# 調査

# 4. 夜間における中波帯放送波の伝搬特性(その2)

# 東西コースによる移動測定結果

根本長四郎\* 若井 登\* 藤井 周\* 大内 長七\* 関根 徳蔵\*\* (昭和 50.7.15 受理)

# 4. NIGHTTIME PROPAGATION CHARACTERISTICS OF BROADCASTING RADIO WAVES IN THE MF BAND

2. Mobile Measurements of Field Strengths along

a Trans-Pacific East-West Path

By

Choshiro NEMOTO, Noboru WAKAI, Shu FUJII Choshichi OUCHI and Tokuzo SEKINE

# ABSTRACT

A mobile experiment for measuring the nighttime MF field strength over long distances was conducted along the round-Pacific course (Japan, U. S. A., Peru, Chile, Tahiti Is., New Zealand, Australia and Indonesia) during the period from June 20 through November, 1, 1973.

This paper describes the measurements and the results obtained only in the northern Pacific east-west course (Yokosuka, Japan—San Diego, U.S.A.). A full description of the results, including those obtained in the complete round-Pacific course, will be published shortly in a separate paper.

The nighttime MF sky-wave field strength decreases with the propagation distance up to about 9,000 km in a fairly good agreement with the so-called Cairo N/S propagation curve.

#### 1. 緒 論

1974年10月および1975年に、LF/MF放送に関して、 ITUの第1,第3地域合同主管庁会議が開催されるこ とになっている。この会議では、LF/MFの国際的な 技術基準の作成、およびヨーロッパ、アフリカおよびア ジア各地域の放送周波数使用計画の確立が主な議題とし て予定されている。この会議の成行は、我が国の放送事 業に大きな影響を及ぼす可能性があるので、会議予定が

\* 平磯支所 \*\*関東電波監理局監視部監視二課

発表されるとすぐ,我が国としてどのように, これに対 処するかが,関係機関で検討されてきた。

技術基準の内容は多岐にわたっているけれども,とく に周波数割当計画の基本になる伝搬特性については,未 だ国際的に統一された基準がないので,この問題を電波 監理局と電波研究所が協同して調査し,前述の主管庁会 議,又は,もし間に合えばその前の1974年2月に開かれ るCCIR最終会議に貢献できるよう調査を推進するこ ととなった。

1973年1月に発足したこの協同調査研究計画の具体的

立案のために、同年3月7日から9日にかけて、平磯支 所において「中波放送波伝搬セミナー」と題する勉強会 が催され、電波技術審議会、NHK、電波監理局、電波 研究所から、多数の専門家、関係者の参加のもとに活発 な論議が展開された。その席上、伝搬上の問題として、 当面の焦点である3,500km以上の遠距離伝搬曲線に関し て、我が国の立遅れを取戻す最も有効な方法は何かとい う問いに対して、提起された諸案の中の一つが、船舶を 利用した移動測定計画であった。

この計画は4月の年度替りと同時に早速実行に移され た。幸い6月に訓練航海に出発する海上自衛隊練習艦 「かとり」と自衛艦「ながつき」という格好の便が,電 波監理局の尽力と防衛庁の協力により利用できる運びと なり,出航に間に合わせるべく,部品,測定器類の調達 から,調査内容,分担の打合せと,稀にみる迅速さで計 画が進捗した。

この過程の中で, グアム島まで往復する「ながつき」 艦上での電界強度測定を, 南北コースとして, 関東電波 監理局と電波研究所電波部で担当することとし, 一方北 米, 南米, タヒチ, オーストラリア, インドネシアを廻 る環太平洋航路に就く「かとり」艦上では, サンディエ ゴまでを東西コースとして, 関東電波監理局と電波研究 所平磯支所で測定を担当することとなった。後者の測定 では, 担当者が, サンディエゴで下艦後も「かとり」通 信隊員によって測定が続行され, 4か月におよぶ南半球 海上での貴重なデータが得られた。これらについては目 下解析中であり, 近く発表する予定である。

本文では、東西・南北両コース全般にわたり、すでに 報告〔電波監理局,昭和49年〕された移動実験の結果に 更に検討を加え、東西コースについてのみ報告するもの である。南北コースについては、小林他〔1975〕により 報告されるであろう。

ある物理量の地域的分布を知るための移動測定につい ては、今更説明するまでもなく、過去に枚挙にいとまな い程多数の実例がある。しかし中波の伝搬曲線を得るた めに、移動測定が行われたという例はないようである。 中波伝搬曲線としてのカイロ (IBC, 1938), CCIR (CCIR, 1970), EBU (Ebert, 1962), FCC(1946) 等の基礎となったのは、送受信条件が千差万別の多数の 固定点観測データの集積であった。それらは最終的に は、何らかの統計処理を経て、一本の曲線になっている けれども、個々の測定値のバラツキは非常に大きい。そ の原因として伝搬媒体としての電離層自身の変動の他 に、実効送信電力の評価の難かしさ並びに送受信アンテ ナの特性、較正方法の相違等が考えられる。

これに対して、一組の送受信系を一貫して用いる移動

測定によれば、前述の諸原因のいくつかは除去すること ができ、距離に対する強度逓減率を表すいわゆる伝搬曲 線の形を手早く求めることができる。しかし勿論移動期 間中の媒質すなわち大地並びに電離層の逐日および地方 時による変動の影響はさけられないので、信頼しうる伝 搬曲線を得るためには、理論的に確立された測定法によ り、長期間のかつ大規模なしかも均一な測定が必要なと とはいうまでもない。前述のセミナーにおいては、以上 のような論議を経た上で、 中波の 電界強度を 7,000~ 8,000km の距離にわたって移動測定することが提案され た。その意図するところは、3,500km以上の伝搬曲線に 関して, 西欧諸国の過去数十年にわたるデータの蓄積, いうなれば、時の重みに対抗すべくもないが、かなり極 端に差のある既存の諸曲線のどれが正しいか, または, どれが極東地域によく適合するかを端的に 判定するに は、たとえ短期間であっても、移動測定は有効であろう ということであった。

## 2. 測定の概要

#### 2-1 東西コースの特長と測定分担

「かとり」の航路は中緯度太平洋上を東西9,000km に 及んでいる。従来の遠距離伝搬曲線の差が明瞭に現れる のは,約4,000km 以遠であるから,本実験のような遠距 離まで電界強度のデータが得られることは非常に意義が 大きい。その上,カイロ曲線の東西が南北に比し,著し く低い原因を究明する上でも特に有効である。地球磁力 線に対する伝搬路の方向によって,中波電波の吸収,偏 波が影響をうけることは,理論的に知られている。今回 の実験が南北コース〔小林他,1975〕とほぼ同じ時期 に,また同じ測定条件で行われたので,この伝搬方向の 問題を端的に抽出できる可能性があった。

