

新方式地中目標計測技術

陸上裝備研究所 機動技術研究部

防衛技官 荒木 完

発表内容

- 1 . 研究の背景及び目的
- 2 . 地中目標計測技術の概要
- 3 . 適応WIFについて
- 4 . 計測技術の実験的検証
- 5 . 結論

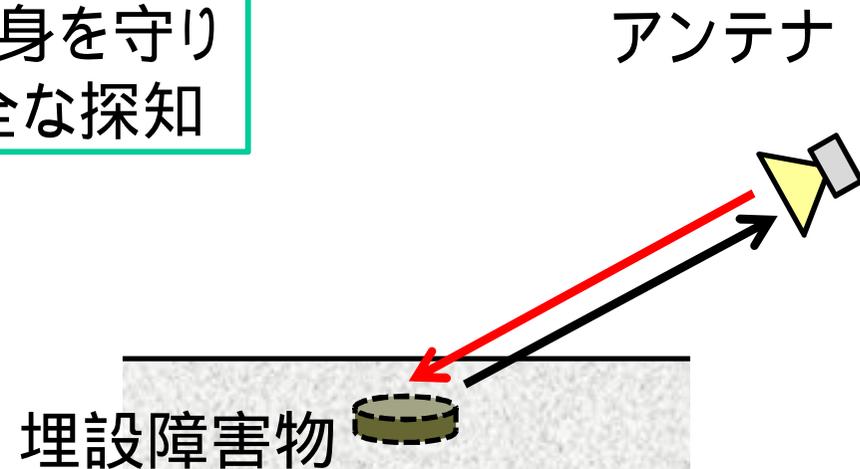
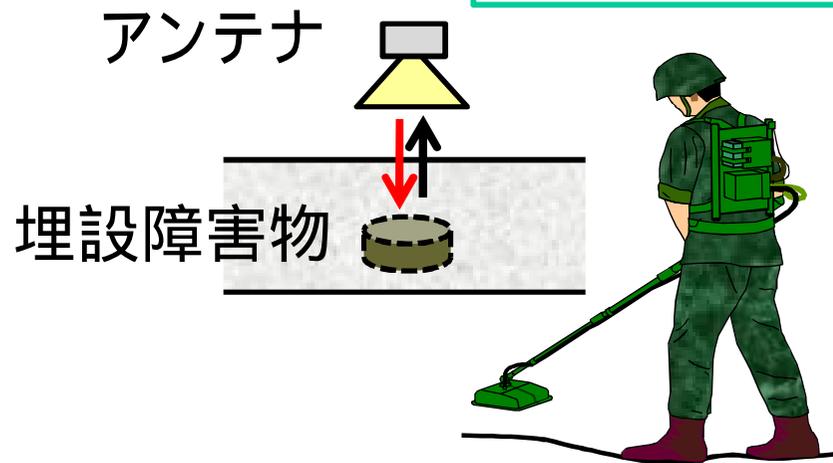
1-1 研究の背景及び目的

現状の課題 (離隔探知の必要性)

従来の障害物探知: 近接探知

将来の障害物探知: 離隔探知

遠隔起爆から身を守り
迅速かつ安全な探知

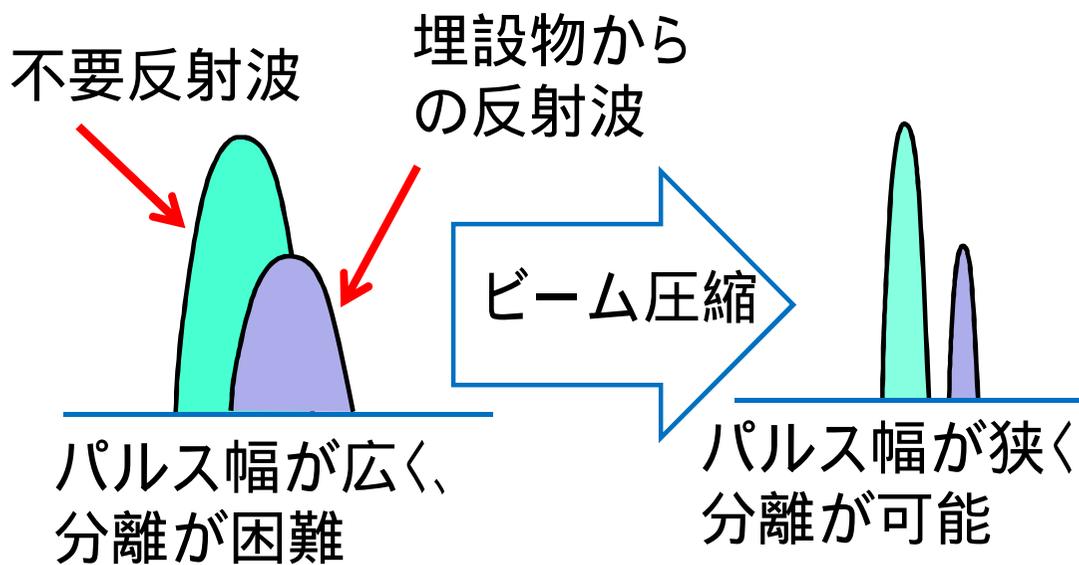


- アンテナと埋設物が近接
- 垂直入射
- 埋設物の反射波: 強

- アンテナと埋設物が離隔
- 斜入射
- 埋設物の反射波: 弱

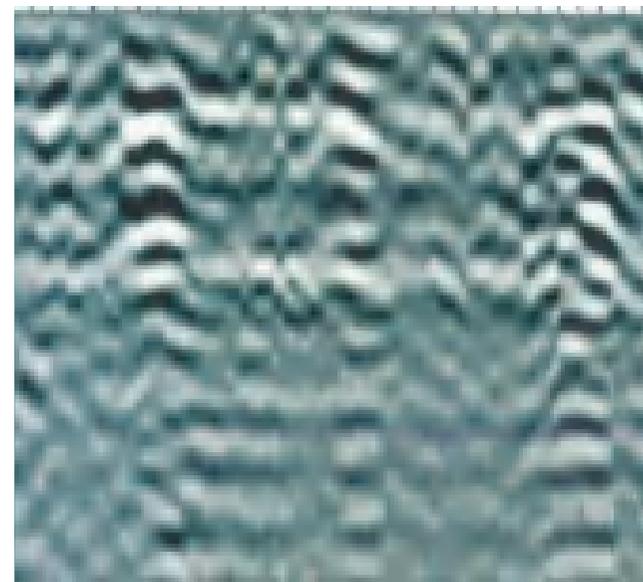
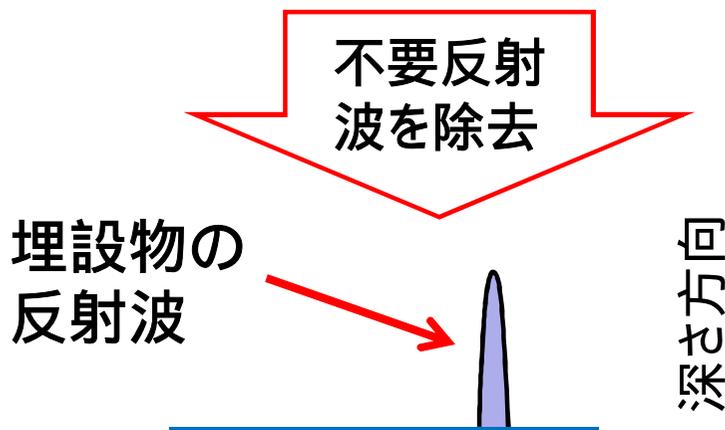
1-2 研究の背景及び目的

