

空中線測定における諸問題 (第2報)

Some Problems Concerning Antenna Measurement (Part II)

白 川 庸 一* 古 谷 勝 美*

内 容 梗 概

本稿は第1報をうけて空中線測定上の諸問題について触れている。

主なるテーマとして選んだものは下記の3点であつてその最終の目的は周波数特性のない測定系を作ることであつた。

- (1) 現有測定器で低い周波数を測定する方法として三点測定法の検討。
- (2) 大型空中線研究の一法として、500 Mc でモデル実験を行うことの検討。
- (3) 利得測定上大きな誤差を招く地表反射波の影響およびこの相殺法についての検討。

〔I〕 緒 言

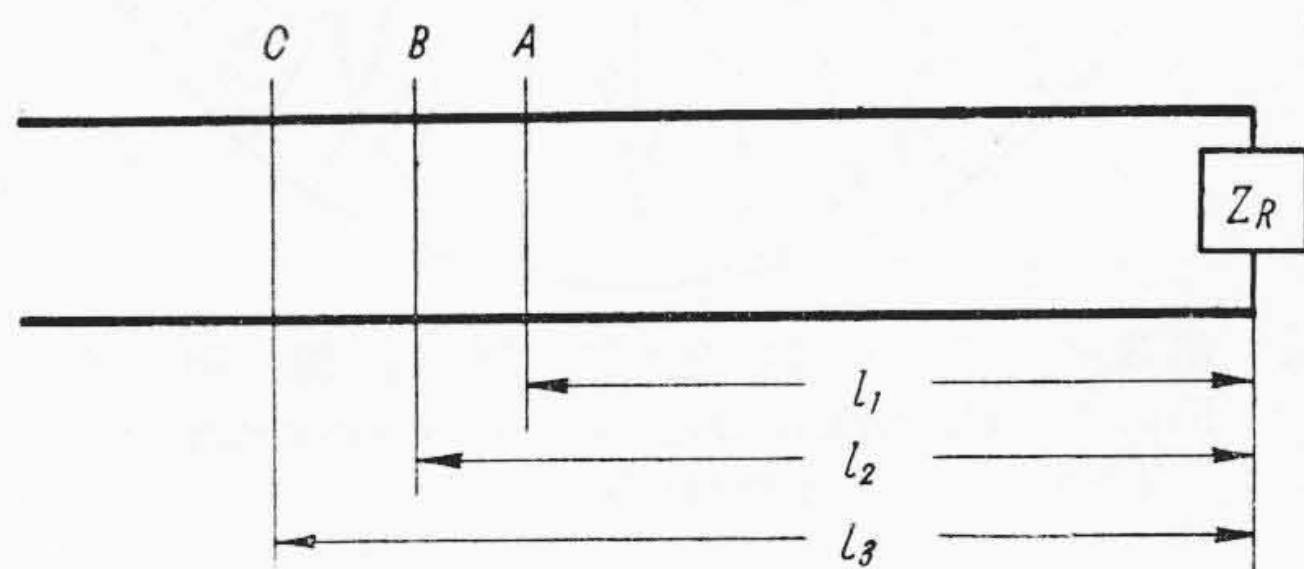
本稿では第1報に続いて空中線測定上の諸問題に触れてゆきたい。現有設備の広帯域化が第一の問題で30 Mc 帯のような比較的低い周波数に対しては三点測定法の採用、500 Mc 帯のような比較的高い周波数に対しては饋電線の損失、接栓の残留 SWR の検討が主な問題である。第二の問題としては空中線利得及び指向特性の測定に重要な影響をおよぼす反射の問題を中心として述べることにする。

〔II〕 三点測定法による給電点インピーダンスの測定

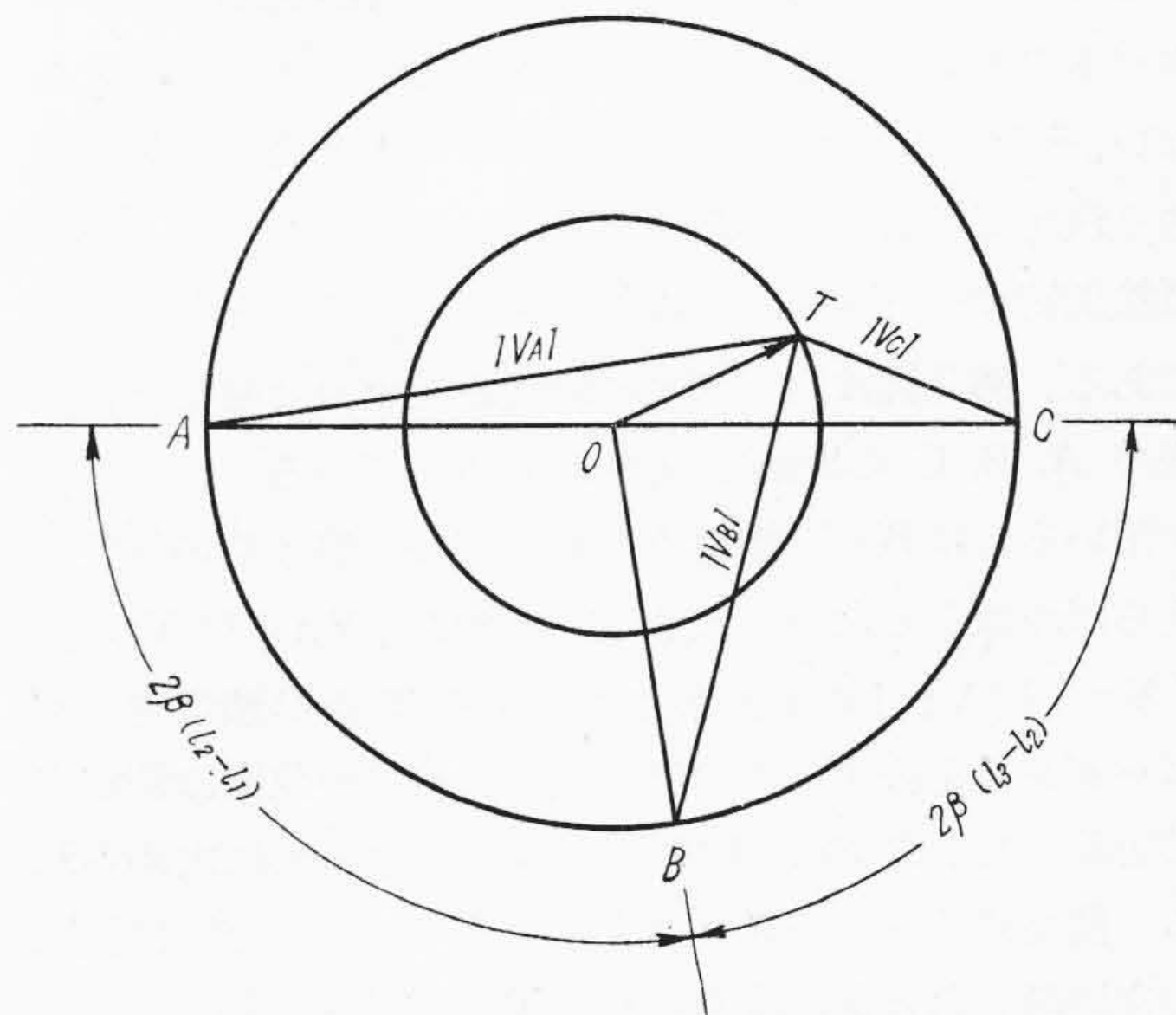
普通の定在波測定法によつてインピーダンスを測定するには第1報に述べたように少くも半波長以上の平流測定装置が必要である。しかるに 30 Mc 帯ともなればその長さは5 m以上をも必要とすることになるので室内に装置するにはほとんど不可能に近い。この解決の一方法として三点測定法によるインピーダンスの測定法がある。勿論インピーダンスの測定のみならばブリッジを使用するなどの簡便な方法も考えられるではあろうが、測定確度をあげ、しかも利得特性をも同時に測定する必要のある空中線測定においては断然有利となつてくるのである。この三点法はそのほかにも従来の定在波法以上に測定速度を上げることができるのでさらに高い周波数にも利用できる点および測定する三点が固定できるので饋電線を穿孔してその点で測定することもできる特徴を持つている。