東西コースの特長としては、更に、受信点である船の 移動につれて、送受信点間の地方時が大きく変化するこ と、従って、いわゆる無減衰強度の期待できる時間帯が 狭められることが挙げられる。このことは測定波の選定 にあたっても考慮しなければならず、特に北米側に多数 の放送局があるため、余程慎重に測定波を選ばないと、 折角の航路の好条件を生かせない結果になりかねない。

以上の諸点を考慮して、20分毎に6波を順次切換え測 定できる「自動多周波切換中波電界強度測定器」を、こ の調査のため新たに設計製作した〔藤井他、1975〕。これ を平磯支所が担当した。以下の記述では「測定系II」と する。しかし、この電測器は、いわば6台分の機能をも つ反面、1波に関しては2時間に1度の 観測頻度とな り、夜間を通じての変化を連続的に測定できないという 難点を必然的にもつことになる。更にプリセットカード



第1図 測定対象局と「かとり」の航路日程, (Oは測定対象局, ◎は出入港および寄港地, ●は毎日U.T., 0時における艦の位置)。

による自動周波数設定は一度設定した周波数を変更した い時に,手動電界強度測定器程手軽には行えない。

そこで混信状況に応じて随時測定波を変更でき,ま た,1対象波の地方時変化を連続して測定できる,手動 を主体とした電界強度測定器を関東電波監理局が準備し た。

これを「測定系I」とする。

2-2 「かとり」の行動日程と航路

練習艦「かとり」は護衛艦「きくづき」を従えて、6 月20日11時に横須賀長浦湾を出港した。途中ミッドウェ ィに寄港し、7月8日には、サンディエゴに入港した。 航路は第1図に示すように、6月24日から26日まで低気 圧を避けて少しはずれた他は、ほぼ大圏コース上にあっ た。図中の黒丸は、各日のU.T.0時における位置をあ らわす。

「かとり」の隊員によって航海中観測された4時間ご との位置は、後述するように、電界強度測定時刻におけ る位置、方位、大圏距離の計算に際して有効であった。

測定担当者として「かとり」に搭乗した。根本と関根 は、7月11日にサンディエゴで下艦した。下艦に際し、 測定系Ⅱの測定対象波は、570、770、1140kHz の3波に 変更された。「かとり」は7月13日にサンディエゴを出 港した。

#### 2-3 受信可能時間の予測

前述したように送信点からの距離が長くなるにつれ, 空間波の受信可能時間帯が狭くなる。測定の開始,終 了,減衰器の調整のため,空間波の受信可能時間帯を予 め計算しておく必要があるが,測定波を日米両側に割り あてたので,この予測も,日本と北米の両方に対して行 わなければならない。

計算方法としては、短波電界強度計算において、しば しば使われる。大圏コース計算と天頂角計算図表を用い [Havdon et al., 1962], 送受両端から大圏コース上 を, それぞれ 1,000km 離れた電離層(E層)反射点にお ける太陽天頂角が105°になる時刻を求め、入失感の目安 とした。その結果得られた曲線が第2図である。実線は 日本側局,破線は北米側局に対する入失感時刻(U.T.) をあらわし、これらが横軸の船の位置の経度に関して, どう変化するかを図から読みとることができる。例え ば,日本出港直後(図の左端)は,日本側局はU.T., 10時30分から、19時30分まで受信され、北米側局は、10 時30分から、12時45分までというごく短い時間帯しか受 信されない(受信可能時間帯であって、強度に対する考 慮はなされていない)。ミッドウェイ島近辺(図の中央) では日本側局は、U.T., 10時30分から17時,北米側局 は6時から12時45分、すなわち、地方時夜間の前半は北



第2図 空間波測定可能時間予想曲線。

米側局,後半は日本側局とほぼ対象に受信される。米西 岸近く(図の右端)では、日本側局はU.T.,10時30分 から12時45分,北米側局は3時45分から12時45分まで受 信されることになる。

#### 2-4 受信波の選定

現今のような過密化した周波数の利用状況の下で,中 波の電界強度の信頼し得る値を求めることは,遠距離伝 搬になるほど非常に難かしい。

今回の移動測定の立案に際しても,諸元の明確な,共 用局混信が少なく,大電力であって遠距離まで受信可能 な,しかも放送時間の長い局を選定することの困難さは 充分予想された。そこで測定局の選定にあたっては,先 ず本実験の目的が,放送波帯の伝搬距離特性を求めるこ とであるから,測定対象周波数は,少なくとも放送波帯 全域をカバーするよう配慮し,しかも測定系IとIIの測 定対象周波数は,重複しないこと等を考慮して選択しな ければならない。

上述の諸点を考慮し、測定系Iの受信対象局として選 んだ局を第1表に示した。これらの測定局の地理的位置 は、第1図の中に白丸で示してある。

測定系IIでは、日本近傍のソ連、韓国、中国、台湾は もとより、カナダ、米国、中米諸国の放送局も調査し (電波監理局、昭和48年; NHK技術本部、昭和47年; World Radio & TV Handbook, 1973)、太平洋をは さんだ両側に、測定対象局と同じ周波数の大電力局のな いことを、主な条件として、日本側と米国側のそれぞれ 3波、計6波を選定した(ただし、その際大電力共用局 であっても、経度差が大きい場合には、実際問題とし て、混信は与えないので、この点も考慮してある)。こ うして最終的に決めた測定対象局は、第2表であり、そ の地理的位置を第1図の中に白丸で示してある。

しかし、これらの事前の調査にも拘らず、現実には、 ミッドウェイ、ハワイ、カリフォルニアの小電力局の混 信に悩まされたが、混信局の中には登録リストに記載さ れていない軍用局もあり、また、共用局のない周波数は あり得ない現状では、ある程度止むを得なかった。な お、表には実際にデータの得られた共用局も併記してあ る。

#### 2-5 予備測定

今回の測定が移動体である艦上という特殊な環境条件 のもとで行われるため、測定用空中線の状況、あるいは 艦内環境について、事前に把握する必要があったので予 備測定を実施した。

最初の予備測定は、5月25日(出港26日前)練習艦 「かとり」に乗り組み、東京湾内で実施したが、その主 な項目は、測定用候補空中線の諸特性、艦体の影響、あ るいは空中線から、第1電信室を経て、測定予定室であ る第2電信室に至る長いケーブルの影響等であった。し

周波数	送信目	局 名	位	置	送 信 電 力 (kW)	空中線指向性	運用時間	
kHz			経 度	緯 度			(U.T.)	
680	SAN FRANCISC	O (KNBR)	122°14′W	37°33′ N	50	無	24	
710	FIJI	(3DX)	178°40' E	18°10′ S	3	?	18:00~10:45	
740	SYDNEY	(2BL)	150°54′ E	33°57′ S	50	?	20:00~14:02	
870	熊本NHK第2	(JOGB)	130°51′E	32°54′ N	500	無	20:30~15:00	
950	東京	(JOKR)	139°40' E	35°48′ N	100	無	24	
1070	LOS ANGELES	(KNX)	118°21′W	35°52′ N	50	無	24	

