

情報通信審議会 情報通信技術分科会

航空・海上無線通信委員会 中間報告(素案)

「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」

平成 23 年 12 月 8 日

目 次

I	審議事項	1
II	委員会及び作業班の構成	1
III	審議経過	1
IV	審議概要	2
	第1章 船舶用固体素子レーダーの概要	3
	1.1 審議の背景・概要	3
	1.2 審議に際しての考え方	3
	第2章 3GHz 船舶用固体素子レーダーの技術的条件検討	4
	2.1 一般条件	4
	2.2 機能及び電気的条件	5
	2.3 環境条件	5
	2.4 測定法	6
V	審議結果	7
別紙		
	別紙1 航空・海上無線通信委員会 構成員一覧	9
	別紙2 船舶用固体素子レーダー作業班 構成員一覧	10
	別添 一部答申	11
参考資料		
	参考資料1 干渉試験結果	17
	参考資料2 ITU-R SM.1541-4 (抜粋)	123
	参考資料3 関係省令告示 (抜粋)	143

I 審議事項

航空・海上無線通信委員会は、諮問第 50 号「海上無線通信設備の技術的条件」（平成 2 年 4 月 23 日諮問）のうち、「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」の審議を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別紙 1 のとおり。

なお、審議の促進を図るために、委員会の下に作業班を設けて検討を行った。作業班の構成は、別紙 2 のとおりである。

III 審議経過

1 委員会での審議

(1) 第 1 回委員会（平成 23 年 11 月 4 日）

諮問第 50 号の審議開始について説明を行うとともに、運営方針、審議の進め方について確認し、審議の促進を図るため作業班を設置した。また、船舶用固体素子レーダーの概要について説明が行われた。

(2) 第 2 回委員会（平成 23 年 12 月 2 日）

「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」についての関係者からの意見聴取を予定したが、所定の期日までに申し出がなかったため、意見聴取を行わなかった。

(3) 第 3 回委員会（平成 23 年 12 月 8 日）

作業班からの報告を受け、3GHz 帯船舶用固体素子レーダーについて委員会中間報告及び一部答申案について審議及び取りまとめを行った。

(4) 第 4 回委員会（平成 24 年 1 月 20 日予定）

委員会中間報告及び答申案について、パブリックコメントの結果を踏まえ、審議及び取りまとめを行う予定。

2 作業班での審議

(1) 第 1 回作業班（平成 23 年 11 月 9 日）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件の検討の進め方について審議した。

(2) 第 2 回作業班（平成 23 年 12 月 2 日）

船舶用固体素子レーダーが既存のマグネトロンレーダーの影響を受けない範囲の技術的条件の検討を行い、作業班報告を取りまとめた。

IV 審議概要

第 1 章 船舶用固体素子レーダーの概要

1.1 審議の背景

我が国では、船舶の航行の安全を確保するため、船舶安全法第 2 条に基づき、一定の船舶（注）に対して船舶用レーダーの搭載が義務付けられているとともに、電波法に基づく無線設備規則第 48 条においてその技術的条件が定められている。

船舶用レーダーは、最大探知距離を伸ばすために高出力が求められ、従来は安価で効率的なマグネトロンが発振増幅素子として使用されてきている。しかし、マグネトロンは、寿命が短く（常用で 1 年ほど）、不要発射も大きく、発射される周波数も不安定である。

近年、固体素子（半導体増幅器）の性能が向上し船舶用レーダーの増幅素子として導入が可能となっている。固体素子を用いた場合、長寿命化、不要発射の低減、周波数の安定など従来の船舶用レーダーと比較してメリットが多くなる。

一方、固体素子を用いた船舶用レーダーは、マグネトロンを用いた船舶用レーダーに比べると出力は非常に小さいもの（マグネトロン：～75kW、固体素子：～300W）となるため、送信するエネルギー量を増やすためにパルス幅を長くしないと船舶用レーダーと同等の最大探知距離を得られない。

しかしながら、パルス幅を長くした場合、運用状況（他のレーダーと近距離で運用した場合等）によっては他の船舶用レーダーに有害な干渉を起す恐れがある。本件は、固体素子を用いた船舶用レーダーの実用化に向けて 3GHz 帯及び 9GHz 帯の船舶用固体素子レーダーの技術的条件について審議を開始するものである。

注：国際航海に従事する旅客船及び 300 トン以上のその他の船舶並びに国際航海に従事しない 150 トン以上の旅客船及び 300 トン以上のその他の船舶

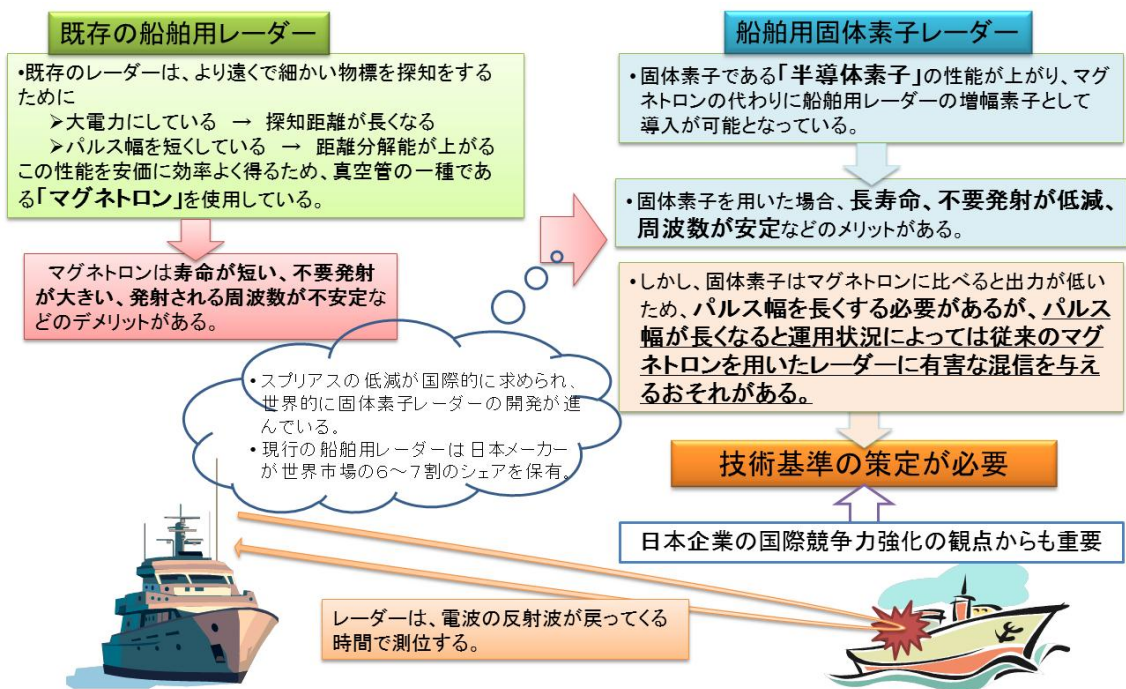


図 1.1 船舶用固体素子レーダーの技術的条件について

1.2 審議に際しての考え方

船舶用固体素子レーダーの技術的条件の審議にあたっては、無線設備規則第 48 条の規定に準拠しつつ以下の点について考慮することとした。

なお、3GHz 帯と 9GHz 帯とでは、電波の利用環境が異なることから個別に審議を行った。

(1) 電氣的条件について

船舶用マグネトロンレーダーの技術的条件に準拠しつつ、パルス幅等マグネトロンレーダーと大きく異なる性能に係る電氣的条件について審議することとした。

(2) 測定方法について

国際規格（ITU-R M. 1177-4）において規定されている測定方法に準拠しつつ、船舶用固体素子レーダーで使用されるチャープ変調の測定方法について審議することとした。

第2章 3GHz 帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件

船舶用固体素子レーダーの技術的条件うち 3GHz 帯の周波数の電波を使用する船舶用固体素子レーダーの技術的条件について検討した結果、以下のとおりとすることが適当である。

2.1 一般的条件

(1) 周波数

- ア 中心周波数、占有周波数帯幅、周波数の許容偏差は、2920MHz から 3100MHz までの周波数帯の内側にすべて含まれるものであること。
- イ 中心周波数については、特に指定をしないこととする。
- ウ 一つの繰り返し周期時間内に合計 $1.2\mu\text{s}$ を超えるパルス幅で送信する船舶用固体素子レーダーが他の船舶用レーダーの電波を感知した場合、付近で他の船舶用レーダーが比較的使用していない周波数に変更する機能を搭載し、できる限り自動又は手動で選択し、送信する機能を有すること。

(2) チャネル間隔

チャネル間隔は、レーダーの特性に合わせ指定をしないものであること。

(3) 変調方式

変調方式は、以下のものであること。

- ア 無変調パルスを使用するもの
- イ パルスの期間中に搬送波を角度変調するもの（チャープ変調）
- ウ ア、イの組み合わせを使用するもの

(4) 設備の要件

船舶用固体素子レーダーの設備の要件は、無線設備規則第 48 条各項に適合すること。

(5) 電磁環境対策

電波を使用する機器については、電波法施行規則第 21 条の 3 に適合すること。

2.2 機能及び電氣的条件

以下の基準に適合すること

- (1) 指定周波数帯の幅（占有周波数帯幅、周波数の偏差）
指定周波数帯の幅は、100MHz 以内であること。
 - (2) スプリアス発射又は不要発射の強度
スプリアス発射又は不要発射の強度は、ITU-R 勧告 SM.1541-4 Annex8 の条件に適合すること。
 - (3) 空中線電力の許容偏差
空中線電力の許容偏差は、無線設備規則第 14 条第 1 項第 6 号の条件に適合すること。
- (1) PON 電波及び QON 電波を組み合わせる場合
- ア PON のパルス幅は、 $1.2\mu\text{s}$ 以下であること。
 - イ QON のパルス幅は、 $22\mu\text{s}$ 以下であること。
 - ウ 繰り返し周波数は、3000Hz を超えないこと。また、他のレーダーと繰り返し周波数が同一の場合、繰り返し周波数を変動する機能を有し、かつデフォルトオンにすること。ただし、繰り返し周波数の変動率は、 $\pm 25\%$ を超えないこと。
 - エ デューティサイクルは、2.3% 以下であること。
 - オ 空中線電力は、尖頭電力で 250W 以下であること。
 - カ 1 秒当たりの平均電力は、5.8W を超えないこと。
 - キ 尖頭電力と出力できる最も長いパルス幅の積は、 5.5×10^{-3} を超えないこと。

2.3 環境条件

- (1) 電源電圧変動
無線設備規則第 48 条第 1 項第 5 号に適合するものであること。ただし、無線設備規則第 48 条第 3 項に基づくレーダーの場合はこの限りではない。

(2) 温度、湿度、振動

無線設備規則第 48 条第 1 項第 6 号に適合するものであること。ただし、無線設備規則第 48 条第 3 項に基づくレーダーの場合はこの限りではない。

2.4 測定方法

現状の PON 電波を使用するレーダーの検査方法に加え、QON を使用する場合は以下の検査を実施する。

- (1) 発射周波数及び掃引周波数を測定し、指定周波数帯を逸脱しないか確認する。
- (2) パルス幅、繰り返し周波数及び空中線電力を測定し、各電氣的条件に適合しているか確認する。
- (3) (2)に基づき、デューティサイクル、1 秒当たりの平均電力及び尖頭電力と出力できる最も長いパルス幅の積が各電氣的条件に適合しているか確認する。

V 審議結果

「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」のうち「3GHz 帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件」について、別添のとおり一部答申（案）を取りまとめた。

なお、以下の点に留意されたい

1 引き続き検討を要する事項

9GHz 帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件については、以下の事項について引き続き検討を要する。

- (1) 大型船舶の場合、船舶用レーダーで使用する指示器の距離レンジは一般的に 24 海里であるため、距離レンジが 24 海里の場合についても干渉に関する検証をし、引き続き検討されたい。
- (2) SOLAS 条約に基づき、搜索救助用レーダートランスポンダ（9GHz 帯）からの信号の探知が義務付けられているが、船舶用固体素子レーダーで信号が探知可能か引き続き検討されたい。
- (3) 9GHz 帯を使用する船舶用レーダーは、3GHz 帯船舶用レーダーよりも大幅に無線局数が多いことから既存のマグネトロンレーダーへの干渉の条件についてさらに検証されたい。
- (4) FMCW レーダーについては、使用周波数が異なる場合には、干渉が起きないことが確認されたが、同一周波数の運用による検証が実施されていないことから引き続き検討されたい。

2 制度化にあたっては以下の点に留意されたい。

(1) 無線従事者

施行規則第 33 条第 8 号に基づき、設備規則第 48 条第 3 項においてその無線設備の技術的条件が定められている船舶に設置する無線航行のためのレーダーであって、その空中線電力が 5kW 未満の無線設備（電波法第 4 条第 2 号の適合表示無線設備に限る。）の外部の転換装置（電波の質に影響を及ぼす外部の転換装置のないものに限る。）の技術操作は、無線従事者の資格を要しないものとしている。

しかしながら、船舶用固体素子レーダーの空中線電力は、船舶用マグネトロンレーダーと比較して大幅に小さいが、船舶用マグネトロンレーダーと同等の性能となることに鑑み、無線設備の操作について無線従事者資格の要否について検討する必要がある。

(2) 定期検査

上記(1)の無線従事者の資格を要しないレーダーは、施行規則第41条の2の6に基づき、定期検査を行わない無線局に該当するが、上記(1)の理由により、船舶用固体素子レーダーの定期検査の実施の有無についても検討する必要がある。

(3) 技術基準適合証明等

船舶用固体素子レーダーについて、上記(1)の理由により、証明規則第2条第28号の3及び第29号に基づく特定無線設備の対象とすることを検討する必要がある。

(4) 型式検定

船舶用固体素子レーダーについて、設備規則で必要となる要件を満たす場合には型式検定を取得できることを検討する必要がある。

なお、9GHz帯船舶用固体素子レーダーにあっては、空中線電力が船舶用マグネトロンレーダーと比較して小さいことから、9GHz帯のレーダービーコン及び捜索救助用レーダートランスポンダからの信号を探知できることについて特に留意すること。

(5) 予備品

電波法施行規則第31条に基づく電波法第37条に規定するレーダーに備え付けなければならない予備品は、船舶用固体素子レーダーについても適用することを検討する必要がある。

情報通信技術分科会

航空・海上無線通信委員会 構成員一覧

(平成 23 年 11 月 4 日現在 敬称略・五十音順)

氏名	主要現職
主査 専門委員 三木 哲也	電気通信大学 学長特別補佐
主査代理 専門委員 森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
専門委員 井手麻奈美	(株)エム・オー・エル・マリンコンサルティング 海洋学部 研究員
” 伊藤 好	(社)日本船主協会 通信問題サブW/G グループ長
” 今宮 清美	(株)東芝 社会システム社 小向工場 電波通信技術部 技術第一担当 主務
” 小瀬木 滋	(独)電子航法研究所 機上等技術領域 副領域長
” 鏡 弘義	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長
” 門脇 直人	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 研究所長
” 庄司 るり	東京海洋大学 海洋工学部 准教授
” 資宗 克行	一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
” 中村 勝英	水洋会 事務局長
” 林 尚吾	東京海洋大学 海洋工学部 教授
” 原 尚子	全日本空輸(株) IT 推進室 情報活用推進担当 主席部員
” 檜垣 幸策	海上保安庁 総務部 情報通信課長
” 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
” 山崎 保昭	全国遠洋鮪漁撈通信協議会 技術顧問
” 山梨 雅彦	日本航空(株) 経営企画本部 IT 企画部 技術基盤グループマネジャー
” 若尾 正義	一般社団法人電波産業会 専務理事

情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会

船舶用固体素子レーダー作業班 構成員一覧

(平成23年11月4日現在 敬称略・五十音順)

氏名	主要現職
主任 専門委員 中村 勝英	水洋会 事務局長
専門委員 伊藤 好	(社)日本船主協会 通信問題サブW/G グループ長
構成員 岩田 康広	海上保安庁 総務部 情報通信課 システム整備室 専門官
〃 梅宮 嘉克	(株)光電製作所 マリン本部 設計部 次長
〃 奥田 卓也	国土交通省 海事局 検査測度課 監査係長
〃 神崎 卓司	国土交通省 海事局 安全基準課 バリアフリー推進係
〃 北沢 弘則	(株)K&A スペクトラムインテグレーション 代表取締役社長
〃 黒森 博志	大洋無線(株) 生産本部技術部技術第二課長
〃 清水 昭典	古野電気(株) 船用機器事業部 開発部 レーダー機器開発課 主任技師
〃 谷道 幸雄	(社)全国船舶無線工事協会 常務理事・業務部長
〃 中村 宏	日本無線(株) 海上機器技術部 船舶レーダグループ 課長
〃 南木 真一	東京計器(株) 第1制御事業部 船舶港湾事業 技術部第1技術課 担当課長
〃 宮澤 義幸	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 主幹

別添

情報通信審議会諮問第 50 号

「海上無線通信設備の技術的条件」のうち、「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」に対する一部答申（案）

諮問第 50 号「海上無線通信設備の技術的条件」のうち、「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」に対する一部答申（案）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件うち 3GHz 帯の周波数の電波を使用する船舶用固体素子レーダーの技術的条件について検討した結果、以下のとおりとすることが適当である。

1 一般的条件

(1) 周波数

ア 中心周波数、占有周波数帯幅、周波数の許容偏差は、2920MHz から 3100MHz までの周波数帯の内側にすべて含まれるものであること。

イ 中心周波数については、特に指定をしないこととする。

ウ 一つの繰り返し周期時間内に合計 $1.2\mu\text{s}$ を超えるパルス幅で送信する船舶用固体素子レーダーが他の船舶用レーダーの電波を感知した場合、付近で他の船舶用レーダーが比較的使用していない周波数に変更する機能を搭載し、できる限り自動又は手動で選択し、送信する機能を有すること。

(2) チャネル間隔

チャネル間隔は、レーダーの特性に合わせ指定をしないものであること。

(3) 変調方式

変調方式は、以下のものであること。

ア 無変調パルスを使用するもの

イ パルスの期間中に搬送波を角度変調するもの（チャープ変調）

ウ ア、イの組み合わせを使用するもの

(4) 設備の要件

船舶用固体素子レーダーの設備の要件は、無線設備規則第 48 条各項に適合すること。

(5) 電磁環境対策

電波を使用する機器については、電波法施行規則第 21 条の 3 に適合すること。

2 機能及び電氣的条件

以下の基準に適合すること

- (1) 指定周波数帯の幅（占有周波数帯幅、周波数の偏差）
指定周波数帯の幅は、100MHz 以内であること。
 - (2) スプリアス発射又は不要発射の強度
スプリアス発射又は不要発射の強度は、ITU-R 勧告 SM.1541-4 Annex8 の条件に適合すること。
 - (3) 空中線電力の許容偏差
空中線電力の許容偏差は、無線設備規則第 14 条第 1 項第 6 号の条件に適合すること。
- (1) PON 電波及び QON 電波を組み合わせる場合
 - ア PON のパルス幅は、 $1.2\mu\text{s}$ 以下であること。
 - イ QON のパルス幅は、 $22\mu\text{s}$ 以下であること。
 - ウ 繰り返し周波数は、3000Hz を超えないこと。また、他のレーダーと繰り返し周波数が同一の場合、繰り返し周波数を変動する機能を有し、かつデフォルトオンにすること。ただし、繰り返し周波数の変動率は、 $\pm 25\%$ を超えないこと。
 - エ デューティサイクルは、2.3% 以下であること。
 - オ 空中線電力は、尖頭電力で 250W 以下であること。
 - カ 1 秒当たりの平均電力は、5.8W を超えないこと。
 - キ 尖頭電力と出力できる最も長いパルス幅の積は、 5.5×10^{-3} を超えないこと。

3 環境条件

- (1) 電源電圧変動
無線設備規則第 48 条第 1 項第 5 号に適合するものであること。ただし、無線設備規則第 48 条第 3 項に基づくレーダーの場合はこの限りではない。

(2) 温度、湿度、振動

無線設備規則第 48 条第 1 項第 6 号に適合するものであること。ただし、無線設備規則第 48 条第 3 項に基づくレーダーの場合はこの限りではない。

4 測定方法

現状の PON 電波を使用するレーダーの検査方法に加え、QON を使用する場合は以下の検査を実施する。

- (1) 発射周波数及び掃引周波数を測定し、指定周波数帯を逸脱しないか確認する。
- (2) パルス幅、繰り返し周波数及び空中線電力を測定し、各電氣的条件に適合しているか確認する。
- (3) (2)に基づき、デューティサイクル、1 秒当たりの平均電力及び尖頭電力と出力できる最も長いパルス幅の積が各電氣的条件に適合しているか確認する。

参 考 资 料

- 参考資料 1 干涉試験結果
- 参考資料 2 ITU-R SM. 1541-4 Annex8
- 参考資料 3 参照条文

船舶用固体素子レーダー干渉実験

固体素子レーダー実用化にあたり、固体素子レーダー間、あるいは従来のマグネトロンレーダーとの間での干渉（干渉除去機能）について、問題が無いことを PPI（Plan Position Indicator）画像で確認する。

1 実験の概要

(1) 試験レーダーの仕様

別紙 1 のとおり。

(2) 配置図

別紙 2 のとおり。

(3) 実験手順

A) 与干渉局のない状態＋干渉除去機能 OFF で撮影。

B) 与干渉局のない状態＋干渉除去機能 ON で撮影。

C) 与干渉局のある状態＋干渉除去機能 OFF で撮影。

D) 与干渉局のある状態＋干渉除去機能 ON にし、干渉がなくなった段階で撮影

E) ショートパルスとロングパルスパラメーターとして変化させる。

(4) 実験地

ふくしまスカイパーク（詳細は別紙 2 のとおり）

(5) 実験日及び気象条件

平成 23 年 11 月	21 日	22 日	24 日	25 日
天気	曇	曇時々雪	小雨	曇時々雪

参考（中通り（福島））

平成 23 年 11 月	21 日	22 日	23 日	24 日	25 日
天気	曇	晴	曇	曇	曇
最高気温	7.5	9.6	12	13.3	5.9
最低気温	5.3	2.4	3	5	2.6
湿度	65	53	65	72	76

2 実験の結果

- (1) 基準となる結果は、別紙3のとおり。
- (2) 3GHz帯の結果は、別紙4のとおり。
- (3) 9GHz帯の結果は、別紙5のとおり。

今回実施した条件では、干渉除去機能により概ね他のレーダーからの干渉は除去できることが分かった。

3 本試験の結果に関する注意点

- (1) 画像は、協力いただいた各社の担当者が撮影したもの（ゲイン、S T C（Sensitivity Time Control：海面反射除去装置）、F T C（Fast Time Constant：雨雪反射除去装置）等は各社任意の設定）であり、船舶運航者の確認をしたものではありません。
- (2) 天候は、晴天、曇り、雨、みぞれなど刻々と変化していることから一概に比較できるものになっていないものがあります。
- (3) 各データは、レーダーに干渉が起きている状態から開始し、ごく短時間にパルス幅を変更し実験を実施していますがマグネトロンレーダーは、その特性上、時間とともに周波数が増加することから被干渉側の受信帯域から外れている可能性があります。

実験に使用した各社のレーダースペック

A社：3GHz 帯固体素子レーダー

送信設定周波数等	50MO PON:3040 MHz / 50MO QON:3060 MHz \pm 4 MHz (70MO VON 3050 MHz)		
空中線電力	250 W	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	高所作業車・15m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	PON:3040 MHz \pm 0 MHz QON:3060 MHz \pm 4 MHz	PON:3040 MHz \pm 0 MHz QON:3060 MHz \pm 4 MHz	
使用パルス幅	PON:0.07 μ s / QON:4.6 μ s		PON:1.14 μ s / QON:18.3 μ s
繰り返し周波数	1860 Hz	640 Hz	
特徴	尖頭電力が低いため、遠距離感度を稼ぐためにパルス幅を長くしている。長いパルスは、距離分解能が低下することからチャープ変調を使用し改善を図っている。 動作方法は、近距離は無変調パルスで、長距離はチャープ変調のパルスで探査し、表示機で重ね合わせている。		

A社：3GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 3050 +/-20MHz		
空中線電力	30 kW	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	3041 MHz (-3MHz)	3041 MHz (-3MHz)	
使用パルス幅	PON:0.07 μ s		PON:1.0 μ s
繰り返し周波数	2250 Hz	650 Hz	

A社：9GHz 帯固体素子レーダー

送信設定周波数等	50MO PON:9410 MHz / 30MO QON:9430 MHz (60MO VON 9415 MHz)		
空中線電力	300 W	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	高所作業車・15m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	PON:9410 MHz \pm 0 MHz QON:9430 MHz \pm 14 MHz	PON:9410 MHz \pm 0 MHz QON:9430 MHz \pm 8 MHz	
使用パルス幅	PON:0.08 μ s / QON:18.3 μ s		PON:0.57 μ s / QON:18.3 μ s
繰り返し周波数	2280 Hz	640 Hz	
特徴	尖頭電力が低いため、遠距離感度を稼ぐためにパルス幅を長くしている。長いパルスは、距離分解能が低下することからチャープ変調を使用し改善を図っている。 動作方法は、近距離は無変調パルスで、長距離はチャープ変調のパルスで探査し、表示機で重ね合わせている。		

A社：9GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 9410 +/-30MHz		
空中線電力	25 kW	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	9419 MHz (-3MHz)	9414 MHz (-3MHz)	
使用パルス幅	PON:0.07 μ s	PON:1.2 μ s	
繰り返し周波数	2250 Hz	650 Hz	

B社：3GHz 帯固体素子レーダー

送信設定周波数等	60MO PON:3040 MHz / 60MO QON:3060 MHz \pm 5 MHz (60MO VON 3050 MHz)		
空中線電力	250 W	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	高所作業車・15m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	PON:3040 MHz \pm 1 MHz QON:3060 MHz \pm 1 MHz	PON:3040 MHz \pm 1 MHz QON:3060 MHz \pm 1 MHz	
使用パルス幅	PON:0.08 μ s / QON:5 μ s	PON:1.2 μ s / QON:22 μ s	
繰り返し周波数	3000 Hz	650 Hz	
特徴	<p>尖頭電力が低いため、遠距離感度を稼ぐためにパルス幅を長くしている。長いパルスは、距離分解能が低下することからチャープ変調を使用し改善を図っている。</p> <p>動作方法は、近距離は無変調パルスで、長距離はチャープ変調のパルスで探査し、表示機で重ね合わせている。</p>		

B社：3GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 3050 +/-30MHz		
空中線電力	30 kW	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	3045.0 MHz (不明)	3046.0 MHz (不明)	
使用パルス幅	PON:0.07 μ s	PON:1.2 μ s	
繰り返し周波数	3000 Hz	600 Hz	

B社：9GHz 帯固体素子レーダー

送信設定周波数等	50MO PON:9410 MHz / 30MO QON:9430 MHz ±5 MHz (60MO VON 9415 MHz)		
空中線電力	150 W	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	高所作業車・15m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	PON:9410 MHz ±1 MHz QON:9430 MHz ±1 MHz	PON:9410 MHz ±1 MHz QON:9430 MHz ±1 MHz	
使用パルス幅	PON:0.08 μs / QON:5 μs	PON:1.2 μs / QON:22 μs	
繰り返し周波数	3000 Hz	650 Hz	
特徴	<p>尖頭電力が低いため、遠距離感度を稼ぐためにパルス幅を長くしている。長いパルスは、距離分解能が低下することからチャープ変調を使用し改善を図っている。</p> <p>動作方法は、近距離は無変調パルスで、長距離はチャープ変調のパルスで探査し、表示機で重ね合わせている。</p>		

B社：9GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 9410 +/-30MHz		
空中線電力	25 kW	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	9416.7 MHz (不明)	9416.0 MHz (不明)	
使用パルス幅	PON:0.07 μs	PON:1.2 μs	
繰り返し周波数	3000 Hz	600 Hz	

C社：9GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 9410 +/-30MHz		
空中線電力	25 kW	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	9407 MHz (±3MHz)	9406 MHz (±3MHz)	
使用パルス幅	PON:0.2 μs	PON:1.2 μs	
繰り返し周波数	2000 Hz	500 Hz	

D社：3GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 3050 +/-25MHz		
空中線電力	30 kW	回転数	22 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	3049.5MHz (温度偏差は未測定)	3053.0MHz (温度偏差は未測定)	
使用パルス幅	PON:0.08 μs	PON:1.0 μs	
繰り返し周波数	3200 Hz	800 Hz	

D社：9GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 9410 +/-30MHz		
空中線電力	25 kW	回転数	22 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	9412.7MHz (温度偏差は未測定)	9410.7MHz (温度偏差は未測定)	
使用パルス幅	PON:0.06 μ s	PON:1.2 μ s	
繰り返し周波数	2000 Hz	500 Hz	

E社：9GHz 帯マグネトロンレーダー

送信設定周波数等	PON 9410 +/-30MHz		
空中線電力	6 kW	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター	ショートパルス時	ロングパルス時	
実測周波数	(不明)	(不明)	
使用パルス幅	PON:0.17 μ s	PON:1.2 μ s	
繰り返し周波数	2857 Hz	794 Hz	

F社：9GHz 帯FMCWレーダー

送信設定周波数等	70M0 F3N 9375 MHz		
空中線電力	26 mW	回転数	24 rpm
設置状況・高さ	架台・1.5m		
実験パラメーター			
実測周波数	9320~9385 MHz (Δ F 65MHz)		
使用パルス幅	PON:1 ms		
繰り返し周波数	200 Hz		
特徴	<p>FMCW レーダーは、FM 変調の電波をある時間送信し、送信波と反射波のビート信号（うなり）の位相変化を距離計測することにより無線測位を行っている。</p> <p>従来のパルスレーダーからするとパルス幅は 1000 倍近いが空中線電力は非常に低いものとなる。</p>		

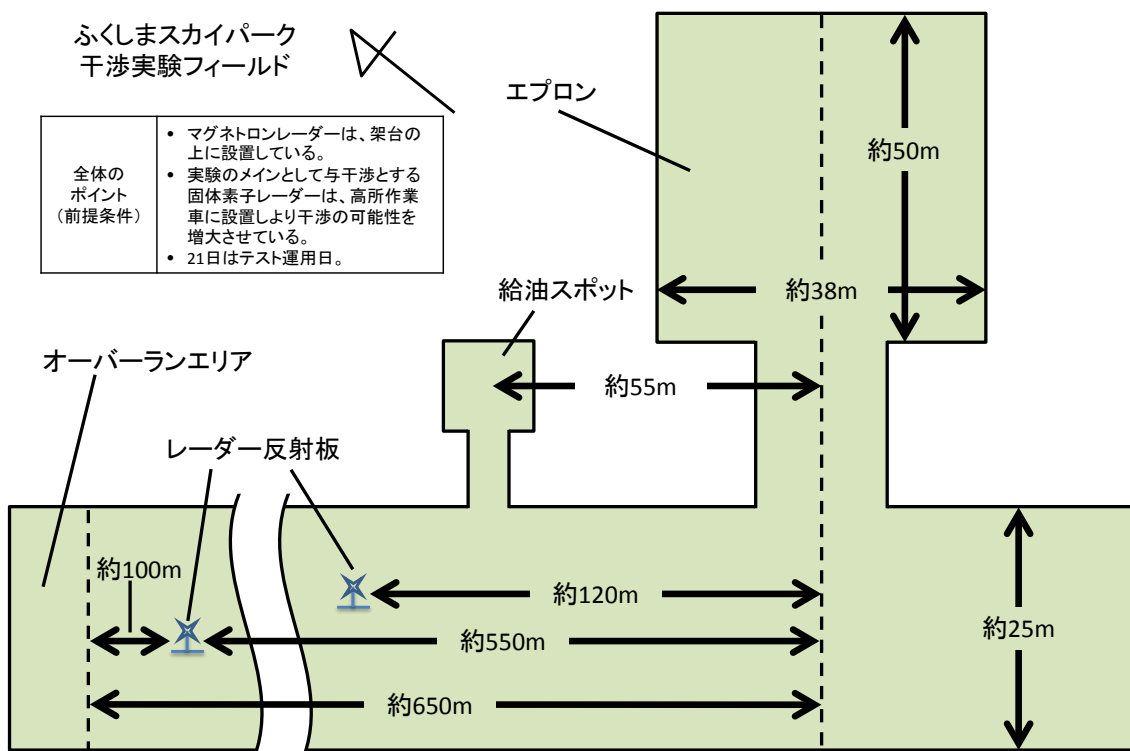
実験時の配置図

実験地のふくしまスカイパークの概要

施設名	ふくしまスカイパーク
住所	福島市大笹生字芋畑 169
標高	402m
使用スペース	滑走路：長さ：800m×幅：25m（公表ベース） エプロン：50m×37.5m（公表ベース） 給油スポット：不明
舗装	アスファルト舗装

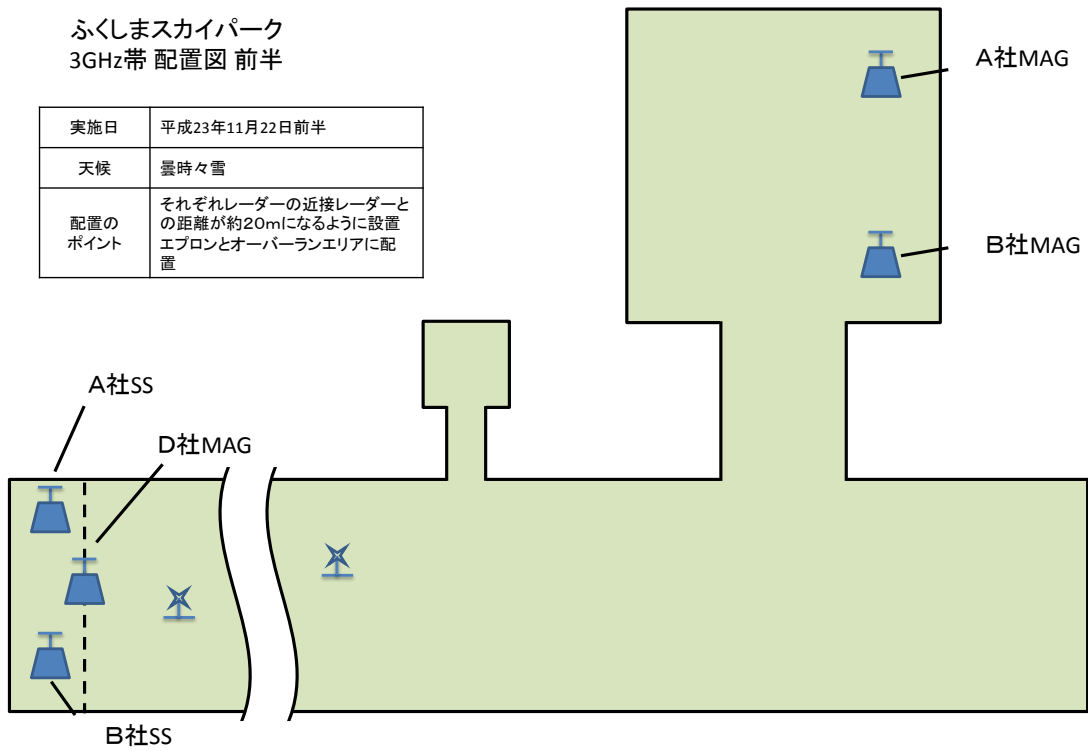
- (1) 基準となるレーダー反射板を近距離と遠距離に設置する。
- (2) 固体素子レーダーは、与干渉の確立を上昇させる方策のため高所作業車に設置する。風が強くなければ、15m 程度の高さに設置する。
- (3) マグネトロンレーダーは、架台に設置する。高さは 1.5m 程度となる。
- (4) 遠距離の試験は、与干渉の確率を意図的に上昇させるため与干渉側レーダーのアンテナは固定する。
- (5) 近傍（20～60m）と遠方（約 600m）の二条件で配置する。

○全体概要



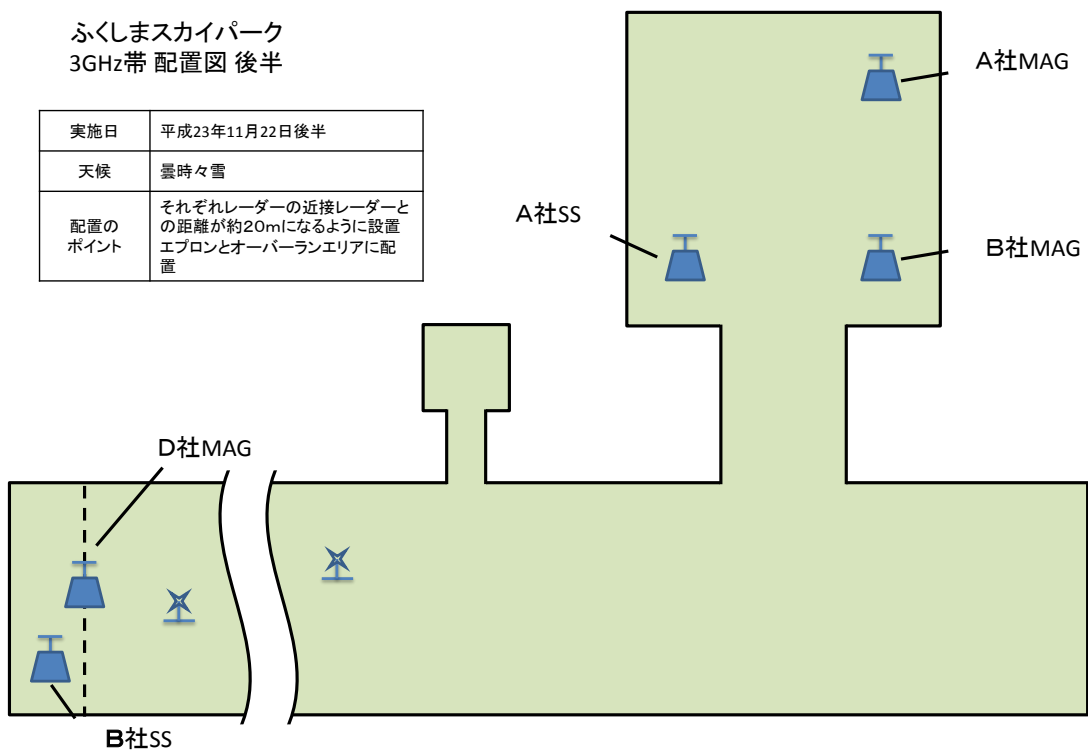
ふくしまスカイパーク
3GHz帯 配置図 前半

実施日	平成23年11月22日前半
天候	曇時々雪
配置のポイント	それぞれレーダーの近接レーダーとの距離が約20mになるように設置 エプロンとオーバーランエリアに配置



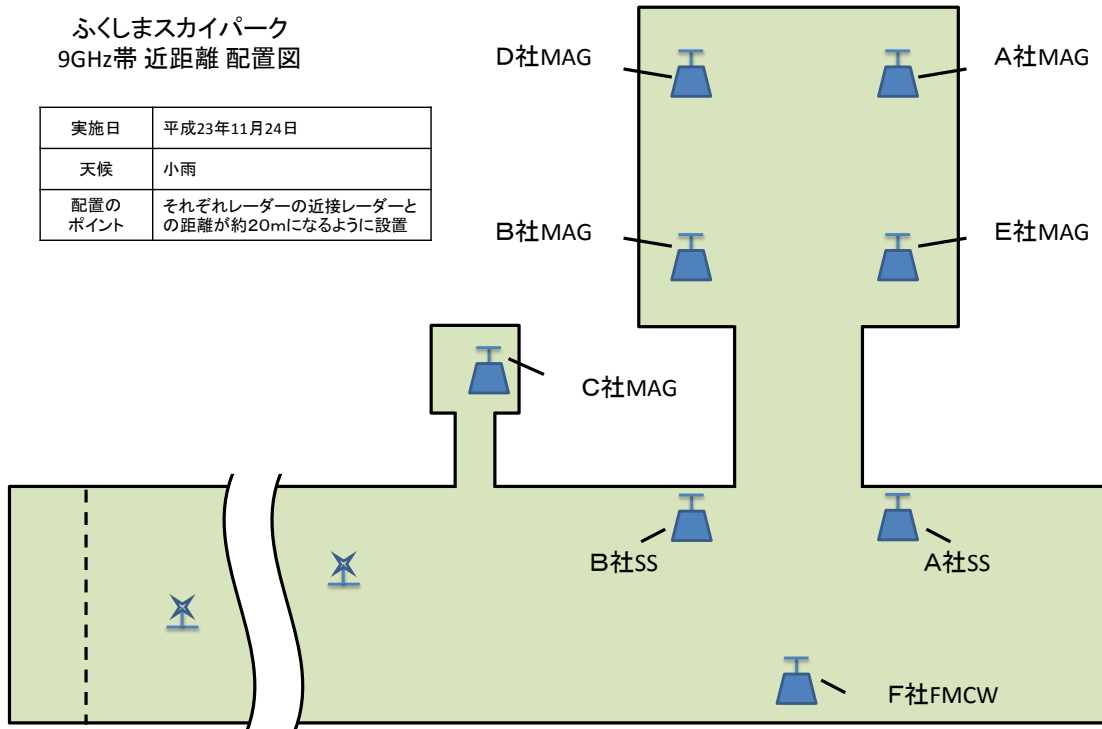
ふくしまスカイパーク
3GHz帯 配置図 後半

実施日	平成23年11月22日後半
天候	曇時々雪
配置のポイント	それぞれレーダーの近接レーダーとの距離が約20mになるように設置 エプロンとオーバーランエリアに配置



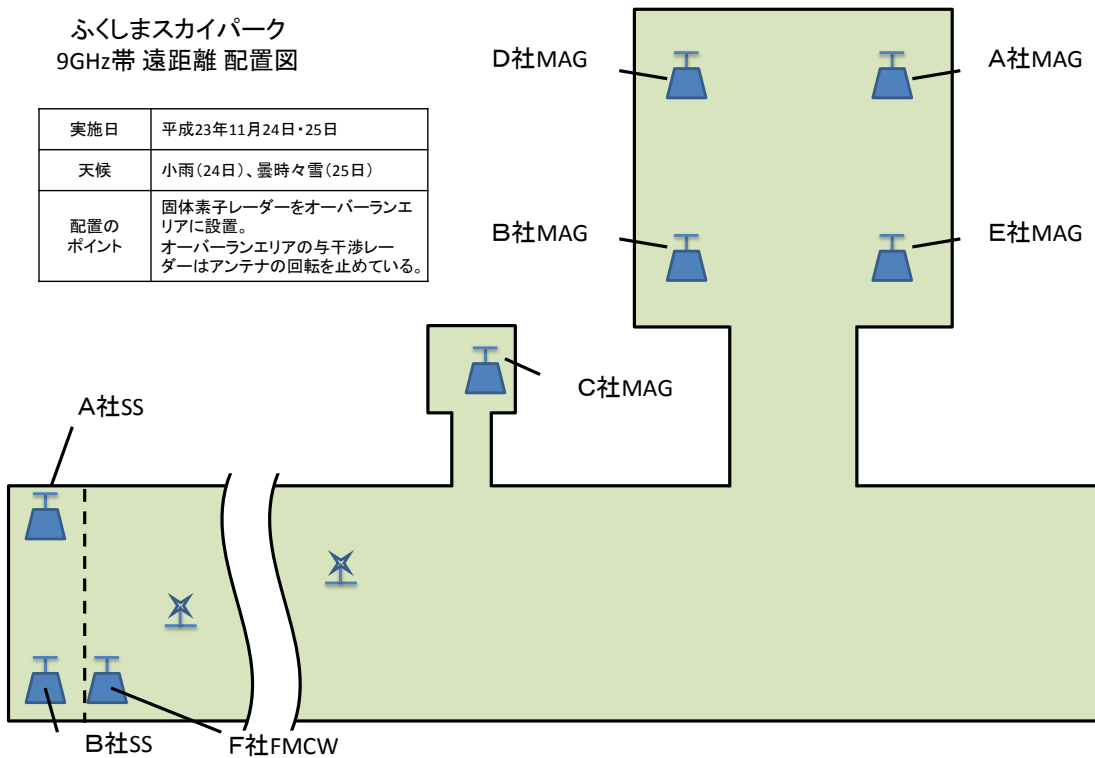
ふくしまスカイパーク
9GHz帯 近距離 配置図

実施日	平成23年11月24日
天候	小雨
配置のポイント	それぞれレーダーの近接レーダーとの距離が約20mになるように設置



ふくしまスカイパーク
9GHz帯 遠距離 配置図

実施日	平成23年11月24日・25日
天候	小雨(24日)、曇時々雪(25日)
配置のポイント	固体素子レーダーをオーバーランエリアに設置。 オーバーランエリアの与干渉レーダーはアンテナの回転を止めている。



実験の基本情報

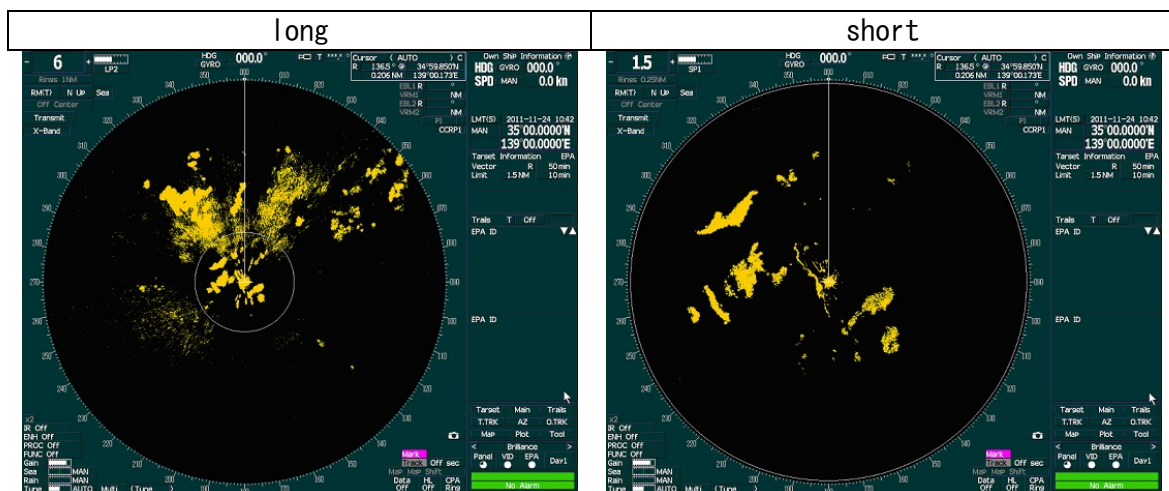
1	与干渉のない状態の映像	
1.1	A社 9GHz 固体素子レーダーの映像	28
1.2	A社 9GHz マグネトロンレーダーの映像	28
1.3	B社 9GHz 固体素子レーダーの映像	29
1.4	B社 9GHz マグネトロンレーダーの映像	29
1.5	C社 9GHz マグネトロンレーダーの映像	30
1.6	D社 9GHz マグネトロンレーダーの映像	30
1.7	E社 9GHz マグネトロンレーダーの映像	31
1.8	F社 9GHz FMCW レーダーの映像	31
2	与干渉のない状態での IR の ON/OFF の映像	
2.1	D社 3GHz マグネトロンレーダーの映像	32
2.2	D社 9GHz マグネトロンレーダーの映像	32
3	レーダー反射板の確認	
3.1	3GHz レーダーによるレーダー反射板の確認	
3.1.1	A社の固体素子レーダーの映像	33
3.1.2	B社のマグネトロンレーダーの映像	33
3.2	9GHz レーダーによるレーダー反射板の確認	
3.2.1	A社の固体素子レーダーの映像	34
3.2.2	B社のマグネトロンレーダーの映像	34

