
小斜视角 (3.5°)

RDA 点目标仿真

报告

WD

2014.10.10

说明:

1. 目前达到的结果:

- a) 原始数据生成时, 方位向只考虑一个合成孔径长度限制。这种情况下, 成像结果的方位向切片: **PSLR**, **ISLR**, **IRW** 都基本达到了理论值;
- b) 距离压缩时, 其距离匹配滤波器加窗或者不加窗, 其成像结果的距离向切片: **PSLR**, **ISLR**, **IRW** 都基本达到了理论值;
- c) 对于 **IRW** 的计算有了改进: 原来求找峰值以下 3dB 点处的坐标, 采用的是临近取整的方法, 这不准确。现在采用了线性插值的方法, 由最靠近 3dB 值的两个整数点坐标求得我们需要的 3dB 宽度;
- d) 方位向频率轴设置——这是最关键的地方之一。以前的报告已经写出了这部分的改进: 目前能够基本正确的进行方位向的处理: **RCMC** 和方位 **MF**;
- e) 考虑了成像点目标方位轴和距离轴的旋转: 先利用 Matlab 的函数 `imrotate()` 对距离向切片和方位向切片进行了旋转, 然后再求得其指标;
- f) 设计的不同点目标, 其相对位置能够计算, 并且正确;

2. 还存在的问题:

- a) 原始数据生成时, 方位向加权问题。如果采用天线双程方向图加权, 我目前还无法得到方位向切片的理论指标。这一加权过程还存在考虑不周的地方;
- b) 距离向切片、方位向切片距离理论值还是有少许的差距 (比如, 距离切片的 **PSLR** 低于了 -13dB, 但还未达到 -13.2dB);
- c) 某一个点目标的绝对位置还无法计算得到。

1. 参数定义:

```

R_nc = 20e3;           % 景中心斜距
Vr = 150;              % 雷达有效速度
Tr = 2.5e-6;           % 发射脉冲时宽
Kr = 20e12;            % 距离调频率
f0 = 5.3e9;            % 雷达工作频率
BW_dop = 80;           % 多普勒带宽
Fr = 60e6;             % 距离采样率
Fa = 200;            % 方位采样率
Naz = 1024;          % 距离线数 (即数据矩阵, 行数)
Nrg = 320;             % 距离线采样点数 (即数据矩阵, 列数)
sita_r_c = (3.5*pi)/180; % 波束斜视角, 3.5 度, 这里转换为弧度
c = 3e8;               % 光速

R0 = R_nc*cos(sita_r_c); % 与 R_nc 相对应的最近斜距, 记为 R0
Nr = Tr*Fr;             % 线性调频信号采样点数
BW_range = Kr*Tr;       % 距离向带宽
lamda = c/f0;           % 波长
fnc = 2*Vr*sin(sita_r_c)/lamda; % 多普勒中心频率, 根据公式 (4.33) 计算。
La_real = 0.886*2*Vr*cos(sita_r_c)/BW_dop; % 方位向天线长度, 根据公式 (4.36)
beta_bw = 0.886*lamda/La_real; % 雷达 3dB 波束
La = 0.886*R_nc*lamda/La_real; % 合成孔径长度
a_sr = Fr / BW_range;   % 距离向过采样因子
a_sa = Fa / BW_dop;     % 方位向过采样因子

Mamb = round(fnc/Fa);   % 多普勒模糊

NFFT_r = Nrg;           % 距离向 FFT 长度
NFFT_a = Naz;           % 方位向 FFT 长度

```

2. 三个点目标的位置设定:

```

% -----
% 设定仿真点目标的位置
% 以距离向作为 x 轴正方向
% 以方位向作为 y 轴正方向
% -----
delta_R0 = 0;           % 将目标 1 的波束中心穿越时刻, 定义为方位向时间零点。
delta_R1 = 120;         % 目标 1 和目标 2 的方位向距离差, 120m
delta_R2 = 50;          % 目标 2 和目标 3 的距离向距离差, 50m

% 目标 1
x1 = R0;                % 目标 1 的距离向距离

