

ロランC電波の短周期伝搬遅延時間変動

藤本 勉*・岡田 裕也*・中野 雄一*・長尾 達也*・藤本 宏海*

Short Term Variations in Loran-C Signal Propagation

Tsutomu FUJIMOTO*, Yuya OKADA*, Yuichi NAKANO*, Tatsuya NAGAO*, Hiromi FUJIMOTO*

Abstract : Recently, radio-aided positioning system mainly depends on the GNSS (Global Navigation Satellite System), for example, GPS (Global Positioning System). However, losses of GNSS service whether accidental or otherwise can have economic and political consequences. Therefore as a combination of complementary systems, modernization of the only existing regional navigation system, Loran-C system is being considered. In Japan, the Northwest Pacific Loran-C Chain is in operational (Table 1).

The position accuracy obtained by Loran-C system is 30 to 300 meters. A method to reduce error is the Differential Loran-C system, but it has been reported that the Differential Loran-C is difficult to reduce error in some situations.

In this paper, TDs of Loran-C are measured at several points and applicability of the Differential Loran-C system is confirmed.

Key Words : Loran, Position Error, TD.

1. はじめに

近時、電波援用測位システムは、その多くをGPS (Global Positioning System) を始めとするGNSS (Global Navigation Satellite System) に依存している。しかしGNSSは、事故や妨害行為などに對する脆弱性が危惧されており、補完システムの併用が論じられ、現存する唯一の広域航行援助システムであるロランCシステム (Loran-C; Long Range Navigation-C System) の近代化が取り上げられている。

我が国においては、米軍によって運用されていた硫黄島 (東京都) を主局とするシステムに代わって、新島 (東京都) に主局を新設し、平成6年から新送信局対 (ロランCチェーン) による運用を行っている (Table 1)。

ロランCシステムの測位精度は30～300mであり、GPSとは比較にならない。これを改善する試みのひとつに、2地点に共通な誤差を相殺するトランスロケーション方式による位置補正方法であるディファレンシャル方式 (Differential Loran-C) があるが、島嶼周辺など適用域によっては否定的な報告もある¹⁾。

そこで、ロランCシステムの測位根拠である、送信局からの電波伝搬時間を実際に観測し、ディファレンシャル方式の適用の可能性を調査する。

2. ロランCシステム

ロランCシステムは、主局 (Master Station) と従局 (Secondary Station) からの電波の到達時間差から距離差を

(2007年11月26日受理)

*宇部工業高等専門学校 電気工学科

求め、2定点を焦点とする双曲線をもとに測位を行う双曲線航法システムである^{2),3)}。

ロランCシステムは、100kHzの長波を使っており、都市部においては、人工雑音の影響が無視できなく、測位誤差の原因のひとつとなる。ロランCシステムの利用範囲は、昼間で約3000km、夜間で約2000kmである。

3. 観測場所と使用機器

2007年1月に、宇部高専管理棟屋上に設置されている4等三角点「点名:工学部、緯度33°57'18.0415"、経度:131°16'25.5994"、標高:47.79m (世界測地系)⁴⁾」の北方向約40m

Table 1 Northwest Pacific Loran-C Chain⁴⁾.

(M - Master Station) Niijima, Tokyo	N 34° 24' 11.943" E 139° 16' 19.473"	
(W - Secondary Station) Gesashi, Okinawa	N 26° 36' 25.038" E 128° 08' 56.920"	Coding Delay 11000 [us] Emission Delay 15580.86 [us]
(Z - Secondary Station) Pohang, ROK	N 36° 11' 05.450" E 129° 20' 27.440"	Coding Delay 70000 [us] Emission Delay 73085.64 [us]

Table 2 List of Measured Points⁵⁾.

UNCT (Kogakubu TP)	N 33°57' 18.0415 E 131°16' 25.5994	47.39m
TMZK	N 33°58' 08.62 E 131°12' 15.37	—
Ube Mura TP	N 33°58' 04.7609 E 131°17' 14.1096	88.06m
Tokonami Koen TP	N 33°57' 01.4744 E 131°18' 29.9942	4.31m
Tozoy Koen TP	N 33°57' 28.9236 E 131°17' 34.002	31.28m
Shibanaka Nishu TP	N 33°55' 37.6195 E 131°13' 57.2204	4.16m

の位置(宇部高専機電棟屋上. 以下, UNCTと書く)と, その西方向約6kmの位置(山口県宇部市東須恵. 以下, TMZKと書く)に, SI-TEX社製ロランC受信機 eLoran Model eLS-1[®]を設置し, 連続定点観測を行った.

