
 研 究

3. 夜間における中波帯放送波の伝搬特性 (その1)

固定点測定結果

石川 三郎* 渡辺 昭二** 清水 富次***
(昭和 50. 7. 25 受理)

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

1. Point-to-point measurements

By

Saburo ISHIKAWA, Shoji WATANABE and Tomiji SHIMIZU

Radio waves transmitted from a number of MF broadcasting stations in the Asian area have been monitored since 1964 at several monitoring stations attached to the Radio Regulatory Bureau of Japan.

The total number of frequencies used in these measurements amounted to fifty-six. The frequencies ranged between the limits of 548 kHz and 1,550 kHz, but in this analysis they are broadly divided into three groups, referred to as the 500, 1,000 and 1,500 kHz bands respectively.

The propagation paths between the transmitting stations and the local monitoring stations were classified, with respect to their orientations, into the North-South and the East-West paths.

Almost all data were collected during the nighttime in winter.

The results obtained by this analysis indicate that the field strength-versus-distance characteristics are close to those given by the "N-S Cairo curve" adopted by the International Broadcasting Conference (Cairo, 1938).

1. ま え が き

中波帯放送波の夜間曲線としては、1938年にカイロで開催された第5回無線通信会議で採択されたいわゆる“カイロ曲線”⁽¹⁾が全世界を対象とした曲線として、永い間使用されてきた。地域を指定した伝搬曲線としては、アメリカで1935年に行った測定に基づいて作成した

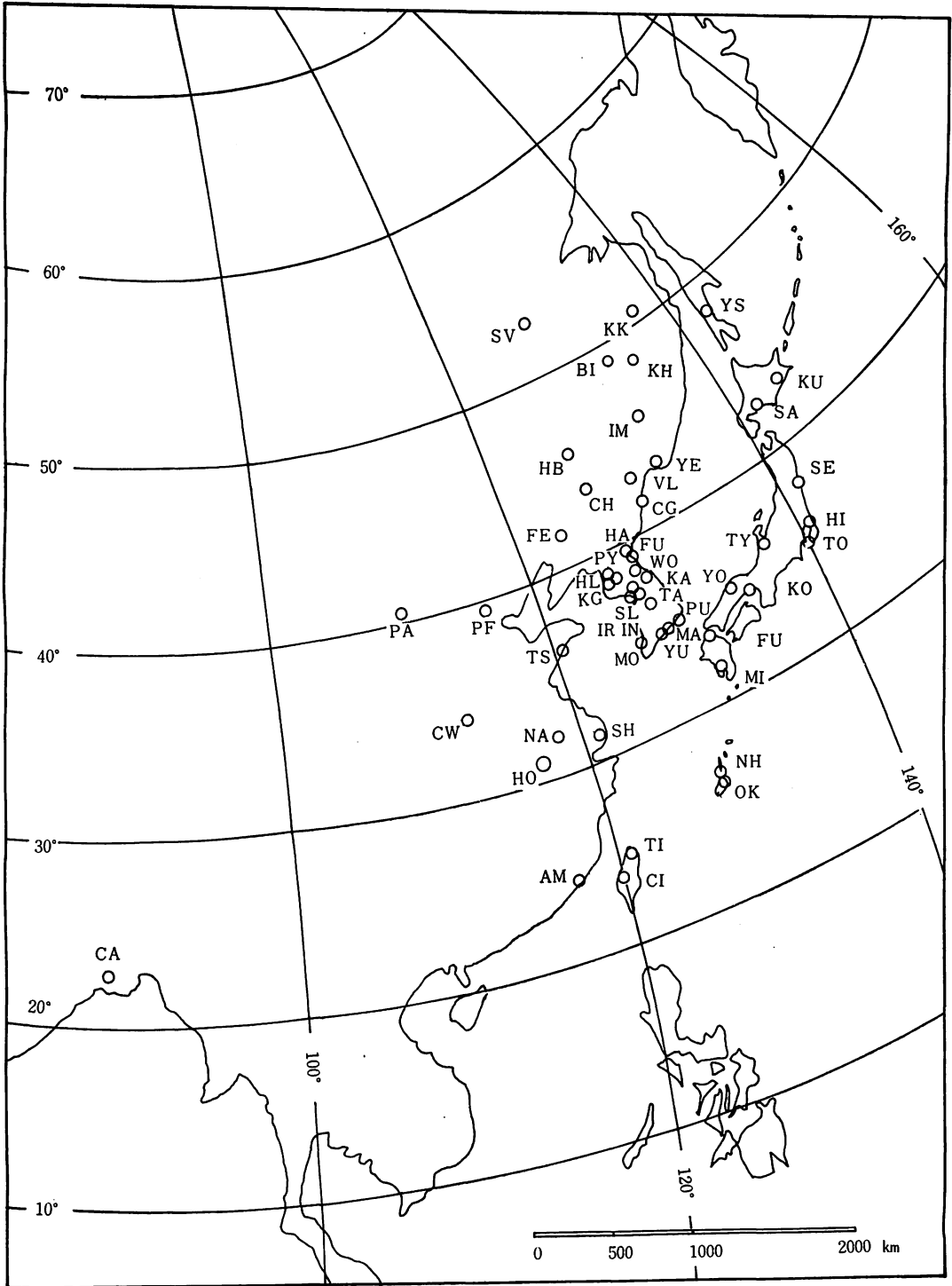
“US曲線”と1944年の測定によって、それを改訂した“FCC曲線”⁽²⁾、ヨーロッパ地域を対象としたCCIR (EBU) 曲線⁽³⁾、ソ連地域用の“USSR曲線”⁽⁴⁾、オーストラリア地域用の“オーストラリア曲線”⁽⁵⁾が公表されている。

