

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型 合成開口レーダーシステムとの共用について

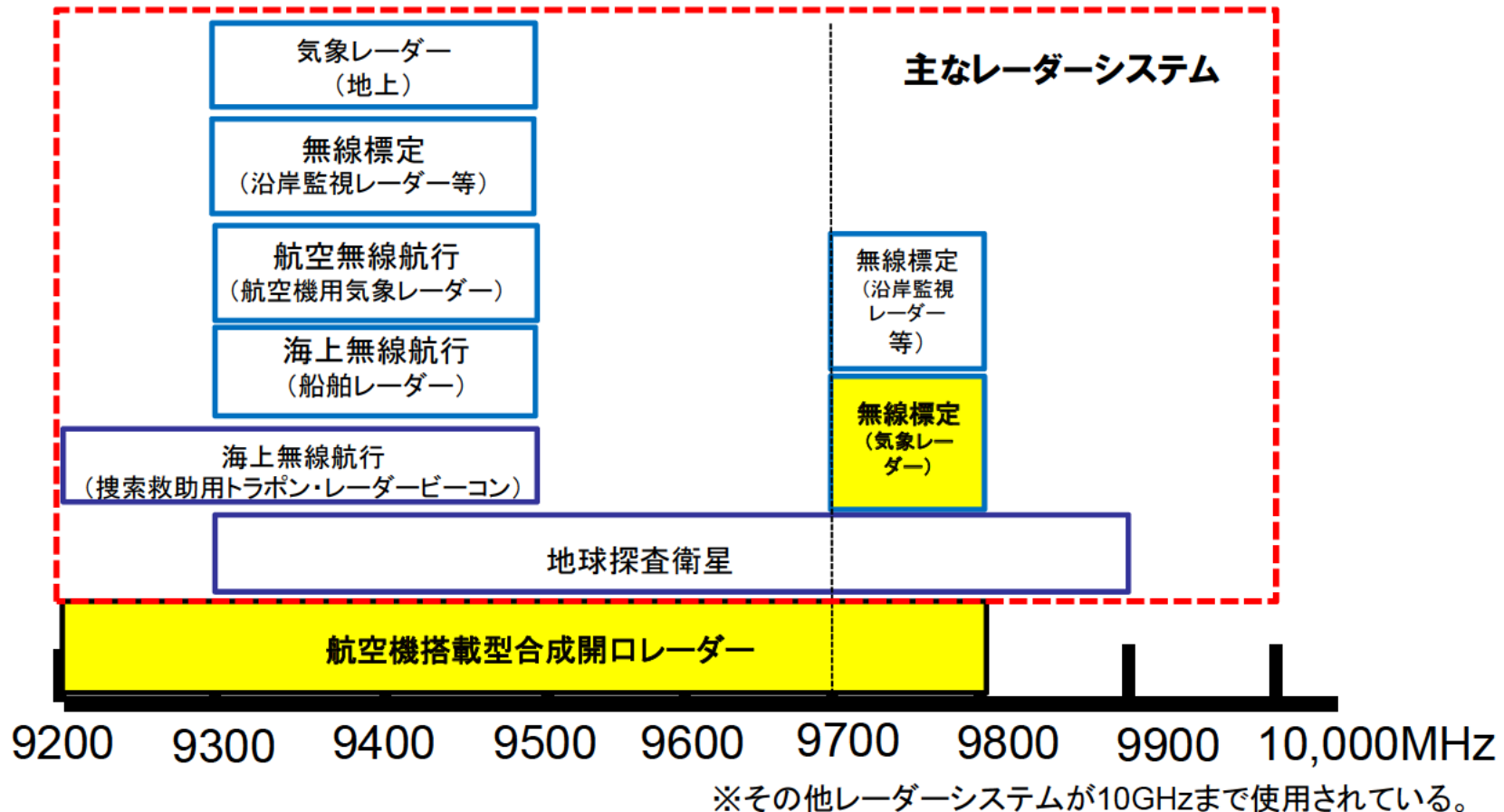
平成29年11月1日

情報通信研究機構

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

検討背景

下図のとおり、X帯(9GHz帯)は様々なシステムが共用している周波数帯であり、そのなかで、平成27年度から航空機搭載型合成開口レーダー(SAR)の技術基準策定に向けた審議が総務省で開始されている。



MPLレーダー(レーダー雨量計)との共用について、公開されている XRAIN のデータ(*)を利用し、SARからの干渉波の影響調査を実施。

(*) XRAIN原データダウンロードシステム: <http://www.diasjp.net/service/xrain-data/>

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口 レーダーシステムとの共用について

SAR諸元

検討したSAR	A	B	C
方式	パルス方式	FM-CW方式	FM-CW方式
機種	ジェット機	プロペラ機	プロペラ機
飛行速度	約220m/秒	約72m/秒	約100m/秒
飛行高度	約13000m以下	約5000m以下	約8000m以下
中心周波数	9.55GHz	9.4GHz	9.6GHz
周波数帯域幅	500MHz	300MHz	300MHz
送信電力	8kW(尖頭電力)	10W	10W
偏波	HV送信 HV受信	H送信 H受信	H送信 HV受信
オフナディア角	10~65度	55~75度	45~65度

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

検討手法

- SAR(方式) FM-CW方式・パルス方式
- × MPLレーダー(送信機) 固体素子・クライストロン
 - × MPLレーダー(製造会社:三社)
- の組み合わせのうち、SARからレーダー雨量計への与干渉を実観測データに基づく検討を実施した。
その結果(1)～(6)は次ページ以降にしめす。

		MPLレーダー(送信機及びメーカー別)					
		固体素子(パルス圧縮)			クライストロン(短パルス)		
		A社	B社	C社	A社	B社	C社
SAR (方式)	パルス	(1) 降雨なし	(2) 降雨あり	(3) 降雨なし			
	FM-CW		(5) 降雨あり	(6) 降雨なし	(4) 降雨なし		

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口 レーダーシステムとの共用について

(1)パルス方式 × 固体素子 × A社

観測条件

観測高度	レーダー雨量計までの距離	レーダー雨量計80km圏内の滞空時間	飛行条件	その他
8732m	10647m (再接近時)	6分35秒	飛行速度:約159m/秒 飛行方向:東→西	滞空時間は、レーダー雨量計80km圏内で電波を照射していた時間で定義した。

検討結果

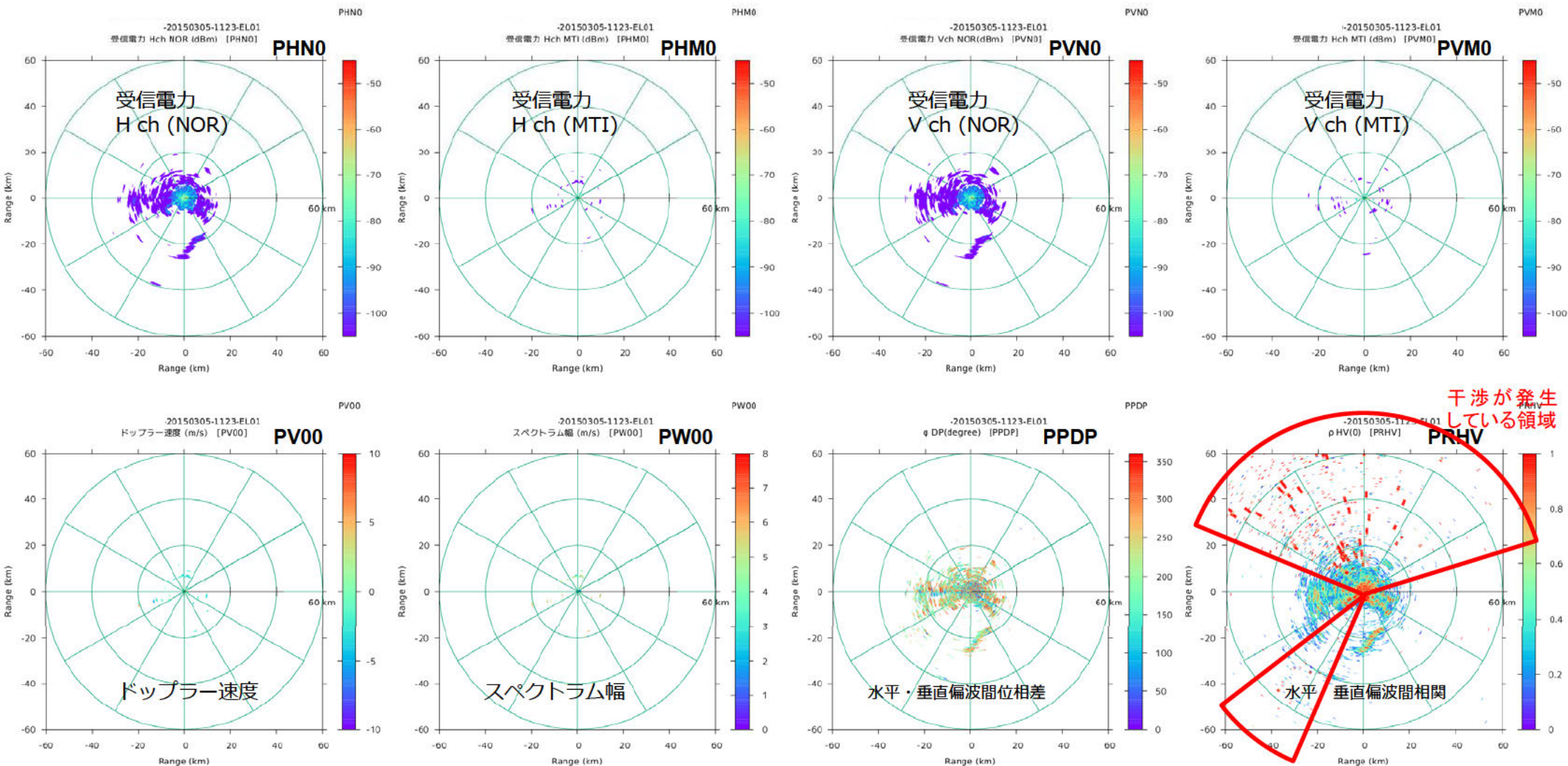
レーダー雨量計の仰角番号	RAWデータ	一次処理データ	影響時間	干渉
01	干渉あり	干渉なし	15.3秒	干渉波の影響は、RAWデータの水平・垂直偏波間相関のPPI画像のみで確認された。
02	干渉あり	干渉なし	6.7秒	
09	干渉あり	干渉なし	3.3秒	
11	干渉あり	干渉なし	3.3秒	