1 与干渉のない状態の確認

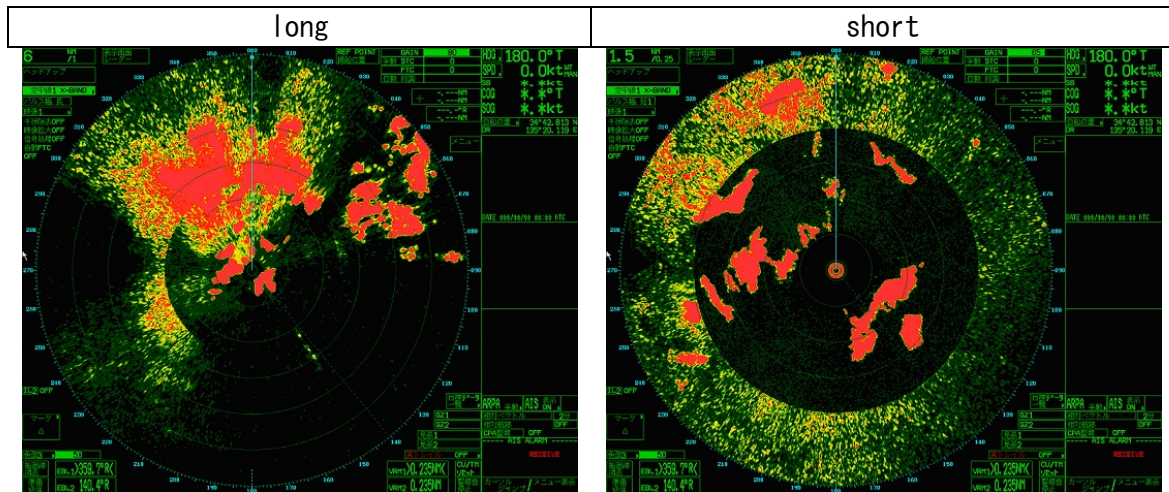
1.1 A社 9GHz 固体素子レーダーの映像



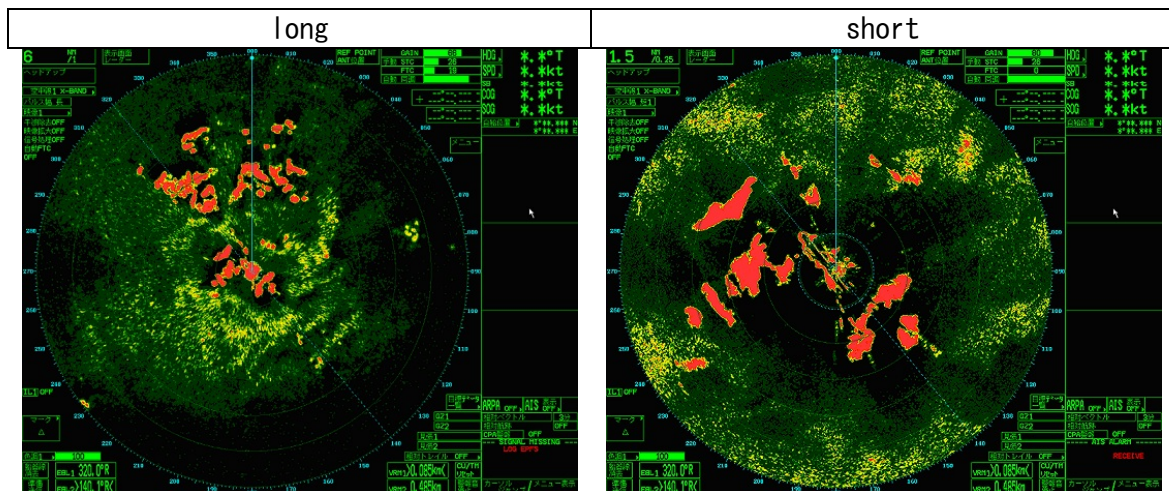
1.2 A社 9GHz マグネトロンレーダーの映像



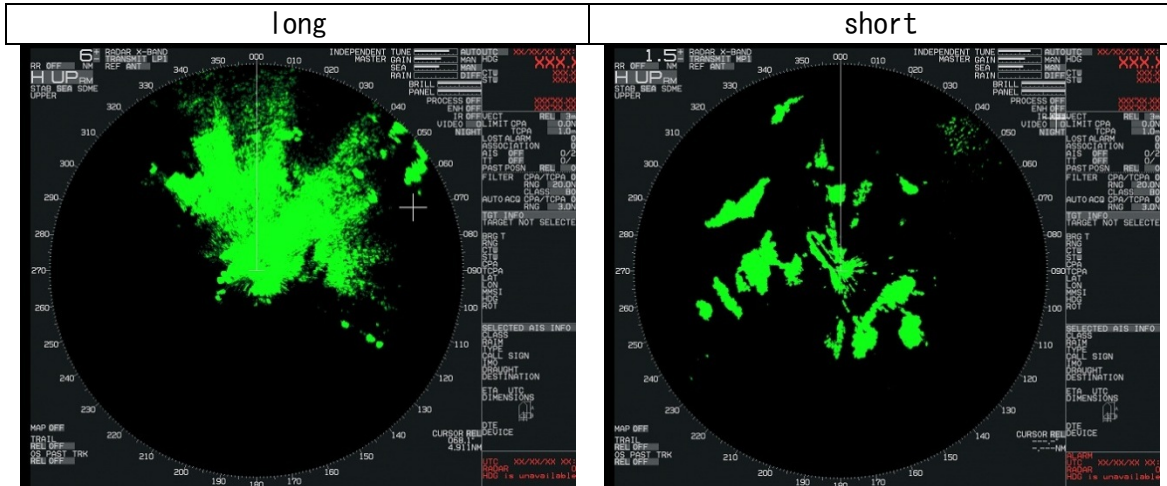
1.3 B社 9GHz 固体素子レーダーの映像



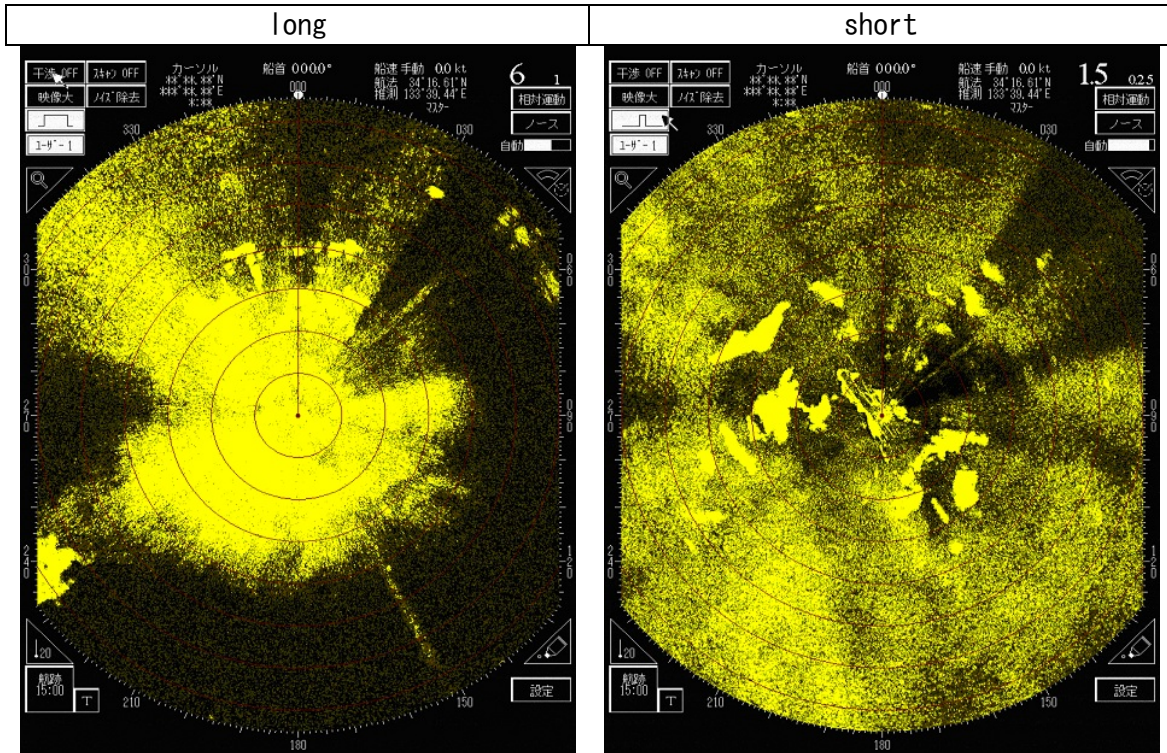
1.4 B社 9GHz マグネトロンレーダーの映像



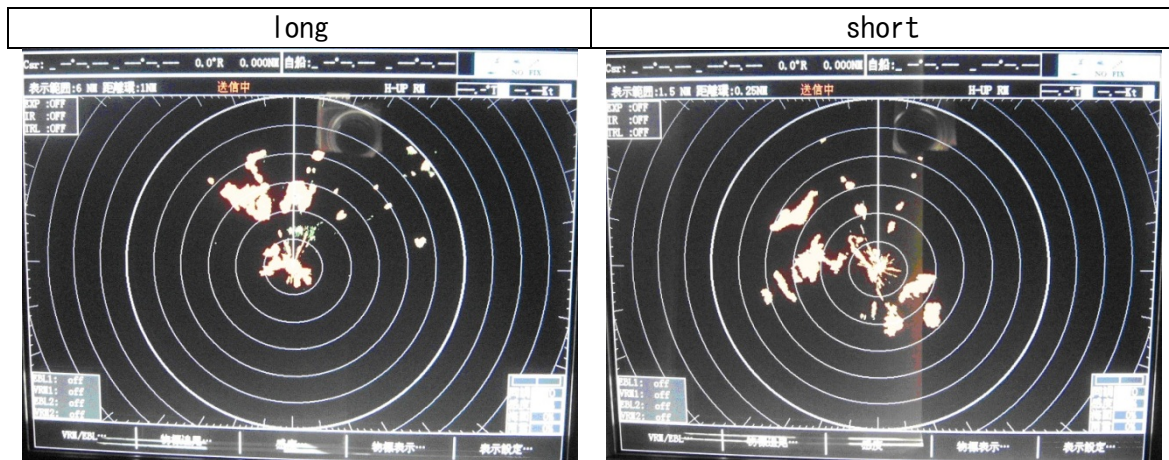
1.5 C社 9GHz マグネトロンレーダーの映像



1.6 D社 9GHz マグネトロンレーダーの映像



1.7 E社 9GHz マグネトロンレーダーの映像

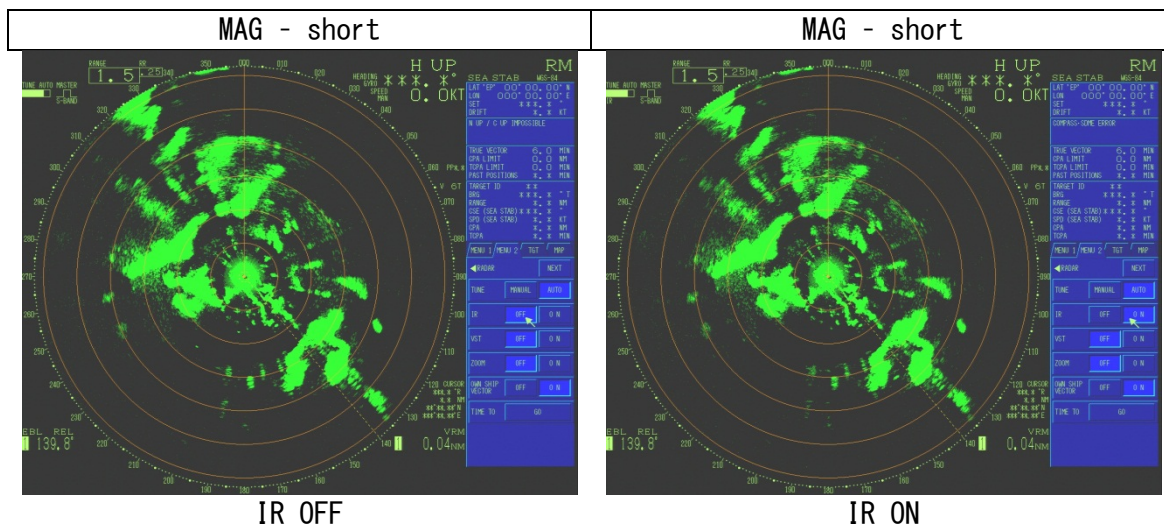


1.8 F社 9GHzFMCW レーダーの映像

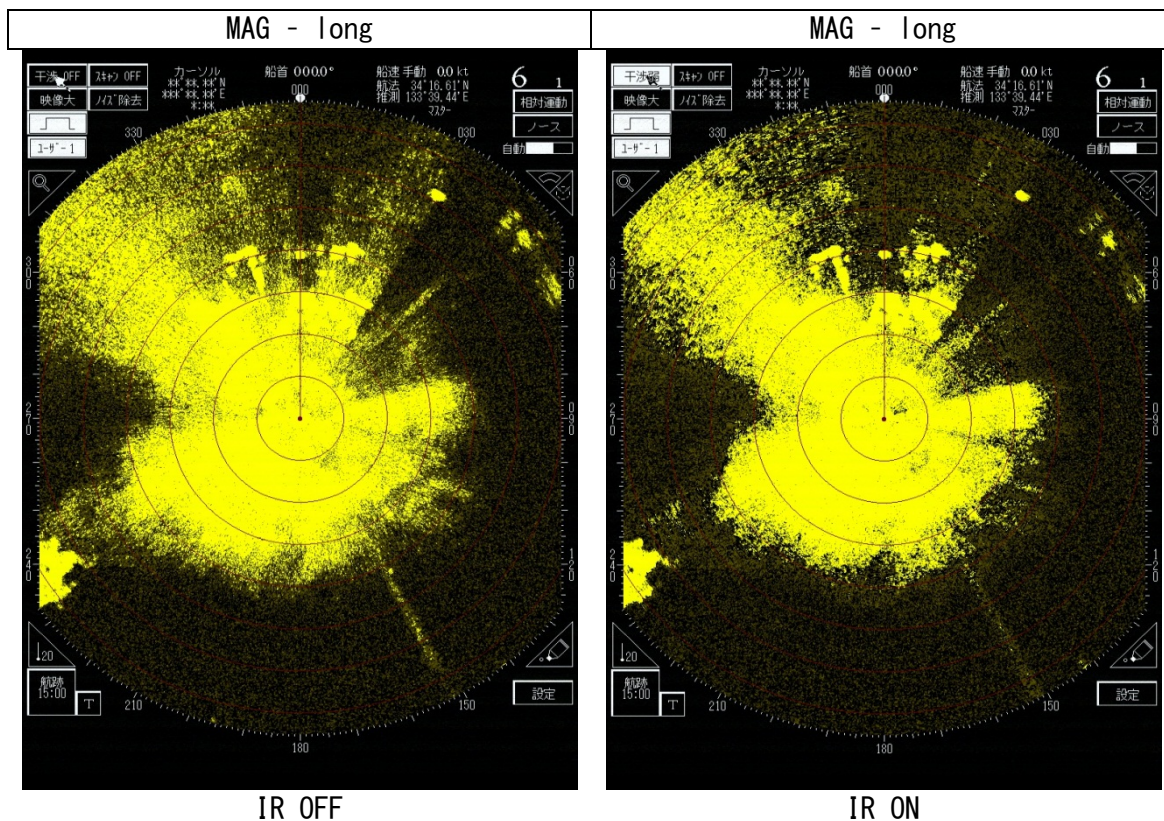


2 与干渉のない状態での IR の ON/OFF

2.1 D社 3GHz マグネトロンレーダーの映像



2.2 D社 9GHz マグネトロンレーダーの映像

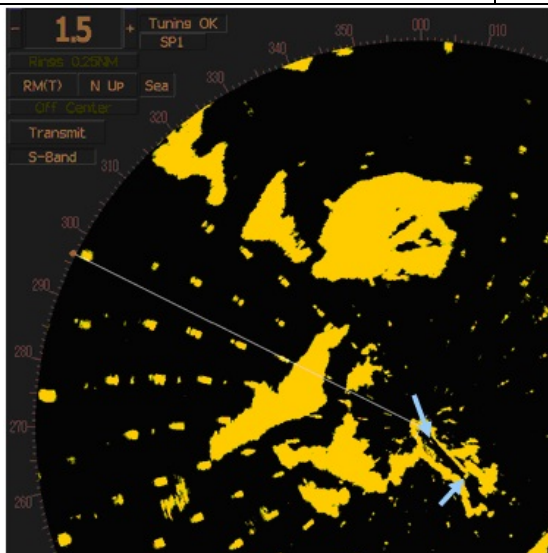


3 レーダー反射板の確認

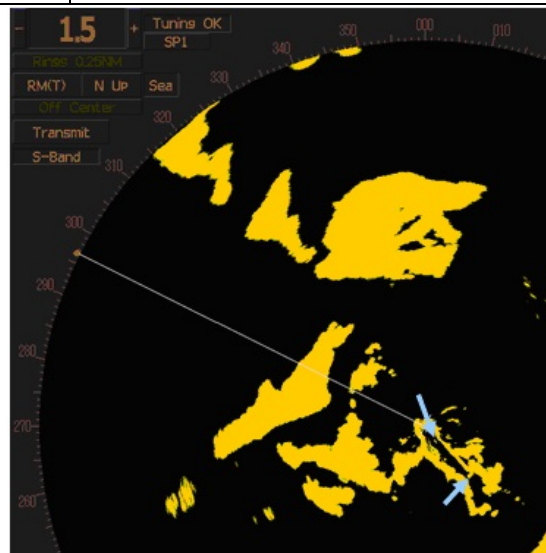
3.1 3GHz レーダーによるレーダー反射板の確認

3.1.1 A社の固体素子レーダーの映像

与干渉	→	被干渉
B社 SS - short		A社 SS - short



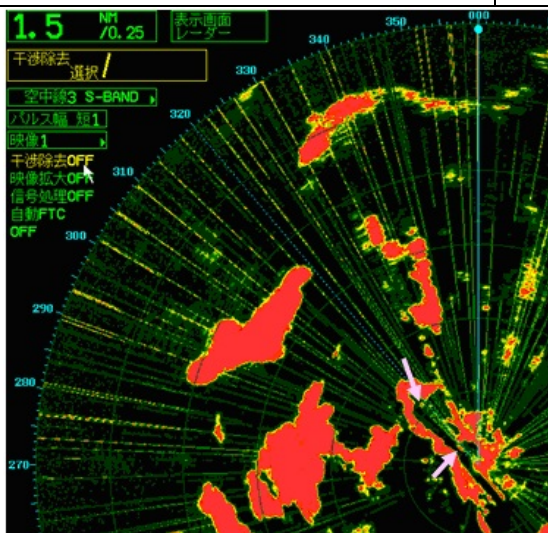
IR OFF



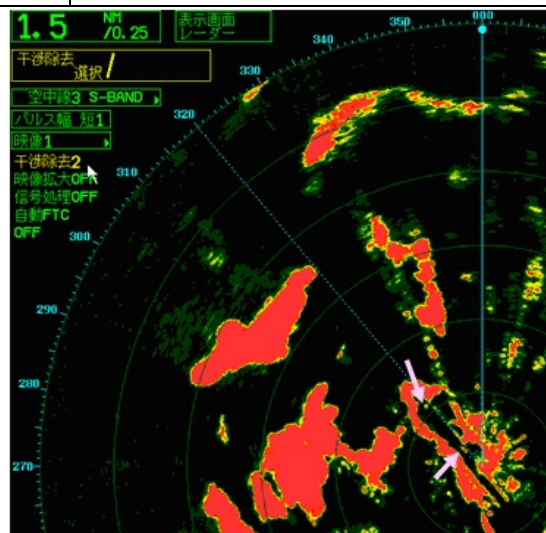
IR ON

3.1.2 B社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		B社 MAG - short



IR OFF

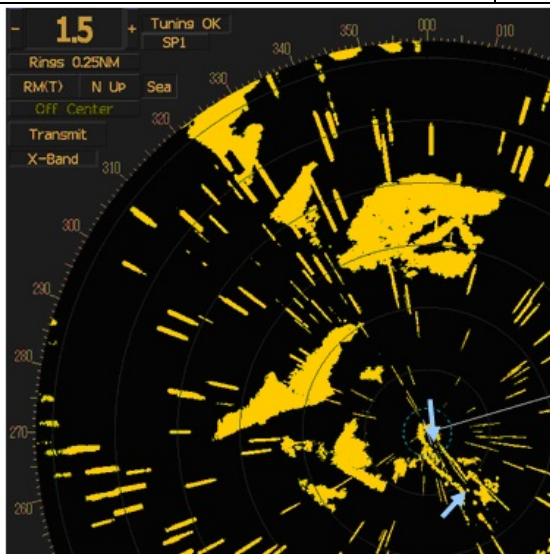


IR ON

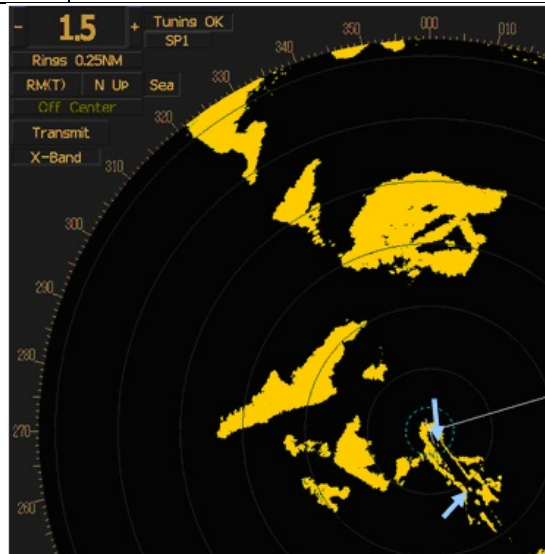
3.2 9GHz レーダーによるレーダー反射板の確認

3.2.1 A社の固体素子レーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long D社 MAG - long E社 MAG - long		A社 SS - short



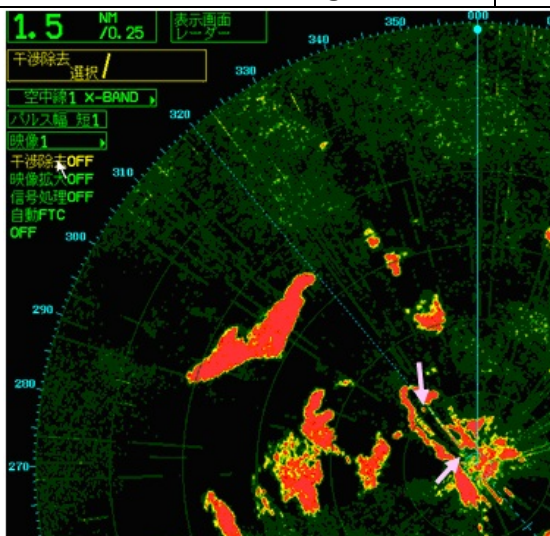
IR OFF



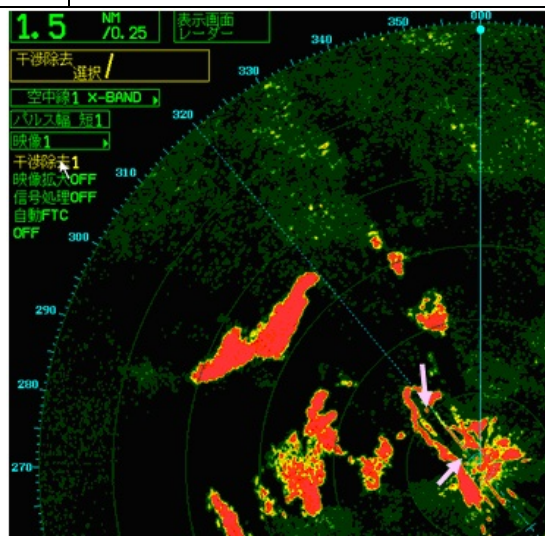
IR ON

3.2.2 B社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long		B社 MAG - short



IR OFF



IR ON

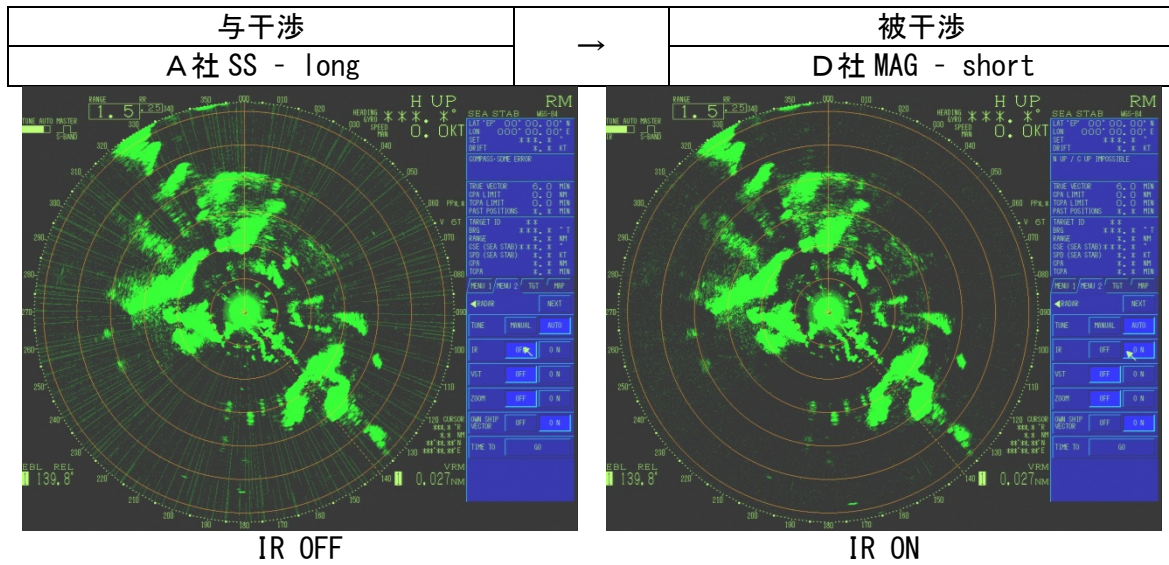
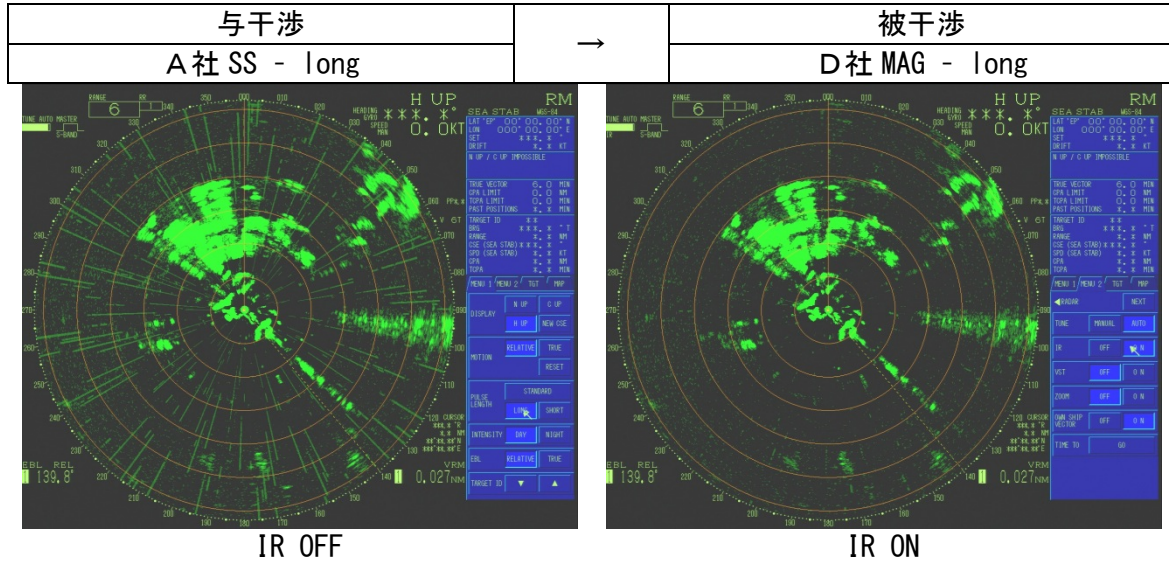
3 GHz 帯レーダー干渉実験結果

1	固体素子レーダーからマグネトロンレーダーへの干渉	
1.1	近距離の干渉	
1.1.1	D社のマグネトロンレーダーの映像	38
1.2	遠距離の干渉	
1.2.1	A社のマグネトロンレーダーの映像	40
1.2.2	B社のマグネトロンレーダーの映像	44
2	マグネトロンレーダーから固体化レーダーへの干渉	
2.1	近距離の干渉	
2.1.1	A社の固体素子レーダーの映像	46
2.2	遠距離の干渉	
2.2.1	A社の固体素子レーダーの映像	48
3	固体素子レーダーから固体素子レーダーへの干渉	
3.1	近距離の干渉	
3.1.1	A社の固体素子レーダーの映像	50
3.2	遠距離の干渉	
3.2.1	A社の固体素子レーダーの映像	52
4	マグネトロンレーダーからマグネトロンレーダーへの干渉	
4.1	近距離の干渉	
4.1.1	B社のマグネトロンレーダーの映像	54
4.2	遠距離の干渉	
4.2.1	A社のマグネトロンレーダーの映像	55
4.2.2	B社のマグネトロンレーダーの映像	55
5	多数のレーダーからの干渉（遠距離・近距離混在）	
5.1	ロングパルスの干渉	56
5.2	ショートパルスの干渉	58

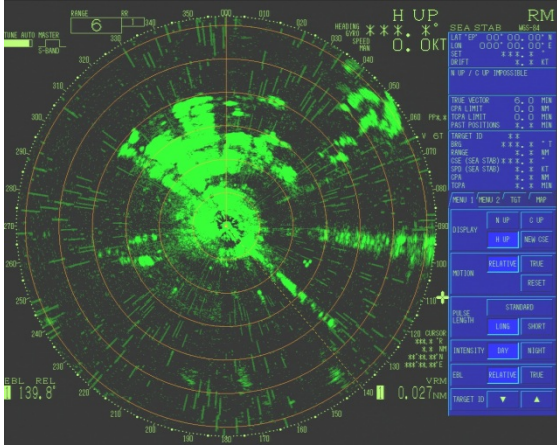
1 固体素子レーダーからマグネトロンレーダーへの干渉

1.1 近距離の干渉

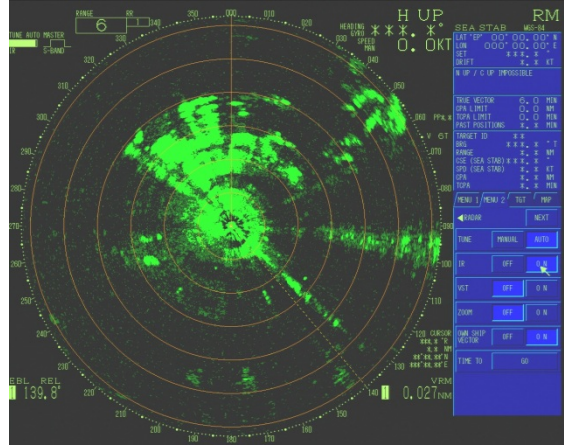
1.1.1 D社のマグネトロンレーダーの映像



与干涉 A社 SS - short	→	被干涉 D社 MAG - long
----------------------	---	----------------------

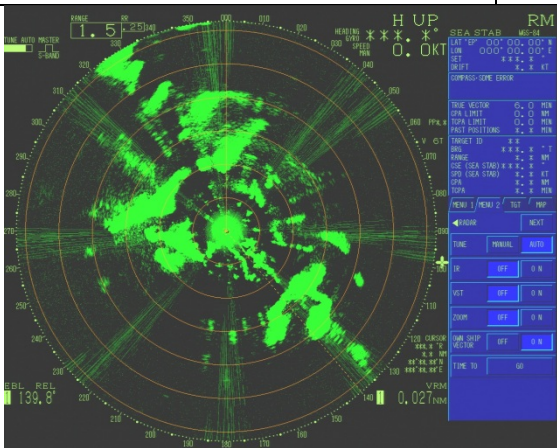


IR OFF

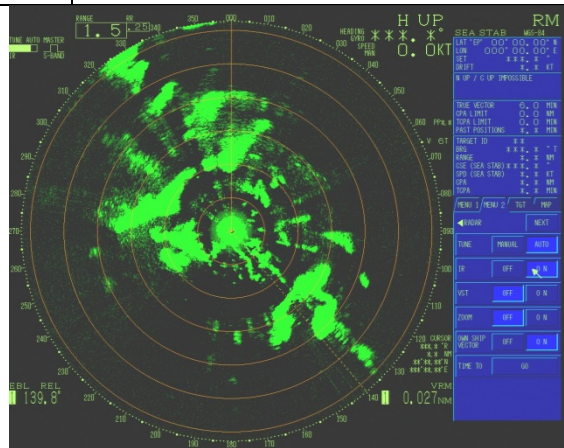


IR ON

与干涉 A社 SS - short	→	被干涉 D社 MAG - short
----------------------	---	-----------------------



IR OFF

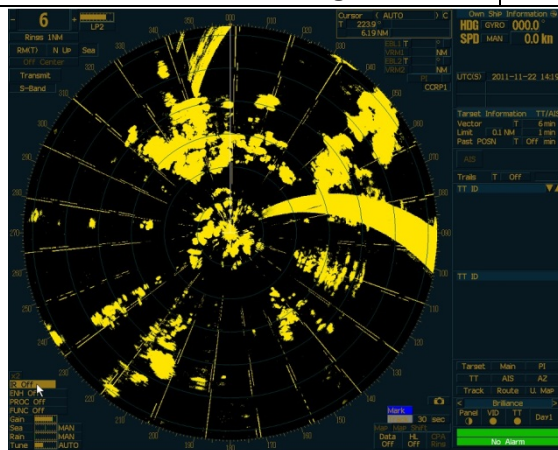


IR ON

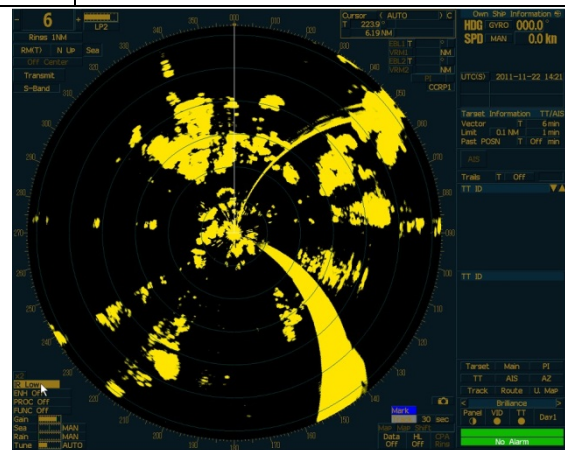
1.2 遠距離の干渉

1.2.1 A社のマグネトロンレーダーの映像

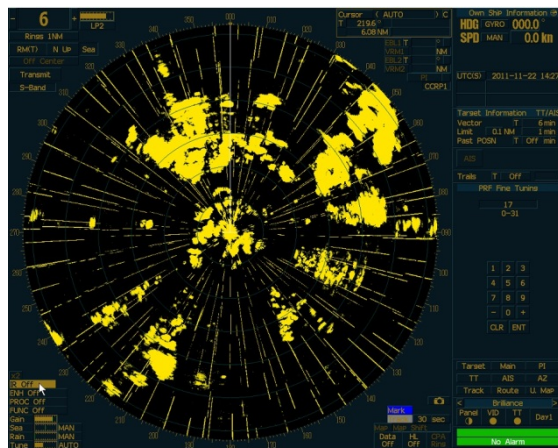
与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		A社 MAG - long



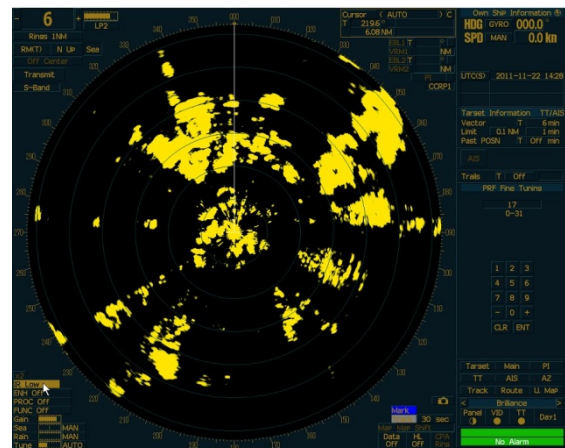
IR OFF



IR ON

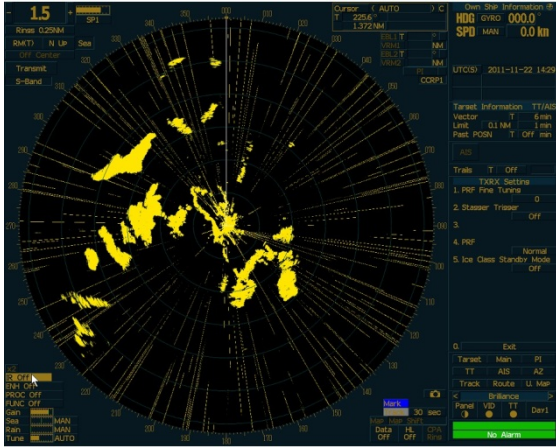


PRF tune IR OFF

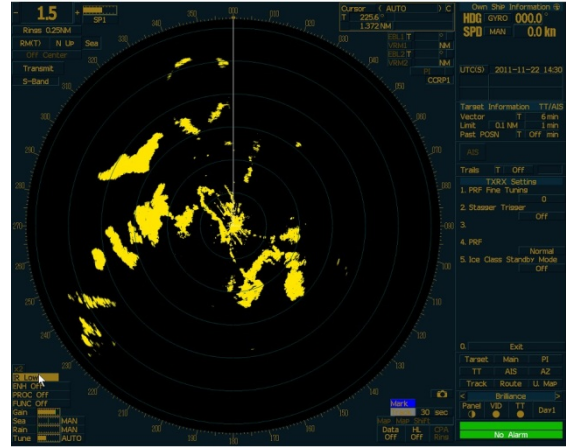


PRF tuned IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - long B社 SS - long		A社 MAG - short

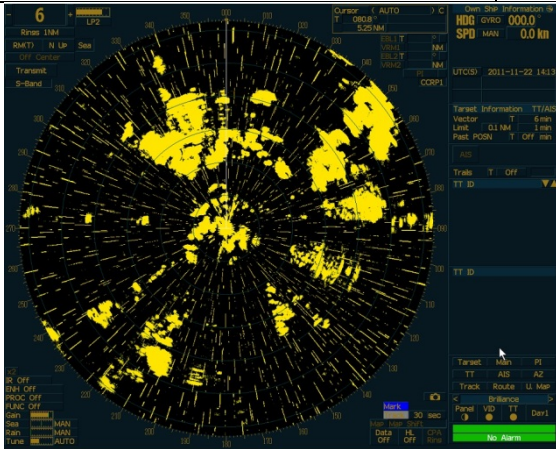


IR OFF

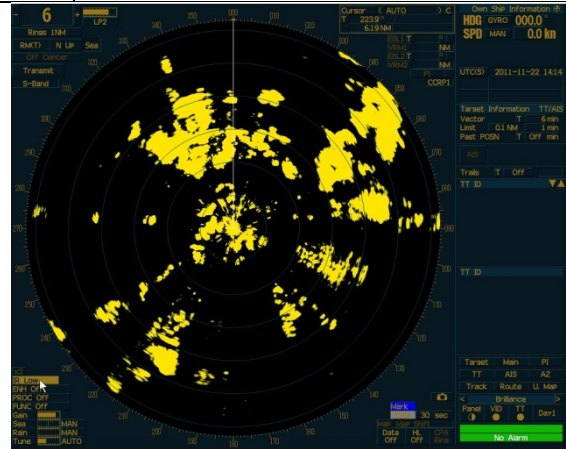


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		A社 MAG - long

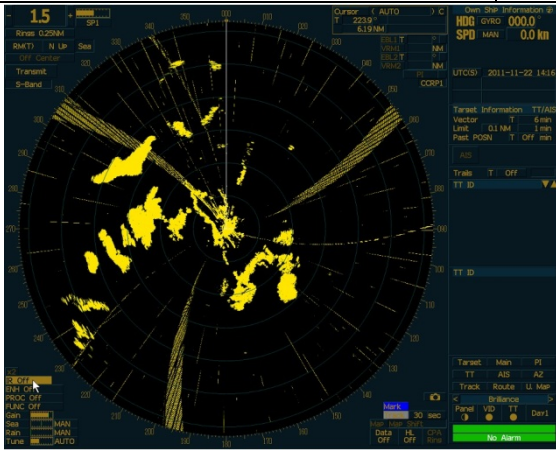


IR OFF



IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		A社 MAG - short



IR OFF

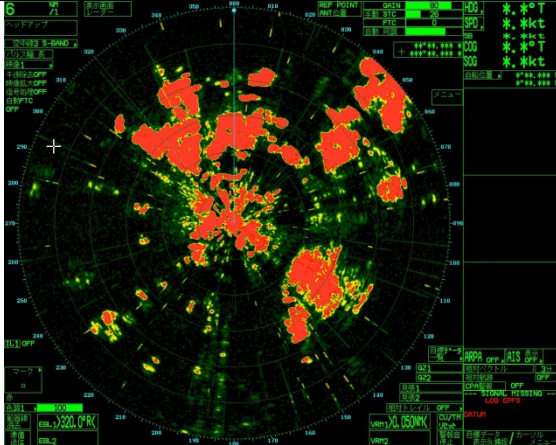


IR ON

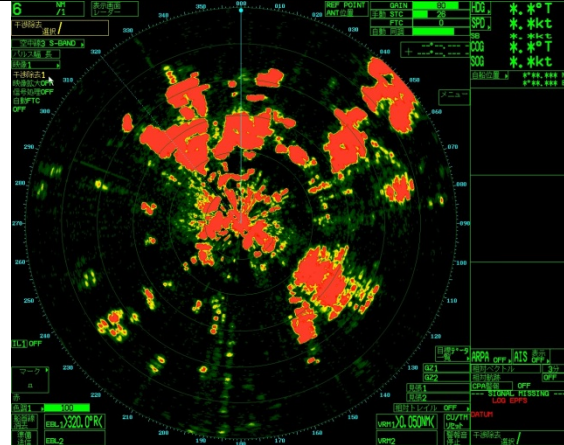
白紙

1.2.2 B社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		B社 MAG - long

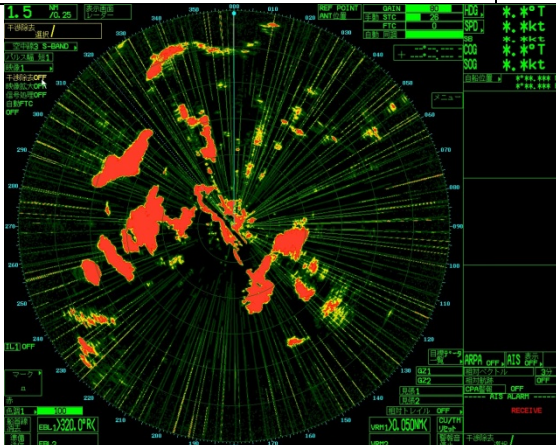


IR OFF

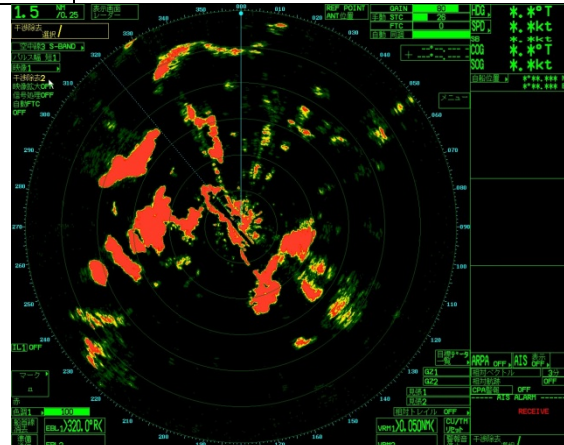


IR 1

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		B社 MAG - short

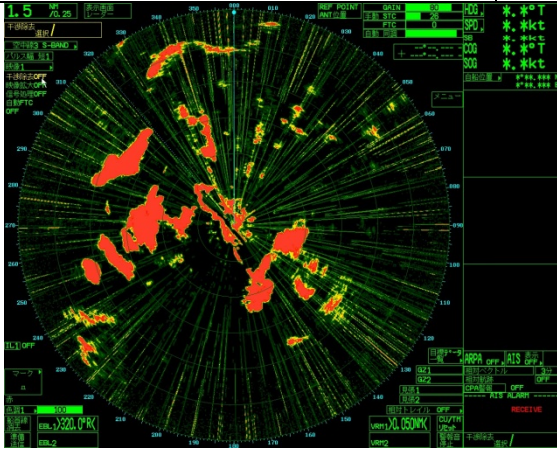


IR OFF

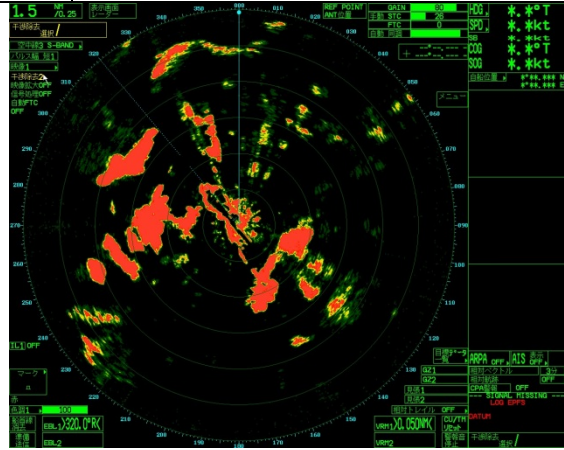


IR 2

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		B社 MAG - short

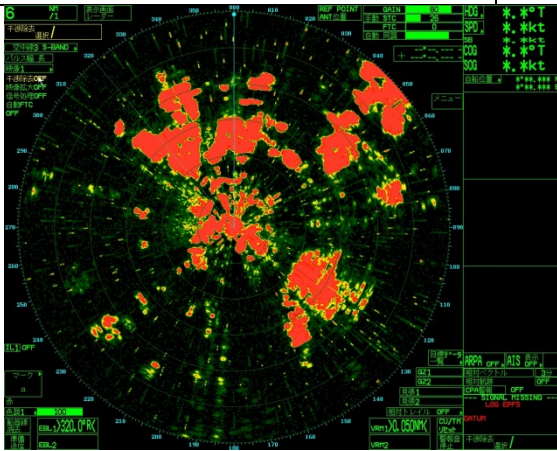


IR OFF

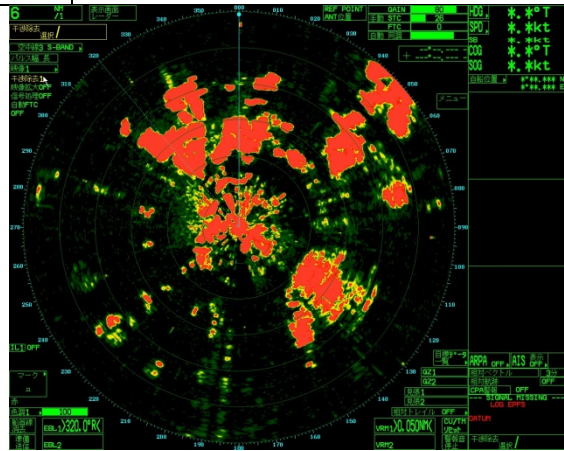


IR 2

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		B社 MAG - long



IR OFF

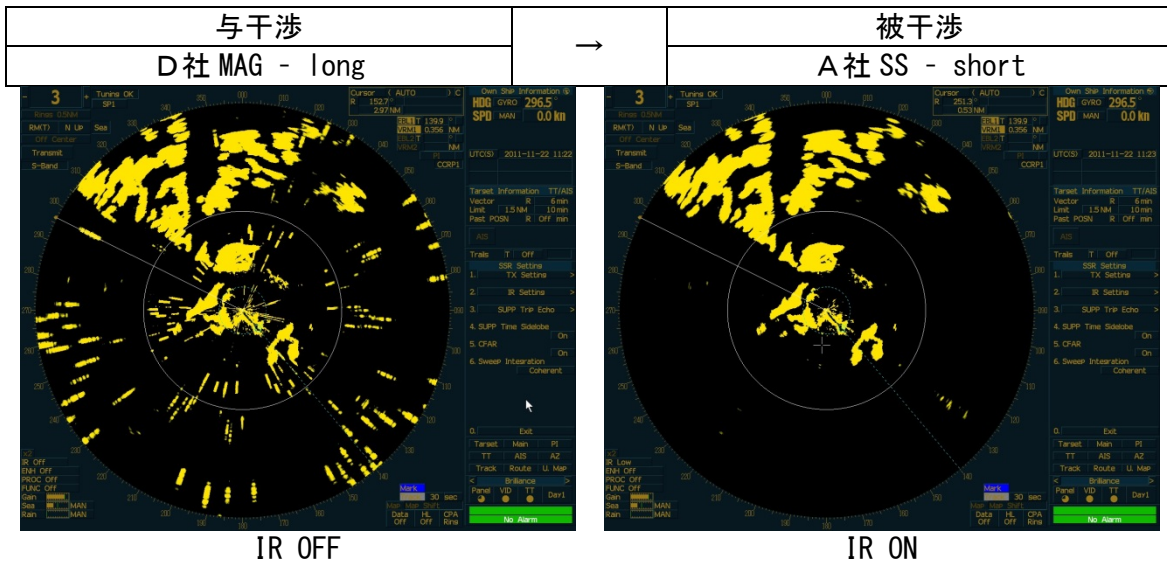
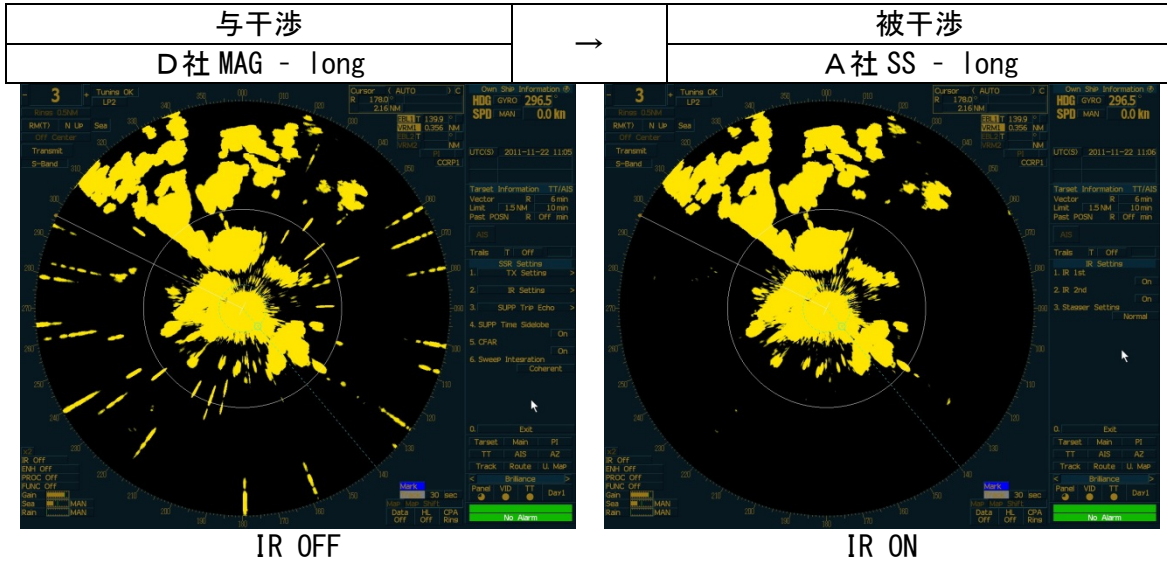


IR 1

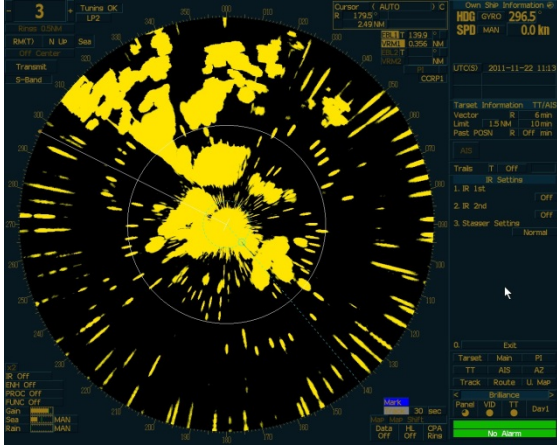
2 マグネトロンレーダーから固体化レーダーへの干渉

2.1 近距離の干渉

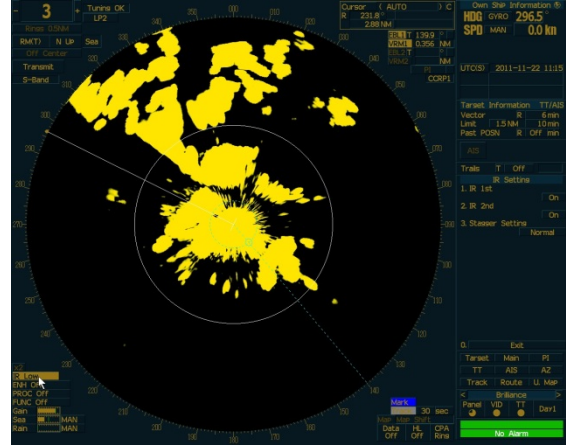
2.1.1 A社の固体素子レーダーの映像



与干涉 D社 MAG - short	→	被干涉 A社 SS - long
-----------------------	---	---------------------