第1表 測定系 I の 測定対象局一覧

第2表 測定系Ⅱの測定対象局一覧

CHANNEL NO.	周 波 数 (kHz)	送信	局 名	位	置	送信電力 (kW)	空 中 線 指 向 性	運用時間 (U.T.)
				経度	緯 度			
1	570	札幌NHK第1	(JOIK)	141°30′ E	43°05' N	100	無	20:00~15:00
		LOS ANGELE	S (KLAC)	118°12′W	34°04′ N	5	DAY 無 NIGHT 有	24
2	810	東京 AFRTS	(FEN)	139°37′ E	35°46' N	50	無	24
		SAN FRANCIS	CO (KGO)	122°06′W	37°32′ N	50	有	24
3	770	秋田 NHK第2	2 (JOUB)	139°56' E	39°57' N	500	無	20:30~15:00
		ALBUQUERQU	JE (KOB)	106°37′W	35°12′ N	50	有	24
4	940	秋田	(JOTR)	140°06′ E	39°42′ N	3	無	20:45~15:55
		FRESNO	(KFRE)	119°20′W	36°29' N	50	有	24
		WAIPAHU	(KAHU)	158°04′W	21°27′ N	10	無	24
		MIDWAY		177°22′W	28°12′ N	?	?	?
5	1240	東京	(JOLF)	139°59′ E	35°23′ N	100	有	24
		SAN DIEGO	(KSON)	117°07′W	32°42′ N	DAY 1 NIGHT0. 25	無	24
6	1530	宇都宮	(JOXF)	139°48′ E	36°33′ N	1	無	20:30~14:00
		新潟	(JODO)	138°15′ E	37°09' N	1	無	24
		SACRAMENTO	) (KFBK)	121°26′ W	38°51′ N	50	有	24

かし、実際には時間的制約もあり、受信強度が艦首方向 により異なる。すなわち、近接じょう乱物体の影響も多 少現れたため、予備測定は概略的把握にとどまり、厳密 な測定を必要とする空中線系定数の測定は、出港後に行 うことになった。

第2回目の予備測定は、測定機器を搭載した6月8日 から出港前日の6月19日にかけて行われた。一般的に船 舶に機器を設置する際には、固定し、液体の溢出等に特 に留意しなければならない。艦側の要望もあり、機器類 は万力、ロープを用い、艦体にしっかり固定した。記録 計のインク壺は密封型なので問題はなかった。





第3図 「かとり」艦上の空中線,電測場所,測定室等の位 置。

搭載後,出港までの約10日間は,機器を運転状態とし て,電源,近接送信機に対する順応をはかり,実際に電 界強度を測定して,測定器の正常な動作を確認した。

測定用空中線の予定候補は,第3図に示したように, 垂直空中線(高さ11m),ホイツプ空中線(高さ11m), 籠型空中線(高さ8.5m)の3種であったが,利得,近 接じょう乱体の有無を考慮して,ホイップ空中線を使用 することになった。

空中線の艦体から受ける影響,特に空中線近傍の,レ ーダマスト,煙突等の反射の影響は,艦首に対する電波 の到来方向の変化に応じて現れる。受信用ホイップ空中 線に最も近い旗甲板(第3図参照)の中央位置Aにおけ る艦の方向による影響は,電界強度で約3dB以内の変 動であることが分った。

艦内維音,電源の安定度および電源に含まれる雑音等 についても測定したが,停泊状態では測定に対する支障 は認められなかった。

# 3. 測 定 系

# 3-1 アンテナ系・測定室

測定用空中線としては,前述のように艦の前方旗甲板 上の右側にある,高さ11mのホイップ空中線を使用し





た。アンテナ入力は、その基部から、インピーダンス50 オーム、長さ26.3mのケーブルにより、直接第1電信室 に導かれ、分配器を経て、更に83mのケーブルにより、 艦尾に近い第2電信室まで導かれている。ケーブルがこ のように長いことは、測定上好ましくなく、事実、後述 のアンテナ較正結果をみても明らかな通り、受信機入力 端で周波数によりかなり大きな誘起電圧の変動が現れて いる。しかし較正された携帯用電界強度測定器を用い て、受信電圧から電界強度への変換のための較正係数 は、測定してあるので、測定強度には何等疑義は生じな い。

測定室としては第2電信室を使用した。電源は交流 115V,60Hzであったが、事前に分っており、機器調達 時から考慮してあったので、電圧および電源周波数の違 いによる問題は特に起らなかった。

#### 3-2 測定器

一つのアンテナを測定系IとIで共用するために, ア ンテナ共用装置を用いた。勿論アンテナ共用装置は, 周 波数特性をもたないことが望ましいが, 今回使用した共 用装置は, 放送波帯の上限と下限の間で約 4dB の差を もっていた。しかし, この周波数特性も事前に測定して あるので, 較正方法の異なる測定系IとIIに対しても, 較正上何等問題はない。

測定系Iで用いた記録用電界強度測定器(前述のアン テナ較正に使用した携帯用電界強度測定器と区別するた め、以後このように記す)は、測定電圧範囲、-10~110 dB、通過帯域幅、10 kHz(-3dB)、記録測定範囲、20 dB、入力インピダンス、75 オームであり、入力端子電 圧直読型のものである。測定系Iの構成は簡単なので特 に図示せず、第4 図の測定系IIのブロックダイヤグラム に併記した。

測定系Ⅱでは,自動多周波切換中波電界強度測定器を 記録用として用いた。この測定器の詳細は,すでに, 藤井他 [1975] により報告されているので,本文では多 少の重複を許して頂いて,概略のみを述べることとす る。

先ず第4図に示した測定系IIの受信機の性能について 述べる。受信機(RCV)の受信周波数範囲は、100kHz ~30MHzであり、中波放送波帯における受信感度は、約 -10dBである。今回の実験では、RCVに帯域幅100Hz のフィルターを付加して運用したので、受信感度は-20 dBに改善することができた。受信機のダイナミックレ ンジは 60dB, 入力インピーダンスは75オーム、受信周 波数の選定方法は、数個の周波数調定ツマミによる場合 と、プリセットカードの実装による一挙動の調定による 場合とであり、この両者の選定周波数の表示は、数字放 電管により直読できる。

#### 4. 測 定 法

#### 4--1 測定系 I

測定系IIが6波を自動的に切換え,2時間を一周期と した繰返し測定であるのに対し,測定系Iでは,測定波 を2波とし,1波当たりの測定時間を長くした点に特徴 があるといえる。また,実際の測定に当って,空間波の 入失感時間は,送受信点の中間における地方時に支配さ れる。従って,横須賀を出港し日数がたつにつれて,日 本側の対象波の入感は, 艋内時間の深夜から朝にかけ て,米国側の対象波の入感は,夕方から深夜にと変化 し,これに伴い測定時刻を変更する必要がある。その上 測定系Iは,測定系IIと全く対象的に,手動操作によ り,測定の開始,停止,周波数の切換え,減衰器の調節 等を行う必要があるため,事前に測定手順をきめて実施 することが,測定を進めていく上に必要な条件となっ た。

