

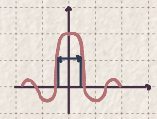
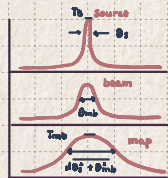


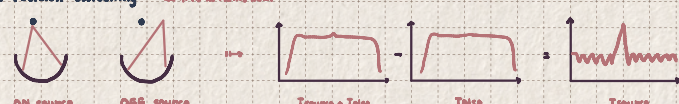
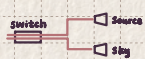

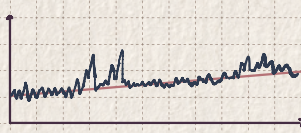
ELEYANG DESIGN

La Vita E Bella



Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录
• 辐射强度 • 射电强度	<p>• Def1 辐射强度 $I_{\nu}(\mathbf{p}, \hat{\mathbf{i}}, \omega)$ 在 \mathbf{p} 点处沿方向 $\hat{\mathbf{i}}$ 上的射电辐射</p> <p>取 \mathbf{p} 点线元为 $d\mathbf{l}$ 的 -1 辐射面元 dA, $\hat{\mathbf{n}}$ 为 dA 的法向, $\hat{\mathbf{i}}$ 为辐射方向, $d\Omega$ 为由 dA 张开的立体角, 张角在 $\hat{\mathbf{i}} - \nu + d\nu$ 之间的辐射功率 $dW(\mathbf{p}, \hat{\mathbf{i}}, \nu, \omega) = \cos\theta dA d\Omega d\nu$</p> <p>$\Rightarrow dW(\mathbf{p}, \hat{\mathbf{i}}, \nu, \omega) = I_{\nu}(\mathbf{p}, \hat{\mathbf{i}}, \nu) \cos\theta dA d\Omega d\nu$</p> <p>即 I_{ν} 为方向 $\hat{\mathbf{i}}$ 上 \mathbf{p} 点与辐射方向垂直的單位面积、單位張角間、單位頻率间隔的功率</p> <p>[Remark] $\Omega = \frac{\Omega'}{r^2}$ $d\Omega = \sin\theta d\theta d\phi$</p> <p>• [Theorem] I_{ν} 不变性 在中性介质中, 沿辐射传播方向观测者测得的 $I_{\nu} = I_{\nu}'$</p> <p>• Def2 流量密度 $F_{\nu}(\mathbf{p}, \hat{\mathbf{i}}, \omega)$ 沿有一个稳定的辐射源 S ($\mathbf{p}, \hat{\mathbf{i}}'$)</p> <p>通过位于 \mathbf{p} 的由元 dA, 朝着 $\hat{\mathbf{i}}$ 方向, 辐射流为 $F_{\nu} = \int_{\Omega} I_{\nu} \cos\theta' d\Omega'$</p> <p>$\Rightarrow F_{\nu} = \int I_{\nu} d\Omega'$</p> <p>对于观测者, 观测者在 \mathbf{p} 点, 辐射源所张成的立体角为 Ω_S</p> <p>$\Rightarrow W(\mathbf{p}, \hat{\mathbf{i}}, \omega) = A d\nu F_{\nu}$</p> <p>即 F_{ν} 为辐射源在方向垂直的單位面积上, 单位频率间隔的功率</p> <p>[Remark] I_{ν} 的单位: $\text{Jy} = \text{sr}^{-2}$ F_{ν} 的单位: Jy $1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$</p>	  
§ 射电强度	<p>• Def1 光强度 $I_{\nu} = ckT_{\nu}/\lambda^2$ T_{ν} 为 I_{ν} 在波速 c 时 $T_{\nu} = T$</p> <p>流量密度 $\frac{dW}{dA} = \frac{dW}{dA} = \frac{dW}{dA} = \frac{dW}{dA}$</p> <p>立体角 $F_{\nu} = ckT_{\nu}/\lambda^2 = kT_{\nu}$ $\Omega_{\nu} = \Omega' \sim \left(\frac{r}{D}\right)^2$</p> <p>• [Prop] T_A 表示射电望远镜观测天体的功率输出的等效温度; T_{ν} 是天体辐射源由表示的等效天线温度, 天体温度 Ω_{ν}</p> <p>(1) $\Omega_{\nu} \ll \Omega_A$ $T_A = T_{\nu} \frac{\Omega_{\nu}}{\Omega_A}$</p> <p>(2) $\Omega_{\nu} \gg \Omega_A$ $T_A = T_{\nu}$</p>	
Summary 总结		

