

海洋レーダ装置とノイズに関する一検討

平野 圭蔵 伊藤 浩之 藤田 裕一 小海 尊宏

長野日本無線（株）

はじめに

2011年度

『海洋レーダのリアルタイムデータ処理に関する一検討』

2012年度

『津波観測のための海洋レーダの改良』

2013年度

(観測開始)

『海洋レーダ装置とノイズに関する一検討』

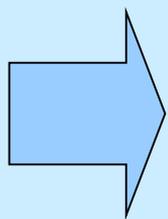
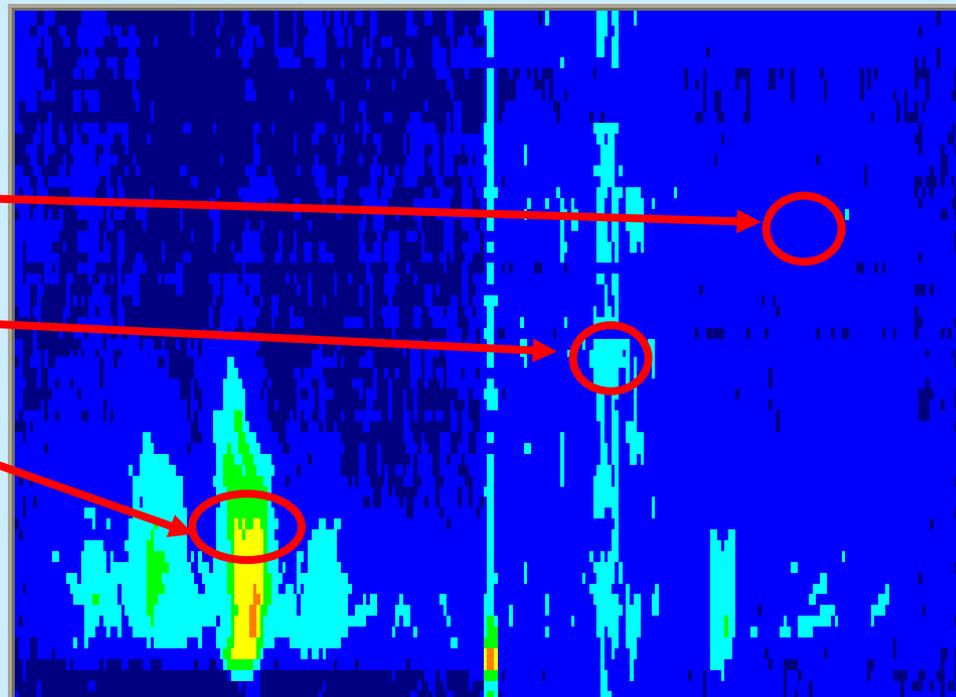
2014年度

(ご報告)

目的

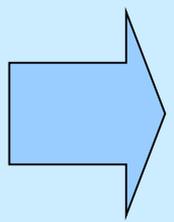
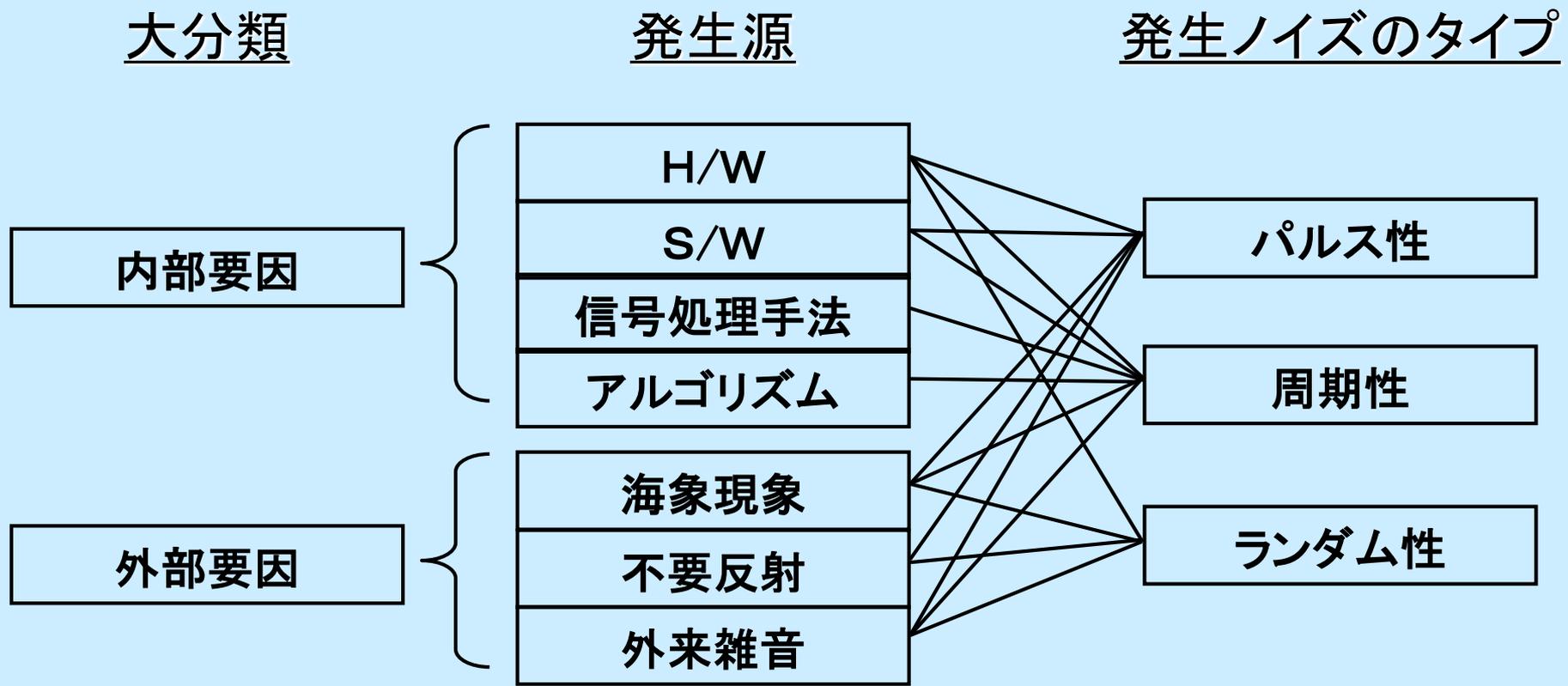
▶ ドップラ成分の抽出を妨げる要素(ノイズ)を軽減する

