

スパース周波数分割レーダ技術の研究開発 (R1-R2, 戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE))

研究代表者 稲葉敬之(電気通信大学)

合成帯域方式レーダの研究開発

合成帯域方式レーダの研究開発

(1) 狭帯域・遠近両用
小型レーダ技術の研究開発
(総務省, 電波資源拡大のための
研究開発, H26-H28)

多周波ステップCPC方式

↓ 多周波ステップ方式出力
を用いた時空間信号処理

不要波抑圧技術

目標追尾技術

目標認識技術

(2) 超広帯域コヒーレントレー
ダ技術の研究開発
(戦略的情報通信研究開発推進事業
(SCOPE), H29-H30)

離隔多周波合成方式

別レーダ(ノンコヒーレント)の合成

スパース多周波ランダムステップ方式

実用化にむけた取り組み

ライセンス契約(5件)

- ・車載レーダ変復調方式評価プログラム
 - ・多周波ステップCPC解析プログラム
- 他3件

学術相談(5件)

- ・車載用ミリ波レーダ変調方式の比較検討
 - ・多周波ステップCPC方式を適用したレーダのパラメータ設計
- 他3件

(3) スパース周波数分割レー
ダ技術の研究開発
(戦略的情報通信研究開発推進事業
(SCOPE), R1-R2)

スパース周波数不等間隔分割設計
技術

スパース周波数分割アダプティブ
技術

スパース周波数分割レーダ技術

スパース多周波ランダムステップ方式

周波数ステップや相補符号がPRI毎に時分割とするための課題として速度視野低下、または距離視野低下という問題が生じる。

⇒速度視野は、ランダムPRIとなることで解消し、スパース周波数ステップからくる距離視野問題を圧縮センシング・再帰的信号減算周波数推定法で解消する方法を提案^{[1][2]}。

↓ **さらなる周波数の有効利用**

スパース不等間隔分割多周波ステップ方式

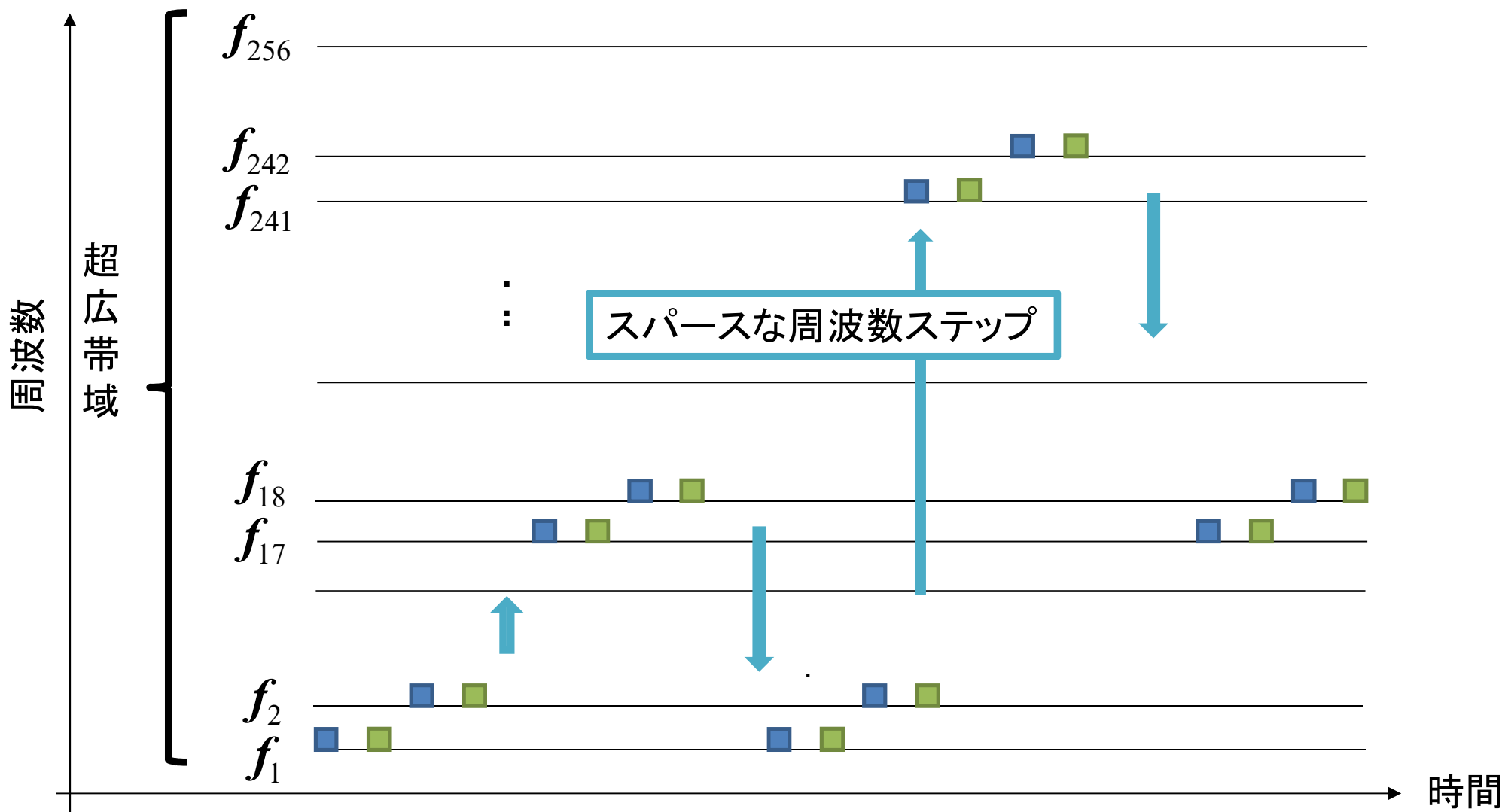
合成帯域処理は通常のフーリエ変換として、**周波数ステップをどのような(スパース・不等間隔)を選択すると、アンビギュイティやサイドローブが低減できるかを圧縮センシング等を用いて設計判断する^{[3][4]}。**

1. 山田亮佑, 秋田学, 稲葉敬之, "圧縮センシングを用いた超広帯域多周波ステップCPC方式における距離アンビギュイティ抑圧効果の評価", 信学技報SANE2018-50, vol. 118, no. 239, pp. 35-40, 2018/10
2. 稲葉敬之, 渡辺一宏, 秋田学 "超広帯域多周波ステップレーダにおける再帰的信号減産周波数推定法を用いた自動検知法", 信学技報SANE2018-114, vol. 118, no. 441, pp. 25-30, 2019/02
3. 稲葉敬之, 秋田学, "圧縮センシングを用いた多周波ステップレーダにおけるスパース周波数選択法", 信学技報SANE2018-113, vol. 118, no. 441, pp. 19-24, 2019/02
4. 稲葉敬之, 谷口匠, 秋田学, "多周波ステップレーダの人工蜂コロニー法を用いた周波数多重化の基礎検討", 信学技報WBS2019-6, vol. 119, no. 26, pp. 29-34, 2019/05

