

9GHz帯航空機搭載合成開口レーダー と精測進入レーダーとの共用検討

平成29年11月1日

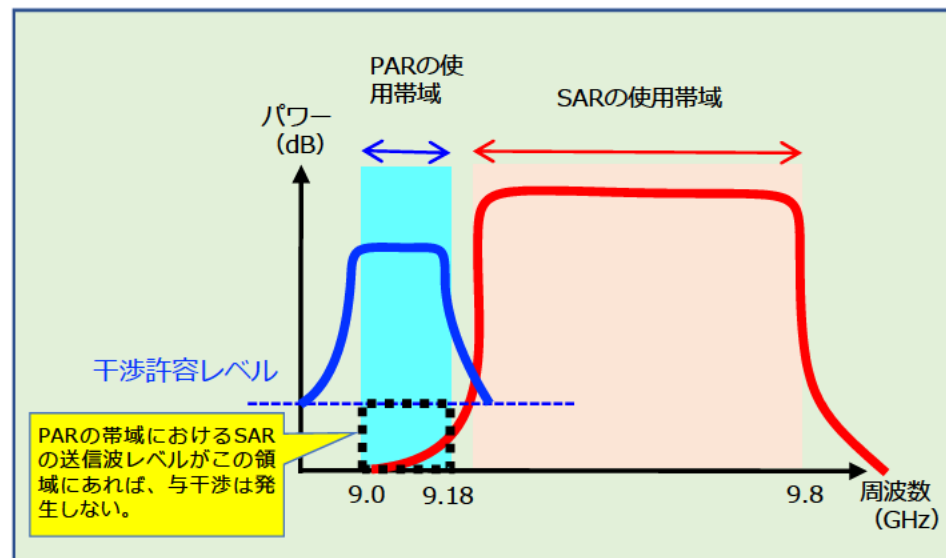
情報通信研究機構

背景と目的

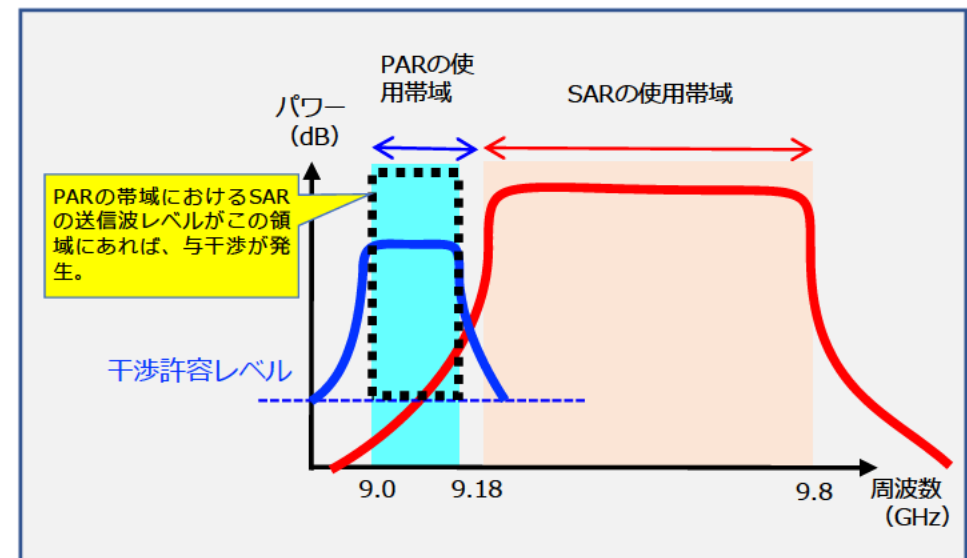
- 情報通信審議会 情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会において、9GHz帯航空機搭載合成開口レーダ（SAR、使用帯域：9.2GHz～9.8GHz）の技術基準策定に向けた審議が平成26年度より実施されている。
- 本委員会では、SARで使用する帯域内にある無線設備へのSARからの干渉の影響及び共用条件を明らかにし、SARの技術基準を策定することを目的としている。
- また、委員会では、SARで使用する帯域に隣接する帯域にある無線設備へのSARからの干渉の影響についても調査し、SARの技術基準に反映させることを目的としている。
- 9GHz帯航空機搭載合成開口レーダと精測進入レーダ（PAR）との共用検討は、この目的を達成するために実施している。

PARへの与干渉について 1

- SARは、PARで使用している帯域（9.0GHz～9.18GHz）に隣接する周波数帯（9.2GHz～9.8GHz）を使用するため、送信波の帯域外領域での送信レベルによってはPARに与干渉を与える可能性（下図参照）がある。
- このため、SARのPARへ影響について、机上検討した。なお、現在運用されているSARの帯域外領域とスプリアス領域での送信出力は、総務省告示第千二百三十二号で規定される値に従って運用されている。



