

# 船舶用レーダーとレーダービーコンを用いたGNSSバックアップのための測位システム

A Positioning System using Maritime Radar and Radar Beacons as a Backup for GNSS

山林 潤  
Jun Yamabayashi

小嶋 達也  
Tatsuya Kojima

岡田 勉  
Tsutomu Okada

柏 卓夫  
Takuo Kashiwa

古野電気株式会社  
FURUNO ELECTRIC CO., LTD.

## 1 はじめに

今日、GNSS(全地球航法衛星システム:Global Navigation Sattelite Systems)はECDIS, AIS, オートパイロット等の多くのナビゲーションシステムの基盤技術となっている。その一方で、GNSSは衛星システム障害に対する脆弱性に加えて太陽フレアやジャミング等の妨害波に対する脆弱性が指摘されている。また、IMOが推進するe-Navigation戦略においてもGNSSバックアップシステムの必要性が指摘されている。そこで現在、GNSSバックアップシステムとして英GLA(General Lighthouse Authority)が中心となりeLoran(Enhanced Loran)[1]が開発されている。eLoranはドーバー海峡を中心に仮運用が開始されている。

しかしeLoranにも問題が存在する。それは、通常時はGNSSがあるために利用されないにも関わらずeLoranの受信機を船舶に搭載し基地局を配備しておかなければならない、というものだ。

このような背景のもと筆者らは新たなGNSSバックアップシステムとして、X帯レーダーとレーダービーコン(レーコンと呼ぶ)を用いた測位システムを開発した。本システムではレーダーおよびコンパスを用いて測位するため、船舶側に普段利用しない装置を設置する必要はない。また、バックアップシステムが必要な海域(例えば港入り口や輻輳地帯等)に絞ってレーコンを設置すれば良いため運用も簡便であるという特徴がある。

## 2 測位原理

レーコンは通常レーダーパルスを受けた場合、レーダーPPI画面上でモールス符号状に見える応答波を送信する。本システムに用いるレーコンは、レーダーパルスの応答信号として自身の設置位置データも重畳して送信する。レーダー側では、レーコンからの応答を受信・復調しレーコンの位置 $(x_n, y_n)$ を得る。また、レーダーの測距機能によって得たレーコンまでの距離 $l_n$ ・相対方位 $\theta_n$ と、コンパスから取得した船首方位 $\theta_H$ とから、アンテナ1回転中にレーコンの情報を1つ取得できた場合(1-Rcn-Posと呼ぶ)は式(1)、レーコンの情報を2つ取得できた場合(2-Rcn-Posと呼ぶ)は式(2)を用い自船位置 $(x, y)$ を求める。ここで、レーコン位置、レーコンまでの距離・相対方位のサフィックス $n$ はアンテナ1回転中に取得できた複数のレーコンを区別するインデックスである。

$$\begin{cases} x = x_1 - l_1 \cos(\pi/2 - \theta_H - \theta_1) \\ y = y_1 - l_1 \sin(\pi/2 - \theta_H - \theta_1) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = l_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = l_2^2 \end{cases} \quad (2)$$

## 3 実験とその結果

イギリスでの実験海域を図1に示す。レーコンは海岸付近の灯台(海拔37m)に、レーダーは実験船(アンテナ高さ約9m)にそれぞれ設置した。レーコンまでの距離を変えなが

ら計11Pointにおいて、停船した状態で測位データを取得した。収録時間は各Pointあたり10~20分とした。

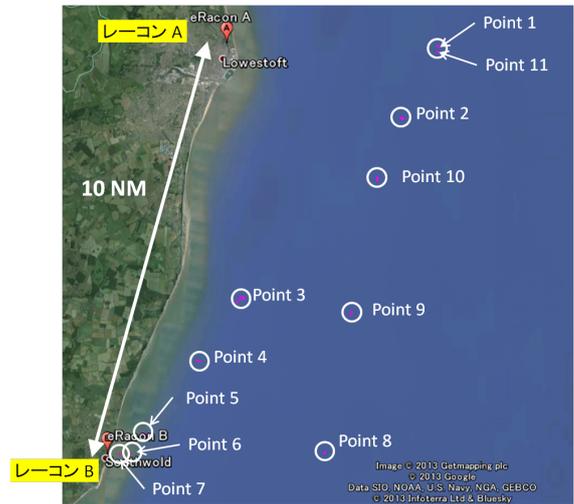


図1 実験海域

各Pointでの測位精度を図2に示す。図中Accuracyとは、各実験における全測位点の95%測位誤差である。なお、誤差を算出するための真値として、実験船に搭載されていた高精度GPSの出力を用いた。また、1-Rcn-Pos(A/B)の括弧内は測位に使用したレーコンを示している。

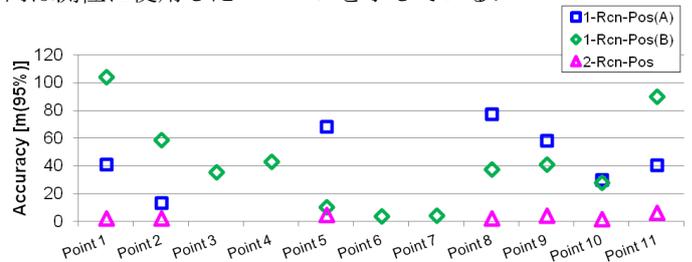


図2 各Pointでの測位精度

2-Rcn-Posは全実験ポイントを通して7m以下のAccuracyであった。しかし、Point3, 4, 6, 7において2-Rcn-Posは結果を出力できなかった。これはアンテナ1回転中にレーコンAとBが同時に応答しなかったためである。レーコンAの南方向の障害物が原因であると思われる。

## 4 おわりに

本稿では、レーダーとレーコンを用いた測位システムの測位原理と実験結果を報告した。実験結果から、2-Rcn-Pos測位ではGNSS単独測位に匹敵する精度が得られることが確認できた。一方で、キャリアに直進性の高いX帯を用いているため、eLoran等の長い波長を用いる測位システムに比べて死角の問題が顕在化しやすい。これについては設置する際の環境に注意することである程度解決できると考えられる。

## 参考文献

- [1] "Enhanced Loran Definition Document," International Loran Association, Oct. 2007.