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录
<ul style="list-style-type: none"> • 信号方向 • 探测灵敏度 	<p>• [Prop3] 考虑天线为一个复数系统，天线接收电流的符号与场的方向同是 Fourier 变换对</p>  <p>恒 - 归一化: $P_{in}(f, \psi) \propto P_{in}(f, \psi) / P_{max}$ 得: $P_{in}(f, \psi) \propto \sin^2(\Delta f)$</p>	
<p>§ 信号方向</p>	<p>• [Theorem3] 均匀照明的圆孔性天线主瓣 FWHM 为 $\frac{1.03\lambda}{D}$</p> <p>- 一般主瓣 FWHM 范围: $1.05 - 1.22 \lambda / D$</p>  <p>• [Def3] (注) 增益效率 $\eta_{mb} = \Omega_{mb} / \Omega_A$ 孔径效率 $\eta = A_{eff} / A_D$</p> <p>• [Prop3] 假设天线接收完全极化的平面波电磁波:</p> <p>$W_{in} = kT \lambda^2 / \lambda^2 \times \Omega_D \times A_{eff} \times \cos^2 \theta$</p> <p>$W_{out} = kT \times \Delta \omega^2$</p> <p>由 $W_{in} = W_{out}$ 得: $\Omega_D A_{eff} = \lambda^2$</p>	
<p>§ 探测灵敏度</p>	<p>• [Def3] 方向增益 定义 $P = \int P(\theta, \psi) d\Omega / 4\pi$ 则增益 $G(\theta, \psi) = P(\theta, \psi) / P$</p> <p>方向增益是归一化的功率密度函数, 其中 $\int G(\theta, \psi) d\Omega = 4\pi$</p> <p>方向系数 取 $\theta = 0$ 且 $\psi = 0$ 时 $G_{max} = 4\pi / \Omega_D = 4\pi A_{eff} / \lambda^2$</p> <p>• [Prop3] 对 $d > \lambda$ 的观测站, 可用已知功率密度函数辐射源校准探测天线</p>	
	<p>Ex: 星体观测灵敏度</p> <p>(1) $T_A = T_{ant} \times \text{counts rate}$ counts \rightarrow temperature</p> <p>(2) $T_A^0 = e^{-\tau} \times T_A$ atmosphere absorption</p> <p>(3) $T_A^0 = T_A^0 / G$ Gain-Elevation effect</p> <p>(4) $S = T_A^0 / F$ or $T_{mb} = T_A^0 / \eta_{mb}$ calibration</p>	
	<p>其中通过校准源校准时:</p> <p>(1) $S = \frac{1}{2} k T_A^0 \frac{4\pi}{\Omega_D} / (1/4\pi) \eta_{eff} = (2\pi T_A^0) / (\Omega_D \eta_{eff})$</p> <p>$\Rightarrow P = \frac{R \Delta \omega}{2\pi} \eta_{eff}$ 功率噪声</p> <p>(2) $T_A^0 = T_{mb} / \eta_{mb}$ $T_{mb} = T_0 \eta_{eff}$</p> <p>$T_0 \theta_s^2 = T_{mb} (\theta_s^2 + \theta_{mb}^2)$</p> <p>$\Rightarrow \eta_{eff} = \frac{\theta_s^2}{\theta_s^2 + \theta_{mb}^2}$</p> <p>$T_A^0 = T_0 \eta_{eff} / \eta_{mb}$ 噪声展宽</p>	
<p>Summary 总结</p>	<p>• [Remark3] $S/N \propto T_A^0 / T_{rms}$ $T_{rms} \propto T_{sys} / \sqrt{2\pi \nu}$</p>	