```

```
y1 = delta_R0 + x1*tan(sita_r_c);    % 目标 1 的方位向距离

% 目标 2
x2 = x1;                            % 目标 2 和目标 1 的距离向距离相同
y2 = y1 + delta_R1;                  % 目标 2 的方位向距离
% 目标 3
x3 = x2 + delta_R2;                  % 目标 3 和目标 2 有距离向的距离差, 为 delta_R2
y3 = y2 + delta_R2*tan(sita_r_c);    % 目标 3 的方位向距离
% 定义以下数组, 便于处理
x_range = [x1,x2,x3];
y_azimuth = [y1,y2,y3];

% 计算三个目标各自的波束中心穿越时刻
nc_1 = (y1-x1*tan(sita_r_c))/Vr;     % 目标 1 的波束中心穿越时刻。
nc_2 = (y2-x2*tan(sita_r_c))/Vr;     % 目标 2 的波束中心穿越时刻。
nc_3 = (y3-x3*tan(sita_r_c))/Vr;     % 目标 3 的波束中心穿越时刻。
nc_target = [nc_1,nc_2,nc_3];        % 定义该数组, 便于处理。
```

3. 距离（方位）向时间，频率相关定义

```
% 距离
tr = 2*x1/c + ( -Nrg/2 : (Nrg/2-1) )/Fr;    % 距离时间轴
fr = ( -NFFT_r/2 : NFFT_r/2-1 )*( Fr/NFFT_r ); % 距离频率轴
% 方位
ta = ( -Naz/2 : Naz/2-1 )/Fa;                % 方位时间轴
fa = fnc + fftshift ( -NFFT_a/2 : NFFT_a/2-1 )*( Fa/NFFT_a ); % 方位频率轴

% 生成距离（方位）时间（频率）矩阵
tr_mtx = ones(Naz,1)*tr;    % 距离时间轴矩阵, 大小: Naz*Nrg
ta_mtx = ta.'*ones(1,Nrg);  % 方位时间轴矩阵, 大小: Naz*Nrg
```

4. 仿真条件

- 1) 原始数据生成: 方位向只考虑一个合成孔径长度限制;
- 2) 距离脉冲压缩加窗;
- 3) 距离脉压结果, 去除弃置区;