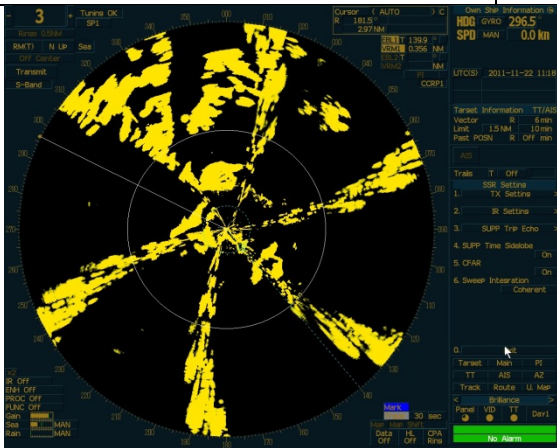


IR OFF

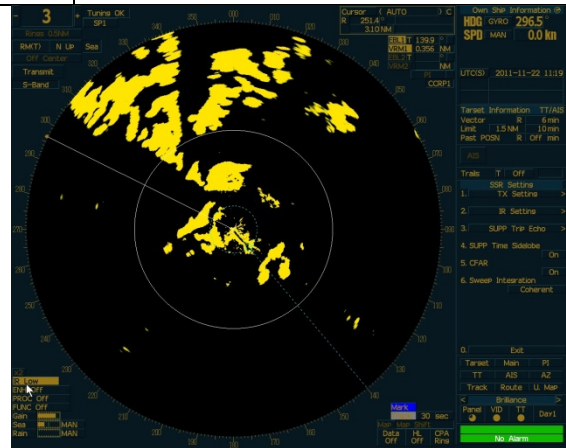


IR ON

与干涉 D社 MAG - short	→	被干涉 A社 SS - short
-----------------------	---	----------------------



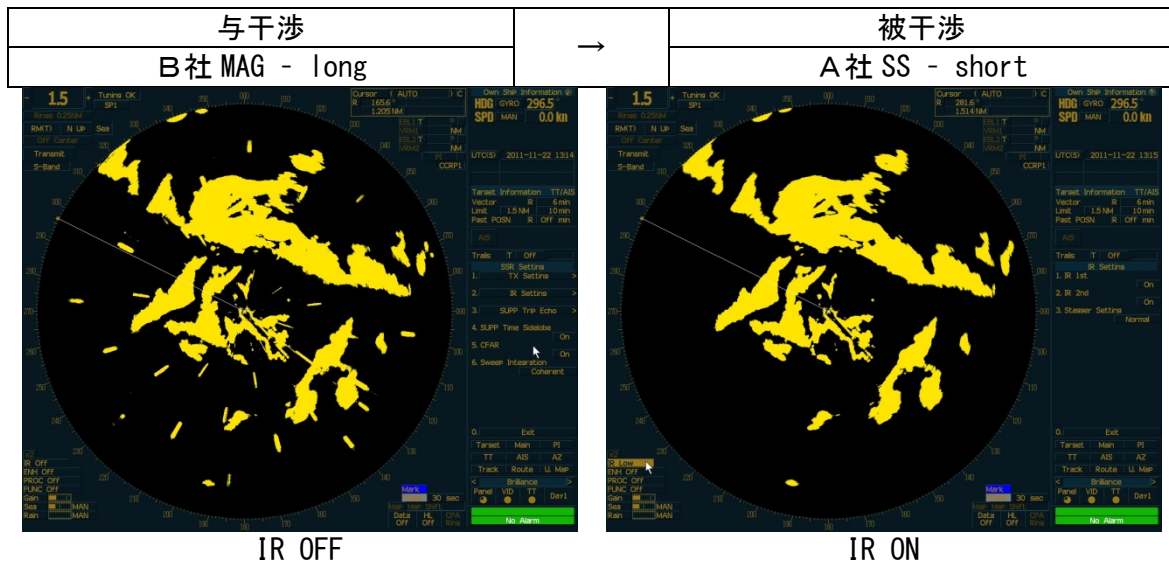
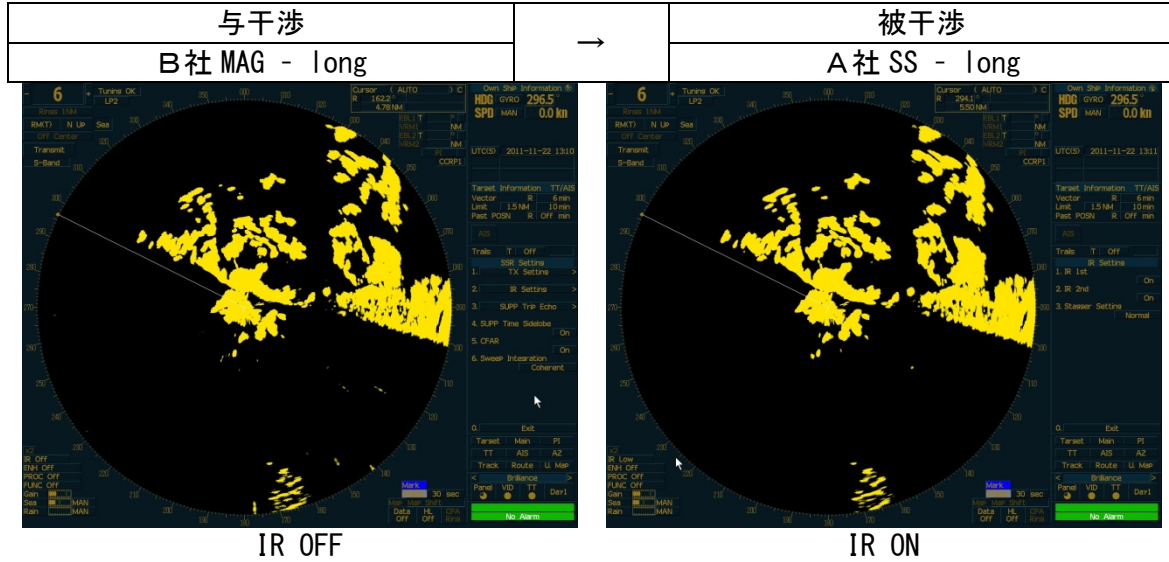
IR OFF



IR ON

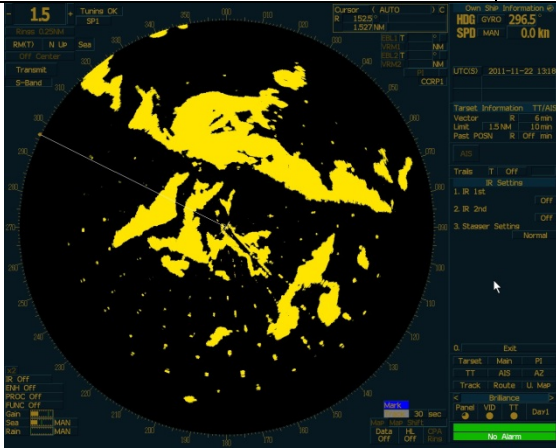
2.2 遠距離の干渉

2.2.1 A社の固体素子レーダーの映像

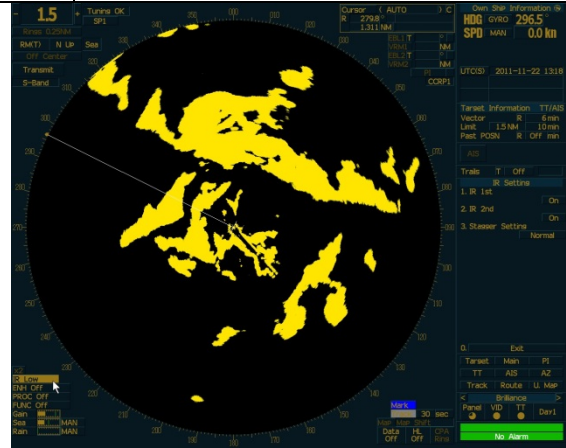


与干涉	→	被干涉
B社 MAG - short		A社 SS - long
??		??
IR OFF		IR ON

与干涉	→	被干涉
B社 MAG - short		A社 SS - short



IR OFF

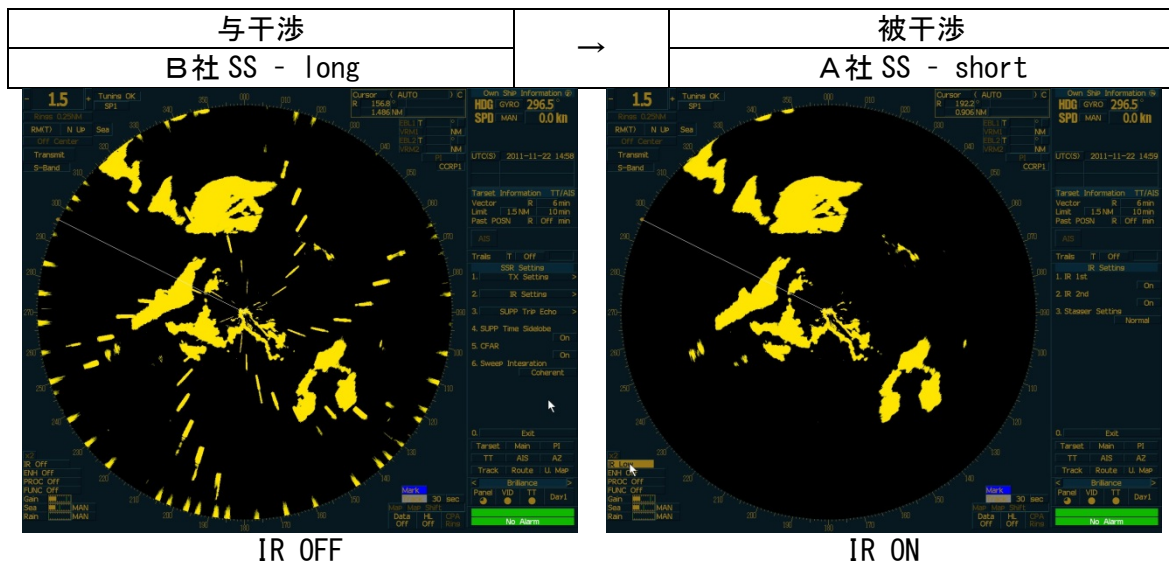
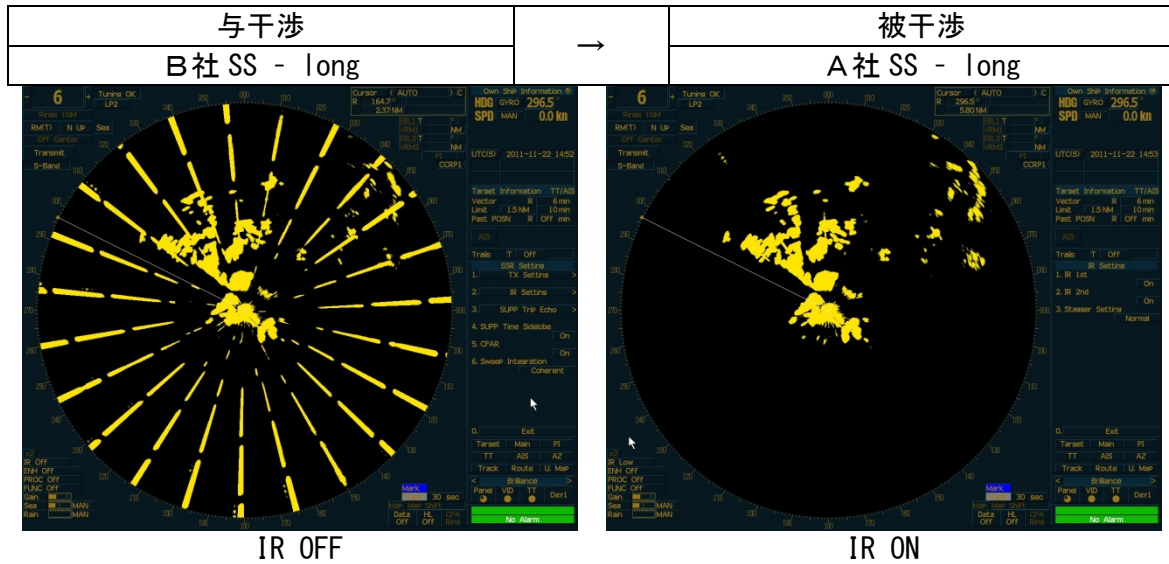


IR ON

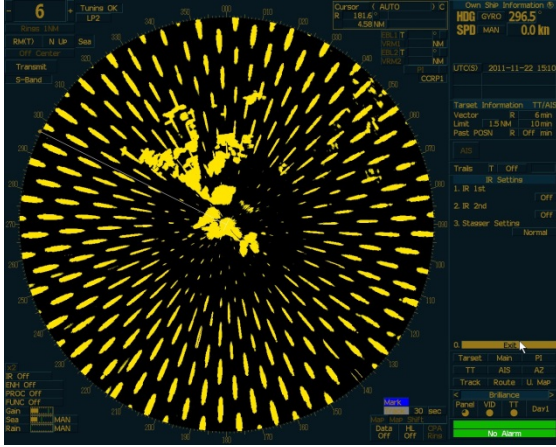
3 固体素子レーダーから固体素子レーダーへの干渉

3.1 近距離の干渉

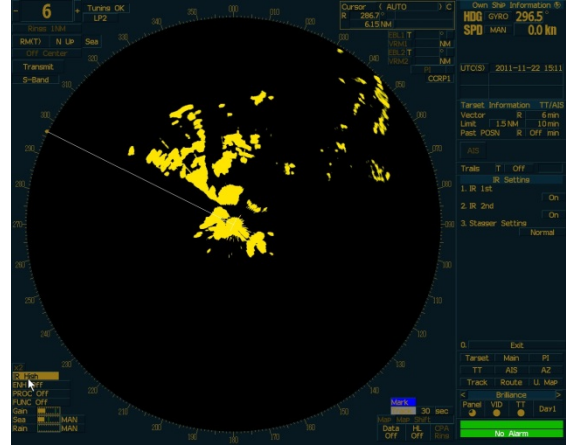
3.1.1 A社の固体素子レーダーの映像



与干涉 B社 SS - short	→	被干涉 A社 SS - long
----------------------	---	---------------------

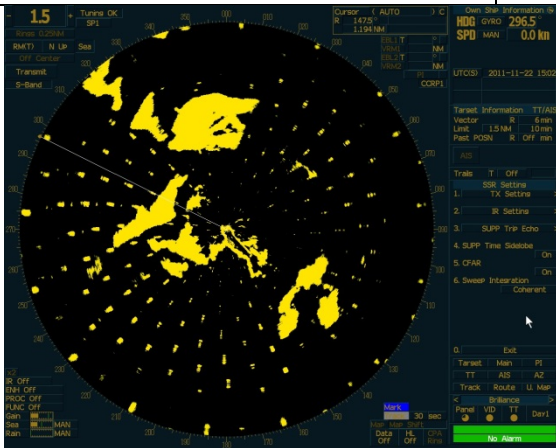


IR OFF

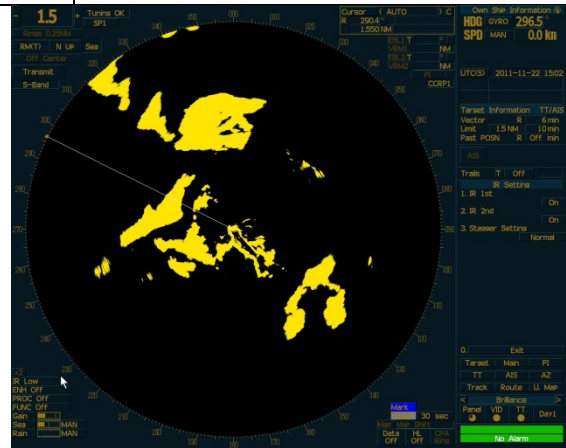


IR ON

与干涉 B社 SS - short	→	被干涉 A社 SS - short
----------------------	---	----------------------



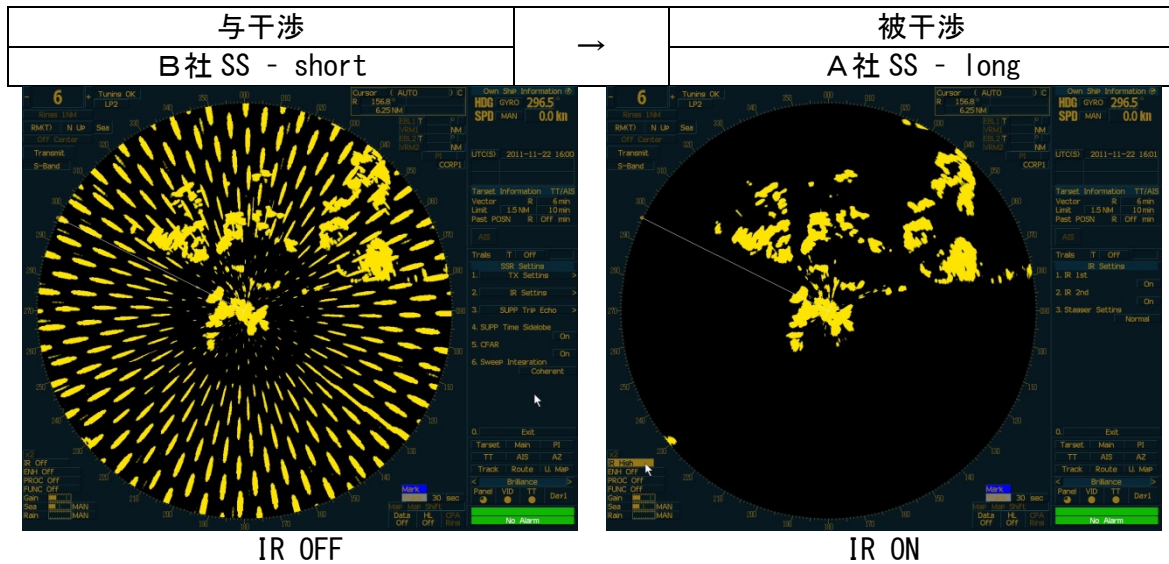
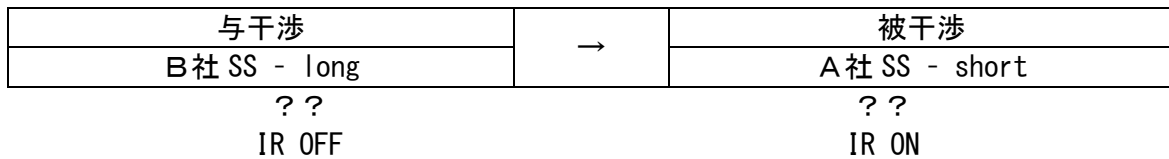
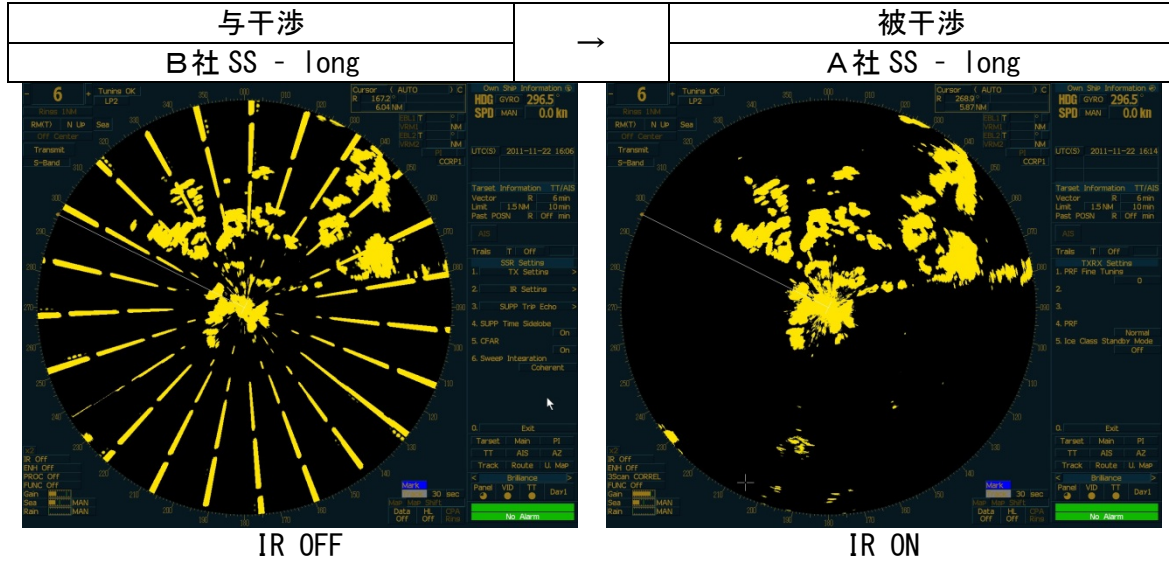
IR OFF



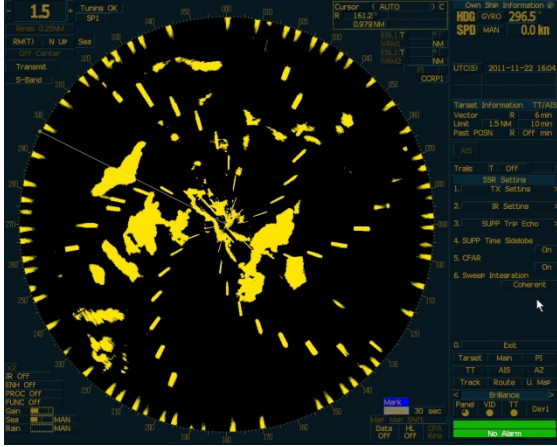
IR ON

3.2 遠距離の干渉

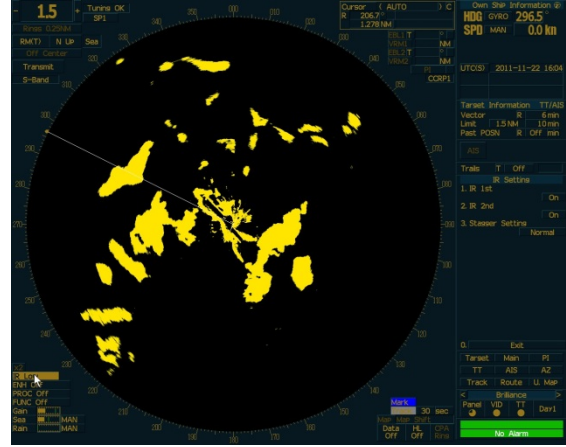
3.2.1 A社の固体素子レーダーの映像



与干涉 B社 SS - short	→	被干涉 A社 SS - short
----------------------	---	----------------------



IR OFF

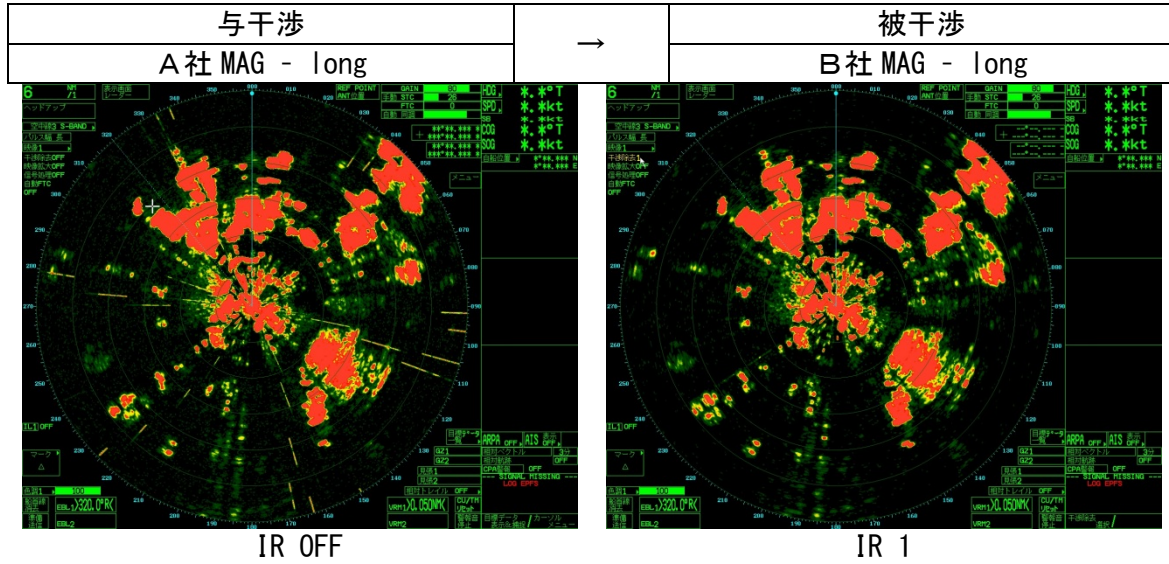


IR ON

4 マグネトロンレーダーからマグネトロンレーダーへの干渉

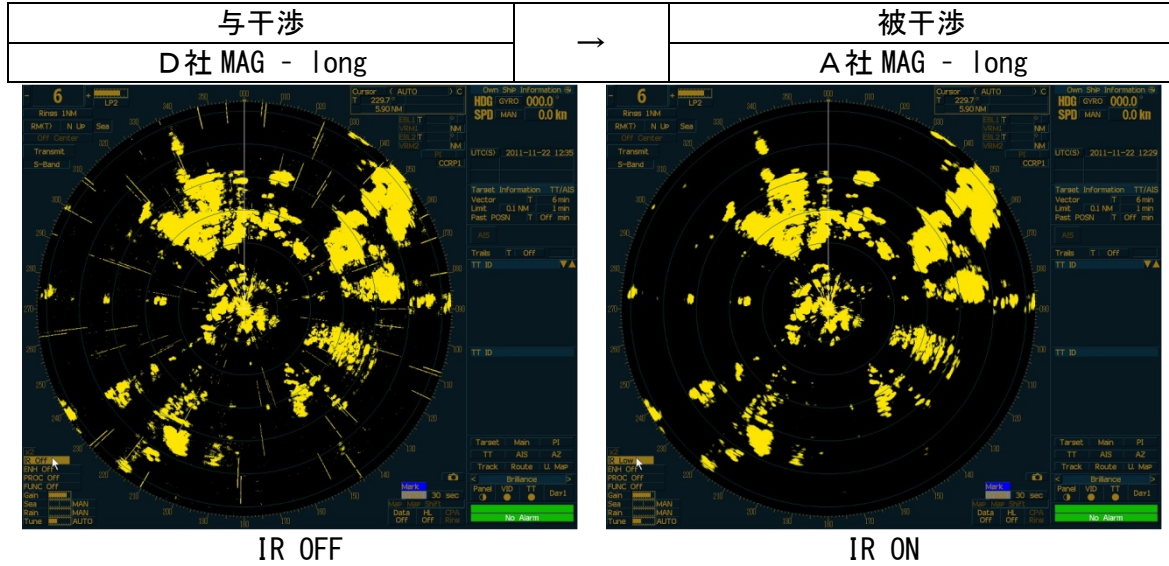
4.1 近距離の干渉

4.1.1 B社のマグネトロンレーダーの映像

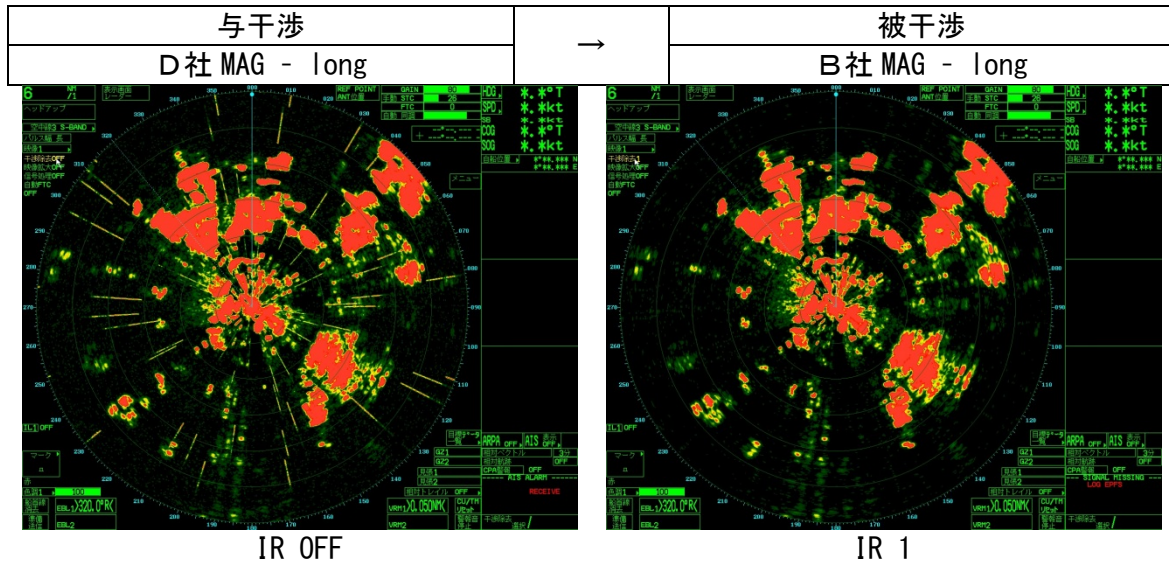


4.2 遠距離の干渉

4.2.1 A社のマグネトロンレーダーの映像



4.2.2 B社のマグネトロンレーダーの映像

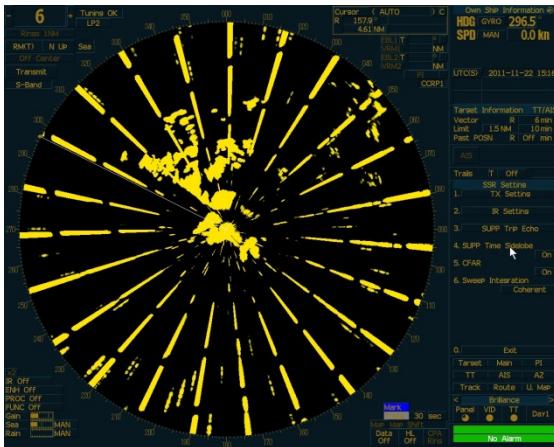


5 多数のレーダーからの干渉（遠距離・近距離混在）

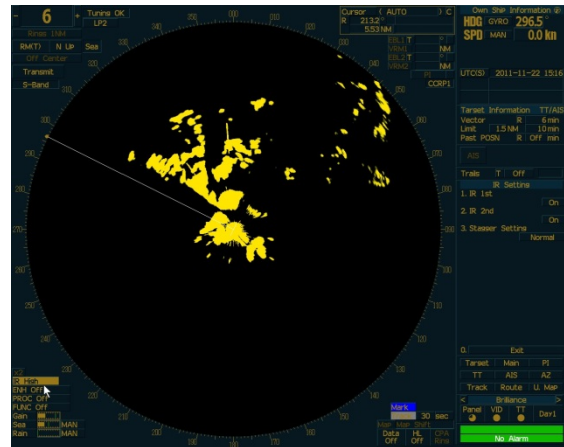
5.1 ロングパルスの干渉

滑走路（オーバーランエリア）		エプロン設置
A社 SS - long B社 SS - long D社 MAG - long	←→	A社 MAG - long B社 MAG - long

A社 SS



IR OFF

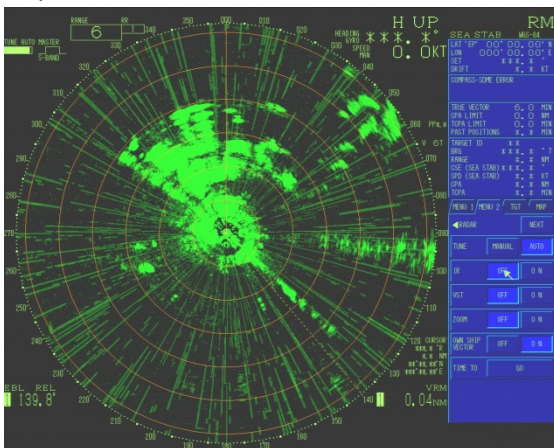


IR ON

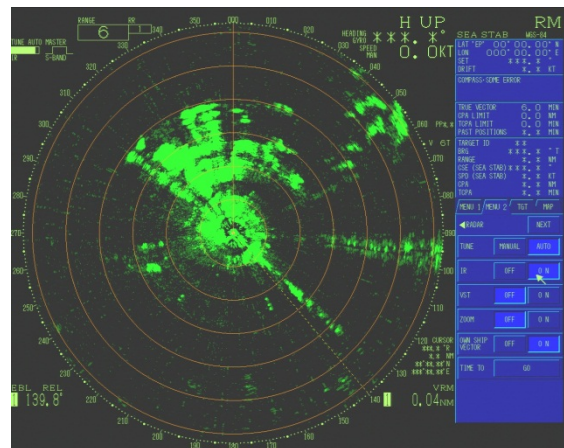
B社 SS

受信系の不具合があり、データなし

D社 MAG

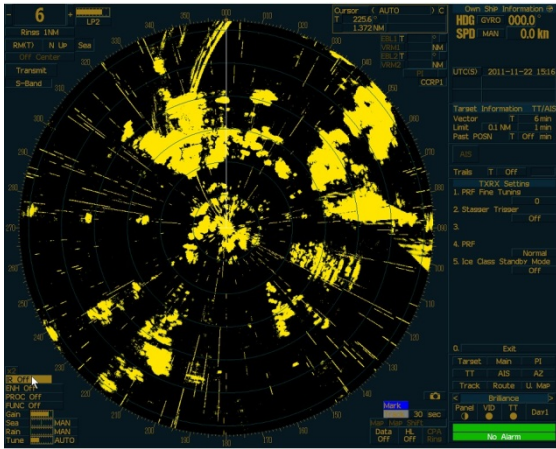


IR OFF

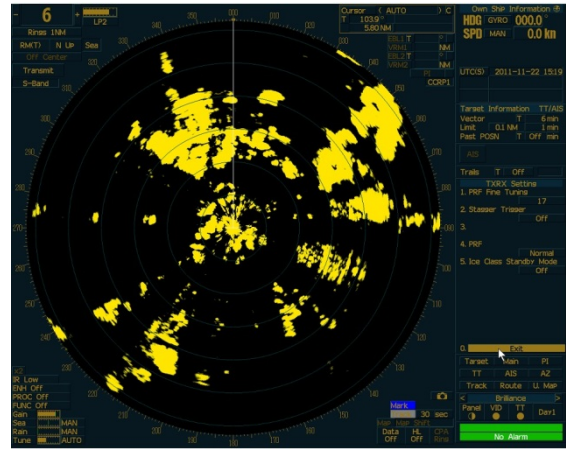


IR ON

A 社 MAG

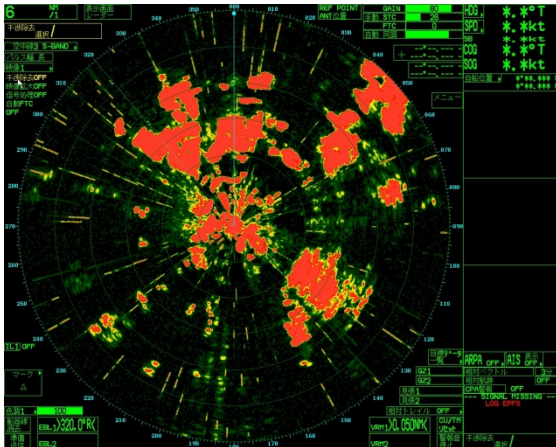


IR OFF

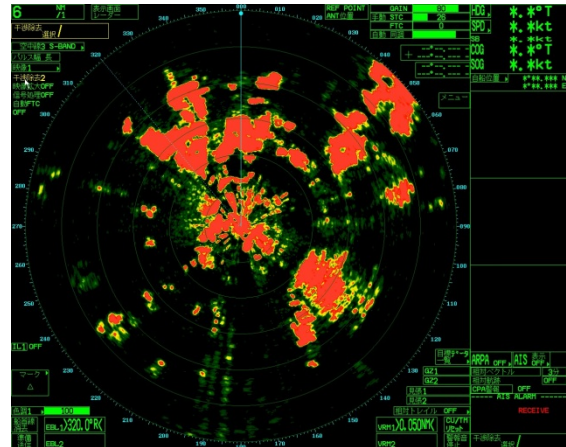


IR ON

B 社 MAG



IR OFF



IR 2

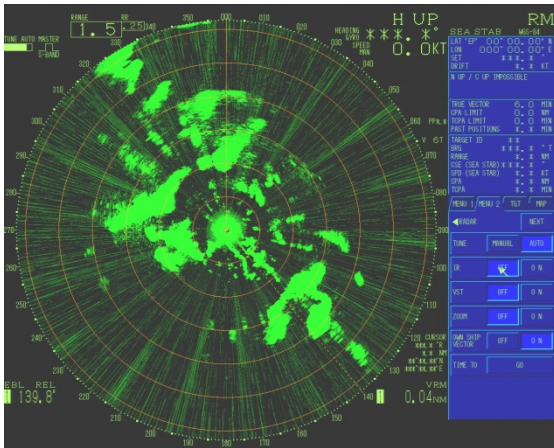
5.2 ショートパルスの干渉

滑走路 (オーバーランエリア)	←→	エプロン設置
B社 SS - short D社 MAG - short		A社 SS - short A社 MAG - short B社 MAG - short

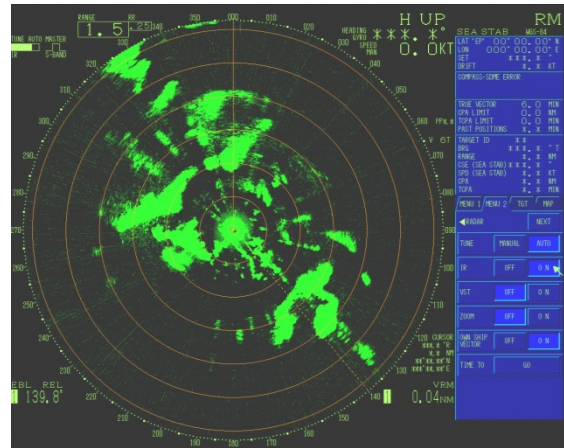
B社 SS

受信系の不具合があり、データなし

D社 MAG

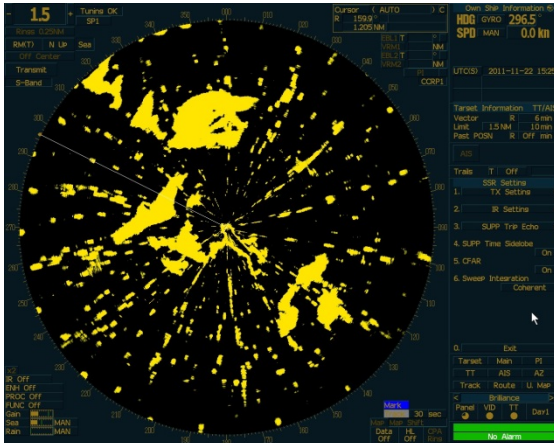


IR OFF

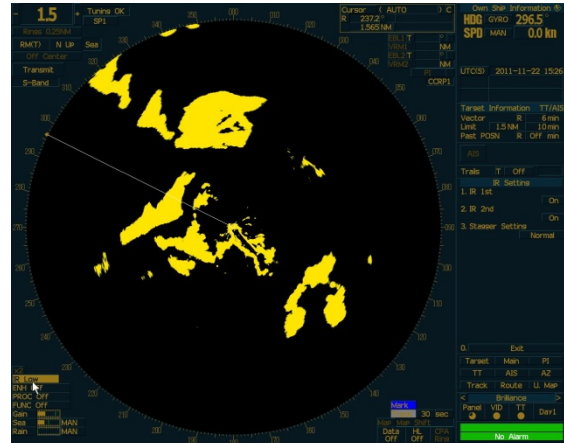


IR ON

A社 SS

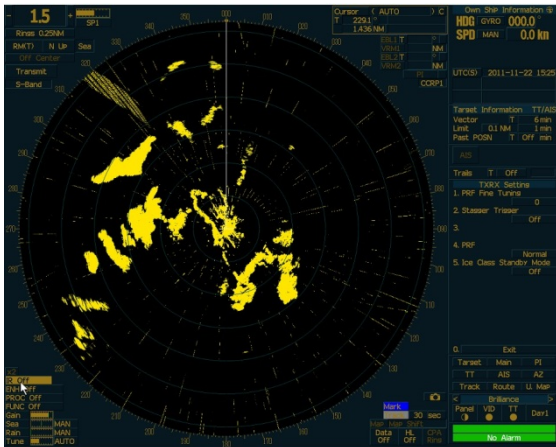


IR OFF

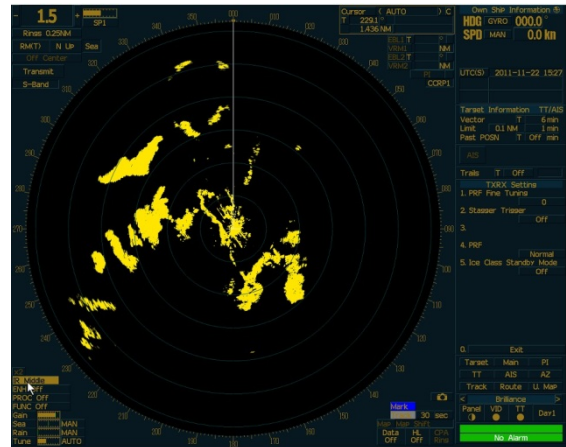


IR ON

A 社 MAG

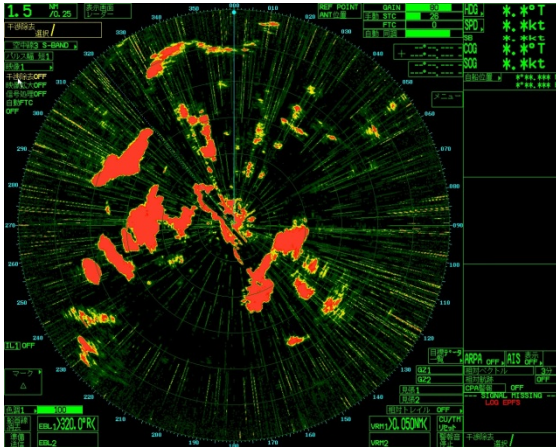


IR OFF

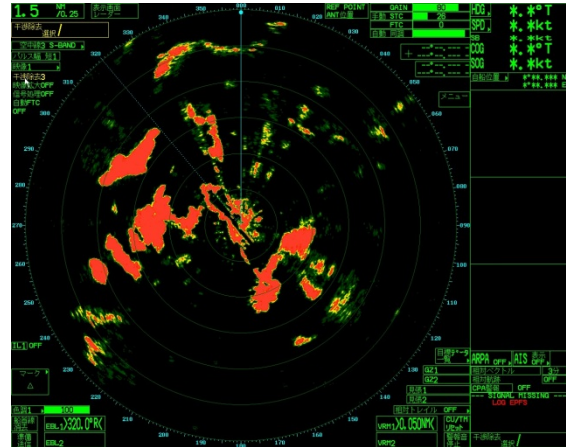


IR ON

B 社 MAG



IR OFF



IR 3

9GHz 帯レーダー干渉実験結果

1	固体素子レーダーからマグネトロンレーダーへの干渉	
1.1	近距離の干渉	
1.1.1	C社のマグネトロンレーダーの映像	64
1.1.2	D社のマグネトロンレーダーの映像	66
1.1.3	E社のマグネトロンレーダーの映像	68
1.2	遠距離の干渉	
1.2.1	A社のマグネトロンレーダーの映像	70
1.2.2	B社のマグネトロンレーダーの映像	72
1.2.3	C社のマグネトロンレーダーの映像	74
1.2.4	D社のマグネトロンレーダーの映像	76
1.2.5	E社のマグネトロンレーダーの映像	78
2	マグネトロンレーダーから固体化レーダーへの干渉	
2.1	近距離の干渉	
2.1.1	A社の固体素子レーダーの映像	80
2.1.2	B社の固体素子レーダーの映像	82
2.2	遠距離の干渉	
2.2.1	A社の固体素子レーダーの映像	84
2.2.2	B社の固体素子レーダーの映像	86
3	固体素子レーダーから固体素子レーダーへの干渉	
3.1	近距離の干渉	
3.1.1	A社の固体素子レーダーの映像	88
3.1.2	B社の固体素子レーダーの映像	90
3.2	遠距離の干渉	
3.2.1	A社の固体素子レーダーの映像	92
3.2.2	B社の固体素子レーダーの映像	94
4	マグネトロンレーダーからマグネトロンレーダーへの干渉	
4.1	近距離の干渉	
4.1.1	B社のマグネトロンレーダーの映像	96
4.1.2	D社のマグネトロンレーダーの映像	97
4.1.3	E社のマグネトロンレーダーの映像	98
4.2	遠距離の干渉	
4.2.1	A社のマグネトロンレーダーの映像	100
4.2.2	C社のマグネトロンレーダーの映像	102
5	FMCWレーダーからマグネトロンレーダー及び固体素子レーダーへの干渉	
5.1	周波数の違いから起きないことが判明した。	104
6	マグネトロンレーダー及び固体素子レーダーからFMCWレーダーへの干渉	
6.1	近距離の干渉	
6.1.1	F社のFMCWレーダーの映像	104
6.1.2	F社のFMCWレーダーの映像	104
6.1.3	F社のFMCWレーダーの映像	106
6.2	遠距離の干渉	
6.2.1	F社のFMCWレーダーの映像	107
6.2.2	F社のFMCWレーダーの映像	108
6.2.3	F社のFMCWレーダーの映像	109
6.2.4	F社のFMCWレーダーの映像	110

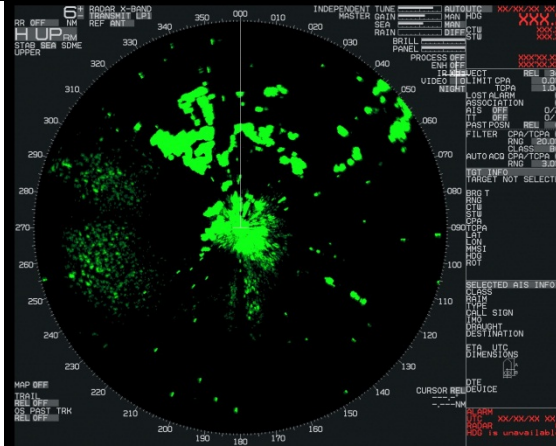
7	多数のレーダーからの干渉	
7.1	近距離の干渉	
7.1.1	ロングパルスの干渉	111
7.1.2	ショートパルスの干渉	114
7.2	遠距離の干渉	
7.2.1	ロングパルスの干渉	117
7.2.2	ショートパルスの干渉	120

1 固体素子レーダーからマグネトロンレーダーへの干渉

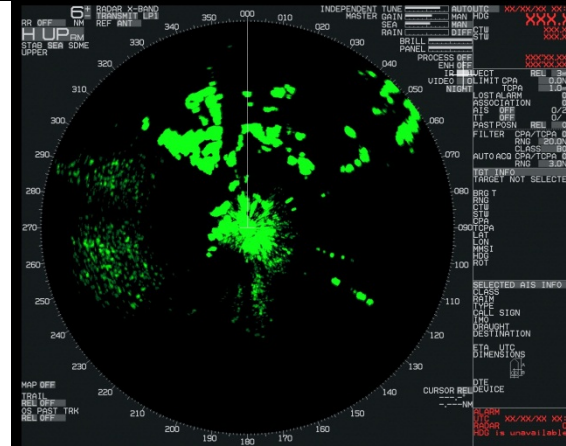
1.1 近距離の干渉

1.1.1 C社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉 A社 SS - long	→	被干渉 C社 MAG - long
---------------------	---	----------------------

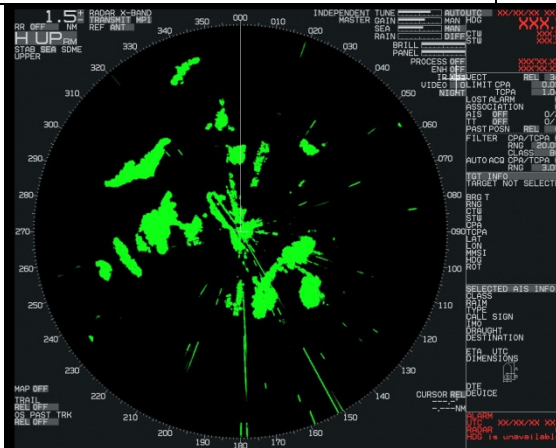


IR OFF

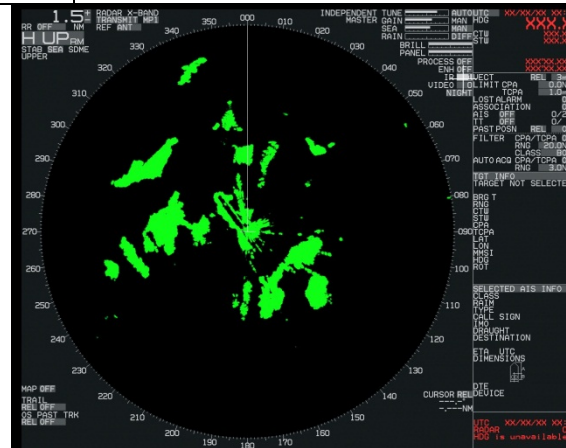


IR ON

与干渉 A社 SS - long	→	被干渉 C社 MAG - short
---------------------	---	-----------------------