スパース多周波ランダムステップ方式

スパース多周波ランダムステップ方式

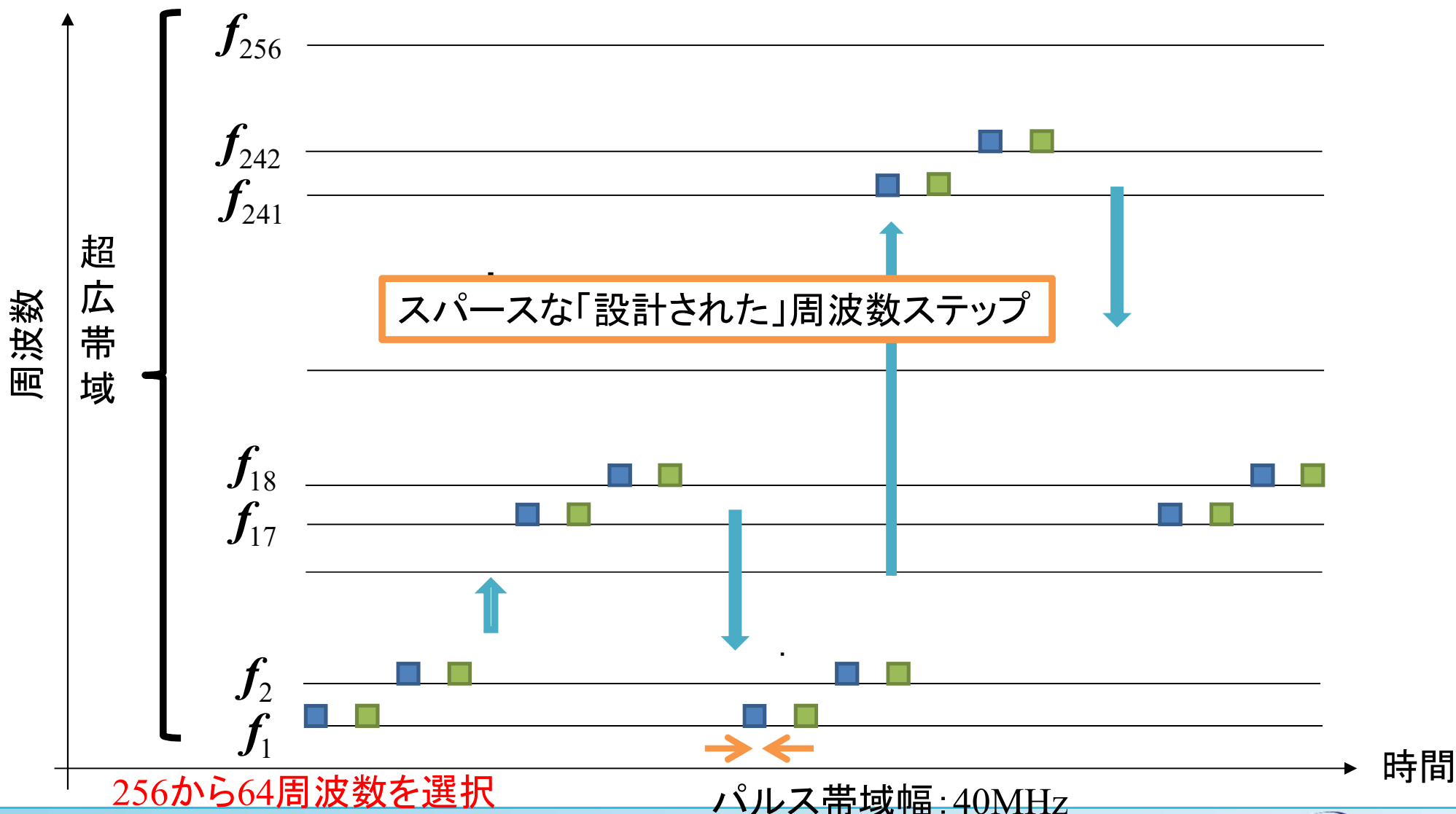
瞬時帯域幅40MHzで3200MHz(約4cm)に相当する距離分解能を得る。



スパース周波数不等間隔分割設計技術

スパース周波数不等間隔分割設計

瞬時帯域幅40MHzで3200MHz(約4cm)に相当する距離分解能を得る。



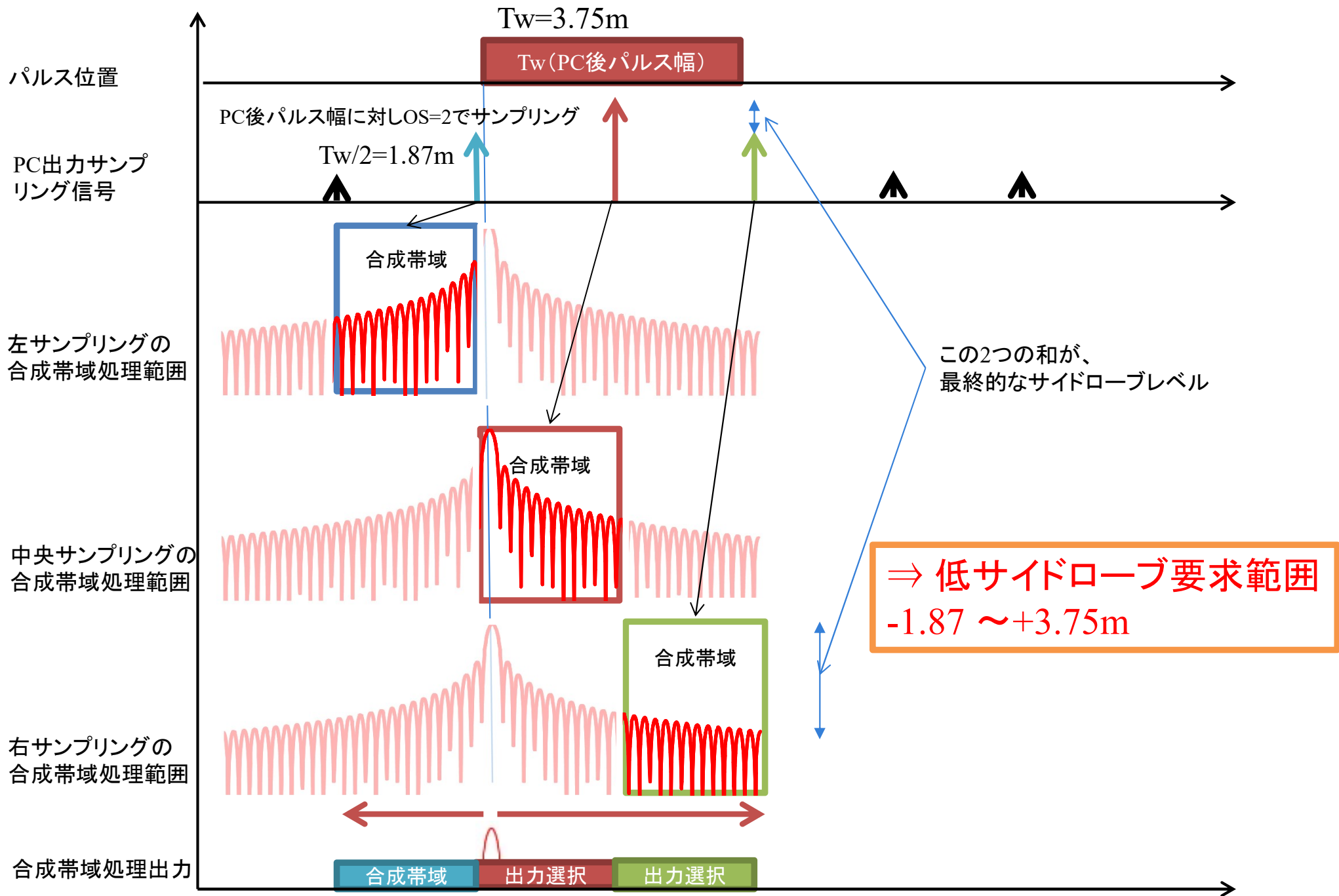
スパース不等間隔分割方式の合成帯域における要求範囲

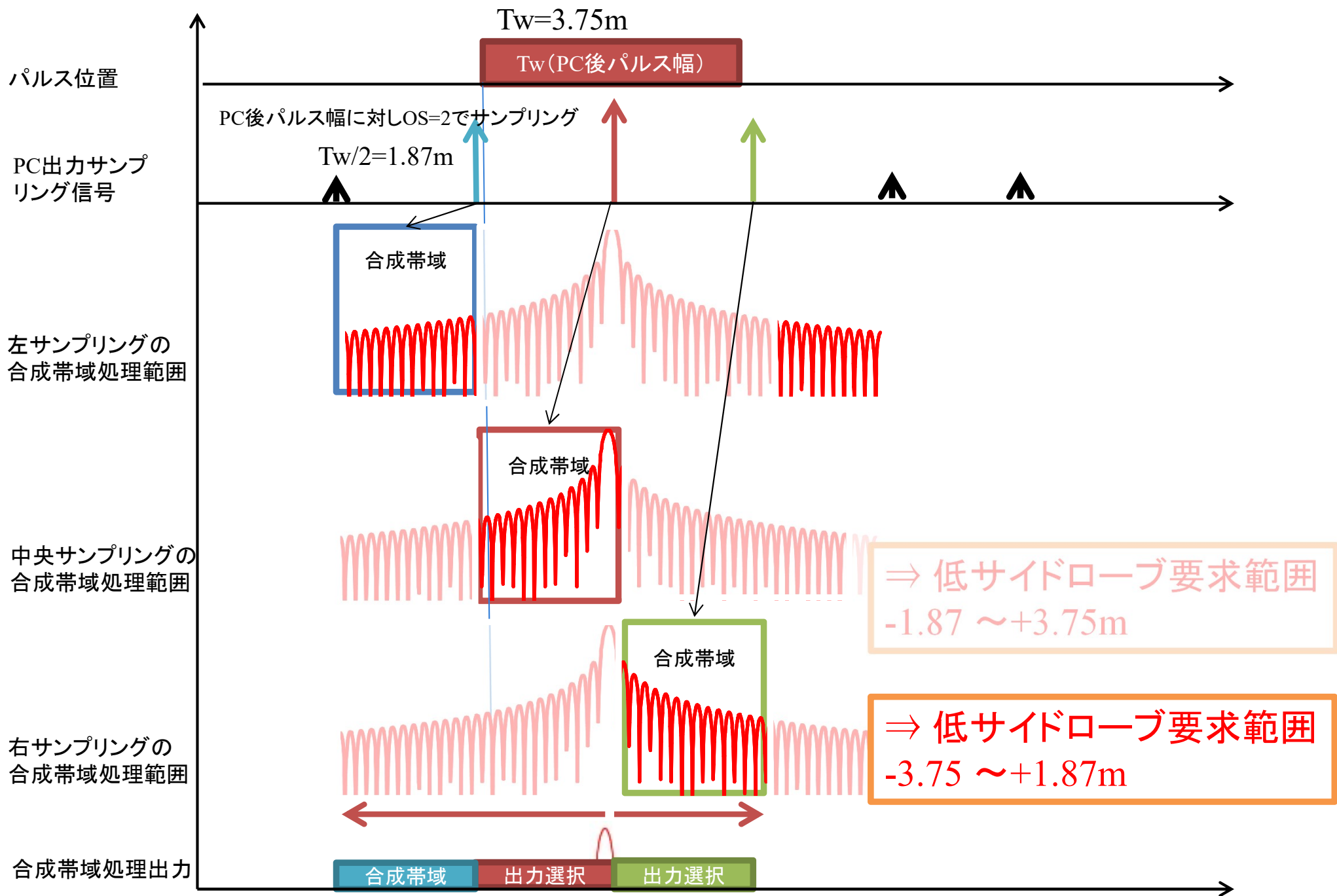
目標：瞬時帯域幅40MHzで3200MHz(約4cm)に相当する距離分解能を得る。

