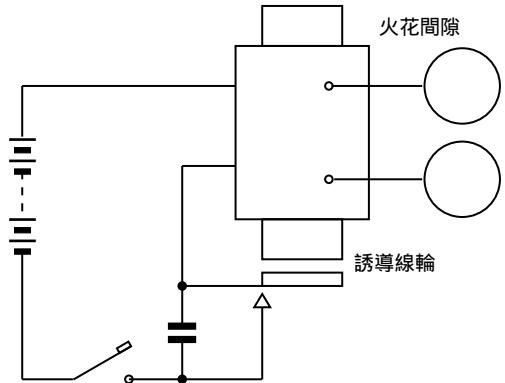


最近に於ける長波の利用

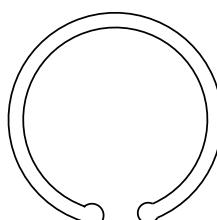
1. 初期無線通信に於ける使用波長の変遷

西暦 1888 年(明治 21 年)ドイツの Hertz が始めて電波発生の実験に成功した装置は、誘導線輪(当時の言葉では感應コイル)と火花間隙を第 1 図のように接続して、火花間隙に放電を行わしめた甚だ簡単なものであった。彼はこれにより発生した電波を第 2 図に示すような共振器を用い、その間隙に火花を飛ばすことによって電波の存在を検出し、或は第 3 図に示すような反射器及びその他の簡単な装置を用い、電波の共振、直進、反射、屈折及び偏り等の現象を実験したのであったが、彼は別にこれによって将来無線通信が行われると考えたわけではなかった。

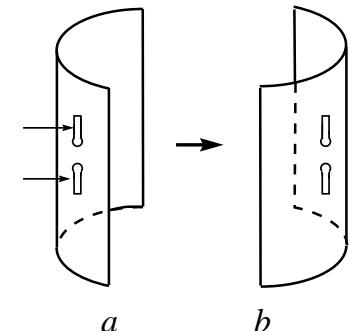
この Hertz が発生して色々実験を行った電波は、今日の言葉で言えば超短波もしくは極超短波であって、今日陸海空戦の兵器の中で重要な役割を演じている電波探知機に使用せられているのである。ただ当時のものが火花放電により発生する減衰電波であったに対し今日のものが真空管



第 1 図



第 2 図

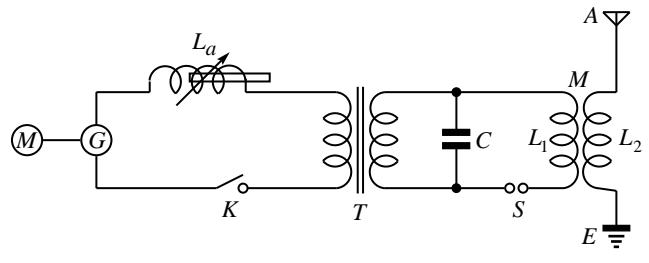


第 3 図

もしくは磁電管により発生せられる持続電波である点が相違するのみである。後にイタリーの一青年物理学徒であったマルコーニは、この Hertz の発振器の一つを接地し、一つを空中高く建てた空中線に接続することによって電波の伝播距離を増し、地球上の 2 地点間或は 1 地点と海上船舶との間に通信を行おうとして色々な実験を試みたのであったが、1902 年(明治 35 年)遂に彼は大西洋横断の

連続実験に成功したのであった。この頃の無線通信を現在から回顧すれば、正に初期搖籃時代と云つてよいと思う。

さて、最初の無線通信は送信は誘導線輪の火花放電、或は交流変圧器の二次側の火花放電により発生せられた減衰振動電流によって行われ、波長は現在の言葉で云えば中波であり、受信はロッジ等の発明したコヒーラーの検波作用を利用することによって行われたのであって、日露戦争当時、哨戒船信濃丸から発せられた「敵艦見ゆ」