5. 仿真结果

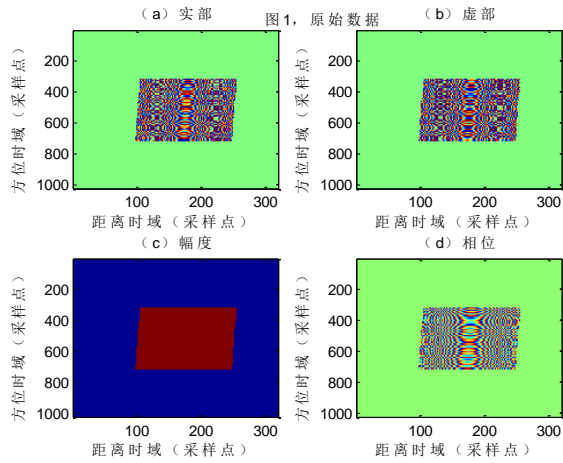


图 1 原始数据

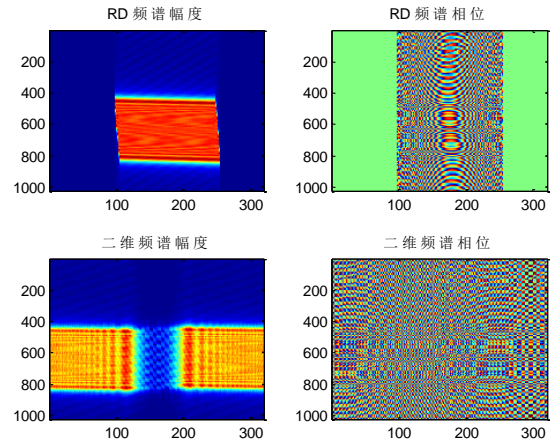


图 2 RD 域频谱及二维频域频谱

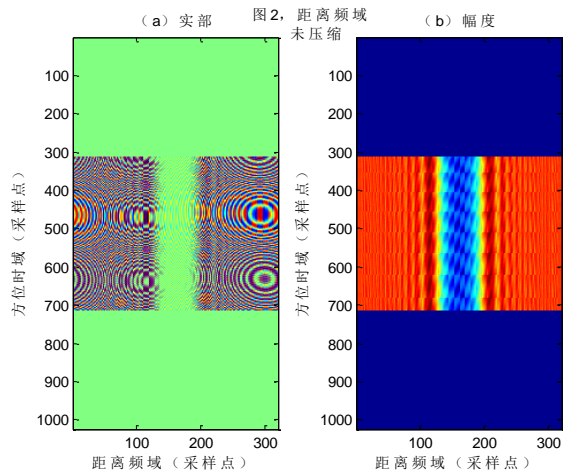


图 3 距离频域, 未压缩

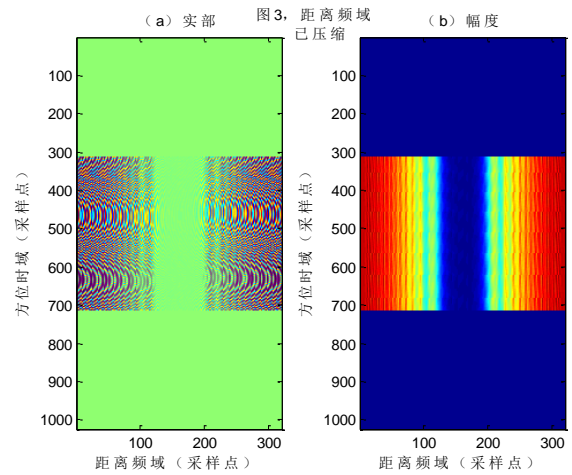


图 4 距离频域, 已压缩

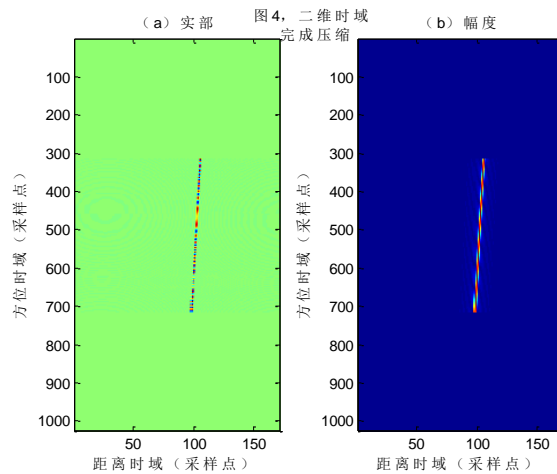