次ページに示す

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(1)パルス方式 × 固体素子 × A社

RAWデータ(8種類)

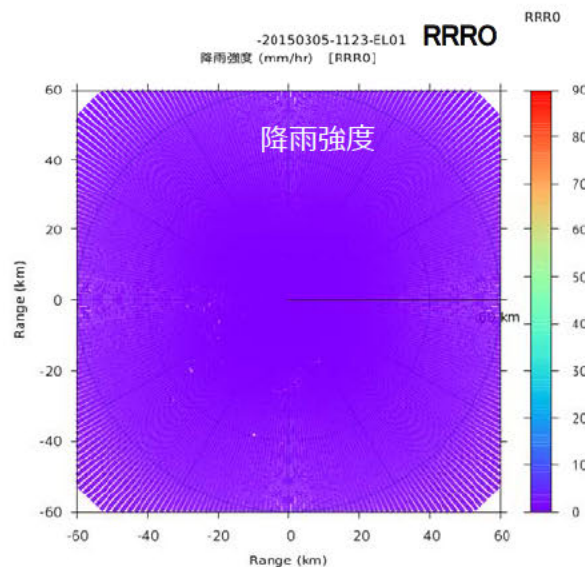
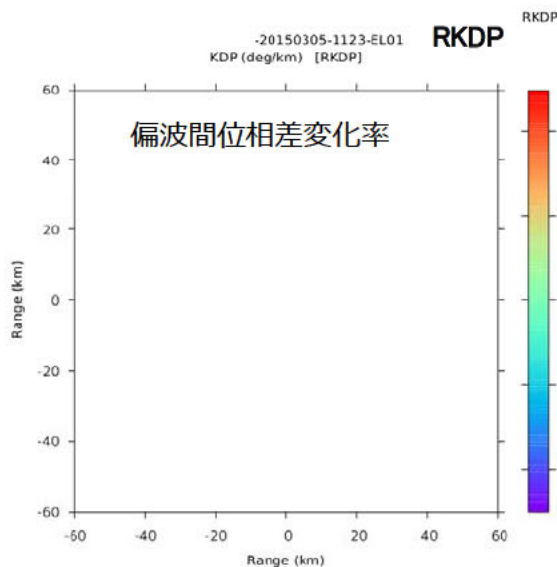
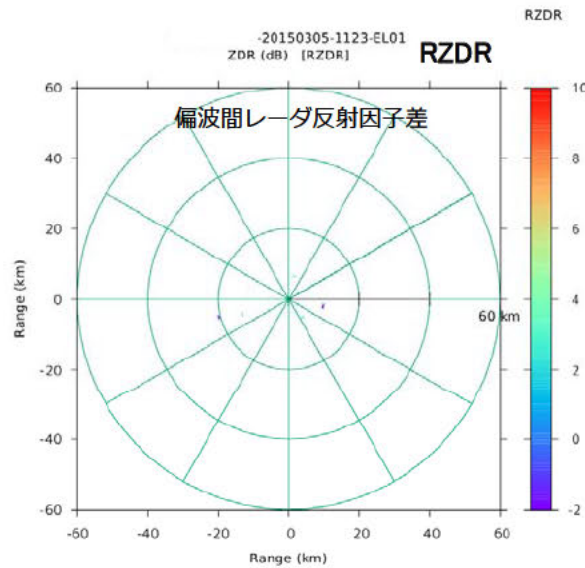
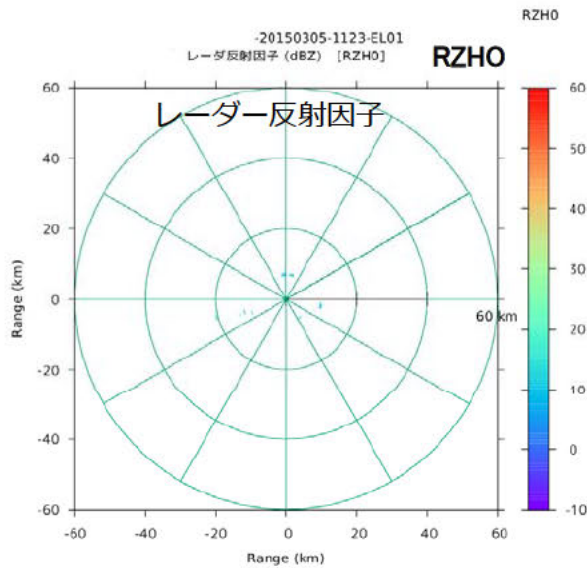


■ 干渉は、水平・垂直偏波間相関で発生

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(1)パルス方式 × 固体素子 × A社

一次処理データ(4種類)



- RAWデータを処理して得られる一次処理データ(降雨に関する最終プロダクト)には与干渉の影響はない。
- 航空機SARの干渉波の影響は、RAWデータから降雨に関する物理量に変換する信号処理によって除去された。

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(2)パルス方式 × 固体素子 × B社

観測条件

観測高度	レーダー雨量計までの距離	レーダー雨量計80km圏内の滞空時間	飛行条件	その他
8747m	28,229m (再接近時)	4分00秒	飛行速度:約167m/秒 飛行方向:東→西	滞空時間は、レーダー雨量計80km圏内で電波を照射していた時間で定義した。

