

気象レーダー作業班第2回会合における 資料

被干渉(船舶用レーダー)側

一般社団法人 全国船舶無線協会
水洋会部会

2017年12月21日

1. 被干渉（船舶用レーダー）側システムの概要（1）

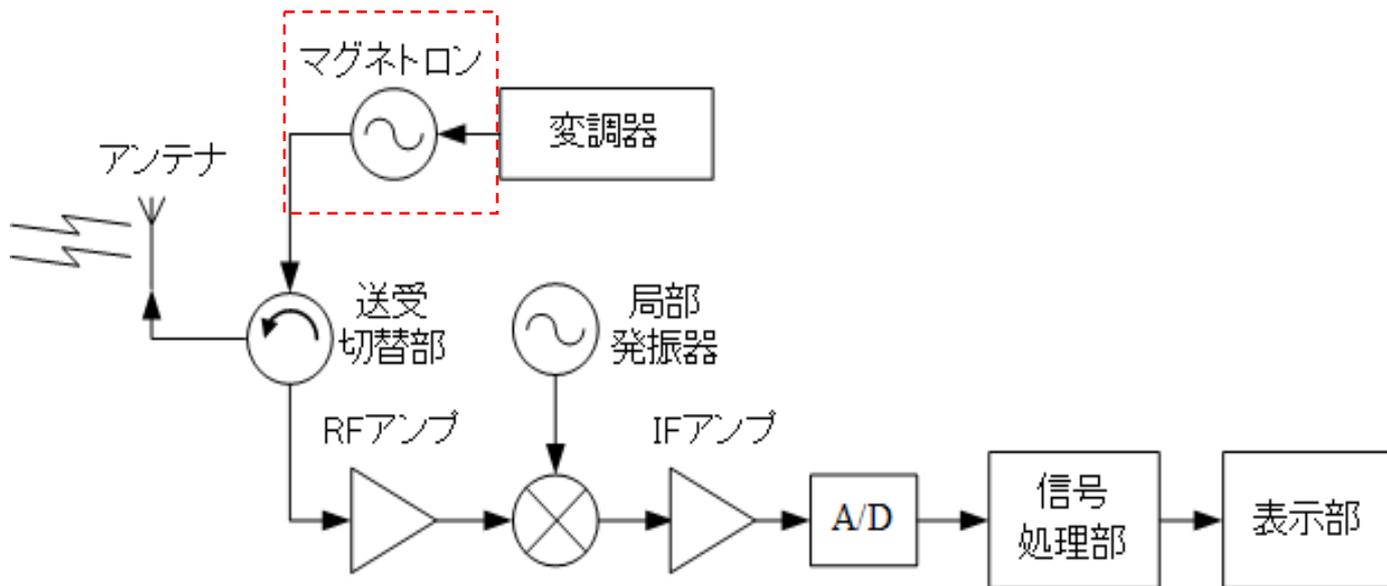
• 船舶用マグネトロンレーダー

船舶用レーダーは、より遠くで細かい物標を探知するために

- 大電力にしている → 探知距離が長くなる
- パルス幅を短くしている → 距離分解能が上がる

この性能を安価に効率よく得るため、真空管の一種である「マグネトロン」を使用しているが、マグネトロンには寿命が短い、不要発射が大きい、発射される周波数が不安定などのデメリットがある。