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录
<ul style="list-style-type: none"> 观测模式 数据处理 	<p>> Def1 接收辐射只占原辐射功率的一小部分, 叠加在宽带噪声信号上, 考虑任何小的系统增益变化以及大气变化影响, 需要用到下述观测来测量信号:</p> <p>$W = (T_{\text{sky}} + T_{\text{a}})g$ 若 $(T_{\text{sky}} + T_{\text{a}})g_{\text{off}} = (T_{\text{sky}} + T_{\text{a}})g_{\text{on}}$ then $\Delta T = (T_{\text{sky}} + T_{\text{a}})g/g_{\text{off}}$</p> <p>$\Delta W = (T_{\text{sky}} + T_{\text{a}} - T_{\text{sky}})g$ 若 $T_{\text{a}}g_{\text{off}} = (T_{\text{a}} + \Delta T)g$ then $\Delta T = T_{\text{a}}g/g_{\text{off}}$</p> <p>! Prop1 Position switching 通常用给观测模式</p>  <p>ON source OFF source $T_{\text{source}} + T_{\text{noise}}$ T_{noise} T_{source}</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 抵消自身, 效果不错 x clean background 不易寻找 x 指向变化较大, 耗时长 x 系统必须在校换期间的非常稳定 <p>! Prop2 Beam switching 双波束, 一个对 source, 一个对 sky, 同时切换</p>  <p>switch Source Sky</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 效率高, 波束跨越一个波束内 ✓ 不用馈的天线, 切换快 x 双馈接收机, OFF点应作受限 <p>! Prop3 Wobbler 馈源制轴实现 ON-OFF 切换</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 不用馈的天线, 切换快 x OFF 点离源 source 足够远 <p>! Prop4 Frequency switching 微调观测频率是最佳途径</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 无源的动望远镜, 效率高 x 用了解有利谱线性质 x 系统在频率扫描时足够的稳定 x 分辨率低不适用 <p>! Prop5 OTF 在一定区域内扫描</p> <p>> ! Prop6 Determining T_{sky} $T_{\text{source}} = \frac{\text{ON-OFF}}{\text{OFF}} T_{\text{sky}}$</p>  <p>cool T_{cool} hot T_{hot}</p> <p>Let Y (the y-factor) = $\frac{T_{\text{hot}} + T_{\text{off}}}{T_{\text{cool}} + T_{\text{off}}}$ $T_{\text{off}} = \frac{T_{\text{hot}} - Y T_{\text{cool}}}{Y - 1}$</p> <p>> ! Prop7 基波拟合</p> 	
Summary 总结		

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

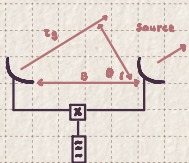
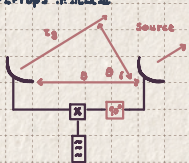
20

