

コッタミア天文台の74吋望遠鏡の鏡面比較

2009.06.21 野口 猛

1. はじめに

コッタミア天文台から頂いた74吋望遠鏡の研磨結果に関する資料から、主鏡アキシタルサポートシステムが、なぜ現在の状態になったのであろうか、その推論を試みた。

主鏡の重量は1,620kgである。これを3固定点(AF、光軸決め支持)と15のアキシタルサポート(AS、光軸方向支持)合計18サポートで均等に支えると考えるときに、理想的配置を考えて1サポート当たり90kgの部分的な主鏡重量を支えるという設計値が自然に思い浮かぶ。

また、これらのサポートは一般的にはウィップルツリー構造になっていて、1個のサポートに過大な荷重がかかるのを避ける工夫がなされているものであるが、本望遠鏡のサポートシステムの設計思想は、独立したサポートが主鏡の部分的荷重を支えるという思想であり、飛躍して考えれば研磨誤差を補正することも可能である。「すばる」望遠鏡は、将にこの設計思想で作られている。

本望遠鏡のアキシタルサポートシステムは、18サポートで90kg支えるつもりで設計されたと考えてよい。しかし、現状のアキシタルサポートシステムを測定した結果は、AS7及びAS9のカウンターバランスが他のサポートより5kg重たい。これは、固定点であるAF1及びAF3にかかる荷重をそれぞれに5kg肩代わりしていることになる。なぜそのような荷重配分を考えたのであろうか。このことが本稿を書くことに思い至った動機である。

2. 研磨台上の主鏡のコントラストマップの比較

図2は、97-05-05にツイイスの研磨工場において取得された防振研磨台上に置かれたコッタミア74吋主鏡のインターフェログラムである。赤及び黄色は放物面より高く、青色は低いことが示されている。研磨時のセッティング基準位置をPA(ポジションアングル) $=0^\circ$ と定義されている。

図1の各図(以下図2、図3も同様である)は、ピストン、ティルト、コマが除去された残りである。6枚の各図は、研磨時の基準位置(PA $=0^\circ$)から 60° づつ回転させて測定されている。図1の中の上段左から 0° 、 60° 、 120° 、下段左から 180° 、 240° 、 300° である。

