

ロラン—A地表波測定値の検討—Ⅲ

田 口 一 夫*

Studies on the Measured Data of Loran-A Ground Wave-III.

Kazuo TAGUCHI*

Abstract

Characteristics of deviations in the time difference of Loran ground waves propagating in the Southern Kyūshū were analysed from the data obtained in these seven years at a fixed point, Kagoshima.

- 1) Very probably, the Loran electric waves propagate more slowly over the land but faster over the sea has hitherto been believed. (299, 708 km/sec)
- 2) The meteorological factors do not seem to have any relation with the deviation.
- 3) After the slave station of 2S6 was removed from Pusan to Tsushima in July 1964, the deviation of its rate being -0.6 microsecond, because markedly stable than before.
- 4) The author suggested that some factors which largely affect the velocity of propagation lie in the neighbouring area of Yamakawa situated in the southeastern end of Satsuma Peninsula. This closely concerns with the fact the deviations on southern waters off Yamakawa are very marked as compared with those of other areas.

1. 序 論

本報文 I, II はロラン地表波が伝播する際に生ずる時間差の誤差原因について、その標準となるべきロラン表の算出に用いた電波伝播速度がいつれの海域であっても一定値である為に生じたとし、それは伝播経路により変化することを論じた。この測定にあたっては測定点を移動して行なうことにより伝播経路の変化と地域特性による誤差変化の解明に力点をおいたものであった。

しかしこの場合の解析対象は、簡単に述べるなら地理上の位置変化による誤差の変化のみであって、伝播特性に与える要素は他にもあると思惟される。従ってこの為には多くの定点による周年の測定が最も望ましいが実際には極めて困難である。

これらの見地から筆者は容易にえられる定点として本学部を選定して測定を実施中である。ここに現在までの約7年間の結果をまとめ、既報文と共に解析したので報告する。なお地理的關係は Fig. 1 に示すが、測定対象の 2H3, 2H4 ロラン・レートの従局は 39. 7. 1 より新位置に移転し名称は 2S6, 2S7 となった。

2. 測 定

測定点 I は本学部 ($31^{\circ}-33'-52''$ N, $130^{\circ}-33'-35''$ E) とし地上高30mのマストから垂直アンテナを17m展張して用いた。アンテナ下部においては1部鉄筋の建築物に電磁的に遮蔽されるが、実効高において充分なる電界強度を保持できるし、又電磁界の擾乱の為に測定に誤差

* 鹿児島大学水産学部航海学教室 (Laboratory of Navigation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

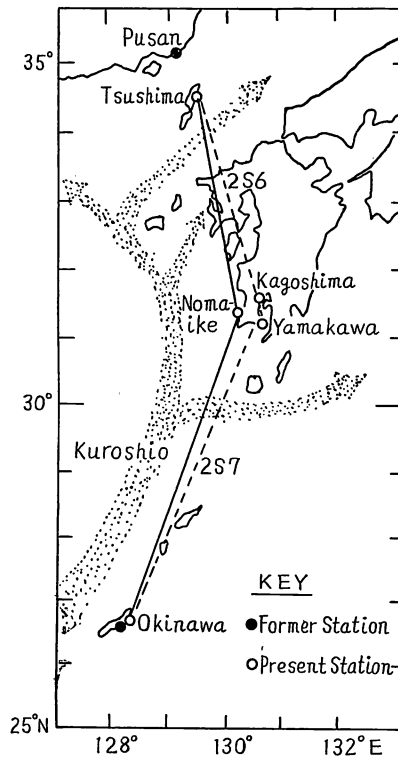


Fig. 1 Loran chains of the western waters of Kyūshū.