图 5 二维时域, 完成压缩

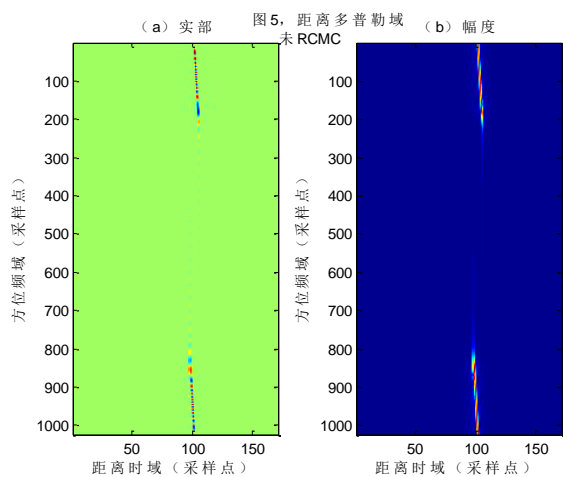


图 6 距离多普勒域, 未 RCMC

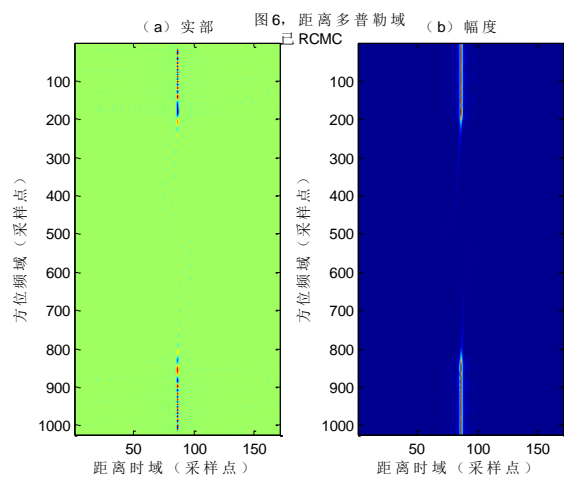


图 7 距离多普勒域, 已 RCMC

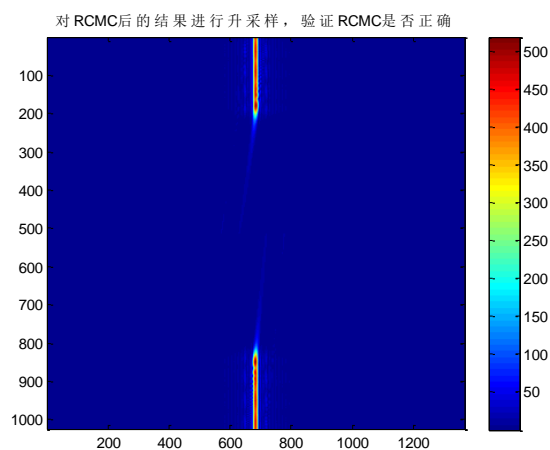


图 8 对 RCMC 后的结果进行升采样, 验证 RCMC 是否正确

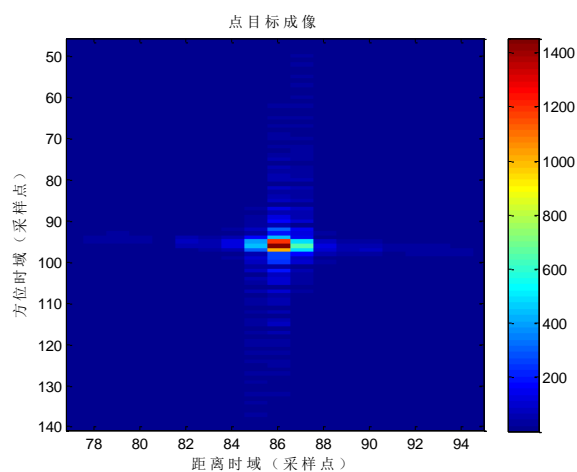


图 9 点目标成像 (局部放大)

