

## 短波長ビームに就て（第一報告）

准員 宇田新太郎

（東北帝國大學工學部）

## On the Wireless Beam of Short Electric Waves. (I)

By S. UDA, Associate.

Tohoku Imperial University.

## 内 容 梗 概

東北大學に於て八木教授御指導のもとに爲されて居る、短波長ビームに關する實驗の第一報告である。波長 4.4 米の特別短波長電波を發生し、最初發振器自身に依つて作られる周圍の電界の強さの分布状態を實驗的に研究した結果を挙げ、かゝる發振器に依る電界はすでに指向性を有する事を述べてある。適當な長さの一本の金屬棒は之を發振器の近くに置くのみで、空中線即ちラヂエーターとしての作用の顯著である事、次に空中線として用ひた、かゝる金屬棒が、種々な位置に水平に或は垂直に配置された各場合に夫々發振器周圍の電界の強さや分布の狀態に及ぶ効果を調べてある。最後に三本のかゝる空中線を使用し、之等を適當に發振器に取付け、全體の裝置を容易に持ち運び得るやうにし、至極簡単に單一方向性電波を實現する方法の一例を示してある。

## Abstract.

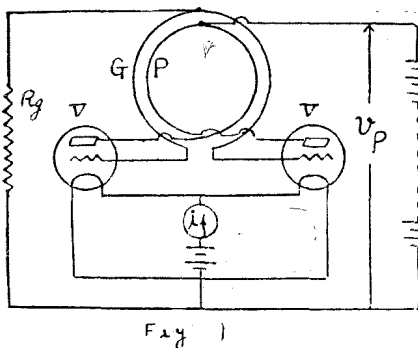
This paper is the first report of experimental researches on the wireless beam of short electric waves of few metres. The method of generating continuous waves of ultra radio frequencies is the same as already stated by the author in the J.I.E.E. of Japan. The electric intensities of the field due to the oscillator itself (without antennae and reflectors) are observed at first in various directions around it. In this case the plate and grid coils in the oscillation circuit form the radiators of short radio waves. The distribution of electric field intensities in the horizontal plane containing the oscillator is not uniform in all directions and the maximum values of their vertical components exist in the directions of the plane of the plate and grid coils, but in these directions the horizontal component is negligibly small. On the other hand, in the directions normal to the plane of the plate and grid coils, the vertical component of the field intensities almost vanishes while the horizontal components show maxima in these directions, although their values are too small to compare, at the same operating conditions, with that of the vertical components in the former case. As the antenna or the radiator, a single brass rod of 2.2 metres in half wave length may be used and its effect upon the field inte-

nsities and distribution (around the oscillator) is observed, when the antenna is placed in various positions near the oscillator. It is also stated that the unidirectional field can be easily obtained by the combination, of several antennae or radiators. For this purpose, a simple device is proposed three rod antennae attached to the transmitting apparatus in a suitable arrangement, and the results of experimental studies on this method are shown.

## 1. 緒 言

現時の如く遠距離送受信器械が進歩し、且つ使用電波長益々多きを加へる時代に於ては、混信の妨害や空電の擾亂を除去し、出来るだけ空間を有効に利用し、又通信秘密の確保、電力の節約、高速度通信の實現等種々な點より見て、單一方向送受信の研究は非常に必要になつて來る。短波長を用ひ、或方向にのみ電波を發射する事は、既に古くヘルツ氏電磁波發見の時に始り、マルコーニ氏之を實際通信に應用し、所謂ビーム式無線通信として知らるゝ事は茲に云ふまでもない。其後此方式は一時人々の注意を失ひ、其進歩は停止したのであるが、近年各種短波長電波の發生並に之に依る實際通信の急速な進歩發達に伴ひ、再び指向式無線通信の必要が論ぜられるに至つたのも故ある事である。短波長電波の有力な特徴の一つは、言ふまでもなく所謂反射器により、容易に電波の指向性を實現し得る點にある。筆者は八木教授御指導のもとに、波長 4.4 米の特別短波長電波を發生し、其發射電波の勢力を任意の方向に制限すべく種々實驗を試みた。最初豫備實驗として、用ひた發振器自身によつて其周圍に作られる電界の有様を調べた。此第一報告は其測定結果を述べたものである。