つぎに三点測定法の原理⁽⁵⁾について簡単に述べることにする。第1図において負荷インピーダンス Z_R を測定するため負荷より l_1, l_2, l_3 離れた三点 A, B, C の電圧を V_A, V_B, V_C とする。これらの電圧は同じ大きさの進行波と反射波との合成であるが、その位相が異なるためベクトル和が異なるのである。今反射波の位相を重ね合せ

* 日立製作所戸塚工場



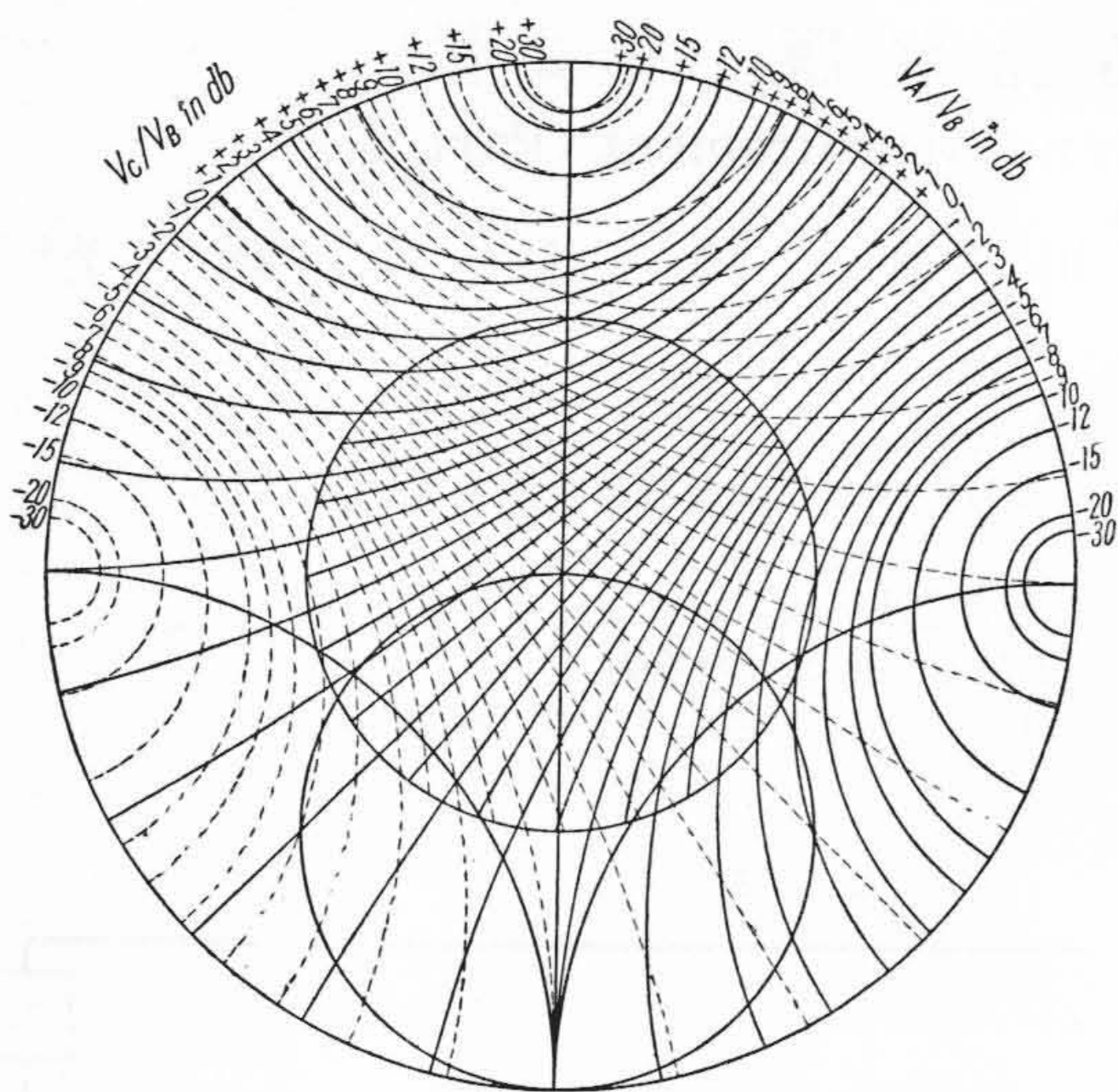
第1図 三点測定法の原理 (1)
Fig. 1. Principle of Three Point Probe Method (1)



第2図 三点測定法の原理 (2)
Fig. 2. Principle of Three Point Probe Method (2)

たと考える。

しかるときは第2図に示すように進行波 $\vec{AO}$, $\vec{CO}$ は $\vec{BO}$ に対して $2\beta(l_2-l_1)$ および $2\beta(l_3-l_2)$ の位相の差がある。こゝに β は位相速度で $2\pi/\lambda$ で表される。ところで反射波ベクトル $\vec{OT}$ の T 点を考えると、この点は A, B 両点からの距離の比が $|V_A|/|V_B|$ で同時に B, C 点からの距離の比が $|V_C|/|V_B|$ なる軌跡の交点でありいわゆるアポロニウスの円の交点として決定できる。すなわち V_A, V_B, V_C の絶対値と A, B, C 点の位置を知れば T 点を決定できることが首肯できることと



