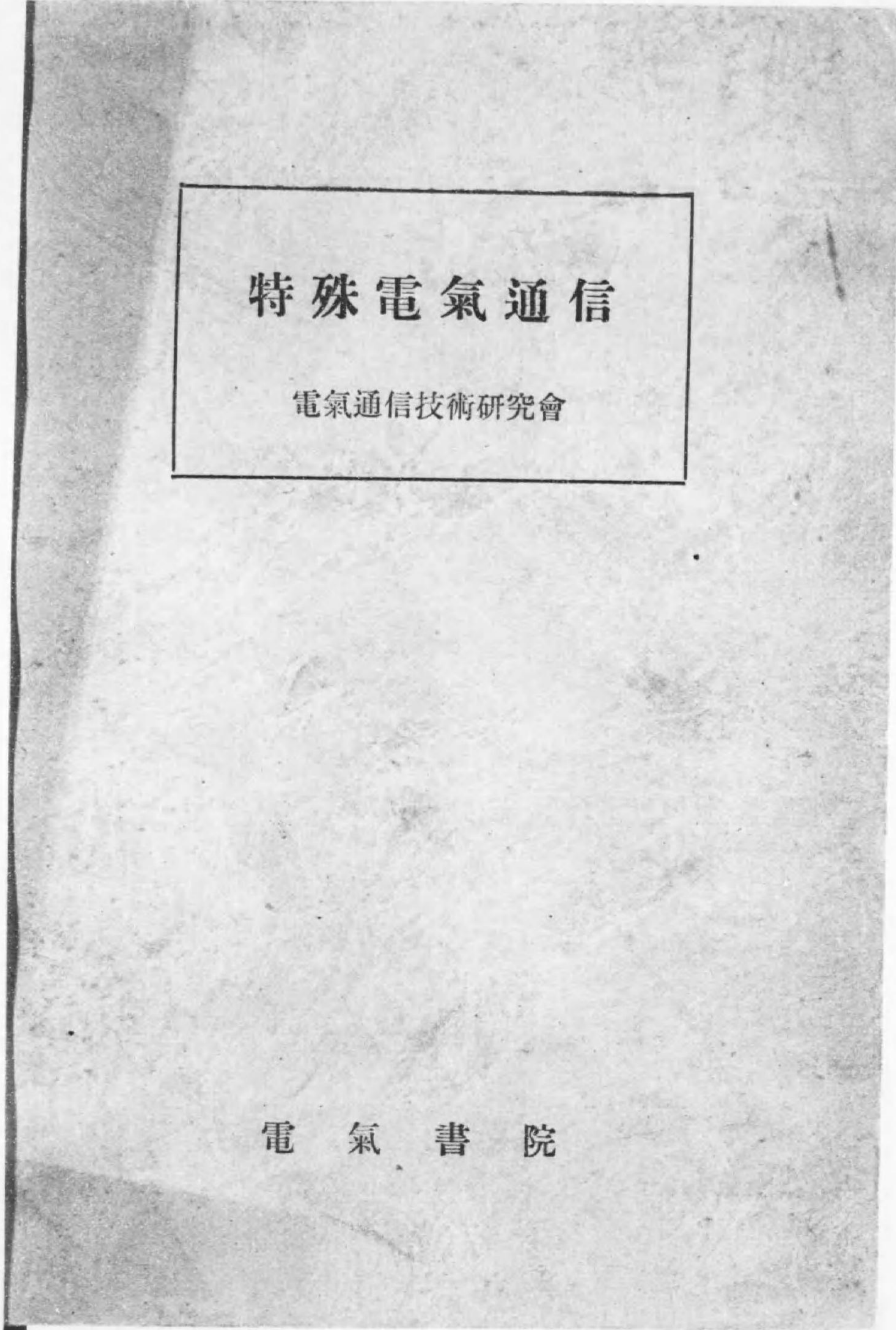
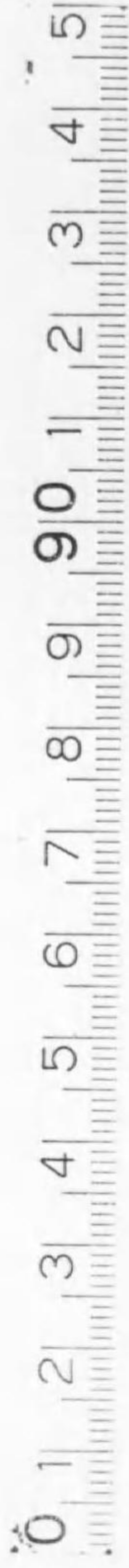


始



特殊電氣通信

電氣通信技術研究會

電氣書院

特217
425



特殊電氣通信

• 初級通信叢書 •



電氣書院

緒 言

今や、通信界の焦点は、特殊電気通信に指向されて居ると云ふも決して過言ではない。昨日迄、研究室の問題とせられたものを、今日は、吾々が現實に取扱はねばならないと云ふやうな状態にある。即ち、特殊電気通信に於ては新構想の発見と之れが實施の期間は極めて短縮せられつゝある。従つて、吾々現場技術者として原理、特性を十分に理解し得ないまゝ盲者の手探り宜しく、之れを使用しなければならぬ立場に置かれることが少くない。之れでは、到底、其の機能を十分に發揮させ得ない。

本書は此の間隙を補はんとしたもので、現在、實施、乃至は正に實施されんとしつゝある特殊電気通信法の各般に亘り、之れが原理特徴、取扱、保守、故障対策等を述べた。但し理論の高尙は求めず主として實務者の技術向上に目標を置いた。然し、著者としての欲を申すならば、本書に依つて、其の一般を知らるゝと共に之れが使用に當り、實際使用者として、更に深い研究をせられ、新鋭機器につきものの機能の不備に對して之れが是正の新考案、乃至は改良へのひたむきの努力を續けられたいことである。

若しも本書が斯くの如き新技術の誕生にいきゝかなりとも其の機縁を與ふるを得れば著者として、之れ以上の欣びはない。切に御研鑽を祈る次第である。

昭和十七年春

電気通信技術研究會

特殊電気通信

目次

葉書電報

- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| (1) はしがき……………1 | (3) 葉書電報の原理……………2 |
| (2) 大陸に於ける葉書
電報の価値……………1 | (4) 操作上の注意事項……………3 |

有線放送

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| (5) 無線放送と有線放送
の分野……………3 | (7) 我國の有線放送……………6 |
| (6) 有線放送の諸方式……………5 | (8) 有線放送の系統……………6 |
| | (9) 有線放送の周波数……………8 |

配電線利用の搬送電話

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| (10) 配電線利用の電話方式
の特徴……………8 | (12) 配電線利用の搬送電話
方式の實施……………11 |
| (11) 搬送電話……………9 | |

送電線に於ける搬送電話

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| (13) 送電系統の保安
通信設備……………12 | (15) 送電線搬送電話
装置の構成……………14 |
| (14) 送電線搬送電話の
諸方式……………13 | (16) 送電線搬送電話
の故障と保守……………17 |

水中通信

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| (17) 水中通信の価値……………18 | (19) 水中通信の送音器
と受音器……………20 |
| (18) 水中通信の發達小史……………19 | |

- (20) 水中音響通信法.....23 (22) 方向探知法.....26
 (21) 測深と測距に應用.....24 (23) 位置の決定法.....28

電氣通信と超短波

- (24) 電波の名稱.....29 (26) 超短波の特性.....32
 (25) 短波の特徴.....30 (27) 航空標識として
 の超短波.....33

超短波による通信

- (28) 飛行機の盲目着陸.....34 (30) 其の他の航空無
 線への應用.....37
 (29) 對地高度計.....36 (31) 超短波の電話
 回線への協力.....38

光通信

- (32) 光通信の特徴.....39 (38) 送信装置.....45
 (33) 光通信の發達.....40 (39) 受信装置.....46
 (34) 光線電話の原理.....41 (40) 光通信を妨げるもの.....47
 (35) 光源.....41 (41) 光通信と雑音.....48
 (36) 光源の附屬裝置.....42 (42) 光通信法の應用.....49
 (37) 變調法.....43

搬送式多重通信

- (43) 搬送式多重通信の特徴50 (49) C型三通話路搬送
 式電話.....56
 (44) 搬送式多重通信の發達50 (50) 放送中繼用搬送電話...58
 (45) 搬送式多重通信法と
 ケーブルの裝荷...52 (51) 搬送式電信の周波數...59
 (46) 搬送式多重電話
 法の原理.....54 (52) 搬送式多重電信
 の原理.....61
 (47) 濾波器の作用.....54 (53) 選信型搬送式
 多重電信法.....62
 (48) 搬送式電話の
 周波數割當.....55

特殊電氣通信

(1) はしがき

彌榮の紀元 2600 年の佳き歳は、くしくも通信文化記念の年に重
 つた。則ち我國に電信が開設されてより 70 年、電話が通じて 50
 年、ラヂオ放送が始つてより 15 年に當り、更に吾人技術者の登龍
 門たる電氣通信技術者資格檢定制度の創設を見た年である。

抑々、現今の如き複雑な國際情勢下に於て電氣通信は軍事外交は
 云はずも哉、國內の統一機關として將亦全世界輿論の指導機關とし
 て必要缺くべからざるもので、これが進展は國運の消長にも關係あ
 るものなれば一時も忽せに出來ない有様である。それ故茲に云ふ今
 日の特殊通信必ずしも明日の新奇な特殊通信であり得ないだらう。

葉書電報

(2) 大陸に於ける葉書電報の價値

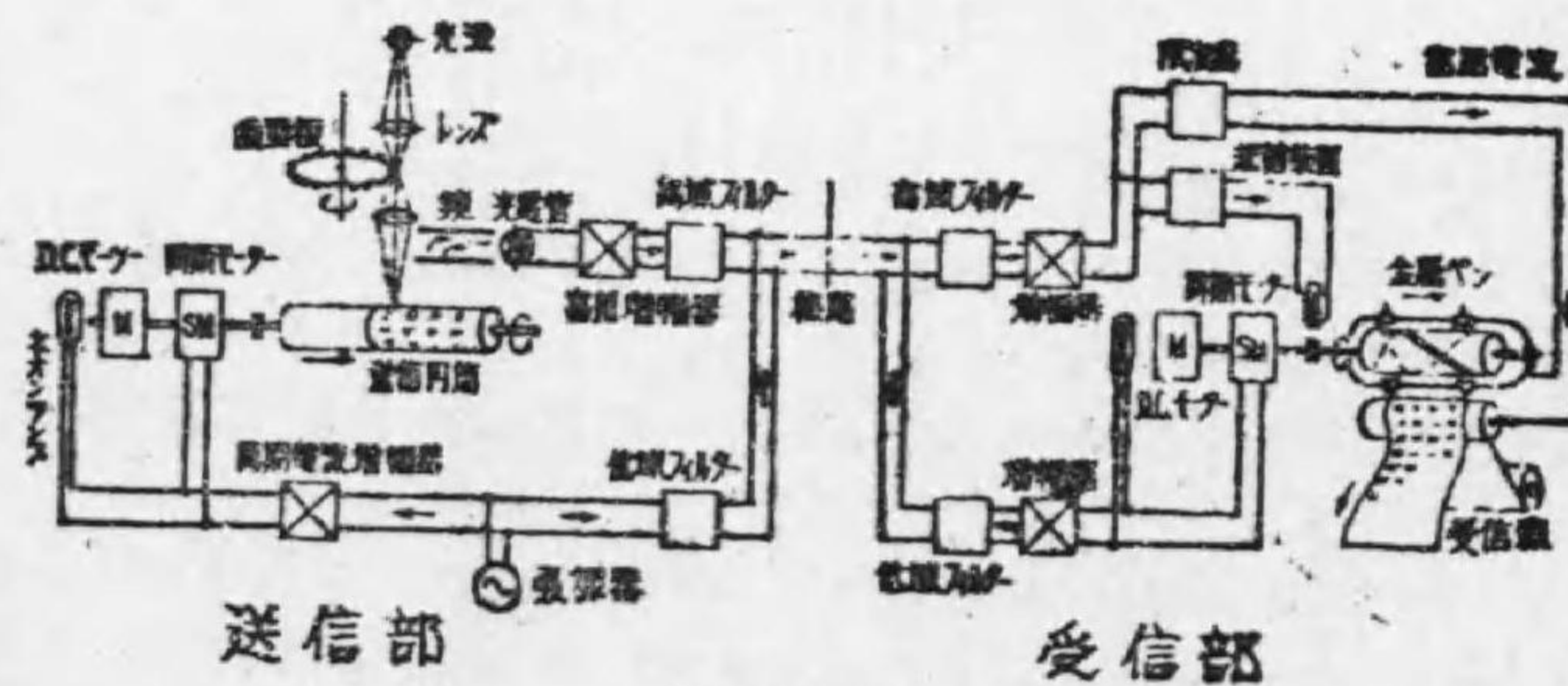
先づ東亞共榮圈の中樞となるべき日滿支國民が、共に漢字を使用
 し乍ら言葉を異にしてゐるとき、相互間の意志素通並に交換を圓滑
 ならしめるに大いに役立つであらうと思惟される葉書電報を取上げ
 て見やう。

抑々、葉書電報は寫眞電送と全く同一の原理に基いて動作するも
 のである。今日世界各國が自國語に適合する独自の印刷電信機を使
 用して電信事業を益々隆盛ならしめてゐるとき、支那に於ては一萬
 に及ぶ漢字を全部包含する様な印刷電信機の出現は技術上困難なこ
 とで、これが惹いて電信事業の普及を遅延せしめる原因となつてゐ
 る。即ち支那に於ては漢字一字を表はすに 4 個の數字を以てする繁
 雜な數字電報なるものが行はれてゐる。今電報を打電しやうとする

ときは、局員は先づ電文をコードブックと云ふ電報用の字引に依つて数字の組合せに翻譯して送り、又受信側でもこの数字電報を再びコードブックによつて元の電文に直し、以て一般公衆に通報するのである。従つて操作の繁雑と電文の誤譯を生じ易く、又電報料金も割り高につくのは已むを得ない。

(3) 葉書電報の原理

この葉書電報は先づ送らんとする電文を定められた葉書大の頼信紙に普通の葉書の如く通信文を書く。さうして發信局に於てこの頼信紙を第1圖に示す様に送信圓筒に巻き附ける。送信圓筒は一定の速度で回轉し乍ら右から左の方へと一定速度で進行する。一方頼信紙には一つの光源から $\frac{1}{4}$ mm 大の光点で照射される爲に頼信紙に書かれた文字は圓筒が回轉移動に伴ひ隅なく照されて行き文字の黒白に應じて反射光線の量を變化せしめる。この反射光線は更に光電管によつて電流の大小に置き換へられ、更に増幅器によつて電流を増大し線路へ送り出されるのである。



第1圖

受信側では送信側と同じ大さの受信用巻紙を用意し、この受信紙上を金属ペン(インクは使用しない)に依つて送信側と同じく1mm 當り4本の粗密さで順序よく隅なく摺動し、送信側の文字に相當する時は大きな電流を受け、受信紙を黒色に變色させ以て原文と同一文字を再現せしむるのである。圖面から推察される如く、受信紙は

送信圓筒が右から左方へと移動する速度と同一速度で連続的に繰出れて居り、而もこの受信紙は特殊な性質を有し電流が通るとその部分が黒色に變色する様になつてゐる。受信紙上には5本の金属ペンが交互に摺動し、その速度は送信圓筒の回轉速度と一致する様になつてゐる。尙受信紙の繰出しは送信圓筒が始動と同時に送信部から起動用の電流を送つて自動的に行はれる様になつてゐる。

(4) 操作上の注意事項

本装置の動作中最も大切なことは送信圓筒の回轉速度及び移動速度が夫々受信部の金属ペンの回轉速度及び受信紙の繰出速度に完全に一致しなければ受信紙上に文字を再現するは不可能である。そこで送信部の電動機と受信部の電動機との速度を完全に一致せしめる爲に、送信部に同期用の300サイクルの發振電源をおき、送受兩側の同期電動機に供給して速度の完全な一致を保持する様にしてゐる。此の場合同期電流と頼信紙の文字から反射される光によつて生じた電流を區別するために、齒型回轉板によつて文字を照射する光を斷續して反射光線によつて生ずる電流の周波数を同期用の周波数以上例へば1500サイクルにしてゐる。そこで第1圖からも知れる様に低域濾波器と高域濾波器とを使用して、同期電流は低域濾波器を通つて同期電動機へ、文字から反射されて生じた電流は高域濾波器を経てペンと受信紙間に導かれる。

この装置によつて葉書一枚を送るに約2分間足らずで送ることが出来、併も頼信紙は4號活字大(普通タイプライター文字)で書くなれば500字位書くことが可能で、且つ、漢字を使用するので通信の内容も豊富になる譯である。受信紙の繰出しは前述の様に送信圓筒の起動によつて制御される様になつてゐるから、受信側の通信手は單に受信紙を適當の所から切り取ればよいだけで操作も極めて簡便である。

有線放送

(5) 無線放送と有線放送の分野

最近我國でもラヂオの有線放送が喧しく云はれ、既に試験的な有線放送も実施されてゐる。今日の如く無線放送が進歩して來ると、我々は稍々もすれば有線放送は馬鹿げて居り、まして我國の如く銅鉛その他の通信關係に必要な資材の不足する折から尙更の様に考へるのは無理からぬことである。然し乍ら無線通信にも次の様な短所が擧げられる。

① 通信の秘密性がない 則ち無線通信は地表とヘビサイド層(K.H層)との間に於ける空間を使用する關係上、日本國內のみで通信しやうと思つてもこの電波は外國にも届く譯で、従つて秘密性が保たれ難いのである。實際國際無線通信に於ては種々な秘密装置を使用してゐるが本當の秘密は確保し難い。

② 波長制限に伴ふ通信の困難 無線通信では波長を變へなければ獨立して通信が不可能である。従つて各國に於ける波長の割當波長の獲得と云ふことが國際關係に重大な影響を及ぼすことさへある。國際間に於ける電波の最高會議とも云ふべき國際無線通信諮問委員會の論議の華は波長の争鬪にあると聞いてゐる。斯様に波長を變へる事が仲々六つかしいので波長を段々短くし、短波、超短波、極超短波まで使用されるに至つたのである。

③ 空中電氣の影響 無線に於て長距離又は長時間通話中空中電氣の影響を蒙り、雑音が入つたり、電波が弱くなつたりして通信の安定を缺くことがある。

然し乍ら無線通信でなければならぬ場合がある。則ち

① 飛行機、艦船などの如く相手が常に移動するものは無線通信でなければならぬ。

② 非常に遠距離となれば實際上電線を敷設出來ないから無線に頼らねばならぬ。例へば本邦とヨーロッパ間或はアメリカ間との如き場合である。

③ 天變地變、それに萬一の故障等に対するの豫備とする場合、之等は短波通信によつて無線の長所を發揮してゐる。

以上の事柄より推察して有線通信の長所とも云ふべき諸点は判る

筈だが、何れにしても有線無線の各々の特徴を活かして利用しなければならぬ。卑近な例をとると日滿間の通信の如きは通信の量だけでなく重大な秘密事項も多いので、現に東京から新京へ日滿長距離ケーブルがあり、更に北支に迄延長されやうとしてゐる。

更に現下の如く國際狀勢が複雑してゐる場合、他國の無線放送が國內に侵入することで、此の支那事變當初蔣政権下の南京放送局からの日本語によるデマ放送に苦い經驗をなめてゐる。又航空無線即ちラヂオビーコン等の發達により飛行機の盲目飛行が可能となつて來たものの、他方これを逆用すれば敵機の空襲を誘導する事さへ考へらる。最近英國に於てはドイツ機の空襲を防ぐため放送局を澤山使用し電波をあちこちに變へ、何處から放送してゐるか判らない様に偽装してゐるさうである。

(6) 有線放送の諸方式

上述の様な諸点が再検討されるに及び時代遅れかの様に考へらる有線方式が再び新しい脚光を浴びて登場するに至つたのである。この諸方式には

① 中央受信方式 これは英國和蘭等にて比較的早くから使用されておつた方式で、無線放送を、最もよい状態に、一番都合よい場所に設置された受信機にて先づ受け、それを檢波増幅して新しく設けられた放送専用線によつて或る集團(フロック)の聴取者に放送する方式である。この有線によつて數百名、或は千名近い聴取者が加入出来るので一見有利の様であるが、有線と無線とを併用してゐるところに缺點がある。即ち電波を發射する点は矢張り面白くなく且つ放送専用線が必要なので經濟的にも不利である。數年前本邦でも試験的に行つた共用聴取はこれに屬するものであるが、芳しい成績を擧げなかつたのでその盛となつてゐる。

② 電話線による放送方式 瑞西に實施される方式で電話線を使用して放送を聴取するのである。平常は電話に使用し、放送を聴きたい際は放送のダイヤルを廻せばよいのである。これは電話と放送を同時に聴取出來ない缺點がある。我國の如く電話の普及程度

低いところでは餘り感心出来ぬ。

⑥ 高周波放送方式 獨逸に於て研究されたもので放送局からの電波を 10 万~30 万 サイクル範圍の高調波に變調しこれを電話線に通じて送る方法である。本式は電話線を使用するので新しい電線等は全く不要で、且つ高周波を使用する關係上電話と放送聴取が同時に利く長所を有してゐる。

(7) 我國の有線放送

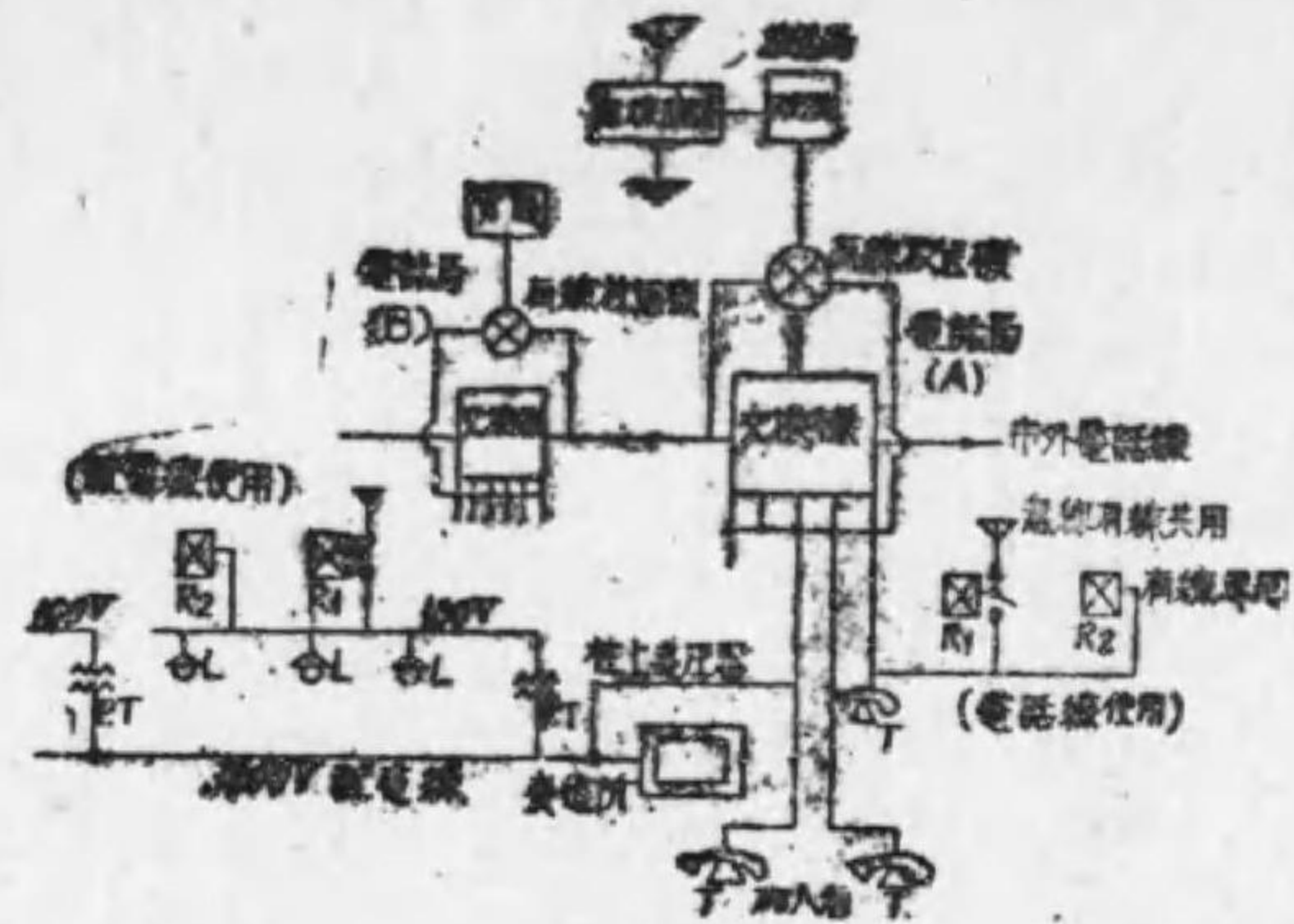
今から 6 年前電話線を使用して 100 キロサイクル (kc) 130 kc, 160kc の三重放送を實驗し相當の成果をあげ、有線放送の實現に確信を得たのである。さうして一昨年の秋東部防空演習に際し東京に於て大仕掛な實驗を行つたのである。即ち放送會館から出た放送は先づ丸の内電話局に入り、それより銀座、赤阪、京橋、四ツ谷各電話局などへ至り、そこより電話線を傳つて軍關係並に官廳、新聞社百貨店に設置された擴音器を鳴らし大休好成績を納めたのである。この時の周波數は 1300 kc と聞いてゐる。

然し乍ら、電話線を使用しやうとしても、我國の電話普及程度は (人口 100 人當り電話機數 1.70 であつて米國の 14.4 に比較して甚だ低率であり、普及程度は世界各國中 20 位にある) 未だ貧弱な現状にあるので世界に魁けてそれこそ世界第二位の普及率 (第一位はスイス國) を有する電燈線の使用が思ひ付かれたのである。先づ一昨年濱松附近で次いで横濱に於て配電線を使つた有線放送の實驗が行はれたのである。この電燈線を使用する方式は技術的にも仲々困難を伴ふが我國獨特の工夫になるもので、資源愛護の叫ばれる折、適切且つ嶄新なものとなつてやう。

