

名寄サイトの大気揺らぎ測定



合田周平、渡辺誠、仲本純平(北大) 大屋真(国立天文台)

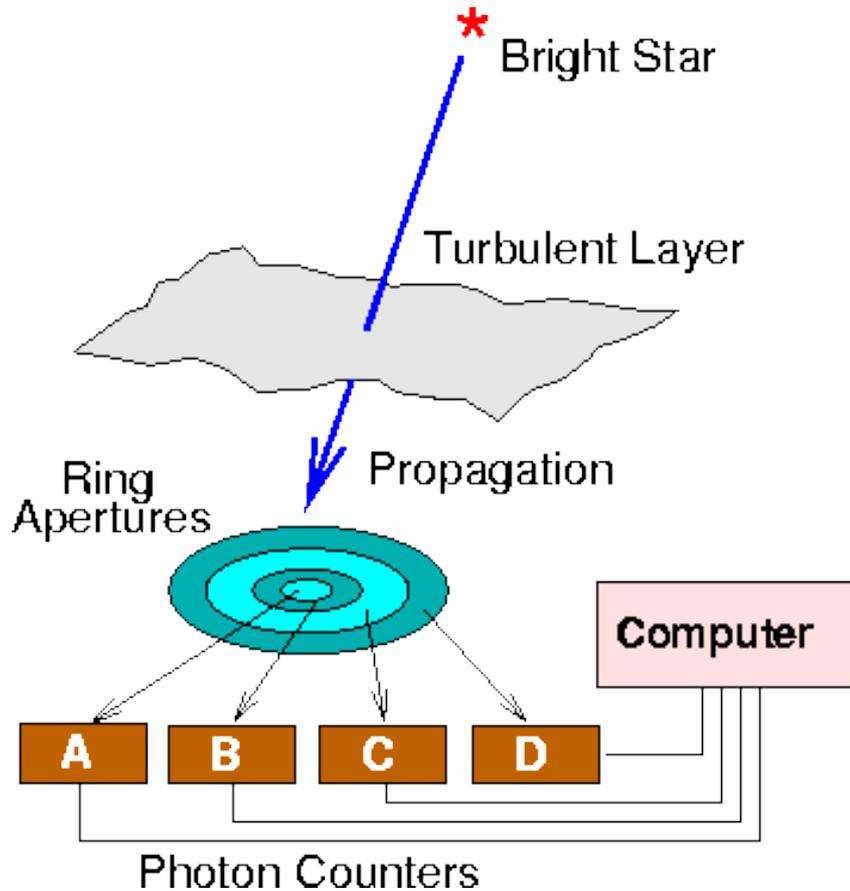
MASS-DIMMによる大気擾乱高度プロファイルの測定

MASS-DIMM(Multi-Aperture Scintillation Sensor and Differential Image Motion Monitor)を使用して、名寄サイトのシーイングと大気揺らぎの高度プロファイルを1年間に渡って測定を行った。
(2013年09月－2014年10月)



MASS

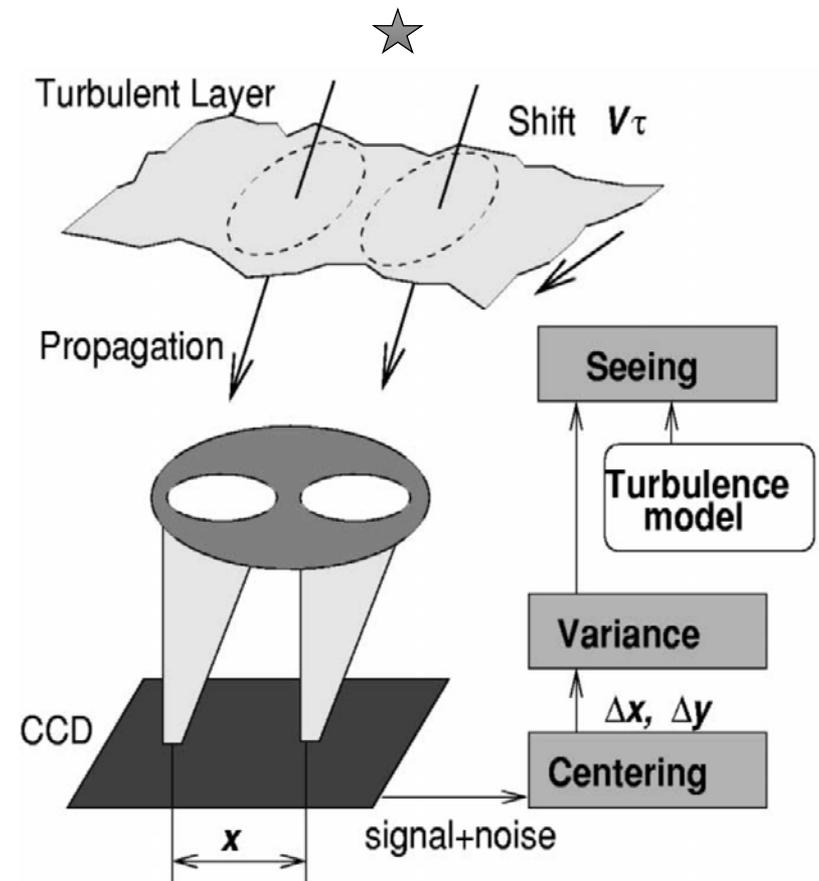
天体のシンチレーションから
6つの高度の C_n^2 を測定
(0.5, 1, 2, 4, 8, 16km)



<http://www.ctio.noao.edu/~atokovin/profiler/index.html>

DIMM

離れた開口を通った星像の
相対的な重心揺らぎからシーイングを測定



[A.Tokovinin, 2002]