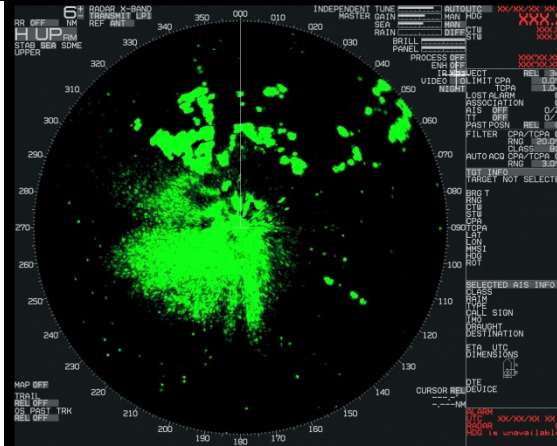


IR OFF

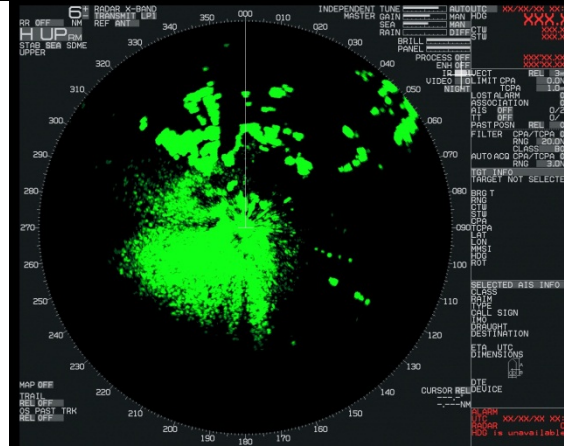


IR ON

与干涉 A社SS - short	→	被干涉 C社MAG - long
---------------------	---	---------------------

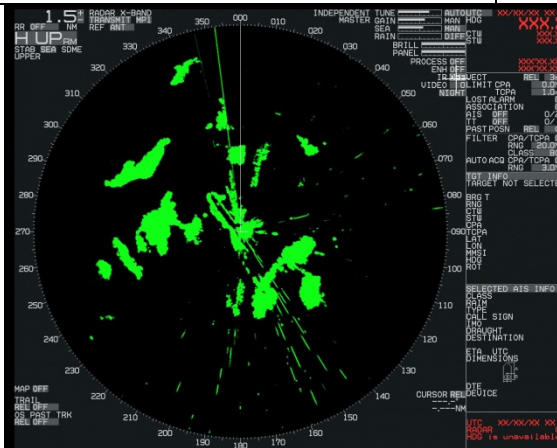


IR OFF

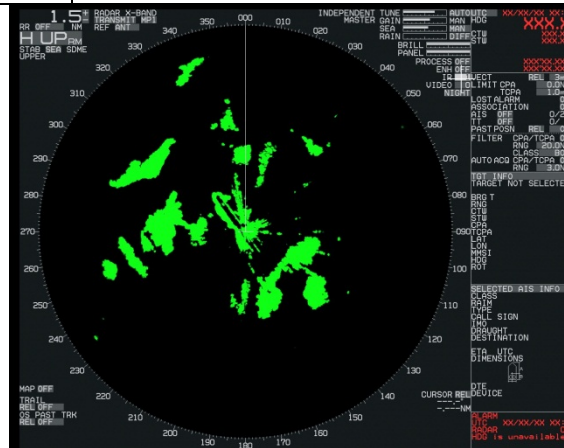


IR ON

与干涉 A社SS - short	→	被干涉 C社MAG - short
---------------------	---	----------------------

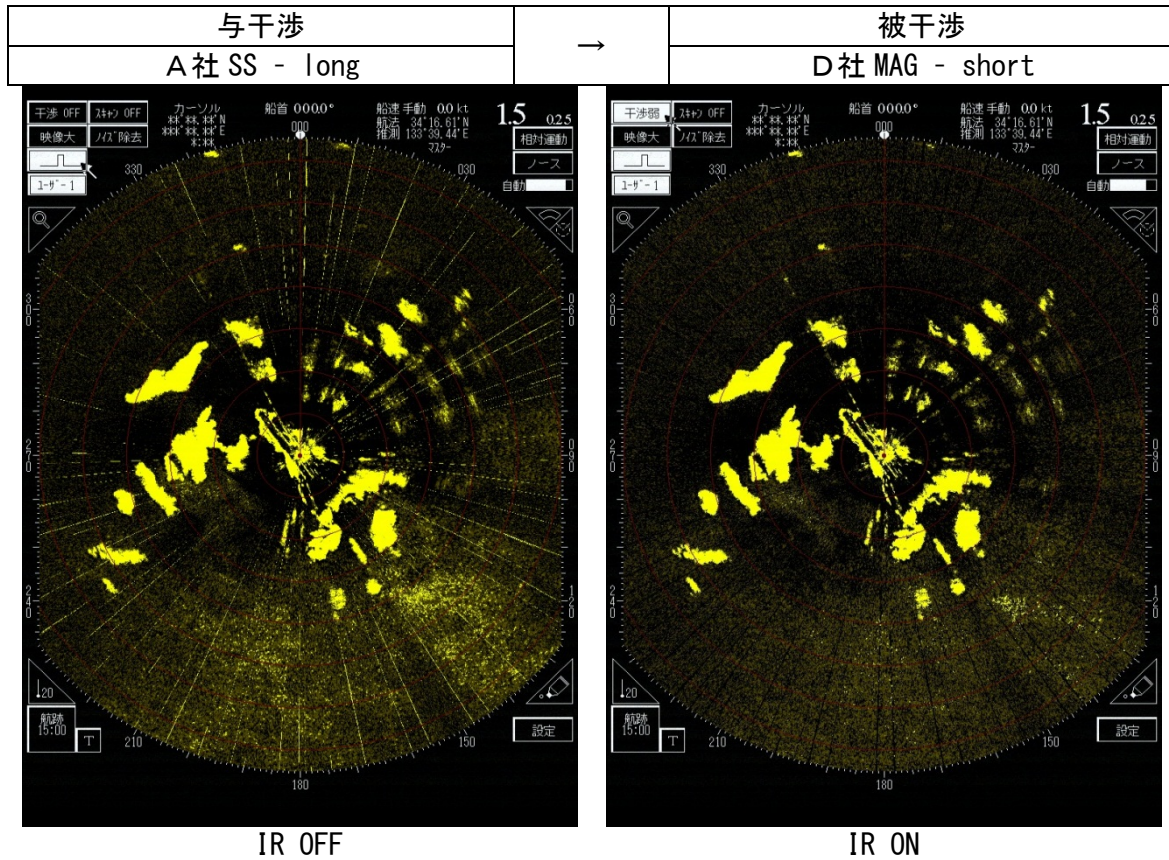
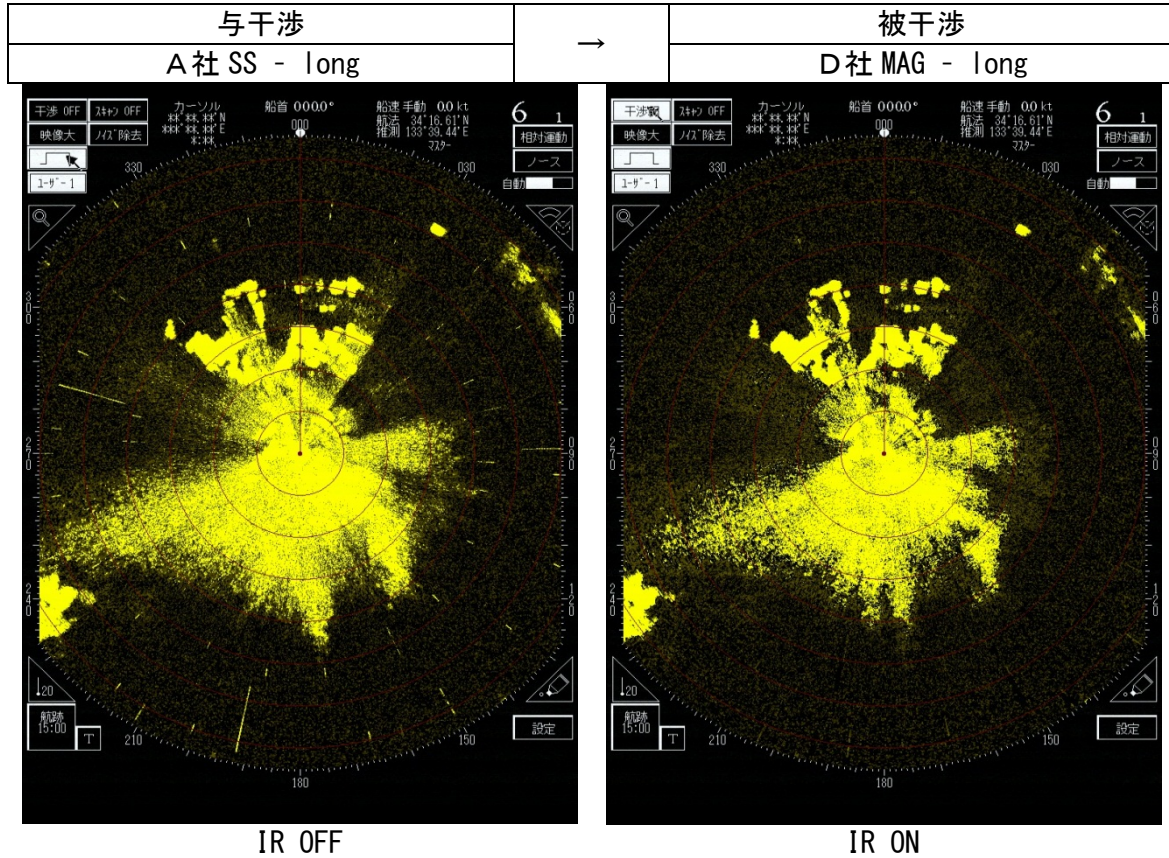


IR OFF

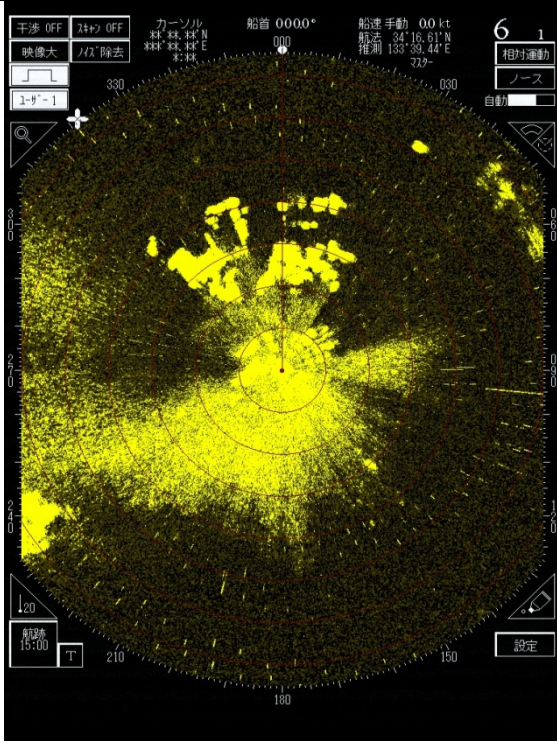


IR ON

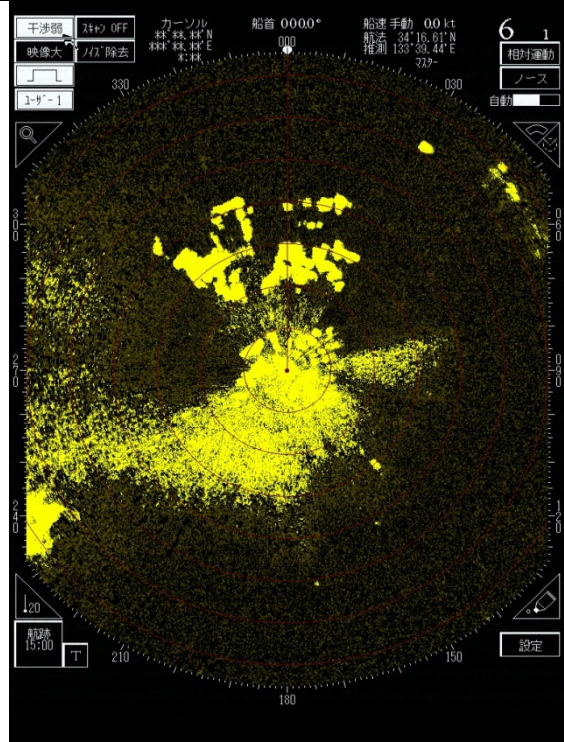
1.1.2 D社のマグネトロンレーダーの映像



与干渉	→	被干渉
A社 SS - short		D社 MAG - long

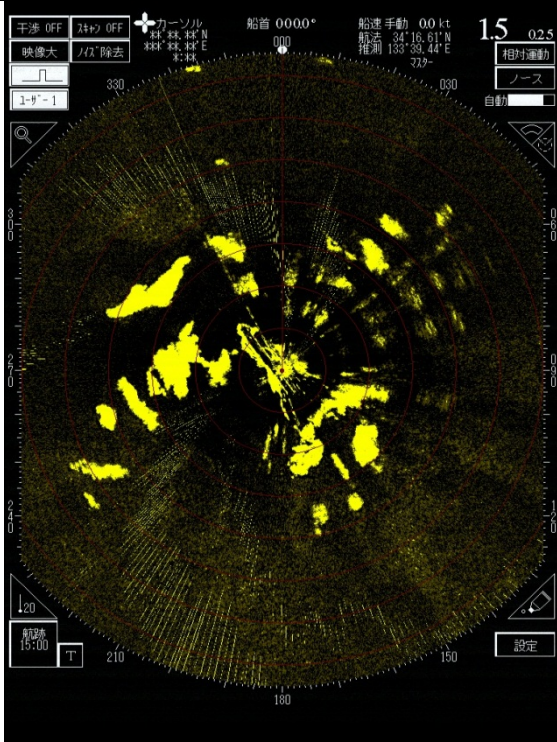


IR OFF

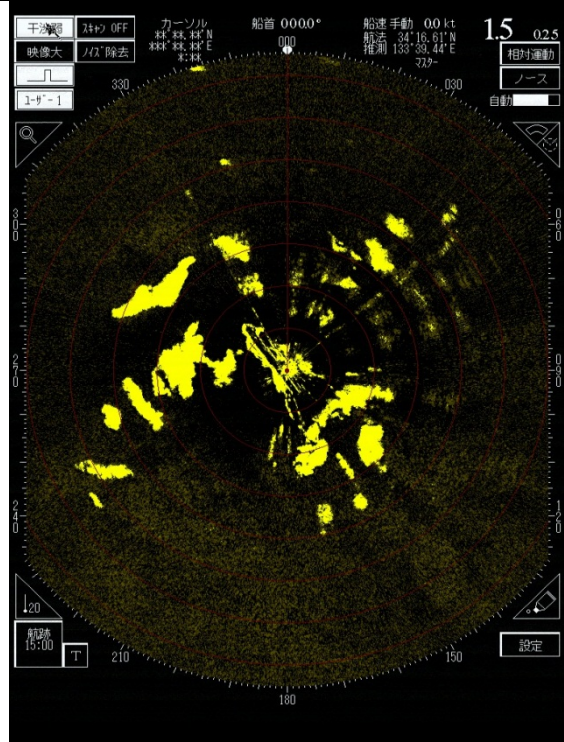


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - short		D社 MAG - short



IR OFF



IR ON

1.1.3 E社のマグネトロンレーダーの映像

与干涉 B社 SS - long	→	被干涉 E社 MAG - long
---------------------	---	----------------------



IR OFF



IR ON

与干涉 B社 SS - long	→	被干涉 E社 MAG - short
---------------------	---	-----------------------

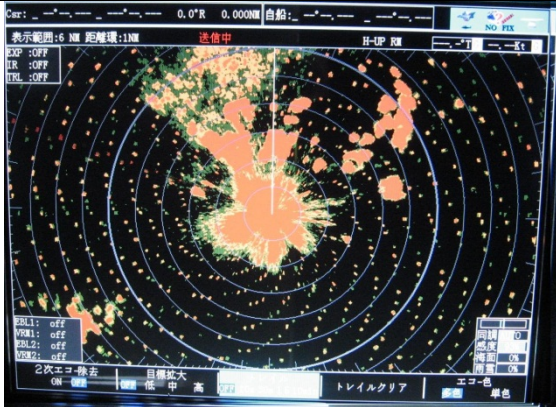


IR OFF



IR ON

与干涉 B社 SS - short	→	被干涉 E社 MAG - long
----------------------	---	----------------------



IR OFF



IR ON

与干涉 B社 SS - short	→	被干涉 E社 MAG - short
----------------------	---	-----------------------



IR OFF

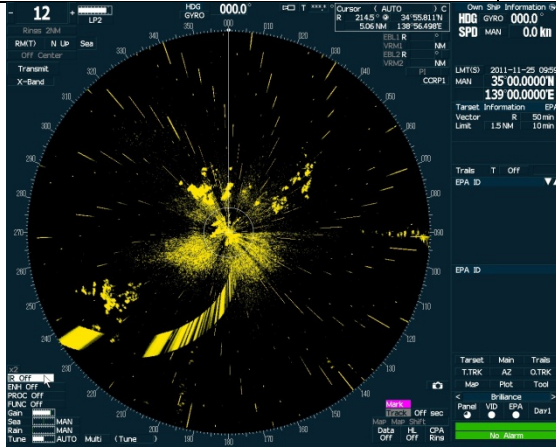


IR ON

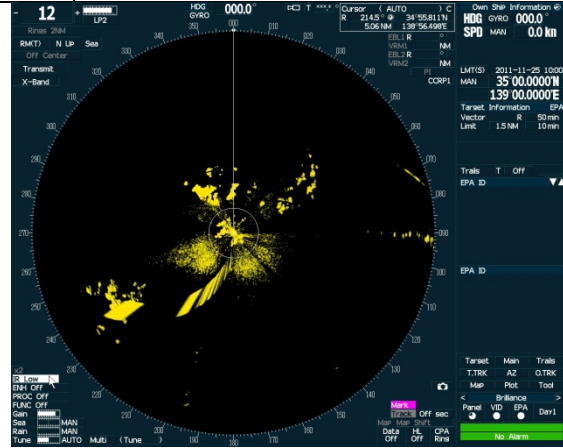
1.2 遠距離の干渉

1.2.1 A社のマグネトロンレーダーの映像

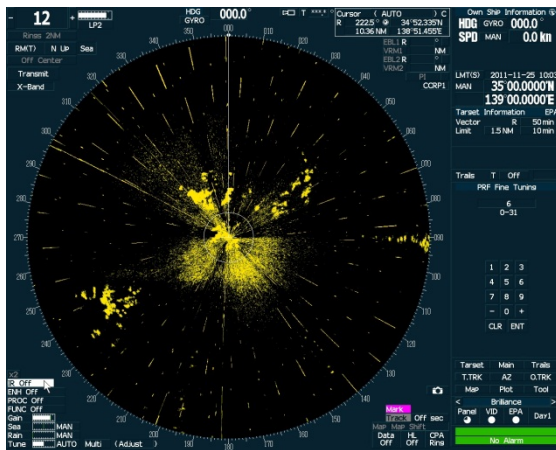
与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		A社 MAG - long



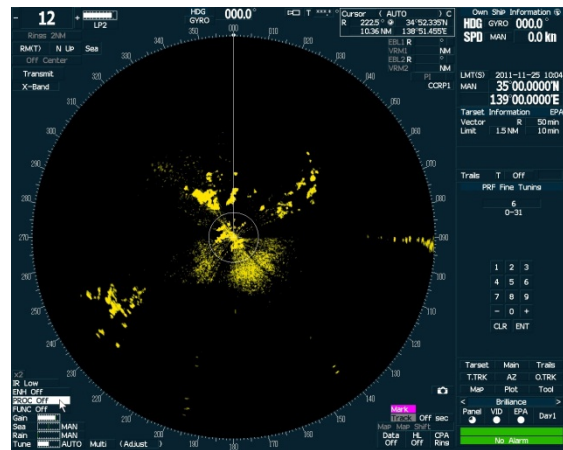
IR OFF



IR ON

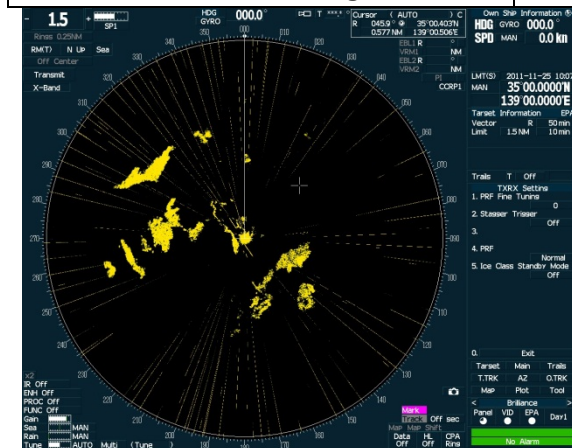


PRF tuned IR OFF

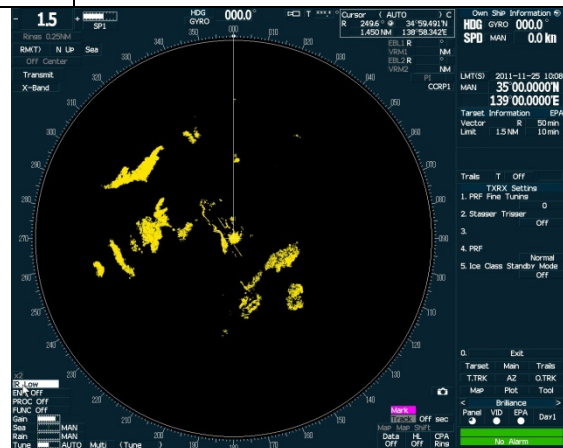


PRF tuned IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		A社 MAG - short

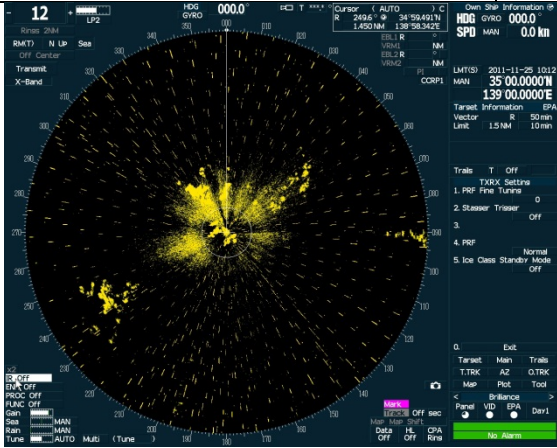


IR OFF

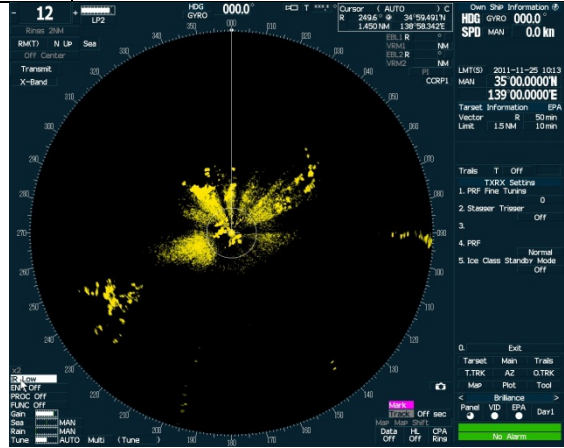


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		A社 MAG - long

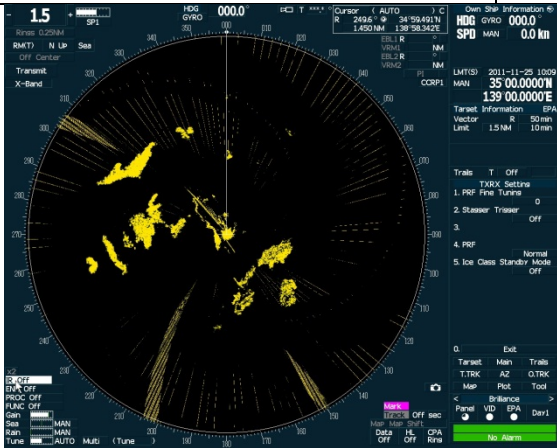


IR OFF

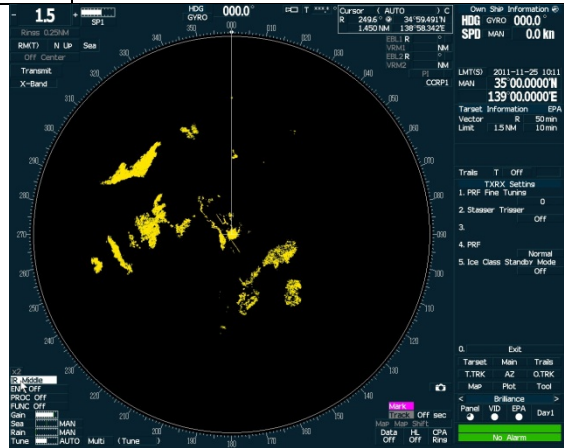


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		A社 MAG - short



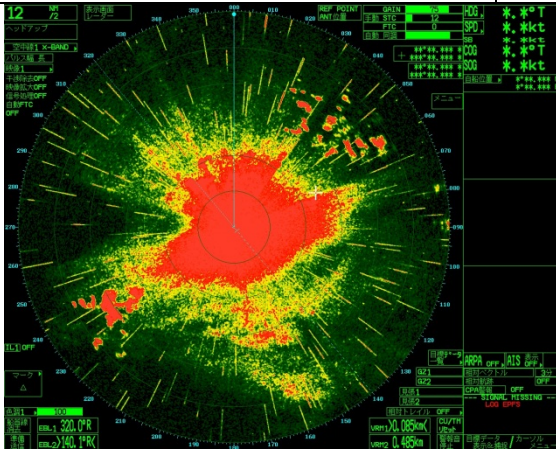
IR OFF



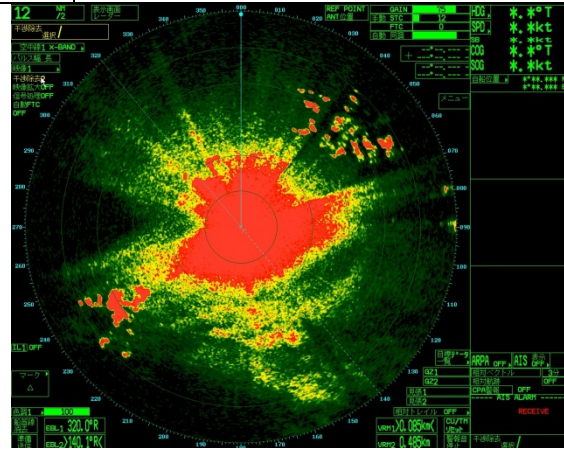
IR ON

1.2.2 B社のマグネトロンレーダーの映像

与干涉	→	被干涉
A社 SS - long B社 SS - long		B社 MAG - long

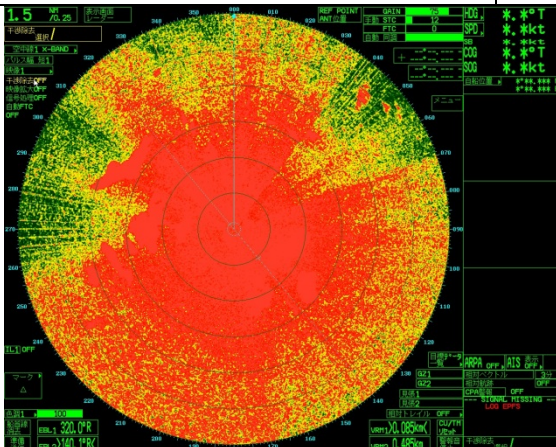


IR OFF

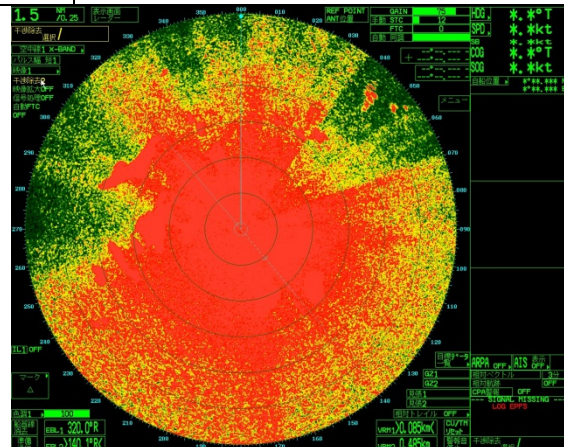


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - long B社 SS - long		B社 MAG - short

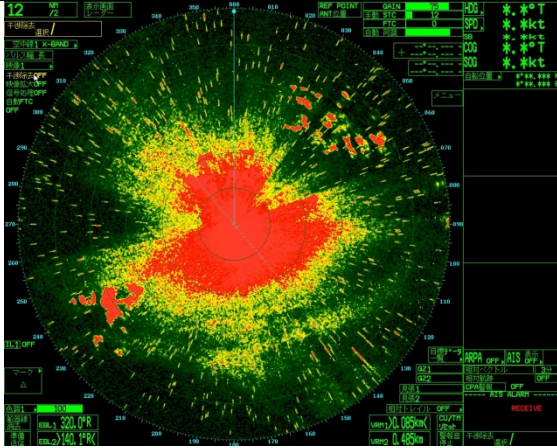


IR OFF

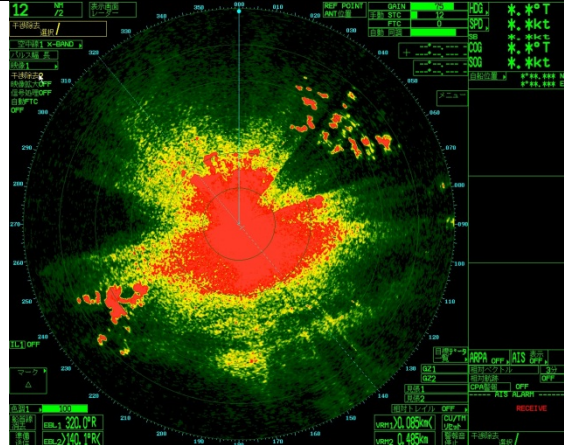


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		B社 MAG - long

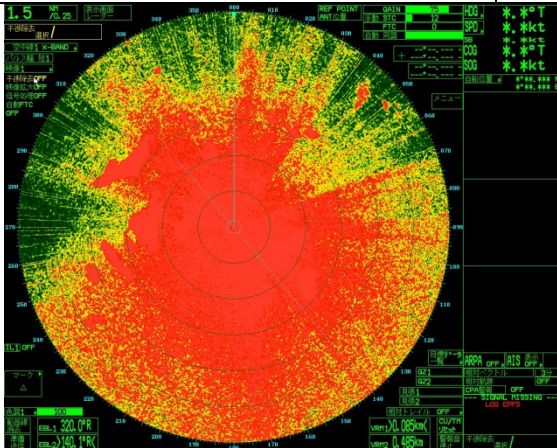


IR OFF

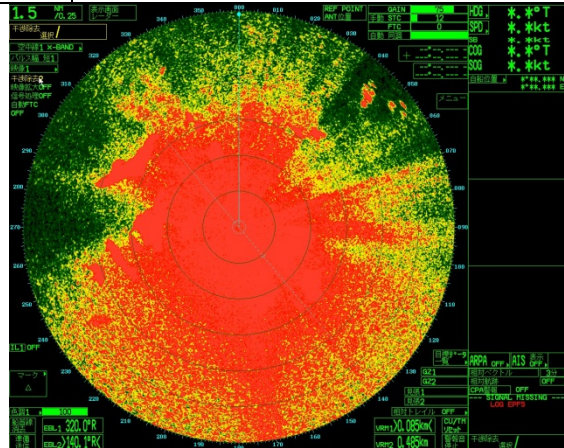


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		B社 MAG - short



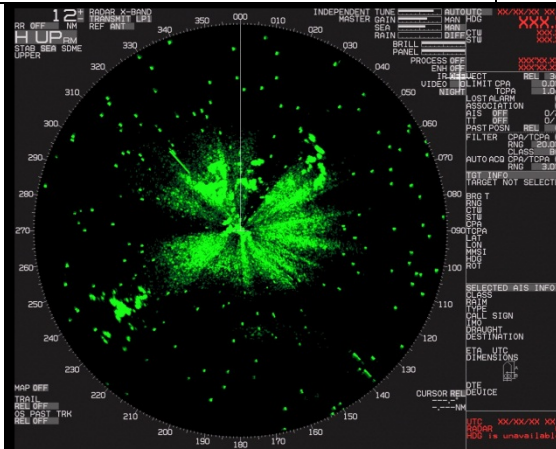
IR OFF



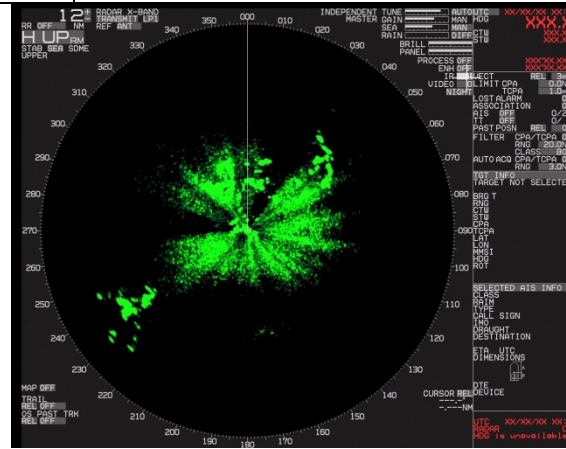
IR ON

1.2.3 C社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		C社 MAG - long

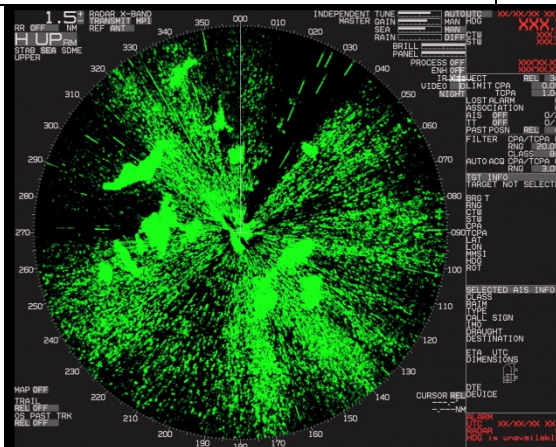


IR OFF

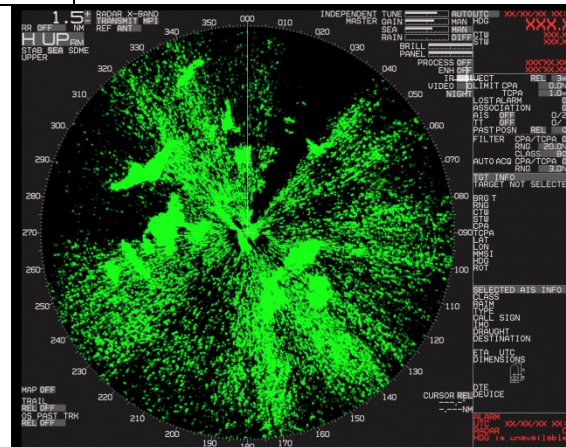


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		C社 MAG - short

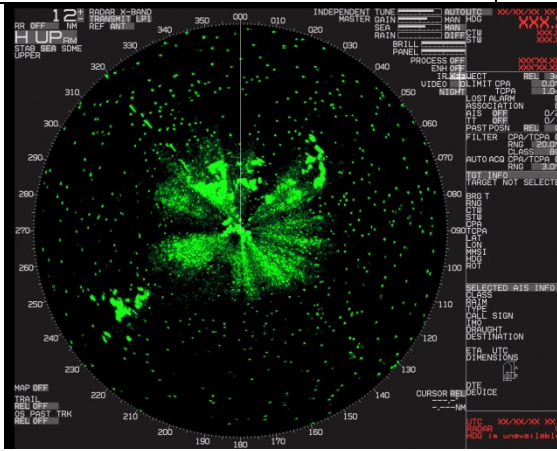


IR OFF

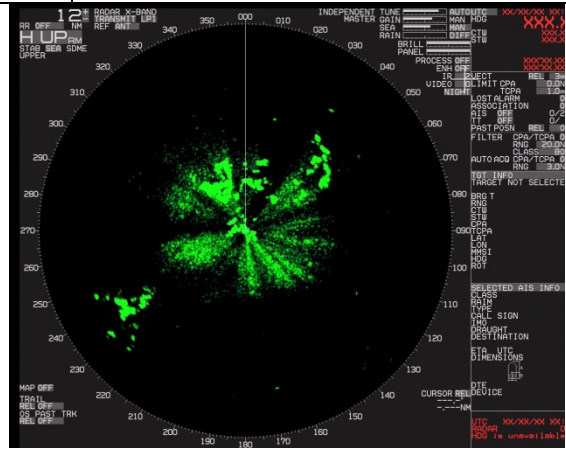


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		C社 MAG - long

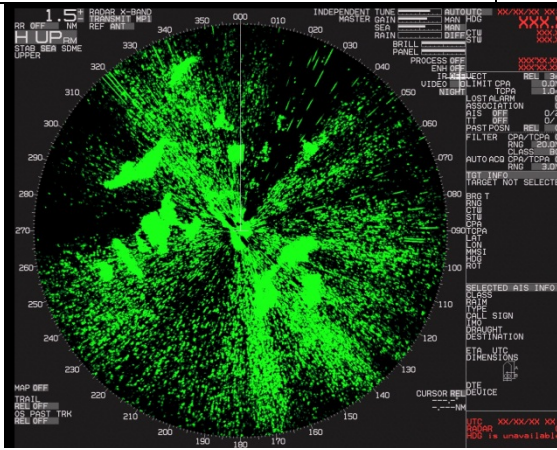


IR OFF

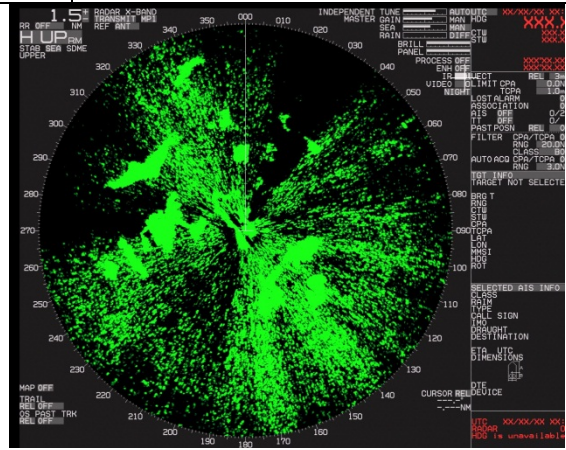


IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 SS - short B社 SS - short		C社 MAG - short



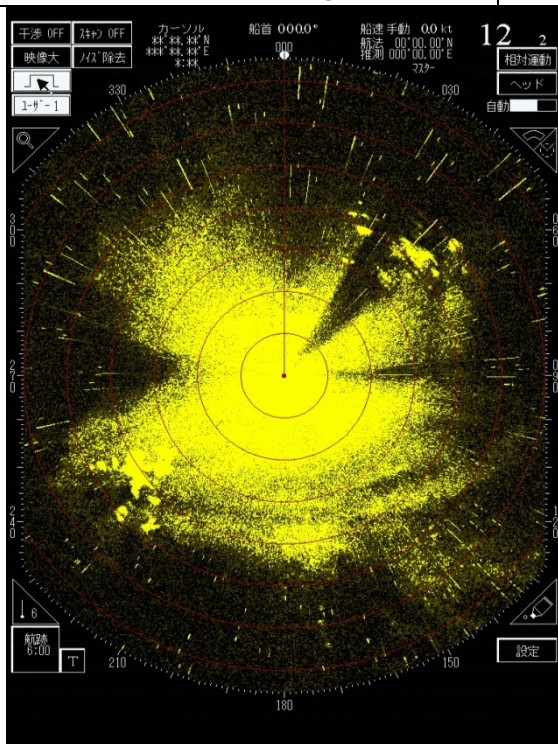
IR OFF



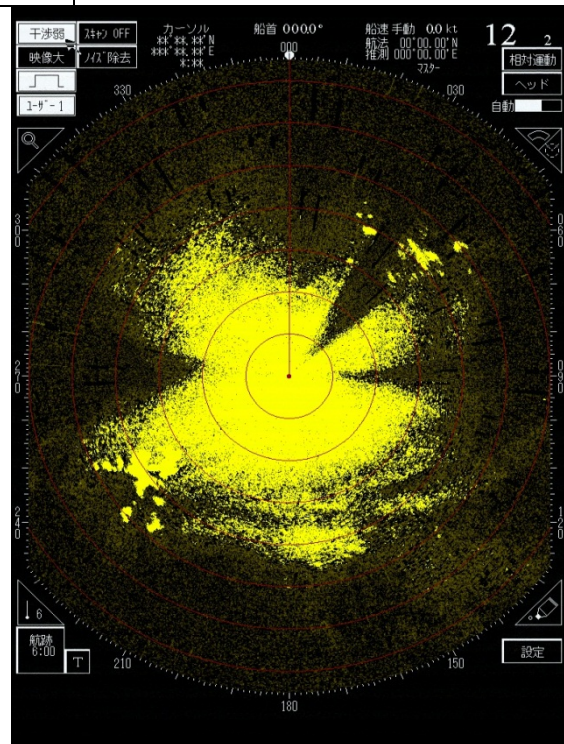
IR ON

1.2.4 D社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		D社 MAG - long

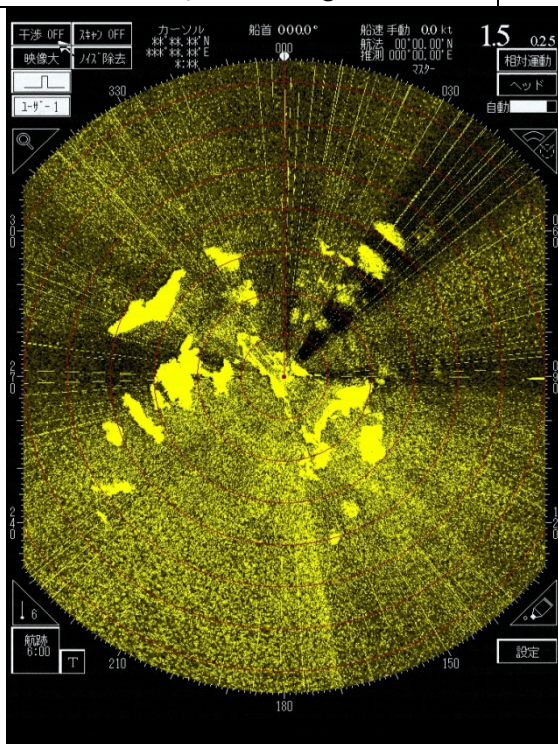


IR OFF

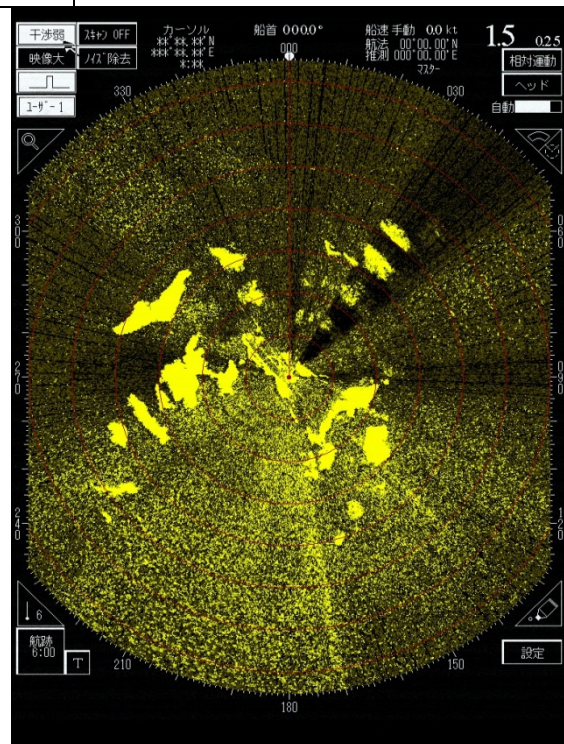


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		D社 MAG - short

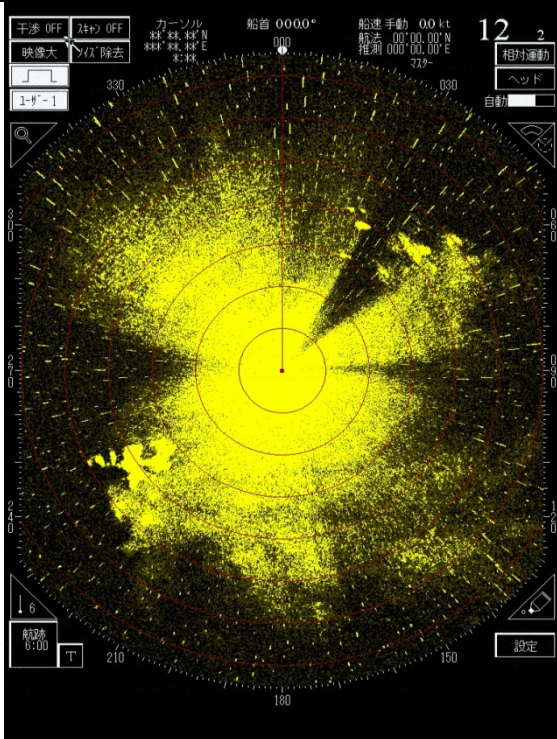


IR OFF

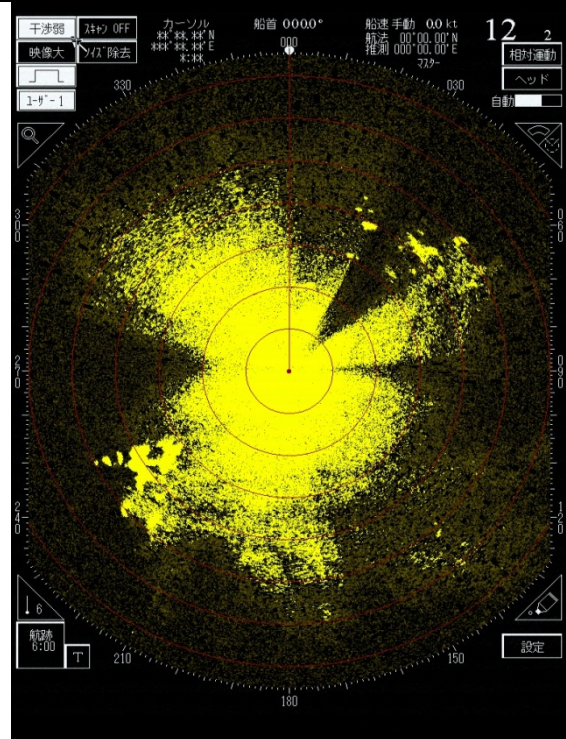


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - short B社 SS - short		D社 MAG - long

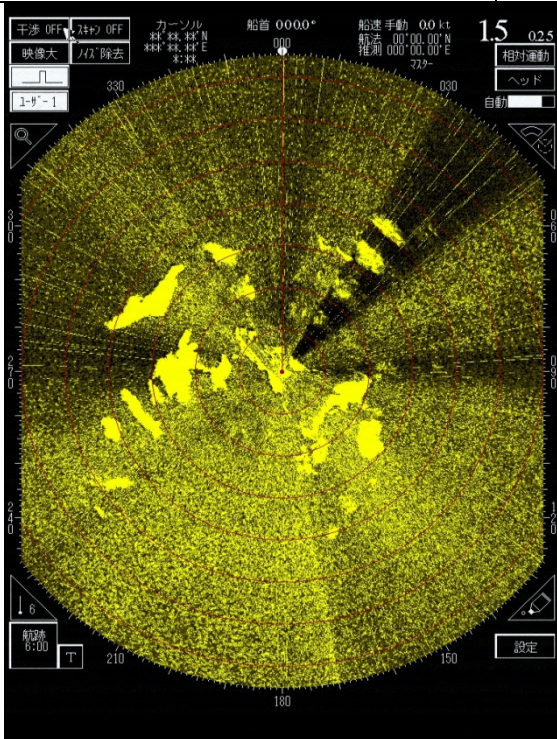


IR OFF

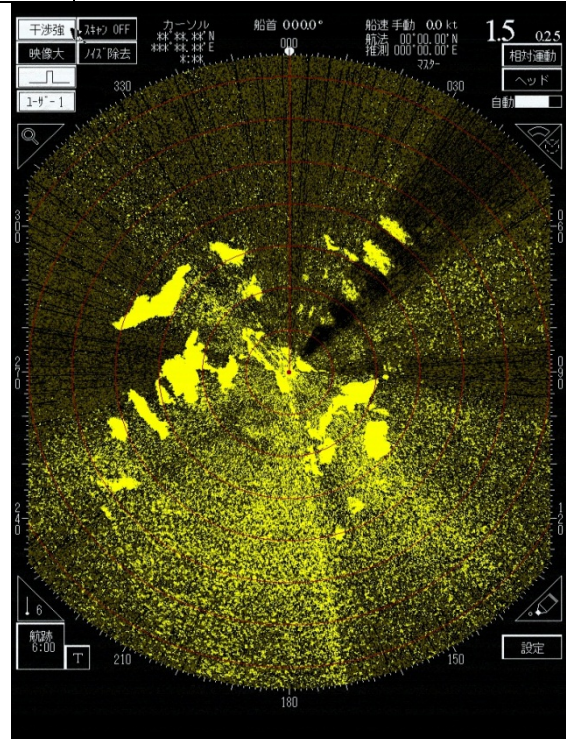


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - short B社 SS - short		D社 MAG - short



