

戦前期日本の電話事業における技術問題

—自動交換機の研究開発を中心に—

The Technological Problem in Telephone Business in Prewar Japan:

R&D for Automatic Telephone Switchboard

中島 裕喜 (Yuki NAKAJIMA)

東洋大学経営学部

1. はじめに

情報通信の発達が経済成長に大きく貢献することはよく知られている(杉山, 1990, 134頁)。しかし戦前期の日本において、主要な情報通信手段の一つである電話網の整備は必ずしも十分ではなかった。石井寛治の研究によれば電話普及の対象は専ら官庁用および事業用に限られ、農村部における電話普及は6大都市や地方都市に比べて大きく遅れていた(石井, 1994, 第3章)。また藤井信幸は電話拡張費の不足に苦しむ通信省が地方優遇策を実施した結果、大都市部において需要充足率が低位に留まったことを指摘している(藤井, 1998, 第4章; 藤井, 2005, 第3章)。

1890年に開始した手動電話交換は、加入者数の増加に対する処理能力不足が第一次世界大戦期頃から顕在化し(若井・高橋, 1994, 125頁)、1926年から自動交換が開始された。これは交換手による操作を介さずに発信者と受信者を機械的に接続する技術であり、電話網の拡大にとって必要不可欠なものであった。しかし藤井の指摘によると、電話交換全体に占める自動交換の比率(自動化率)はアメリカ、イギリス、ドイツ、スウェーデンなど欧米の先進国と比較して低く、普及は遅れていた(Fujii, 2006, p2)。自動化が遅れて電話交換の処理能力が低位に留まることは、電話加入者数の増加を制約する要

因となり、また利便性の観点からも好ましいものではなかったであろう。

以上のような戦前期における電話事業発展の問題点を指摘する諸研究は、当該時期の電話事業が通信省による官営であったことから、電話拡張計画をめぐる政策意思決定の分析が中心となっている。しかし他方で、通信省は電話関連機器の供給を国内外の民間メーカーに依存していた。しかも当該時期の日本の電気通信産業は他の諸産業と同様に外国企業からの技術導入によって輸入代替を推し進めている最中であり、先進国への技術依存は不可避であった(長谷川, 1995; 西村, 2002; 西村, 2003)。こうした戦前期日本の産業発展を大きく規定していた条件下において、電話事業の拡大を推進していた通信省が通信機器の調達をめぐる、どのような技術的課題を抱えていたのかを明らかにする必要がある。

翻って戦後日本の電話事業は電話普及率や自動化率の急速な向上が高く評価されているが(藤井, 2005, 第4章)、とりわけ技術発展については日本電信電話公社(以下、電電公社)と日本電気、沖電気、富士通、日立製作所を中心とした通信機器メーカーによって構成される協力関係、すなわち電電ファミリーの役割が注目されている。根本光一は戦終直後の4号電話機開発や1950年代末に開始する600形電話機開発において両者の強固な研究協力関係が形成されたことを明らかにし、戦後の電電ファミリーは

「共同研究」をその主要な特徴とする点において戦前期と内容を異にする」と指摘している（根本，1992，148-152頁）。またAnchordoguyの研究によれば，電電公社は自動交換機，コンピューター，集積回路などの基礎研究開発において主導的役割を果たす一方で，具体的な製品仕様は電電ファミリー企業との協議によって決定された。ファミリー企業は電電公社からの安定的な受注量を確保できるものの，納入価格や品質に対する評価が次期発注に影響することから，これらの企業は絶えず技術向上に励むことになり，結果として高い技術水準を達成したという（Anchordoguy，2001，pp524-526）。こうした指摘に鑑みると，戦前期においても通信省と民間企業の調達関係や研究開発協力の動向が検討されるべきであるが，既存研究は戦後の分析が中心となっており，戦前期については上記4企業が通信省の指定業者となる過程や通信機器の輸入代替について概述されるに留まっている¹。戦後の電電ファミリー形成史という観点から戦前を顧みるのではなく，ひとまず当該時期の通信省や民間企業が抱える技術的諸問題を明らかにし，それとの関連において両者の共同研究の実態と成果を吟味する必要があると思われる²。

そこで本稿では以上のような問題関心に基づいて，主要な電話技術の一つである電話自動交換の戦前期における導入過程を考察する。とくに自動交換機の研究開発の動向を検討することにより，通信省および民間企業が抱えていた技術的問題とその解決の試み，さらにその成果と限界を明らかにしたい。以下，まず1では通信技師を中心に自動交換に関する研究が開始され，導入が決断されるに至るまでの過程を考察し，そこで異なる方式の交換機が併設される問題が惹起されたことを明らかにする。2では自動交換機の国産化について，商工省が主導する国産振興政策の意義を考慮しながら，国内メーカーの技術導入と輸入代替の動向を検討する。概ね1930年代前半には国内メーカーの自動交換機が採用されることになったものの，異方式併

設の状況が改善されたわけではなかった。3では上記の問題を日本独自の交換機技術を開発することによって解決しようとする試みがあったことを明らかにし，1930年代後半に実施された共同研究の成果と限界を検討する。結論では全体の要約とともに，当該時期の自動交換機開発が戦後の自動交換機開発に与えた影響について若干の評価を試みたい。

2. 逓信省による自動交換機の導入

①自動交換機研究の始まり

電話自動交換が日本で開始されるのは1926年のことであるが，逓信省では先進諸国の電話事情に関する調査を早くから実施しており，そのなかで自動交換機の可能性に着目していた。その嚆矢と言えるのが中山龍次であった。中山は1892年に東京郵便電信学校を卒業後，逓信省に入省し，1896年および1904年に欧米の電信電話事業の調査を命じられた（『日本無線電信年鑑』，1921，118頁）。その内容は1913年の電気学会で詳細に報告され，アメリカでは約32万の加入者が自動交換機を利用していること，これに対してヨーロッパでは未だ少数の都市において採用されるに留まっているが，漸次手動から自動への転換が進みつつあることを指摘している（中山，1913，545頁）。

この報告に対して，会場からは自動交換方式の「ランニングエクス Pens」すなわち運転費用の大きさについての質問が出されている（中山，1913，579頁）。この点について中山は明確には答えていないが，自動交換方式の技術的側面だけではなく，経済性についても強い関心が持たれていたことがうかがえる。

手動交換と自動交換の費用問題について本格的な比較研究を行ったのは利根川守三郎であった。利根川は1897年に東京帝国大学工科大学電気工学科を卒業後，逓信技師となり，1907年に電話事業の調査研究のためにアメリカとイギリスへ留学し，翌年に帰国後，電気試験所に勤務した³。利根川は電話加入者数について最小規

第1表：交換機の費用の比較

(円、%)

加入者数	創設費		経費年額		合計		A÷B
	手動式	自動式	手動式	自動式	手動式 (A)	自動式 (B)	
10,000	2,409,651	2,817,001	344,366	367,431	2,754,017	3,184,432	86
2,000	124,362	258,552	23,219	35,553	147,581	294,105	50
500	20,676	65,928	6,222	9,426	26,898	75,354	36
300	11,713	41,791	3,275	5,953	14,988	47,744	31
200	7,440	29,577	2,242	4,184	9,682	33,761	29
100	4,154	15,347	1,242	2,222	5,396	17,569	31

[出所] 利根川, 1914, 139-145頁。

模100人、最大規模1万人を想定したうえで、両交換方式において経済性の比較を試みた。それぞれ仮定された加入者数に応じて、必要な交換機の数、手動式の交換手および技手の人件費、線路費、加入者用電話の費用などを検討し、表1に示すような創設費用と経費を試算した。これによると1914年当時の状況では、創設費と経費ともに自動式交換機の方が高額になるという結論に達している。

ただし注意すべきは、交換機の創設費用について手動式は国産品、自動式は輸入品を調達すると仮定されていた点である。利根川は自動式交換機がすべて国内生産によって賄われれば、その費用の格差は大きく縮小するという展望を持っていた(利根川, 1914, 146頁)。また同表によると加入者規模が大きいかほど費用格差は縮小していることから、大規模交換において自動式が優位性をより発揮することもわかる。利根川は手動式と自動式のどちらが交換方式として優れているのかという点について明言してはいないが(土肥, 1951, 23頁)、自動交換方式が費用面で手動交換に比肩し得るためには交換機の国産化が不可欠であり、また加入者数の増加によって規模の経済を発揮し得るという認識を関係者に与えたものと思われる。

この他、通信省臨時電信電話建設局第3課機械係長の山根幸知は⁴、1921年の電気学会においてウエスタンエレクトリック社(以下、WE社)が新式の自動交換機の開発に成功したことを報告し、その技術的内容についても詳細に説