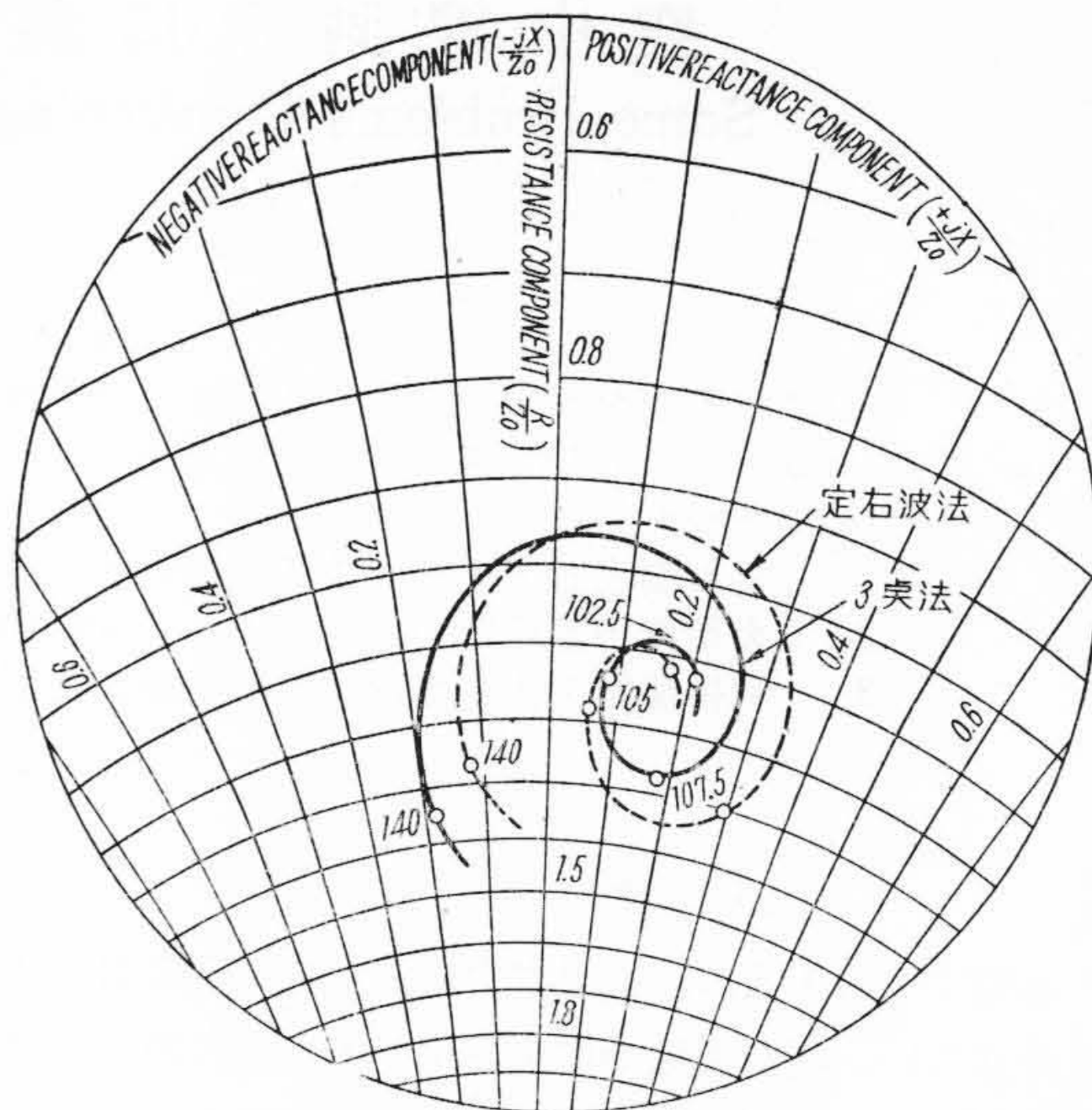
第3図 三点測定法用計算図表
Fig. 3. Calculating Chart of Impedance for Three Point Probe Method

思う。

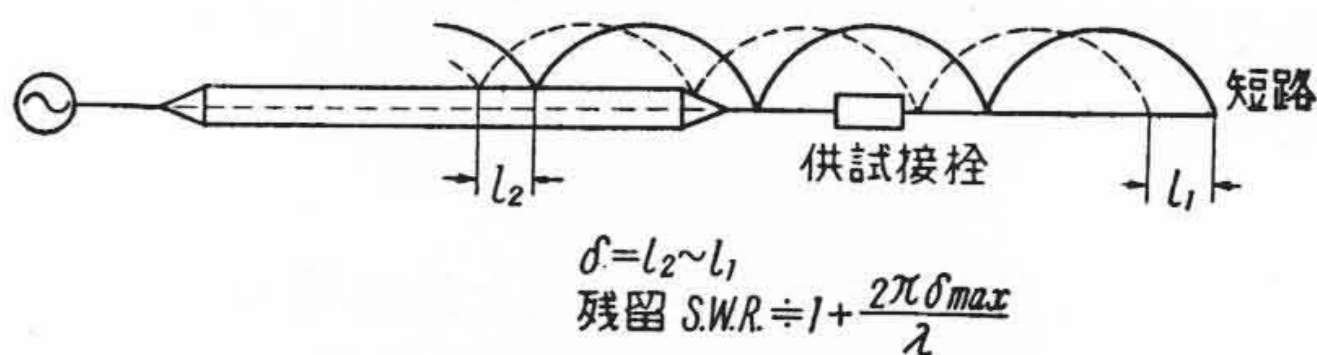
つぎにこのような方法により Z_R を測定することができることを説明する。まずその前にこの第2図がスミスチャートの考え方と根本的に一致することを考えねばならない。そのために第2図とスミスチャートとの相対的位置さえ決定できれば求められたT点はスミスチャート上に直接測定すべきインピーダンスを指示することになるのである。第3図は同一図表に両図表を重ね合わせた計算図表でA, B, Cの間隔は $\lambda/8$ にとられている。この図表を用いるにはB点を饋電点から半波長の整数倍の位置にえらばねばならない。しかるときは $|V_A|/|V_B|$, $|V_C|/|V_D|$ の軌跡の交点であるT点が饋電点インピーダンスを表す。この半波長の整数倍の位置は饋電点で短絡したときの電圧最小の位置より直ちに求められる。饋電点インピーダンスを求める今一つの方法は饋電点を短絡したときに求められるT点(外周の円上にくる)をスミスチャート上のインピーダンス零の点に合せ両図の関係位置を定めた上、負荷を接続した場合のT点を求めればそれがスミスチャート上で負荷インピーダンスを定める点となる。後者の方法によればA, B, C点は $\lambda/8$ だけ離れたいずれの点でもよいので平流測定器の長さは $\lambda/4$ で十分である。

以上の方法で測定したインピーダンス測定の結果を第4図に示す。位相の差は僅かはあるが正確な測定ができることがうなづけるであろう。饋電線上に穿孔する方法による測定も予想以上の測定確度を得られている。

〔III〕 比較的周波数の高い場合の問題



第4図 三点測定法で求めたインピーダンスと平流測定器で測定した値の比較
Fig. 4. Difference of Measured Value between Three Point Probe Method and Normal Method



第5図 残留 S.W.R. 測定法
Fig. 5. Sliding-Short-Circuit Method of Residual S.W.R. Measuring