従って、現在のところではアジア地域における測定を基にした“アジア曲線”ともいふべき伝搬曲線は作成されていない状態である。

一方、ITU (国際電気通信連合) は、アフリカ諸国

* 調査部国際技術研究室 **沖縄電波観測所

*** 関東電波監理局監視第4課



第1図 送信局と受信所の相対位置図

第1表 送信局諸元と受信所の位置

受信所位置

	Abb.	Geographical coordinates	
		Long.	Lat.
Sapporo	SA	141°18'	43°05'
Kushiro	KU	144 18	43 00
Sendai	SE	141 14	38 28
Toyama	TY	137 11	36 44
Yonago	YO	133 21	35 26
Tokyo	TO	139 29	35 12
Kobe	KO	134 57	34 42
Fukuoka	FU	130 29	33 43
Miyakonojo	MI	131 02	31 44

送信局諸元及び位置

	Abb.	Geographical coordinates		Frequencies (kHz)	Power (kW)
		Long.	Lat.		
Svabondnyi	SV	128°00'	53°30'	584	50
Komsomolsk	KK	137 05	50 30	1150	50
Birobidzhan	BI	133 00	49 16	1550	50
Khabarovsk	KH	135 04	48 29	629	50
Yujino Sakhalinsk	YS	142 30	47 00	973	20
Iman	IM	133 43	45 56	1376	30
Harbin	HB	126 40	45 40	620	100
Chilin	CH	126 50	43 55	580	100
Vladivostok	VL	131 58	43 09	548, 1250, 1475	100, 100, 50
Sapporo	SA	131 20	43 05	750	100
Yenchi	YE	129 30	43 00	760, 1020	50, 100
Fengtien	FE	123 20	42 00	1240	100
Chongjin	CG	130 00	41 30	635, 820	100, 100
Paotow	PA	110 00	40 30	610	0.5
Peking	PE	116 27	39 57	720, 1020	100, 100
Hamfong	HA	127 30	39 55	800, 1000	100, 10
Funnam	FU	127 30	39 40	1005	10
Wonasn	WO	127 55	39 10	877	10
Pyengyeng	PY	128 40	39 00	635, 785, 1080	100, 50/100, 20
Haeju	HU	125 40	38 05	625, 760	100
Kaesong	KG	126 30	38 00	685	100
Kangnung	KA	128 53	37 46	575	10
Seoul	SL	126 55	37 33	560, 600, 710, 760, 900, 970	5, 10, 100, 10, 10, 300
Inchon	IN	126 39	37 26	1060	50
Tsingtao	TS	120 15	36 05	920	10
Iri	IR	127 00	36 00	570	5
Taegu	TA	128 35	35 48	740, 1360	10, 1
Masan	MA	128 32	35 11	1440	1
Pusan	PU	129 02	35 06	780, 890, 1160	1, 50, 10
Yosu	YU	127 40	34 40	1340	1

