

# RCSの低減に寄与する メタマテリアル

TRDI

Technical Research & Development Institute  
Ministry of Defense

電子装備研究所 センサ技術研究部

電子戦基盤研究室

防衛技官 櫻井宗晃

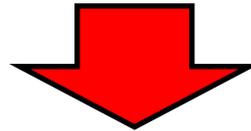
- 1 . 研究の背景
- 2 . 研究の成果
- 3 . 今後の方向性
- 4 . まとめ

## 将来の戦闘機

- 第5世代機に対抗できるステルス性の確保が必要。

ステルス  
技術

形状ステルス：エッジアラインメント、ウェポン  
内装化、インテークダクト等  
ステルス材料：電波吸収体、メタマテリアル等



メタマテリアル技術を活用した電波反射制御材の研究  
(我が国の最先端技術を適用したステルス材料)



敵を凌駕するステルス

# 敵レーダから見えなくするために

電氣的に同様な効果が得られないか・・・

電波を元に戻さない形状  
反射レーダ波

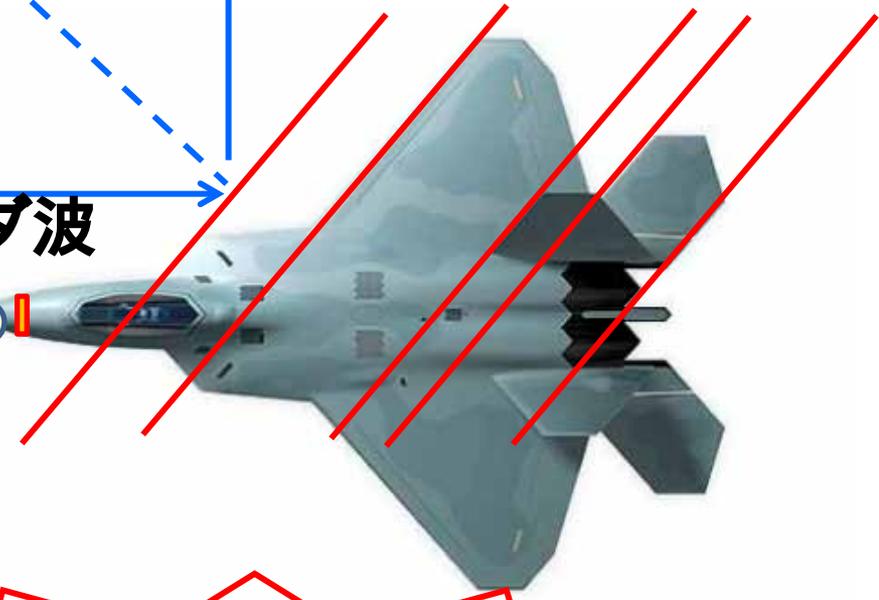


反射レーダ波

入射レーダ波

反射レーダ波

入射  
レーダ波



物理的にエッジを傾けることで、入射レーダ波を到来方向へ反射させない工夫

電氣的な  
反射面

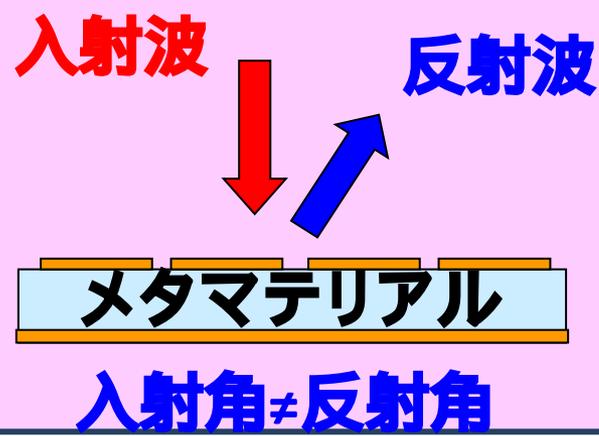
物理的な  
反射面

**メタマテリアル**は、自然界には存在しない人工媒質である。

- ρ 金属、誘電体等の小片からなる単位素子
- ρ 波長に比べ十分小さい間隔で並べて構成
- ρ 元の物質・材料とは異なる電氣的・磁氣的性質な特性
  - n 反射位相制御
  - n 周波数選択
  - n 負の屈折率等