PARに対する与干渉は、SARの帯域外領域（PARの帯域）での送信波の出力レベルがPARの干渉許容レベル以下の場合には発生しない。

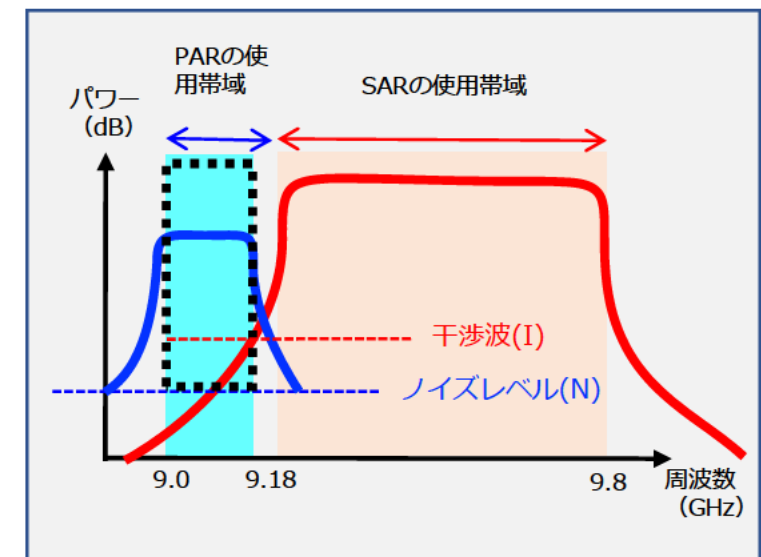


PARに対する与干渉は、SARの帯域外領域（PARの帯域）での送信波の出力レベルがPARの干渉許容レベル以上の場合に発生する。

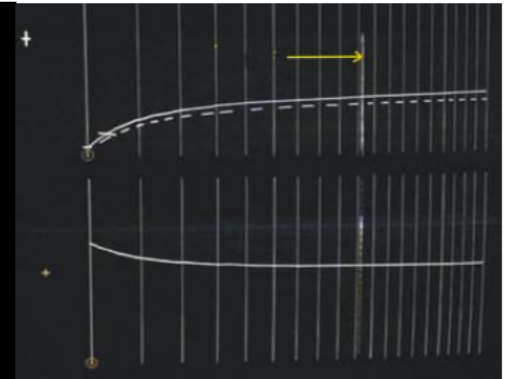
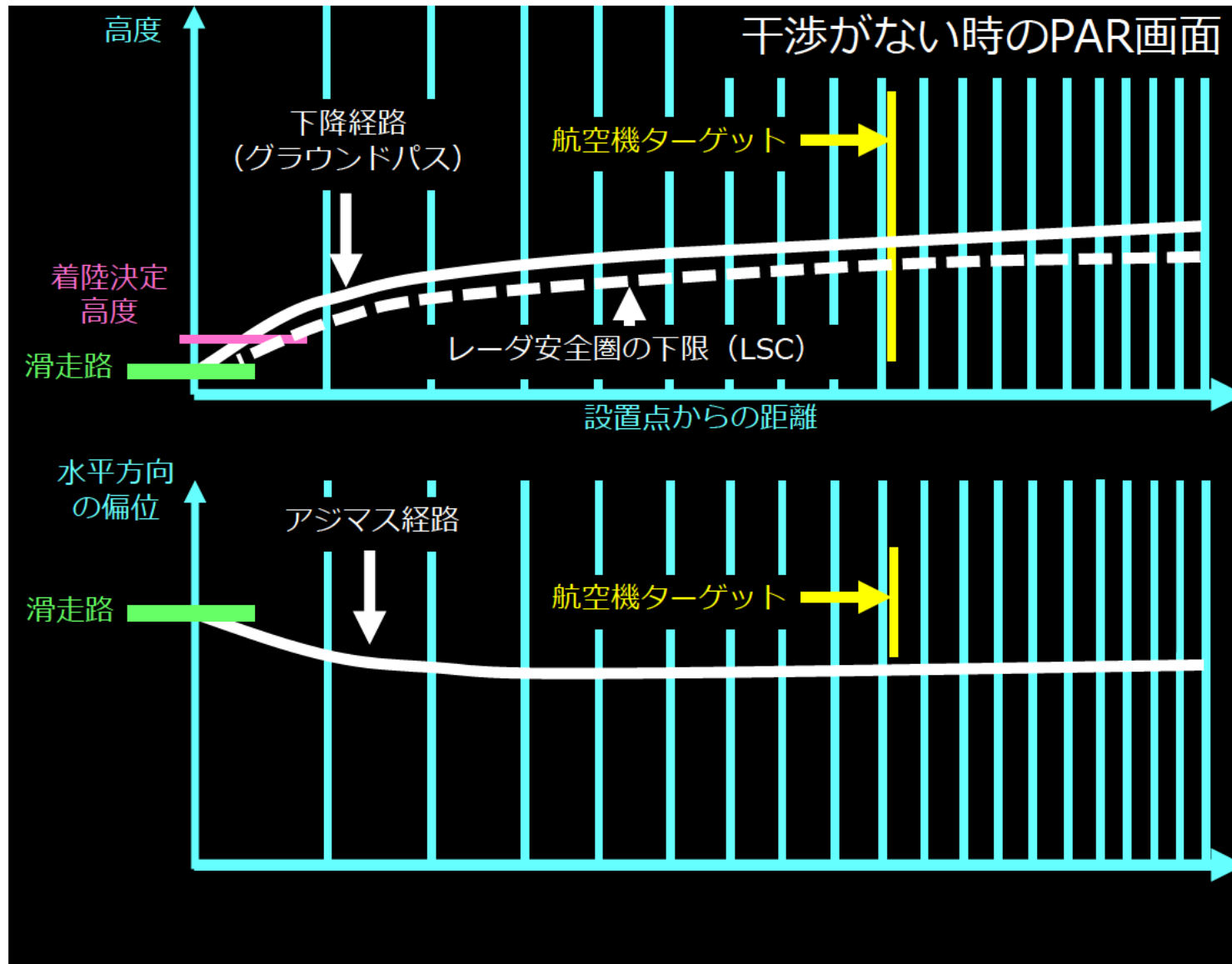
PARへの与干渉について2