現状の課題 (距離分解能向上の必要性)



主な不要反射波

1. 地質の不連続性によるリングング
2. 地表面反射
3. サイドローブによる虚像
4. 多重反射



走行方向

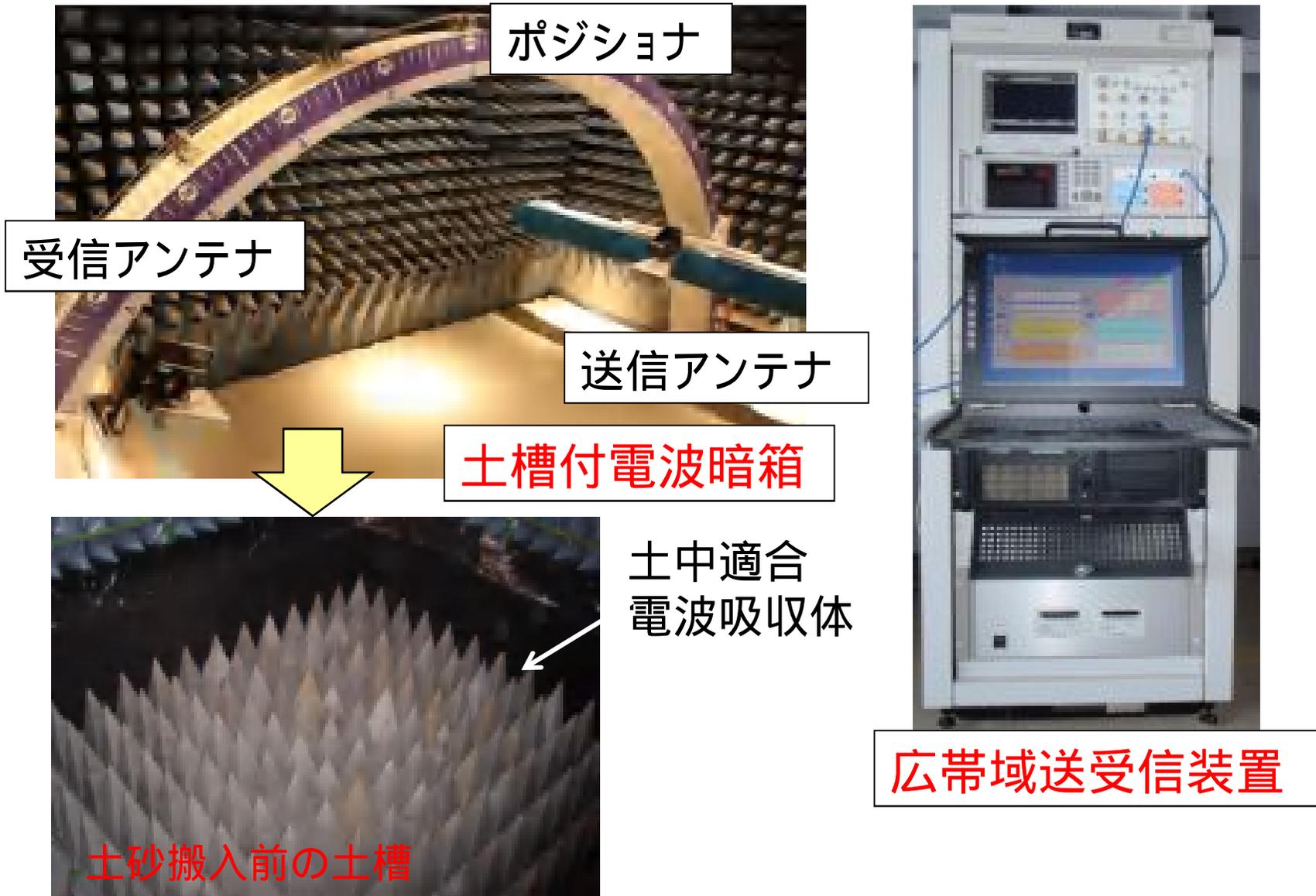
1-3 研究の背景及び目的

距離分解能向上方式の比較

	インパルス方式	適応フィルタ方式	超分解能方式
距離分解能向上	超短パルス放射	帯域限定で高分解能実現	距離に等価な超高精度な方探要
アンテナ方式	方位方向にリニアアレイ化	方位方向にリニアアレイ化	方位・仰角方向に2次元アレイ化
装置の特徴(電波使用帯域等)	超広帯域インパルス送受信	FM-CW送受信時分割制御	アンテナ俯角及びS/N劣化対応要
製造コスト	高(インパルス送受信系要)	安(FM-CW方式+S/W)	高(2次元アレイアンテナ)

