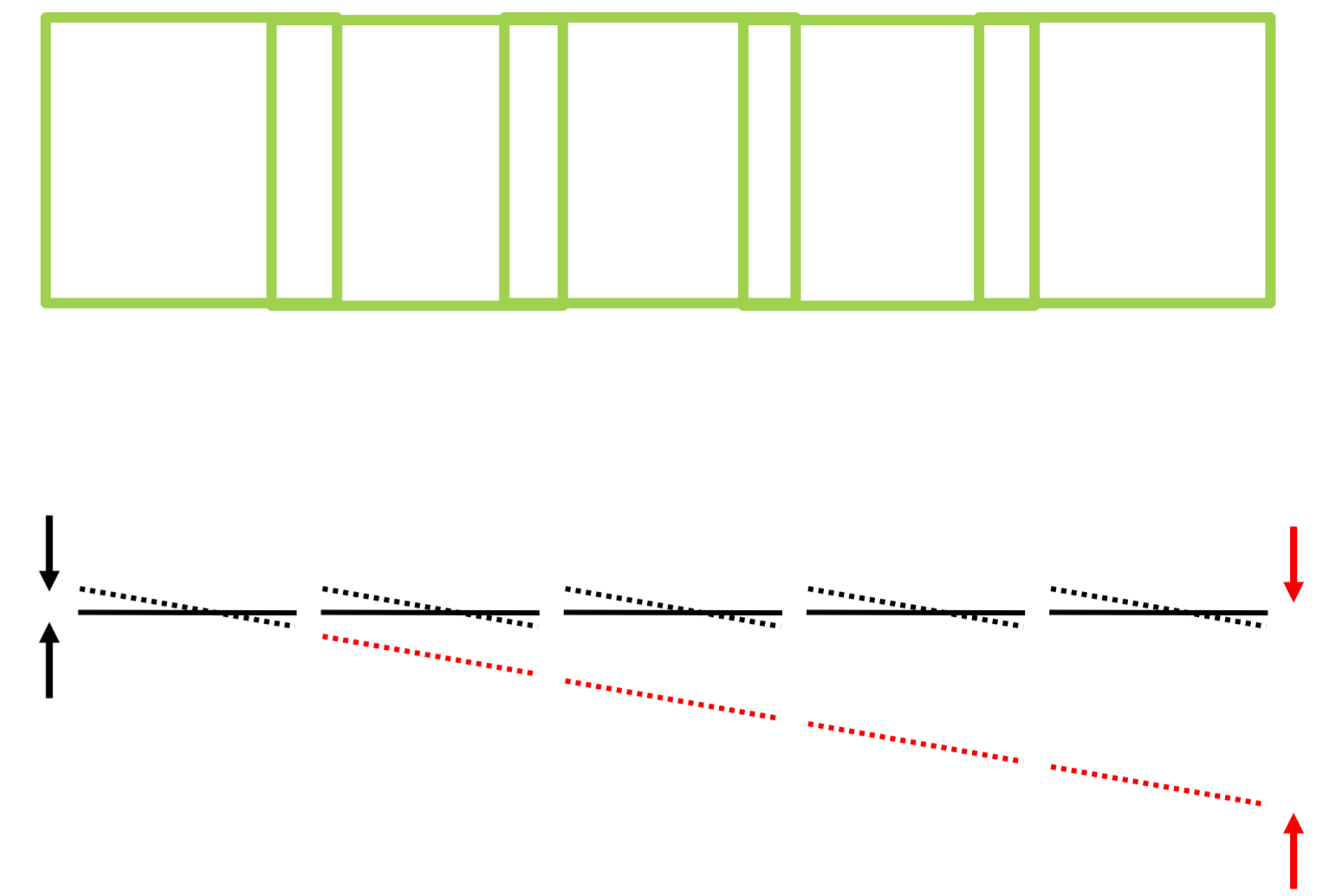


Flat-fielding for Very Extended Diffuse Objects

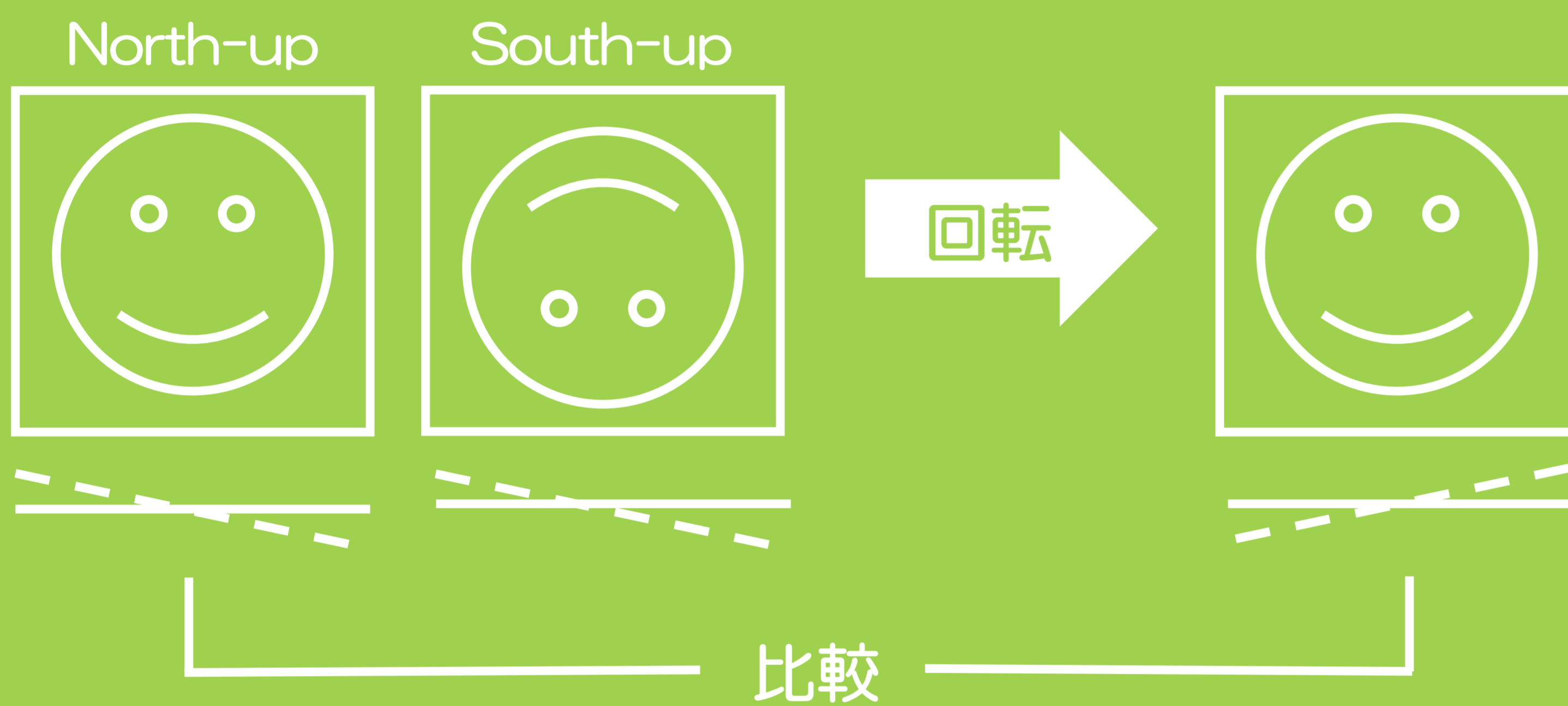
家中信幸 東京大学天文学教育研究センター D2

望遠鏡の視野を超えた広い範囲にわたってDiffuseな成分の輝度分布を観測をしようとするとき、視野をずらして撮像した多数の画像をつなぎ合わせることがしばしば行なわれる。このとき空の明るさは地球大気の影響によって刻々と変化しているため、隣り合った画像の重複した部分の輝度が等しくなるように補正が行われる。しかし、検出器の感度ムラ補正に使用したフラットが理想的なフラットに対して傾斜を持っていた場合、その誤差が画像をつなぎ合わせるほどに増大してしまうという問題がある。(右図を参照)

我々は東京大学木曾観測所105cm シュミット望遠鏡のフラットについて、望遠鏡を通常の姿勢から180度反転させて撮像を行なうことによって理想的なフラットからの傾斜を調査し、その補正を行う手法を考案した。



Method



通常のNorth upの画像を $N(ra, dec)$ とおけば
 $N(r, d) = Sky(r, d) F(x, y) / F'(x, y)$
 ただし、 F' はフラット画像を表す
 (理想的なフラット画像であれば $F/F'=1$ となる)
 反転させたSouth upの画像を
 $S(r, d) = Sky(r, d) F(-x, -y) / F'(-x, -y)$
 とする。フラット画像の誤差を考慮すれば
 $F(x, y) / F'(x, y) = 1 + \delta(x, y)$
 と書ける。さらに δ を
 $\delta = \delta_E + \delta_O$ ($\delta_E(x, y) = \delta_E(-x, -y)$, $\delta_O(x, y) = -\delta_O(-x, -y)$)
 と分割する。