- ノイズフロアの低減
- ターゲット波形以外の除去
- ドップラスペクトルのひと山化



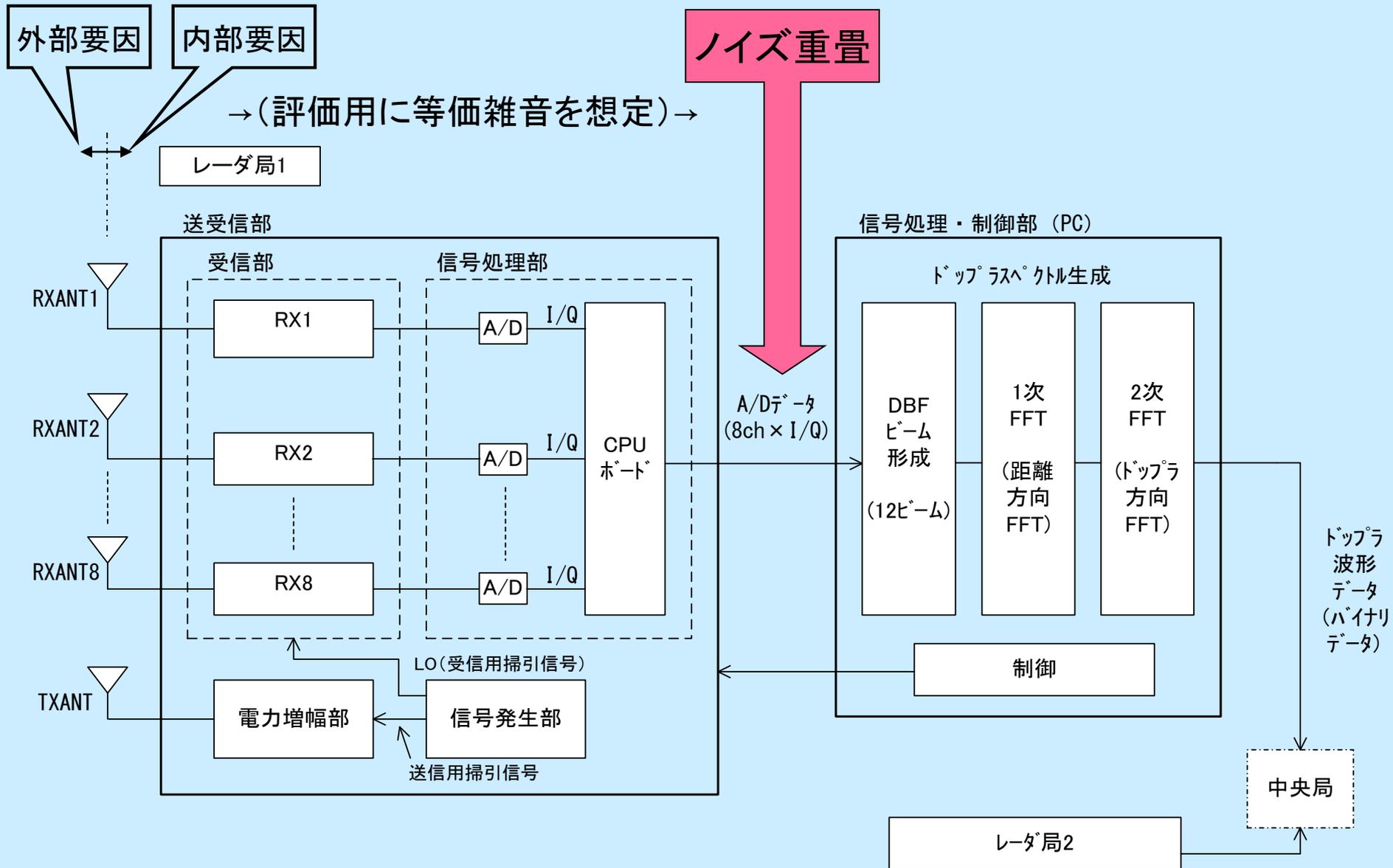
発生要因の解明が必要

ノイズ発生要因の分類

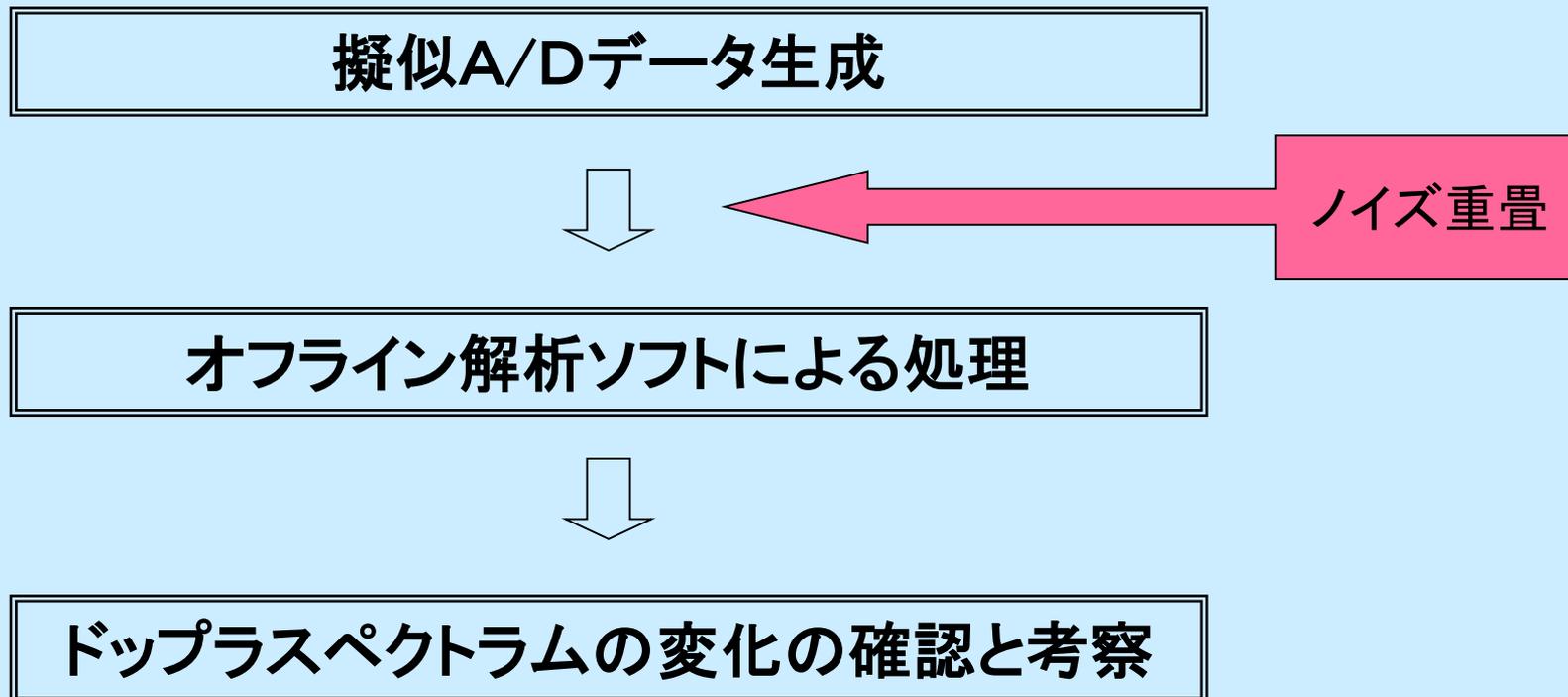


あえてノイズをA/Dデータに重畳させ、
ドップラスペクトルへの影響を評価し、
発生源を推測する

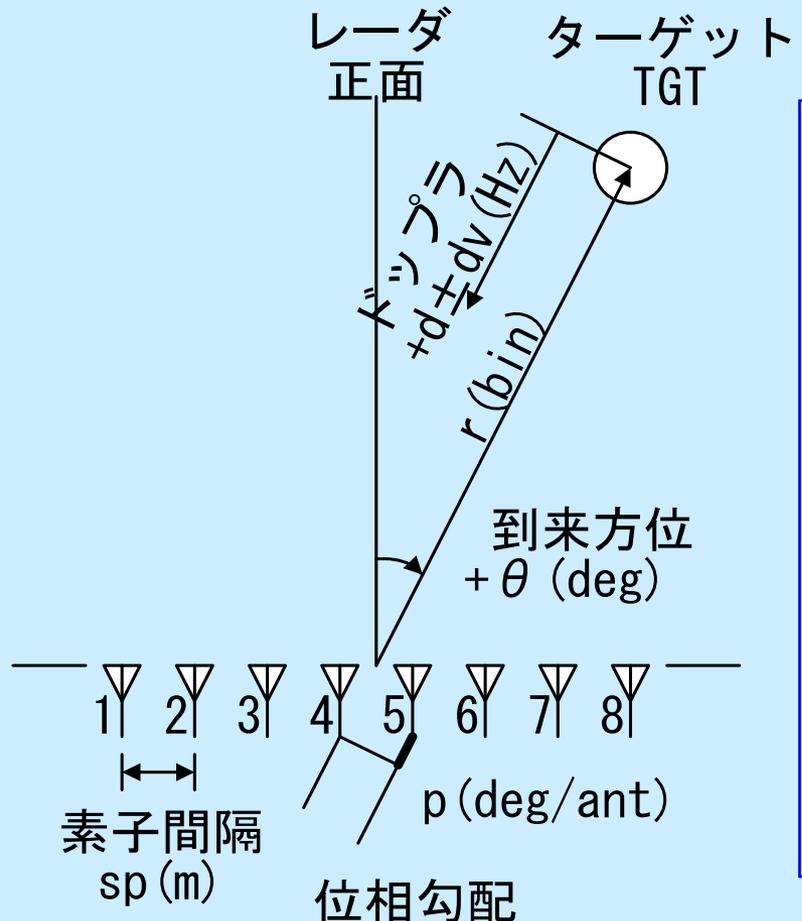
<参考>DBF方式ブロック図



検証手順



擬似A/Dデータの計算モデル①



共通パラメータ
 SWP: 掃引回数 (2^M)
 FRQ: 周波数方向データ数 (2^N)

ターゲットパラメータ
 全てのターゲットについて個別に指定する。
 (ADデータは全ターゲットのベクトル和)