明している(山根, 1921, 5頁)。山根は自動交換機の動作が迅速かつ正確であること、また通話の秘密などの点で手動式よりも技術的に優れていることを指摘し、アメリカでは交換手賃金の上昇によって手動交換機における創設費用の低さという利点が減殺されつつあるため、自動交換機の本格的採用が不可避になってきていると報告している(山根, 1921, 29頁)。

以上のような通信技師の調査によって、手動交換から自動交換への転換が欧米先進国において進んでいることが明らかになった。これを受けて通信省でも自動電話交換の機械に関する実験が1922年から開始されることとなり、イギリスのオートテレフォンマニュファクチャリング社(以下、ATM社)の300回線交換機をヒーリング商会を介して輸入し、電気試験所では有線電話を担当する第2部の電話係において試験的使用が開始された⁵。

しかし自動交換機の手動交換機に対する技術的優位性が明らかであるにもかかわらず、利根川の研究が指摘するように運転費用や創設費用などのコスト比較は複雑であり、国内企業による自動交換機の国産化が期待できない当時の状況において、両者に優劣をつけることは非常に困難であった。

他方で、東京では電話加入者の増加にともない、手動式電話交換の処理能力は限界に近づきつつあった。また第一次世界大戦の好景気によって交換手が不足し、未熟練のまま配属したために誤接続や切断などが頻発してサービスの質

は悪化した（日本電信電話公社・電信電話事業史編集委員会，1960，4頁）。電話交換サービスの観点からは自動交換方式への転換は次第に不可避と考えられるようになっており，通信省では難しい選択を迫られることとなったのである。

②自動電話交換の採用

1923年9月に発生した関東大震災は電話通信網に多大な被害を及ぼした。東京では19の電話交換局のうち13が消失し，2局が大破した。また横浜にあった二つの交換局も消失した。しかし，この災害は通信省が自動交換方式を採用する契機となった（日本電信電話公社，1953a，17頁）。

とりわけ自動交換方式の導入に大きく貢献したのは通信技師の稲田三之助であった。稲田は1900年に東京帝国大学工科大学電気工学科を卒業後，通信省の技手として入省した。技師に昇格後，1908年から2年間の海外留学によってアメリカ，イギリス，フランス，ドイツの電話事業を調査し，帰国後は1920年に通信省通信局工務課長となった。また同年に臨時電信電話局が創設されると同局の技師長を兼務した（『日本無線電信年鑑』，1921，119頁）。1921年には周波数の国際規制を検討するためにパリで開催された国際通信準備技術委員会に日本主席委員として出席し，さらに同年のワシントン海軍軍縮会議では電気通信問題の担当者として参加した（稲田三之助伝刊行会，1965，225-232頁）。

稲田はその翌年にロンドンを訪れて，当時大規模に進められていたイギリスの自動交換方式を調査した。同じく通信技師で後に工務局電話課の自動機械係長として自動交換機導入の責任者となる岩瀬鉄次郎も自動交換の調査のために欧州を訪れており，稲田は岩瀬と議論を重ねた。関東大震災が発生したのは，稲田が上記の調査を終えて帰国した直後であった。稲田は大都市における手動交換の行き詰まりを打開するには，この機会を利用して自動交換を導入するのが最善であると考え，翌月の1923年10月に臨時

電信電話建設局第3課の技師を集めて自動電話交換の調査を指示した（日本電信電話公社技術局・電気通信技術開発史編集室，1976，73頁）。また臨時電信電話局第3課長であった米沢興三七が留学中であったため，自動交換についての調査を命じた（稲田三之助伝刊行会，1965，110頁）。

しかしながら当時の通信次官は自動交換方式の採用には反対であった。震災によって壊滅的打撃を受けた電話網の迅速な復旧が優先されるべきであり，機器の輸入および設置に長時間を要する自動交換方式の採用を直ちに行うことは適切でないというのがその理由であった。これに対して稲田は電話網復旧の重要性を認識しながらも，電話事業の長期的発展という観点から考慮すれば，電話交換処理能力の大幅な向上が期待できる自動交換方式を採用することは不可欠であると反論し（米沢，1988，123頁），結果的に東京および横浜両局の自動交換方式による復旧を省議として決定することに成功した（稲田三之助伝刊行会，1965，585頁）。「迅速な震災復興」と「電話交換処理能力の向上」という，いずれも軽視することのできない喫緊の課題をめぐって次官と稲田の意見が対立したわけであるが，稲田が後者を主張した背景として，通信技師の電話交換機に関する海外調査や比較研究の成果が蓄積された結果，その技術的優位性が十分に認識されていたことが重要であったと思われる⁶。ただし既述のように自動交換機の導入に際しては創設費用の高さが懸念されていたが，通信大臣の犬養毅は「成績が良くて，将来利益になるのであるならば今，創設費が高くてもこの際実施したら良い」と決裁に応じた（土肥，1951，22頁）。こうして電話事業の長期的発展を展望した意見が優先され，交換機の国産化が未達成であるという問題を孕みながらも，自動交換方式の導入が決定したのである。

③自動交換方式の選択

自動交換機は加入者から発信される断続電流（パルス）によって作動する装置であるが，初

期においてはアメリカのアルモン・ストロージャー (Almon B. Strowger) によって1891年に実用化されたストロージャー式が主流であった。これは技術的にはステップバイステップ方式 (以下、S×S方式) に属しており、アメリカのオートマチックエレクトリック社 (以下、AEI社)、既述のイギリスATM社などによって生産されていた。この他、ドイツのシーメンスハルスケ社 (以下、SH社) が独自にS×S方式の一種であるシーメンス式を実用化していた。

ところでS×S方式は「直接駆動・単独制御」という技術的特性を持つ。直接駆動とは発信加入者のダイヤルによるパルスに従って発信局・中継局・着信局に設置されているセレクトヤコレクタなどのスイッチ類が直接的に作動するというもので、単独制御とはセレクトヤコレクタなどの動作回路が個々の機器に分けられ、単独で設置されていることを意味する。

これに対して「間接駆動・共通制御」という技術的特性を持つパワードリブン方式 (以下、PD方式) がWE社などによって新たに開発された。間接駆動とはダイヤルパルスを交換機で一旦受信し、それを選択動作に適するように蓄積変換する機能を持つ方式であり、処理能率や接続の正確さにおいてS×S方式よりも優れていた。また共通制御方式にはスイッチや中継線の使用効率が高いというメリットがあった⁷⁾。

前節で取り上げた山根幸知の報告によれば、アメリカでは自動化に対してそれまで消極的であったWE社が1910年頃から開発に着手し、PD方式の一種であるパネル式自動交換機の実用化に成功した (山根, 1921, 4-5頁)。同方式はニューヨーク、シカゴ、フィラデルフィアなどの大都市に導入された (米田, 1925, 25-32頁)。またフランスやベルギーでも同じくPD方式の一種であるロータリー式が、スウェーデンではエリクソン回転放射式が導入され始めていた (稲田三之助伝刊行会, 1965, 144頁)。

以上のような技術転換期に自動交換方式の導入を決定した通信省では、当時の国情に適した交換機の選定に着手した。その際、イギリス郵

政庁 (General Post Office) でロンドンの電話交換自動化を進めていたパーブス技師長 (T. F. Purves) が貴重な情報をもたらした。同氏の論文「郵政庁と自動交換機」によると、イギリス郵政庁では1910年代から各交換局でS×S、パネル、ロータリーの諸方式を導入し、その特徴について比較検討を続けていた。ロンドンの電話交換自動化に際してWE社製のパネル式自動交換機を導入する計画であったが、ATM社が新たに開発したS×S式自動交換機を試験的に導入したところ、後者の方が適しているとの結論に達した。その主な理由として、S×S式の方がパネル式よりも費用が小さく、回路が単純なので設計が容易である点が挙げられていた (Purves, 1925, pp636-637)⁸⁾。既述のように、稲田は1922年に自動交換方式の調査のためにロンドンを訪れていたが、パーブスがS×S式の採用を決定したのは同年の11月であった。これが「実に得難き好指針」となって (土肥, 1951, 24頁)、また関東大震災の直後であったため耐震性を検討した結果からも、日本の自動交換方式としてS×S式が選択されることになった (渡辺, 1950年, 114頁)。

まず第1期計画として東京の6局を対象として工事が進められることが決められ、1924年12月にイギリスATM社へ発注された。ATM社はWE社の関係会社なので、供給圏の関係からスタンダードテレフォンアンドケーブル社 (以下、STC社) を介して日本電気が輸入し、通信省に納入した⁹⁾。自動交換機の導入に要する設備費の抑制は通信省において重視された政策目標の一つであったが、上述の第1期における自動交換機の購入額は、ケーブルや技術指導などを含めて814万円に達し「当時の通信省としてはこれ亦かつてない巨額なもの」であった (日本電信電話公社, 1953a, 36頁)。自動交換機の導入は通信技師が懸念していたように、大きな資金的負担をもたらしたのである。