画像をつなぎ合わせる際に積算されるのは
 δ_O の項で表される誤差である。

North-upとSouth-upの画像の平均をとると、
 $M(r, d) = Sky(r, d) [2 + \delta(x, y) + \delta(-x, -y)] / 2$
 $= Sky(r, d) [1 + \delta_E(x, y)]$
 さらに平均した画像で、North-upの画像を割る
 $D_O(x, y) = N(r, d) / M(r, d)$
 $= (1 + \delta_E(x, y) + \delta_O(x, y)) / (1 + \delta_E(x, y))$
 $\sim 1 + \delta_O(x, y)$ ($1 \gg \delta_E$, $1 \gg \delta_O$ を仮定)

このようにして δ_O を得ることができる。

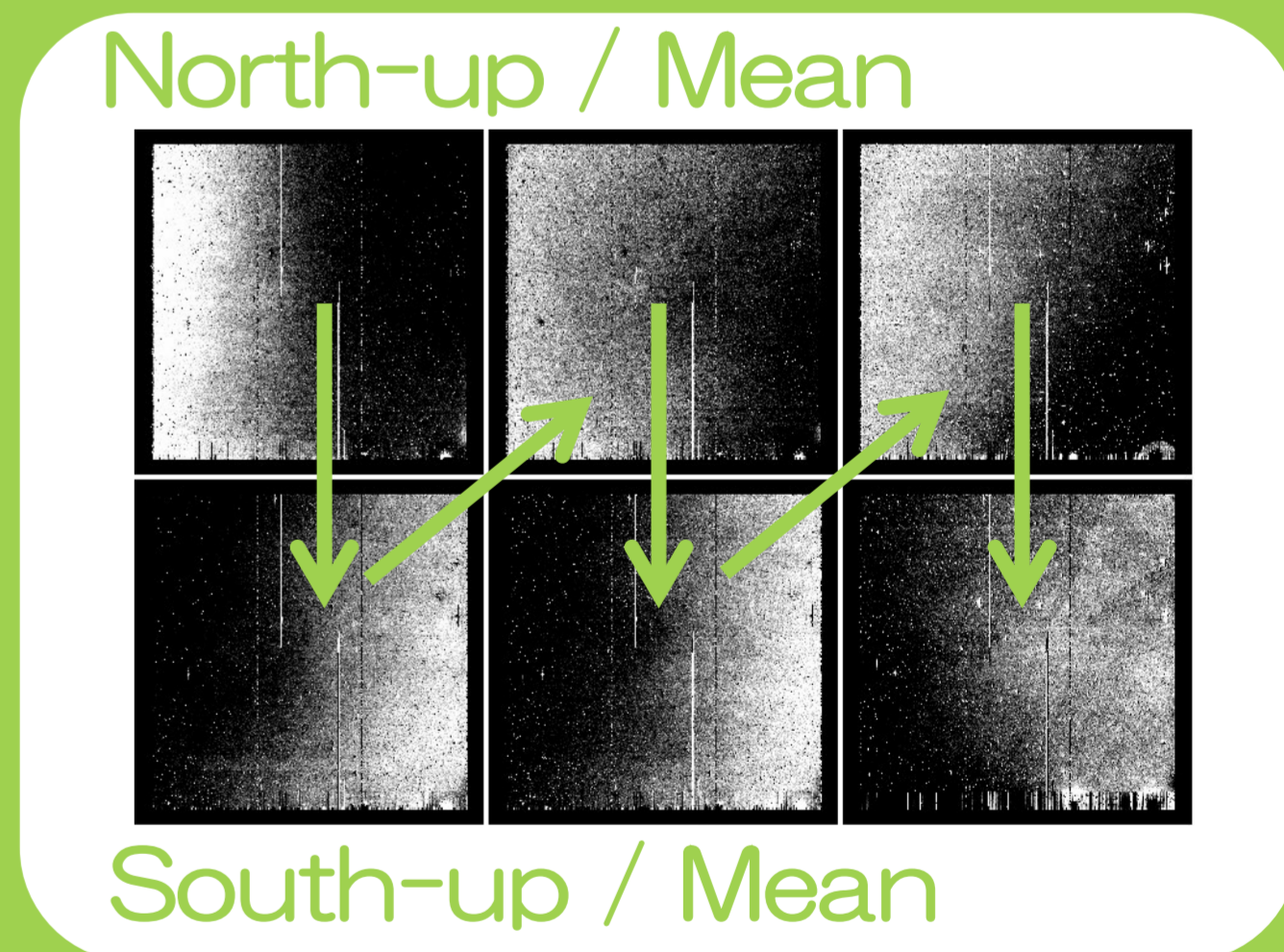
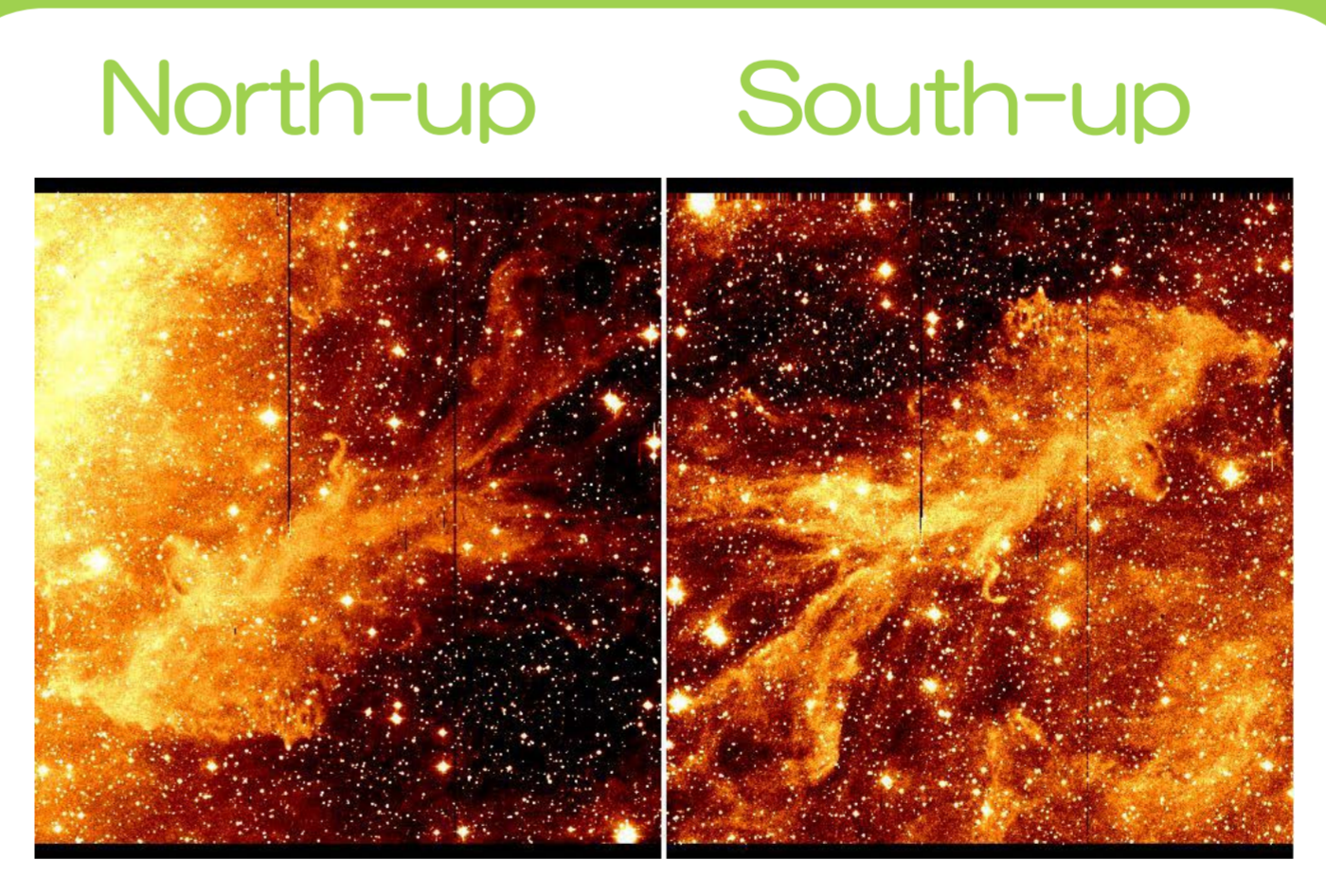
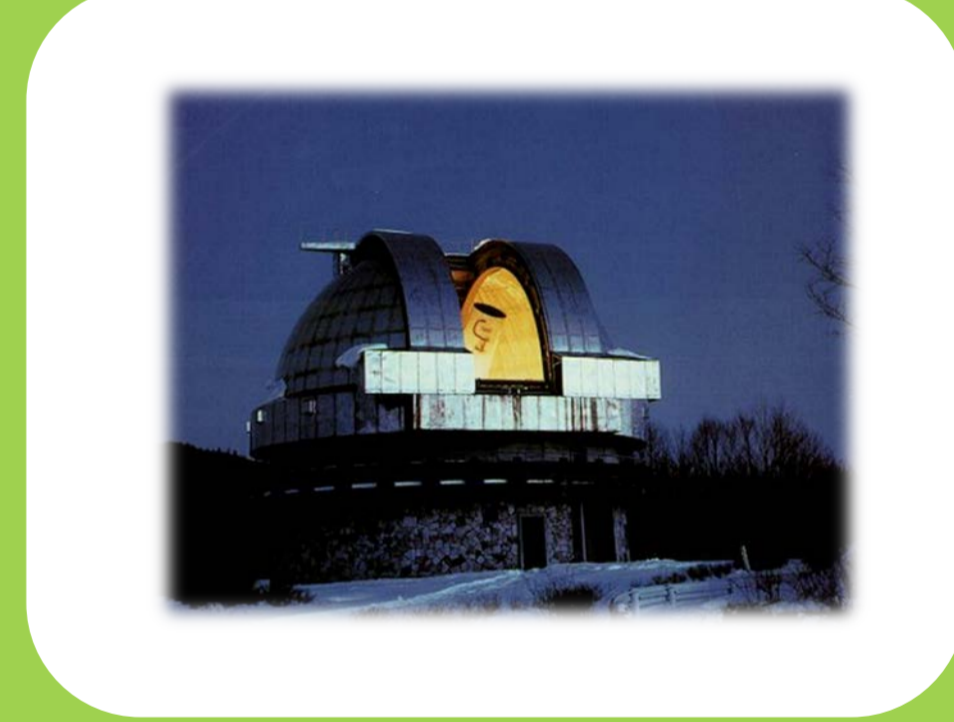
Observation