(8) 有線放送の系統

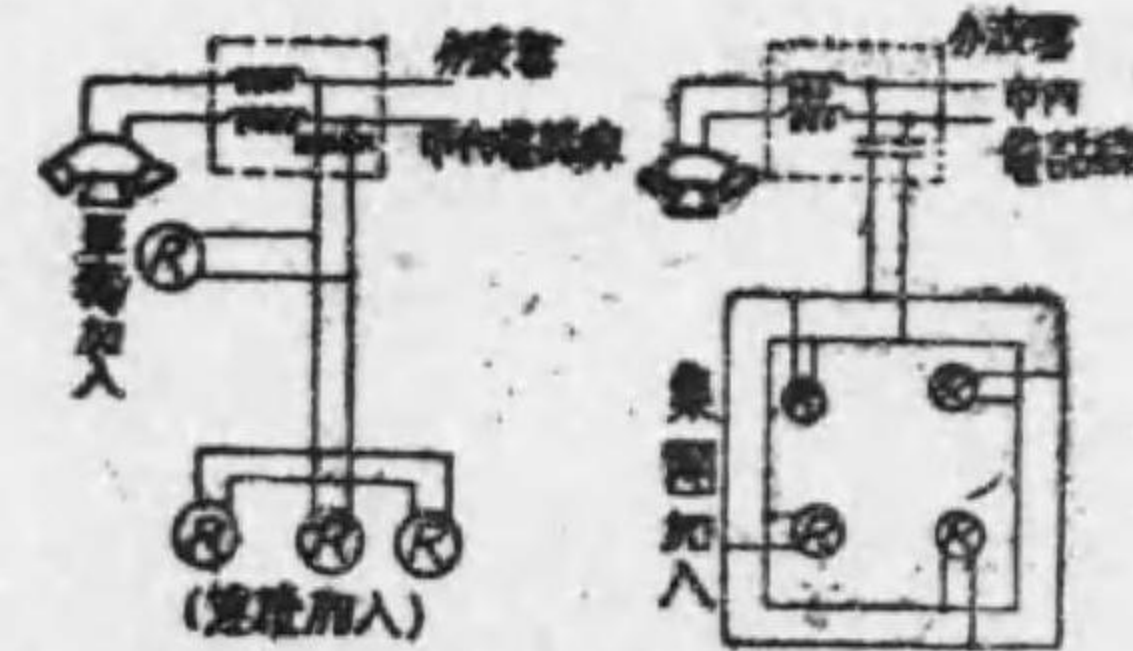
有線放送の系統を判り易く第 2 圖に示してゐる。先づ放送局から出たプログラムは専用線を通つて電話局に入る。電話局内には有線放送機 (高さ 2m 位で幅も小さい) に通じて電話交換機に至り、こゝから高周波になつた放送電流が、電話線を介して電話加入者宅へ歸はるのである。

もともと電話の聲は 60~6000 サイクル程度なるも、放送用高周波は 130 キロサイクル位なれば、電話線には周波數の違つた 2 種



第 2 圖

の電流が通ずる筈である。そこで分波器を使用することにより放送電波が完全に分離せられ電話が話中でも何等關係なく受信機を働かし放送を聴き得るのである。分波器は 5cm 立方位 (マツチ箱 3 箇位) で之に要する資材も極く少い譯である。第 3 圖は有線放送聴取の單獨加入、連接加入、集團加入の系統圖を示したもので電話のない家も隣接する電話線から分岐して聴取することが可能で、茲にも電話



第 3 圖

線による隣組の力強さを發揮する譯である。次に電燈配電線による有線放送は變電所の電話器からコンデンサーを通じて 3300V 配電線に先づ結ばれる。配電線の高壓は柱上變壓器によつて 100V に遞降され、電燈と一緒に受信機にも接続され有線放送聴取の目的を達し得るのである。

(9) 有線放送の周波数

有線放送に 100 kc 以上を用ひて三重或は四重放送も可能であるが一体どれ位の周波数が最も適してゐるかが問題になる。抑々電話線はインピーダンス其の他の条件が高周波に適してゐるので好都合なるも、配電線の方は電燈に使用される関係で、インピーダンスが低く或は損失が多くなるなど、技術上困難度が増して来る。特に配電線が地下線になると損失が非常に多くなり、且つ距離が大になると聴取不能にさへ陥る。

さて、周波数を低くすると分波器が非常に六つかしくなり、逆に高くすると分波器などは好都合となるも損失が多くなり、殊に配電線で損失が増加するので大体 130 kc が理想的でないかと云はれる蓋し無線放送の周波数は 1500~5500 kc なるを以て、これよりも 1/6 程度も低い周波数を使ふ勘定になる。

最近の有線放送の送信機（出力約 10 ヲット）では 2000~5000 人の加入者收容が可能であるから、経済的にも有利である。今更有線無線の優劣を論ずる必要もないが、放送事業の使命の重要性は益々倍加され政治、経済、文化、言論凡ゆる方面に放送を活用して行くと共に、一旦緩急のあつた場合を考慮して放送陣營を有線無線併用の立体化を計畫し置くことは意義のあることと思ふ。

配電線利用の搬送電話

(10) 配電線利用の電話方式の特徴

我國の電燈普及率は、スイス國に次いで世界第二位と云はれる。若し此の電燈線に一般電話を結合することが出来るならば、近代文化から遅れ勝ちな農漁村の僻地に至る迄、あまねく電話の恩恵に浴し得るわけであつて、之は社會的にも大きな貢献である。又時局柄銅材の使用が制限を受けてゐるとき、既設電燈電力線を利用し全く電話銅線路を架設することなく電話を新設し得るので、非常時型として吾人の關心を惹くものである。

尙積雪多き北國地方に於て通常の細い通信線は、雪のために切断される事も再々ある。そこで太い線を使用する配電線を利用すれば雪害による故障を防止し得るのみでなく、電燈及び電話の兩用途に利用し得て極めて能率的である。其の他電燈なき燈台へ電燈線を新架設し、之を電燈電話に共用するならば極めて効果的である。即ち僻地にあつて大きな責務を果す燈台看守人に、文化を吸収せしむる丈でなく、本土の突端部に位する燈台は萬一の敵機來襲を最も早く察知し得る場所にある故防空用としても大いに役立つと思はれる。更に電気事業方面でも變電所散宿所間の連絡指令にも好都合である此の電話方式は一名農村電話とも呼ばれ、我が逓信省工務局の完成になり、漸く實現の緒についたもので、世界最初の方式であり科學日本の精華を誇示するものゝ一つと云へよう。

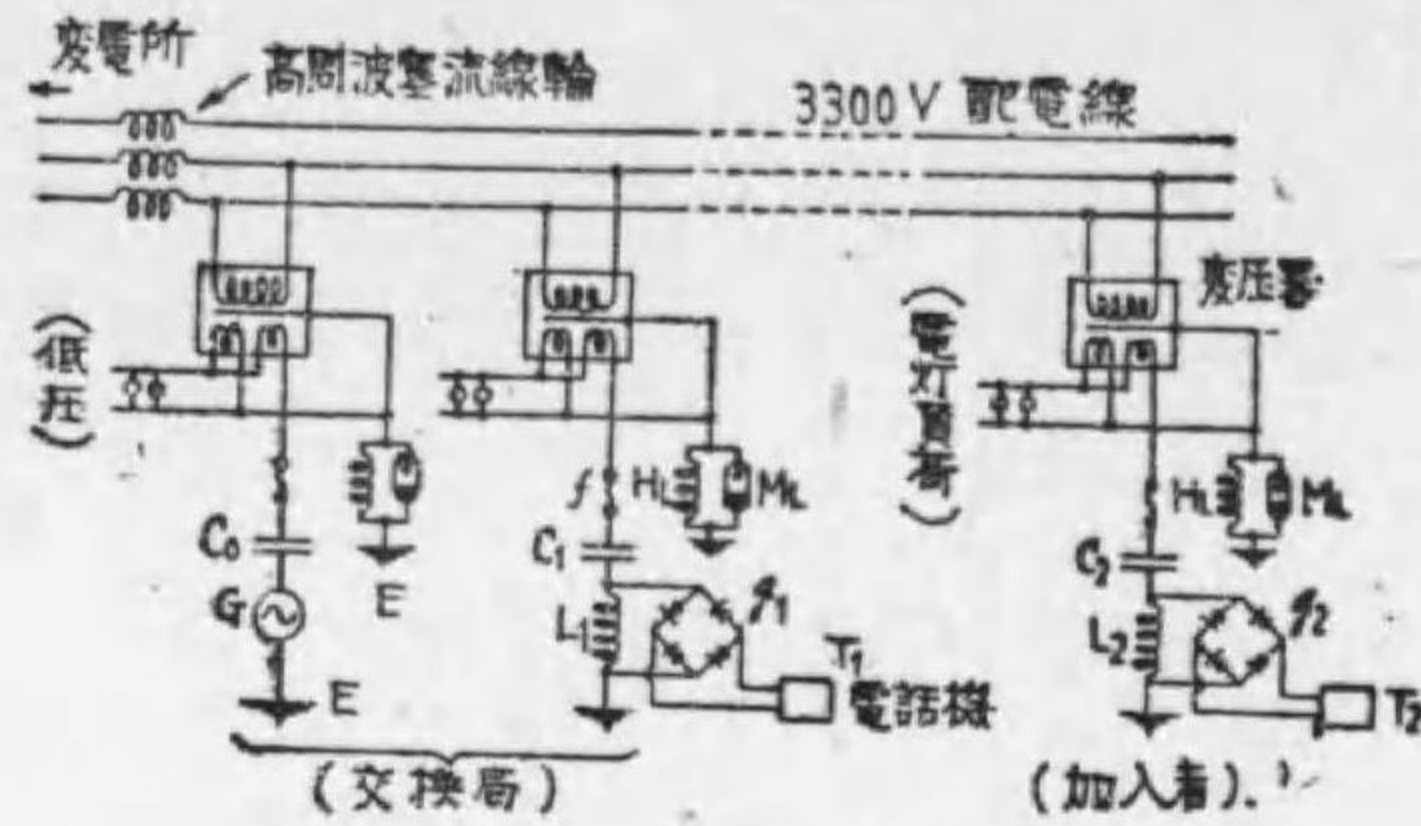
本搬送式電話は都會地に於ける如き、複雑多岐のものを對照とせず、電話の未だ普及しない僻地の配電線を利用し、互長の比較的大きい場合を目標に考案されたものである。この電話は搬送式であるから普通電話に比し、局及び加入者電話装置に多額の経費を要する譯である。従つて電話線を新に建設するよりも経済的である爲にはどうしても一定限度以上の距離に利用しなければ不得策である。尠くとも互長 4km 以上に使用さるべきで、この電話方式の最大通話距離は 20 km 位と謂はれ、互長が十數 km になると新に電話線を架設する場合に比し費用は數分の一で足りる。

(11) 搬送電話装置

云ふ迄もなく我々家庭の電燈電力は、先づ變電所から 3300V 級の高壓主幹線を以て配電され、所要の場所にて柱上變壓器を介して 100V 或は 200V に低下して供給されるのである。電燈電力線の周波数は 50 又は 60 サイクルであるが、この電話用としては 30,000~60,000 サイクル程度の搬送周波数の電流を重疊して使用するのである。

第 4 圖は通話回路を示すもので、一線は大地を利用してゐる。それで本式の電話を完全に働かすには使用搬送電流の大地に漏洩する

のを防止するために、変圧器の接地線に高周波塞流線輪 (HL) を結び、尙落雷とか高壓混線による危険に對して水銀避雷器 (ML) を並



第 4 圖

列におき、保安の目的を達してゐる。この保安装置の搬送周波數に對するインピーダンスは 15000Ω であるが、本装置は變壓器接地線に挿入せられるため、インピーダンスを含める接地抵抗が電氣工作規程により定められる値以下でないといふ都合悪い。そこで電話用變壓器は 2kVA 以下即ち高壓側の可熔片容量が 1A 以下であつて、その接地抵抗が 75Ω まで許されるものを利用するのである。本装置のインピーダンスは電燈周波數に對して約 40Ω であるから變壓器の第二種地線工事には何等の差支へもないのである。

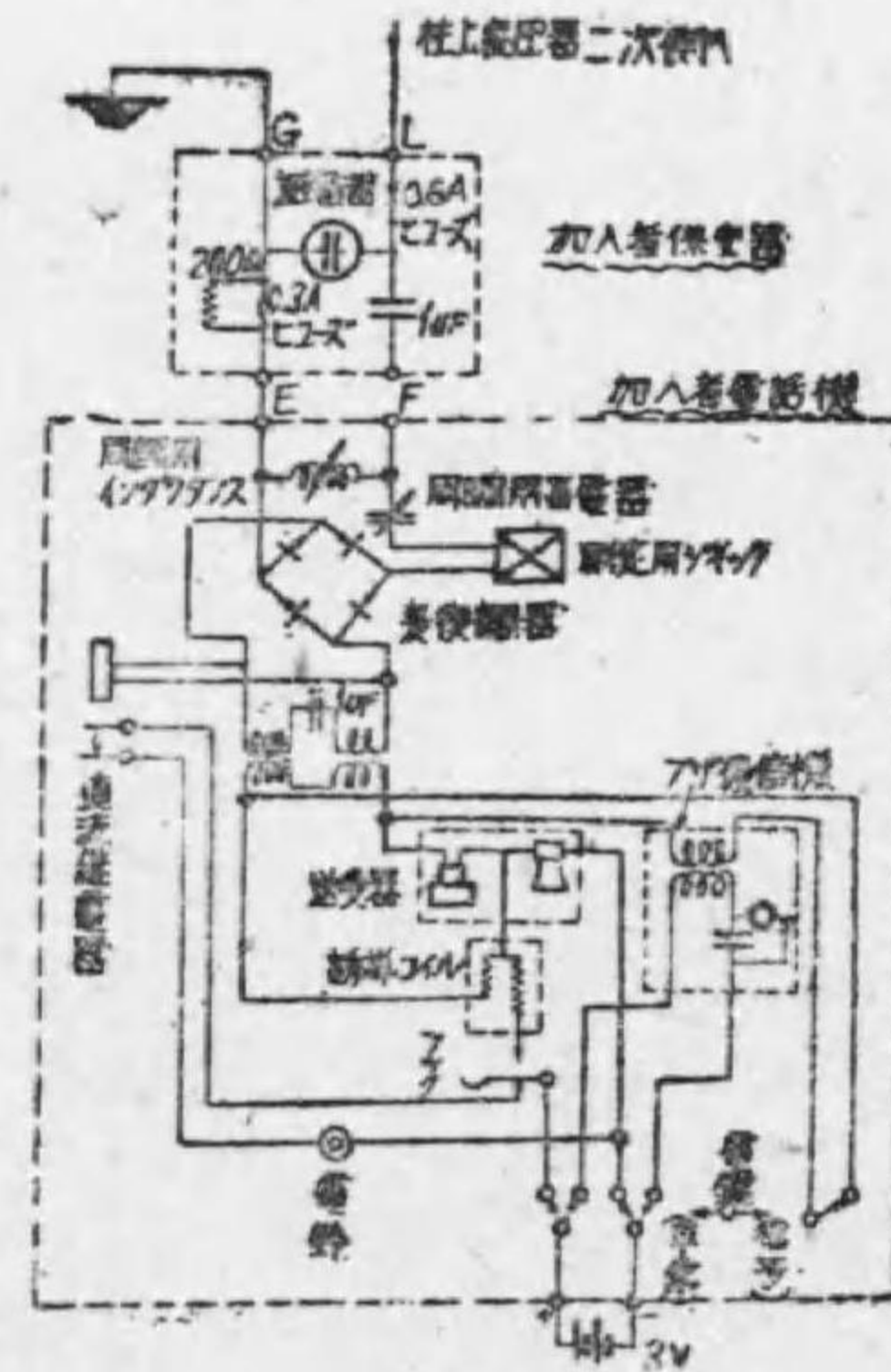
又搬送電流が變電所の方へ漏出するのを防止したり、或は配電線に長大な分岐線があり、該分岐線は電話に利用されない様な場合、出来るだけ能率よく通話を行ふ目的で該分岐点に高壓線用高周波塞流線輪を挿入する。これは配電用主電流を通じ得る一次コイルと同調コンデンサーを有する二次コイルとより成り、搬送周波數に對する一次コイルのインピーダンスは 1000Ω 以上であるが、普通の電燈周波數に對するインピーダンスは 1Ω 以下であるから配電線の電壓降下は無視し得る。

この搬送周波數の電流は交換局に設けられた真空管式發振器 G によつて送り出されこの發振器の大きさはラヂオセット位の大きさである

本電話は搬送式であるから通話する場合音聲周波 ($60\sim 6000$ サイクル) を搬送周波に移し、又搬送周波に移された音聲周波をもとの音聲周波に戻すところの變調器と復調器が必要である。

圖に於て同調線輪 L_1 或は L_2 の兩端に接続された亞酸化銅整流器 (g_1 及び g_2) がこれである。この同調線輪や整流器などは何れも電話器 ($T_1 T_2$) の内部に收められる位のもので外觀上普通の電話機と殆ど變らぬ。

第 5 圖は加入者宅に於ける電話装置の結線圖で、交換手が加入者を呼出さうとして交換台に於ける呼出キーを動作すると搬送電流の送出が止まり加入者の直流繼電器は動作を失ひその接点回路により電鈴が鳴り、呼出を知らせるのである。加入者が交換手を呼出さんとして電話装置の呼出キーを倒せば、約 800 サイクルの周波數を有する電話機内ブザーが鳴りそのブザー電流は變復調器を経て搬送波を線路に送り出すのである。本電話が普通の磁石式電話機と異なる点は呼出信號用磁石の代りにブザー發振器を使用する点である。



第 5 圖

(12) 配電線利用の搬送電話方式の實施

この搬送式電話は加入者相互間に通話出来るのは勿論、局を經由してならば普通の電話加入者とも自由に通話出来る。何しろ一配電

系統を共用する共同加入方式であるから秘密保持は不能で、且つ一時に二加入者間の相互通話しか出来ない不便がある。然し農山漁村用としては先づ充分であらう。將來はこの電話方式に小自動交換方式の如きものを併用して一般電話と全く異なる電話迄に必ず發達するであらう。

本搬送電話の遠距離用として、實地に使用せられた最初のもは濱松市附近の二俣町光明村間で(最大互長 10.6km) 昭和 13 年 3 月來以來實用されてゐる。又短距離用として同年 6 月より鐵道省信濃川發電所に於て、取入口と發電所間の配電線を利用して實施された。この發電所附近は積雪量が甚だ多く、其の爲に通常の架空電話線は切斷され勝ちなので本式を採用したのである。又浦和市附近で東京電燈會社所有の鐵線より成る配電線に適用し、茲でも良成績を擧げてゐる。時局に順應すべく誕生した配電線搬送電話の實施成績が、何れも良好なので、更に改良を積んだものが全國に涉つて使用されやうとして居り、又燈台局でも燈台電話用として採用し、其の他鐵道省、各電氣事業者、それに滿洲國に於ても使用される事になつた

本電話方式の前途は洵に洋々であり、本來の性能を愈々發揮するであらう。

送電線に於ける搬送電話

(13) 送電系統の保安通信設備

電燈線に應用する搬送電話は目新しいものゝ一つであるが茲に述べる送電線の搬送電話方式は其の歴史も古く、且つ新奇なものでもない。然し強電、弱電工學に跨る特殊なもの故紹介するとしやう抑々、特別高壓送電線に高周波電流を重疊して送電とは無關係に通信する着想は、世界に魁けて大正 7 年頃故鳥瀉博士等によつて研究し始められ、實際に使用されたのは大正の末期である。その後著しい發達を遂げ、内地の送電線に於ても搬送線路延長は約 500km に近く、その電話數も 100 箇を越へる状態である。中でも 154kV 送電線に最も廣く應用されてゐる。

さて、送電系統の通信設備として從來採用されて來たのは、電話線を送電線と同一線路に添架するか、或は全く別な電話線路を建てるかであつた。前者は添架される關係上、送電線よりの誘導妨害を受け易く、併も電話を最も必要とする送電線の故障に際して通話の出来ない場合が多い。事實 6 万 V 級送電線になると添架は困難である。さうかと云つて獨立した電話線路を設ける事は不經濟であるさうして、何れも送電線より機械的強度に於て、著しく劣る導線や木柱を使用するので、暴風雨或は氷雪の際先づ電話線が使用不能に陥入つてしまふことがある。ところが茲に云ふ搬送電話を電力線に重疊することにより、上記の心配は解消される許りでなく、變電所開閉所が一回線中に含まるゝ様な場合でも、周波數の割當をうまくやつて置けば其の選出装置により、任意の變電所、或は開閉所を呼出すことが可能である。

けれども搬送電話が無條件に優るとは云へない。何故なれば經濟上の問題を考慮しなければならぬ。即ち互長が大きい程搬送式が優り、互長が小さい場合は有線式が利益である。この限界は支那事變の起る迄は大略 30~50km と云はれて居たが、最近の如く各種資材の不足せる時代では、この限界はもつと引下られるものと推定してもよい。さうして此の搬送電話装置並にその附屬装置一端當りの建設費は大體 25,000 圓位と聞いてゐる。本邦にても東洋通信機、東京電氣無線、日本電氣、富士通信機等にて製作されて居る。

(14) 送電線搬送電話の諸方式

この搬送式電話の出力は本邦では最大 50W 迄許されて居り、大體送電線の互長が 100km 以下は 10W, 100~200km は 20W, 200~400km は 50W 程度になつてゐる。

又搬送用周波數は本來 50~150 kc (キロサイクル) の範圍が適當とされてゐるが、現在は逓信省の割當内規により、40~50 kc 及び 100~125kc のものが多い。

さて回路方式から分類して見ると

① 復周波同時送受話一搬送電流送出方式

これは送受信に異なつた二つの搬送波を用ひるもので、これ以外の種々の搬送波を重畳することは困難である。然し構造が最も簡単で機能も確實で一番実用的である。

② 単一周波数同時送受信—搬送電流送出方式

VODAS 装置 (鳴音阻止装置) を使用して送受信に同一の搬送波を使用するもので、多重性は増すけれども装置が矢張り複雑となり保守にも手数がかかる。

③ 単一周波数同時送受信—搬送電流阻止単側帯域方式

②の方式より更に多重性となるが、實用上難点が多くなる。さて三方式とも一長一短あるもので、我國では①に屬するものが多い。最近の様に送電網が複雑大規模になり、各種の搬送波制御装置等が用ひられる様になつて來たから、今迄等閑視されてゐた②或は③の方式が再検討される様になつた。

呼出方式にも

① 自動選擇呼出方式 大都市に使用されてゐるダイヤル自動電話機と同じ様に動作するものである。

② 信號呼出方式 局数少く複雑な自動電話機と同一の如きものを使用し、相手局番號に相當する番號をダイヤルすると、相手側の受信機の繼電器を先づ動作し、次に電話機のベルを鳴動さすのである。

③ 搬送式電話が初めて實用になつた時に採用された方式で、呼出側で先づ相手側名を呼んでそれから通話を始めるのである。

(15) 送電線搬送電話装置の構成

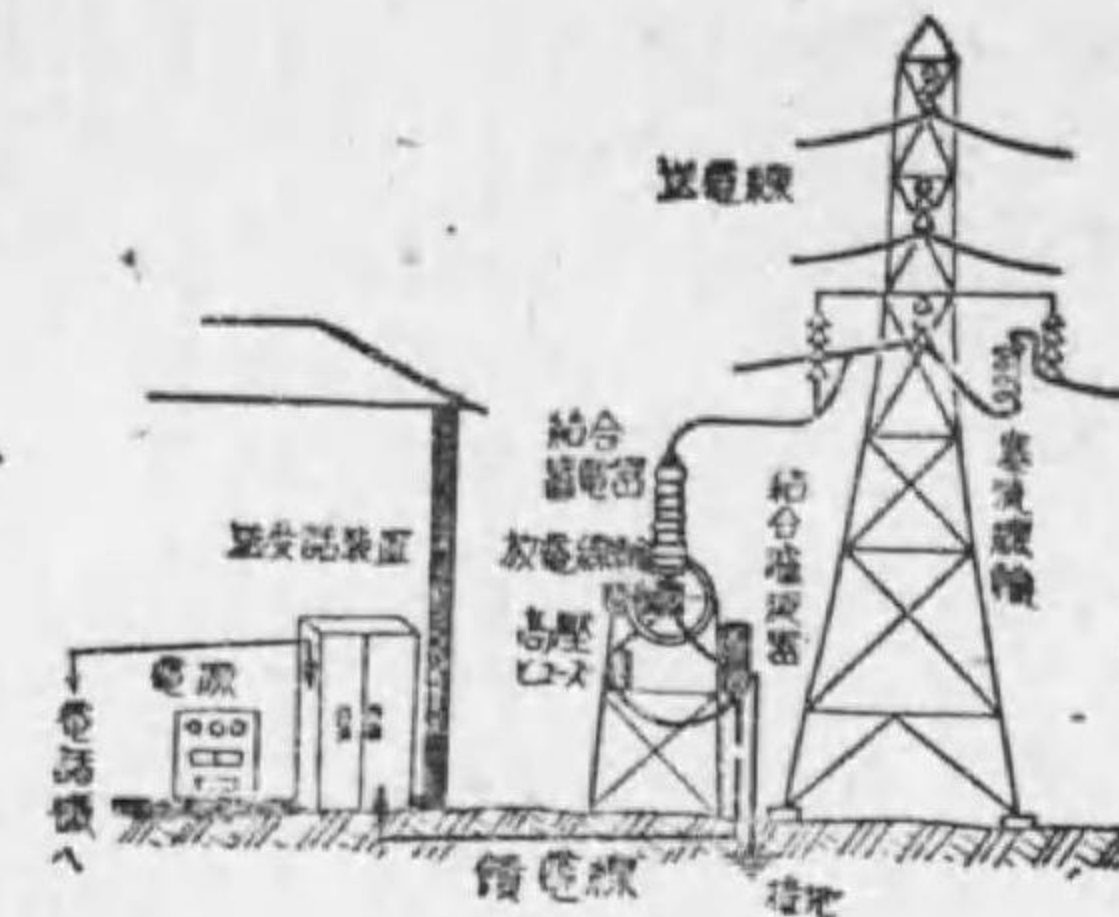
第6圖は電力送電線へ搬送式電話を結び付ける略圖である。是等の傳送回路方式は殆ど大地歸路式で、送電線の二相線間に結合した金屬回路を用ひたものは少い。これより附屬機器の動作を摘記するとしやう。(第8圖をも参照)

① 結合蓄電器 初期は $0.0005 \mu\text{F}$ (マイクロファラド) 程度の靜電容量を有するケーブル型や碍管型を用ひてゐたが、最近は全くOF型 (油入型) 蓄電器を用ひる。(第7圖参照) 其の容量も $0.001 \mu\text{F}$