通信省では自動交換機の調達費用を引き下げるべく、発注方法の改善策を講じた。第1期発注では仕様書を作成するのに必要な資料収集が

不十分で、設備一式といった非常に漠然とした内容であったために、個別機器について適正な市場価格を把握しておらず、ATM社の価格提示に従わざるをえなかった。そこで第2期計画となる東京市内4局の自動化に際しては、事前の詳細な価格調査を踏まえて価格交渉に臨み、発注価格を前回よりも12%引き下げることになった。

また通信省は自動交換機の発注方式として、都市別に指名競争入札を行うことを決定した。自動化は全国で一挙に実施されるものではなく、東京や横浜に始まり近畿や九州などで漸次進められていったが、各都市において自動交換機を導入する毎に指名納入業者による入札を行うことによって、メーカー間の価格競争を誘発することが狙いであった。最初に実施された横浜市内2局については、ATM社やAEI社に加えてシーメンス式を生産しているSH社および、イギリスのシーメンスブラザーズ社（以下、SB社）が入札に臨み、SH社の日本総代理店であったシーメンスシュッケルト社が落札した。以上のような仕様書の整備と指名競争入札制度の結果、入札価格は漸次下落した（日本電信電話公社、1953a、36-37頁）。

しかし都市別による指名競争入札制度には批判的意見もあった。同じS×S方式とはいえ、ストロージャー式とシーメンス式では回路設計、製造、保全、運用の面で多くの違いがあったからである（米澤、1988、444頁）。ストロージャー式はATM社やAEI社の製品であることからA形、シーメンス式はH形と呼ばれていたが、仮に一つの方式のみを採用していれば機械運転や修理、資材規格などが統一できるために効率的運営が可能であり、また技術者の訓練も容易であった。しかし両方式が混在すると、これらの系統的な施設管理は不可能となった。この点について通信技師のなかには稲田に対して不満を訴える者もあり、稲田も技術面における規格不統一による弊害を認識してはいたが、上記の決定が覆ることはなかった（稲田三之助伝刊行会、1965、546頁）。

既述のように、自動交換方式の導入をめぐる迅速な震災復興よりも電話交換処理能力の向上が優先されたが、その当然の帰結として懸念されていた通り、自動交換機の購入に関わる巨額の設備費負担を通信省は強いられることになった。そうした負担を軽減する「経済的要請」に応えるために指名競争入札制度が実施され、通信技師が主張した規格統一という「技術的要請」は退けられることになった（日本電信電話公社、1953a、42頁）。その結果、東京・名古屋・京都・北九州にはストロージャー式、横浜・大阪・神戸にはSH社によるシーメンス式、さらに兵庫県の御影・芦屋のみSB社によるシーメンス式が採用された。日本国内にA形とH形という異方式が混在することになったのである。

ところで稲田が参考にしたイギリス郵政庁でもATM社の単独供給だったわけではなく、WE社、SB社、イギリスのゼネラルエレクトリック社（以下、GEC社）などの自動交換機が各地の交換局で使用されていた。郵政庁では各社が所有する特許の共同管理と相互利用に関する規定を設けており、また各社の技術的特徴について包括的な研究を実施することで標準化を進めていた（Purves、1925、pp637-639）。日本においても通信省および自動交換機メーカーによる規格統一が早急に進められるべきであった。しかし日本は自動交換機の供給を全面的に輸入に依存しており、自立的な製造および開発を実施し得る企業は存在しなかった。こうした状況から脱却すべく、いち早く国産化を実現し、通信省と国内メーカーによる開発体制を築くことが急務となったのである。

3. 通信機メーカーによる自動交換機の国産化

①自動交換機をめぐる政府の国内産業保護育成政策

自動交換機の国産化が目指された背景には、前節で述べたような技術的問題だけでなく、支払額に対する為替変動の影響、納期遅延、保守

の不便といった輸入に関わる諸問題も存在した（日本電信電話公社，1953a，52頁）。さらに，こうした自動交換機に固有な要因に留まらず，政府が進めていた国内産業保護育成政策がその動きに拍車をかけることとなった。

周知の通り，日本の貿易収支は第一次世界大戦の終結直後から1930年代初頭まで一貫して入超であり，これに対して国内産業保護を目的とした関税改正や補助金政策が実施された。橋本寿朗が指摘するように，1925年末に大蔵省において金解禁のための基礎的経済条件改善策が省議決定され，翌26年度には緊縮予算と並行して関税を含む大規模な税制改正が実施された¹⁰。他方で1926年6月に設置された商工省国産振興委員会に対して，商工大臣から重要産業の発達を図る具体的方策が諮問され，これに対する答申として化学・金属・機械の11業種への補助金交付の重要性などが指摘された（橋本寿朗，1987，90-93頁）。

ところで上記の基礎的経済条件改善策には関税改正の他に「国産品愛用」が重要な施策として含まれており，また国産振興委員会においても国内企業が生産した優れた製品の使用を奨励することが重視されていた。とりわけ自動交換機との関連では，同委員会への諮問第2号「官庁用品の国産品充用に関する方策如何」が重要であった（商工省，1926年，1頁）。同年9月29日に開催された第2回総会において答申が提出されたが，その内容は「大正15年度以降各官庁に於て外国品を購入したときは其の品名，数量，価格及外国品購入の理由を具し三ヶ月毎に之を取纏め大蔵省に報告すること」，また大蔵省はそれを国産振興委員会に提出し，同委員会では提出された報告書をもとに「(イ) 外国品購入の已むを得ざるもの，(ロ) 内国品に代うるを可とするものに二大別したる官庁用品類別表を作成し」，後者については各省において「爾後外国品を購入せざること」というものであった（『時事新報』1926年10月1日）。さらに同年11月に同委員会に官庁用品類別表の作成に関する特別委員会として第3委員会が設置され

ると同時に，上記2分類は改正され，新たに「品質輸入品に比しやや劣るも国産振興上なるべく使用すべきもの」が加えられたため，官庁による国産品の購入範囲は拡大した（『大阪朝日新聞』1926年11月19日）。

1927年4月1日に公布施行された昭和2年法律第41号は，「国産奨励ノ為・・・（中略）・・・政府ハ・・・（中略）・・・買入ル物品ニ付，国産品タルコト（ヲ）指定シ・・・（中略）・・・製造ノ材料ノ全部若ハ一部ニ付，国産品ヲ使用スキコトヲ指定シテ契約ヲ為スコトヲ得」と定めた（『官報』第74号，1927年4月1日，3頁）。つまり同法によって各官庁は納入業者として日本企業を排他的に指名することが可能となったのである。同法公布時における対象品種は200余種に上ったが，それらを選定したのも国産振興委員会であった（『大阪朝日新聞』1928年1月10日）。同委員会のメンバーは各省の代表者によって構成されており，逓信省においては稲田であった（稲田三之助伝刊行会，1965，579頁）。具体的品目の検討は各省に委ねられていたであろうから，国産振興委員会の決定とはいえ，事実上は逓信省の判断であったと思われる。逓信省では国産振興委員会の決定に応じて省内に物品調査会が設置され，国産化すべき品目の調査を開始した。また時期はやや遅れるが，1930年7月に国産奨励規定，購買合理化規定という二つの規定を定めた。前者は国産品の定義を定め¹¹，後者は上記法律を適用すべき物品リストの作成に関する規定であった（日本電信電話公社，1953b，41頁）。

1929年1月に国産振興委員会は日本電気の自動交換機を国産振興のために優先的に購入すべき物品に指定した（嶋津，1980，84頁）。後述するように，これによって初めて逓信省へ自動交換機を納入する業者として日本企業が登場した。この段階では外国企業を国内市場から排除したわけではなかったが，1931年5月6日に開催された国産振興委員会において，自動電話交換機が昭和2年法律第41号の適用品目として追加された。但し書きとして「技術的支障ある場

第2表：新設された自動交換局数と採用されたメーカーの推移

企業名	1926	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	総計
ATM	5	1													6
AEI		4	4	2	4										14
SH	2		5	2					1		1				11
SB					1										1
日本電気				1		4	1	4	7	1	4	3	4	1	30
沖電気					1			4	3	1	3	2	2	1	17
東亜電機										1	3	2	2	1	9
富士電機									1	3	4	3	2	1	14
総計	7	5	9	5	6	4	1	8	12	6	15	10	10	4	102

