



図10. 最小錯乱円法.

光学系が無収差の場合は、全ての光線が焦点位置で一点に集まるが、収差がある場合は、焦点面上である分布(スポット・ダイアグラム)を持つ。各スポットからの光束と光軸との距離を収差ベクトルという。収差ベクトルの平均値を秒で表した、光軸からの平均半径をハルトマン定数Tという。

ハルトマン定数を求めるため、最小錯乱円法を用いる。内側像面と外側像面から、スポットの集合の平均半径が一番小さくなる最良像面を探し、その平均半径をTとする。

陸別では、像面の位置を動かすのではなく、副鏡の位置を動かし、焦点内外像を撮影した。

※カメラを動かすと、取り付け精度により観測誤差が出る。副鏡を動かして出る球面収差は、焦点で反対称になり相殺される。(赤外シュミレータの光学性能評価及び指向性能評価より)

1.makalii で焦点内外像を開き、それぞれ順番を対応させながら、重心位置を求め、テキスト出力する。

番号	中心座標	方法	範囲
3	(671.34, 741.18)	CENTROID 中心(669, 739)	半径: 40 ピクセル
4	(575.99, 705.01)	CENTROID 中心(575, 705)	半径: 40 ピクセル
5	(483.59, 554.56)	CENTROID 中心(483, 553)	半径: 40 ピクセル
6	(447.61, 461.77)	CENTROID 中心(446, 468)	半径: 40 ピクセル
7	(516.14, 298.04)	CENTROID 中心(509, 295)	半径: 40 ピクセル
8	(598.11, 237.70)	CENTROID 中心(591, 229)	半径: 40 ピクセル
9	(772.39, 209.76)	CENTROID 中心(773, 199)	半径: 40 ピクセル
10	(668.61, 244.49)	CENTROID 中心(673, 239)	半径: 40 ピクセル
11	(980.21, 381.49)	CENTROID 中心(985, 383)	半径: 40 ピクセル
12	(994.79, 484.19)	CENTROID 中心(997, 485)	半径: 40 ピクセル
13	(752.20, 681.31)	CENTROID 中心(753, 683)	半径: 40 ピクセル
14	(695.10, 644.47)	CENTROID 中心(693, 644)	半径: 40 ピクセル
15	(540.89, 500.46)	CENTROID 中心(541, 497)	半径: 40 ピクセル
16	(526.48, 396.65)	CENTROID 中心(527, 399)	半径: 40 ピクセル
17	(690.94, 266.99)	CENTROID 中心(689, 265)	半径: 40 ピクセル
18	(799.64, 309.59)	CENTROID 中心(791, 305)	半径: 40 ピクセル
19	(902.90, 446.76)	CENTROID 中心(901, 447)	半径: 40 ピクセル
20	(916.75, 550.62)	CENTROID 中心(913, 553)	半径: 40 ピクセル
21	(798.66, 593.96)	CENTROID 中心(741, 595)	半径: 40 ピクセル
22	(619.70, 634.47)	CENTROID 中心(623, 635)	半径: 40 ピクセル
23	(704.92, 362.31)	CENTROID 中心(705, 365)	半径: 40 ピクセル
24	(824.07, 619.89)	CENTROID 中心(823, 619)	半径: 40 ピクセル

2. エクセルで出力ファイルを開き、 $x(out-in), y(out-in), z/l$ の仮定、 x の光軸、 y の光軸、 $x_i-x_c, y_i-y_c, (x_i-x_c)^2, (y_i-y_c)^2, r_i, r_z, T$ を求めていく。

