。これも 2, 3 の方式が考えられているが最も新しい No. 7 方式の中継方式図を第17図に示す。



第15図 4号クロスバー中継方式図 Fig. 15. Trunking Scheme of No. 4 Crossbar Switching System



第16図 スウェーデン郵政庁形クロスバー中継方式図 Fig. 16. Trunking Scheme of the Swedish Telegraph Administrations Crossbar Switching System



第17図 ケロッグ7号クロスバー中継方式図 Fig. 17. Trunking Scheme of the Kellogg Crossbar Switching System