2-1 地中目標計測技術の概要

測定シミュレータ

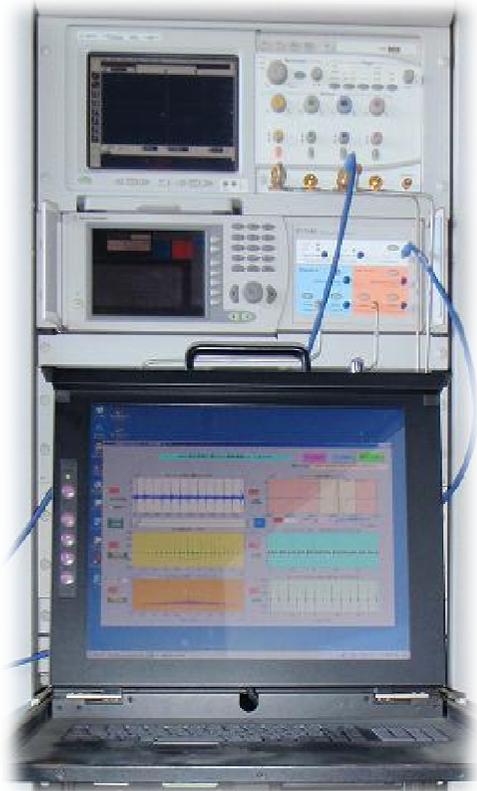


2-2 地中目標計測技術の概要

地雷散乱特性評価装置の機能・性能

広帯域パルスの送受信及び各種信号処理が可能

主な機能・性能



広帯域送受信装置

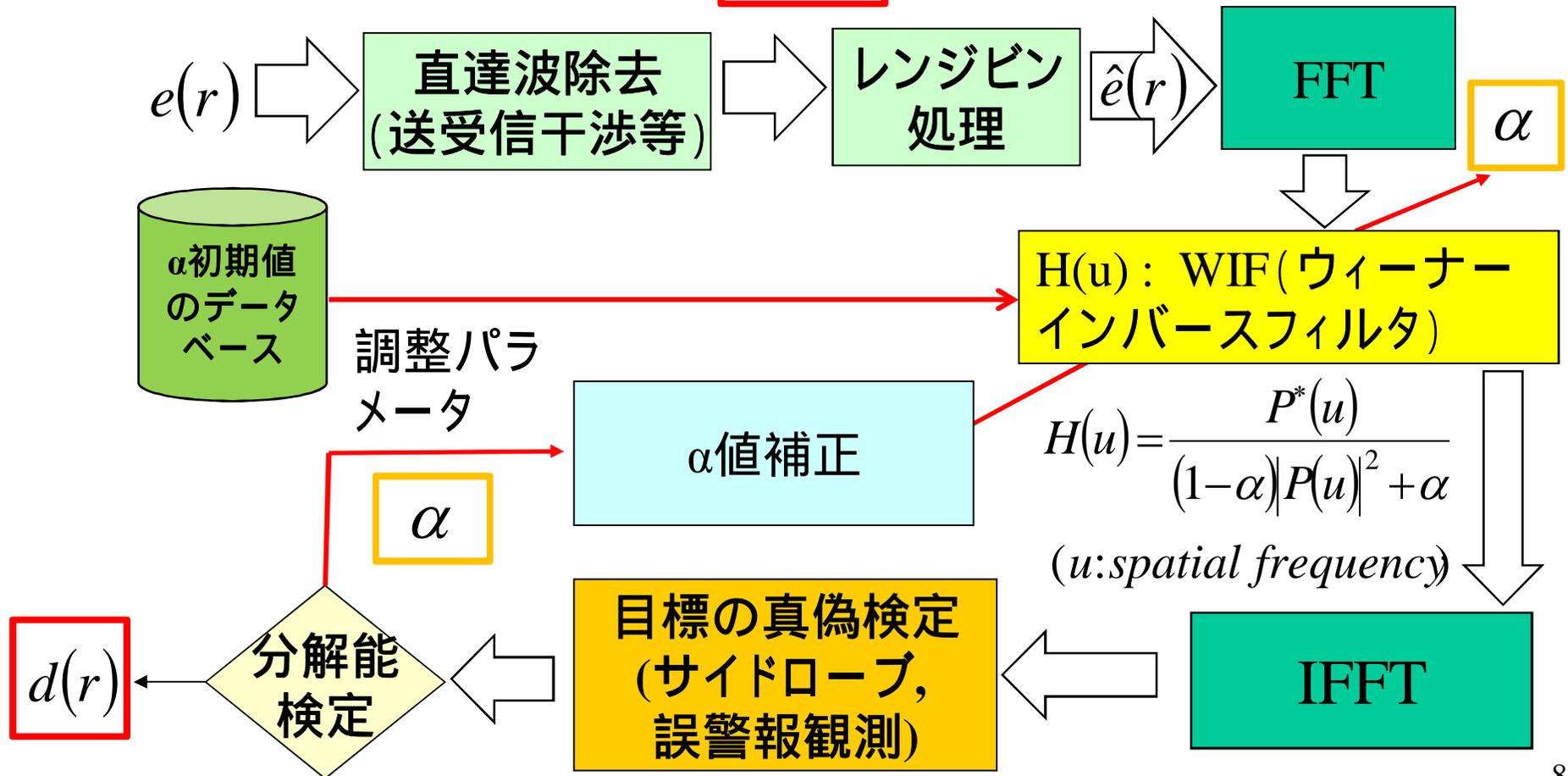
送受信周波数帯域	15MHz ~ 約3GHz
最短送信パルス幅	300ps
送受信方式	インパルス波 連続波
送信データビット列	符号化パルス
受信周波数帯域	15MHz ~ 約3GHz
受信信号処理	時間ゲート処理 自己相関処理
位置記録機能	目標物及びアンテナ位置