 r : ターゲットまでの距離 (レンジbin)
 p : 到来方位から計算される位相勾配 (deg/ant)
 p_v : 位相勾配の揺らぎ (標準偏差, deg)
 d : ドップラ周波数 (Hz)
 dv : ドップラ周波数の揺らぎ (標準偏差, Hz)

$$p \pm p_v = 360 \text{deg} * (sp * \sin \theta) / \lambda \pm dp$$

擬似A/Dデータの計算モデル②

共通パラメータ

FLR: 雑音の振幅 (相対実効電圧, V)

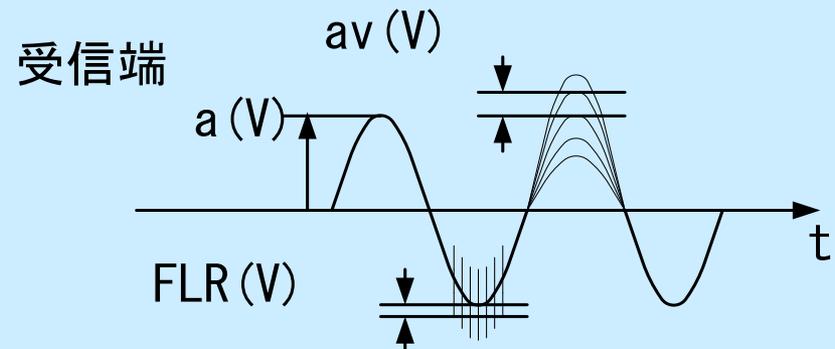
ターゲットパラメータ

全てのターゲットについて個別に指定する。

(ADデータは全ターゲットのベクトル和)

a : ターゲットからの信号振幅 (相対実効電圧, V)

av : ターゲットからの信号振幅の揺らぎ (標準偏差, V)