測定の具体的な手順として、夜間空間波の測定は、入 失感予想図(第2図参照)に従い実施する。また、測定 波の切換えは中間点付近までは、ほぼ正子を境にして前 半を870kHz(熊本)、後半を950kHz(東京)とし、中間 点以降は、米国側の680kHzと1070kHzの2波を毎日、前 半後半交互に入換えて行うこととした。使用時間は、艦 の移動により変化する地方時をさけてU.T.に統一し た。

測定系Iの構成は,第4図に併記してあるが,この場 合の測定値は記録用電界強度測定器の入力端子電圧を求 めることになり,電界強度を求めるには,この入力端子 電圧に,更に別に測定した空中線系の較正係数とアンテ ナ共用装置の特性を補正する必要がある。従って本測定 は,二つに分けることができ,本項では記録用電界強度 測定器による測定について述べ,空中線系の較正のため の測定方法については,後述の標準較正とアンテナ較正 の項で述べる。

測定系Iの記録用電界強度測定器は,入力端子電圧を 直読できるが、応動範囲が 20dB と狭く減衰器のステッ プも 10dB と粗い。このため測定に当っては較正点を記 録紙の中央に置き、これを中心に上下にわたり記録でき るようにし、受信レベルができるだけ記録紙の中央付近 になるよう減衰器を調節した。受信電界の変化により記 録が 10dB を超えて上下する場合は、減衰器の再調節を 行った。なお、本測定器の減衰器は 10dB ステップであ るため、監視部の副標準信号発生器により、その中間に **1dB** ごとの較正目盛を挿入した定規を予め作成し、 こ の目盛に従って記録データを読み取ることとした。この ため受信機利得の較正は記録紙の中央に較正点だけを記 録し,上下の 10dB ステップによる較正 は 行 わ なかっ た。また、本測定器の通過帯域幅が10kHzと広いため、 航海中の測定位置によっては、かなりの混信があった。 混信が測定値に誤差を与えると判断した場合は、後日整 理に際して、その部分を記録から除去するため、混信状 況をその都度記録紙上に直接記入した。また、入感状 況,混信状況を記録するための録音は,原則として1波 につき1日1回測定器のスピーカを通して、マイクによ り行った。

#### 4-2 測定系II

船上でその上夜間という悪条件の下、移動測定の利点 を最大限に生かして効果的な測定を行うため測定器は、 較正を含めて全自動の多周波切換方式とした。具体的に 測定チャンネル数をきめるにあたって、フェージングと 電界強度の日変化を考慮に入れた。先ずフェージング周 期を考慮した測定単位時間は、経験的に最小限15分間が 必要であるといわれているので、今回の測定では、一応 20分間とした。本実験の目的の一つである遠距離伝搬曲 線の周波数依存を測定するためには、放送波帯の上中下 の最低3波が必要であろう。この3波を1波につき20分 間隔で切換えれば、1時間で一巡する。測定波を増せば 一巡する時間が長くなり、特に入感時間帯の短い遠距離 受信では、必ずしも全チャンネルが夜間無減衰の時間帯 に入らなくなる。この両者のかねあいから本測定器は、 同じ測定周波数が2時間ごとに 巡る6波切換方式とし た。測定および較正の自動化には、6波の各測定周波数 の切換えと、それぞれに対して独立な減衰量の設定、記 録紙上への較正目盛と時刻等の記入、更に記入された時 刻および受信局の識別の方法を講じてある。

また,第1地域(9kHz 分離)からの近接周波数混信 が予想されるので,受信機の帯域幅は,100Hzとした。

後日データ整理の場合に必要な,測定記録紙上の放送 局の同定には,テープレコーダによる録音を利用できる ようにした。 前述のように、系Ⅱの操作は、ほとんど自動化されて いるので特に測定法というものはないが、前日の測定強 度の記録結果をもとに、PATTの調節(PRGのピン の挿しかえ)が毎日入感時前の操作であった。その理由 は、受信系はPATTの調節をしなくても約 60dB の範 囲の変動を直線的に記録できるわけであるが、測定波が 極端に強い(送信局近傍)場合でも、また、非常に弱い 時(約7000kmを越えるような場合)でも、読取り精度の 最も高い記録紙の中央付近で記録させることが望ましい からである。

装置としては,勿論周波数の変更もできるが,測定路 上で変更することは,一貫した遠距離伝搬曲線を失うこ とになるので,予測しなかった混信に悩まされたチャン ネルもあったが,周波数の変更は行わなかった。

自動化の目的の一つは、測定担当者が機器の操作その ものに煩らわされずに、混信状況等を監視し、良質のデ ータを得ることにあった。従って測定者は、受信時間で ある夜間は、測定器の前で絶えず記録を監視し、放送番 組の内容,混信状況,フェージング等受信状況を直接記 録紙かまたは、予め準備した観測簿に記入した。この記 録は後述の録音テープと共に、後日のデータ解析に非常 に有効であったが,反面測定担当者にとっては,測定時 間が艦の生活時間と反転しているという点で、万事に都 合が悪く,大きな負担であったことも事実である。この 負担を少しでも軽減し,受信状況を把握する意味で行っ<br /> たのが、テープレコーダによる録音である。録音は毎日 「かとり」地方時の0時を境に前後約1時間づつ行っ た。また、「かとり」の時々刻々の航海位置はデータ解 析に不可欠なので、約4時間毎の天測位置を転写するこ とも定常作業の一つであった。

#### 5. 標準較正とアンテナ較正

受信機が測定するのは、ある基準信号との比較におけ る受信機入力端電圧であり、この電圧を受信電界強度と 関係づけるために、下記のアンテナ較正が必要となる。 この手法および基本的考察については、小林他〔1975〕 により詳述されているので、ここでは割愛し、実験に際 しての具体的問題を中心に記述する。

アンテナ較正は本来,測定系IとIとで特に分離して 報告する必要のない共通の事項である。しかし実際問題 としては,測定系の構成回路上の相違から,後述の較正 係数が系IとIとで異なる意味をもつこと,また,地表 波測定結果の解釈においても,系Iの受信機の帯域幅の 狭いことが重要な意味をもつことを考慮して,以下項を 分けて記述し,最後に総括的に論ずる。なお,何回か行 った地表波測定の中,実際に較正係数の決定に用いたの



第6図 測定系I, IIのアンテナ較正測定値。 はごく一部である。また,使用しなかった分散の大きい 測定データを敢えて第6図の較正曲線に記載したのは, 艦上のしかも移動という条件下での電界強度の測定は, 非常に多くの要因に支配されることが判ったので,今後 の測定または,研究に参考になると考えたからである。

本測定における空中線の較正は,地表波の電界強度を 携帯用のループ空中線付電界強度測定器で測定し、この 値と,測定用受信空中線に接続された記録用電界強度測 定器の端子電圧とを比較して求めるもので,本節は順序 として,先ずアンテナ較正のための地表波測定に用いた 2台の携帯用電界強度測定器の強度目盛を較正する,い わゆる、標準較正から記し、次に地表波測定そして最後 に較正曲線について述べる。