21

22

23

24

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录
<ul style="list-style-type: none"> 干涉仪性能 Visibility uv 覆盖 成像技术 	<p>• [Def1] 干涉仪分辨率 $\theta \sim \frac{\lambda}{B} \rightarrow \frac{\lambda}{2B}$</p> <p>灵敏度 $A_{eff} \sim \pi N \cdot \lambda \rightarrow \frac{1}{2} A_0 \rightarrow NA_0$</p> <p>• [Prop1] 超天线干涉系统</p>	<p>/ / / / /</p>
<p>5. 干涉仪性能</p>	 <p>$E_g = E_0 \sin \theta / \lambda$</p> <p>$R_1(t) = E_0 \cos \omega t$</p> <p>$R_2(t) = E_0 \cos(\omega t - \theta B)$</p> <p>$R_1(t) \cdot R_2(t) = E_0^2 \cos \omega t \cdot [\cos \omega t - \cos(\omega t - \theta B)]$</p> <p>$= \frac{1}{2} E_0^2 [\cos 2\omega t - \cos 2\omega t + \theta B] \rightarrow \frac{1}{2} E_0^2 \cos \theta B$</p> <p>$u \rightarrow P_c \approx R_1 R_2 R_2 \sim P_0 \cos \theta B$</p> <p>For observations of an extended source:</p> <p>$\vec{S} = \vec{S}_0 + \vec{S}' \quad \vec{S}_0 \perp \vec{S}' \quad S_0 \text{ 为源位置}$</p> <p>$u \rightarrow T_g = \vec{B} \cdot \vec{S} / \lambda$</p> <p>$R_1(\vec{S}) = \iint P(\vec{S}) \cos(\frac{2\pi}{\lambda} \vec{B} \cdot \vec{S}) d\Omega$</p>	
<p>5. Visibility</p>	<p>• [Prop2] 系统改进</p>  <p>此时 $R_1 R_2$: $R_1(\vec{S}) = \iint P(\vec{S}) \cos(\frac{2\pi}{\lambda} \vec{B} \cdot \vec{S}) d\Omega$</p> <p>$\Rightarrow$ Visibility $V(\vec{S}) = R_c - i R_S = \iint P(\vec{S}) \exp(i \frac{2\pi}{\lambda} \vec{B} \cdot \vec{S}) d\Omega$</p> <p>• [Def2] Visibility $V(\vec{S}) = \iint P(\vec{S}) \exp(i \frac{2\pi}{\lambda} \vec{B} \cdot \vec{S}) d\Omega$</p> <p>实际观测中 $P(\vec{S}) \sim I'(\vec{S}) \sim I(\vec{S}) \otimes \delta(\vec{S})$ $\delta(\vec{S})$: 点源响应</p> <p>$u \rightarrow V(\vec{S}) = \iint I'(\vec{S}) \exp(i \frac{2\pi}{\lambda} \vec{B} \cdot \vec{S}) d\Omega$</p>	
<p>5. uv coverage</p>	<p>• [Prop3] 可视函数 $V(\vec{S}) = \iint I'(\vec{S}) \exp(i \frac{2\pi}{\lambda} \vec{B} \cdot \vec{S}) d\Omega$</p> <p>取值 $u = \sqrt{u^2 + v^2}$ 相位中</p> <p>取 \vec{u} 上天平面的方位角 $(u, v, \omega) \rightarrow \vec{S} = (l, m, 0) \quad \vec{S}_0 = (l_0, 0, 0) \quad \vec{S}' = (l', m', 0)$</p> <p>$\vec{B} = \lambda \vec{u}, v, \omega = \frac{2\pi \lambda}{\omega} (u, v, \omega)$</p> <p>$\Rightarrow \iint V(u, v) = \iint I'(l, m) \exp[i 2\pi (ul + mv)] dldm$</p> <p>$I'(l, m) = \iint V(u, v) \exp[-i 2\pi (ul + mv)] du dv$ V, I' 互为 Fourier 对偶子</p> <p>$\Rightarrow I'(l, m) = I^0(l, m) / \delta(l, m)$</p> <p>• [Def3] 一个干涉阵在完成一次观测过程中, 采集线在某一刻刻对应 (u, v) 面上一个点, 在一段的时间内划过一条线</p> <p>由于天线数有限, 故 $V(u, v)$ 函数条件不完备, 记录函数 $S(u, v) = \sum_{k=1}^N \delta(u - u_k, v - v_k)$</p> <p>实际观测无法获取完整的 $V(u, v)$, 只能得到 $S(u, v) \cdot V(u, v)$</p> <p>$u \rightarrow$ Dirty Image $I^D(l, m) = \iint V(u, v) S(u, v) \exp[-i 2\pi (ul + mv)] du dv$</p> <p>$=$ Target $I^T(l, m) = \iint V(u, v) S(u, v) du dv$</p> <p>$=$ Observe $I^O(l, m) = \iint V(u, v) S(u, v) du dv$</p> <p>• [Prop3] 定义采样函数 $S(u, v)$ 的 Fourier 变换为脏束 Dirty Beam</p> <p>$\delta(l, m) = \iint S(u, v) \exp[-i 2\pi (ul + mv)] du dv = \iint S(u, v) du dv$</p> <p>则 $I^D = I^T \cdot B$ 脏图为真图与脏束的卷积 $B(l, m)$ 等效于 PSF</p>	