Mokpo	MO	126°20'	34°40'	860	1
Chagchow	CW	113 30	34 40	1420	30
Nanking	NA	118 00	32 00	640	100
Hofei	HO	117 20	31 50	940	10
Shanghai	SH	121 29	31 15	700, 990, 1040	10, 10, 300
Naha	NH	127 42	26 11	880	1
Okinawa	OK	127 30	26 00	1178	1000
Taipei	TI	121 26	25 06	1200	10
Amoi	AM	118 05	24 25	1510	1
Chiai	CI	120 25	23 33	750, 930	100, 10
Calcutta	CA	88 23	22 36	670	100

の要望を入れ、1974年10月にLF/MF放送に関する第1・第3地域（ヨーロッパ・アフリカ地域とアジア・オセアニア地域）合同主管庁会議を開催し、周波数割当計画の基礎となる技術基準を決定し、さらに1年以内に第2回目の会合を開き、LF/MF放送のチャンネルプランを作成することになっている。

このような情勢から、我国としては、中波帯放送波のアジア地域における伝搬特性を明確にし、伝搬曲線を作成する必要に迫られた。

本報告は、郵政省電波監理局が地方電波監理局監視部を動員して行った技術調査（定例的な混信状況調査）によって得られた資料を取りまとめ、夜間における空間波電界強度の距離特性を求めたものである。

2. 測定方法

2.1 測定項目

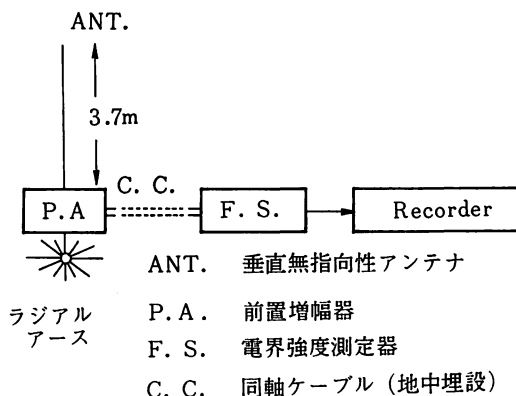
目的が混信調査にあったので、まず周波数を限定し、与えられた周波数の電波がどの位の強度で入感するかを測定した。次いで測定された電波の発射局が何処であるかを確認するため、電波型式、呼出符号（局名）、送信内容を聴取すると共に可能な受信局では方探測定を行った。また、以上の手順で求めた発射局について、正確な位置と送信電力を知るために、IFRB発行の“国際周波数リスト”と“WORLO RADIO TV HANDBOOK”を参照した。このようにして確認された発射局と受信局の相対位置は第1図に、また送信諸元と受信局の位置は第1表に示す通りである。

2.2 測定期間

- 第1回 昭和39年10月26日—11月7日⁽⁷⁾
- 第2回 昭和40年1月18日—1月28日⁽⁷⁾
- 第3回 昭和42年1月23日—2月11日⁽⁶⁾
- 第4回 昭和43年11月25日—12月5日⁽⁶⁾

2.3 測定系と使用機器

受信系のブロックダイアグラムを第2図に示す。使用した機器は



第2図 受信システムのブロックダイアグラム

中・短波電界強度測定器（波423型：測定精度±2dB、直視部付：スペクトル・アナライザ）

中・短波受信機、（コリンズ型）

記録電流計

電波自動監視記録装置及び周波数スペクトラム自動記録装置

垂直・無指向性アンテナ（3.7m長）

アンテナは、監視部敷地内の平坦で障害物の無い場所に設置した直径5.5ないし10cmの垂直円管柱で、その電圧係数は電波監視設備機能試験実施標準により常時チェックされており、CCIR規格に合致するものである。