#### 5-1 標準較正

E-16の放送波帯における 標準較正曲線は,第5図中 の実線であり基準値 0dB からの外れは,ループ空中線 No. 1, No. 2 をとおして高々 1dB である。縦軸の補 正係数は,測定値にこの値を加えると正しい電界強度値 が得られることを表している。

一方 K-46A の標準較正は、1973年12月に平磯支所近 傍のじょう乱物体のない平坦な畑地において、南北コー スに用いられた M-262C 電界強度測定器 (小林他1975) を標準として(出港直前に標準較正済みなので)、同時 比較測定により行われた。その結果は第5図中の鎖線で 示され、ループ空中線 No. 1 と No. 2 を切換える約 1~1.1MHzの周波数帯では基準値からのはずれは、最高 -2dBに達したが、その他は約  $\pm 1 dB$ の補正値の範 囲内にあった。これらの標準較正の結果は、最終的な電 界強度決定に際しては勿論加味され、測定値は補正され ている。

### 5-2 地表波測定

地表波の測定は,較正係数を決定するため,予備測定 時における東京湾および本測定時における東京湾, 房総 沖,米国沿岸において,更に「かとり」帰国時の11月2 日,3日に横須賀船越港において,それぞれ放送局の安 定した地表波を選定して行った。

アンテナの較正係数Kは,携帯用電界強度測定器で測 定した地表波の電界強度E(dB, 1 $\mu$ V/m基準)と,同 時刻における同一電波の記録用電界強度測定器入力端子 電圧V(dB, 1 $\mu$ V基準)を測定することにより,K= E-Vとして求めた。

この較正係数Kには、第4図に見られるように測定系 の構成上の相違から、測定系Iにおいては、アンテナ共 用装置の利得が含まれているが、測定系IIではアンテナ 共用装置入力端に較正電圧が加えられているので、アン テナ共用装置の利得は含まれていない。

携帯用電界強度測定器による測定は、艦上で最も広い ヘリ甲板中央位置(第3図B点)において行った。この 場所における電界強度は、測定位置を中心に2~3m移 動しても変化がないので、周囲の反射物体からの影響は 無視できると思われる。

このような方法で得られたアンテナ較正のための東京 湾及び, 房総南端付近における測定値は, かなりばらつ きの多いものであった。その原因は, 艦の移動により短 時間に伝搬路条件(海陸の割合, 距離等)が変化し, 安 定した地表波を用いるという基本原則に反していること と, ヘリ甲板上と測定室の両測定の同時性が完全に保た れなかった(測定人員,連絡手段の制約により)ことに よると考えられるので,測定値は捨て去るべきであろ う。

次に外洋航海中における地表波の電界強度であるが, 海上伝搬距離が陸上伝搬距離の数倍に達するまで(陸上 伝搬距離が全伝搬距離に対して占める割合が,ある程度 小さくなるまで),陸上伝搬路上の地形の影響と推定さ れる変動を伴うが,これを過ぎると安定する。例えば東 京放送の場合,海岸線から約400kmまでは変動を伴った 受信記録となっているが,この距離を過ぎてから約 1,000kmに達する間は安定した記録が得られている。ま た,ロスアンゼルス局の地表波では,上記の距離が200 km~1,000kmの間であった。このように地表波の強度は, 伝搬路上の条件により安定する距離範囲が異なるため, アンテナ較正係数の決定に使用するデータは,個々の局 に対して充分に吟味して選定しなければならない。

以上のように、記録紙上の変動と艦の位置を詳細に参照しながら測定値を検討した結果、測定系Iの最終的に 最も信頼しうる値と判断されたのが、日本側のU.T.6 月21日の3時と米国側の7月7日の1時の測定値である (この時の各送信局と受信点である「かとり」との伝搬





距離は,日米いずれも洋上500**~1,** 000㎞の範囲内であっ た)。

第6図中の系Iの曲線は、上述の検討を経た地表波の 測定結果から求めた較正曲線であり、併記した他の日時 の測定値のほぼ中央にあって統計的にも納得のできる結 果といえる。最終的な較正曲線は第7図に示した。

測定系Ⅱにおいては、アンテナ較正法の基本的考え方 は何等変らない。測定器の受信周波数が, 570, 770, 810, 940, 1240, 1530kHz の6波にプリセットされてい るので、携帯用電測器による較正係数Kの決定のための 地表波測定も、上記周波数に対して行った。しかし測定 の結果上記周波数の中には、電界が低くかったり、多少 の混信等があり、係数決定のためには不適当なものがあ ったので、較正曲線を描くのに充分なデータが得られな かった。そこで信頼度を上げるため、「かとり」が帰港 時の11月2日から3日にかけて、補足的な地表波の測定 を行った。そして対象波は上記6波の他に、安定した地 表波の東京近傍局に手動で同調をとり、甲板上の携帯用 電界強度測定器と対応をとりながら測定した。これらの 結果を総合的に示したのが第6図中の系Ⅱの較正曲線で ある。図は測定値を全部プロットしたので一見分散して いるが、測定値を個々に検討すると、空間波の混入した 弱い地表波、内湾を航行中受信した変動の大きい地表波 等による悪条件下でのK値が、分散を大きくしているの であって, 第7図に示す最終的な較正曲線の妥当性を減 ずるものではない。

本文の主題から外れるので言及しなかったが、この地 表波測定結果は混合路伝搬の問題に関して、多くの示唆 を含んでいるものと思われる。いずれ機会をみて活用し たいと考えている。

#### 5-3 較正曲線

測定系Iに関して最終的に採用した較正係数Kの周波 数に対する変化は,第7図の曲線①の通りであり,ま た,測定系IIに対する較正曲線は第7図の曲線②のよう になる。とこで両曲線の比較検討を行う。先ず系IIの曲 線は,系Iに比べて全体的に約 30dB 低い。その原因 は、FSの内蔵減衰器(第4図参照)の後に挿入した 30dB の減衰器にある。この減衰器は微弱な入力電圧に 対する較正目盛を作るために、FSの出力範囲である0 ~110dB (1 $\mu$ V基準)を 30dB 下げて, -30dB~80dB に調節するために付加したものである。

次に考慮しなければならないのは,アンテナ共用装置 の利得であるが,この利得の周波数特性は,あらかじめ 測定してあるので問題はない。

以上二つの要素を加味し,換言すれば較正係数を共用 装置より前のアンテナ系だけにしぼって,系IとIIを比 較してみると、それぞれ第7図の曲線③と④になる。図 では系Iに対するK値が系Iより周波数帯全域にわたり 5~7dB高い。この差は両系の較正発振器の出力の定 義の相違によるものである。すなわち、系Iでは発振器 出力が整合インピーダンスで終端された時の端子間電圧 で、一方系IIでは開放端電圧で目盛られているから、両 者の間には 6dBの差がある筈である。実際には多少の インピーダンスのミスマッチングもあろうし、地表波測 定の精度を考え併せると、この両者の較正曲線は非常に よく一致しているということができる。地表波測定のデ ータは一部共通であるから、それぞれ独立の判断で決定 した較正曲線が理論的に予想される値を補正して、この ようによく一致することは、両曲線の信頼性を裏付ける ものであろう。