**反射位相制御：**  
エッジのアラインを電氣的に実現する手法

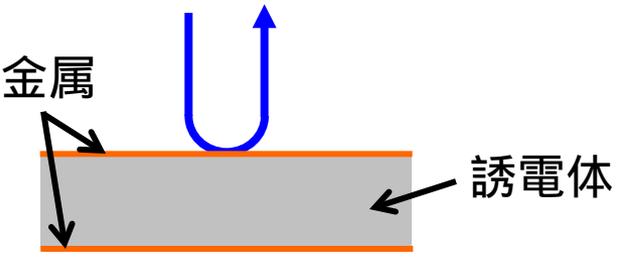
## 反射の法則に従わない反射



新たなステルス材料として、仮作した電波反射制御材の**反射特性を測定**し、その有効性を検証した。

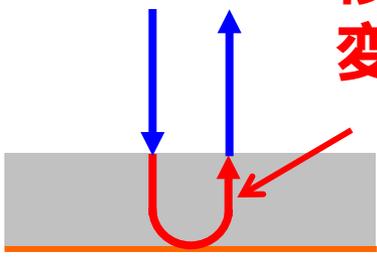
(1) 仮作基板#1の測定結果

(2) 仮作基板#2の測定結果

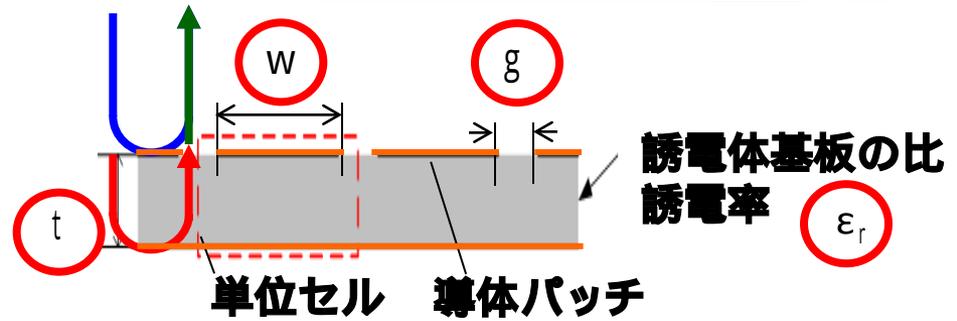


金属板の場合  
(反射位相:  $180^\circ$ )

