

# 韓國南海岸에 있어서의 北九州 DECCA CHAIN의 測定誤差의 解析에 關한 研究

朴 榮 喆

A Study on the Analysis of Errors of the Decca Chain in the North Kyushu Observed on the South Coast of Korea.

Park Young Chul

## 目 次

I. 序 論	(1) Method 1
II. Decca lane計算의 理論 解析	(2) Method 2
III. 測定資料 및 基礎計算	(3) Method 3
(1) 北九州 Decca chain의 特性	(4) 부산지방의 標準誤差
(2) 測定日 및 使用器材	(5) 測定值의 Chart值에 對한 標準誤差
(3) 測定地點 및 測定值	V. 結 論
(4) 基礎計算表	參考文獻
IV. 測定結果 및 解析	

## Abstract

This paper deals with the analysis of the errors involved in decca lane number of North-Kyushu decca chain measured on the South Coast of Korea.

Decca lane readings were measured from May 19, 1976 to June 10, 1976 at four points selected on strategical points along the South Coast of Korea on M. V. "HANBADA", the taringing ship of Korea Merchant Marine College.

It is assumed that the system error of the lane number measured is mainly due to the error of the phase locking of the master and slave station, and to the difference of the phase velocity of the decca wave in accordance with the ground condition of the propagation path, and these parameters are calculated by the least square method using measured data of above-mentioned points.

As a result of the analysis, standard deviation of measured lane number decreased as the data used for calculation increased.

It is clearly shown that standard deviation of the measured values at Busan harbour are as followed;

1. Green Station
 

Day-time	0.004
Night	0.047
2. Purple Station
 

Day-time	0.445
Night	0.609

It is thus proved that the method of analyzing the system error shown here proved to be reasonable though the calculation results of this paper can not be recognized as satisfactory effect due to the lack of measured data.

## I. 序 論

Decca Navigation System은 Loran과 같은 雙曲線 航法의 一種으로서 Loran에 比하여 有效거리는 짧으나 (약 350 mile) 그 測定精度는 Loran보다 훨씬 높아 理論上 基線上에서 數 meter 以內的 精度로 船位의 測定이 可能하며, 取扱이 간단하여 熟練을 要하지 않으며, 連續的으로 船位測定이 可能하기 때문에 近海航海用 電波航海計器로 各광을 받아 遠洋航海用的 Omega Navigation System과 더불어 最新의 電波航法의 主軸을 이루고 있다.

이 Decca 航法은 電波의 等速性을 利用하여 主局 및 從局으로 부터 發射된 持續波의 受信點에서의 位相差를 測定하여 主從局으로 부터의 거리차를 測定하는 持續波 位相比較方式으로서 第二次 世界大戰 直前に 考案되어 1946年 英國 Chain의 建設을 效시로 하여 西 Europe 全域에 보급되었고 最近에는 Persian Gulf, Indo, Canada, Mexico, 美國, 日本等 世界全域에 그 利用範圍를 擴張하여 그 利用可能面積은 300萬平方 mile을 초과하고 있다.

Decca 航法이 그 高精度性이란 利點을 充分히 발휘하기 위하여서는 그 測定値에 포함되는 誤差의 解析이 先行되어야 하나,<sup>1)</sup> 釜山港을 포함하여 韓國 南海岸 一帶에서 利用가능한 日本 北九州 Decca Chain에 관하여는 當該 Chain이 比較的 最近에 建設된 관계로 그 測定誤差에 對한 解析 結果가 거의 보고되어 있지 않으며,<sup>2)</sup> 비록 金후 이러한 報告가 있다 하더라도 韓國領海內에 屬하는 海域에 관하여는 이 Decca 局 管理當局인 日本海上保安廳이 그 資料를 수집할 수 있을지 의심스러운 現實이므로 利用者의 立場에서 韓國內의 利用者가 測定 檢討하는 것이 불가피한 實情이다.

本 論文은 이 點에 착안하여 부산을 포함한 南海岸에서의 Decca 位置線에 對한 系統誤差에 對해서 分析한 것이다.

韓國南海岸 數個地域에서 測定한 Decca 測定値와 Visual Fix 또는 Radar Fix에 의한 船位로부터 計算한 計算値와 比較하여 測定値에 포함된 系統誤差를 最小自乘法을 利用하여 解析하여 地域 誤差를 說明하였고 또한 하루의 주야別 測定値의 分散의 변화도 명시 하였다.