$x(out-in), y(out-in)$: それぞれのスポットの外画像の座標 - 内画像の座標

z/l : 内画像から焦点までの距離と、外画像までの距離の比

x の光軸、 y の光軸: 全スポットの座標の平均

x_i-x_c, y_i-y_c : 焦点面であろう像面のスポット座標 - 光軸の座標

r_i : 各スポットの光軸からの距離

r_z : r_i の平均

T : r_z を” l ”になおしたハルトマン定数

3. z/l の値を変えて、 T が最小になる z/l 値を探す。

結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	番号cap16	ObjectX	ObjectY	x(out-in)	y(out-in)	z/lの仮定	xの光軸	yの光軸	xi-xc	yi-yc	(xi-xc)^2	(yi-yc)^2	ri	rz	rz[l]=T				
2	1	927.79	650.35	-411.36	-354.03	0.51394	718.6275	469.9502	-2.25186	-1.55039	5.070866	2.403698	2.733965	1.236976	0.804035				
3	2	847.16	713.85	-253.27	-479.27				-1.63308	-2.41623	2.666963	5.838178	2.916357						
4	3	671.34	741.18	92.46	-530.57				0.231392	-1.45135	0.053542	2.106429	1.469684						
5	4	575.93	705.01	279.31	-458.14				0.851081	-0.39668	0.72434	0.157355	0.938986						
6	5	463.58	564.56	496.13	-181.83				-0.06645	1.160081	0.004415	1.345789	1.161983						
7	6	447.51	461.77	527.62	17.18				0.047523	0.649281	0.002258	0.421566	0.651018						
8	7	516.14	298.04	391.08	333.05				-1.49584	-0.74249	2.237552	0.551293	1.669984						
9	8	598.11	237.7	233	450.16				-0.76948	-0.89498	0.592099	0.800986	1.18029						
10	9	772.39	208.76	-102.33	506.16				1.17102	-1.05434	1.371287	1.111628	1.575727						
11	10	868.81	244.43	-287.64	437.49				2.352798	-0.6766	5.53566	0.457784	2.448151						
12	11	980.21	381.49	-509.8	170.68				-0.42411	-0.74093	0.179871	0.548976	0.853725						
13	12	994.79	484.19	-539.92	-29.33				-1.32398	-0.83407	1.752936	0.69567	1.564802						
14	13	752.2	681.31	-65.66	-411.25				-0.1728	0.001967	0.02986	3.87E-06	0.172812						
15	14	655.1	644.47	123.81	-337.22				0.103411	1.208945	0.010694	1.461548	1.21336						
16	15	540.89	500.46	345.76	-58.01				-0.03761	0.696132	0.001414	0.4846	0.697147						
17	16	526.48	396.65	373.99	144.24				0.060921	0.830497	0.003711	0.689726	0.832729						
18	17	690.94	265.38	54.44	398.56				0.291394	0.265718	0.08491	0.070606	0.394356						
19	18	789.64	303.58	-136.34	325				0.94192	0.660292	0.887214	0.435985	1.150304						
20	19	902.3	446.76	-357.56	46.09				-0.09189	0.497286	0.008448	0.247294	0.505704						
21	20	916.75	550.62	-386.75	-156.76				-0.6438	0.104557	0.414472	0.010932	0.65223						
22	21	738.56	583.36	-37.74	-216.32				0.536404	2.234291	0.28773	4.992056	2.297778						
23	22	619.7	433.45	191.44	72.27				-0.53883	0.642235	0.290334	0.412466	0.838332						
24	23	704.92	362.31	26.73	207.35				0.030116	-1.07475	0.000907	1.155086	1.075171						
25	24	824.07	513.89	-203.9	-85.03				0.650134	0.239473	0.422674	0.057348	0.692836						
26	番号cap25	ObjectX	ObjectY																
27	1	516.43	296.32																
28	2	593.89	234.58																
29	3	886.65	442.45																
30	4	900.48	540.89																
31	5	745.38	663.94																
32	6	653.3	628.58																
33	7	544.74	492.86																
34	8	530	393.86																

上: 24 個の穴を使用 $T=0.8$ 、下: 8 個の穴を使用 $T=0.33$

○問題点

スパイダーが映ってしまう穴が使えない。

サチりすぎで重心位置決定精度に不安。

z/l 最小値検索を自動化したい。

場所による z/l 最小値の違いを知ることができれば、光軸のずれが定量的にわかるかもしれない。