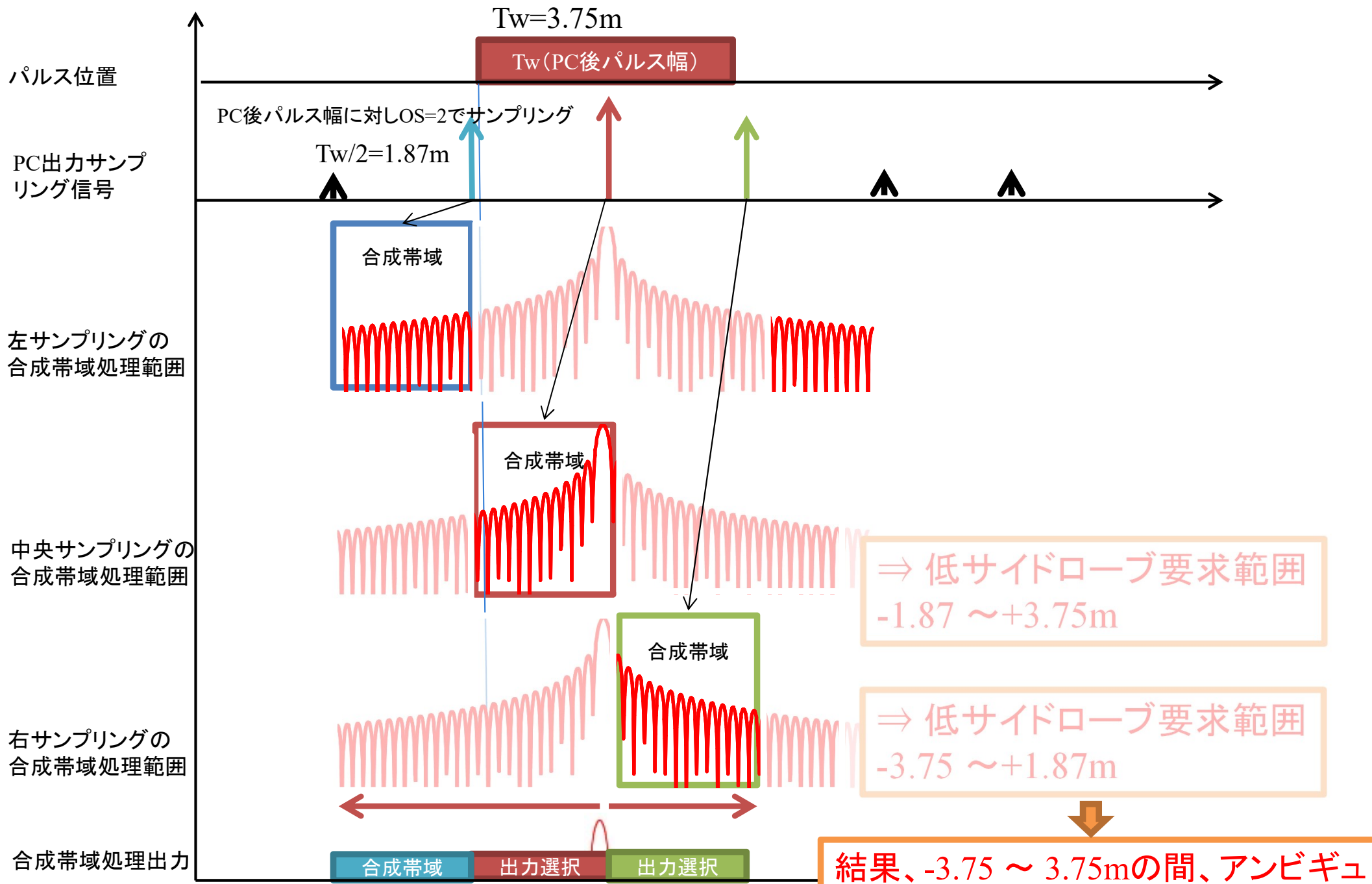
パラメータ	周波数ステップ範囲 (MHz)	合成帯域			パルス圧縮	
		周波数ス テップ数	平均周波数 ステップ幅 Δf (MHz)	距離視野 (m)	パルス帯域 幅(MHz)	距離ゲート (m)
変数名	B	Ns	—	Ramb	—	Far_bound
アンビギュイティ無し	3200	64	50	3	80	1.875
アンビギュイティ有り(スパース)	3200	64	50	3	40	3.75

パルス帯域幅:40MHz \Rightarrow パルス圧縮後距離ゲート幅1.87m
低サイドローブ必要範囲は ± 3.75 m

256から64周波数を選択 \Rightarrow 等間隔周波数ステップでは、上記距離
ゲート幅内にアンビギュイティが発生する。







⇒ 低サイドローブ要求範囲
-1.87 ~ +3.75m

⇒ 低サイドローブ要求範囲
-3.75 ~ +1.87m

結果、-3.75 ~ 3.75mの間、アンビギュ
イティなく、サイドローブも下げる

スパース不等間隔分割方式

パラメータ条件

レーダパラメータ 方式	合成帯域							パルス圧縮		
	周波数ステップ範囲 (MHz)	候補周波数の数	周波数ステップ数	平均		最小		レーダ間最小 Δf (MHz)	パルス帯域幅 (MHz)	距離ゲート (m)
				平均周波数ステップ幅 Δf (MHz)	距離視野 (m)	自レーダ最小 Δf (MHz)	最大距離視野 (m)			
比較対象 (アンビギュイティなし)	3200	256	80	40	3.75	12.5	12	—	40	3.75
スパース方式	3200	256	64	50	3	12.5	12	—	40	3.75
多重化方式(1)	3200	256	64	50	3	25	6	12.5	40	3.75
多重化方式(2)	3200	128	64	50	3	50	6	25	25	6

スパース不等間隔分割方式

【目標1】

等間隔で虚像(グレーティング)が発生しない最小周波ステップ数($K=80$)に対し同じ帯域幅内でグレーティングを発生させずにステップ数を20%以上(64以下)に削減する。

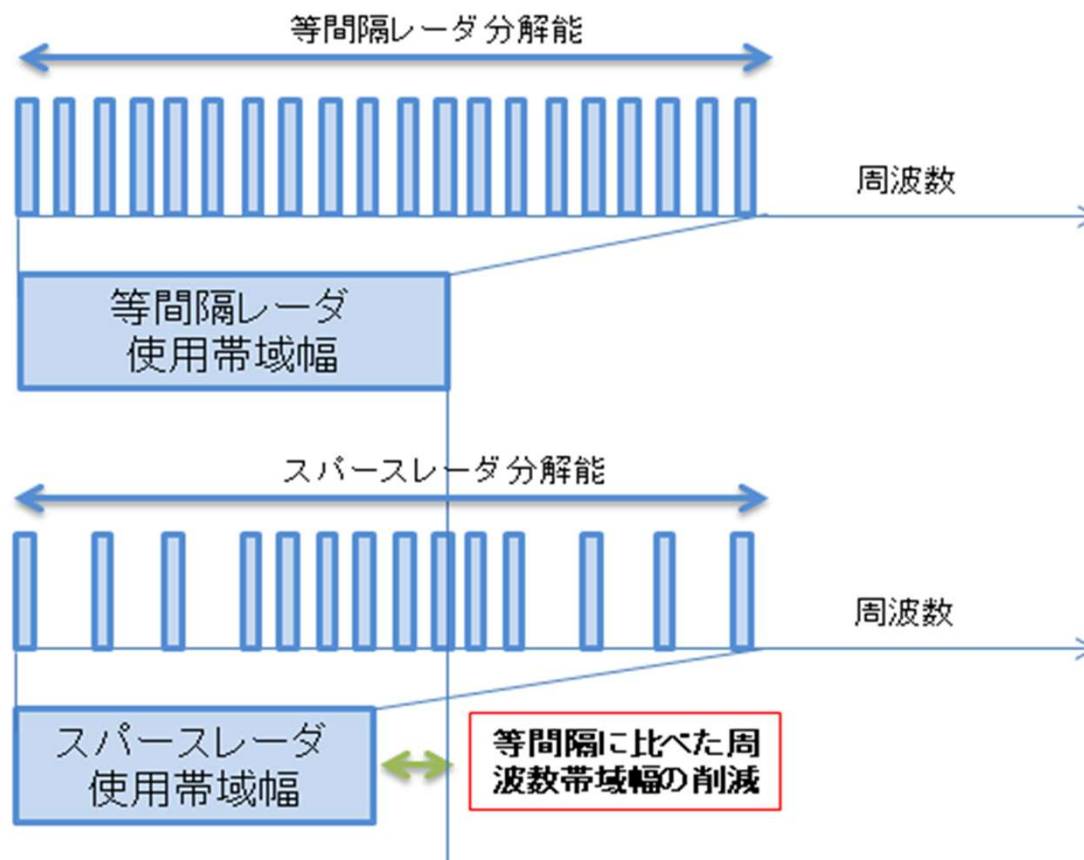
周波数ステップ数

80(等間隔でグレーティングなしとなる最小数)