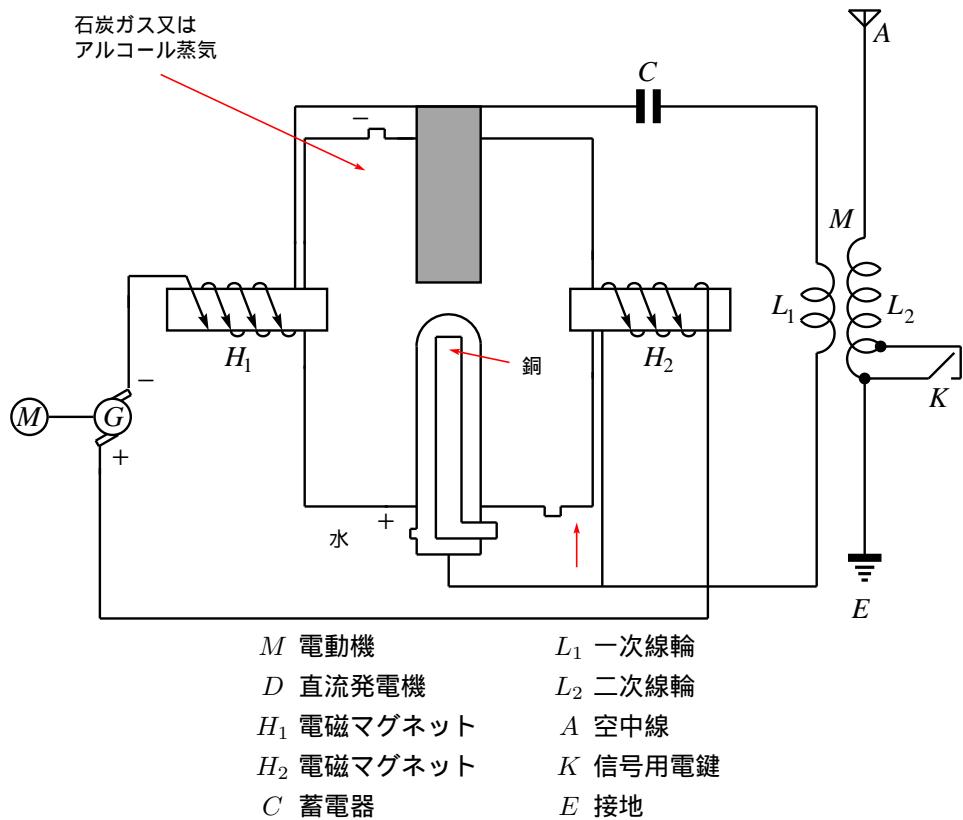
<i>M</i> 原動機又は電動機	<i>S</i> 火花間隙
<i>G</i> 500c/s 交流発電機	<i>A</i> 空中線
<i>T</i> 500c/s 変圧器	<i>E</i> 接地
<i>L_a</i> 500c/s 同調可変鉄心入 誘導線輪	<i>L₁</i> 振動電流変成器 一次側自己誘導線輪
<i>K</i> 電鍵	<i>L₂</i> 同空中線側 自己誘導線輪
<i>C</i> 蓄電器	

第4図

との信号の送受も、このような方法で行われたのであった。間もなく電波の受信方式が発達し、鉱石検波器或は真空管検波器と電話の受話器を使用するようになってから、誘導線輪のような火花放電回路の少く、従って音色の低い音よりも300c/sとか500c/s程度の交流発電機を使用し、火花放電回数を増加して交流発電機周波数の2倍の音を聞いた方が受信が容易であると云うことになって、第4図に示すような結線図を有する火花式送信機が用いられた。

かかる装置によって主として対船舶通信が行われたのであるが、中波では海上を伝播する場合でも昼夜による通達距離の差が甚しかったので、この差をなくすために漸次波長が延ばされたのであった。他方、また普通の火花式による減衰電波では単一電波を輻射することが困難であるので、持続電波の発振方法が考えられ、1907年ウイーン瞬滅火花式発振器の発明に先だって、1904年、はやくもパウルセンによって第5図に示すような結線を有する電弧式発振器が考案され、略々持続電波を発振することに成功したのであったが、ただ電弧式では発明せられた当時専ら使用せられていた中波の発振が困難であったために、直ちに広く採用せられるに到らなかったのである。

