



FRP製小型漁船の レーダ断面積について

井手麻奈美(M.O.マリソコンサルティング)

林 尚吾 (東京海洋大学)



CONTENTS

- 背景
- 小型船が関係する海難
- レーダによる小型船の視認性
レーダ断面積の実際
- 視認性向上のための対策



背景

- FRP製小型船の事故

レーダで見えていた？

- IMOのSOLAS条約 150トン未満

国内法（船舶設備規則など）50トン未満

航海用レーダ反射器の装備義務

バルーン型では 1.5m^2 効果は？



背景

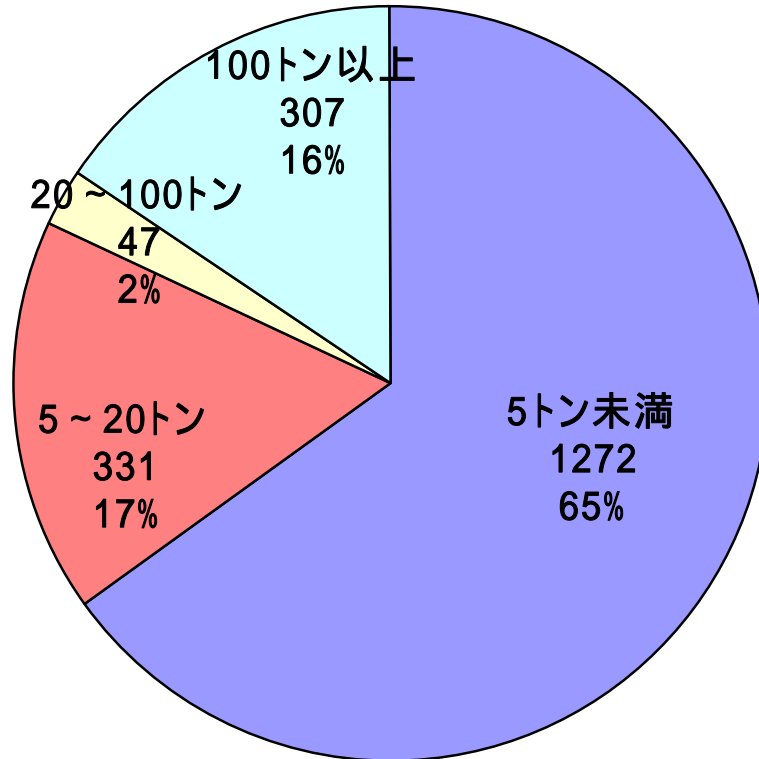
- FRP製小型船のレーダ断面積の資料
昭和50年代 富山商船高専

軍艦、飛行機などの資料は多い

FRP製小型船のレーダ断面積の実測

要救助海難件数 トン数別

平成19年 総数1957件



- 衝突
- 転覆
- 乗揚げ
- 機関故障



発見の遅れを防ぐために

視覚、聴覚、通信手段による見張り

目視、レーダ
音声無線

レーダ反射器装備義務

共通無線システム

国際VHF

デジタル通信

AIS, 漁業無線

5/25から検討が始まる

レーダ反射器の装備率

外洋	159隻中	13隻	8.1%
湾内	397隻中	15隻	3.7%

低い装備率
性能が周知されていない？

取り付け不備も。





小型船のレーダ断面積の実際

- フィールド観測 -

1. レーダで、海上の小型船の反射強度を計測
2. 対象船舶の大きさ（高さ）と距離の計測
3. レーダアンテナ高さの計測
4. レーダ方程式によるハイトパターンと比較
パラメータはレーダ断面積

レーダ方程式

$$P_R = \frac{P_t \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{(4 \cdot \pi)^3 \cdot R^4} \cdot 16 \cdot \sin^4 \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot a_1 \cdot a_2}{R \cdot \lambda} \right)$$

P_t : 送信出力[dBm]

R : 物標までの距離[m]

P_R : 受信電力[dBm]

a_1 : 地球の等価半径を考慮したアンテナの高さ[m]

λ : 波長[m]

a_2 : 地球の等価半径を考慮した物標の高さ[m]

G : アンテナ利得[dB]

σ : レーダ断面積 (Radar Cross Section) [m²]

小型船のレーダ断面積の実際 - フィールド観測 -

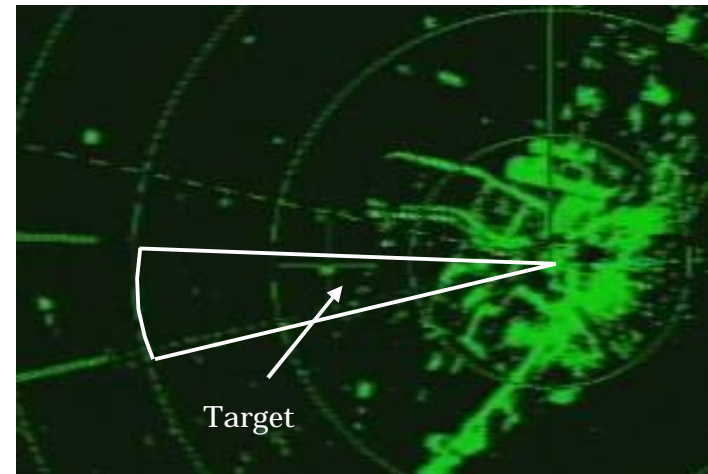


東京海洋大学研究用レーダ車

周波数	9.4[GHz]
送信出力	25[kW]
水平ビーム幅	1.2[°]
アンテナ利得	30[dB]