【出所】 通信省編，1940，340-342頁。
日本電気株式会社社史編纂室，1972，126，174頁。
日本経営史研究所，1981，130頁。

- (注) 1. 1940年末における日本内地の各通信局管内の自動局。
2. ATM, AEI, SH, SBの企業名は本文参照。東亜電機は1937年より日立製作所戸塚工場，富士電機は1935年より富士通信機となる。

合に限りS・H式及S・B式交換機を除く」とあるため、シーメンス式の自動交換機については輸入継続が認められたものの、この決定により通信省は自動交換機を購入する際に日本企業のみによる指名競争入札や随意契約を行うことが可能となった（『国民新聞』1931年5月8日）。表2は新設された自動局に採用された自動電話交換機のメーカーを調べたものである。1931年以降に新設された自動局のほぼすべてが日本企業の自動交換機を採用している。ここに自動交換機の輸入代替が実現したといえる。

価格や技術において国産品よりも優れた外国製品を国内市場から排除することは、自動交換機の納入価格抑制という通信省の目的に反する結果を招きかねない。しかし1930年代の低為替政策は日本製品の価格競争力を高めたであろうと思われる。当時の国産振興に関わった通信官僚の新藤誠一は、上記の法律が適用された製品が外国品に比して価格面で劣るということはなく、それらを購入することが通信省予算の負担を大きくすることにはならなかったと述懐している（稲田三之助伝行会，1965，580頁）。つまり以上のような国内産業保護育成政策が実施される1929年から31年頃までに、日本企業は自動交換機の国産化について一定の成果を収めて

おり、実用に耐える水準にまで技術蓄積を達成していたものと思われる。以下で自動交換機の国産化に成功した企業の事例を見てみよう。

②通信機器メーカーによる自動交換機の国産化

最初に自動交換機の国産化に成功したのは日本電気であった。アメリカのベルシステムが1920年代初頭から中小都市においてS×S式を採用することになり、またAEI社の特許使用許諾によってWE社でも同方式の自動交換機が生産されるようになった。これに応じて日本電気でも技師をイギリスとアメリカに派遣し、S×S式の技術を習得した。関東大震災の直後に通信省で自動交換方式への転換が決定されると、通信省から日本電気に対して、自動交換機の国産が可能であるかどうかの打診があった。同社はすでに準備していると回答したものの、実用レベルの交換機を完成させていたわけではなかった（『電気通信』，1940年3月，132頁）。

自動交換機の国産化については、工具、工作機械、材料などが問題になった。自動交換機は継電器やスイッチ類などの部品を多数使用するために、それぞれの互換性が保たれなければならない。そのために工具類が適切でなければならない。その工具を製作するための工作機械も優

秀なものが求められた。日本電気はすべての部品についてWE社の工具や図面を取り寄せた（日本電気株式会社社史編纂室、1972、126頁）。しかし日本で調達可能な洋白¹²や燐青銅などの金属材料は品質が悪いために錆びやすく、WE社から取り寄せた図面や工具類をそのまま使用することはできなかった。同社では鍍金を施して金属材料の劣化に対処し、WE社と異なる独自の工作方法や工具を考案するといった試行錯誤を繰り返した（『電気通信』1940年3月、135頁）。こうした努力の結果、日本電気ではまず一部の部品の国産化に成功した。通信省が購入する物品は必ず電気試験所の納入試験に合格しなければならないが、同社は1926年にダイヤル、1927年にはセレクトラおよびコネクタの納入試験に合格し、WE社の製品と比較して大差ないと評価を得ることができた¹³。

自動交換機については、まず1927年7月に三越百貨店に納入した。これは私設用で商品化された国産品の第1号であった。続いて1929年に通信省の東京中野局に設置される自動交換機について指名競争入札が実施された際、同社は自社製の自動交換機でこれに加わった。この入札における最低見積価格はAEI社の16万円であるのに対し、日本電気は約17万円であったにもかかわらず、同社の製品が納入されることになった（戸塚工場写真集編纂委員会、1987、236頁）。これは国産振興委員会の決定に基づいて国内企業からの優先的な購入が実施された結果であった。購入価格の抑制を優先事項に掲げていた通信省が上記の見積価格差であれば保護政策の適用を認め得ると判断したのであり、通信省にこうした判断を可能ならしめる程度にまで日本電気の競争力が高まったとみてよいであろう。

沖電気¹⁴は手動式交換機を自力で国産化した経験を持つが、同社の製品が採用されたのは外国企業よりも大幅に遅れ、電話交換が開始されてから10年後のことであった。このように外国企業との技術格差を痛感していた沖電気は、自動交換機を自力で生産することはさらに困難であると考え、イギリスのGEC社と代理店契約

を結び、同社の交換機を通信省に納入した。同社は自動交換機技術を習得すべく技師をイギリスに派遣した。その1人である吉野忠一はイギリス郵政省が設立した自動交換機技術者養成所において技術研修を受けた。また1926年にはGEC社と技術提携し、同社から沖電気に自動交換機の図面と工具が提供され、沖電気は売上高の3%のロイヤリティを支払った。

沖電気の工場には未だに親方内部請負制度が残っており、各親方が各々に製作した工具などを使用していたが、これは精度の高い互換性部品の組立生産を必要とする自動交換機には適さない生産組織であった。また作業の進展具合を調整することも難しいため、生産の流れが乱れることも問題であった。そこで親方に依存しない自動交換機製造部門の設置が必要となり、新たに臨時自動創設部が設けられた。同部の設置にあたりGEC社から工具製作と機器製作の専門技師が2名派遣され、これに渡英して技術を学んだ上記の吉野などが加わった。同社も日本電気と同じく、部品の納入から開始した。1927年から28年にかけて、ダイヤルや度数計およびロータリースイッチなどが納入試験に合格し、同社の自動交換機は日本電気に続いて中野局の増設用2000回線分として1930年に納入された。

元通信省電機局長の梗居喜久馬によって1918年に創立された東亜電機株式会社は、1926年から通信省に手動式交換機を納入していたが、1927年から自動電話交換機の開発に着手した。同社は外国メーカーとの技術提携は行わず、通信省の東京中央電話局に設置されていたAEI社の製品を借用し、模倣生産する方法を選んだ。しかし機器の原理について理解することができず、少数の試作品の生産には成功したものの、多量生産の達成に時間を費やすこととなった。1930年までに継電器やスイッチなどの納入試験に合格したが、自動交換機の納入は1934年に熱海局に正式採用されるまで、開発から7年を要した（日本電信電話公社、1953c、376頁）。

以上の3社はA形自動交換機の国産化に取り組んだ企業であった。これに対して、H形の国

産化を進めたのは、1923年8月に古河電気工業とシーメンスシュッケルト社との共同出資によって設立された富士電機であった。以前から古河電気工業は交換機生産を計画し、利根川守三郎など10名以上の技師を逓信省から招聘していた。1925年に富士電機はシーメンスシュッケルト社東京支店の業務を引き継いで、SH社製の自動交換機や電話機の輸入代理店となった。阪神地区の自動交換方式の採用が計画された際に、SH社は富士電機を介して他社よりも優位な設計見積を提出したので、同地区にはSH社製のH形自動交換機が採用されることになった（日本電信電話公社、1953c、384頁）。

富士電機は古河電気工業と共同委員会を設置し、自動交換機の国産化を検討したものの、見送ることになった。しかし既述のように国産化推進策を明確に打ち出した逓信省は、1932年に大阪南局を自動化する際に、今後はSH社から自動交換機を輸入する計画はなく、もし富士電機がH形の自動交換機を自社で生産できないのであれば、ストロージャー式つまりA形に転換したうえで他社を採用する旨を富士電機に通達した。こうして富士電機は他社より数年遅れてH形自動交換機の国産化に着手した。1933年4月に電話部が設置され、逓信省から招聘された技師を製造技術の習得のためにドイツへ派遣した。SH社が作成した自動交換機の図面を同社が6ヶ月を費やして日本の環境に適應すべく修正し、また部品についても当初はSH社に全面的に依存していたが、漸次国産化を進めた結果、SH社製自動交換機に使用されているドイツDIN規格のネジを自製できるようになった。さらに洋白板や燐青銅などの材料も国産品を使用することが可能となった。同社は1934年に逓信省のSH式の自動交換機の指定業者として指名され、横浜と大阪の交換局に納入した。電話部は1935年に富士通信機として独立した（日本電信電話公社、1953c、385-386頁）。

H形自動交換機の供給を富士電機にのみ依存することを好ましくないと考えた逓信省では、複数メーカーによる供給体制の整備を図り、日

本電気に国産化を要請した。1934年5月にSH社の子承を得て、日本電気はITTのドイツ子会社であるミックス・ゲネスト社（以下、MG社）からH形に必要な工具や図面を取り寄せた（日本電気株式会社社史編纂室、1972、175頁）。ただし製造技術については自社の方法を踏襲することが可能であり、1936年には1号機を完成することができた（日本電信電話公社編、1953c、334頁）。