MASS-DIMMによる大気擾乱高度プロファイルの測定

$$\text{MASS Seeing} \propto \int_{0.5\text{km}}^{16\text{km}} dh C_n^2(h)$$

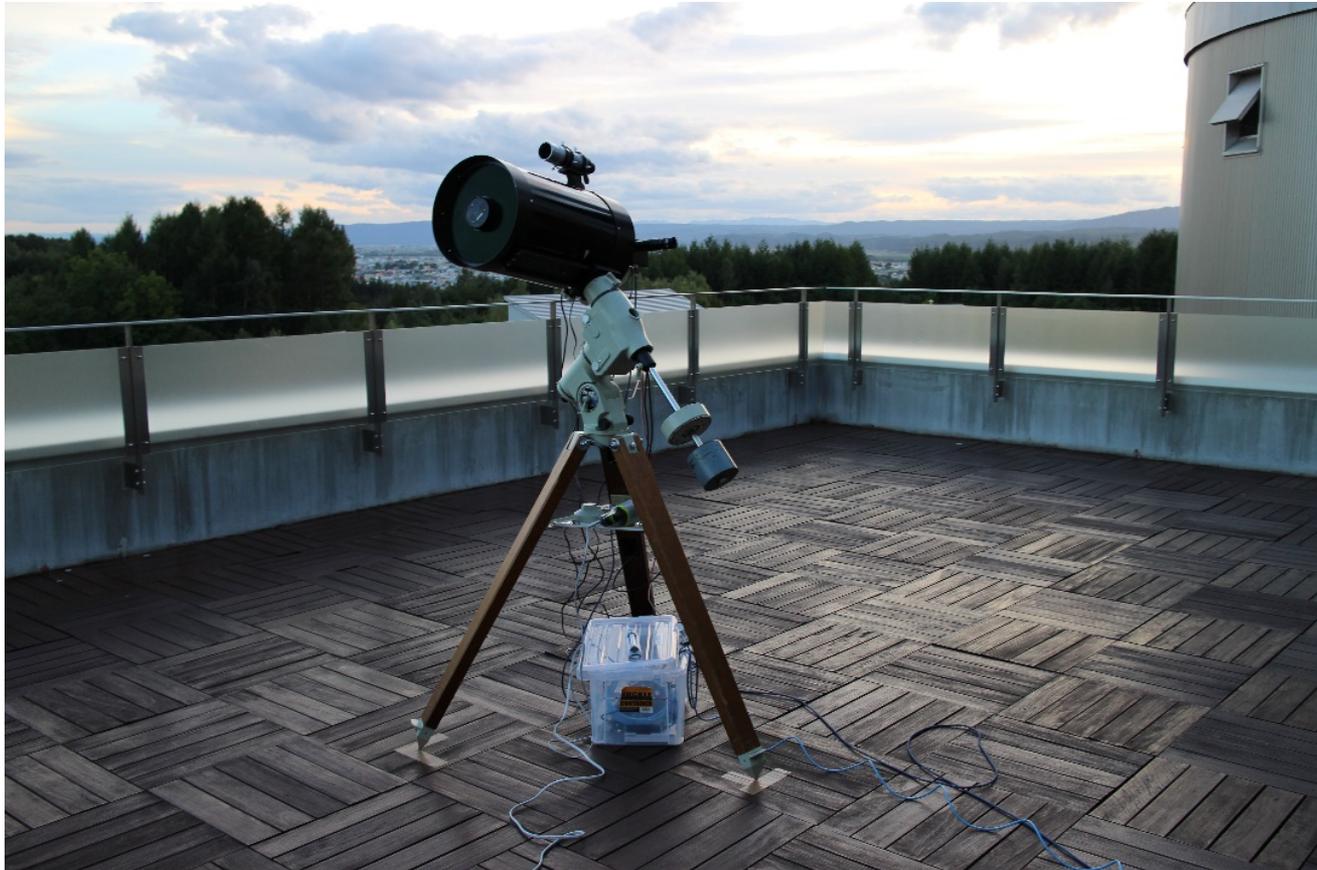
$$\text{GL Seeing} = (\text{DIMM Seeing}^{5/3} - \text{MASS Seeing}^{5/3})^{3/5}$$

利点:

MASSとDIMMを組み合わせることで、
地表層(Ground Layer)の大気揺らぎの強さを測定できる。

測定場所

建物の壁で発生する乱流の影響を減らす為に、
天文台2階のテラスの中央で測定



測定期間

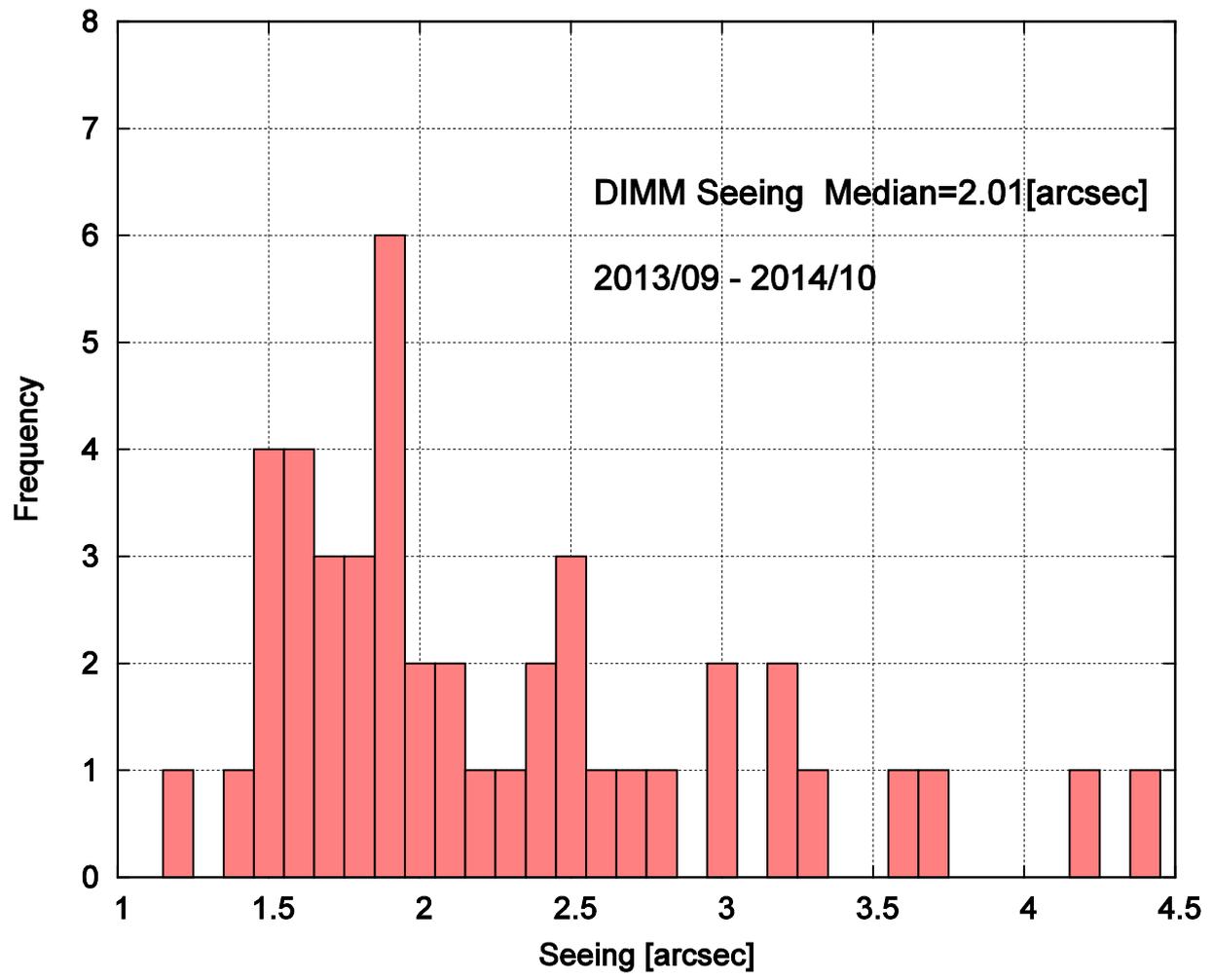
2013年9月-2014年10月の測定(全45日)