3-1 適応WIFについて

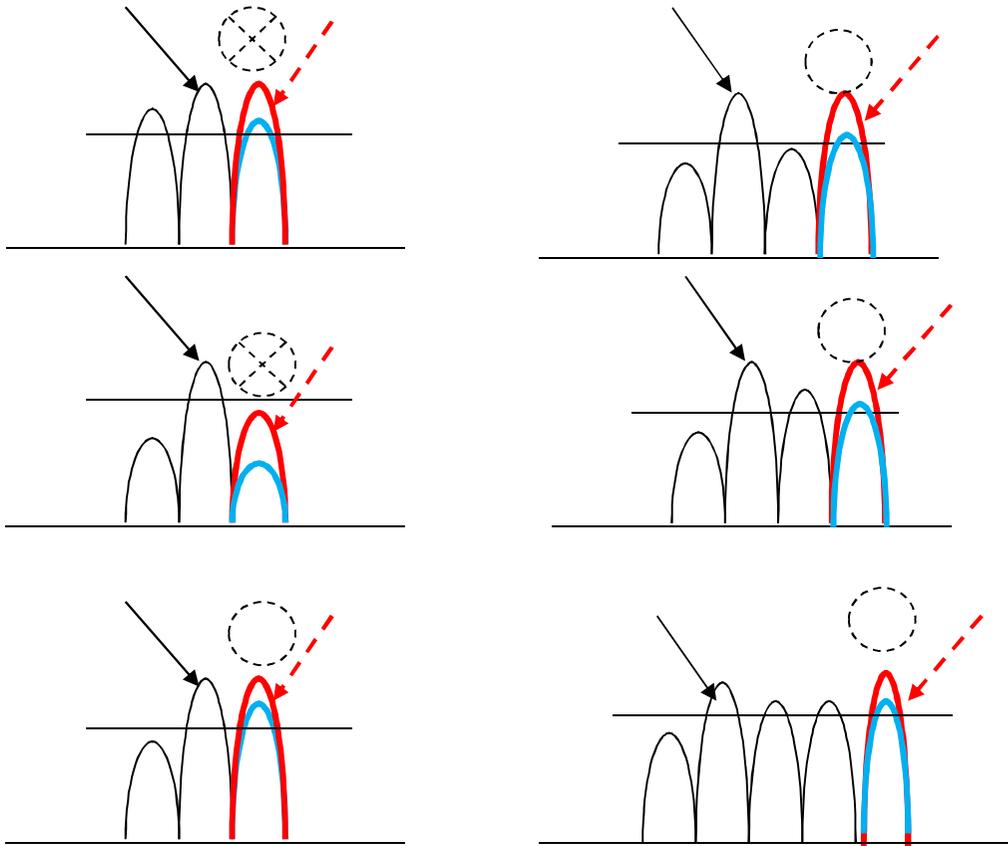
距離分解能向上手法

受信波 = 送信アンテナパターン * 重畳積分 * 目標分布関数 + 雑音及びクラッタ

$$\hat{e}(r) = p(r) * d(r) + \hat{n}(r)$$



3-2 適応WIFについて 目標の真偽の判定法例



↓ 地表面反射位置
 ↘ 地中目標位置
 ○ 目標探知
 ⊗ サイドローブ / 失探

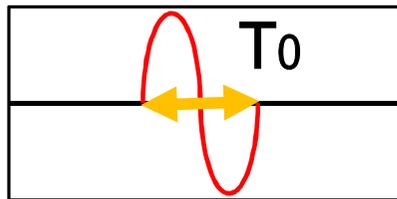
ルールベースA:
 (地表面反射と地中目標
 レベルが同程度の場合)

- (1) 地中目標とは地表面反射のピーク値より右側にある
- (2) 地表面反射のサイドローブレベルはピーク値の-3dBを超えない
- (3) 地中目標とは地表面反射のピークレベルから-3dBの水準を超える

3-3 適応WIFについて

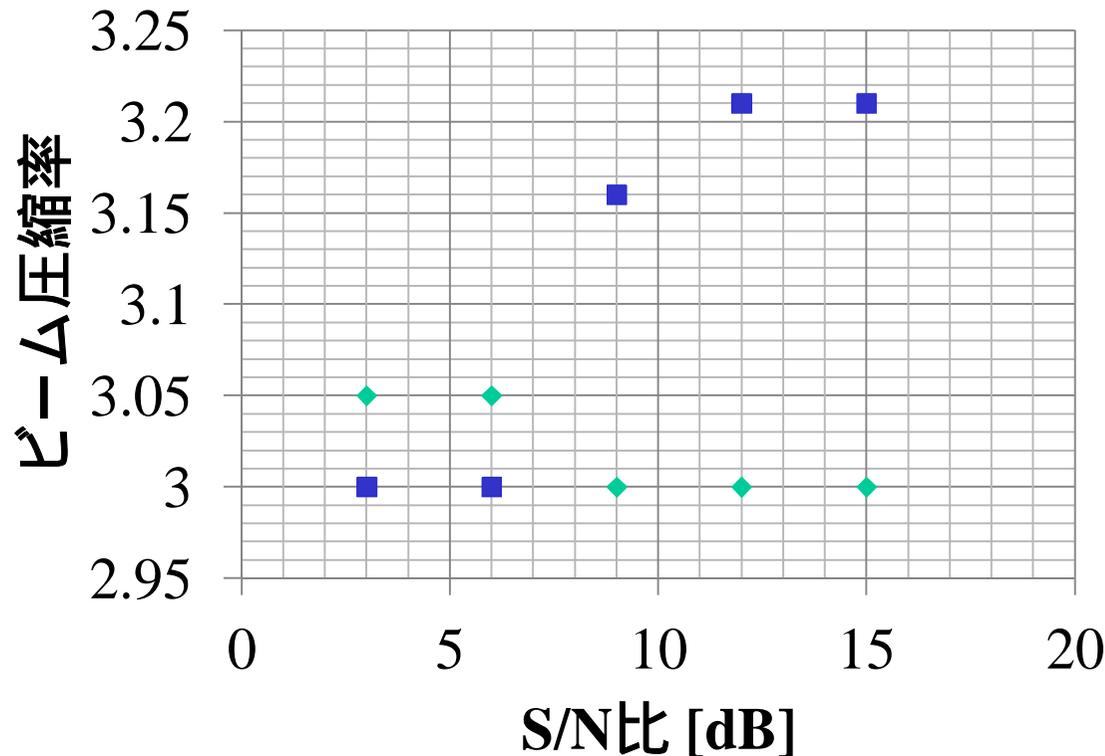
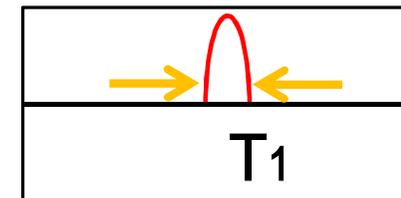
インパルス方式と適応WIF方式の性能比較(1)

送信波形



フィルタ処理

受信波形処理後

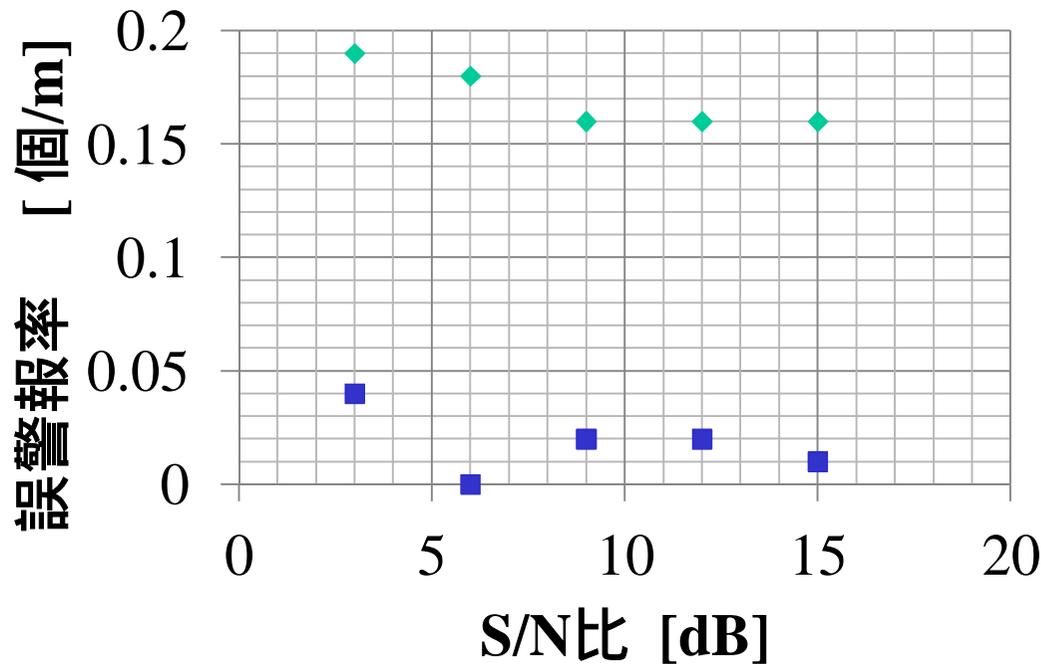
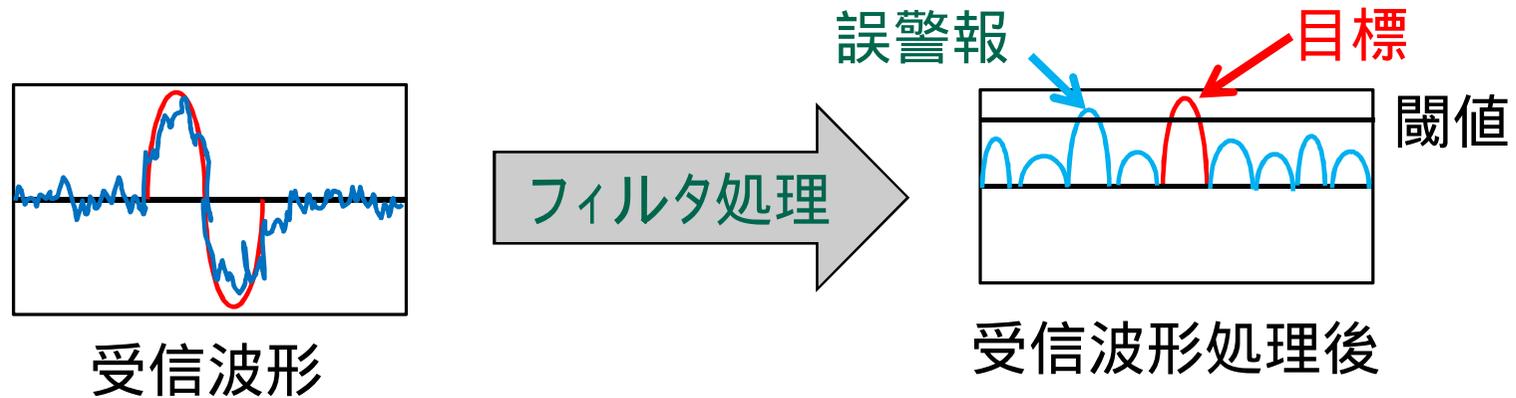