2007年11月に, TMZKに設置しているロランC受信機を, Table 2およびFig.1に示す各観測場所に移動して, そ

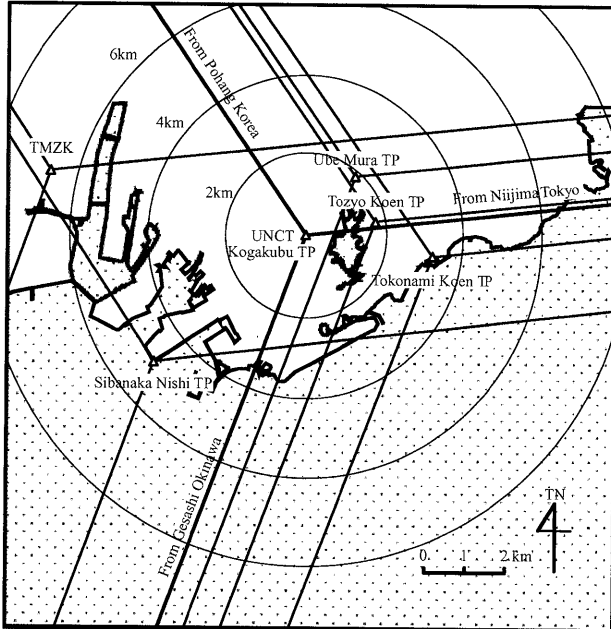


Fig. 1 Allocation of Measured Points.

れぞれ約2時間の定点観測を実施した. 比較のため, UNCTにおいては, 定点観測を継続した.

各観測場所におけるロランC受信機の設置状況を, Fig.2 (UNCT), Fig.3 (TMZK), Fig.4 (宇部村2等三角点), Fig.5 (床波公園4等三角点), Fig.6 (東条公園4等三角点), Fig.7 (芝中西4等三角点)に示す.



Fig. 2 Fixed Point UNCT. About 40m North from Kogakubu Triangulation Point.

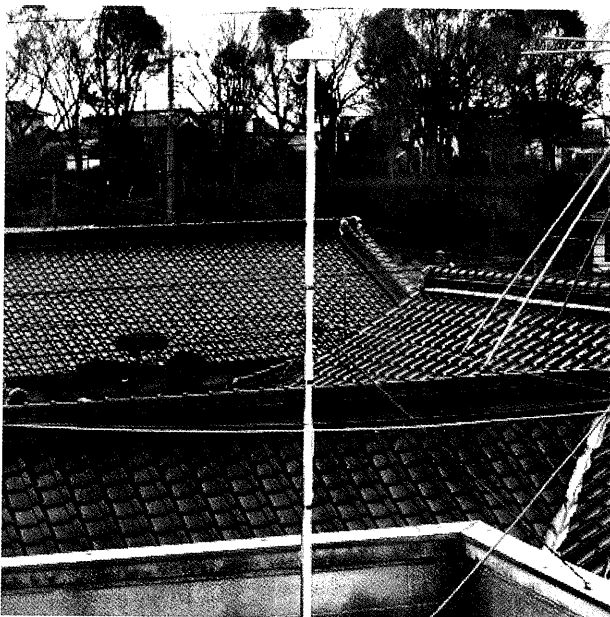


Fig. 3 Fixed Point TMZK. About 6km West from Kogakubu Triangulation Point.



Fig. 4 Ube Mura Triangulation Point on 2007/11/08.

Fig.8 (宇部村2等三角点)は、結果を比較するため機電棟屋上に常置して使用したロランC受信機 (Model eLS-1, Serial Number 1867, eLoran-W と書く・Fig.2) と、専ら移動して使用したロランC受信機 (Model eLS-1, Serial Number 1807, eLoran-E と書く) との性能差を検証するため、人工雑音の少ない宇部村2等三角点において、標石を挟んで約

2m の距離に設置したものである。

4. 観測結果

それぞれの観測点における結果の一部を、UNCTにおける結果と併せて、Fig.9 (TMZK), Fig.10 (宇部村2等三角



Fig. 5 Tokonami Koen Triangulation Point on 2007/11/16.