- ITU-R M.2081 (2006年) では、衛星搭載SAR (Xバンド帯) と電波航法・電波測位の共用検討結果 (PARとの共用検討結果も含む) が示されている。
- 本報告書によれば、干渉波 (SARの送信波) とPARのノイズレベルの比 (I/N比) が30dB以下であれば、干渉波のPARへの影響がない。
- また、本報告書では、I/N比の大きさによってPARへの影響評価を下記のようにしている。

- ① I/N比 < 30dB : 干渉なし
- ② 30dB < I/N比 < 50dB : 弱い干渉
- ③ I/N比 > 50dB : 強い干渉

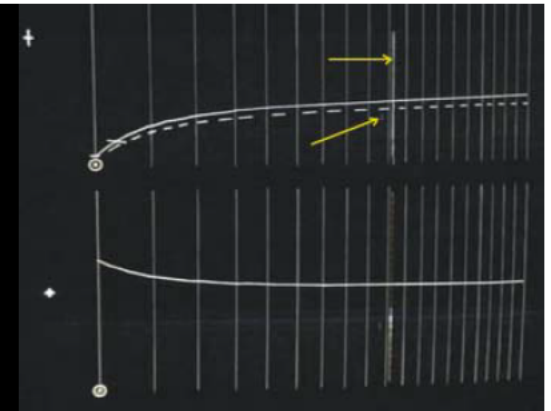
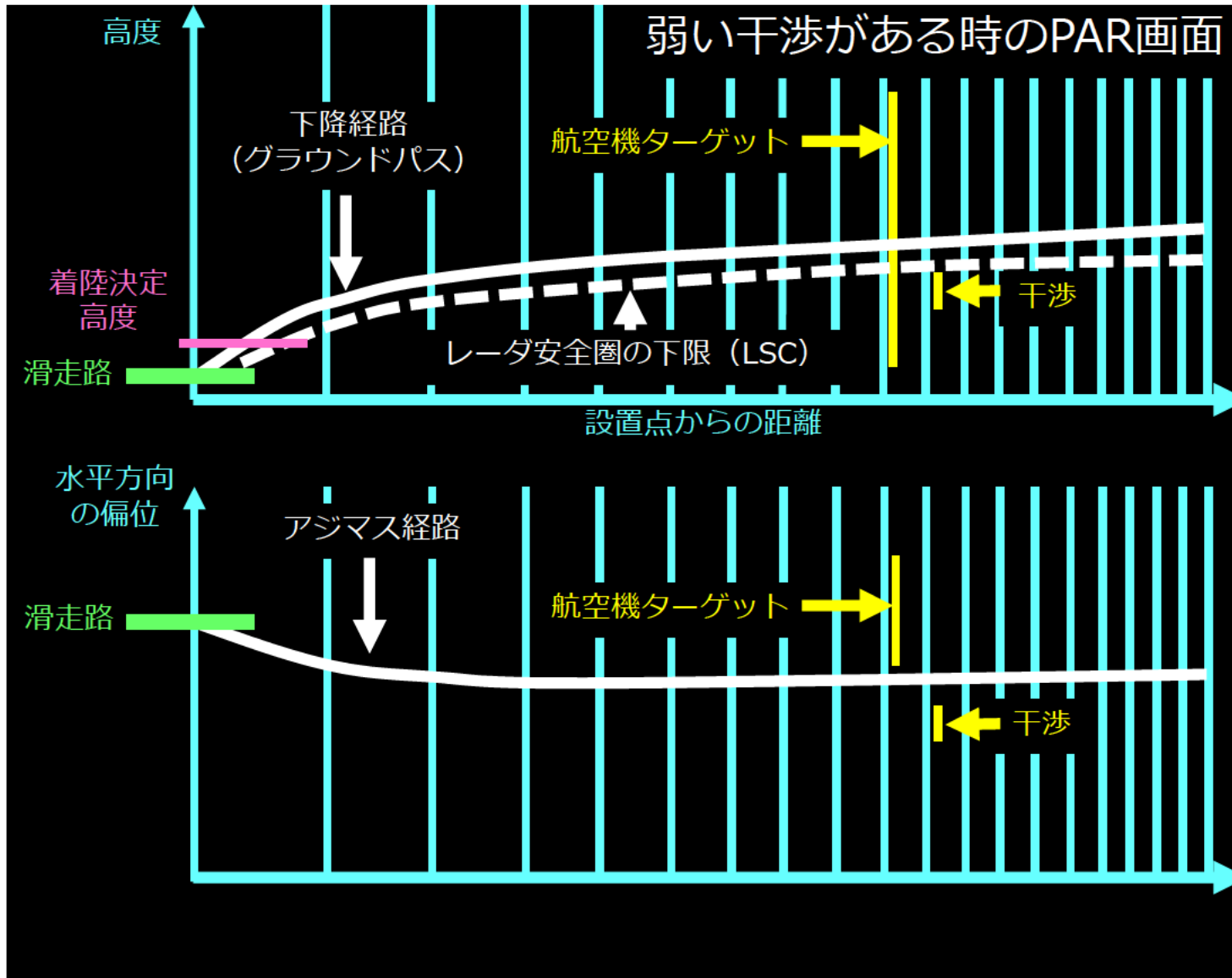


干渉がない時のPARの画面 (I/N比<30dB)