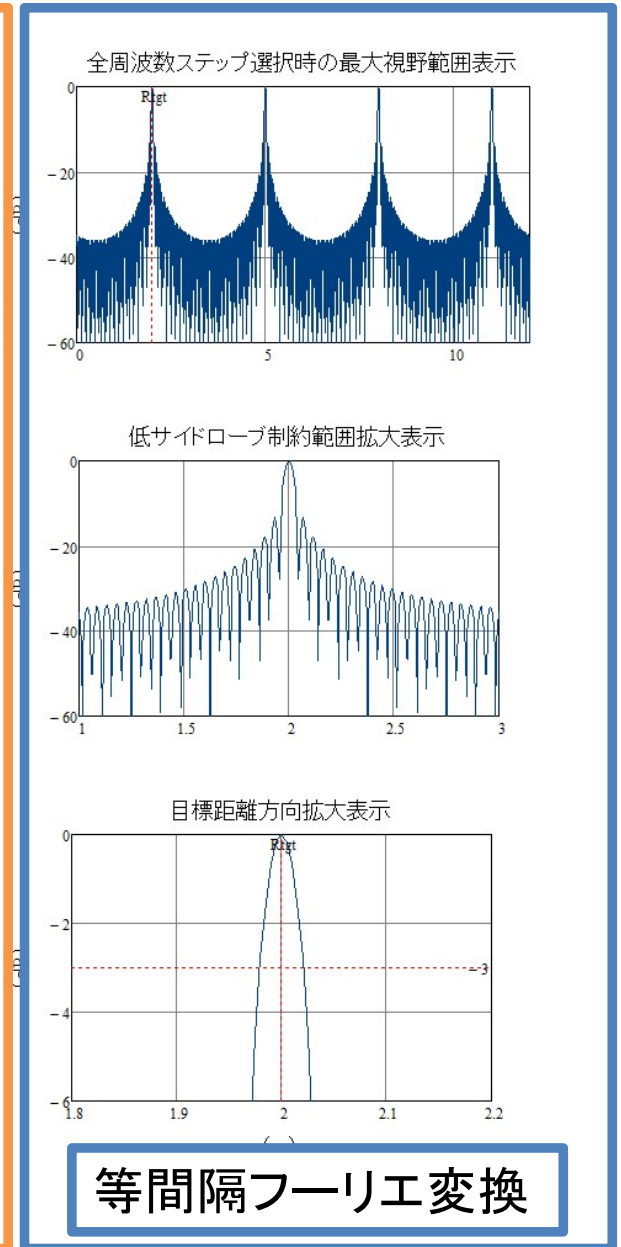
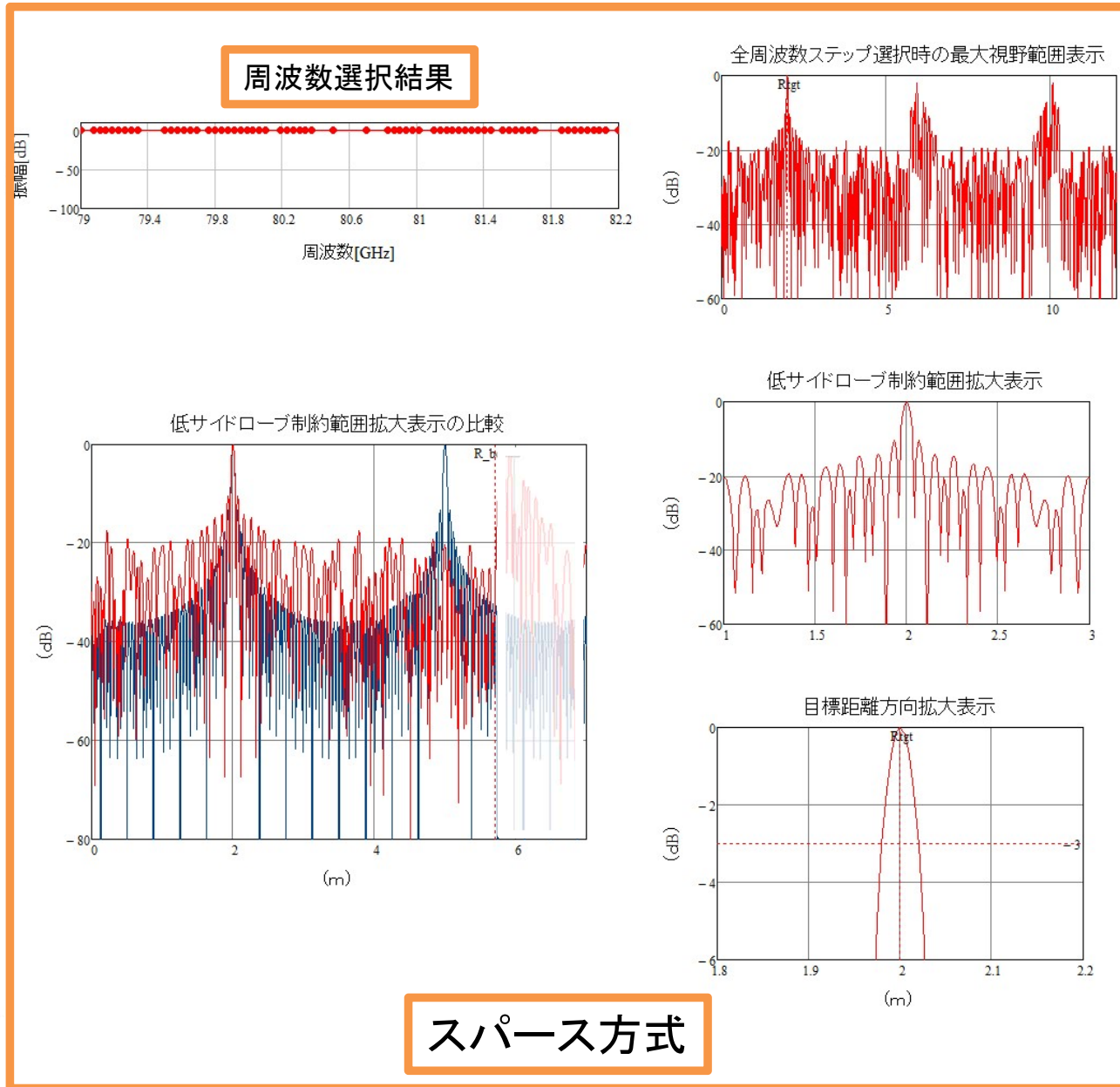