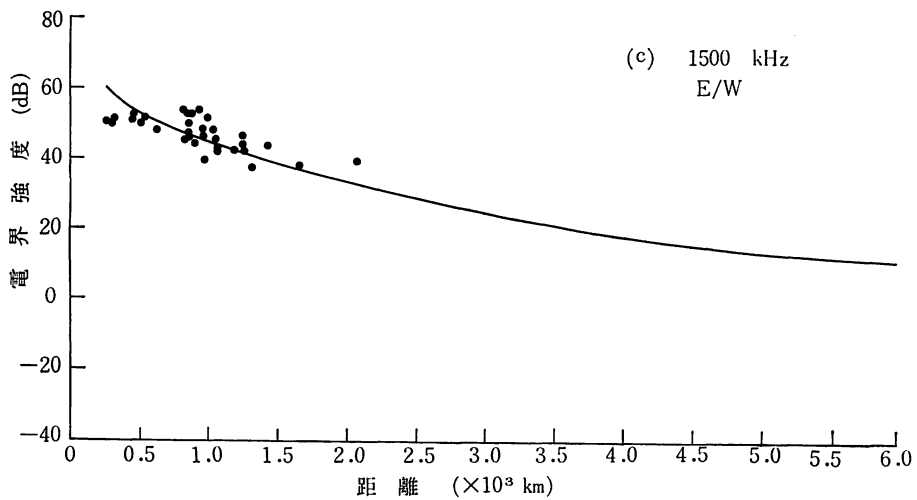
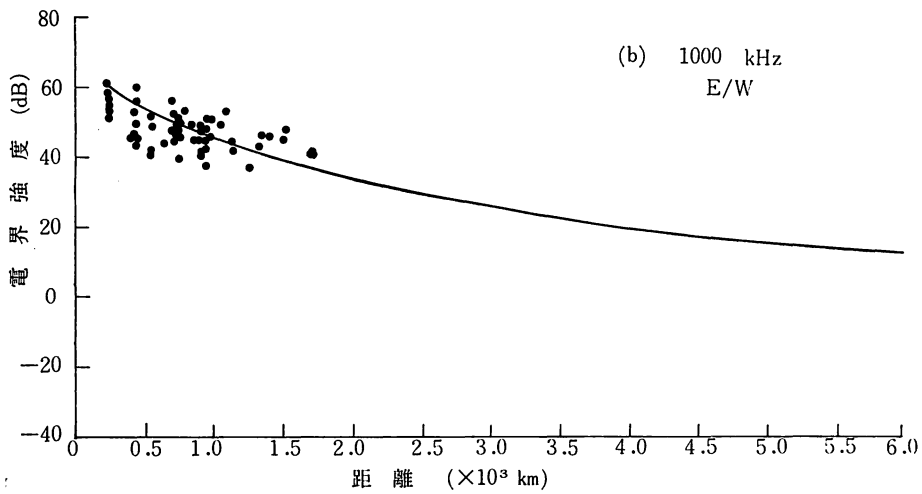
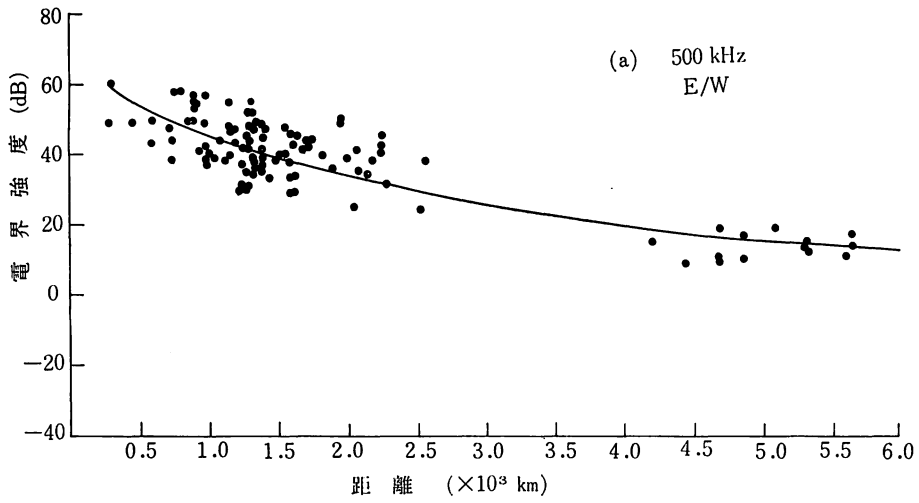
3. 記録方法