500 Mc 近くの周波数になると空中線測定上便利な点もあるが饋電線の損失の増大および接栓の S.W.R. の増大に伴う測定誤差が非常に大きくなるものである。

さらに低い周波数でも問題となることではあるが、饋電線の損失による S.W.R. の測定結果の補正は周知の結果⁽¹¹⁾を図表化して行っている。しかし S.W.R. の大きい場合には測定誤差の大きくなるのをまぬがれ得ないのでできるだけ低損失化につとめているしだいである。

つぎに接栓の問題であるが、この位の周波数ともなれば残留 S.W.R. に細心の注意を払わねば全く無意味な測定に終る場合がしばしばある。市販の接栓の一例であるが第5図に示すような方法により求めた結果 150 Mc にて 1.46, 500 Mc においては 2.10 なるデータを得た。われわれの装置においてはN型接栓に倣った特殊な接栓を製作し 500 Mc において 1.07 なるデータのものを使用している。

〔IV〕 利得測定と地表面反射波

利得測定法として知られている方法に大別して二法あり、一つは指向性を測定しこれを積分して求める法⁽¹²⁾

で、簡単な設備でもでき割合精度もよいが、測定に時間を要し直ちに結果がわからず、利得の大小を比較しながら実験を進めるわれわれの目的に適しない。今一つを基準ダイポールとの比較法といい、これは直ちに結果がわかるのでよいが、設備的に十分考慮を払わないと大きな誤差を生ずる虞れがある。

そのおもな原因は地表面における反射波であつて、水平偏波の空中線を測定する時特に著しい誤差を生ずる。

受信用空中線と供試空中線および基準ダイポールの相対位置が仮りに全く同じであつても第6図に示すごとく、空中線の垂直面内の指向特性が異なるため、受信用空中線に誘起する地表面反射波の電圧は異なり、これがある場合には相加されある場合には減殺されていずれも誤差の原因となる。この値が誤差という常識を外れた途方もない値を示すことを経験された方も多いと思う。

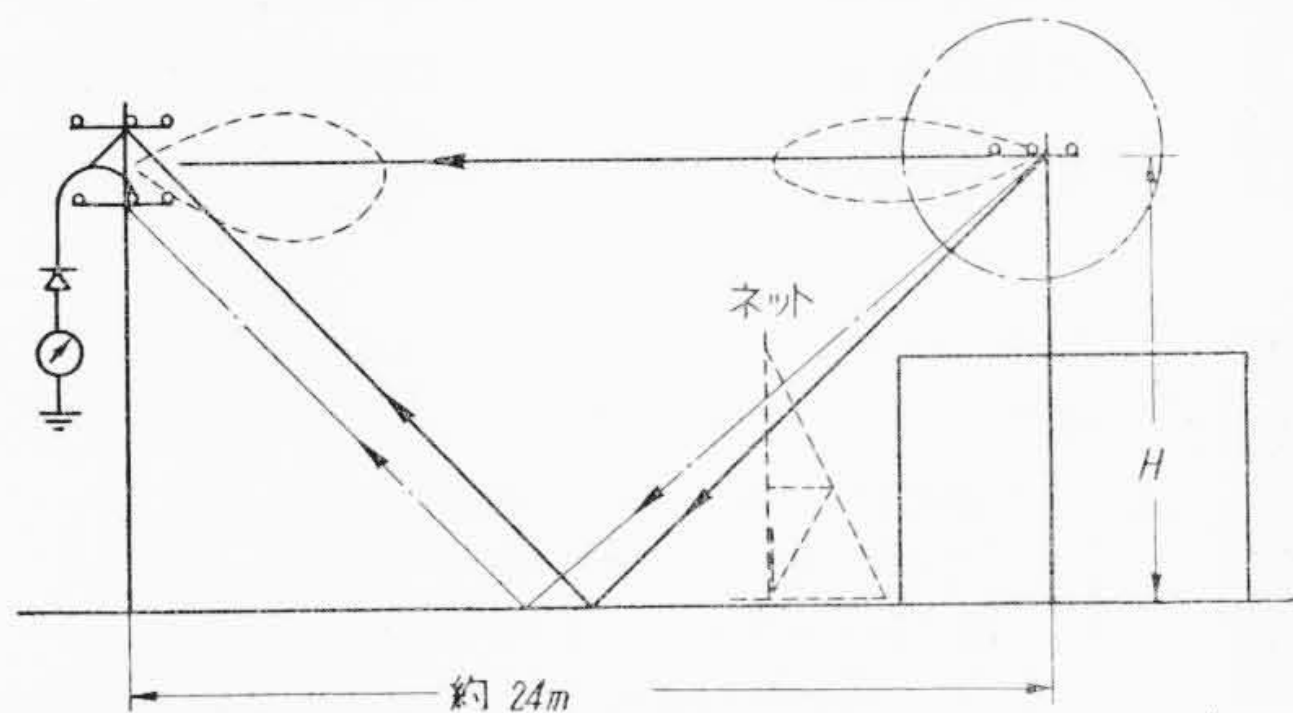
この対策は反射波を切ることがまず第一で、第二はなんらかの形で打消し合わせること。第三はその量を計算等で予知しておいて補正することであろう。

