

シャックハルトマン波面センサ 測点点数とセンサノイズ

京都大学 理学研究科 M1

森本 悠介

要求仕様

Tweeter	視野	コントラスト ($\alpha=0''.1$)	限界等級 (mag)
	1''	1.0E-04	6mag

- できる限り光源に近い場所でのコントラストを上げたい
- シャックハルトマン波面センサーの点数を多くした場合要求仕様をみたすか?

用いた数式

$$I(\boldsymbol{\alpha}) = \text{PSF}(\boldsymbol{\alpha}) + \left(\frac{\pi h}{\lambda}\right)^2 [\text{PSF}(\boldsymbol{\alpha} + f\boldsymbol{\lambda}) + \text{PSF}(\boldsymbol{\alpha} - f\boldsymbol{\lambda})]$$

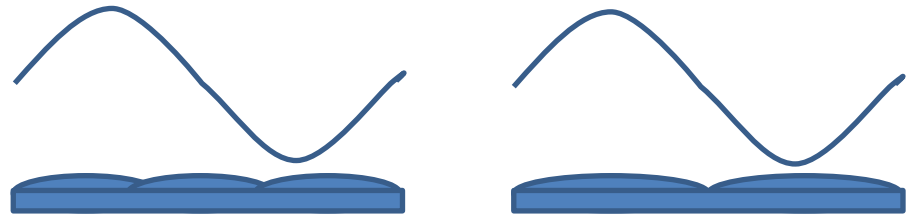
$$h_c = \sqrt{[2\pi h(f)vtf]^2 + \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2 \left(\frac{\beta_p}{\sqrt{tF\pi D^2/4}}\right)^2}$$

$$\beta_p = \frac{1.48}{fd_{\text{sa}}} \sqrt{1 + \left(\frac{d_{\text{sa}}}{r_0}\right)^2} \quad fd_{\text{sa}} \leq \frac{1}{3}$$

$$\boldsymbol{\alpha} = f\boldsymbol{\lambda}$$

点数と視野の関係

- 空間周波数の一周期の測定に必要なレンズアレイの最小数
- 3個または2個

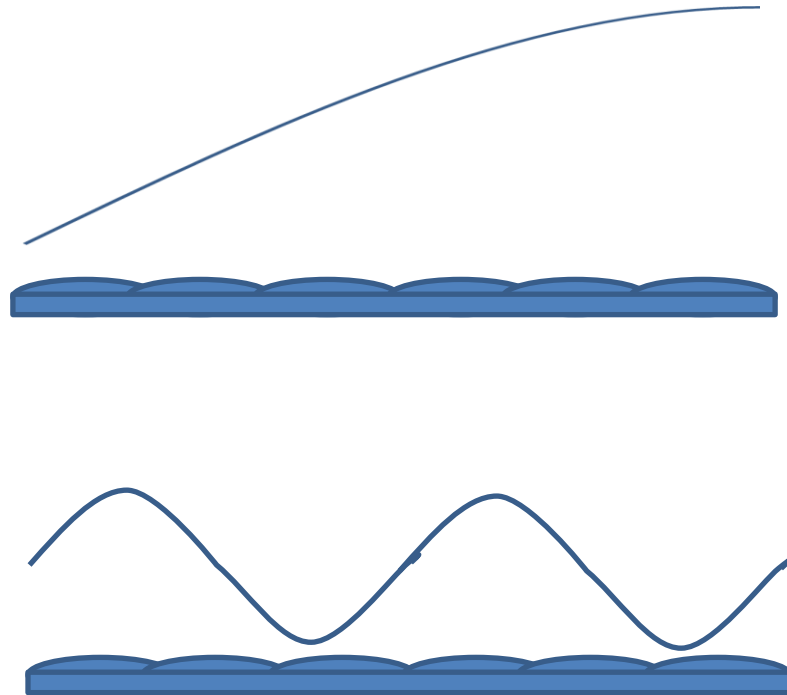


一方向あたりの点数	視野(3個)	視野(2個)
24	0".69	1".04
32	0".93	1".39
35	1".01	1".52
40	1".16	1".74
48	1".39	2".08