勝浦：かつお1本釣り

富津：底引き網 のり 潜水



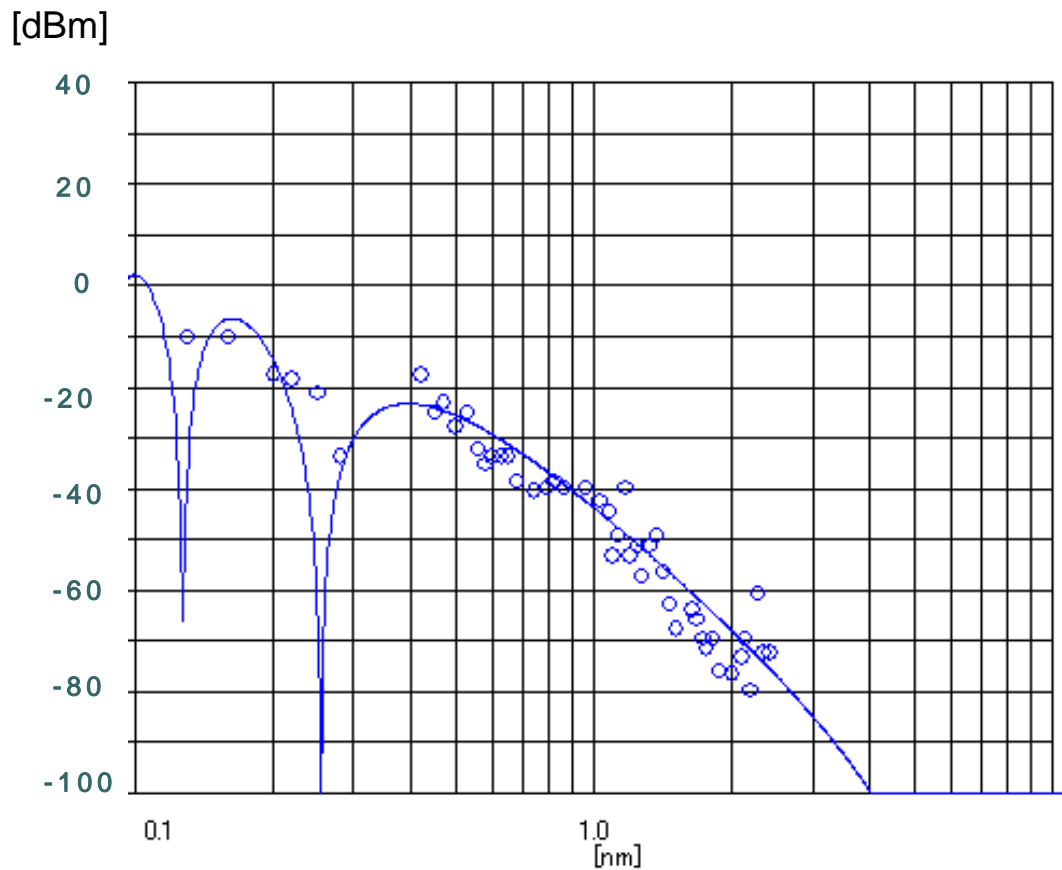
観測・解析方法の検証

レーダ断面積が既知の物標で実施

レンズレフ (= 10m^2) の観測例 1

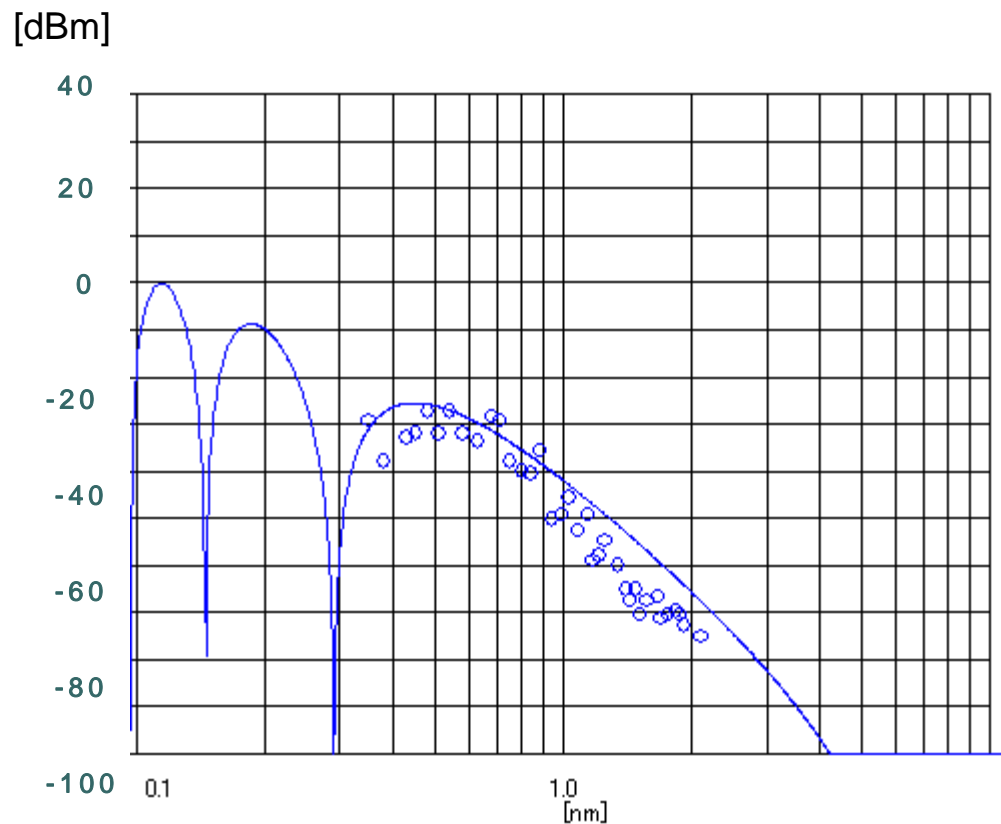


レンズレフ (= 10m²) の観測例 1



アンテナ高さ5.4m ターゲット高さ1.4m レーダ断面積10m²

レンズレフ ($= 10\text{m}^2$) の観測例 2



アンテナ高さ5.4m ターゲット高さ1.6m レーダ断面積 10m^2

観測した船の種類と概略の大きさ

	総トン数	長さ (m)	高さ* (m)
のり舟	< 5	4 - 5	0 . 5
底引き網漁船	5 - 10	1 2 - 1 5	4 . 5
潜水漁船	5 - 1 0	1 2 - 1 5	2 - 3
カツオ1本釣り船	5 0 <	3 0 前後	6

* レーダ方程式に用いる高さ = 実際の高さ × (2 / 3)