ITU-R M.2081 (2006年) の図面

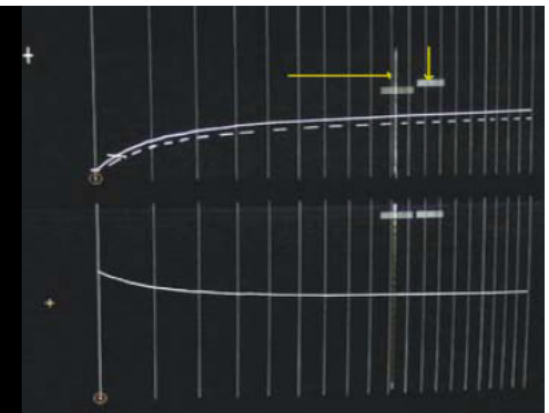
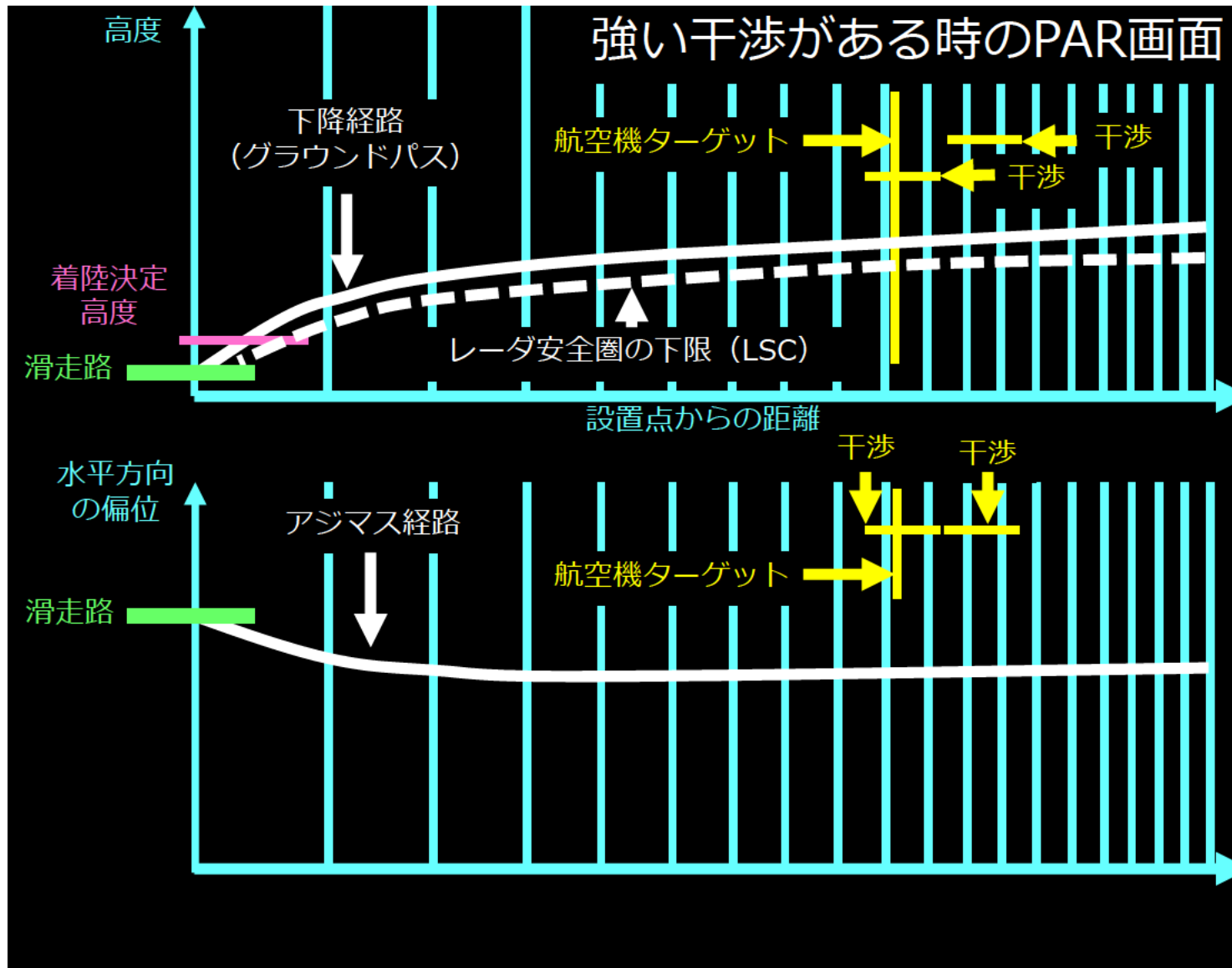
弱い干渉時のPARの画面 (30dB < I/N比 < 50dB)



ITU-R M.2081 (2006年) の図面

- 干渉波によって、ターゲットとは別の位置に反射物が映像化されている。
- 干渉は、航空機SARがPARの正面を通過する数秒～十数秒の間、間欠的に発生する可能性がある。
- 干渉波は、ターゲットと異なるパターンで出現するため、ターゲットと干渉波の識別は可能。

強い干渉時のPARの画面 (I/N比>50dB)