ブロック図



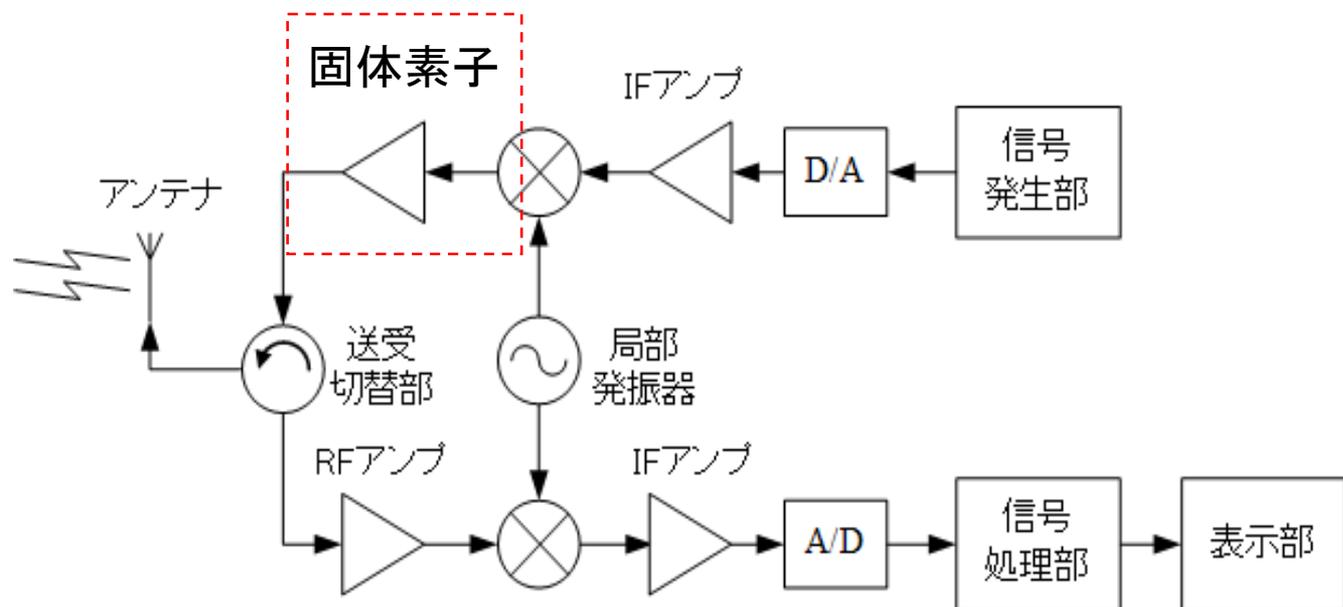
1. 被干渉（船舶用レーダー）側システムの概要（2）

• 船舶用固体素子レーダー

固体素子である「半導体素子」の性能が上がり、マグネトロンに代わり船舶用レーダーの増幅素子として導入が可能となった。

この固体素子を用いた場合、**長寿命、不要発射が低減、周波数が安定**などのメリットがある。（干渉問題については後述）

ブロック図



2. 保護の根拠

- 周波数割当表_脚注J198より、船舶無線航行用レーダーは、無線標定局に対して、優先権を有している。

周波数割当表 第2表

国内分配 (MHz)		無線局の目的	周波数の使用に関する条件
9300-9500 J197 J198 J199	海上無線航行 J154	公共業務用 一般業務用	搜索救助用レーダートランスポンダ用及び船舶無線航行用レーダー用とする。
	航空無線航行 J196	公共業務用 一般業務用	航空機無線航行用レーダー用とする。
	無線標定	公共業務用 一般業務用	

J198

この周波数帯で運用されている無線標定業務の局は、無線通信規則に従って運用されている無線航行業務のレーダーに有害な混信を生じさせてはならず、そのレーダーからの保護を要求してはならない。また、地上に設置した気象用レーダーは、他の無線標定業務の局に対して優先権を有する。

3. 干渉発生メカニズム及び具体的な干渉例(1)

- 図3-3にAスコープの模式図を示す。
- sweep2に干渉波が入り、偽像、物標マスクの弊害が発生する。
- 固体素子レーダー干渉波は、パルス幅が長いいため、影響が大きい。
- 同距離のsweep1～3を比較することにより物標のみを検出できる。