これと同時代に受信方法も1904年（明治37年）フレミングにより考案された二極管のほかに、多くの人々により持続電波の受信方法が考案されたが、1906年



第5図

(明治39年)ドフォーレーにより発明せられた三極真空管が多くの人の研究の結果、検波作用のほかに増幅、発振等に於て優秀なる特性を示すことがわかった。而して、遠距離通信は長波による方が昼夜間の通信能力の差が小さいことから送信は電弧式、受信は真空管による局部発振器を使用する方法が、暫く遠距離固定通信に採用せられることになったのである。この方法が世界各地で採用せられたに到った時代までを、初期無線時代と云ってよいと思う。

次に、この電弧式が電波を二つ出すこと、或はその放電の不規則なことに起因する高周波妨害電波の発射を止めるために電弧式自身の改善が企てられ、或は別に生れた高周波発電機を利用する長波通信が世界各地で採用せられるに到ったのであったが、この長波送信に使用せられた発電機は米、独、及び仏に於て夫々その国の技術者が発電機技術の粋を盡してできたもので、何れの方式も送信周波数を一定に保つことに於て、送信所全体の電力能率を向上することに於て、或はまた運転を容易ならしむる上に於て、あらゆる技術的努力が払われたのであった。

尚^{なほ}、1915年、G.E.会社のラングミュアがプライオトロンと称する磁性真空管を発明してから真空管式送信機もまた世に出現するに到り、1921年イギリスのラグビーに大電力の真空管式長波送信所の建設を見たことは、人口に膾炙^{かいしゃ}するところである。

2. 長波通信から短波通信への推移

前述の如くにして出現した長波が、当時の海底線による有線通信と競争して世界重要都市間の電信回線の確立に役立たのであるが、惜しいかな長波通信は受信所が熱帯地方にある場合、或は受信所が温帶地方にあっても山嶽地帯に接近したところにある場合の夏季に於て、空電妨害のために屢々^{しばしば}通信困難となるか或は不能に陥った。これを救済するためには送信に於てはその発射電力を増大し、受信に於ては指向性受信を研究し、或は長い連絡線を建設して受信所を可及的空電の少いところに移す等、あらゆる方法を講じたのであったが、電報が一瞬を争うと云うように通信上の要求が厳密となるにつれ、到底経済的に空電による妨害に打勝つことは不可能であることが判明した。それがため 1921～1923年頃には、無線通信関係者はかなり困難な立場に置かれたのであったが、兎に角^{とがく}20年以前までは長波により尠くとも長距離固定通信が相当多く行われたこと、及びこの頃に於て大西洋横断無線電話まで開かれたことは、先ず長波の實に忘れられない貢献であった。この時代までを長波時代と云ってよいと思う。

長波通信が斯^かくの如き困難に遭遇している間に、1922年（大正11年）に現在、世界各国で公衆通信に或は軍用通信に広く用いられている短波より少し長い中短波によって、素人無線家が小電力の送信機で英米間の実験通信に成功し、ここにマルコーニの火花式送信機により発生した中波が、大西洋横断通信の可能性を示してから約20年後に、専ら長波によって行われていた遠距離通信が、再び中短波によって行い得る可能性が発見せられたのである。

これに着目して、各国の無線の専門家が短波の遠距離伝播性能を研究し、直ちに実際通信への利用が始まったのであるが、空電妨害を受けることは長波に比し遙に少く、適当な周波数の短波を選択して使用すれば、長波では数百kWの送信電力によって行い得たので 1924年、早くも短波が長波の補助として用い得ることが認められた。

次いで、短波の波長が数十m以下であることから、容易に電力を一方へ発射する方式が続々生れ、間もなく短波のみによる無線通信回線も開かれるに到り、^{しこう}而してその送信機の扱う電力の小さいことから、容易に長波の追随し得ない高速度通信が行われるに到り、1929年頃には世界

電波分類	周波数範囲 (kc)	波長範囲 (m)
長 波	100 以下	3000 以上
中 波	100 ~ 1500	200 ~ 3000
中 短 波	1500 ~ 6000	50 ~ 300
短 波	6000 ~ 30000	10 ~ 50
超 短 波	30000 以上	10 以下

第1表

各地の無線によって扱われる電報の90%以上が短波で扱われるようになって、長波は全く無用の長物化する運命にあるかの如く見えたのである。この時代までを前の初期無線時代に対し、中期無線時代と定めてよいと思う。