## I. Decca lane 計算의 理論解析

Decca chain은 通常 하나의 主局과 (Master station, M) 3개의 從局 (Red slave R. Green slave

G. Purple slave P)으로 構成되어 있어 各各 6f, 8f, 9f, 5f (f는 Chain固有의 基本割當周波數로서 北九州 Chain의 경우는  $f=14.2283$  KHZ)를 發射하고, 受信點에서는 主局과 各從局이 雙이 되어 各各 24f, 18f, 30f로 遞倍하여 位相을 比較한다.

各 主從局이 發射하는 持繼波는 主局側 基線延長線上에서 主從局으로 부터의 電波가 同相이 되도록 主從局 發射波의 位相이 맞추어져 있으므로 受信點에서의 측정 lane 數 (Lane number)는 다음식에 의하여 계산된다.<sup>4)</sup>

$$N = \frac{B+M-S}{V} \cdot F_c \dots \dots \dots (2-1)$$

但,

B: 基線の 거리

M: 主局에서 受信地點까지의 거리

F<sub>c</sub>: 比較周波數

V: 어느 任意의 經路에 있어서의 平均位相 速度

그러나 受信地點에서 실제로 測定한 測定 lane 數는 여러가지 原因에 의한 誤差로 因하여 計算値와 一致하지 않게 된다.

이러한 誤差를 分類해 보면 다음과 같다.

① 電波가 傳播하는 平均位相速度의 變化에 의한 誤差:

(2-1)식에 의해서 계산한 lane 數는 地表波의 平均位相速度를 使用해서 계산한 것인데 이 平均位相速度가 不正確한 경우에는 당연히 測定한 lane 値는 계산에 의한 lane 値와 相異하게 된다.

이 平均位相速度는 傳播經路의 地表의 條件에 의하여 變化하므로 傳播經路가 다른 경우<sup>5)</sup> 또는 同一經路上에서도 地表의 상태가 變하는 경우에는 相當量의 誤差가 포함된다.

② 主從局間의 位相同期誤差:

Decca system에서는 從局으로 부터의 地表波를 主局에서 受信하여 이 電波에 同期시켜서 主局에서 電波를 發射하는 形式을 取하고 있으므로 이 同期誤差로 因하여 船位의 誤差가 생기게 된다.

③ 空間波교란 및 기타의 誤差:

地表波에 空間파가 混入되면 位相의 變動을 일으키므로 主從局間의 正常的인 位相關係가 유지되지 못하므로 因해서 誤差가 發生한다.

기타 主從局의 發射電波의 周波數 安定度와 lane 誤差등이 있으나 本論文의 범위를 벗어나므로 제외하고 ①과 ②단을 고려하여 測定地點에서의 lane 數를 계산하면 다음과 같이 表示 된다.

$$N_c = F_c \left\{ \sum_i \frac{b_{ik} - s_{ik}}{V_{im}} + \frac{m_{ik}}{V_{im}} + \phi_k \dots \dots \dots \right\} \dots \dots \dots (2-2)$$

但, N<sub>c</sub>: 測定地點에서의 計算 lane 數

F<sub>c</sub>: 比較周波數

b: 基線の 거리

m: 主局에서 測定地까지의 거리

s: 從局에서 測定地까지의 거리

$V$ : 地表波의 位相速度

$\phi$ : 각 Pattern에서의 同期誤差

suffix  $i$

: 電波傳播經路의 條件.  $i=1, 2, \dots$

suffix  $k$

: Decca system의 各各의 Pattern

$k=1$  (Red),  $2$  (Green),  $3$  (Purple)

즉  $b_{1k}$ 는 傳播經路의 條件이 1인 경우의 Green局의 基線의 거리

$V_{22}$ 는 두번째 傳播經路의 條件下에서 Green 局으로부터 보낸 電波의 位相速度

suffix  $m$

: 主局信號,

本 論文에서는 이와 같은 여러가지 條件中에서 다음을 가정해서 이하 기술하려고 한다.

① 地表波의 位相速度는 主局, 從局, 모두 같은 速度라 가정한다.

$$\text{즉 } V_{ik} = V_{im} = V_i$$

② 傳播經路는 海上과 陸上의 두 종류로 分類한다.

즉  $i=1$  (海上經路)

$i=2$  (陸上經路)

위의 가정하에서 (2-2)式을 다시 表示하면 다음과 같이 된다.

$$N_c = F_c \cdot \sum_{i=1}^2 \frac{b_{ik} - s_{ik} + m_{ik}}{V_i} + \phi_k \dots \dots \dots (2-3)$$

또  $n$ 個의 相異한 地點에서 lane 直를 測定하였을 때 測定誤差의 標準偏差 (Standard deviation) 을 求하면 다음과 같이 된다.

$$\sigma = \left[ \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^n \left\{ F_c \sum_{i=1}^2 \frac{b_{ik} - s_{ijk} + m_{ijk}}{V_i} + \phi_k - N_{ojk} \right\}^2 / 3n \right]^{1/2} \dots \dots \dots (2-4)$$

但,

Suffix  $j$

; 測定地點의 數  $j=1, \dots, n$

$N_{ojk}$ ;  $j$  地點에서 測定한  $k$  Pattern의 測定 Lane Number

즉,  $N_{o1}$ 는 1 이라는 測定地點에서 測定한 Purple pattern의 lane 測定值이다.