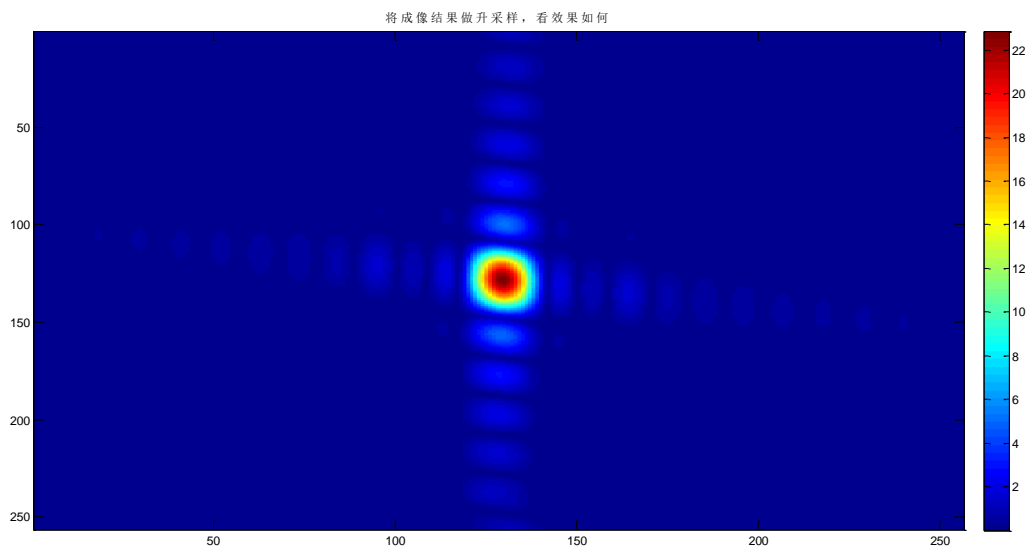


图 10 二维升采样

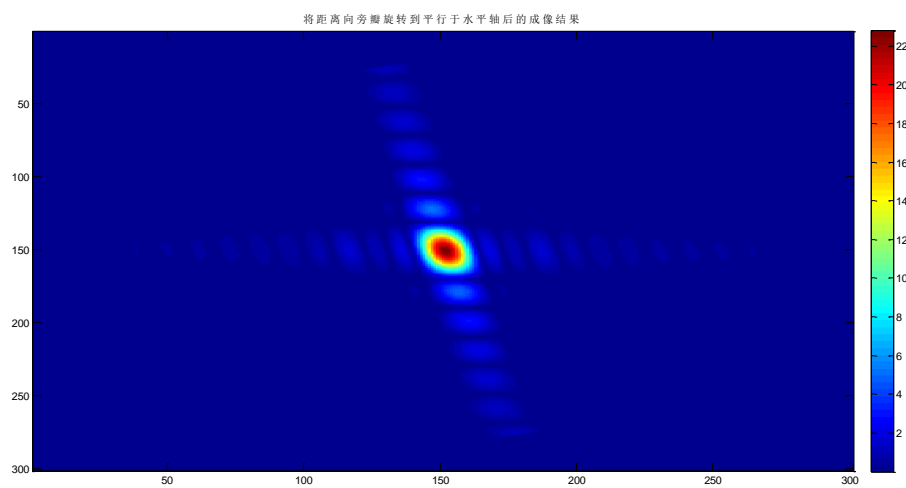


图 11 (a) 以距离向为标准，旋转

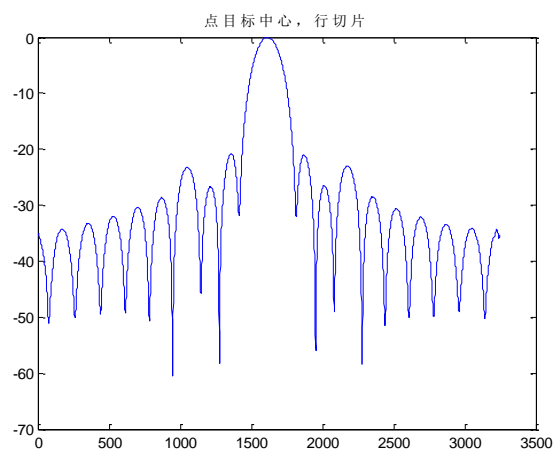


图 11 (b) 取出距离向切片

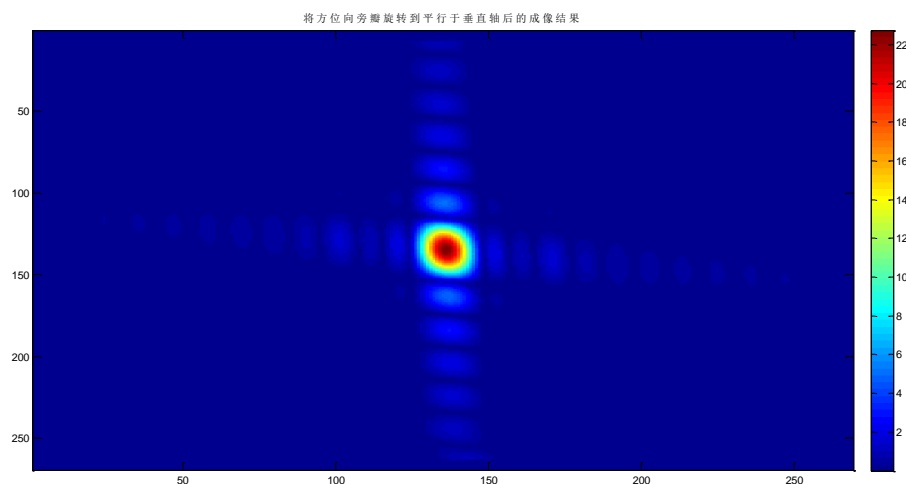


图 12 (a) 以方位向为标准，旋转

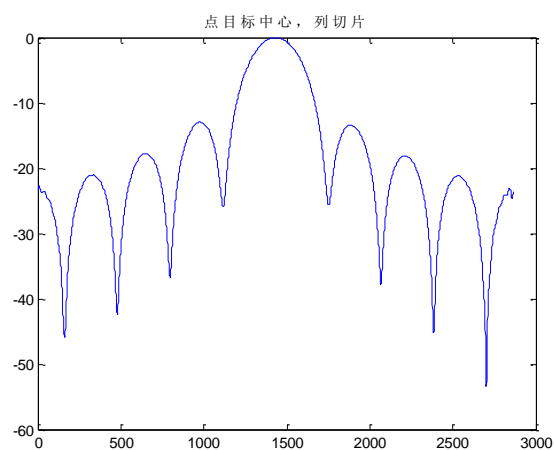


图 12 (b) 取出方位向切片

从图 10，图 11，尤其是图 11 (b)，可以看到：

距离向切片的旁瓣还是有一些不理想，主要是第二个旁瓣和第三个旁瓣的关系不正确。

这是在距离 MF 加窗情况下的结果，原因我还不知道。

但是，如果距离 MF 不加窗，则旁瓣效果会更理想一些，如下：