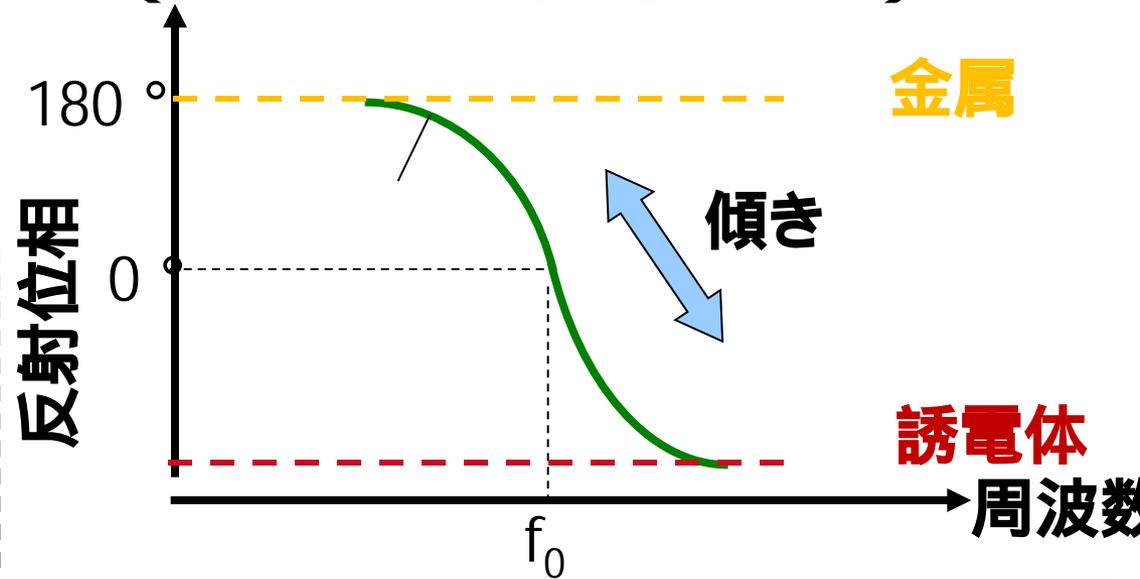
誘電体内往復分の位相変化が生じる



誘電体基板の場合

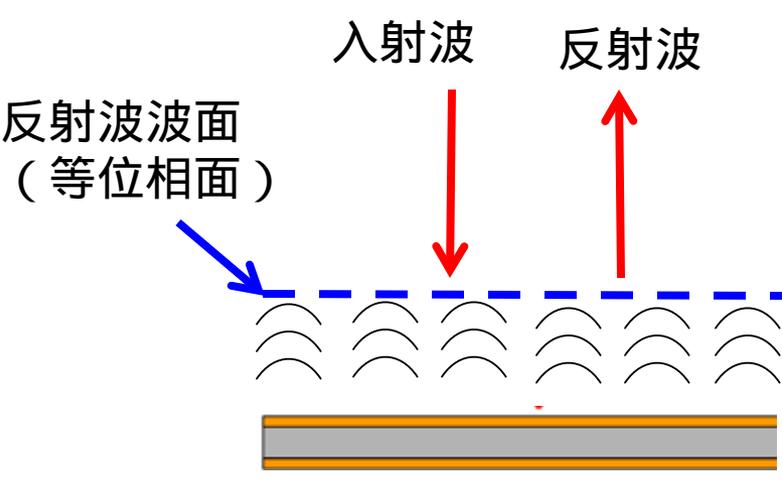
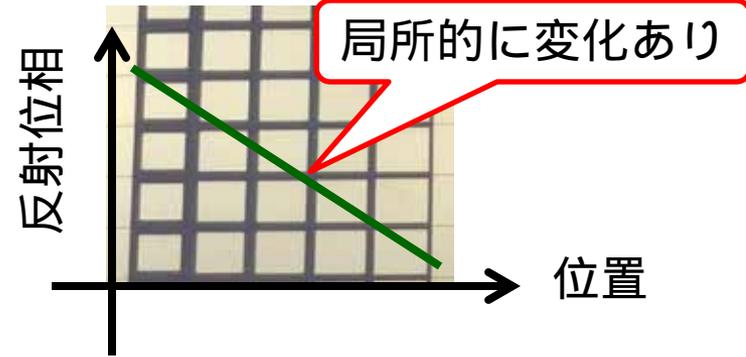


メタマテリアルの場合  
(との中間状態に相当)