なお,小林他〔1975〕の較正曲線と異なって周波数に 対してK値がうねり(950kHzで低く 1240kHz で高い)を 呈するのは, 110m におよぶケーブルに起因するもので あり,当初から予想していた結果でもあった。

6. 測 定 結 果

6-1 測定系 I

(a) 測定状況

第2図の入失感予想図に従って測定を行った結果,予 想とほぼ一致した入失感が得られた。測定の日時は総ベ てU.T.で処理した。入失感の時間は艦の航行につれて 移行し, このため横須賀を出港し日数が経過すれにつ れ,日本側の対象波の測定は艦内地方時の0時以後から 朝方に,米国側の対象波の測定は夕方から深夜にかけて 行うことになった。

測定器は,短期間の記録電流計の故障をのぞいては, 全測定期間中支障なく動作した。

また,空間波の入感状況を述べると,日本側の測定対 象波中のJOGB(870kHz)は,約6,100km まで測定で きたが,消滅する2~3日前から混信が多くなり,混信 の中から状況の良くなるのを待って,これを選択し測定 するようなこともしばしばあった。

JOKR (950kHz) は, 時々 Radio Peking (北京放送)の混信を受けた程度で約6,200km まで測定でき, 全般的に良好であった。両波共, 測定不能になった原因は 混信が増大したことによる。

米国側の対象波は、KNBR(680kHz)とKNX (1,070kHz)の2波であった。この2波について局名を 確認し連続測定が可能となったときには、伝搬距離は、約4,000kmを残すのみであった。それ以前は混信が多く 時折測定できた程度であり、局名の確認ができなかった。









kHz)の測定結果。

その他の測定波に関しては、ミッドウェイ島附近の比 較的入感波の少ない地域において、710kHzと740kHzが混 信なく受信できた。これらを米国側の局と推定し測定を 行ったところ、710kHzは3DX(Fiji Radio)、740kHz は2BL(ABC Radio)と局名を確認した。また、 740kHzは使用標準時が150°EMTであることから(日本 より1時間進んでいる)、オーストラリアのシドニーと 判断した。この2局と「かとり」の間の伝搬距離は、フ イジイが5、300km~5、700kmシドニーが7、300km~8、700km の範囲内であった。 (b) 測定結果

前述のごとく,測定期間中記録された電界強度は,そ の読み取りに当っては,記録を1時間間隔に区切り,そ の時間内の50%値を読み取った。

以上のようにして読み取った各局ごとの電界強度測定 値を,輻射電力1kWに対する値に換算して求めた伝搬距 離特性を,第8図から第10図に示した。

日本側の対象局JOGB(870kHz)とJOKR(950 kHz)の伝搬特性(第8図)は、カイロN/S曲線に近似 しており、米国側の対象局KNBR(680kHz)とKNX (1070kHz)の伝搬特性(第9図)は、カイロN/S曲線 より若干高い傾向を示している。

一方フイジイ及びシドニーに対する伝搬路は、日米両 局の伝搬路が東西であるのに対し、南北となる。この2 局の伝搬特性は、第10図を見ても分かるとおり、米国の 2局と同様カイロN/S曲線より若干高くなる。

上述の距離に対する伝搬特性の他に、地方時による日 変化も測定した。その結果によると、空間波の受信強度 が無減衰と思われる最高値に達するのは、約1,500kmの 送受信間距離においては、入感してから約3時間後であった。入感時の強度は、無減衰と思われる値より約30dB 低い値であった。

# 6-2 測定系 II

#### (a) 測定状況

6月20日午前11時(J.S.T.)横須賀を出港後,東 京湾と房総半島沿いに航海中の各測定 波の 地表波 強度 は, 艦の進行方向の変化に伴う艦上構造物の影響の変化 または地形の変化によって,数 dB のゆるやかな変動を 示した。そして艦が沿岸を遠ざかるに従い,地表波の強 度も安定し,次第に弱くなっていくが,送信局によって は,移動する艦の位置により,陸上伝搬の占める比率が 少なくなることによる地表波の強度の増加が現れた。ま た,2~3の周波数では,日本国内および近隣国の共用 周波数放送による多少の混信が認められた。

測定機器は、あらかじめ設定されたスケジュールに従って自動的に順調に動作し、なれない洋上生活からくる 測定者の心身の負担をどれだけ軽減してくれたか計り知 れないものがあった。





測定室は、第2電信室の一部を利用したので、艦の送 信機が本測定系の直前にあるため、強い誘導障害が予想 されたが、実際には測定記録に約 10dB の変動を与えた にとどまり、その上運用回数と通信時間が少なかったの で、測定にさほど影響はなかった。また、強電界による 故障は1件もなかった。

測定期間を通して、測定系Ⅱでは、時刻表示器回路の リレーの損耗およびレコーダの自動捲機構の故障以外は 大きな故障もなく、これらも迅速な修理により測定上ほ とんど支障はなかった。

(b) 測定結果

受信信号は、一般的に 10dB 前後の幅のフェージング を伴う。記録紙からの強度読み取りに当っては、累積頻 度10%と50%値を読み取ったが、電界強度値としては広 く用いられている50%値を採用し、以下の解析に使用し た。

前述したように, 第2,4,6チャンネルには10dB 毎の較正目盛はない。しかし系全体の利得は周波数に関 して大きくは変化しないので,第2と第4チャンネル は,それぞれ第1と第3,第3と第5チャンネルの内 挿,第6チャンネルは第5チャンネルの外挿による較正 目盛を用いて強度を読み取った。

第11図は系Ⅱによる受信記録の実例であり、CH.(周 波数)切換、CH.1、3、5に挿入された較正目盛お よび、PATT値の判定用基準値(60dB値の印)、時刻 等の挿入の状況がわかるであろう。

第12図に、測定期間を通しての受信状況を、1240kHz を例にとり、航海日程を中心にして示した。日本側の送 信局は、JOLF(東京)、米国側は、KSON(San Diego),縦軸は電界強度を表し, 読み取ったままの値 (送信電力の補正を行わない)をプロットした。横軸に は次の各情報が記入してある。

U.T.日時	U.T.表示による24時間ごとの時刻と
	日付

- 大 圏 距 離 日本側の放送局 JOLF (東京)と米 国側の放送局KSON (San Diego) を基点とした「かとり」までの 距離 (500km単位)
- 入感予想時 第2図による日米の測定波の空間波測 間帯 定可能時間帯を表わす。日本を遠ざか るに従い,日本側放送の測定可能時間 帯(黒四角)は狭くなり,米国側(白 四角)はこの逆になる。

