

レーダによる小型船舶白観測手法に関する研究*

A study on the method of observing Small-size Ships by RADAR system

酒井浩二、浜田賢二、早藤能伸、黒田祐一

By Koji SAKAI, Kenji HAMADA, Yosinobu HAYAHUJI, Yuichi KURODA

Recently, marine traffic safety has become important because of the rapid increase of small-size ships such as pleasure-boats. But researches concerning navigational characteristics of small-size ships have not been enough so far.

Marine traffic observation using RADAR system is one of the effective methods because it can get many tracks of ships simultaneously and accurately in wide area.

In this study, we investigate the applicability of RADAR observation method to analyze navigational characteristics of small-size ships, and apply it to the field researches.

Results are summarized as follows:

- 1) This RADAR observation system can get the tracks of small-size ships accurately in the area with radius 3 nautical miles.
- 2) Velocity distribution and density distribution of all small-size ships can be illustrated by super computer system.
- 3) Minimum approaching distances between ships can be calculated to evaluate dangerous conditions.
- 4) The marine traffic condition around the water way can be evaluated by this observation system.

1. はじめに

1.1 概論

近年、マリナーボートの活動が盛んになり、我国に存在するプレジャーボート隻数も年々増加している。これらプレジャーボート活動の発展に資するための水域利用の調整や係留施設の整備が図られつつあるが、プレジャーボート等小型船舶をめぐる情勢としては、不慣れた操船ミス等によるトラブルも多く、小型船舶に関連する海難事故が増加する傾向にある。このような状況であるにも関わらず、これらプレジャーボート等小型船舶の実海域における活動実態はまだ十分には把握されていない。

一方、船舶の航行特性を調査する方法として種々の方法があるが、その有効な手段の一つとしてレーダを用いた実態観測手法が挙げられる。当所のこれまでのレーダ観測は、広範な海域において、主として中・大型船の航行特性を調査するものであった。そのためレーダをプレジャーボート等小型船舶の観測に応用するにあたり、捕捉限界、レーダ画像撮影および現像方法等に関して種々の検討を行い、これらを実海域（神奈川県平潟湾周辺海域、江ノ島周辺海域）における現地観測に適用し、その有効性を確認するとともに、同海域における小型船舶の航行実態の解析を行った。

*キーワード レーダ観測、小型船舶、航行特性

**正会員 運輸省港湾技術研究所
(〒239 横須賀市長瀬3-1-1)

***正会員 運輸省第四港湾建設局

1.2 プレジャーボート等小型船舶の定義

本研究で用いるプレジャーボート等小型船舶の分類を表-1に示す。

表－１ 船種分類

区 分	船 種	特 徴
動力船	モーターボート ユーティリティボート フィッシングボート 漁船 水上バイク	レクリエーションを主とした艇 最もシブいタイプの艇 遊漁船（釣り船） 操業を主とした艇 ジェットスキーなど
人力船	ローボート	手漕ぎボート
帆 船	クルーザーヨット ディンギーヨット ボートセリング	キャビン・補助エンジンあり セールのみ セールのみ（ウィンドサーフィン）

２．観測方法

レーダとは発射電波の発信時刻と反射電波の受信時刻の時間差から対象物の位置を特定する機器である。

船舶の航行特性を調査するには、表示された海域のレーダ画面を定時間隔毎に写真撮影を行い、また航跡を明確に特定するため、同一フィルム上に数回重ね撮りを行う必要がある。このようにして撮影されたレーダ画像を一般毎にトレースし航跡図を作成する。

船舶の航行映像を鮮明に捕らえるために、レーダ観測を行う際の一般的な留意点を以下に示す。

- ・観測対象海域全体が見渡せること。
- ・レーダ設置位置付近に特定の遮蔽物がないこと。
- ・レーダのビーム幅が狭いため、高所に設置すると近場の映像が捉えられないこと。
- ・レーダ波長によっては、FRP船を捕らえることが難しい場合があることや、海面・雨雪反射等の雑音を拾う可能性があること。
- ・実際の地形と照合するために、明確に捕捉できる海岸線または標識・構造物があること。
- ・撮影間隔および重ね撮り回数は、調査目的や海域の広さ、対象船舶に合わせて設定すること。