2013年09月	10月	11月	12月
6日	7日	4日	1日

2014年01月	02月	03月	04月	05月	06月	07月	08月	09月	10月
0日	5日	3日	3日	4日	0日	3日	3日	0日	6日

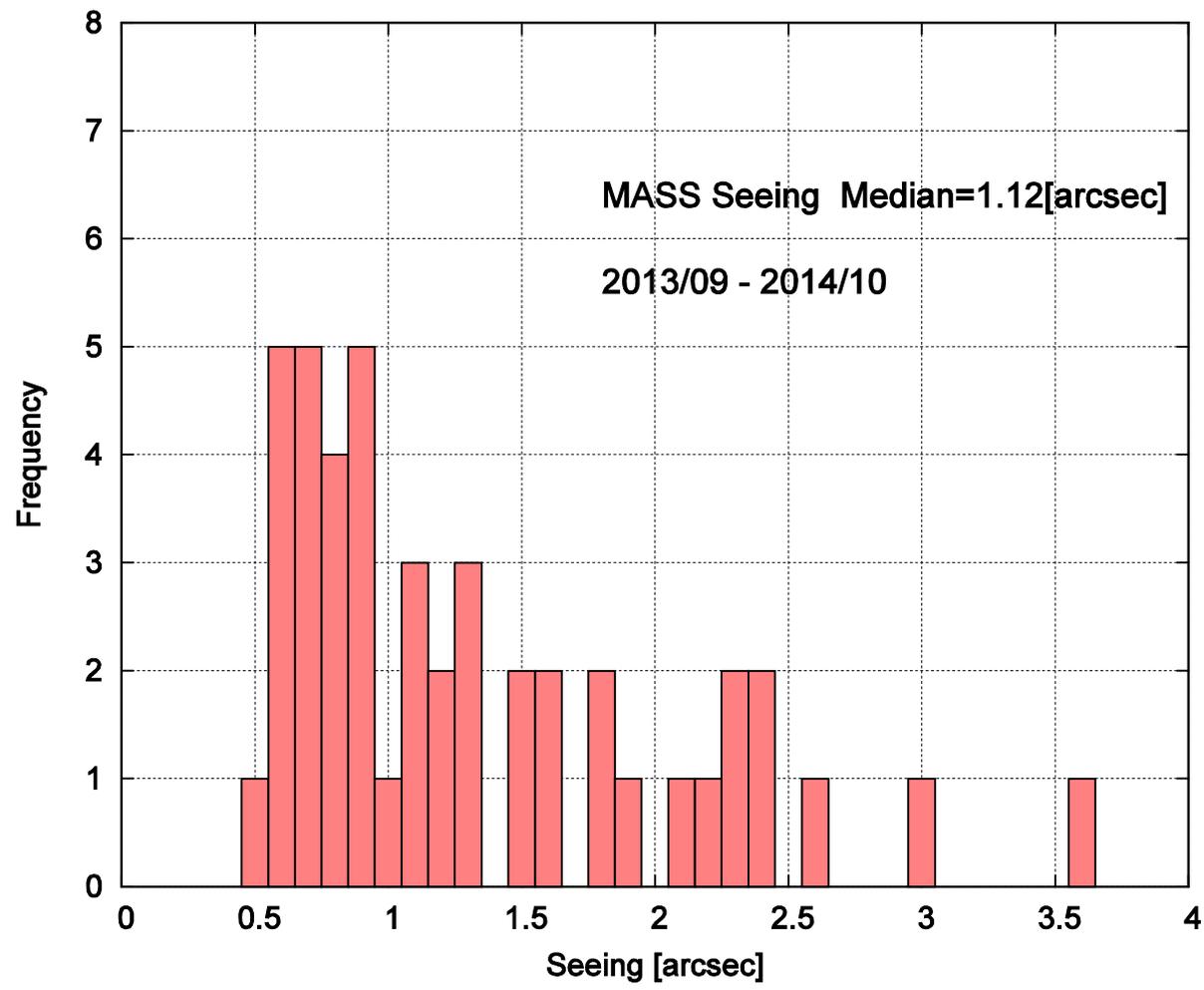
1年間の測定結果

DIMMシーイング: $2.01'' \pm 0.76''$



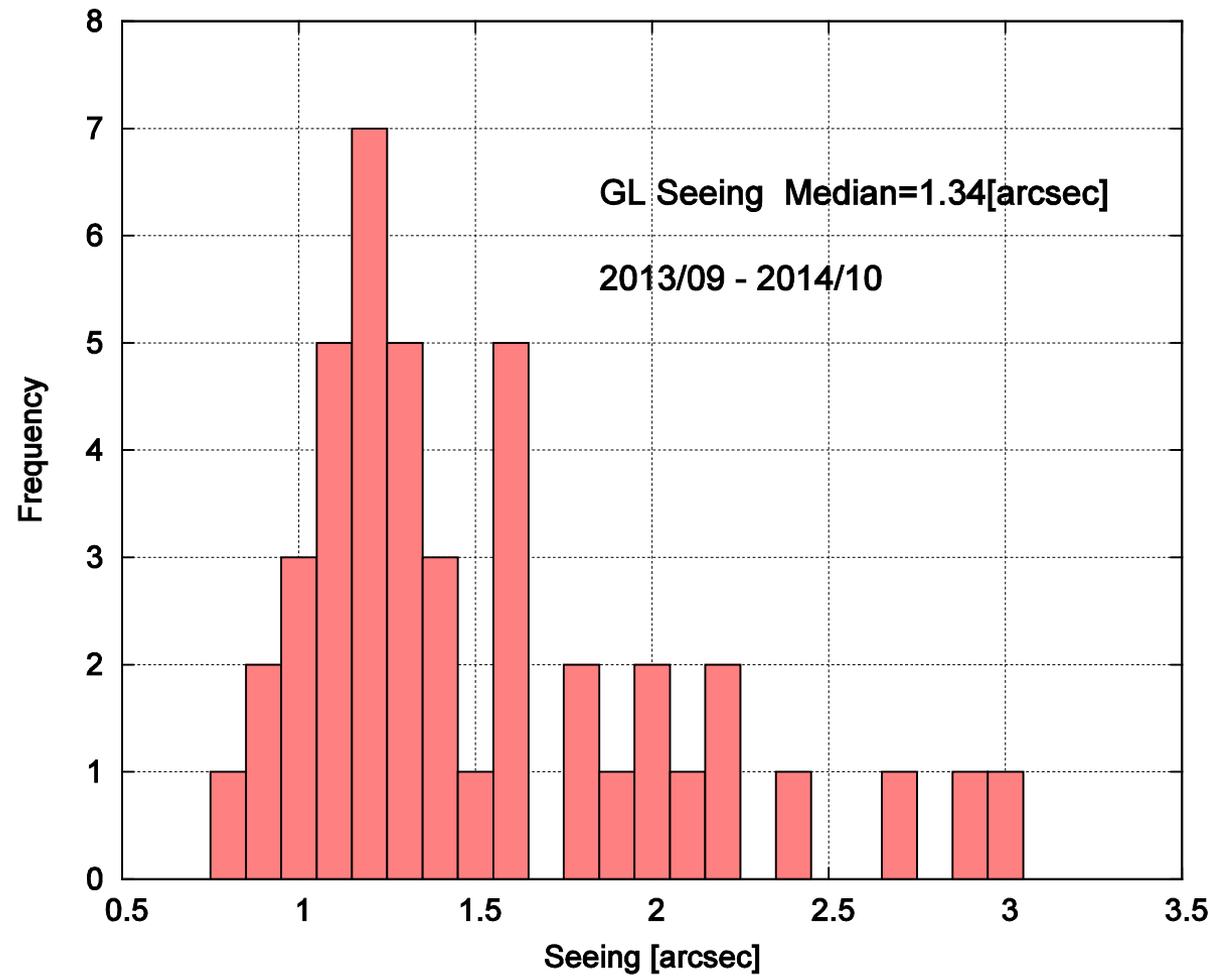
1年間の測定結果