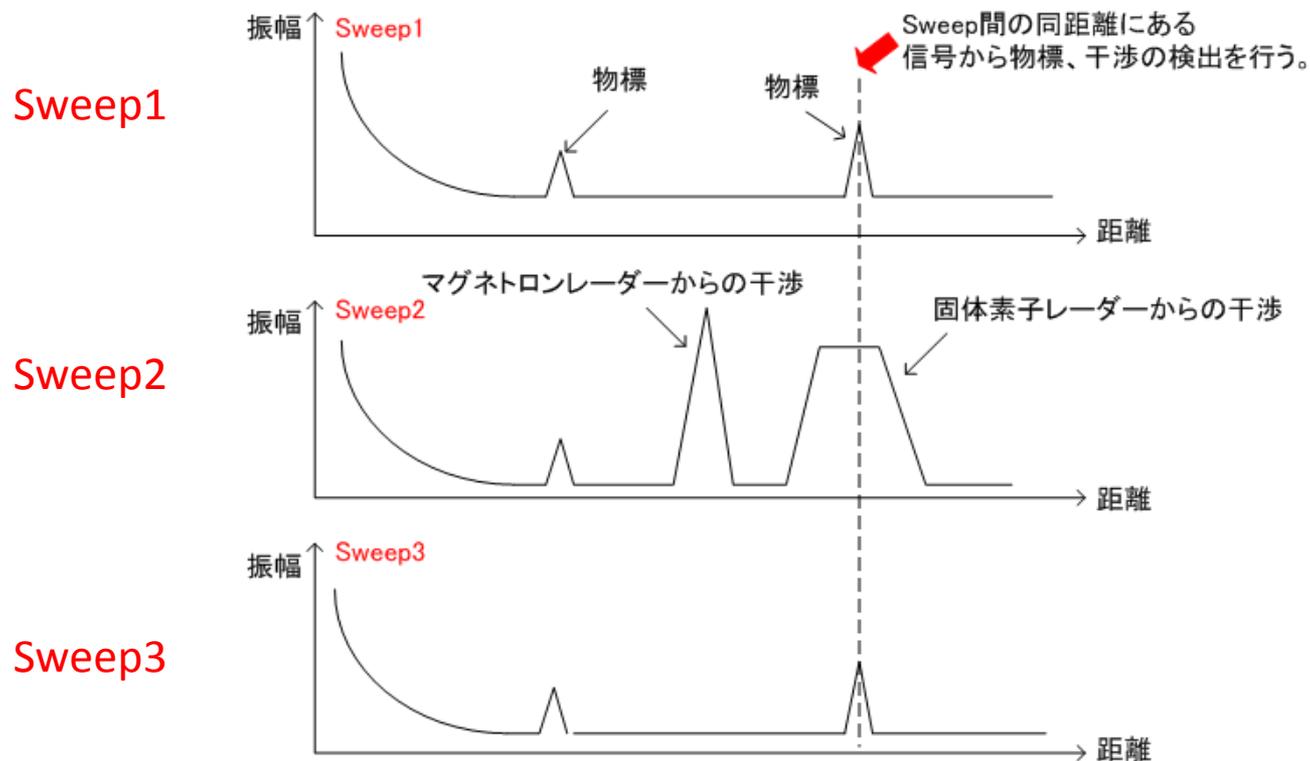


図3-3 Aスコープの模式図

3. 干渉発生メカニズム及び具体的な干渉例(2)