Table 1. The deviations in microseconds from standard of Loran ground wave measured at a fixed point, Kagoshima. (Average value)

Date	2H3(2S6)	2H4(2S7)	Interval of Observation	Remark
Sept. 2-22 '59	+2.1	-2.3	2h	
April 8-11 '60	+3.7	-0.5	15m	
July 31-Aug. 5 '61	+1.9	-1.6	1h	
April 5-10 '62	+1.6	-2.4	1h	
Jan. 13-16 '63	-0.5	+0.3	1h	
July 28-Aug. 5 '63	-0.7	-1.9	1h	
Sept. 3-9 '63	+1.6	-0.2	1h	
Mar. 23-29 '64	+1.3	-1.0	30m	
July 28-Aug. 3 '64	+0.5	-1.2	30m	Loran station removed
Oct. 4-10 '64	+0.6	-2.0	30m	
Dec. 22-28 '64	+0.6	-2.1	30m	
Mar. 11-15 '64	+0.6	-1.2	30m	

を誘起することはないと思われる。

測定点 II は郵政省電波研究所山川観測所 ($31^{\circ}-12'-05''N$, $130^{\circ}-37'-06''E$) に設け、予備のマストに垂直アンテナ45mを設置した。ここにおいても既述の条件は確保できた。

2.1 測定方法

測定員並びに方法は既報のものと同じであり、細目については Table 1 に示す。ロラン受信機は主として日本無線製 JNA-102 型 1 台又は 2 台を用いたが、初期にあっては光電製作所製 KS-335 を併用した。機種による測定値のバラツキを検討したが殆んどみることではできなかった。真空管又は TR 受信機による測定値は殆んど一致し、長時間の使用においても両者の測定値には何等異常を認めることなく凡ての測定値に対する信頼度を確保できた。

測定は四季毎に約 1 週間の連続実施を目的とし、これに近づけることを努力したが初期にあっては毎年 1 回の測定であった。本測定はロラン地表波の時間差の誤差の解明として定点におけるこれらの変動を知ることであった。従ってその変動要因の追求が主目的である。この為には正しい地表波、即ち地表波の測定に障害を及ぼす空間波等の影響を除去しなければならないから、測定時間は充分なる信号強度と正しい波形のえられる日中のみ制限される。そこで電離層、気象条件並びに薄明時間などに影響されることのない時期のみを選んで実施した。

一方測定対象は鹿児島県の占める地理的条件からロラン・レートの中 2H3 (2S6), 2H4 (2S7) の両者の地表波が容易に又殆んど常時受信されるのでこれらを取りあげた。ただ Fig. 1 にみられるように両ロラン・レートともに陸上伝播をして測定点に達する為に事象の解析についてはやや複雑化する難をまぬがれることはできない。殊に 2S6 においては九州西方を縦断する為にこれによる遅延、田口 (1964)¹⁾ が考えられる。更に 2S7 でも近距離ながら陸上伝播するので両者の比較によりその量をしることができる。

以上の観点から陸上伝播による誤差変動をしる為に鹿児島・山川の同時観測を行なった。鹿児島定点の測定結果については Table 1, 2 に示すようであるが、これらは連続24時間の測定によってえた値から地表波のみが完全に受信できた時を取りあげ、標準値 2H3 (3659.0 $\mu\text{sec.}$), 2H4 (4916.5 $\mu\text{sec.}$), 2S6 (3259.0 $\mu\text{sec.}$) 2S7 (4734.5 $\mu\text{sec.}$) よりの偏位量を誤差とした値の算術平均値である。

3. 考 察

ロラン電波のような 2MC 帯の伝播状態についての研究は余りされていないが、一般に電波伝播の速度をきめるのは Maxwell の電磁方程式と真空中の速度を基本としてこれに大気中の群速度及位相速度を考慮することである。この時媒質中の誘電率、導電率の変化があればそれに応じ、速度の変化を当然考慮せねばならない。

しかしながら一連の本測定結果の解析ではパルス整合を行なうロラン・システムにおいての時間差は大気中の電波伝播速度の変化に起因するとした¹⁾。これらを解明する為に単純なる媒質の存在することを第 1 条件とした。尨が電磁波の伝播に影響を与えるものは単に媒質の変化のみでなく第 1 に気象要因を挙げなくてはならない。従って本論文では伝播経路並びにこの点に力点をおき考察したが、他の要因については別の機会に考察したい。

Table 2. The seasonal variations of ground wave deviation (from Table 1). (Average value)
a) 2H3 (2S6)

Year \ Season	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Spring	—	+3.7	—	+1.6	—	+1.3	+0.6
Summer	—	—	+1.9	—	-0.7	+0.5	—
Autumn	+2.1	—	—	—	+1.6	+0.6	—
Winter	—	—	—	—	-0.5	+0.6	—

b) 2H4 (2S7)