## 2. 發振裝置及び受波裝置



先に筆者の電氣學會雜誌に述べた方法（第一圖）を用ひ、波長 4.4 米の特別短電波を發生した。其實際裝置の略圖は第二圖に示すが如く P, G は各々直徑凡そ 20 糎の BS 12 番銅線一捲よりなるプレート及びグリッド線輪で、相互の距離は凡そ 9 糎である。V は東京電氣會社製 100 ボルト檢波用 B 型三極真空管であつて、地上約 1 米半の臺に圖の如く取付け、電源として用ひた蓄電池や測定計器等はすべて下方の臺 B の上に置いた。A はラデューター即ち空中線であるが、單に發振器 O の近く適

當の處に支へられた半波長 2.2 米の長さの垂直眞鍮棒である。最初空中線 A なき時、即ち上記發振器 O のみが存在する場合に、發振器 O を含む水平面内に於ける電界の強さの分布を調べた。此場合には P, G 兩線輪がラデューターを形成し、兩線輪の各側面に於て電流の方向同じく、發射電波の勢力は閉線輪なるにも拘らず豫想以上に強い。

第三圖は受波系の接続圖で RR' は半波長に同調したヘルツ氏共振子、D は鑛石檢波器 M はマイクロアンメーター C は塞流線輪である。此實際裝置は第四圖の略圖にあるが如く、容易に持ち運び得るやうにした。RR' は O を中心とし自由に廻轉し得る如くし S は其位置を示す目盛板である。鑛石檢波器 D は海軍製波長計用のものにて 1 つの小さいケースの中に納められて

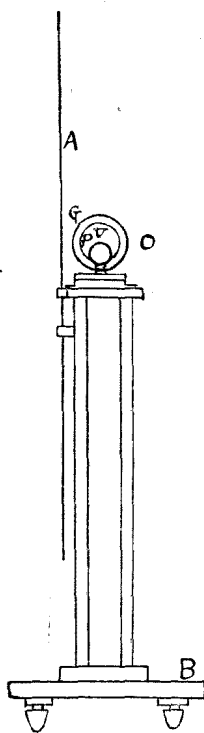


Fig. 2

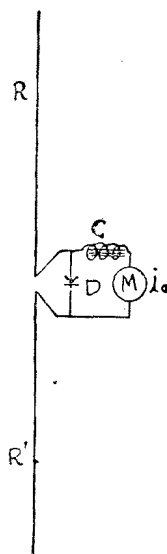


Fig. 3

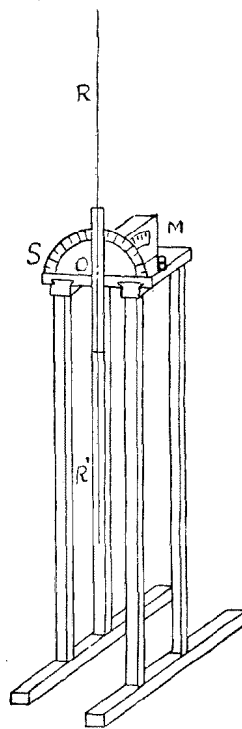


Fig. 4

あるが、之が受波器に取付けるには特に留意し、目盛板  $S$  の背後に於て、臺  $B$  に孔を穿ち、其中に固定し、受波器を持ち運ぶも動揺を與へぬやうにした。而して之に接續するマイクロアンメーター  $M$  も臺  $B$  に孔を穿ち其中に入れて、動かぬ様にしたのである。かくして割合に正確に信頼し得る測定を爲す事が出来た事は、主として使用鑛石檢波器の好く不變狀態を保持し、測定中何等の障害も起らぬ優秀のものであつた事と、短電波發生器の強度の測定中殆ど不變であつた事に負ふ所が多い。

### 3. 測定の方法

かゝる特別短波長電波にあつては、發振器周囲の物体の反射等の影響が意外に大きく、其爲周囲の電界の有様が著しく攪亂され、到底室内に於て満足な測定が出来難い事は言ふまでもなく、殊に鐵筋コンクリートの室内に於て然りである。以下測定はすべて屋外の廣場を選び、之を爲せるものである、且つ測定者自身の身體の影響を成可く少くするため、受波系より凡そ 5 米乃至 6 米の距離に望遠鏡を置き、之に依つてマイクロアンメーターの読み  $i_0$  の値を取つた。發振器周囲の電界の強さ即ち電氣力を測定するに、最初は便宜種々の距離に受波裝置を固定し、發振器は之を其位置に於て水平面内に廻轉し、其臺の脚部下端に特に取付けし目盛板の助けにより  $\frac{\pi}{8}$  の角度毎に  $i_0$  の値を測定した。後には却つて發振器は動さず、之を中心として一定距離の半徑を有する圓周上の各點に受波器を持ち運び、其都度測定をした。マイクロアンメーターの読み  $i_0$  の値は直に電界の強さ即ち電氣力に比例する量ではなく、寧ろ其自乗に比例する量を示すと見るべき場合が多い。従つて電氣力或はその自乗の實際の値を正確に知る必要あれば、勿論豫め使用鑛石檢