のり舟 人の影響が大きい



底引き網漁船 金属製のクレーン



潜水漁船 底引き網漁船と同じ船 クレーンなし

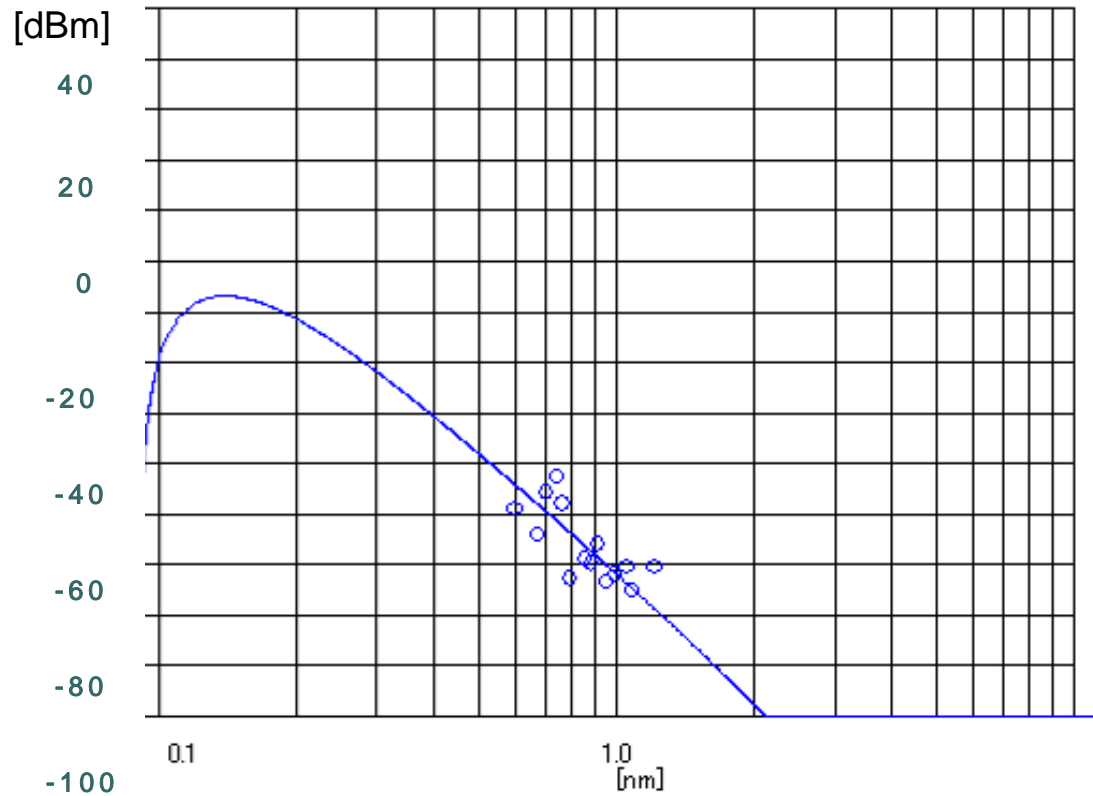


かつお1本釣り FRPとしては最も大きい方



のり舟のデータの一例

= 0.7 m²