第12図に明らかなように、航海中は1日の航程が500 km前後であり、空間波はいずれも第2図から得られた入 感時間帯の範囲内でほとんど受信され、毎日の電界強度 の日変化が非常によく現れている。しかも伝搬距離の増 加とともに受信強度は、ゆるやかに減少し、7,000km前 後まで、その信号が確認された。もし今回の測定が6波 切換方式でなく単一周波数による連続測定であったなら ば、さらに受信できる機会も多く、受信距離を延長する ことができたかも知れない。地表波の受信強度は伝搬距 離の増加とともに、日米両局共一様な減衰を示してい る。また、日米の中間に存在するミッドウェイ島に寄港 した前後1~2時間には、1240kHzだけでなく、各測定 波とも近傍局の地表波によると思われる電波(図中<sup>©</sup> 甲)が受信された。恐らく米軍用波であろうが、主とし て日中に限り発射されていた模様なので、測定上には特



第13図 測定系Ⅱによる570kHz (JOIK, KLAC)の測定結果。



第14図 測定系 II による 770kHz (JOUB, KOB)の測定結果。

に大きな支障はなかった。

6 測定周波数全部に対して,第12図のような航海日程 対電界強度図を作成した。そして各測定値とその日変 化,観測簿,記録紙上のメモ,録音テープ等を総合的に 参照して,放送局の同定を行った。自動測定器で測定す る場合は,この同定が最も重要なそして難しい作業であ るが,前述の各資料は判定に当って非常に有効であっ た。同定の難しさはコースのほぼ中間点で特に大きく, 再三にわたるテープの聴取,記録の照合を行ったが,ど うしても判定できない場合,または、2局の信号が同程 度に混在していて,どちらとも判断できない場合のデー タは,測定値として採用せずに捨てた。

以上のように各測定値を吟味した上で,輻射電力1kW に対する強度に換算し,それらを送信局からの大圏距離 について,周波数ごとにプロットしたのが第13図から第 18図である。図中にはカイロN/S曲線を併記した。

第13図の570kHzについては、JOIK(札幌NHK第



第15図 測定系Ⅱによる810kHz (FEN, KGO)の測定結果。



第16図 測定系Ⅱによる940kHz (JOTR, KFRE)の測定結果。

1)は特に問題はないが、KLAC (Los Angeles) が カイロN/S曲線より割合に高いのは、 アンテナ の輻射 特性(指向性アンテナを使用している)によるものと考 えられる。

この周波数は、ミッドウェイ島に強い局があり、日米 両側局はその混信に妨げられて、特にKLACの伝搬距 離が伸びなかった。

第14図の770kHzについては, **JOUB**(秋田NHK第 2)が500kWという大電力のせいもあって, 7,000km ま で強度が測定でき,カイロN/S曲線にほぼ一致して推 移している(図中伝搬距離1,000~2,000kmの範囲内で強 度 0~-20dBの間にプロットされた値は,地表波に空 間波が多少混入したものである)。

一方KOB (Albuquerque) は、カイロN/S曲線に 対しかなり高目の値を示している。その理由はKOBが 夜間,西に強い指向性をもたせて発射していることに起 因すると思われる。



第17図 測定系IIによる 1240kHz (JOLF, KSON)の測定結 果。



第18図 測定系IIによる1530kHz (JODO, KFBK)の測定結 果。

第15図の810kHzのFEN(東京) とKGO(San Francisco) については特に記すべきことはない。

第16図の 940kHz については、JOTR(秋田) はJ. S.T.の1時に放送を停止するので、それ以後受信され たデータは他局混信として捨てた。小電力であるため伝 搬距離も伸びていない。この周波数はミッドウェイを過 ぎて、KAHU(Hawaii)により混信を受けた。米国 側のKFRE(Fresno)はKAHUをはさんで、カイ ロN/S曲線より高目に受信された。この原因もKFRE の北西から南にかけての指向発射によるものである。K FREの伝搬曲線中2,500~5,000kmまでの空白は、KA HUによる混信を受けた範囲である。

第17図の1,240kHzのJOLF(東京)は,輻射電力, 放送時間(24時間運用),共用局等の有利さから,最も 遠距離まで良質のデータが得られた局である。一方KS ON (San Diego) は、カイロN/S曲線より20dB以上 高く推移している。輻射電力は記載(第2表)の通り夜 間 250W であるし、無指向性アンテナを使用しているこ とも確認してあるが、この高電界の原因は全く不明であ る。今後更に検討したい。

第18図の1530kHz においては、日本側は当初JOXF (宇都宮)を対象としていたのであるが、JOXFが23 時で放送を停止するので、それ以降の受信時間帯を有効 に利用した測定ができないため、同一周波数で24時間連 続放送している、JODO(新潟)を主にした測定をす る結果になった。実際のデータ整理に当っては、23時ま では2局の混信のため不確実な値として使用せず、JO XFの放送停止後である23時以降の測定値を、JODO として使用した。小電力の割合には遠距離までデータが 得られた。前述のKSON(San Diego)と共に高電界 の原因は不明である。一方 KFBK (Sacramento)は 6,000kmにわたりカイロN/S曲線に合致し、しかも良質 のデータが得られた。

第13図から第18図については、距離特性を中心に記述 したが、各図に地方時変化の様相が明瞭に現れているこ とに注目されたい。夜間空間波の地方時変化特性も重要 な研究課題の一つであるから、この観点からの解析を今 後行う予定である。

以上を総合して今後,輻射電力,アンテナ指向性の再 検討により,大幅に受信強度の補正を必要とする局を除 いて,毎夜の無減衰強度値を選び出し,伝搬距離に対す る電界強度変動として総合的に示したのが,第19図E-Wコースのプロットである。図でもわかるように,各周 波数ごとのプロットの平均的な値は,カイロ N/S 曲線 によく一致していることがわかる。

またこの東西コースとほぼ同時期に実施された南北コ ース (小林他1975) の測定結果を,東西コースと同様の 処理をし,比較のため同図に,N-Sコースとして併記 した。各周波数ごとのプロットの平均的な値は,カイロ N/S曲線より約 10dB 高い値を示している。

### 7. 考察

夏季における東西遠距離伝搬では、受信可能時間帯が 非常に狭く、時期的に不利なため高々4,000~5,000kmま でぐらいしか測定できないのではないかと懸念された。 その上、アンテナの実効高が意外に低い、弱電界の測定 に対しては艦内雑音が少し高い、また、米国近傍の混信 状況の予想がつかない等、不利な条件が山積していたの で、これらに対する一応の考慮はしていたものの、測定 してみなければ分らないというのが、本実験関係者の一 致した実感であった。それにも拘わらず、測定データは



第19図 東西および南北コースにおける総合測定結果。

予想外の高電界で7,000kmを超えて得られ,20局にも達 する放送局の電波の伝搬曲線が距離の大小こそあれ見事 に描かれたことにより、本実験は成功であったと結論し てよいであろう。

しかし,詳しく測定結果を考察すると,測定期間の短 い本実験の報告の段階で決定的な,そして定量的な結論 を導くことは早計であろう。最終の目的である夜間遠距 離伝搬曲線の確立に,本実験は一つの糸口を与えたかも しれないが,今後の解析および更に別の調査研究が肝要 であることはいうまでもない。