Year \ Season	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Spring	—	-0.5	—	-2.4	—	-1.0	-1.2
Summer	—	—	-1.6	—	-1.9	-1.2	—
Autumn	-2.3	—	—	—	-0.2	-2.0	—
Winter	—	—	—	—	+0.3	-2.1	—

3.1 誤差の一般的性状

誤差の \oplus 値即ち実測時間差が標準時間差より大きい時については従来の伝播に関する理論にて一応説明は可能である。しかし \ominus 値の場合には電波伝播速度が大きいか、又は主局よりの信号が遅れることが必要である。しかし主局、測定点間距離とその地理的關係 (Fig. 1) からみて後者の影響は無視できるから、原因を前者に求めざるをえない。そこで海上伝播経路をもつものは早い速度で又陸上伝播をするものは幾分遅く伝播するとした。田口 (1964)¹⁾

3.1.1 2H3(2S6)レート

Table 1 及び 2 (a) から 2H3 (2S6) は一般に \oplus 値が多いがランダムな傾向をもつようである。しかして35年の値を除去すると平均値は約 $1 \mu\text{sec}$. となる。これを 2H4 と比すれば明らかに陸上遅延が生じたとすることができる。

ここで注目すべきことは39.7のロラン従局移動後の値は殆んどが $\oplus 0.6 \mu\text{sec}$. である。しかも周年安定した値を示すことは今後の解析に重要な意味をもつとみなされる。この原因を測定技術以外のものに帰するならば従局が釜山から対馬に移動したことで約35哩の海面即ち対馬暖流の一方の流路を横断しなくなった為である。反面九州の陸上伝播経路にはさしたる変化なく、海岸線誤差についても無視できる。従って現段階では誤差値に変動を与えたのはこの35哩の対馬海流のみとなるが、この結論は延期したい。このレートの定誤差を $0.6 \mu\text{sec}$. と仮定したが、これは主局信号は10哩の海面、13哩の陸地の両作用をうけるが、従局でも信号を発射するまでの海面150哩と九州縦断の50哩による両作用をうける。総合的には両者とも遅延するが従局信号の方が陸上伝播距離が長いので影響が大と評価した。

3.1.2 2H4(2S7)レート

全般に \ominus 値が多いがその値を \ominus のみにして整理する時には $1.5 \mu\text{sec}$ となる。これを甌島・宇治群島、田口 (1965)²⁾ の $5.0 \mu\text{sec}$. に比すると大きい差があるが、主局からの陸上伝播の24哩と薩摩半島の縦断20哩に原因を求めることはできない。(後述)

ロラン局の移動は短距離であったから移動後の誤差には2S6ほど顕著なる変化はみられな
い。

3.2 気象要因の検討³⁾

3.2.1 前線の存在

伝播経路上に前線もしくは台風の存在により空電の発生をみ、これによる測定不能を生じ
ることがある。或はフェージングをみて測定困難になり完了までに時間を要するが誤差値に
著しい変化をみることはできない。

3.2.2 気温差

気温差の変化は伝播上のラジオ・ダクトの形成の一因ともなるから、伝播経路上の数点の
地表面における気温を誤差値と関連させた。その時ミクロ的な変化を強いて認めることが
できるような状況であってマクロ的には変化はないといえる。

3.2.3 降水の影響

降水量の多少は導電率に影響を与えひいては伝播速度に関係すると思ひ、降水量のプロッ
テングを伝播経路附近に行ない種々検討したが十分なる成果をうることはできなかった。従
って気象要因が時間差の変動に与える影響を現段階では見出すことはできなかった。

3.3 山川定点測定値の検討

『海上伝播により速度の早くなった電波が陸地に入った後には遅くなる』これが本研究の
現在までの考察であったが、その遅延量をしる為に山川と鹿児島において同時観測を行な
った。その条件・方法については既述のごとくである。山川の位置に対するロラン地表波時間
差の標準値は2S6 (3367.2 μ sec.), 2S7 (4594.6 μ sec.) であり、毎30分に測定したが、その後
の処理は従来の如くである。