検討結果

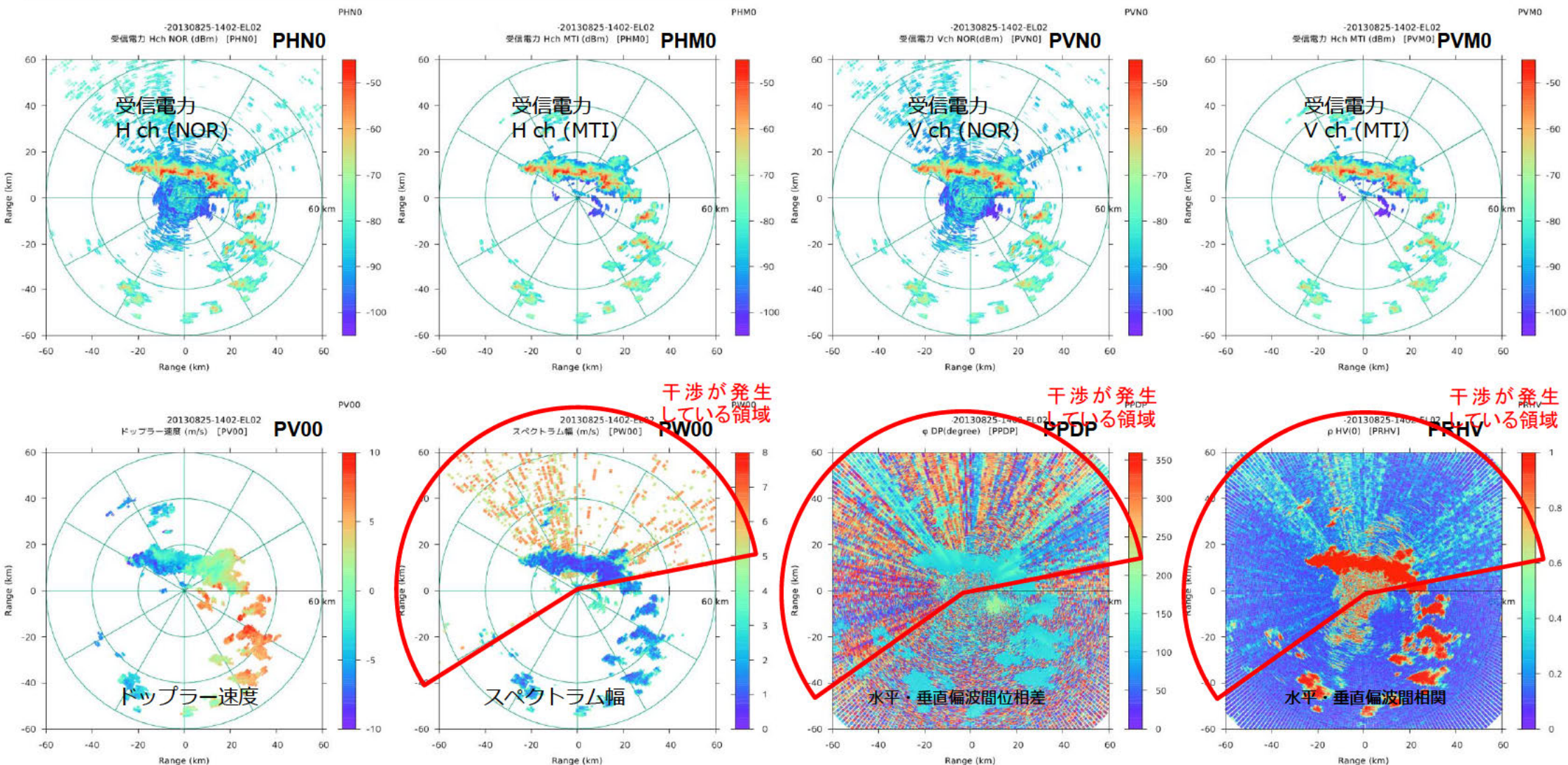
レーダー雨量計の仰角番号	RAWデータ	一次処理データ	影響時間	その他
01	干渉なし	干渉なし	0秒	干渉波の影響は、RAWデータのスペクトラム幅と水平・垂直偏波間位相差と水平・垂直偏波間相関のPPI画像で確認された。
03	干渉なし	干渉なし	0秒	
04	干渉なし	干渉なし	0秒	
02	干渉あり	干渉なし	12秒	

次ページに示す

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(2)パルス方式 × 固体素子 × B社

干渉が発生した時のRAWデータ

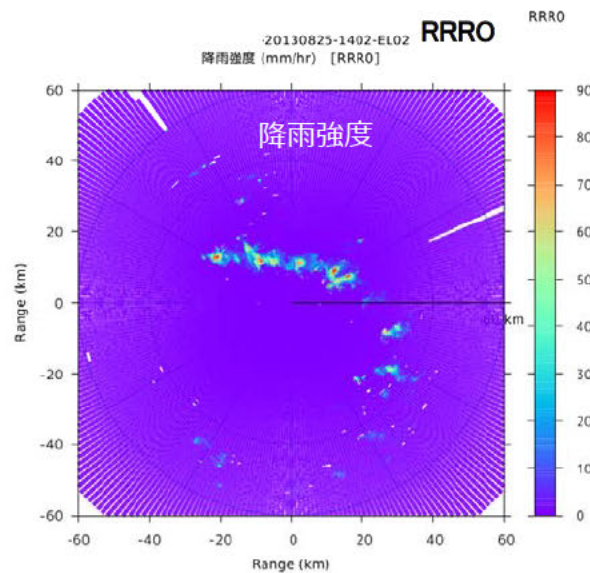
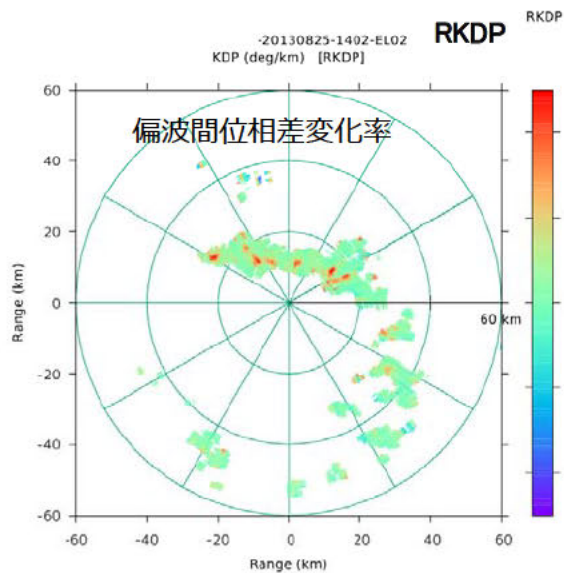
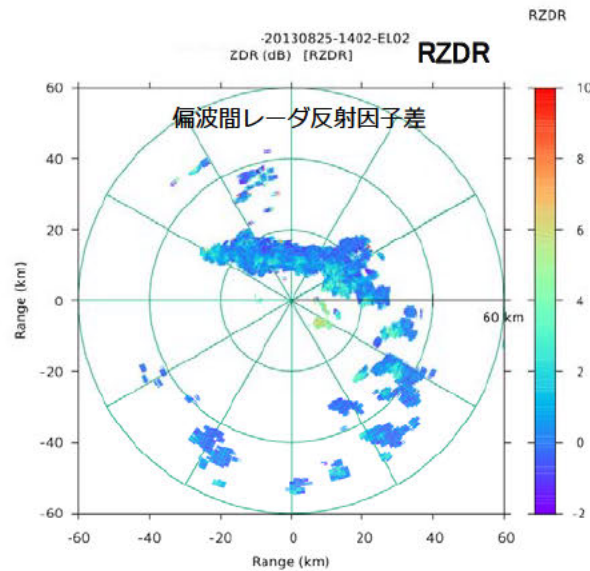
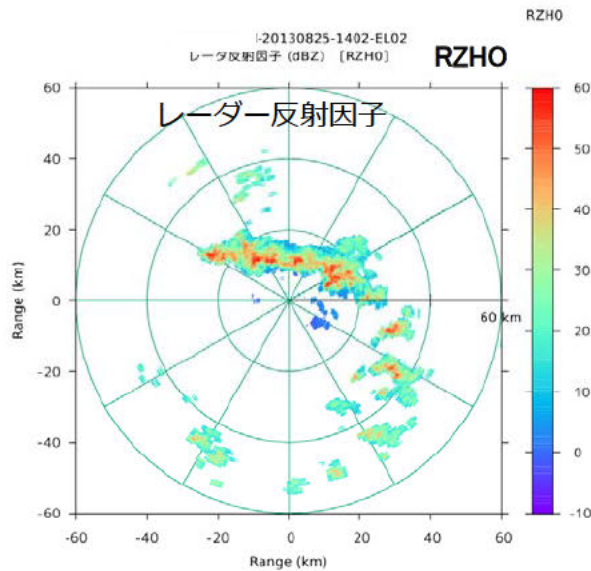