擬似A/Dデータの計算パラメータ

共通パラメータ

計算条件として1回設定する。

SWP: 掃引回数 (2^M)

FRQ: 周波数方向データ数 (2^N)

FLR: 雑音の振幅 (相対実効電圧, V)

ターゲットパラメータ

全てのターゲットについて個別に指定する。

(ADデータは全ターゲットのベクトル和)

r: ターゲットまでの距離 (レンジbin)

p: 到来方位から計算される位相勾配 (deg/ant)

pv: 位相勾配の揺らぎ (標準偏差, deg)

a: ターゲットからの信号振幅 (相対実効電圧, V)

av: ターゲットからの信号振幅の揺らぎ (標準偏差, V)

d: ドップラ周波数 (Hz)

dv: ドップラ周波数の揺らぎ (標準偏差, Hz)

<参考>表示色

表示色設定 ✕

スレッショールド

<input type="text" value="0"/>	dB以下		色の変更
<input type="text" value="0"/>	～ <input type="text" value="10"/>	dB 	色の変更
<input type="text" value="10"/>	～ <input type="text" value="20"/>	dB 	色の変更
<input type="text" value="20"/>	～ <input type="text" value="30"/>	dB 	色の変更
<input type="text" value="30"/>	～ <input type="text" value="40"/>	dB 	色の変更
<input type="text" value="40"/>	～ <input type="text" value="50"/>	dB 	色の変更
<input type="text" value="50"/>	～ <input type="text" value="60"/>	dB 	色の変更
<input type="text" value="60"/>	dB以上		色の変更

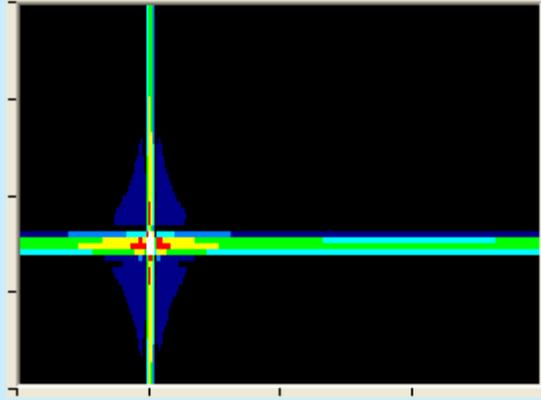
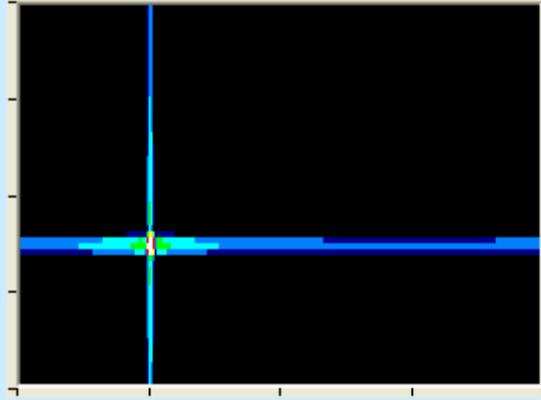
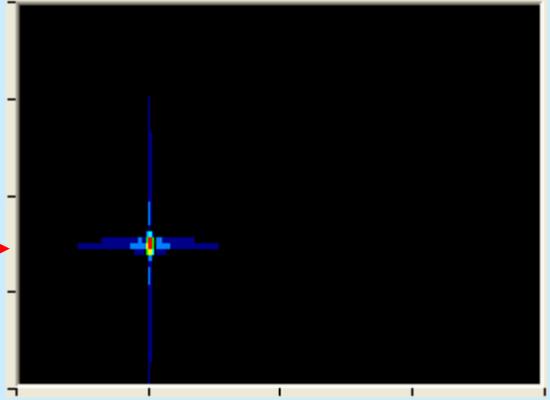
擬似ターゲットの確認

- ✓ 擬似ターゲットを設定 (方位: beam6、距離: Rbin24 (36km地点)、ドップラ周波数: -0.505Hz)
- ✓ ターゲット位置に現れ、振幅に対応したスペクトラムの変化を確認した

振幅: $a=1e-5V_{rms}$

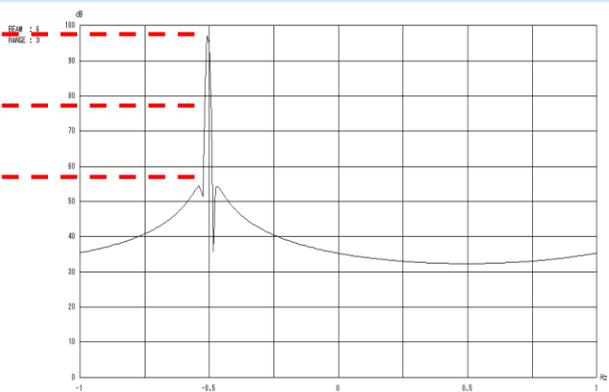
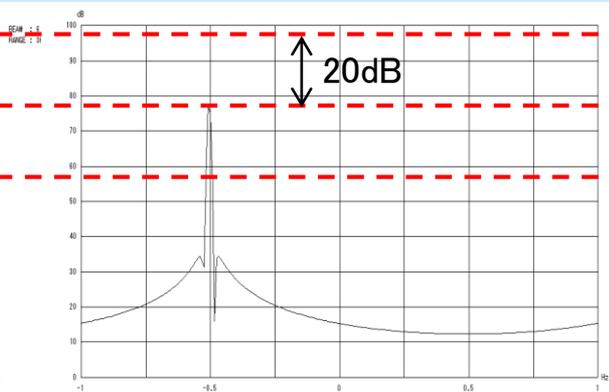
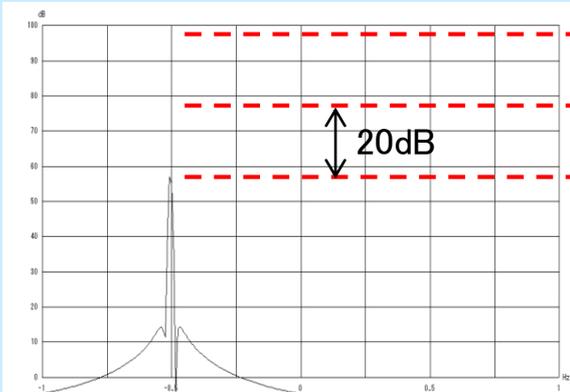
振幅: $a=1e-4V_{rms}$