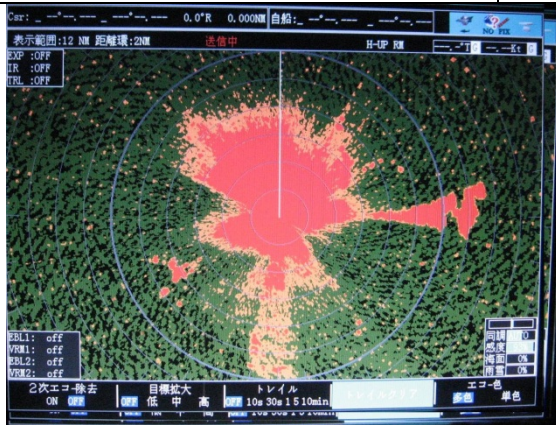
IR OFF



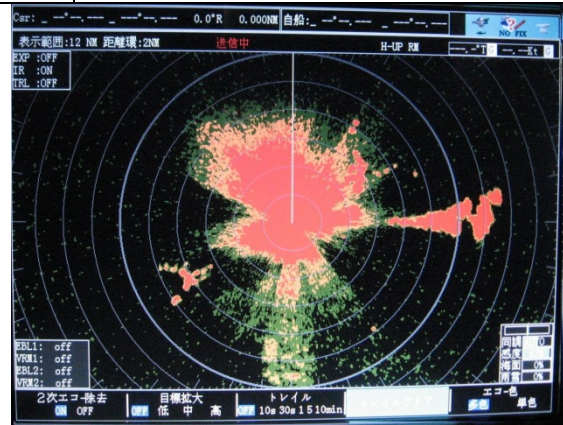
IR ON

1.2.5 E社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		E社 MAG - long

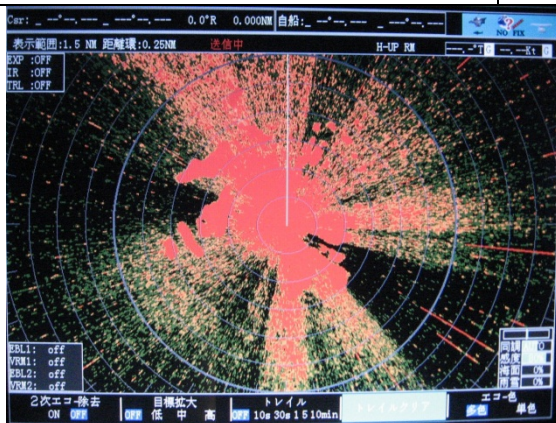


IR OFF

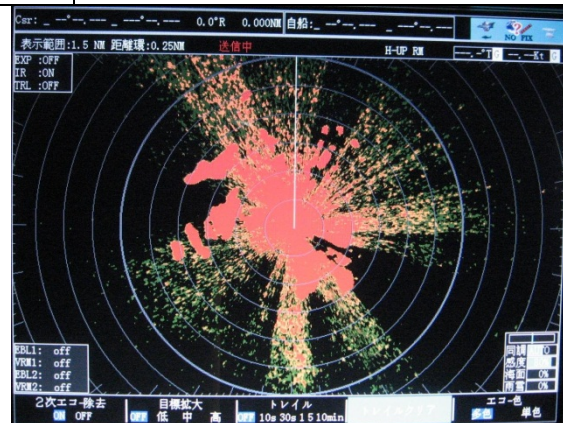


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - long B社 SS - long		E社 MAG - short

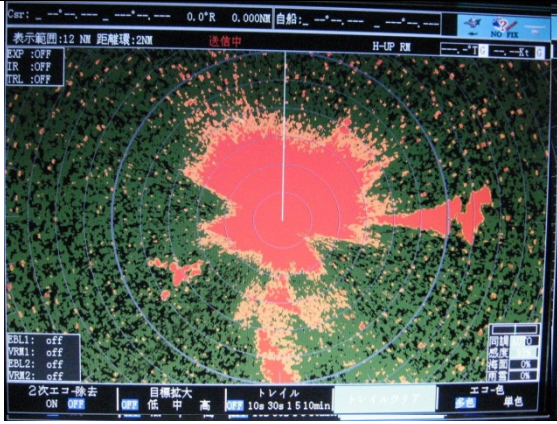


IR OFF

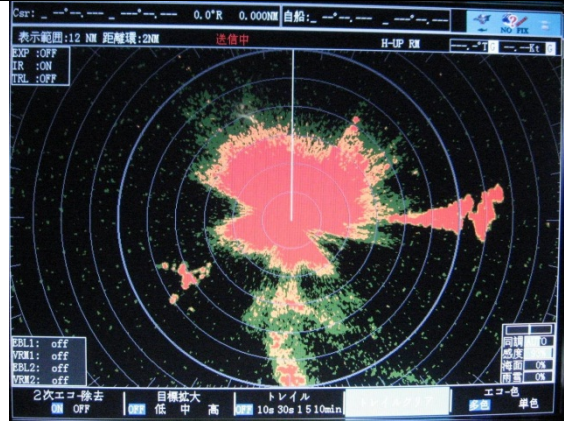


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - short B社 SS - short		E社 MAG - long

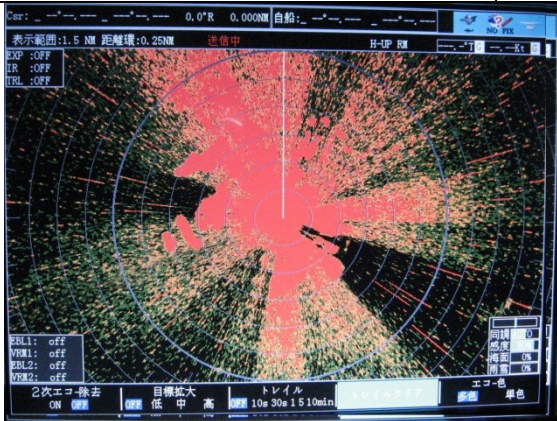


IR OFF

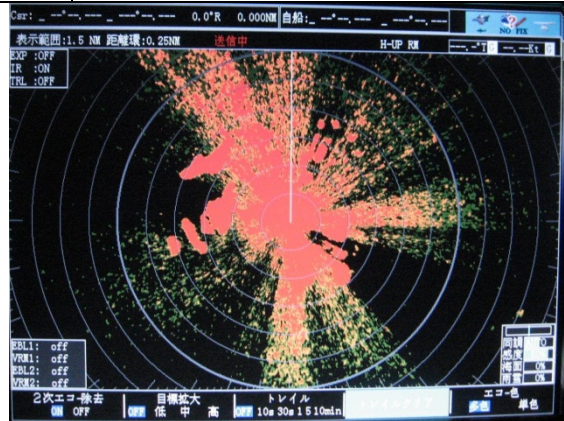


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 SS - short B社 SS - short		E社 MAG - short



IR OFF



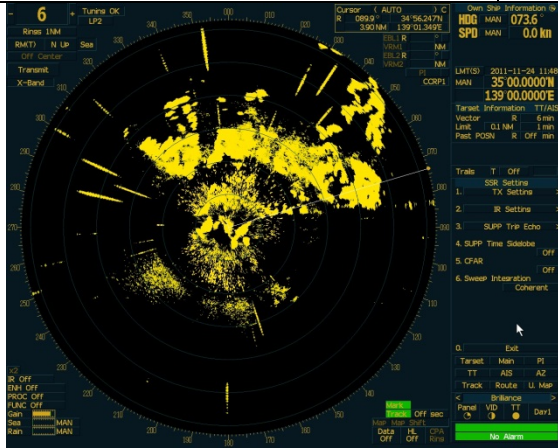
IR ON

2 マグネトロンレーダーから固体化レーダーへの干渉

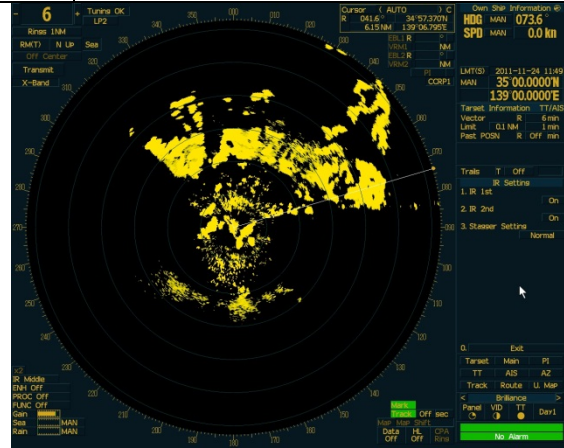
2.1 近距離の干渉

2.1.1 A社の固体素子レーダーの映像

与干渉 MAG - long B社	→	被干渉 SS - long A社
----------------------	---	---------------------

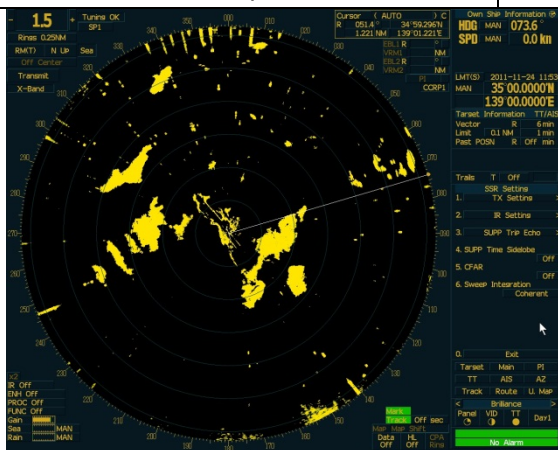


IR OFF



IR ON

与干渉 MAG - long B社	→	被干渉 SS - short A社
----------------------	---	----------------------

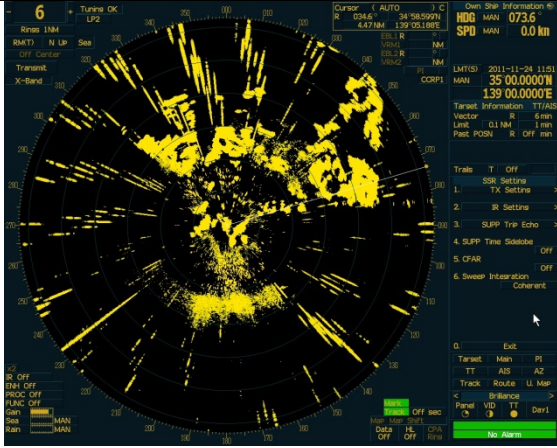


IR OFF

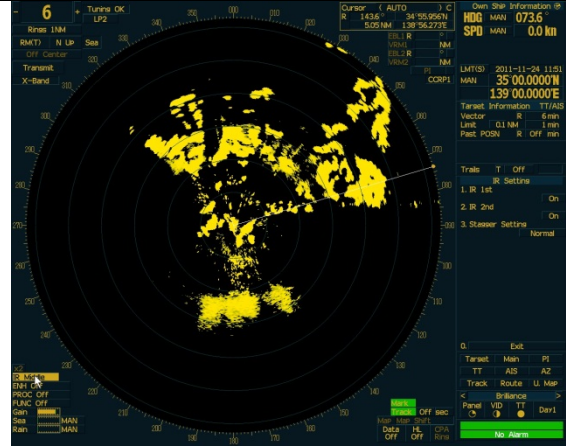


IR ON

与干涉 MAG - short B社	→	被干涉 SS - long A社
-----------------------	---	---------------------



IR OFF



IR ON

与干涉 MAG - short B社	→	被干涉 SS - short A社
-----------------------	---	----------------------

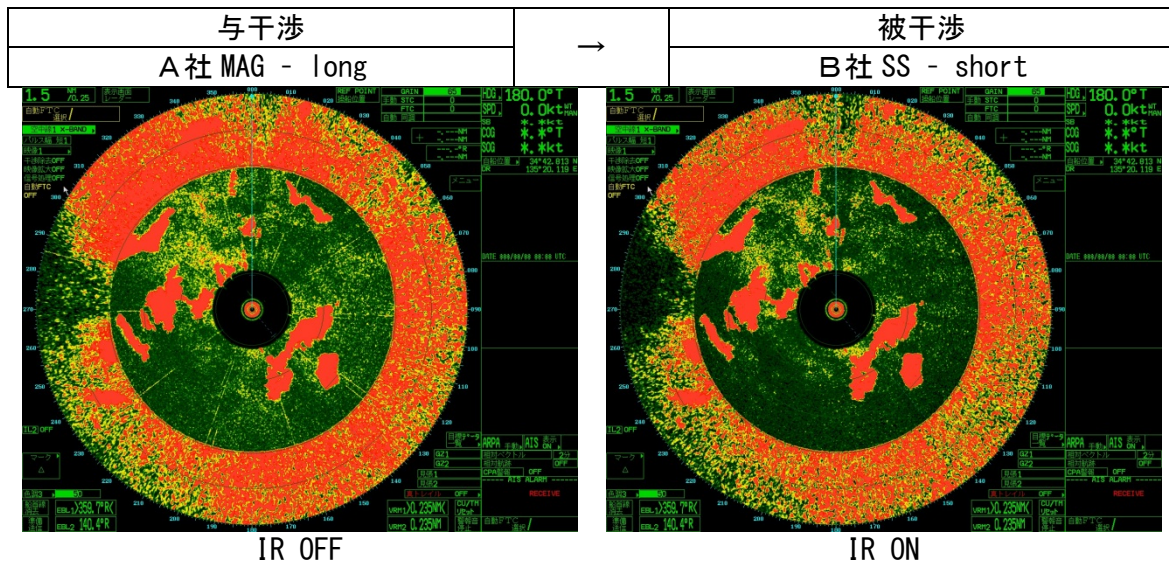
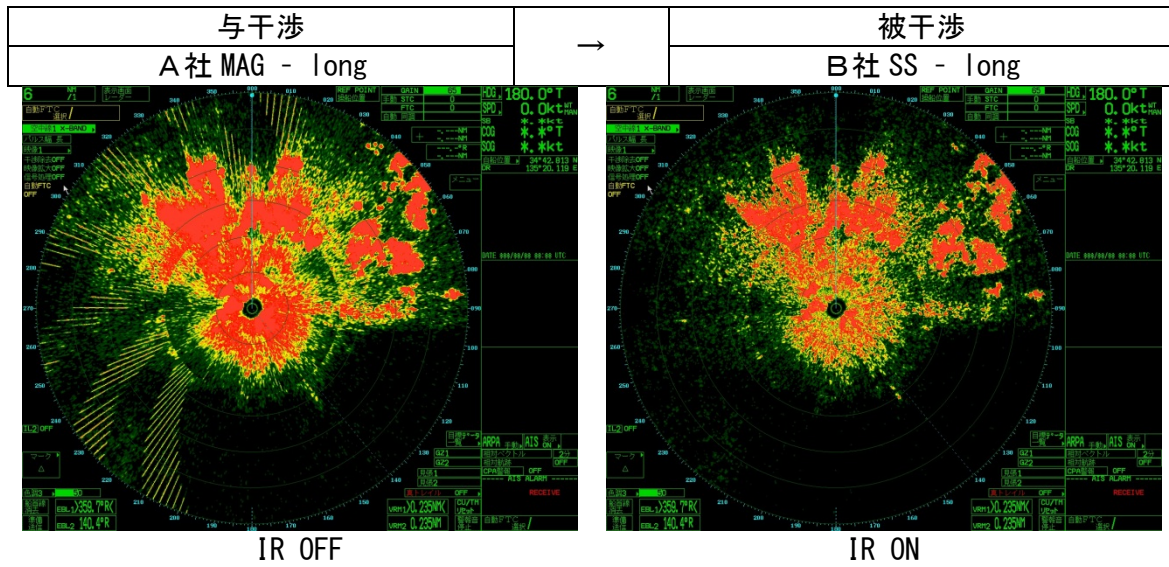


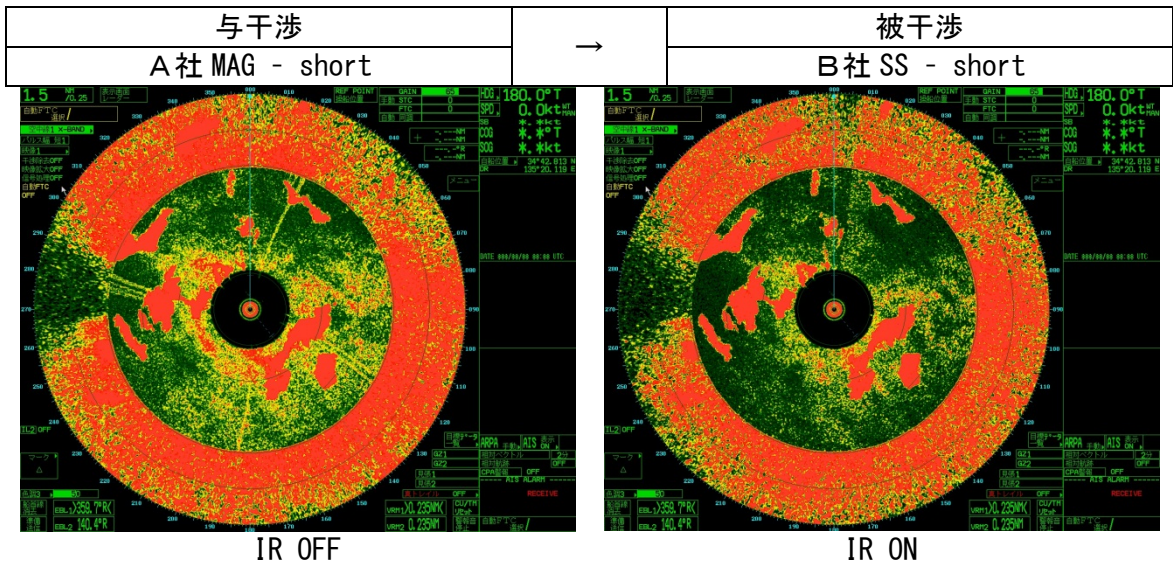
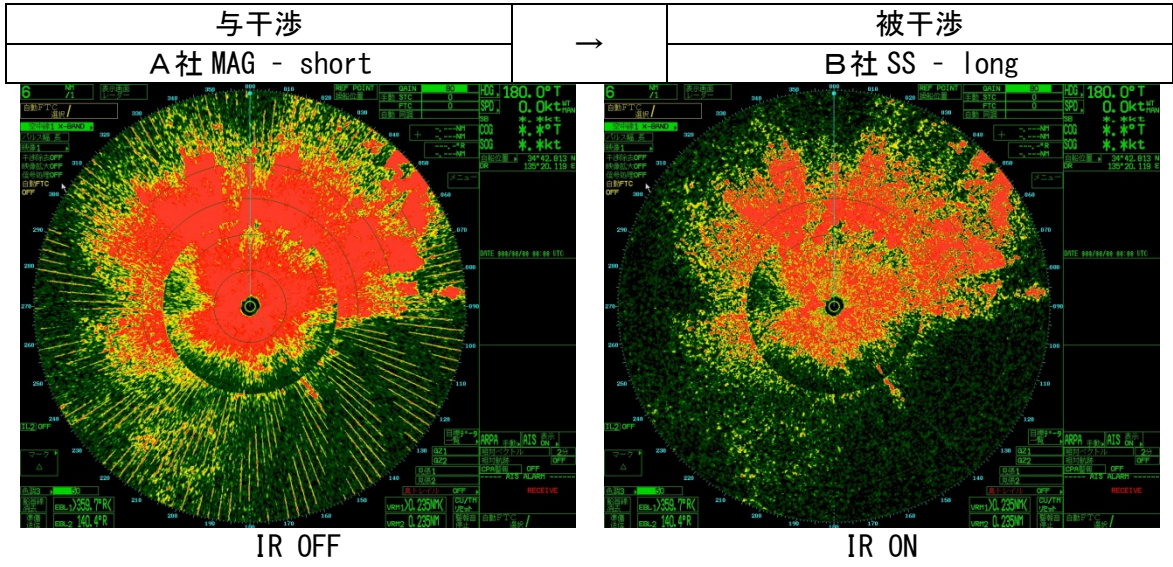
IR OFF



IR ON

2.1.2 B社の固体素子レーダーの映像

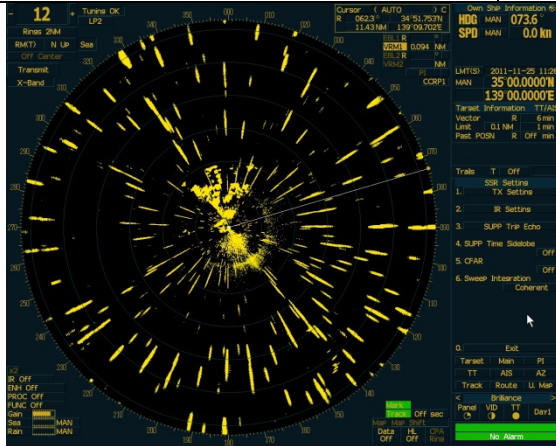




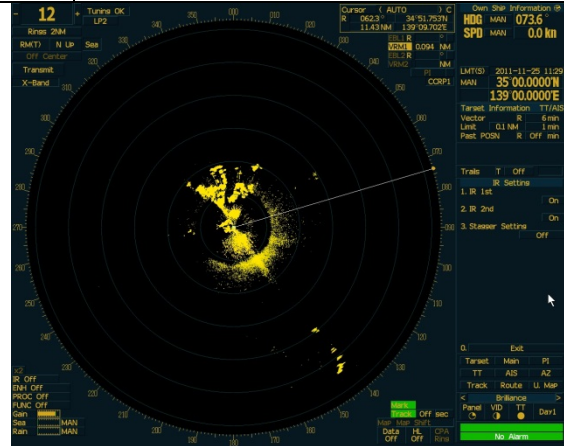
2.2 遠距離の干渉

2.2.1 A社の固体素子レーダーの映像

与干渉		被干渉
A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long D社 MAG - long E社 MAG - long	→	A社 SS - long

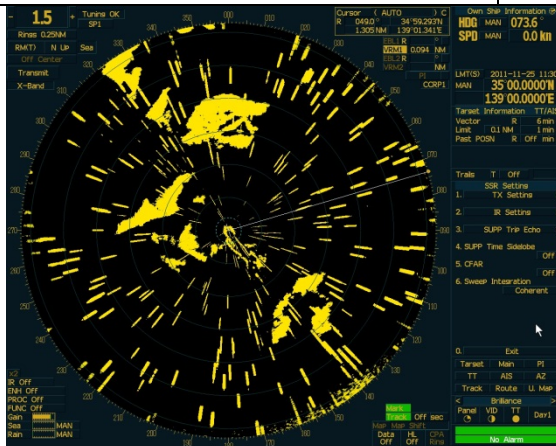


IR OFF



IR ON

与干渉		被干渉
A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long D社 MAG - long E社 MAG - long	→	A社 SS - short

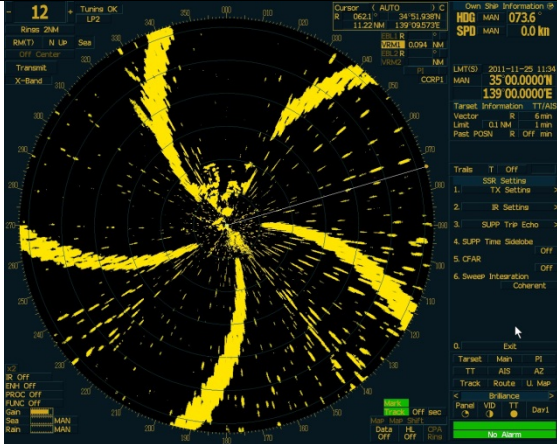


IR OFF



IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 MAG - short B社 MAG - short C社 MAG - short D社 MAG - short E社 MAG - short		A社 SS - long

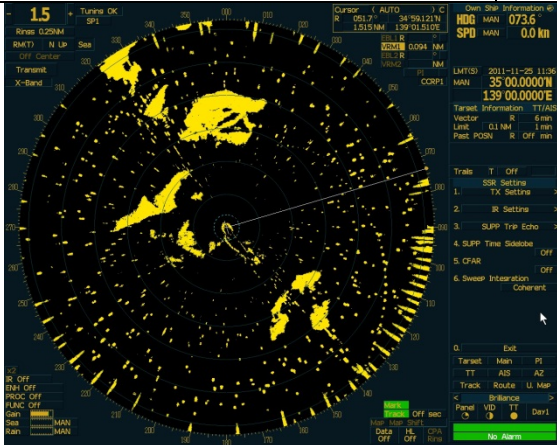


IR OFF



IR ON

与干涉	→	被干涉
A社 MAG - short B社 MAG - short C社 MAG - short D社 MAG - short E社 MAG - short		A社 SS - short



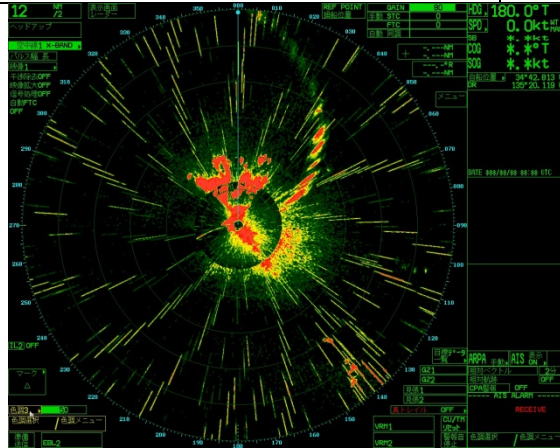
IR OFF



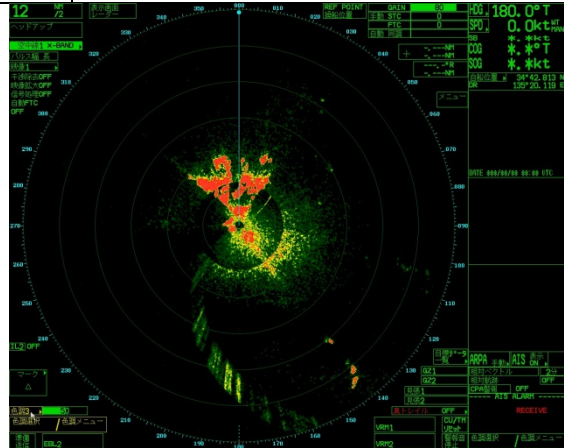
IR ON

2.2.2 B社の固体素子レーダーの映像

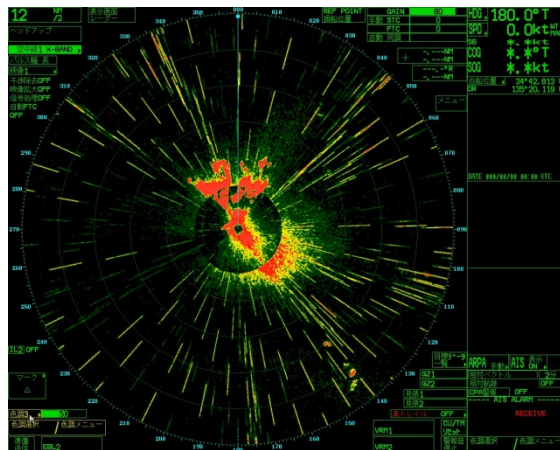
与干渉	→	被干渉
A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long D社 MAG - long E社 MAG - long		B社 SS - long



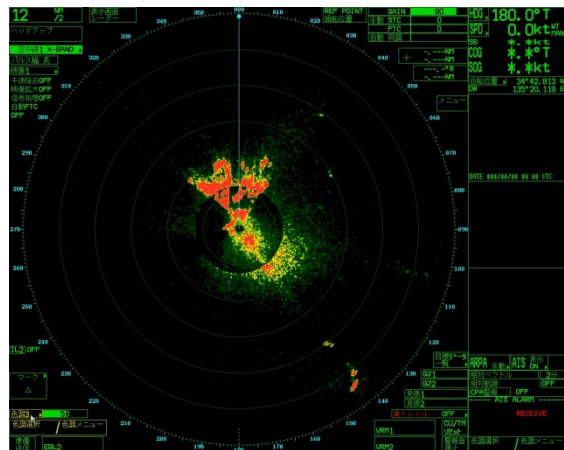
IR OFF



IR ON

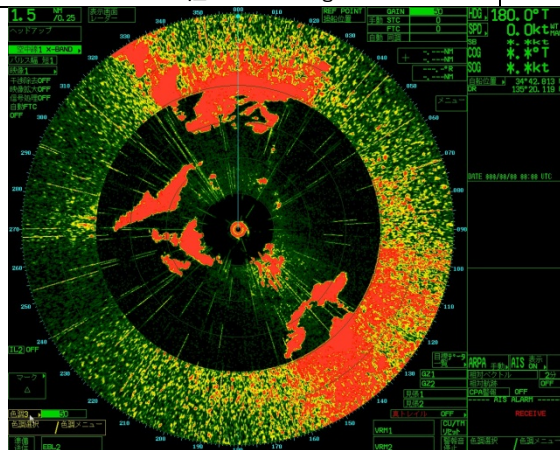


IR OFF (PRF tuned)

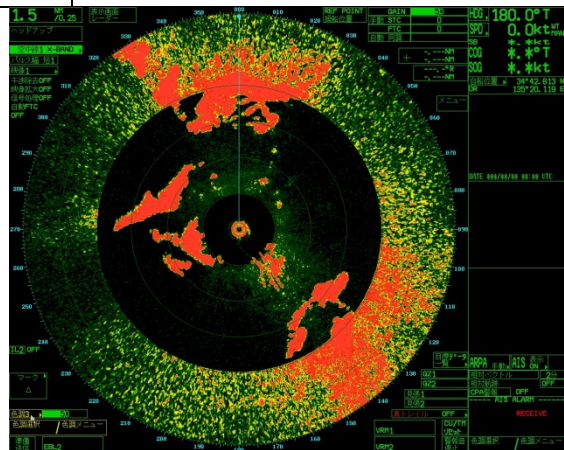


IR ON (PRF tuned)

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long D社 MAG - long E社 MAG - long		B社 SS - short

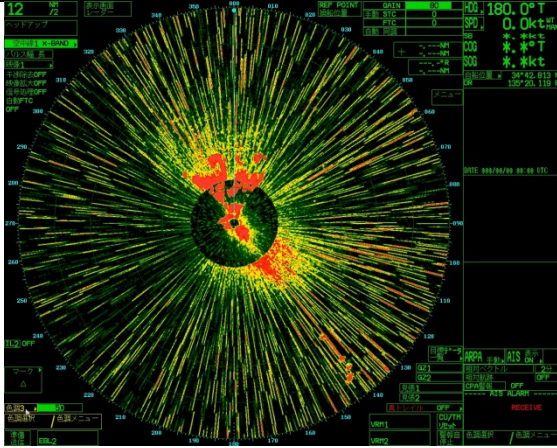


IR OFF

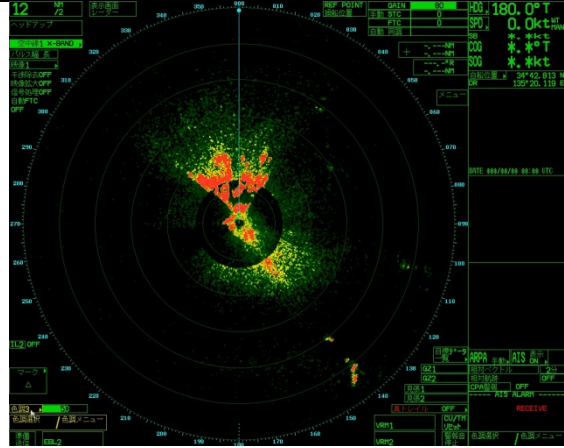


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - short B社 MAG - short C社 MAG - short D社 MAG - short E社 MAG - short		B社 SS - long

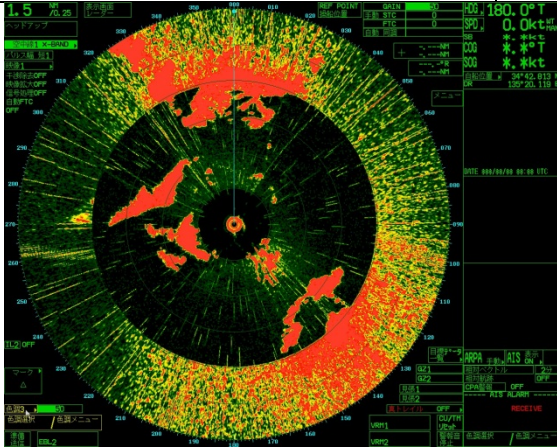


IR OFF

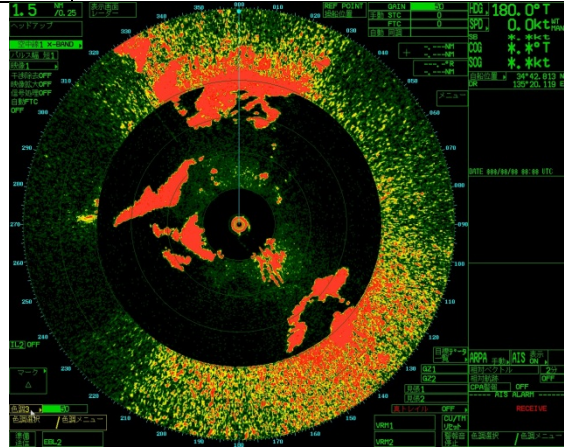


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - short B社 MAG - short C社 MAG - short D社 MAG - short E社 MAG - short		B社 SS - short



IR OFF



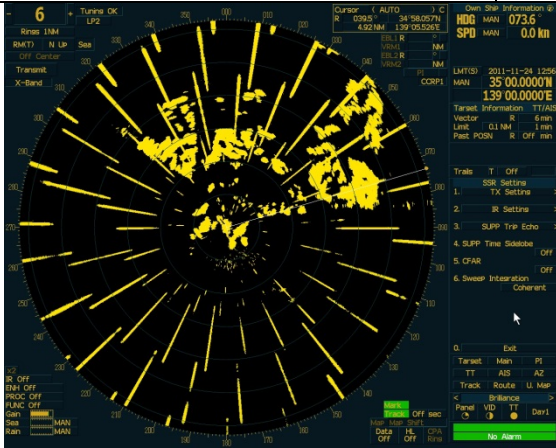
IR ON

3 固体素子レーダーから固体素子レーダーへの干渉

3.1 近距離の干渉

3.1.1 A社の固体素子レーダーの映像

与干渉	→	被干渉
B社 SS - long		A社 SS - long



IR OFF



IR ON

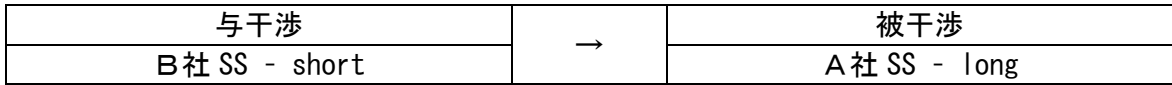
与干渉	→	被干渉
B社 SS - long		A社 SS - short



IR OFF



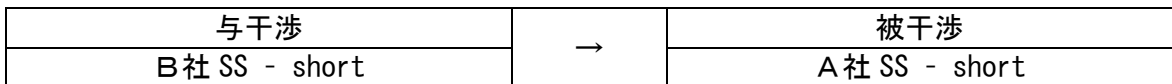
IR ON



IR OFF



IR ON

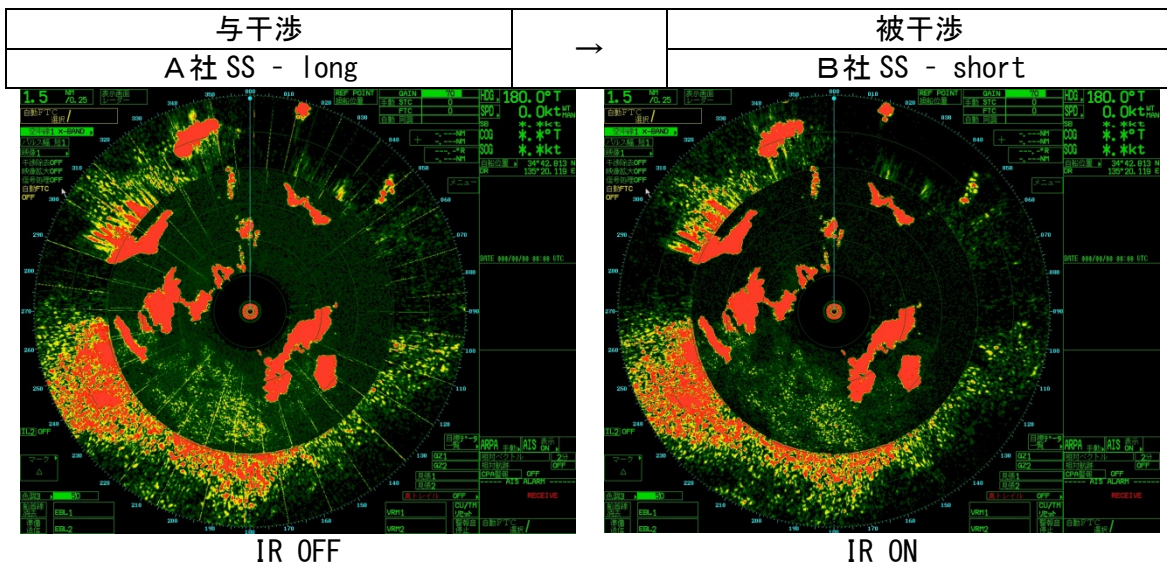
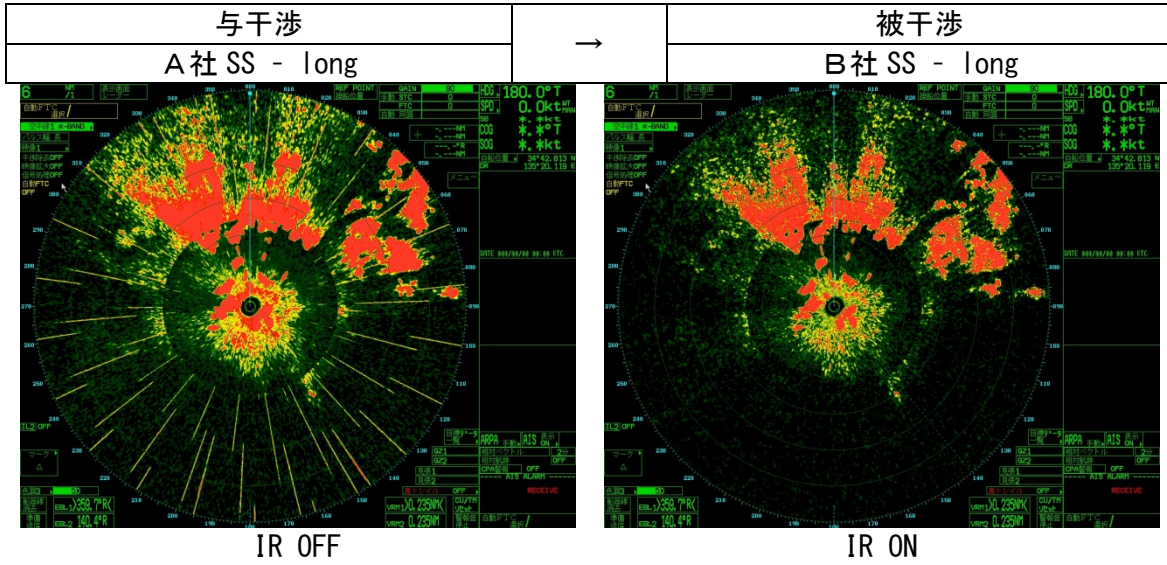


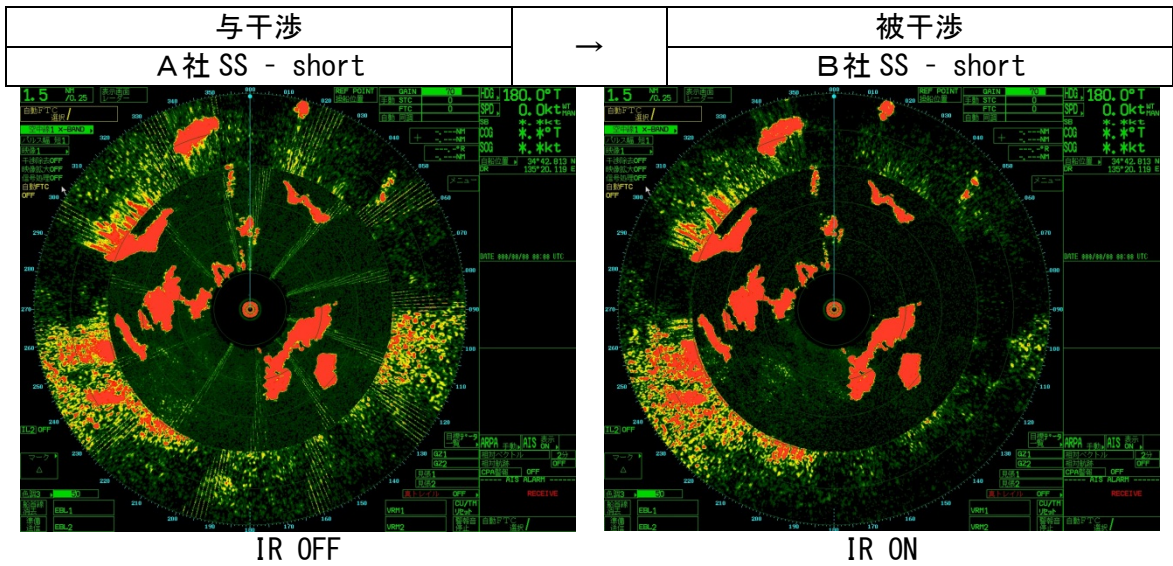
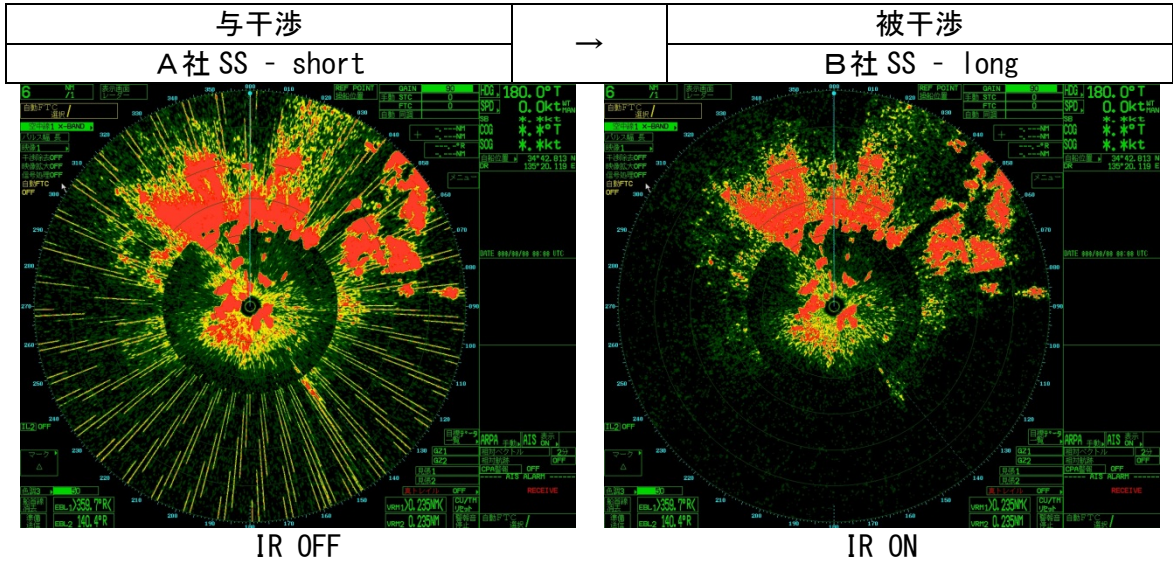
IR OFF



IR ON

3. 1. 2 B社の固体素子レーダーの映像

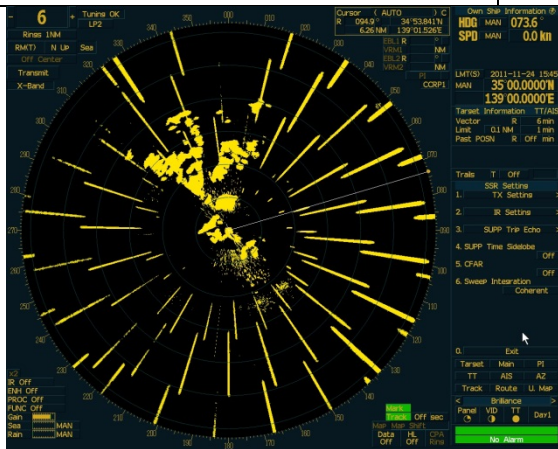




3.2 遠距離の干渉

3.2.1 A社の固体素子レーダーの映像

与干渉 B社 SS - long	→	被干渉 A社 SS - long
---------------------	---	---------------------



IR OFF



IR ON

与干渉 B社 SS - long	→	被干渉 A社 SS - short
---------------------	---	----------------------



IR OFF



IR ON

与干涉 B社 SS - short	→	被干涉 A社 SS - long
----------------------	---	---------------------

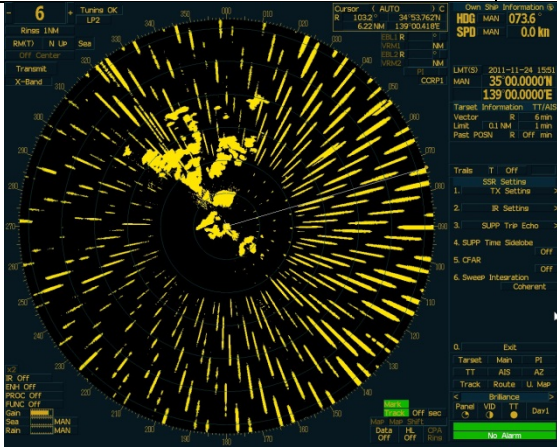


IR OFF



IR ON

与干涉 B社 SS - short	→	被干涉 A社 SS - short
----------------------	---	----------------------

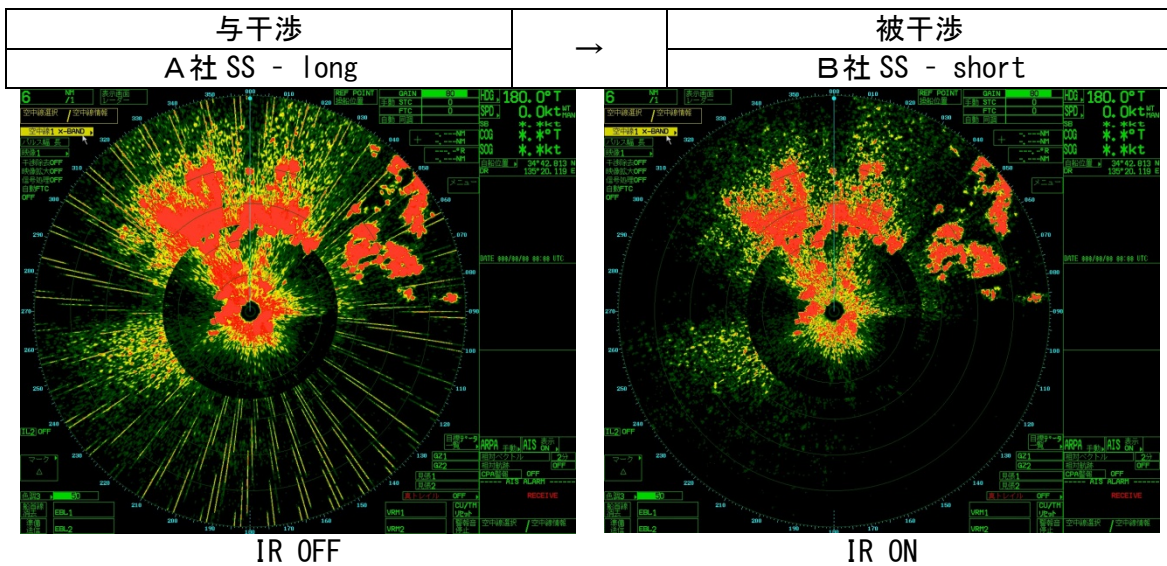
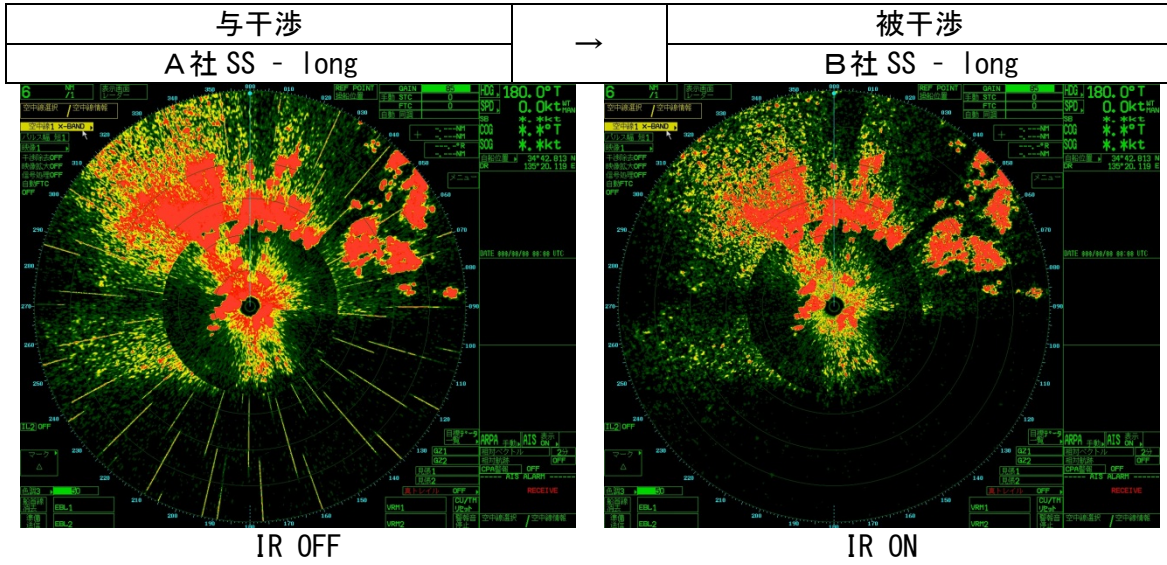