(2-4) 式을 다시 쓰면

$$\sigma = \left[ \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^n \left\{ F_c \sum_{i=1}^2 P_{ijk} X_i + \phi_k - N_{ojk} \right\}^2 / 3n \right]^{1/2} \dots \dots \dots (2-5)$$

但,

$$P_{ijk} = b_{ik} - s_{ijk} + m_{ijk}$$

$$X_i = \frac{1}{V_i}$$

또  $\delta = \sigma^2 \times 3n$ 으로 두면

$$\begin{aligned} \delta &= \|A\bar{x} - \bar{y}\|^2 \\ &= (A\bar{x} - \bar{y})'(A\bar{x} - \bar{y}) \dots \dots \dots (2-6) \end{aligned}$$

但,

$$A = \begin{pmatrix} F_c P_{111} & F_c P_{211} & 100 \\ F_c P_{121} & F_c P_{221} & 100 \\ \dots & \dots & \dots \\ F_c P_{1n_1} & F_c P_{2n_1} & 100 \\ F_c P_{112} & F_c P_{212} & 010 \\ F_c P_{122} & F_c P_{222} & 010 \\ \dots & \dots & \dots \\ F_c P_{1n_2} & F_c P_{2n_2} & 010 \\ F_c P_{113} & F_c P_{213} & 001 \\ F_c P_{123} & F_c P_{223} & 001 \\ \dots & \dots & \dots \\ F_c P_{1n_3} & F_c P_{2n_3} & 001 \end{pmatrix} \quad \bar{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} \quad \bar{y} = \begin{pmatrix} N_{011} \\ N_{021} \\ \vdots \\ N_{0n_1} \\ N_{012} \\ \vdots \\ N_{0n_2} \\ N_{013} \\ \vdots \\ N_{0n_3} \end{pmatrix}$$

最小子乘法에 依하여  $\delta$ 가 最小가 되는  $\bar{x}$ 의 값은

$$\begin{aligned} \frac{\partial \delta}{\partial \bar{x}} &= 2A'(A\bar{x} - \bar{y}) \\ \frac{\partial \delta}{\partial \bar{x}} &= 0 \rightarrow A'(A\bar{x} - \bar{y}) = 0 \\ \therefore A'A\bar{x} &= A'\bar{y} \dots \dots \dots (2-7) \end{aligned}$$

(2-7) 式에서

共通因數  $F_c$ 를 約하고 matrix의 成分을 具體的으로 표시하면 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} F_c \sum_j \sum_k P_{1jk}^2 & F_c \sum_j \sum_k P_{1jk} P_{2jk} & \sum_j P_{1j1} & \sum_j P_{1j2} & \sum_j P_{1j3} \\ F_c \sum_j \sum_k P_{1jk} P_{2jk} & F_c \sum_j \sum_k P_{2jk}^2 & \sum_j P_{2j1} & \sum_j P_{2j2} & \sum_j P_{2j3} \\ F_c \sum_j P_{1j1} & F_c \sum_j P_{2j1} & n & 0 & 0 \\ F_c \sum_j P_{1j2} & F_c \sum_j P_{2j2} & 0 & n & 0 \\ F_c \sum_j P_{1j3} & F_c \sum_j P_{2j3} & 0 & 0 & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_j \sum_k P_{1jk} \cdot N_{0jk} \\ \sum_j \sum_k P_{2jk} \cdot N_{0jk} \\ \sum_j N_{j1} \\ \sum_j N_{j2} \\ \sum_j N_{j3} \end{pmatrix} \dots \dots \dots (2-8)$$

### II. 測定資料 및 基礎計算

#### (1) 北九州 Chain의 特性

Code : 7C 基本周波數( $f$ ) = 14. 2283 KHz

表 1. &lt;送信局의 位置 및 周波數&gt;

局 名	位 置	送信周波數	比較周波數	主從局거리	기선상 lane 폭
Master	L:33°27'7N λ:130°10'7E	(KHZ) 6f 85.370	(KHZ)	(Km)	(단 V=299.25 km/msec 일때)
Red	L:34°38'4N λ:129°21'4E	8f 113.8264	24f 341.480	151.42	438.352
Green	L:32°08'N λ:130°8'7E	9f 128.055	18f 256.110	148.06	584.222
Purple	L:33°25'9N λ:132°13'5E	5f 71.1415	30f 426.850	189.77	350.533