- ◆ インパルス波
(4.6GHz)+整合フィルタ
- FM-CW波(3GHz)+適応WIF

$$\begin{aligned} \text{ビーム圧縮率} \\ &= \Delta T_0 / \Delta T_1 \end{aligned}$$

3-4 適応WIFについて

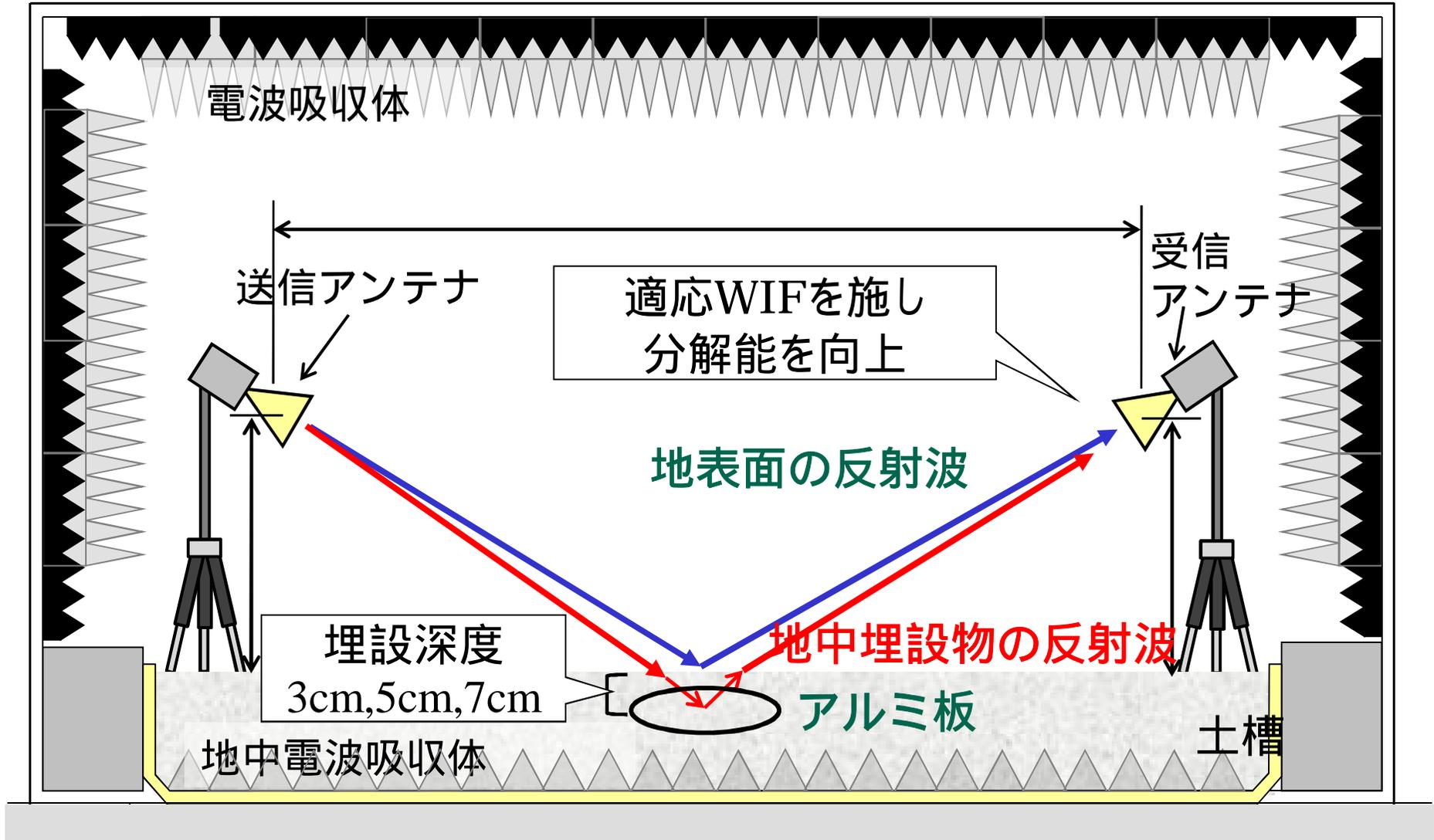
インパルス方式と適応WIF方式の性能比較(2)