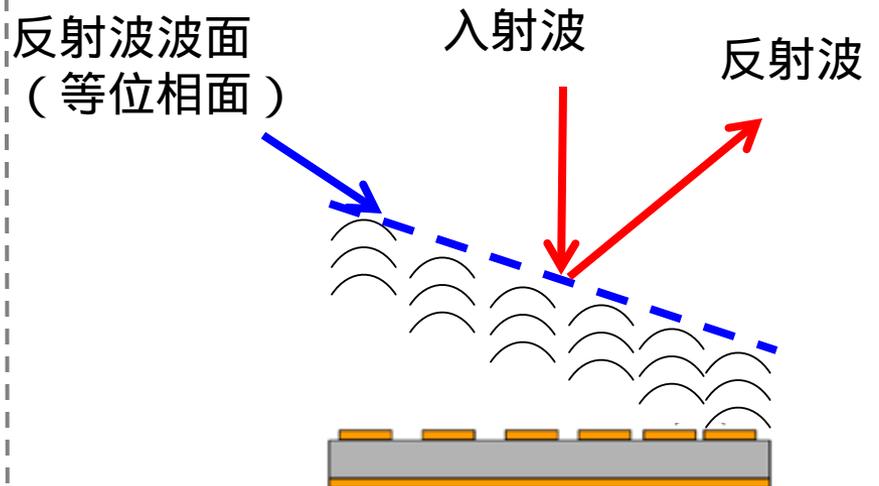


$f_0$ : 導体パッチの幅( $w$ )、間隔( $g$ )で決まる  
傾き: 比誘電率( $\epsilon_r$ )、厚さ( $t$ )で決まる

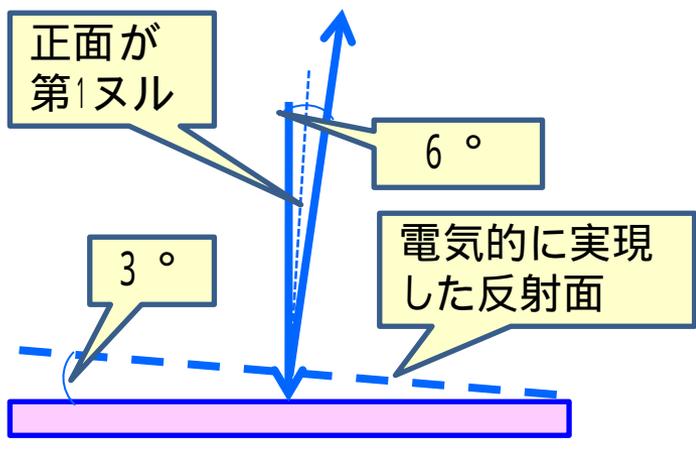
**導体パッチ幅を変化** → **反射位相を制御** → **電気的な反射波面を傾斜** → **反射波の方向を変える**