20%削減

64に削減しアンビギュイティ、サイドローブも低減



スパース方式による周波数ステップ数削減評価結果

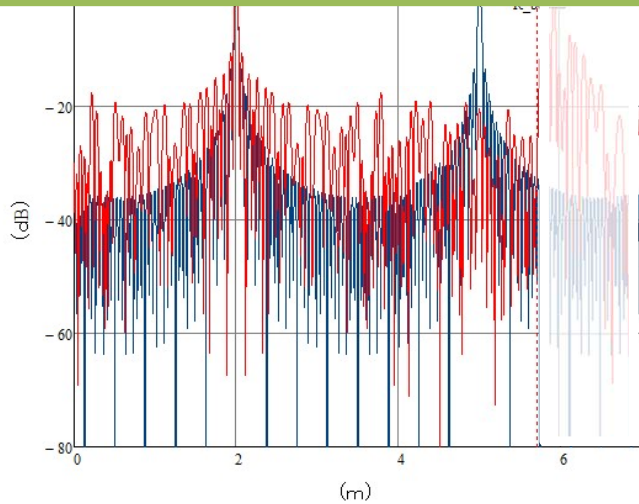


スパース方式による周波数ステップ数削減評価結果

周波数選択結果

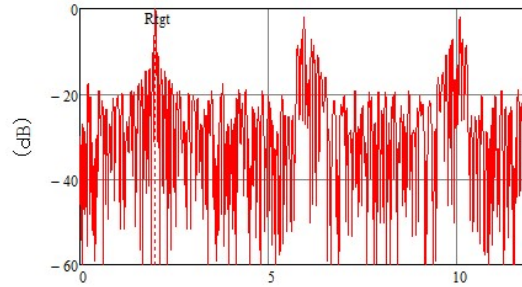


3.2GHz帯域全体での周波数ステップ数
256から64に削減

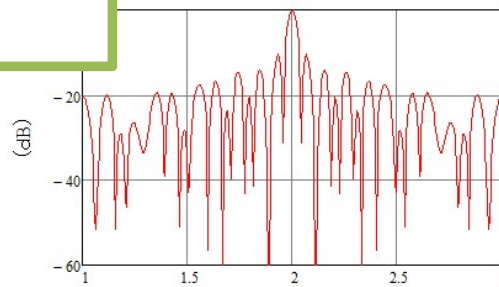


スパース方式

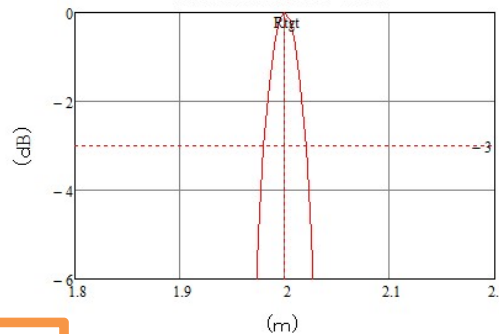
全周波数ステップ選択時の最大視野範囲表示



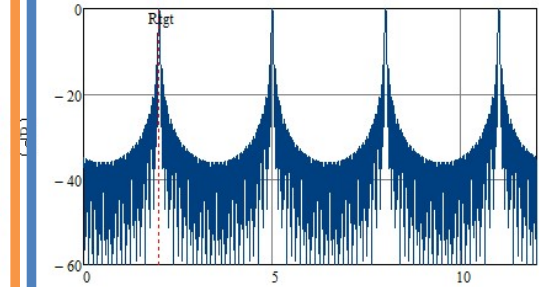
低サイドローブ制約範囲拡大表示



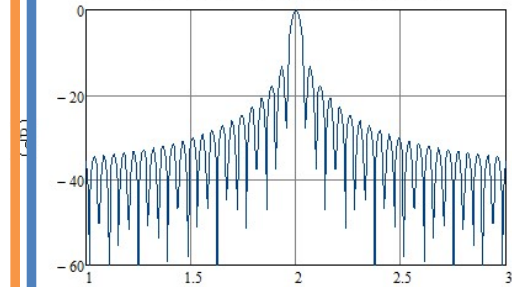
目標距離方向拡大表示



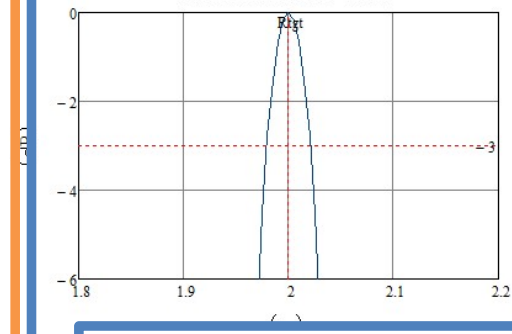
全周波数ステップ選択時の最大視野範囲表示



低サイドローブ制約範囲拡大表示

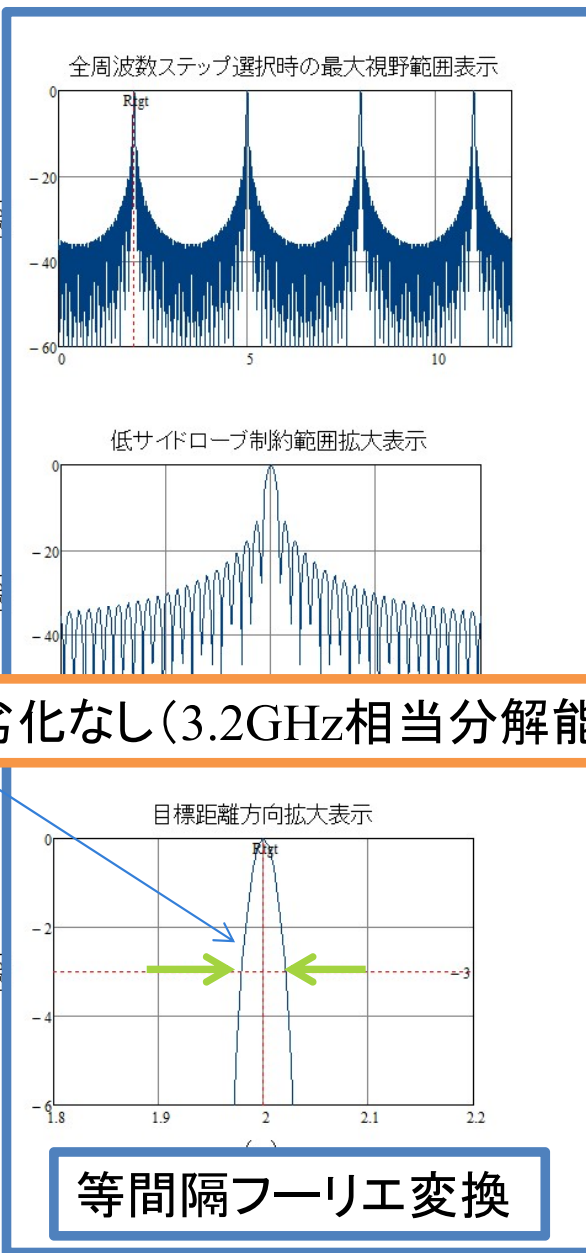
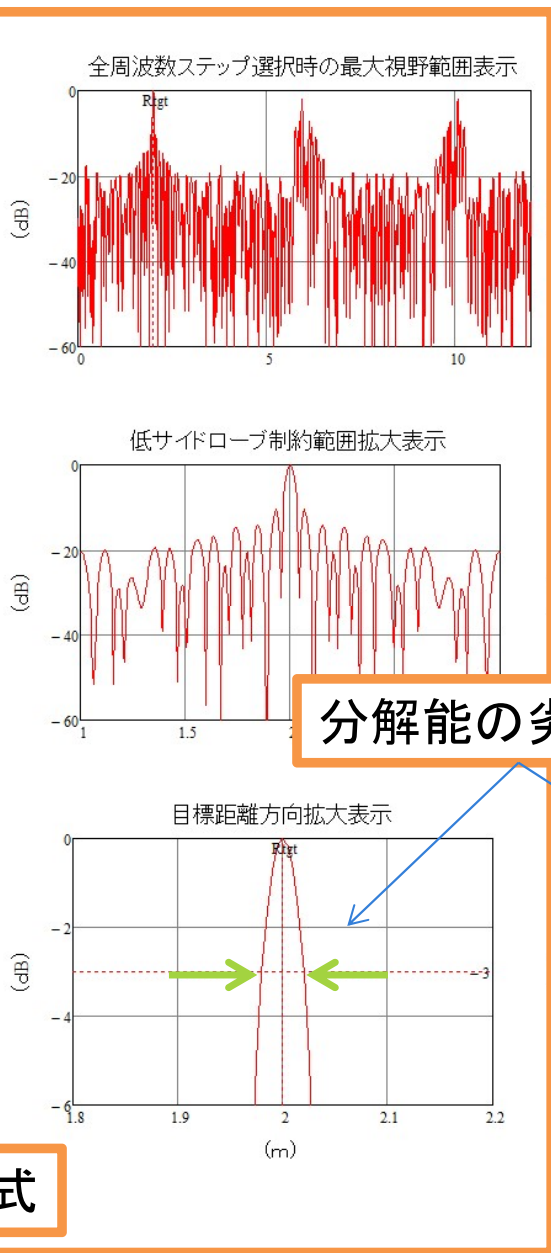
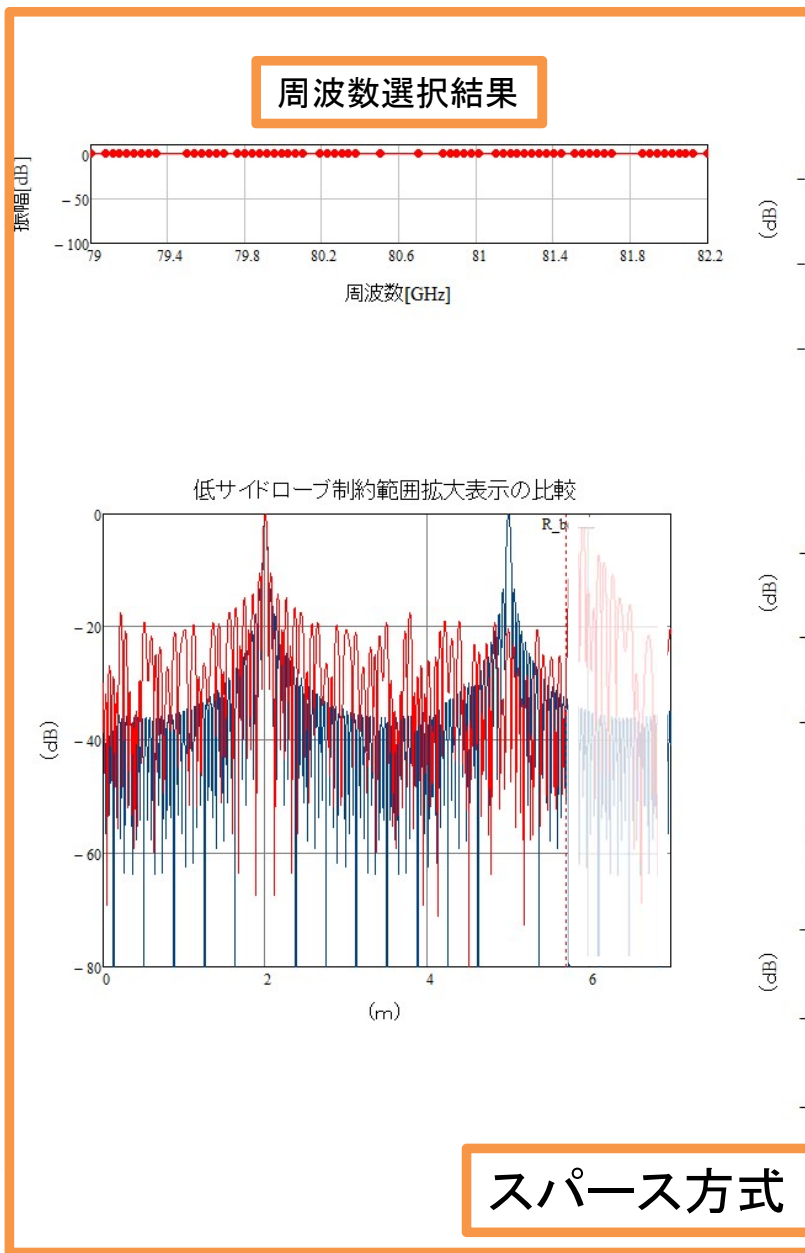


目標距離方向拡大表示



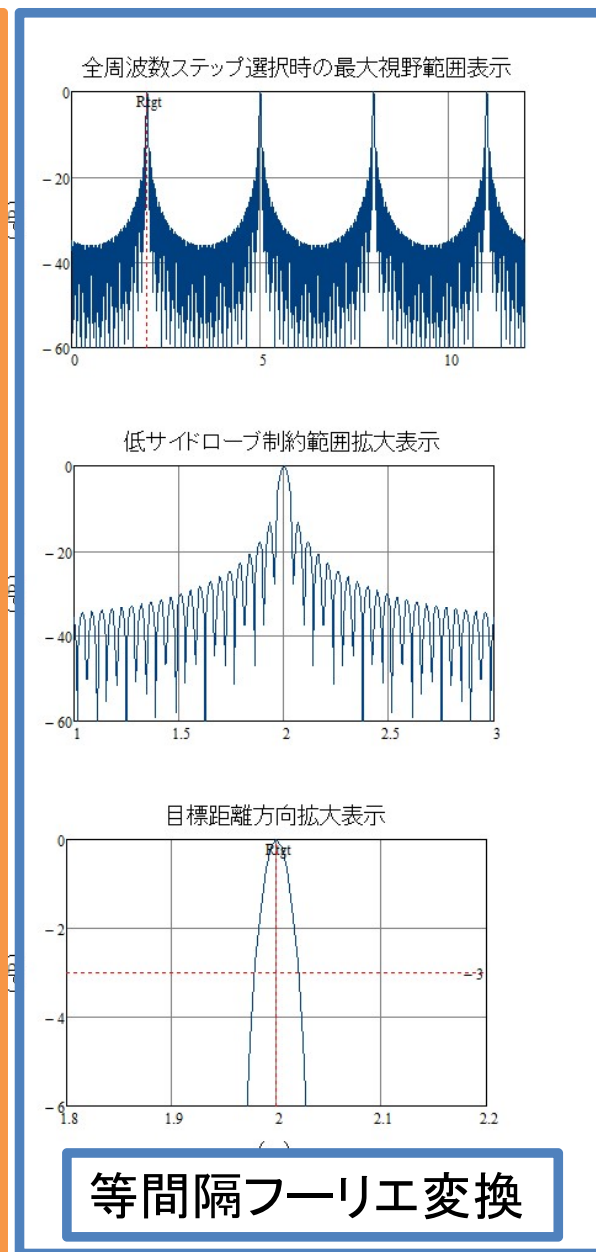
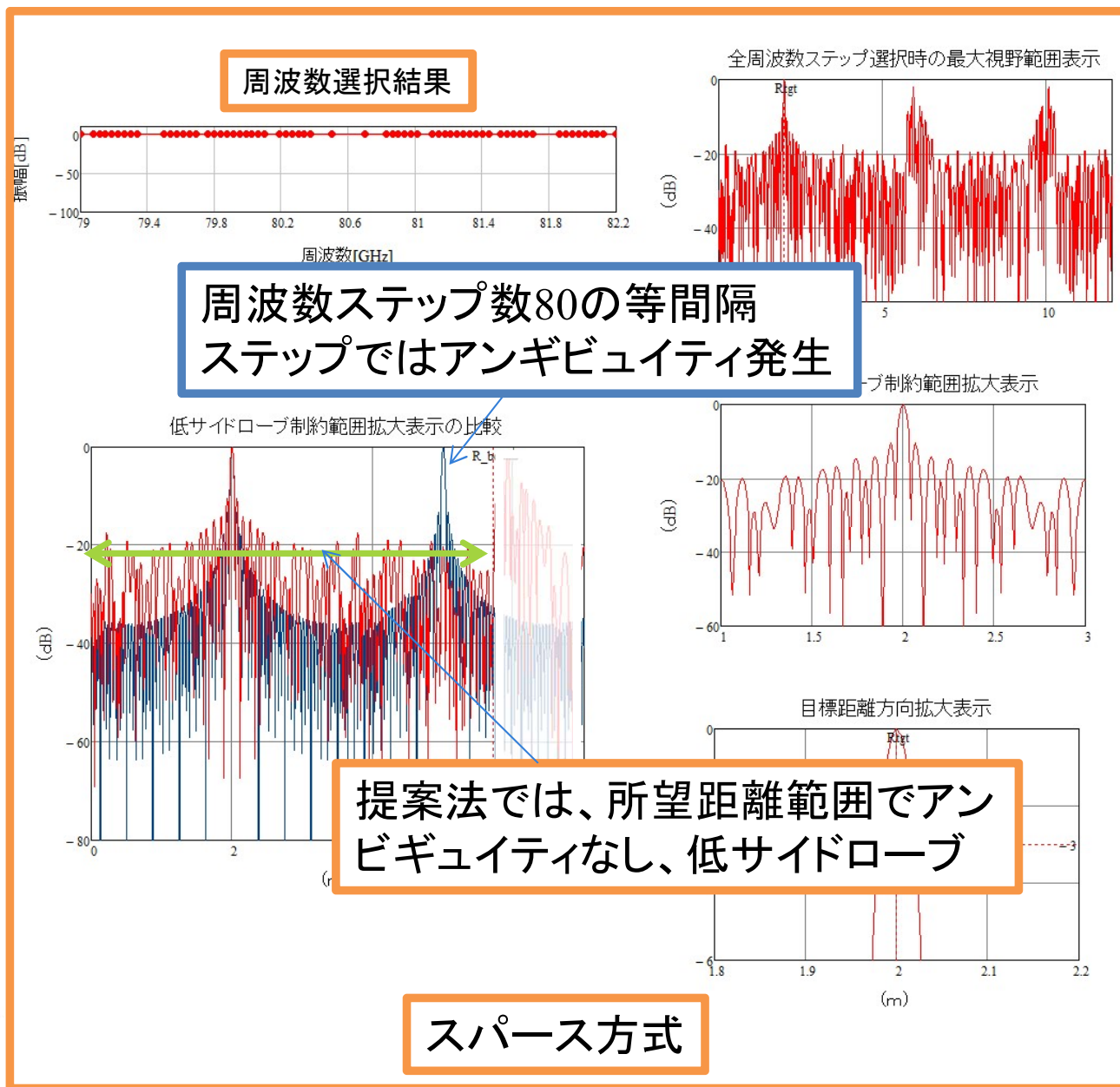
等間隔フーリエ変換