以下測定法,測定器から結果を含めて,問題点を列挙 して考察を加え,本報告をしめくくることとする。

移動測定の最も大きな利点とされていた距離に対する 電界強度の減少の傾向は、どの電波をとってみても殆ん ど変りなく、カイロN/S曲線とよく一致する。勿論傾 向だけでなく、電界強度の絶対値そのものの距離に対す る変化に関して、画一的な結論が得られれば申し分ない のであるが、送信アンテナの指向性を考慮していない現 段階では、これ以上何も言えない。日本の放送局は大部 分、水平面内の指向性がほぼ円形(測定対象波の中には 1~2局は弱い指向性をもたせているが)であるのに対 して、米国の放送局では、サービスエリヤをはっきり定 めて、かなり強い指向性を持たせている局が多い。測定 結果を補正するため関係局のアンテナ資料を集収したの であるが、KFBK(1530kHz)だけは未だ入手できず、 指向性に関して今後の解析が加えられない。その他につ いては、充分な検討を加えて別の機会に発表したい。

本実験の当初の目的の一つに伝搬曲線の周波数特性が あった。少なくとも距離に関する強度減少の傾向には, 周波数による有意な差は認められないが,これも前項同 様測定値が確定して初めて論ぜられるべきものである。

測定系IIによる測定値が6月24日にほとんど全周波数 にわたり,約5dB低く現れた。その原因としては電離 層じょう乱の影響(地磁気指数がこの日は高い),ある いは伝搬モードの入れ替わり(送信点から約2,500kmの 距離)が考えられる。測定系Iについても,6月23日~ 24日の値が低目に現れており,総合的に更に詳しく検討 したいと考えている。

6波切換電測器(測定系II)による測定は、1波について見ると、2時間に1回の測定になり、遠距離での短時間の入失感を敏感に捕えられなかったことは否めない。もし事前調査を行い、コースを通じて混信の少ない測定対象波を、放送波帯の上中下にそれぞれ1波づつ選定できれば、3波切換の1時間一巡という受信方式が望ましいと思われる。

本実験から外れるが、サンディエゴ以降も「かとり」

に搭載した電界強度測定器(測定系II)は、自衛隊員に によって維持され、570、770、1140kHzの3波につい て、南太平洋を囲む広大な海域にわたるデータが得られ た。本実験と一貫して解析が進めば非常に大きな成果が 期待される。

本実験では,距離特性だけでなく,夜間の地方時変化 特性を示すデータも多数得ることができた。目下解析を 進めているので,別の機会に発表したいと考えている。

### 8. 結 論

横須賀からサンディエゴまでの北太平洋上移動実験に よって、中波放送波帯の全域にわたり、約20局の放送波 の夜間遠距離伝搬曲線が求められた。測定結果に送信ア ンテナの指向性による補正を施していないが、電界強度 の距離に対する減少率は、全測定波についてカイロN/S 曲線に合致している。短い実験期間にもかかわらず、こ のように画一的な結果の得られたことは、当初予測した ような、移動実験の有効性を証明したと考えてよいであ ろう。この結果は、日本における別の研究と合せて国際 的な討議の場に提出された〔CCIR、1974a〕。

各種遠距離伝搬曲線の比較検討は別稿〔石川, 1975〕 で述べられている。その中でEBU曲線は、3,500kmま では実測値をもとにしているが、それ以上は外挿値であ って、距離に対する大きな減少率に何等実験的裏付けは ない。また、カイロ東西曲線も南北に比して大きな減少 率を示しているが、その根拠となった実測定は、すべて 伝搬路がオーロラ地帯を通過する回線で得られたもので あって、CCIR (CCIR, 1974b)は、この両曲線 の相違をオーロラ吸収で説明しようとしている。過去の データの追跡はともかく、従来東西と南北とでは伝搬曲 線が異なると暗に了解されていた中波夜間遠距離伝搬の 方向依存性に関し、今回の移動実験は一つの反証をあげ たことになる。勿論理論的には方向依存は存在するし今 回の実験においても、サンディエゴ以降のデータを含め て、総合解析を終った後でなければ、最終的結論を導く ことはできない。

#### 謝 辞

今回の中波帯放送波遠距離伝搬の移動実験に際して は、防衛庁海上自衛隊の関係官、および電波監理局周波 数課の各位にご尽力を頂き厚く感謝いたします。また、 測定にあたっては「かとり」艦長原一佐、通信長才原一 尉、通信士松本準尉、井上海曹の各氏、更に通信隊員の 諸氏に絶大なるご協力を頂いた。ここに深く感謝の意を 表します。

#### 参考文献

- NHK技術本部,全国テレビジョン,FM,中波放送局一覧,昭和47年6月.
- (2) 電波監理局監視部,標準放送帯における外国電波の 入感状況調査報告書,監視技術調査報告書第42号,昭 和48年3月.
- (3) 電波監理局技術調査課,中波放送波伝搬に関する調査(昭和48年度実施),無線技術調査報告書第275号, 昭和49年5月.
- (4) 小林常人,村永孝次,杉内英敏,岩沢勇雄:5.夜間 における中波帯放送波の伝搬特性,南北コースによる 移動測定結果,電波研季報第21巻,第113号 pp.79-88, 1975.
- (5) 藤井周,若井登,根本長四郎,7.自動多周波切換中 波電界強度測定器,電波研季報,第21巻,第113号, pp.94—100,1975.
- (6) 石川三郎, 10. CCIRにおける長・中波帯放送 波の伝搬特性に関する研究の現状,電波研季報,第21
   巻,第113号,pp.114-126,1975.
- (7) CCIR, Report 264-2, pp. 124-140, Report 431,
  pp. 164-187, XIIth Plenary Assembly New Delhi, vol. II, part 2, 1970.
- (8) CCIR, Long-distance night-time sky-wave propagation curves in band 6(MF), Doc. 6/289, Japan, Contribution to Final Meeting in Geneva, Jan. 1974(a).
- (9) CCIR, Methods for predicting sky-wave field strengths at frequencies between 150 kHz and 1,600 kHz, Doc. 6/330, SG 6, Final Meeting in Geneva, Feb. 18, 1974(b).
- (10) Ebert, W., Ionospheric propagation on long and medium waves, EBU Review, Part A-Technical, Nos. 71-73, Feb. 1962.
- (11) FCC, Report of committee III in preparation for the clear channel hearing, Docket 6741, U. S. Federal Communications Commission, Jan. 15, 1946.
- (12) Haydon, G. W., D. L. Lucas and R. A. Hanson, Technical considerations in the selection of optimum frequencies for high frequency sky-wave communication services, NBS Report 7249, U.S. Dept. of Commerce, 1962.
- IBC, International Broadcasting Conference in Cairo, Vol. 1, pp. 425-433, 1938.
- World Radio & TV Handbook, 27 th edition, Denmark, 1973.