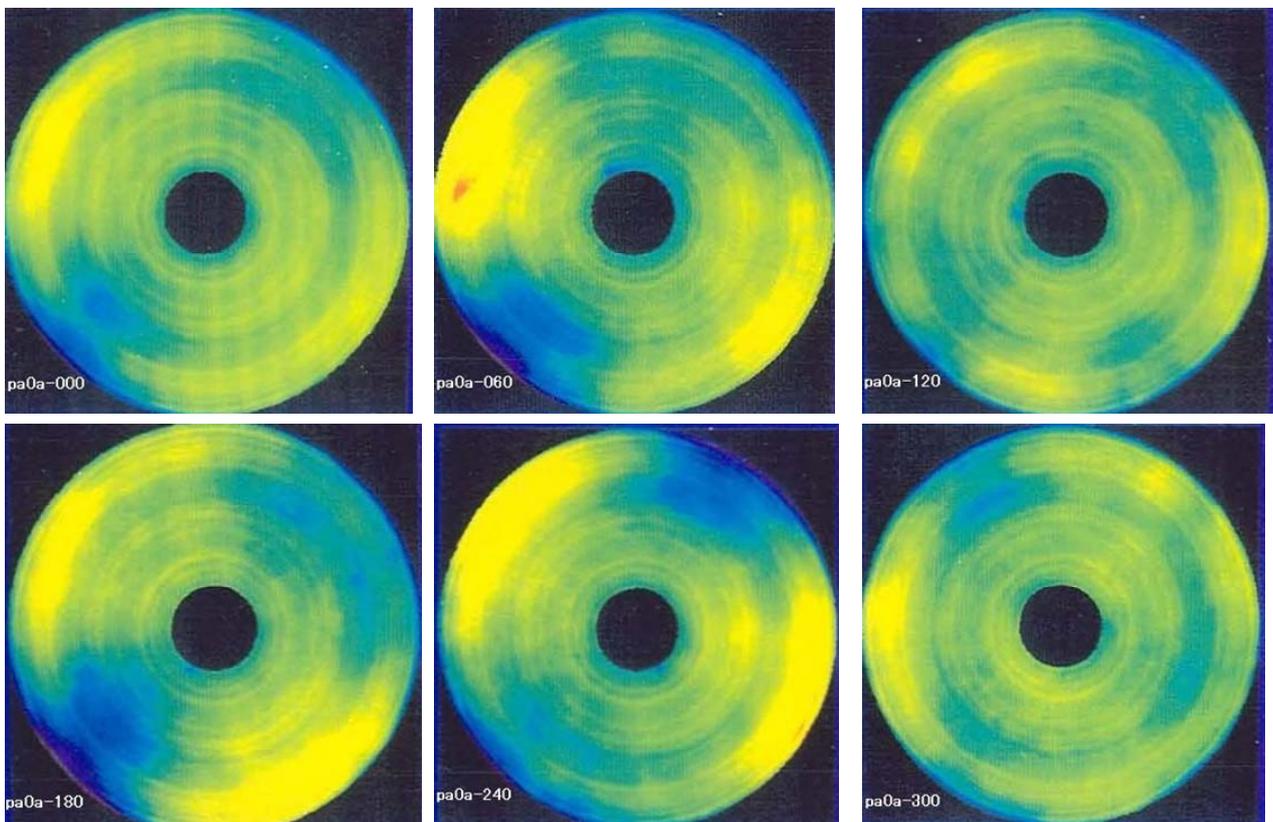


Fig.1 M1 PA0 PolishTable 97-05-05

全体を見渡すと主鏡の研磨残差パターンが、特に 60° ごとに回転しているという印象はない。 300° を除く他の 5 枚は主鏡面の左下及び右上が低く窪んでいる。その原因の一端はヌルレンズの収差パターンが混在していると考えるのが妥当であろうか。

2. セル入り主鏡 PA 0° のコントアーマップの比較

図 2 は、97-05-05 にツァイス研磨工場において、セルに入れ替えて、いわゆるアクセプタンステストの一環として行われた際に取得されたものであろう。図 1 を取得後約 2 時間後に主鏡セルに入れて再開されている。

図 2 は、図 1 と同じように研磨時の基準位置 (PA= 0°) から 60° ずつ回転させて測定されている。図 2 の中の上段左から 0° 、 60° 、 120° 、下段左から 180° 、 240° 、 300° である。残差の高低の表現は図 1 と同じで、黄色は放物面より高く、青色は低いことが示されている。

試みに上下 180° 回転した組み合わせで比較すると、 0° (上) と 180° (下)、 60° と 240° 、 120° と 300° のマップが微妙ではあるが似ているように思われる。しかし、必ずしも 60° 回転させた主鏡とともに高低の残差パターンが回転していない。なぜか？ その原因の一端はヌルレンズのパターンが混在していると考えるのが妥当であろう。