- 図3-4、図3-5に干渉例を示す。
- 固体素子レーダーとの干渉時は、長い干渉波が発生する。

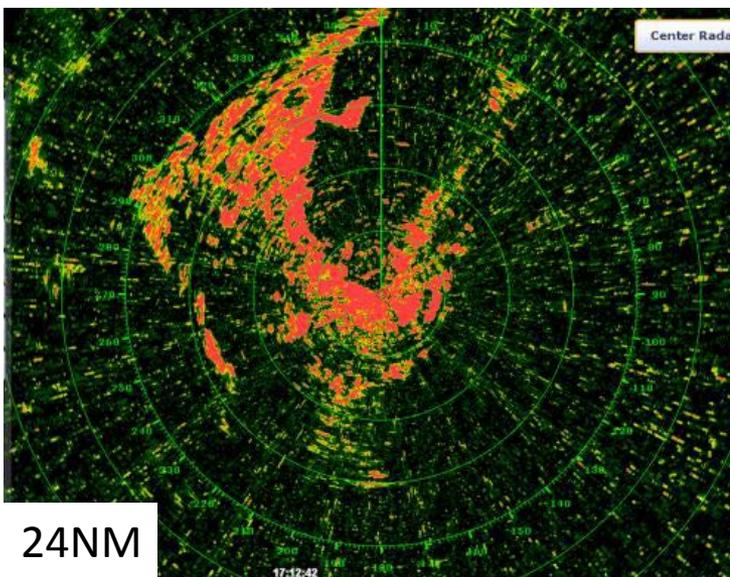


図3-4 マグネトロンレーダーとの干渉時のマグネトロンレーダー映像

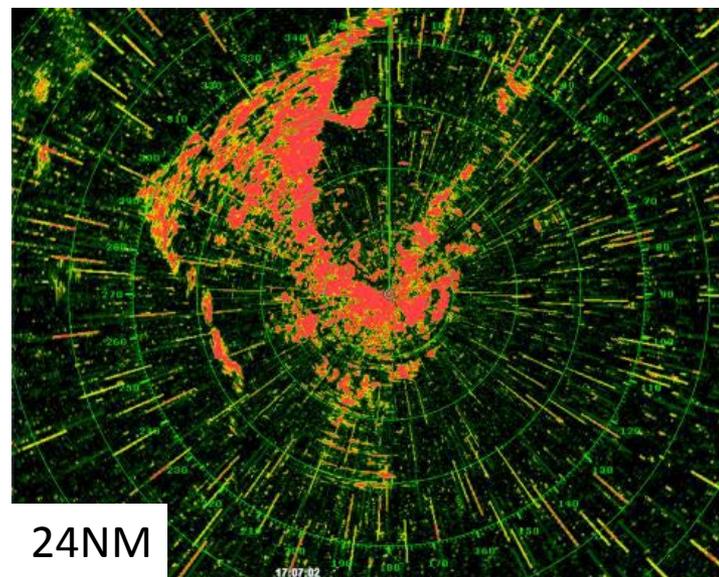


図3-5 固体素子レーダーとの干渉時のマグネトロンレーダー映像

4. 気象レーダーとの共用検討モデル (1)

1. 9GHz帯船舶用固体化素子レーダーの周波数共用等に関する調査検討報告書(平成25年11月)により、干渉除去機能を使用することにより、映像上の固体化素子レーダーによる放射状の雑音を除去できる(有害でない)ことを確認した。(船舶用固体化レーダーのパルス幅は、22us以下)
2. 気象レーダーのパルス幅が50us以下については、実験を実施し、1.と同様に船舶用レーダーの干渉除去機能を使用することにより、干渉雑音を除去できることを確認した。
3. 船舶用レーダーは以下の機能を具備する。
 - 干渉除去機能: 連続したスイープ間の距離単位の信号について相関をとることにより同距離で連続しない単発の干渉信号を除去できる設定を1種類以上具備している。
 - 繰り返し周波数を変動する機能: 同じ繰り返し周波数で送信するレーダー信号により同期して発生する干渉信号を除去する。

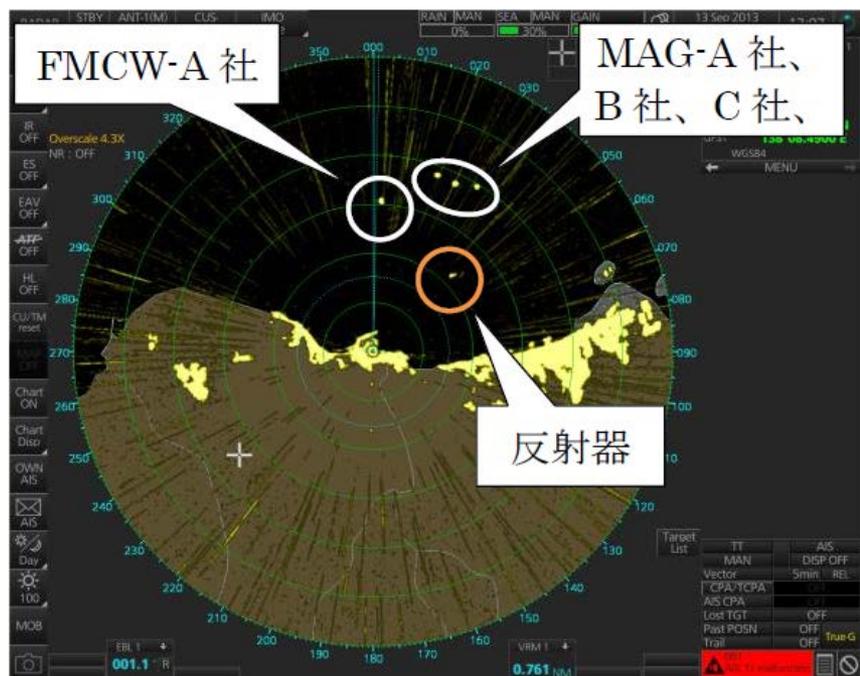
4. 気象レーダーとの共用検討モデル (2)