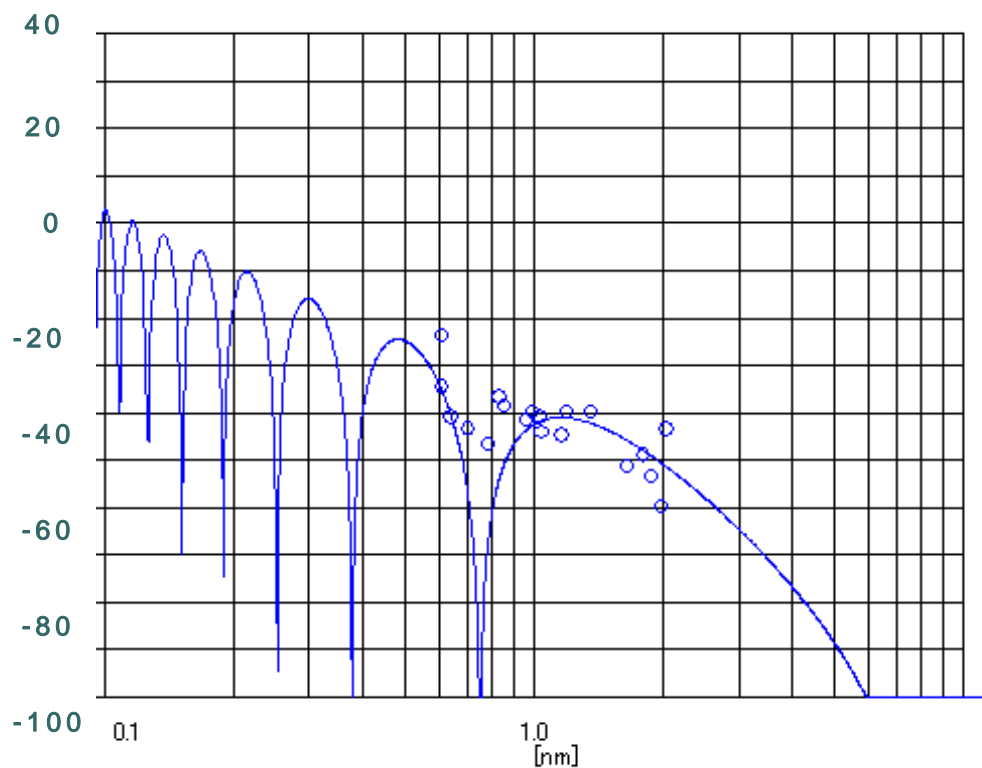


アンテナ高さ5.2m ターゲット高さ0.5m レーダ断面積0.7m²

底引き網漁船のデータの一例

= 12 m²

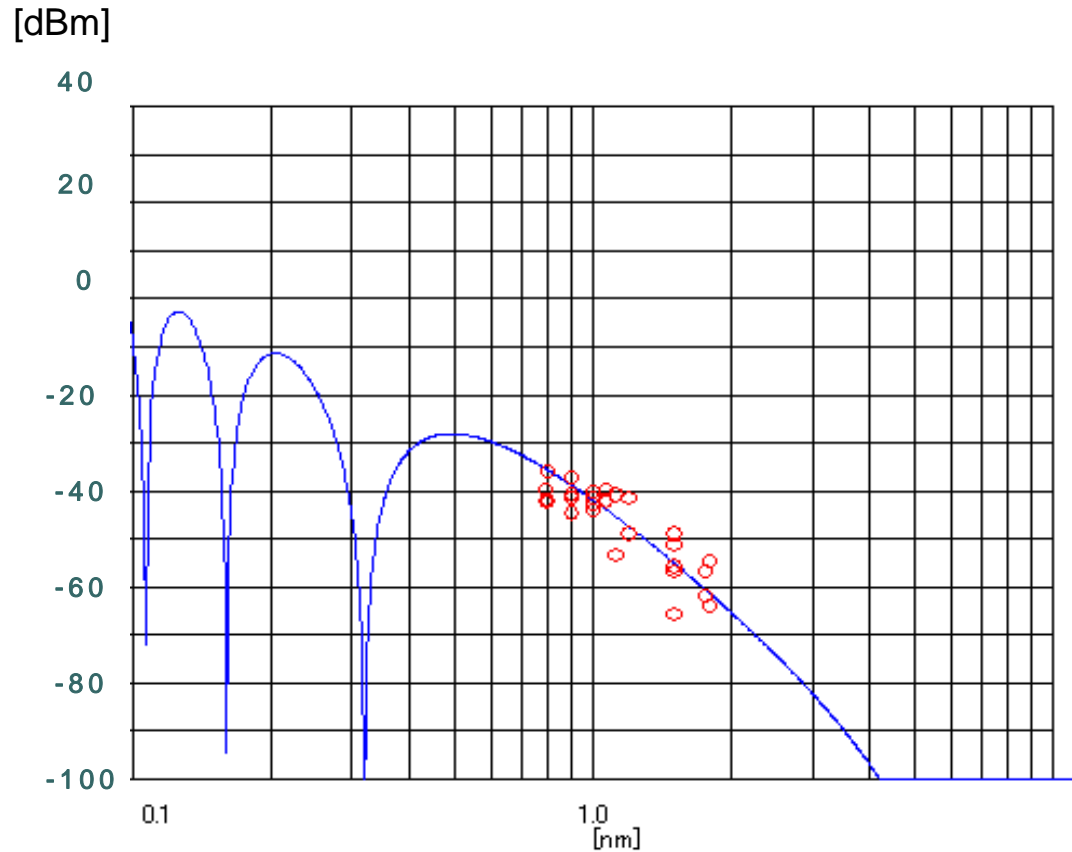
[dBm]