以上の項目に留意し、プレジャーボート等小型船の活動状況を詳細に捕らえるために最適なレーダの設定条件および撮影条件を決定する必要がある。久々里浜湾（横須賀市）、東京港湾口部等において事前観測を行い、以下のような設定方針が得られた。

- ・小型船舶の詳細な挙動を捕らえるために、レーダレンジは、大・中型船舶の観測時より狭い範囲に設定する。
- ・プレジャーボートは航行時の変針が多いことから、レーダ写真の撮影時間間隔は、これまでの半分の撮影間隔にする。
- ・レーダ航跡の認識性を考慮してレーダ写真の重ね撮り回数は通常の設定回数で良い。
- ・小型船舶であることを考慮して輝度調整は従来の観測時よりも若干高めにする。

また、レーダ画像の航跡図からは船種を特定することは出来ないため、観測する実海域において船舶の航行状況に合わせて目視ラインを設定し、そこを通過する船舶の通過時刻、通過方向および船種等を目視、ビデオ等により観測する。これら目視観測等において小型船舶を観測する際には、船種の視認性を向上させるために見通し距離を１マイル未満に設定した。

なお、本調査に使用したレーダ装置の性能、公称分解能等は表－２の通りである。またレーダ観測車の外観を図－１に示す。

表－２ レーダ性能

項 目	性 能
１．周波数	9,740 MHz
２．出力	50 kw
３．距離範囲	0.25～48 nm
４．距離分解能	25 m
５．最小探知距離	30 m
６．方位分解能	1° 以下



図－１ レーダ観測車

3 現地観測への適用

3.1 観測海域

現地観測を神奈川県平潟湾周辺海域と江ノ島周辺海域にて行った。選定理由は以下の通りである。

平潟湾周辺海域では、平潟湾に注ぐ侍従川、六浦川には数多くの放置プレジャーボートが存在し、平潟湾内およびその周辺にはマリナー、漁港があり、相当数の小型船舶がこの付近より入出港している。また、浦賀水道航路、中の瀬航路に近接することから、航路近傍における輻輳海域における小型船舶の航行特性を捕らえることが出来る。

江ノ島周辺海域では、収容隻数 1,000 隻の江ノ島ヨットハーバーから入出港するディンギーヨットやボードセーリングを観測することが出来る。

3.2 レーダ観測設定値

レーダの設定値を、中・大型船を主対象として行った東京湾全域観測の場合と比較して表-3 に示す。

表-3 レーダ観測設定値

観測場所 (観測年月日、時間)	対象船舶	撮影レンジ (m)	撮影間隔 (分)	重複回数 (回)
東京湾全域 (H3.10.18 16:00～ H3.10.20 16:00)	全船舶	6	2	3
平潟湾周辺海域 (H4.7.25 11:30～16:30) (H4.7.26 10:00～15:00)	プレジャー ボート等 小型船舶	3	1	3
江ノ島周辺海域 (H4.10.8 11:00～15:30)	ディンギー ヨット等	1.5	1	3

3.3 海気象条件

プレジャーボート等小型船舶の活動状況は海気象条件に左右されると考えられる。観測当日の海気象条件は、平潟湾周辺海域では両日とも天候晴、波高 50 cm 程度、風力 2～5 m/s、視程 4 km 以上であるが幾分もやががかかっている状態であった。一方、江ノ島海域では、天候曇、波高 10 cm 程度、風力 0.3～1.5 m/s、視程 7 km 以上であった。