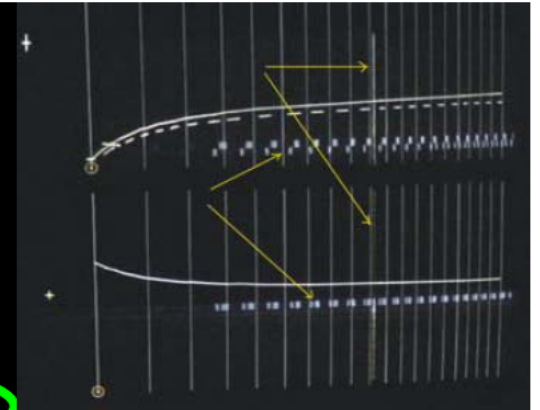
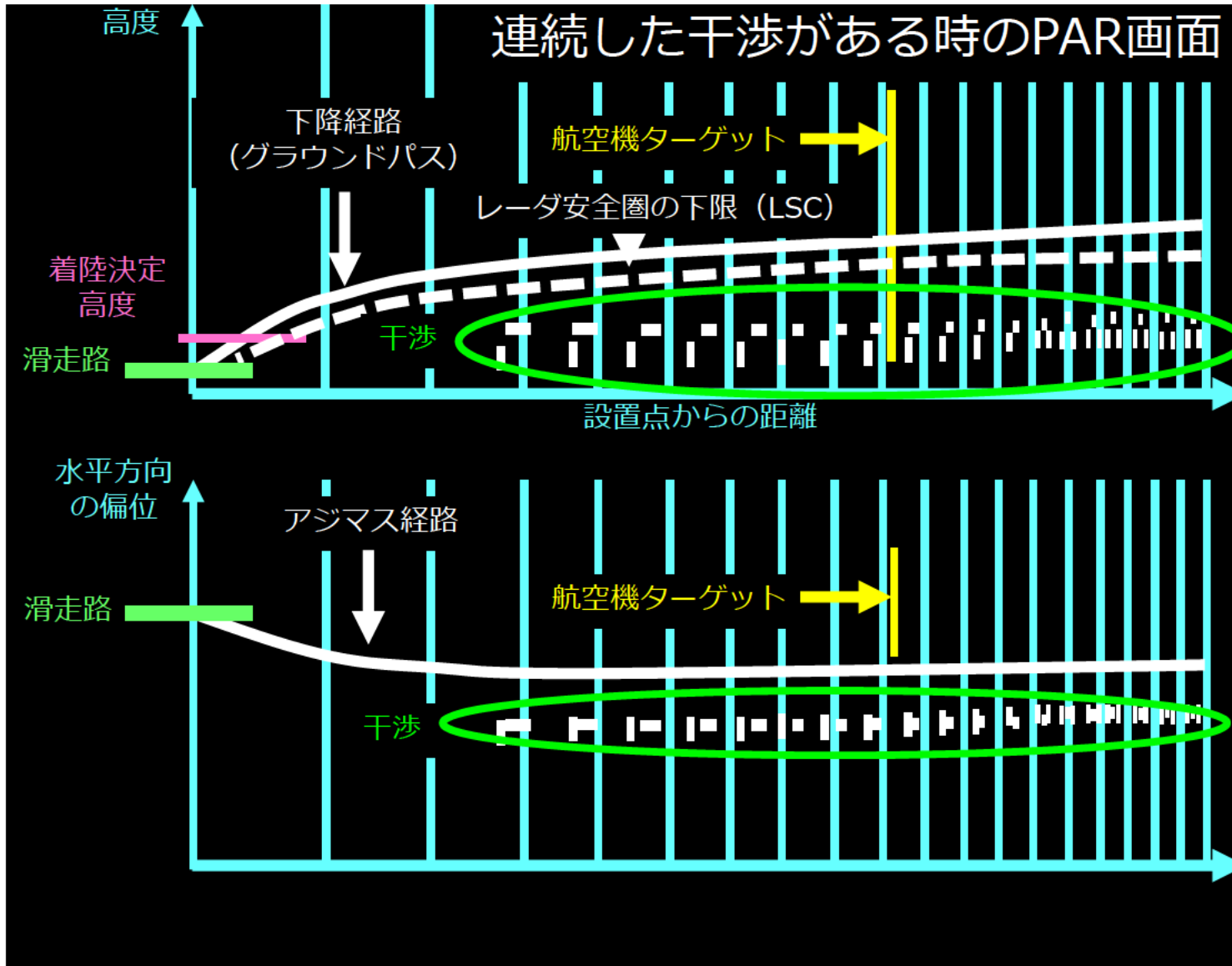


ITU-R M.2081 (2006年) の図面

- 干渉波によって、ターゲットとは別の位置に反射物が映像化されている。
- 干渉は、航空機SARがPARの正面を通過する数秒～十数秒の間、間欠的に発生する可能性がある。
- 強い干渉が発生する場合、映像化される干渉は設置点からの距離方向に広がりを持っている。

■ 干渉波は、ターゲットと異なるパターンで出現するため、ターゲットと干渉波の識別は可能。

距離方向に連続的な干渉が発生する時のPARの画面 ⁷



ITU-R M.2081 (2006年) の図面

- 干渉波によって、ターゲットとは別の位置に反射物が映像化されている。
 - 干渉は、航空機SARがPARの正面を通過する数秒～十数秒の間、間欠的に発生する可能性がある。
 - 映像化される干渉が、設置点からの距離方向に複数出現する場合がある。
- 干渉波は、ターゲットと異なるパターンで出現するため、ターゲットと干渉波の識別は可能。

干渉検討について

- 国内で運用されているPARは、9.0~9.18GHzの帯域を使用しており、9.18GHzにおけるSARの干渉波レベルがI/N比<30dBの条件を満たしていれば、干渉は発生しない。
- 机上検討では、国内で運用されている航空機搭載SAR（下表）に対して最悪条件下での干渉検討を実施した。