から最近のものは 0.002 或は $0.003 \mu\text{F}$ を採用してゐる。蓄電器式の採用により搬送電話は進歩したと云つても過言でない。

② 饋電線

高周波饋電線としては大部分單線又は二線の架空裸電線を用ひてゐたが、最近のものは二心地下ケーブルを用ひる。これは架空線式に較べて施設費高價になるも所内の美觀を害ふことなく、且つ

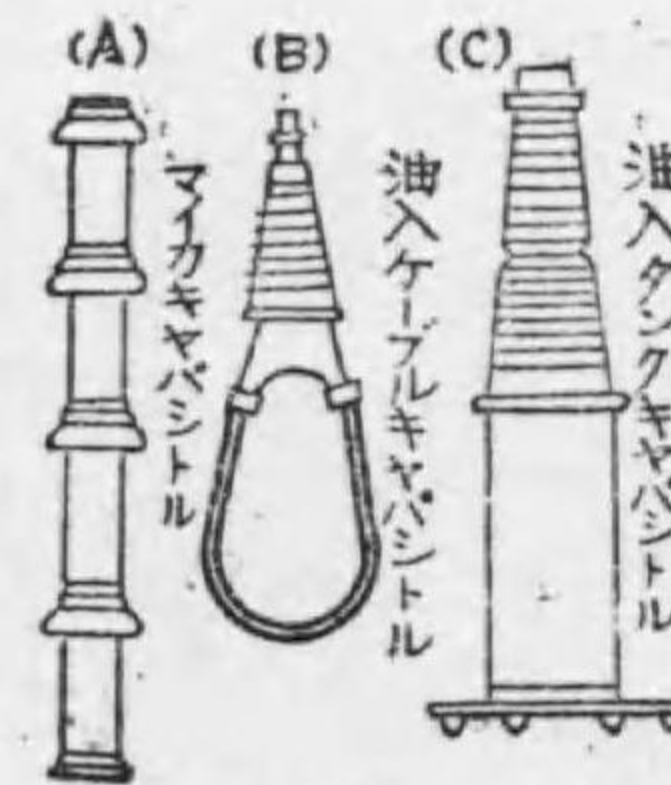


第6圖

外部からの雜音誘導などの妨害を受けぬ特長がある。

③ 屋内保安装置 結合蓄電器が万一にも絶縁破壊或は閃絡の場合、この装置を焼損より防ぎ、通話者をも保護するものとして、

(イ) 放電線輪 結合蓄電器低壓側と大地間に挿入する自己誘導線輪で、電力周波数に對するインピーダンスは極めて低いが、高周波に對し高いインピーダンスを有し、通話損失が小さい様にしてゐる。又之と並列に放電間隙を作り、線路の異狀電壓を放電する様にしてゐる。



第7圖

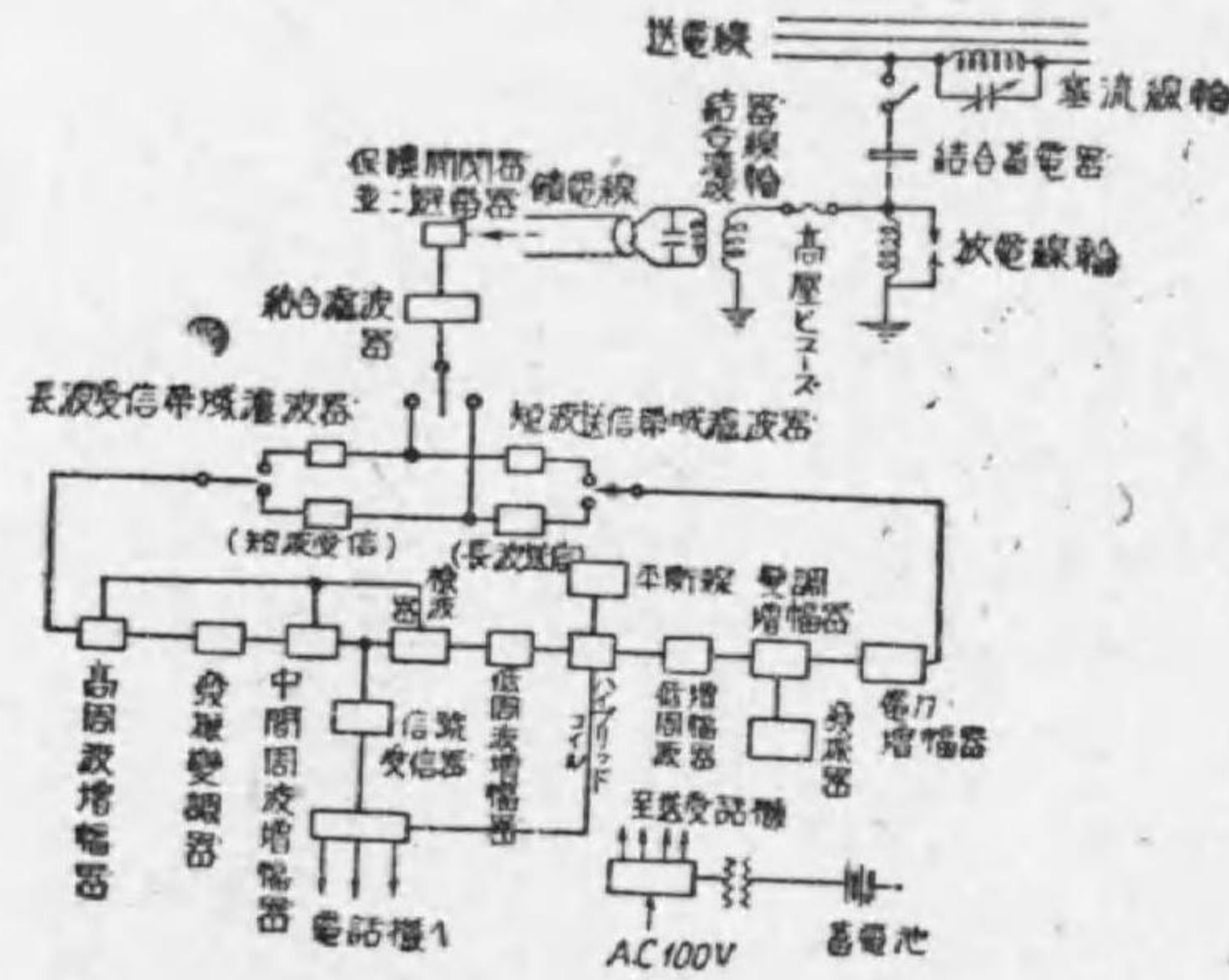
(ロ) 高壓可熔片 結合蓄電器

と結合装置の間に挿入し約 3500V , 1A を遮斷する能力を持つてゐる

① 高周波塞流線輪及び高周波橋絡装置 複雑な送電線の分岐する場所、並行二回線の連絡箇所等に此の塞流線輪を取付けるが、

取付けずに済して居る線路もある。又送電線の途中にある開閉所の油入遮断器に對し、或は電壓を異にする異系統の送電線を結ぶ搬送回路に對して橋絡装置を用ひる。云ふ迄もなく油入遮断器が動作した後は搬送電話が通じないことになる故、高周波電流だけ都合よく通過する様にしたものである。

⑤ 搬送送受話装置 各製作所の型によつて、一概に云へぬが第8圖は比較的新しい方式の結線圖である。是等は高さ、幅、奥行が 200×120×50 cm 位の金屬函内に納められる。何しろ使用真空



第 8 圖

管の数は 20 箇近いし、動作繼電器も 30 箇に達するので、構造は仲々複雑なものである。電源装置は交流の 100 又は 200 V より整流装置を介して直流電源として供給される。万一の停電に對しては蓄電池により電動發電機を自動的に起動し、その交流出力を以つて整流装置を動作させる。

尙、一搬送装置に 3~5 箇の加入電話を收容し、加入回線が特に長くて通話の減衰甚だしい場合は、終端に増幅器を用ふる。接続装置により交換台或は普通電話回線との連絡も可能である。

搬送用携帯電話器も使用可能ではあるが、送電線との結合方法が六つかしく、重さも大になり、取扱ひに不便があるので一般に使用

されぬ。

(16) 送電線搬送電話の故障と保守

念のため使用者側の搬送電話装置に對し望む條件を挙げると

- ① 價格が廉いこと。
- ② 動作が確實安定なこと。即ち、天候氣温、線路状態等の影響少く動作調子の變らないこと。
- ③ 構造が可及的簡單で、点檢や調整が容易であること。
- ④ 音聲明瞭で雜音なく信號の送受も容易で、無線妨害や混信の惧れないこと。
- ⑤ 消耗品少く、維持費の少いこと等であらう。

さて、今日迄の實績による障害の種類を大別すると

① 電力線の故障によるもの 送電線の斷線か接地が主なものであるが事件は少い。その他開閉器類の操作に起因するもの、氣象變化により線路定数が變化したり、不良碍子や塵埃の附着なども相當悪い影響がある。

② 電話自身の故障 これこそ種々あるであらうが、出来るだけ室温の餘り昇らない振動の少い靜かな場所がよい。少々の振動で部分品が緩んだり、真空管がソケットから浮出して振動音を發生すること等が案外つまらない故障の原因となるものである。

③ 外來電磁波によるもの 雷放電、近接電路の誘導及びラヂオの影響などあり、又原因の判らぬ連続的に、或は間渴的に通話や信號が不能に陥る様なこともある。

この搬送電話は從來の有線電話に比較して構造が複雑で、然も真空管即ち電子工學を應用したもの故、發變電所従業員が敬遠し勝ちである。

次に保守上注意しなければならぬ要点は

- ① 僅か一つの不良箇所があつても、全体の通話能率に影響するから最善の監守が必要である。
- ② 空中又は氣象状態變化その他から總合的調整が再々必要である。
- ③ 部分品の豫備を常に手許に置くことが必要である。
- ④ 試験装置としても高周波電流計位は備付けるのがよい。

この搬送電話方式が先驅をなした結果として、送電線に於ける遠方計量式、繼電方式、遠隔制御方式等が次第に實用され、送電系統の監視保守に新しい分野を拓き、又資材愛護の一面にも協力してゐる譯である。

(17) 水中通信の價値

水中通信とは水中に於て、或る距離を隔てた二点間に水を媒質として信号を送受する方式である。無線電信電話が著しく普及發達した今日、航行中の艦船相互間或は艦船と陸上の無電局との通信には今更水中通信の價値もない様に思はれる。然し乍ら水中通信にも独自の長所と特異性を有してゐるので、この改良進歩は相變らず續けられてゐる。もともと水は電磁波や光線に對しては甚だしく不透明であるけれども、音波に對しては其の減衰する割合は空氣中より遙かに尠く、物理的諸條件も仲々よいので、今日の水中通信は専ら水中音響通信法とも考へて差支へない。

それでは水中音響通信がどの方面に活用され、且つ如何なる特長があるであらうか。

① 潜水中の潜水艦から發受信し得ることである。普通に潜水艦が長距離の電氣通信を行ふ場合は浮上りアンテナを立て、通信しなければならぬ。これが潜水中に自在に行ひ得れば其の偉力は更に増加するであらう。靜かなるべき大平洋の波濤も漸く騒しい。しかし吾々は堅き海の守り、まして冠絶せる潜水戦隊に絶大なる信倚をなす以上、水中通信の一大躍進を望まずには居られぬ。

② 高度の秘密性を有してゐる。無線電信電話の場合は極めて容易に且つ廣い節圍の電波の傍受が可能であるが、水中音響通信には何れ後述するが超音波（耳に感ぜぬ高周波の音波）を利用するので都合よい。何故なれば超音波送受信器が共に機械的な共振作用を利用するので、受信器の動作はその機械的構成で支配され容易に變更し得ぬので任意の音波を受信する事が不可能であるによる。又超音波は電波の短波や超音波に似て尖鋭な方向性を有してゐる点、更に音響の減衰が電波に較べて多いから近接した艦船へは強く傳へ遠

方の艦船には傍受し難い程度の音波も出し得る譯で、これも秘密性を確保する一因とも云へる。

③ 通信の安全性が多い。近代戰爭では艦船上のアンテナは空爆の危険を覺悟しなければならぬ。万一之に原因して無線電信電話の送受信が不能となる様な惧れもないと云へぬが、水中通信はその機能が艦船の比較的下部にあるので安全性が大きいと云へる。

其の他軍事上では艦船の方向探知に應用されたり、水探を測定したり或は測探と類似の原理を用ひて距離を測る様な方面にも活用されてゐる。

(18) 水中通信の發達小史

水中にて石をカチカチ鼓くと之の音がよく聽へる現象を経験した人も尠くないであらう。水中に於ける音の傳播速度は毎秒 1440m (8°C に於て) で、空中に於ける傳播速度 (同温度で約 336m/秒) の約 4 倍と云へる。

水中に於ける音響現象を比較的正しく研究したのは 1826 年で、鐘 (高さ 70cm 重さ 65kg) を水中 3m の深さに置き實驗したところ 13.5km 9.4 秒で音響が傳つたので其の速度は 1435m/秒と稱へた。更に 500kg の鐘を用ひて 35km の聽音に成功したとのことである。さて鐘を使つてモールス符號の様なものを送るとした場合、電信に較べてトン、ツーの時間が長くかゝるので都合が悪い。そこで高速度用の鐘、或はサイレンなど研究は續けられて來たが、何れにしても海水中にあるもの故完全な發信器は出來なかつた。更に擴聲器に似た電氣的振動板が研究され、1911 年頃米國人によつて、可動線輪型の大磁聲器つまり「フェツセンデン振動子」が完成せられ、次いで可動鐵片型の大型のものも完成せられた。これは何れも可聽方式に於ける代表的のものと云へよう。一方受信器も直接耳に導く代りにマイクロフォンによつて一度電流に替へる工夫が長い間續けられたが、眞空管の發達につれて送受信器とも面目を一新する様になつた。

次いで第一次世界大戰中佛人によつて水晶の所謂壓電氣現象 (ピ

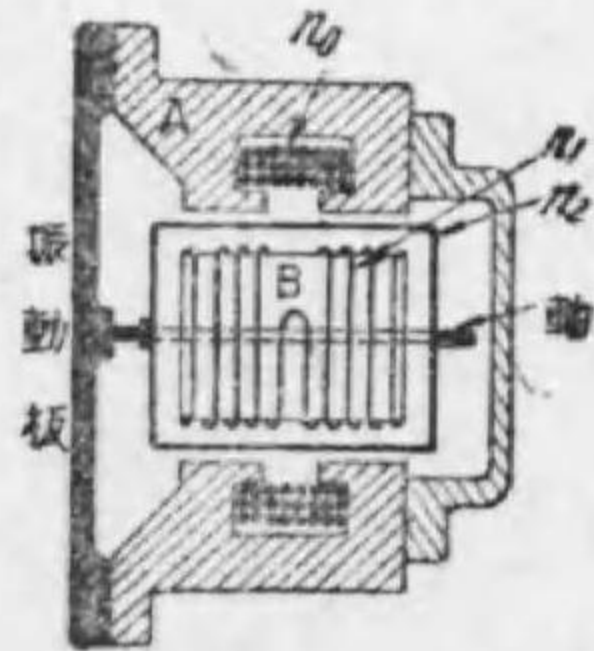
エゾ効果とも云ふ)を利用する超音波方式が考へられ、これが飛躍的な進歩を遂げ、現在に於ても最も廣く利用されてゐる一方式である。近年になつてニツケル或はニツケル合金等の磁氣的歪現象の利用が刮目され、之等水晶振動子或は磁歪振動子はそのまゝ送信用たると共に受信用としても用ひ得るので將來は更に進歩することと思ふ。

我國に於いても水中通信の研究は可成り進められ、水中超音波を使用する搬送電信電話の可能性を確める實驗を終り細部の技術的研究に入つて居り、又 20kc (キロサイクル) 大型磁歪振動子の製作や衝撃波とブラウン管を併用する様なものなどが研究されてゐる。現在に於ける水中通信の最大通達距離は約 250km と云はれてゐる。

(19) 水中通信の送音器と受音器

水中音響通信法も電波の場合と同様に電信と電話とが考へられる初期の鐘やサイレンではせいぜい電信符號を送るだけで且つ通信速度も極めて遅かつたのである。是に對し送受信に電気的方法を採用する様になつて通信能力を著しく向上せしめ得たのである。電気的通信を行ふ場合とてもその技術は他の有線無線の送信機受信機と全く同一であつて、只アンテナ或は電線の代りに電気音響變換器として振動子が入つた丈である。

①可動線輪型送音器 これは磁場の中で電流の受ける力を利用するもので、第 9 圖はフェツセンデン振動子を示す。A は圓筒状



第 9 圖

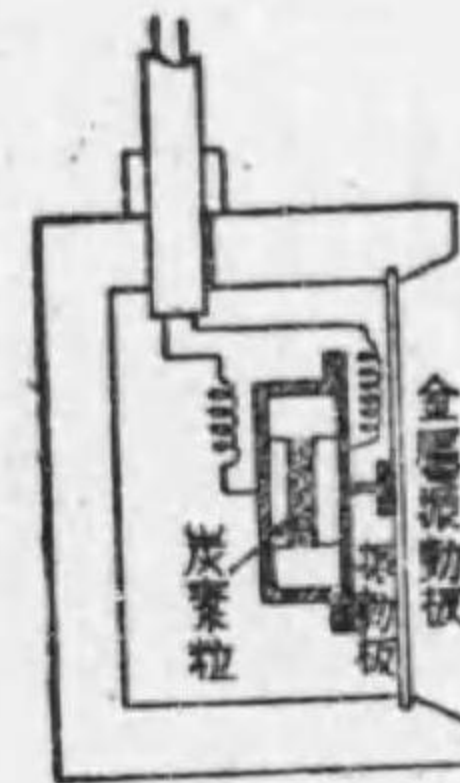
線輪は一本の短絡巻線であるから強力な電流を生ずる筈である。且

の電磁石で n_0 によつて勵磁せられ、又中央に B なる磁極があつて之には n_1 なる交流入力用の線輪(無誘導に巻れる)がある。併して AB なる 2 個の固定磁極の狭い間に n_2 なる一個の銅の圓筒が挿入せられ軸及び振動板と一体に固着されてゐる。今外部回路から n_1 に電流が入來すれば之が一次線輪となり、 n_2 が二次線輪をなし然も二次

つ銅筒の中央から半分づゝに就いて誘導電流の向きが反對であると共に、磁場の向きも反對であつて、相互の力が相助けて銅筒は軸の方向に前後し振動板を動作せしむるのである。

②可動鐵片型送音器 本型は線輪が固定し、その電流變化による磁力線の變化に應じて振動鐵板又は振動鐵片が動作する

③受音器 現在使用されてゐる受音器の殆ど全部は音波を一度



第 10 圖

電流の形に變へ、之は増幅して且つ、任意の場所へ送つて音として再生する形式をとつてゐる。第 10 圖は炭素粒マイクロフォンにして最も廣く利用されてゐる。導線は内部の空洞部から水密に作られたケーブルを通つて増幅器に導かれるもので、この感度は 500 サイクルの音波を $\frac{1}{2}$ H.P. で發射して音源から 40km 位迄増幅器なしで聴き得ると云ふ。空氣中には 200H.P. サイレンを鳴らし、之を良いマイクロフォンで受けても 15km 位と稱

せられるから水中では音の傳播が如何によいかが諒解される。

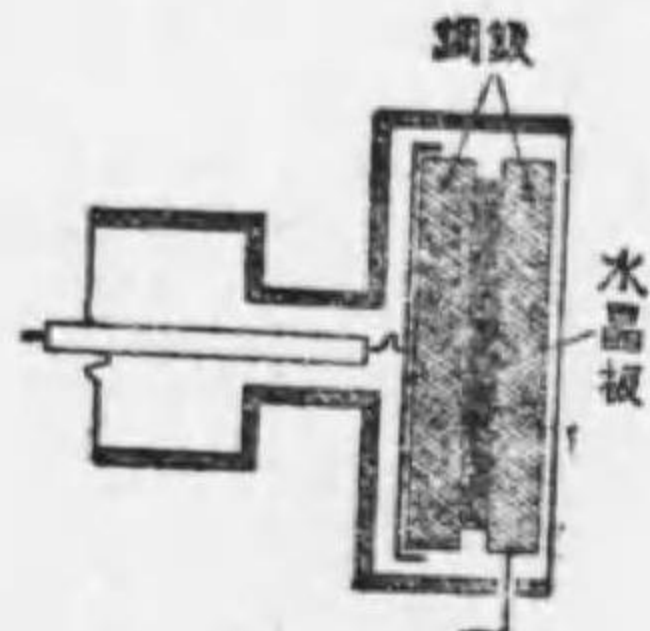
次に水中受信では推進機の回轉に伴ふ泡や渦の發生など種々の雜音が入つて來るので受音器をどんな位置におき、如何なる容器に保持するか重要な問題である。炭素粒受音器はそれ自身雜音も出すし、振動を受けると直ぐ雜音の原因ともなる。そこで多少感度は悪くとも雜音混入の少いところのもの即ち前述した可動線輪型や可動鐵片型送音器をそのまゝ受音器として利用することもある。その他廣範圍の音波に感ずる様にしたものや、蓄電器型のマイクロフォンも製作されてゐる。

④壓電氣現象を應用した送受音器 結晶体は必ず彈性体であるから、其の彈力と密度と外形によつて定まる色々な種類の振動を行はしめることが出来る。例へば水晶の薄板を一様に壓縮して急に離したとすれば、水晶片はその彈力によつて元の靜止の姿に還るために伸びるが、惰力のために伸び過ぎて又再び靜止の位置に歸らうとする。斯様なことを何回となく繰返して所謂自由振動(固有振動と

も云ふ) をする。そこで今此の水晶板を電極で挟んで此の自由振動の周期と等しい周期の交番電圧を加へると、壓電氣的にその振動を最もよく助け所謂共振状態を起し、非常に強い振動をなすものである。従つて電源からはその歪に相應する強い電流が送られる。それで音波を壓電氣結晶板即ち水晶板等に加へて音壓の變化を電流に轉換し、又逆に電氣的變動を結晶板を挟む電極間に加へても音波に轉換することが可能になつて来る。水晶が振動子や發振子として廣く用ひられるのは、結晶のよいのが多量に得られること、その性質が

永久に安定で且つ固有振動数が變らないからである。

第 11 圖は水晶板の薄片をモザイクに並べ、之の兩側に厚い鋼板を貼り付け一体とし共振させる様にしたもので、二枚の鋼板は蓄電器としても作用する。斯くすることにより感度を改善する丈でなく技術的にも經濟的にも著しい利点があるからである。厚さ 0.2

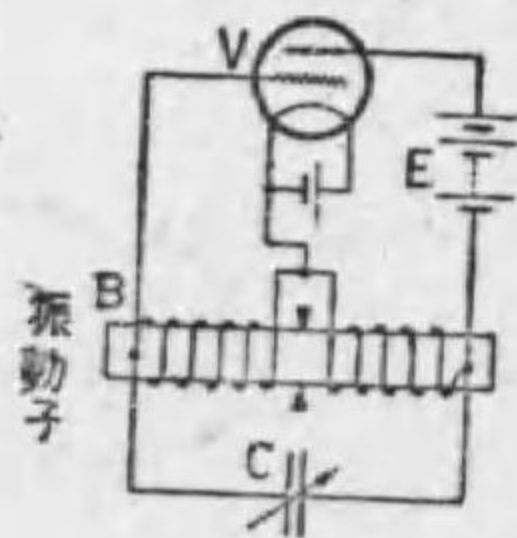


第 11 圖

cm の水晶板を約 3cm の鋼板で挟み、振動板面積 800cm² の兩極に 10000V を加へると 4×10⁻⁵cm 程度の振幅を生じ、1W/cm² のエネルギーを放射する。このときの周波数は約 4 萬サイクルである

⑤ 磁歪現象を應用した送受信器 ニツケル或はニツケル合金等は磁化されると變形し、逆に變形を與へると其の磁化状態が變るものでこれを磁歪現象と稱してゐる。それでニツケルの棒とか板を筒線輪中に入れ、直流磁界に重疊して交番磁界を加へると壓電氣による振動子の様に共振せしめる事が出来る。この振動子を應用して磁歪發信器とか超音波の音源を作ることが出来る。

第 12 圖はこれの原理を示す圖で、振動子 B をよく振動せしめるには陽極電流によるか、或は外部から直流磁界を與へて適



第 12 圖

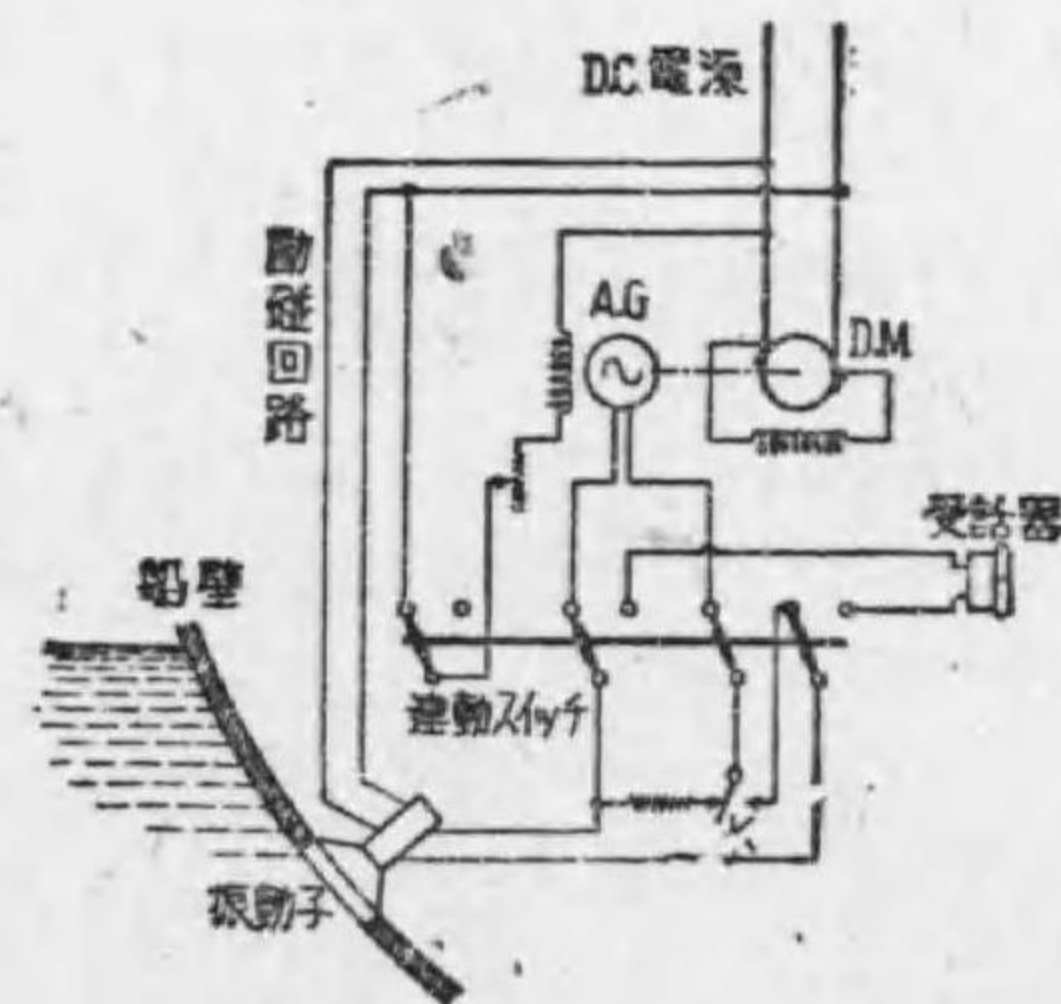
當に磁化するのである。發振周波数は機械並に電氣的性質上 1~300 kc 程度である。尚、磁歪振動子は極めて低いインピーダンスで作られてゐるから受信器又は送信器から相當離れた所に置かれてゐても他の妨害など受けることは比較的少い長所がある。