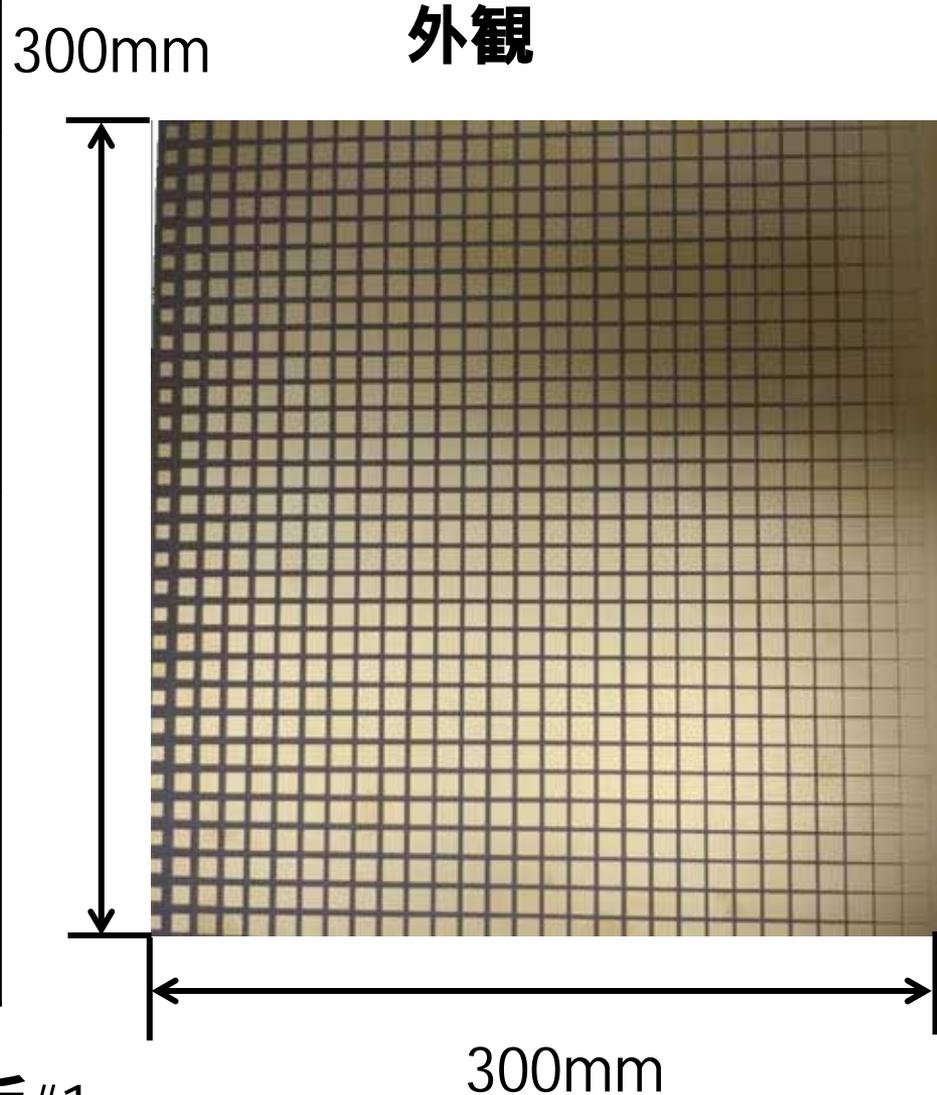


**金属板の場合**

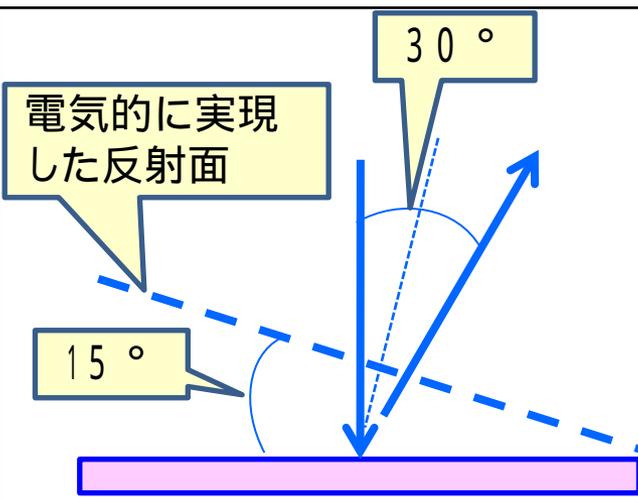


**電波反射制御基板の場合**

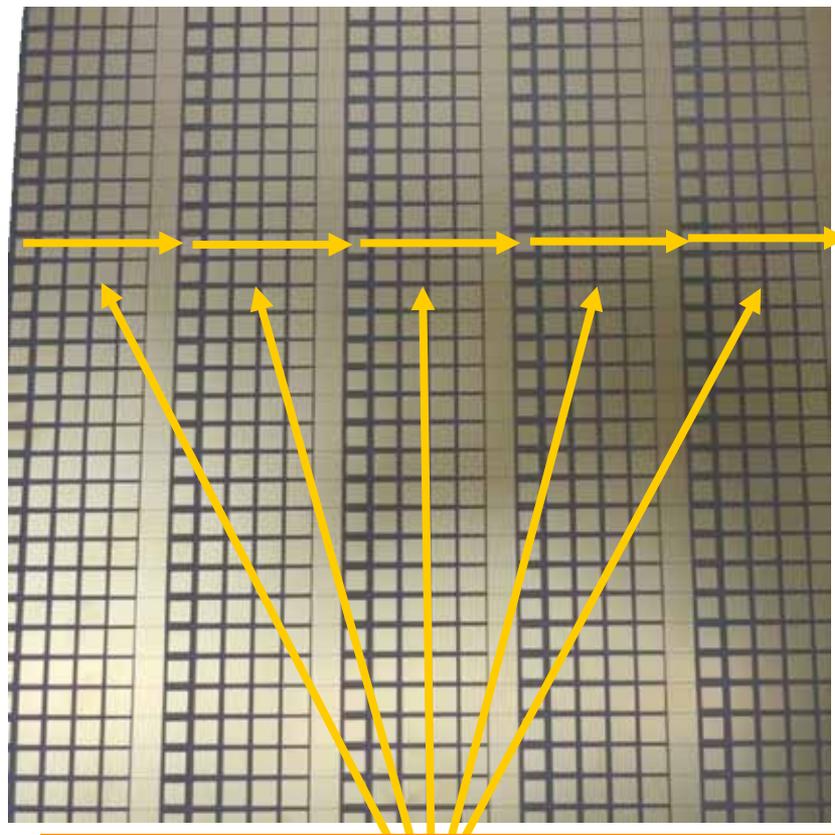
設計指針	
#1	電波入射方向に第1ヌルを指向 (周波数：10GHz)
	 <p>正面が第1ヌル</p> <p>6°</p> <p>3°</p> <p>電气的に実現した反射面</p>