3.4 観測結果

観測全期間における小型船舶の観測隻数の内訳を表-4 に示す。この値は船種を特定することが出来

る目視ラインを通過した隻数である。

表-4 観測隻数 上段:隻数 下段:割合

船種	観測海域	
	平潟湾	江ノ島
クルーザーヨット	46 (11.4)	9 (5.2)
ディンギーヨット	2 (0.5)	27 (15.7)
モーターボート	132 (32.8)	0 (0.0)
ソーティングボート	20 (5.0)	1 (0.6)
フィッシングボート	95 (23.5)	11 (6.4)
漁船	70 (17.3)	29 (16.9)
ロボート	1 (0.2)	0 (0.0)
ボードセーリング	0 (0.0)	89 (51.7)
水上バイク	3 (0.7)	0 (0.0)
その他	1 (0.2)	0 (0.0)
不明	34 (8.4)	6 (3.5)
合計	404	172

次に両海域における船種別航跡図を図-2～7 に示す。さらにこれらのうちでモーターボートとボードセーリングについて、密度図、速力図、ゲートライン通過速力分布図、ゲートライン通過隻数図を図-8～15 に示す。ここで密度図とは、船舶の海域利用率、混雑度を表すものであり、単位時間、単位面積あたりの存在隻数で表し、式(1)により求められる。

$$D = \frac{\sum K S / V}{T} \quad (1)$$

ここで、Dは航跡密度(隻/km²)、Sはメッシュ内航行距離、Vはメッシュ内航行速力、Tは観測時間、Kは船形換算係数で、プレジャーボート等小型船舶はトン数区分による代表船長が同じであることからK=1とした。

また、速力図は、対象海域内における航行速度分布を表し、ゲートライン通過隻数図は、設定したゲートラインを一定幅の通路帯に分割し、通路帯毎の通過隻数を柱状グラフで表したものである。

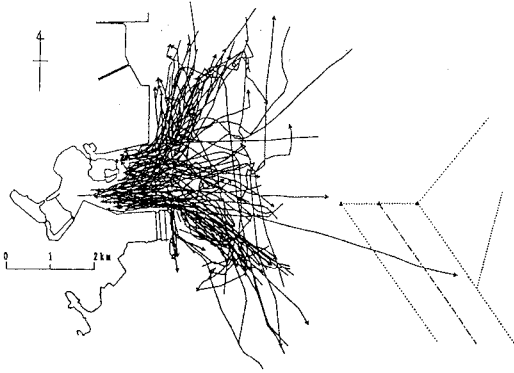


図-2 モーターボートの航跡図
(平潟湾周辺海域)

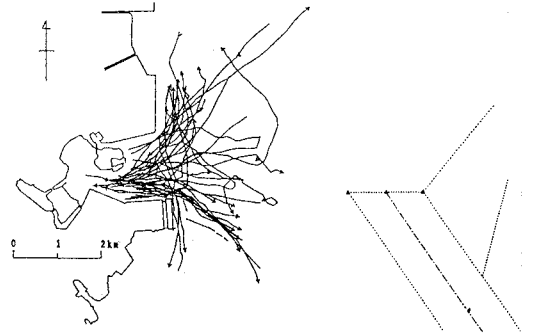


図-5 クルザーヨットの航跡図
(平潟湾周辺海域)

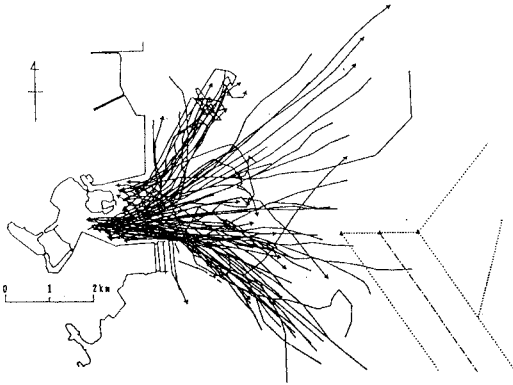


図-3 フィッシングボートの航跡図
(平潟湾周辺海域)



図-6 ディンギーヨットの航跡図
(江ノ島周辺海域)



図-4 漁船の航跡図
(平潟湾周辺海域)



図-7 ボードセーリングの航跡図
(江ノ島周辺海域)