アンテナ高さ5.0m ターゲット高さ4.5m レーダ断面積12m²

潜水漁船のデータの一例

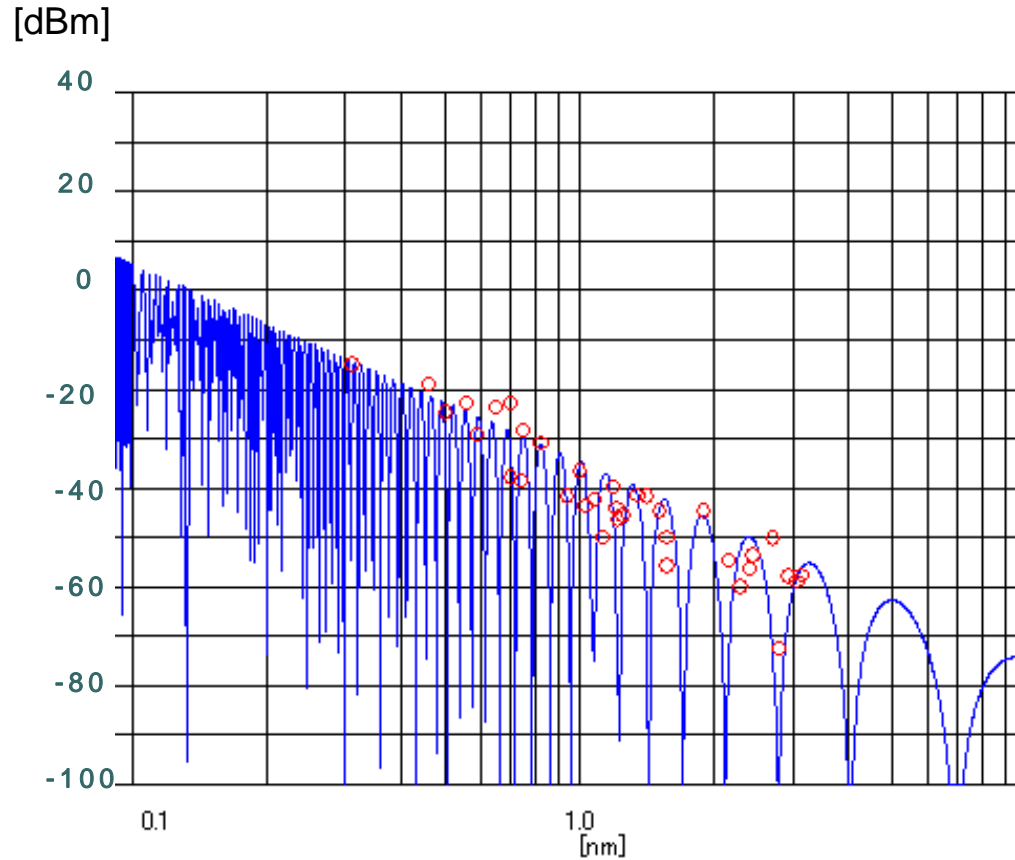
= 7 m²



アンテナ高さ3.8m ターゲット高さ2.5m レーダ断面積7m²

カツオ1本釣り船のデータの一例

= 15 m²



アンテナ高さ42.7m ターゲット高さ6m レーダ断面積20m²

観測した船の種類とレーダ断面積

	総トン数	長さ (m)	高さ* (m)	レーダ断面積 (m ²)
のり舟	< 5	4 - 5	0 . 6	0 . 7
底引き網漁船	5 - 10	1 2 - 1 5	4 . 5	1 2
潜水漁船	5 - 1 0	1 2 - 1 5	2 - 3	5 - 7
カツオ1本釣り船	5 0 <	3 0 前後	6	2 0

* レーダ方程式に用いる高さ = 実際の高さ × (2 / 3)