波器を使用状態のもとに置き、且つ使用電波長を以て較正する要がある。併し我々の場合には、かゝる面倒な事をする程の要もなく、單に  $i_0$  の値を知れば、發振器周圍に於ける電界分布の様子を知る目的に充分である故、後節擧げる諸曲線はすべて  $i_0$  の値を直に取る事にした。三極真空管檢波器を用ひても、良好な結果を得られたのであるが、屋外の實驗に於ては、受波器を容易に持ち運ぶ必要があり、専ら第四圖の鑛石檢波器を使用した装置を用ひた。

#### 4. 發振器周圍の電界

先づラデエーターを形成する、發振器のプレート、グリッド兩線輪の前後及び側方に於ける、電界の強さの分布状態を知る爲、以下の實驗を試みた。第五圖に於て P, G は夫々發振器 O のプレート及びグリッド線輪とし、各線輪に面した方向を夫々 P', G'、其側方を S 及び S' とする。發振器を含む水平面内にある、四點 P', G', S 及び S' の各點に於ける電界の強さ即ち電氣力の水平分並に垂直分の分布の様子を測定した結果は次の如くである。

(I) 兩線輪に面した方向 プレート線輪 P の前方 10 米の P' 點に受波裝置を置き、其ヘルツ共振子 RR' を水平面内に O より  $\pi$  まで廻轉し  $i_0$  の讀みを取る時は、第六圖の結果となる。(此時の受波器は第四圖そのまゝのものでなく RR' を水平面内に廻轉し得る様にしたものを用ひた。) 即ち電界の強さの水平分は電波の進行の方向には殆ど

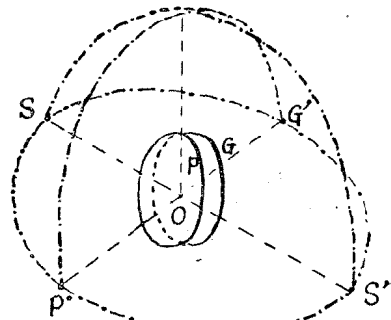


Fig. 5

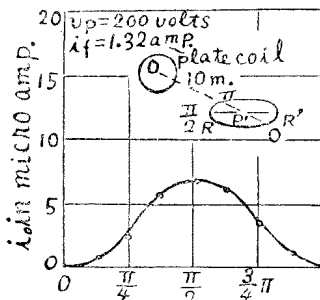


Fig. 6

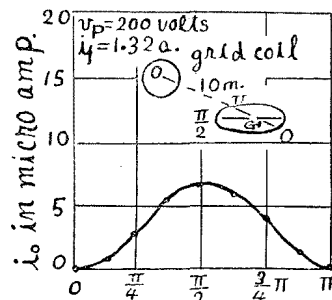


Fig. 7

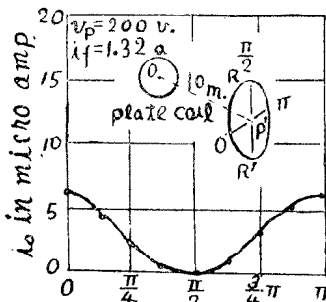


Fig. 8

なく、之に直角な方向に於て最大である。グリッド線輪の前方 G' に於ても全く同様で、周囲の物體の障害なければ、プレート線輪の前方 P' に於けると電界の水平分力の大きさ、並に其分布の模様共に殆ど變らない事、第七圖に見るが如くである。次に電波進行の方向に直角な垂直面内に於ける電界の強さの分布を見るに、第八圖の如くなる。ヘルツ共振子 RR' を圖の如く廻轉する時  $\frac{\pi}{2}$  にて  $i_0$  殆ど零になり、電界の垂直分力はプレート線輪の前方に於ては、極めて僅少である事を知る。グリッド線輪の前方 G' に於ても、亦同様の結果を與ふ。

(2) 兩線輪の側方 兩線輪の側方に於ても、周囲の事物の複雑な影響がなければ S 及び S' 何れの側に於ても、同様の結果を得る。今 S 又は S' の方向 6 米の處に受波器を置き、第九圖の如く水平面内に於ける電界の強さを測定したに、前記兩線輪に面した側に於ける時に比して著