• [Remark] 不同基线时信号的采样

短基线: 观测相对平滑, 大尺度结构

长基线: 观测相对尖锐, 小尺度结构



• [Prop] Spatial filtering effect

亮度无限平滑展宽 $u^2, v^2 \propto \text{const}$ $v(u, v) \propto \delta$

\rightarrow 在有限 W -个采样间隔时 $v(u, v) \propto \delta$, 进行UV采样

• [Def] 干涉仪采样即为从 $V^{obs}(u, v)$ 提取 $I'(l, m)$ 的采样

$$V^{obs}(u, v) \xrightarrow{FT} I'(l, m) \xrightarrow{2\pi \text{conv}} I'(l, m)$$

• [Prop] Making Dirty Beam, Dirty Map 采样为 Invert

$$DB = \int \delta S(u, v) \quad I^0 = \int I V^{obs}(u, v)$$

• [Prop] Making Clean Map

Using de-convolution algorithm

(a) 图像按每个点源的叠加 (b) 找到脏图最大点并衰减 5-10%, 衰减的部分为真信号

(c) 上述过程迭代 100 次左右, 使最大信号不超过 rms 噪声的 3 倍

(d) 将提取的真信号放回 noise 中卷积

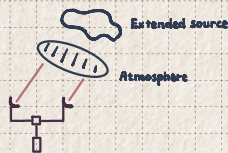
• [Prop] 干涉仪观测值与真实强度 (amplitude) 与相位 (phase)

$$V(u, v) = \iint I'(l, m) \exp(i 2\pi (l u + m v)) dl dm$$

Amplitude 决定辐射强度 phase 决定源的位置

亮度分布, 大气的影响

$$V_{obs}(l, m) = \tilde{a}(l, m) \iint I(l, m) e^{i 2\pi (l u + m v)} dl dm$$



• [Prop] calibration 干涉仪校准包括: 通道校准、增益校准、绝对流量校准

- bandpass calibration 对一个高频光源 (点源) 在时间积分观测, 以确定带宽内强度和相位随机噪声的分布

$$\text{干涉仪灵敏度 } S_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{SEFD}{\sqrt{N(N-1)2\Delta t}} \quad SEFD = \Delta k T_{sys} / \Delta \theta \quad (\text{The System Equivalent Flux-Density})$$

Limit: 无偏线、足功率

- gain calibration 在观测场附近找一个低频点源, 通过对该点源与观测场之间的增益或相位, 改正观测时场内的天气和望远镜系统产生的强度和相位变化

Limit: 点源、足够亮、速

- flux calibration 观测已知流量外乎的校准源

5. 成像技术

6. 校准技术

Summary 总结

观测天体物理期末 Review - 射电部分

Catalog: I. Intro: 观测物理量 II. Tool A: 望远镜 III. Tool B: 干涉阵

I. 观测物理量

(i) 辐射强度 I_ν : 又称为发射强度或亮度 $dW \text{ (p.l.v.t.)} = I_\nu \cos\theta \, dA \, d\Omega \, d\nu$ 是一个表征辐射源强度的一个量

// I_ν 与方向无关时, 称各向同性; I_ν 与辐射源上 dA 位置无关, 称均匀辐射; 与 t 无关 \rightarrow 稳定; 与 ν 无关 \rightarrow 连续

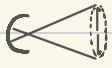
(ii) 流量密度 F_ν : I_ν 在某一立体角内的积分 $F_\nu = \int I_\nu \, d\Omega$ $d\Omega = \sin\theta \, d\theta \, d\phi$

// F_ν 单位: Jy $1 \text{ Jy} \equiv 10^{-26} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$

(iii) 亮温度 T_b : $I_\nu = \frac{2kT_b}{\lambda^2}$ 为观测源为黑体, 长波近似下 $T_b \sim T$

(iv) 激发温度 T_{ex} : $T_b = T_{ex}(1 - e^{-\tau}) + T_a e^{-\tau}$ 光学厚 $\tau \gg 1$ 时 $T_{ex} \sim T_b$