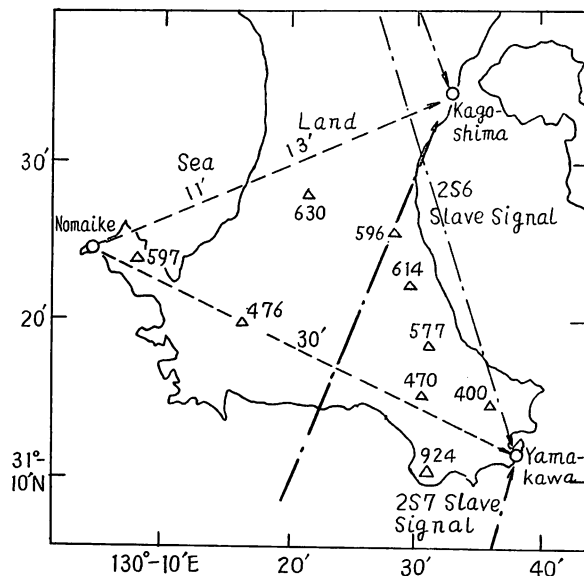


Fig. 2 Loran propagation route of 2S6 and 2S7 in Satsuma Peninsula.

Table 3 The deviation of Loran ground wave of 2S6 and 2S7 measured simultaneously at Kagoshima and Yamakawa. (Average value)
* in microsecond

Date	Error	2S6		2S7	
		Kagoshima	Yamakawa	Kagoshima	Yamakawa
March 11 '65		*+0.6	-2.2	-1.7	+4.7
12		+0.5	-2.8	-1.1	+5.2
13		+0.6	-2.6	-0.9	+5.6
14		+0.5	-2.6	-1.0	+5.7
15		+0.8	-2.4	-1.6	+5.4
Average Error		+0.6	-2.5	-1.2	+5.3

この測定値を示すものが Table 3 であって、結果は鹿児島のもっと大きく異なって予期せざるものとなった。その原因について現在までの筆者の報告した結論に基づいて次のような考察をした。まず鹿児島、山川間の距離は僅に20海里であってその距離による影響はさほど大きいとは考えられない。

3.3.1 2S6レート

鹿児島では一般に \oplus 値をとりこの同時観測で測定された山川の \ominus 値は予想外である。時間差が \ominus 値をとる為の条件は

- (1) 主局信号が早くなる。従局信号はそれより更に早い。又はこの反対
- (2) 主局信号は正しい値を、従局信号が早くなる。
- (3) 主局信号が遅く従局信号が大変早くなる。

(2)は鹿児島西方の甑島・宇治群島・大隅東方に適用したものであり陸上遅延を考慮する本報では除外する。(3)において略々同一条件の鹿児島での誤差は僅に $\oplus 0.6 \mu\text{sec}$. であるが、これを陸上遅延によるものとする。この時の山川の $\ominus 2.6 \mu\text{sec}$. があるから、即ち約 $3.2 \mu\text{sec}$.

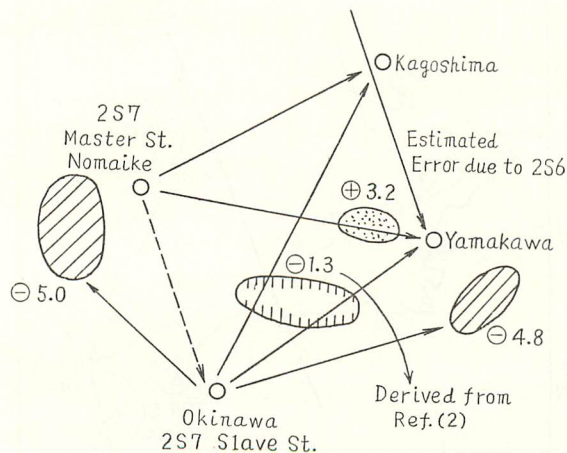


Fig. 3 Simplified diagram showing the relationship between positions and deviations of 2S7.