$\theta$ : 反射制御角       $\theta = 6^\circ$  仮作基板#1

設計指針	
#2	RCSの最大値を30度方向に指向 (周波数：10GHz)
	

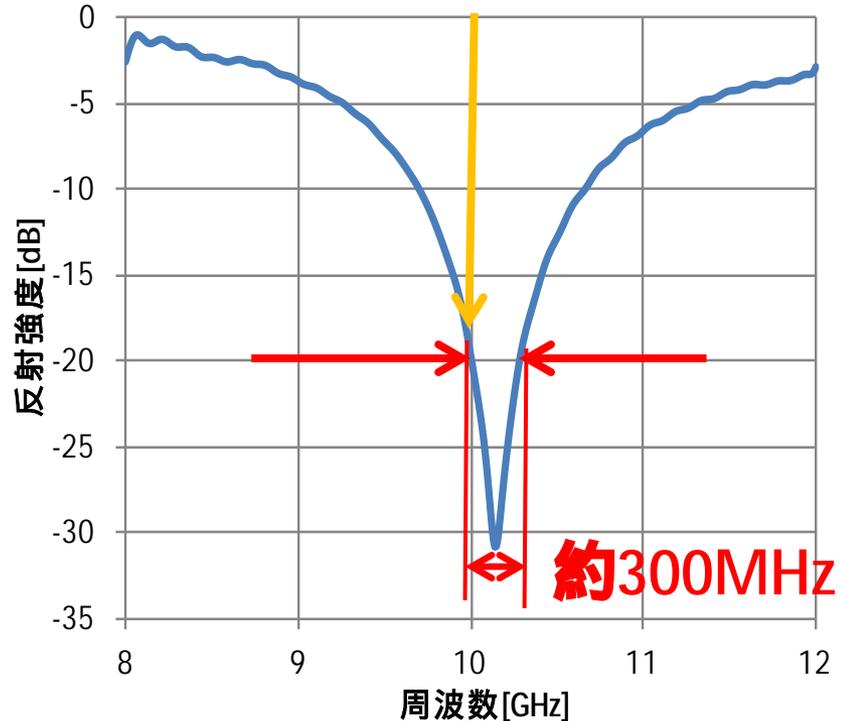
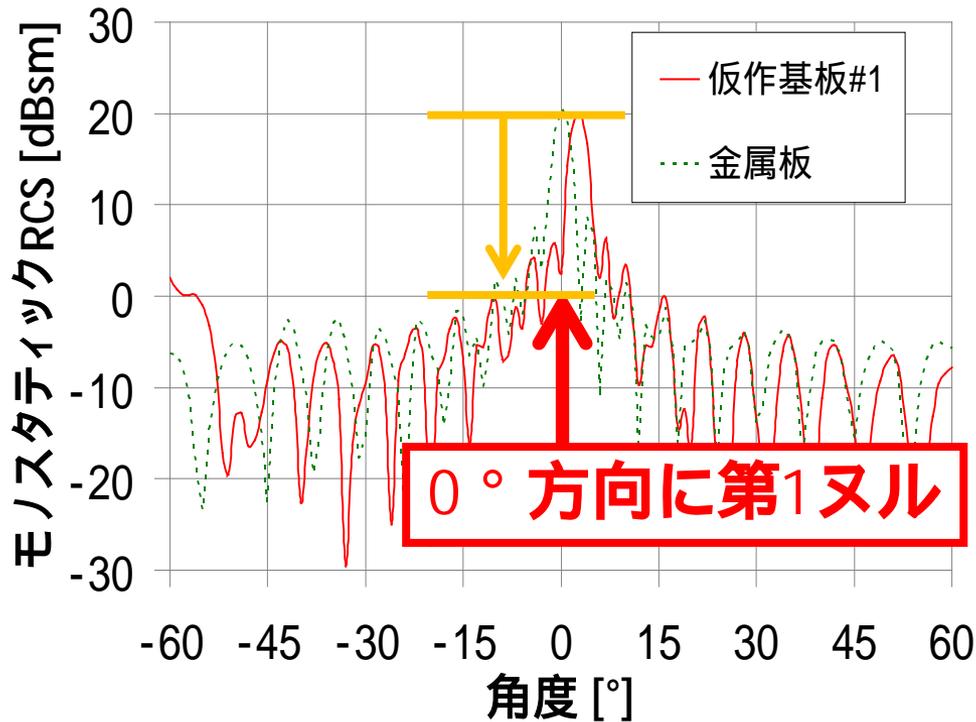
## 外観