$$fd_{sa} \leq \frac{1}{3} \text{ または } \frac{1}{2}$$

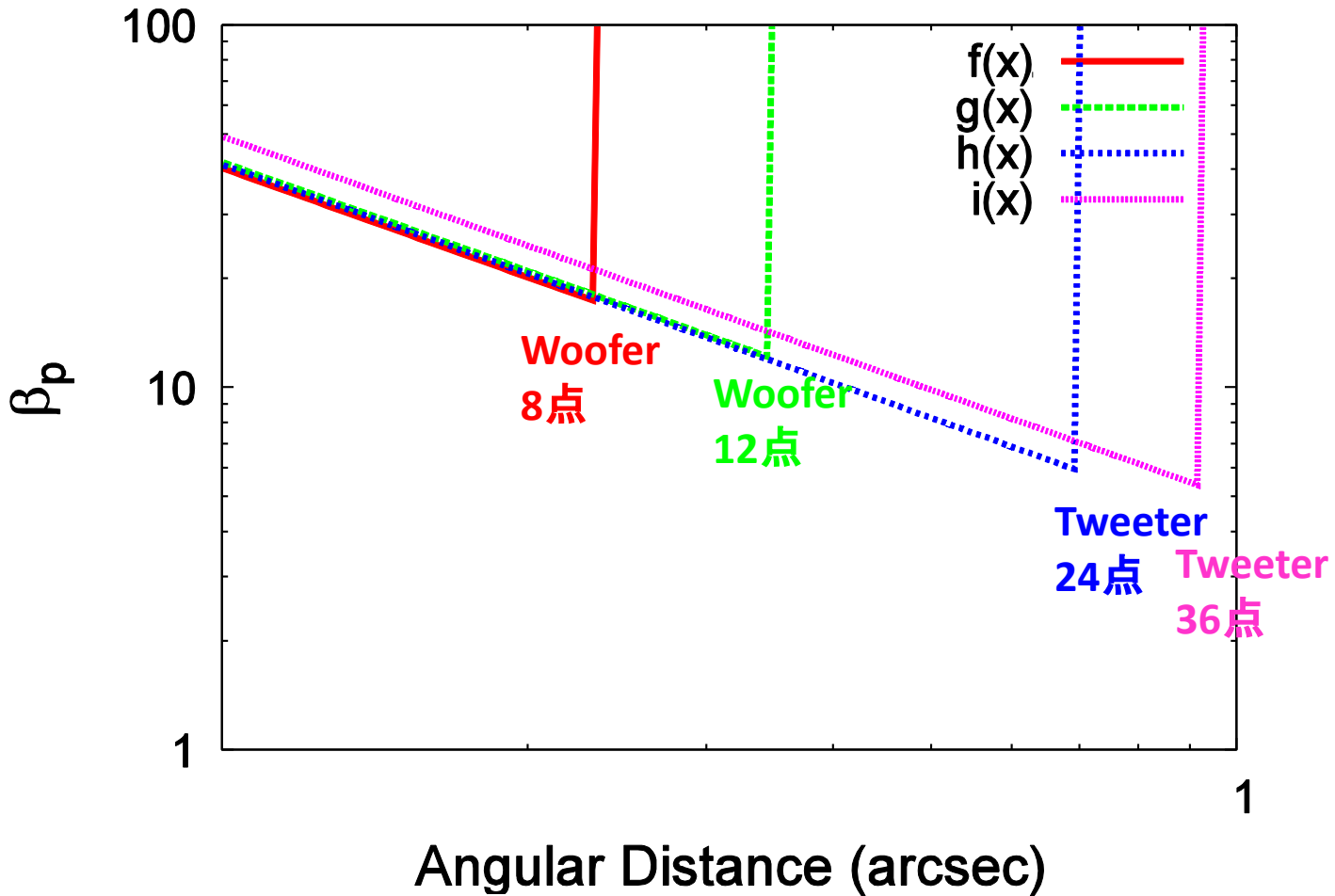
$$\alpha = f\lambda$$