後述する図 3 に比べて残差が少ない。それなのに何ゆえに PA= 0° を選択しないで、PA= 15° にしたのであろうか、疑問が残る。

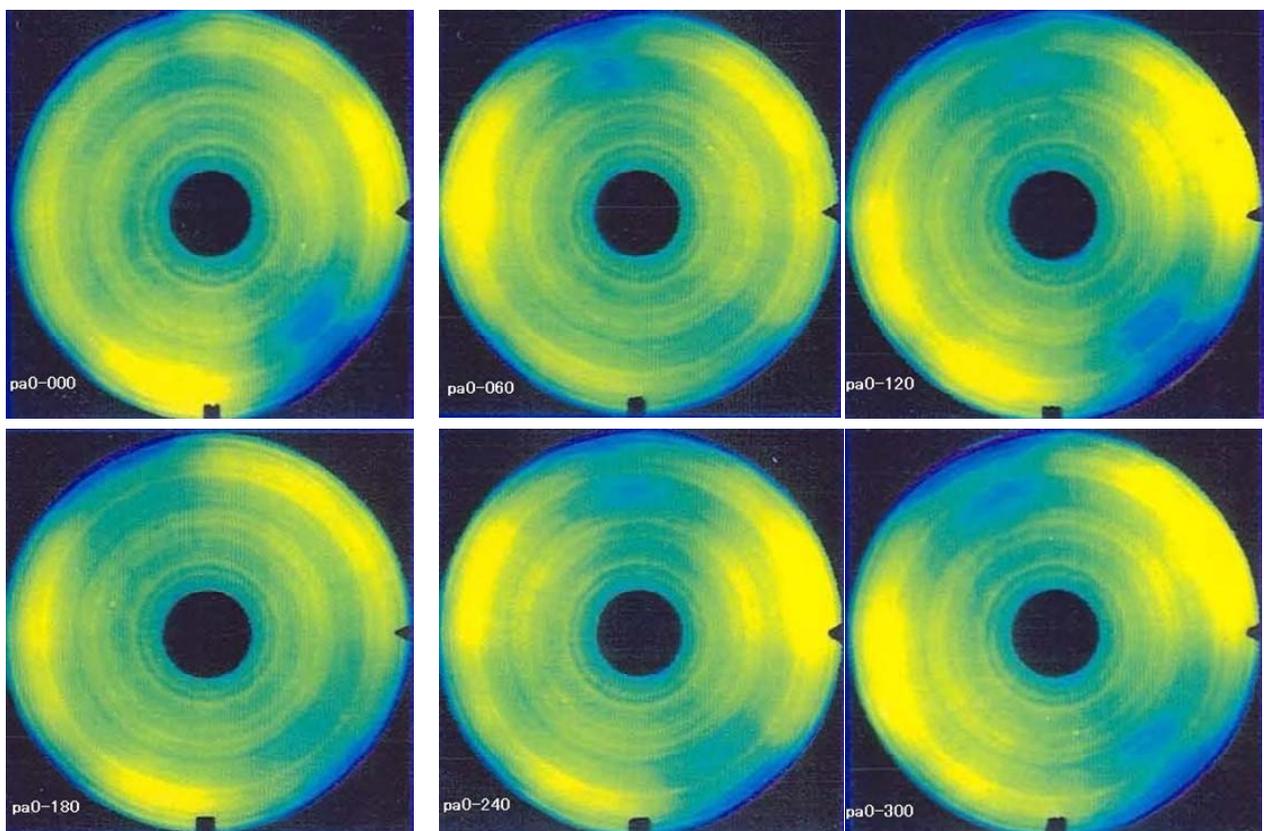


Fig.2 M1 PA0 cell 97-05-05

3. セル入り主鏡 PA 15° のコントアーマップの比較

図 3 はコッタミア 74 吋主鏡のセル入り状態のインターフェログラムである。赤い色は放物面より高く、青色は低いことが示されている。97-06-05 にツァイス研磨工場、研磨時のセッティングから PA (ポジションアングル) 15° 回してセルに入れて (理由は不明、現状はこの位置) 測定されたものである。

各図は、ピストン、ティルト、コマが除去された残りである。主鏡の原点は、研磨時の原点から PA 15° 回転したところを 0° としていて、これまでと同じように、そこから 60 度ずつ回転させて測定されている。図 3 の中の上段左から 0° 、 60° 、 120° 、下段左から 180° 、 240° 、 300° である。

試みに上下 180° 回転したものを比較すると、 0° (上) と 180° (下)、 60° と 240° 、 120° と 300° のマ

ップが似ている。しかし、必ずしも主鏡とともに高低のパターンが 60° 回転していない。なぜか？やはり原因の一端がヌルレンズのパターンが混在していると考えるのが妥当であろう。しかし、 $PA=0^\circ$ の図上の上下方向が高く左右方向が窪んでいることは大雑把に見て同じと考えてよさそうである。