調査時間は、原則として

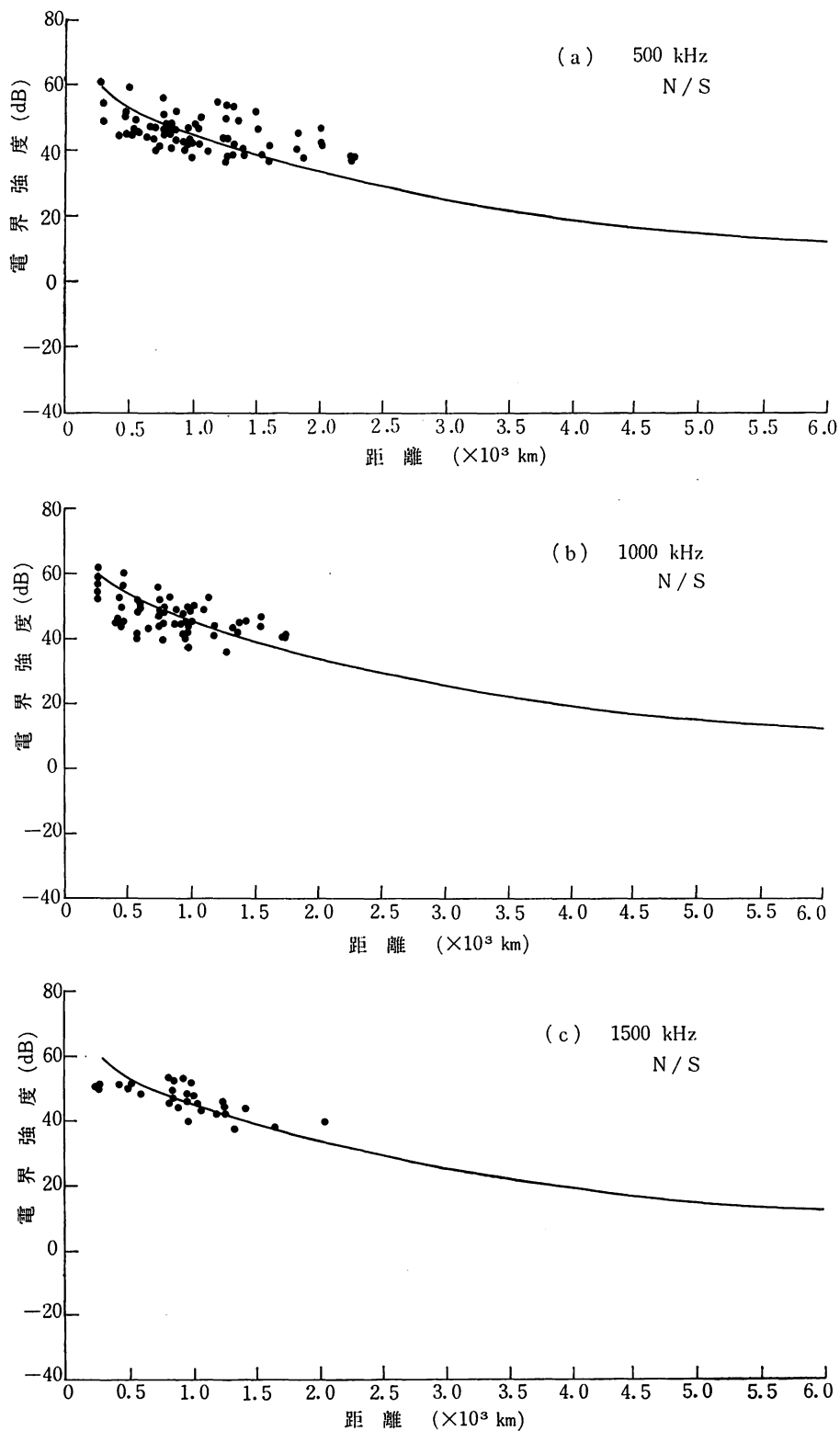
昼間 09時30分～14時30分（JST）

夜間 20時30分～02時00分（JST）

であるが、本報告は対象を夜間における伝搬特性においてるので、昼間時の測定値は除外し、夜間時の測定値も個々の記録から夜間値として適当と思われる時間帯の値のみを用いた。電界強度の測定は1回につき20分間行い、記録から10分間毎の時間率50%の値（ $1\mu\text{V}/\text{m}=0\text{dB}$ を基準としたもの）を読み取りその値を測定値とした。