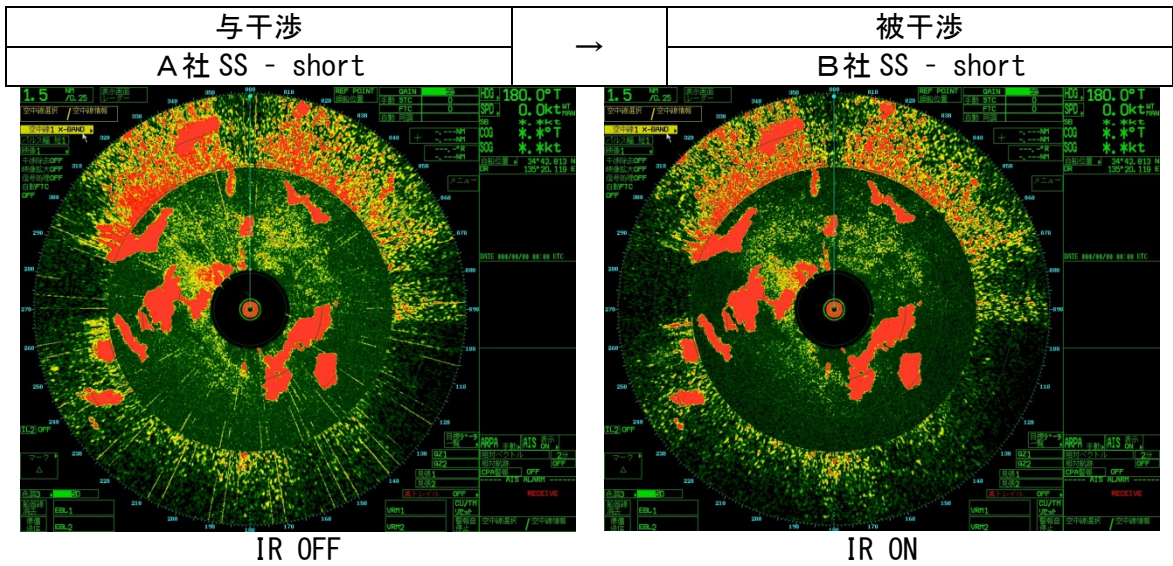
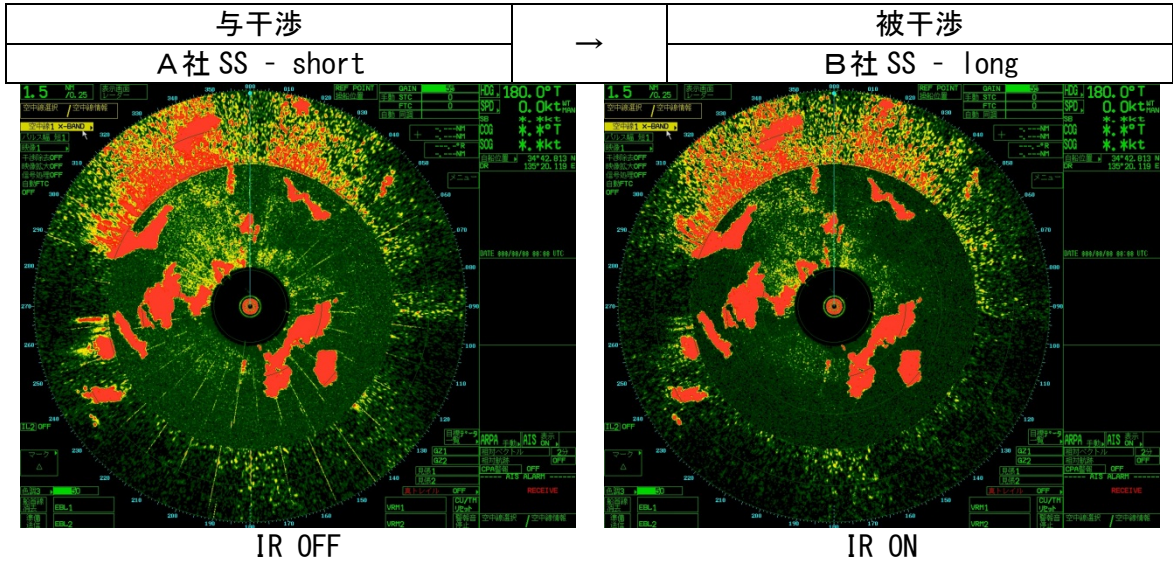
IR OFF



IR ON

3.2.2 B社の固体素子レーダーの映像



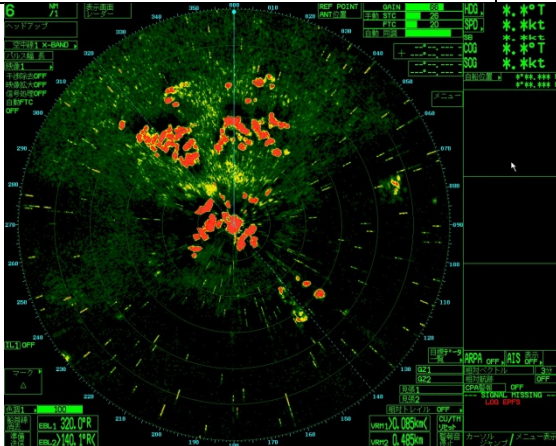


4 マグネトロンレーダーからマグネトロンレーダーへの干渉

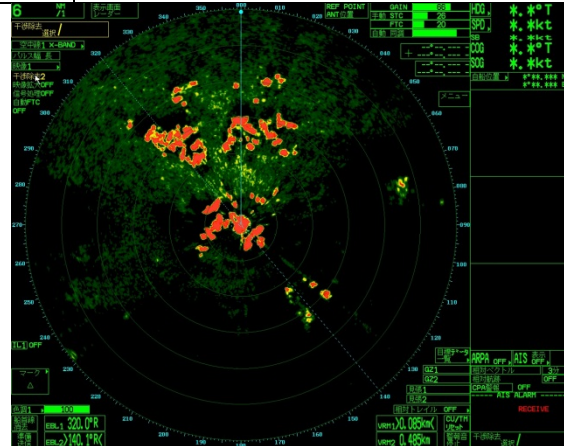
4.1 近距離の干渉

4.1.1 B社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉		被干渉
A社 MAG - long C社 MAG - long D社 MAG - long E社 MAG - long	→	B社 MAG - long

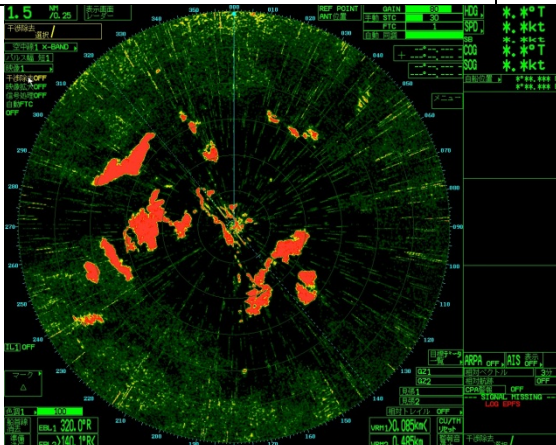


IR OFF

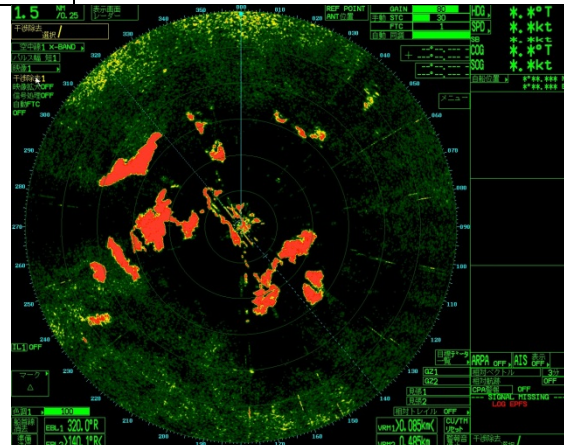


IR ON

与干渉		被干渉
A社 MAG - short C社 MAG - short D社 MAG - short E社 MAG - short	→	B社 MAG - short



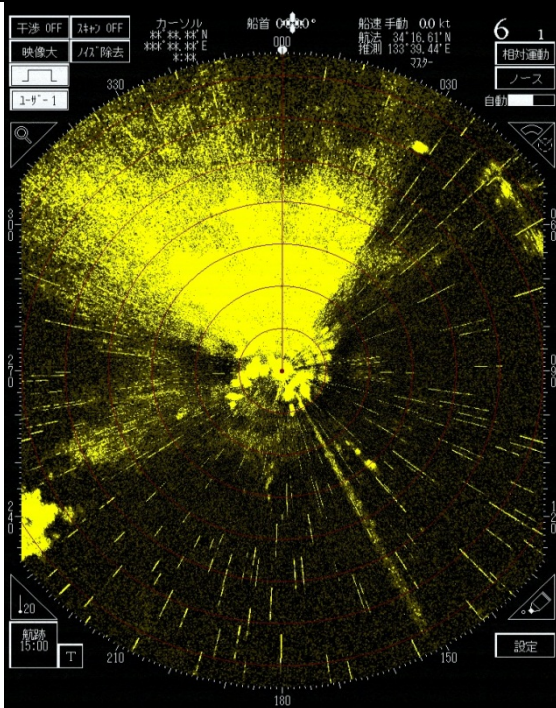
IR OFF



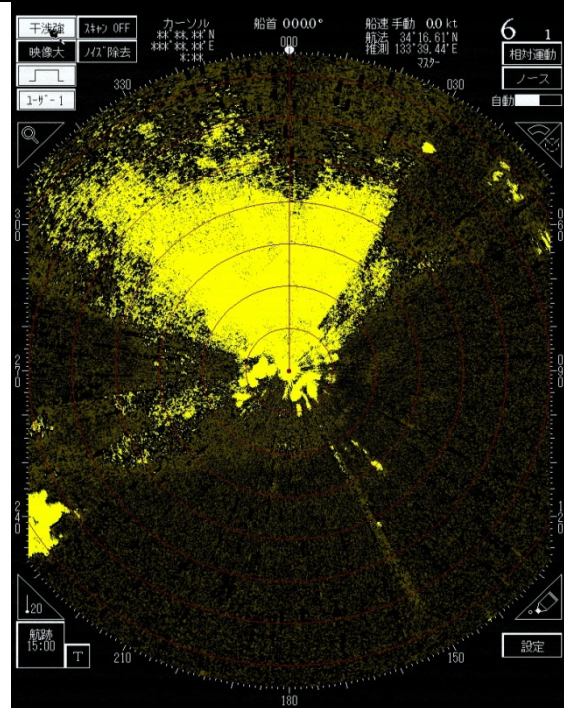
IR ON

4.1.2 D社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long E社 MAG - long		D社 MAG - long

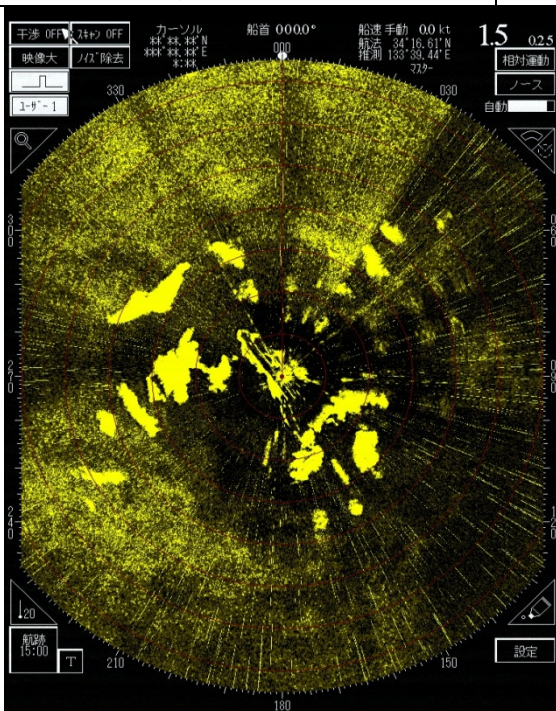


IR OFF

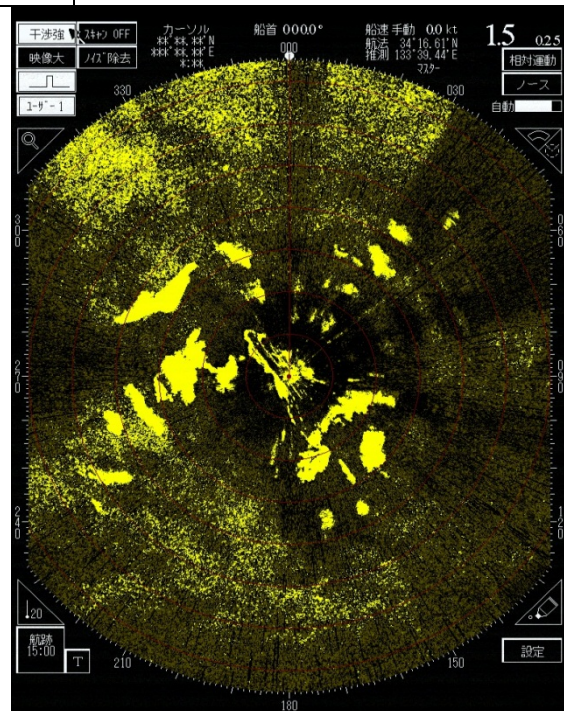


IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - short B社 MAG - short C社 MAG - short E社 MAG - short		D社 MAG - short



IR OFF



IR ON

4.1.3 E社のマグネトロンレーダーの映像

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long D社 MAG - long		E社 MAG - long



IR OFF



IR ON

与干渉	→	被干渉
A社 MAG - short B社 MAG - short C社 MAG - short D社 MAG - short		E社 MAG - short



IR OFF

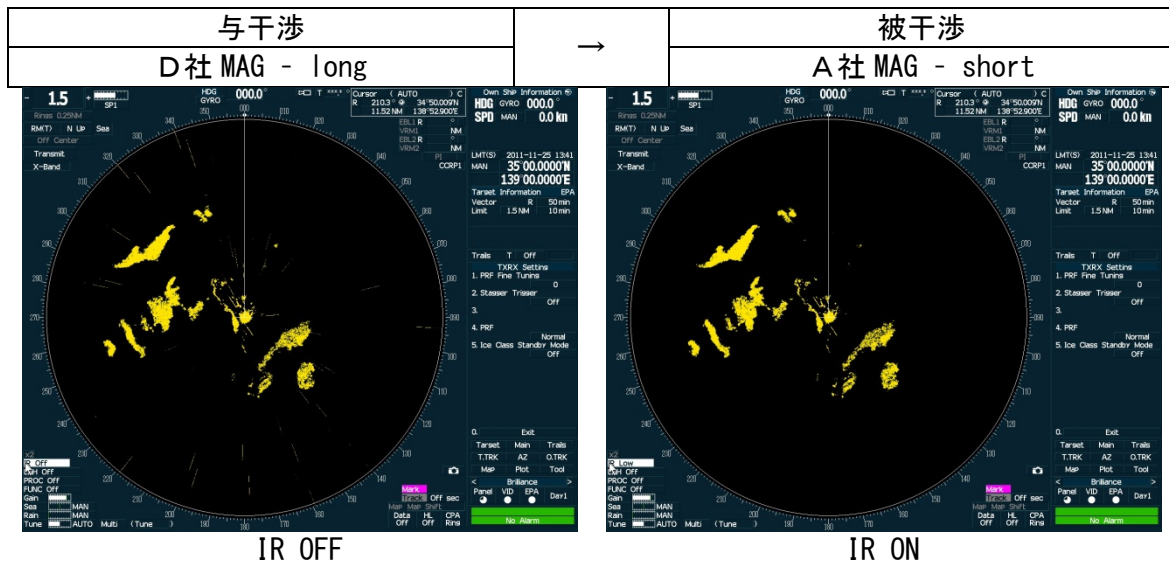
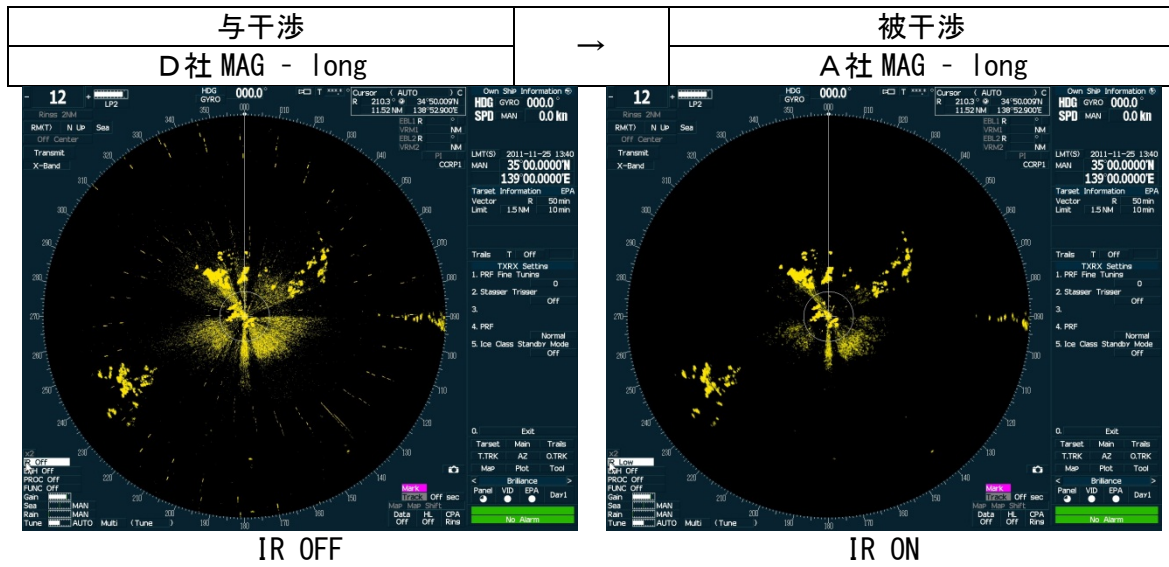


IR ON

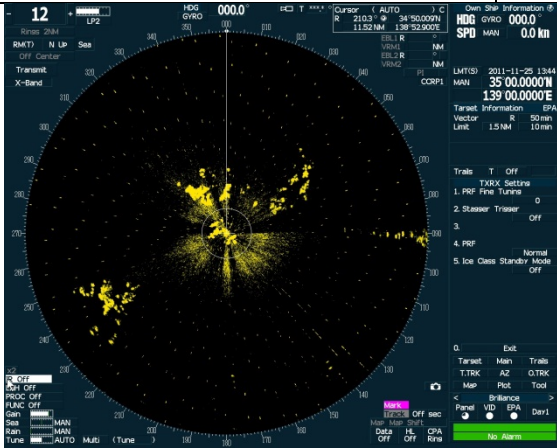
白 紙

4.2 遠距離の干渉

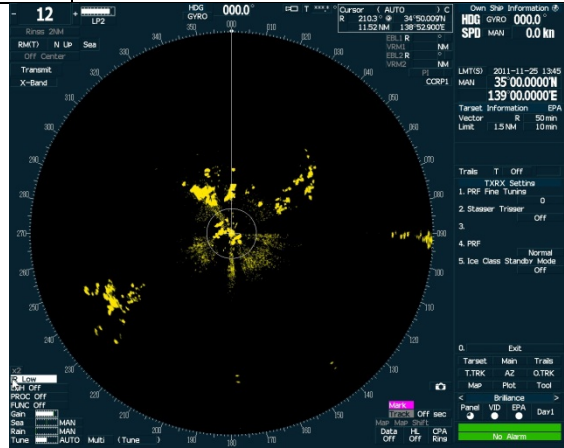
4.2.1 A社のマグネトロンレーダーの映像



与干涉 D社 MAG - short	→	被干涉 A社 MAG - long
-----------------------	---	----------------------

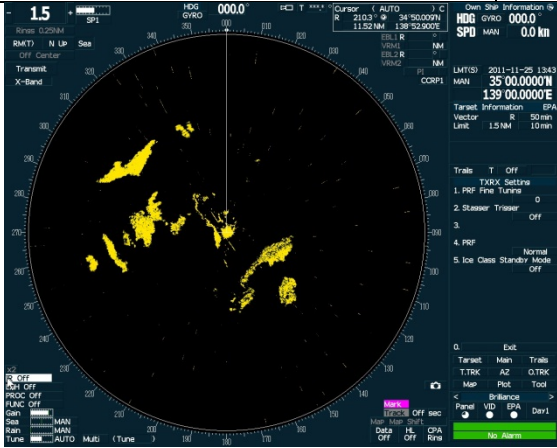


IR OFF

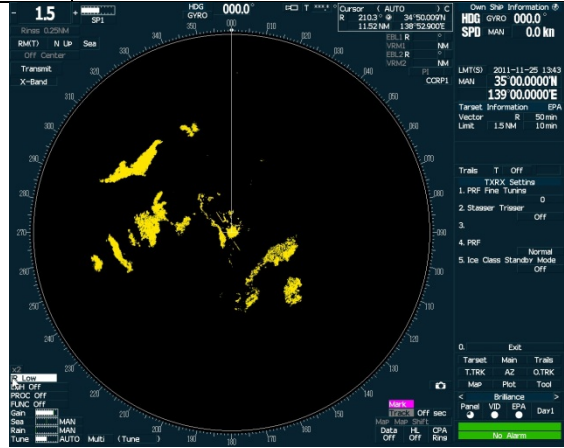


IR ON

与干涉 D社 MAG - short	→	被干涉 A社 MAG - short
-----------------------	---	-----------------------



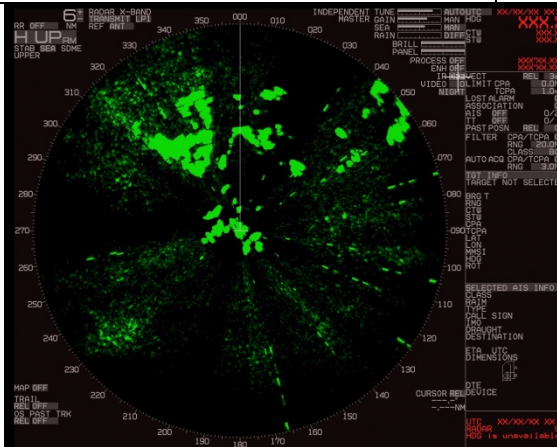
IR OFF



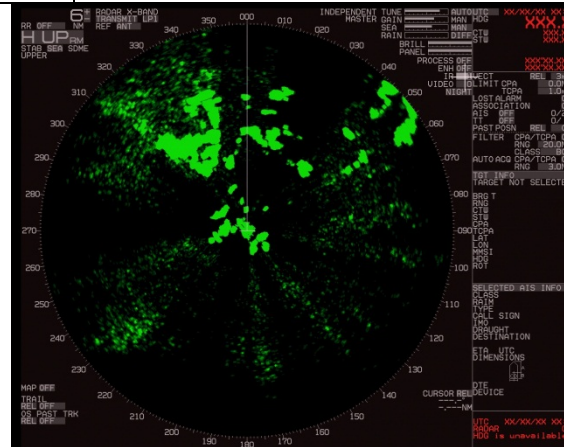
IR ON

4.2.2 C社のマグネトロンレーダーの映像

与干涉 D社 MAG - long	→	被干涉 C社 MAG - long
----------------------	---	----------------------

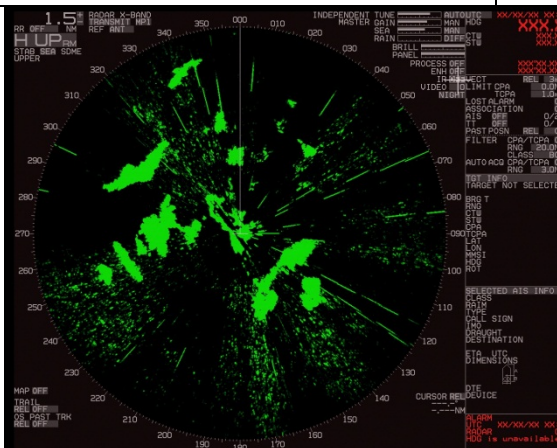


IR OFF

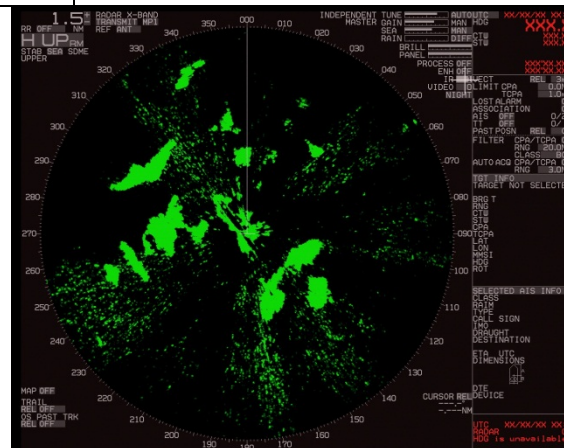


IR ON

与干涉 D社 MAG - long	→	被干涉 C社 MAG - short
----------------------	---	-----------------------

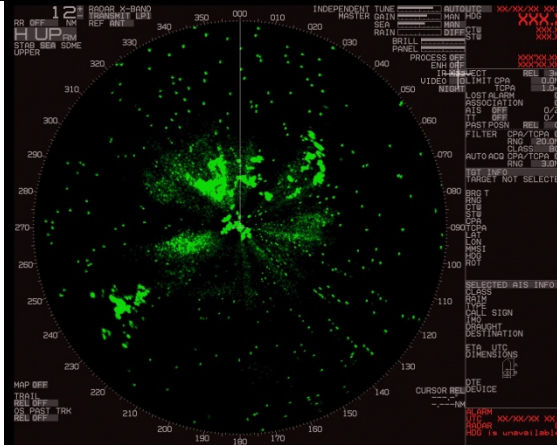


IR OFF

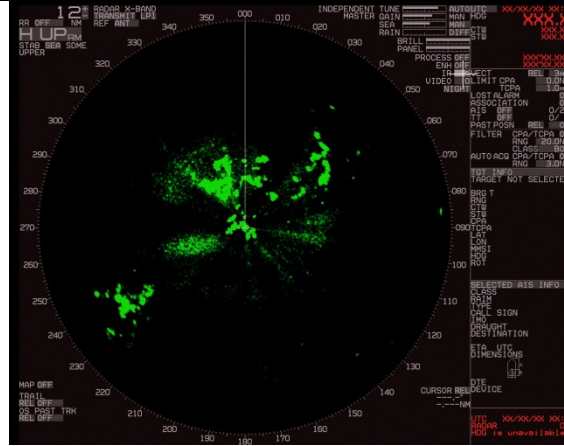


IR ON

与干涉 D社 MAG - short	→	被干涉 C社 MAG - long
-----------------------	---	----------------------

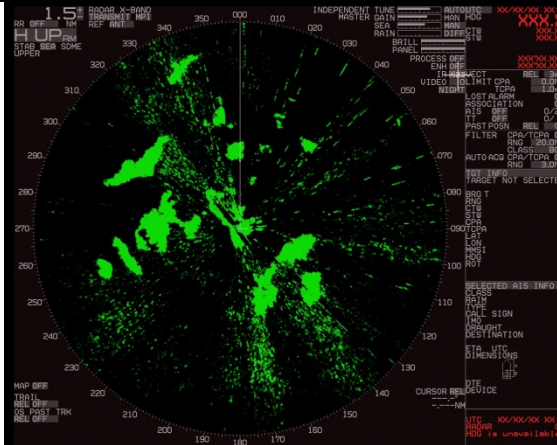


IR OFF

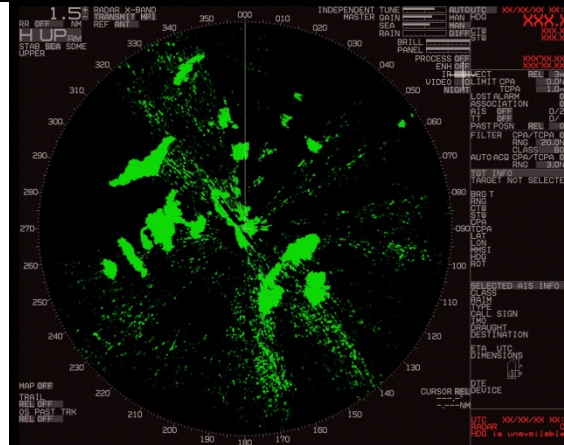


IR ON

与干涉 D社 MAG - short	→	被干涉 C社 MAG - short
-----------------------	---	-----------------------



IR OFF

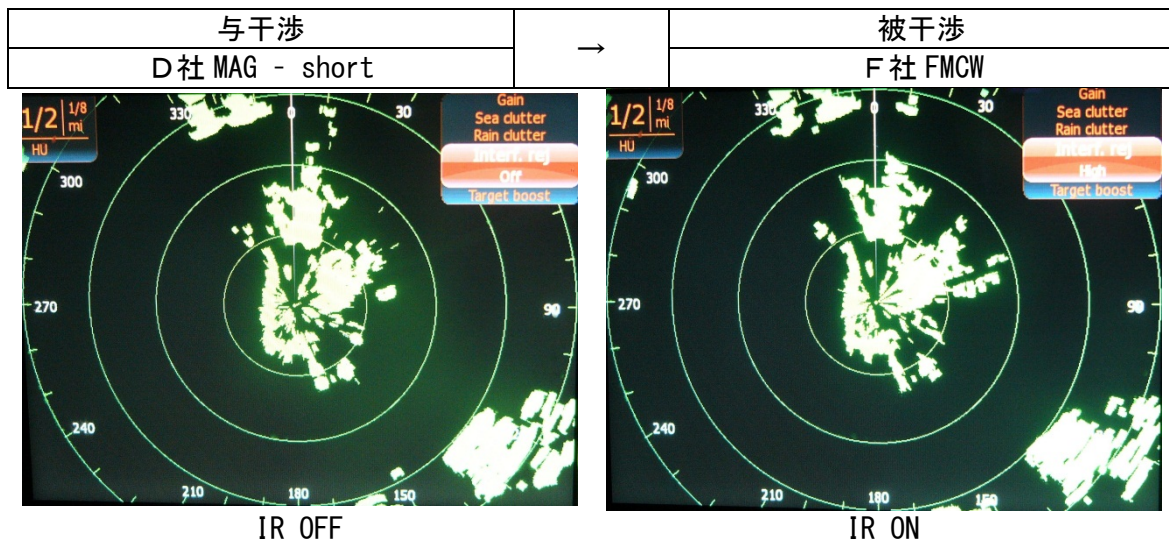
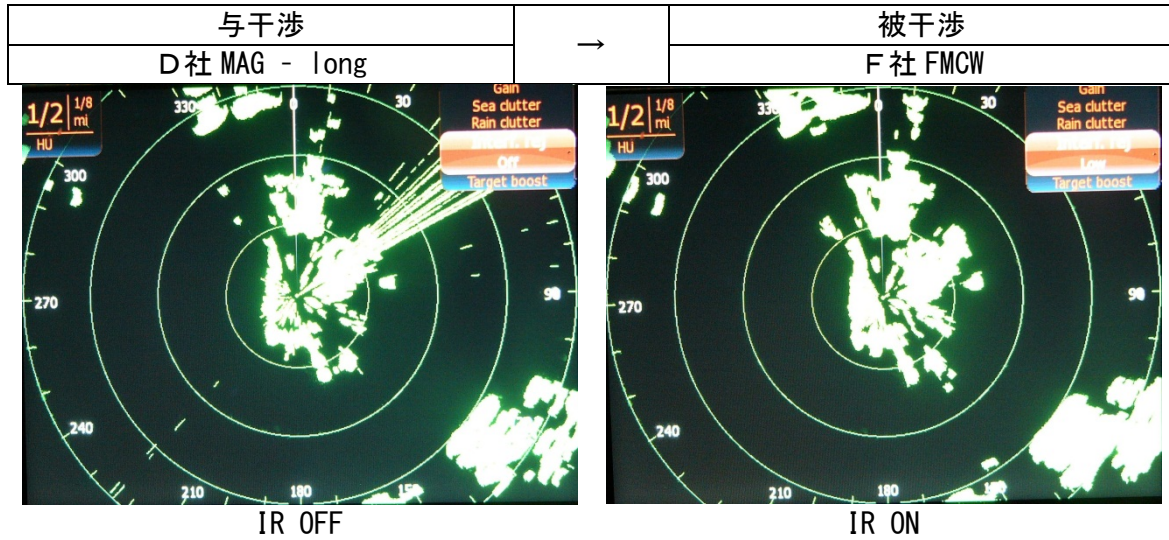


IR ON

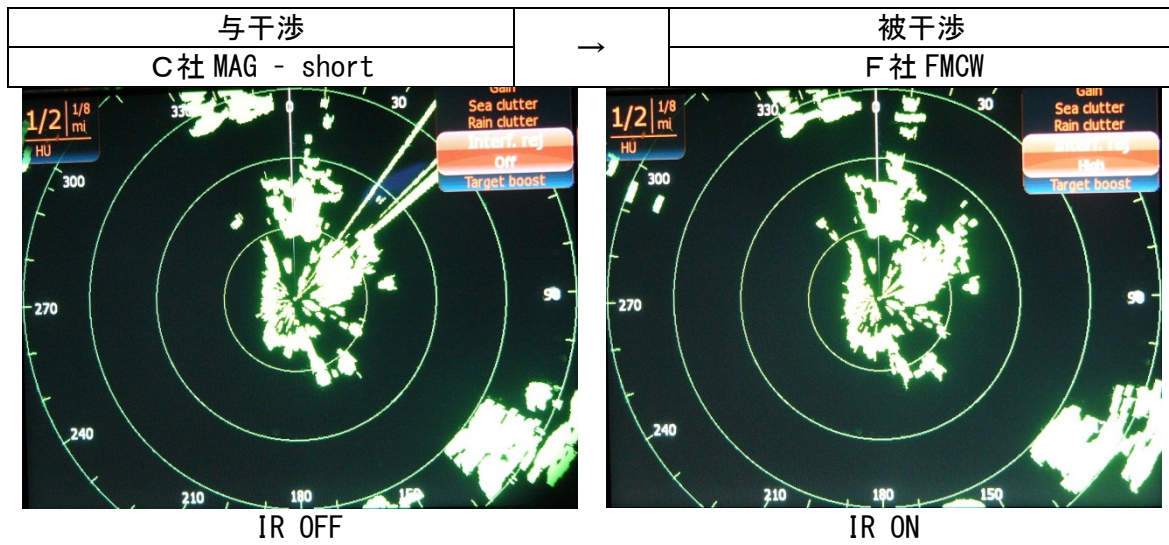
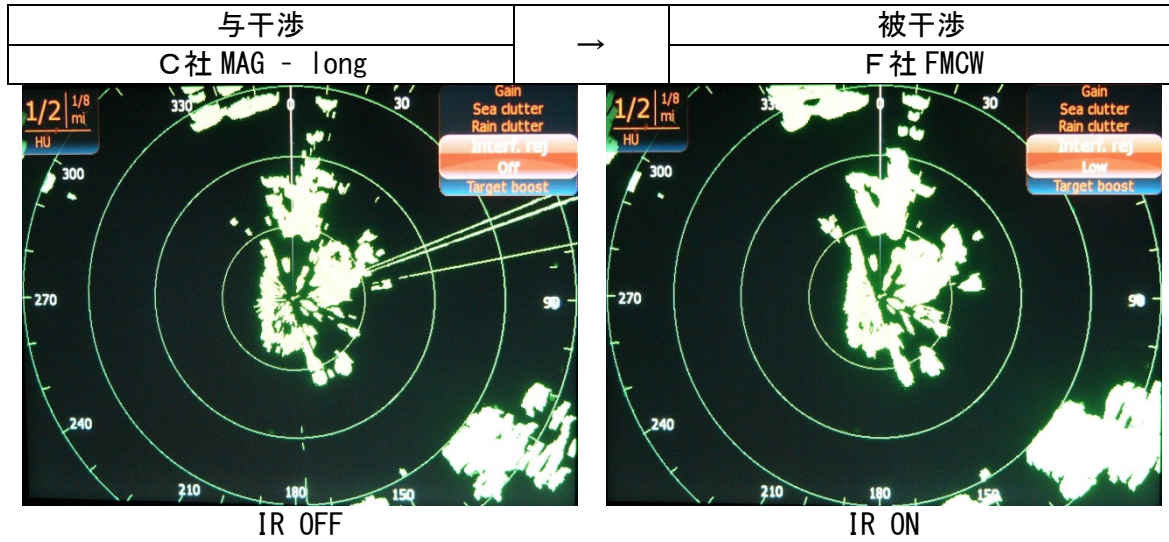
5 FMCWレーダーからマグネトロンレーダー及び固体素子レーダーへの干渉
 5.1 周波数の違いから起きないことが判明した。

6 マグネトロンレーダー又は固体素子レーダーからFMCWレーダーへの干渉
 6.1 近距離の干渉

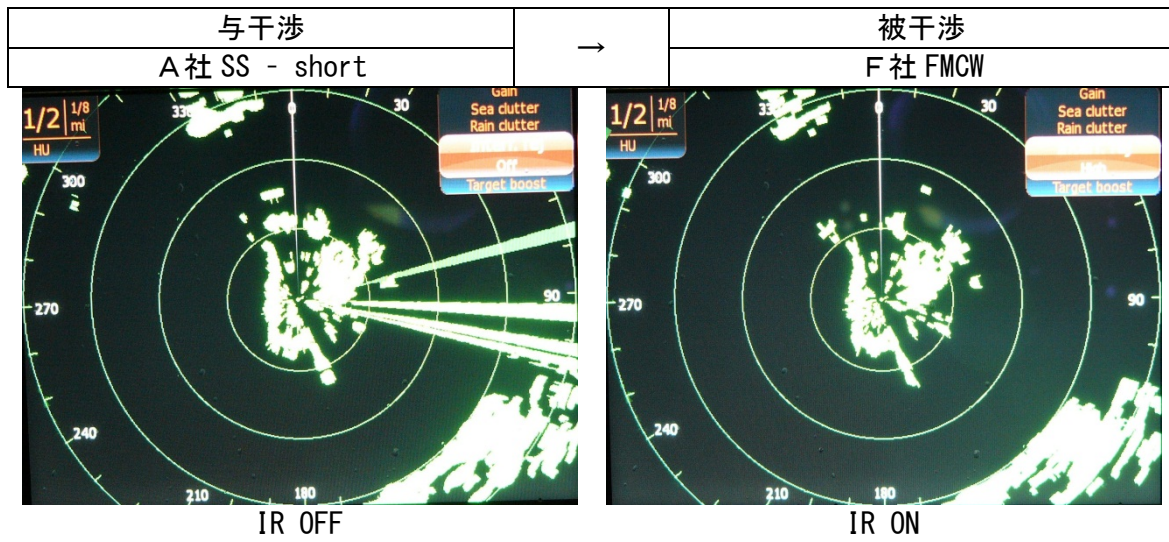
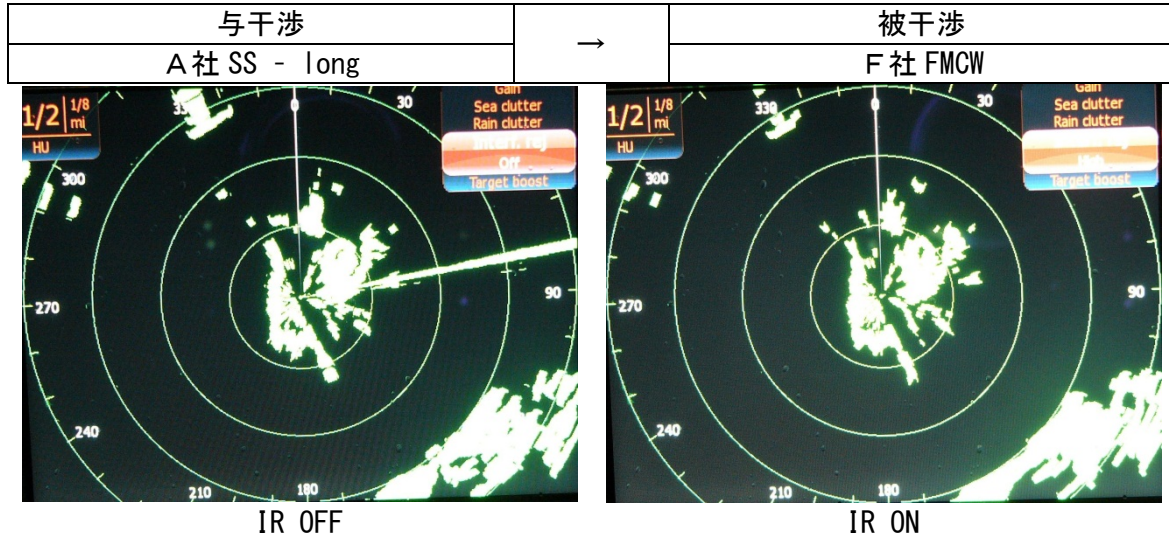
6.1.1 F社のFMCWレーダーの映像（D社MAGから）



6.1.2 F社のFMCWレーダーの映像（C社MAGから）

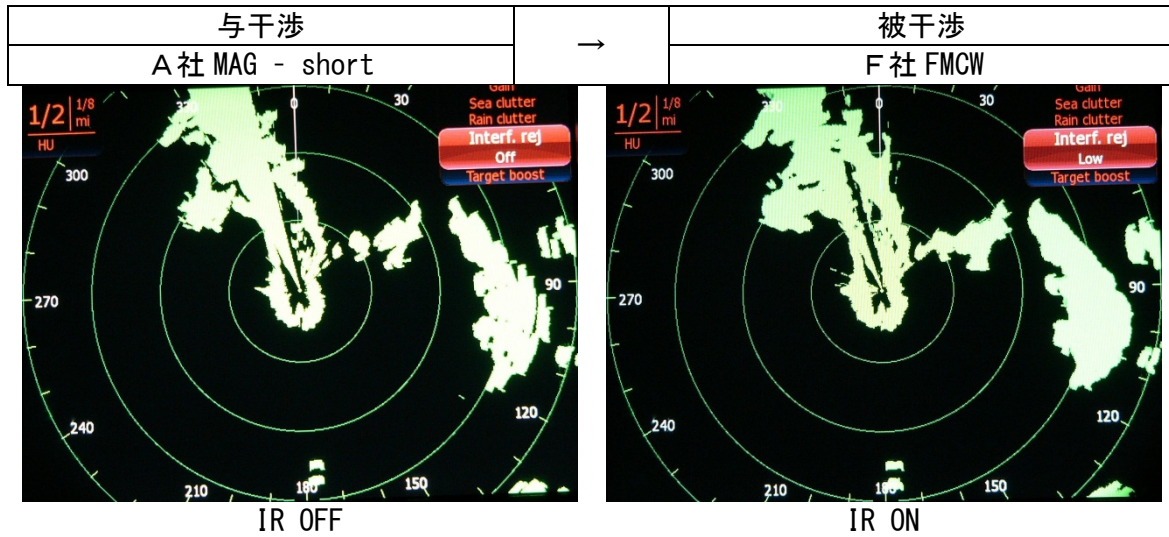
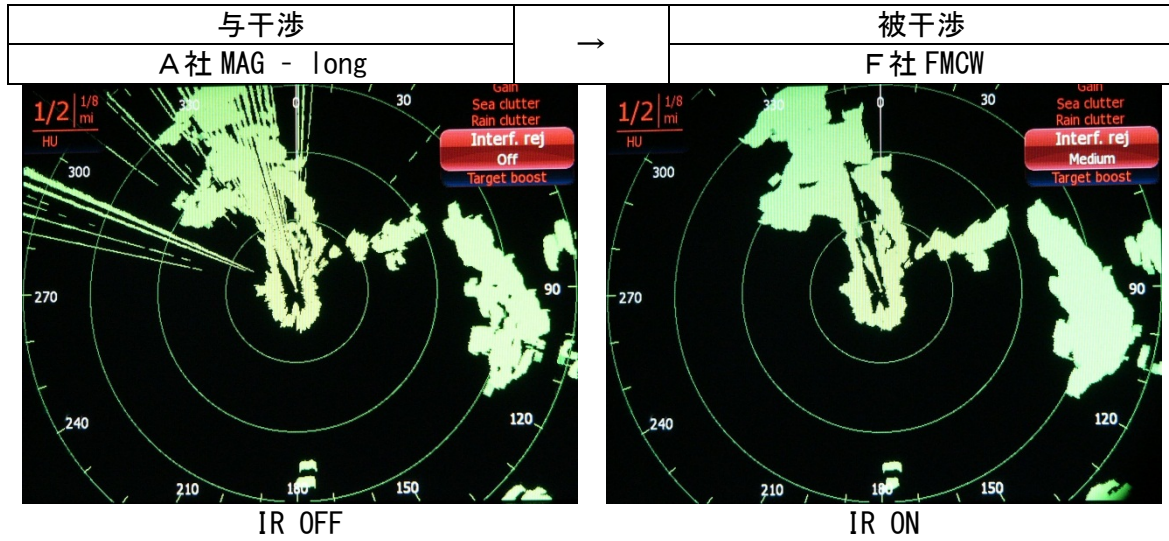


6.1.3 F社のFMCWレーダーの映像（A社SSから）

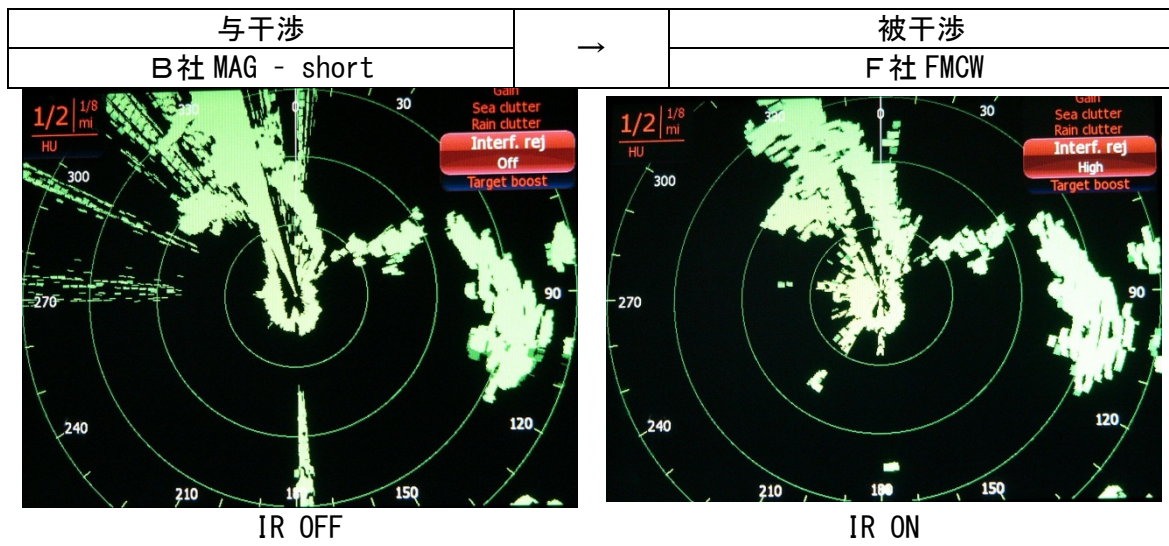
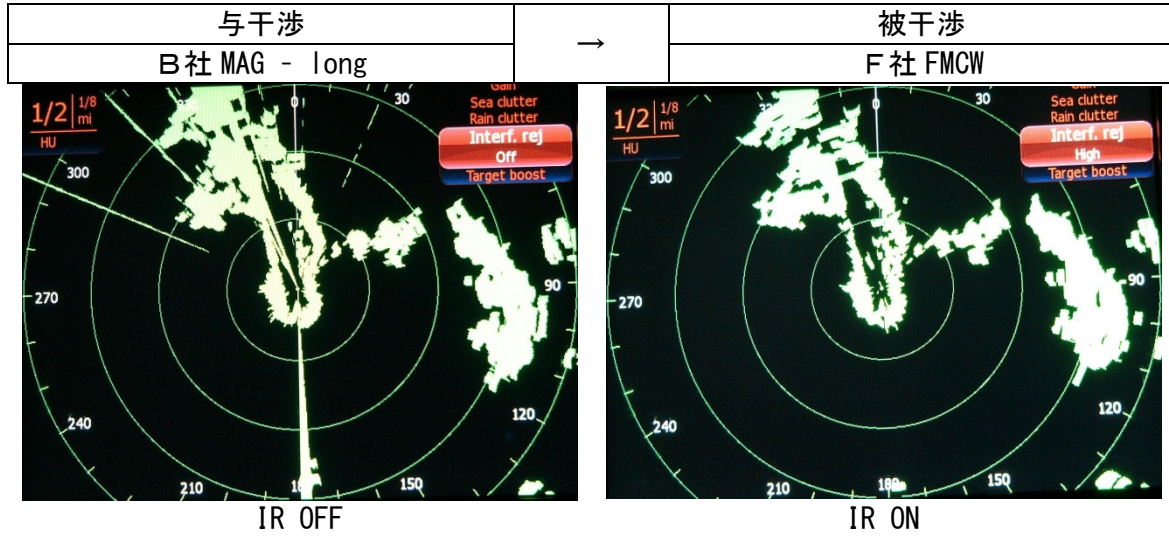


6.2 遠距離の干渉

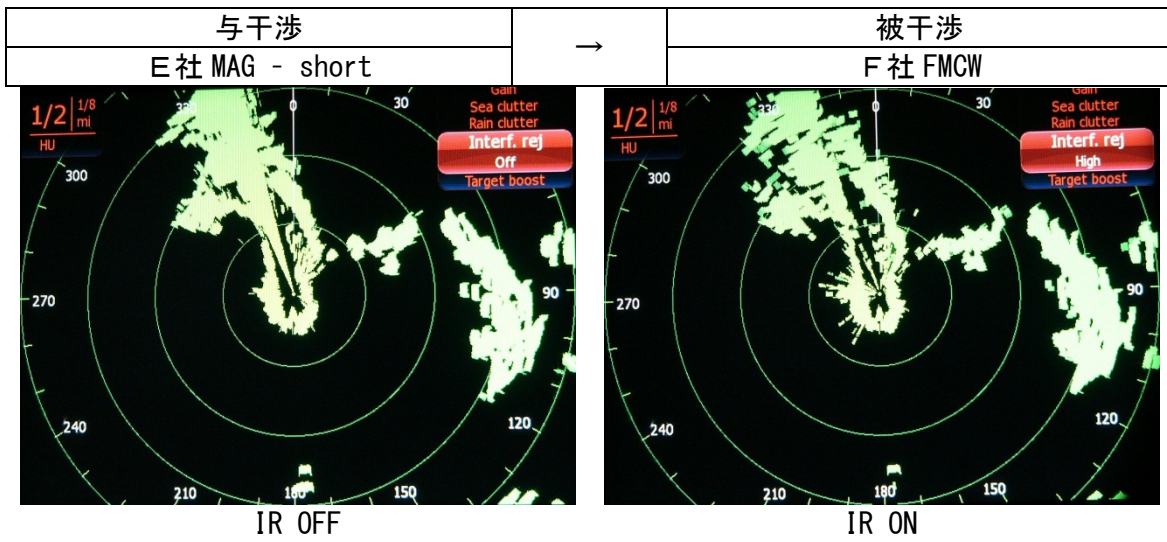
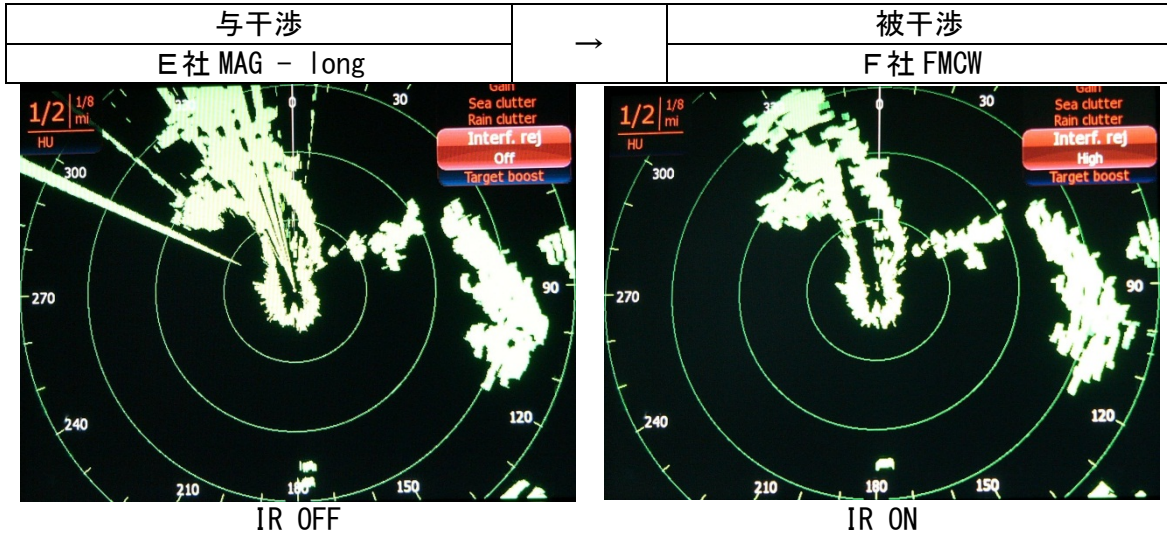
6.2.1 F社のFMCWレーダーの映像（A社MAGから）