ここで参考のために1929年、ヘーゲで開かれた万国無線技術諮詢委員会の決定による波長の分類を表示しておこう。

3. 短波時代に於ける長波の用途

上述の如くして現在の無線通信に於ける短波時代が出現したのであるが、これより先、短波による実用通信が始って間もなく電波伝播の通路が高緯度地方を通過するもの、例えばアメリカのニューヨークとイギリスのロンドン、カナダのモントルとロンドン間の短波通信の如きものは、極光出現時に於て時々断続、數日間甚しく劣化し、ときには通信不可能となることさえあった。かかる場合は、同時に大西洋横断の海底線による通信も劣化し杜絶することもあったが、長波のみは平素に比し何等劣化することもなく通信を継続することができた。

この高緯度地方を通る短波通信の劣化現象を統計的に調査したところ、これは殆ど極光出現時に多く、極光の出現は磁気嵐と同時に起ることが知られていたので、磁気嵐に伴って起る高緯度地方の上空電離層の異常状態が長波伝播には大して影響はないが、高緯度地方を伝播する短波異常減衰の原因になることが想像せられたのであった。更に進んで極光出現頻度数と緯度との関係を調べてみたところ、これは簡単に高緯度ほど多く出ると云うものではなく、大体地磁気の67度辺に最も頻々と出現し、それより磁気緯度が高くなても低くなても出現度数は大いに減少することがわかった。

そこで、この伝播通路に於ける極光出現度数と磁気嵐の際の短波の異常減衰の関係を求め、磁気嵐の強さと異常減衰の関係を漸く定量的に求めることができた。これによって現在の無線技術では伝播通路が、東京とベルリンとの通信路以上に最大極光出現地帯に設置する場合には、直接通信は磁気嵐の際、長波の助けを借りるようにしておかなければ、屢々通信が杜絶するのを免れないことがわかったのである。それ故、英米間の大西洋横断通信路の如き伝播路は僅か、4000～5000kmであるが、電波通路が極光最大出現地帯に接近するため、磁気嵐の際に短波通信が甚しく劣化するので、かなり屢々長波を使っているのである。

次に、最近は太陽の活動が不活発のために余り出現しないが、太陽活動の最盛期の前後約3、4年間盛んに出現するデリンジャー現象の際にも、普通の商用短波では通信が短くも15分間、長きは数時間に亘って杜絶するが、この際長波もしくは10m附近の電波は大して伝播状況が変化しないことが知れている。而して空電が少い場合ならば、長波の方は通信を100%救済し得るのであり、10m附近の方は何時出現したデリンジャー現象も救済すると云うわけには行かない。しかし、共栄圏内の公衆通信ならば、後者を常時使用することにより大部分を救済し得るから、これでよいが通信の完璧を期する上からは長波も併用するのに越したことはないのである。

4. 軍用通信に於ける長波の利用

一般公衆通信が長波から短波へ、或は中波から短波へ推移したのと同様に、軍の作戦指揮用、打合用、情報用電波も中短波もしくは短波に移ったのであるが、軍通信では公衆通信よりも遙かに通信の杜絶が重要な問題となって來るのである。それは公衆通信では數十分程度の杜絶ならば、それによって生ずる事情は大して問題とならないのが常であるが、軍通信では30分間情報の遅れたために、それだけ作戦計画の遅れることもあるうし、極端な場合には通信連絡のとれない時間に開戦した艦船が、數十分間以内で沈没の悲運に逢えば、その艦は或る時刻以後杳として消息を絶つことになって、甚だ困ることになる。従って軍通信では公衆通信と異り、經濟を度外視して基地と作戦部隊間は如何なる場合にも完全に連絡がとれるような設備をする。然らば、現在の交戦各国で長波が如何なる場合に使用されているかと云うことであるが、これは各国とも軍事上秘密にしているから、

その用途は推察するほかはないが、^{でんぱ}伝播特性からみて次のような場合に使用するのが有効であるから、恐らく各国で相当使用せられていると考えられる。

- (1) 電波通路が極光最大出現地帯に接近する場合
- (2) デリンジャー現象時
- (3) 同時に広い地域に散在している艦船に同一指揮または情報を伝達する場合
- (4) 対潜水艦通信
- (5) 洞窟に潜在せる部隊への通信