結果的に日本電気、沖電気、富士電機、および東亜電機の4社が自動交換機の国産化を達成した。外国企業との提携によって製造技術を速やかに習得するだけでなく、日本の環境に適應すべく図面の修正や使用材料や工具類の改良を施しており、納入価格についても外国企業と競えるレベルにまで達していたと評価できよう。

しかし、それは提携した外国企業よりも優れた自動交換機を日本企業が開発したことを意味するわけではなく、既存のA形やH形の模倣生産の域を出るものではなかった。前節で述べた異方式の混在状況は改善されず、1938年頃に至っても「電話自動交換方式に至りては未だ・・・（中略）・・・一式に取り纏むるの機に達せず現状頗る多難」であり、同じA形においてさえWE社から技術導入している日本電気、GEC社から技術導入している沖電気、自力で国産化した東亜電機では「何れも部分品の些少なる相違に由る相互融通性の欠如多く維持上極めて不便なる」状態であった（白井、1938、1頁）。さらに異なる機械体系や回路技術を習得する過程において、逓信省の技師はA形もしくはH形のいずれか一方を支持する傾向が現れ、やがて採用方式について両者が対立するという事態まで発生した（米澤、1988、229頁）。規格の不統一に起因する様々な問題が惹起されていたのであり、これを解決するための新方式の開発が課題として残されていたのである。

4. 自動交換機における新方式の模索

①国産技術志向の高まり

1920年代後半の自動交換機に関する国内市場保護および国産振興の諸政策は外国企業と日本企業の提携に基づく技術導入を否定するものではなかった。しかし1930年代初頭までに国産化が達成されると、通信省では自動交換機という「製品」のみならず、そこで使用されている「技術」そのものを国産化すること、すなわち国産技術の確立が次なる課題として認識されるようになった。当該時期の通信省が民間企業から物品を購入する際に発行する仕様書には必ず「本品に使用する部品、材料および特許はすべて国産たるべし」と記され（日本電信電話公社技術局・電気通信技術開発史編集室、1976、74頁）、外国技術依存からの脱却が重視されるようになったのである。

表3によると、自動電話交換に関する特許数は導入決定直後の1924年から増加し、1945年までに700件を超えた。日本人および日本企業が所有する233件のなかで、日本人の発明によるものは170件であった。企業別にみても、日本電気が所有する特許104件のうち日本人による発明は42件であり、残りの外国人発明特許62件の大半はアメリカ人によるものであった。また富士電機が33件、沖電気が12件、通信省が51件の特許を保有しており、これらはすべて日本人の発明であった¹⁵。日本電気は1927年、沖電気は1929年、富士電機は1932年、また通信省では1925年に日本人の発明による最初の特許が誕生しており、各企業が自動交換機開発に着手した時期と概ね重なっている。特許数で比較する限り、当該時期の自動交換機技術は圧倒的にアメリカおよびドイツに依存していた。こうしたなかで国産技術への志向が次第に高まっていたのである。以下で特許数の多い通信省と日本電気についてみてみよう。

通信省工務局において自動交換機の調査研究を担ったのは調査課機械係であった。ここで通

信技師が自動交換機の回路を設計し、製造業者に試作品の作成を依頼していた。試作品試験のうち簡単なものは1928年に開設された自動実験室で行うことができたが、高度な試験については電気試験所に委託された（米澤、1988、26-27頁）。他方、納入業者の製品試験は同試験所の主要業務の一つであるが、同時に自動交換機の研究開発も進めており（電気試験所、1944、398-400頁）、工務局からの要請に基づいて実施されることもあった。

1933年には電気通信分野における国産技術の発展を促進するために、通信省の各部局と電気試験所、および大学の意思疎通を深めることとなり、通信大臣の諮問委員会として電気通信技術委員会が設置された。1936年時点の委員会参加者を示した表4によれば、委員会では工務局や電気試験所の技師が中心となり、東北帝国大学工学部の抜山平一（電気通信研究所長兼任）、東京帝国大学工学部の西健や大山松次郎、早稲田大学理工学部の黒川兼三郎といった大学研究者も加わって、調査項目を検討した。自動交換機は有線電話を扱う第2部会で取り上げられ、1935年度に「自動交換用機器回路及市外交換のダイヤル法調査」と題して経費1万1000円が、また翌36年度は「自動交換用機器及び回路の調査」と題して約9800円の経費予算が認められた（通信省、1936、69-71頁；1937、59-60頁）。

日本電気はWE社への技術依存から脱却することを企図して、電気試験所から丹羽保次郎を招いた。丹羽は1916年に東京帝国大学工学部電気工学科を卒業して電気試験所技師となる傍ら、東京帝国大学工学部講師を兼任していたが、1924年に日本電気へ入社した。1927年に技術部長になった丹羽は技術部研究科を拡充するために、機器実験室と伝送実験室を新設し、またそのための技術者を確保すべく帝国大学工学部から卒業生を積極的に採用した（日本電気株式会社史編纂室、1972、130頁）。

ここで機器実験室の主任となった嶋津保次郎は1925年に東京帝国大学工学部電気工学科卒業後に日本電気に入社し、一貫して自動交換機の開

第3表：自動交換機に関する特許の取得数の推移

年次	日本	アメリカ	ドイツ	イギリス	その他	合計
1904		2				2
1905		1				1
1906	3					3
1907	2					2
1908						0
1909						0
1910		3				3
1911	2				1	3
1912	4	2			2	8
1913	2	2				4
1914	2	1		4	2	9
1915	1			1	2	4
1916	4			1		5
1917	1					1
1918	2					2
1919						0
1920	3					3
1921	1	1	1	1		4
1922			1		2	3
1923	1	5	1	1	1	9
1924		3		10		13
1925	2	19		6	2	29
1926	3	7	2	15	1	28
1927	7	17	16	7	2	49
1928	9	30	13		1	53
1929	9	22	5		1	37
1930	10	23	2		2	37
1931	3	15	6		1	25
1932	12	6	2			20
1933	19	7	10		1	37
1934	2	6	7			15
1935	5	8	10	1		24
1936	12		21		1	34
1937	13	3	22	1	1	40
1938	10	2	9			21
1939	4	3	9			16
1940	11	3	17			31
1941	15	5	17		2	39
1942	17		32		1	50
1943	27		2			29
1944	11		3			14
1945	4		1		1	6
合計	233	196	209	48	27	713

【出所】特許明細書。

(注) 自動交換機に関する特許は、特許庁編「特許分類総目録1885年8月-1956年12月」技報堂、1958年、797-799頁、(第197類：20「電話自動交換装置」)で確認したが、これに記載されていない特許7件が、独立行政法人工業所有権情報・研修館の「特許・実用新案公報DB」で確認されたので加えた。

表4：電気通信技術委員会参加者一覧（1936年3月末現在）

委員名	官職名	指名	勤務局所
会長	通信大臣	富安謙次	
副会長	工務局長 電気試験所長	梶井 剛 密田良太郎	工務局 電気試験所
委員	通信技師：電気局技術課長 通信技師：東京通信局工務課長 電気試験所長技師：電気試験所第5部長 電気試験所長技師：電気試験所第2部長 電気試験所長技師：電気試験所第3部長 電気試験所長技師：電気試験所第1部長 通信技師工務局無線課長	森 秀 道田貞治 小川岩三郎 小川一清 笠井 完 神保成吉 荒川大太郎	電気局 東京通信局 電気試験所 電気試験所 電気試験所 電気試験所 工務局
委員幹事	通信技師 通信技師 電気試験所長技師：電気試験所第4部長 電気試験所技師	加藤謙二 大橋幹一 楠瀬雄次郎 貞清玄亀	電気局 工務局 電気試験所 電気試験所
臨時委員	従三位勲二等 正四位勲三等 従四位勲三等 従四位勲三等 正五位勲四等 正五位勲四等	米沢興三七 横山英太郎 拔山平一 西 健 中上豊吉 大山松次郎 黒川兼三郎	日本放送協会 日本無線電信株式会社 東北帝国大学 東京帝国大学 国際電話株式会社 東京帝国大学 早稲田大学
書記	通信局 通信局 通信技手 通信技手 電気試験所技手 通信技手	須田祐正 野口信雄 篠原義三郎 杉崎嘉一 塚本邦三 橋本元二郎	工務局 工務局 電気局 工務局 電気試験所 工務局