■ 干渉の影響は、スペクトラム幅、水平・垂直偏波間位相差、水平・垂直偏波間相関で確認

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(2)パルス方式 × 固体素子 × B社

干渉が発生した時の一次処理データ

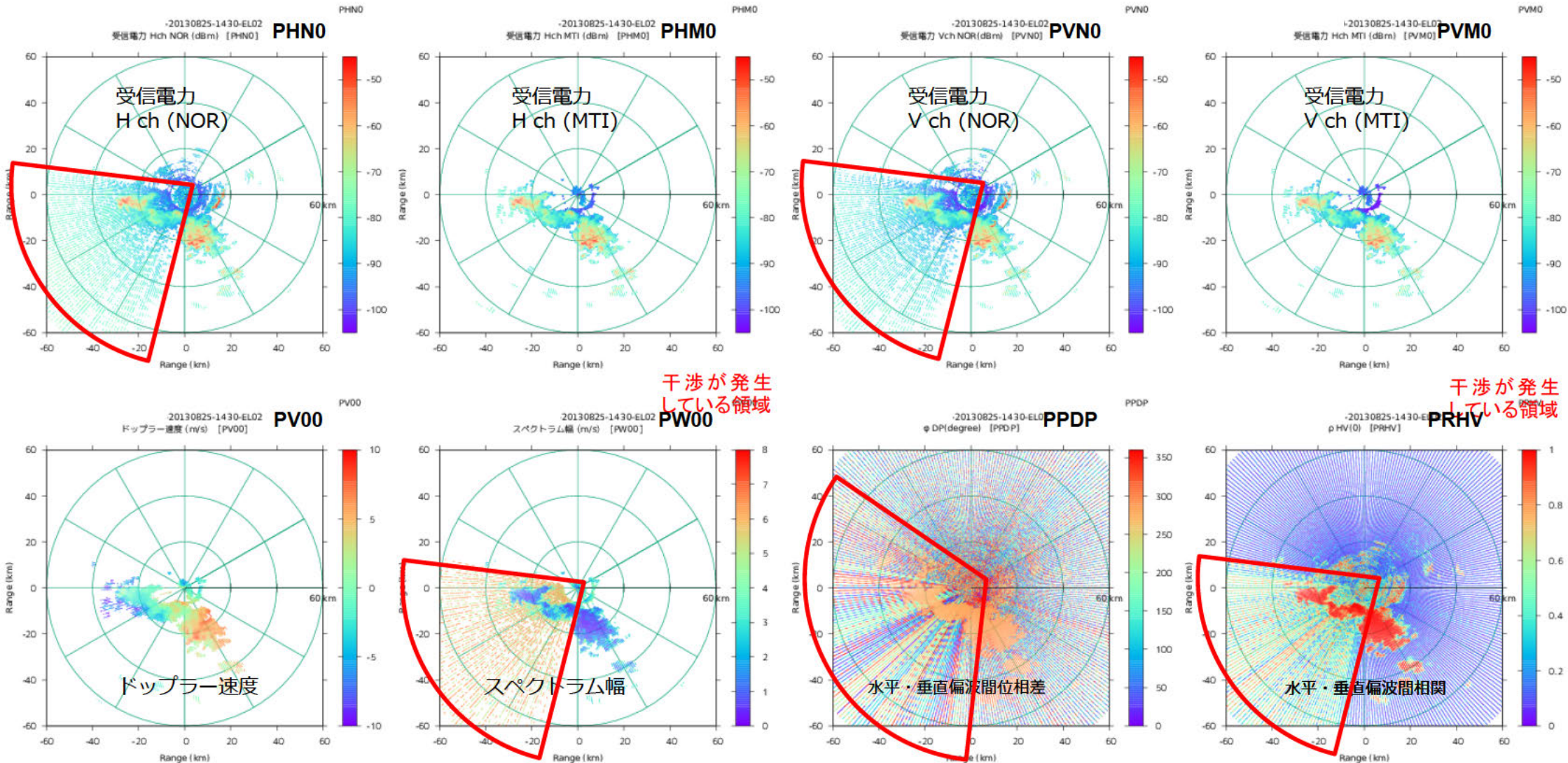


- RAWデータを処理して得られる一次処理データ(降雨に関する最終プロダクト)には与干渉の影響はない。
- 航空機SARの干渉波の影響は、RAWデータから降雨に関する物理量に変換する信号処理によって除去された。

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(2)パルス方式 × 固体素子 × B社

干渉が発生した時のRAWデータ

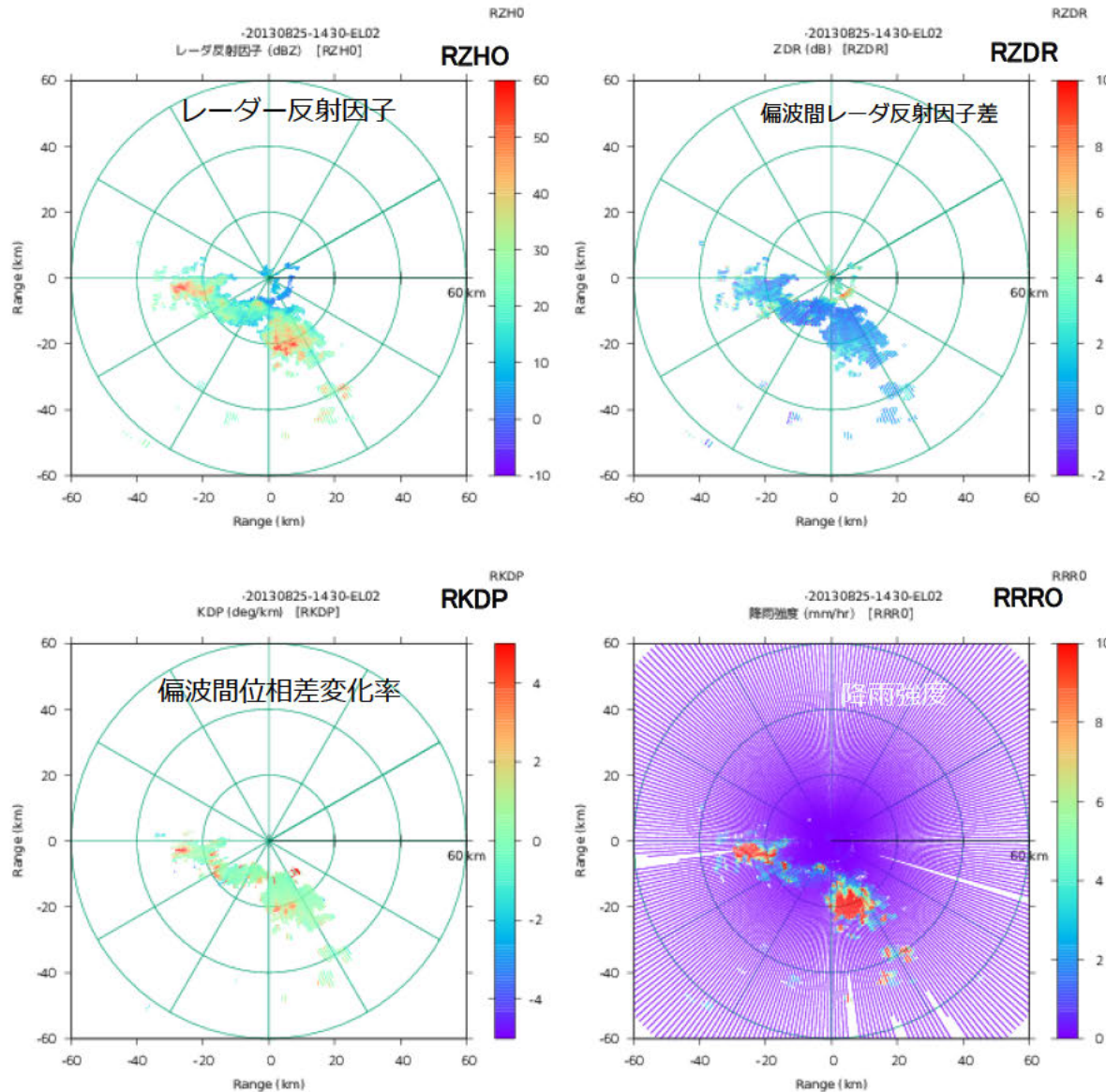


■ 干渉の影響は、受信電力 H ch(NOR), Vch (NOR), スペクトラム幅、水平・垂直偏波間位相差、水平・垂直偏波間相関で確認

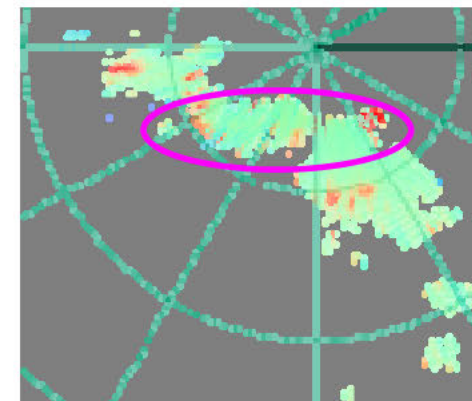
MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(2)パルス方式 × 固体素子 × B社

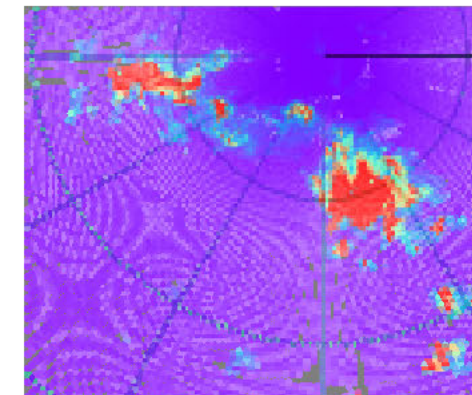
干渉が発生した時の一次処理データ



■ RAWデータを処理して得られる一次処理データ(降雨に関する最終プロダクト)のうち、偏波間位相差変化率(KDP: 左下図)と降雨強度(右下図)にわずかに干渉が認められる。



偏波間位相差変化率(KDP)の一部に干渉の影響あり(直線状の赤色部分)