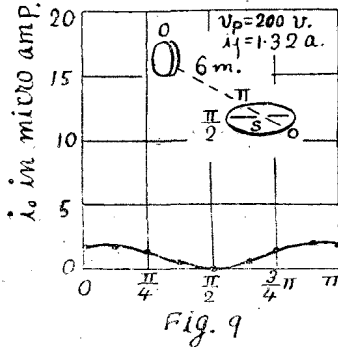


Fig. 9

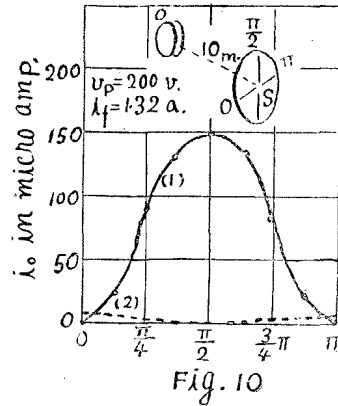


Fig. 10

く微弱であり、且つ其分布の有様が異なるのである、即電界の強さの水平分は、兩線輪の側方には一般に殆ど無いと云つてもよい。強ひて云へば、電波進行の方向に極めて微弱に存するのである。之に反して第十圖(曲線 I)に示すが如く、兩線輪の側方に於ては、電界の強さの垂直分が著く強くして、其大さは兩線輪に面した側の電界の強さの水平分の最大値より遙に大きく、同じ

状態のものにて比較する事の出来難い程度のものである。第十圖點線で示した曲線(2)は、比較のため第八圖の場合を再び挙げ、曲線(1)と同じスケールで表してある。第十一圖の受波器と發振器の距離を 10 米より 25 米の間に變化した場合の結果を示したもので曲線(b)は(a)と同じものを極座標圖で示したに過ぎない。上來考へた垂直面は、すべて電波進行の方向に直角であるが、今其進行の方向を含む垂直面内に於ける電界の強さを測定すると、其最大値を與へる點は一般に地面に垂直

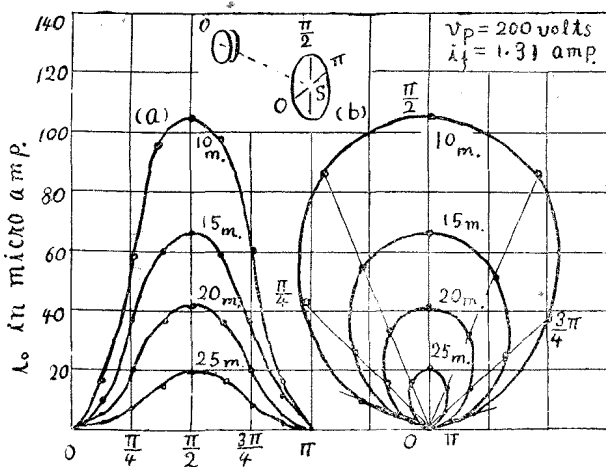


Fig. 11

の時でなく、僅に電波進行の方向に傾く時である。地の完全導體でないために、電力線は地表面に垂直ではなく、僅に電波進行の方向に傾斜する事を明に認む事が出来る。此の點に就いては、後に報告する機会があらうと思ふ。

## 5. 發射電波の指向性

前節の結果より、かゝる發振器により作られたる周囲の電界は、指向性である事は明かである、即ち發射電波の勢力はプレート、グリッド兩線輪の側方に強大であつて、其前後は微弱であ