同配列が並ぶ構造 (主反射方向の他にグレーティングローブが生じる可能性有り。)

$\theta$ : 反射制御角  $\theta = 30^\circ$  仮作基板#2

## 電波入射方向に第1ヌルを指向



## モノスタティックRCS（10GHz）

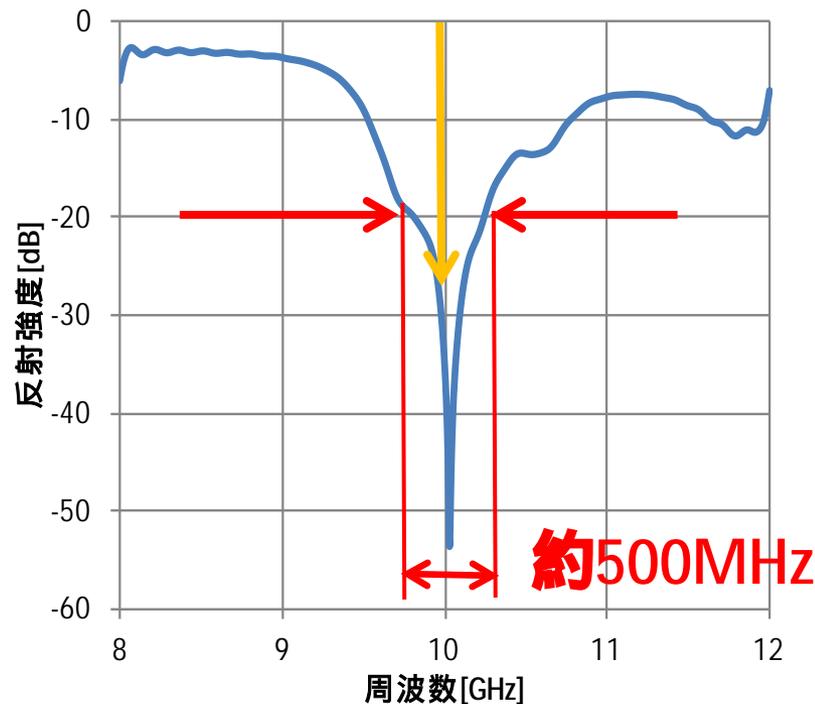
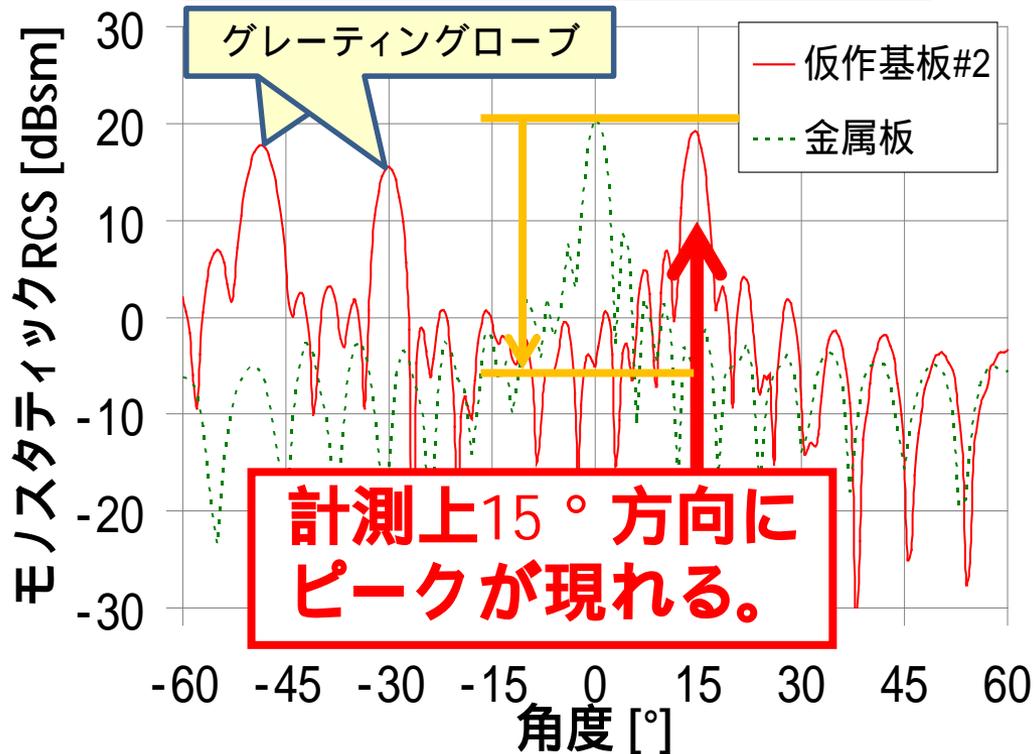
**【結果】**  
電波の入射（0°）方向に第1ヌルを形成し後方散乱波を低減