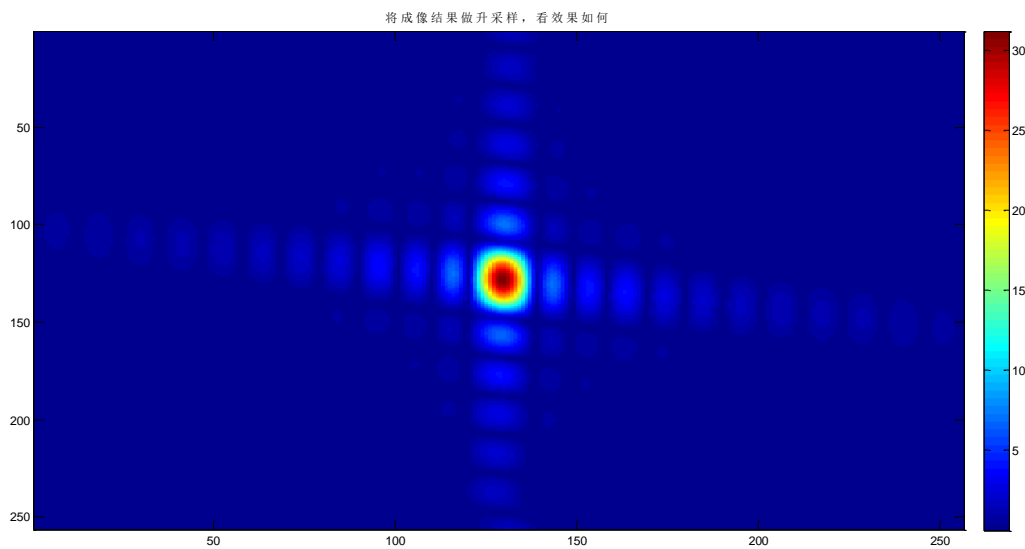


图 13 (a) 距离 MF 不加窗时，点目标中心升采样结果

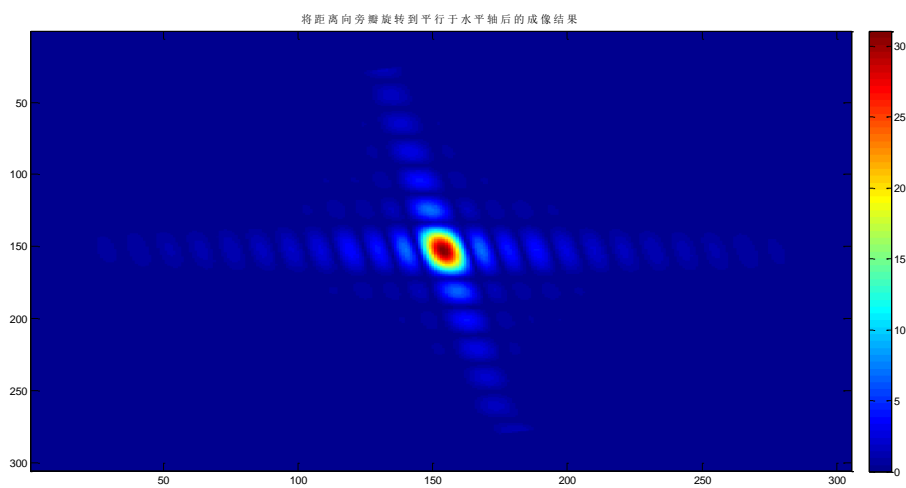


图 13 (b) 将距离向旁瓣旋转至平行于水平轴的位置

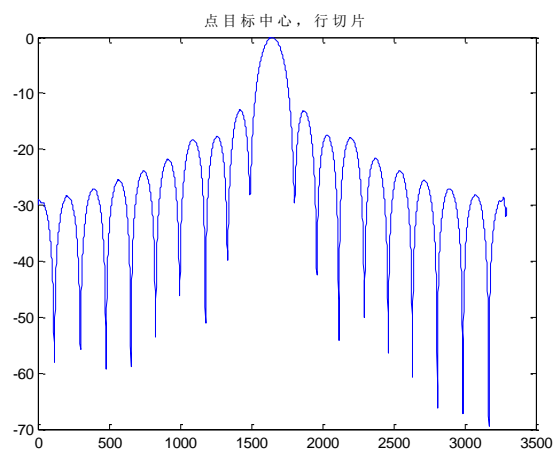


图 13 (c) 距离向切片

下面的分析还是基于：距离 MF 加窗的结果。

图 13 只是为了与图 10 和图 11 对比。

为了检验 RCMC 的效果，以及检查方位向采样率是否足够而不会产生混叠。

我选取了第 86 列（即距离向能量中心所在的位置，也就是距离线的中心），分别得到其 RCMC 前后的幅度结果，对比如下：

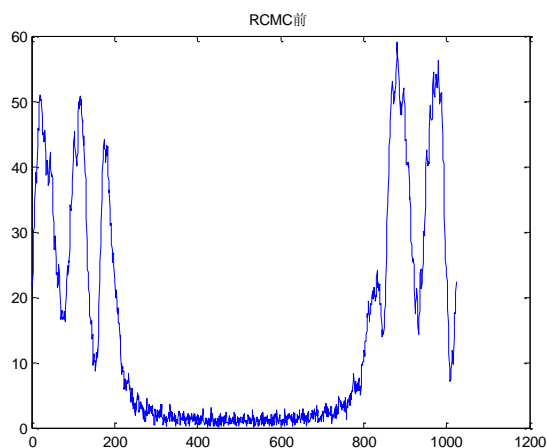


图 14 (a) 第 86 列, RCM 前

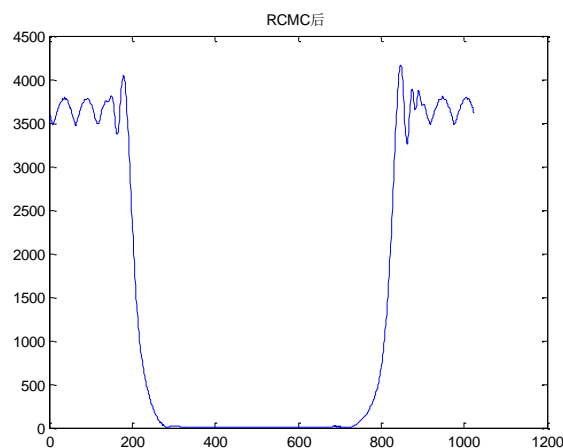


图 14 (b) 第 86 列, RCMC 后

可以看到，方位向没有混叠，说明采样率 PRF 是足够高的。

同时，RCMC 的效果很理想。

另外，之前提到过，我始终无法确定某一个点的绝对位置。

在这里，对于单点目标（点目标 A），其距离向位置我能够预计：一定是被压缩距离向的中心的，但是方位向的我始终无法计算。

由于在 RCMC 前，距离压缩后，二维时域乘以了一个 \exp 的指数项，相当于在距离多普勒域对频谱进行了一个移动。我怀疑正是因为这里的原因，导致了最后的方位向没有被压在我预计的方位向的中心。

下面的结果将会显示这一点：我得到了方位向第 86 列，方位压缩前后的相位。可以看到，在方位压缩后有一个近似线性的相位。但是按照理论公式，这时相位应该是一个常数。因此我认为，正是因为这里的线性相位存在，导致了点目标方位向位置的偏离——距离多普勒域的线性相位（也刚好相当于一个 \exp 的指数项），在时域的表现就是数据的移动。