レーダ反射器の効果

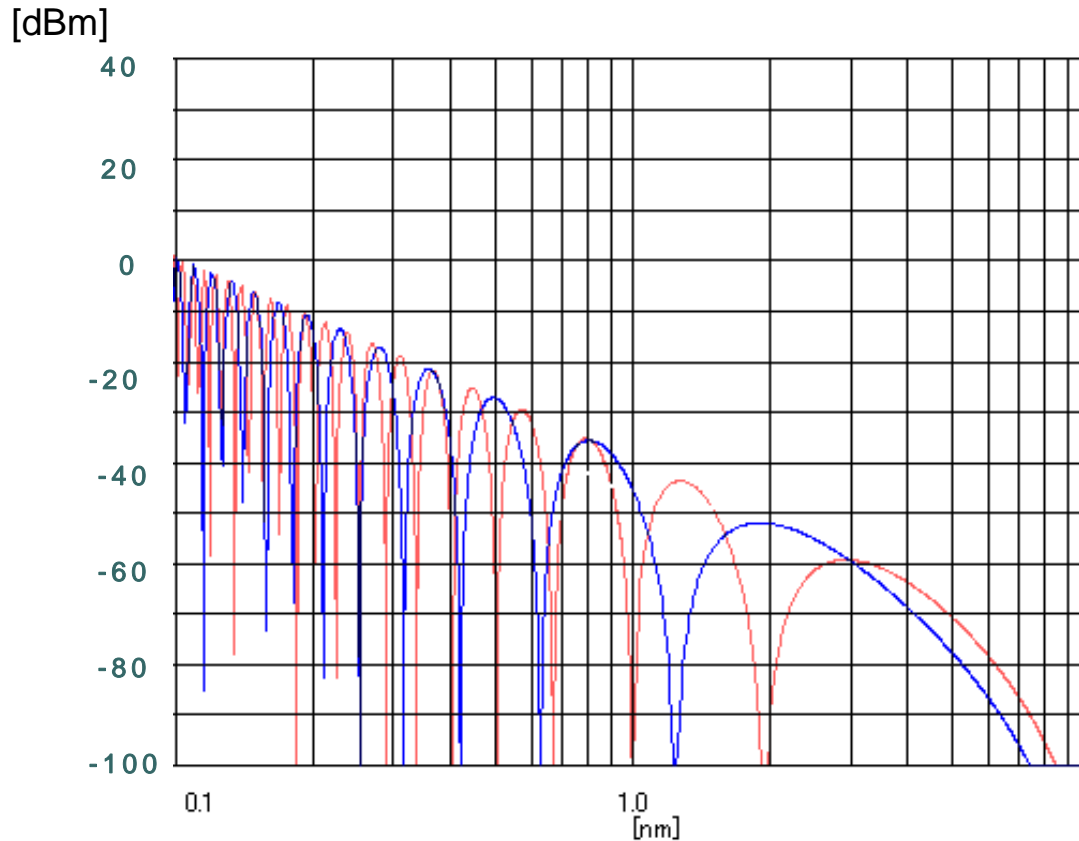
- 市販のレーダ反射器（コーナレフ）

アルミ板	35 cm	7 m ²
------	-------	------------------

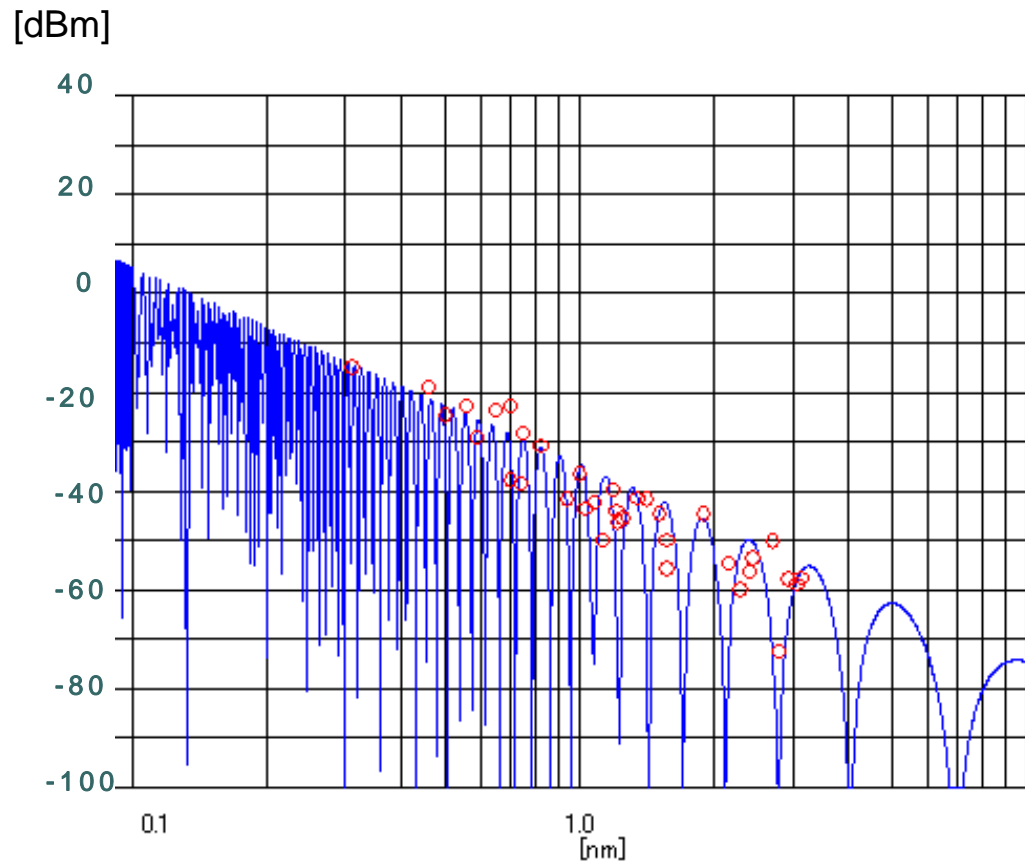
	20 cm	3 m ²
--	-------	------------------

バルーン	46 cm	1.5 ~ 10 m ²
------	-------	-------------------------

レーダ反射器の効果



アンテナ高さ15m ターゲット高さ2.5m(青) レーダ断面積7m²
4m(赤)



高さの差がある場合、パターンが細かく変動する。



レーダの性能要件 ISOおよびIMO/MSC/79

最小受信感度: - 7 5 d B m

9 GHz レーダ

送信出力 1 0 k W

高さ 1 5 m

ターゲット高さ 4 m

距離5マイルで検出できること。



発見の遅れを防ぐために

視覚、聴覚、通信手段による見張り

目視、レーダ

レーダ反射器装備

ルーネベルグレンズ

RTE(Radar Target Enhancer)