スパース方式による周波数ステップ数削減評価結果



分解能の劣化なし (3.2GHz相当分解能)

スパース方式による周波数ステップ数削減評価結果

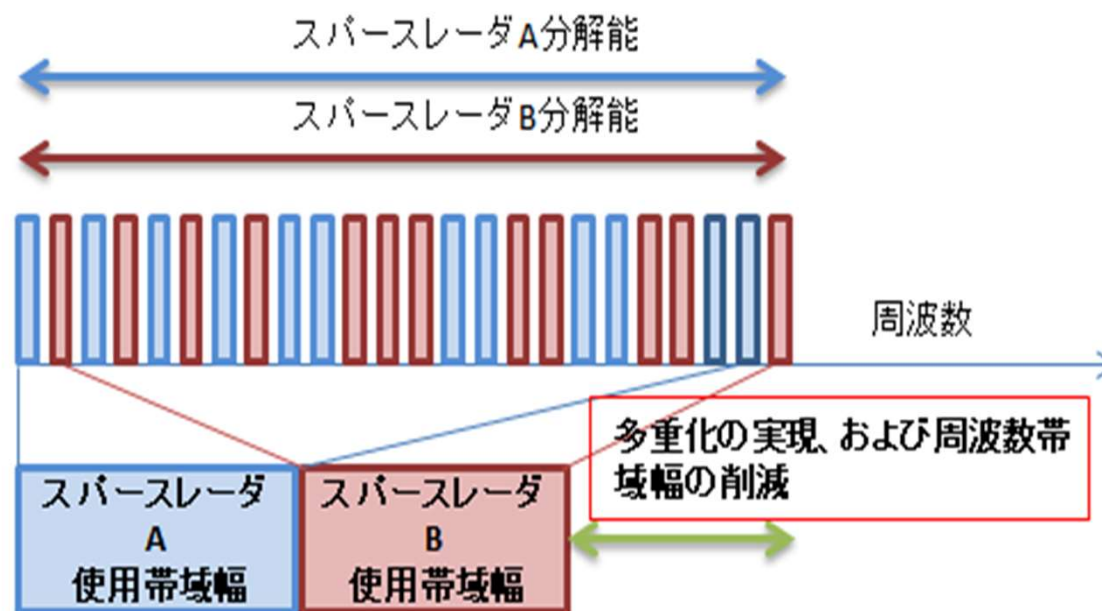


多重化方式

【目標2】

等間隔ステップではグレーティングが避けられない条件にて、同じ帯域幅内に同時2台のレーダを分解能を落とさず共存させる周波数ステップを実現する。

64ステップ×2の周波数組を探索推定し、分解能の劣化を抑え、2レーダを多重化共存



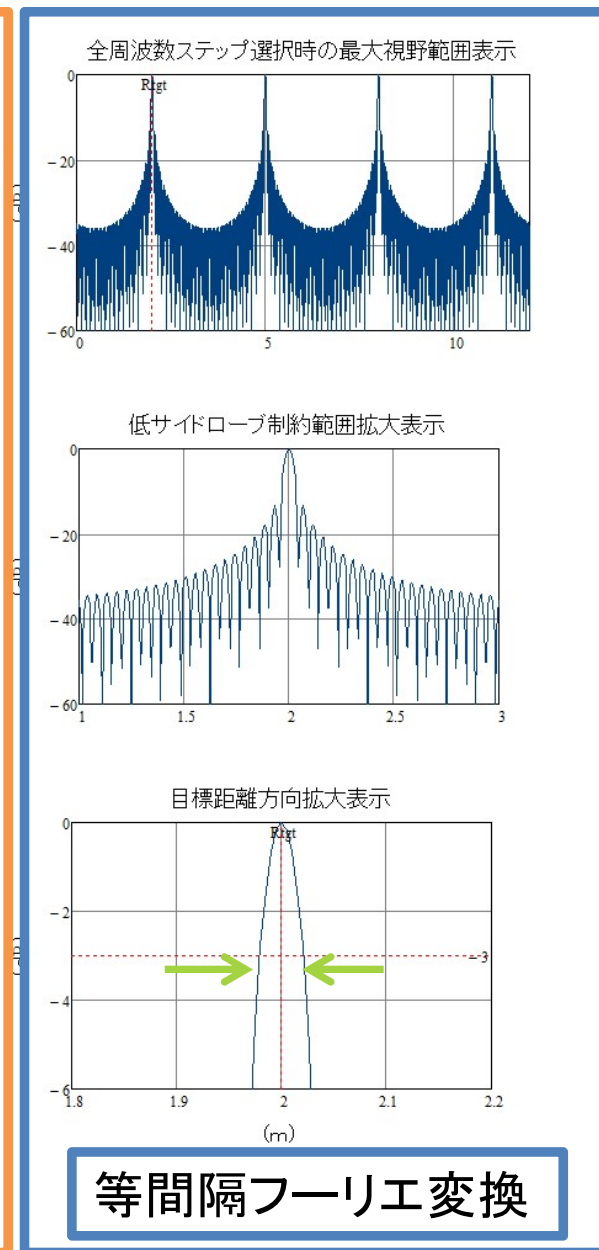
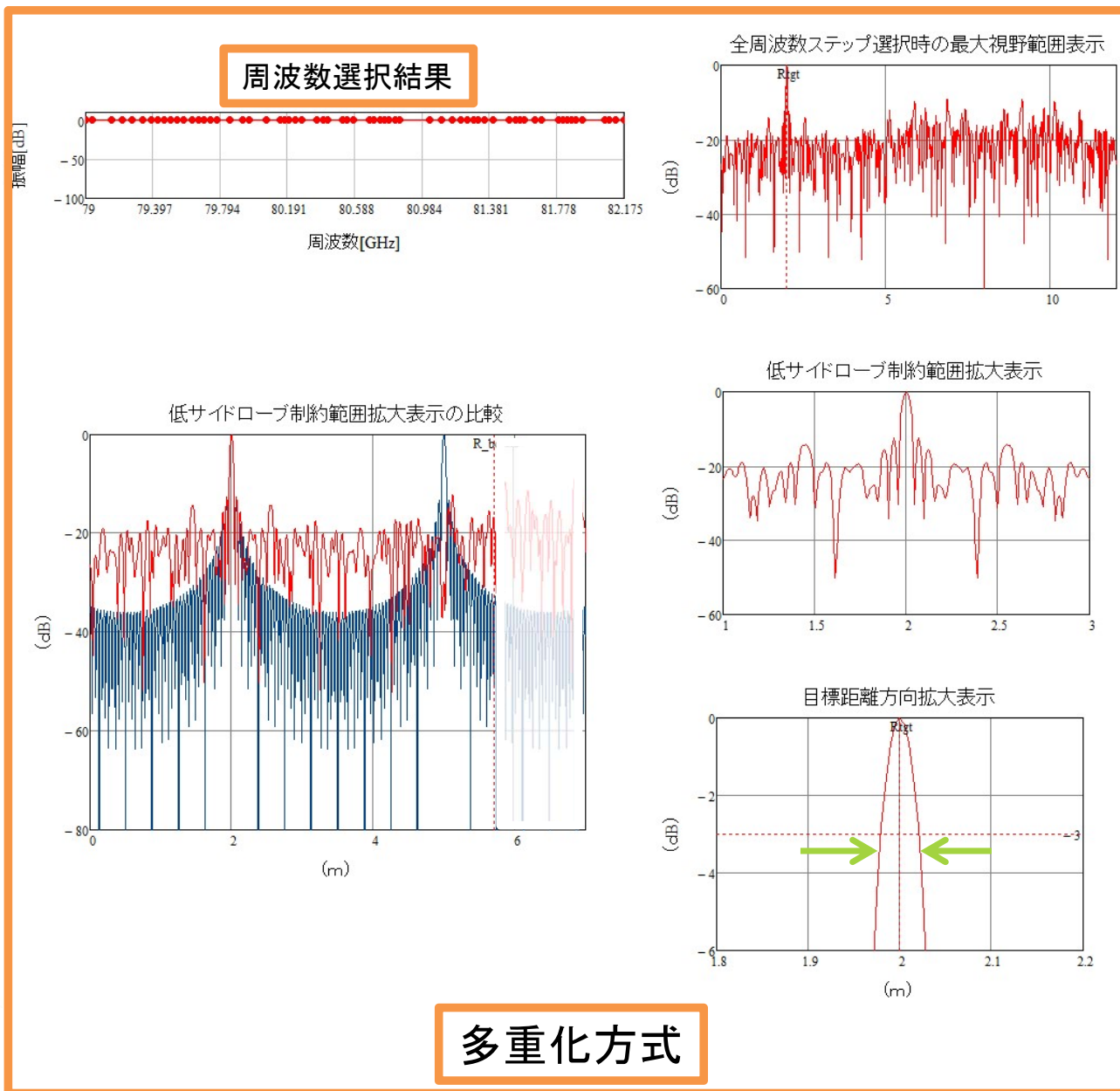
多重化方式