- ◆ インパルス波 (4.6GHz)+整合フィルタ
- FM-CW波 (3GHz)+適応WIF

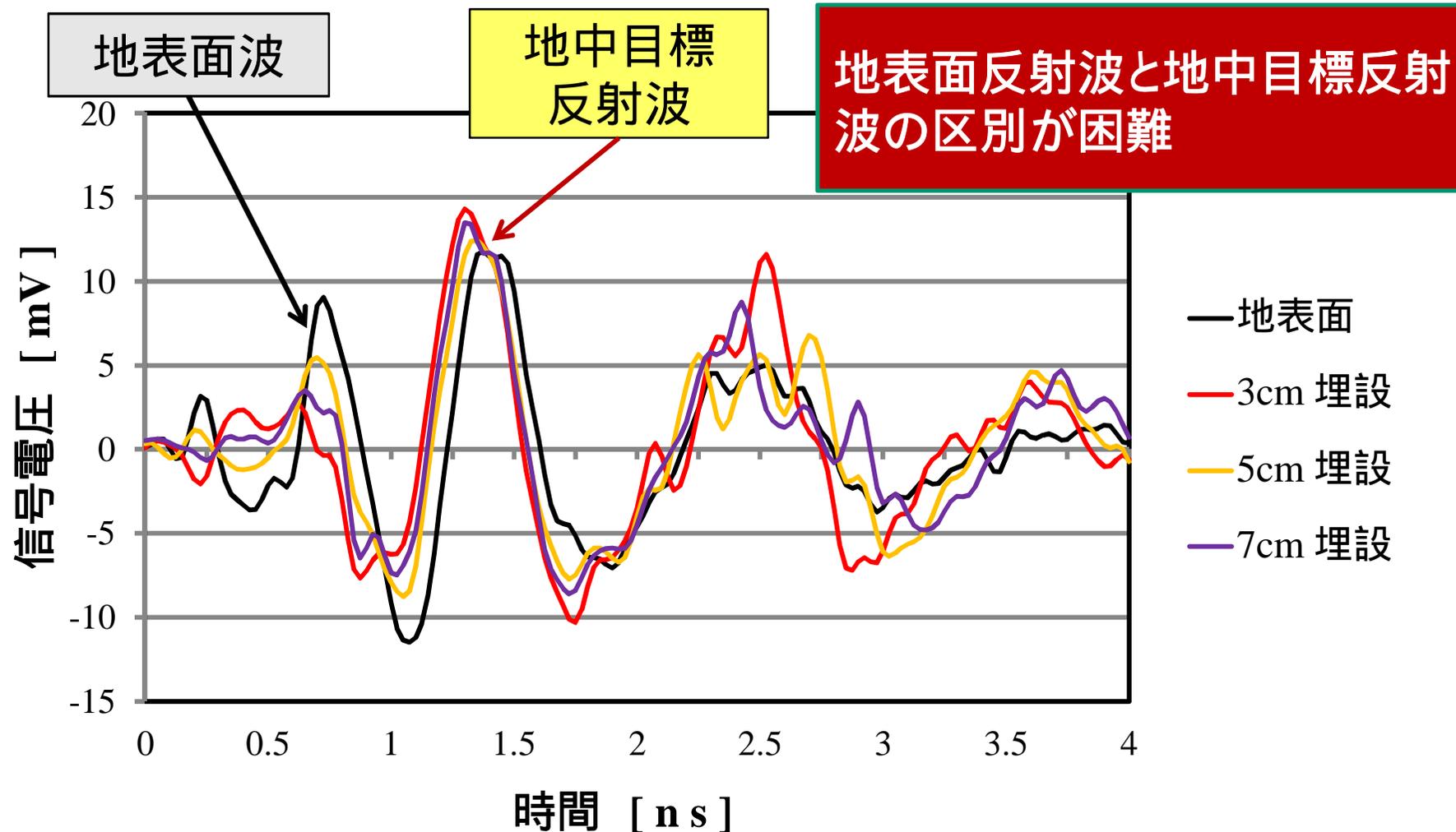
4-1 計測技術の実験的検証

高分解能化処理の実験条件



4-2 計測技術の実験的検証

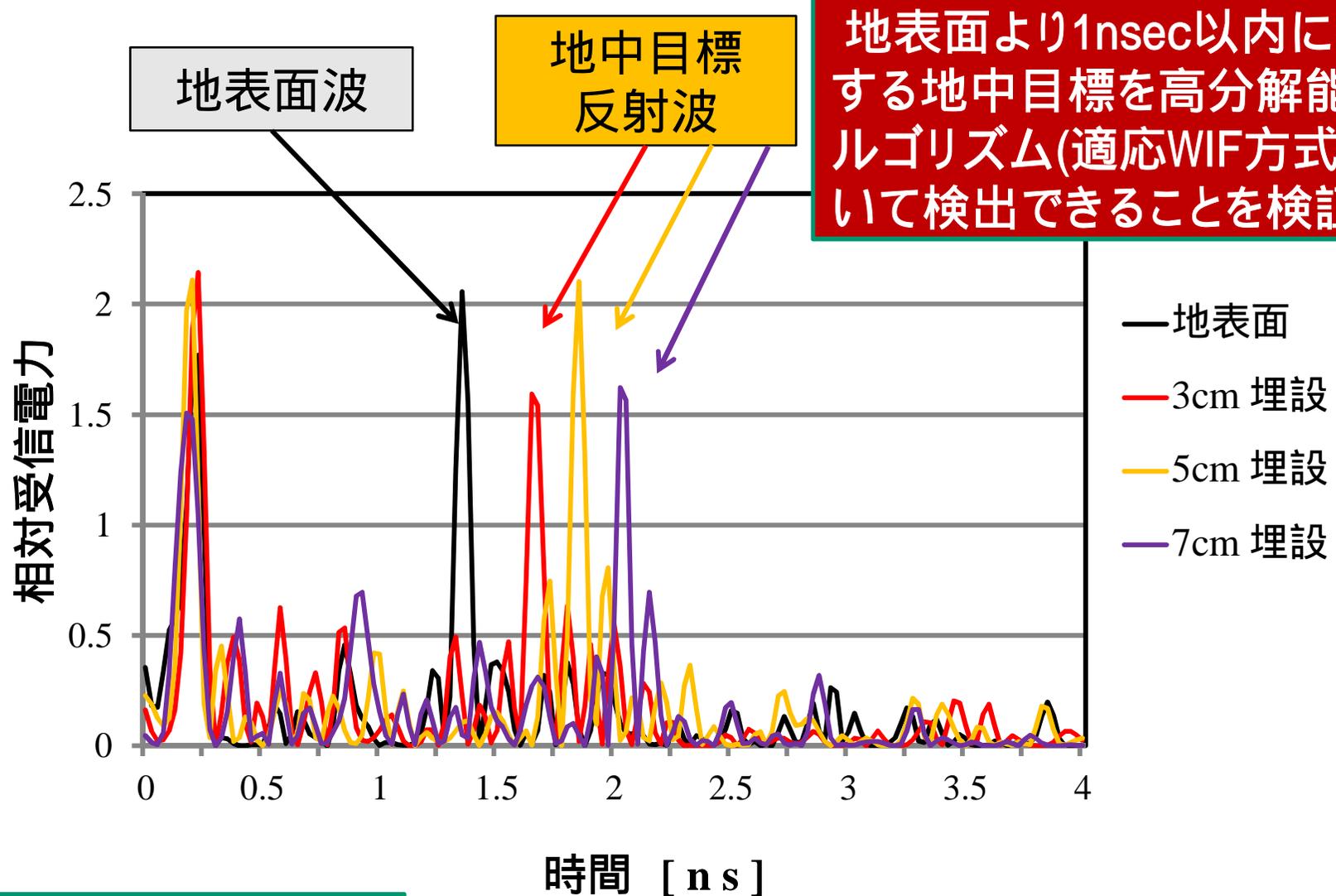