振幅: $a=1e-3V_{rms}$



(縦軸=距離 Rbin0=0km[下端]~Rbin64=96km[上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz[左端]~+1Hz[右端])

[36km地点]のドップラスペクトラム



(縦軸=スペクトル密度 0dB [下端]~+100dB[上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz[左端]~+1Hz[右端])

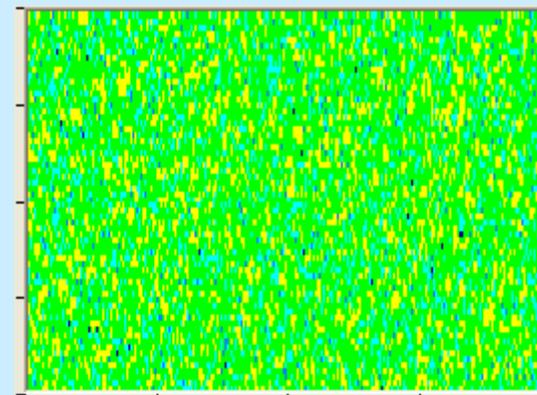
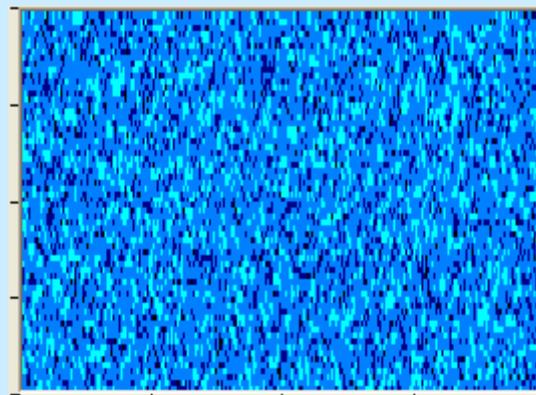
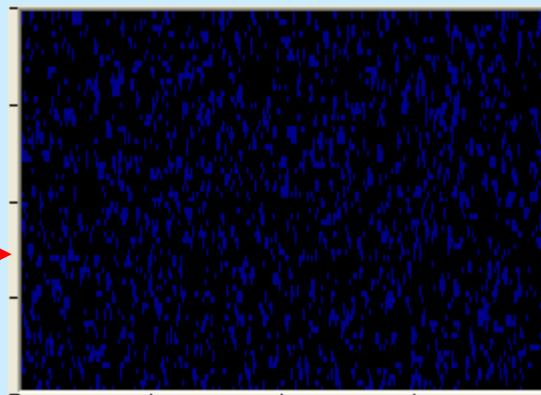
ランダム性ノイズ (FLR) の確認

- ✓ 擬似ターゲットを設定 (ランダムノイズ)
- ✓ ノイズフロアパラメータFLRの指定に対応した広帯域雑音レベルの変化を確認した

振幅: $a=1e-5V_{rms}$

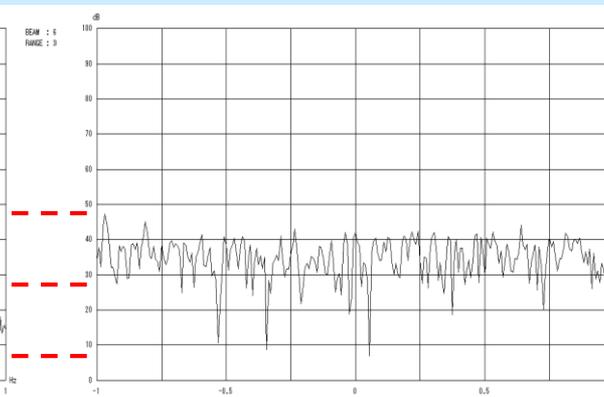
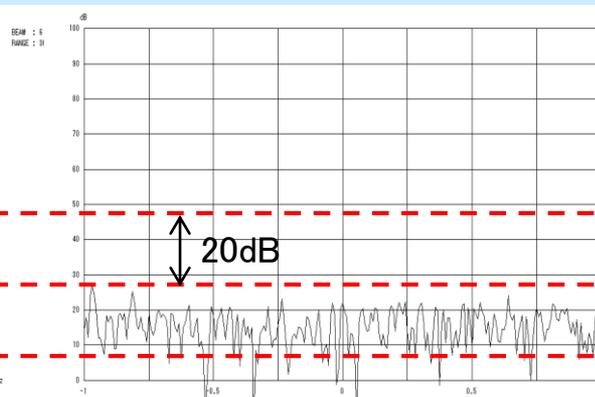
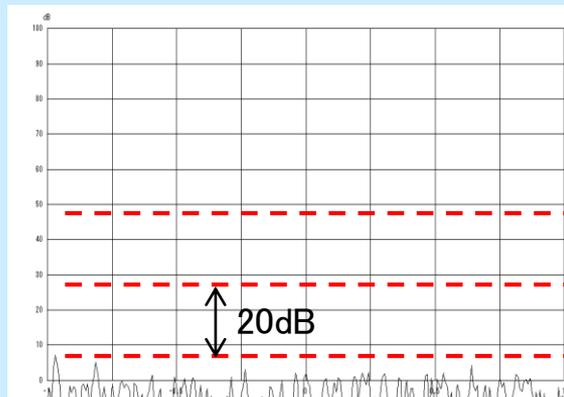
振幅: $a=1e-4V_{rms}$