所有機関	A	B	C	D
方式	パルス方式	パルス方式	FMCW方式	FMCW方式
中心周波数	9.55GHz (9.3~9.8GHz)	9.45GHz (9.2~9.7GHz)	9.4GHz (9.25~9.55GHz)	9.6GHz (9.45~9.75GHz)
周波数帯域幅	500MHz	500MHz	300MHz	300MHz
送信電力	8kW（尖頭電力）	1kW（尖頭電力）	10W	10W
EIRP	63.5dBW	47.1dBW	30.0dBW	30.0dBW
偏波	HH,VV,HV,VH	HH,VV,HV,VH	HH	HH,VV,HV,VH
オフナディア角	10~65°	45~75°	55~75°	55~80°
飛行速度	200m/s	120m/s	72m/s	100m/s
飛行高度 (運用高度)	13,000m以下 (8,382m)	8,000m以下 (3,048m)	5,000m以下 (3,048m)	8,000m以下 (3,048m)
9.18GHz における減衰量	-55dB	-28dB	-42dB	-42dB

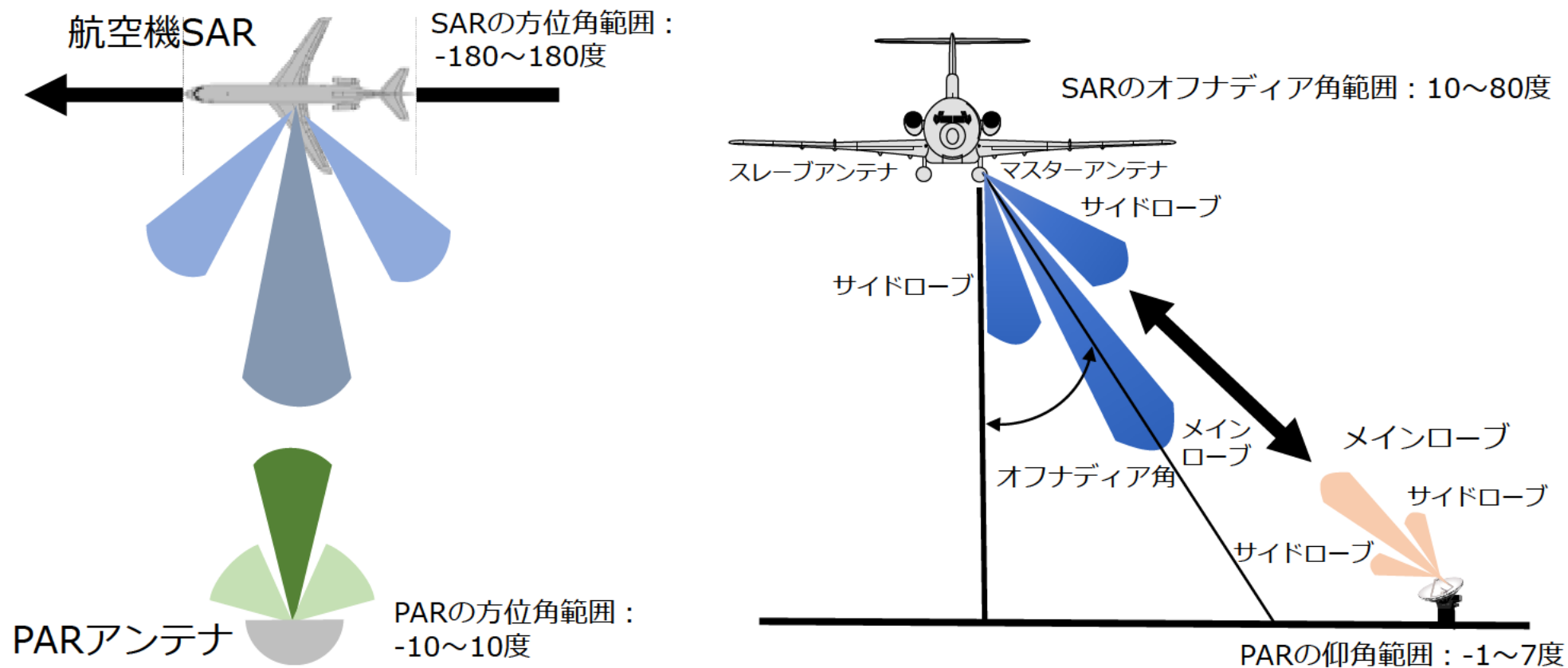
PARの諸元

- 干渉検討で使用したPARの諸元は、下表のとおり。
- なお、下表の諸元はRep. ITU-R M.2081で実施されたPARと衛星搭載SARとの共用検討で使用された機器の諸元。

項目	仕様	備考
周波数	9.0~9.18GHz	電子航法研究所資料より
アンテナゲイン	42 dBi	ITU-R M.2081より
受信帯域幅	2 MHz	ITU-R M.2081より
NF	3.25 dB	ITU-R M.2081より
仰角範囲	-1~7度	ITU-R M.2081より
方位範囲	-10~10度	ITU-R M.2081より
AZビーム幅	1.3度	ITU-R M.2081より
EIビーム幅	0.75度	ITU-R M.2081より
偏波	円偏波	ITU-R M.2081より
ノイズレベル	-107.57 dBm	