結論を急ぐようであるが第三の方法には余り脈がない。第一第二の方法を強行することが得策のように思われた。

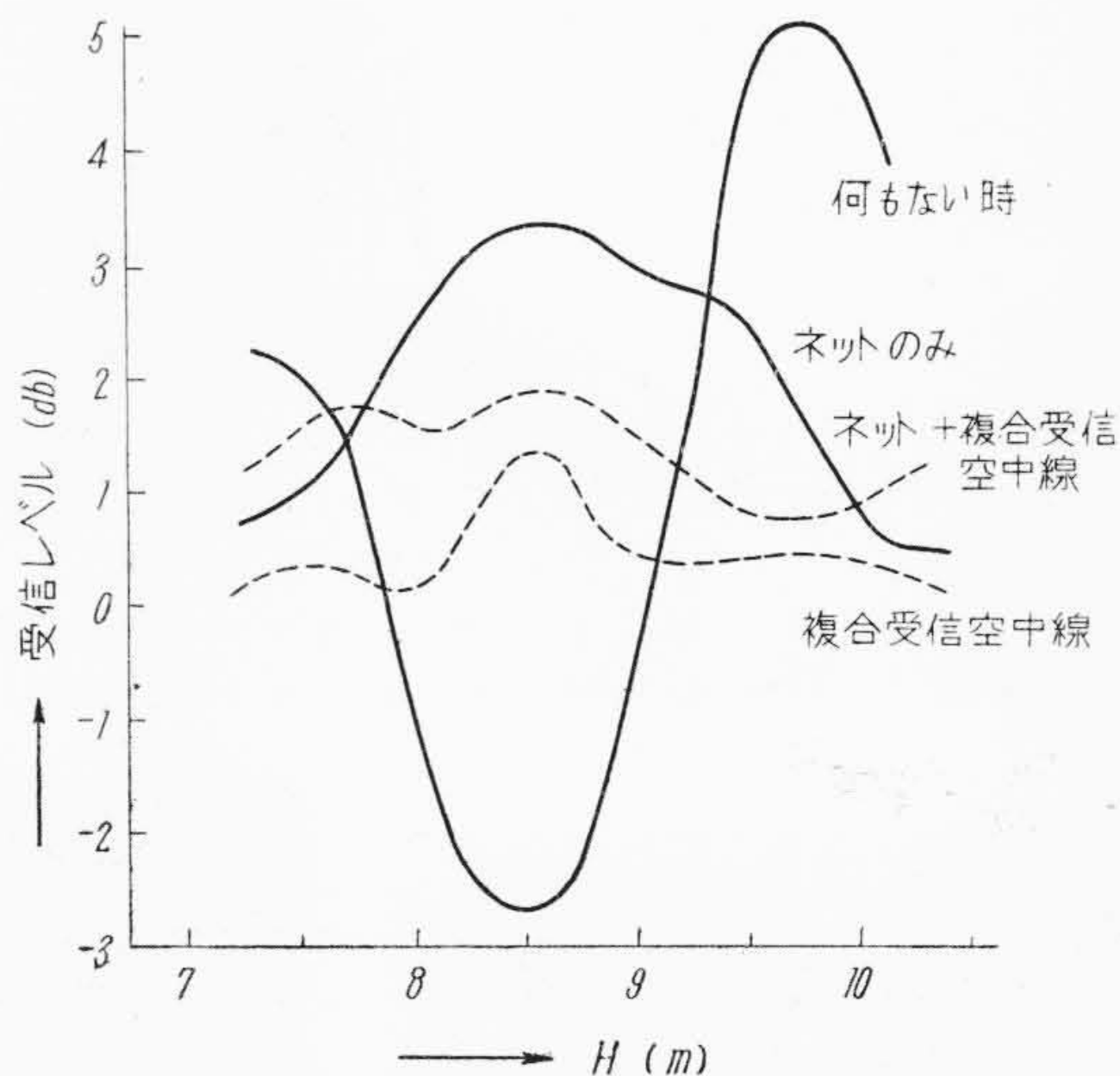
実験はまず反射波の存在をたしかめることから始まる。原理は元来が行路差による干渉と考えられるのだからこれを変えてやるようにすることである。供試空中線と受信用空中線の水平距離を変えることが一つ、供試空中線を上下に移動させることが一つ考えられる。検討の結果計算上も実験上も上下に動かす方が顕著であつた。供試空中線としては半波長ダイポールを使用し、受信用空中線も垂直指向性の異なるものを幾通りも変えて見た。

その結果第7図に示すごとく受信レベルが変動したが、第6図に示すごとく受信用空中線を適当に離して交互作用で打消す効果を併用した結果は完璧とは申し難いが一応の目的を達することができた。現在はこれを使用して測定している。

反射波を切る方法として吸収材を使うこと山形の金属



第6図 利得測定と地表面反射波
Fig. 6. Effect of Reflected Wave on Power Gain Measurement



第7図 受信レベルの変動状況
Fig. 7. Variation of Receiving Level Depend on Reflected Waves

板を使用して散乱させることなど種々の方法を講じてみたが VHF 帯は始末が悪くなんとも解決の方法がなかった。失敗もあわせて報告しておこう。

その後 UHF 帯の測定設備を作るについてあらかじめ十分この問題を検討し、実験も容易なので念入りに試験したが、結局受信用空中線として、垂直面内指向性のよい開口面の大きいものが望ましいことがわかつたので、第1報の第3図に示すような大きな二次元パラボラ空中線をネットと併用して、反射の影響を少くしている。

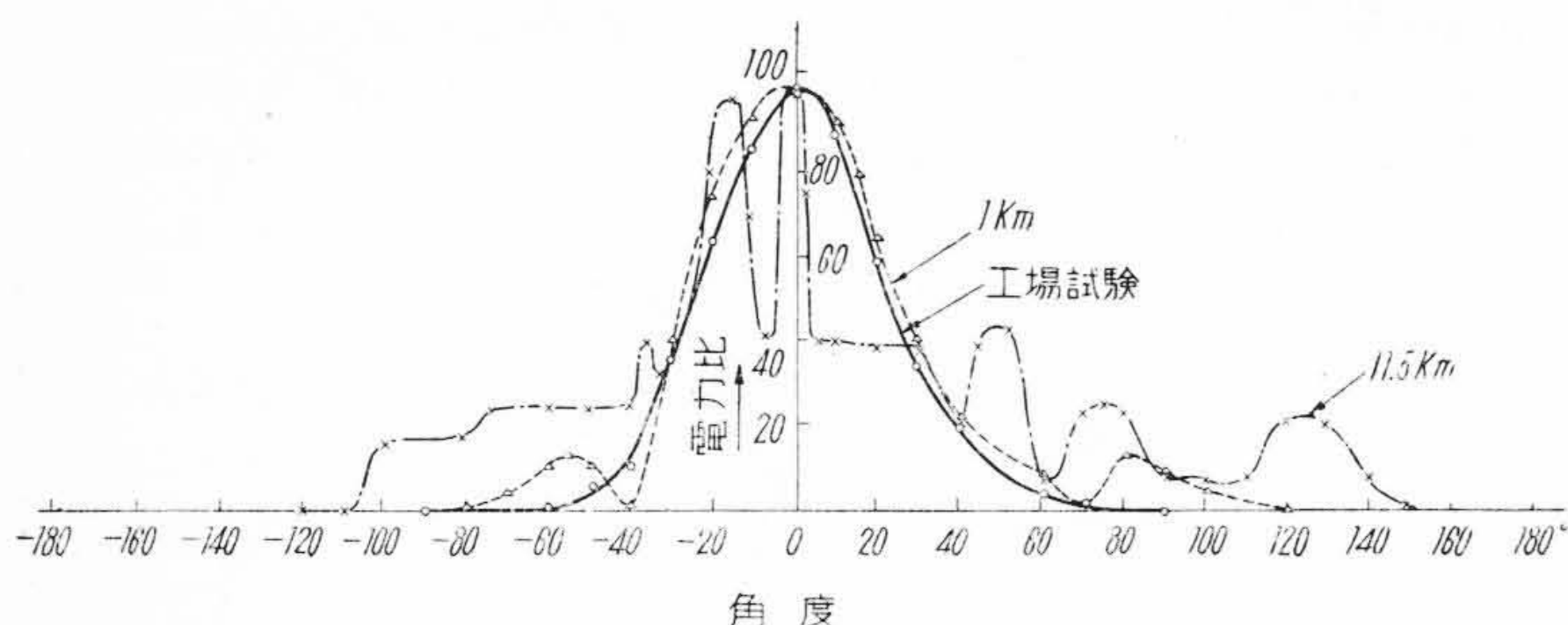
〔V〕 指向特性の測定

水平面内の指向性は利得の測定と同様、第1報に示した設備で測定している。供試空中線が旋回塔に直結したターンテーブルによつて、室内から回転できることは前述した通りである。