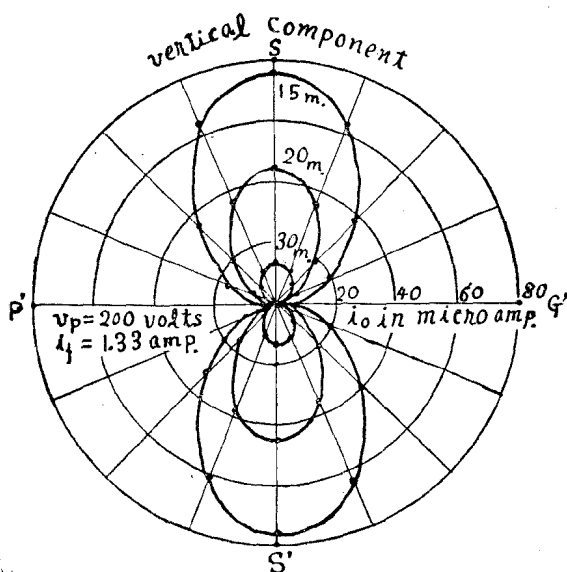


Fig. 12

る電界の有様、例へば發振器  $O$  を含む垂直面  $SVS'$  或は  $P'VG'$  (第五圖) 内に於ては如何であるか、これは實際上受波器を高く持ち運ぶ事の困難のため、測定出来ないので、已むを得ず發振器を地上約一米の高さの臺の上に横に倒し、受波器を其周圍水平面に動して實測をした。併し此場合には、大地の影響が著い影響をもつので、必ずしも實際の場合を與へない缺點がある。實際測定して見たに、満足な結果は居られなかつたものであるが、凡その様子を知るを得た。第五圖  $SVS'$  の半圓に沿ひ、此面に直角な電界の強さの水平分を測定するに、何れの點に於ても概して極めて微弱である。電界の強さの垂直分は  $S$  及び  $S'$  に於て強い。 $P'VG'$  の半圓に沿ふては、却つてこれと反對に此面に直角な水平分力は上方  $V$  に於て最も強い事は注目すべきで、垂直分力は概して何れの點に於ても著く弱い。

る。今發振器  $O$  を中心とし、周圍の電界の強さの垂直分を測定すると、第十二圖の如く兩線輪の側方  $SS'$  に於て最大で、其前後には殆ど之を認むる事が出来ない。尤も電界の強さの水平分に就いては、前記垂直分に比し極めて微弱ではあるが、却つて兩線輪に面した方向  $P', G'$  に大であつて、側方には殆ど無い。

第十三圖は其結果であるが、受波系をなすヘルツ氏共振子  $RR'$  は水平に支へられ、且つ常に電波進行の方向に直角になつて居る、而して第十二圖の場合と同じ距離では、測定出来ない位微弱であるから 3 米 5 米の近距離に於て實驗した。以上は發振器  $O$  を含める水平面  $SP'S'G'$  (第五圖) 内に於ける場合であるか、發振器の上方に於ける

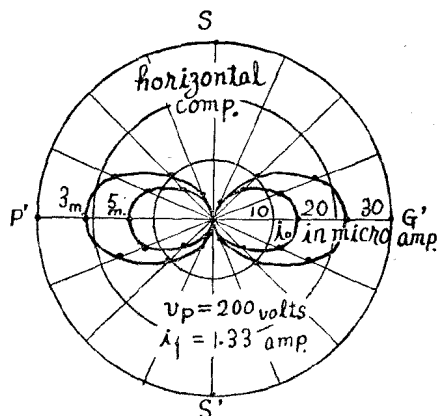


Fig. 13

## 6. 空中線の効果

數米程度の特別短電波にあつては、空中線は至極簡單で、適當な長さの一本の短き金屬棒を單に發振器の近くに持ち來るのみで足る。波長短くなればなる程、空中線はラヂエーターとしての効果著く、電波發射能率の良好な事は言を待たない。我々の場合には空中線として半波長 2.2 米に同調した直徑 5 耗の眞鍮棒を使用したのであるが、此眞鍮棒を發振器の近く種々な位置に、或は之を水平に支へ、又は之を垂直に立てた各場合に就いて、ラヂエーターとしての効果を研究した。以下空中線である棒を水平に支へた場合と、之を垂直に立てた場合に分けて、述べる事にす

る。

(1) 水平に置いた場合 空中線である棒を水平に支へ、ラヂエーターとして有効に作用させるには、發振器の周圍近く如何なる位置に置くべきかは知る事が出来る、即ち發振器周圍の電界

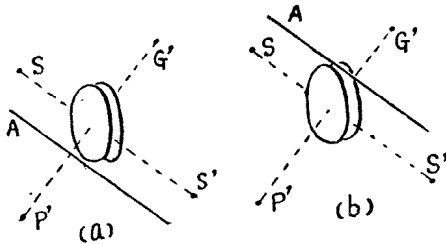


Fig. 14

の強さの水平分は、プレート或はグリッド線輪の前面及び線輪の上方に於て大である故、第十四圖 (a) 或は (b) の如く置くべきである。併し實際空中線としての棒 A の占むべき最適當な位置の確定は、簡単に言はれない。それは空中線 A と原短電波發生器の間に複雑な相互誘導の事があつて、事柄は簡單ではない A の置き方に依つては、却つて發振器の電氣振動を亂し、時には之を停止する事さへ起る。故に空中線である棒 A の置くべき最適當な位置は、實

験使用の特別短電波發生器そのものに就いて、實驗上定むる必要がある。第十四圖 (a) の如く空中線 A を置いた場合と A なき場合とを比較實驗した結果の一例を示すと、第十五圖の如くである。此結果は發振器周圍 10 米の距離で測定した電界の強さの水平分であつて、電波進行の方向に直角なものである。曲線 (1) は空中線なき時 (2) は之を有する時で、電波發射勢力の著