第3図 E-W伝搬路の距離対電界強度のマスプロット



第4図 N-S伝搬路の距離対電界強度のマスプロット

送信電力は、第1表に示すように、局により異なり、同一局でも周波数により異なるので測定値の解析に当っては凡べて1kW放射に基準化したものを用いた。

4. 解析の主眼

受信信号の強度は、伝搬路を固定すると太陽活動度、季節、時刻によって変わると共に一般にフェージングと呼ばれている短時間変化をしている。解析に使用したデータは前述のように昭和39年10月下旬から昭和43年12月上旬にわたるものであり、太陽黒点周期の約3分の1の期間となっている。CCIR, Report 264-3 に与えられているように太陽活動度による変化は、 $-s \cdot D \cdot 10^{-5}$ (s : 太陽黒点相対数の平滑値, D : 伝搬距離) であり、 $s=100$, $D=3,000\text{km}$ として3dB程度の値となる。また、季節変化といっても測定期間は何れも冬季のものであり、時刻変化(日周変化)は夜間状態に入ってから値を用いており、かつ、短時間変化(フェージング)は10分間記録の時間率50%値を使用しているので測定値の各々に対する時間的変化は何れも無視できるものと見做される。

本解析の目的は、電界強度の距離特性を求めることにあるので、残る問題は周波数特性と伝搬路方位(地球磁力線と電波の進行方向とのなす角)による相違が認められるか否かにある。周波数特性は CCIR Report 264-3, オーストラリア曲線, USSR曲線, イギリスで開発されたwave hop method⁽⁶⁾等では考慮されている。また、カイロ曲線や wave hop method では伝搬路が東-西の場合と南-北の場合とは傾向が異なることを指摘している。このような背景から、我国近辺で得られた測定結果にも周波数特性や伝搬方位による相違が存在するか否かに着目して解析を進めた。

5. 解析結果

第1表に見られるように、測定できた周波数は548kHzから1550kHzに及ぶ56波であった。周波数帯を細分して、周波数特性を調べるのが本筋であるが、一応500kHz群、1000kHz群、1500kHz群の3群に大別して周波数特性の有無を調べることにした。これは、群を余り細かく分けると、それぞれの群に属するデータの数が少なくなり、距離依存性を求めることが困難となること、及び従来の結果からみても、中緯度域では周波数依存性はそれ程大きくないものと予想されたためである。伝搬路方位による相違については各伝搬路を地球磁力線と略々平行と見做せる準N-S方位及びそれと直交する準E-W方位に分け、上記周波数群との組合せで六つのカテゴリーを設け、各々について電界強度の距離特性を調べた。

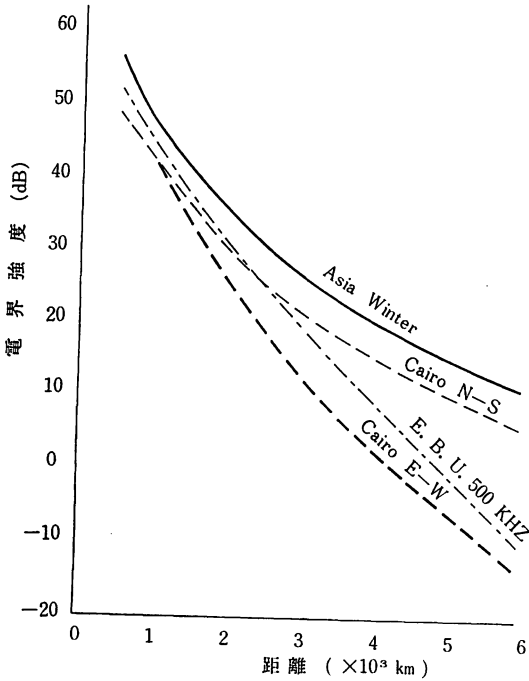
伝搬曲線を求めるに当っては、今問題となっている3,500km以上の距離における電界強度の距離特性に重点を置くこととした。このためには最遠局 Calcutta を含む「群」がこの条件を満たすことから、500kHz/E-W群が選ばれた。第3(a)図は同群の距離対中央値電界強度(送信電力1kWに換算)のマスプロットを示したものであり、図中実線は測定値を代表する伝搬曲線である。同図(b)は1000kHz群の、また、同図(c)は1500kHz群のマスプロットを示したものである。両図とも約2,000km以上の測定値が無く遠距離を含めた代表曲線を引くことは出来ないで、500kHz群で求めた代表曲線を併示した。図からみられるように、この曲線は両周波数群についても2,000km以内では充分代表曲線と見做すことができる。換言すれば、E-W回線でのこの距離範囲では周波数特性は考慮する必要がないことになる。