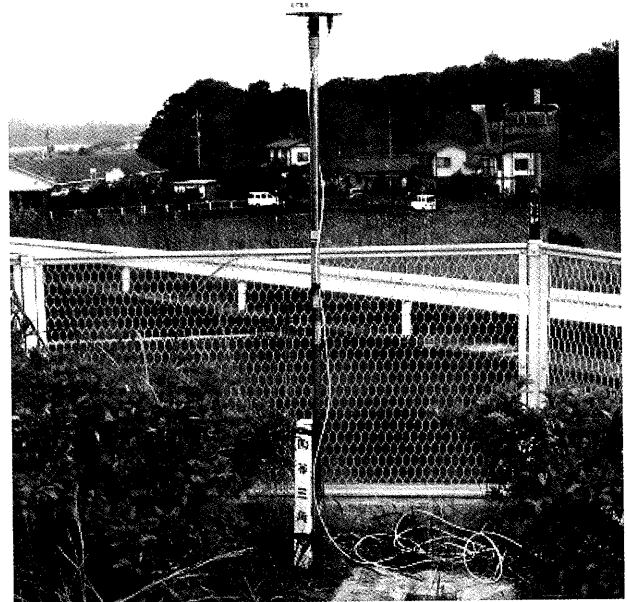


Fig. 6 Tozyo Koen Triangulation Point on 2007/11/20.

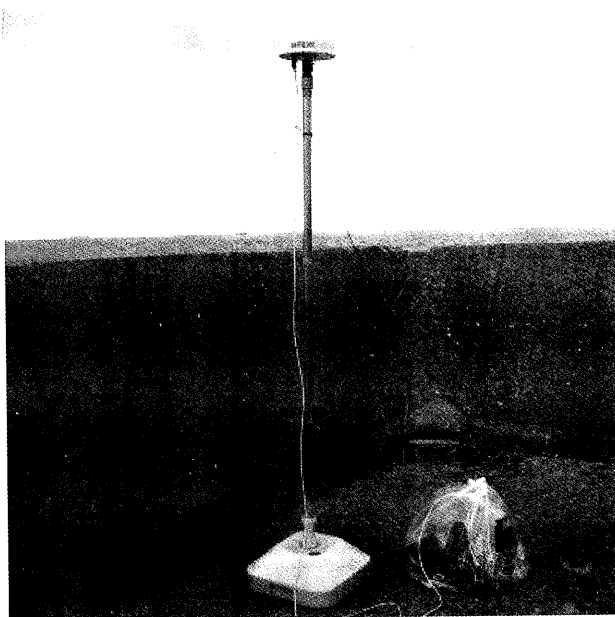


Fig. 7 Shibana Nishi Triangulation Point on 2007/11/21.

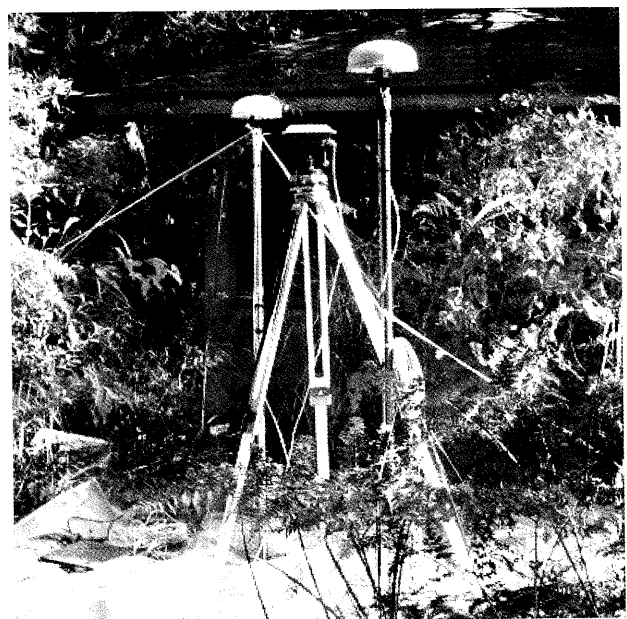


Fig. 8 Ube Mura Triangulation Point on 2007/11/29. Right:eLoran-W. Left:eLoran-E.