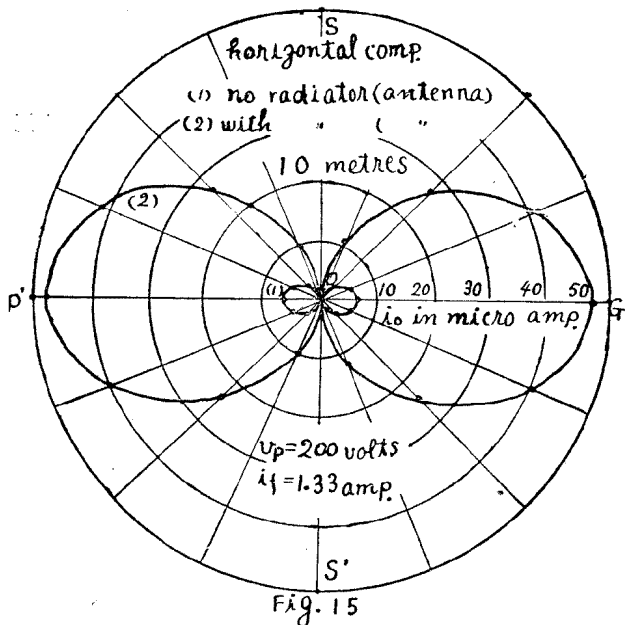
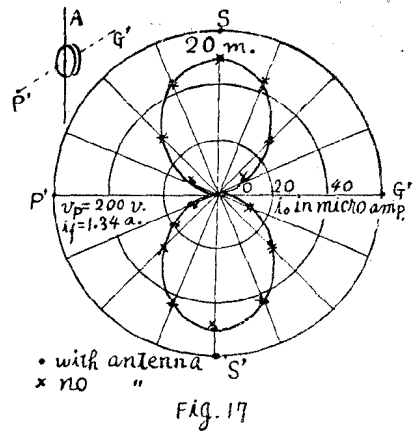
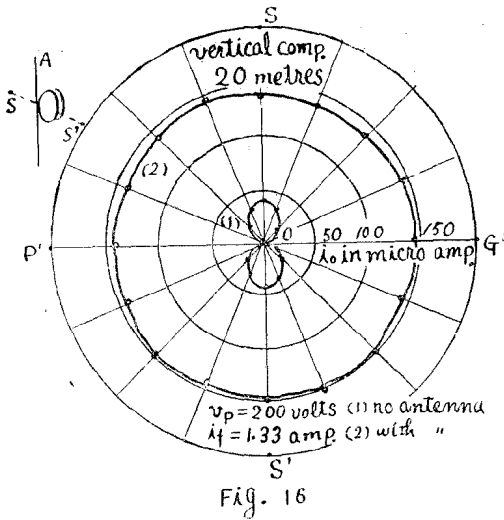


Fig. 15

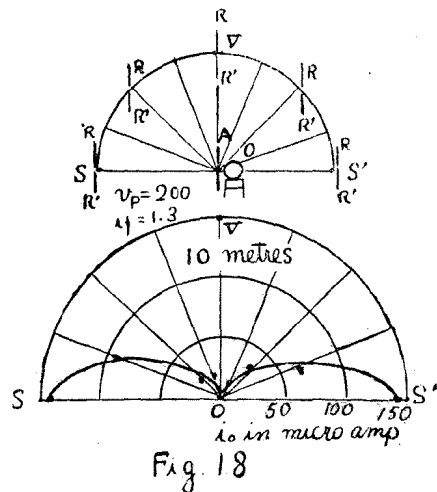
く増大する事が解る。

(2) 垂直に置いた場合 發振器周圍の電界の強さの水平分は微弱であつて、空中線を置くも、猶且つ之を置かない時の垂直分の大さより少い。且つ距離を増すにつれて、水平分は次第に地に吸收される事の多きを思ふと、空中線を水平に置く (1) の場合は、實際には不適當であつて電界の強さの垂直分によつて空中線を勵磁する方法を採用すべきである。これには空中線 A は第十六圖左側上方に別に示した圖の如く、兩線輪の側方に置く、而も其位置は線輪より適當な距離にある事が必要で、餘りに之に近きは却つて電波發射勢力を減少する。第十六圖にあつては、空