今まではその基礎となるものに就て述べたので興味を惹かなかつたと思はれるが、以下順次實際の通信法やその諸應用を紹介するとしやう。

(20) 水中音響通信法

水中音響通信法は無線電信電話の著しく發達した今日、其の應用される領域は益々狭くなり、寧ろ後述する様な方向探知法、河海の測深などの諸應用方面に限られるかの様な觀がある。

第 13 圖はフェツセンデン振動子を使用した簡單なる送受信器回路を示したものである。



第 13 圖

今、直流電源を以て直流發電機を運轉し、500 又は 1000 サイクル程度の高周波を發生せしめるのである。さうして K なる電鍵の操作によつて其の符號電流を振動子に加へるのである。尚振動子の電磁石を勵磁する必要上直流電源から電流が供給せられる。次に連動スイッチによつて振動子の入力を受話器に切替へると受信機として活用出来るのである

さて、水中音響通信法を實施する場合に注意すべき諸事項を擧げると、

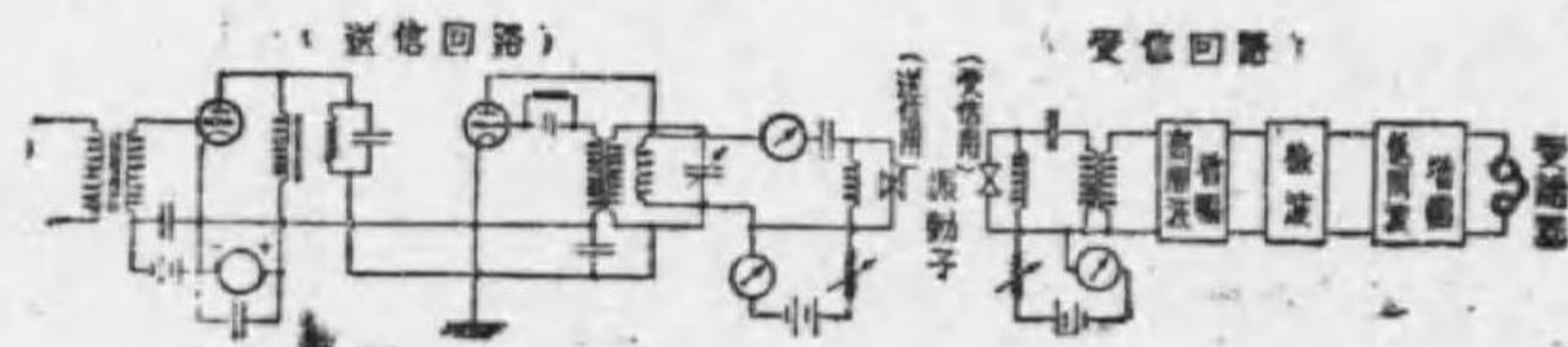
- ① 送受信器の取付位置 船体自身が音を遮る様な位置や、

今、直流電源を以て直流發電機を運轉し、500 又は 1000 サイクル程度の高周波を發生せしめるのである。さうして K なる電鍵の操作によつて其の符號電流を振動子に加へるのである。尚振動子の電磁石を勵磁する必要上直流電源から電流が供給せられる。次に連動スイッチによつて振動子の入力を受話器に切替へると受信機として活用出来るのである

船の向きによつて著しく感度の相違する様な場所に取り付けるのは避けねばならぬ。特に高速度にて航行中通信をする様な場合液体抵抗の影響は極めて大きい。それ故高速度艦船用送受信子の船外に露出する部分の形（通信しない時は船壁内に隠れる）は其の断面が流線形に作られ、構造全体が流れの方向に自由に回轉し船の轉向その他によつても常に水抵抗が最小なる如くし、且つ此の部分にて水の渦巻を生じ雑音の原因とならぬ様に工夫されてゐる。

④ 水中の雑音 水中雑音の最も大きい原因は船舶の航行によつて發せられるもので、實際上各種船舶の發生する雑音の周波数は2000サイクル以下のものが大部分である。この雑音の中自船の發するものが最も困つたもので航行中の受信を制限する一因子をなすものである。従つて送受信振動子の位置もこの点から一考すべきである。又受信の帯域が狭いことは雑音の影響を防ぐ点からは好ましい性質である。

⑤ 明瞭度 送受信振動子に機械的共振を利用する方式殊に超音波方式では特に重要である。何故なれば機械的振動系がどれも極めて尖鋭な共振を示すことに原因するもので、利用し得る周波数帯域は普通數百サイクルの範圍を出ぬのである。例へば水晶或は磁歪振動子を用ひる通話に於ては搬送波に乗せた場合單一側帯波だけを利用するのが普通である。本邦に於ても數萬サイクルの磁歪振動子を用ひ入力僅か 10W で以て 3km 以上の通話に成功してゐる



第 14 圖

茲にこの種送受信回路の一例を参考に示して置かう。

(21) 測深と測距に應用

船底又は船側から下向きに發射された音が海底に至り更に反射されることを利用し、發射時から反射受音時迄の經過時間を測定して深度を測ることが出来る。又下向きに音を發射する代りに横向きに發射して他の障礙物からの音の反射を利用して船と其の間の距離を測定することが出来る。而して前者が音響測深法、後者が測距法であつて、その原理とする所は兩者相一致し何れも水中音響利用のうち最も廣く實用されてゐるものである。

さて、音響發射をなす方法や反射を受信する方法、或はその間の時間を求める方法などに夫々の工夫が積れてゐる。先づ音を發射する方式には

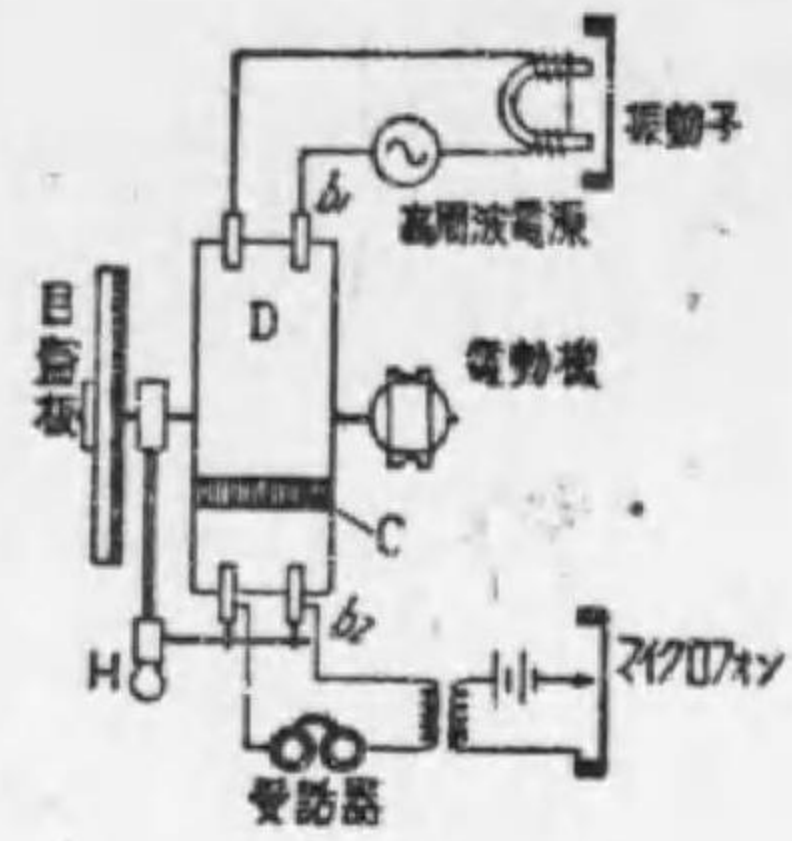
① 可聴音方式 (A) 鐵板を鐵槌で打つて急な減衰音を出すもの
(B) フニツセンデン振動子の様な送音器を用ひ數千サイクル音を出すもの
(C) 火藥などの發火爆音を利用するもの

② 超音波方式 (A) 水晶振動子 (3000~40000 サイクル)
(B) 磁歪振動子 (15000 サイクル附近)

而して、超音波は方向性が大きい爲に送受音器を接近し得る長所があり、又受音器が機械的同調を使用するため雑音の妨害を避け易いよところもある。他方可聴音は船体壁等を通すことが容易な上に水中の減衰が少いので遠距離又は深海用に適する特徴を持つてゐる。15000 サイクルの可聴音方式によると $\frac{1}{8}$ 吋程度の鐵板を通させるのが普通である。

次に測深法に於て夫々特徴を示すものは指示装置である。さうして比較的遠距離の測定には秒時計 (stop watch) 或はこれに似た機構から出來てゐる回轉指針を以て直接耳と目による測定も可能であるが、近距離用としては更に種々の考案がある。

第 15 圖は絶縁物なる圓筒 (D) が電動機によつて一定速度にて運轉される。さうして圓筒表面の一部に取り付けられた C なる導体片に刷子 b_1 が接觸する瞬間のみ振動子に高周波の電流が通るので振動子から短時間音波を發射し、この反射音をばマイクロフォンにて受けるのである。然して受信が或る瞬間即ち b_2 が丁度 c に觸れてゐる場合に限つて受話器に受信音を聞き得るわけである。よ



第 15 圖

つて H なる把手によつて b_2 の位置を適當に加減し、反射音を受け得る位置に調整すれば目盛板の読みから直ちに距離を測定し得るのである。つまり圓筒上の導体 c が b_1 から b_2 まで動く時間が音の發射から反射歸來する時間であることを利用し、 $b_1 b_2$ の距離を加減して時間を測定するのである。併して水中音響速度は、1500m/秒（精確には深さ、温度、鹽分等により更正しなければならぬ）であるから、これより深さ或は距離が測定出来るのである。尙耳を用ひる方式の他に眼を用ひる方法、即ち小型放電管が一定速度で回轉し受信位置に於てのみ發光する装置、或は檢流計の鏡による光点の反射像が圓周上又は直線上を動いてゐて、受信位置に來た時光点の偏れるのを利用する方式、或は電氣化學的記録方式など色々あるが詳細は略しておく。

その他火薬を填めた重錘を水中に沈下せしめ、水底に達した時この火薬が爆發し、その爆音を聽いて深さを測定する手段、又一定の割合で直線的に高さの變化する音を發射し、反射音と發射音とのビートを求め、そのビートの周波數から深さを推定する様な方法もある。

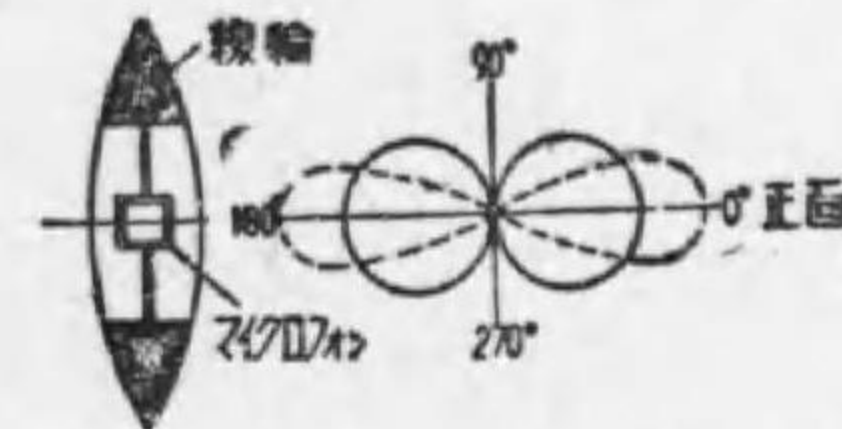
何れにしても此の測深法は音響波、送受信器の感度、指示計器の精度などに支配せられるので測深の範圍は短距離は數十 cm、長距離の方は 10km の間である。さうして之に要する電力も淺海用は數 kW 位でよいが長距離用のものになると數百 W も必要となつて來る。

(22) 方向探知法

方向探知法は針路決定その他特殊目的以外は普通敵の艦艇を其の雜音によつて捕捉することが目的である。受信器も炭素又は可動線

輪形のものが多く用ひられ可聽音に限られる様である。この方向探知法が進歩すれば潜水艦の不法な潜入又は接近を探知する事が可能とならうが、他方潜水艦は潜望鏡を頼らずに敵艦に接近奇襲を行ふことが容易とならう。水中方向探知法に應用される原理は種々あるが其の概略を紹介する。

① 受信器の指向性を用ふるもの 第 16 圖の様に周圍に圓形線輪があつて、これに振動板を張り中央に小さいマイクロフォンを取付け、精巧な構造にすると ∞ 字形の指向性を持たせる事が出来る。併し指方向性が点線の様に鋭いとよいが、普通は實線の如くなくなつて最強の方向に餘り鋭くないのが欠点である。これに少



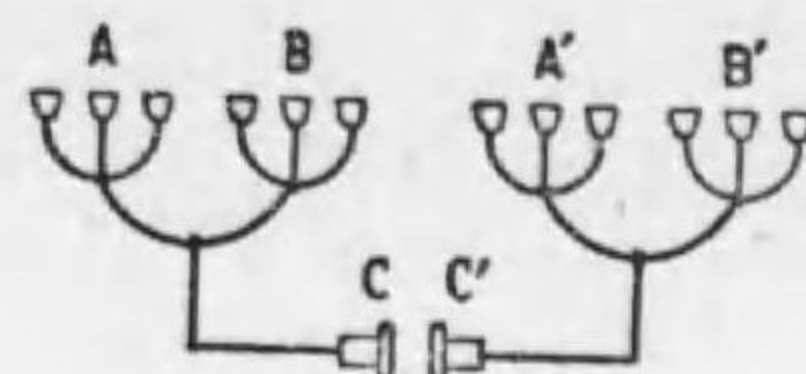
第 16 圖

しく改良を加へて一方側だけの指向性を持たせる様にしたものもある。

② 二箇の受信器の位相差から方向探知 適當に隔てゝ置かれた受信器に音が正面から來る時は同位相に入るが、斜方向から入來すれば互ひに位相差を以て入つて來る。例へば、兩受信器の距離が半波長に相當するとすれば横から來た音は反對の位相で夫々聞べることになる。従つて今兩受信器の入力を加へる時は正面からのとき最大、横からの時は零になる。そこで受信器を一緒に廻して其の出力の和の最大の方向が音の方向を示す事になる。又受信器自身を廻す代りに夫々の音の一方に人工的に遅延を加へ遅延量から方向を知るのが普通である。その遅延としても電氣的遅延回路網、磁氣錄音を利用するもの等が考へられるが、最も多く利用されるのは空氣中の導管の長さを任意に變へて、水中音の位相差を補償する方法である。これを用ひると大體 2~3° の精確度を以て探知し得られると云ふ。

③ 多くの受信器系を用ふる方法 これは防空用として使用される聽音器に似たものである。第 17 圖は 12 箇の受信器を直線的に配列したもので、先づ A 組の合力の最大を與へる方向を求め、

次に B 組に就て同様の最大を求め夫々の和 AB に就て更に最大を



第 17 圖

C に求めて一方の耳に導く。同様に他の一組より他の耳に導いて方向を正確に決定するものである。例へば AB 組は右舷に、A'B' 組は左舷につけると都合よくゆくであらう。然し直線的に配列したものは並行な方向音には特性がよくないので、圓周配列となせばその指向性も感度も鋭くなる長所がある。

① 特殊な方法によるもの 音響レンズと稱するものは、直径 3 呎 6 吋位ある特別な形をなし、これに多数の振動板が附いてゐる。音が入来すれば各板が振動し音の方向に応じて異なる点に焦点を結ぶ様に作られ、其の位置をマイクロフォンで捕へて方向を推定するものである。機構が複雑な關係で實用的でない。又船体の兩側に一箇づゝ受音器をおき、船体をぐるつと廻して見て兩者に同じ強さの音が入る時、音の方向に船が向ふ事を知る方式もある。大体 10° 内外の正確度を有するので海岸局などの音響送信を聞いて船の針路を決める場合に利用される。

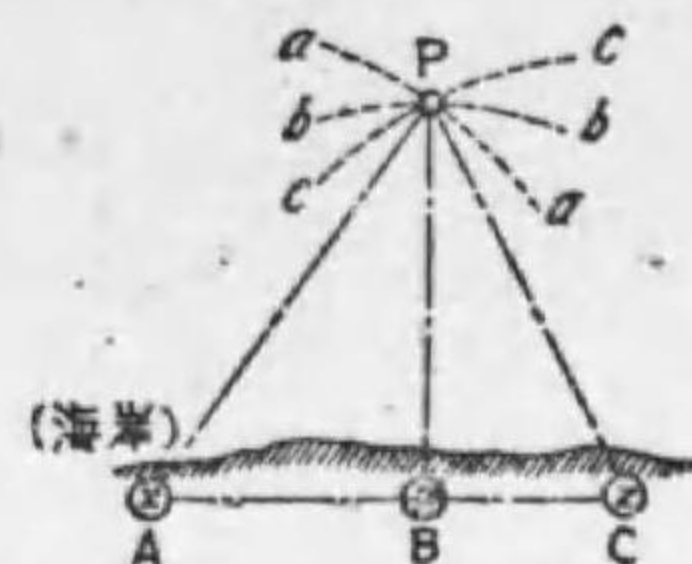
以上のうちで最も廣く用ひられるのは 2 箇或はそれ以上の受音器系を採用する方式であるが、何れの場合に於ても最も大切なことは各受音器の感度並に諸特性が全く同一であることである。

(23) 位置の決定法

① 一つの方法は 傳播速度の異なる二つの波を同時に發射して兩波の到着時間差から位置を決定する方法である。即ち電波と水中音波の組合せが實際に採用される。この方法を燈台、又は燈台船に備へて附近通行の船舶に位置を指示する方法として極めて有力なものである。

② 次の一方法は 船舶が位置を知るために先づ自船より發音(火薬の爆發)すると、直ちに海岸局は受信入力のある瞬間自動的

に無線信号を發射するのである。例へば第 18 圖に於て P を船とし、ABC を海岸局とすると、aa, cc の交点が P であつて bb は



第 18 圖

更に確實性を増す爲に使用されるものである。aa, cc 等は夫々水中音速度に音響發射より無線信号受信迄の時間を乗じた距離を半径とする圓弧の一部である時間は時間記録装置で $\frac{1}{100}$ 秒迄測定せられ、1% の正確度を以て位置が決定せられるとの事である。勿論海岸局の代りに他の標

準船舶を利用してもよい譯で、60~130km の測定は容易で 300km の通信記録さへある。

紙面の都合上水中通信の概要を摘んで説明したので充分とは思へぬ。これ等に関し本邦に於ても餘程優秀なものが出現してゐると信するが、時局柄その詳細を覗ふことは出来ない。

電気通信と超短波

(24) 電波の名稱

無線通信は彼のマルコニーが西曆 1898 年に 23.2km を、1901 年には 320km を、さうして 1903 年には大西洋横斷の無線通信に成功したのが嚆矢である。憶へば無線通信が普及發達して此の空間が自由自在に利用される様になつたのは電気通信の劃期的な躍進であつたが、一方電波の混雜を招來し、遂には周波數の割當問題が國際間にも、技術的にも仲々面倒を來したのである。これに就ては有線放送のところでも少々觸れて置いた筈である。これを打開緩和する方法として電波が短波より超短波へ、更に極短波へとその領域を擴大し來つたのである。

現今の無線界に於ける短波の地位は長波を遙かに凌駕し、各種の

通信法の殆どは短波を利用する状態である。殊に国際電話或は国際交歓放送などは凡て短波を活用し今日の成功を見てゐるのである。更に超短波は特殊通信法に應用され、例へば無線標識その他艦船或は航空機方面に夫々特徴を發揮してゐる。

抑々電波の傳播速度は一秒間に大抵地球を7回半、精しく云へば毎秒 3×10^{10} cm (3億米) で、周波数と波長との間には常に次の關係が成立するものである。

$$3 \times 10^{10} = (\text{周波数}) \times (\text{波長})$$

つまり周波数(サイクル)が大となれば、波長(cm)は短くなるもので、次の表から電波の名稱と周波数、波長の關係を諒知されたい

電波の名稱	周波数(キロサイクル)	波長(m)
長波	100 以下	3000 以上
中波	100 ~ 1500	3000 ~ 200
中短波	1500 ~ 6000	200 ~ 50
短波	6000 ~ 30000	50 ~ 10
超短波	30000 以上	10 以下

猶長波の最大限は 10 キロサイクル (kc) 即ち波長 30000m 附近でこれ以上は殆ど使用されない。又反對に 1m 以下の極く波長の短い dm 波、cm 波は極超短波と呼ばれてゐる。

(25) 短波の特徴

先づ短波が電気通信用として優れてゐる点を簡條書にすると

- ① 微小電力で數千 km の遠距離通信が可能である。然し、商用通信には色々な原因で大電力の送受信設備を必要とする傾向がある
- ② 多數の周波帯を使用出来るので無線局増設上好都合である。例へば長波無線通信に於ては多くの放送局電波を互ひに混信妨害をなくし分離受信し得る爲には、電波の周波数を 10kc 以上離さなければならぬと云はれる。さうすると 2000kc (波長 150m 以上) 以下の長波に於ては約 200 の周波帯を得るだけであるが、若し 2000~

20000 kc (波長 150~15m) を割當てるものにすれば實に 1800 の周波帯が得られる譯である。讀者も平素体験して居られる様に狭い我が國などでは混信妨害の軽減対策は重要な問題である。

③ 空電による妨害が少くなる。短波を使用すれば空電による妨害が餘程少くなるもので、極超短波などであると空電の影響は殆ど無いと云ふ事である。

④ 指向性通信が可能である。普通にビーム式通信と呼ばれるもので必要な方向に向けて電波を發射するのである。従つて、電力の經濟と、通信の秘密を確保するに有利である。周波数が高くなる程(波長が短くなる程)光に近い性質を帯びて来るから指向特性は鋭くなつてくる。又空中線も小型のものでよから建設費も低廉となる

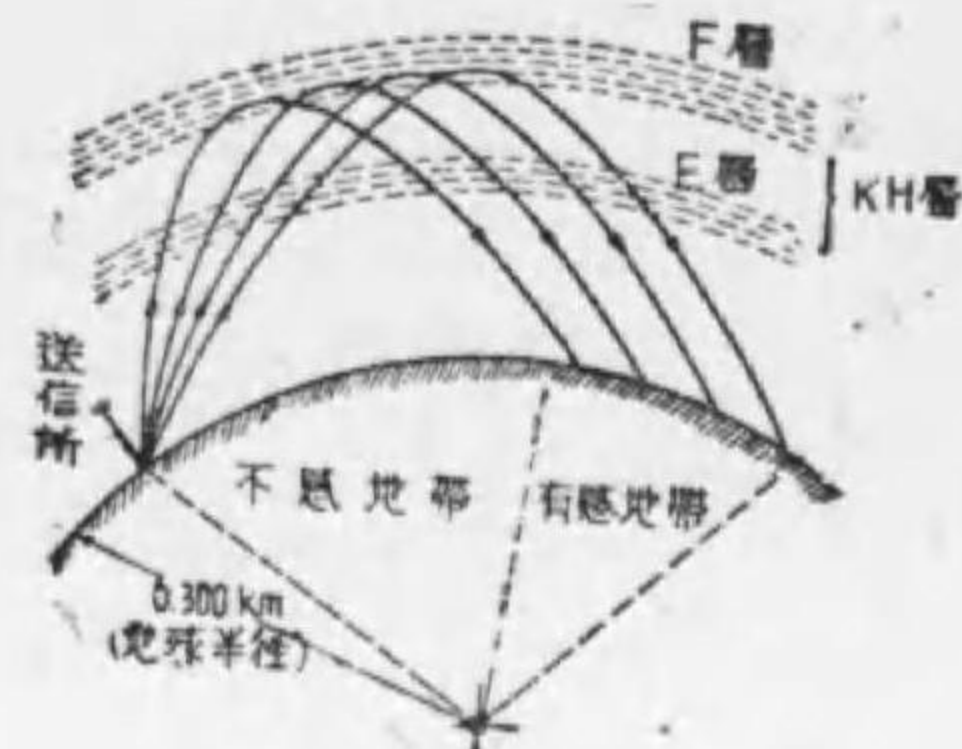
⑤ テレビジョンの發達に寄與するであらう。テレビジョンの精密度を増すため、これを搬送する電波の周波数は極めて高いことが必要とされる。將來極超短波、更に高周波数の電磁波なる赤外線、光波、紫外線がビーム式の採用によつて送受信されるにあらずやと期待されてゐる。

次に短波の欠点とされるところは

① 通信の確實性が聊か少い。空電の妨害を除けば動作の安定と傳播状態の比較的規則正しいのが長波の利点である。しかし、短波では電波の傳播状況が周波数によつて著しく異なり、豫測し難い様な煩しい諸現象が伴ふので通信の確實性を増す爲に考慮すべき点が多々ある。

② フェーディングとエコーが著しい。フェーディングは短波に限つたことでなく長波中波にもあるが、短波の場合は特殊な地帯や季節、或は時刻などに影響されることが甚しい。エコー(反響)は音の反響に似たことで或る受信號を感じた後同じ信號を再び、又時には數度繰返して聽へる現象である。之は電波が異なる距離を通過して來たものと想像される。何れにしても此の兩者は受信音を攪亂させる原因の主なるものである。