振幅: $a=1e-3V_{rms}$



(縦軸=距離 Rbin0=0km[下端]~Rbin64=96km[上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz[左端]~+1Hz[右端])

[36km地点]のドップラスペクトラム

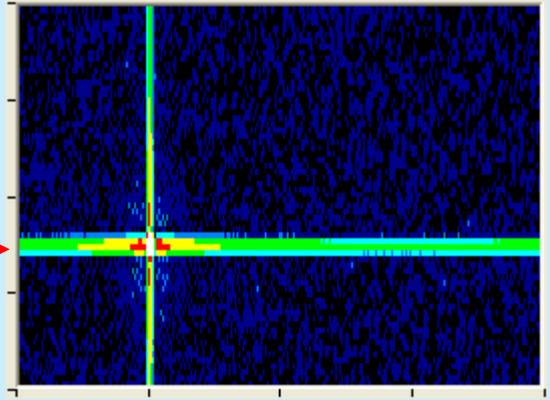


(縦軸=スペクトル密度 0dB [下端]~+100dB[上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz[左端]~+1Hz[右端])

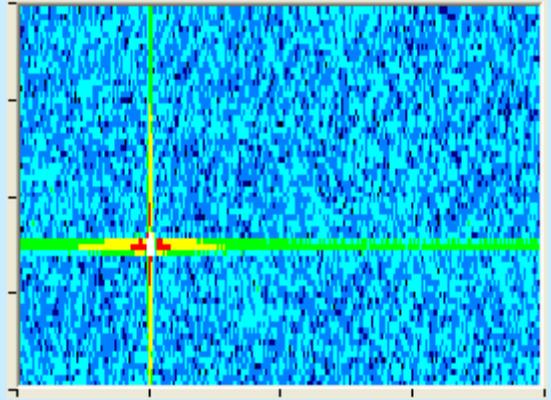
振幅揺らぎ (TGTのav)

- ✓ 擬似ターゲット (距離: Rbin24 (36km地点)、ドップラ周波数: -0.505Hz 、振幅: $1e-3\text{Vrms}$)
- ✓ 振幅に揺らぎ (ランダムに振幅変調) を与えたところ、揺らぎの振幅に応じてノイズが増加することを確認した → ノイズフロアの上昇と等価

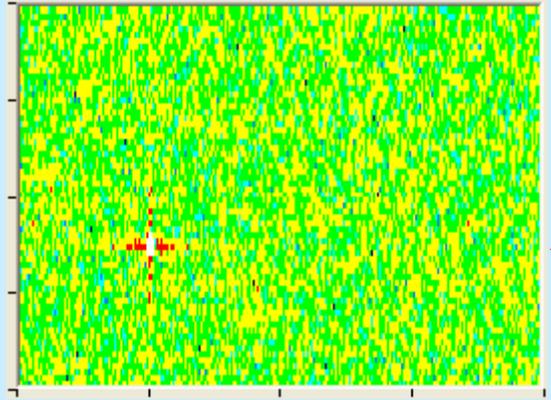
ノイズ振幅: $a=1e-5\text{Vrms}$



ノイズ振幅: $a=1e-4\text{Vrms}$

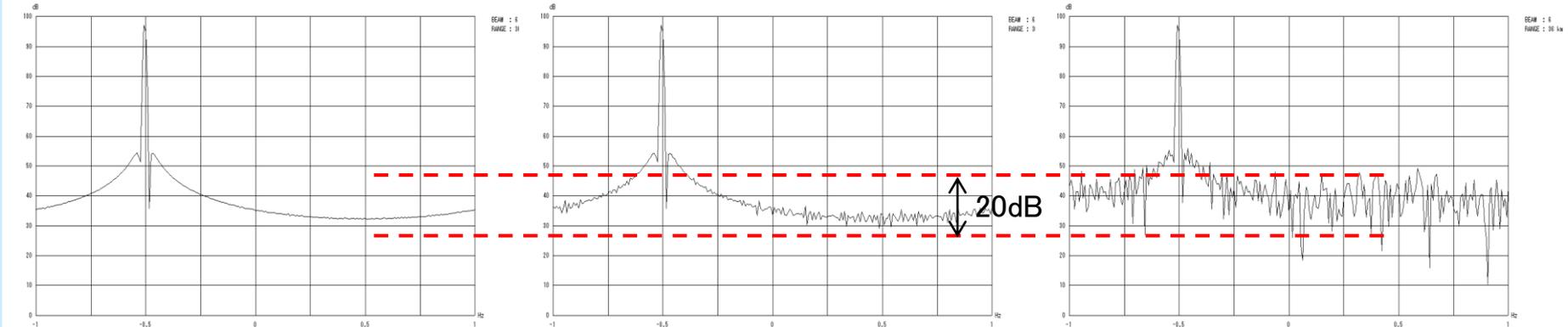


ノイズ振幅: $a=1e-3\text{Vrms}$



(縦軸=距離 Rbin0=0km[下端]~Rbin64=96km[上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz [左端]~ $+1\text{Hz}$ [右端])