測定精度と点数



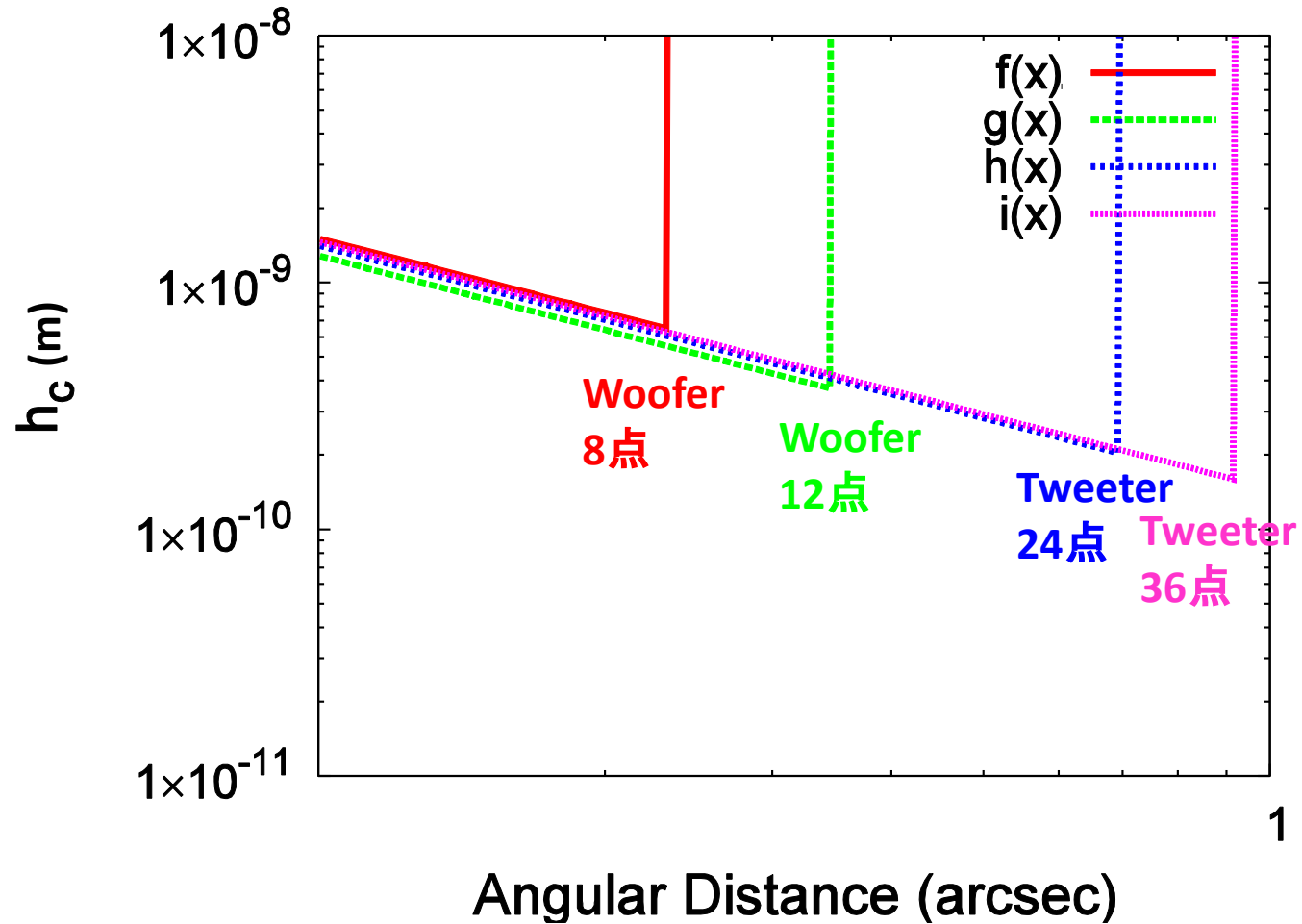
- 低次の項では誤差が積算、精度悪化
- 高次の項は一回の測定で多くの波面を測定可。積算誤差も少ない。精度が良い