(v) 天线温度 T_A : 天线接收到的来自源的功率为 P , 则 $P = kT_A \Delta\nu$ $\Rightarrow F_\nu = \frac{2kT_A}{\lambda^2} \times \Omega_A$



近似地 $\Omega_A \sim \theta^2 \sim (\frac{\lambda}{D})^2$

一般地说 $T_A = f T_b$ ($f < 1$) // $F_\nu = \frac{2kT_A}{\lambda^2} \Omega_{eff} = \frac{2kT_b}{\lambda^2} \Omega_{eff}$



(vi) 噪声温度 T_{rms} : $T_{rms} = \frac{T_{sys}}{\sqrt{B \Delta\nu}}$ $\Delta\nu$: 带宽 τ : 曝光时间

II. 望远镜

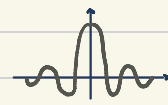
(i) 假设天线为一发射系统: 场的强度与天线表面电流分布呈 Fourier 变换时



// $F(\theta) = \int \int J(x,y) \, dx \, dy = \frac{1}{i\omega} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega t} \, dt$ $F(\theta)$ 是 $J(x,y)$ 在不同周期 θ 下的振幅强度

其性质为 $f(x) \rightarrow \delta(x)$ 时 $\int \int f(x,y) \, dx \, dy \rightarrow \text{const}$ 尖锐的小结构 \rightarrow 窄谱信号

$f(x) \rightarrow \text{const}$ 时 $\int \int f(x,y) \, dx \, dy \rightarrow \delta(x)$ 平滑结构 \rightarrow 宽谱信号



// 对一个窄谱信号 $E(t) = \begin{cases} h & |t| < T \\ 0 & |t| > 0 \end{cases}$ $\int \int E(t) \, dt = \frac{\sin\theta}{\theta} \equiv \text{sinc}(\theta)$ 称 $\text{sinc}(\theta)$ 函数的主瓣的 FWHM 为分辨率

$\Rightarrow \theta \approx \frac{1.02\lambda}{D}$

// Trick: 分辨率越高可以增加主瓣宽度, 减弱旁瓣水平, 用于观测弱展源

// 波束效率: $\eta_{mb} = \Omega_{mb} / \Omega_A$ 孔径效率: A_{eff} / A $\Rightarrow \Omega_A A_{eff} = \lambda^2$

(ii) 分辨率: 观测得 $T_A^{(1\sigma)} = \frac{\eta_{mb}}{2} T_{mb} \frac{1.02}{\theta} T_b \rightarrow T_{ex}, T_{in}$

预先知道的参数: 观测已知面元 $\rightarrow \eta_{mb}, \theta_{mb}$ 观测标准源 $\rightarrow A_{eff}$

// Step 1: 补偿大气消光 $T_A^h = e^{-\alpha AM} T_A$

Step 2: 方向增益 $T_A^{hh} = T_A^h / \Omega$

Step3: 主波束转换 $T_{mb} = T_A^{SB} / \eta_{mb}$ 即将与波束收集到的信号集中在 main beam 上

Step4: 填充因子 $T_0 = T_{mb} / f_{fill}$ $f_{fill} = \frac{\theta_s^2}{\theta_s^2 + \theta_{mb}^2}$

// 信噪比 $S/N = T_A^{SB} / T_{r.m.s}$ $T_{r.m.s} = \frac{T_{sys}}{J_{ov} t}$

T_A^{SB} 可由观测源性质估计

- 点源 $T_A^{SB} = S \cdot F$ $F = \frac{\pi D^2}{8k} \eta_{eff}$

展源 $T_A^{SB} = T_{mb} \eta_{mb} \frac{f_{fill} = 1}{T_0 \eta_{mb}}$

一般情况 $T_A^{SB} < T_{mb} < T_0$

(iii) 观测模式: 极化式观测 $T_A = (T_A + T_{sys}) - T_{sys}$ ON-OFF

包括: position switching, beam switching, frequency switching, OTF

确定 T_A 时可用 $T_A = \frac{ON-OFF}{OFF} T_{sys}$ T_{sys} 由冷负载方式测得 $(Y = \frac{T_{hot} + T_{sys}}{T_{cold} + T_{sys}})$