の遅延が生じたとして Fig. 3 のように考える。これは主局野間池—山川にて生じたものと思われる。鹿児島—山川で更に遅延があるとすると野間池—山川にて主局信号の遅延は $3.2 + \alpha$ となるので推論は困難である。反対に早くなる時は遅延が減少されるが、山川周辺でありながら一方は早く、一方は遅くなるという事象は両者の伝播経路がさほど離れていない点と経路の角度差が僅少の点からこの仮説も不可となる。

3.3.2 2S7レート

既報の如く2S7レートの海上伝播では $\ominus 5.0 \mu \text{sec}$. の誤差がみられるが、山川定点では海面より0.5哩の距離にも拘らず逆に $\oplus 5.3 \mu \text{sec}$. もある。一方本報文¹⁾⁴⁾のこれらの \ominus 値は甌島・宇治群島・大隅東方におけるもので、山川南方の海域の値は全般的のもので $\ominus 1.3 \mu \text{sec}$. 山川から近距離にある測点では $\oplus 3.0 \mu \text{sec}$. をえている。

以上の結果この海面は他のものと異なった誤差性向を有しているといえる。その原因についてはまだ明らかにしえないが、ともあれ海上伝播で早くなった速度がここでは再び遅くなったのは事実である。なお全海域へ到達する2S7の経路は Fig 1 のように黒潮を横切っている。

よってこの \oplus 値をうる為には次のことが考えられる。1) 2S6レートの野間池—山川で $3.2 \mu \text{sec}$. 遅延があったとしているから今回の測定値 $\oplus 5.3 \mu \text{sec}$. の為には従局信号が $8.5 \mu \text{sec}$. とすれば $9.8 \mu \text{sec}$. 遅延しなければならない。しかしこのような遅延量を従来の結果より類推することは不可能である。従って筆者はここに不明の物質の存在により電波速度が著しく遅れたと考察をせざるをえない。しかもその西方限界は陸上において鹿児島に向かう経路の東側であり、東方限界は既述の如く海中においての $\oplus 3.0 \mu \text{sec}$. の測点まで及んでいるとみて大過ないであろう。

このように鹿児島—山川の同時観測による電波の陸上伝播特性の解明は不可能であったが、山川近傍の新事実により今後も測定を継続する必要が生じるに到った。

4. 結 論

ロラン地表波の伝播特性をしる為に定点を鹿児島に設けて 2H3 (2S6), 2H4 (2S7) ロラン・レートの測定を開始以来約7年になる。

1) その時間差変動の状態をある時点にみるとミクロ的にはかなり大きいこともあるが、マクロ的には定値をもつとみられる。既報の如く伝播経路を主として陸上にもつ 2H3 レートは \oplus 値を、(速度は標準値より遅く) 又主として海上にある 2H4 レートは \ominus 値を有する傾向は定点観測の結果一層明らかとなった。

2) 2S6 レートに変更後、即ちロラン従局が釜山より対馬に移転後の測定値 $\ominus 0.6 \mu \text{sec}$. は1年間変化がみられなかった。従って変動要因は対馬海峡の横断にあったとみれるが、それ以上の解明は未だなされない。

3) 時間差変動に与える要因としての気象的因子の相関は認めることができない。

4) 鹿児島、山川の両定点における同時観測結果では山川近傍において電波伝播速度に強い影響を与える不明の原因が存在することを提示した。これは陸上において東西方向では10哩前後に及ぶと思われるが、山川より西方の薩摩半島南方海面の沖合にもその存在が推定される。

本測定の実施にあたり終始かわらぬ御教示を頂き、加えてその施設の使用を快よく御許可になり御協力を賜った郵政省電波研究所山川観測所長越智文雄氏、機器の保守並びに貸与の便宜を与えて頂いた日本無線株式会社鹿児島出張所長伊藤博重氏及び光電製作所、測定に協力を頂いた本学部源河朝之助教授、天野信文、測定並びに整理をされた園田収、山崎辰雄、小森田弘、松野保文の諸氏に併せて深謝の意を表する。

文 献

- 1) 田口一夫 (1964) : ロラン地表波実測値に変動を与える要因—I. 地理的要因 (I). 日本航海学会誌, **32**, 37-42.
- 2) 田口一夫 (1965) : ロラン地表波測定値の検討—II. 鹿大水産紀要, **14**, (1) 1-10.
- 3) MEYER, H. K. (1963) : "Meteorological and Astronomical Influences on Radio Wave Propagation" 114—118. (Pergamon Press, N.Y., U.S.A.)
- 4) 田口一夫, 園田収 (1963) : ロラン地表波測定値の検討—I. 鹿大水産紀要, **12**(1), 46-50.