③ 不感地帯が生ずる。これは送信所から或る距離の地帯に於てのみ受信強度が甚しく弱くなる現象で短波に於て特に著しい。抑々



第 19 圖

送信所から発射された短波は上層大気中のイオン化層 (K,H層) へ衝突し、更に反射作用によつて再び地上へ到達するもので、第 19 圖はこの有様の概念を示したものである。さうして送信所から感度が再び強くなる迄の距離を跳躍距離 (skippedistance) と稱し、これは晝夜の別或は季節によつて變化するもので仲々複雑なものである。跳躍距離は或る與へられた波長の電波に對して晝間は最小で冬季の夜間は最大値をとると謂れる。

(26) 超短波の特性

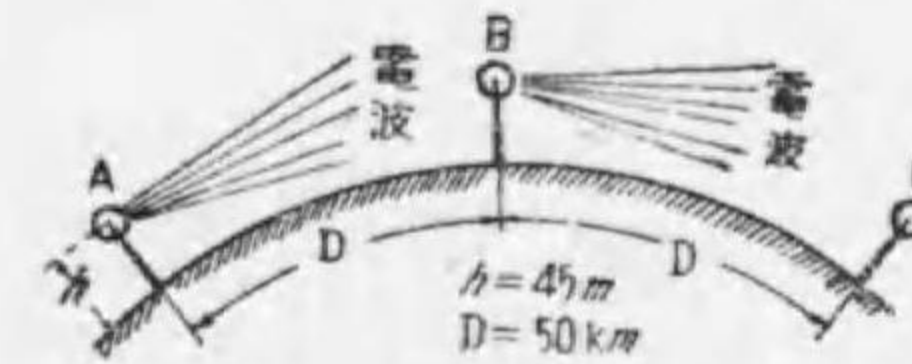
前節で短波の特性を一應説明したが、超短波も當然これに相似した特性を持つてゐる。念のため更に箇條書にすると

- ① 到達距離は送受地点間の見透しの出来る場所に大体限つてゐる。
- ② 赤外線より波長が長いので濃霧などによる吸収が少い。
- ③ 空電の妨害は殆ど蒙らず、又フェーディングも無い。
- ④ 波長が光に近い關係上集中作用が顯著、即ち指向性通信に都合がよい。
- ⑤ 最大到達距離は大体送受兩点間に於ける送受信機の高さによつて定まる。
- ⑥ 送受兩地点間に山岳や大建造物があると遮蔽作用をどうしても受ける。

以上の様な事柄によつて判断出来る如く超短波は近距離通信用が主役であることが頷ける。

超短波の研究で有名な東北帝大に於て其の傳播試験結果によると仙台を中心にして 10~235km の各地に於ける受信強度を調べたと

ころ、途中の山や建造物等に相當影響されるが、波長 4.5m の超短波ではその中間に少々の丘などがあつて直接見透しが利かない場合でも、送受点の位置の直前が開けてゐれば或る程度の通信は可能であることも知れてゐる。1m 以下の波長では電子振子 (真空管を用ひる) によつて發振を行ふから出力が小さく、上記程度の通信能力は未だ疑問であるが、マグネロン發振器等を用ひ 50cm 波長で數十 km の通信にも成功してゐるとのことである。さうして直線距離外の遠距離を通信するには第 20 圖の様に空中線として塔上に集射装置が施され、A の送信塔からの電波は一束として B なる中間塔に



第 20 圖

送られ、茲で受信し再び一束に集めて C なる受信塔に驛傳的に送ることが出来る。勿論中間塔では適當に増幅するが設計をうまくやれば殆ど損失なしで中継し得ると云はれ、塔間の距離

は直視距離によつて大体定まりその一例は圖の様に 45m 塔とすれば 50km 程度がよい。

兎に角僅か數ワットで 100km の通信が安定に行はれ、フランス本土とコルシカ島海上 200km の通信や、我國でも津輕海峽を隔て本土と北海道の間に超短波通信が實施されてゐるなどは一例であるが、確かに電気通信の寵兒である。我々電気技術者が電子工學の發達から短い波長の電波發生に成功し、その喜びの必然的結果として超短波の世界に限なき憧れを抱いてゐるのは當然なことである。

(27) 航空標識としての超短波

航空機上でその進路或は位置を地上が見へない時にも知る事は飛行機を安全且つ確實にする爲に極めて大切なことで、我が航空隊が大陸で思ふ存分に活躍してゐるその陰にも、又かつて神風號やニッポン號が驚異的な記録を樹立した裏にも、この航空標識が大きな役割を果してゐる。

航空標識として電波を利用する方法を大別すると次の様になる。

①航空機からの依頼に應じ、地上の無線局で航空機から發射される電波の方向を方向探知機で測定し、その結果を航空機に通知する方法。

②地上の無線標識局から特殊な電波を發射し、航空機にその進路又は標識局からの方向或は位置を自動的に知らせる方法。

③機上で方向探知機或は歸還装置を使用して送信所の方向を測り或は送信所に向ふ進路を定める方法。

これ等の無線標識は現在のところ中波が多い様で、超短波は餘り使用されて居らぬ。然し超短波を用ひると

①遠距離に届かないので混信問題の憂少く、同一周波数の局を比較的近くの地点に設け得る利点がある。

②超短波になると空中線系などが簡單になり建設費も低廉である

③容易にビーム式と出来るから航空路を直線的に選べない、地勢例へば要塞地帯、航空上危険性の多い山嶽地帯の様に進路を屈曲して設けねばならぬ様な場合、中波よりも經濟的に建設が可能である

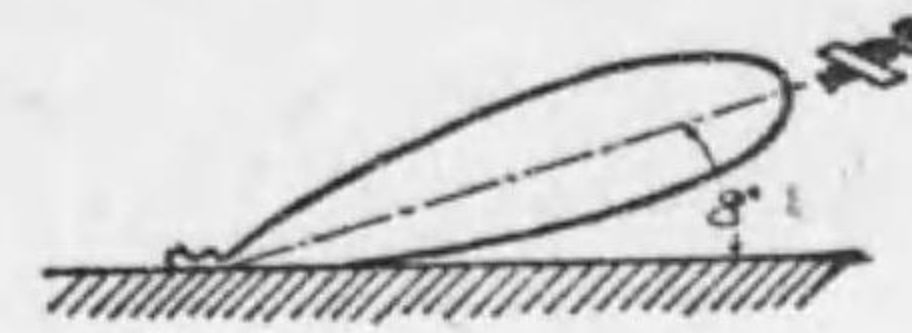
以上の様な長所を有するも、今日のところ中波の補助程度に過ぎない。然し中波の無線標識で悩んでゐる多重コース問題の解決に必ず寄與するところがあると信じる。

超短波による通信

(28) 飛行機の盲目着陸

飛行機が空港の上空に達し乍ら密雲に閉ざされて着陸困難な場合或は燈火管制時などに於て飛行機を安全に導き着陸せしむる計器着陸俗に謂ふ盲目着陸法は、10約年前から試験的に始められたが今猶不完全なるを以て各國とも眞剣な研究を續けてゐる。併してこれ等の悉くが超短波によると斷言してよい程に超短波の獨り舞台である即ち盲目着陸の標識は遠距離に達する要なく寧ろ達しない方がよい又空中線系が小型である必要上からも超短波に強味があるわけである。

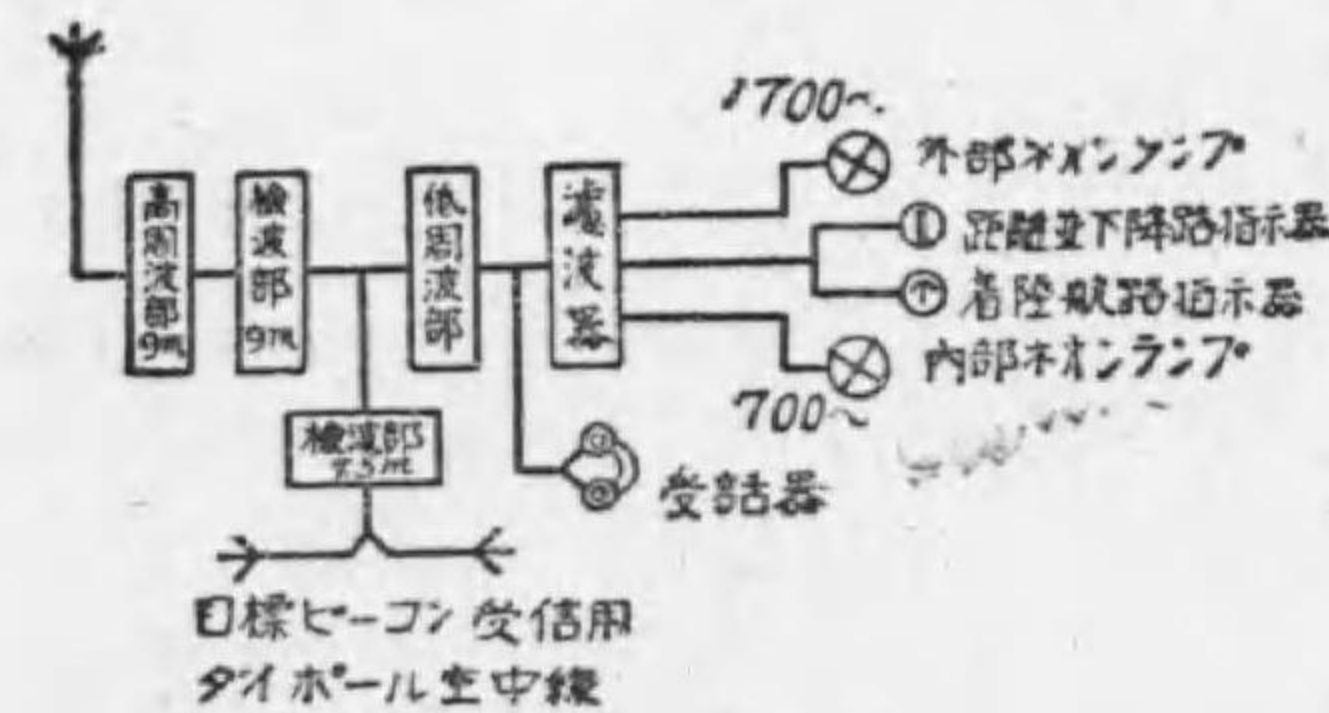
今超短波の一特長である指向性電波即ちビーム式を採用すると、飛行機は走路を局限するビーコンのために水平面に於けるビームの軸に沿ふて飛行する事が出来、實驗の結果によれば規定走路の6°



第 21 圖

以内に保たれると云ふ。又機上に装置された指示器は走路の1°内外を正確に指示する故その着陸は餘程確實性を帯びて来る。(第 21 圖参照)

其の實例の一つとしてローレンツ式を紹介すると、先づ飛行場から 20~30 km の所迄方向探知機 又は無線標識などの手段によつて飛行機を嚮導した後、着陸航路標識に従はせる。空港から約 3 km の地点に前方(外部) 信號と稱する超短波目標々識があつて、飛行機がその上空に來ると 1700 サイクルの長符號が毎秒 2 回の割合で聽へ、これと同時に操縦席にある一つのネオンランプが点燈する。飛行機はその位置で約 100 m の高度を保ち、此所を通過後超短波の下降路を示すビームに沿ふてビームの受信出力が一定である様に出力計を見乍ら下降する。飛行場から 300~500 m の所に又主(内部) 信號と稱する目標々識があつて、この上空に來ると 700 サイクルの短符號(毎秒 6 回の割合) が聞え、これと同時に操縦席にある今一つのネオンランプが点燈する。此の位置ではもう直ぐに着陸の出来る高度並に態勢にあることが肝要で、こゝより直ちに着陸に移るので



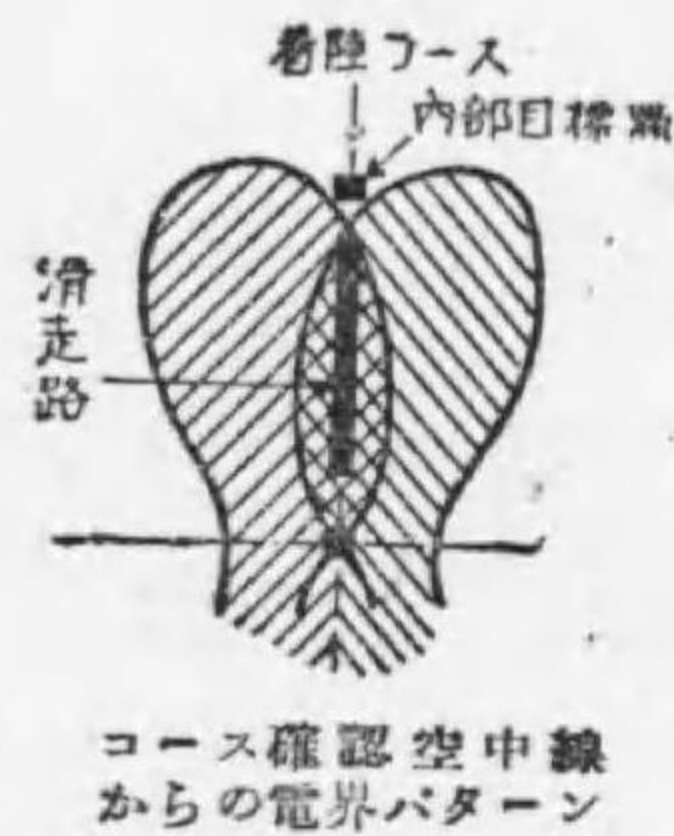
第 22 圖

ある。第 22 圖は本式の機上に設置された超短波受信系統を示したものである。

さて、ローレンツ式は原理として面白いがビームを作るのに大地を利用してゐる關係上、日によつて電界強度に變化が生じ時には下降曲

利用してゐる關係上、日によつて電界強度に變化が生じ時には下降曲

線が不適當になり又附近に導体でもあると曲線に階段を生ずる惧れもないとも限らぬ。尙本式では着陸のために相當長い距離の間障碍物のない方向を選ぶ必要のあること、風向の變化に對應して着陸方向を變へるのが容易でない等の欠点がある。斯様に完全無缺と云へないので種々の研究が積まれ、その一つは地下に穴を掘つて送信空中線を設け飛行機用の下降路曲線を急峻ならしめる方法、或は特殊な空中線を使用して第 23 圖の様に二つ重り合つたパターンを生ぜしめ、圖からも知れる如く機は内部目標を識のところより直ちに滑走路に下向進行するのである。この方式は最近米國の主要空港 (10



第 23 圖

箇所) に取附けられたもので、ビームを發生する装置は滑走路の一端にある二間四方の木造建物に取附けられ、送信出力は 300W, 109,900kC (キロサイクル) で約 20km 離れた所より認知し得られると云ふ。目標無線標識は 5W, 75,000kC で外側目標は 400 サイクルに變調され毎秒 2 回等しい長さのインパルスを生ずる。内側は 1300 サイクルで毎秒 6 回の割合で等長のインパルスを送る様になつてゐる。盲目着陸装置

の行詰りの言葉を聞くに對して些か希望の光を投げるものと云へる。

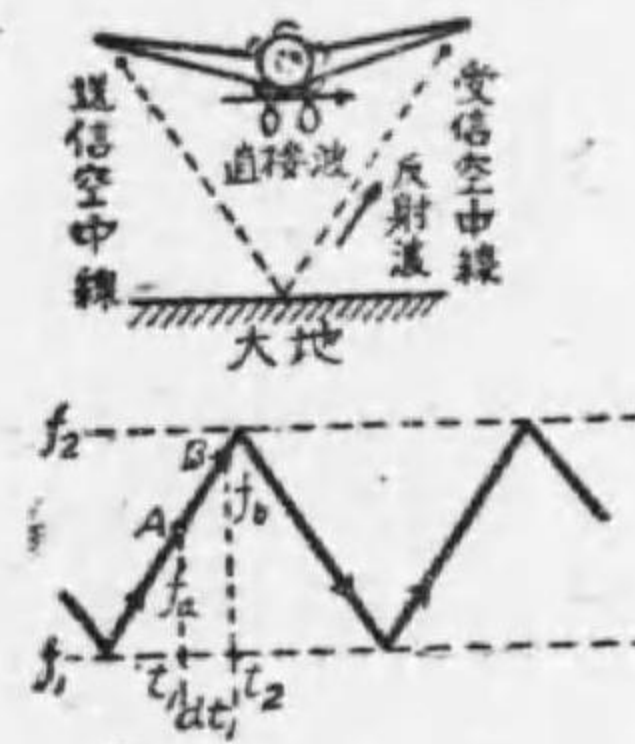
(29) 對地高度計

悪天候時に視野が利かなくなつて往々飛行機が立木や山腹に衝突する惨事を耳にすることがあり、吾人に奇異な感じを與へる。斯様な事故は大地と飛行機間の距離即ち對地高度を知る事により容易に解決出来るものである。従來の高度計原理は海面上よりの高度を示す様になつてゐる關係上不都合であることも頷かれる。

對地高度計とし最初に考へられたのは音響通信即ち飛行機から音響を發し、その音が地表面から反射して歸つて來る迄に要した時間

から高度を測定しようとしたのである。然し飛行機自身の速度が音の傳播速度の $\frac{1}{8}$ に近くなつた現状では無理な話である。そこで着眼されたのが電波の反射を利用する對地高度計で、これの完成は軍用並に商用機として極めて重要な用途を有するものである。

今 f_1 なる周波数の電波を飛行機から發射すると大地で反射され再び機に歸つて來る反射波の周波数も f_1 の筈である。そこで機から發射する電波を $f_1 \rightarrow f_2, f_2 \rightarrow f_1$ と二つの周波数の間を上下さしたとする。(第 24 圖参照) A 点に就て考へると t_1 なる時刻に機から送出された電波の周波数は f_a であり、その電波が地表面で反射し



第 24 圖

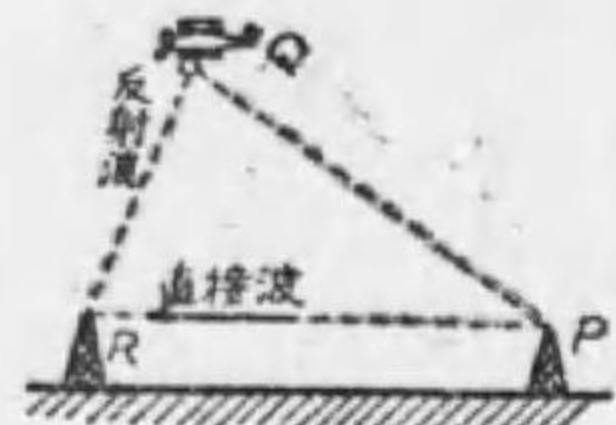
戻つて來る迄に dt なる時間を要し、 t_2 なる時刻に機に歸來波が到着したとする。従つて t_2 時の送信周波数は B 点即ち f_b であるから、送信波と歸來波との間には $f_b - f_a$ なる周波数差が存在する譯で、この周波数差は飛行機の高度により異なつて來る筈であるそこで送信波と歸來波とを同時に受信してビートを作らせ、ビートの周波数差を測れば機の高度を測ることが出來

る。この方法で $f_2 - f_1$ の周波数差が充分大であることが感度並に裝置上必要となり、どうしても超短波を用ひねばならなくなるのである。使用波は 60 cm 程度の超短波で周波数變化は可變蓄電器を回轉する方法を用ひ、測定誤差は 8-9% 以下で、最低 6m から 1600 m 位迄計測が可能である。然しこの方法としても電波の地表面での反射に關する諸現象が未だ十分に研究されてゐないから完全なものと稱することは未だ一步手前である。

(30) 其の他の航空無線への應用

飛行機が高度 8000 m 以上をとると地上よりの發見は殆ど不可能になり、都市防空上から見て些か寒心すべき問題である。そこで超短波を利用して來襲飛行機を發見しようとする研究が始められてゐる

る。即ち地上から電波を出し、機からの反射波を地上で検出すれば飛行機の探知が可能で、其の原理とするところは簡単なものである。たゞ飛行機からの充分の反射波を利用する爲に超短波が用ひらる。



第 25 圖

第 25 圖に於て P なる送信所から出た電波は直接 R なる受信所へ行くと同時に、一部は Q なる飛行機で反射し受信所 R に到来するものである。今飛行機が空中に停止してゐるものと想定すれば PQR を経路とする電波と直接波とは干渉し合ひ、受信強度は飛行機のない時に較べて一般に強くなるか或は弱くなる。即ちこれは二つの電波の位相関係つまり電波経路差如何に基くものである。従つて飛行機が進行してゐる時には時間と共に電波経路が變動するから受信所に於ける電波強度は時と共に變化し、丁度周期の速いフェーディングの如くなり飛行機の存在を探知し得ることとなる。此の探知機の完成は國防上囑望されてゐる

その他送信機を機上に積み電波を發射し電波が山腹などの障碍物に當つて反射して来るのを利用したり、對地高度計にも利用出来るものは前節のものと同様に原理がよく似てゐるので推察出来る。何れにしても機上に積む受信装置は動搖の激しい航空機上へ設置するのであるから、構造堅固動作確實なことが肝要で、感度の点は少々寛大でよい。更に短波長應用の興味あるものとしてラヂオ・ゾンデがある。これは氣球に無線装置を積載し上層氣象を探知しやうとする装置で、この積載装置は形態を小にし、且つ空中線能率を上げる必要上から超短波を用ふるものが多く、高度は 2 万 m 位迄観測が可能と謂はれる。

(31) 超短波の電話回線への協力

既に述べた様に超短波の到達距離は見透しの利く範圍に大体限つてゐると述べたが 本邦に於ても津輕海峽を挟む石崎——當別兩地点約 61 km に新しい應用がある。即ち津輕海峽に於ける超短波に

よる搬送式六通話路多重電話は波長 72,000~78,000kC (72-78MC) を用ひ、六通話路共無裝荷ケーブルによる有線通信方式と同程度の特性を有してゐる。これは實に超短波中繼技術の先驅をなすもので將來は更に長距離に亘つて極めて優秀な特性を有する明日の搬送式多重電話回線の出現を約束するものと云へやう。

この多重電話方式は送受端に特殊な空中線が必要なだけでなく、實用上安定な超短波送信機及び受信機を製作する必要があり、送信機や受信機内に於て増幅及び變調に伴ふ音聲の歪や雑音を軽減するやうにつとむべきである。

特殊通信の一部として超短波の應用を説明したが、この超短波の發振方法には ①反結合發振法 ②電子振動發振法 ③磁電管發振法の三種がある。我國の岡部博士の考案 (1927年) になる分割陽極マグネトロンは世界的ものと稱せられ、由來日本人の獨創力が云々されてゐるが超短波界では確かに他を壓してゐる。時局下超短波應用の研究は各國とも秘密裡に進めてゐることは容易に想像し得られることで、これの研究實用化は焦眉の問題と云へやう。超短波が最新科學の一尖端を往くものとして何人も樂天的な憧憬と期待を抱くのは無理からぬことである。何れ稿を改めて解説し讀者各位の意に沿ひたいと思つてゐる。

光 通 信

(32) 光通信の特徴

波長の極く短い電波、即ち超短波などの長所とその偉力を發揮する部門に就ては一通り説明して來たが、更に波長の短いもの、換言すれば光 (波長赤色 0.00078cm —— 紫色 0.000038cm) を利用する光通信も光電管の發達に伴ひ漸く重要視される様になつた。もともと光を用ひる關係上理論的可視距離以上の通信は不可能であるから 100 km 以内に限られるが實用上の通達距離は 30km 迄である。それに天候や空中状態により通信距離や雑音の混る程度も異なつて來る欠点がある。

電波による通信法であれば傍聴されたり、同じ波長の電波によつ

て通信を妨害される虞がないに限らないが、光通信は光の直進性のため通信の秘密が保持され、又自由に相手を選択通信することが可能である。更に光より稍々波長の大きい赤外線とか、光より波長の幾分短い紫外線の如く吾々の眼に感じないものを使用すると秘密通信が出来る筈である。然し光通信の安定な送達距離は 10km 以下であるから此の点では却つて波長数 m 以下の超短波通信よりも實用性が少いと云はねばならぬ。

(33) 光通信の發達

太陽の光線と鏡を使つた單純な通信法はずつと古くから使用されたであらうが、何しろ受信装置は肉眼であるから通信と云ふよりは寧ろ合圖と云つた方が適當であるかも知れぬ。1873 年セレンウム・セルが發明され、電話發明者として有名なベルは 1880 年セレンウム・セルを用ひて光の變化を電氣的に變へる手段を案じ、太陽光線を用ひて電話通信に成功したのである。

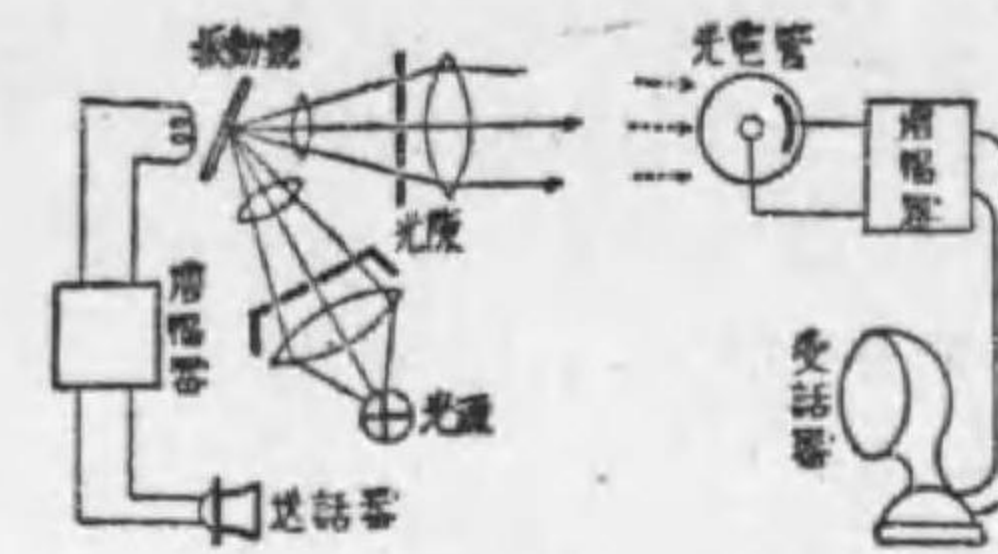
其の後第一次歐州大戰に制戦を受けて光通信は發達し、特にその末期頃真空管増幅器が實用される様になり通信の確實性が増したのである。勿論光電管が無かつたのでセレンウム・セルによる可視光線の通信であつた。當時佛國では光源に弧光燈を用ひ濾光器により赤外線を得、光電變換器として熱電堆を利用し 20km 以上の通信に成功したのである。又米國海軍では赤外線に非常に感度のよいタロフアイト・セルを赤外線通信に應用するなど、大戰中は敵味方相共に眞剣な研究を續けたのである。