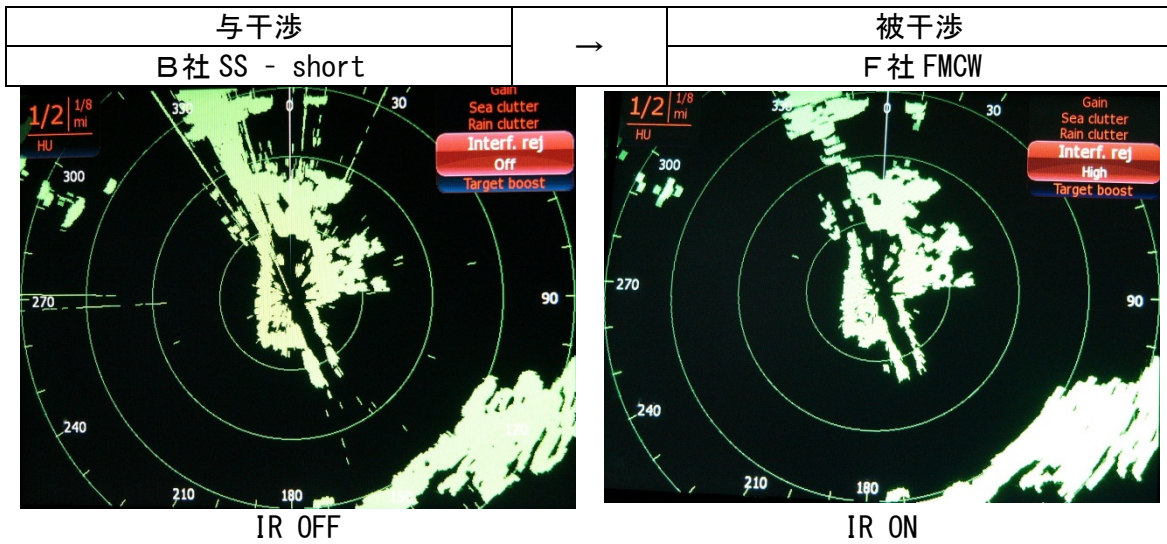
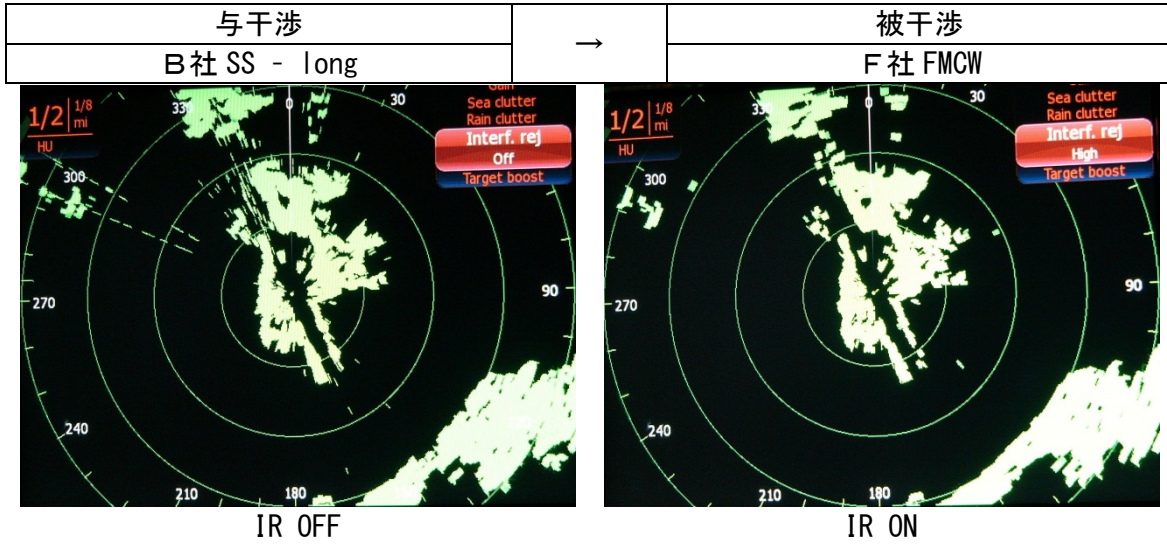
6.2.2 F社のFMCWレーダーの映像（B社MAGから）



6.2.3 F社のFMCWレーダーの映像（E社MAGから）



6.2.4 F社のFMCWレーダーの映像（B社SSから）



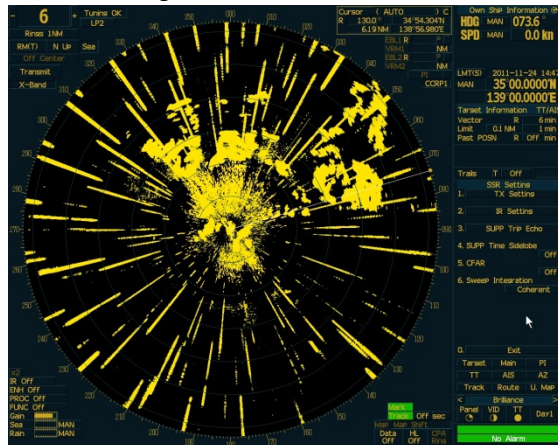
7 多数のレーダーからの干渉

7.1 近距離の干渉

7.1.1 ロングパルスの干渉

エプロン設置	
A社 SS - long A社 MAG - long B社 SS - long B社 MAG - long	C社 MAG - long D社 MAG - long E社 MAG - long F社 FMCW

A社 SS - long

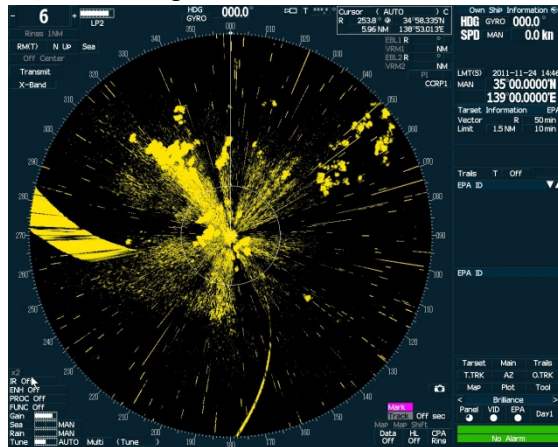


IR OFF

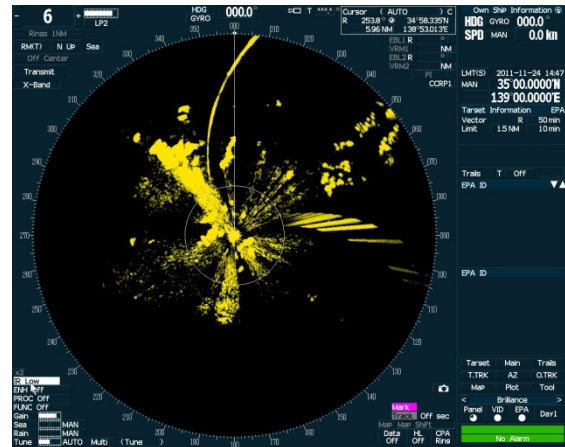


IR ON

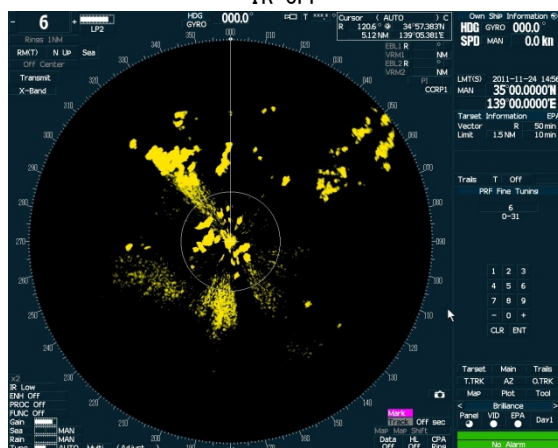
A社 MAG - long



IR OFF

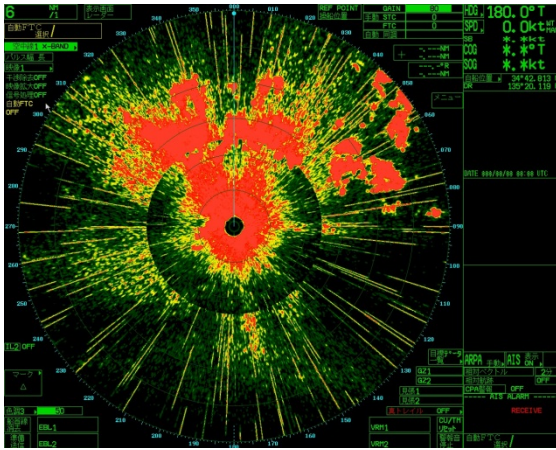


IR ON

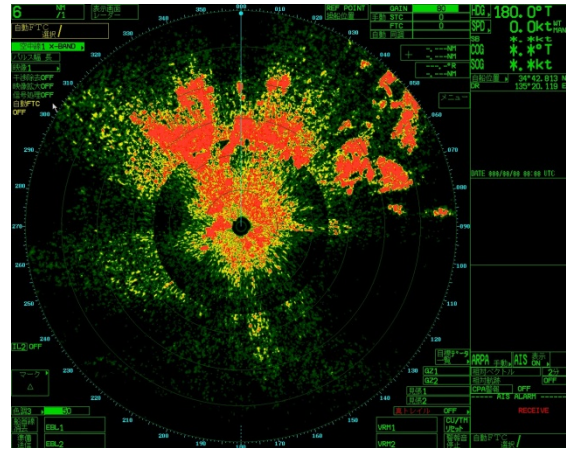


IR ON (PRF tuned)

B社 SS - long

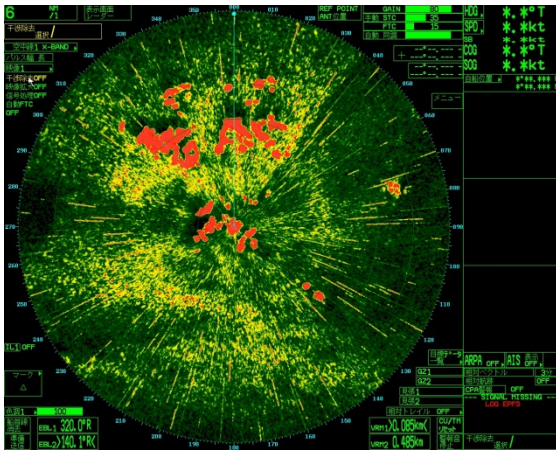


IR OFF

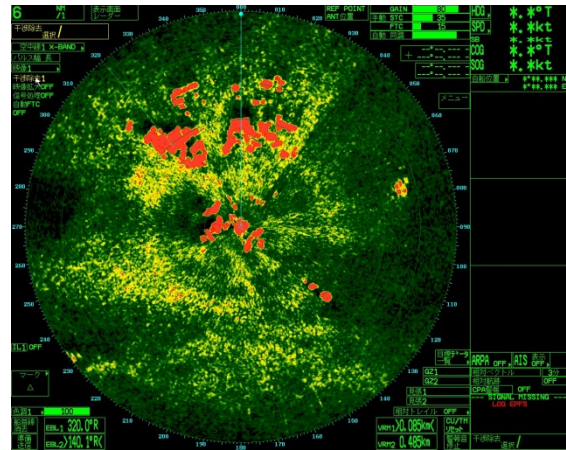


IR ON

B社 MAG - long

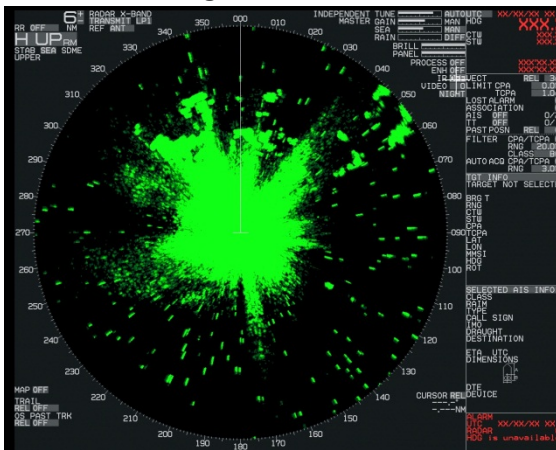


IR OFF

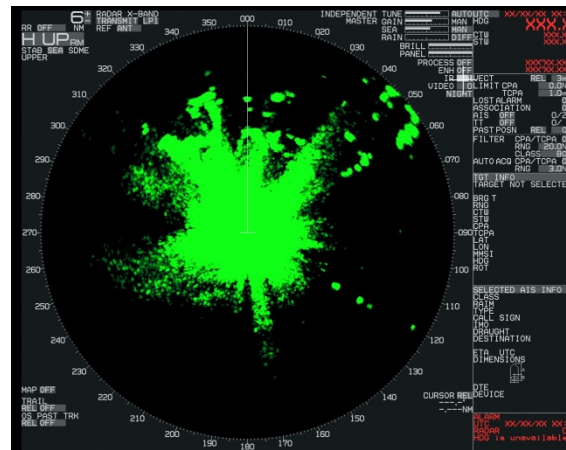


IR ON

C社 MAG - long

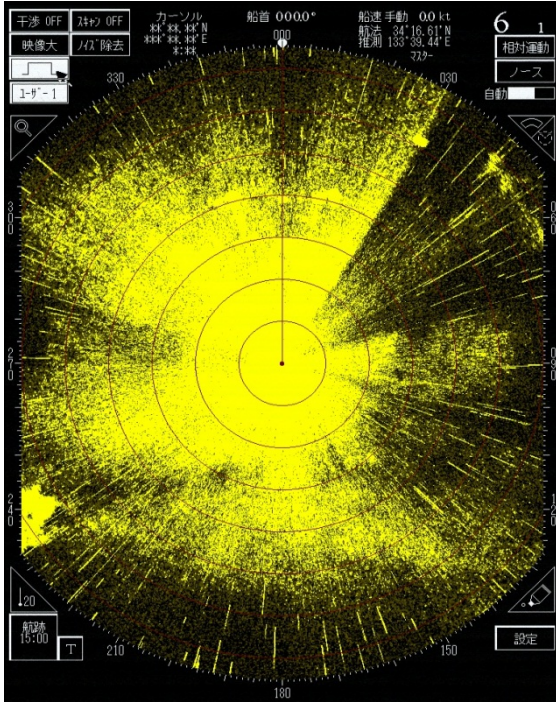


IR OFF

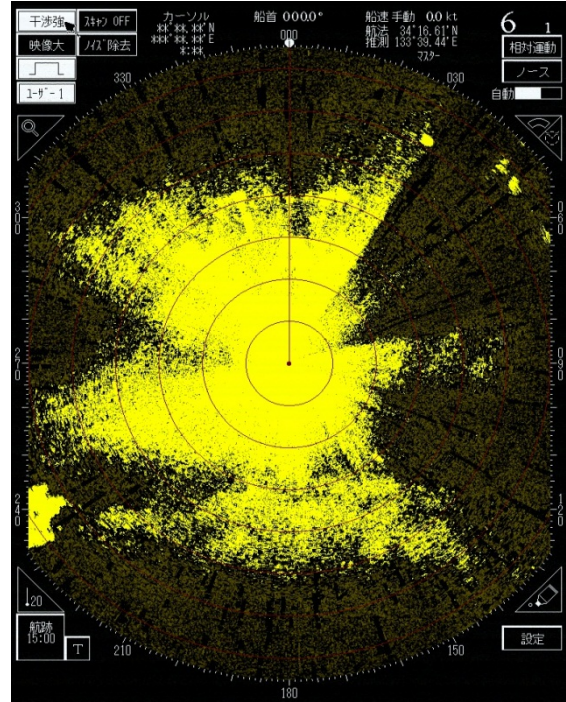


IR ON

D社 MAG - long

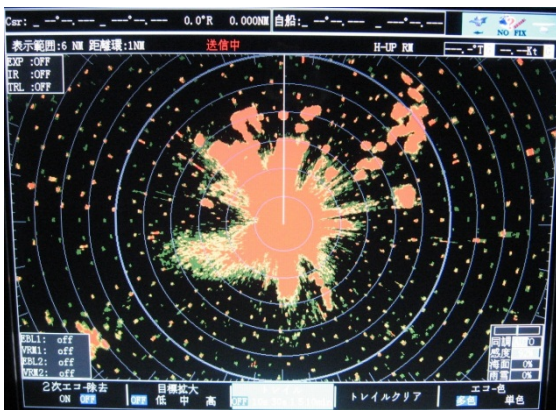


IR OFF



IR ON

E社 MAG - long



IR OFF

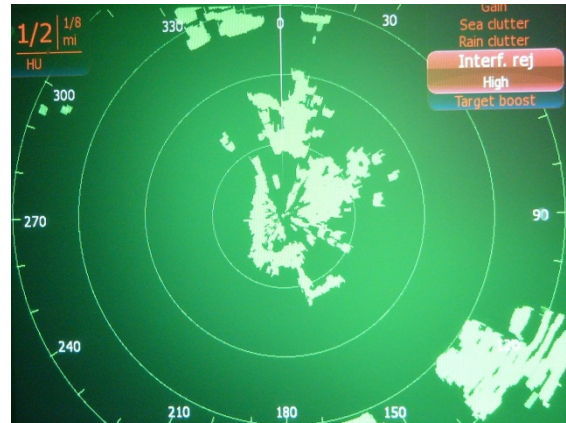


IR ON

F社 FMCW



IR OFF

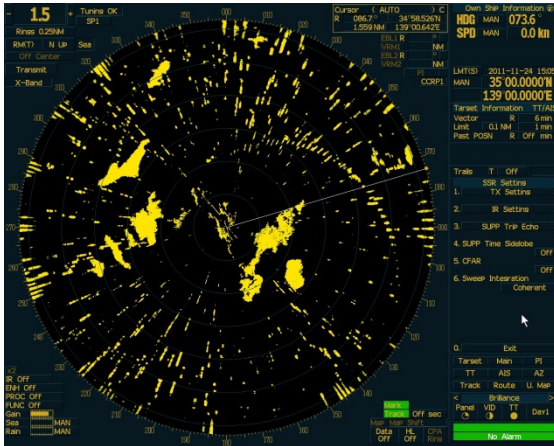


IR ON

7.1.2 ショートパルスの干渉

エプロン設置	
A社 SS - short B社 SS - short A社 MAG - short B社 MAG - short	C社 MAG - short D社 MAG - short E社 MAG - short F社 FMCW

A社 SS - short

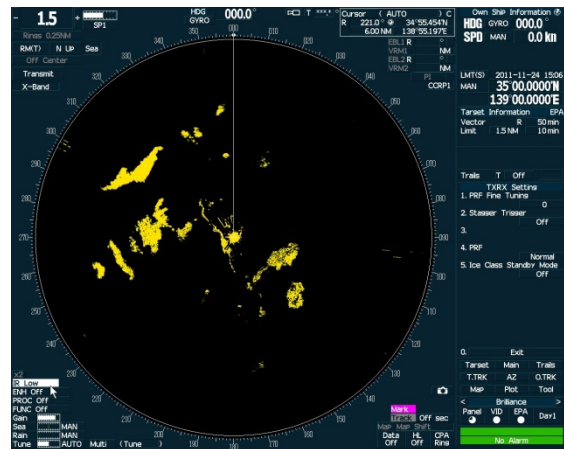
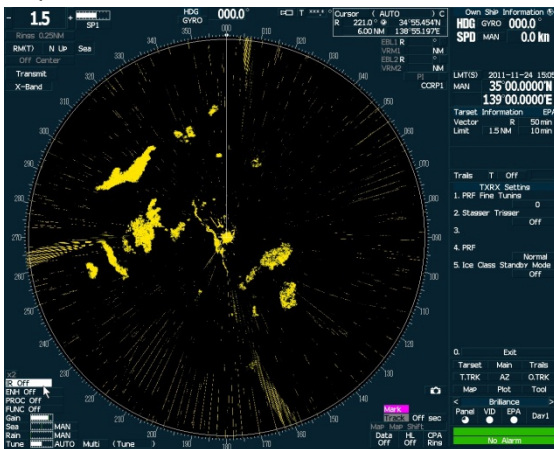


IR OFF

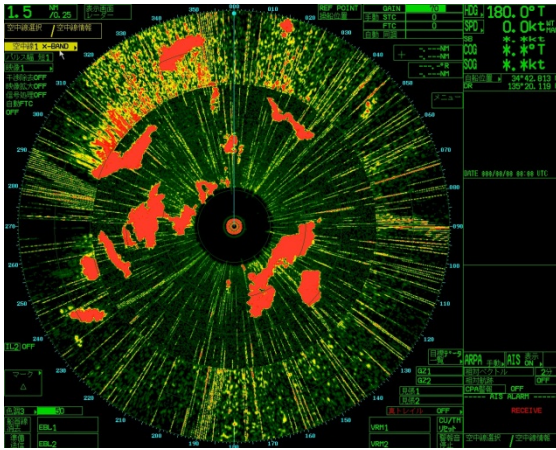


IR ON

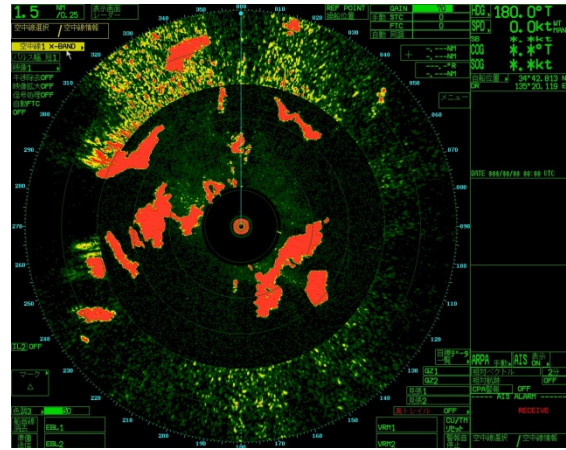
A社 MAG - short



B社 SS - short

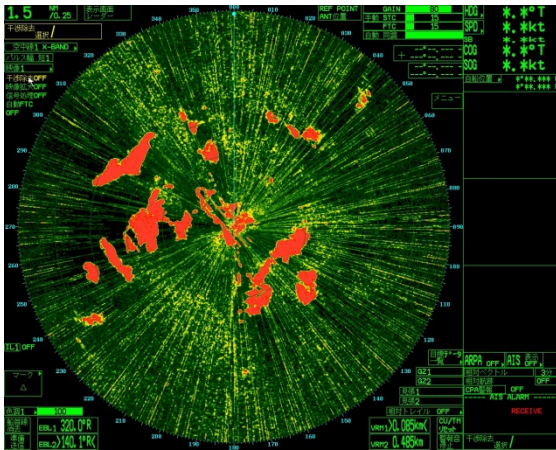


IR OFF

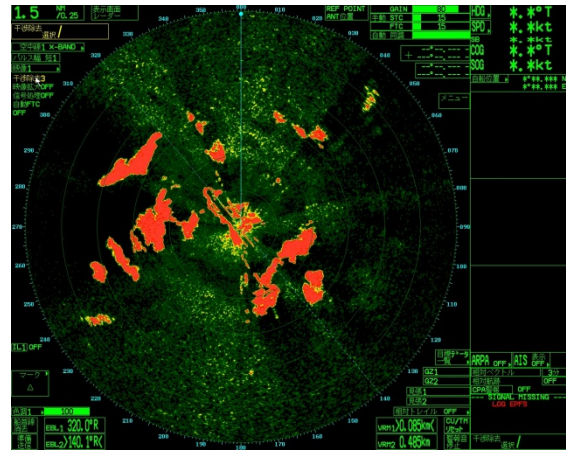


IR ON

B社 MAG - short

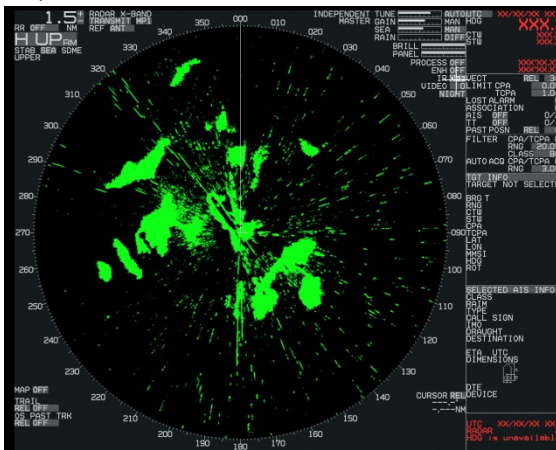


IR OFF

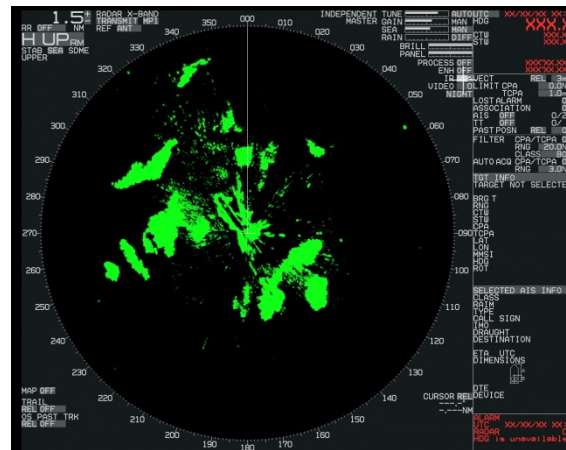


IR ON

C社 MAG - short

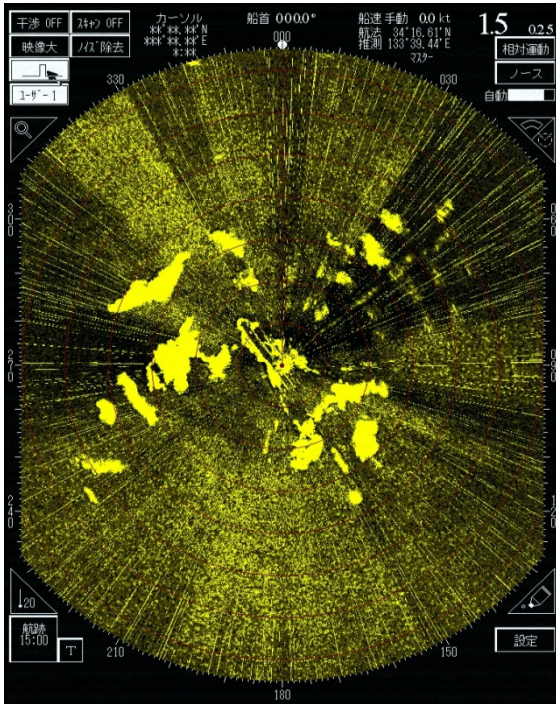


IR OFF

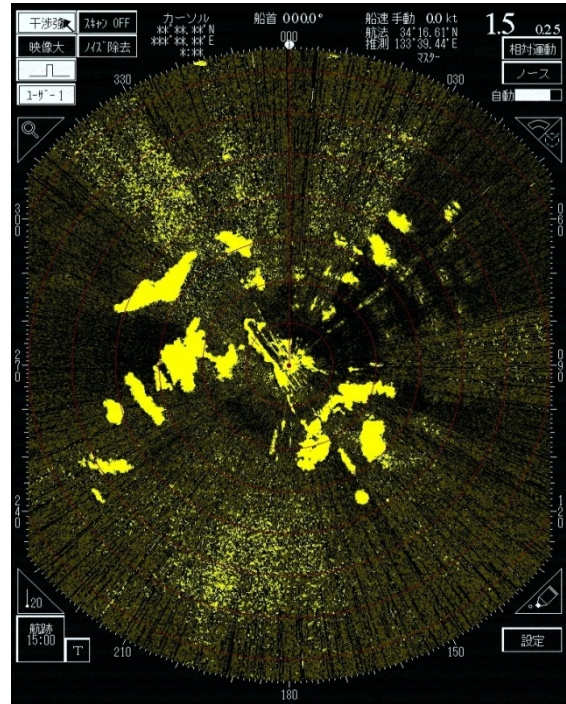


IR ON

D社 MAG - short

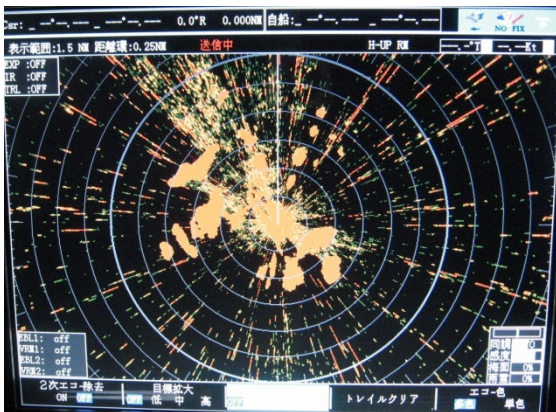


IR OFF



IR ON

E社 MAG - short



IR OFF



IR ON

F社 FMCW



IR OFF



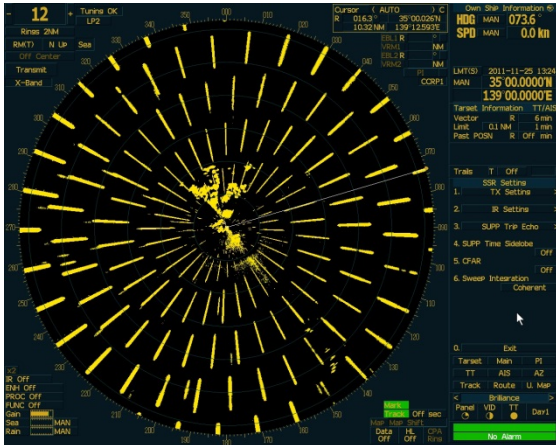
IR ON

7.2 遠距離の干渉

7.2.1 ロングパルスの干渉

滑走路 (オーバーランエリア)	←→	エプロン設置
A社 SS - long B社 SS - long F社 FMCW		A社 MAG - long B社 MAG - long C社 MAG - long E社 MAG - long

A社 SS - long

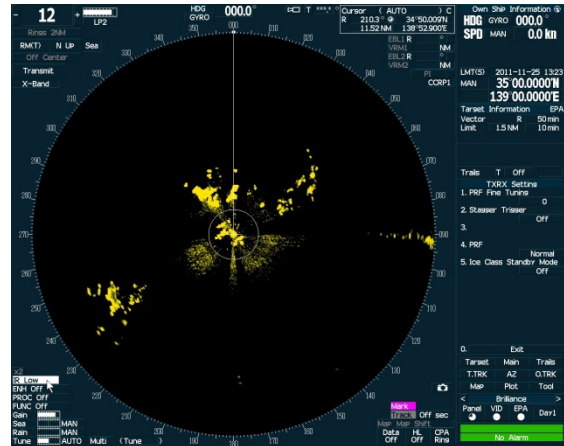
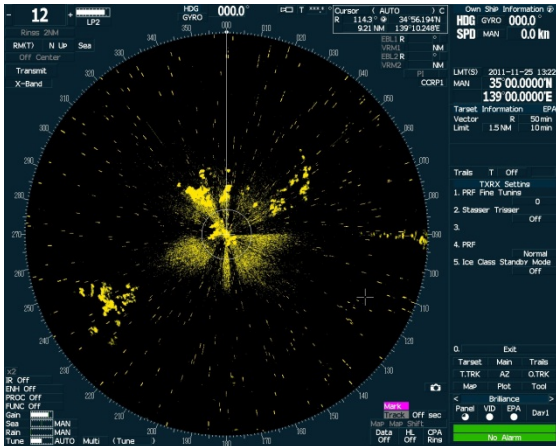


IR OFF

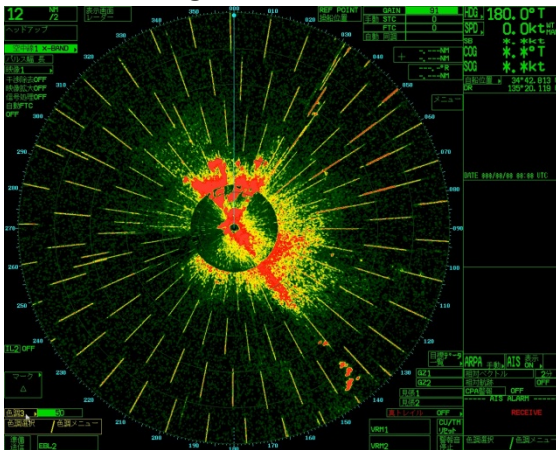


IR ON

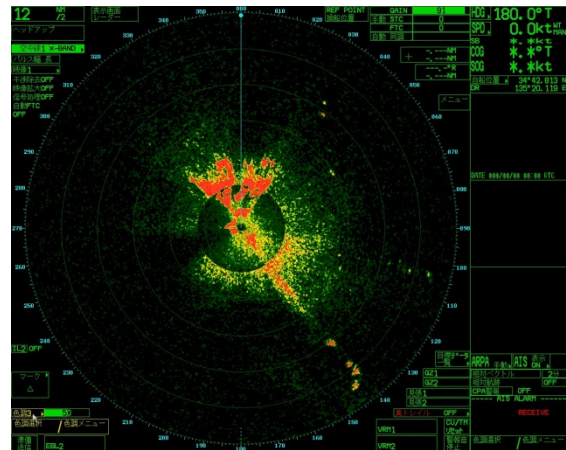
A社 MAG - long



B社 SS - long

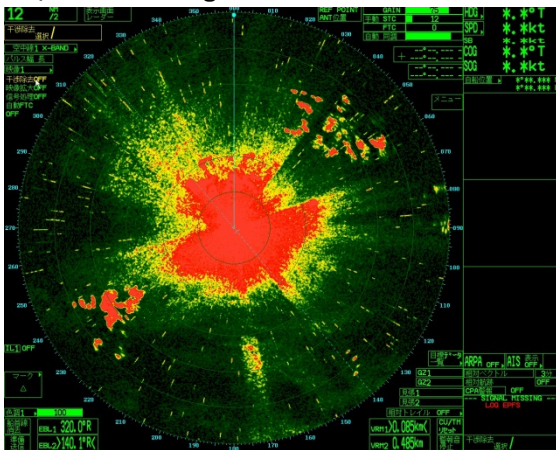


IR OFF

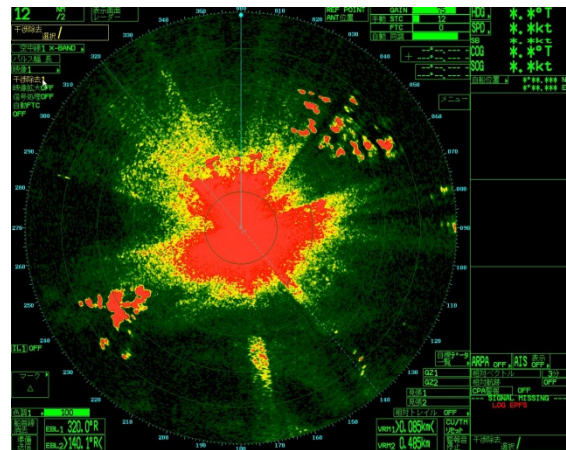


IR ON

B社 MAG - long

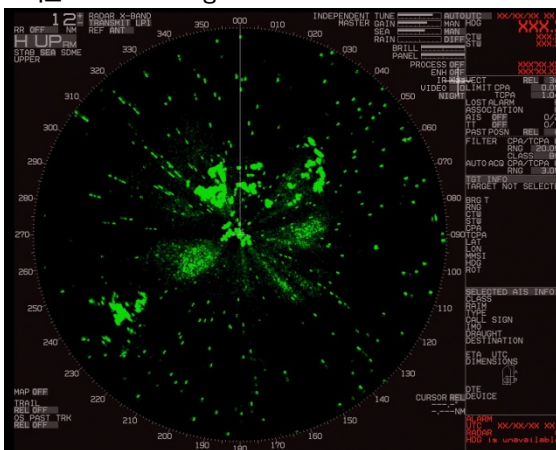


IR OFF

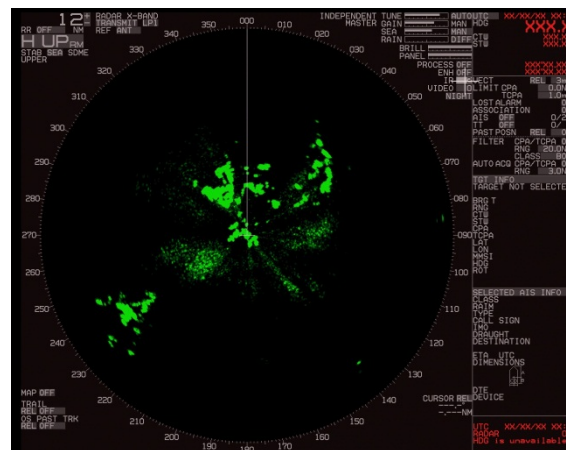


IR ON

C社 MAG - long

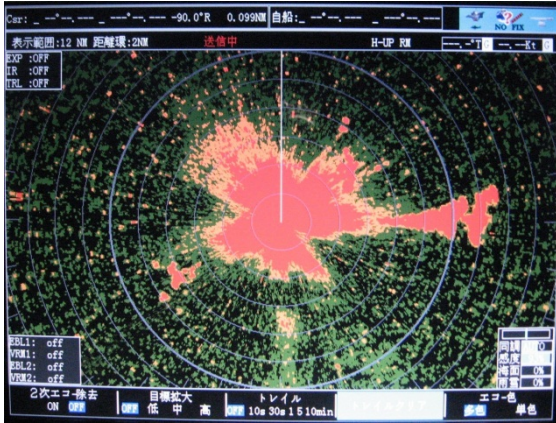


IR OFF

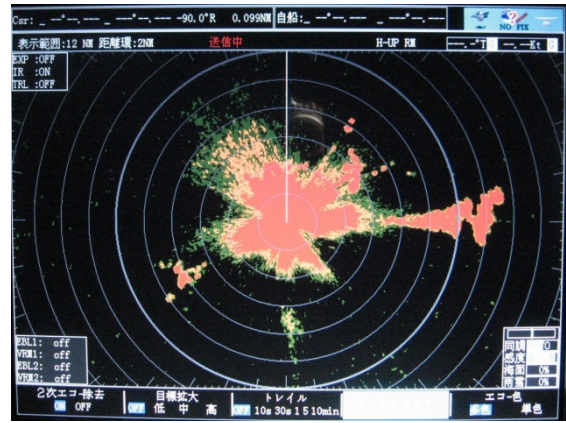


IR ON

E社 MAG - long

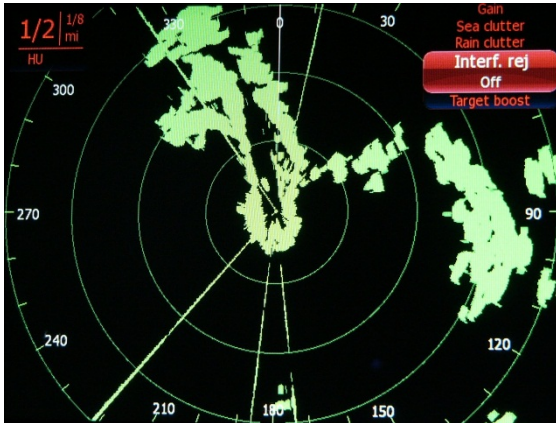


IR OFF

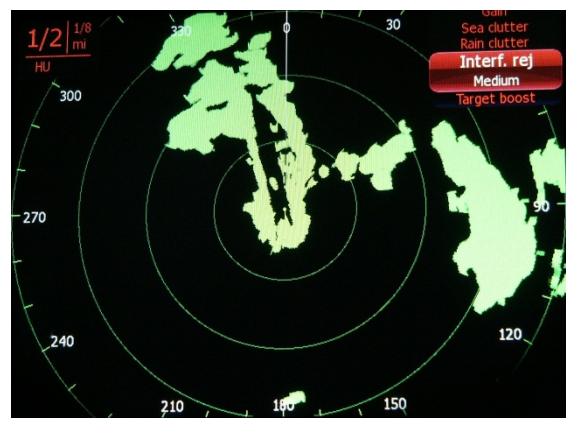


IR ON

F社 FMCW



IR OFF

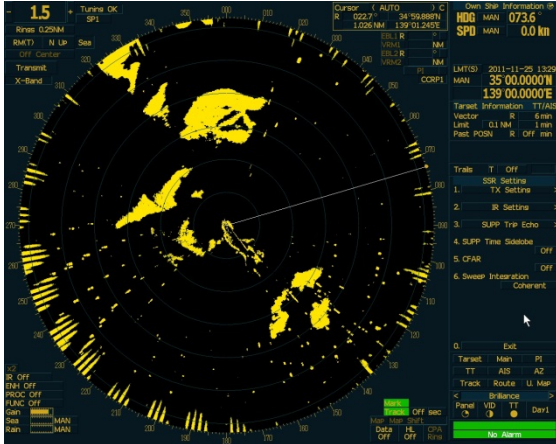


IR ON

7.2.2 ショートパルスの干渉

滑走路 (オーバーランエリア)	←→	エプロン設置
A社 SS - short B社 SS - short F社 FMCW		A社 MAG - short B社 MAG - short C社 MAG - short E社 MAG - short

A社 SS - short

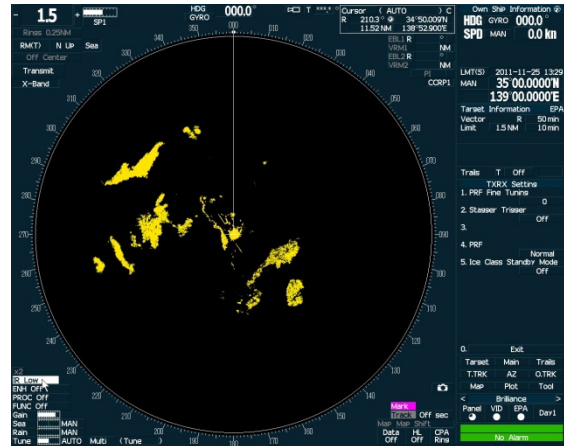
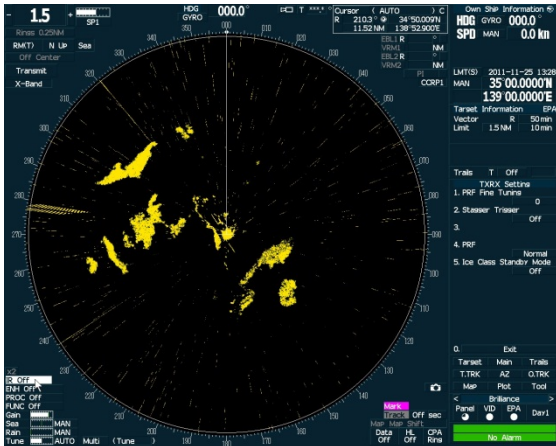


IR OFF

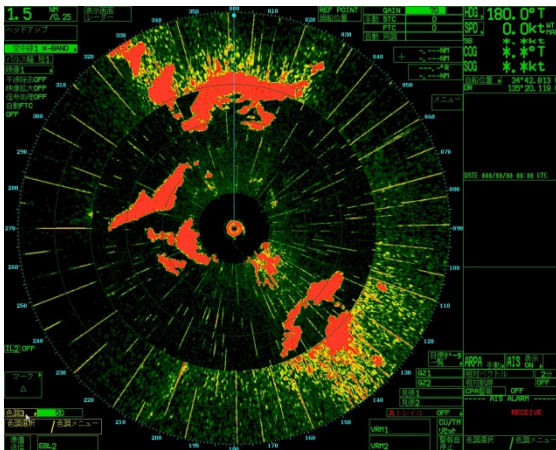


IR ON

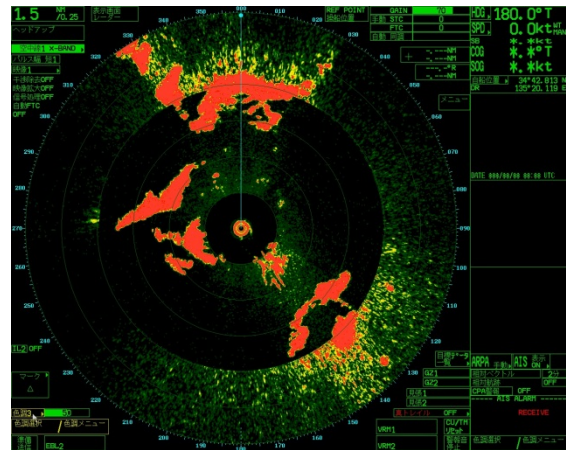
A社 MAG - short



B社 SS - short

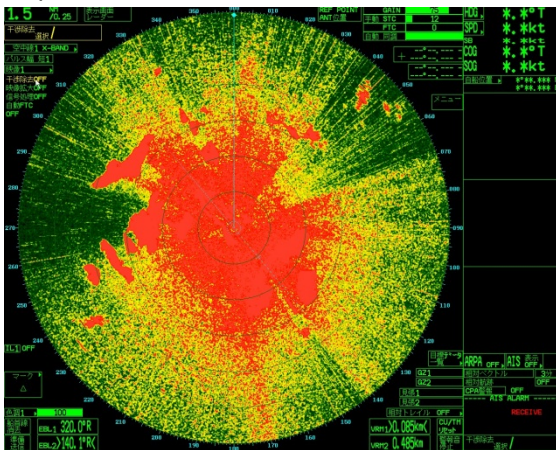


IR OFF

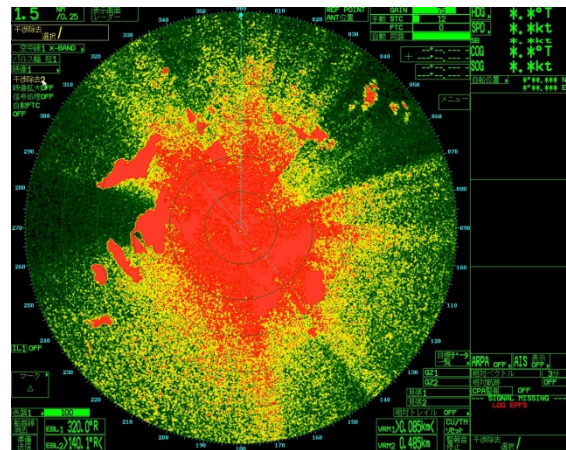


IR ON

B社 MAG - short

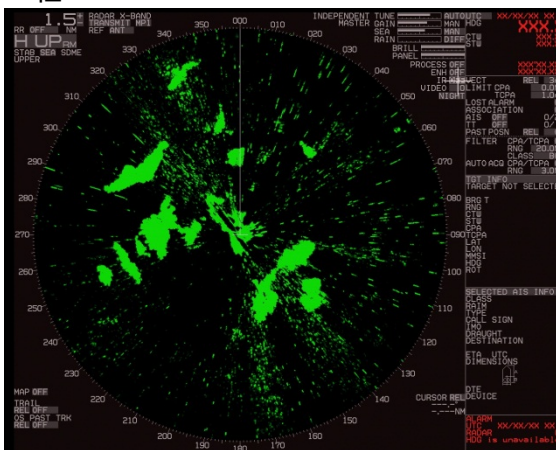


IR OFF

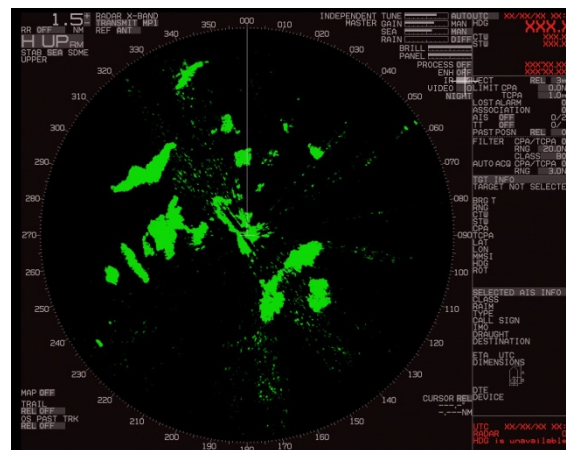


IR ON

C社 MAG - short

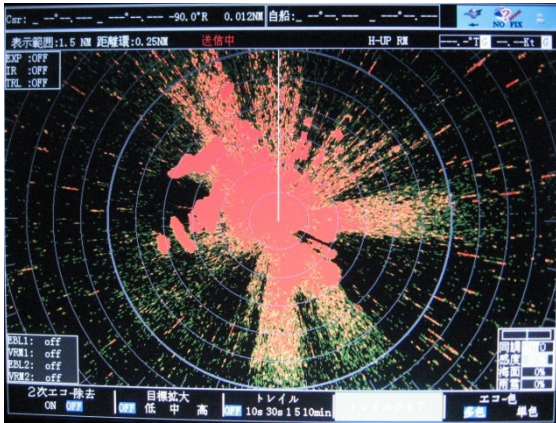


IR OFF

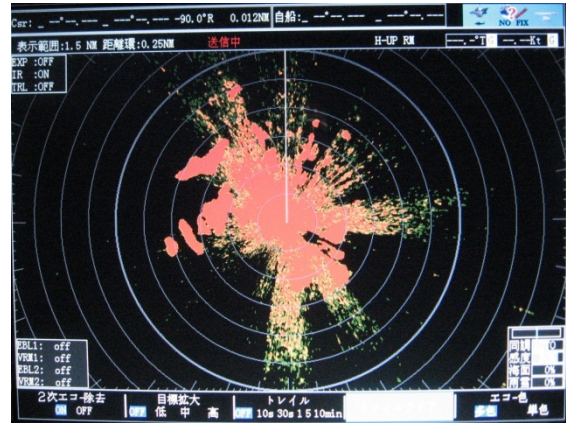


IR ON

E社 MAG - short

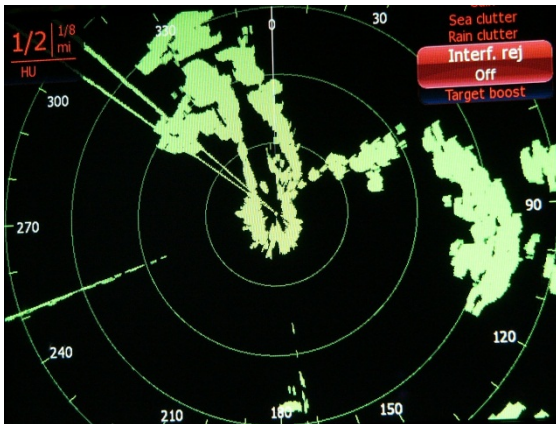


IR OFF

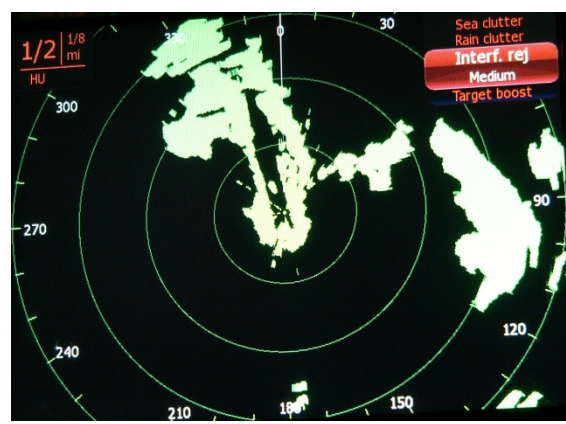


IR ON

F社 FMCW



IR OFF



IR ON

Recommendation ITU-R SM.1541-4
(09/2011)

**Unwanted emissions in the
out-of-band domain**

SM Series
Spectrum management

Foreword

The role of the Radiocommunication Sector is to ensure the rational, equitable, efficient and economical use of the radio-frequency spectrum by all radiocommunication services, including satellite services, and carry out studies without limit of frequency range on the basis of which Recommendations are adopted.