第二部会参加者

委員主任	電気試験所長技師：電気試験所第2部長	小川一清	電気試験所
委員	通信技師：工務局機械課長	大森 丙	工務局
委員	電気試験所長技師：電気試験所第1部長	神保成吉	電気試験所
委員	電気試験所技師	貞清玄亀	電気試験所
臨時委員	従四位勲三等	拔山平一	東北帝国大学
臨時委員		黒川兼三郎	早稲田大学
専門委員幹事	通信技師	上條清志	工務局
専門委員	通信技師	日下部鉦次郎	東京通信局
専門委員	通信技師	松本一雄	東京中央電話局
専門委員	通信技師	渡辺孝正	工務局
専門委員幹事	通信技師	篠原清忠	工務局
専門委員	通信技師	五十嵐秀二	工務局
専門委員	通信技師	幸前治一	工務局
専門委員	通信技師	鈴木淳一	通信官吏練習所
専門委員	通信技師	大内誠三	工務局
専門委員	電気試験所技師	高橋正一	電気試験所
専門委員幹事	通信技師	松前重義	工務局
専門委員	通信局技師	澤山義一	東京通信局
専門委員	電気試験所技師	谷 忠篤	電気試験所
専門委員	通信技師	吉田 正	工務局
専門委員幹事	電気試験所技師	岡田成敏	電気試験所
書記	通信技手	大久保真太郎	工務局
書記	電気試験所技手	小栗米造	電気試験所

【出所】 通信省，1936，5-7頁。

発に携わった研究者であった（嶋津，1980，79頁）。また同じく東京帝国大学工学部電気工学科を1930年に卒業して入社した中嶋章と1934年に入社した榛沢正男は嶋津の部下として、交換機の継電器回路の設計を行った。それまでの交換機回路設計は継電器の動作を記憶しながら回路機能を確認する作業が中心であり、もっぱら熟練に依存する面が強く、学術的な研究があまり行われていない分野であった。しかし中嶋と榛沢は交換機設計にも理論が必要だと考え、回路の接続図形を数学的に表現する方法を考案し、電気通信学会に論文を発表した（榛沢正男，1981，9-20頁）。

②T形自動交換機の開発

こうした成果を踏まえ、逓信省では自動交換方式の統一を実現すべく、新方式の開発に着手した。当然のことながら、その際には外国特許に拘束されないように設計することが重視された。しかし現在稼働中のA形およびH形との電話接続が容易であることも同時に要求され、結果的に既存S×S式の改良型を開発することになった（日本電信電話公社，1953b，152頁）。工務局調査課機械係技師の折笠寛は自動交換機について独自の技術を考案し、1937年から翌38年にかけて三つの特許を取得した。これはT形（逓信省形）と命名された（日本電信電話公社技術局・電気通信技術開発史編集室，1976，77頁）。前述のように逓信省や日本電気では継電器回路に関する技術蓄積が進んでいたが、T形はA形やH形よりも回路設計が優れており、部品点数の削減に成功した。例えば山口県の下関交換局に設置されたH形交換機には29,411個の継電器が必要であったが、これをT形に置き換えた場合には19,521個にまで削減することが可能であった（小島，1942，105頁）。T形は国産技術を備えた自動交換機として注目を集め、まず1940年に奈良局に設置され、それ以降も全面的に採用することが計画された（日本電信電話公社編，1953a，241頁）。

ただし折笠が取得したT形に関する特許は回

路設計に限られており、交換機に使用される継電器やスイッチなどの部品類はH形から借用せざるを得なかった（米澤，1988，444頁）。そこで次段階として、これらについても開発することが決定された。上述の開発過程では、逓信省が設計した回路に基づいて、富士通が試作品の作成および機器製造を担当していた。しかし交換方式の統一という目的を達成するためには、H形だけでなくA形自動交換機メーカーとの共同開発が不可欠であった。そこで1942年1月に逓信省工務局、電気試験所、日本電気、沖電気、日立、富士通をメンバーとした自動交換方式統一委員会が組織された。委員会ではT形に適したスイッチ設計について討議し、各メーカーが個別に作成した試作品を持ち寄って検討することが決められ（嶋津，1980，91頁）、1942年10月と12月および翌43年3月の計3回にわたって開催された（日本電信電話公社，1953a，410-414頁）。しかし資材不足が深刻化すると自動交換機の導入計画は見送られ、これにともなって研究会も中止されることとなり、その後T形の開発が進展することはなかった。

戦局の悪化による研究開発停止という問題以上に深刻であったのは、T形は既に陳腐化していたS×S方式の改良型であり、回路の簡素化については一定の成果を収めたものの、大規模回線処理に必要な「間接駆動・共通制御」が技術的課題として取り上げられていない点であろう。アメリカではWE社が開発を進めていたクロスバ方式の実用化を1938年から開始していた。クロスバ方式はPD方式と同じ間接駆動・共通制御の技術特性を備えた最新式の自動交換機であった。WE社は1931年頃に日本電気に対して関連特許を日本で申請するように連絡していたが、日本電気では近い将来にクロスバ方式が実用化される見込みはないと判断し、逓信省を退官して日本電気の顧問となっていた稲田三之助と相談した結果、出願を見送ることに決めた（嶋津，1980，89頁）。その後、クロスバ方式に関する技術情報は途絶え、1942年に至っても「全貌を明らかにしない」（小島，1942，104

頁) という状態であった。

T形自動交換機はS×S方式という既存技術の制約下において、A形とH形の混在状況を克服し得る可能性を有していたと評価できる。しかしアメリカに対する技術依存からの脱却という観点からは、まったく望むべくもないものであった。戦時期においてT形自動交換機は国防用として東京と大阪に設置されるに留まり、戦後はその一部が長野県に移設されて一時期の使用に供されることになったが、生産が再開されることはなかった(日本電信電話公社編, 1953a, 241頁)。

③電子管式自動交換機の開発

T形自動交換機の開発と並行して、既存の技術的制約に囚われない独創性の高い自動交換機開発を目指した研究会が組織された。研究会の発起人であった工務局調査課長の松前重義は自動交換機の国産化が1930年代に進展したことを高く評価しながらも、日本固有の技術が不足していることを憂慮しており(松前・西崎, 1938, 146頁), 当時急速に発達していた電子管技術を応用した、電子ビーム(Electron beam)によって作動させる自動交換機の開発に着手することを決めた(日本電信電話公社, 1953a, 452頁)。

まず松前は日本電気に対して研究協力を打診した。同社では松前の構想が実現し得る可能性は低いと考えていたが、研究協力には応じることになり(嶋津, 1980, 89頁), 1939年5月に「自動交換方式に関する懇談会(以下、懇談会)」が組織された。通信省工務局の係長4名と折笠を含む技師4名、日本電気からは丹羽と嶋津を含む5名、さらに東北帝国大学電気通信研究所の岡田幸雄が参加した(小島, 1971a, 23頁)。

第1回会合では基本的な研究方針が討議された。松前の発言によって当面は経済性や保守など実用に関わる問題は考慮せず、技術的な可能性の追求が優先されることになり、PD方式にも取り入れられていた既述の「共通制御」機能を電子線管によって実現することが具体的目標として明示された。そのために多極電子線管や

多極放電管といった新たな電子管を開発することが求められ、第3回以降の会合で日本電気による試作品が提出された。

しかし開発の初期段階ではこれらの電子管を完成させることはできず、代用品として当時入手が可能であった放電管の一種であるサイラトロンを使用した交換機回路の設計が試みられた。これは共通制御回路を電子線管で形成するという当初の目標からは技術的に大きく後退し、S×S方式と同じ単独制御の回路をスイッチや継電器の代わりにサイラトロンで作動させるもので、「旧来のステップバイステップを電子化した」(小島, 1971a, 28頁)に過ぎなかった。共通制御を放棄して単独制御を採用すれば、電子管を利用することによる高速化のメリットが失われ、研究開発の意義は大きく減殺されることになった。

そこで1941年2月に開催された第31回会合において、あらためて多極電子線管を用いて共通制御方式を実現する計画が取り上げられ、また経済性を度外視して新技術の開発に集中することも再確認された。日本電気の大澤寿一は同年10月の実験で選択用電子線管の開発に成功し、これによって目標達成への道が切り開かれるかにみえた(小島, 1971b, 22-24頁)。

ところが大沢によって開発された電子線管やその他の放電管は致命的な問題を抱えていた。それは懇談会で常に考慮の外に置かれてきた経済性であり、電子管の信頼性であった。これらの電子管は既して寿命が短く、電力消費量や熱の発生量が大きいため実用性に乏しかったのである。またサイラトロンを用いた既述の回路も非常に多数の変成器および抵抗器などの素子を必要としたため、設備費用および運転費用が巨額になり、やはり実用に耐えられる交換機には成り得なかった(小島, 1971b, 26頁)。