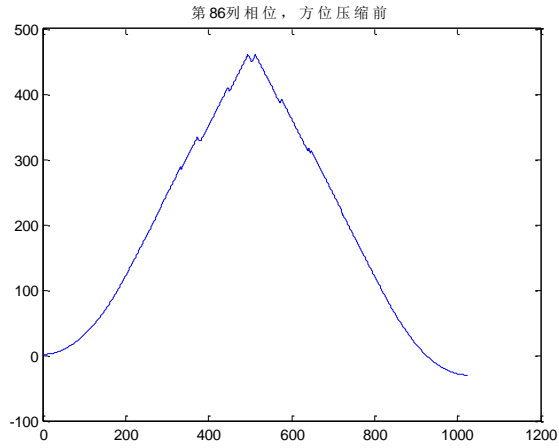


图 15 (a) 第 86 列相位, 方位压缩前

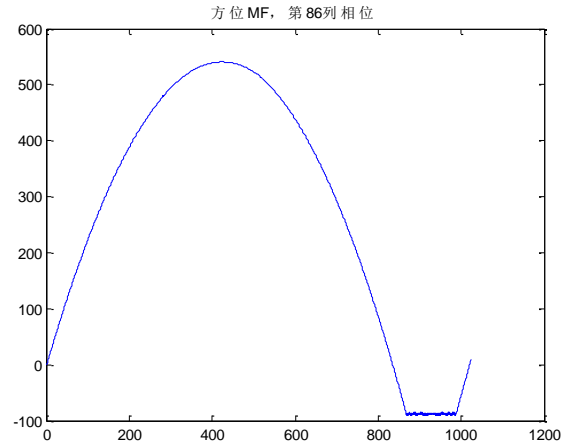


图 15 (b) 方位 MF, 第 86 列相位

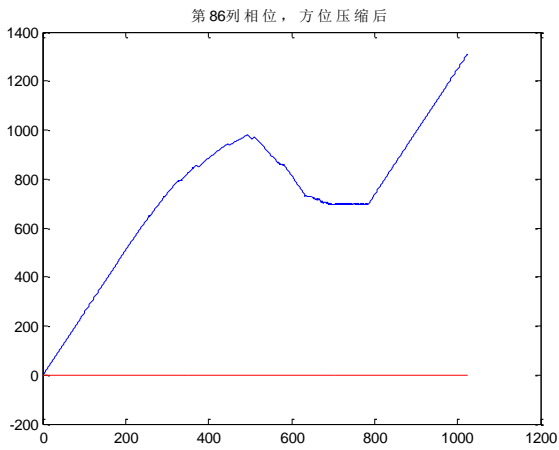


图 15 (c) 第 86 列相位, 方位压缩后

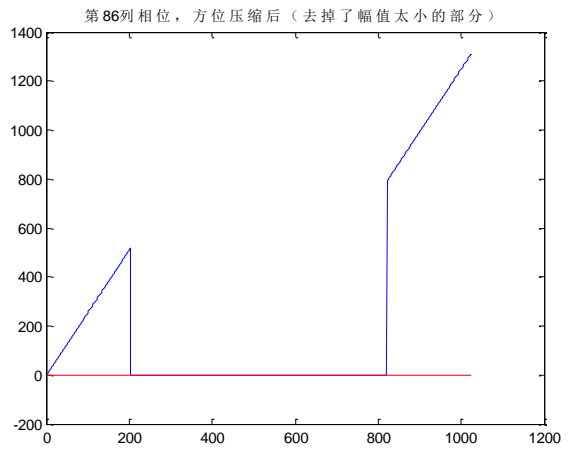


图 15 (d) 第 86 列相位, 方位压缩后
(去掉了幅值太小的部分)

下面给出两种情况的指标计算结果:

1. 距离 MF 不加窗

表 1 距离 MF 不加窗时, 距离向切片和方位向切片的指标

		PSLR (dB)	ISLR (dB)	IRW (m)
距离向	仿真结果	-13.0588	-9.3829	2.7094
	理论值	-13.2	-10	2.6580
方位向	仿真结果	-12.9962	-10.8866	1.6556
	理论值	-13	-10	1.6582

2. 距离 MF 加窗

3. 表 1 距离 MF 不加窗时, 距离向切片和方位向切片的指标

		PSLR (dB)	ISLR (dB)	IRW (m)
距离向	仿真结果	-20.8316	-17.4428	3.1839
	理论值	-20	-17	3.1364
方位向	仿真结果	-12.9720	-10.8557	1.6542
	理论值	-13	-10	1.6582

三点目标的结果类似, 就不再列出了。

以上结果, 以及程序都截止到 2014.10.10 晚