周波数ステップの選択設計パラメータ

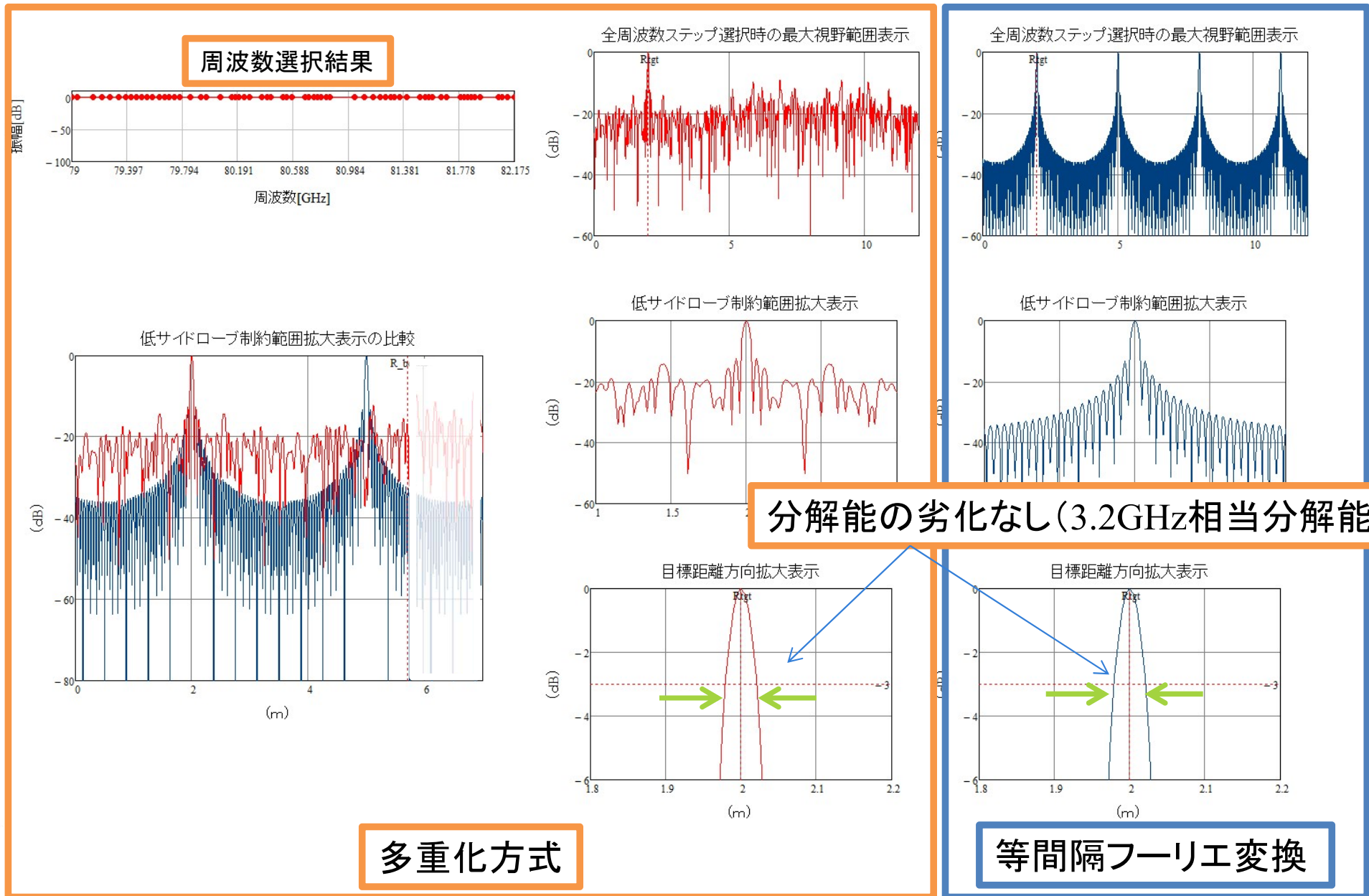
レーダパラメータ 方式	合成帯域							パルス圧縮		
	周波数ステップ範囲(MHz)	候補周波数の数	周波数ステップ数	平均		最小		レーダ間最小 Δf (MHz)	パルス帯域幅(MHz)	距離ゲート(m)
				平均周波数ステップ幅 Δf (MHz)	距離視野(m)	自レーダ最小 Δf (MHz)	最大距離視野(m)			
比較対象(アンビギュイティなし)	3200	256	80	40	3.75	12.5	12	—	40	3.75
スパース方式	3200	256	64	50	3	12.5	12	—	40	3.75
多重化方式	3200	256	64	50	3	25	6	12.5	40	3.75

→256から64 × 2を選択

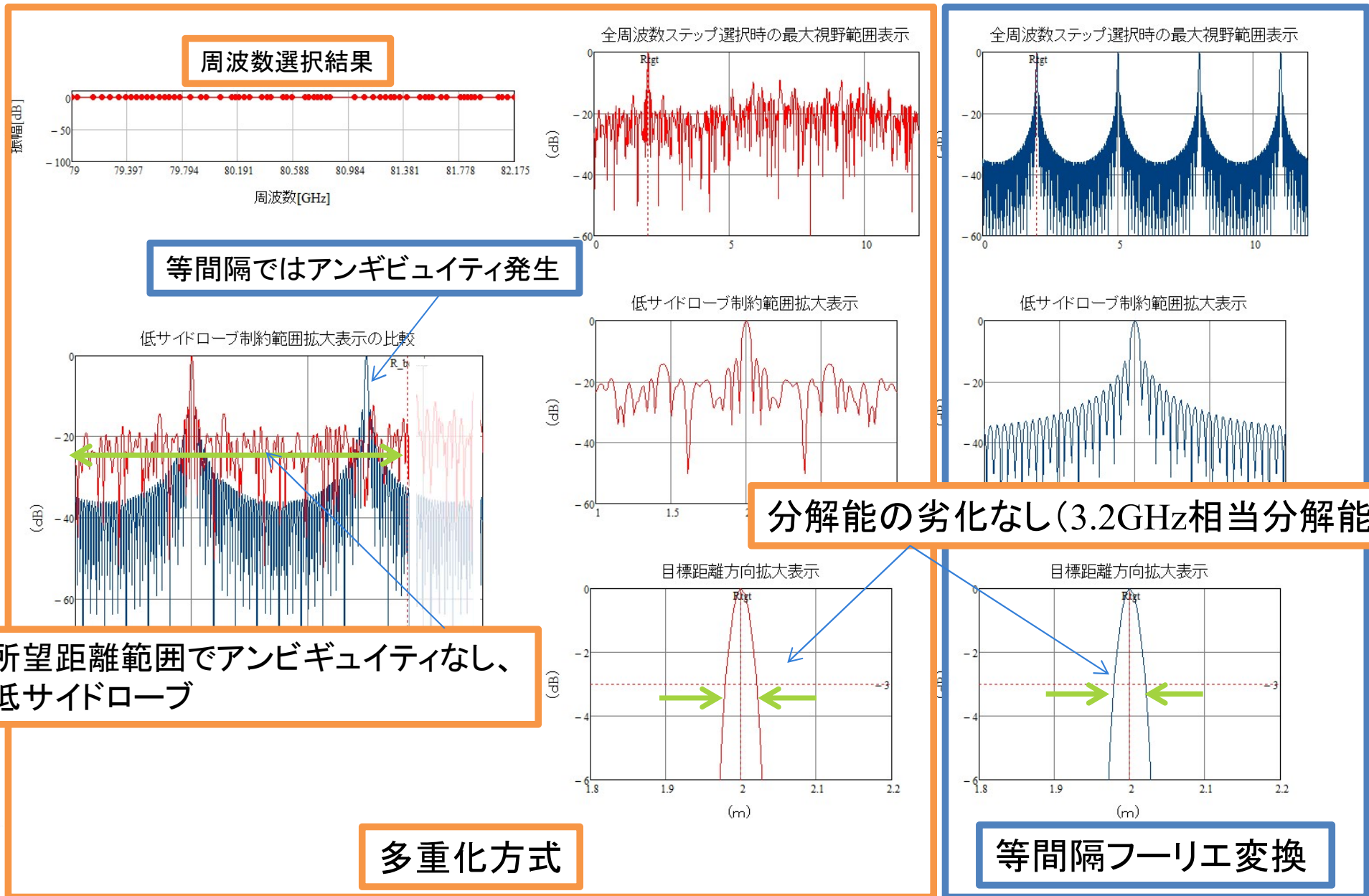
多重化方式(1) による合成帯域出力 (レーダ1)