観測装置：大学木曾観測所105cm シュミット望遠鏡
 2KCCDカメラ
 (視野 $50' \times 50'$ 、2048x2048pixels)
 観測日：2010.11.3-4 (月の出ていない暗夜)
 観測領域：Dec $> 70^\circ$ の6つの領域
 North-up \rightarrow South-up \rightarrow North-up $\rightarrow \dots$
 の順にそれぞれの領域で撮像を繰り返す

- 解析
1. North-up で撮られたドームフラットで全ての画像を補正
 2. North-upとSouth-upの平均の画像を作成
 3. North-up(South-up)画像を平均画像で割る(観測画像と解析3.まで行った画像の例が右図)

Observation summary

Field name	Field center (J2000)		Date (JST)	Observation time (JST)	Exposure (sec)	# of exposures*	
	RA	Dec				B-band	R-band
Field 1	17 ^h 01 ^m	+80 ^o 00'	2010-11-03	18:03 - 18:51	120	2N, 2S	2N, 2S
Field 2	01 ^h 36 ^m	+87 ^o 39'	2010-11-03	18:54 - 20:07	120	3N, 3S	3N, 3S
Field 3	06 ^h 01 ^m	+73 ^o 00'	2010-11-03	21:48 - 23:12	120	4N, 4S	3N, 3S
Field 4 [†]	02 ^h 19 ^m	+87 ^o 18'	2010-11-04	18:30 - 19:47	300	2N, 2S	2N, 2S
Field 5 [†]	02 ^h 49 ^m	+86 ^o 49'	2010-11-04	19:51 - 21:09	300	2N, 2S	2N, 2S
Field 6 [†]	03 ^h 14 ^m	+86 ^o 19'	2010-11-04	21:13 - 23:34	300	2N, 2S	2N, 2S
Dome-Flat			2010-11-05	05:58 - 06:47	90	5N, 0S	5N, 0S



Result

データから得られた $\delta_O(x, y)$ のイメージとその平均のX,Yプロファイルを右図に示している。この結果から分かったことは以下のとおりである。

- 観測したすべての領域において誤差項である $\delta_O(x, y)$ はほぼ変化しない
- 観測波長 (B-band, R-band) による差は小さい
- $\delta_O(x, y)$ は基本的には1次の式 (=平面) で近似できる
- $\delta_O(x, y)$ の傾斜の大きさは **1~1.5 % per degree** である
- $\delta_O(x, y)$ を平面に近似して誤差を補正することで、画像をつなぎ合わせる際に積算される誤差は **~ 0.1 % per degree** まで軽減できる

誤差に波長依存性が見られないことから、傾斜の主な原因はフラットスクリーンに照射される光の非等方性であると考えられる。光源とスクリーンを調整することによってある程度この誤差は減少すると思われるが、より高精度のフラットが必要な場合には本発表で示したような補正が不可欠である。