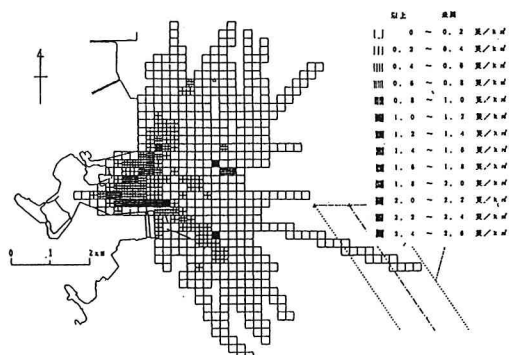


図-8 密度図 (モーターボート)

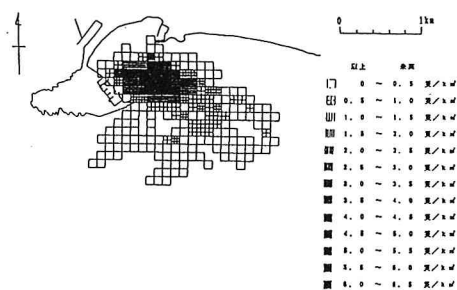


図-12 密度図 (ボードセーリング)

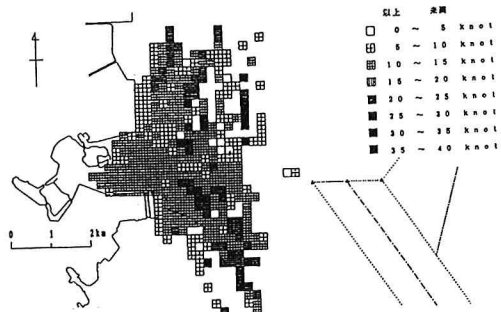


図-9 速力図 (モーターボート)

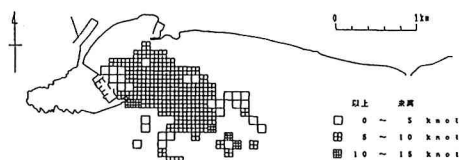


図-13 速力図 (ボードセーリング)

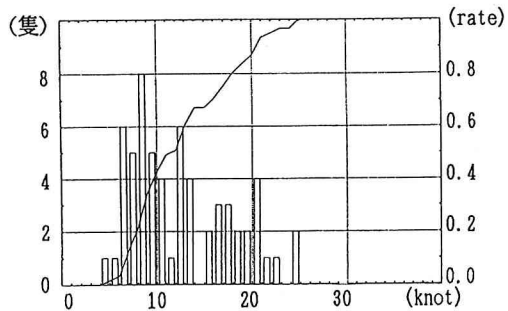


図-10 ゲートライン通過速力分布図 (出港)
(モーターボート)

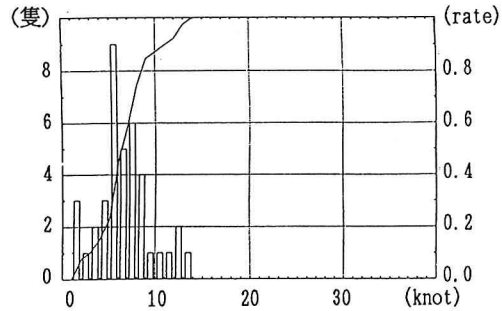


図-14 ゲートライン通過速力分布図 (出港)
(ボードセーリング)

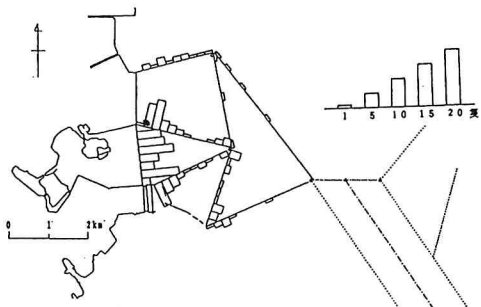


図-11 ゲートライン通過隻数図 (出港)
(モーターボート)