中線 A は兩線輪の中心より凡そ 20 輻の所に、垂直に立てた場合であつて、電波發射の狀況は曲線 (2) に示すが如く、最早指向性ではなく、四方にほぼ一様に電波を發射するに至る。曲線 (1) は同じ状態で空中線 A を立てない時のものであつて、發射電波は指向性ではあるが、前者に比し勢力著しく少い缺點を免れない。これに依つて見れば、兩線輪の側方適當な個所に垂直に立てた空中線 A の存在は、ラデエーターとして最も顯著に作用し、かくなれば最早發振器自身による電界を考慮の中に置く要なく、單に普通の垂直空中線が空間に存在したと同じ結果になる。次に假りに空中線 A をプレート線輪或はグリッド線輪の前面中央に垂直に立てた (第十七圖) ならば、如何と云ふに、此中央の部分は電界の強さの垂直分が全く存在しないから、電波發射の有様は空中線 A のあるないに關係なく殆ど同じである。第十七圖の曲線に於て (•) で示したのは空中線の存在する時 (x) は之がない時の結果で、兩者殆ど一致するを見る。此事は A をプレート線輪或はグリッド線輪の前面中央に左右全く對稱になる様にさへ置けば、A の位置を線輪の面より數輻乃至十數輻に變へて實驗して見ても、全く同じ結果を得るのであるが、少しでも A が左右いづれか一方に偏し、對稱を缺く時は、到底かゝる結果にはならない。

今一つ述べる事は當然の事であるが、我々の採用した第十六圖の場合に於て、發振器の上方空間に發射電波の勢力少く、發振器を含む水平面内に最大である事であつて、この事は空中線 A がない時は、必ずしも明確に言はれないのである。第十八圖は發振器を横に倒して、圖の如く SVS' の面内に於ける電界の強さの垂直分を測定した結果であつて、其値は上方 V の方向に最小で、S 及び S' の方向に最大である。空中線 A がない時は、上方 V に於て SVS' の面内の電界の強さの水平分は可なり強い事は既に述べたのであるが、空中線 A が圖の如くある時にはかゝる事なく、矢張上方に向つて發射される勢力は非常に少い。





## 7. 単一方向発射電波實現の一例

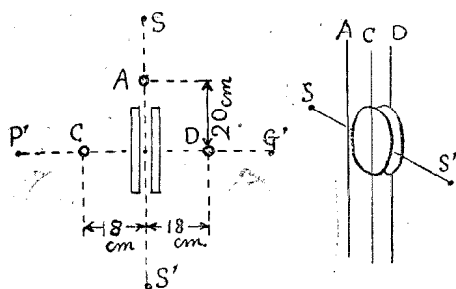


Fig. 19

振装置に固定し、容易に持ち運び得るやうにした。かくすると  $S'$  の方向に發射される電波は殆どなく、大部分  $S$  の方向に發射され、容易に單一方向性電波を實現し得るのである。第二十圖曲線 (3) は其結果であつて、曲線 (2) は  $C, D$  なく空中線  $A$  のみ存在する時、曲線 (1) は空中線  $A$  もなく發振器のみの場合であつて、比較のため何れも同じ状態で實驗した。点線で示

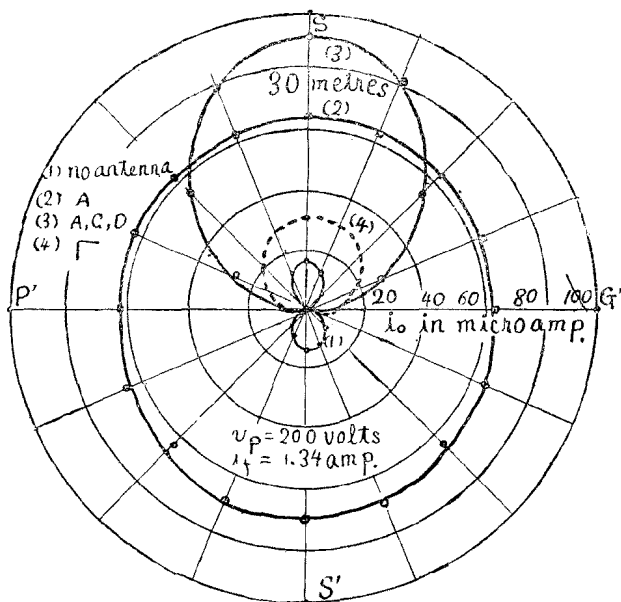


Fig. 20

した曲線 (4) は第二十一圖の場合を同じスケールで比較のため挙げたもので、半波長 2.2 米の空中線  $A$  を中央で直角に曲げ、逆 L 型 (第二十一圖) にして  $S'$  の側に兩線輪の中心より適當な距離に圖の如く置いてある。この逆 L 型の場合は、大體  $S$  の方向に電波が發射されるが、第十九圖の方法に比べて其強さに於て、指向性に於て共に著く劣つて居る。第十九圖にある  $C, D$  の位置は必ずしも最も適當と言ふ理ではなく、場所を少くし、簡単に持ち運び得るやうにする事を考へて採用した一例に過ぎない。より一層顯著な單一方向性電波の實現するには、使用電波長に關係して  $C, D$  を適當に配置し、且つ其數を増すべきである。