## (2) 測定日 및 使用器材

① 測定日 : 1976年 3月 19日~6月 10日

② 測定用 Decca 受信機 :

Model : Sena-decca MS-2A

Maker : Sena 株式會社

설치선박 : Korea M. M. C. Training Ship "한바다"

③ 使用海圖

(i) 北九州 Decca Chart :

Chart No. : (D7)N. 302

海圖名 : 韓國 南岸 및 附近

縮 尺 : 1/500,000

製作日 : 1969년 2月 1日

(ii) Position Plotting Sheet,

구 간 : 30°~36°

縮 尺 : 1/1,200,000

No. : 6037<sup>5</sup>

## (3) 測定地點 및 測定值

測定地點을 A, B, C, D 4地點으로 나누었으며 이地點들의 位置는 Visual Fix 및 Radar Fix를 利用하여 구하였다.

正確한 船位를 求하기 爲해서 B地點에서는 2名이 同時에 Radar Fix를 求하고 1名은 幢도등대의 視認方位를 測定하였으며 A, C, D地點에서는 3名이 同時에 5回 Visual Fix를 求하여 그 平均位置를 使用하였다.

이 中에서 A地點은 朝島앞 海上으로 "한바다"호가 碇泊中에 每時間마다 Decometer의 示度를 測定하여 부산항의 地域誤差를 求하는데 利用하였으나 不幸히도 A地點은 主局과 Red 從局의 基線의 延長線 附近이어서 測定值에 과대한 誤差가 포함 될 것이 豫상되므로 Green 從局과 Purple 從局만 이용하였으며 D地點 역시 主局과 Purple 從局의 基線延長線 附近이므로 Red 從局과

Green 從局만 이용하였다.

表 2. 各 地點에서의 測定値와 Chart 値

測定地點	位 置	測定局	Decome- ter 示度	Chart 示度	測定lane (No)	chart lane (Nct)	측정시간	Nct-No	(Nct-No) <sup>2</sup>				
A	L:35°4.'73N λ:129°5.'33E	G P	A 40.26 C 67.83	A 40.29 C 67.50	10.26 77.83	10.29 77.50	1000	0.03 ⊖ 0.33	9 × 10 <sup>4</sup> 0.1089				
			B	L:34°23.'4N λ:128°24.'E	R G P	B 23.04 C 31.79 A 71.08		C 0.52 C 30.80 A 71.62	287.04 37.79 21.08	288.52 36.80 21.62	2200	1.48 ⊖ 0.99 0.54	2.1904 0.9801 0.2916
C	L:34°7.'2N λ:127°40'.4E	R G P				A 20.88 D 37.58 A 57.86	A 21.25 D 37.32 A 57.55	260.88 61.58 7.86	261.25 61.32 7.55	1300		0.37 ⊖ 0.26 ⊖ 0.31	0.1369 0.0676 0.0961
						D	L:33°43.'4N λ:127°-1.'75E	R G	J 19.54 E 44.70			J 20.31 E 45.25	235.54 86.70

但, No: 測定lane 數, Nct: Chart lane 數

(4) 基礎計算表

資料解析을 爲한 基礎計算表는 다음과 같다.

表 3. 基礎計算表

측정지점	측 정 국	측정국과 측정지 까지 의거리 (Km)	傳播進行 경로에 따른거 리 (Km)	P <sub>ijk</sub> = B <sub>ik</sub> - S <sub>ijk</sub> + M <sub>ijk</sub>			
A 지점	Green	b	148.06	b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	53.61 94.45	P <sub>AG</sub>	10.09
		s	342.62	s <sub>1</sub> s <sub>2</sub>	222.24 120.38	P <sub>1AG</sub>	6.39
		m	204.65	m <sub>1</sub> m <sub>2</sub>	175.02 29.63	P <sub>2AG</sub>	3.7
	Purple	b	189.77	b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	41.76 148.01	P <sub>AP</sub>	56.61
		s	337.81	s <sub>1</sub> s <sub>2</sub>	290.58 47.23	P <sub>1AP</sub>	⊖ 73.8
		m	204.65	m <sub>1</sub> m <sub>2</sub>	175.02 29.63	P <sub>2AP</sub>	130.41
B 지점	Red	b	151.42	b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	124.04 27.38	P <sub>BR</sub>	252.72
		s	92.23	s <sub>1</sub> s <sub>2</sub>	85.19 7.04	P <sub>1BR</sub>	217.56

(8)