それに伴い、降水強度にも影響あり。

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(3)パルス方式 × 固体素子 × C社

観測条件

観測高度	レーダー雨量計までの距離	レーダー雨量計80km圏内の滞空時間	飛行条件	その他
8887m	10262m (再接近時)	4分45秒	飛行速度:約145m/秒 飛行方向:北東→南西	滞空時間は、レーダー雨量計80km圏内で電波を照射していた時間で定義した。

検討結果

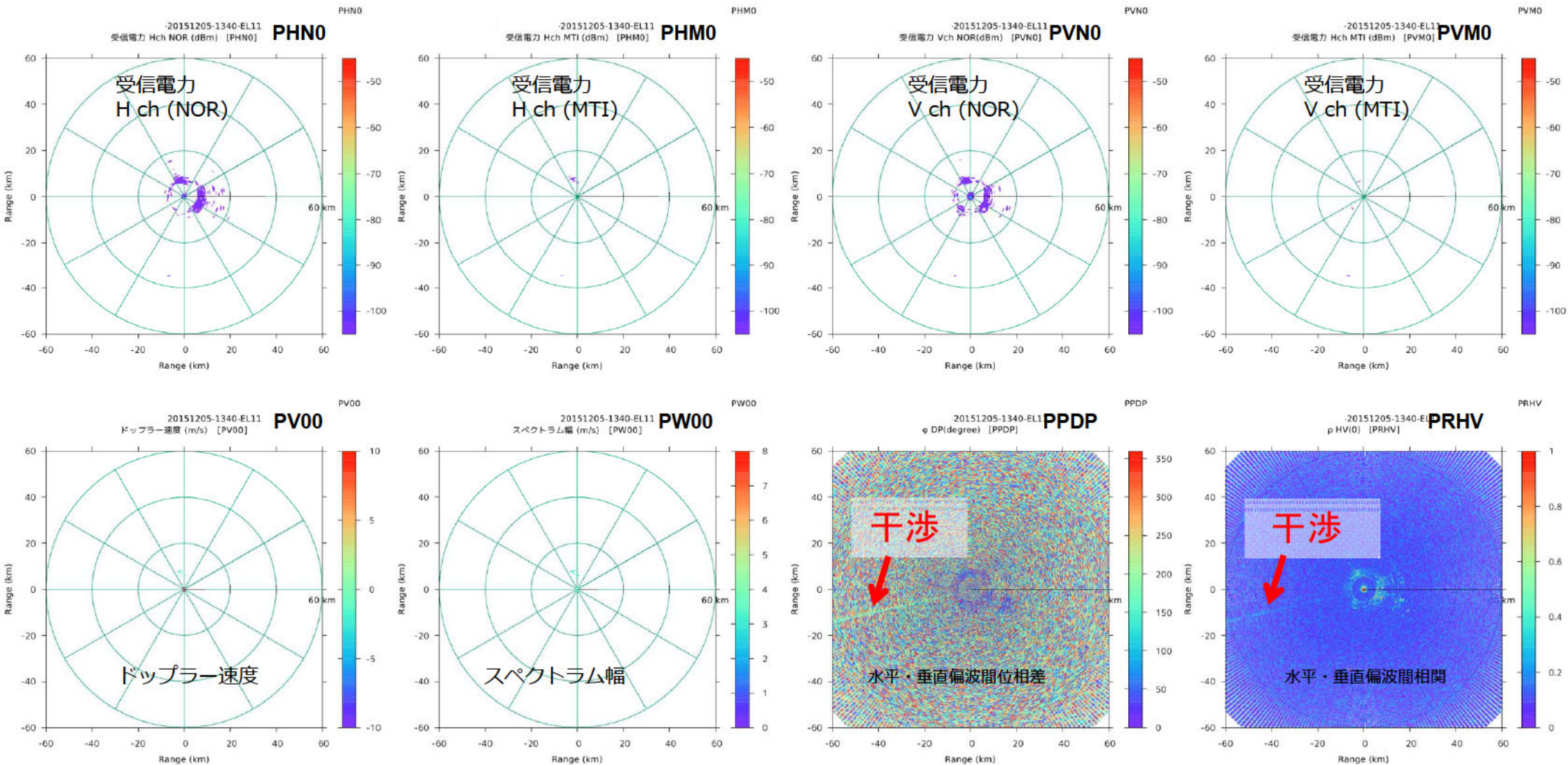
レーダー雨量計の仰角番号	RAWデータ	一次処理データ	影響時間	干渉
02	干渉なし	干渉なし	0 秒	干渉波の影響は、RAWデータの水平・垂直偏波間位相差と水平・垂直偏波間相関のPPI 画像で確認された。
11	干渉あり	干渉なし	1 秒以下	
12	干渉なし	干渉なし	0 秒	
01	干渉なし	干渉なし	0 秒	

次ページに示す

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(3)パルス方式 × 固体素子 × C社

干渉が発生した時のRAWデータ

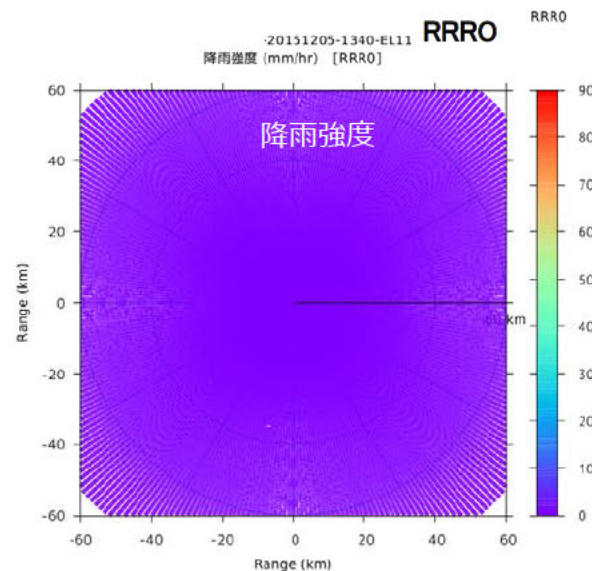
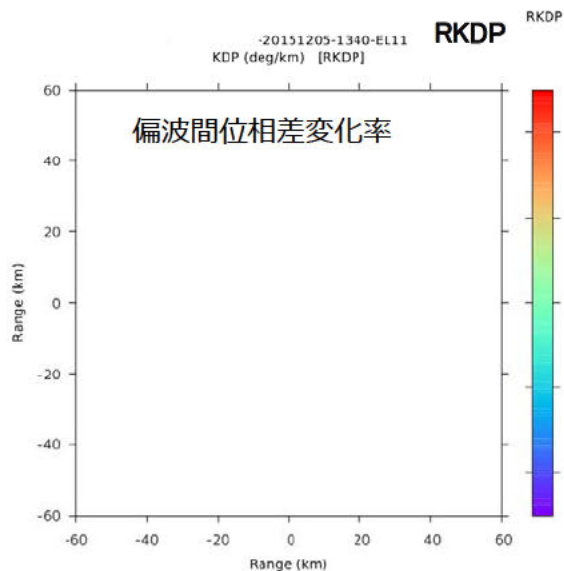
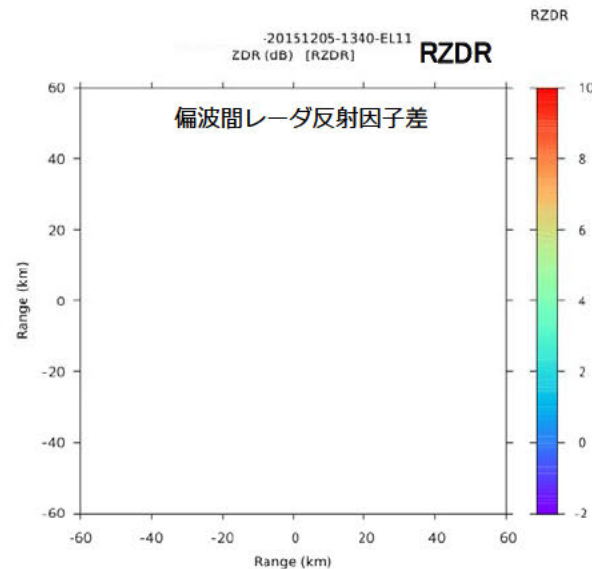
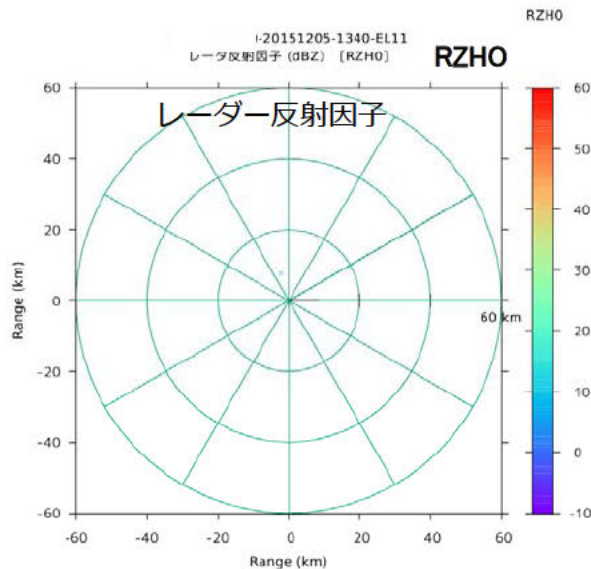