- 9GHz帯船舶用固体化素子レーダーの周波数共用等に関する調査検討報告書は、下記、8パターンについて干渉実験を行った。
 - マグネトロンレーダー同士における干渉状況の調査
 - 固体素子レーダーが与干渉となる場合の調査
 - 近距離において固体素子レーダーが与干渉となる場合の調査
 - ARPA(衝突予防支援)機能に対する干渉の調査
 - FMCWレーダーが与干渉となる場合の調査
 - 固体素子レーダーが被干渉となる場合の調査
 - FMCWレーダーが被干渉となる場合の調査
 - 複数のレーダーが同時に送信状態となる総合干渉の調査
- すべての場合において、干渉除去機能を使用することにより、放射状の干渉雑音を除去することを確認した。

4. 気象レーダーとの共用検討モデル (3)

- 9GHz帯船舶用固体化素子レーダーの周波数共用等に関する調査検討報告書より、下図に複数のレーダーが同時に送信状態となる場合の総合干渉調査の結果を示す。干渉除去機能をONにすることにより、干渉雑音が除去されている。

干渉除去機能 OFF



干渉除去機能 ON

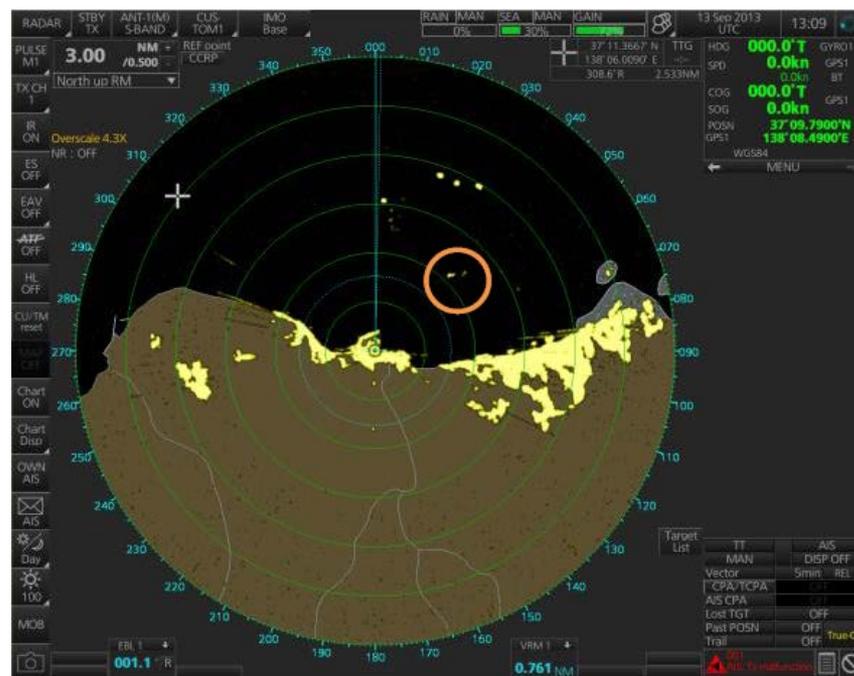


図3.8-6 実験8-1におけるレーダー画面(SS-B社-1、設定-13)

※実験に用いた船舶用レーダーの諸元、設定は巻末の参考資料を参照

4. 気象レーダーとの共用検討モデル (4)

- パルス幅が50us以下の実験環境と条件。



図4-1. レーダー配置図

船舶用レーダー諸元

	固体素子レーダー	マグネトロンレーダー
送信周波数 (MHz) (PON)	ch1 9380 ch2 9400 ch3 9420	9380-9440
送信周波数 (MHz) (QON)	ch1 9400 ch2 9420 ch3 9440	
送信電力	25W	6kW
PON	1.2us	1.2us
QON	48us/3MHz	
PRF(Hz)	1100	600Hz
水平ビーム幅	1.9°	1.9°

4. 気象レーダーとの共用検討モデル (5)

- 固体素子レーダーからマグネトロンレーダーへの干渉確認
 - 図4-2 固体素子レーダーからの長い干渉が入る。
 - 図4-3 干渉除去機能を使用(ON)すると干渉が消える。