次にN-S回線について同様の操作を行った結果を第4図(a)~(c)に示す。図中実線は500kHz/E-Wの代表曲線であり、何れもこの曲線を代表曲線と見做して差し支え無い程よく合っている。

以上の結果から、データを求めた20°N-50°N, 90°E-140°Eのゾーンでは、2,000km以内の伝搬路の冬季夜間では、周波数特性は考慮する必要がなく、また伝搬方位による差は認められなかった。

6. 考察と結論

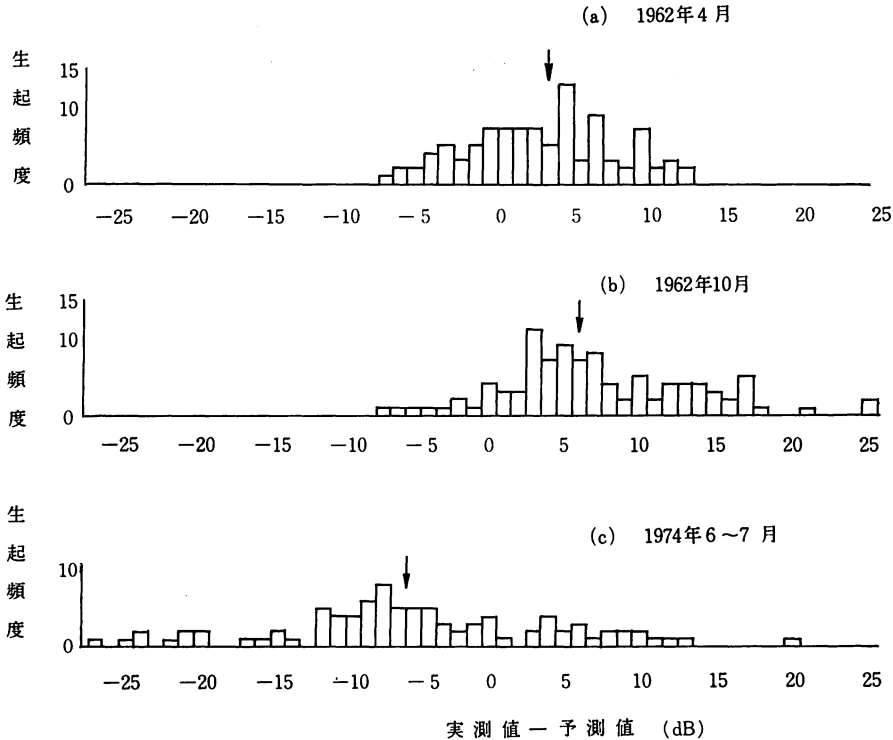
本解析によって得られた結果を、これまでで得られた結果と比較して第5図に示す。ここで取扱ったデータは冬季の測定値のみであるので、仮りに「Asia, winter曲線」と名付ける。Asia, winter曲線は前述のように、E-W/500kHz群を除いては2,000km以遠は定かではないが、図にみられるように、強度が数dB高くなっていることを考慮外におけば距離特性の傾向は Cairo, N-S曲線と極めて類似している。Asia, winter曲線に、伝搬路方位による差が無く、Cairo曲線に差が現れているのは、Cairo, E-W曲線を作成したもとのデータが、北米-ヨーロッパ回線のものであり、この回線はオーロラ域を横断するかその近傍を通ることから、オーロラ吸収によって強度が低くなっているためと推論される。また、E-B-U曲線が遠距離で強度が低下しているのは、ヨーロッパ域が比較的到高緯度に属しており彼等が唱えている地磁気伏角に基因する減衰が一因をなしているためであろう。緯度特性については、USSR曲線やFCC曲線でも考慮に入れているがこの効果は伝搬路中点の地磁気緯度が37°以上の地域で現れ始めるといわれているので、監視部で調査したアジア地域では緯度効果が入らないことは当然であろうと思われる。