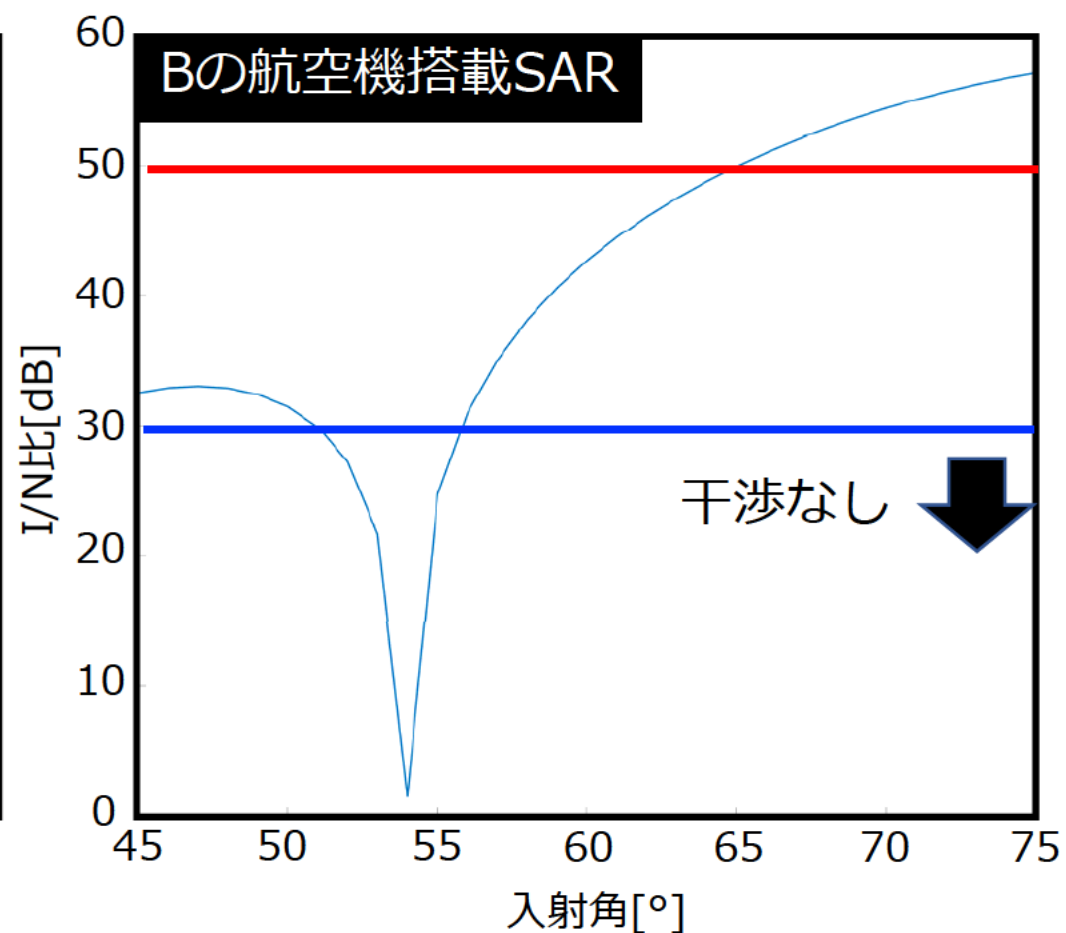
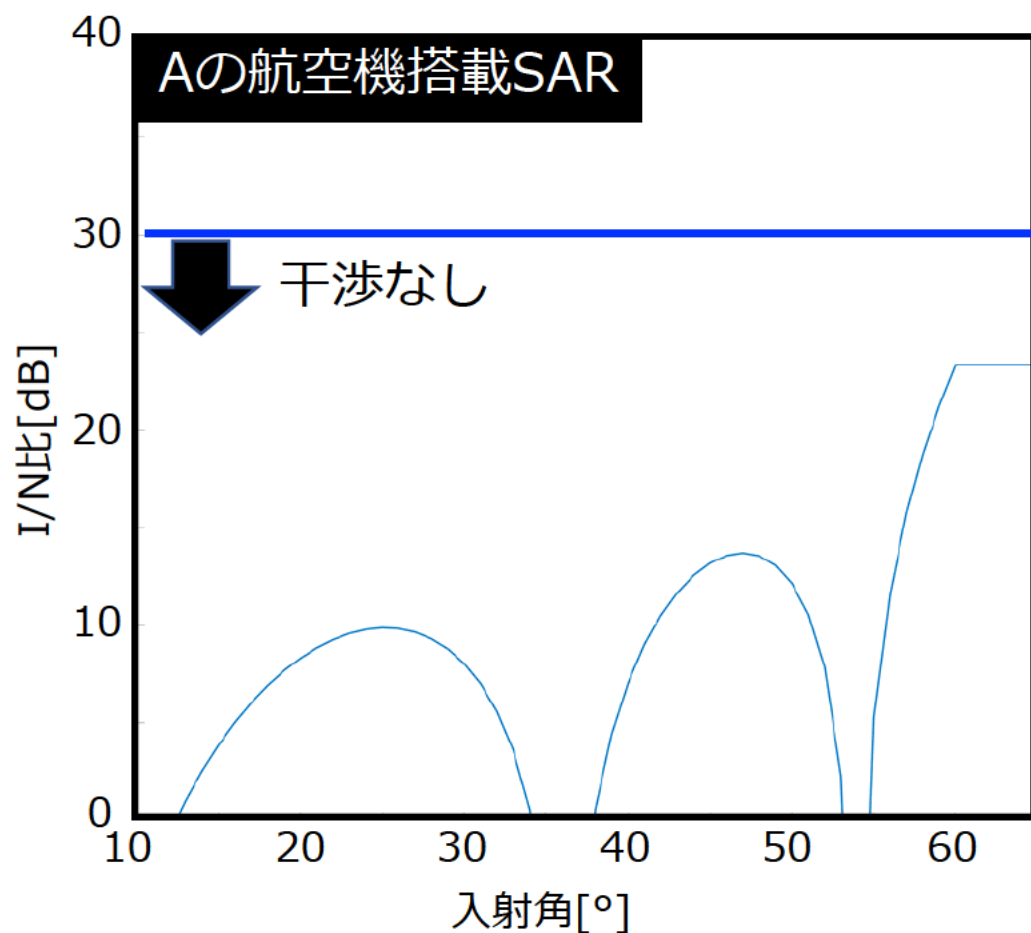
干渉検討の条件