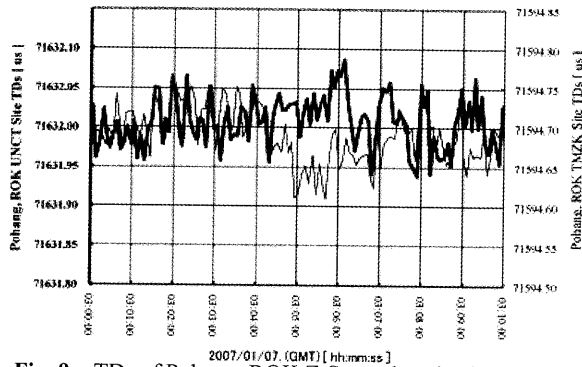


Fig. 9 TDs of Pohang, ROK Z-Secondary Station at Point TMZK. 03:00:00Z to 03:10:00Z, 2007/01/07. (Thick line at measured point UNCT and thin line at TMZK.).

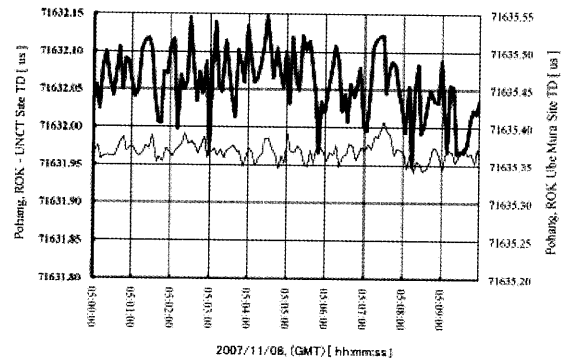


Fig. 10 TDs of Pohang, ROK Z-Secondary Station at Point Ube Mura TP. 05:00:00Z to 05:10:00Z, 2007/11/08. (Thick line at measured point UNCT and thin line at Ube Mura TP.).

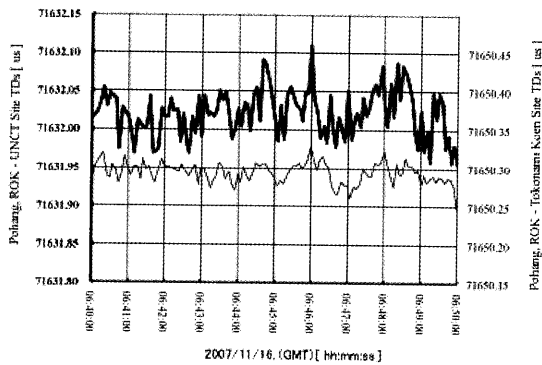


Fig. 11 TDs of Pohang, ROK Z-Secondary Station at Point Tokonami Koen TP. 06:40:00Z to 06:50:00Z, 2007/11/16. (Thick line at measured point UNCT and thin line at Tokonami Koen TP.).

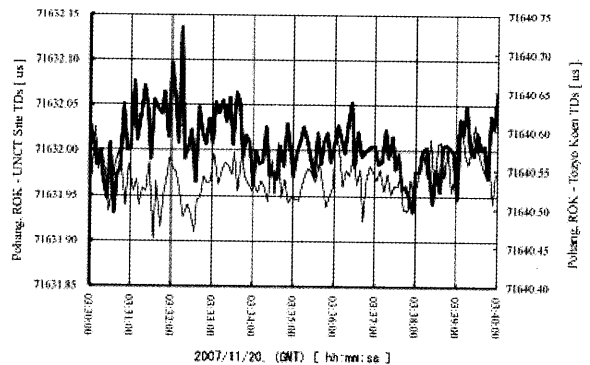


Fig. 12 TDs of Pohang, ROK Z-Secondary Station at Point Tozyo Koen TP. 03:30:00Z to 03:40:00Z, 2007/11/20. (Thick line at measured point UNCT and thin line at Tozyo Koen TP.).

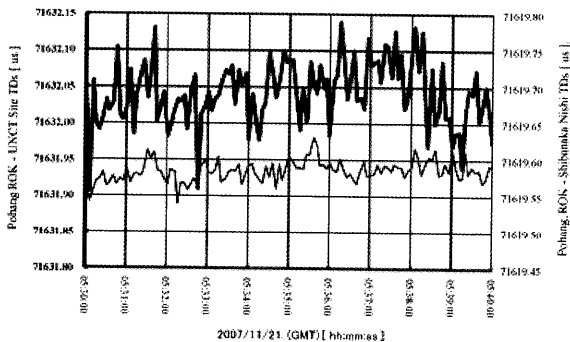


Fig. 13 TDs of Pohang, ROK Z-Secondary Station at Point Shibanaoka Nishi TP. 05:30:00Z to 05:40:00Z, 2007/11/21. (Thick line at measured point UNCT and thin line at Shibanaoka Nishi TP.).