その内に真空光電管、瓦斯入光電管の出現を見るに至つて各國相競つて研究を重ねた。我國でも東北帝大の八木教授（現在阪大）や、鯨井博士の東京帝大式、丹羽博士等の日本電氣式、さては早大式などの考案があり、大阪帝大の淺田教授が強力な高壓水銀燈を光源に使用して、大阪奈良の中間にある生駒山上と大阪間の光通信實驗に成功を収めたのも二年程前で耳新しいことである。米國では飛行船と地上ビルディング間に光線電話を以て通信した例もあり、何んと云つても光通信はこの 10 年程の間に異常な發展をしたのである。

然し乍ら今迄述べた特性上實用に供せられた例は余り聞かない。

(34) 光線電話の原理

第 26 圖は日本電氣式の動作原理を示すもので、光源からの光は振動鏡に投射するがこの振動鏡は送話器の電流により制御される。即ち送話電流の強弱に應じて振動鏡の振れが異なるので、茲で光が變



第 26 圖

調されて送出されるのである。一方受話側では送り來つた光を光電管で受け、更に増幅して受話器に原音を再生せしめるのである。

以上の様に送信装置は光源、反射鏡その他の光學系、變調装置の三つが必要で、これ等の組合せで種々のものが考へらる。又受信側は光の變化を電氣的變化に直す所謂光電装置と、これを増幅して聴取する受話器が必要である。是等の個々に就ては改めて説明するとしやう。

(35) 光源

真空管を用ひる増幅装置がない初期には通達距離を大きくする目的上、どうしても強力な光源が第一要件となり従つて弧光燈が廣く用ひられたのである。光通信の光源として望ましいことは ①光度が高いこと ②光の安定なこと ③能率のよいこと ④慣性を少く電流の強弱が直ちに光度の強弱に變化すること等である。その他第二次的であるが電氣的變調の可能なことや光源として發光面積の小なることも望ましい。普通光通信に用ひる光源としては

●弧光燈 今更云ふ迄もなく電極に炭素、タングステン等の高熔融点の物質及びそれにルミネセンス發光を行ふ物質を加へたもの（例へば發煙弧光燈）等である。その特長は光度が高く能率もよく且つ機械的に丈夫で紫外線を含む割合も大きい。しかし安定抵抗の損失が多く面倒な起動装置、自動電極調整装置が入用で、又電極壽

命が短いのでその取替へに手数を要する短所がある。但しタングステン弧光燈を用ふるとこれ等の短所は大分省ける。

⑨特殊弧光燈 これは前の弧光燈に較べて、排氣せる管内に封入されてあるから電極の取替保守の面倒なく、能率が極めて高い長所がある。特に高壓水銀燈、超高壓水銀燈は能率がよく光度も強いので光通信用光源として申分のないものと云へる。

⑩白熱電燈 白熱電燈は光度が安定で能率がよく、輝度は弧光燈に多少劣つてゐるが相當明いし、其の取扱ひが極めて容易である長所を持つてゐる。

⑪グリム電球 真空放電の陰極光を利用したものであるから光源の輝度は低い欠点を持つてゐる。然し光線の直接變調の場合周波數特性(光の慣性がない)がよいのでテレビジョン方面に使用されるが、光線電話では特殊目的以外には使用されぬ。

なほ、放電の火花をも使用するが、これは電話に用ひられることなく光線電信に使用される。

(36) 光源の附屬装置

①濾光器 光源となる電燈は何れにしても種々の波長を有する光を出してゐるのであるから、通信に當つては豫め通信に使用する波長の光線のみを選出して使用したい場合がある。この作用をするものが濾光器であつて、光線電話に使用されるものは多く光源から赤外線或は紫外線だけを取り出す爲の濾光器である。大抵は所要光線以外のものを吸収する物質を硝子中に溶解したものが使用される。濾光器を使用する場合多くの光源は輻射熱を伴ふから其の熱に對し濾光器を保護することが大切である。

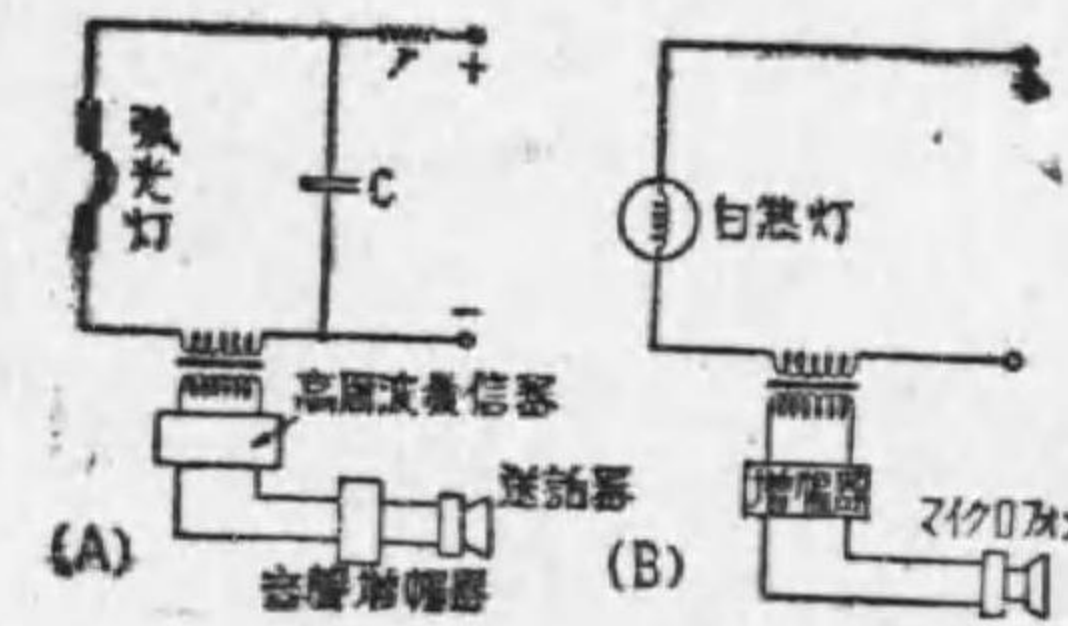
②反射鏡 光通信では光を所要方向に集中するために拋物回轉面の形狀をした反射鏡を使用しなければならぬ。且つ到達距離を大としやうとするには投光器が狭い角度の開きをなし、光源が集点型であることが望ましい。反射面の材料としては従來銀鏡面が多く使用されてゐるが、これは酸化を受けること甚だしく曇りを生ずるので熔融石英の薄膜などを以て表面を覆ふ方法がとられる。銀に代る

ものとしてはクロム、アルミニウムがあり、特にアルミニウムを真空内の蒸發法によつて被覆したものゝ反射率は波長の短い所では銀鏡面に優つてゐると云はれる。

(37) 變調法

傳送用の光の強さを音聲波の波形に應じて變化させることを變調と稱し、光通信の主役をなすものである。これには直接光源の光度を變化させる直接變調(光源變調)と光源は一定の強さの光線を出して置き、光線が送信所から出て行く途中で光線の量を音聲波に應じて増減する間接變調(光變變調)とがある。

①直接變調 電氣的變調とも呼ばれ、第27圖(A)の様に弧



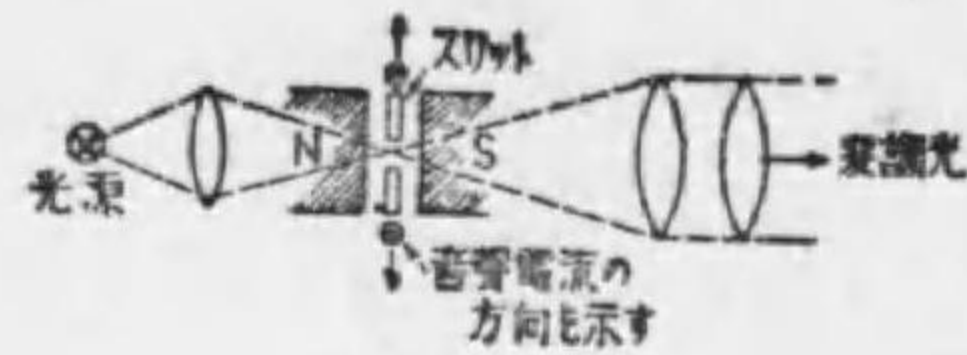
第27圖

光を点火する直流に音聲電流を重疊してやれば弧光の強さは變調される。然し變調の度を余り深くすると弧光燈は消滅する欠点があり隨性的ため高周波の變調は困難である。この

方式(八木博士考案)の様に比較的高い周波數を以て電氣的に變調すると變調率をよくする長所がある。又(B)圖は白熱電燈の点火用直流電源に音聲波の交流を重疊し、合成した電壓の變化で以て光度の強さを變化して變調を行ふもので前者と同様熱隨性的ため周波數が高いと能率が劣下する。グリム電球にこの方法を用ふると周波數が1万サイクル位迄變調が出来るが光度が弱いので非實用的である。

②間接變調 光變變調とも云はれるものでスリットの振動によるもの、振動鏡を用ひる方法、或は電極光學現象を利用するもの等に分類出来る。

(イ) スリットの振動を利用する方法 これは強磁界内に細線導体(バルブとも云ふ)をループに張つたもので、このループに音聲



第 28 圖

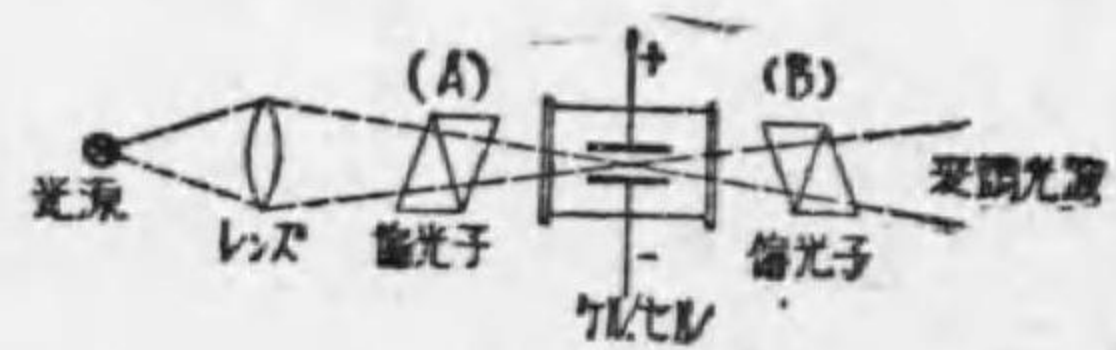
(ロ) 振動鏡に依るもの 振動鏡を音響電流で振動せしめると光源からの光束はスリットを全部通過したり或は一部分しか通らなかつたりして、茲で變調された光がレンズに達する。前の第 26 圖は特殊な光隙を用ひこの光隙を通過する光線の量を振動鏡で變化して變調するもので、光源變調より良好な周波數特性を持つてゐる。

(ハ) 電磁光學現象を利用する方法 これは Faraday 効果(ニ硫化炭素などの物質内で磁場による平面偏光の偏光面の回轉を利用するもの)と Kerr 効果(ニ硫化炭素などの物質の静電界の影響により現はる光の複屈折性)を利用する二つの方法がある。これは隨性がなく、高い周波數迄光を變調し得る特長を持つてゐる。今日のところケル効果を應用するものがよい様である。

第 29 圖のケル・セルは硝子容器内に例へばニトロベンゾールを満したもので、この中の電極に音響電圧を加へるとケルセルを通過する偏光々線

は複屈折を起し (B) なる偏光子 (ニコルプリズム) から變調された光線が出て行く。偏光子を通過する光線の量が比較的少く、従つて充分な變調を行ふには高い電圧を加へねばならぬ欠点があるが、低電流であるから變調電力は左程大きくない。

それでは光通信の各種變調法の得失を簡単に摘記してみると、直接變調法は變調度が浅く變調周波數が大になる程更に悪くなる傾向を有してゐる。然し通信距離を大にしやうとするには此の方法を採



第 29 圖

用するのが比較的容易である。間接變調即ち光辨變調法は變調度が深く、周波數が高くてよく、變調電力も前者に比べて少く且つ無雜音變調法として優れて居る。

(38) 送信装置

今迄述べて來た様に送信器は光源、それに附隨する反射燈や濾光器等の光學系のもの並に變調装置の三部分より成るもので、是等の組合せ方によつて種々の方式が生れる譯である。

光通信として遠距離に通達せしめるには探照燈と同じ様に光源が小さくて輝度が高く、且つ安定で能率の良いものが望まれる。弧光燈、白熱燈に代つて超高壓水銀燈が將來有望と思はれる。何故なれば超高壓水銀燈の光はその輝度の最大部分が弧光の中心部にあり、蒸氣放電のため熱容量甚だ小さく、その輝度並に光の量は電流に應じて速かに變化するため可聴波に於ては 98% までの變調が可能であり、又輝度の大きい点光源であるから反射鏡により遠距離の照射も利くからである。光源の電力消費は固定局に於ては大して問題にならず到達距離の大なる方が望ましい。これに反し移動局として使用される光源は出来るだけ軽く小電力で足りる事が必要である。

一般に光源、濾光板、光電管を組合した時に赤外線を使用の方が紫外線を用ふるよりも應度が數倍高く、且つ霧とか塵埃中の擴散による減率は赤外線の方が紫外線より遙かに小であるから、不可視光線の利用には赤外線の方が優れてゐる。さて如何なる波長を用ひて通信を行ふかに依つて光源の選擇にも差違が出来る。例へば赤外線通信をやらうと思へば白熱燈や炭素弧光燈の様に高温度になつて發光する所謂溫度輻射の光源を使ふのがよい。又紫外線を使用するときは高壓水銀燈等を用ひるのが當然であらう。

次に變調方法の見地から考へても、光源の強度さへ大であれば變調度が浅くても到達距離は大となる。一般に間接變調(光辨變調)は比較的少量の光を變調するのに適し、従つて送信器としても他の方

法に較べて軽量且つ電力消費も少いので近距離用として優れてゐる電磁光學的變調法でケル・セルを使用するものは周波數特性も良く且つ比較的大きい光源を變調するに適してゐる關係上、遠距離用として電氣的變調による弧光燈と比較して何れが優れてゐるかは一應吟味すべき問題である。

茲では個々の送信装置に就て詳述する余瀾もないが、其の通達距離は今日のところ電話に於て數 km から最大十數 km で、これが電信となれば電話に較べて到達距離は大となり 30km 近くの通信に成功してゐる例がある。

(39) 受信装置

受信装置も送信装置と同じ様に反射鏡又はレンズの光學系、光電装置並に増幅方法の組合せによつて種々の方式が生れる。

光通信の受信に於て光の變化を電氣的變化に變換する装置即ち光電装置が先づ大切である。然して光の變化が電氣的變化に直れば之を直接若くはラヂオ装置の様に真空管増幅を行つて受話装置に受ければよい。現在光電装置として使用されるのは光電子放射効果を利用した所謂光電管で、光變化を慣性なしに電氣的變化に變換する非常な長所を有してゐるので、これの一人舞台と云つてよい。普通可視範圍の波長による通信にはセシウム光電管が用ひられ、猶比較的長い波長の赤外線から、又波長の短い紫外線に至る範圍に迄も有効である。最近は堰層光電効果を利用した亞酸化銅光電池やセレンウム光電池の如きものが重要視さるゝ様になつて來た。

次に送り來つた光を光電装置に當てるに反射鏡を用ひるとレンズよりも直徑の大きいものが簡単に得られるので光の集中には都合よい。レンズを用ひるものは反射鏡を用ひたときに較べてその直徑が小さいので装置も簡単になる。又光を集中させる利得は少いが傍から入つて來て雜音妨害の因となる光束を容易に遮斷し得るので光電装置の電氣回路での能率を向上し得る。然し乍ら夫々一長一短があるので場合に應じて適當な光學系を選ぶべきである。何れにしても傍からの無用の光束は遮斷しなければならぬので、反射鏡レンズに

對して長い金屬製圓筒を附するのが普通である。

増幅方法に關しては、中には光電管の二次電子放射を利用した所謂二次電子増幅光電管等を用ふる例もあるが、通常は標準の真空管増幅回路を用ひるのが一番無難の様である。

さて、受信器として重要な條件を摘記すると

- ①小型軽量にして運搬に便利であること
- ②送信側より來る光を光電装置に照射せしめる場合調整が容易であること
- ③外部からの妨害となる光束をよく遮斷し得ること

等で、若し受信局が固定してゐる時は①の條件は重大でないが、飛行機、艦船とその基地間或は相互間と云ふ様に送受信局が移動する場合、送信し來る光が絶へず光電装置に投射される様に調整し得ることが大切で、出來得れば自動的にそれが行ひ得る様な目標自動追跡装置が必要である。移動目標追跡装置は可視光線でも無論出来るこれを天体望遠鏡に使用して天空を移動する星を自動的に追跡して寫眞を撮る様な方法は既に實施されてゐる。附言するが葦外線漏光板を受信光電管の上に掛けて使用すれば日中太陽光線の直射の下でも相當距離の通信が可能である。

(40) 光通信を妨げるもの

光通信の最初に述べた様に光は波長の極めて短い電磁波で、無線通信に用ひられる電波とは比較にならぬ程波長が短い。従つて光の直進性は極めて強く又減衰も電波より著しい。因つて光通信には送受兩地点間の媒質の影響が最も大きく、且つ短波の様に高空にあるケネリー・ヘビサイド層 (KH層) の反射も利用出來ない譯である。それで無線電波の様に地球上任意の兩地間に於て通信が行ひ得ず單に可視圏内の距離に限られてゐる。この通信距離を延ばさうとすれば送受信局を高い位置に設けねばならぬ。然し海上などでは電波と同様多少屈折や廻折現象があるので強力な光源を用ふれば水平線下の光通信も幾分可能性がある。但し確實性には乏しい。

次に媒質である空氣が霧、雨等を含む場合光の吸収や擴散が著し

い。通信光として可視光線と赤外線と比較すれば後者が優れてゐると云はれる。前に阪大理學部が同學部上と生駒山頂間 17.5km で試験した光線電話は送信側に 500V, 1A の高壓水銀燈に出力約 100 W の音聲電流を重疊せしめ、これを直徑 90cm の反射鏡で山上に送つたのである。山上では直徑 25cm の反射鏡で光を集めセシウム光電管で受けて之を増幅したのであつた。この實驗時送受信点を結ぶ中間に塵埃焼却場があるため、此處の煙突から著しい黒煙を吐出した時は通信が不可能になつたと云はれる。斯様に媒質の状態に左右されること著しく溫度や氣壓が急激に變化しても通信の結果は悪くなると發表されてゐる。

(41) 光通信と雑音

送受兩地点が可視圏内にあり、且つ氣象状態が幾ら良くとも送信側受信側に於て各種の原因から發生する雑音が妨害をなして通信を不明瞭にすることがあるから、これの除去に努めなければならぬ。

①送信側に於ける雑音 光源自身によるものと電源によるものが主で、光源によるものは弧光燈や放電燈の場合に現はれる。例へば弧光燈の火坑が常に移動する様な場合に雑音が混つて來るが白熱電燈を使用する時は斯様な心配は起らぬ。又折角光線自身が光の不規則的變動をしないで、之に電力を供給する直流電源が蓄電池でなく直流發電機とか水銀整流器であると、電壓にどうしても脈動があり光がそれに應じて多少變動するから受信側に雑音として聞へる。斯様な電源には適當な濾波装置を用ひ此の脈動を抑制防止する手段が採られる。

②受信側に於ける雑音 光電装置から發生するものと、増幅装置其他受信回路から發生するものがある。光電管による雑音は熱的擾亂によるものが主で、それに放射効果によるもの等であるが今日の進歩せる光電管では特有な雑音は殆ど起らぬ。次に光電装置の雑音以外に外部から來る擴散せる光によつて生ずる雑音もある。又増幅装置に真空管を用ふるので真空管内部の熱的擾亂等によつて雑音の原因を生ずる。

(42) 光通信法の應用

①寫真光送 光線電話は音聲電流を光の強弱に代へ、光によつて相離れた二地点を連絡するものである。又寫真電送の場合は二地点間を電線にて結び寫真電流、同期電流及び位相電流を通ずるものであるが、この電流を以て高壓水銀燈を變調することにより光線にて二地点を連絡して寫真を送る事が可能である。昭和 14 年阪大理學部が同學部屋上と朝日新聞社間 (400m) に於て實驗した結果によると 18cm×12cm の原書を約 6 分間で送ることが出来たと云ふ。

②赤外線による方向指示器 短波を利用して飛行機が盲目着陸をする様に、飛行場にある着陸用投光器よりの光を利用して機上で方向探知をなすことも可能である。赤外線を用ふるのは濃霧などに際しても比較的透過率がよいからで獨逸、米國等で此の方向指示器が試験されてゐると云ふ。飛行場側の光源としては音聲周波數で變調される事は絶對的に必要でないが、音聲周波數で變調されておれば他の妨害となる光と區分されて増幅が容易に行ひ得る。

③赤外線による輻射体探知法 海上に僅か現はれた潜水艦、暗夜の飛行機さては塹壕から出て來た兵士等を其の輻射する赤外線或は更に波長の大きい熱線にて探知しやうとするもので、前の歐州大戰中の光通信の研究は殆ど斯様な軍事的な方面に向けられてゐるのである。例へば 36cm の反射鏡を用ひて暗夜 180m 先方の人間が探知されるとか、暗夜 4km 距つた水雷艇を探知出来たと云はれてゐる。又赤外線投射の探照燈を用ひ船舶などに當て、其の反射光を利用し、以て光電管と増幅装置によつて物体の探知に成功したなど云はれてゐるが、其の正確度信頼度に至つては聊か疑問がないでもない。

搬送式多重通信

前に送電線或は配電線に於ける搬送式電話の概要に就て述べた關係上、茲に普通の通信線に於ける搬送式多重通信法の概略を説明しやうと思ふ。當初

断つた様に日進月歩の通信工學界に於て今日の新様式必ずしも明日の嶄新なものであり得ない。まして搬送式多重通信法は通信大動脈としてその眞價を發揮しつつあるとき、特殊通信の題下に紹介しやうとするのは聊か時代遅れの餘ひがする。その点豫め御諒察を御願したい。

(43) 搬送式多重通信の特徴

搬送式多重通信法は同一回線を使用し、たゞ局に適當な装置を設ける事により多重通信の出来る方式で、回線の使用能率を高めるに最も効果的なものである。これは時たま有線式無線通信法と呼ばれることもある位で、無線通信方式を有線に應用したとも云ふべきでその發達も無線通信躍進の跡を追つて來たのである。

搬送式多重通信法を採用すれば全建設費の大部分(80%位)を占める線路費を節減し、又保守費も多く要しない經濟上の強味がある。特に海底線の様に莫大な線路費を要するものに於ては大層有利である。又架空裸線路に於て通信度數が輻輳して來る場合、回線を新に増設するとか、或は新線路を建設するとか、さては此の區間をケーブル化する等の必要が起つて來る。斯様な際何れの手段にしても多額の建設費を要するので、若しも搬送式多重法を應用すれば比較的容易に解決出来るであらう。

其の他高周波を使用する關係で ①電力線からの誘導妨害や地電流による妨害がないこと、②万一線路が斷線或は接地する様なことがあつても、その電柱に他の回線が並架されてあるときはその間にある靜電容量結合によつて通話が持續出来る。③音聲周波電流の波形の歪が起らないから明瞭に通話が出来。④信號周波數を適當に按配することにより同一回線に接続される多くの中より所望の相手を呼び出し得る等の特徴を持つてゐる。

(44) 搬送式多重通信の發達

搬送式多重通信法は恐らく電気通信が實際に行はれると共に着想されたに違ひない。而して 1886 年最初に考案されたのは機械的共振を利用する方法であつたが、これは能率悪く非實用的なものであ

つた。次いで 1890 年佛國人が電氣的共振を應用して電信回路に使用したのが實施された嚆矢と云つてよい。爾來音叉を使用したり、塞流線輪を通つた直流で小さな弧光を起し搬送用の高周波を發生せしめる等色々の研究が積まれ次第に生長し來つたのである。その頃無線通信の研究が盛んで此の影響を受けたものが有線側の搬送式多重法に應用される様になつたのである。即ち 1910~1911 年頃米國に於て高周波發振器として發電機を用ひ、變調器としてマイクロフォン送話器を使用し、送受兩端には同調回路を設け、受信回路には無線用檢波器を使用したものを短距離電話ケーブルに應用したのである。然し乍ら動作は凡て機械的であつた爲調節の不安定、それに發電機から可聴波が發して他の通信路に妨害を與へるなどの缺點があつた。恰もこの時代三極真空管が出現し、これを應用して 1918 年獨逸に於て實施された方式が今日の搬送式多重通信法の濫觴となつたのである。

我國でも大正 7~8 年頃より研究が積まれ、この搬送式電話が應用されたのは大正 15 年 2 月東京電燈の中津川發電所(新潟縣)と龜戶變電所(東京)間 214km が最初で、通信線用としては昭和 3 年青森函館間の海底電信ケーブルに實施され、又東京名古屋間の架空裸線に獨逸の Telefunken 式(S.H式)搬送式電話装置が施設されたのである。もとより此の時代の機器は獨米等の輸入品を使用しつつあつたのであるが國産獎勵の聲に應じて漸く國産品が現れたのである。昭和 7 年山口縣吉見海岸から釜山に至る 220km の海底電信ケーブルに搬送電信が重疊されて好成績を示し、又大休時を同じうして青森函館間 67 km の海底電話ケーブルに利用されるなど力強く新しい途を拓いて來たのである。

さて、最近の傾向を一瞥するに重要な市外通信線は風水害、火災並に空襲時などの障害を蒙らない様に、又回線相互間或は附近の電燈電力線からの誘導妨害を避けるなどの見地から次第に地下ケーブル式に改變されつつある現状である。従つて搬送式多重法本來の性質上此の方面に廣く採用され、特に昭和 13 年完成せる大阪奉天間の 2200 km に渉る長距離搬送式電話法は實に我が通信技術を世界