■ 干渉の影響は、水平・垂直偏波間位相差、水平・垂直偏波間相関で確認

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(3)パルス方式 × 固体素子 × C社

干渉が発生した時の一次処理データ



- RAWデータを処理して得られる一次処理データ(降雨に関する最終プロダクト)には与干渉の影響はない。
- 航空機SARの干渉波の影響は、RAWデータから降雨に関する物理量に変換する信号処理によって除去された。

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口 レーダーシステムとの共用について

(4)FMCW × クライストロン × A社

観測条件

観測高度	レーダー雨量計までの距離	レーダー雨量計80km圏内の滞空時間	飛行条件	その他
4976m	16000m	2時間30分	飛行速度:約74m/秒	-

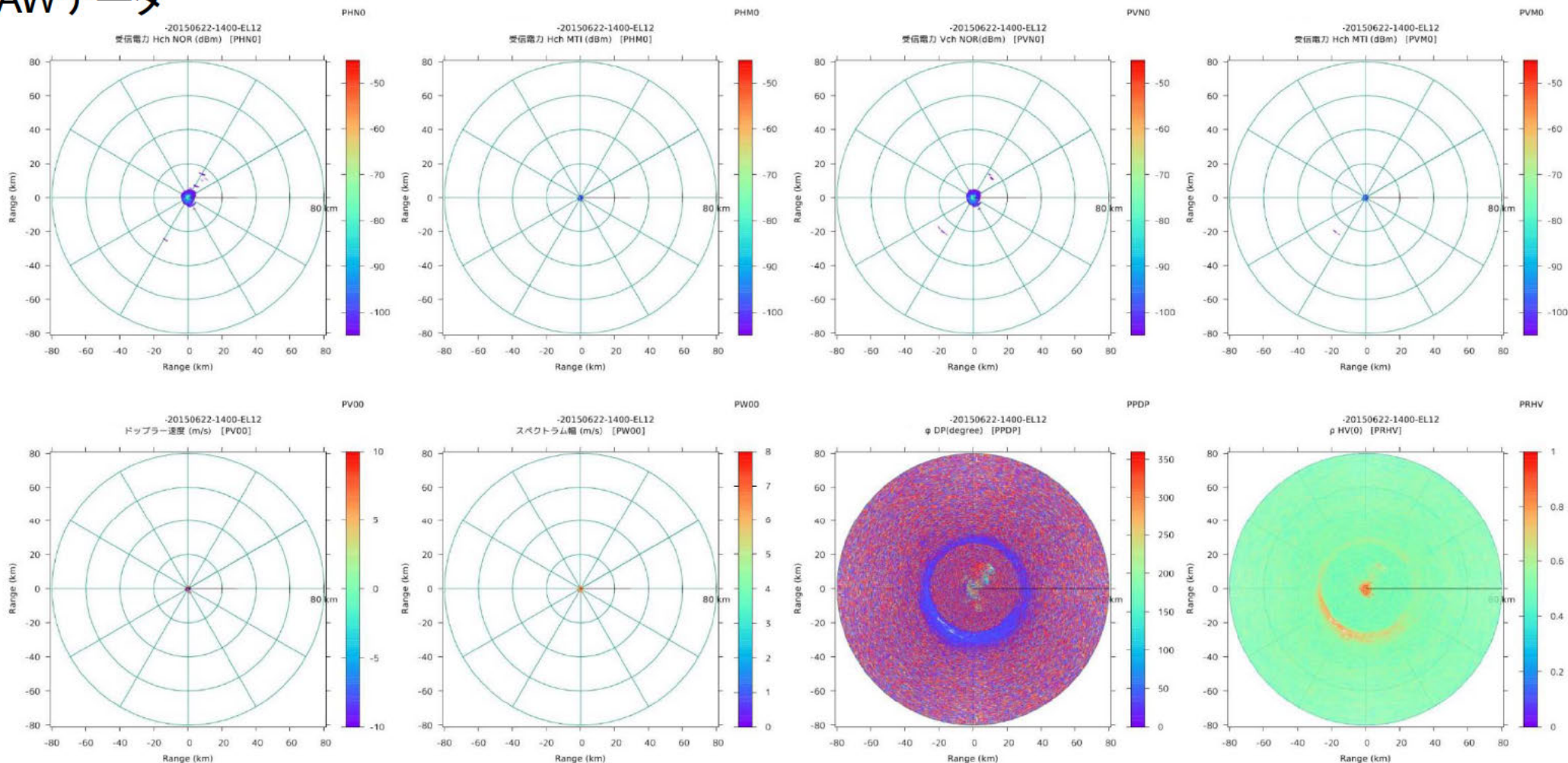
検討結果

RAWデータ	一次処理データ	影響時間	その他
干渉なし	干渉なし	-	-

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(4)FMCW × クライストロン × A社

RAWデータ



■ 干渉は確認されなかった。

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口 レーダーシステムとの共用について

(5)FMCW × 固体素子 × B社

観測条件

観測高度	レーダー雨量計までの距離	レーダー雨量計80km圏内の滞空時間	飛行条件	その他
4939m	28942m	3時間	飛行速度:約107m/秒 飛行方向:北	-

