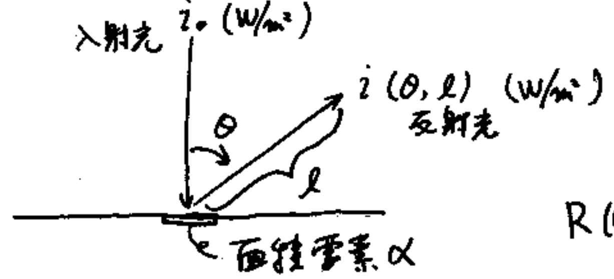
短波放射計・PAR計（反射測定）の視野について.

問：放射計は、どこの地面をどの程度の寄与で測ってるか？

§1. Lambertian 反射



$$i(\theta,\ell) = \alpha R(\theta)\, i_0 / \ell^2 \qquad ①$$

$R(\theta)$：単位面積あたり、単位立体角への微分散乱断面積（無次元）

センサーのFOVを $\delta\Omega$ とすると

$$A = \ell^2 \delta\Omega \cos\theta$$

$\alpha = A = \ell^2 \delta\Omega / \cos\theta$ として、①に代入

キョリ、観測方位によらぬ輝度.

$$i(\theta,\ell) = \delta\Omega (\cos\theta)^{-1} i_0 R(\theta) = \mathrm{const} \quad (\text{Lambertian!!})$$

∴このとき $R(\theta) = c\cos\theta$（cは定数）

hemispherical reflectance

①で、$\ell = 1$として単位球への反射の全エネルギーは、

$$\int i(\theta,1)\, d\Omega = \int \alpha c \cos\theta\, i_0\, d\Omega$$

$$= \alpha c i_0 \pi$$

$\left(* \int \cos\theta\, d\Omega = \pi \right.$ ← 半球の平面投影 $\left. \right)$

一方、入力エネルギーは αi_0.

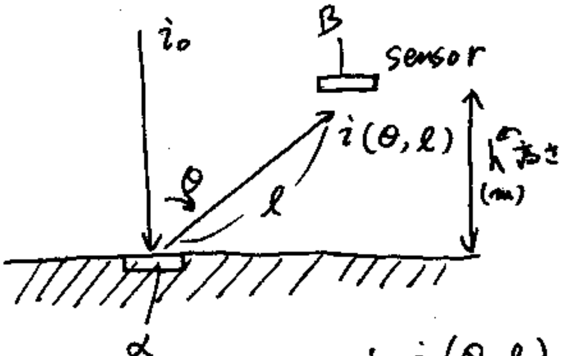
$$\therefore \text{hemispherical reflectance} = \frac{\text{反射エネルギー}}{\text{入力エネルギー}} = \frac{\alpha c i_0 \pi}{\alpha i_0} = c\pi \equiv \rho$$

$$\therefore c = \frac{\rho}{\pi} \quad \therefore R(\theta) = c\cos\theta = \frac{\rho\cos\theta}{\pi} \qquad ②$$

Lambertian 微分散乱断面積

ギモン：上記のLambertianのギロンからは、入射方位に関するisotropicが言えない。これは独立の「条件」なのか？

§2. 単位地表面からセンサーにやって来るエネルギー



①より、$i(\theta,\ell)=\alpha R(\theta)\, i_0/\ell^2$ (W/m²)

センサの高さをhとすると、

$\ell = h/\cos\theta$ (m)

$$\therefore\ i(\theta,\ell)=\alpha\, i_0\, R(\theta)\cos^2\theta/h^2 \quad (\mathrm{W/m^2}) \quad ③$$

センサーの受けとれる断面積（吸収断面積）は、センサーの面積をBとして、

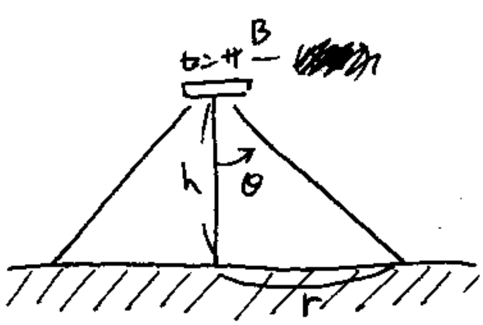
$B\cos\theta$

よって、③より、センサーのうけとるエネルギーは、

$$B\cos\theta\, i(\theta,\ell)=\alpha B\, i_0 R(\theta)\cos^3\theta/h^2 \quad (\mathrm{W/m^2}) \quad ④$$

さらに、R(θ)としてLambertianを仮定すれば、②と④より、
センサーのうけとるエネルギーは、

$$\alpha B\, i_0 \cos^3\theta\cdot\frac{1}{h^2}\cdot\frac{\rho\cos\theta}{\pi} = \frac{\alpha B\rho\, i_0\cos^4\theta}{\pi h^2} \quad ⑤$$



半径rの地表面からセンサーに行くエネルギーは、
⑤をαについて積分すると、($\alpha = dS$)

$$\int \frac{B\rho\, i_0\cos^4\theta}{\pi h^2}\, dS \qquad (dS = dx\,dy)$$

ここで、$dS = 2\pi r\,dr$，$r = h\tan\theta$ とすると、$dr = \frac{h}{\cos^2\theta}d\theta$ より、

$$\int = \int_0^\theta \frac{B\rho\, i_0\cos^4\theta}{\cancel{\pi}\cancel{h^2}}\, 2\cancel{\pi}\underbrace{\cancel{h}\tan\theta}_{r}\cdot\frac{\cancel{h}}{\cos^2\theta}\, d\theta$$

$$= \int_0^\theta B\rho i_0 \cdot 2\cos\theta\sin\theta\,d\theta = \int_0^\theta B\rho i_0 \sin 2\theta\,d\theta$$

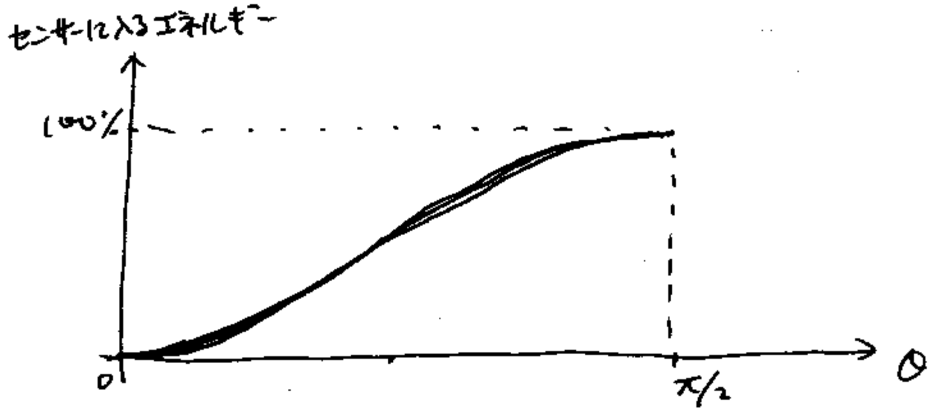
$$= B\rho i_0 \left[-\frac{1}{2}\cos 2\theta\right]_0^\theta = B\rho i_0 \, \frac{1-\cos 2\theta}{2} \qquad ⑥$$

たとえば、$\theta = \pi/2$ のとき（全半球）、

$$\int = B\rho i_0$$ ← 入射エネルギー密度 i_0 の反射×口径. reasnable.

$B\rho i_0$ を100%として、⑥の値は…

θ	エネルギー	半径
0°	0%	0h
45°	50%	1h
63°	80%	2h
71°	99%	3h



2000/11/4