## 8. 室内に於ける實驗結果

特別短波長電波にあつては、周囲の事物の影響が殊に甚しい事は言ふまでもない。従つて室内殊に鉄筋コンクリートの室内に於ては、壁面よりの反射等のため、發振器周囲の電界が著く攪亂され、到底満足な測定結果は得られない。次に鉄筋コンクリートの室内で爲した實驗結果が、どの位實際に相違があるかを示すために、二三の例を擧げた。第二十二圖は發振器周囲の電界の強さの水平分を測定した結果の一例であるが、この場合にはグリッド線輪  $G$  に面した側  $G'$  に於て其値大きく、プレート線輪に面した側  $P'$  では少い結果を與へてゐる。發振器と受波器との距離を1米乃至9米の間に種々變へて實驗したのであるが、一般にプ

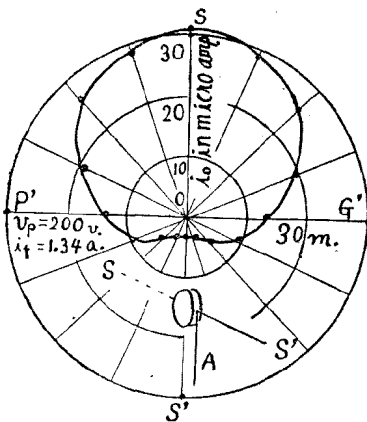


Fig. 21

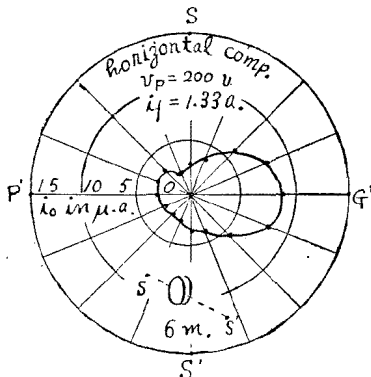


Fig. 22

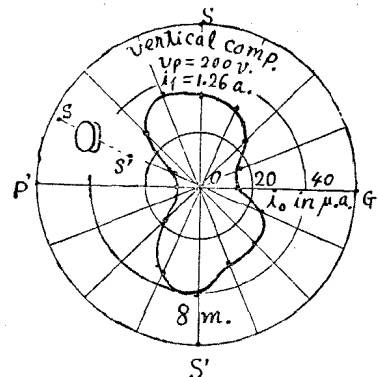


Fig. 23

レート線輪に面した側とグリッド線輪に面した側とに於て測定が異り、従つて電界の有様を表す極度を曲線が對稱を缺き、何れか一方の側に大きく、他の側に小さい事が普通であつた。第二十三圖は發振器周囲の電界の弱さの垂直分を表はしたもの、第二十四圖は第十九圖の裝置を以つて實驗した結果で、何れも室内で測定した爲電界の有様が歪みを受けた事を明に示してゐる。

この報告は八木教授御指導のものと行つた實驗結果であつた、擧筆に際し、同教授の御懇篤な御教示を深謝する次第である、また實驗に際して御援助を下さつた逓信省の菊谷秀雄氏に感謝する次第である。

(仙臺にて 大正十四年十一月)

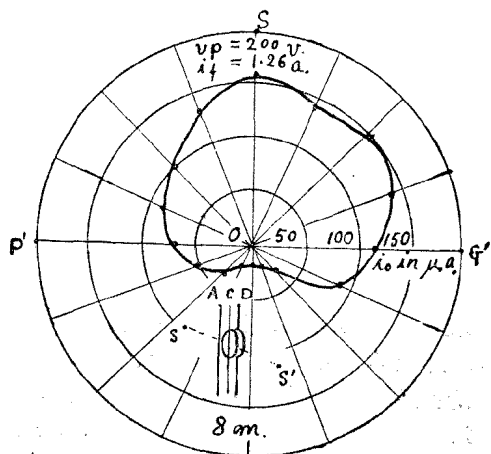


Fig. 24