The regulatory and policy functions of the Radiocommunication Sector are performed by World and Regional Radiocommunication Conferences and Radiocommunication Assemblies supported by Study Groups.

Policy on Intellectual Property Right (IPR)

ITU-R policy on IPR is described in the Common Patent Policy for ITU-T/ITU-R/ISO/IEC referenced in Annex 1 of Resolution ITU-R 1. Forms to be used for the submission of patent statements and licensing declarations by patent holders are available from <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en> where the Guidelines for Implementation of the Common Patent Policy for ITU-T/ITU-R/ISO/IEC and the ITU-R patent information database can also be found.

Series of ITU-R Recommendations

(Also available online at <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

Series	Title
BO	Satellite delivery
BR	Recording for production, archival and play-out; film for television
BS	Broadcasting service (sound)
BT	Broadcasting service (television)
F	Fixed service
M	Mobile, radiodetermination, amateur and related satellite services
P	Radiowave propagation
RA	Radio astronomy
RS	Remote sensing systems
S	Fixed-satellite service
SA	Space applications and meteorology
SF	Frequency sharing and coordination between fixed-satellite and fixed service systems
SM	Spectrum management
SNG	Satellite news gathering
TF	Time signals and frequency standards emissions
V	Vocabulary and related subjects

Note: This ITU-R Recommendation was approved in English under the procedure detailed in Resolution ITU-R 1.

Electronic Publication
Geneva, 2011

© ITU 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, by any means whatsoever, without written permission of ITU.

RECOMMENDATION ITU-R SM.1541-4*

Unwanted emissions in the out-of-band domain**

(2001-2002-2006-01/2011-09/2011)

Scope

This Recommendation provides out-of-band (OoB) domain emission limits for transmitters in the frequency range of 9 kHz to 300 GHz.

The ITU Radiocommunication Assembly,

considering

- a) that Recommendation ITU-R SM.329 – Unwanted emissions in the spurious domain, relates to the effects, measurements and limits to be applied to unwanted emissions in the spurious domain;
- b) that Recommendations ITU-R SM.329 and ITU-R SM.1539 provide guidance for determining the boundary between the out-of-band (OoB) and spurious domains in a transmitted radio frequency spectrum;
- c) that considerations of OoB domain and necessary bandwidths are included by necessity in Recommendation ITU-R SM.328 – Spectra and bandwidth of emissions;
- d) that unwanted emissions occur after a transmitter is brought into operation and can be reduced by system design;
- e) that OoB domain emission limits have been successfully used as national or regional regulations in areas having a high radiocommunications density; such limits are generally designed according to specific and detailed local needs for coexistence with other systems;
- f) that nevertheless there is a need, for each service, for a limited number of a more broadly generic ITU-R OoB domain emission limits, generally based on an envelope of the least restrictive OoB domain emission limits described in the above *considering* e);
- g) that where frequency assignments are provided to the Radiocommunication Bureau (BR) in accordance with Appendix 4 of the Radio Regulations (RR), the necessary bandwidth of an emission with a single carrier is given by the bandwidth portion of the emission designator;
- h) that the necessary bandwidth, referred to in RR Appendix 4 is for a single carrier transmission, and may not adequately cover the case of systems with multiple carriers,

recognizing

that the following terms are defined in the RR.

* This Recommendation should be brought to the attention of Radiocommunication Study Groups 4, 5, 6 and 7.

** Although OoB emissions are generally predominant in the OoB domain, spurious emissions may also occur in the OoB domain. It is important to note that the limits in this Recommendation apply to all the unwanted emissions in the OoB domain, both OoB emissions and spurious emissions.

Unwanted emissions

«1.146 unwanted emissions*: Consist of spurious emissions and out-of-band emissions.»

Spurious emission

«1.145 *spurious emission**: Emission on a frequency or frequencies which are outside the *necessary bandwidth* and the level of which may be reduced without affecting the corresponding transmission of information. Spurious emissions include harmonic *emissions*, parasitic *emissions*, intermodulation products and frequency conversion products, but exclude *out-of-band emissions*.»

Out-of-band emission

«1.144 *out-of-band emission**: Emission on a frequency or frequencies immediately outside the *necessary bandwidth* which results from the modulation process, but excluding *spurious emissions*.»

Occupied bandwidth

«1.153 *occupied bandwidth*: The width of a frequency band such that, below the lower and above the upper frequency limits, the *mean powers* emitted are each equal to a specified percentage $\beta/2$ of the total *mean power* of a given *emission*.

Unless otherwise specified in an ITU-R Recommendation for the appropriate *class of emission*, the value of $\beta/2$ should be taken as 0.5%.»

Necessary bandwidth

«1.152 *necessary bandwidth*: For a given *class of emission*, the width of the frequency band which is just sufficient to ensure the transmission of information at the rate and with the quality required under specified conditions.»

Assigned frequency band

«1.147 *assigned frequency band*: The frequency band within which the *emission* of a *station* is authorized; the width of the band equals the *necessary bandwidth* plus twice the absolute value of the *frequency tolerance*. Where *space stations* are concerned, the assigned frequency band includes twice the maximum Doppler shift that may occur in relation to any point of the Earth's surface.»

Assigned frequency

«1.148 *assigned frequency*: The centre of the frequency band assigned to a *station*.»

noting

- a) that Recommendation ITU-R SM.1540 additionally covers cases of unwanted emissions in the OoB domain falling into adjacent allocated bands;
- b) that the studies required by Question ITU-R 222/1, approved by Radiocommunication Assembly 2000, could have formal and substantial impact to basic definitions used in this Recommendation. It may be necessary to revise this Recommendation in the future to reflect the results of these studies,

recommends

1 Terminology and definitions

that the following additional terms and definitions should be used:

1.1 Spurious domain¹

(of an emission): the frequency range beyond the OoB domain in which spurious emissions generally predominate.

1.2 OoB domain¹

(of an emission): the frequency range, immediately outside the necessary bandwidth but excluding the spurious domain, in which OoB emissions generally predominate.

1.3 dBsd and dBasd

dBsd: decibels relative to the maximum value of power spectral density (psd) within the necessary bandwidth. The maximum value of psd of a random signal is found by determining the mean power in the reference bandwidth when that reference bandwidth is positioned in frequency such that the result is maximized. The reference bandwidth should be the same regardless of where it is centred and is as specified in § 1.6.

dBasd: decibels relative to the average value of psd within the necessary bandwidth. The average value of psd of a random signal is found by computing the mean power in the reference bandwidth and averaging that result over the necessary bandwidth. The reference bandwidth is as specified in § 1.6.

1.4 dBc

Decibels relative to the unmodulated carrier power of the emission. In the cases which do not have a carrier, for example in some digital modulation schemes where the carrier is not accessible for measurement, the reference level equivalent to dBc is dB relative to the mean power P .

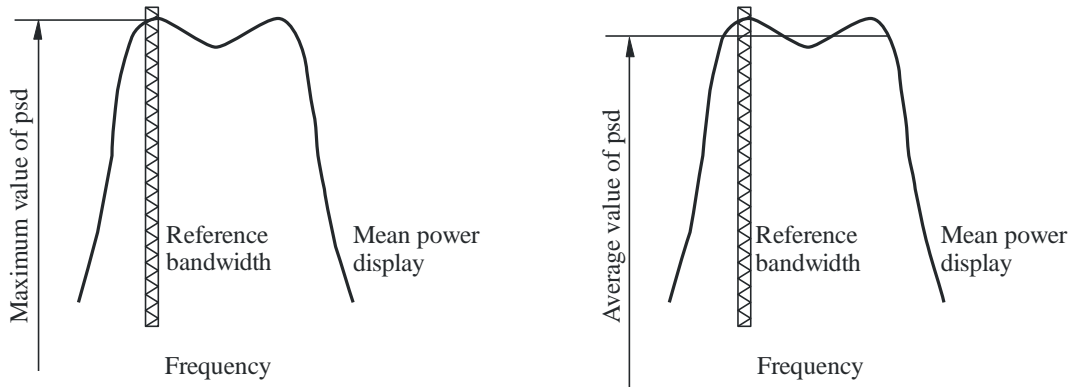
1.5 dBpp

Decibels relative to the maximum value of the peak power, measured with the reference bandwidth within the occupied bandwidth. The in-band peak power is expressed in the same reference bandwidth as the OoB peak power. Both the in-band and the unwanted emissions should be evaluated in terms of peak values. For radar systems, the reference bandwidth should be selected according to Recommendation ITU-R M.1177.

¹ The terms “OoB domain” and “spurious domain” have been introduced in order to remove some inconsistency now existing between, on one hand, the definition of the terms “out-of-band emission” and “spurious emission” in RR Article 1 and, on the other hand, the actual use of these terms in RR Appendix 3, as revised by World Radiocommunication Conference (Istanbul, 2000) (WRC-2000). OoB and spurious limits apply, respectively, to all unwanted emissions in the OoB and spurious domains.

FIGURE 1

0 dBsd reference (a) maximum value of psd
 0 dBsd reference (b) average value of psd



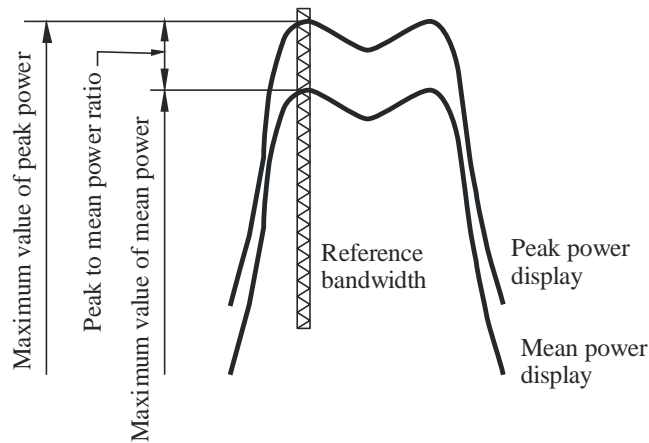
a) Maximum psd concept

b) Average psd concept

SM1.541-01

FIGURE 2

0 dBpp reference, maximum value of peak power



Peak power concept

SM.1541-02

1.6 Reference bandwidth

The bandwidth required for uniquely defining the OoB domain emission limits. If not explicitly given with the OoB domain emission limit, the reference bandwidth should be 1% of the necessary bandwidth. For radar systems the reference bandwidth should be selected in line with Recommendation ITU-R M.1177.

1.7 Measurement bandwidth

The bandwidth which is technically appropriate for the measurement of a specific system. In common spectrum analysers this is generally referred as the resolution bandwidth.

NOTE 1 – The measurement bandwidth may differ from the reference bandwidth, provided the results can be converted to the required reference bandwidth.

1.8 psd

For the purpose of this Recommendation, psd is the mean power per reference bandwidth.

1.9 Mean power

Power integrated over a specified frequency band using measurements of the psd or an equivalent method.

1.10 Adjacent channel mean power

Power integrated over the bandwidth of a channel adjacent to an occupied channel using measurements of the psd or an equivalent method.

1.11 Peak power

Power measured with the peak detector using a filter the width and shape of which is sufficient to accept the signal bandwidth.

1.12 Adjacent channel peak power

Peak power measured in the bandwidth of a channel adjacent to an occupied channel using a specified channel filter.

1.13 Total assigned band

Sum of contiguous assigned bands of a system consistent with the RR Appendix 4 data provided to the BR and as authorized by an administration.

NOTE 1 – For space services, when a system has multiple transponders/transmitters that operate in adjacent bands separated by a guardband, the total assigned band should include the guardbands. In such cases, the guardbands should be a small percentage of the transponder/transmitter bandwidth.

1.14 Total assigned bandwidth

The width of the total assigned band;

2 Application of definitions

that, when applying this Recommendation, guidance should be taken from the following:

2.1 OoB domain emissions

Any emission outside the necessary bandwidth which occurs in the frequency range separated from the assigned frequency of the emission by less than 250% of the necessary bandwidth of the emission will generally be considered an emission in the OoB domain. However, this frequency separation may be dependent on the type of modulation, the maximum symbol rate in the case of digital modulation, the type of transmitter, and frequency coordination factors. For example, in the case of some digital, broadband, or pulse modulated systems, the frequency separation may need to differ from the 250% factor.

Transmitter non-linearities may also spread in-band signal components into the frequency band of the OoB frequency ranges described in Annex 1, § 1.3. Further, transmitter oscillator sideband noise also may extend into that frequency range described in Annex 1, § 1.3. Since it may not be practical to isolate these emissions their level will tend to be included during OoB power measurements.

2.2 Spurious domain emissions

For the purpose of this Recommendation all emissions, including intermodulation products, conversion products and parasitic emissions, which fall at frequencies separated from the centre frequency of the emission by 250% or more of the necessary bandwidth of the emission will generally be considered as emissions in the spurious domain. However, this frequency separation may be dependent on the type of modulation, the maximum symbol rate in the case of digital modulation, the type of transmitter, and frequency coordination factors. For example, in the case of some digital, broadband, or pulse-modulated systems, the frequency separation may need to differ from the 250% factor.

For multichannel or multicarrier transmitters/transponders, where several carriers may be transmitted simultaneously from a final output amplifier or an active antenna, the centre frequency of the emission is taken to be the centre of either the assigned bandwidth of the station or of the -3 dB bandwidth of the transmitter/transponder, using the lesser of the two bandwidths.

2.3 Necessary bandwidth and OoB domain

In the case of narrow-band or wideband emissions (as defined in Recommendation ITU-R SM.1539), the extent of the OoB domain should be determined by using Table 1.

TABLE 1
Start and end of OoB domain

Type of emission	If necessary bandwidth B_N is:	Offset (\pm) from the centre of the necessary bandwidth for the start of the OoB domain	Frequency separation between the centre frequency and the spurious boundary
Narrow-band	$< B_L$ (see Note 1)	$0.5 B_N$	$2.5 B_L$
Normal	B_L to B_U	$0.5 B_N$	$2.5 B_N$
Wideband	$> B_U$	$0.5 B_N$	$B_U + (1.5 B_N)$

NOTE 1 – When $B_N < B_L$, no attenuation of unwanted emissions is recommended at frequency separations between $0.5 B_N$ to $0.5 B_L$.

NOTE 2 – B_L and B_U are given in Recommendation ITU-R SM.1539.

2.3.1 Single carrier emissions

The value of necessary bandwidth that should be used for checking whether a single carrier emission complies with limits in the OoB domain should coincide with the value in the emission designator provided to the BR in accordance with RR Appendix 4.

Some systems specify the OoB mask in terms of channel bandwidth or channel separation. These may be used as a substitute for necessary bandwidth provided they are found in ITU-R Recommendations or in relevant regional and national regulations.

2.3.2 Multicarrier emissions

Multicarrier transmitters/transponders are those where multiple carriers may be transmitted simultaneously from a final amplifier or an active antenna.

For systems with multiple carriers, the OoB domain should start at the edges of the total assigned bandwidth. For satellite systems, the necessary bandwidth used in the OoB masks provided in Annex 5 of this Recommendation and to determine the width of the OoB domain should be taken to

be the lesser of 3 dB transponder bandwidth or the total assigned bandwidth (Annex 2 provides two examples showing how to calculate the start and end of the OoB domain for multicarrier systems with single and multiple transponders per satellite).

For space services, the above definition of necessary bandwidth applies when all or some of the carriers are being transmitted simultaneously.

2.4 Considerations on dBsd, dBc, and dBpp

2.4.1 Positive and negative signs for dBsd, dBc, and dBpp

Since dBsd is defined as relative to some reference power spectral density, the OoB dBsd value is expressed using a negative number (for the usual case where the OoB psd is lower than the reference psd). However, if a term such as “dBsd below” or “Attenuation (dBsd)” is used, then the OoB domain emission value is expressed using a positive number.

Since dBc is defined as relative to some reference power, the OoB dBc value is expressed using a negative number. However, if a term such as “dBc below” or “Attenuation (dBc)” is used, then the OoB domain emission value is expressed using a positive number.

Since dBpp is defined as relative to some reference peak power, the OoB dBpp value is expressed using a negative number. However, if a term such as “dBpp below” or “Attenuation (dBpp)” is used, then the OoB domain emission value is expressed using a positive number.

Annex 3 provides the way to label X and Y axes on dBc and dBsd masks.

2.4.2 Comparisons of dBsd and dBc

Since dBsd and dBc do not have the same 0 dB reference, the same numeric dB value may cause dBsd emission limits that are more stringent than dBc emission limits. The chosen reference bandwidth will affect the amount of this difference. Thus, the type of mask, reference bandwidth, and mask values need to be established together.

2.4.3 Practical application of dBsd, dBc, and dBpp limits

dBsd may be more practical for the following applications:

- digital modulation;
- modulation formats in which measurement of the carrier is impractical.

dBc may be more practical for the following applications:

- analogue modulation;
- specific digital modulation systems;
- subsidiary limits for discrete emissions contained in the OoB domain when spectral density is specified in dBsd values.

dBpp may be more practical for the following applications:

- specific pulsed modulation systems, e.g. radar, and certain specific analogue transmission systems;

3 Methods to determine conformance to OoB domain emission limits

that the adjacent channel and alternate adjacent channel power method or the OoB spectrum mask method described in Annex 1 should be used to determine conformance to OoB domain emission requirements;

4 OoB domain emission limits for transmitters in the range of 9 kHz to 300 GHz²

that the spectrum limits specified in this Recommendation should be regarded as generic limits, which generally constitute the least restrictive OoB emission limits successfully used as national or regional regulations. These are sometimes called safety net limits. They are intended for use in bands where tighter limits are not otherwise required to protect specific applications (e.g. in areas having a high radiocommunications density).

On this basis, the OoB domain emissions, to be applied to transmitters in the range of 9 kHz to 300 GHz, should be limited as given in Table 2.

The applicability of Recommendations ITU-R SM.1541 and ITU-R SM.1540 is described in Annex 14.

The development of more specific OoB domain emission limits for each system and in each frequency band should be encouraged by administrations. These limits would take into account the actual application, modulation, filtering capabilities of the system and would take care about co-frequency or adjacent bands operating systems, with a view to enhancing compatibility with other radio services.

Examples of ITU-R Recommendations providing such more specific OoB emission limits for some systems in some frequency bands are listed in Annex 4.

TABLE 2
OoB domain emission spectrum limiting curves

Service category in accordance with RR Article 1, or equipment type	Emission mask
Space services (earth and space stations)	See Annex 5
Broadcast television	See Annex 6
Sound broadcasting	See Annex 7
Radar	See Annex 8
Amateur services	See Annex 9
Land mobile service	See Annex 10
Maritime and aeronautical mobile services	See Annex 11
Fixed service	See Annex 12

Compliance with emission limits contained in this Recommendation may not preclude the occurrence of interference. Therefore, compliance with the standard does not obviate the need for cooperation in resolving and implementing engineering solutions to harmful interference problem;

5 Adaptation of OoB masks provided in Annexes 5 to 12 in the cases of narrow-band and wideband systems

- a) that in cases where the necessary bandwidth B_N is less than B_L as defined in Recommendation ITU-R SM.1539, the OoB mask should be scaled. This can be done by replacing B_N by B_L ;

² OoB domain emission limits apply to unwanted emissions (both OoB and spurious emissions) in the OoB domain.

- b) in cases where the necessary bandwidth B_N is greater than B_U as defined in Recommendation ITU-R SM.1539, the value of B_N will remain unchanged in the application of the OoB mask but the mask should be truncated. Accordingly, the OoB mask will only be applicable from 50% of B_N to $(150 + 100 B_U/B_N)\%$ of B_N ;

6 Measurement methods

that the methods for measurement of OoB described in detail in Annex 13 should be used.

Annex 8

OoB domain emission limits for primary radar systems

1 Introduction

The RR define “primary radar” as “A *radiodetermination* system based on the comparison of reference signals with radio signals reflected from the position to be determined”.

Terrestrial primary radars operate in the radionavigation service (air surveillance radars and navigation radars on aircraft and ships), the meteorological aids service (weather radars), and the radiolocation service (most other terrestrial radars). Space-based radars include active remote sensing satellites operating in the SRS (active) and EESS (active), and other radars in the SRS.

The following limits are not applicable inside exclusive radiodetermination and/or EESS (active) and SRS (active) bands, but do apply at the band edges. The topic of primary radar emission limits within these exclusive service bands will be the subject of further studies.

Several categories of primary radars are not included in the OoB emission limits defined in this Annex. These include pulsed radars with rated peak power of 1 kW or less, non-pulsed radars with rated average power of 40 W or less, radars operating above 40 GHz, man-portable radars, and expendable radars on missiles. These categories of radars will also be the subject of further studies to establish the appropriate limits.

Throughout this Annex, in all formulas, bandwidth ($B_N, B_c, B_s, B_d, B_{-40}, B_{rise}, B_{fall}, B_{rise\&fall}, B_R$) is expressed in Hertz, while pulse duration and rise/fall time are expressed in seconds, unless otherwise noted.

2 Necessary bandwidth

Knowledge of the necessary bandwidth of a radar transmitter is required both for specifying the OoB domain emission limits and for specifying the boundary beyond which spurious limits apply.

Recommendation ITU-R SM.1138, to which the RR makes reference, provides formulas to be used to calculate the necessary bandwidth when required by the RR. However, the only formula applicable to radar gives results that can vary by a factor of ten based on a constant chosen by the user. Recommendation ITU-R SM.853, considering that the formulas in Recommendation ITU-R SM.1138 are incomplete, recommends numerous supplemental formulas.

2.1 Un-modulated radar pulses

Recommendation ITU-R SM.853 provides guidance for determining the necessary bandwidth (20 dB below the peak envelope value) for rectangular and trapezoidal pulses. For these systems, the necessary bandwidth B_N is the smaller of:

$$B_N = \frac{1.79}{\sqrt{t \cdot t_r}} \text{ or } \frac{6.36}{t} \quad (35)$$

where t is the pulse duration (at half amplitude) and t_r is the rise time, both in seconds³.

2.2 Other modulations

Necessary bandwidth formulas for frequency modulated pulse radars, frequency hopping radars, and CW radars, both un-modulated and frequency modulated are presented below. For frequency modulated pulse radars, the necessary bandwidth (20 dB bandwidth) formula exceeds the symmetrical trapezoidal pulse case (equation (35)) by twice the frequency deviation B_c ⁴:

$$B_N = \frac{1.79}{\sqrt{t \cdot t_r}} + 2B_c \quad (36)$$

The formula for frequency hopping radars has an additional term B_s , the maximum range over which the carrier frequency will be shifted:

$$B_N = \frac{1.79}{\sqrt{t \cdot t_r}} + 2B_c + B_s \quad (37)$$

Although Recommendation ITU-R SM.1138 gives no formula under the heading of “continuous wave emission” (here meaning a carrier without modulation) a realistic value of necessary bandwidth for un-modulated continuous wave (CW) radars depends on the frequency tolerance and noise. For frequency modulated CW radars, the necessary bandwidth is twice B_d , the maximum frequency deviation:

$$B_N = 2B_d \quad (38)$$

2.3 Typical values of necessary bandwidth

Table 23 shows typical necessary bandwidths, followed by the ranges of the necessary bandwidth values, for four types of radars.

TABLE 23

Type of radar	Typical B_N (MHz)	Range of B_N
Fixed radiolocation radar	6	20 kHz to 1.3 GHz
Mobile radiolocation radar	5.75	250 kHz to 400 MHz
Airport surveillance radar	6	2.8 MHz to 15 MHz
Weather radar	1	250 kHz to 3.5 MHz

³ The pulse duration is the time, (s) between the 50% amplitude (voltage) points. For coded pulses, the pulse duration is the interval between 50% amplitude points of one chip (sub-pulse). The rise time is the time taken (s) for the leading edge of the pulse to increase from 10% to 90% of the maximum amplitude on the leading edge. For coded pulses, it is the rise time of a sub-pulse; if the sub-pulse rise time is not discernable assume that it is 40% of the time to switch from one phase or sub-pulse to the next. When the fall time of the radar is less than the rise time, it should be used in place of the rise time in these equations. Using the smaller of the two expressions in equation (35) avoids excessively large calculated necessary bandwidth when the rise time is very short.

⁴ This value is the total frequency shift during the pulse duration.

3 OoB domain emission limits for primary radars

A major difficulty in establishing general OoB domain emission limits for primary radars is the diversity of systems and transmitted waveforms. OoB domain emission limits for primary radars are based on the 40 dB bandwidth (B_{-40}) of the spectrum of the transmitted waveform.

3.1 Formulas for the B_{-40} dB bandwidth

Since the ratio of the B_{-40} dB and necessary bandwidths is not in general a constant, a formula for the B_{-40} dB bandwidth is needed to relate the mask to necessary bandwidth. The following formulas for the B_{-40} dB bandwidth of primary radar transmitters have been established.

For non-FM pulse radars, including spread spectrum or coded pulse radars, the bandwidth is the lesser of:

$$B_{-40} = \frac{K}{\sqrt{t \cdot t_r}} \text{ or } \frac{64}{t} \quad (39)$$

where the coefficient K is 6.2 for radars with output power greater than 100 kW and 7.6 for lower-power radars and radars operating in the radionavigation service in the 2 900-3 100 MHz and 9 200-9 500 MHz bands⁵. The latter expression applies if the rise time t_r is less than about $0.0094t$ when K is 6.2, or about $0.014t$ when K is 7.6.

For FM-pulse radars, the B_{-40} dB bandwidth is:

$$B_{-40} = 1.5 \left\{ B_C + \sqrt{\pi} \cdot [\ln(B_C \cdot \tau)]^{0.53} \cdot [\text{Min}(B_{rise}, B_{fall}, B_{rise\&fall}) + \text{Max}(B_{rise}, B_{fall}, B_{rise\&fall})] \right\} \quad (40)$$

where:

$$B_{rise} = \frac{1}{\sqrt{\tau \cdot t_r}} \quad \text{to account for the rise time} \quad (41)$$

⁵ These coefficients, $K = 6.2$ or 7.6 and 64 , are related to theoretical values that would prevail in the case of constant frequency trapezoidal and rectangular pulses, respectively. Also, in the case of the trapezoidal pulses, the coefficient K has been increased somewhat to allow for implementing output device characteristics. For ideal rectangular pulses, the spectrum falls off at 20 dB per decade leading to a 20 dB bandwidth of $6.4/t$ and a B_{-40} dB bandwidth ten times as large, i.e. $64/t$. To discourage the use of pulses with abrupt rise and fall times, no margin is allowed. The spectra of trapezoidal pulses fall off firstly at 20 dB per decade and then ultimately at 40 dB per decade. If the ratio of rise time to pulse width exceeds 0.008 the 40 dB points will fall on the 40 dB per decade slope, in which case the B_{-40} would be:

$$\frac{5.7}{\sqrt{t \cdot t_r}}$$

Allowance for unavoidable imperfections in implementation requires that the mask be based on values of at least:

$$\frac{6.2}{\sqrt{t \cdot t_r}} \text{ or } \frac{7.6}{\sqrt{t \cdot t_r}}$$

depending upon the category of radar.

$$B_{fall} = \frac{1}{\sqrt{\tau \cdot t_f}} \quad \text{to account for the fall time} \quad (42)$$

$$B_{rise\&fall} = \frac{1}{\sqrt[3]{\tau \cdot t_r \cdot t_f}} \quad \text{to account for both the rise and fall times combination} \quad (43)$$

τ : pulse length including rise and fall times

t_r : pulse rise time

t_f : pulse fall time

B_c : bandwidth of the frequency deviation (total frequency shift during the pulse generation)

B_s : the maximum range over which the carrier frequency will be shifted, B_s equals zero for non-frequency hopping cases.

Equation (40) is valid only when the following conditions are met:

1. the product $B_c \cdot \text{Minimum}(t_r, t_f)$ is greater than or equal to 0.10; and
2. that the product of $B_c \cdot \tau$ or compression ratio must be greater than 10.

In all other cases, the following equations should be used:

$$B_{-40} = \frac{K}{\sqrt{t \cdot t_r}} + 2 \left(B_c + \frac{A}{t_r} \right) \quad (44)$$

where A^6 is 0.105 when $K = 6.2$, and 0.065 when $K = 7.6$.

For FM-pulse radars with frequency hopping, the value of B_s needs to be added to the value of B_{-40} (equation (40) or equation (44)) for the frequency hopping radar B_{-40} dB bandwidth⁷.

For unmodulated CW radars, the B_{-40} dB bandwidth is:

$$B_{-40} = 0.0003F_c \quad (45)$$

where F_c is the carrier frequency.

For frequency modulated continuous wave (FMCW) radars, two different B_{-40} dB bandwidth formulas apply. These are a general formula and a frequency hopping formula.

The general B_{-40} dB bandwidth formula for FMCW radars is:

$$B_{-40} = 1.2B_R \left(1 + \frac{200}{\pi\sqrt{B_R T}} \right)^{1/2} \quad (46)$$

where B_R is the total frequency deviation and T is the chirp period. This formula is based on linear FMCW and can also be applied to amplitude modulated linear FMCW, flyback FMCW, and non-linear FMCW.

⁶ The term A/t_r adjusts the value of B_{-40} to account for the influence of the rise time, which is substantial when the time-bandwidth product $B_c t$, is small or moderate and the rise time is short.

⁷ This yields the total composite B_{-40} bandwidth of frequency hopping radar as if all channels included within B_s were operating simultaneously. For frequency hopping radars, the OoB emission mask falls off from the edge of the B_{-40} dB bandwidth as though the radar were a single frequency radar tuned to the edge of the frequency hopping range.

For FMCW radars with frequency hopping, the value of B_s needs to be added to the B_{-40} dB bandwidth formula, where B_s is the maximum range over which the carrier frequency will be shifted.

For radars with multiple pulse waveforms, the B_{-40} dB bandwidth should be calculated for each individual pulse type and the maximum B_{-40} dB bandwidth obtained shall be used to establish the shape of the emission mask.

4 OoB mask

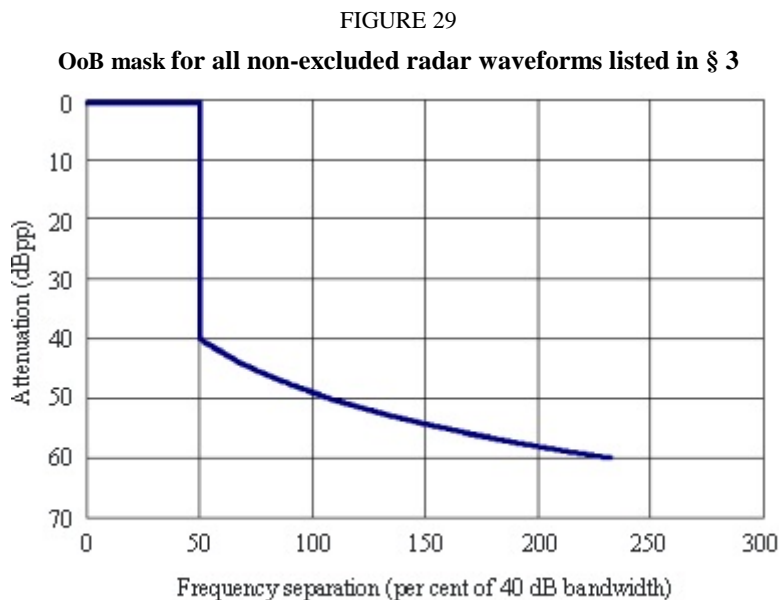
The figures below show the OoB mask for primary radars, categorized by waveform types and specified in terms of psd and expressed in units of dBpp. The masks roll off from the B_{-40} dB bandwidth to the spurious level specified in RR Appendix 3⁸.

The B_{-40} dB bandwidth can be offset from the frequency of maximum emission level, but the necessary bandwidth (RR No. 1.152) and preferably the overall occupied bandwidth (RR No. 1.153) should be contained completely within the allocated band.

For guidance, the calculated value of the B_{-40} dB bandwidth should be contained completely within the allocated band.

4.1 All waveforms listed in § 3

The roll-off for all waveforms listed in § 3, other than those listed in § 4.2, is 30 dB per decade, as shown in Fig. 29.



SM.1541-29

4.2 Excluded waveforms

CW, FMCW, and phase coded waveforms are excluded from the applicability of § 4.1. The rate of roll off for these is 20 dB per decade, as shown in Fig. 30.

⁸ RR Appendix 3 specifies a spurious attenuation of $43 + 10 \log(PEP)$, or 60 dB, whichever is less stringent. (PEP: peak envelope power.)

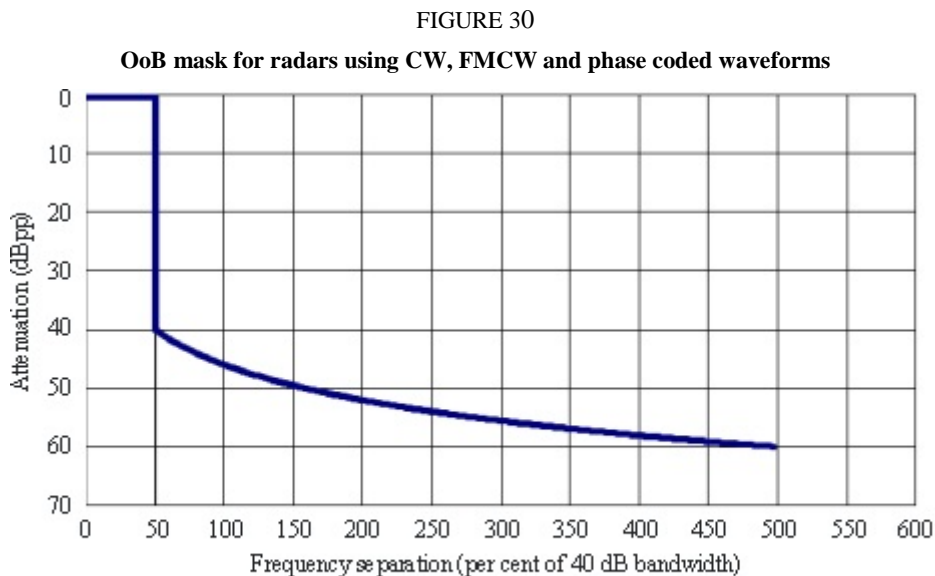
This exclusion should be reviewed in the study period before the 2016 Radiocommunication Assembly.

5 Boundary between the OoB and spurious domains

According to *recommends 2.2* and RR Appendix 3, the spurious domain generally begins at a frequency separation equal to 250% of the necessary bandwidth, with exceptions for certain kinds of systems, including those with digital or pulsed modulation. However, it is difficult to apply the general boundary concept of 250% of the necessary bandwidth to primary radar stations in the radiodetermination and other services, such as the meteorological aids service, SRS and EESS.

For primary radar stations, the boundary between the OoB and spurious domains is defined as at the frequency where the OoB domain emission limits defined herein are equal to the spurious limit defined in Table II of RR Appendix 3.

The boundary between the OoB and spurious domains in the case of primary radars in the radiodetermination service and other relevant services can be defined as separated from the assigned frequency by $2.5 \alpha B_N$, where α is a boundary correction factor depending on the total system configuration, in particular the modulation waveform and modulating technique, the radar output device, waveguide components and the antenna type and its frequency dependent characteristics. The value of α will also depend on the way the necessary bandwidth is evaluated.



SM.1541-30

The values of α corresponding to the mask in Fig. 30 can be determined by setting the 60 dB point equal to $2.5 \alpha B_N$. Assuming a 20 dB per decade roll-off:

$$5B_{-40} = 2.5\alpha B_N \rightarrow \alpha = 2 \frac{B_{-40}}{B_N} \quad (47)$$

Using the examples above, α would be about 2.0 for the linear FM pulse radar and about 8.5 for the non-FM pulse radar. This equation does not apply to the frequency hopping case.

Assuming that the necessary bandwidth is evaluated as the 20 dB bandwidth, technical information available so far has indicated that, for existing and planned primary radars, the value of α would range from 1 to 10, or more.

From the standpoint of effective use of spectrum, it can be questioned:

- whether the future primary radars will be able to meet an α value closer to 1 or not;
- whether α should be different depending on whether the boundary between the OoB and spurious domains will be inside, outside or close to a primary radar allocated band.

Further studies need to be conducted within the ITU-R to specify the definition of the necessary bandwidth to be used in the calculation of the boundary and to define the values of α for the different type of radars, missions and platforms.

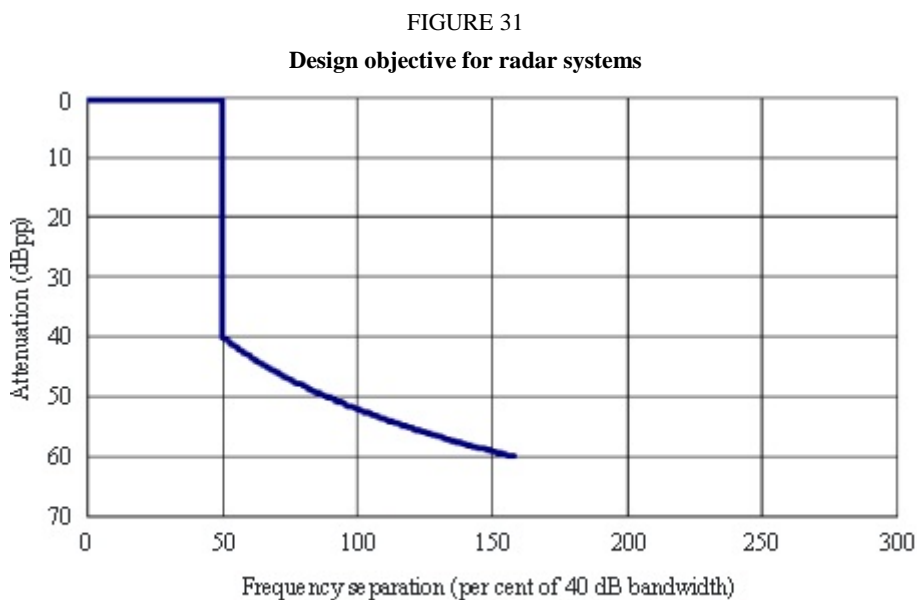
For non-FM pulsed radars, in a few exceptional cases where the system architecture permits the use of filters and unusual performance trade-offs can be tolerated, the value of α may approach 1. Also, for wideband frequency agile radars, the value of α may be close to 1.5.

6 Design objective

The preceding sections of this annex are based on the safety-net principle of OoB domain emission limits. It is recognized that it is desirable to reduce the levels of unwanted emissions to enhance compatibility with other services.

The mask in Fig. 31 is the objective for the design of radar systems. The mask rolls off at 40 dB per decade from the B_{-40} dB bandwidth to the spurious level specified in RR Appendix 3.

Radars should be designed to meet the requirement of the design objective mask. Where possible, radar design should avoid the use of technologies that are not capable of meeting the design objective.



SM.1541-31

Note 1 – The feasibility of this mask is to be investigated in future studies within ITU-R, taking account of the practical experience of its application to some types of radar systems and technical developments in radar technology. Inputs to ITU (study periods 2003-2007 and 2007-2011) have provided evidence that some types of radars can achieve the design objective. These include some klystron-based radars and some radars using strapped vane magnetrons below 100 kW as the output device.

Note 2 – OoB domain emission limits within bands allocated to the radiodetermination service on an exclusive basis are the subject of further study. This study may result in a different design objective mask inside these bands.

Note 3 – Some future systems may not be able to achieve the design objective taking account of such factors as:

- radar mission (safety of life, target size to be detected, etc.);
- type and size of the platform (e.g. fixed, mobile, ship-borne, airborne, etc.);
- available technologies and their state of evolution;
- affordability.

Note 4 – The intention is that these studies will lead to the revision of this Recommendation to either replace the OoB masks in the preceding sections with the design objective mask; or to include other appropriate arrangements depending on the type of radar waveform by the 2016 Radiocommunication Assembly.

7 Measurement techniques

The most recent version of Recommendation ITU-R M.1177 provides guidance regarding the methods of measuring OoB domain emissions from radar systems.

無線設備規則（昭和二十五年十一月三十日電波監理委員会規則第十八号）

（レーダー）

第四十八条 船舶に設置する無線航行のためのレーダーは、次の各号の条件に適合するものでなければならない。

- 一 その船舶の無線設備、羅針儀その他の設備であつて重要なものの機能に障害を与え、又は他の設備によつてその運用が妨げられるおそれのないように設置されるものであること。
 - 二 その船舶の航行の安全を図るために必要な音声その他の音響の聴取に妨げとならない程度に機械的雑音が少ないものであること。
 - 三 指示器の表示面に近接した位置において電源の開閉その他の操作ができるものであり、当該指示器の操作をするためのつまみ類は、容易に見分けがついて使用しやすいものであること。
 - 四 四分以内に完全に動作するものであり、かつ、一五秒以内に完全に動作することができる状態にあらかじめしておくことができること。
 - 五 電源電圧が定格電圧の（±）一〇パーセント以内において変動した場合においても安定に動作するものであること。
 - 六 通常起こり得る温度若しくは湿度の変化又は振動があつた場合において、支障なく動作するものであること。
 - 七 指示器は次の条件に合致するものであること。
 - イ 表示面における不要な表示であつて雨雪によるもの、海面によるもの及び他のレーダーによるものを減少させる装置を有すること。
 - ロ 船首方向を表示することができること（極座標による表示方式のものの場合に限る。）。
 - ハ 次の条件に合致するものであること。
 - イ 空中線が海面から一五メートルの高さにある場合において、次に掲げる目標を明確に表示することができること。
 - （1） 七海里の距離における総トン数五、〇〇〇トンの船舶
 - （2） 二海里の距離における有効反射面積一〇平方メートルの浮標
 - （3） 九二メートルの距離における有効反射面積一〇平方メートルの浮標
 - ロ 次の分解能を有すること。
 - （1） 方位角三度以内で等距離にある二の目標を区別して表示することができること。
 - （2） 同一の方位にあり、かつ、相互に六八メートル離れた二の目標を、最小の距離レンジにおいて区別して表示することができること。
 - ハ 次の精度を有すること。
 - （1） 〇・七五海里の距離における目標の方位を二度以内の誤差で測定することができること。
 - （2） その船舶と目標との間の距離を現に使用している距離レンジの値の六パーセント以内（その距離レンジが〇・七五海里未満のものにあつては、八二メートル以内）の誤差で測定することができること。
 - 九 その船舶が横に一〇度傾斜した場合においても、前号イの（1）から（3）までに掲げる目標が表示されるものであること。
- 2 船舶安全法第二条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダーであつて、無線航行のためのものは、前項各号（第四号、第七号ロ及び第八号を除く。）の条件のほか、次の各号の条件に適合するものでなければならない。
- 一 電源投入後、四分以内に完全に動作するものであり、かつ、一時停止の状態から五秒以内に完全に動作するものであること。
 - 二 指示器は、次の条件に合致するものであること。

- イ レーダーを適正に動作させるために必要な信号以外の信号を受信した場合にあつては、当該信号を抑制する機能を有するものであること。
- ロ 前項第七号イの装置には、手動及び自動で反射波による不要な表示を減少させる機能を有するものであること。
- 三 偽像をできる限り表示しないものであること。
- 四 空中線は、方位角三六〇度にわたつて連続して自動的に毎分二〇回以上回転し、かつ、空中線に対する風速が毎秒五一・五メートルの状態においても支障なく動作すること。
- 五 探知性能は、次の条件に合致するものであること。
 - イ 一〇回の走査のうち少なくとも八回の走査で物標（指示器の表示画面上に表示される海上の物体をいう。以下この項において同じ。）を表示することができ、かつ、物標の探知誤り率が一万分の一以下の状態であつて、空中線が海面から一五メートルの高さにある場合において、次に掲げるものを明確に表示することができること。
 - (1) 二〇海里の距離における海面からの高さ六〇メートルの岸壁
 - (2) 八海里の距離における海面からの高さ六メートルの岸壁
 - (3) 六海里の距離における海面からの高さ三メートルの岸壁
 - (4) 一一海里の距離における海面からの高さ一〇メートルの総トン数五、〇〇〇トンを超える船舶
 - (5) 八海里の距離における海面からの高さ五メートルの総トン数五〇〇トンを超える船舶
 - ロ 三GHz帯の周波数の電波を使用するレーダーにあつては、イの(1)から(5)までに掲げるもののほか次に掲げる物標を明確に表示することができること。
 - (1) 三・七海里の距離における海面からの高さ四メートルの船舶であつて、レーダー反射器を備え付けたもの
 - (2) 三・六海里の距離における海面からの高さ三・五メートルの航路用ブイであつて、レーダー反射器を備え付けたもの
 - (3) 三海里の距離における海面からの高さ三・五メートルの航路用ブイ
 - (4) 三海里の距離における海面からの高さ二メートルの船舶であつて、レーダー反射器を備え付けていない長さ一〇メートルのもの
- ハ 九GHz帯の周波数の電波を使用するレーダーにあつては、次の条件に合致すること。
 - (1) イの(1)から(5)までに掲げるもののほか、次に掲げる物標を明確に表示することができること。
 - (イ) 五海里の距離における海面からの高さ四メートルの船舶であつて、レーダー反射器を備え付けたもの
 - (ロ) 四・九海里の距離における海面からの高さ三・五メートルの航路用ブイであつて、レーダー反射器を備え付けたもの
 - (ハ) 四・六海里の距離における海面からの高さ三・五メートルの航路用ブイ
 - (ニ) 三・四海里の距離における海面からの高さ二メートルの船舶であつて、レーダー反射器を備え付けていない長さ一〇メートルのもの
 - (2) 九GHz帯の周波数の電波を使用するレーダーにあつては、九GHz帯の周波数の電波を使用するレーダービーコン及び搜索救助用レーダートランスポンダからの信号を探知できること。
- 六 分解能は、次の条件に合致するものであること。
 - イ 一・五海里以下の距離レンジであつて、選定した距離レンジの二分の一以上の値の位置において測定位置から等距離にあり、かつ、方位角二・五度以内にある二の物標を区別して表示できること。
 - ロ 一・五海里以下の距離レンジであつて、選定した距離レンジの二分の一以上の値の位置において同一の方向にあり、かつ、相互に四〇メートル離れた二の物標を区別して表示できること。
- 七 電波を発射しない範囲を任意に設定できる機能を有するものであること。

- 八 自船上に測定の基準となる位置を設定できる機能を有するものであること。
 - 九 レーダーの性能が低下したことを確認することができる機能を有するものであること。
 - 十 目標となる物標が存在していない場合でも、動作していることを確認することができる機能を有するものであること。
 - 十一 目標となる物標を手動又は自動（総トン数一〇、〇〇〇トン以上の船舶にあつては、手動及び自動）で捕捉することができ、かつ、捕捉した物標を自動的に追尾することができる機能を有するものであること。
 - 十二 次に掲げる装置を船舶に備える場合は、連動して方位、位置、船舶識別等の情報を得ることができるものであること。
 - イ ジャイロコンパス（真方位を基準とした船首方位を表示する機器）又は船首方位伝達装置（衛星無線航法装置から得られる船首の方位を検出する装置）
 - ロ 船速距離計（船の速力又は距離を測る装置）
 - ハ 衛星無線航法装置
 - ニ 船舶自動識別装置
 - 十三 総トン数一〇、〇〇〇トン以上の船舶に備えるレーダーは、自船の航行を予測するための機能を有するものであること。
 - 十四 総トン数三、〇〇〇トン以上の船舶に設置する複数のレーダーのうち二台のレーダーは、独立し、かつ、同時に使用することができること。
 - 十五 前各号に掲げる条件のほか、総務大臣が別に告示する技術的条件に適合するものであること。
- 3 船舶に設置する無線航行のためのレーダーのうち、第一項又は前項の規定を適用することが困難又は不合理であるため総務大臣が別に告示するものは、当該各項の規定にかかわらず、別に告示する技術的条件に適合するものでなければならない。

情報通信審議会 情報通信技術分科会
航空・海上無線通信委員会 中間報告(素案)

「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」