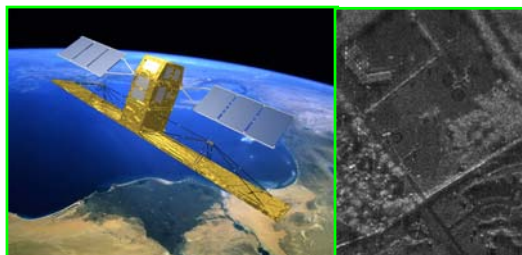


合成孔径雷达成像及处理

第二讲

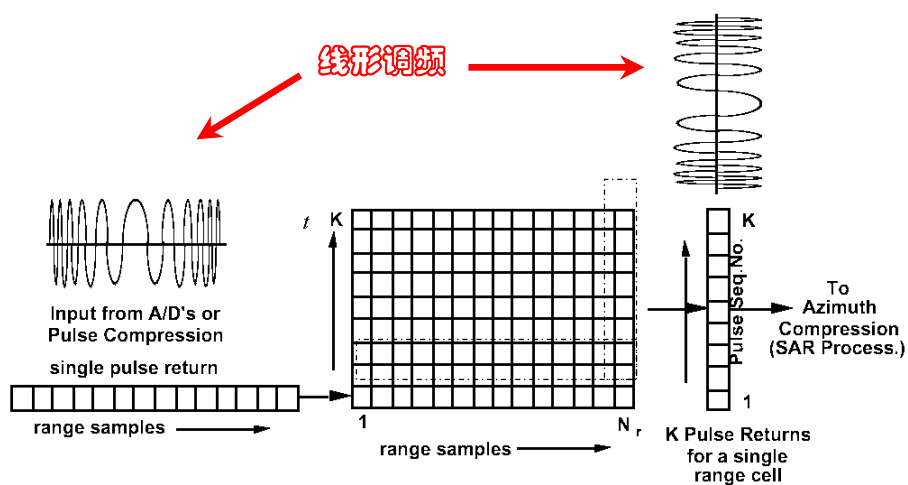


北京航空航天大学电子信息工程学院
孙进平 (82317240) sunjp2000@263.net

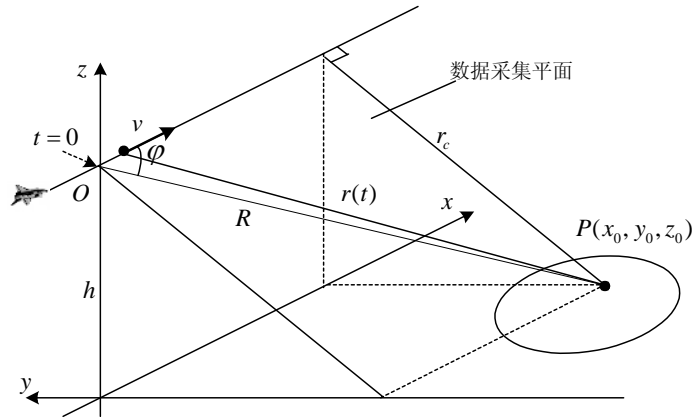


回波数据的特点

方位向上也可以进行脉冲压缩



回波模型

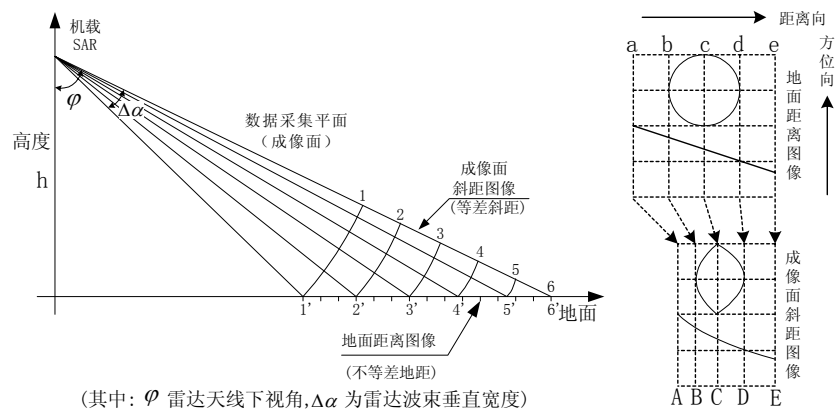


实际的几何模型



回波模型

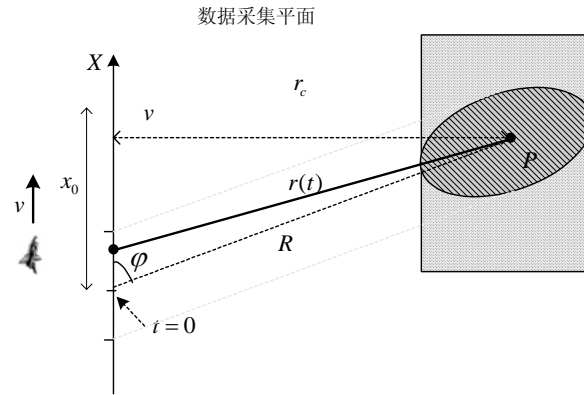
成像问题可以直接在数据采集平面研究



——SAR图像的几何校正问题 (专门的课题)



回波模型



$$r(t) = \sqrt{r_c^2 + (vt - x_0)^2} \approx \sqrt{r_c^2 + x_0^2} - \frac{vx_0}{\sqrt{r_c^2 + x_0^2}}t + \frac{v^2 r_c^2}{2(\sqrt{r_c^2 + x_0^2})^3}t^2$$

$$= R - v \cos(\varphi)t + \frac{v^2}{2R} \sin^2(\varphi)t^2$$



回波模型

雷达发射的信号: $s(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T_p}\right) \exp(j2\pi f_c t + j\pi k_r t^2)$

从目标反射回来的信号:

$$s_r(t, \tau) = a_r \text{rect}\left(\frac{t}{T_a}\right) \text{rect}\left(\frac{\tau - \frac{2r(t)}{c}}{T_p}\right) \exp\left\{j2\pi f_c \left(\tau - \frac{2r(t)}{c}\right) + j\pi k_r \left(\tau - \frac{2r(t)}{c}\right)^2\right\}$$