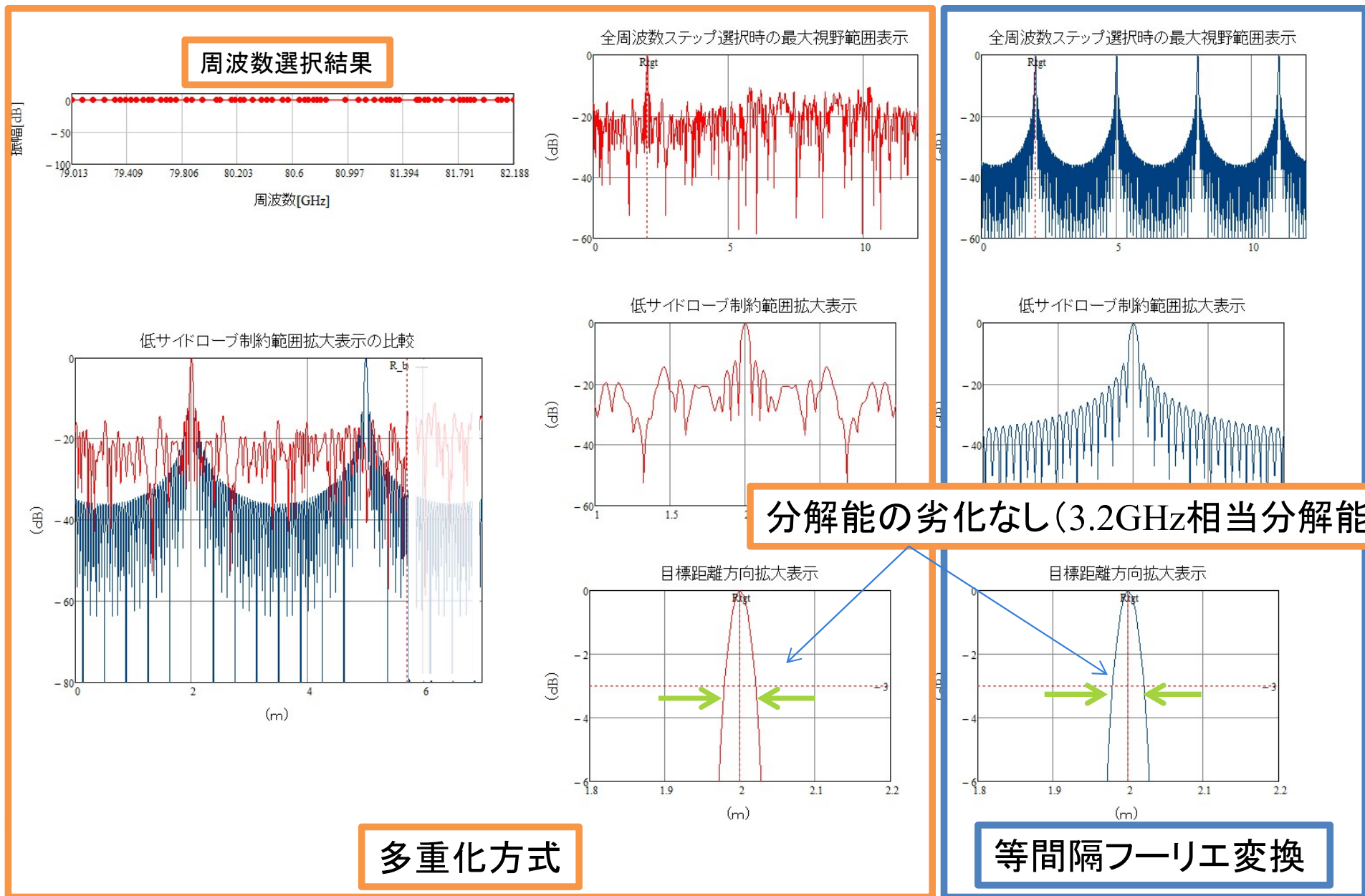
多重化方式(1) による合成帯域出力 (レーダ1)



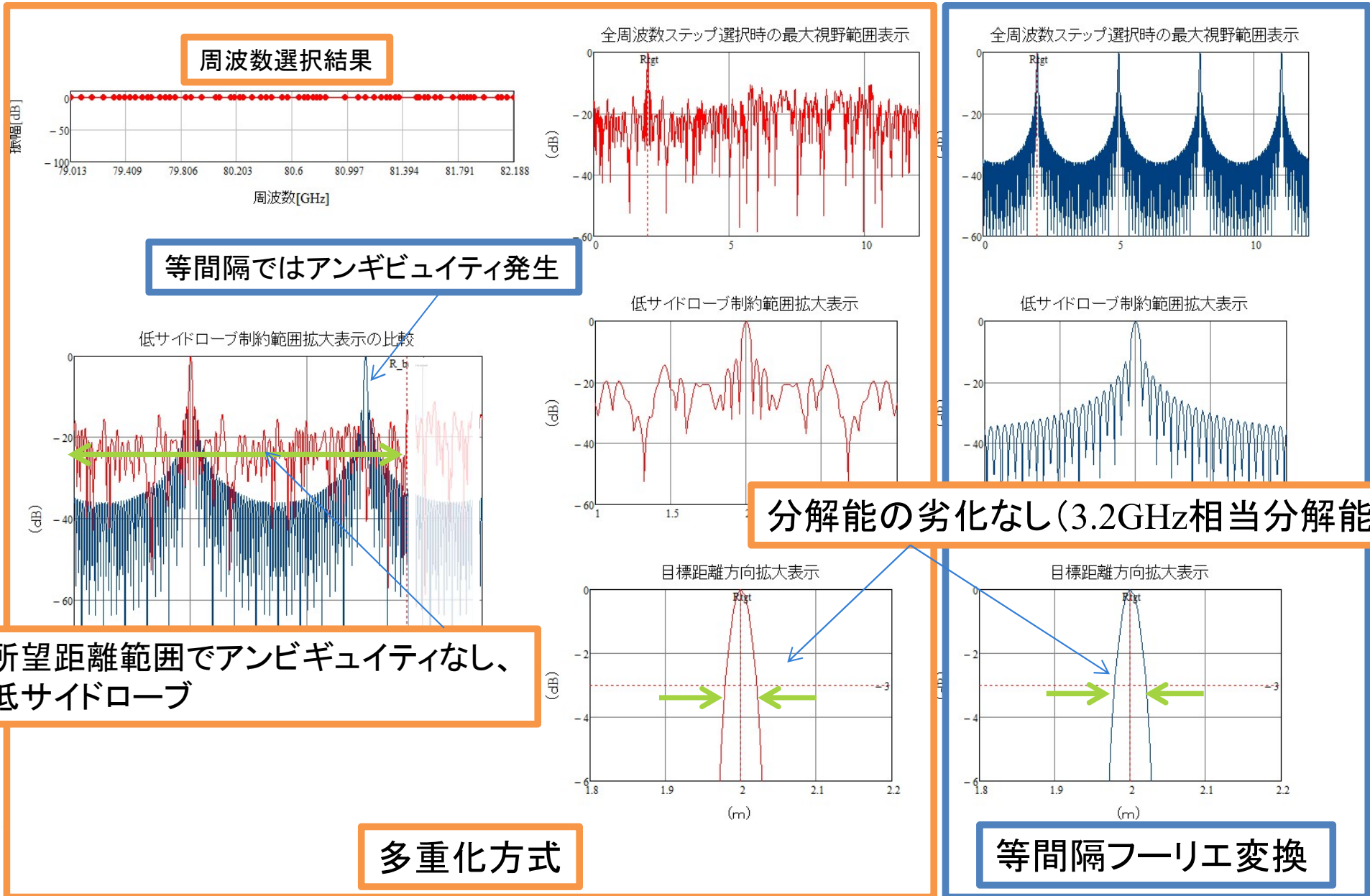
多重化方式(1) による合成帯域出力 (レーダ1)



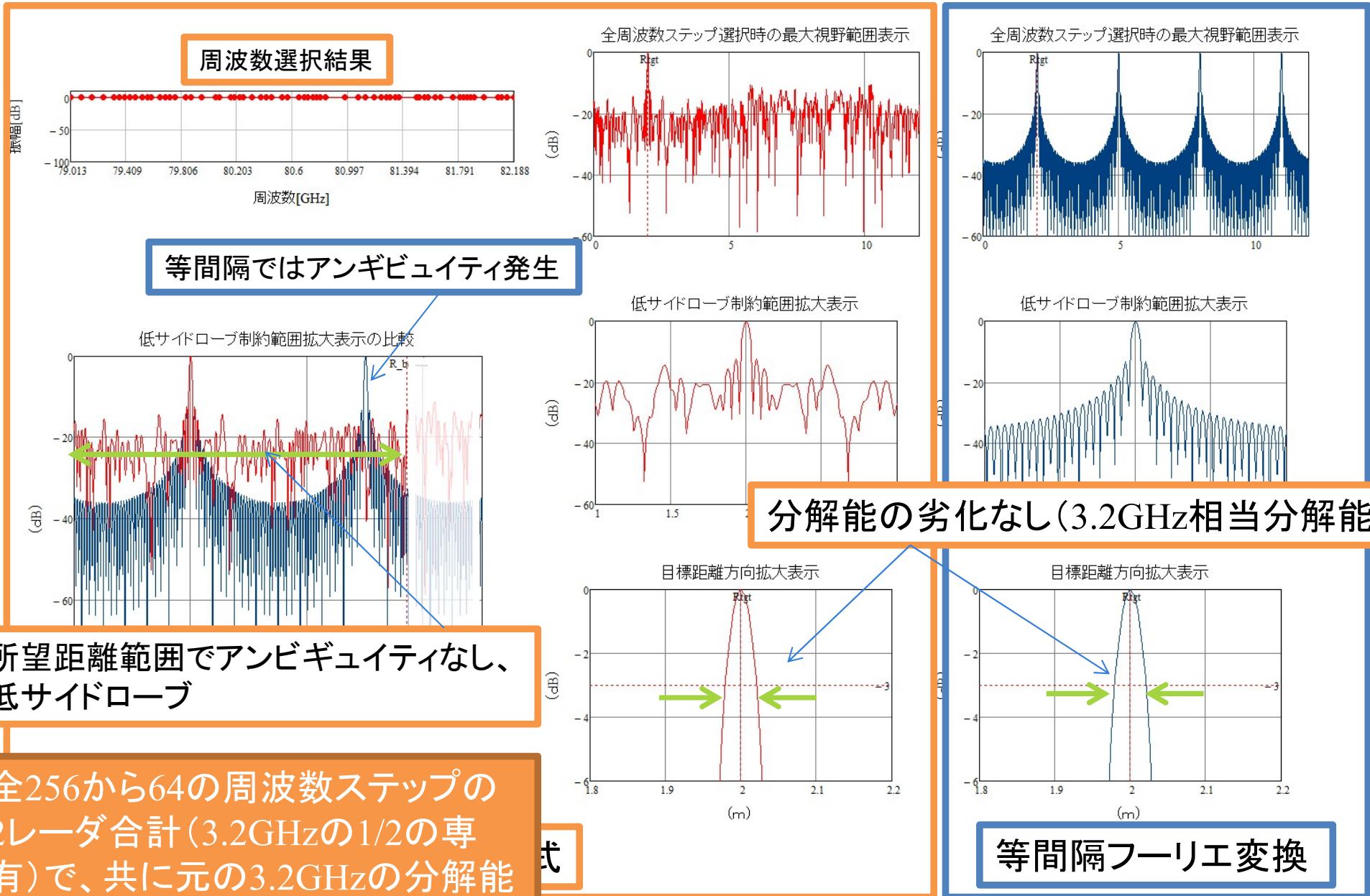
多重化方式(1) による合成帯域出力 (レーダ2)



多重化方式(1) による合成帯域出力 (レーダ2)



多重化方式(1)による合成帯域出力(レーダ2)





<http://ilab.ee.uec.ac.jp/index.html>