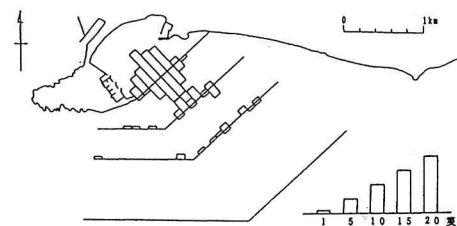


図-15 ゲートライン通過隻数図 (入出港)
(ボードセーリング)

次に、平潟湾周辺海域において目視ラインを通過した全小型船舶と浦賀水道航路を航行する義務のある中・大型船舶の10時間の航跡を図-16に示す。なお、この跡図には目視ラインを通過していない小型船舶の航跡は含まれていない。したがって、実際にはより多くの小型船舶が存在していることになる。同図には、小型船舶の一部が浦賀水道航路から京浜港方面へ出入りする中・大型船の針路を横切って、中の瀬方面へと航行している状況も捕らえられており、浦賀水道航路近傍での船舶の輻輳実態が観測されている。

4. まとめ

レーダによるプレジャーボート等小型船舶の航行実態観測手法を検討し、これを実海域における観測に適用した結果、以下の結論が得られた。

- ① レーダにより、小型船舶の航行を7.5 km (約4マイル) 付近まで捕らえることが出来た。そのため同種のレーダ機器を用いた場合の観測レンジは、3マイルレンジ以下の設定が妥当であり、より広い範囲において小型船舶を捕らえるには、レーダ機器を数台揃える必要がある。
- ② 動力船の航跡は、目的とする海域に直線的に

航行し、また帆船の場合、400～500 m程度の直進および変針を繰り返して入出港する傾向がある。

- ③ 本観測手法の適用により、船舶同士の最小接近距離に関する解析も可能であり、今回の観測では、小型船舶同士の最小接近距離は10数m程度であった。

レーダ観測は、これまでは広範な海域における主として中・大型船舶の航行特性を調査するために用いられてきたが、今回の調査研究により小型船舶に対しても適切な機器の設定により応用が可能であることが確認された。

今後は観測事例を増やし、地域特性や海気象条件等の変化にも適切に対応できるように配慮する必要がある。

参考文献

- 1) 奥山育英 「海上交通計画情報に関する研究」 港湾技研資料 No.536 1985
- 2) 奥山育英, 早藤能伸, 他 「東京湾における海上交通」 港湾技研資料 No.583 1987
- 3) 早藤能伸, 奥山育英, 他 「関門海峡西部海域の海上交通」 港湾技研資料 No.514 1985

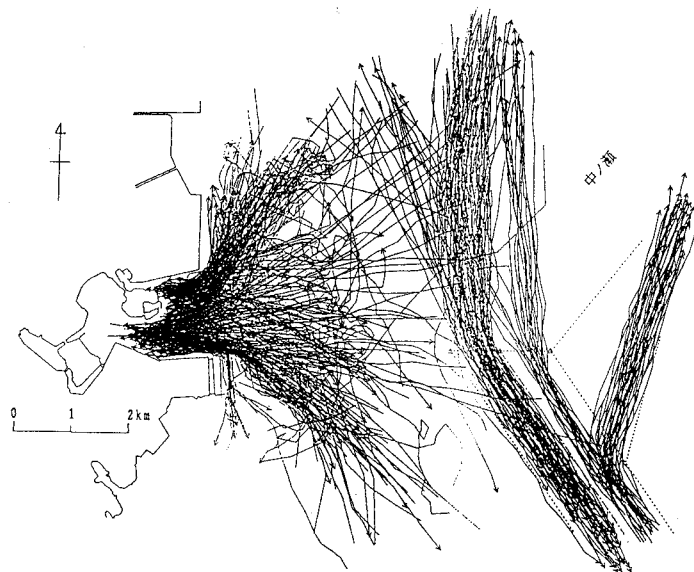


図-16 輻輳海域航行状況