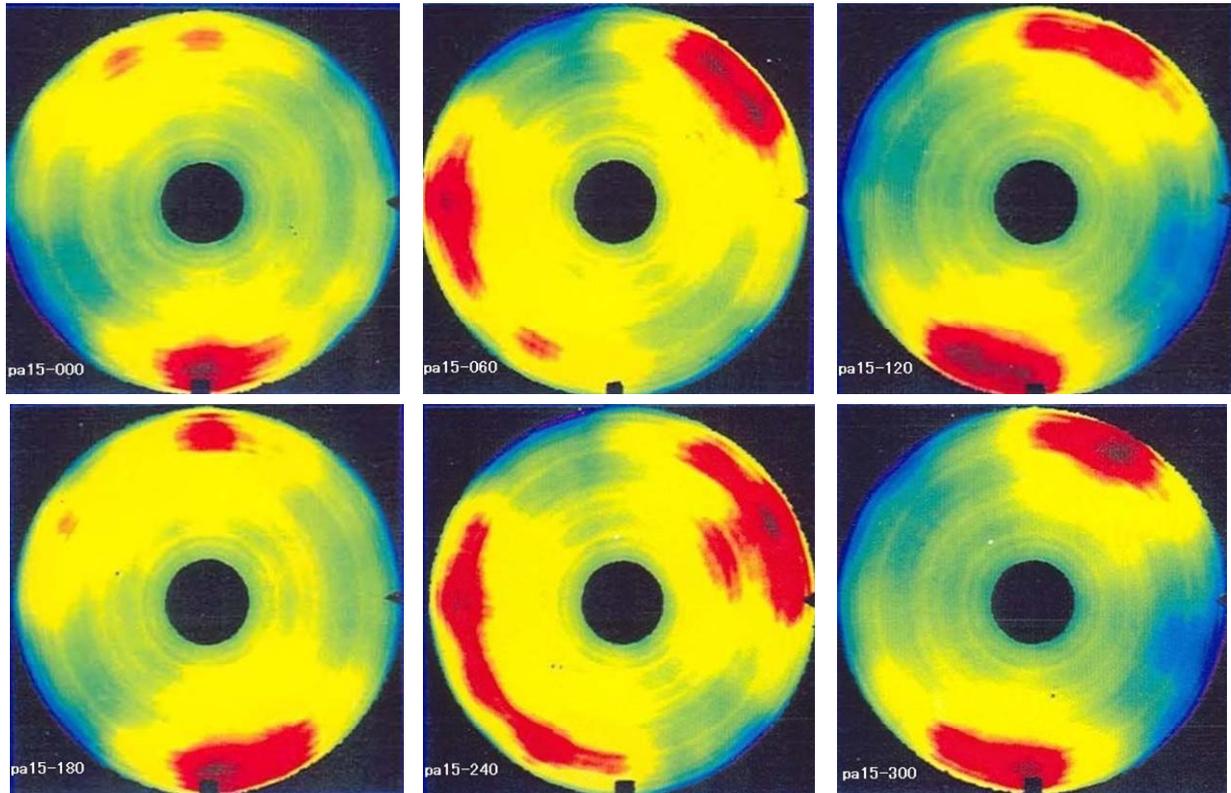


Fig.3 M1 PA15 97-06-05

4. セル入り主鏡PA15°のコンターマップの比較

図4には主鏡サポートの配置が示されている。矢印の方向が研磨時の $PA=0^\circ$ と推定される。そうすると、図1から図3の 0° の図の上がW(西)であり右がN(北)となる。

これを図3の 0° の図に当てはめて、アキシャルサポート(AS)の配置との関係を考察する。AS7及びAS9のカウンターウェイトは他より5kg程度重くした理由が主鏡のS(南)側の谷の部分にあると考えられないであろうか？。そして、固定点AF1及びAF3が山の部分に当てはまる。非常に怪しげな推論ではあるが、ツイスが意図的にカウンターのバランスを調整したものと考えたとAS7とAS9のカウンターバランスは、現状を大きく変えないほうが安全であろう。その場合でも、何故AS8が他と同じであるのかが気になる。