MASSシーイング: $1.12'' \pm 0.74''$



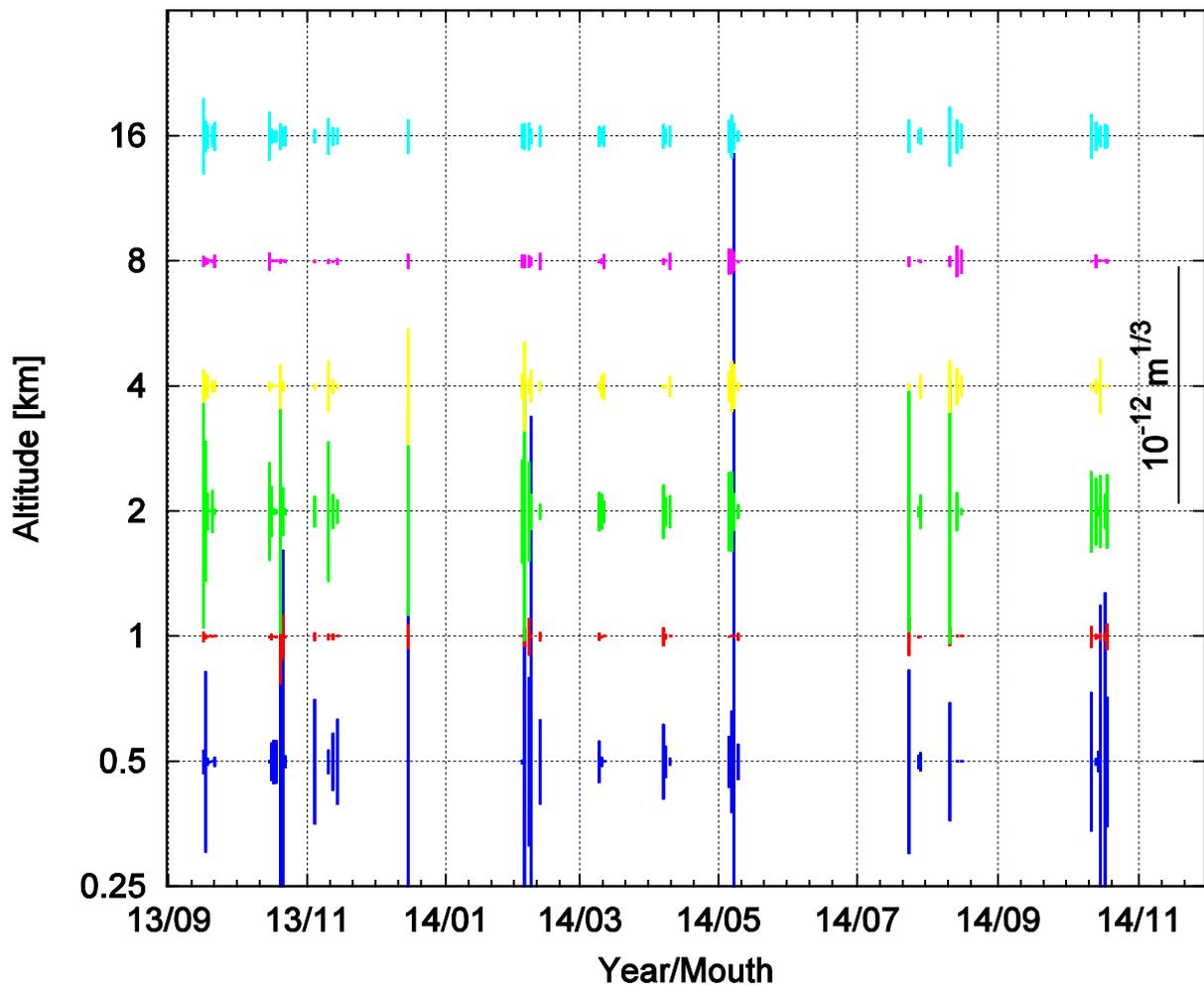
1年間の測定結果

GLシーイング: $1.34'' \pm 0.53''$



1年間の測定結果

MASSで得られた大気揺らぎの高度プロファイル
(1日ごとに中央値をとる)



高度	割合
16km	8.4%
8km	1.6%
4km	5.3%
2km	14.9%
1km	2.5%
0.5km	16.8%
GL	50.6%

気象データとの相関(MASS Seeingと風速)