前述のように懇談会では実用化に拘泥せず、新しい自動交換方式の技術的可能性を追求することを基本方針として掲げていた。しかし実際には「将来の実用性を目指して、経済的かつ安定的な素子および基本回路を開発すること・

(中略)・・・高速性を極度に生かして経済的なサブシステムおよびシステムを実現することに可能な限りの努力を払った」(小島, 1971b, 26頁) のであり、開発過程の初期段階においてさえ実用化の可能性を模索することは不可避であった。したがって製品寿命や消費電力量といった電子管の経済性が満足な水準に達していない条件下では、これ以上の研究開発の進展を期待することは難しかったと思われる。

しかも当該時期の自動交換機の技術開発において最も深刻な問題とされていたのは、やはり「国内にA形およびH形の二方式が無統制に混在していたこと」であり、「何とかして一つの望ましい方式によって統一したい、というのが交換関係者の共通な切なる祈念」であった(小島, 1971b, 27頁)。そこで前述のようにT形自動交換機が奈良局に設置され、実用化の展望が開けてくると、懇談会の参加者は電子管式ではなく継電器を用いた旧来の機械式自動交換機の改良を当面の課題とすべきではないかと次第に考えるようになった。1942年1月に既述の自動交換方式統一委員会が発足すると、同年4月の第45回会合をもって懇談会は中断された¹⁶。松前の構想した独創性の高い国産技術による自動交換機の開発は終戦までに実現することはなかったのである。

5. 戦後に引継がれた問題意識—結論に代えて—

関東大震災を契機として、日本企業の国産化を待たずに電話交換の自動化に踏み切った通信省の判断は、大都市における手動交換の限界に鑑みてやむを得ないものであった。しかし藤井信幸によると1920年代後半の電話網拡張費に占める受益者負担は60%近くに達して民営化議論が展開するなど、通信省の電話拡張費に対する予算制約は厳しかった(藤井, 1998, 第4章)。電話交換の自動化においても機械設置費用や運転費用の抑制は重要な課題であり、国内企業からの調達が進められない状況において、納入価格の抑制を優先するために外国企業の競争入札を实

施した結果、A形とH形の混在という規格不統一の問題が惹起された。当時通信技師で後に電気通信研究所長および富士通研究所長となる小島哲は「二つ以上の都市が自動式に結合されようとする機運に在る時・・・(中略)・・・東京のA形に対し横浜のH形、京都のA形に対し阪神のH形のごとき姿は、すでに全国自動即時化を夢見つつあったわたくしどもには耐え難いことであった」と述懐している(小島, 1971b, 27頁)。自動化を全国的に推進する上でも大きな問題を孕んでいたのである。

また国産化を想定した技術選択の結果、大都市での交換において優位性を発揮するPD方式の導入は見送られ、旧式のS×S方式の導入を余儀なくされた。表5は通話が途中で切断されることなく、正常に完了する比率を示したものである。自動交換開始直後の1927年には自動交換は手動交換を上回っているが、1930年代半ば以降になると通話完了率は悪化し、また手動交換よりも低品質であることが確認できる。これらの問題はPD方式の間接駆動・共通制御方式であれば避けられたという(米澤, 1988, 52頁)。つまり手動交換機の処理能力の限界に対する認識から積極的に導入が図られた自動交換機ではあったが、その技術水準は必ずしも手動交換機を代替し得るほど満足のいくものではなかつ

表5：通話完了率の推移 (%)

年	自動局	手動局
1927	72.2	67.6
1931		78.3
1932		78.2
1933		77.0
1934	75.1	77.5
1935	76.0	78.1
1936	74.9	76.4
1937	72.8	76.4
1938	67.9	75.4
1939	66.3	74.1
1940	61.8	71.5

[出所] 日本電信電話公社, 1953c, 106, 113, 192, 194頁。
(注) 空欄は不明。

た。戦前期の自動化率が低位に留まった理由は、通信省予算の制約という問題を差し置けば、以上のような技術上の欠陥にも求められるのである。

こうした問題を解決することが戦前の通信技師と民間企業のエンジニアが取り組むべき最も大きな課題となった。まず通信省は日本企業の価格競争力が外国企業と比べて遜色ない水準に達したところで、国産奨励委員会の方針に基づいて国内市場保護策を実施した。また技術導入によって1930年代初頭までに国産化を達成した民間企業4社と通信省、東北帝国大学が1930年代後半から共同研究を組織し、T形自動交換機および電子管式自動交換機の開発を試みた。しかしT形はS×S方式の回路を簡素化した改良型の域を超えることはなく、また電子線管による共通制御の試みは電子管の品質が不十分であったために成功しなかった¹⁷。やがて戦局の悪化にともなって研究は中断を余儀なくされ、電話交換方式の統一および共通制御による大規模処理の実現といった目標が終戦までに達成されることはなかった。

しかしながら、戦前の電話交換事業に携わっていた通信技師や民間企業の技術者たちは上記の問題を深刻に受け止めていた。1952年に発足した電電公社の初代総裁となった梶井剛は1934年に通信省工務局長に就任した元通信技師であり、A形とH形の混在に悩んだ人物だった。梶井は電電公社の発足翌年である1953年9月にクロスバ交換機の研究開始を決定した¹⁸。その際に梶井は基本的な研究方針として「新しい交換方式は方式・部品を通じて各社製品の完全互換性を確保すること」「国内製造会社1社と共同研究をし、完成後は速やかに各社に技術伝授すること」を指示した(米澤, 1988, 250-251頁)。これを受けて、まず電電公社と日本電気の共同研究が実施された後、その成果を他の3社に公開することによってクロスバ交換機の完全互換性が達成されることになった。また公開された技術を基に4社が共同研究を行うことによって同方式の改良が進んだ(日本電信電話公社技術

局・電気通信技術開発史編集室, 1976, 第4章)。同様にクロスバ交換機の次世代の交換機として注目された電子式自動交換機(DEX)の開発においても、電電公社と4社による共同研究開発が行われた(日本電信電話公社技術局・電気通信技術開発史編集室, 1976, 第5章)。

以上のような経緯を経て、冒頭で取り上げた先行研究が指摘するように、電電公社と日本電気、沖電気、富士通信機、日立による強固な連携に基づく共同研究開発体制が高度成長期に成立した。しかしT形交換機開発では富士通と通信省が、電子管式交換機では日本電気と通信省が共同研究を実施しており、また1942年に発足した自動交換方式統一委員会は上記4社が一同に会した最初の共同研究であった。各社の研究開発の成果が相互に公開されることで、電話交換方式の統一や技術水準の向上が目指されたのである。その成果は戦時期においては日の目を見ることはなかった。しかし通信省と民間企業の技術者が欧米に対する日本の技術水準の低さを痛感し、独創的な技術によって全国の自動交換方式を統一するという強い問題意識を共有したことが、戦後の電電ファミリー形成の原点となったのである。

1 電電ファミリー形成の契機として、1947年5月に提出された日米合同委員会の勧告の意義を強調する指摘もある((財)郵政国際協会・電気通信政策総合研究所, 1994, 39-40頁)。

2 戦前期には多くの分野で産官軍学の共同研究が組織されており、戦時期になるとその数は飛躍的に増加した(広重, 1973; 沢井, 2004; 平本・青木, 2003; 青木, 2004)。

3 また1914年11月から1920年3月まで第2代の電気試験所長となる一方で、1918年から1933年まで東京帝国大学工学部講師を兼任した(電気試験所, 1944, 頁番号なし)。

4 臨時電信電話建設局は、第三次電話拡張政策を遂行するために1920年10月に設置された(日本電信電話公社, 1953c, 31頁)。

5 関東州では1917年から旅順工科学堂において模型の自動交換機を使用して実験が行われており、大連電話局ではATM社製の自動電話交換機を購入して1923年4月から電話自動交換を開始していた(日本