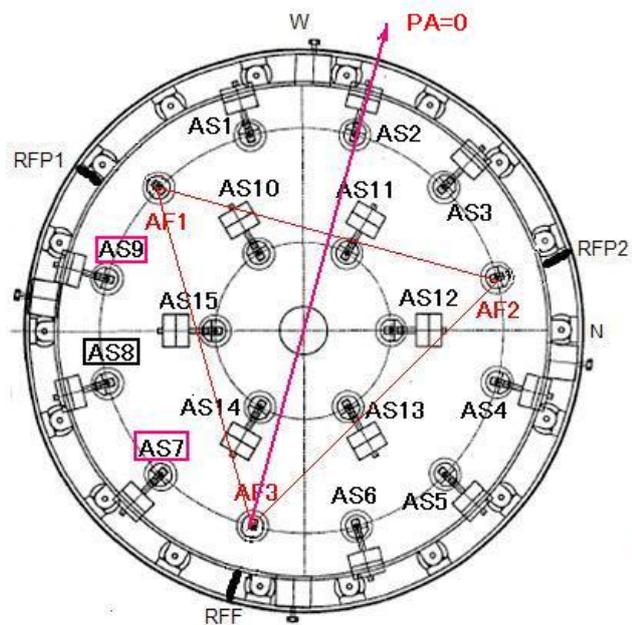


Fig.4 M1 support layout details

5. ツルニケ係数の比較

次に示すのは、図1から図3で表示されたコンターマップのツルニケ係数を表にしたもので、上段は研磨台上の6測定、中段は主鏡セルに入れた $PA=0^\circ$ 、下段は中段と同じく主鏡セル入りで $PA=15^\circ$ である。現状は $PA=15^\circ$ の配置である。

ツアイスの資料によれば、PA=0° 及びPA=15° ともには調整後 (after alignment in cell) という記述がある。何を調整したのであろうか。しかも、図 5a 及び図 5b に示されている E80% (80%encircled energy) の比較では、PA=0° が 0.278、PA=15° が 0.289 と PA=0° が勝っている。

結局、PA=15° である現在のセル内主鏡の位置関係を決定した根拠となる理由は判明してない。

Table 1 M1 6 rotate

KOTTAMIA M₁ surface

maps are rotated back to 0° orientation

Drehstellung	Astigm.		sph.A. h**4	sph.A. h**6	sph.A. h**8	sph.A. h**10	sph.A. h**12
	[nm]	[°]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]
0°	61	130	-20	-8	-41	-4	-5
60°	92	150	-30	-3	-37	-8	-3
120°	29	142	-21	-6	-38	5	1
180°	94	127	-10	-15	-34	0	6
240°	102	148	-18	-6	-43	8	3
300°	22	21	-3	-14	-38	5	1

KOTTAMIA M₁ surface

in its modified cell at PA = 0°

maps are rotated back to 0° orientation

Drehstellung	Astigm.		sph.A. h**4	sph.A. h**6	sph.A. h**8	sph.A. h**10	sph.A. h**12
	[nm]	[°]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]
0°	52	42	-44	-19	-39	3	7
60°	53	13	-45	-16	-38	5	7
120°	88	29	-47	-17	-35	4	10
180°	51	43	-46	-17	-38	3	7
240°	58	11	-47	-18	-39	3	7
300°	90	29	-46	-17	-39	4	6

KOTTAMIA M₁ surface

in its modified cell at PA = 15°

maps are rotated back to 0° orientation

Drehstellung	Astigm.		sph.A. h**4	sph.A. h**6	sph.A. h**8	sph.A. h**10	sph.A. h**12
	[nm]	[°]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]
0°	94	106	-49	-19	-36	5	9
60°	93	30	-45	-23	-37	5	7
120°	164	69	-46	-21	-39	5	7
180°	85	106	-47	-18	-37	7	10
240°	83	28	-51	-17	-34	8	10
300°	161	68	-51	-16	-33	7	10