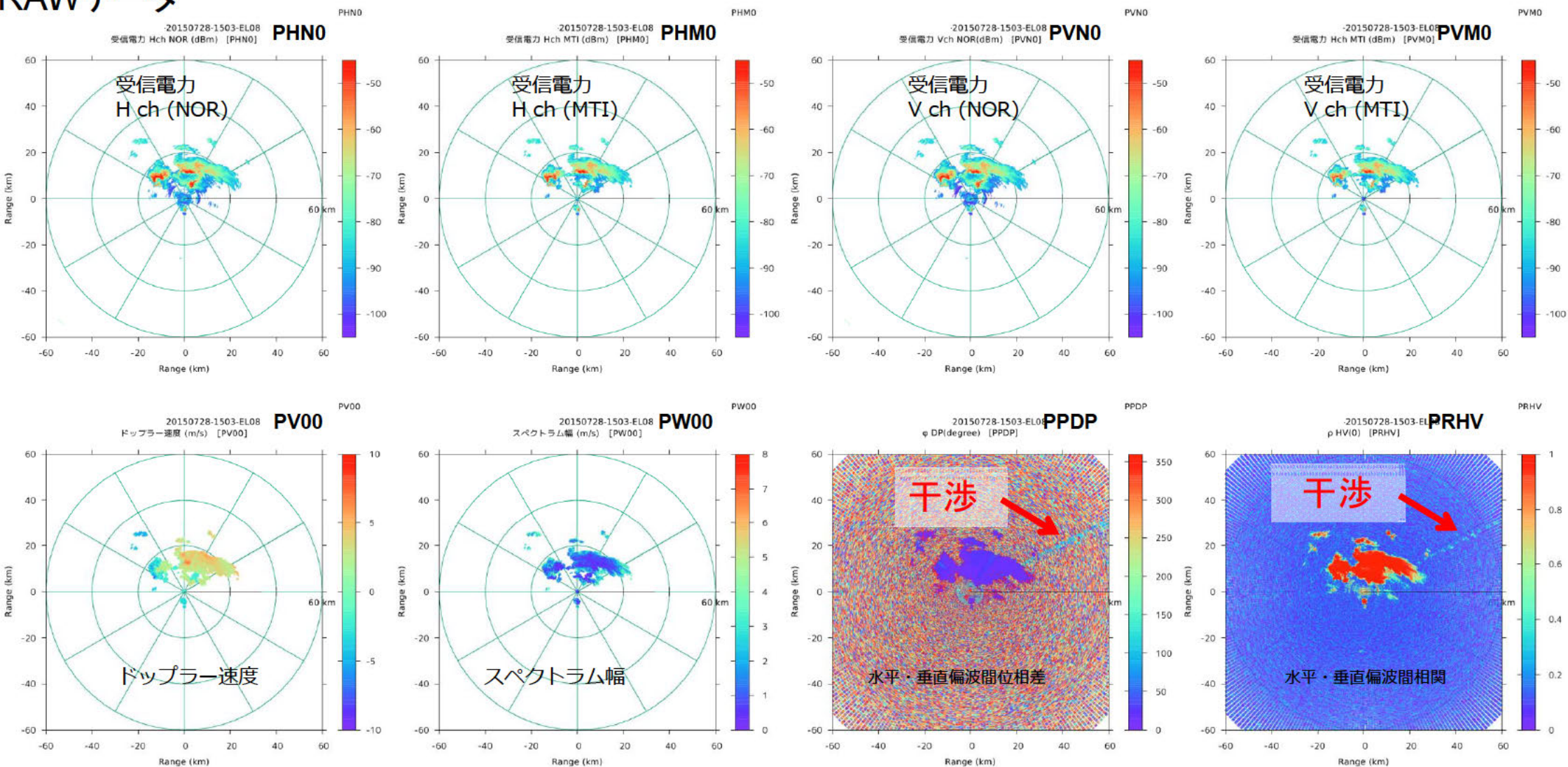
検討結果

RAWデータ	一次処理データ	影響時間	その他
干渉あり	干渉なし	1ビーム方向のみ	-

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(5) FMCW × 固体素子 × B社

RAWデータ

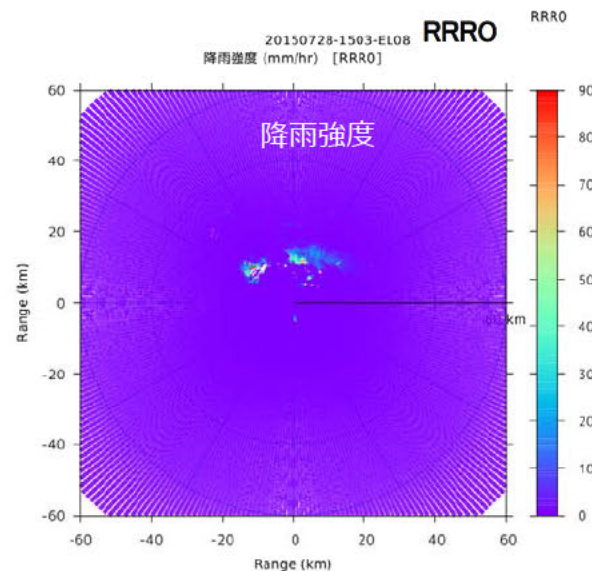
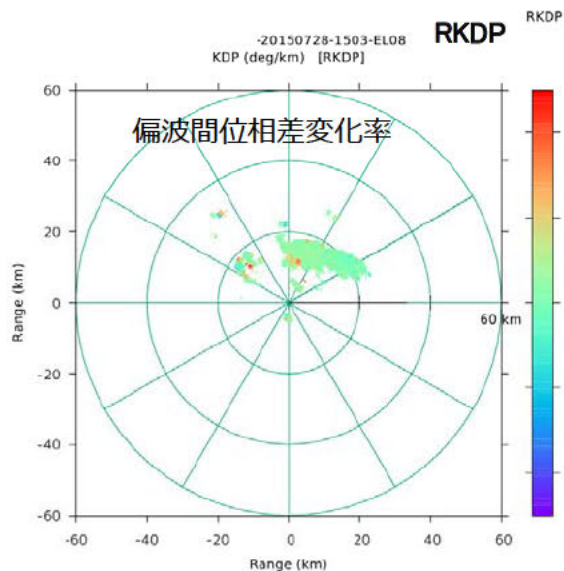
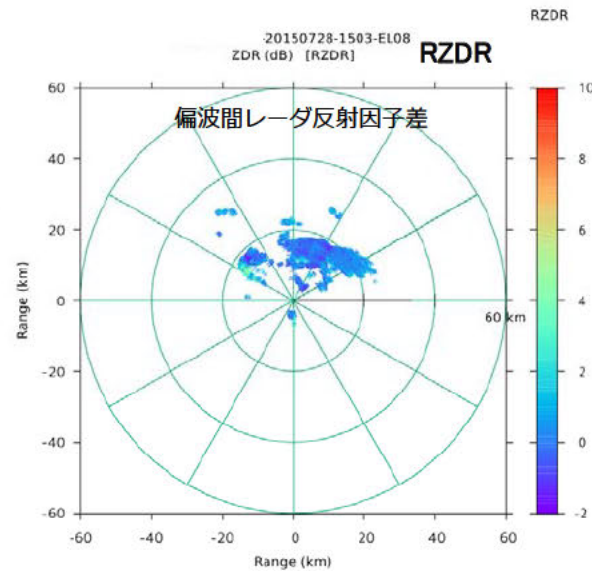
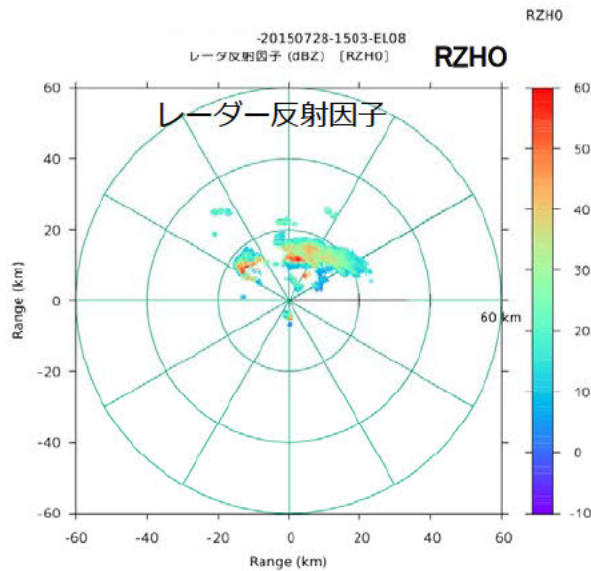


■ 干渉の影響は、水平・垂直偏波間位相差、水平・垂直偏波間相関で確認

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(5)FMCW × 固体素子 × B社

一次処理データ



- RAWデータを処理して得られる一次処理データ(降雨に関する最終プロダクト)には与干渉の影響はない。
- 航空機SARの干渉波の影響は、RAWデータから降雨に関する物理量に変換する信号処理によって除去された。

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口 レーダーシステムとの共用について

(6)FMCW × 固体素子 × C社

観測条件

観測高度	レーダー雨量計までの距離	レーダー雨量計80km圏内の滞空時間	飛行条件	その他
40118m	2340m	1時間8分	飛行速度:約78m/秒 飛行方向:北西→南東	-