## 周波数特性（角度0°）

約300MHzの帯域でRCS低減量20dBを実現。

# 測定結果（仮作基板#2）

最大値を30度方向に指向



## モノスタティックRCS（10GHz）

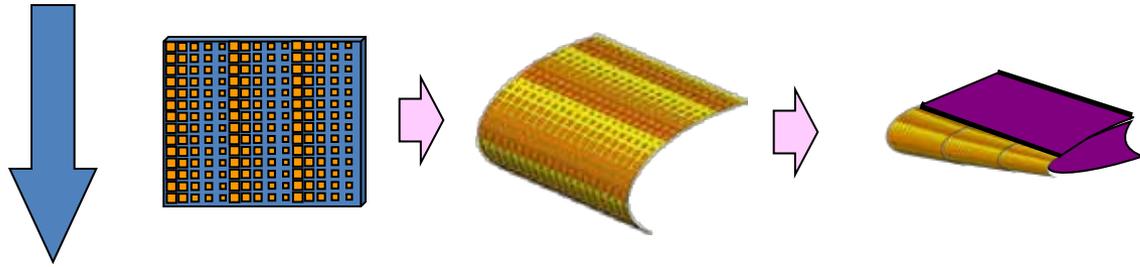
【結果】

RCSの最大値を+30°方向に指向  
させ後方散乱波を低減

## 周波数特性（角度0°）

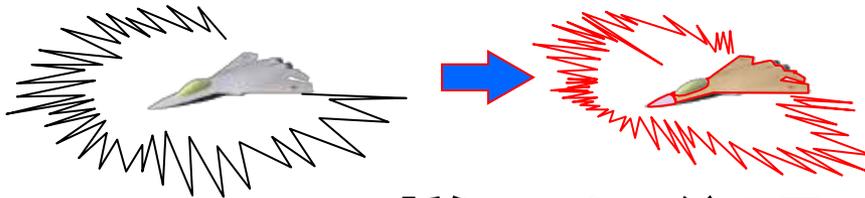
約500MHzの帯域でRCS  
低減量20dBを実現。

## 段階的な設計解析手法の確立



**RCS設計・解析技術の確立**

**耐環境性評価**



**アプリケーションに合わせた最適設計**

**様々な分野に適用可能**

**将来のミサイル**

**将来の護衛艦**

**将来の戦闘機**

**将来の大型機**

- (1) レーダ波の反射方向を制御できるメタマテリアルの電波反射制御基板を仮作し、実測することで、**設計どおりの特性**を確認。
- (2) レーダ波を任意の方向へ反射制御して、到来方向への反射波を抑制する手法は、**RCSの低減に有効**であることを確認。
- (3) **将来の戦闘機**を含めた様々なプラットフォームの**RCS低減に寄与**すべく、ステルス材料の設計技術の確立に向けて研究を推進。