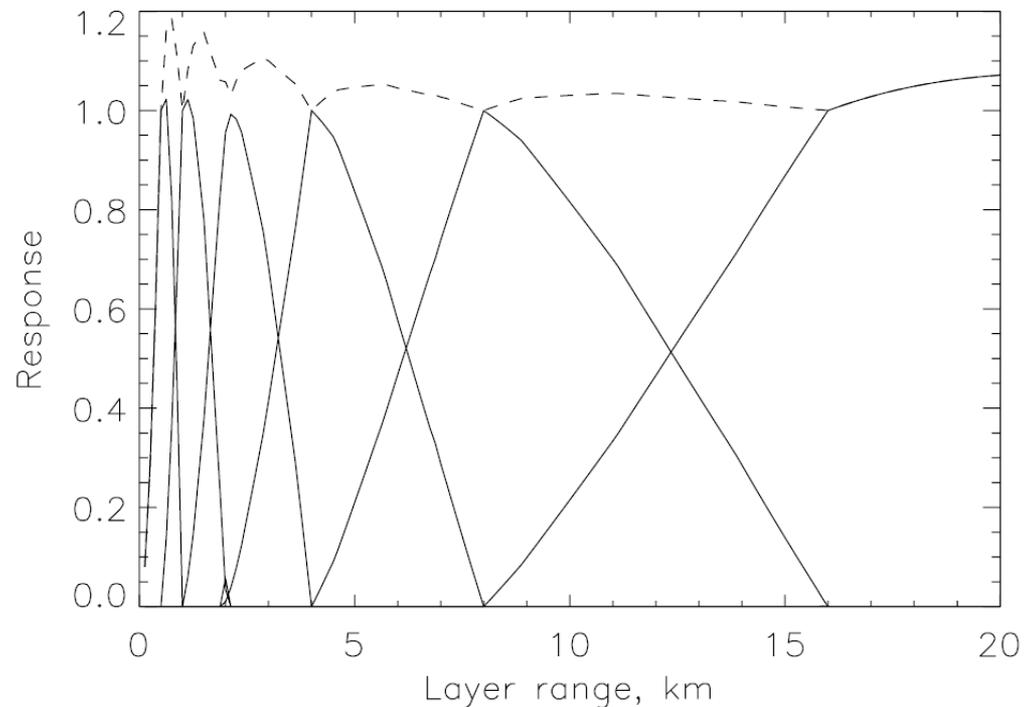
稚内で測定された高層大気の流れとMASSで得られた各高度のシーイングを比較する。(13/09-14/04の測定データを使用)

稚内では、毎日20時に気球を打ち上げて気象データの測定を行っている。(名寄との距離200km)

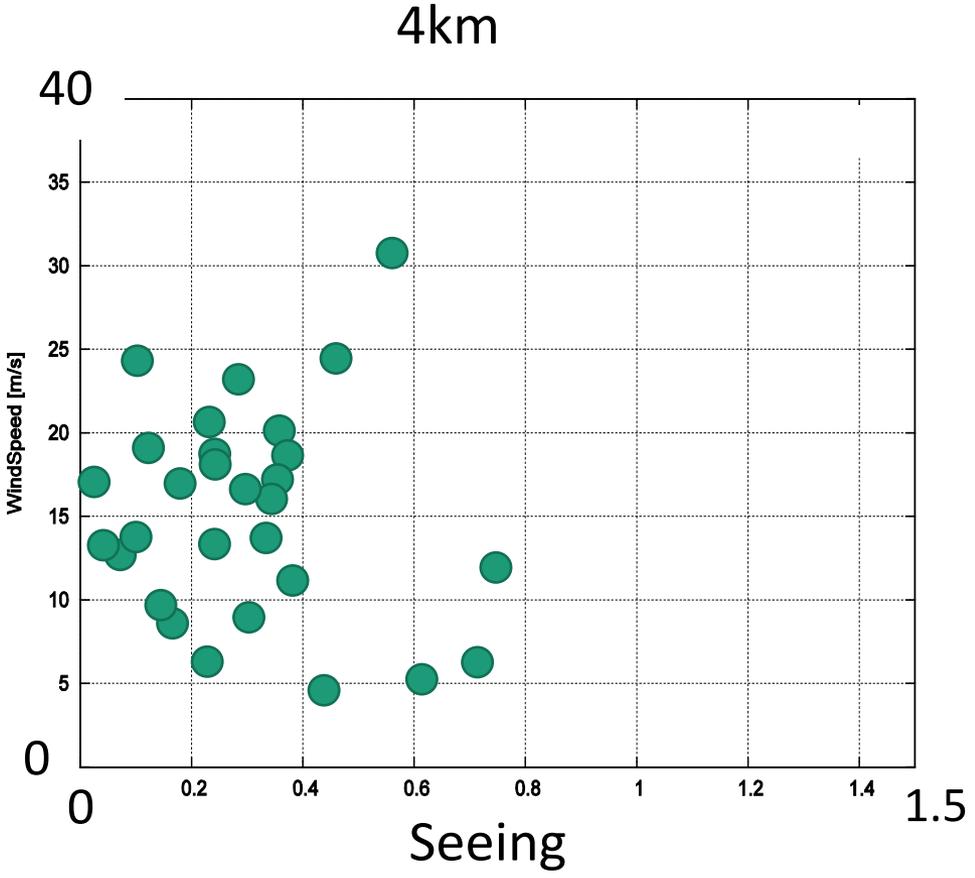
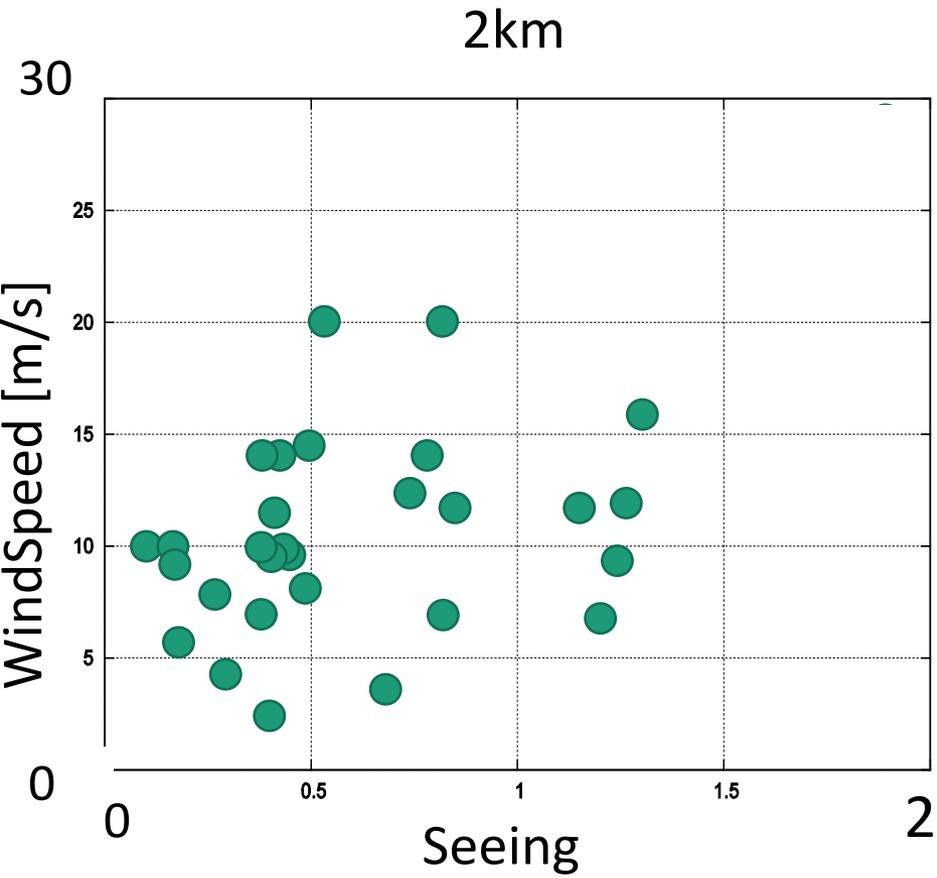
MASSのResponse functionから
風速を高度で重み付け平均