四. 干涉阵

(i) 干涉阵性能参数: 分辨率 $\theta \sim \frac{\lambda}{B}$ 视场 $FOV \sim \frac{\lambda}{D}$ 灵敏度 $A_{eff} \sim N * A_0$

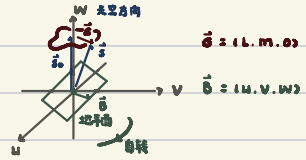


(ii) 可测展函数 Visibilities

$$V(\vec{B}) = \iint G(\vec{r}) I(\vec{r}) e^{i \frac{2\pi}{\lambda} \vec{B} \cdot \vec{r}} d\vec{r}$$

$$V(u, v) = \iint I(l, m) e^{i 2\pi (lu + mv)} dldm$$

$$\text{则 } I'(l, m) = \iint V(u, v) e^{-i 2\pi (lu + mv)} du dv$$



(iii) 若知 $V(u, v)$ 即可利用 Fourier 变换求出 Target $I'(l, m)$ 但对 $V(u, v)$ 的采样总是不完备的

对一个固定 $\vec{B} = (u, v, w)$ 对应 u, v 上一点

随地球自转 (u, v) 连续变化 \rightarrow 形成一条线 被采样过的点记为采样函数 $S(u, v)$

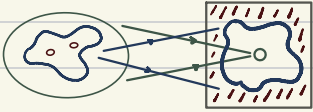
$$I^D(l, m) = \iint V(u, v) S(u, v) e^{-i 2\pi (lu + mv)} du dv$$

①: 无法避免

// 即 $I'(l, m) = \int \int V(u, v) S(u, v) e^{-i 2\pi (lu + mv)} du dv$ 定义 $B(l, m) = \int \int S(u, v) e^{-i 2\pi (lu + mv)} du dv$

$$u \rightarrow I^D(l, m) = I'(l, m) * B(l, m)$$

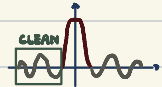
(iv) 由 $I^D(l, m) = \int \int V(u, v) S(u, v) e^{-i 2\pi (lu + mv)} du dv$ 与 Fourier 变换特性: 尖锐细小结构 $\xrightarrow{S(1)}$ 平滑延展信号 即小 $(l, m) \rightarrow$ 大 (u, v) 长 B
平滑延展结构 $\xrightarrow{S(2)}$ 尖锐细小信号 大 $(l, m) \rightarrow$ 小 (u, v) 短 B



$\Rightarrow \theta > \frac{\lambda}{B_{min}}$ 时 missing flux $\theta < \frac{\lambda}{B_{max}}$ 时 成为背景辐射

(v) $I^D(l, m) = I'(l, m) * B(l, m)$ 展源 $I'(l, m)$ 称为脏卷积 CLEAN or De-convolution

De-conv: 通过多次迭代削弱 sidelobe 总体使之融入噪声



(vi) 校准过程: 待校准量: Amplitude + Phase

决定强度

决定空间位置

$$V_{obs}(\vec{\theta}) = \iint I(\vec{\theta}') \left[\frac{S_{\alpha}}{S_{\beta}} e^{i(\frac{2\pi}{\lambda} \vec{\theta}' \cdot \vec{\theta} + \frac{\pi}{2})} \right] d\Omega$$

影响强度 相位

三重校准: bandpass calibration, gain calibration, flux calibration

// bandpass 校准: 对一固定源长时间观测, 确定 $\Delta\nu$ 内 Amplitude 与 phase 随 ω 变化 要求 calibrator 足够亮, 无特征线

// gain 校准: 对一附近固有光源与 target 交替观测, 改正大气、无线对 Amplitude 与 phase 的影响 要求 calibrator 光源, 足够亮, 在附近 (质量佳)

干涉仪灵敏度: $S_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{SEFD}{\sqrt{N(N-1)} \Delta\nu \Delta t} \approx \frac{1.3ms}{\sqrt{N(N-1)} \Delta\nu \Delta t}$