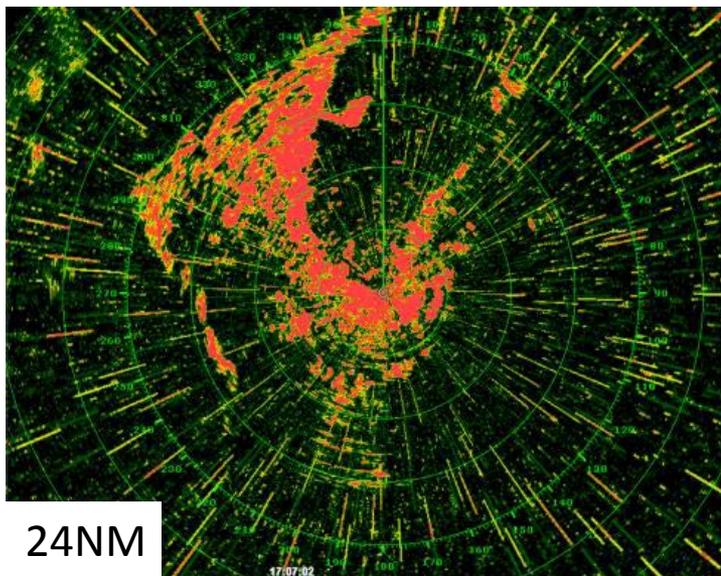


図4-2 固体素子レーダー送信時の
マグネトロンレーダー映像
(干渉除去OFF)

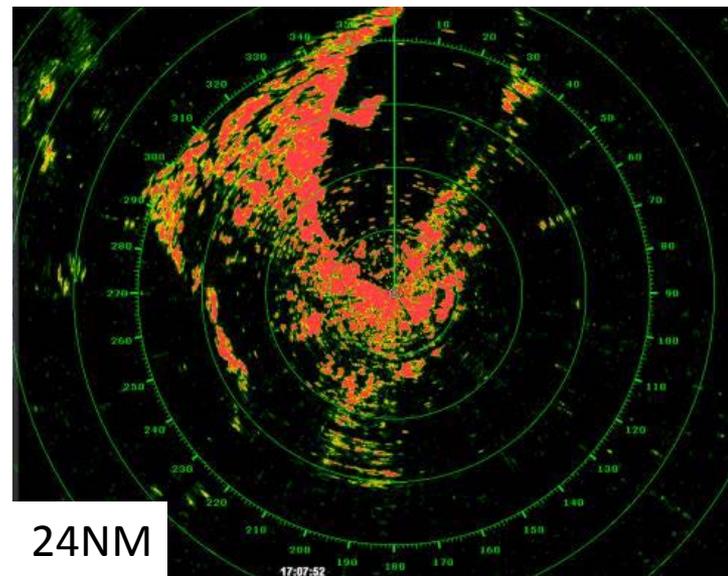


図4-3 固体素子レーダー送信時の
マグネトロンレーダー映像
(干渉除去ON)

4. 気象レーダーとの共用検討モデル (6)

- 固体素子レーダーと固体素子レーダー間の干渉確認。
 - 図4-4 他の固体素子レーダーからの長い干渉が入る。
 - 図4-5 干渉除去機能を使用(ON)すると干渉が消える。

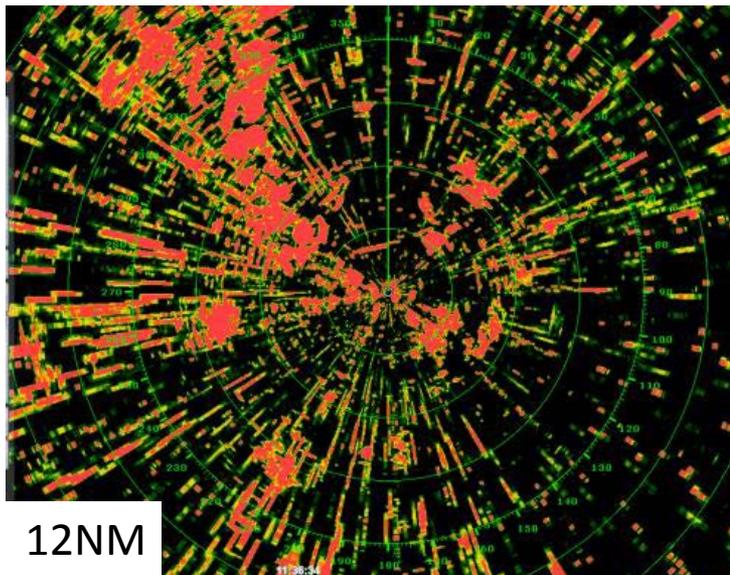


図4-4 固体素子レーダー送信時の
固体素子レーダー映像
(干渉除去OFF)