角距離と感度



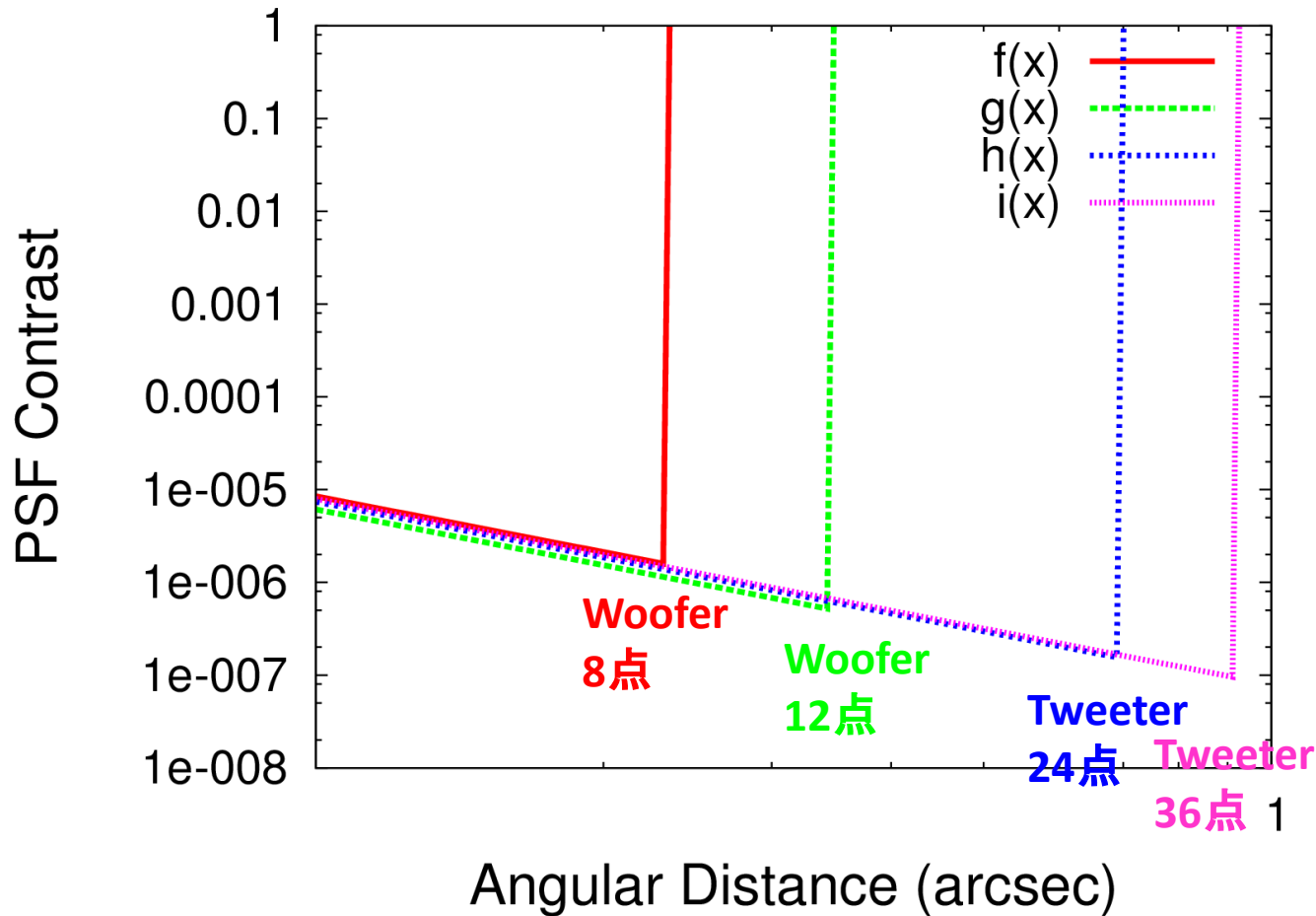
$$\beta_p = \frac{1.48}{fd_{sa}} \sqrt{1 + \left(\frac{d_{sa}}{r_0}\right)^2} \quad fd_{sa} \leq \frac{1}{3}$$

角距離と振幅 (0等級)



$$h_c = \sqrt{\cancel{[2\pi h(f)vtf]^2} + \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2 \left(\frac{\beta_p}{\sqrt{tF\pi D^2/4}}\right)^2}$$

角距離とコントラスト(0等級)



$$I(\alpha) = \text{PSF}(\alpha) + \left(\frac{\pi h}{\lambda}\right)^2 [\text{PSF}(\alpha + f\lambda) + \text{PSF}(\alpha - f\lambda)]$$

等級とコントラスト ($\alpha=0''.1$)

$$I(\alpha) = \text{PSF}(\alpha) + \left(\frac{\pi h}{\lambda}\right)^2 [\text{PSF}(\alpha + f\lambda) + \text{PSF}(\alpha - f\lambda)]$$

等級	コントラスト(一列 35点)	コントラスト(一列 24点)
0	8.2E-06	7.4E-06
1	2.1E-05	1.9E-05
2	5.2E-05	4.7E-05
3	1.3E-04	1.2E-04
4	3.3E-04	2.9E-04
5	8.2E-04	7.4E-04
6	2.1E-03	1.9E-03
7	5.2E-03	4.7E-03
8	1.3E-02	1.2E-02
9	3.3E-02	2.9E-02
10	8.2E-02	7.4E-02

点数を増やすメリット、デメリット

	メリット	デメリット
視野	広くなる	
コントラスト	光源から離れた場所ではよくなる	光源に近い場所で悪くなる
限界等級 ($\alpha=0''.1$)		明るい星しか観測できない
読み出し速度		遅くなる

結果

点数	視野 1λを3pixelで測定 (2pixelで測定)	コントラスト	限界等級(mag)
24	0".69 (1".04)	4.7E-05	2
35	1".01 (1".52)	5.2E-05	2

- 要求仕様を満たさない

今後

一方向の測定点数	カメラの読み出し速度(s)
8	7.8E-05
16	1.56E-04
24	2.34E-04
32	3.12E-04

$$h_c = \sqrt{\cancel{[2\pi h(f)vtf]^2} + \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2 \left(\frac{\beta_p}{\sqrt{tF\pi D^2/4}}\right)^2}$$

- 今回無視した測定のタイムラグの項を入れて計算
- 1λ の測定に必要なレンズアレイの最小数の確認