MASSシーイングは
1日の測定データの平均値

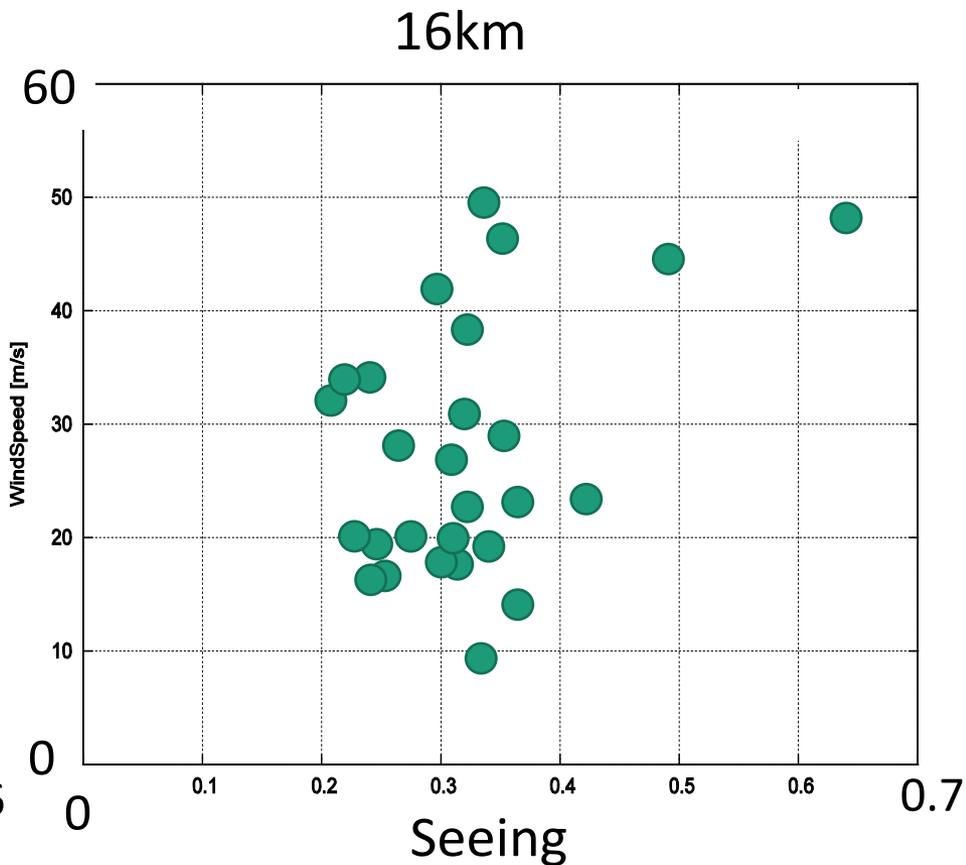
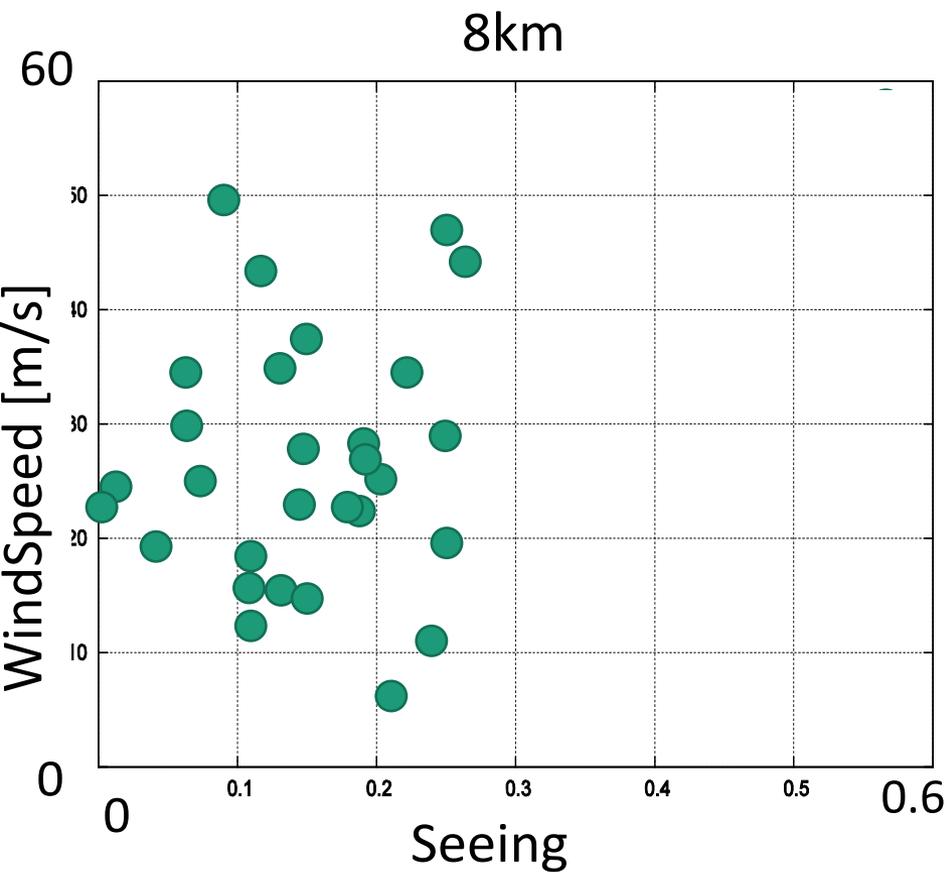
1000mの山が近くにあるので
比較する高度は2,4,8,16km
(0.5, 1kmはやらない)



気象データとの相関(MASS Seeingと風速 2,4km)