(1) の場合とは例えて云えば、基地を東京において艦船が北大西洋に行動するような場合で、このような場合には通常の如く短波のみで情報を伝え、或は作戦指揮をしようとする、余り強くない程度の磁気嵐の日でも屢々不能になって拙いから、基地から艦船隊への送信は短波のみによることなく、かなり電力の大きな長波を併用せねばならない。但し北大西洋の艦船から基地への通信には、大電力の長波を使用するわけには行かぬから、短波で連絡のとれる時間を持って送信するか、或は南太平洋方面の基地なり艦船を中継して短波で連絡するほかはないのである。

(2) の場合は最近のように太陽の活動性が衰えている時期には余り起らないが、2,3年経って太陽の活動が盛んになって来ると往々この場合が起るのである。則ち現在常用している短波のみで軍通信を行っていると、電波通路に太陽の当っている時間には屢々この現象が発生する。この場合、基地から長波及び50Mc附近の短波を以て送信し艦船からは30Mc附近の短波で送信すれば、艦船の行動が共栄圏附近の加き場合には先ず通信連絡に支障を生ずるようなことはない筈である。

(3) の場合は艦船が^{こうぼう}広袤数万平方kmの水域で行動するような場合、基地と最も東にある艦船との間の電波通路は強く太陽に照らされているが、最も西にある艦船との間の通路は夜間であると云うようなことが起り得る。かかる場合には、短波のみによると尠くとも數台の送信機で異った短波を同時に送信せねばならず、どうしても何れかの艦船では受信が困難であると云うようなことが起り得るが、長波ならば毎日定った強度減退時間以外はその心配がないから確実に全艦船に同じことを伝達するには好都合である。

- (4) の対潜水艦送信であるが、これが各国に於て現在電波によってあるか、或

は超音波によっているかは知らないが、電波が水の中では大いにエネルギーを失うから、余り深くは達しないことはわかっている。しかし、水の中へ進入した場合は波長の長いほど減衰が少いから、昔から使用せられている長波ならば水中に張った空中線の出力でも潜没か、或る程度の深さ以内ならば受信機を動作し得るであろうから、対潜水艦通信が出来る可能性はある。^{しかし}然しながらこの逆に水中の潜水艦から海上艦船或は陸上基地への通信は、海上または基地受信の場合の方が水中受信の場合に比して大なる電界強度を必要とするから、現在使用している電波では困難である。

(5) の遠く海外へ派遣された部隊が作戦の都合上で洞窟内に潜入したような場合、短波では電波が余り地中深くに透入することはないから通信が困難であるが、長波ならばこの点も或る程度まで可能となる。但し空中線を洞窟内の奥深いところに建設して外部へ長波で送信することは、潜水艦からの送信に比しては電波を発射することが容易ではあるが、潜水艦の場合と同様に外部に於て強い電界強度を与えることは困難であるから、やはり長波による完全な通信は望まれないのである。

以上、筆者は長波の通信上の用途に就いて記述したが、長波が電波としてではなく、通常の高周波交流として利用されるものに、高周波電流による金属の表面焼入れがある。これには 500c/s でも 1000c/s でもよいのであるが、以前長波送信用に使用した約 20000c/s 程度の高周波発電機が更に好都合である由である。ただ、かかる発電機を使用する場合には負荷の種類の如何に關せず、^{いかん}発電機を通信に使用する場合と大体同様、出力回路を略々同調せしめ、^{ほほ}^{しこう}而してその回転速度を一定に保ち、速度変動を規定値の $\pm \frac{1}{1000}$ 以内に保持せねば、望ましい結果は得がたいので、この点注意を要する次第である。

(国際電気通信株式会社空中線課長 大野貫二)

PDF 化にあたって

本 PDF は、

『無線と実験』1944 年 11 月号
を元に作成したものである。

**ラジオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを
ラジオ温故知新**

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/index.html>
に、

ラジオの回路図を

ラジオ回路図博物館

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/radio/radio-circuit.html>
に収録してある。参考にしてほしい。