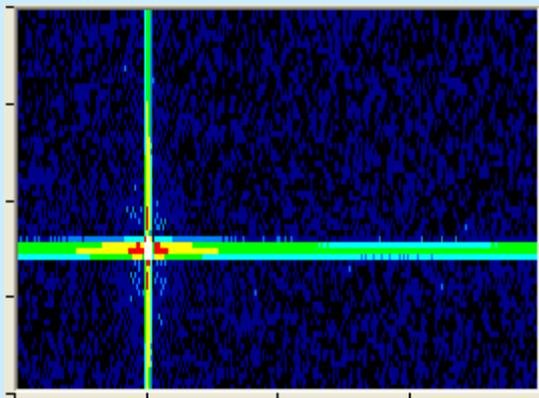
[36km地点]のドップラスペクトラム



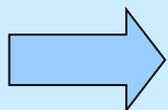
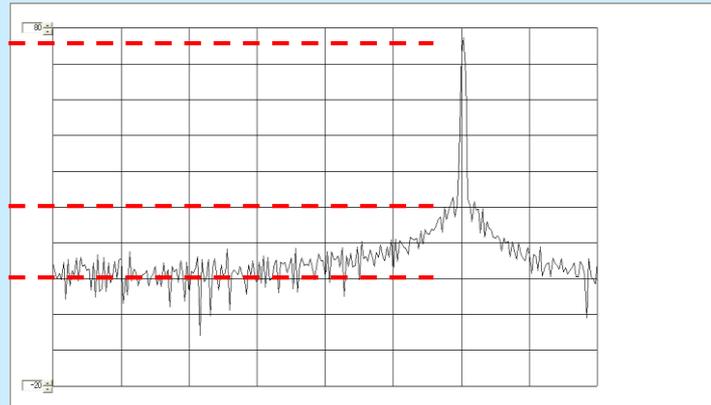
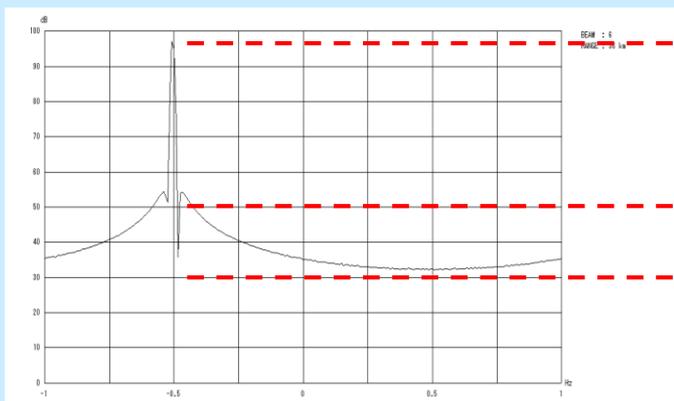
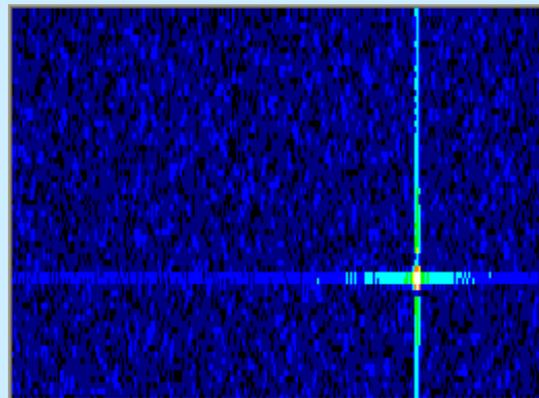
(縦軸=スペクトル密度 0dB [下端]~+100dB[上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz [左端]~ $+1\text{Hz}$ [右端])

<比較例>

擬似ターゲット＋振幅ノイズ



キャリブレーション信号入力



値は妥当か、定量的な評価が必要

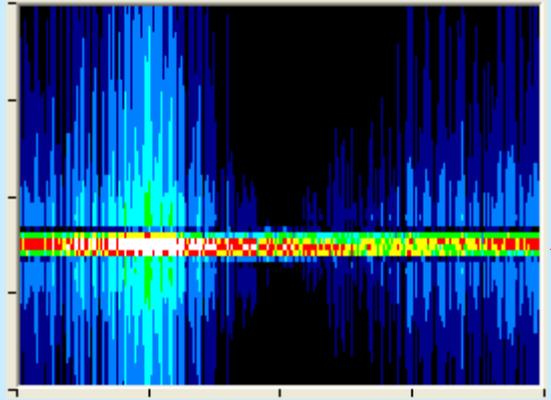
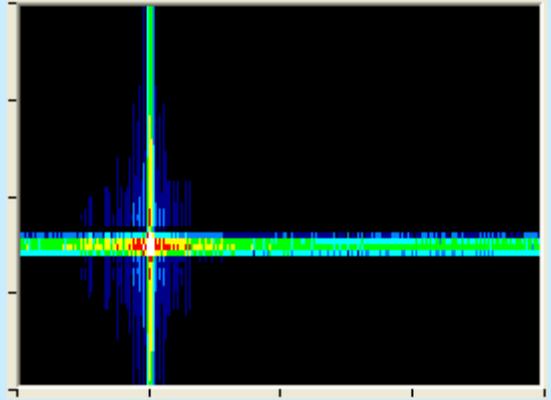
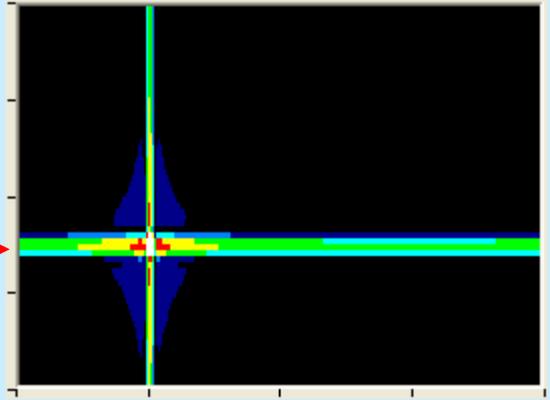
ドップラ周波数揺らぎ (TGTのdv)

- ✓ 擬似ターゲット (距離: Rbin24 (36km地点)、ドップラ周波数: -0.505Hz 、振幅: $1e-3\text{Vrms}$)
- ✓ ドップラ周波数揺らぎパラメータdvの指定値に従って、スペクトルピーク近傍の狭帯域雑音レベルが変化した → 揺らぎ周波数幅分ドップラスペクトルが分散傾向

dv=0 (揺らぎなし)