从目标反射回来的信号:

$$s_r(t, \tau) = \left\{ \text{rect}\left(\frac{t}{T_a}\right) \cdot \exp\left(-j\frac{4\pi}{\lambda} \cdot r(t)\right) \right\} \cdot \left\{ \text{rect}\left(\frac{\tau - \frac{2r(t)}{c}}{T_p}\right) \cdot \exp\left[j\pi k_r \left(\tau - \frac{2r(t)}{c}\right)^2\right] \right\}$$

方位部分

距离部分

$$\tau = t - n \cdot T_{prt}$$

快时间, 慢时间, START-STOP假设



回波模型

方位部分: $\phi(t) = -4\pi r(t) / \lambda$

瞬时频率: $f_a(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt} = f_{dc} + k_a t \quad |t| \leq T_a / 2$

$r(t) = R - v \cos(\varphi)t + \frac{v^2}{2R} \sin^2(\varphi)t^2$

多普勒中心: $f_{dc} = 2v \cdot \cos(\varphi) / \lambda$

多普勒调频率: $k_a = -\frac{2v^2 \sin^2 \varphi}{\lambda R}$

由于载机和地面目标的相对运动，地面点目标产生的雷达回波信号中在方位向也存在着二次调频项，这就是由于多普勒效应而引起的回波信号中的方位Chirp分量

方位向的分辨率

匹配滤波后方位时间上的分辨率: $\tau_a = 1 / B_a$

对应空间尺寸的分辨率: $\rho_a = v / B_a$

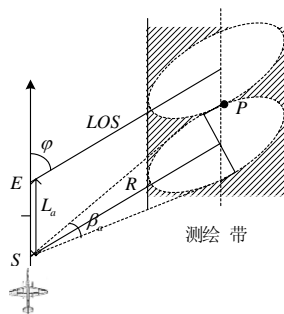
方位向上的多普勒带宽: $B_a = |k_a T_a| = \frac{2v^2 \sin^2(\varphi)}{\lambda \cdot R} \cdot T_a$