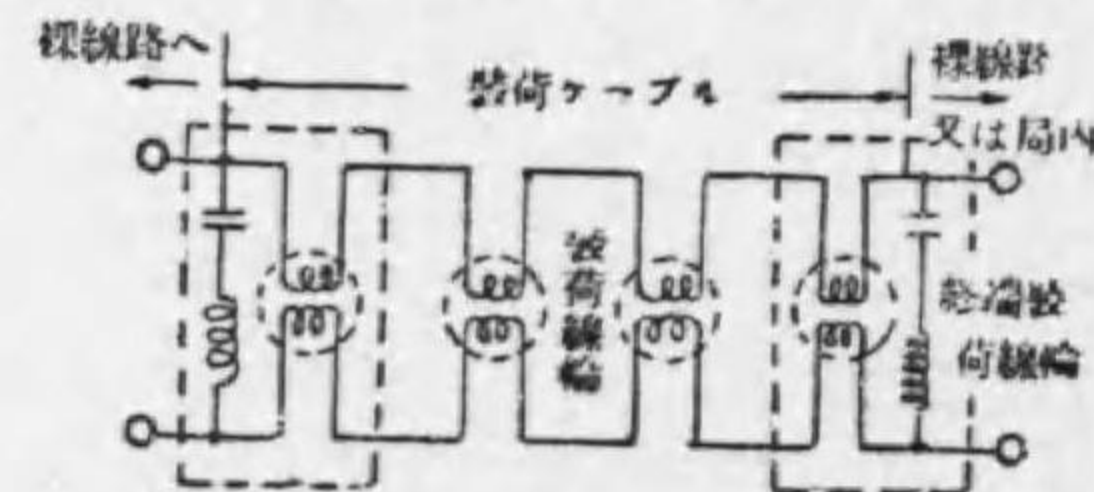
に誇示したもので、今日では更に新京北支へと延びてゐる。

次に市内電話加入者の増加及び通話幅輻に伴ふ解決策として市内加入者線並に中繼線の搬送化が企圖されてゐる様である。又ケーブル線路が一般的に普及すると通信量の少ない地方に於ては架空裸線路を全然廢止する事は出来ない。之等の地方に於て通話幅輻が起つて來ればその緩和策として且つ物資の節減を圖る見地から高周波搬送方式を裸線に採用することが必要と云はれてゐる。勿論裸線路に搬送式を用ふることに關しては今迄に種々の經驗を積んでゐる。

(45) 搬送式多重通信法とケーブルの裝荷

搬送式多重通信特に市外電話線に於て其のケーブルの裝荷、無裝荷が問題になつて來る。然し現在では長距離回路のものに對しては無裝荷が優ると云はれてゐる。

さて、市外電話ケーブル回路に於て通話を明瞭ならしめるため即ち無歪條件を満足せしむる爲線路中適當な場所に適當なインダクタンスを挿入する。特にケーブル線路では肝要である。斯様に適當なインダクタンスを加へ無歪條件を充たし且つ傳播定數を改良する方法を裝荷法と云ひ、用ひた線輪を裝荷線輪 (Loading coil) と呼んでゐる。裝荷線輪の鐵心には孰れも鐵粉 (1cm² に約1万目の網目を通過する大きの粉末) を押固めたものを用ふる。特に最近のものはパーマロイ鐵粉(米國)又は



第 30 圖

ジスフェヤ(獨逸)など特殊な誘磁率の高い、さうして直流の通過に對して磁氣的にも安定な押壓鐵心を用ひ、通過電流の大小によつてインダクタンスの變化の少い様にする。又線路によつては超輕裝荷のものや、大都市の市内電話線にも裝荷線輪が使用されることがある。参考のため我が國の寫眞電信や公衆用搬送式電話回線の長區間ケーブル部に高周波用裝荷線輪を施してゐるが、其の實際例は下表の如くである。

標準裝荷線輪型式	裝荷線輪インダクタンス (m H)	裝荷間隔 (m)	見掛のインピーダンス (オーム)	裝荷回線の遮斷周波數 (kc)
第一種高周波裝荷線輪	4.53	300	600	41.0
第三種高周波裝荷線輪	7.9	470	420	15.0
A-35型裝荷線輪	3.5	300	565	49.4
A-38型裝荷線輪	3.8	1200	475	38.1

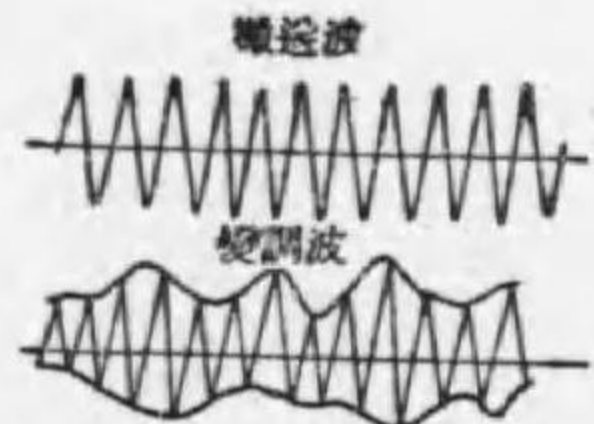
抑々、搬送式多重電話法が利用された當初の長距離通信は架空裸線によりなされ、その搬送周波數も 5~50 kC (キロサイクル) の様に高周波數のものを使用し多重通話用として少しも差支へなかつたのである。ところが重要な長距離回線は前述の様に漸次ケーブル化される様になつて來たのである。然るにケーブル回線は裝荷即ち回路にインダクタンスが挿入してある關係上使用し得る周波數 (回線の遮斷周波數とも云ふ) は 3~5kC の低いものとなつて高周波による搬送式通信法の効果が甚しく削減せられるかの様に思はれた。

然るに最近 數千 km 例へば日滿華連絡用の如き長距離電話回線が次々と實現さるゝに及んで、裝荷ケーブルは却つて不平衡、反射妨害、過渡現象妨害などで案外感心せず寧ろ無裝荷ケーブルが適當と稱へられるに至つたのである。他方電話増幅器は近來その特性や増幅度が非常に良くなつて來たため、長距離の無裝荷ケーブル回線に於ては搬送式多重通話法が技術的にも經濟的にも好成績であることが確認せらるゝに至つた。この無裝荷ケーブル搬送方式は我が國が最初に提唱し、長距離回線にも實施して非常な成果を擧げてゐるのを見て、英米に於ても重大な問題となつてゐると聽く。將來は無裝荷ケーブル回線に搬送式を重疊する方式が長距離通話用の世界的標準となるのは明かであらう。

(46) 搬送式多重電話法の原理

普通の電話の場合は送話器よりの通話電流は音聲周波のまゝで線路を傳つて相手の受話器に到達するものである。我々の音聲をオングラフなどによつて分拆して見ると、數十サイクルから數萬サイクルに及ぶものである。然し音聲に含まれる言葉を通ずるに充分な周波数の範囲は 300~2300 サイクルである。又ラジオの放送中継では種々の樂器音の関係もあるので、100~5000 サイクル範囲の良好な傳送特性が必要と云はれる。

さて、搬送式電話は送話端に於てこの通話音聲周波数より極めて高い單一周波数 (5~50kC) の所謂搬送電流を出し、これに通話電流を重疊して通話電流の波形を第 31 圖の如く高周波電流の振幅に變化、即ち變調したものを電話線に送り出し、又受話端局では復調器なるものを使用して傳送し來つた周波数の高い電流をば元の通話電流に復して通話するのである。



第 31 圖

そこで此の搬送式電話では次の四主要

素が必要である。

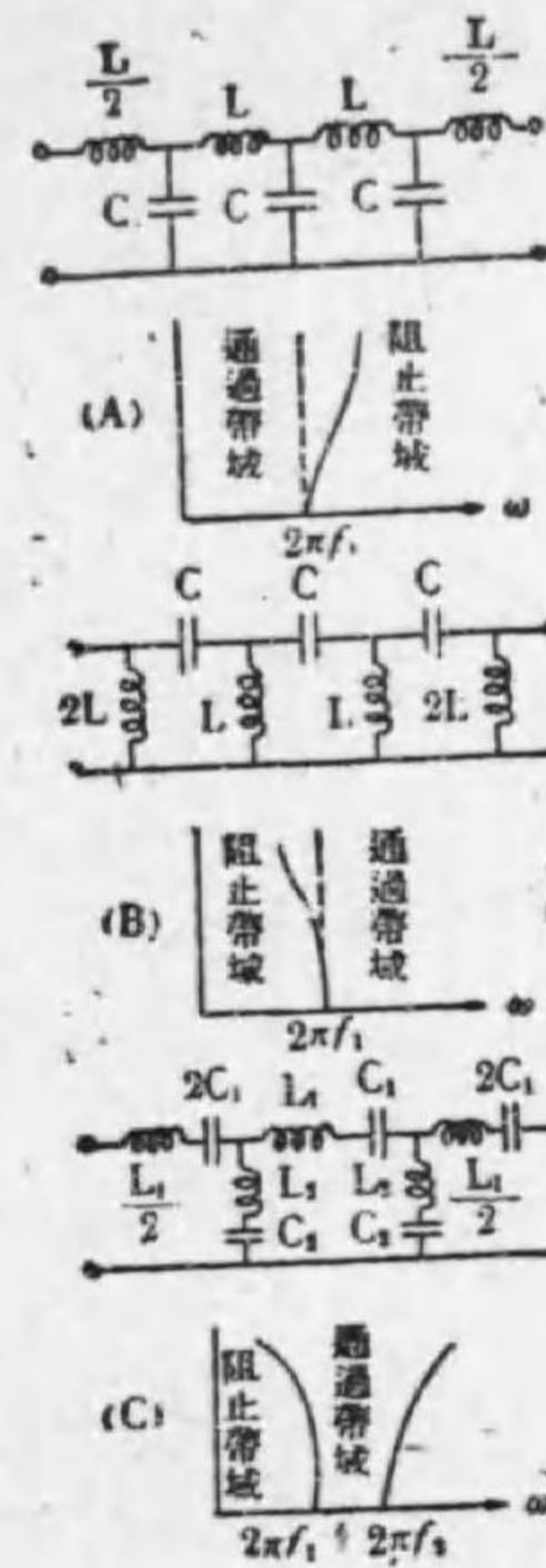
- ①搬送電流を發生する高周波電流の發生装置で、普通は三極真空管を利用する。時には高周波發生用發電機を用ふ。
- ②搬送電流を通話電流によつて變調する變調装置でこれも三極真空管の特性を利用する。
- ③變調装置から出る種々の電流の中から必要な變調電流を線路へ送り出したり、又先方から傳送し來つた搬送電流を選択して適當な装置へ導く役目をする濾波器。
- ④變調せられ來つた搬送電流をもとの通話電流に直す復調器で、これも矢張り真空管の特性を利用する。

夫々の細部に就ては各型式のところて説明するとしやう。

(47) 濾波器の作用

搬送式多重電話がその偉力を發揮してゐる一要素は濾波器の性能をうまく活用した点にあり、今日の發達は濾波器の改善に俟つところが甚だ多い。

抑々、濾波器と云ふのは自己インダクタンス (L) と静電容量 (C) を適當に組合しその共振作用を利用したもので、L と C の値並にその結線法の如何によつて通過帯域即ち搬送電流がある周波数の範囲では容易に通過し、周波数が其の範囲外に出ると搬送電流を阻止する様に働くのである。茲では余り詳しく説明する余猶もないが、第 32 圖は濾波器結線法の一例を示すもので、遮斷周波を $2\pi f_1$ 、 $2\pi f_2$ とした場合の通過帯域を示すもので、一般に (A) を低域濾波器と云ひ、(B) を高域濾波器 (C) の様なものを帯域濾波器と呼んでゐる。



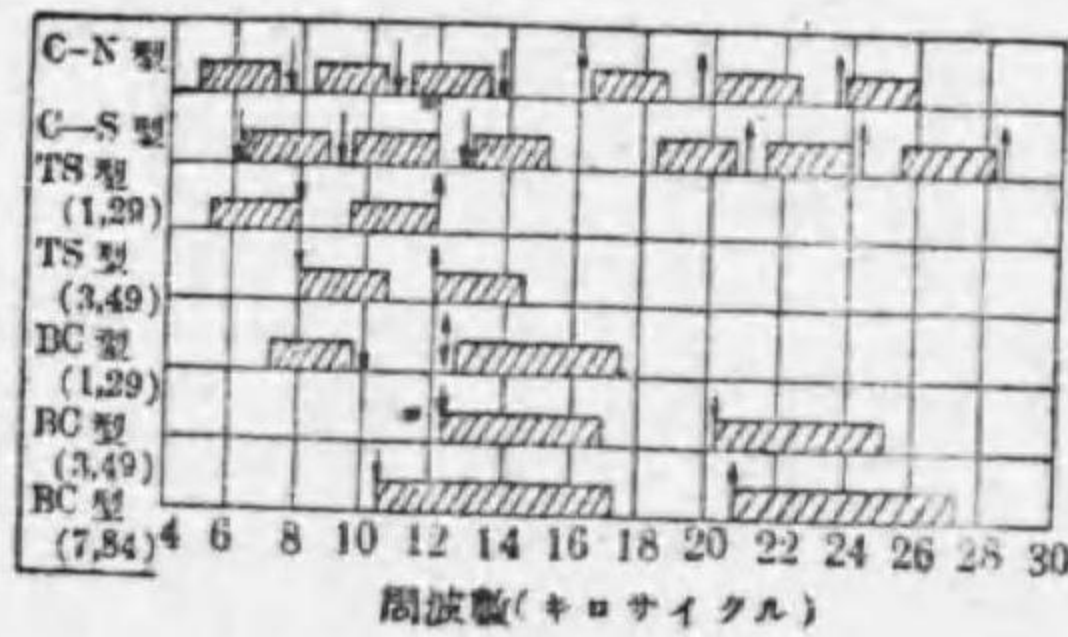
第 32 圖

搬送式電話に使用さるゝ濾波器は3000 サイクル附近を遮斷周波とする低域及び高域濾波器があり、之等は單獨にても使用されるが端局装置と外線との結合点に於て高周波と音聲周波とを分離するため一組として使用されることもある。此の場合特に線路濾波器と云つてゐる。又集

(48) 搬送式電話の周波数割當

三極真空管のグリッド又はプレートに高周波 f_1 と音聲周波 f_2 とを同時に加へると、變調作用によつて生ずるプレート電流の中には $f_1, f_2, 2f_1, 2f_2, f_1+f_2, f_1-f_2$ など各種の周波数の交流と一定値の直流が含まれることになる。そこで濾波器を使つて f_1 及び f_1+f_2 、又は f_1-f_2 或はその兩者を選択送信し、受話端局に於て三極真空管を用ひ受話變調して音聲周波を再生するのである。それで濾波器を適當に選擇し搬送周波数 f_1 を適當な間隔をおいて選定してゆけば、線路上に於ける各搬送周波による被變調周波の通話帯域は夫々適當な周波数間隔で以て配列されることになる。次に受話端局では濾波器により各通話帯域を完全に分離し得る。従つて各通話路は線路を共用しても御互同志の間に妨害を授受することなく、同時に多重通話が出来るのである。

それで搬送周波数 f_1 を幾ら多くしても良い理由であるが、周波



第 33 圖

数が甚だ大きくなると通話を弱める所謂減衰度が增大して實用上困難を惹起する。それで現在の通信用架空裸線路ではせいぜい 6~8 通話路である元來搬送式電話は複雑な端局装置を要する關係上一通話路式では 50km、三通話路式で 200km を重疊區間の經濟的な最小距離と云はれてゐる。

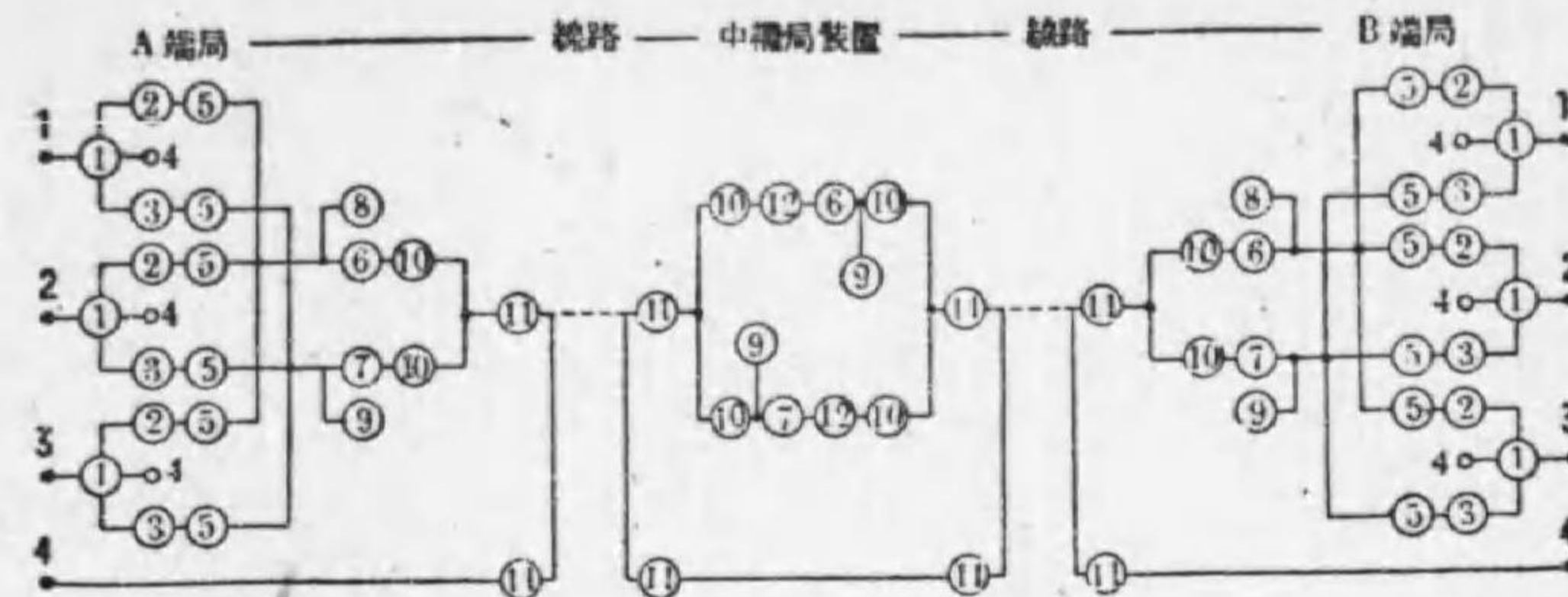
現在我が國で用ひられてゐる各種型式搬送周波並に傳送周波帯域は第 33 圖の様である。

(49) C 型三通話路搬送式電話

昭和 4 年ウエスタン電気會社の此の C 型 (C-N, C-S, C-R の型がある) 三通話路式電話を採用し、仙台に中繼装置を置いて東京青森間 740km が先づ開通し、次いで下關神戸間、函館小樽間、大

津福井間などが相次いで C 型の本式によつて連絡されたのである。此の通話回路の回線系統は第 34 圖に示す如くである。

圖から知れる様に、端局 (A) 一線路—中繼局装置—線路—端局 (B) から成るが、更に中繼装置の數を増すと兩端局間の距離即ち通話距離を幾らでも大となし得る。各端局では搬送式の三通話路と通



- 1 パイブリッド
- 2 變調器
- 3 復調器
- 4 平衡結線網
- 5 帯域濾波器
- 6 送話増幅器
- 7 受話増幅器
- 8 パイロット發振器
- 9 パイロット標示器
- 10 方向濾波器
- 11 線路濾波器
- 12 等化装置

第 34 圖

常の音聲回路による一音聲通話路が得られるのである。併して是等の回路は必ずしも搬送装置と同一局所の市外交換機に収めなければならぬと限らぬ。加入者がこれ等の通話路の何れかに接続せられた場合、今假りに第一搬送通話路とするならば通話電流は第一通話器の三巻變成器 (パイブリッドコイル) を經て變調器 (發振器を含んでゐる) に導かれ、そこで搬送周波電流に變調するのである。變調された周波数帯域は特定の周波数帯域のみを通過せしめる。さうして帯域濾波器を經て所定の周波数帯域だけとなり、次の送話用増幅器にて増幅され更に方向濾波器及び線路濾波器を經て線路に送り出されるのである。

それから第二、第三の搬送通話路の動作も亦同様であつて、斯様にして生じた各搬送周波通話路の變調された帯域通過濾波器によつて選擇され所定の周波帯域だけが夫々第一通話路のそれと合して同

一の増幅器並に方向濾波器を共通に通つて線路へ出て行くのである。前にも述べた様に長距離の電話線路になると通話電流は段々弱つて来て先方の受話が困難になるものである。そこで線路中適当な位置に電話中継器と云ふものを設け微弱となつて来た通話電流を擴大して先方に送つてやるのである。この搬送式に於ても同じ目的で中継局を設け此の三通話路より成る周波数帯域群は線路濾波器を通過し、更に方向濾波器と線路減衰歪等化器を経て増幅回路に行く。さうして其の出力側に於て方向濾波器並に線路濾波器回路を通過して次の線路區間に送り出される。

斯くして端局(受話側)に到達すれば之等の被變調周波帯域群を方向濾波器によつて受話用増幅器に導き増幅する。この増幅器の出力回路に於ては搬送通話路の被變調周波帯域が夫々の帯域通過濾波器によつて別々に選擇せられ、夫々通話路別に復調器回路を通り元の音聲周波となつて通話が利くのである。

呼出信號方法は 1000 サイクル電流を 1 秒間につき 16 回斷續したものを以て搬送周波電流を變調して送出し、受話端局に於て 1000 サイクル同調回路の繼電器群により 16 回斷續する直流に整流して信號を受信するのである。

猶本装置に要する真空管の電源設備並に一時間に消費する一端局の装置に就ては大體次の様である。

種 別	A 電池 (24V)	B 電池 (130V)
變調器及復調器	6 アンペア時	0.125 アンペア時
送信及受信増幅器	4 "	0.25 "
1000 周波發振器	1 "	僅 少
1000 周波信號器	1 "	僅 少
合 計	12 (AH)	0.375 (AH)

(50) 放送中継用搬送電話

大正 14 年東京、名古屋、大阪の三放送局が開設され、これ等各局間の放送中継回線として長距離のケーブルが使用された。これに

引續いて開局した広島、熊本、仙台に對しても中継用の専用線路が建設されたのである。我國に於てはラヂオ聴取を鍍石化するため小放送所が各地に設置される様になつたのであるが、之等放送局に對して中継線路を新しく建設することは莫大な經費を要するものであり、さうかと云つて無線中継法を採用すれば空電とかフェーディングの影響を蒙つて四季を通じて良好な中継は先づ困難と考へねばならぬ。

さて、地方放送局への中継線としては既設の架空裸電話線を利用するのが一番容易で且つ經濟的であるが、架空裸線の區間では放送専用として使用せしむるだけの回線の余裕はなく、假りにあつたとしても在來の裸線では外部からの誘導妨害があつて、放送中継には不適當な處も多くある關係上、茲に搬送式による中継法即ち BC 型搬送式電話が考案されたのである。これは昭和 6 年初めて名古屋金澤間に試験的に實施して好成績を納めたので、爾來架空裸線區間の放送中継は凡て搬送式を採用することになり、外國にも珍しい程に此の搬送式放送中継線が各放送局を結ぶ現状になつたのである。

放送中継に於ては最低レベルと最高レベルとの差が著しいので、單に電話用として設計せられた電話中継器をその儘改造せずに使用すると音楽などの傳達に對しては甚だ不都合となる。それ故これ等に對する改善が重要視され、更に通信網計畫に基いて全國各地に搬送式無裝荷ケーブルが敷設され約 30~8000 サイクルに亘る廣周波帯域を傳送し得る安定且つ妨害少い良質のケーブル搬送式放送中継線の完備を見るに至り、國內の如何なる放送局よりの名放送も容易に聴取し得るに至つたのである。この式の搬送電話装置として日本電氣及び東京無線の兩方式が今日實用されてゐる。

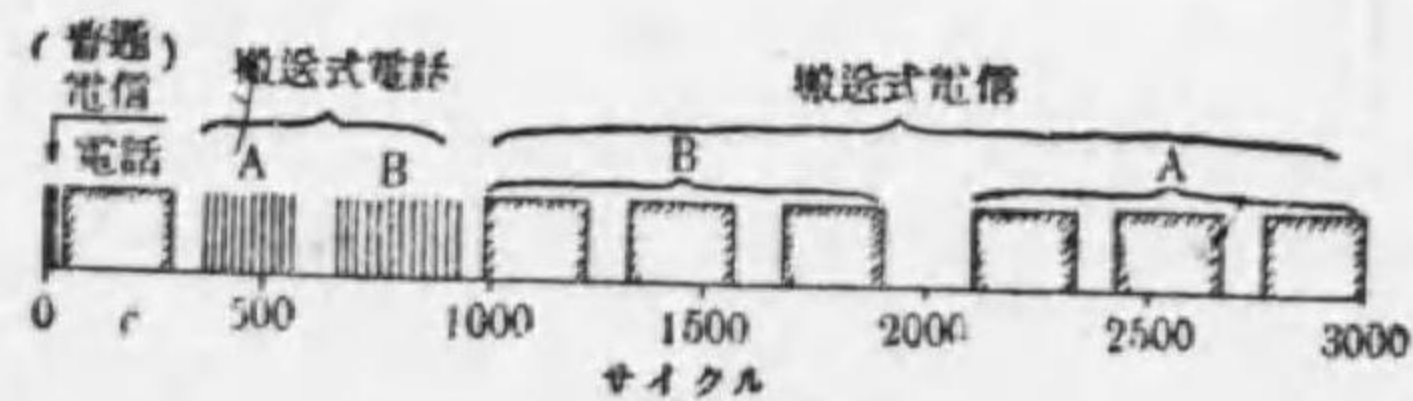
(51) 搬送式電信の周波數

搬送式電信は原理に於ては搬送式電話と同様で、要するに送信には周波數の多い交流即ち搬送波を電路に送り、之を符號によつて斷續し、受信側では各搬送波を濾波器で分離し、更に整流器を用ひて一方向の電流つまり直流に直して元の電信符號を再現し、受信繼電

器を動作せしめるのである。さうして用ひる搬送周波によつて高周波搬送式(3000~10000 サイクル)と音聲周波搬送式(300~3000 サイクル)それに音聲下周波搬送式(300 サイクル以下)などの方式がある

高周波式は主に架空線を用ひた電話回線に重疊して一回線だけで電信と電話とも同時に行ひ得る長所があるけれども、他方減衰即ち通信電流が段々と弱くなる作用が大きい爲、この弱くなつた通信電流を強める所謂中継器が線路の途中に多く必要になる欠点がある次に音聲周波式は音聲に含まれる範囲の周波数を用ひる關係で、普通の電話回線に重疊する事は出来ない。然し乍ら高周波によるものより減衰度が少いのでケーブル通信には好都合である。まして今日の如く市外電信電話ケーブルの發達に伴ひ、ケーブル中の或る心線を利用し、相互間に何等の誘導妨害を與へることなく實施し得るので、この式が經濟上の立場から多く採用される趨勢にある。