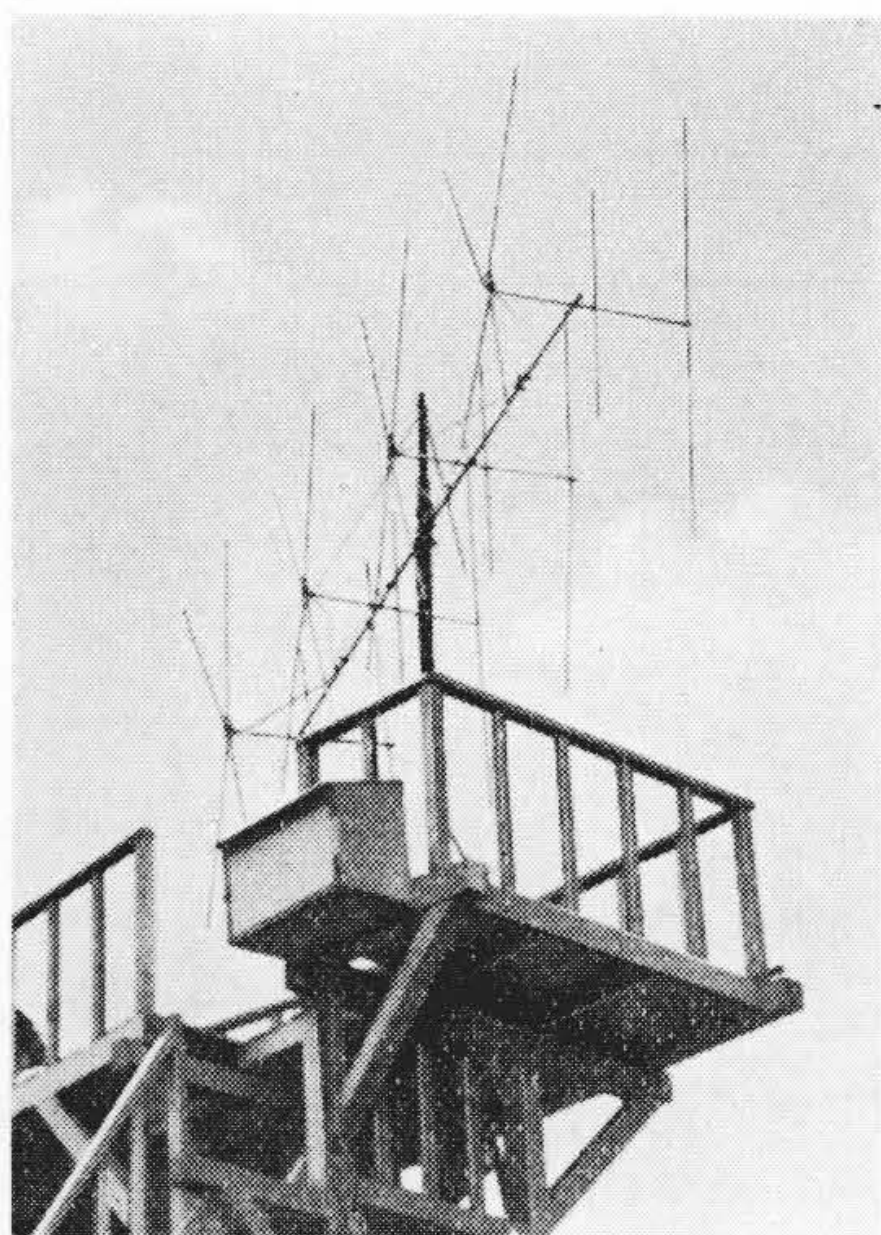
この場合も受信レベルを一定に保つて各方位ごとに平流測定器を通過する電力を読取つて測定値としている。

ここでわれわれにとつて興味ある問題は、この工場試験で得られた指向特性が実際にフィールド試験で再現されるであろうかということである。勿論これは単なるデータの再現性を論じているのではなく、実用状態においては周囲の地物、またときには山岳構造物などによる指向特性の乱れが考えられるので、どの程度厳密に考えて行くかの参考に測定された結果を第8図(次頁参照)に示しておく。10 km 以上離れた地点ではかなり乱れることが認められる。