音声無線

共通無線システム

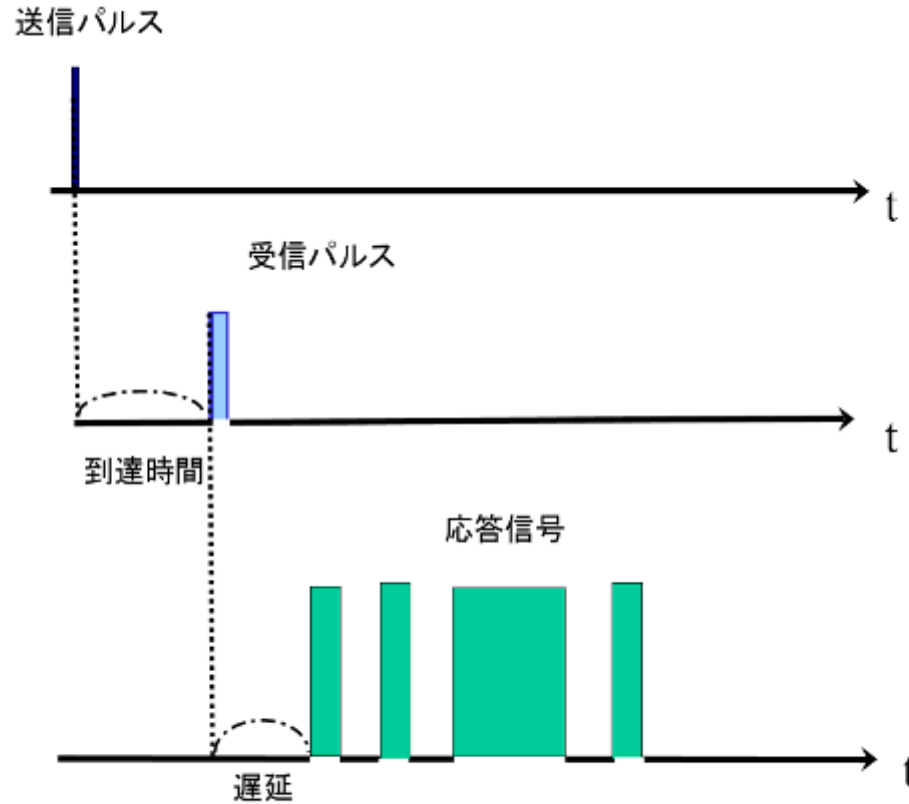
国際VHF

デジタル通信

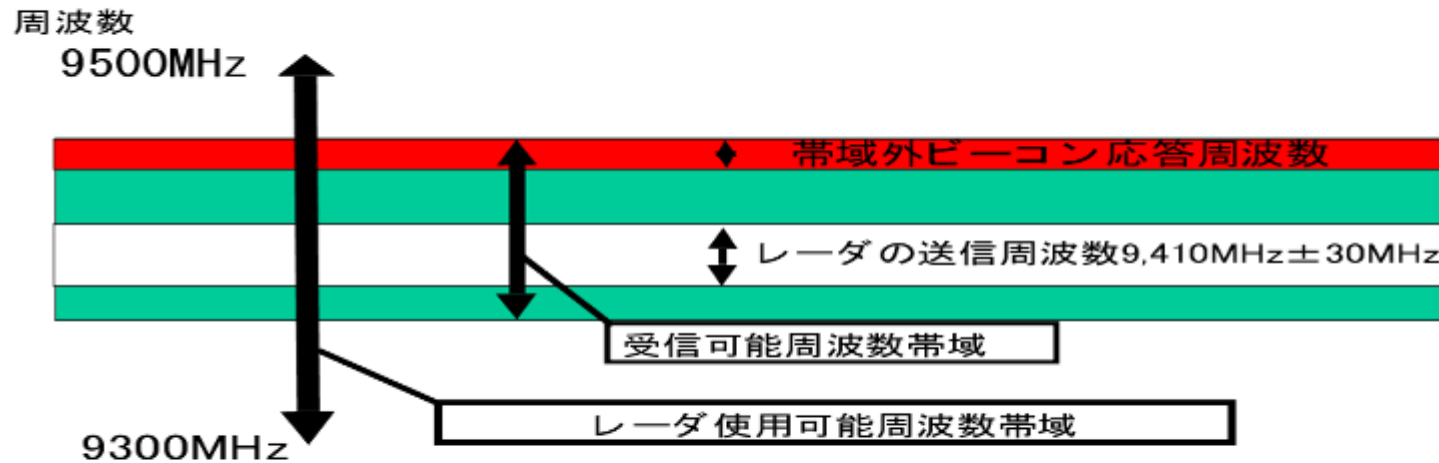
実用化への検討が始まる

AIS、漁業無線など

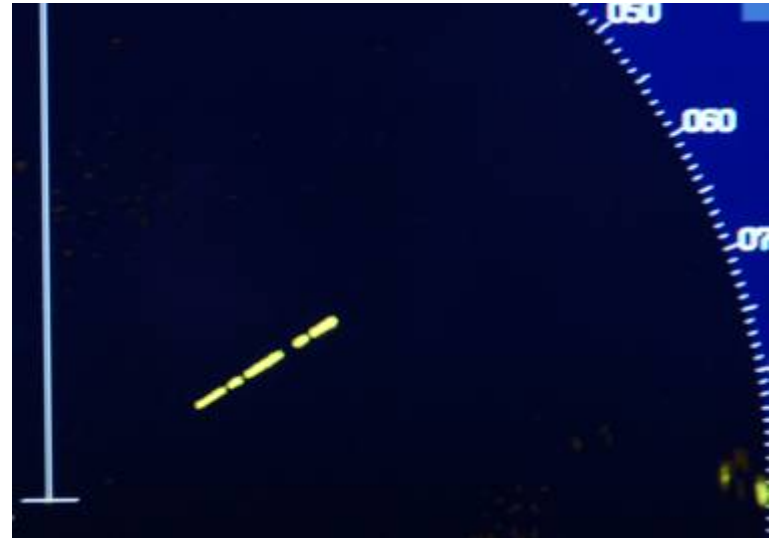
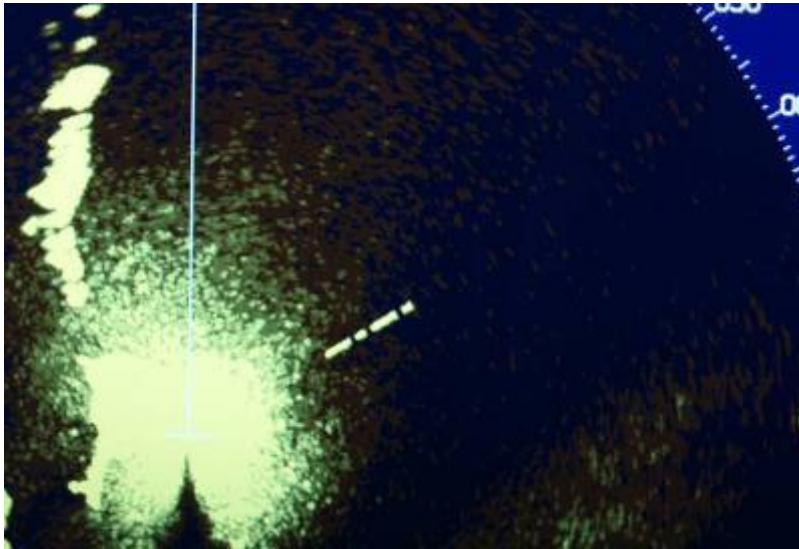
帯域外ビーコン