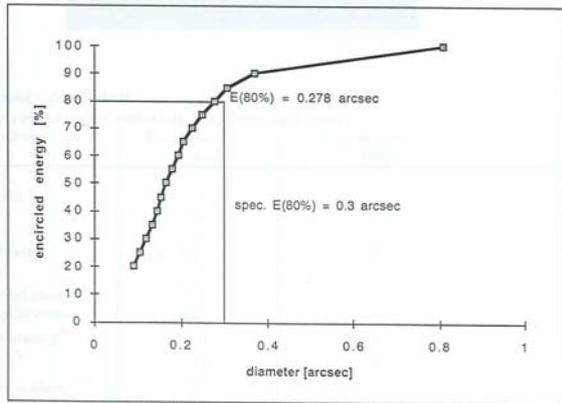


Fig5.a Encircled energy of M1 in cell at PA=0°

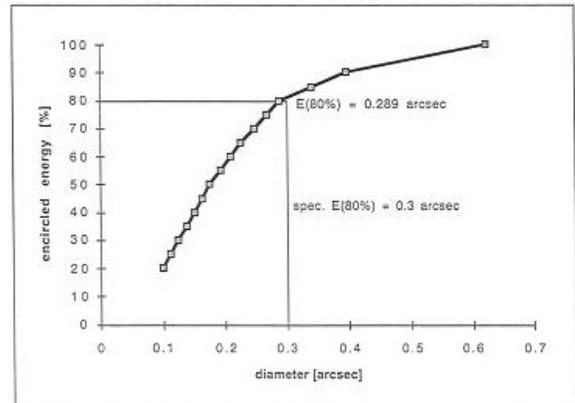


Fig5b. Encircled energy of M1 in cell at PA=15°

Influence of different measuring grids

lateral resolution [Pixel /diameter]	diameter for encircled energy of 80%	
	[arcsec] at fabrication support	[arcsec] at mirror cell
66	0,324	0,383
53	0,295	0,342
42	0,273	0,311
34	0,247	0,278
20 (extrapolated)	0,22	0,24

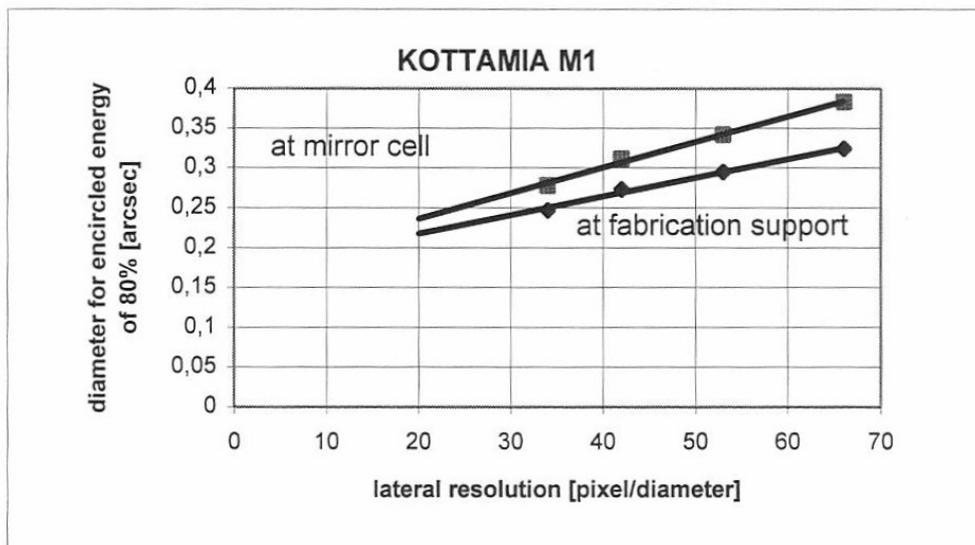


Fig.6