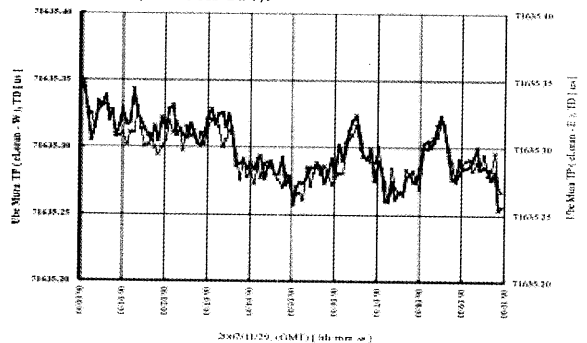


Fig. 14 TDs of Pohang, ROK Z-Secondary Station at Point Ube Mura TP. 06:00:00Z to 06:10:00Z, 2007/11/29. (Thick line measured by the eLoran-W receiver and thin line measured by the eLoran-E receiver.).

点), Fig.11 (床波公園 4 等三角点), Fig.12 (東条公園 4 等三角点), Fig.13 (芝中西 4 等三角点)に示す。

Fig.14 (宇部村 2 等三角点)は, eLoran-W と eLoran-E の性能差を検証するため, 宇部村 2 等三角点標石を挟んで約 2m の距離に設置して観測した結果である。

5. 観測結果の検討

(1)いずれの結果も, 短周期の不規則変動を伴ってお

り, 伝搬経路が, 海上, 陸上, 山岳地帯, さらに海岸線など, 伝搬経路の固有特性に基づく原因の他にもよるものと思われる。

(2)SI-TEX 社製ロラン C 受信機 eLoran Model eLS-1 は, 測定結果を 4 秒から 6 秒毎に出力する設定であるため, 短周期の不規則変動を追跡できず, エイリアシングが発生している可能性がある。この点は, 他の方法を検討する必要がある。

(3)ロラン C 電波は, 人工雑音の存在により非常に影響

を受けることが、明らかになった。UNCTとTMZKは、雑音の影響が大きく、電波の伝搬遅延と、雑音の区別が難しい。

(4)1秒程度以下のサンプリング周期でさらにTDの変動を観測する必要があるが、Fig.9からFig.14を詳細に観察すると、高い相関を示す不規則変動をしており、差分に基づくディファレンシャル補正の可能性を認める。

(5)Fig.14(宇部村2等三角点)から、eLoran-WとeLoran-EのTD計測性能には顕著な差異は認められない。

6. 結言および今後の課題

近時、電波援用測位システムは、GPSを始めとするGNSSに依存している場合が多いが、GNSSは、事故や妨害行為などに對する脆弱性が危惧されており、補完システムの併用が論じられている。広域航行援助システムであるロランCシステムの近代化の一手段として、GPSとロランCとの併用、2地点に共通な誤差を相殺するトランスロケーション方式による位置補正方法であるディファレンシャル方式などが提案されているが、後者にあつては、島

嶼周辺など適用域によっては否定的な報告もある。

ロランCシステムの測位根拠である、送信局からの電波伝搬時間を実際に計測し、ディファレンシャル方式の適用の可能性を調査し、サンプリング周期を1秒程度以下にして、TDの変動をさらに観測する必要があるが、ディファレンシャル方式の適用可能性を認めた。

文 献

- 1) 宮本, 柿原, 宮崎, 喜多澤, 小池, 伊豆大島周囲におけるロランCの付加的二次係数の推定, 東京水産大学研究報告, 85, 2, 29-42, (1998.12).
- 2) Benjamin B. Peterson, Kenneth Dykstra, Differential LORAN for 2005, J. Global Positioning Systems, 3, 1-2, 57-62, (2004).
- 3) R. L. Frank and D. L. McGew, Real-time compensation of Loran C/D temporal variations, presented at the 3rd annu. Tech. Symp. WGA., (1974-10). (2000).
- 4) 海上保安庁, ロランC国際協力チェーンの構成, URL, <http://www.kaiho.mlit.go.jp/syoukai/soshiki/toudai/lolanc/lc1.htm>, (as of 2007/12).
- 5) 国土地理院, 基準点成果等閲覧サービス, URL, <http://sokuservice1.gsi.go.jp/>, (as of 2007/12).
- 6) SI-TEX Marine Electronics Inc., 11001 Roosevelt Blvd., Suite 800 St. Petersburg, Florida 33716 U.S.A. (2007).