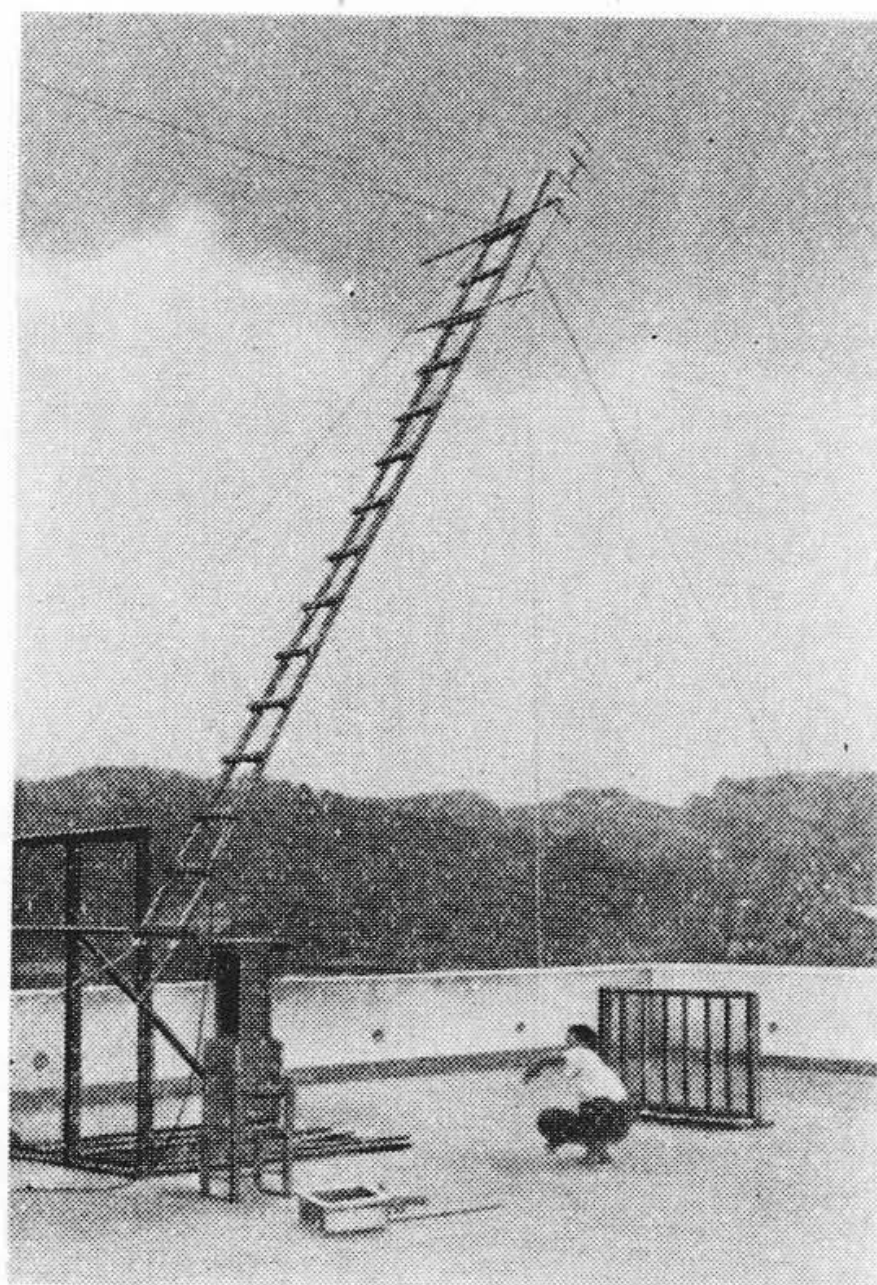
垂直面内指向特性は多くの場合研究の必要から行われ



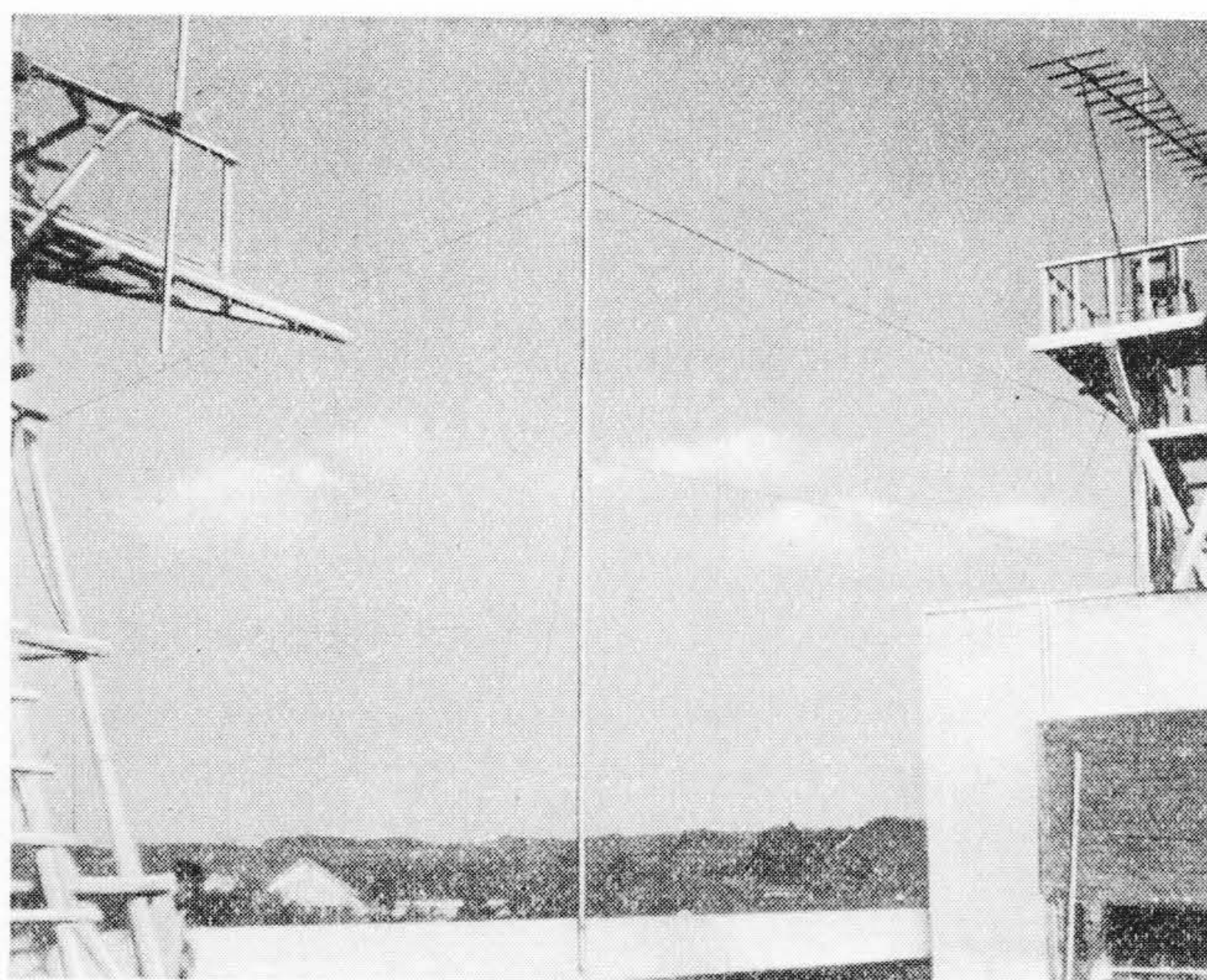
第8図 水平面内指向特性の一例
Fig. 8. One of the Example of Horizontal Field Patterns



第9図 四段に積重ねられたアンテナの垂直指向性測定状況
Fig. 9. Sight of Vertical Pattern Measuring for Four Bay Stacked Antennas



第10図 U.H.F.帯における空中線垂直指向特性の測定
Fig. 10. Measuring of Vertical Field Pattern for U.H.F. Band



第11図 V.H.F. 空中線垂直指向性測定設備
Fig. 11. Antenna Vertical Pattern Measuring Equipment for V.H.F. Band

るもので、この場合には自由空間における垂直面内指向性を論ずればよいので第9図のごとく空中線を横転して垂直面内の指向特性を水平面内で測定している。

特に実用面からの要請で地表面の影響を考えた場合の垂直面内指向特性を測定する必要がある場合多くは、U. H.F. 帯におけるモデル実験によつてゐる。測定の実際については第10図を参照願いたい。これはたびたびのことではないので随時このような電工用の竹梯子を利用した設備を作つて目的を達している。

V.H.F. 帯で測定する必要があるときには第11図の鉄柱を利用している。

〔VI〕 結 言

以上主として測定設備の改善に当り筆者などの当面した問題を取り上げ、あわせてわれわれの測定設備を御紹介した。今やテレビジョンは大なる発展の年を迎え、FM 通信また新たな用途を拓いて目覚ましく伸びて行く気運にあり、空中線もまたこれに遅れぬよう鋭意想を新たにして開発を進めて行かねばならない。このときに方現在猶未完の設備ではあるが、一応取まとめ発表して広く江湖の御批判御叱正を賜り、さらに一段の整備改善をはかりたいと念願するしだいである。

稿を結ぶに当り、種々御指導を賜つた東北大学宇田新太郎教授、虫明助教授をはじめ同研究室の方々に厚く御礼申上げる。また日立製作所社内関係者として測定用給電線に関し種々御高配賜つた日立電線工場の各位および池田国治氏、伊藤和夫氏に敬意を表し、直接測定を担当された無線設計課鳥谷満雄君に対しその労を多として謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 抜山平一編：超短波通信の研究
- (2) 内田，虫明：超短波空中線
- (3) Radio Reserch Laboratory Staff：
Very High-Frequency Techniques.
- (4) R. C. A. Report. (LB-873)：Balance Measurements on Balun Transformers.
- (5) A. Block and F. J. Fisher：New Fqui-