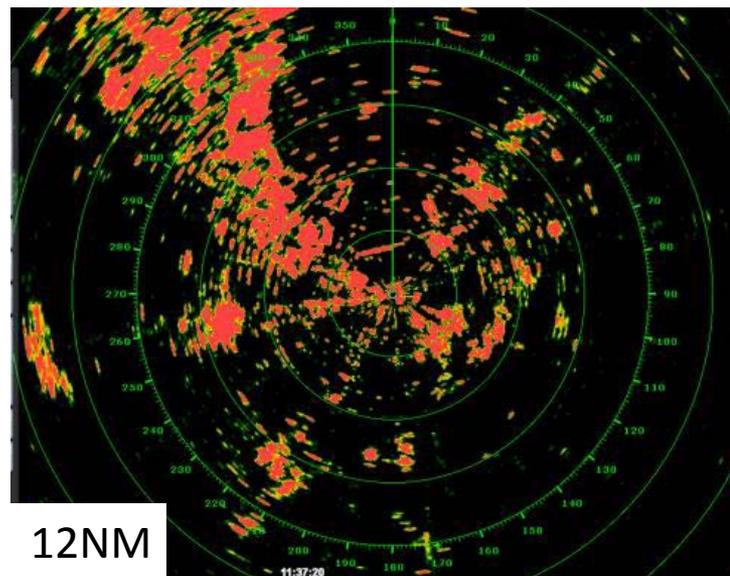


図4-5 固体素子レーダー送信時の
固体素子レーダー映像
(干渉除去ON)

5. 想定される干渉回避手段及び共用を可能とするための具体的条件(1)