適応WIFによる高分解能化処理の実験結果



高分解能化処理前

4-3 計測技術の実験的検証

適応WIFによる高分解能化処理の実験結果



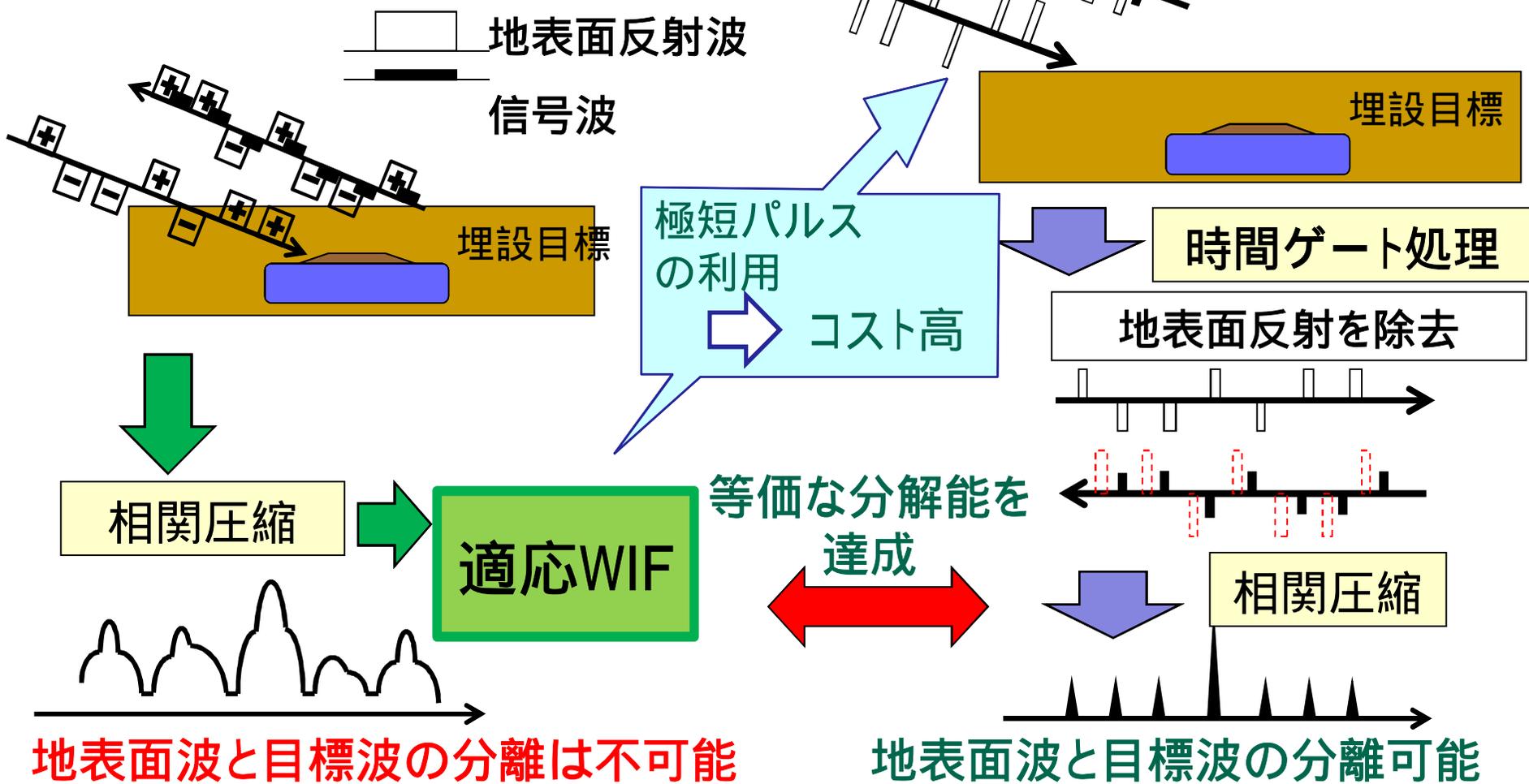
高分解能化処理後

4-4 計測技術の実験的検証

強い地中減衰への対応(パルス圧縮 + 適応WIF)