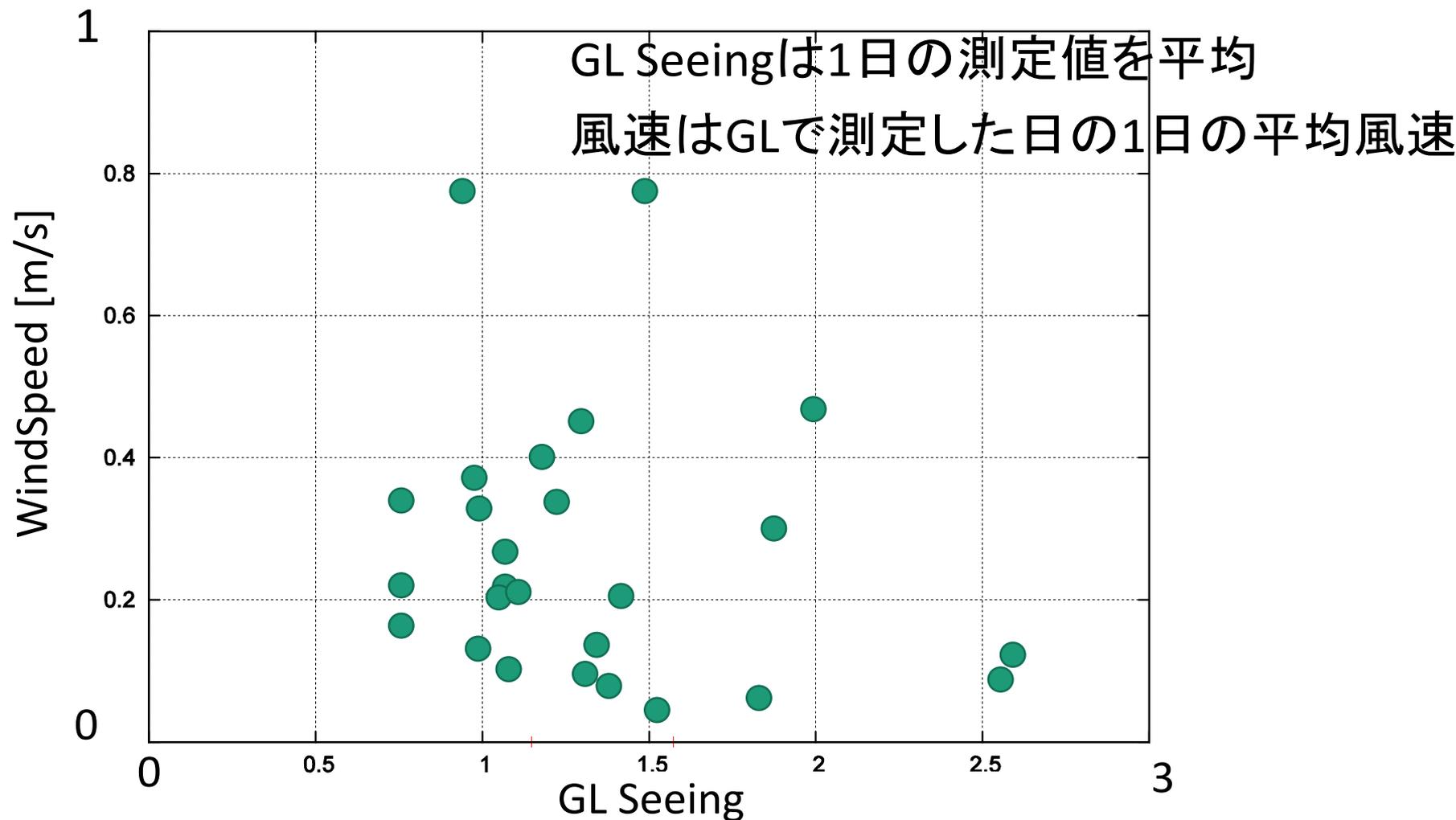
気象データとの相関(MASS Seeingと風速 8,16km)



気象データとの相関(GL Seeingと風速)

天文台屋上で測定している風速とGL Seeingの相関を調べた。(-14/04)

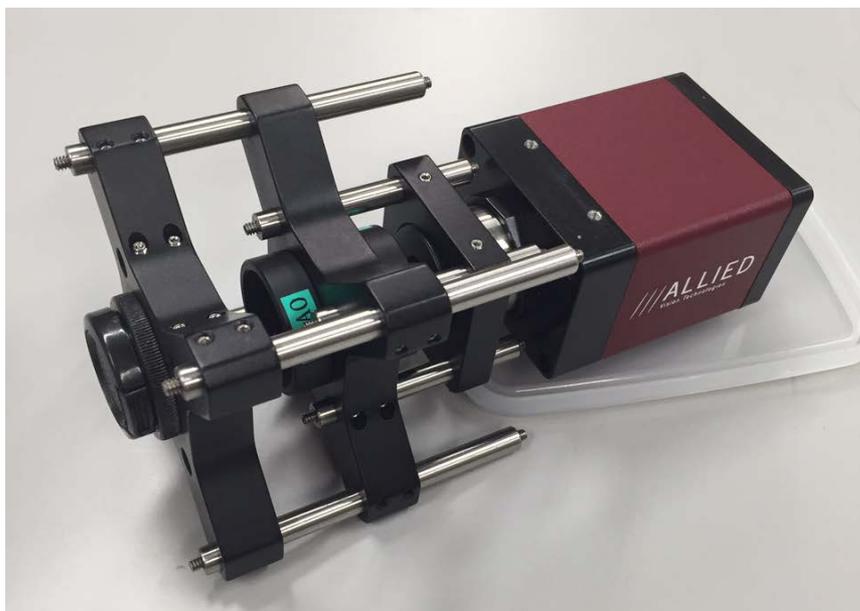
(風速計は望遠鏡の大体5m上空に存在)



シャックハルトマン波面センサーを用いた大気揺らぎ測定

目的:

・DMに必要なストロークを見積もるために、大気揺らぎの波面誤差を測定する。



CCD: Prosilica GE-680

レンズレットアレイ: MLA-150-5C (焦点距離5.2mm, レンズ直径150 μ m)

シャックハルトマン波面センサーのパラメータ

- ピクセルスケール: 0.31["/pix]
- 回折限界: 3.95[pix]
- サブアパーチャ数: 11 × 11
- サブアパーチャサイズ: 14.4[cm] = 20[pix]
- 視野: 6.2["]
- フィルター: <550nmをカット