帯域外ビーコン



帯域外ビーコン



10 mW 帯域内ビーコンでも1.3マイルまで視認できた。
太陽電池でも稼動



双方の理解

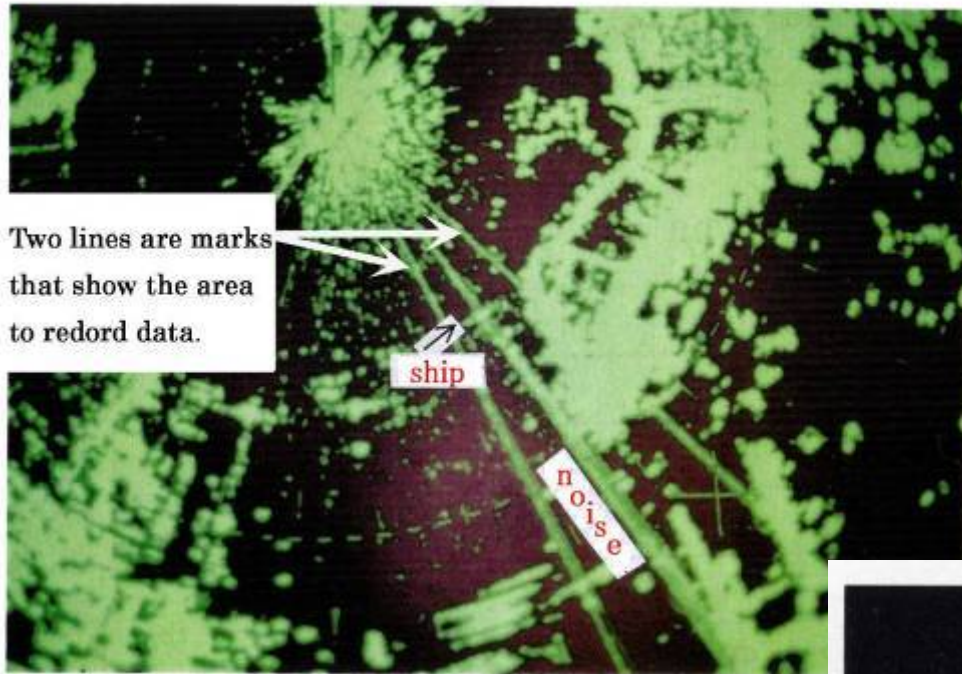
○ 小型船側

- ・自分のレーダでは相手船が見える。大型船はもっと良いレーダを持っているのだから見えているだろう。
- ・本当に見えていないのか？反射器を付ければ本当に見えるようになるのか？
- ・航走波が危険。波も来ないように避けて欲しい。

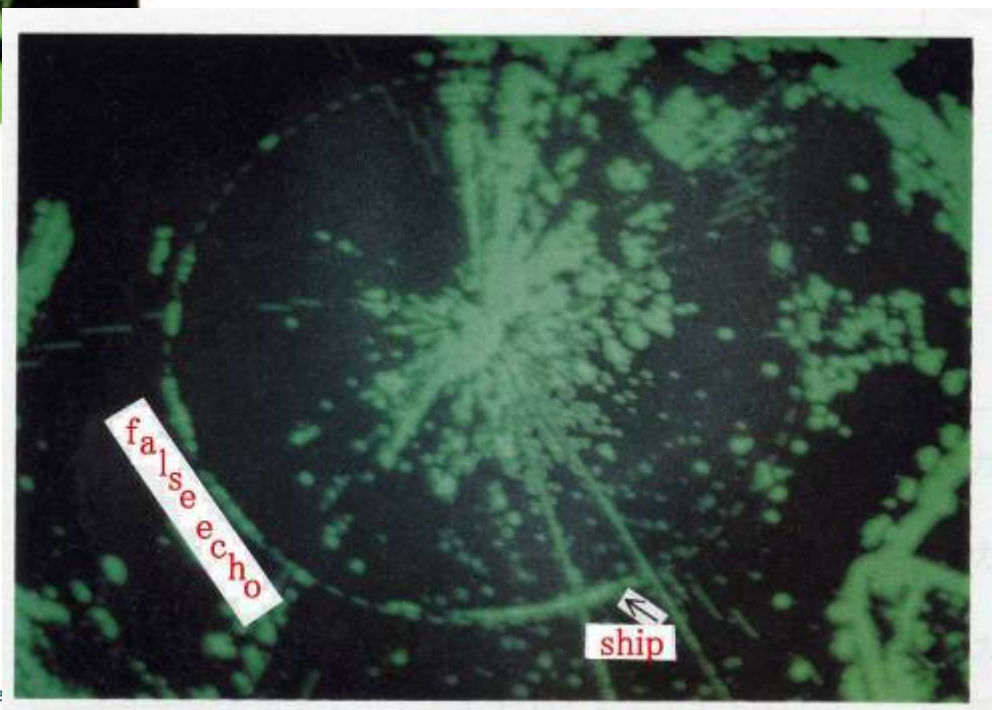
○ 大型船側

- ・ハイトパターンの変化

操船シミュレータで、相互の立場を経験
VLCC 小型漁船



RTEによる レーダ映像の乱れ





まとめ

- レーダによる小型船の視認性
レーダ断面積の実際

	レーダ断面積 (m ²)
のり舟	0.7
底引き網漁船	1.2
潜水漁船	5 - 7
カツオ1本釣り船	2.0

- 視認性向上のための対策
相互の理解
新しい装置