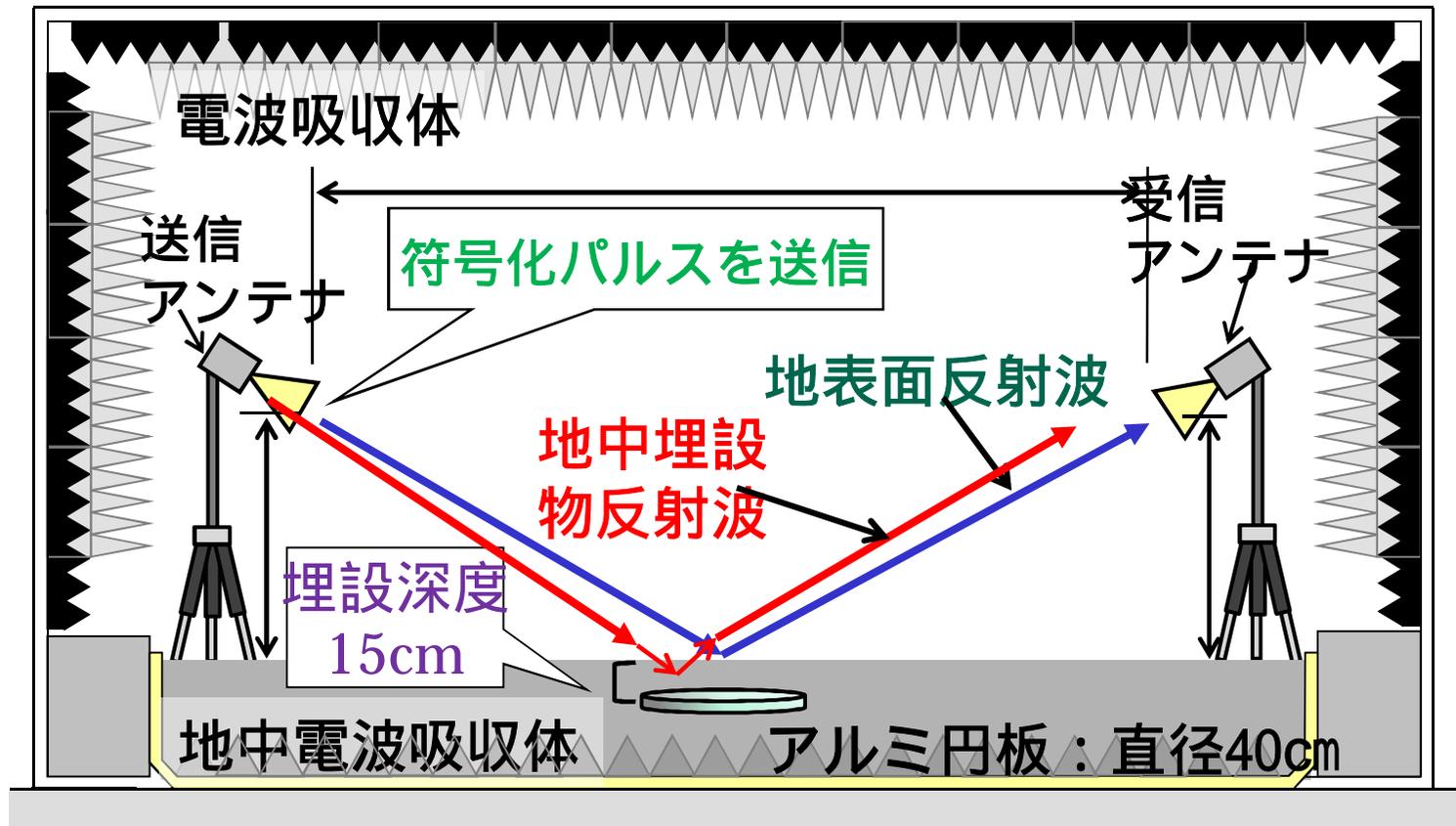
強い地中減衰にはパルス圧縮による電力増大で対応

H/Wによる極短パルス
パルスの利用



4-5 計測技術の実験的検証 パルス圧縮による尖頭電力の増大

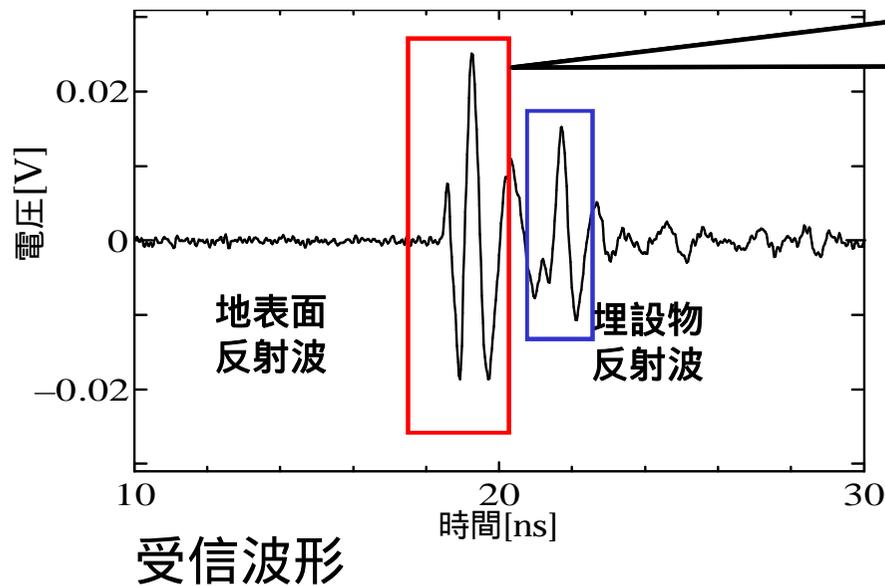
送信パルスに0、 の位相変調を加えた符号化パルス「+ + + + +
+ - - + + - + - +」を送信する。積み上げられた尖頭電力は13となる。



実験条件

4-6 計測技術の実験的検証

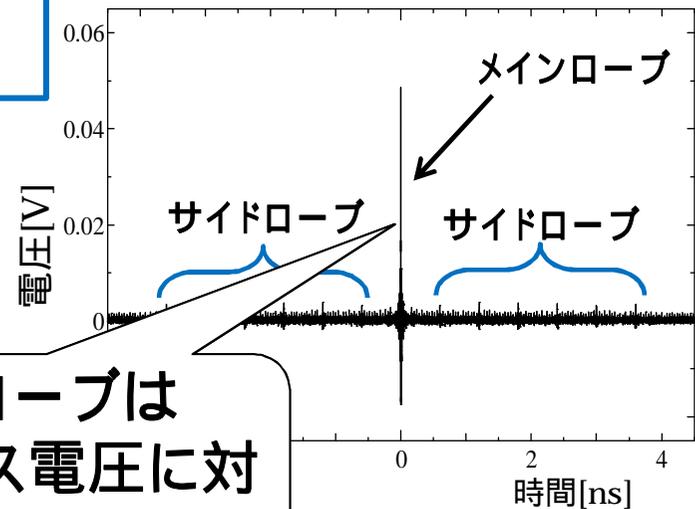
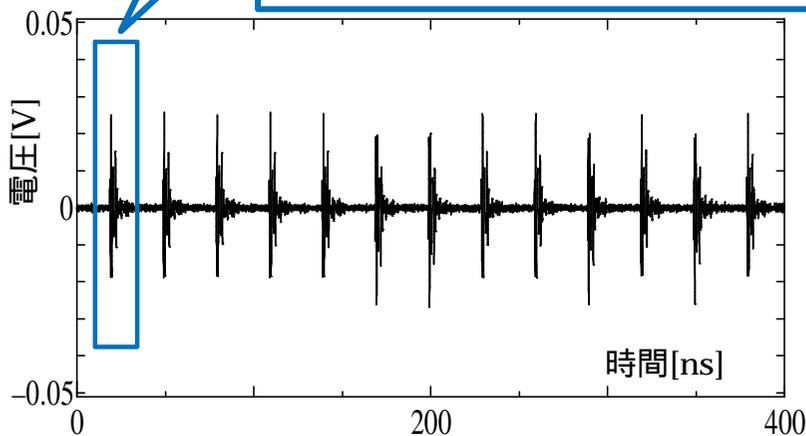
パルス圧縮による実験結果



時間ゲート処理により、地表面反射波を除去

2値符号化パルス圧縮

圧縮率=12.6



メインローブは送信パルス電圧に対して約13倍を検証

結 論

1. 土中に適合した電波暗箱及び安定した極短パルス波が送信可能な測定系を構成することにより、離隔探知方式での地中埋設物の正確な探知評価を可能とする計測技術を確立した。
2. 適応WIFの考案により、電波使用帯域を拡大することなく、誤警報を抑圧し距離方向の高分解能化が容易に実現できることを可能にした。
3. パルス圧縮により、地中減衰が強い環境においても高い尖頭電力を直接放射することなく、地中目標の検出が可能であることを検証した。
4. 今後は野外データの取得により、クラッタによる誤警報率の測定を行う。