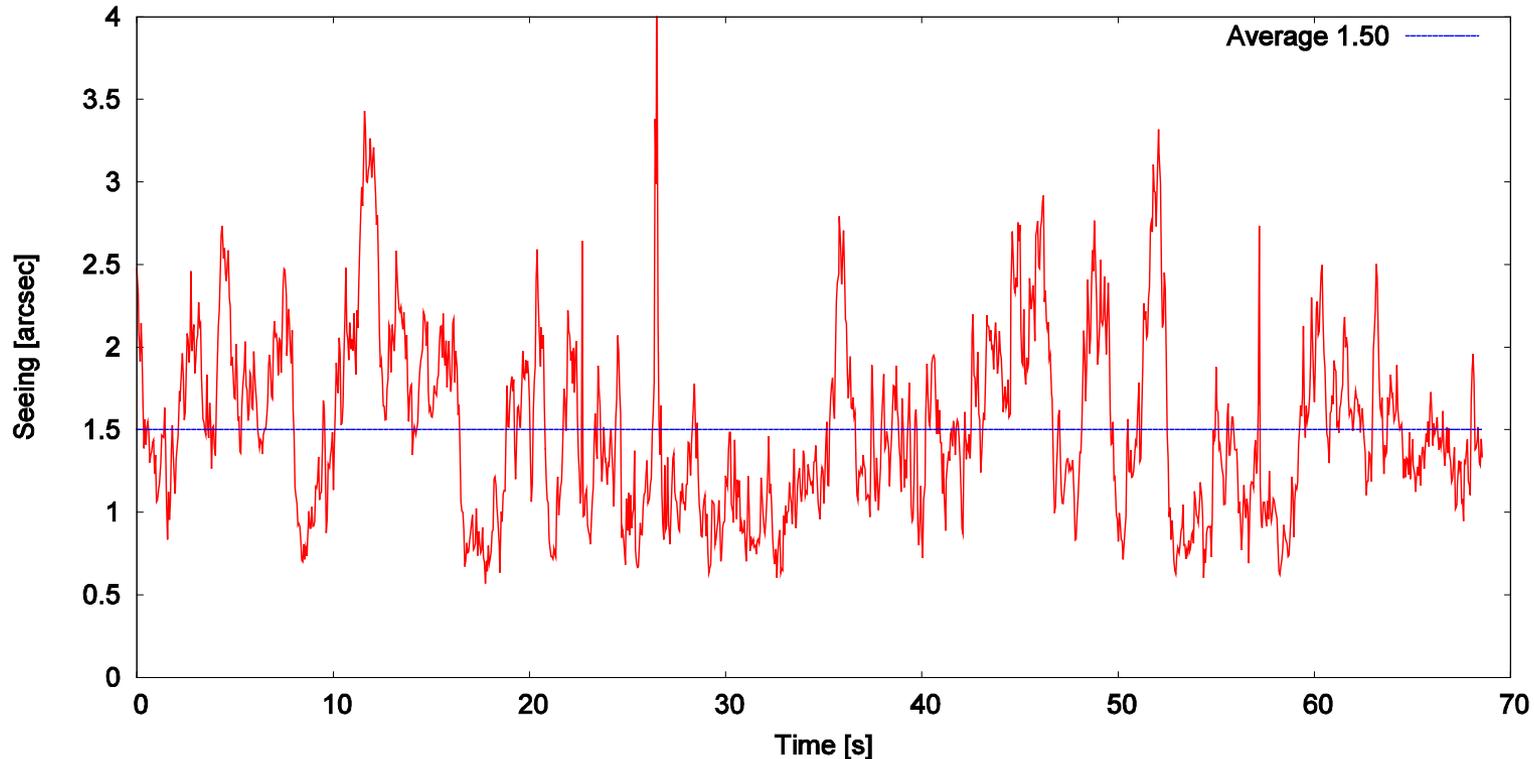
(名寄の平均シーイング2" → r0~5cm@0.5μm)

以下の条件を考慮して、サブアパーチャ数を11x11にした。

- ・悪いシーイング(3-4")も測定したいので、5-6"以上の視野
- ・平均シーイング2.0"よりも小さい回折限界サイズ

測定結果

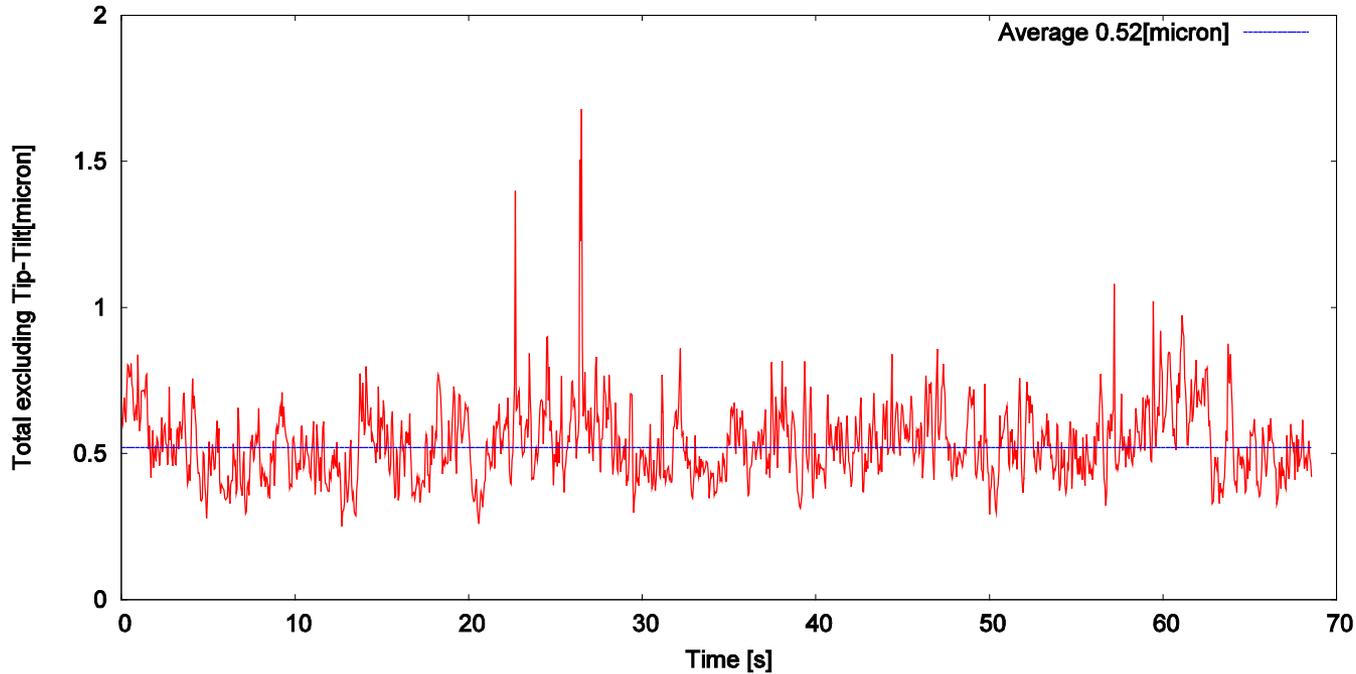
対象星: β Tauri (Vmag=1.68, B7III) 露出時間: 2ms フレームレート: 350fps 24,000枚
望遠鏡の収差成分をキャンセルするために、全画像の合成画像の恒星像のスポットごとの重心をリファレンス点とした。



TipTilt込みの波面誤差のRMSから、シーイングを求める。 $(\sigma^2 = 1.03(D/r_0)^{5/3})$
上のグラフは0.05sごとに平均をとっている。
この測定の4分前にピリカ望遠鏡の撮像装置MSIで星のFWHMを測定(1.8")

測定結果

TipTiltを除いた波面誤差のRMS値 (平均0.52 μm)



シーイング1.5"の場合、Kolmogorov乱流を考慮した場合、
TipTiltを除いた波面誤差のRMS値は $0.44\mu\text{m}$ ($\sigma^2 = 0.134(D/r_0)^{5/3}$)

この理論値との差が誤差であるか、判断できていない。