1977年 3月 韓國海洋大學論文集 第12輯

		m	193.53	$m_1$ $m_2$	178.71 14.82	$P_{2BR}$	35.16
	Green	b	148.06	$b_1$ $b_2$	53.61 94.45	$P_{BG}$	45.27
		s	296.32	$s_1$ $s_2$	257.43 38.89	$P_{1B}$	$\ominus 25.11$
		m	193.53	$m_1$ $m_2$	178.71 14.82	$P_{2BG}$	70.38
	Purple	b	189.77	$b_1$ $b_2$	41.76 148.01	$P_{BP}$	16.42
		s	366.88	$s_1$ $s_2$	266.87 100.01	$P_{1BP}$	$\ominus 46.4$
		m	193.53	$m_1$ $m_2$	178.71 14.82	$P_{2BP}$	62.82
C 지점	Red	b	151.42	$b_1$ $b_2$	124.04 27.38	$P_{CR}$	226.98
		s	164.83	$s_1$ $s_2$	157.42 7.41	$P_{1CR}$	181.08
		m	240.39	$m_1$ $m_2$	214.46 25.93	$P_{2CR}$	45.9
	Green	b	148.06	$b_1$ $b_2$	53.61 94.45	$P_{CG}$	69.72
		s	318.73	$s_1$ $s_2$	285.39 33.34	$P_{1CG}$	$\ominus 17.32$
		m	240.39	$m_1$ $m_2$	214.46 25.93	$P_{2CG}$	87.04
	Purple	b	189.77	$b_1$ $b_2$	41.76 148.01	$P_{CP}$	7.72
		s	422.44	$s_1$ $s_2$	280.76 141.68	$P_{1CP}$	$\ominus 24.54$
		m	240.39	$m_1$ $m_2$	214.46 25.93	$P_{2CP}$	32.26
D 지점	Red	b	151.42	$b_1$ $b_2$	124.04 27.38	$P_{DR}$	208.65
		s	235.57	$s_1$ $s_2$	223.07 12.5	$P_{1DR}$	156.73
		m	292.80	$m_1$ $m_2$	255.76 37.04	$P_{2DR}$	51.92
	Green	b	148.06	$b_1$ $b_2$	53.61 94.45	$P_{DG}$	103.24
		s	337.62	$s_1$ $s_2$	315.40 22.22	$P_{1DG}$	$\ominus 6.03$
		m	292.80	$m_1$ $m_2$	255.76 37.04	$P_{2DG}$	109.27



위 表의 計算中에서  $P_{ijk} = b_i - s_{ijk} + m_{ijk}$ 의 값을 측정지점과 측정국과 傳播條件에 의하여 分解 計算했다. 즉  $b_1, b_2, s_1, s_2, m_1, m_2$ 의 suffix 1, 2는 各各 電波傳播의 海上經路, 陸上經路를 의미한다. 測定點은 A, B, C, D의 4個所이다.

즉,  $j=1, 2, 3, 4$ .

$P_{122}$ 는 B地點에서 Green의 傳播條件이 1 즉, 海上經路를 통과하는 P를 뜻하며 이것을  $P_{1B0}$ 로 表記한 이다.

이것은 B地點에서 Green 局의  $b_1 - s_1 + m_1$ 을 계산한 값이다.

또한 (2-8) 式을 計算하면 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} 39507226.00 & 1537483.60 & 555.37 & \ominus 42.07 & \ominus 144.74 \\ 1537483.60 & 17720448.00 & 132.98 & 270.39 & 225.49 \\ 189647.24 & 45409.89 & 3 & 0 & 0 \\ \ominus 10774.52 & 69249.42 & 0 & 4 & 0 \\ \ominus 61782.12 & 96250.18 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 137217.21 \\ 63554.83 \\ 783.46 \\ 196.33 \\ 106.77 \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

#### IV. 測定結果 및 解析

(3-1) 式을 풀면  $\sigma$ 를 최소로 하는  $x_1, x_2, \phi_1, \phi_2, \phi_3$ 를 구할수 있으나 傳播位相速度의 변화로 인한  $\sigma$ 의 변화를 고찰해 보기 위해서 다음과 같은 3가지 方法으로  $\sigma$ 를 구해보도록 한다.

##### [1] Method 1:

電波의 傳播平均位相速度를 299.6 km/msec로 一定하게 했을 경우이며 여기에 使用한 位相速度  $V = 299.6 \text{ km/msec}$ 는 北海道 Decca Chain의 Chart를 作成할 때 使用한 海上傳播速度이다<sup>1)</sup> (2-3) 式에서  $V_1 = V_2 = V = 299.6 \text{ km/msec}$  이므로

$$N_c = F_c \left( \frac{b_k - S_k + m_k}{V} \right) + \phi_k \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

로 表示된다.