目标处在雷达波束照射下的时间长度

考虑简单条带模式:

$$T_a = \frac{L_a}{v} = \frac{\beta_a R}{v \sin \varphi}$$

$$\rho_a = \frac{D}{2 \sin(\varphi)}$$

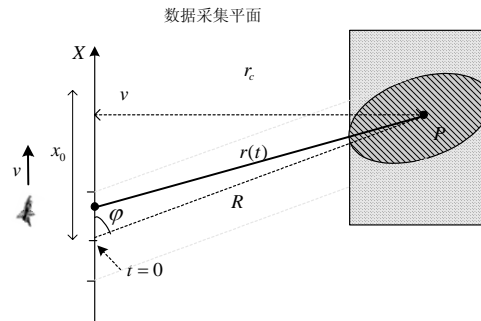


SAR点目标回波仿真

直接仿真的方法:

MATLAB 源代码:

sar_echo.m



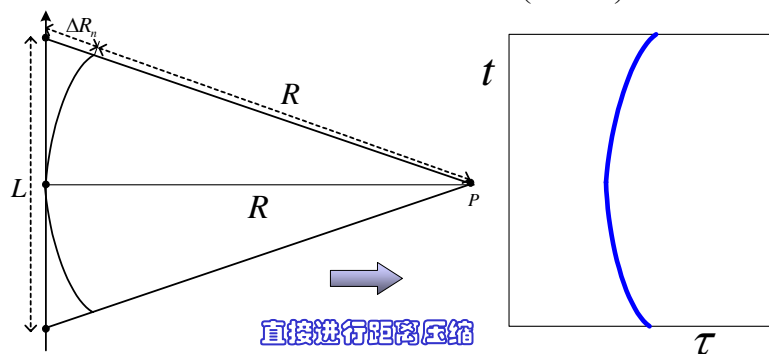
通过回波仿真可以完整地理解 SAR 的工作过程和成像原理。是开展有关课题研究的基础。

SAR 回波仿真是一个专门的研究方向，涉及众多的相关技术，目前还没有非常完善的商业化软件。有兴趣的同学请参考 Franceschetti 等人的论文 (IEEE Trans.)



距离徙动

回波信号: $s_r(t, \tau) = \left\{ \text{rect}\left(\frac{t}{T_a}\right) \cdot \exp\left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot r(t)\right) \right\} \cdot \left\{ \text{rect}\left(\frac{\tau - \frac{2r(t)}{c}}{T_p}\right) \cdot \exp\left[j\pi k_r \left(\tau - \frac{2r(t)}{c}\right)^2\right] \right\}$



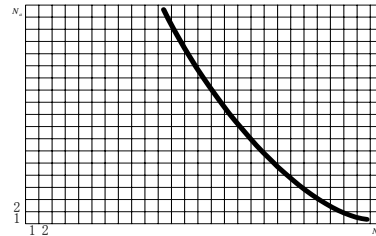
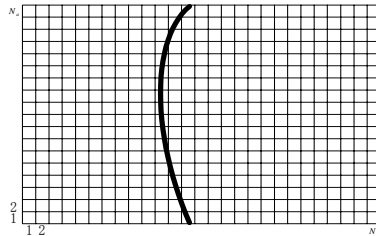
直接进行距离压缩

某一点目标的回波跨越多个距离门，产生方位向和距离向的耦合，使得方位处理变成了复杂的二维处理，为了简化方位处理，必须进行距离徙动校正。



距离徙动

$$r(t) = R - v \cos(\varphi)t + \frac{v^2}{2R} \sin^2(\varphi)t^2 = R - \left(\frac{\lambda}{2}\right)f_{dc}t - \left(\frac{\lambda}{4}\right)k_d t^2$$



载机的运动是分辨率提高的原因，
也带来了SAR信号处理的全部问题

MATLAB 源代码：

range_migration.m