- 本資料で説明した気象レーダーとの共用検討モデルでの調査結果により、気象レーダーが船舶用レーダーに与える影響は少なく、共用は可能と判断できる。

・気象レーダーの送信電力、パルス幅と繰返し周波数の変動率

送信電力：被干渉機付近の電力密度が 14.0 dBm/m^2 以下

次頁“5. 想定される干渉回避手段及び共用を可能とするための具体的条件(2)”参照

パルス幅：50 μs 以下

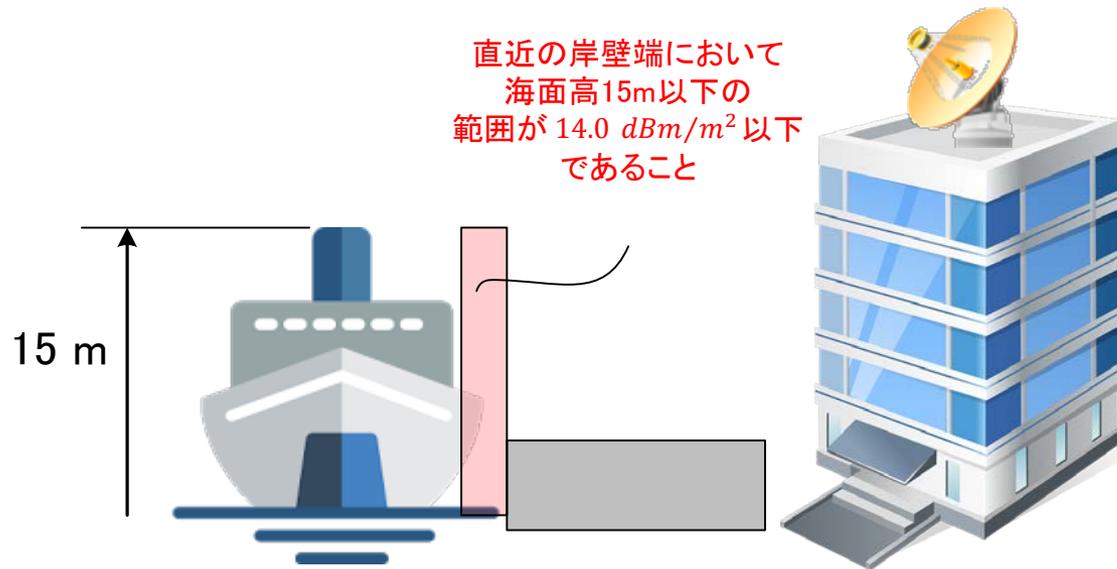
繰返し周波数：連続した干渉信号とならないように繰返し

周波数をパルス幅以上の時間変動させる。

- ただし、船舶用レーダーに対して有害な干渉を与えると判明した場合には、送信方位の制限、仰角を上げる等の対策をとること。

5. 想定される干渉回避手段及び共用を可能とするための具体的条件(2)

- 「4. 気象レーダーとの共用検討モデル (4)」で示した実験結果より、下記条件は許容できる
 - 離隔距離2mから、28dBiの空中線で25Wを送信(パルス幅:50 μ s)
⇒ 被干渉機付近の電力密度は、14.0 dBm/m^2
- 気象レーダーのEIRPと離隔距離を、上記基準値を満たすように制限する
 - 仰角制限、送信方向制限等で干渉低減する場合はその低減量を加味し、実効的な干渉強度が有害でない範囲となるようにする



(参考) 9GHz帯船舶用固体化素子レーダーの周波数共用等に関する調査
 検討報告書 に用いた船舶用レーダーの諸元

	送信周波数	空中線電力 (尖頭電力)	アンテナ利得	回転数	アンテナ高
マグネトロンレーダーA社 (MAG-A社)	9375MHz +/- 30MHz	10kW(理論値)	28.5dBi	24rpm	2m
マグネトロンレーダーB社 (MAG-B社)	9410MHz +/- 30MHz	6kW(理論値)	28dBi	24rpm	2m
マグネトロンレーダーC社 (MAG-C社)	9410MHz +/- 30MHz	10kW(理論値)	30.1dBi	27rpm	2m
FMCWレーダーA社 (FMCW-A社)	9320MHz~9385MHz	100mW(理論値)	22dBi	24rpm	3m
固体素子レーダーB社-1 (SS-B社-1)	P0N 9390MHz +/- 30MHz Q0N 9410MHz +/- 30MHz	83W(理論値)	31.5dBi	24 rpm	18m
固体素子レーダーB社-2 (SS-B社-2)	P0N 9390MHz +/- 30MHz Q0N 9410MHz +/- 30MHz	76W(理論値)	31.5dBi	24 rpm	25m
固体素子レーダーD社 (SS-D社)	P0N 9390MHz +/- 30MHz Q0N 9410MHz +/- 30MHz	400W(理論値)	32dBi	24rpm	17m
固体素子レーダーE社 (SS-E社)	P0N 9430MHz +/- 25MHz Q0N 9410MHz +/- 15MHz	300W(理論値)	29dBi	24rpm	15m

(参考) 9GHz帯船舶用固体化素子レーダーの周波数共用等に関する調査
 検討報告書 に用いた船舶用レーダーの設定

レーダー	設定名称	距離レンジ(海里)	パルス繰り返し周波数(Hz)	パルス幅(us)
MAG-A社	設定-1	0.75	2000	0.08
	設定-2	1.5	2000	0.2
	設定-3	3	2000	0.3
MAG-B社	設定-4	0.75	2100	0.08
	設定-5	1.5	2100	0.08
	設定-6	3	1200	0.3
	設定-7	12	600	0.8
MAG-C社	設定-8	0.75	2250	0.08
	設定-9	1.5	2250	0.08
	設定-10	3	1700	0.25
	設定-11	3	1200	0.5
FMCW-A社	設定-12	0.75	200	1000
SS-B社-1	設定-13	3	1500	PON:0.3, QON:12.5
	設定-14	12	600	PON:1.2, QON:18.3
SS-B社-2	設定-15	3	1500	PON:0.3, QON:12.5
	設定-16	24	600	PON:1.2, QON:18.3
SS-D社	設定-17	3	1600	PON:0.4, QON:9.0
	設定-18	6	1500	PON:0.4, QON:9.0
	設定-19	12	1400	PON:1.0, QON:9.0
SS-E社	設定-20	3	2280	PON:0.29, QON:9.1
	設定-21	12	2280	PON:0.29, QON:9.1