위 式에서  $N_c$ 를  $N_0$ 로 놓고 各各의 從局에 對해서  $\phi$ 의 平均值를 구한 다음 이  $\phi_m$ 을 가지고 다시 계산치와 측정치와 差를 구한 다음  $\sigma$ 를 구하며 이 때의  $\sigma$ 를  $\sigma_1$ 이라 한다.

但,  $\phi_m$ : 各從局에 對한  $\phi$ 의 平均值

① Red局의 경우:

i) B地點  $\therefore \phi_1' = \ominus 1,006$

ii) C地點  $\therefore \phi_1'' = 2,172$

iii) D地點  $\therefore \phi_1''' = \ominus 2,276$

$\therefore \phi_{1m} = \ominus 0.37$

## ② Green局的 경우 :

- i) A地點  $\phi_2' = 1.635$   
 ii) B地點  $\phi_2'' = \ominus 0.9089$   
 iii) C地點  $\phi_2''' = 1.981$   
 iv) D地點  $\phi_2'''' = \ominus 1.553$

$$\therefore \phi_{2m} = 0.289$$

## ③ Purple局的 경우 :

- i) A地點  $\phi_3' = \ominus 2.824$   
 ii) B地點  $\phi_3'' = \ominus 2.314$   
 iii) C地點  $\phi_3''' = \ominus 3.139$

$$\therefore \phi_{3m} = \ominus 2.759$$

$$\therefore \sigma_1 = 1.535$$

## (2) method 2 :

傳播平均位相速度를 두 經路로 나누어  $V_1 = 299.6 \text{ km/msec}$  (海上經路)  $V_2 = 299.25 \text{ km/msec}$  (陸上經路)이라 했을 경우 各各의 從局에 對한  $\phi_m$ 을 구하여  $\phi_m$ 에 對한  $\sigma$ 를 구한 것이 곧 測定值의 계산치에 對한  $\sigma$ 가 된다.

이 때의  $V_1$   $V_2$ 도 北海道 Decca chart에 使用한 位相速度이다.

(2-3)式에서

$V_1 = 299.6 \text{ km/msec}$   $V_2 = 299.25 \text{ km/msec}$  이므로

$$N_c = F_c \left( \frac{b_{1k} - S_{1k} + m_{1k}}{299.6} + \frac{b_{2k} - S_{2k} + m_{2k}}{299.25} \right) + \phi_k \dots \dots \dots (4-2)$$

로 表示된다.

## ① Red局的 경우 :

- i) B地點  $\phi_1' = \ominus 1.053$   
 ii) C地點  $\phi_1'' = 2.11$   
 iii) D地點  $\phi_1''' = \ominus 2.345$

$$\therefore \phi_{1m} = \ominus 0.4293$$

## ② Green 局的 경우 :

- i) A地點  $\phi_2' = 1.63$   
 ii) B地點  $\phi_2'' = \ominus 0.979$   
 iii) C地點  $\phi_2''' = 1.894$   
 iv) D地點  $\phi_2'''' = \ominus 1.663$

$$\therefore \phi_{2m} = 0.2205$$

③ Purple 局의 경우

- i) A地點  $\phi_3' = \ominus 3.041$
- ii) B地點  $\phi_3'' = \ominus 2.419$
- iii) C地點  $\phi_3''' = \ominus 3.193$

$$\therefore \phi_{3,m} = \ominus 2.884$$

$$\therefore \sigma_2 = 1.43602$$

(3) method 3 :

傳播位相速度는 海上에서는 거의 一定한 값을 가지나 陸路를 지날 때에는 地表面의 形狀때문에 그 값이 一定하지 않고 變化한다. 그래서  $V_1$ 은 299.6km/msec로 一定하게 해 놓고 測定한 lane值의 誤差를 最小로 하는  $V_2, \phi_1, \phi_2, \phi_3$ 를 最小자승법으로 구한다.

이 때의  $\sigma$ 를  $\sigma_3$ 라 한다.

(3-1)式에서  $V_1 = 299.6 \text{ km/sec}$  이므로  $X_1 = \frac{1}{299.6}$ 이다. 이것을 이용해서 (3-1)式을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} 17720448.00 & 132.98 & 270.39 & 225.49 \\ 45409.89 & 3 & 0 & 0 \\ 69249.42 & 0 & 4 & 0 \\ 96250.18 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_2 \\ \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58423.04 \\ 150.46 \\ 232.29 \\ 312.99 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (4-1)$$