- pment for Impedance Matching and Measurement at High Frequency, I.E.E. Mar. 1953
 (6) Bronwell: Theory and Application of Microwave.
 (7) D. King: Measurement at Centimener Wavelength
 (8) E.G. Hills: Inpedance Measurements at V. H.F. Electronics. Jul. 1947
 (9) F.E. Terman: Electronic Measurements.
 (10) M.H. Oliver: Discontinuities in Concentric-Line Impedance Measuring Apparatus. I.E.E. Jan. 1950
 (11) 石橋, 鈴木: 受像機入力回路の非整合とその影響 テレビジョン Vol. 9 No. 3
 (12) 宇田, 虫明: 導波空中線の研究 東北大工学部 (昭 28-1)

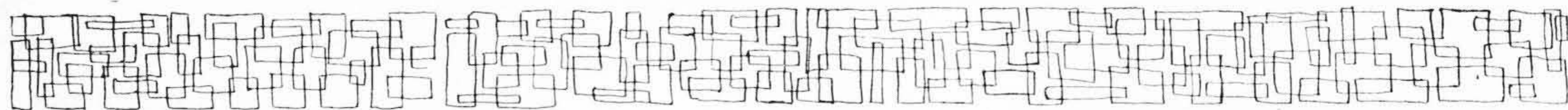
特許と新案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第30頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	440858	電動運転ウォーム機構に於ける過負荷防止装置	亀有工場	堀田正雄	31. 2. 29
"	440859	電動運転ウォーム機構に於ける過負荷防止装置	亀有工場	堀田章正	"
"	440877	渦 巻 ポ ン プ	亀有工場	堀田俊雄	"
"	440860	有鞘木管式紡機の外木管下降時に於てリングレールを一定距離丈け上昇せしめ其の位置に一定時間保持せしむる装置	川崎工場	岸野正四郎	"
"	440875	真 空 ポ ン プ	川崎工場	伊藤 璋彦	"
"	440878	液 封 型 回 転 真 空 ポ ン プ	川崎工場	宮下 啓一	"
"	440861	気 化 器 の 燃 料 制 限 装 置	多賀工場	菰原 連次	"
"	440862	気 化 器	多賀工場	森佐 藤通	"
"	440864	気 化 器 用 浮 子	多賀工場	森佐 藤通	"
"	440865	摺 動 弁 型 気 化 器	多賀工場	菰原 通次	"
"	440870	光 源 装 置	多賀工場	森黒 羽逸平	"
"	440872	打 点 式 記 録 計 指 針	多賀工場	水渡 辺 鴻一	"
"	440873	偏 光 板 回 転 角 度 指 示 装 置	多賀工場	橋本 正勝	"
"	440879	カ ー ボ ン パ イ ル 電 圧 調 整 器	多賀工場	上村 民夫	"
"	440884	電 気 抵 抗 式 温 度 計	多賀工場	山河 下井史郎	"
"	440885	電子装置に於ける蛍光像拡大装置	多賀工場	藤岡 健夫	"
"	440886	電 子 線 撮 影 装 置	多賀工場	藤岡 健夫	"
"	440887	永 久 磁 石 型 電 子 レ ン ズ	多賀工場	藤岡 健夫	"
"	440888	電子線装置に於ける熱陰極装置	多賀工場	藤岡 健夫	"
"	440868	回路遮断器引外し機構	亀戸工場	松田 幸次郎	"
"	440894	電動機制御用操作開閉器	亀戸工場	渡山 辺崎新太郎	"
"	440895	電動機制御用操作開閉器	亀戸工場	渡山 辺崎新太郎	"
"	440876	トンネルを含む無線通信装置	戸塚工場	山東 長一年	"
"	440901	釣 車	日立電線工場	高橋 長政	"
実用新案	440899	減 圧 分 溜 用 コ ッ ク	中央研究所	高 谷 通	31. 2. 29



日立製作所社員社外寄稿一覧

(昭和31年4月受付分)

寄稿先	題名	執筆者	執筆者
日本化学会	フリーデルクラフツ法によるフェノール類と無水マレイン酸の反応	日立研究所	古賀 弥
電気書院	電気ガバナについて	日立研究所	小林 栄二
日本化学会	フリーデルクラフツ法によるジフェニルアルカンと無水マレイン酸の反応	日立研究所	古賀 弥
日本機械学会	原動機速度制御	日立工場	紛沢 秀夫
日本溶接協会	ボイラーの趨勢	日立工場	菅原 三郎
電気書院	同期機電圧並に周波数の自動調整	国分分工場	平賀 昭二
日本証券投資協会	機械工場におけるパンチカードシステム (P.C.S) と生産管理	亀有工場	静間 生武
日本冷凍協会	日立電気冷蔵庫の説明及び研究紹介	栃木工場	権喜 守久
日本能率協会	生産技術関係の資料整理について	戸塚工場	山田 一博
東京通商産業局	テレビジョン用ブラウン管	茂原工場	山崎 一映
高分子学会	日立電子顕微鏡	多賀工場	山羽 池喜
家庭電気文化会	換気扇の選び方と取付方について	多賀工場	藤井 俊雄
照明学会	データーシート (福利施設)	亀戸工場	藤原 靖郎
労務行政研究所	職群制度について	亀戸工場	坂本 弘達
電気通信学会	セルフサポーティングケーブルにおける吊線の静電遮蔽作用	日立電線工場	八田
電気学会	ポリウレタンエナメル線のワニス処理に関する考察	日立電線工場	間瀬 喜好
小峰工業技術 K.K	精密線引を行うための諸問題	日立電線工場	久田 鉄之助
電気書院	最近の電気絶縁材料	絶縁物工場	柿崎 月紋
電子工業協会	H種ファイバーガラス絶縁物に就て	絶縁物工場	友部 進
特殊鋼倶楽部	高速度鋼	安来工場	小柴 定雄
アグネ出版社	型材料について	安来工場	小柴 定雄
日本鉄鋼協会	クロムモリブデン系熱間ダイス鋼の熱処理による諸性質について	安来工場	小田 定和
日本鉄鋼協会	耐衝撃用工具 Si~Cr~W 鋼におよぼす MoV 添加影響について	安来工場	稲田 重朝
小峰工業技術 K.K	フライス盤の修理	川崎工場	阿武 芳輔
高圧ガス協会	高圧圧縮機の新傾向	川崎工場	重松 久元
小峰工業技術 K.K	歯車の精度と運転性能	中央研究所	明山 正博
真空技術研究会	シリコングリース及びシリコンオイルのガス収着について	中央研究所	歌北 川登
電気試験所	原子炉制御研究班報告	中央研究所	米田 章
電気学会	放電化学	中央研究所	鴨井 健児
電子顕微鏡学会	電子顕微鏡の一般試料	中央研究所	太田 明徳
インド協会	印度に旅して	中央研究所	牟田 秀次
産業機械協会	ケーブルクレーンの趨勢	本社	土倉 元彦
日刊工業新聞	簡単にできる空気調和, 日立パッケージ型エアーコンディショナー	本社	竹内 正雄
		本社	黒田 栗