- 干渉検討では、方位方向と仰角方向の最悪条件下で検討した。
- 方位方向の最悪条件は、航空機SARがPARの真横にあるときである（PARとSARのメインビームが正対）。
- 仰角方向では、PARとSARのメインビームのピークは正対しない。仰角方向の最悪条件は、SARのオフナディア角が最大でのサイドローブがPARのメインビームで受信されるときである。



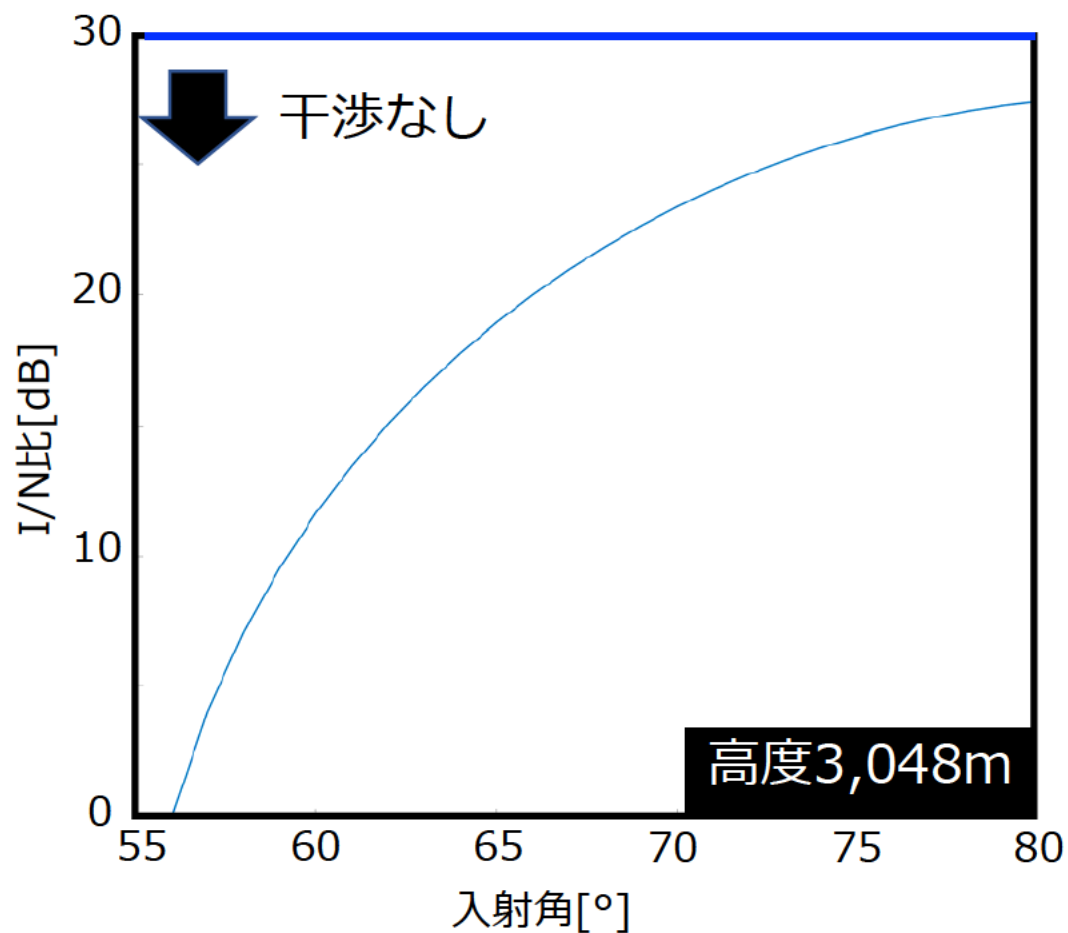
干渉検討結果 (パルス方式)

- Aの航空機搭載SARでは、干渉は発生しない。
- Bの航空機搭載SARでは、入射角 $45^{\circ}\sim 52^{\circ}$ 、 $56^{\circ}\sim 64^{\circ}$ で弱い干渉が発生し、入射角 $64^{\circ}\sim 75^{\circ}$ で強い干渉が発生する可能性がある。



干渉検討結果 (FMCW方式)

- CとDの航空機搭載SARでは、干渉は発生しない。



結論

- レーダ画面で表示されるSARの干渉波の強度パターンは、航空機からの反射強度パターンと異なるため、識別することは可能。
- また、干渉が発生した場合の時間は、数秒から数十秒程度であり運用への影響は限定的。
- ただし、航空機の状態把握に一時的に影響を与えるリスクがあるため、干渉が発生しないようにSARの運用を調整するか、管制を行う機関に対して事前にSARを運用する事実を周知することで、共用は可能と考えられる。