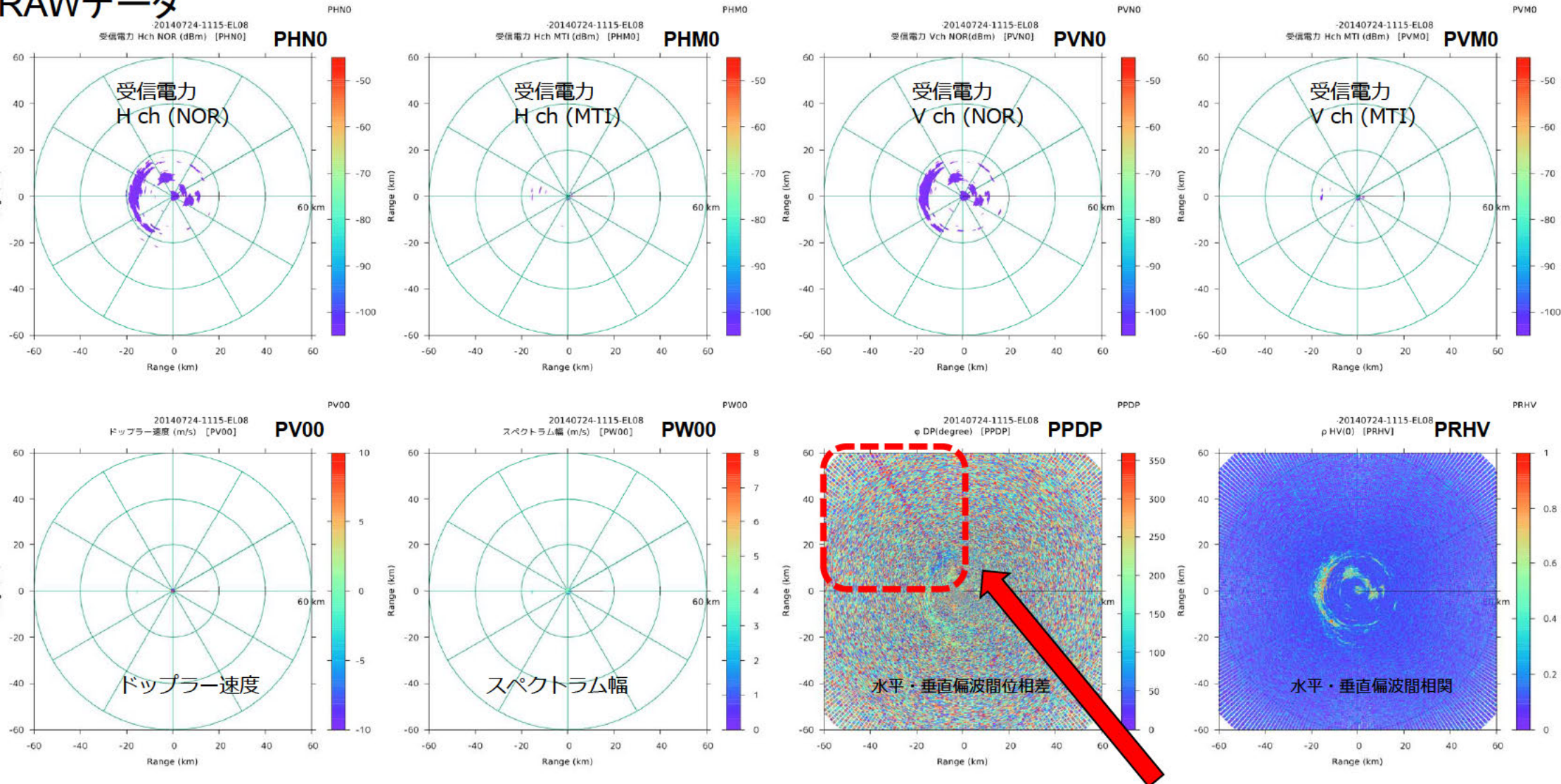
検討結果

RAWデータ	一次処理データ	影響時間	その他
干渉あり	干渉なし	1ビーム方向のみ	-

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(6) FMCW × 固体素子 × C社

RAWデータ



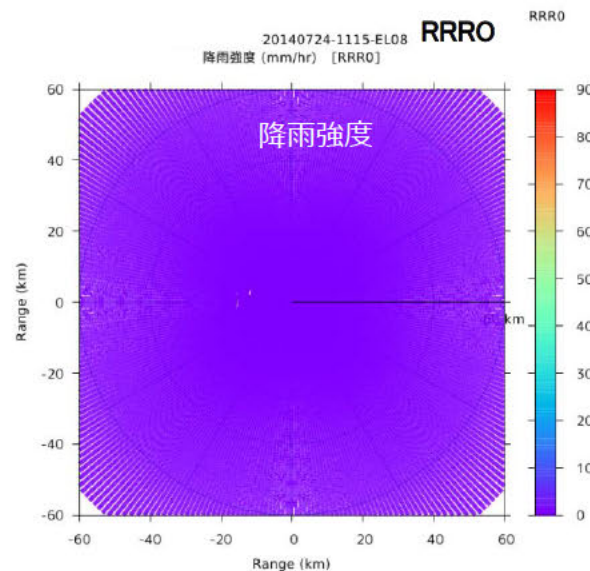
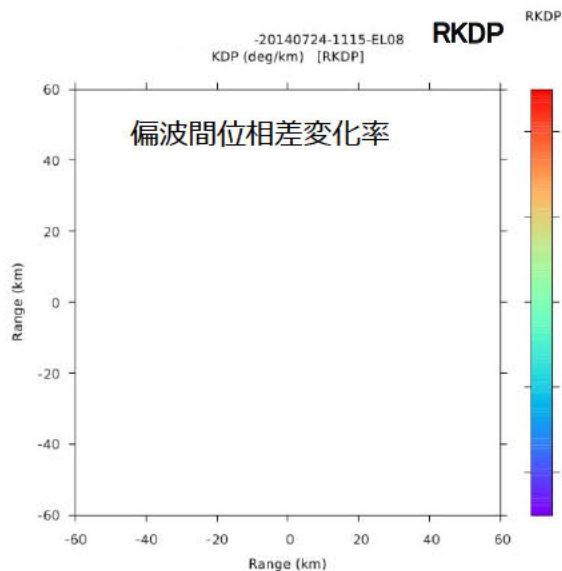
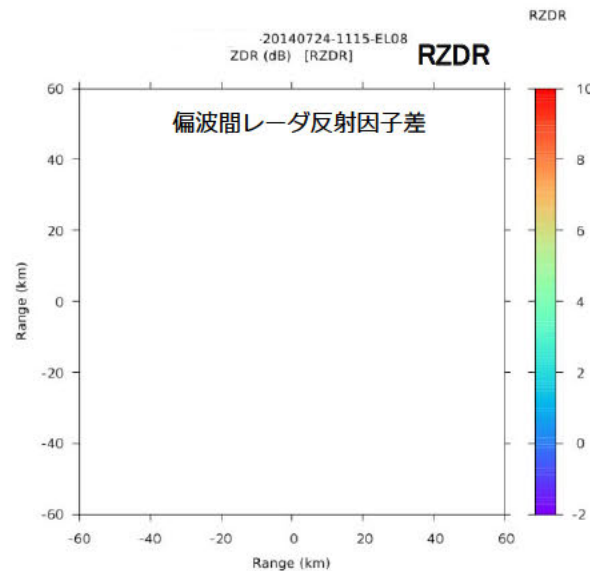
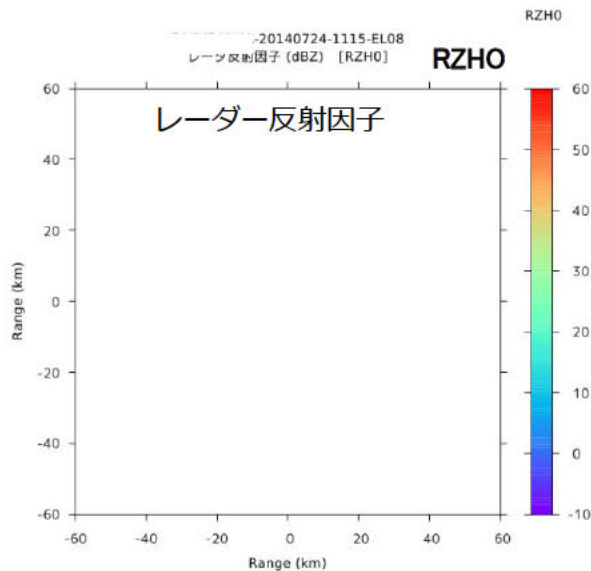
■ 干渉の影響は、水平・垂直偏波間位相差で確認

航空機SARによる干渉信号

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

(6)FMCW × 固体素子 × C社

一次処理データ



- RAWデータを処理して得られる一次処理データ(降雨に関する最終プロダクト)には与干渉の影響はない。
- 航空機SARの干渉波の影響は、RAWデータから降雨に関する物理量に変換する信号処理によって除去された。

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

実観測データによる検討結果

干渉なし

RAWデータではわずかに干渉があるが、一次処理データには干渉がない

RAWデータでは干渉があるが、一次処理データには干渉がない

RAWデータでは干渉があり、一次処理データにもわずかな干渉あり

		MPLレーダー(送信機及びメーカー別)					
		固体素子(パルス圧縮)			クライストロン(短パルス)		
		A社	B社	C社	A社	B社	C社
SAR (方式)	パルス	(1) 降雨なし	(2) 降雨あり	(3) 降雨なし			
	FM-CW		(5) 降雨あり	(6) 降雨なし	(4) 降雨なし		

MPLレーダー(レーダー雨量計)と航空機搭載型合成開口レーダーシステムとの共用について

調査結果

以上の検討を踏まえ、以下の通りとなった。

		MPLレーダーの分類(終段管及びメーカー別)					
		固体素子			クライストロン		
		A社	B社	C社	A社	B社	C社
(方式別) SARの分類	パルス方式	◎(1)(注1)	◎(2)(注2)	◎(3)(注3)	○	○	○
	FM-CW方式	○	◎(5)	◎(6)	◎(4)	○	○

(注1) 検証時は、降雨なし
 (注2) 検証時は、降雨あり
 (注3) 検証時は、降雨なし

【凡例】 ◎: 検討結果に基づき共用可能
 ○: 他ケースの検討結果から共用可能と推定
 (数字): 検討ケースナンバー

結論

MPLレーダーのメーカー3社のデータ(雨天時含む。)を確認したところ、MPLレーダーにおいては、周波数を共用しているため、アンテナで取得された生データではSARからの干渉波が確認された。しかし、MPLレーダーの生データを一次処理データに変換する解析処理により、最終的に雨量が出力されたデータにおいては、SARからの干渉波はほぼ除去されることから、今回の観測条件の範囲において両システムは共用可能。

今後、SARの運用に起因する影響が確認された場合は、運用見直し等に関して協議するものとする。