第5図 各種伝搬曲線の比較

このことは Cairo, N-S 曲線でもいい得ることで、もとなるデータを取った回線は、南一北アメリカ大陸にまたがるもので、オーロラによる影響は受けないことは自明である。通常 Cairo 曲線を N-S 及び E-W と呼んでいるが、原書では前者を "Path far from magnetic pole" 後者を "Path near magnetic pole" と称している所以である。

次に、Asia, winter 曲線の値が Cairo, N-S 曲線に比してレベルが数 dB 高くなっているという事実について考察を試みることにする。第6図は、1962年(昭和37年)の4月と10月⁽¹⁰⁾及び1973年(昭和48年)の6月~7月⁽¹¹⁾に行われた測定結果から求めた季節変化の様相を示したものである。横軸の値は、Cairo, N-S 曲線からのそれぞれの距離における測定値と予測値との差であり、測定値が予測値より高い場合を正としたものである。縦軸は測定期間毎の生起頻度を、また、↓印は中央値を示している。解析に当たっては、前述の結果からアジア地域では、周波数特性や伝搬路方位による相違は認められないので、これらの要因は考慮していない。図から、測定期間が短かく、かつ、単年度の結果であるので、決定的なことはいえないが、Cairo, N-S 曲線から求めた予測値と比べて、春、秋季には 4~6 dB 高く、



第6図 電界強度値の季節変化の様相
予測値は Cairo N-S 曲線から求めた値

夏季では逆に 5～6 dB 低くなっている。季節変化については、アジア放送連盟 (ABU) がアジア地域で実施した中波帯放送波の測定キャンペーンによって得られた結果⁽¹²⁾によると、春秋に高く夏季に低くなるという傾向が特に低い方の周波数帯に顕著に現れている。従って、年中央値としては数値的にも Cairo, N-S 曲線と類似したものとなるのが推定される。しかし、2,000km 以上の伝搬路については、データの数が少なく詳細は不明である。

今後に残された問題としては、2,000km 以上の伝搬路における周波数特性、季節変化及び伝搬路方位による伝搬特性の相違について、さらに系統的な解析が望まれる。また、送・受信点が海岸の近くにある時の効果については理論的にも解析を進める必要がある。

最後に、種々指導を頂いた糟谷電波部長、田尾企画部長 (当時の調査部長) 及び若井平磯支所長 (現調査部長) に深謝すると共に、貴重な資料を快よく提供され、便宜を計って頂いた電波監理局監視部監視技術課長小野健氏を始め関係各位に感謝の意を表す。

参 考 文 献

(1) Report of Committee on Radio Wave Propaga-

tion, Proc. I. R. E. Vol. 26, 1938.

(2) A. F. Barghausen: Medium Frequency Sky-wave Propagation in Middle and Low Latitudes, IEEE, Trans. BC-12, 1966.

(3) C. C. I. R. Report 264-3 Geneva, 1974.

(4) C. C. I. R. [1970-1973], Doc. 10/82, U. S. S. R.

(5) C. C. I. R. [1963-1966], Doc. VI/205, Australia.

(6) C. C. I. R. [1970-1974], Doc. 6/277, E. B. U.

APPENDIX.

(7) 技術調査報告 第21号, 昭和41年1月, 電波監理局監視技術課

(8) 技術調査報告 第25号, 昭和42年12月, 電波監理局監視技術課

(9) 技術調査報告 第28号, 昭和44年1月, 電波監理局監視技術課

(10) 技術調査報告 第17号, 昭和38年3月, 電波監理局監視技術課

(11) 監視技術調査報告 第46号, 昭和49年3月, 電波監理局監視部 (監視技術課)

(12) C. C. I. R. [1970-1974] Doc. 6/289, Geneva.

(13) C. C. I. R. Report 575, Geneva, 1974.