さて、一つの通信路を多重通信に使用する關係上周波帯域は線路の特性及び通信速度に關係する外、濾波器の特性にも關係するところが多い。搬送周波が相互に妨害しないためには理論上各搬送周波数を或る基本周波数の奇數倍(例へば60 サイクルの7 倍波より29 倍波に至る周波数、即ち420, 540, 660, 780, 900, 1020, 1140, 1260, 1380, 1500, 1620, 1740 サイクルの如きもの)に選ぶ必要がある。第35 圖は搬送式電信電話の周波数割當で、AB の二群に分れてゐるのは4 線式の場合 A は、れも一方向、B は何れも他の方向に通信することが實際上都合よいので斯様に表したのである。



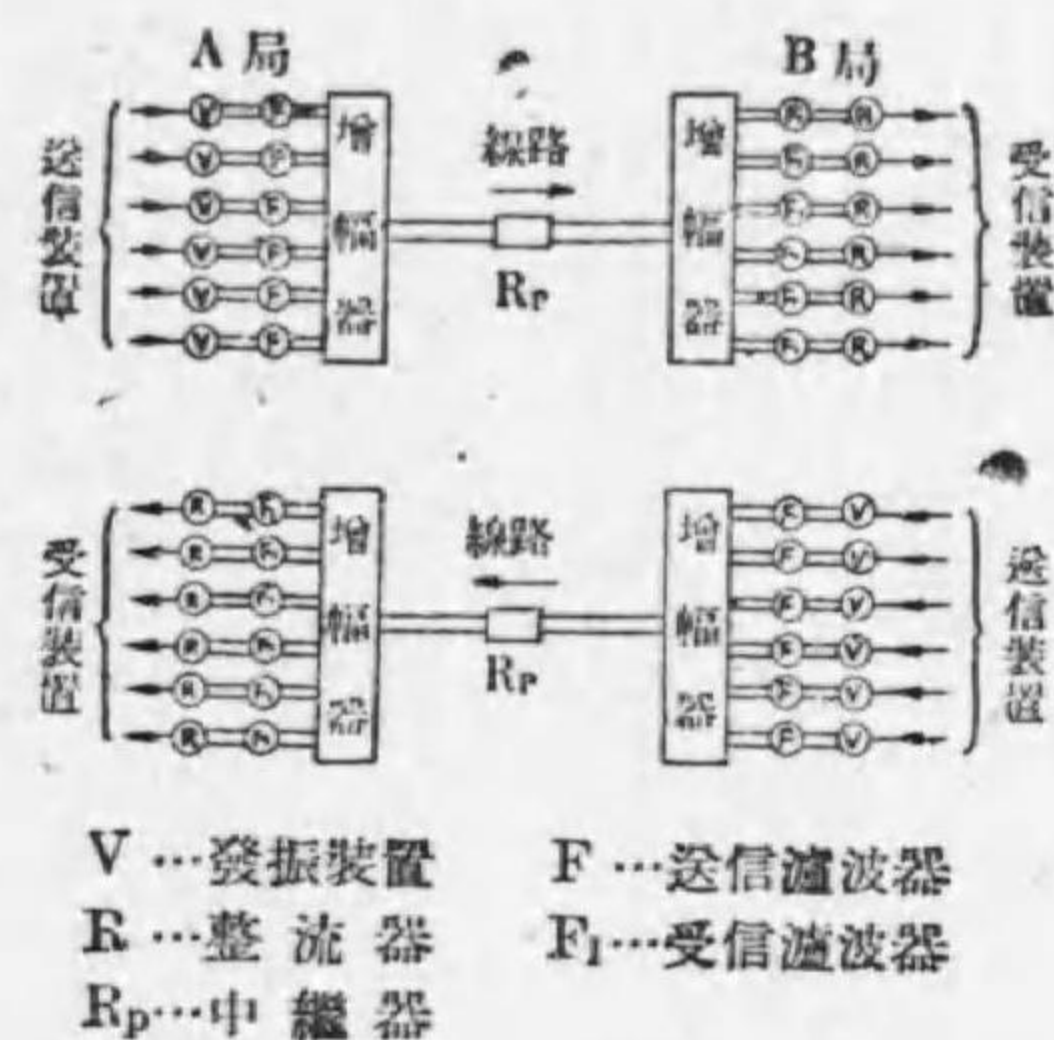
第35 圖

信路は一般に搬送電話の通信路数よりも遙かに多く利用し得る長所を有することが判る。

この圖から搬送式電話は一通信路に比較的多い周波帯を占める事が知れる一方搬送式電信の通

(52) 搬送式多重電信の原理

數百から數千サイクルの高周波を用ひて線路に送り、微弱な電流を受けねばならぬ關係で一般に複線式が用ひられる。又電信であるから一回線で同時に兩方から送受することも考へられるが、多數の異なる周波数に對して線路と全く同一の電氣價を有する擬似回路を作ることは實際上六つかしいので、斯様な方法によらず、第36 圖の如き二つの回線を使用して一回線で一方向のみの多數の通信路を

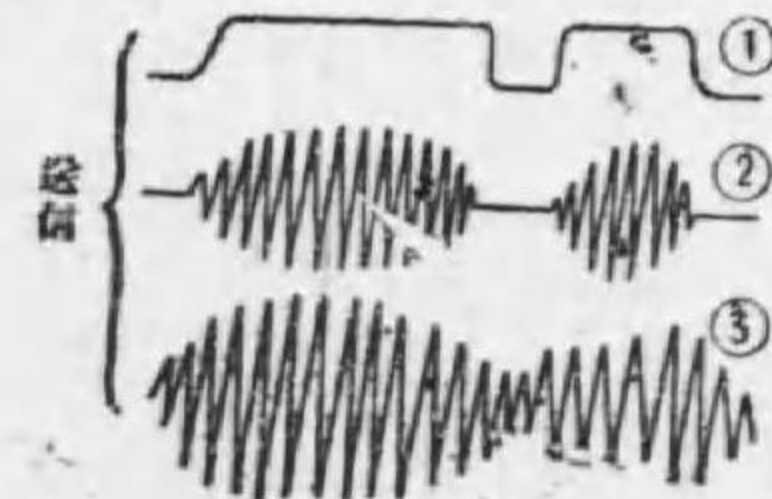


第36 圖

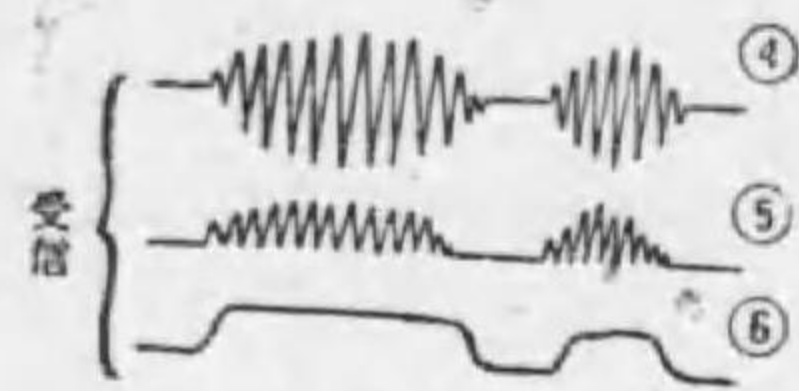
作り、他の回線では反對方向の通信路を作る様にする。この様にすると一回線が夫々別箇に使用せられてゐるため兩局より外線に記號電流を送込む場合、記號電流の混合する様な心配は全くない。

さて、第36 圖に於て AB 兩局共送信部では、各通信路毎に夫々割當てられた搬送高周波電流を發生する發振装置(真空管發振器若くは高周波發電機を使用)があつて、電鍵とか

自動送信機などの送信装置より送り出された直流衝擊波(第37圖①)によつて先づ送信繼電器を動作せしめる。さうするとその舌片の動作によ、發振器の回路が斷續し、之に相當する搬送電流の衝擊波②を線路に送り出すのである。此の場合各通信路の送信部が互ひに妨害しないため、送信用濾波器を通じ、更に充分な強さの電流を得る



ために増幅器を通さしめる。さうして線路には各通信路の電流が合成されて、それこそ複雑な波形をした電流(例へば③圖)が通るであらう。此の送信波が受信部につくと、先づ増



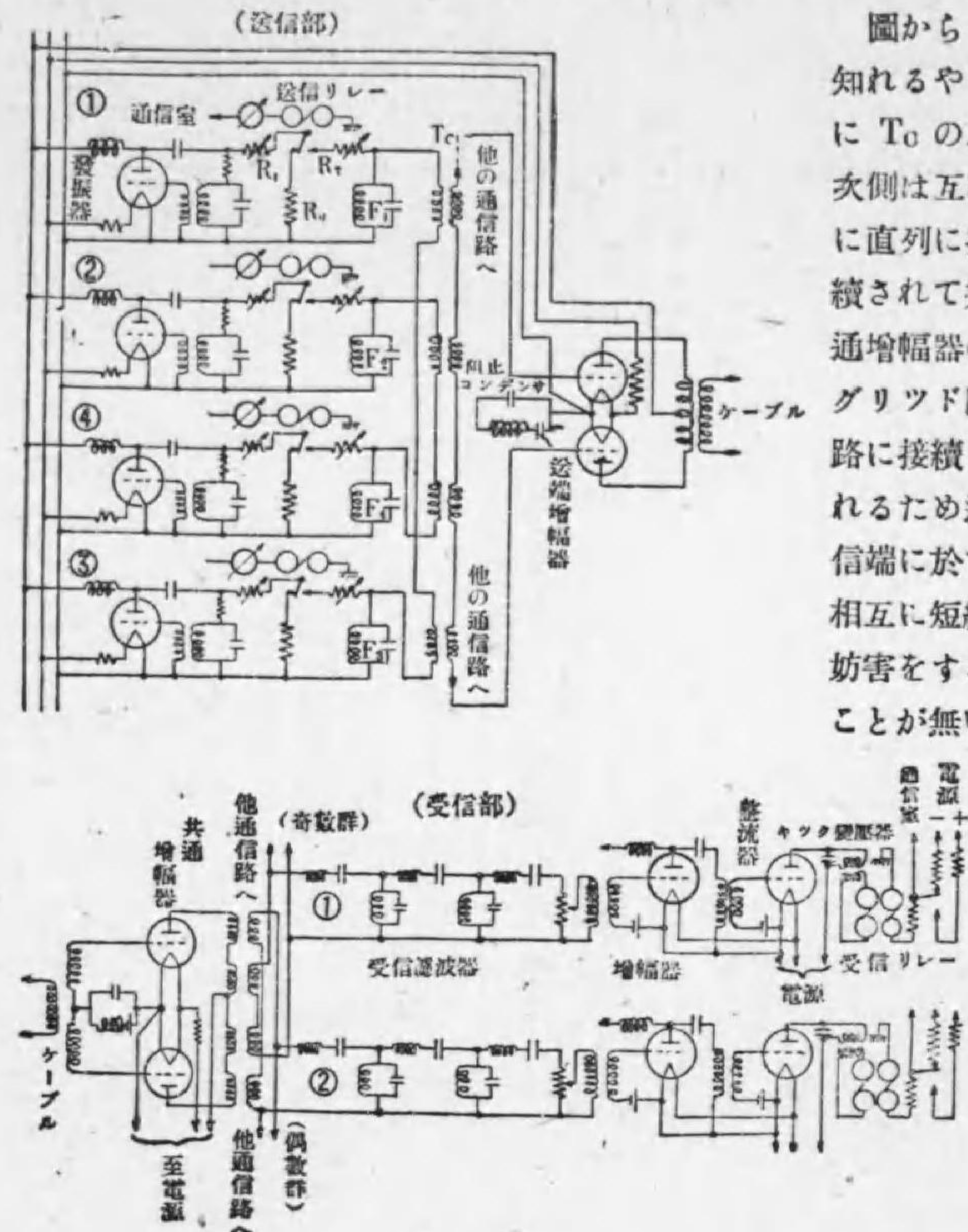
第 37 圖

幅器によつて減衰した電流を増強し受信用濾波器により當該通信路の搬送電流だけを選択し(④圖参照)これを整流器に送ることにより⑤圖の如く一定方向の電流に直す。更に蓄電器其の他を利用して⑥圖の様な元の波形に直して受信機を働かしうまく通信が出来るのである。

(53) 遅信型搬送式多重電信法

この方式は逓信省で最初に考案され昭和3年以來青森函館間4心入無装荷海底電信ケーブルに使用されてゐる。搬送周波数は450, 630, 810, 990, 1170, 1350, 1530, 1710 サイクルの8通信路に割當てられ、周波数の差は180サイクルに相當する。この周波数差は通信速度にも關係して來るもので、モールス通信を行ふ場合其の通信速度を600字/分と假定すれば少くとも105サイクル以上の差が必要と云はれる。此の遅信型の通信回路は第38圖の様に送信部は2通信路宛一組になり一箇の共通中繼線輪 T_c の一次側巻線の兩端に結ばれ、二次側は全通信路共通の増幅真空管にブツシユプルに接続せられる。 T_c 中繼線輪の一次側は更に各搬送周波の非共振回路 F_1 F_2 と並列になつてゐる。然して F_1 回路は自己の搬送周波(例へば450サイクル)に對しては極めて高いインピーダンスを與へるも、これと結合された他の搬送周波(例へば810サイクル)に對しては極く低いインピーダンスを與へる様になつてゐる。 F_2 回路は之と全く反對に作用する。

今送信繼電器を動作せしめると①の搬送電流は抵抗 R_1, R_2, T_c の一次巻線及び F_2 回路を経て供給される。この場合繼電器舌片回路の開閉時に生ずる過渡的妨害は R_1, R_2 並に F_1 回路によつて除去され、尙適當な抵抗 R_0 を結んで負荷變化に伴ふ周波數變調を防いでゐる。又、 F_1, F_2 回路を利用することにより通信路相互間の妨害を除く事が可能である。さうして二通信路宛一組として T_c 中繼線輪に接続する場合は夫々①—③, ②—④, ⑤—⑦, ⑥—⑧を組合す



第 38 圖

さて、受信部は圖の如く一箇の共通ブツシユプル増幅器で以て増幅され、更に互ひに並列に接続せられた受信濾波器群に至る。この受信濾波器群は奇數通信路群と偶數通信路群の二組に分けてプレート回路に夫々變成器によつて接続され、各通信路の濾波器相互間の短絡妨害を軽減する様につとめる。受信繼電器はキツク變成器によるインパルス電流により動作するものである。

圖からも知れるやうに T_c の二次側は互ひに直列に接続されて共通増幅器のグリッド回路に接続されるため送信端に於て相互に短絡妨害をすることが無い

以上の方式は8通信路用のもので、その他吉見釜山間に最初に用ひられた4通信路単線式、それに既設の長遠なる海底電信ケーブルに現在の直流二重の他に更に搬送式(2通信路が標準)を重疊する所謂重疊式搬送電信、或は東北帝大型とも稱すべきもの等もある

・初・級・通・信・叢・書・

特殊電氣通信

複製



嚴禁

昭和十七年三月十日印刷

昭和十七年三月十五日發行

★定價 60 錢★

(送料6錢)

著作者 電氣通信技術研究會
 發行人 田 中 增 吉
 印刷所 電氣書院印刷所

發行所

日本出版文化協會
會員番號119025番

電氣書院

大阪市西成區南神合町四
 電話天下茶屋5559番
 振替大阪46157番

配給元

日本出版配給株式會社

東京市神田區淡路町二丁目九番地

電氣技術講座

各巻 二圖 五十錢
送料十四錢
全巻 十 九 圖
送料四十六錢

受験と實地を完全に連繋した全八巻

新鋭無比・詳細懇切

之を遞試合格への理想的な指導講座だ!!

- | 全 | 八 | 巻 |
|-----|------------|--|
| (1) | 電氣技術用基礎學 | 電氣用數學、物理化學、英語、電氣基礎理論
すべての基礎學を築く。 |
| (2) | 電氣理論と電氣測定法 | 實用電氣理論、電氣測定器並測定法、電氣磁
氣學と測定工學の一切を盡す。 |
| (3) | 電氣機器一般と取扱法 | あらゆる機器を十四章一三九項目に詳論し、
之に新体系を興へた。 |
| (4) | 發變電所の建設と運轉 | 火力發電所、水力發電所、變電所、開閉所の
設計と運轉の實際技術を授く。 |
| (5) | 送電線の建設と保守 | 最新送電工學を詳解した。本書は設計に、運
轉に、保守に、試験に電力輸送の万全を期す |
| (6) | 電燈電熱と電力應用 | 電燈照明と電熱と電力應用のすべてを多數の
寫眞と圖を以て解説した。 |
| (7) | 電鐵と電氣通信ラヂオ | 電氣鐵道、電池及通信工學を圖解本位に説き
無線工學を判りよく詳論した。 |
| (8) | 配電工學と電動機應用 | 配電工學の精華を説き、最新問題を取り上げ
て解説した。之に工場動力を附加した。 |

獨學者を短期間に高級技術者とする

郵券三錢三枚同封お申込になれば、「受験メモ」付電氣技術講座案内送呈申上ぐ

最新初等電氣講座

遂に出た！初等電氣工學の王座!!
之ぞ眞の初歩講座だ!!

見よ此の堂々たる偉容を...

★明確なる目標的指導

小學校を出て
初めて電氣を學ぶ人に
選試第三級を受ける人に
通檢第三級を目指す人に
實檢電氣を志す人に
最適最新鋭の理想的講座！

★懇切明快な初歩講義

素養がなくとも十分理解される
やう、讀まずとも見れば列る圖
解本位の懇切な初歩講義がされ
る。

★最新實際技術の教授

日進月歩の電氣工學の最新智識
を興へ、實際技術を授けるから
明日から仕事役に立つ。
標準電氣 内容見本贈呈
シムボ付
三錢切手を封入してお申込み下
さい。

- 第一巻 直流回路及計算
第二巻 交流理論及計算(上)
第三巻 交流理論及計算(下)
第四巻 電氣磁氣測定
第五巻 電氣機械器具(上)
第六巻 電氣機械器具(下)
第七巻 配電及蓄電池
第八巻 電燈照明並電熱
第九巻 火力發電所
第十巻 水力發電所
第十二巻 有線無線通信

完全な通信教授 中等部

五年制の工業學校電氣科の課程が、毎巻
五十日に讀破すれば、一年三ヶ月で修了で
きる。

★講座の學校化

本社直接お申込の會員に限り「通信電氣
學校」中等部に入會せられたのと同じ特典
が興へられる。
・學習課程、受講心得が興へられ、學修
を推進する。尙重點講義も授けられる
・實験指導用紙が配布され、質問の個人
教授が行はれる。
・個人教授問題に依る懇切な指導添削が
行はれる。
・各巻修了毎に科目修了試験を施行し、
答案の採点添削が行はれる。
・全巻修了時には全科修了試験を行ひ
合格者には本校中等部の修了證書が授
與される。

★獨特の共學制度

お互に勵まし合つて勉強すると著しく勉
學能率が向上する。この点に着目して二人
連名で入會せられた場合各人、毎巻一圓五
十錢(送料九錢)に特別割引申上ぐ。
お申込は 近くの郵便局より振替用紙で
振替口座大阪四六一五七番 電氣書院 宛に
「最新初等電氣講座」第何巻分會費と、住
所氏名を明記してお申込下さい。

通信電氣學校

指導法！熱誠溢るゝ個人教授！！

基礎科 試験

電氣工學の學習を親切に第一歩より手引する...

- ◇教材は.....
 - 第三種科 選試用初等算學 (全一冊)
 - 第二種科 選試用高等算學 (全一冊)
 - 第二種一次選試讀本 (上巻・下巻 二冊)
- ◇會期及會費は.....何れも三ヶ月終了 (入會隨時)
- 第三種 {全 掛六 圓 第二種 {全 掛八 圓
- {毎月掛二圓十錢 {毎月掛二圓八十錢

◇教授方法は.....
教材に對する「學習指針」及「課題」を與へて其の學習を指導し「各科目の概要」(小冊子)を與へて其の習熟を要約せしめ活用の便を計り「個人教授問題」各科目兼業に依り獨特の個人指導を行ひ「個人質素指導用紙」に依り質問を懇切に誘導す。科目終了試験を行つて其の答案を添削する。總て「個人指導調査書」により受講者一人一人を指導員が個人教授する。

試験受験科

- ◇一次大科 毎年一月開講
- ◇教材 選試用初等算學 (全一冊)
- ◇會費 第三種 五圓 所持者は 第三種 三圓五十錢
- ◇二次大科 毎年四月中旬開講
- ◇教材 選試用高等算學 (全一冊)
- ◇會費 第三種 七圓 所持者は 第三種 三圓五十錢

お申込みは...何科、何種、住所氏名を明記され會費を添へて、郵便局より振替で口座香號大阪四六一五七番 電氣書院宛お掛込下さい。

一次二次試験に應ずる、基礎習熟、應用能力、答案作製術の三者を深刻に教育する。整備せる教材と細心なる留意を以て長所を伸長せしめ短所を補ふの個人的指導を行ひ、模範試験に依り答案作製術を練習せしめる。本科を修了すれば、實験受験場裡に出し得る。

三ヶ月で合格の實力を興へる
課程表と指示で業々と準備を進める。懇切な個人指導は、一人の講習生に三人の指導員が三重添削する。適中率豊富な模範試験を施行して、答案作製のコツを教へ、實験能力を極度に伸張せしめる。

工人受験「指導テキスト」

全五篇 四圓五十錢 送料 二圓十二錢

第一篇 初等電氣の理論と計算

九十錢 (税六錢)
小學を出ただけの素人にも判かる様に電氣理論の根本を平易に教へ、計算の上達を計る。

第三篇 電氣機器一般と諸材料

九十錢 (税九錢)
驚異的な多数の貨物寫真と圖を以て、電氣機器諸材料を圖解説明し實地に學術に役立しめる。

第五篇 配線法と配線圖の書き方

九十錢 (税六錢)
配線圖は斯うして書くものだとならば住宅から、工場商店ビルディング等まで配線圖を圖解詳述した。

免許試験問題解答の研究

九十五錢 (税六錢)
全く初歩から説明した、懇切無比の解答は理解容易で記憶に便、更に詳しく註釋で問題を研究し、尙、受験手續の詳しい實例をも附す。

第二篇 配電一般と工作物規程の解説

九十錢 (税六錢)
發電から配電迄を説明し、屋内配電の常識を養ひ、面白きもの故工作物規程とその精神を説く臨時特例と工機装置を増補す。

第四篇 工事施行方法と工作物試験法

九十錢 (税六錢)
基礎理論より説き起し、施工に不可欠な工具類と基礎作業を圖解し施行法、試験法まで詳述して解る。

第六篇 屋内電氣工事の設計

五十錢 (税六錢)
先づ設計用器材より見積までを一章とし、次いで正しい配線圖の書き方、吟味訂正法を詳細圖解した。ビルディングの電氣設備まで四章に工事設計の要点を詳述す。

検査と試験・故障と対策

五十錢 (税六錢)
検査試験に用ふる器具類を解説し、故障とその處置を一々例を擧げて詳細に検討した。更に災害防止に關して述べ事故の絶滅を期した。

通信 工人受験の指導

全くの獨學初心者に對し、電氣の第一歩より懇切に指導し、免許試験に合格せらるゝ迄通信教授を行ふ。

◇教材 工人受験「指導テキスト」全五篇

◇會費 工人受験「指導テキスト」全五篇

◇入會手續 會費 (又は全會費八圓)を振替用紙を使用して郵便局より振替大阪四六一五七番電氣書院宛「工人受験部講習會費」として御送りなれば、早速講義材料その他送付申上ります。住所氏名は講習で明瞭にお書き下さい。

通信電氣學校「工人受験部」

電氣計算

定價 35 錢 送料 2 錢
 3ヶ月 105 錢 6ヶ月 200 錢
 1月特大號 60 錢 6月特大號 50 錢
 2ヶ月分及 6ヶ月分御持込の際
 1月特大號を含むときは 25 錢を
 6月特大號を含むときは 15 錢を
 加算願ひます
 1ヶ年(二特大號を含む) 4圓30 錢
 郵券 3 錢 13 枚 封封 申込 願れば
 最近號 彙送 申上 ます。

懇切なる指導・新鮮なる記事・明瞭なる理解

★初學者も容易に理解を主眼とした掲載記事の凡てに互に、懇切明快にして詳細なる解説をする……
 ★受験に實地に勉好の準備を要する電氣工学のあらゆる部門に及ぶ重要事項、實際問題を詳にし特に計算問題に對しては、その根本を教へ、活用之力を養ひ、應用の才を養ふ……
 ★選試受験者の眞の師であり友である本社内「選試受験研究会」の研究に成る最も選試の主眼に合致する記事と題實問題を掲げ、模擬試験を施行して、直接個人的に指導する……
 ★全頁が絶えず血となり肉となる一頁の無駄もない苦心の編輯……
 仰げ「電計」表等の編表!!
 進める指導の熱意電氣計算
 接せよ向上へと導く電計魂にノ

電氣工学と初等電氣の編表 一部 十五 錢
 電氣工人工事人の指導 一冊 十 錢

御注文の要

●御注文は總て前金に願ひます。
 代金引換便は郵便規則の改正に依つて取扱はれなくなりましたから成るべく振替を御利用下さい。
 ●御送金は最も安全確實な振替用紙を御利用下さい。裏面の通信欄に御注文書名其他の通信事項をお忘れなく御記入願ひます
 ●弊社専用振替用紙(拂込料金弊社負擔)は御請求次第御送り申上げます。
 ●郵便切手で御送金は必ず一割増に願ひます
 ●収入印紙は御断りします。
 ●送料は必ず御加算願ひます。
 ●御住所姓名は勿論書名數量等はすべて楷書で明瞭に御認め下さい。
 大阪市西成區南神合町四
 電氣書院
 電話 天下茶屋五五五九番
 振替 大阪四六一五七番

小包送料	五百瓦	10 錢
内地普通	一瓦迄	14 錢
内地普通	二瓦迄	22 錢
内地普通	三瓦迄	30 錢
内地普通	四瓦迄	38 錢
内地普通	五瓦迄	46 錢
内地普通	六瓦迄	54 錢
内地普通	七瓦迄	62 錢
内地普通	八瓦迄	70 錢
内地普通	九瓦迄	78 錢
内地普通	十瓦迄	86 錢
内地普通	十一瓦迄	94 錢

419

特 217

425



—日本標準規格 A5列—

Y060

終