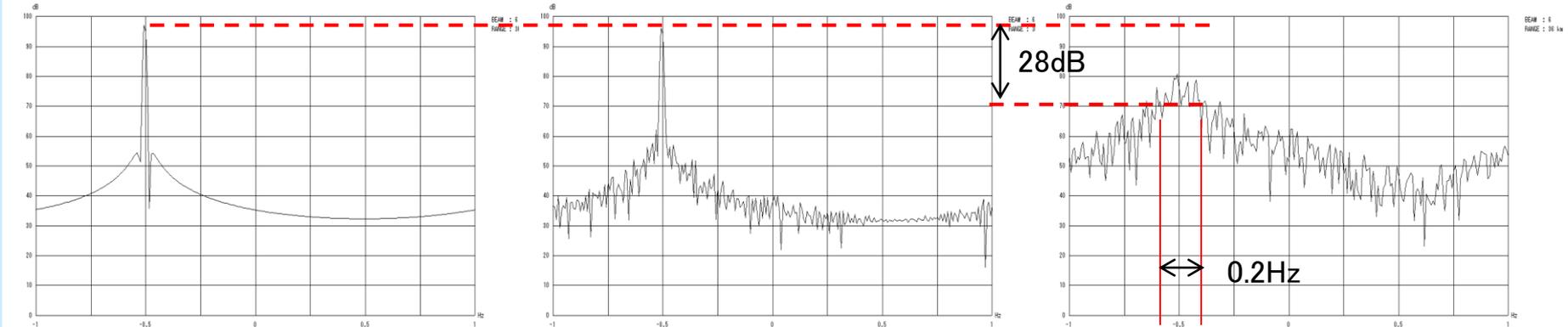
dv=0.01Hz

dv=0.2Hz



(縦軸=距離 Rbin0=0km[下端]~Rbin64=96km[上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz [左端]~ $+1\text{Hz}$ [右端])

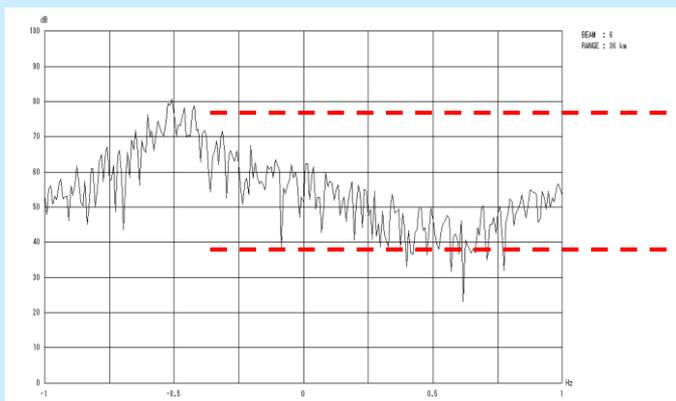
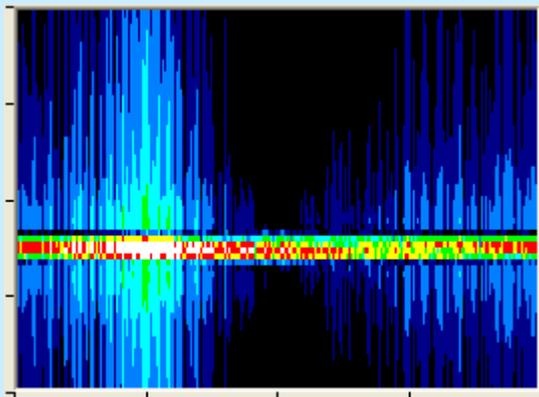
[36km地点]のドップラスペクトラム (スペクトル密度 $1/128\text{Hz}$)



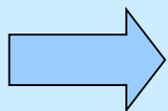
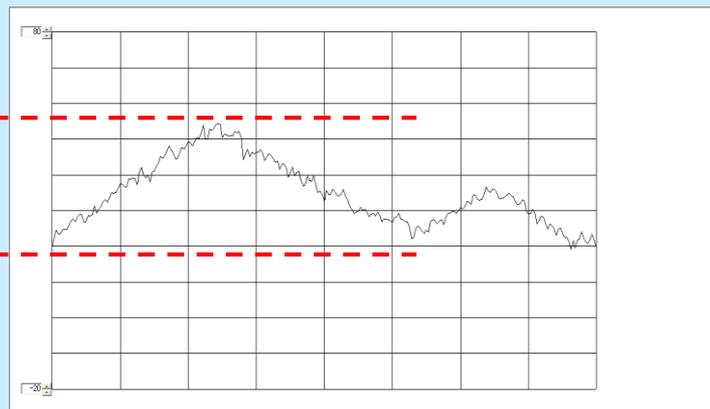
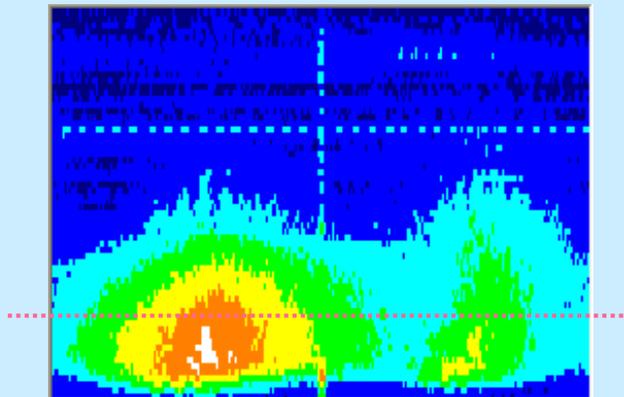
(縦軸=スペクトル密度 0dB [下端]~ $+100\text{dB}$ [上端]、横軸=ドップラ周波数 -1Hz [左端]~ $+1\text{Hz}$ [右端]) 15

<比較例>

擬似的なドップラ周波数の揺らぎ



台風通過時のドップラスペクトル



単なる類似か、関連性はあるか？

- ノイズの発生要因を解明するための、
擬似A/Dデータ生成の準備ができた段階。以下を確認した。
 - 所望の位置にターゲットのドップラ周波数が現れること
 - ノイズフロアパラメータに対応した広帯域雑音レベルの変化
 - 振幅の揺らぎ幅に応じたノイズの増加
 - ドップラ周波数揺らぎに応じた、スペクトルピーク近傍の狭帯域雑音レベルの変化

今後の予定

- 定量的な評価
- 実機との対比
- 複数ターゲットによる影響評価

ご清聴ありがとうございました