(4-1)式을 풀면

$$V_2 = \frac{1}{X_2} = 302.87233$$

$$\phi_1 = 0.1509024$$

$$\phi_2 = 0.8871015$$

$$\phi_3 = \ominus 1.6562646 \text{ 이다.}$$

그런데  $\sigma$ 는 (2-5)式에서

$$\sigma_3 = \left[ \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^4 \left\{ F_c \sum_{i=1}^2 P_{ijk} X_i + \phi_k - N_{ojk} \right\}^2 / 10 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (4-2)$$

(4-2) 式에서

$\delta = 10\sigma^2$  이라 하면  $\delta$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$\delta = \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^3 \left\{ F_c \sum_{i=1}^2 P_{ijk} X_i + \phi_k - N_{ojk} \right\}^2 = 19.48$$

$$\therefore \sigma_3 = \sqrt{\frac{19.4766}{10}} = 1.3955858$$

(4) 부산지방의 標準誤差( $\sigma$ )

3月 18日 부터 23日까지와 6月 6日부터 12日까지 부산 朝島 앞 海上에서 (A地點) 每日 每時에

對한 Green 局과 Purple 局의 測定値에서 부산지방의 標準誤差를 구해 보았다.  $\sigma$ 를 주간과 야간으로 구별하여 주간의 標準誤差를  $\sigma_d$ , 야간의 그것을  $\sigma_N$ 로 표시하였다.

## ① Green 局

表 4. Green 局의 측정오차

Day Time		3/18	19	20	21	22	23	6/6	7	8	9	10	11		
Daytime	$X_i$	0.03	0.03	0.01	0.02	0.06	0.07	0.05	0.03	0.04	0.03	0.02	0.05	$\sum X_i$	0.44
	$X_i^2$	0.0009	0.0009	0.0001	0.0004	0.0036	0.0049	0.0025	0.0009	0.0016	0.0009	0.0004	0.0025	$\sum X_i^2$	0.0196
Night	$X_i$	0.05	0.07	0.07	0.11	0.02	0.06	0.11	0.07	0.04	0.11	0.03	0.01	$\sum X_i$	+0.75
	$X_i^2$	0.0025	0.0049	0.0049	0.0121	0.0004	0.0036	0.0121	0.0049	0.0016	0.0121	0.0009	0.0001	$\sum X_i^2$	0.0601

但,  $X_i$ 는 (Chart 치 - 측정치) 즉 측정오차.  $N_i$  측정회수

$$\therefore \sigma = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N}} \text{에서} \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{0.0196}{12}} = 0.0404144$$

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{0.0601}{12}} = 0.0707695$$

## ② Purple 局

表 5. Purple 局의 測定오차

Day Time		3/18	19	20	21	22	23	6/6	7	8	9	10	11		
Daytime	$X_i$	0.44	0.46	0.44	0.54	0.44	0.46	0.48	0.60	0.48	0.26	0.38	0.21	$\sum X_i$	5.19
	$X_i^2$	0.1936	0.2116	0.1936	0.2916	0.1936	0.2116	0.2304	0.3600	0.2304	0.0676	0.1444	0.0441	$\sum X_i^2$	2.3722
Night	$X_i$	0.84	0.24	0.96	0.64	0.74	0.89	0.39	0.09	0.40	0.52	0.62	0.20	$\sum X_i$	
	$X_i^2$	0.7056	0.0576	0.9216	0.4096	0.5476	0.7921	0.1521	0.0081	0.1600	0.2704	0.3844	0.0400	$\sum X_i^2$	4.4491

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{2.3722}{12}} = 0.4446159 \quad \sigma_N = \sqrt{\frac{4.4491}{12}} = 0.6088992$$

③ 중앙오차( $r$ ) :  $r = 0.67456\sigma$ 에서

$$\text{Green 局} \begin{cases} r_d = 0.027 \\ r_N = 0.048 \end{cases} \quad \text{Purple 局} \begin{cases} r_d = 0.300 \\ r_N = 0.411 \end{cases}$$

## ④ 부산지방의 測定値의 標準偏差

測定値의 平均値에 對한 標準偏差를 구해보면 다음과 같다.

$$\text{Green 局} \begin{cases} \text{day time} & 0.017 \\ \text{night} & 0.059 \end{cases} \quad \text{Purple 局} \begin{cases} \text{day time} & 0.199 \\ \text{Night} & 0.332 \end{cases}$$

[5] 測定値의 Chart 値에 對한 標準誤差.