電信電話公社, 1953a, 17頁)。

- 6 ところで稲田の意見が上司である通信次官よりも優先された理由を明らかにするのは難しい。当時の通信技師の省内における地位は決して高くはなかったからである。同省内において技師が昇進できる最高位は課長までであり、事務次官や局長には稲田よりも後輩の事務官が着任していた。しかし1925年に通信省の組織改編で工務局が新設された際に、稲田は技師として最初の局長に就任した。後に同じく工務局長に就任した通信技師の松前重義も稲田が技師の地位向上に努めたことを評価しているが(稲田三之助伝刊行会, 1965, 604頁), 自動交換方式の採用という重大な政策決定に技師として意見を主張し, それを実現した稲田の役割は大きいと評価できよう。
- 7 以上の自動交換機技術に関する説明は, 米澤, 1988, 51-53頁。
- 8 その他, イギリス郵政庁ではS×Sの豊富な使用実績があるため技術者の訓練が容易であることや, パネル式がニューヨークのような人口周密地域に適しているのに対して, ロンドンやその支局では電話交換の頻度がそれよりも少ないため, S×S式の方が適していることなどが挙げられている。
- 9 一部の部品はAEI社からも輸入され, ATM社およびWE社の技師の指導のもとで, 日本電気が組立・調整・据付工事にあたった(日本電気株式会社社史編纂室, 1972, 117頁)。
- 10 1926年関税改正が重化学工業化の進展に与えた意義については, 宮島・長谷川, 1992。
- 11 国産品は, その製造会社の総株式数の51%以上を日本人が所有していること, また日本人の特許によって基づいて製造されるものと定義された(日本電気株式会社社史編纂室, 1972, 150頁)。
- 12 正式には洋銀と呼ばれる金属で, 銅, ニッケル, 亜鉛の合金。
- 13 「電信電話技術調査関係資料」, 1927(通信総合博物館所蔵)。
- 14 沖電気に関する記述は以下の文献による(沖電気工業, 1981, 122-131頁; 日本経営史研究所, 2001, 49-57頁)。
- 15 以上は, 表3と同じく「特許明細書」の分析に基づく。なお東亜電機(または日立製作所戸塚工場)が所有している特許数は確認できなかったが, 個人で取得している可能性がある。
- 16 1942年4月の会合で中断が決定したわけではなく, 5月に次の会合が予定されていた。しかし参加者の追想記では実際に会合が開かれたのか定かでない(小島, 1971b, 28頁)。
- 17 この問題は自動交換機に留まるものではなく, 電波兵器の開発に大きな遅れをもたらした。とくにレーダーシステムの開発については, 三宅, 2002。

18 梶井に対してWE社製のNo.5クロスバの導入を具申したのは既述の小島哲であった(NTTアドバンステクノロジー, 1999, 16頁)。

【参考文献】

- 青木洋「第二次大戦中の研究隣組活動-研究隣組趣旨及組員名簿による実証分析-」『科学技術史』第7巻, 2004年12月。
- 石井寛治「情報・通信の社会史」有斐閣, 1994。
- 稲田三之助伝刊行会編『稲田三之助伝』電気通信協会, 1965年。
- NTTアドバンステクノロジー編『NTT R&Dの系譜-実用化研究への情熱の50年-』1999年。
- 沖電気工業編『沖電気100年の歩み』1981年。
- 大蔵省税関部編『日本関税・税関史』資料編2(関税率沿革), 1960年。
- 小島哲「電話交換機」『電気通信学会雑誌』第237号, 1942年12月。
- 小島哲「電子管式自動交換方式の研究(2)」『通信工業』第11巻第2号, 1971年2月, 1971a。
- 小島哲「電子管式自動交換方式の研究(3)」『通信工業』第11巻第3号, 1971年3月, 1971b。
- 沢井実「戦時期日本の研究開発体制-科学技術動員と共同研究の深化-」『大阪大学経済学』第54巻第3号, 2004年12月。
- 嶋津保次郎「自動電話交換機50年 その1」日本電気編『日本電気ものがたり』1980年。
- 商工省「国産振興委員会の設置について」『官報』第4155号, 1926年6月30日。
- 白井武「日本式自動交換機出現の待望」『工務彙報』第1巻第2号, 1938年2月。
- 杉山伸也「情報革命」西川俊作・山本有造編『日本経済史5 産業化の時代下』岩波書店, 1990年。
- 竹内宏「電気機械工業」東洋経済新報社, 1966年。
- 通信省編「電機通信技術委員会事務報告」第2号(1935年度), 1936年(通信総合博物館所蔵)。
- 通信省編「電機通信技術委員会事務報告」第3号(1936年度), 1937年(通信総合博物館所蔵)。
- 通信省編『通信事業史』第4巻, 通信協会, 1940年。
- 電気試験所「電気試験所50年史」1944年。
- 戸塚工場写真集編纂委員会編『戸塚工場50年の歩み』日立製作所戸塚工場, 1987年。
- 利根川守三郎「演説 自動電話交換と手動電話交換との経済上の比較に就いて」『電気学会雑誌』創立25年記念号, 1914年10月。
- 土肥実「自動交換25年を顧みて」『電気通信』第14巻第58号, 1951年10月。
- 中山一郎「米国において余が目撃したる電話技術の進歩」『電気学会雑誌』第301号, 1914年。

- 中山龍次「欧米における電話事業の一斑」『電気学会雑誌』第298号，1913年。
- 西村成弘「戦前におけるGEの国際特許管理－「代理出願」契約と東京電気の組織能力」『経営史学』第37巻第3号，2002年12月。
- 西村成弘「戦間期における東京電気の技術導入と技術開発」『経済論叢』第172巻第4号，2003年10月。
- 日本経営史研究所編「進取の精神－沖電気120年のあゆみ」2001年。
- 日本電気株式会社社史編集室編「日本電気株式会社七十年史」日本電気，1972年。
- 日本電信電話公社編「自動電話交換25年史」上巻，電気通信協会，1953年，1953a。
- 日本電信電話公社編「自動電話交換25年史」中巻，電気通信協会，1953年，1953b。
- 日本電信電話公社編「自動電話交換25年史」下巻，電気通信協会，1953年，1953c。
- 日本電信電話公社・電信電話事業史編集委員会編「電信電話事業史」第3巻，電気通信協会，1960年。
- 日本電信電話公社技術局・電気通信技術開発史編集室編「電気通信自主技術開発史 交換編」，電気通信協会，1976年。
- 根本光一「電気通信事業と通信機器メーカーの関係とその展開－電電ファミリーの形成と変容に関する一考察－」『研究年報 経済学』第53巻第3号，東北大学経済学会，1992年1月。
- 橋本寿朗「経済政策」大石嘉一郎編『日本帝国主義史 2 世界大恐慌期』東京大学出版会，1987，第2章。
- 長谷川信「技術導入から技術開発へ」由井常彦・大東英祐編『日本経営史 3 大企業時代の到来』岩波書店，1995年，第3章。
- 榛沢正男「継電器回路理論の思い出」日本電気編『続日本電気ものがたり』1981年。
- 平本厚・青木洋「科学技術動員と研究隣組－第2次大戦下の共同研究」『社会経済史学』第68巻第5号，2003年1月。
- 広重徹「科学の社会史－近代日本の科学体制－」中央公論社，1973年。
- 藤井信幸「テレコムの経済史」勁草書房，1998年
- 藤井信幸「通信と地域社会」日本経済評論社，2005年。
- 松前重義・西崎太郎「電気通信概論」コロナ社，1938年，146頁。
- 三宅宏司「レーダーおよびマグネトロン開発過程を中心とした旧海軍技術」中岡哲郎編『戦後日本の技術形成 模倣か想像か』日本経済評論社，2002年，第2章。
- 宮島英昭・長谷川信「1920年代の重化学工業化と関税政策」大石嘉一郎編『戦間期日本の対外経済関係』日本経済評論社，1992年，第1章。
- (財)郵政国際協会・電気通信政策総合研究所「日本の情報通信分野における研究開発体制の歴史の変遷－NTTの研究開発活動を中心として－」1994年。
- 山根幸知「演説 自動式電話交換機に就いて」『電気学会雑誌』395号，1921年6月。
- 米澤平次郎「自動交換こぼれ話」通信評論社，1988年。
- 米田興三七「我が国に採用せんとする自動電話交換方式に就て」『通信協会雑誌』1925年5月。
- 若井登・高橋雄造編著「てれこむの夜明け」電気通信振興会，1994年。
- 渡辺孝正「自動電話交換30年の回顧」日本電信電話公社施設局編『電気通信施設』電気通信協会，第2巻第7号，1950年7月。
- 「自動交換機の現状および未来を語る」『電気通信』第3巻第11号，1940年3月。
- 『電信電話技術調査関係資料』1927年9月26日（通信総合博物館所蔵）。
- 『日本無線電信年鑑』1921年度版，1921年，無線電報通信社。
- 『国民新聞』
- 『時事新報』
- 『大阪朝日新聞』
- 『大阪朝日新聞』
- 『中外商業新報』
- Anchordoguy, Marie, "Nippon Telegraph and Telephone Company (NTT) and the Building of a Telecommunication Industry in Japan," *Business History Review*, Vol.75, No.3, Autumn 2001.
- Fujii, Nobuyuki, "Japan's Telephone Policy in the First Half of the 20th Century," (submitted paper for 28th Fuji Conference, January 5-8, 2006)
- T. F. Purves, "THE POST OFFICE AND AUTOMATIC TELEPHONES," *The Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Vol.63, No.343, July 1925.