앞에서 行한 method 1. 2. 3에서 구한  $\sigma$ 는 測定値의 計算値에 對한 것이 었다. 여기에서는 측  
정치의 Chart치에 對한  $\sigma$ 를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sigma &= \left\{ \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^3 (N_{ctjk} - N_{ojk})^2 / 10 \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (4-3) \\ \delta &= 10 \cdot \sigma^2 \\ &= \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^3 (N_{ctjk} - N_{ojk})^2 \\ &= \sum_{j=1}^4 \left\{ (N_{ctj1} - N_{oj1})^2 + (N_{ctj2} - N_{oj2})^2 + (N_{ctj3} - N_{oj3})^2 \right\} \\ &= 4.7679 \\ \therefore \sigma &= \sqrt{\frac{4.7676}{10}} = 0.6904998 \end{aligned}$$

V. 結 論

앞장의 解析에서 본 바와 같이 傳播經路를 그 經路의 物理的인 特性別로 細分하여 (2-7)式  
의  $\bar{x}$ 의 次元을 증가 시키면  $\sigma$ 를 감소시킬 수 있음을 보였다.

이는 電波의 傳播位相速度를 어느 地點에서나 같다고 놓고 計算한 lane値는 실제의 測定値와  
相當한 量의 誤差를 發生하므로 이 誤差를 最小로 하기 爲해서는 當該 Decca Chain의 全利用可  
能 範圍內에서 많은 測定地點을 선택하고 생각 할 수 있는 모든 傳播經路를 고려하여 最小子乘  
法으로  $V$ 와  $\phi$ 를 구한다.

이  $V$ 와  $\phi$ 를 가지고 計算한 lane 値를 Chart에 기입해 놓아 船位測定에 使用해야만이 誤差를  
最小로 할 수가 있다.

그러나 이러한 方法으로 求한  $\bar{x}$ 가 充分히 信賴할 수 있는 값을 갖기 爲해서는  $\bar{x}$ 의 次元에  
比하여 充分히 많은 觀測點을 全 Decca 利用範圍內에 고루 分布되도록 選擇하여야 하므로, 實  
際로는  $\bar{x}$ 의 制限된 次元을 擇하여 Chart의 lane 値를 決定하고 나머지 誤差는 修正値로서 表示  
해 두는 것이 편리할 것이다.

本 論文에 있어서는 Data의 不足으로 因해서 해석결과가 完全치는 못하나 여기에서 제시한  
方法을 導入하면 Data를 증가시키므로 해서  $\sigma$ 를 減小시킬 수 있음을 보여 주고 있으며 또한 부  
산지방 測定値의 標準誤差는 Green 局은 晝間에 0.040 夜間에는 0.07 정도 예상되며 Purple 局  
은 晝間 0.445. 夜間 0.609 정도이다.

또한 부산지방의 標準偏差는 Green 局에서는 晝間 0.017 夜間 0.069. Purple 局에서는 晝間  
0.199 夜間 0.332 정도이다.

이는 系統誤差를 充分히 修正하므로써 測定値의 分散을 대단히 낮은 값 以內로 줄일 수 있음  
을 表示한다.

또한 夜間에 誤差가 증가하는 것은 空間波교란에 依한 結果로 추측되나 이에 對해서는 현재

로서는 解析方法이 全無한 實情이다.

앞으로 測定地點 및 Data를 증가시키고 北九州 Chain의 Decca Chart 作成時의 傳播位相速度를 정확히 파악하여 Chart의 修正値에 對해서 연구조사를 할 예정이며 Decca Chain의 管轄當局인 日本海上保安廳과 연락하여 보다 완벽한 誤差解析을 기하고자 한다.

### 參 考 文 獻

- ① Memo Plans 73, Determination of effective Propagation speeds over land and sea for use in computing Decca lattices. The Decca Navigator Company LTD. pp.1-pp7. June 1948.
- ② 石田正己: デツカ・システムによる 夜間測得位置線の 統計的 特性について-1, 日本 航海學會誌第 52號, pp.98, 昭和 49年 12月
- ③ 田口一夫: 北九州 Decca Chain の 評價と傳播特性(瀬戸内海西部)-III. 日本航海學會誌 第49號 p.116. 昭和 48年 7月
- ④ Memo Plans 73. The Decca Navigator Company LTD. Appendix I.
- ⑤ 田口一夫: 航行用 100KHZ 電波帶의 傳播特性의 解析と それらによる 船位精度의 改善-VII, 日本航海學會誌 第49號. pp.131-132. 昭和 48年 7月.
- ⑥ 渡邊泰夫: 山岳による 長波波面의 回折について. 日本航海學會誌 第53號. pp.30-31. 昭和 50年 8月.
- ⑦ A. B. Schneider: Phase Variations With Range of The Ground-Wave Signal From C. W. Transmitters. In The 70-130 kc/s Band. Journal of the Britisch Institution of Radio Engineers, Fourth session of the 1951. pp.189-191, March 1952
- ⑧ 電波標識編集委員會: 電波標識, pp.261, 鶴卷書房, 昭和 47年 11月 30.